



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่และศึกษาอายุการเก็บรักษา
(Development of Litchi Products and Their Shelf Life Studies)

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รัตนา อัครปัญญโณและคณะ

เมษายน 2544

สัญญาเลขที่ RDG 4220011

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่และศึกษาอายุการเก็บรักษา
(Development of Litchi Products and Their Shelf Life Studies)

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รัตนา อุตตปัญญา

รองศาสตราจารย์ ดร.นิธิยา รัตนปนนท์

นางสาวเบญจมาศ พวงสมบัติ

นายวัฒนา เอื้อตรงจิตต์

นางสาวดรุณี มูลโรจน์

หัวหน้าโครงการ

ผู้ร่วมโครงการ

ผู้ช่วยวิจัย

ผู้ช่วยวิจัย

ผู้ช่วยวิจัย

สังกัด

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร วิทยาเขตดอยคำ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50100

โทรศัพท์ (053) 948244 โทรสาร (053) 948201

ชุดโครงการงานวิจัยและพัฒนาพืชสวน

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความคิดเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และการประสานงานอย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร. จริ่งแท้ ศิริพานิช ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวงที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้ห้องเย็นในการเก็บรักษาผลลึ้นจีตลอดระยะเวลาที่ทำวิจัย ขอขอบคุณ คุณทศดาว ภาษีผล และคุณอรุณรัสมิ์ ธิพิงค์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดเตรียมลึ้นจี คุณสมคิด ใจตรง คุณรุจิภรณ์ พัฒนจันทร์ และคุณสุระศักดิ์ ชาญขำนิ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดพิมพ์และจัดเตรียมรายงานฉบับสมบูรณ์

รัตนา อัดตปัญญาญ

นิธิยา รัตนานนท์

เมษายน 2544

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลีนจี้และศึกษาอายุการเก็บรักษา

ผศ. รัตนา อุตตปัญญา รศ. ดร. นิธิยา รัตนพานนท์

นส. เบญจมาศ พวงสมบัติ นายวัฒนา เอื้อตรงจิตต์ และ นส. ครุณี มุลโรจน์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนากระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลีนจี้ 3 ประเภท คือ ผลิตภัณฑ์ลีนจี้อบแห้งทั้งเปลือก เนื้อลีนจี้อบแห้ง และเนื้อลีนจี้ตีปั่นบรรจุกระป๋อง รวมทั้งได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา เพื่อบ่งชี้อายุการเก็บรักษา โดยทำการศึกษาความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ลีนจี้อบแห้งทั้งเปลือกโดยวิธี ideal ratio profile พบว่าผู้บริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์ลีนจี้อบแห้งทั้งเปลือกเป็นสีแดง มีกลิ่นลีนจี้ และมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว การศึกษารูปแบบของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง 3 รูปแบบ พบว่าการอบแห้งผลิตภัณฑ์ลีนจี้ทั้งเปลือกอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 60, 70, 80, 70 และ 60 องศาเซลเซียส นาน 6, 6, 15, 12 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ รวมเวลาที่ใช้ทั้งหมด 42 ชั่วโมง เป็นรูปแบบการอบแห้งที่เหมาะสม

ผลการศึกษาระยะความแก่-อ่อนของผลิตภัณฑ์ลีนจี้ที่เหมาะสมในการอบแห้ง พบว่าผลิตภัณฑ์ลีนจี้ที่แก่เต็มที่ (มีอายุการเก็บเกี่ยว 74 วันนับจากวันที่ผลมีขนาด 0.29×0.61 เซนติเมตรและน้ำหนักผล 0.05 กรัม) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักผล ปริมาณเนื้อ ปริมาณแอนโทไซยานินในเปลือกมากกว่า และมีปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ลีนจี้ที่ไม่แก่เต็มที่ (มีอายุการเก็บเกี่ยว 64 วันนับจากวันที่ผลมีขนาด 0.29×0.61 เซนติเมตรและน้ำหนัก 0.05 กรัม) ผลการศึกษาระดับความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ผลิตภัณฑ์ลีนจี้สดในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่เหมาะสม โดยใช้สารละลายกรด 3 ระดับ (0.5, 0.3 และ 0.1 นอร์มัล) และระยะเวลาการแช่นาน 3 ระยะ (15, 20 และ 25 นาที) พบว่าสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล แช่นาน 15 นาที สามารถรักษาสีแดงของเปลือกผลิตภัณฑ์ลีนจี้ให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้งได้ดีที่สุด และไม่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อลีนจี้อบแห้ง เมื่อศึกษาระยะความแก่-อ่อนร่วมกับวิธีการรักษาสีแดงของเปลือกผลิตภัณฑ์ลีนจี้ให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้งพบว่า การแช่ผลิตภัณฑ์ลีนจี้ที่แก่เต็มที่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล นาน 15 นาที สามารถรักษาสีแดงของเปลือกผลิตภัณฑ์ลีนจี้ให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้งได้ดีที่สุด และผลิตภัณฑ์ลีนจี้อบแห้งมีปริมาณกรดในเนื้อในรูปของกรดมาลิกน้อยกว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ลีนจี้ที่ไม่แก่เต็มที่ การแช่ผลิตภัณฑ์ลีนจี้สดในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล นาน 15 นาที แล้วนำ

ไปเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 1 สัปดาห์ ก่อนนำไปอบแห้ง มีผลทำให้ผลลึ้นจ๊อบแห้งมีปริมาณกรดทั้งหมดลดลง และผลการประเมินทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด

การเก็บรักษาผลลึ้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือก 4 วิธี คือ การเก็บรักษาในถุง HDPE, ถุง OPP, ถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน พบว่าระหว่างการเก็บรักษาเปลือกผลลึ้นจ๊อบแห้งมีสีแดงลดลง มีความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้น การเก็บรักษาผลลึ้นจ๊อบแห้งในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลลึ้นจ๊อบแห้ง ชะลอการเพิ่มขึ้นของความชื้นและค่า a_w ได้ดีที่สุด และมีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด คือ 10.95 เดือน ส่วนผลลึ้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP, ถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และถุง HDPE มีอายุการเก็บรักษา 9.68, 9.31 และ 7.22 เดือน ตามลำดับ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อลึ้นจ๊อบแห้ง เริ่มจากการศึกษาความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อลึ้นจ๊อบแห้งโดยวิธี ideal ratio profile พบว่าผู้บริโภคต้องการเนื้อลึ้นจ๊อบแห้งที่มีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นลึ้นจ๊อบชัดเจน รสหวานอมเปรี้ยว เนื้อสัมผัสไม่นิ่มและไม่เหนียว ผลการพัฒนาสูตรส่วนผสมของน้ำเชื่อมและวิธีการหมักที่เหมาะสม พบว่าวิธีการหมักที่เหมาะสม คือ การหมักแบบช้า ใช้เวลานาน 5 วัน โดยเริ่มจากความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 35 องศาบริกซ์ เพิ่มความเข้มข้นให้มากขึ้นทุกๆ วันเป็น 40, 45, 45 องศาบริกซ์ตามลำดับ และแช่ไว้ในน้ำเชื่อม 45 องศาบริกซ์เป็นเวลา 2 วัน สูตรส่วนผสมของน้ำเชื่อมที่ผู้ทดสอบชิมให้ความพอใจ คือหมักในน้ำเชื่อมที่มีความหวาน 45 องศาบริกซ์ มีกรดซิตริก 0.7% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.2% และแคลเซียมคลอไรด์ 0.7% ผสมอยู่

ผลการศึกษาวิธีการทำออสโมติกดีไฮเดรชันเนื้อลึ้นจ๊อบ พบว่าการแช่เนื้อลึ้นจ๊อบในสารละลายซูโครส 70% ที่มีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.4% อัตราส่วนเนื้อลึ้นจ๊อบ : สารละลาย 1:1.5 ระยะเวลาแช่ 3-4 ชั่วโมง เป็นวิธีที่เหมาะสมกว่าการใช้สารละลายซูโครส 70% ผสมกลีเซอรอล 15% และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.4%

ผลการศึกษากรรมวิธีการอบแห้ง 2 วิธี พบว่าวิธีการอบแห้งเนื้อลึ้นจ๊อบแห้งที่เหมาะสม คือ การอบแห้งอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 70, 65 และ 60 องศาเซลเซียส นาน 2, 6 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ รวมเวลาอบแห้งทั้งหมด 14 ชั่วโมง เนื้อลึ้นจ๊อบแห้งที่ได้มีความชื้น 23.12% มีค่า a_w 0.482 ค่าสี L 43.56 ค่าสี a^* 2.56 และค่าสี b^* 12.89 และเนื้อลึ้นจ๊อบแห้งที่ผ่านออสโมติกดีไฮเดรชันมีความชื้น 31.33% มีค่า a_w 0.421 ค่าสี L 48.10 ค่าสี a^* 3.10 และค่าสี b^* 15.65

ผลการศึกษาสภาวะการเก็บรักษาเนื้อลึ้นจ๊อบแห้งและเนื้อลึ้นจ๊อบแห้งที่ผ่านการออสโมติกดีไฮเดรชัน ทั้งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และ 25-30 องศาเซลเซียส พบว่าสภาวะการเก็บรักษา

ที่ดีที่สุด คือการเก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียม โดยมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 12 เดือน และ 8 เดือน ตามลำดับ

การศึกษาผลิตภัณฑ์เนื้อลีนี่ตีปนบรรจุกระป๋อง เริ่มจากการสอบถามความต้องการของผู้ประกอบการแปรรูปผลไม้จำนวน 20 แห่ง ที่มีต่อขนาดของชิ้นเนื้อลีนี่ตีปน พบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่ต้องการชิ้นเนื้อลีนี่ตีปนที่มีขนาดใหญ่กว่า 4.7 มิลลิเมตร การผลิตให้ได้ขนาดขึ้นดังกล่าว ต้องใช้ความเร็วในการตีปนที่ระดับ liquify นาน 5 วินาที และปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมโดยไม่ทำให้เนื้อลีนี่เกิดสีชมพู ควรเติมกรดซิตริกให้ได้พีเอชสุดท้ายไม่ต่ำกว่า 3.95

การศึกษา incubation test พบว่าเนื้อลีนี่ชิ้นแตกและเนื้อลีนี่ตีปนบรรจุกระป๋องใช้เวลาฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 18 นาที เท่ากัน สำหรับกระป๋องขนาด 300 x 407 และใช้เวลาฆ่าเชื้อนาน 28 และ 30 นาที สำหรับกระป๋องขนาด 603 x 700 ตามลำดับ การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ลีนี่ทั้ง 2 ชนิด พบว่าเส้นกราฟเป็นแบบ simple heating ที่มีลักษณะการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบ convection สำหรับตำแหน่งร้อนช้าที่สุดของกระป๋องขนาด 300 x 407 และกระป๋องขนาด 603 x 700 เท่ากับ 3.5 และ 6.5 เซนติเมตร จากขอบล่างของกระป๋อง ตามลำดับ ค่า sterilization value ($F^{8.9}_{100}$) ของเนื้อลีนี่ชิ้นแตกและเนื้อลีนี่ตีปน บรรจุกระป๋องขนาด 300 x 407 เท่ากับ 3.61 และ 3.24 นาที และบรรจุกระป๋องขนาด 603 x 700 เท่ากับ 3.40 และ 3.22 นาที ตามลำดับ

ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อลีนี่ทั้ง 2 ชนิด พบว่าสามารถเก็บรักษาได้นานกว่า 12 เดือน ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส แต่การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ลดลง ภายหลังเก็บรักษาไว้นาน 8 เดือน ผลการคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อโดยวิธี Ball formula เมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นของการฆ่าเชื้อเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส เนื้อลีนี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด 300 x 407 และ 603 x 700 ซึ่งมีน้ำหนักเนื้อบรรจุเท่ากับ 300 และ 2,700 กรัม ใช้ระยะเวลาฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 18.79 และ 22.70 นาที สำหรับเนื้อลีนี่ตีปนซึ่งมีน้ำหนักสุทธิเท่ากับ 420 และ 3,000 กรัม ใช้ระยะเวลาฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15.56 และ 19.76 นาที ตามลำดับ

คำสำคัญ :- ลีนี่ ลีนี่จ๊อบแห้งทั้งเปลือก เนื้อลีนี่จ๊อบแห้ง การเก็บรักษา ออสโมติกดีไฮเดรชัน

การแช่แข็ง ลีนี่กระป๋อง การฆ่าเชื้อด้วยความร้อน และค่า F_0

Development of Litchi Products and Their Shelf Life Studies

Asst. Prof. Ratana Attabhanyo, Assoc. Prof. Dr. Nithiya Rattanapanone

Miss Benjamas Puangsombut, Mr. Wattana Auetrongjit and Miss Darunee Moonrote

Abstract

A development study of three types litchi products :- dried whole litchi fruit, dried flesh litchi , canned litchi puree and their shelf life was studied.

The requirement from consumers for the quality of a dried whole litchi fruit was first studied using an ideal ratio profile. It was showed that a red peel colour, a strong litchi odour, and a combination taste of sweet and sour were the preference characteristics. Three drying time and temperature combination for pilot plant scale were compared. It was found that a whole litchi fruit could be dried continuously at temperatures 60, 70, 80, 70, and 60 degree C for 6, 6, 15, 12, and 3 hours, respectively for a total drying periods of 42 hours was recommended.

In studying the maturity of litchi fruit for drying, it was found that a fully ripe stage (74 days after a fruit size of 0.29 X 0.61 cm and a weight of 0.05 g) had more fruit weight, flesh weight and anthocyanin content in the peel fruit and total acidity in the flesh less than the partially ripe stage (64 days after a fruit size of 0.29 X 0.61 cm and a weight of 0.05 g). In studying a concentration of HCl solution and a dipping time, 3 levels of HCl concentration (0.5, 0.3 and 0.1 N) and 3 periods of dipping time (15, 20 and 25 minutes) were compared. It was found that the litchi fruit dipped in 0.5 N HCl solution for 15 minutes before drying could improve the red peel colour. This treatment also had no effect on the quality of the dried litchi fruit. Studying the maturity of litchi fruit with a combination of acid treatments was used to maintain the red peel colour after drying. The results showed that a mature fruit dipped in 0.5 N HCl solution for 15 minutes could maintain the red peel colour of its dried fruit and the dried litchi fruit had a lower acidity as malic acid than a dried litchi fruit from the partially ripe stage. Storage of the acid treated fruit at 4 degree C for 1 week could further reduce the total acidity in the dried litchi fruit and the quality of the fruit was accepted by taste panels.

The shelf life of dried litchi fruit (150 fruits) packed individual in a sealed packaging of HDPE, OPP, OPP with a silica gel sachet and OPP with a combination of silica gel sachet and an

oxygen scavengers sachet store at room temperature were studied. The maximum shelf life of the fruit were 7.22, 9.31, 9.68, and 10.95 months, respectively. The best quality of the dried litchi fruit was obtained when the dried fruit was packed in OPP with a combination of a silica gel sachet and an oxygen scavengers sachet. This storage condition could delay the fading of the red peel colour and the increasing of moisture content and a_w .

Studying for a consumer requirement of the quality of dried flesh litchi using an ideal ratio profile showed that a yellow colour, a strong litchi odour, a combination of sweet and sour tastes, and a good texture were the preference characteristics. The development of syrup formulations and candying methods was done. It was found that a slow method of candying by dipping fruit in a mixture of sugar solution containing citric acid 0.7%, sodium metabisulphite 0.2% and calcium chloride 0.7%, started from 35^obrix, then increased every day to 40, 45, 45^o brix, and it was further stored in 45^obrix solution for two days. This method had the best preference.

A suitable condition for osmotic dehydration of flesh litchi fruit was studied. It was found that dipping the fruit for 3-4 hours in a 70% sucrose solution with 0.4% sodium metabisulphite and a fruit solution ratio of 1:1.5 provided better quality products than a 70% sucrose solution with 15% glycerol and 0.4% sodium metabisulphite.

The drying patterns of flesh litchi fruit were studied. It was found that drying continuously at temperature of 75, 65 and 60 degree C for 2, 6 and 6 hours, respectively was recommended. The candied flesh litchi had moisture content 23.12%, a_w 0.482, colour L, a^* , b^* values of 43.56, 2.56 and 12.89, respectively. The osmotic dehydration of the dried flesh litchi had moisture content 31.33%, a_w 0.421, colour L, a^* , b^* values of 43.10, 3.10 and 15.65, respectively.

The best storage condition for both dried litchi products was in an aluminium foil (AL/LDPE) package. The shelf life of the products at 8 degree C and at 25-30 degree C were 12 and 8 months, respectively.

In studying a canned litchi puree, preference for particle sizes of litchi puree from 20 fruit factories were surveyed. It was found that particle sizes larger than 4.7 mm were required. To get this particle size, blending the puree at liquify speed for 5 seconds was recommended. To

prevent pink discolouration, the products were adjusted by adding citric acid solution to final pH not lower than 3.95.

Studying of the incubation test, it was found that the process times for both broken and puree products were similar for 18 minutes at 100 degree C for 300 X 407 cans and the process time for 603 X 700 cans were 28 and 30 minutes, respectively. The heat penetration of both canned litchi products were a simple heating curve-type convection. The cold point of 300 X 407 and 603 X 700 cans were 3.5 cm and 6.5 cm from the bottom of the can, respectively. The sterilization value ($F_{100}^{8.9^{\circ}\text{C}}$) of broken and puree products for 300 X 407 cans were 3.61 and 3.24 minutes, respectively and for 603 X 700 cans were 3.40 and 3.22 minutes, respectively.

The results from the shelf life study showed that both products could be stored for more than 12 months at 25-30 degree C, but from the consumer acceptability for colour, it was recommended a storage time of 8 months only. The recommendation process times from the Ball formula method with an initial temperature of 80 degree C for broken litchi in 300 X 407 and 603 X 700 cans with drained weight of 300 and 2,700 g at 100 degree C were 18.79 and 22.70 minutes, respectively and for litchi puree with net weight 420 and 3,000 g at 100 degree C were 15.56 and 19.76 minutes, respectively.

Key Words : litchi, dried litchi whole fruit, dried flesh litchi, storage, osmotic dehydration, candying, canned litchi, thermal processing, and F_0 value.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	
บทคัดย่อ	
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลันจีและศึกษาอายุการเก็บรักษา	
บทที่ 1 บทนำ	1
- ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง*	1
- วัตถุประสงค์	3
- แผนการดำเนินการวิจัย	3
- ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
- การถ่ายทอดผลงานวิจัยไปสู่ผู้ใช้	5
- งบประมาณ	5
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	6
- ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลันจี	6
- ส่วนประกอบทางเคมีของผลลันจี	7
- การรักษาสีแดงของเปลือกผลลันจีภายหลังการเก็บเกี่ยว	10
- ออสโมติกดีไฮเดรชัน	11
- ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการถ่ายเทมวลสารระหว่างการทำ ออสโมซิส	12
- วิธีการเก็บรักษาอาหารอบแห้งและอายุการเก็บรักษา	17
- โพรแวนโทไซยานิดิน	22
- สาเหตุการเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลันจี	22
- วิธีลดและป้องกันการเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลันจี	23
- ความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์	23
- การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ของอาหารกระป๋องที่มีความ เป็นกรด	24

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	28
- การศึกษาพัฒนาปล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกและอายุการเก็บรักษา	31
- การศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อปล้นจ๊อบแห้งและวิธีการเก็บรักษา	39
- การศึกษาเนื้อปล้นจ๊อบแห้งบรรจุกระป๋องและอายุการเก็บรักษา	51
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	59
● การศึกษาพัฒนาปล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกและอายุการเก็บรักษา	59
- การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์เพื่อหาลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์	59
- ผลการศึกษารูปแบบอุณหภูมิและเวลาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการอบแห้ง	61
- ผลการศึกษาระยะความแก่-อ่อนและวิธีการรักษาสีแดงของเปลือกปล้นจ๊อบแห้งให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้ง	65
- ผลการศึกษาเพื่อหาระดับความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ในสารละลายที่เหมาะสม	82
- ผลการศึกษากการเก็บรักษาปล้นจ๊อบแห้งสดในห้องเย็นก่อนนำไปอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของปล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือก	87
- ผลการศึกษากการอบแห้งปล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือก	101
- การศึกษาวิธีการเก็บรักษาปล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกและอายุการเก็บรักษา	108

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	136
● การศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งและวิธีการเก็บรักษา	136
- ผลการทดสอบการยอมรับวิธีการแช่อิ่มแบบช้าและแบบเร็ว	136
- ผลการศึกษาเพื่อหาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่ผู้ทดสอบชิมต้องการ	136
- ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง	138
- ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี	138
- การวิเคราะห์ผลของแต่ละปัจจัยต่อคุณภาพของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง	139
- ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการแช่อิ่มแบบช้า	143
- ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของการพัฒนาสูตรเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งแบบช้า	146
- ผลการศึกษาเปรียบเทียบเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งระหว่างสูตรน้ำตาลอย่างเดียวกับสูตรที่ใช้เบะแซ	147
- ผลการศึกษาหาชนิดของสารละลายอัตราส่วนและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำเนื้อลิ้นจี่อบแห้งด้วยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชัน	149
- ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันทั้ง 4 อัตราส่วนในสารละลาย 2 ชนิด	156
- ผลการศึกษาเพื่อหาวิธีการอบเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มที่เหมาะสม	160
- ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการอบเนื้อลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชัน	163

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
- ผลการศึกษาวิธีการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งและอายุการเก็บรักษา	166
- ผลการศึกษาวิธีการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกไฮเดรชันและอายุการเก็บรักษา	186
- ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งและเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน	205
บทที่ 6 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	206
● การศึกษาเนื้อลิ้นจี่ตีปั่นบรรจุกระป๋องและอายุการเก็บรักษา	206
- ผลการศึกษาเพื่อหาขนาดของชิ้นเนื้อลิ้นจี่	206
- การศึกษาเพื่อหาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการปรับพีเอชโดยไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่	212
- ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน	220
- ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส	253
บทที่ 7 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	283
- สรุปผลการทดลอง	283
- ข้อเสนอแนะ	291
เอกสารอ้างอิง	293
ภาคผนวก ก	303
ภาคผนวก ข	320
ภาคผนวก ค	338
ภาคผนวก ง	351
ภาคผนวก จ	364

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลลีนจีพันธุ์สงฮวย จักรพรรดิ และกิมเจง	7
2.2 ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของผลลีนจีสดและลีนจีอบแห้งในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม	8
2.3 คุณสมบัติบางอย่างของโพลีเมอร์ที่นำมาใช้เป็นภาชนะบรรจุ	20
2.4 สภาวะที่เหมาะสมต่อการทำลายจุลินทรีย์บางชนิด	25
2.5 ความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียในอาหารที่มีพีเอชต่างๆ	26
3.1 แผนการทดลองโดยใช้ปัจจัยของระยะความแก่-อ่อนและวิธีการรักษาสีเปลือก	34
3.2 แผนการทดลองโดยใช้ปัจจัยความเข้มข้นของสารละลายและระยะเวลาในการแช่ผลลีนจี	36
3.3 การวางแผนการทดลองแบบ Plackette and Burman Design	43
3.4 ส่วนผสมของน้ำเชื่อม	44
3.5 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการทำออสโมติกดีไฮเดรชันโดยใช้สารละลายซูโครส 70% อัตราส่วนเนื้อลีนจี : น้ำเชื่อม 1:1.5	48
3.6 ชนิดของสารละลาย อัตราส่วน และส่วนประกอบของสารละลายที่ใช้	49
3.7 แผนการทดลองแบบ CRD โดยผันแปรระยะเวลาที่ใช้ในการตีปั่น	52
3.8 แผนการทดลองแบบ CRD โดยผันแปรปริมาณกรดซิตริกที่เติมลงในเนื้อลีนจีตีปั่น	53
3.9 แผนการทดลองแบบ CRD โดยแปรผันเวลาแช่ในน้ำเดือดของเนื้อลีนจีชิ้นแตกและเนื้อลีนจีตีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 และ A10	54
4.1 ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการและค่าสัดส่วน Ideal ratio profile	60
4.2 ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลลีนจีอบแห้งที่มีรูปแบบอุณหภูมิอบแห้งแตกต่างกันโดยวิธี Structure scaling test	64
4.3 สมบัติทางกายภาพของผลลีนจีสดภายหลังการแช่ในสารละลายตามวิธีการรักษาสีต่างๆ ก่อนนำไปอบแห้ง	70

ตาราง	หน้า
4.4 สมบัติทางกายภาพของผลลึ้นจี่ภายหลังการอบแห้งจากการใช้ระยะ ความแก่-อ่อนและวิธีการรักษาสีแดงที่แตกต่างกัน	71
4.5 ส่วนประกอบทางเคมีของผลลึ้นจี่สดภายหลังการแช่ในสารละลายตามวิธี การรักษาสีต่างๆ	80
4.6 ส่วนประกอบทางเคมีของผลลึ้นจี่ภายหลังการอบแห้งเมื่อใช้ระยะความแก่- อ่อนและวิธีการรักษาสีแดงแตกต่างกัน	81
4.7 สมบัติทางกายภาพของเปลือกและเนื้อลึ้นจี่อบแห้งที่แช่ในสารละลายกรด ไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่แตกต่างกัน	84
4.8 การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีของผลลึ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกที่แช่ใน สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่ ที่แตกต่างกัน	88
4.9 สมบัติทางกายภาพของผลลึ้นจี่อบแห้งที่ใช้รูปแบบการอบแห้ง 3 รูปแบบ	103
4.10 ส่วนประกอบทางเคมีของผลลึ้นจี่อบแห้งที่ใช้รูปแบบการอบแห้ง 3 รูปแบบ	106
4.11 ผลการทดสอบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลลึ้นจี่อบแห้งที่ใช้ รูปแบบการอบแห้ง 3 รูปแบบ	107
4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของเปลือกผลลึ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	114
4.13 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a* ของเปลือกผลลึ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	115
4.14 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b* ของเปลือกผลลึ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	116
4.15 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกผลลึ้นจี่อบแห้งระหว่างการ เก็บรักษา	117
4.16 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อผลลึ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บ รักษา	118
4.17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของเปลือกผลลึ้นจี่อบแห้งระหว่างการ เก็บรักษา	119
4.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อผลลึ้นจี่อบแห้งระหว่างการ เก็บรักษา	120
4.19 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเปลือกผลลึ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	121
4.20 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อผลลึ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	122

ตาราง	หน้า
4.21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลลึ้นจ๊อบแห้งระหว่าง การเก็บรักษา	123
4.22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อผลลึ้นจ๊อบแห้งระหว่าง การเก็บรักษา	124
4.23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อผลลึ้นจ๊อบแห้งระหว่าง การเก็บรักษา	125
4.24 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของเนื้อผลลึ้นจ๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	126
4.25 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเนื้อผลลึ้นจ๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	127
4.26 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะทางด้าน สีของเปลือกผลลึ้นจ๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	128
4.27 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะทางด้าน กลิ่นของผลลึ้นจ๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	129
4.28 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะทางด้าน รสหวานของเนื้อผลลึ้นจ๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	130
4.29 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะทางด้าน รสเปรี้ยวของเนื้อผลลึ้นจ๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	131
4.30 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะโดยรวม ของผลลึ้นจ๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	132
4.31 แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลลึ้นจ๊อบแห้งระหว่างการเก็บ รักษา 10 เดือน ที่อุณหภูมิห้องและอายุการเก็บรักษาโดยวิธีการคำนวณ	133
5.1 ผลการทดสอบการยอมรับโดยผู้ทดสอบชิม	136
5.2 ผลการประเมินคุณภาพของเนื้อลึ้นจ๊อบแห้งแช่อบแห้งแบบช้าโดยวิธี Ideal Ratio Profile	137
5.3 แสดงค่า ratio profile ของเนื้อลึ้นจ๊อบแห้งแช่อบแห้ง	138
5.4 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของเนื้อลึ้นจ๊อบแห้งแช่อบแห้งทั้ง 8 สิ่งทดลอง	138
5.5 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเนื้อลึ้นจ๊อบแห้งแช่อบแห้งทั้ง 8 สิ่งทดลอง	139
5.6 ผลการคำนวณที่ได้จากผลวิเคราะห์ทางกายภาพ	139
5.7 ผลการคำนวณที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมี	140
5.8 ผลการคำนวณที่ได้จากข้อมูลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส	141

ตาราง	หน้า
5.9 ปัจจัยที่มีระดับนัยสำคัญต่อสิ่งทดลองที่ทำการทดลอง	142
5.10 การเปลี่ยนแปลงองศาบริกซ์ของน้ำเชื่อมทั้ง 6 สิ่งทดลอง	143
5.11 การเปลี่ยนแปลงองศาบริกซ์ของเนื้อลีนจี่ทั้ง 6 สิ่งทดลอง	143
5.12 แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้รับ	148
5.13 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีของทั้ง 6 สิ่งทดลอง	148
5.14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อสูตรเนื้อลีนจี่เชื่อมอบแห้งแบบซ้ำ โดยวิธี Ranking test	148
5.15 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อลีนจี่เชื่อมอบแห้งระหว่างสูตรที่ ใช้น้ำตาลอย่างเดียวกับสูตรที่ผสมเบะแซ	149
5.16 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี	149
5.17 ผลของสารละลายซูโครส 70 % ที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของเนื้อลีนจี่	150
5.18 ผลของสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส 60 % กับกลีเซอรอล 15 % ที่ มีต่อลักษณะทางกายภาพของเนื้อลีนจี่	151
5.19 ค่า Ideal ratio profile ของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อลีนจี่ เชื่อมอบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชัน	158
5.20 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีของเนื้อลีนจี่อบแห้งที่ได้ทั้ง 8 สิ่ง ทดลอง	159
5.21 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้อลีนจี่เชื่อมกับเวลาที่ใช้ใน การอบแห้ง	161
5.22 ผลวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีของเนื้อลีนจี่เชื่อมอบแห้งทั้ง 2 รูปแบบ	161
5.23 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้อลีนจี่ที่ผ่านการออสโมติก- ดีไฮเดรชันกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	164
5.24 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L, a* และ b* ของเนื้อลีนจี่เชื่อมอบแห้งเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส	168
5.25 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L, a* และ b* ของเนื้อลีนจี่เชื่อมอบแห้งเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส	169
5.26 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสและปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อลีนจี่ เชื่อมอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส	170

ตาราง	หน้า
5.27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดและเนื้อสัมผัสของเนือล้นจีแช่อบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส	171
5.28 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและ a_w ของเนือล้นจีแช่อบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส	172
5.29 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและ a_w ของเนือล้นจีแช่อบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส	173
5.30 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซิงของเนือล้นจีแช่อบแห้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส	181
5.31 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซิงของเนือล้นจีแช่อบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส	181
5.32 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนือล้นจีแช่อบแห้งเก็บที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาครบ 10 เดือน	184
5.33 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนือล้นจีแช่อบแห้งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาครบ 12 เดือน	184
5.34 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L , a^* , b^* ของเนือล้นจีอบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส	189
5.35 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L , a^* , b^* ของเนือล้นจีอบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส	190
5.36 การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและปริมาณกรดทั้งหมดของเนือล้นจีอบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส	191
5.37 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดและเนื้อสัมผัสของเนือล้นจีอบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส	191
5.38 การเปลี่ยนแปลงความชื้นและ a_w ของเนือล้นจีอบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส	196
5.39 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น และ a_w ของเนือล้นจีอบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส	197
5.40 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนือล้นจีอบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส	198

ตาราง	หน้า
5.41 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อ ลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศา- เซลเซียส	198
5.42 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดร- ชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ครบ 12 เดือน	199
5.43 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮ- เดรชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส	199
6.1 ผลการวิเคราะห์พีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่สดสายพันธุ์ฮวง ขนาดของเนื้อลิ้นจี่ตีปนตามระยะเวลาการตีปน	206
6.2	208
6.3 สมบัติทางค่าน้ำตาล L ค่าสี a* และค่าสี b* ของเนื้อลิ้นจี่ตีปนที่แปรผัน ตามเวลาที่ใช้ตีปน	208
6.4 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ที่แปรผันตามเวลาที่ใช้ตีปน	209
6.5 ผลการตอบแบบสอบถามขนาดของเนื้อลิ้นจี่ตีปน	210
6.6 ขนาดของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	210
6.7 ผลการเปรียบเทียบค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ ที่แปรผันตามปริมาณกรดซิตริกในเนื้อลิ้นจี่ตีปน	213
6.8 ค่าความหนืดของเนื้อลิ้นจี่ตีปนที่แปรผันตามปริมาณกรดซิตริกภายหลัง การฆ่าเชื้อ	213
6.9 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ตีปนที่แปรผันตามปริมาณกรดซิตริก ภายหลังการฆ่าเชื้อ	217
6.10 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลัง การฆ่าเชื้อ 1 วัน	220
6.11 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลัง การฆ่าเชื้อ 1 วัน	220
6.12 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	221
6.13 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลัง การบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	221

ตาราง	หน้า
6.14 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	221
6.15 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุขนาด A10 ภายหลังฆ่าเชื้อ 1 วัน	224
6.16 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการฆ่าเชื้อ 1 วัน	224
6.17 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	225
6.18 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	225
6.19 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	225
6.20 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่จีนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังการฆ่าเชื้อ 1 วัน	227
6.21 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่จีนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังการฆ่าเชื้อ 1 วัน	228
6.22 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่จีนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	228
6.23 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่จีนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	228
6.24 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่จีนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	229
6.25 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่จีนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการฆ่าเชื้อ 1 วัน	231
6.26 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่จีนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการฆ่าเชื้อ 1 วัน	231
6.27 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่จีนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	232
6.28 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่จีนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	232

ตาราง	หน้า
6.29 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลีนจีตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	232
6.30 ตำแหน่งของจุดร้อนซ้ำที่สุดภายในกระป๋อง	234
6.31 ผลการคำนวณหาค่า sterilization value โดยใช้วิธี general ของเนื้อลีนจีขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ด้วยการฆ่าเชื้อในน้ำเดือด	237
6.32 ผลการคำนวณหาค่า sterilization value โดยใช้วิธี general ของเนื้อลีนจีขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ด้วยการฆ่าเชื้อในน้ำเดือด	238
6.33 ผลการคำนวณหาค่า sterilization value โดยใช้วิธี general ของเนื้อลีนจีตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 ด้วยการฆ่าเชื้อในน้ำเดือด	238
6.34 ผลการคำนวณหาค่า sterilization value โดยใช้วิธี general ของเนื้อลีนจีตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A10 ด้วยการฆ่าเชื้อในน้ำเดือด	239
6.35 สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อลีนจีบรรจุกระป๋อง	239
6.36 ส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อลีนจีบรรจุกระป๋อง	240
6.37 การคำนวณเวลาฆ่าเชื้อ ณ อุณหภูมิเริ่มต้นต่างๆ โดยใช้วิธี Ball formula ของเนื้อลีนจีขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 และ A10	242
6.38 การคำนวณเวลาฆ่าเชื้อ ณ อุณหภูมิเริ่มต้นต่างๆ โดยใช้วิธี Ball formula ของเนื้อลีนจีตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 และ A10	242
6.39 ข้อมูลจากการทดลองเพื่อศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของเนื้อลีนจีขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 สายที่ 6	243
6.40 ข้อมูลจากการทดลองเพื่อศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของเนื้อลีนจีขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 สายที่ 1	244
6.41 ข้อมูลจากการทดลองเพื่อศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของเนื้อลีนจีตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 สายที่ 1	246
6.42 ข้อมูลจากการทดลองเพื่อศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของเนื้อลีนจีตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A10 สายที่ 3	247
6.43 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลีนจีขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	256
6.44 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลีนจีขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	257

ตาราง	หน้า
6.45 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	257
6.46 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	260
6.47 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อแยมที่แปรรูปจากเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	260
6.48 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	263
6.49 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	263
6.50 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	265
6.51 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	267
6.52 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อแยมที่แปรรูปจากเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	267
6.53 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่ญี่ปุ่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	269
6.54 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ญี่ปุ่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	270
6.55 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ญี่ปุ่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	271
6.56 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่ญี่ปุ่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	274

ตาราง		หน้า
6.57	ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อน้ำล้นจีที่แปรรูปจากเนื้อล้นจีตีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	274
6.58	ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อล้นจีตีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	277
6.59	สมบัติทางกายภาพของเนื้อล้นจีตีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	277
6.60	ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อล้นจีตีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	278
6.61	ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อน้ำล้นจีตีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	281
6.62	ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อน้ำล้นจีที่แปรรูปจากเนื้อล้นจีตีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	281
ตารางภาคผนวก ง-1	ข้อมูล heating ของเนื้อล้นจีตีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A1	353
ตารางภาคผนวก ง-2	ข้อมูล cooling ของเนื้อล้นจีตีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A1	358
ตารางภาคผนวก ง-3	ผลการคำนวณหาเวลาฆ่าเชื้อโดยใช้วิธี Ball formula	362
ตารางภาคผนวก ง-4	แสดงค่า $\mu\text{h}/U : g$ เมื่อค่า $z = 16$ องศาฟาเรนไฮต์ (8.9 องศาเซลเซียส)	363
ตารางภาคผนวก จ-1	สมการรีเกรชันเส้นตรงจากการทดลองตอนที่ 2	365
ตารางภาคผนวก จ-2	สมการรีเกรชันเส้นตรงจากการทดลองตอนที่ 4	366

สารบัญรูป

รูป	หน้า
4.1 ลักษณะเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลื่นจ๊อบแห้งทั้งเปลือก	60
4.2 ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงระหว่างการอบแห้งโดยใช้วิธีการอบแห้ง 3 รูปแบบ	62
4.3 ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ลื่นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบ	62
4.4 น้ำหนักผลิตภัณฑ์และปริมาณส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่แก่เต็มที่และผลิตภัณฑ์ที่ไม่แก่เต็มที่	68
4.5 ค่าสีและปริมาณแอนโทไซยานินในเปลือกผลิตภัณฑ์ที่แก่เต็มที่และผลิตภัณฑ์ที่ไม่แก่เต็มที่	68
4.6 ปริมาณกรด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่แก่เต็มที่และผลิตภัณฑ์ที่ไม่แก่เต็มที่	68
4.7 ลักษณะของผลิตภัณฑ์สดภายหลังการแช่ในสารละลายก่อนนำไปอบแห้ง	72
4.8 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ลื่นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกที่มีระยะความแก่-อ่อนและวิธีการรักษาสีแดงของเปลือกแตกต่างกัน	73
4.9 ลักษณะเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลื่นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกที่มีระยะความแก่-อ่อนและวิธีการรักษาสีที่แตกต่างกัน	82
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นและเวลาการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีผลต่อค่าสี a^* ของเปลือกผลิตภัณฑ์ลื่นจ๊อบแห้ง	85
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นและเวลาการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีผลต่อค่าสี b^* ของเปลือกผลิตภัณฑ์ลื่นจ๊อบแห้ง	85
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นและเวลาการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีผลต่อปริมาณกรดในเปลือกผลิตภัณฑ์ลื่นจ๊อบแห้ง	89
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นและเวลาการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีผลต่อปริมาณกรดในเนื้อลื่นจ๊อบแห้ง	89
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นและเวลาการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีผลต่อค่าพีเอชในเนื้อลื่นจ๊อบแห้ง	89

รูป	หน้า
4.15 ลักษณะเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลีนจ๊อบแห้งทั้งเปลือกที่รักษาสีโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ในสารละลายกรดแตกต่างกัน	90
4.16 การเปลี่ยนแปลงค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ภายหลังจากการเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์	91
4.17 ลักษณะผลิตภัณฑ์สดภายหลังจากการเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์	91
4.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์ภายหลังจากการเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์	94
4.19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ภายหลังจากการเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์	94
4.20 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในห้องเย็นก่อนนำไปอบแห้งที่มีผลต่อค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จ๊อบแห้ง	97
4.21 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในห้องเย็นที่มีผลต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์จ๊อบแห้ง	97
4.22 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สดในห้องเย็นก่อนการอบแห้งที่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์จ๊อบแห้ง	99
4.23 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สดในห้องเย็นก่อนการอบแห้งที่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาลของผลิตภัณฑ์จ๊อบแห้ง	99
4.24 ผลของวิธีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สดในห้องเย็น 1 สัปดาห์ ต่อลักษณะเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลีนจ๊อบแห้งทั้งเปลือก	99
4.25 อัตราการอบแห้งผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งรูปแบบที่ 1	105
4.26 อัตราการอบแห้งผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งรูปแบบที่ 2	105
4.27 อัตราการอบแห้งผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งรูปแบบที่ 3	105
4.28 ปริมาณความชื้นที่ลดลงของผลิตภัณฑ์ระหว่างการอบแห้งโดยใช้รูปแบบการอบแห้งที่ 1	106
4.29 ปริมาณความชื้นที่ลดลงของผลิตภัณฑ์ระหว่างการอบแห้งโดยใช้รูปแบบการอบแห้งที่ 2	106

รูป	หน้า
4.30 ปริมาณความชื้นที่ลดลงของผลลึ้นจี้ระหว่างการอบแห้งโดยใช้รูปแบบการอบแห้งที่ 3	106
4.31 ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลลึ้นจี้อบแห้งที่ใช้รูปแบบการอบแห้ง 3 รูปแบบ	107
4.32 การเปลี่ยนแปลงค่า L ของเปลือกผลลึ้นจี้อบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ	134
4.33 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของเปลือกผลลึ้นจี้อบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ	134
4.34 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดในเปลือกผลลึ้นจี้อบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ	134
4.35 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของผลลึ้นจี้อบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ	135
4.36 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลลึ้นจี้อบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในภาชนะบรรจุต่างๆ	135
5.1 ภาพแสดงลักษณะผลิตภัณฑ์	137
5.2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารที่ละลายได้ในเนื้อลึ้นจี้ระหว่างการแช่	145
5.3 อัตราส่วนของเนื้อลึ้นจี้ต่อน้ำเชื่อมที่มีต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักลดของเนื้อลึ้นจี้	152
5.4 อัตราส่วนเนื้อลึ้นจี้ต่อน้ำเชื่อมที่มีผลต่อความเข้มข้นของสารที่ละลายได้ในเนื้อลึ้นจี้ (ซูโครส 70%)	153
5.5 อัตราส่วนเนื้อลึ้นจี้ต่อสารละลายที่มีต่อความเข้มข้นของสารที่ละลายได้ในเนื้อลึ้นจี้ (ซูโครส 60%+กลีเซอรอล 15%)	153
5.6 อัตราส่วนเนื้อลึ้นจี้ต่อน้ำเชื่อมที่มีต่อ a_w ของเนื้อลึ้นจี้ (ซูโครส 70%)	154
5.7 อัตราส่วนเนื้อลึ้นจี้ต่อสารละลายที่มีต่อ a_w ของเนื้อลึ้นจี้ (ซูโครส 60% + กลีเซอรอล 15%)	154
5.8 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้อลึ้นจี้แช่กับระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	162

รูป	หน้า
5.9 ความสัมพันธ์ของอัตราการทำให้แห้งกับเวลาในการอบแห้งเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่ม	162
5.10 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักกับเวลาในการอบแห้งเนื้อลิ้นจี่แบบออสโมติกดีไฮเดรชัน	165
5.11 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงอัตราการอบแห้งกับเวลาในการอบแห้ง เนื้อลิ้นจี่แบบออสโมติกดีไฮเดรชัน	165
5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส	176
5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรด กับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส	176
5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส	177
5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส	177
5.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง a_w กับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส	178
5.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง a_w กับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส	178
5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมดกับระยะเวลาการเก็บรักษา เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด	182
5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมดกับระยะเวลาการเก็บรักษา เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด	182
5.20 ค่าโครมียาเมงมุมผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด อายุการเก็บรักษานาน 12 เดือน ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส	185
5.21 ค่าโครมียาเมงมุมผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งสูตรใช้น้ำเชื่อม เปรียบเทียบระหว่างเริ่มต้นกับอายุการเก็บรักษานาน 12 เดือน ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสในถุงอะลูมิเนียม	185

รูป	หน้า
5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อมันจ๊อบแห้งโดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด	200
5.23 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อมันจ๊อบแห้งโดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส	200
5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อมันจ๊อบแห้งโดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด	201
5.25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง a_w กับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อมันจ๊อบแห้งโดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด	201
5.26 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อมันจ๊อบแห้งโดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด	202
5.27 ความสัมพันธ์ระหว่าง a_w กับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อมันจ๊อบแห้งโดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด	202
5.28 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมดกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อมันจ๊อบแห้งโดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด	203
5.29 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมดกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อมันจ๊อบแห้งโดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด	203
5.30 ค่าโครงโยแมงมุมของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อมันจ๊อบแห้งที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด อายุการเก็บรักษานาน 12 เดือน ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส	204
5.31 ค่าโครงโยแมงมุมของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อมันจ๊อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 8 เดือน	204
6.1 ปริมาณของเนื้อมันจ๊อบแต่ละขนาดตามระยะเวลาที่ใช้ตีปั่น	208

รูป		หน้า
6.2	สัดส่วนของเนื้อลีนี่ขึ้นแตกขนาดต่างๆ	211
6.3	การเปรียบเทียบค่าสี L ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อตามปริมาณกรดซิตริกที่เติมลงในเนื้อลีนี่ญี่ปุ่น	214
6.4	การเปรียบเทียบค่าสี a* ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อตามปริมาณกรดซิตริกที่เติมลงในเนื้อลีนี่ญี่ปุ่น	214
6.5	การเปรียบเทียบค่าสี b* ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อตามปริมาณกรดซิตริกที่เติมลงในเนื้อลีนี่ญี่ปุ่น	214
6.6	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี a* ภายหลังการฆ่าเชื้อกับค่าพีเอชและปริมาณกรดซิตริกที่เติมในเนื้อลีนี่ญี่ปุ่น	215
6.7	ค่าความหนืดที่แปรผันตามปริมาณกรดซิตริกในเนื้อลีนี่ญี่ปุ่น	215
6.8	ความสัมพันธ์ระหว่างกรดซิตริกกับค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อลีนี่ญี่ปุ่น	218
6.9	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดซิตริกกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง น้ำตาลซูโครส และน้ำตาลทั้งหมดในเนื้อลีนี่ญี่ปุ่น	218
6.10	Heating curve ของเนื้อลีนี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1	235
6.11	Heating curve ของเนื้อลีนี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10	235
6.12	Heating curve ของเนื้อลีนี่ญี่ปุ่นบรรจุกระป๋องขนาด A1	236
6.13	Heating curve ของเนื้อลีนี่ญี่ปุ่นบรรจุกระป๋องขนาด A10	236
6.14	Heating curve ของเนื้อลีนี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 สายที่ 6	249
6.15	Cooling curve ของเนื้อลีนี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 สายที่ 6	249
6.16	อุณหภูมิของเนื้อลีนี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 (สายที่ 6) ตั้งแต่เริ่มต้นให้ความร้อนจนถึงจุดกระบวนการทำให้เย็นเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำในหม้อต้ม	249
6.17	Heating curve ของเนื้อลีนี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 สายที่ 1	250
6.18	Cooling curve ของเนื้อลีนี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 สายที่ 1	250
6.19	อุณหภูมิของเนื้อลีนี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 (สายที่ 1) ตั้งแต่เริ่มต้นให้ความร้อนจนถึงจุดกระบวนการทำให้เย็นเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำในหม้อต้ม	250

รูป	หน้า
6.20 Heating curve ของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 สายที่ 1	251
6.21 Cooling curve ของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 สายที่ 1	251
6.22 อุณหภูมิของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 (สายที่ 1) ตั้งแต่เริ่มต้นให้ความร้อนจนสิ้นสุดกระบวนการทำให้เย็นเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำในหม้อต้ม	251
6.23 Heating curve ของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 สายที่ 3	252
6.24 Cooling curve ของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 สายที่ 3	252
6.25 อุณหภูมิของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 (สายที่ 3) ตั้งแต่เริ่มต้นให้ความร้อนจนสิ้นสุดกระบวนการทำให้เย็นเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำในหม้อต้ม	252
6.26 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	258
6.27 การเปลี่ยนแปลงพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	258
6.28 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลซูโครสและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	258
6.29 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	261
6.30 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อแยมที่แปรรูปจากเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	261
6.31 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	264

รูป	หน้า
6.32 การเปลี่ยนแปลงพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกบรจุ กระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	264
6.33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณน้ำตาล รีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่ ขึ้นแตกบรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	264
6.34 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกบรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	268
6.35 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเยื่อที่แปรรูปจากเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตก บรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศา- เซลเซียส นาน 12 เดือน	268
6.36 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ของเนื้อลิ้นจี่ดีป่นบรจุ กระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	272
6.37 การเปลี่ยนแปลงพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่ดีป่นบรจุ กระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	272
6.38 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณน้ำตาล รีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่ดีป่น บรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศา- เซลเซียส นาน 12 เดือน	272
6.39 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่ดีป่นบรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	275
6.40 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสที่มีต่อน้ำลิ้นจี่ที่แปรรูปจากผลิตภัณฑ์ เนื้อลิ้นจี่ดีป่นบรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	275

รูป	หน้า
6.41 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ของเนื้อลีนจีตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	279
6.42 การเปลี่ยนแปลงพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อลีนจีตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	279
6.43 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อลีนจีตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	279
6.44 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อลีนจีตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส	282
6.45 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อน้ำลีนจีที่แปรรูปจากผลิตภัณฑ์เนื้อลีนจีตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	282
รูปภาคผนวก ก-1 ลักษณะของผลลีนจีอบแห้งทั้งเปลือกที่เก็บรักษาด้วยวิธีการเก็บรักษา 4 วิธี	304
รูปภาคผนวก ก-2 ผลลีนจีอบแห้งทั้งเปลือกอายุการเก็บรักษา 0 เดือน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องด้วยวิธีการเก็บรักษาทั้ง 4 วิธี	304
รูปภาคผนวก ก-3 ผลลีนจีอบแห้งทั้งเปลือกอายุการเก็บรักษา 2 เดือน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องด้วยวิธีการเก็บรักษาทั้ง 4 วิธี	305
รูปภาคผนวก ก-4 ผลลีนจีอบแห้งทั้งเปลือกอายุการเก็บรักษา 4 เดือน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องด้วยวิธีการเก็บรักษาทั้ง 4 วิธี	305
รูปภาคผนวก ก-5 ผลลีนจีอบแห้งทั้งเปลือกอายุการเก็บรักษา 6 เดือน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องด้วยวิธีการเก็บรักษาทั้ง 4 วิธี	306
รูปภาคผนวก ก-6 ผลลีนจีอบแห้งทั้งเปลือกอายุการเก็บรักษา 8 เดือน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องด้วยวิธีการเก็บรักษาทั้ง 4 วิธี	306

รูป		หน้า
รูปภาคผนวก ก-7	ผลลึ้นจื๊อบหั่งทั่งเปลือกอายูการเก็บรักษา 10 เดือน เก็บรักษาที่อุณหภูมิจึงด้วยวิธีการเก็บรักษาทั่ง 4 วิธี	307
รูปภาคผนวก ก-8	การคว่านเมล็ดคอกจากผลลึ้นจื๊	307
รูปภาคผนวก ก-9	เนือลึ้นจื๊แะอึ้มในสารละลายน้ำเชื่อม	308
รูปภาคผนวก ก-10	การจัดวางเนือลึ้นจื๊ในคู้บลมร้อน	308
รูปภาคผนวก ก-11	เนือลึ้นจื๊แะอึ้มอบหั่งแบบช้าและแบบเร็ว	309
รูปภาคผนวก ก-12	เนือลึ้นจื๊แะอึ้มอบหั่งที่ผลิตด้วยน้ำเชื่อมอย่างเดียวกับน้ำเชื่อมผสมกลูโคสไชรูป	309
รูปภาคผนวก ก-13	เนือลึ้นจื๊แะอึ้มอบหั่งที่ผ่านการแะในสารละลายน้ำเชื่อม 70% 3 ชั่วโมงก่อนการอบหั่ง	310
รูปภาคผนวก ก-14	ภาชนะบรรจุอุณภูมิเนียม อุณภูมิสุญญากาศ อุณภูมิแะกัสนไนโตรเจน และอุณภูมิโพลิโพรพิลีน	310
รูปภาคผนวก ก-15	ผลิตภันท์เนือลึ้นจื๊แะอึ้มอบหั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิจึง 25-30 องศาเซลเซียส นาน 2 เดือน	311
รูปภาคผนวก ก-16	ผลิตภันท์เนือลึ้นจื๊แะอึ้มอบหั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิจึง 25-30 องศาเซลเซียส นาน 4 เดือน	311
รูปภาคผนวก ก-17	ผลิตภันท์เนือลึ้นจื๊แะอึ้มอบหั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิจึง 25-30 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน	312
รูปภาคผนวก ก-18	ผลิตภันท์เนือลึ้นจื๊แะอึ้มอบหั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิจึง 25-30 องศาเซลเซียส นาน 8 เดือน	312
รูปภาคผนวก ก-19	ผลิตภันท์เนือลึ้นจื๊แะอึ้มอบหั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิจึง 25-30 องศาเซลเซียส นาน 10 เดือน	313
รูปภาคผนวก ก-20	ผลิตภันท์เนือลึ้นจื๊อบหั่งที่ผ่านการทำออสโมติกคิไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิจึง 25-30 องศาเซลเซียส นาน 2 เดือน	313
รูปภาคผนวก ก-21	ผลิตภันท์เนือลึ้นจื๊อบหั่งที่ผ่านการทำออสโมติกคิไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิจึง 25-30 องศาเซลเซียส นาน 4 เดือน	314
รูปภาคผนวก ก-22	ผลิตภันท์เนือลึ้นจื๊อบหั่งที่ผ่านการทำออสโมติกคิไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิจึง 25-30 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน	314

รูป		หน้า
รูปภาคผนวก ก-23	ผลิตภัณฑ์เนื้อล้นจืดอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 7 เดือน	315
รูปภาคผนวก ก-24	ผลิตภัณฑ์เนื้อล้นจืดอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 8 เดือน	315
รูปภาคผนวก ก-25	ผลิตภัณฑ์เนื้อล้นจืดแช่หมักอบแห้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน	316
รูปภาคผนวก ก-26	ผลิตภัณฑ์เนื้อล้นจืดแช่หมักอบแห้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 8 เดือน	316
รูปภาคผนวก ก-27	ผลิตภัณฑ์เนื้อล้นจืดแช่หมักอบแห้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 10 เดือน	317
รูปภาคผนวก ก-28	ผลิตภัณฑ์เนื้อล้นจืดแช่หมักอบแห้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	317
รูปภาคผนวก ก-29	ผลิตภัณฑ์เนื้อล้นจืดอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน	318
รูปภาคผนวก ก-30	ผลิตภัณฑ์เนื้อล้นจืดอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 8 เดือน	318
รูปภาคผนวก ก-31	ผลิตภัณฑ์เนื้อล้นจืดอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 10 เดือน	319
รูปภาคผนวก ก-32	ผลิตภัณฑ์เนื้อล้นจืดอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน	319
รูปภาคผนวก ข-1	ตำแหน่งที่ใช้วัดสปีรียวนเปลือกภายนอกของผลล้นจืด	321
รูปภาคผนวก ข-2	แผนภูมิวิธีการสกัดและวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนโทไซยานิน ทั้งหมดในเปลือกล้นจืด	327
รูปภาคผนวก ข-3	ชุดเครื่องกลั่นสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	329
รูปภาคผนวก ง-1	Heating curve ของเนื้อล้นจืดปีนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ก่อนการปรับข้อมูล	355
รูปภาคผนวก ง-2	Heating curve ของเนื้อล้นจืดปีนบรรจุกระป๋องขนาด A1 หลังการปรับข้อมูลเพื่อเพิ่มค่า R_2	357

รูป		หน้า
รูปภาคผนวก ง-3	Cooling curve ของเนื้อลีนจีตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 ก่อนการปรับข้อมูล	359
รูปภาคผนวก ง-4	Cooling curve ของเนื้อลีนจีตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 หลังการปรับข้อมูลเพื่อเพิ่มค่า R_2	361

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

ลิ้นจี่เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีการปลูกมากในเขตภาคเหนือ ซึ่งสามารถผลิตลิ้นจี่ได้ถึงร้อยละ 90 ของผลผลิตทั้งประเทศ โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และพะเยา ซึ่งมีพื้นที่การเพาะปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ประมาณ 73% เชียงราย 10% และพะเยา 7% ในปี 2538 ได้ผลผลิตประมาณ 45,000 ตัน ปริมาณการส่งออกผลลิ้นจี่สดในปี 2537 ประมาณ 1,000 ตัน มีมูลค่า 36 ล้านบาท และในปี 2538 ส่งออกประมาณ 3,200 ตัน มูลค่าประมาณ 120 ล้านบาท (กรมการค้าภายใน, 2539) ถึงแม้ปริมาณการส่งออกผลลิ้นจี่สดจะเพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณผลผลิตแล้ว ยังส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้ไม่มากนัก เพราะผลลิ้นจี่สดมีช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยวสั้น และมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นาน เนื่องจากเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่สามารถส่งไปขายเป็นระยะทางไกลได้ จึงเกิดปัญหาผลลิ้นจี่ล้นตลาดและมีราคาถูก โดยเฉพาะผลลิ้นจี่ที่มีคุณภาพต่ำและผลร่วง ยังไม่มีการนำผลลิ้นจี่เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่ากันมากนัก ผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ที่มีการแปรรูปจำหน่ายกันอยู่ในปัจจุบันมีเพียงลิ้นจี่บรรจุกระป๋องในน้ำเชื่อม ลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือก และน้ำลิ้นจี่เท่านั้น ปริมาณการผลิตลิ้นจี่กระป๋องในปี 2538 ที่ส่งออกจำหน่ายต่างประเทศมีประมาณ 7 พันตัน มูลค่าประมาณ 280 ล้านบาท (กรมการค้าภายใน, 2539)

การศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ที่ Holcroft and Mitcham (1996) ได้รวบรวมและรายงานว่าการทำลิ้นจี่อบแห้ง หรือที่เรียกว่า Litchi nut มักใช้วิธีตากแดด หรือใช้เตาอบที่อุณหภูมิต่ำกว่า 43 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด bitter fruit และก่อนอบแห้งอาจนำผลลิ้นจี่มาลวก หรือรมกำมะถัน หรือจุ่มในสารละลายกรดซิตริก เพื่อรักษาสีเปลือกระหว่างการอบแห้ง การจุ่มผลลิ้นจี่ในสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 1 โมลาร์ สามารถช่วยรักษาสีแดงที่เปลือกของผลลิ้นจี่ไว้ได้ (Duvenhage *et al.*, 1995)

ผลลิ้นจี่ยังสามารถนำไปแช่แข็งทั้งผล โดยไม่มีผลกระทบต่อเนื้อลิ้นจี่ เพียงแต่ทำให้เปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ส่วนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่กระป๋องวิธีการป้องกันไม่ให้เนื้อลิ้นจี่เปลี่ยนเป็นสีชมพูทำได้โดยเติมกรดซิตริกและควบคุม processing time (Nip, 1988) นอกจากนี้ผลลิ้นจี่ยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นไวน์และน้ำลิ้นจี่ได้ด้วย (Tindall, 1994)

สำหรับประเทศไทยเนื่องจากลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่มีช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยวสั้นทำให้ปริมาณวัตถุดิบที่นำไปแปรรูปมีจำนวนจำกัด และไม่สามารถนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิด

เพิ่มมากขึ้น มีเพียงลีนจี้กระป๋องและลีนจี้อบแห้งเท่านั้นที่ผลิตเป็นการค้าอยู่ในปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์สองชนิดนี้ก็ยังมีการผลิตไม่มากนักและเทคโนโลยีการผลิตก็ยังไม่ได้มีการศึกษาอย่างจริงจัง เท่าที่รายงานมีเพียง สิงหนาท (2533) ได้ศึกษาวิธีการอบแห้งผลลีนจี้ พบว่า การลวกผลลีนจี้ทั้งเปลือกในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5% นาน 2 นาที นำไปรมควันกัมมะถัน 0.5% นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นเหลือประมาณ 65% และเปลือกออกแล้วนำมาอบต่อจนแห้ง จะได้เนื้อลีนจี้อบแห้งที่มีคุณภาพดีกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส แต่ต้องใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส สำหรับการผลลีนจี้อบแห้งทั้งเปลือกในประเทศจีนและการผลลีนจี้อบแห้งทั้งเปลือกจำหน่ายรายย่อยในจังหวัดเชียงใหม่ จะอบแห้งผลลีนจี้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ประคณเดช, 2540) อีกทั้งลีนจี้อบแห้งทั้งเปลือกของไทยมีรสเปรี้ยว คุณภาพผู้ลีนจี้อบแห้งจากประเทศจีนไม่ได้ เป็นเหตุให้พ่อค้าจากประเทศจีนรับซื้อผลลีนจี้อบแห้งในราคาที่ต่ำ

หากพิจารณาการใช้ประโยชน์จากผลลีนจี้ จะเห็นได้ว่าผลผลิตลีนจี้ส่วนใหญ่ประมาณ 70% ส่งออกในรูปผลสด ส่วนที่เหลือบริโภคภายในประเทศและแปรรูปเป็นลีนจี้กระป๋อง เนื้อลีนจี้ที่lixใช้ในการแปรรูปเป็นลีนจี้กระป๋อง ถูกนำมาผลิตเป็นน้ำลีนจี้กระป๋อง ตั้งแต่ปี 2539 และ 2540 เริ่มมีการส่งออกผลลีนจี้อบแห้งทั้งผลไปยังประเทศจีน ผลลีนจี้ที่นำมาอบแห้งทั้งหมดเป็นผลลีนจี้ที่ทางโรงงานกระป๋องใช้แปรรูปเป็นลีนจี้กระป๋องไม่ได้ จะถูกนำมาอบแห้งแทนการปล่อยทิ้ง อันเป็นสาเหตุให้คุณภาพของผลลีนจี้อบแห้งทั้งเปลือกมีรสเปรี้ยวและเนื้อบาง คุณภาพด้อยกว่าผลลีนจี้อบแห้งทั้งเปลือกที่จีนผลิตเอง และราคาขายที่จีนรับซื้อจากไทยก็ต่ำมาก จนทำให้มีจำนวนผู้ผลิตน้อยราย นอกจากนี้ยังมีผลลีนจี้ที่เปลือกแตกบนต้น ซึ่งมีปริมาณประมาณ 1-5% ของผลผลิตทั้งหมด ซึ่งผลลีนจี้ที่เปลือกแตกนี้ยังไม่มีการนำมาแปรรูปเพิ่มมูลค่าอย่างจริงจัง

ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาและพัฒนากรรมวิธีการผลลีนจี้อบแห้งทั้งเปลือก และเนื้อลีนจี้แช่อิ่มอบแห้ง เพื่อพัฒนาให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น ศึกษากรรมวิธีการผลิตเนื้อลีนจี้ตีปั่น (puree) สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ รวมทั้งศึกษาอายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดด้วย

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในปี พ.ศ. 2540 พบว่าผลลีนจี้พันธุ์สงขลาที่เก็บเกี่ยวแล้วนำไปอบแห้งทันที ผลลีนจี้อบแห้งที่ได้จะมีรสเปรี้ยว การเก็บผลลีนจี้ไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 สัปดาห์ เมื่อนำไปอบแห้งจะทำให้ได้ผลลีนจี้อบแห้งที่มีรสหวาน ส่วนการทดลองอบแห้งผลลีนจี้พันธุ์สงขลาทั้งเปลือกโดยใช้เตากระบะลมร้อนพบว่าเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งแตกต่างจากการอบผลลำไยทั้งเปลือก คือต้องใช้นานกว่าและอุณหภูมิต่ำกว่า มิฉะนั้นเปลือกจะแตกและไม่แห้ง

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ศึกษากรรมวิธีการอบลื่นจ๊อบแห้งทั้งเปลือก เนื้อลื่นจี๋แช่อิ่มอบแห้ง และศึกษากรรมวิธีการทำเนื้อลื่นจี๋ตีปน
- 1.2.2 ศึกษาวิธีการรักษาสีของเปลือกลื่นจ๊อบแห้งให้คงสีแดงเหมือนผลสดและการ treatment ผลลื่นจ๊อบแห้งเพื่อพัฒนาคุณภาพของลื่นจี๋หลังอบแห้ง
- 1.2.3 ศึกษาวิธีการเก็บรักษาและ/หรืออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

1.3 แผนการดำเนินการวิจัย

- 1.3.1 คัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์ เนื้อลื่นจี๋แช่อิ่มอบแห้ง โดยวางแผนการทดลองด้วยวิธี Plackett and Burman Designs เพื่อคัดเลือกปัจจัยที่สำคัญและมีผลต่อคุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์มากที่สุด โดยพิจารณาจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและผลการวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพ
- 1.3.2 พัฒนาสูตรที่เหมาะสมของเนื้อลื่นจี๋แช่อิ่มอบแห้ง ด้วยการวางแผนการทดลองโดยใช้ factorial design ทำการคัดเลือกสูตร โดยพิจารณาจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส และจากผลการวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพ
- 1.3.3 ศึกษาคุณภาพของผลลื่นจี๋ในช่วงอายุการเก็บต่างๆ ด้วยการวิเคราะห์ทั้งทางกายภาพและทางเคมี เพื่อคัดเลือกช่วงอายุการเก็บผลลื่นจี๋ที่เหมาะสมสำหรับนำมาอบแห้งทั้งเปลือก
- 1.3.4 ศึกษาวิธีการเตรียมผลลื่นจี๋ก่อนนำมาอบให้แห้ง โดยเน้นเรื่องสีเปลือก และรสชาติของผลลื่นจี๋ วิธีการเตรียม ได้แก่
 - 1.3.4.1 ทดลองเก็บรักษาผลลื่นจี๋ในตู้เย็น 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 และ 2 สัปดาห์ ก่อนนำไปอบแห้ง
 - 1.3.4.2 แช่สารละลายกรด
 - 1.3.4.3 รมควันกำมะถัน
 - 1.3.4.4 แช่สารละลายโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และกรด
- 1.3.5 พัฒนกรรมวิธีการอบแห้งที่เหมาะสมในการอบผลลื่นจี๋ทั้งเปลือก และเนื้อลื่นจี๋แช่อิ่มอบแห้ง เพื่อหาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ทั้งทางกายภาพ ทางเคมี จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและต้นทุนการผลิต
- 1.3.6 ศึกษาวิธีการเตรียมเนื้อลื่นจี๋เพื่อทำเนื้อลื่นจี๋ตีปน ด้วยการหาวิธีการรักษาสีเนื้อลื่นจี๋ให้ขาวเหมือนเดิม อัตราความเร็วและระยะเวลาในการตีปน โดยคำนึงถึงการยอมรับของผู้บริโภค

- 1.3.7 พัฒนาการวิธีการนึ่งฆ่าเชื้อ เนื้อลีนจีตูปน เพื่อหาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการนึ่งฆ่าเชื้อ และค่า sterilization value (F_0) ของขนาดภาชนะบรรจุ 2 ขนาด คือ ขนาดใหญ่และเล็ก
- 1.3.8 ศึกษาวิธีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลีนจีตูปนและอายุการเก็บที่เหมาะสม ด้วยการทดลองเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิห้องเย็น 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง 25 หรือ 30 องศาเซลเซียส ทั้งในสภาวะปกติ และสภาวะสุญญากาศ โดยการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบเปรียบเทียบคุณภาพในด้านสี (Hunter) ความชื้น (AOAC) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w meter) และลักษณะเนื้อสัมผัส (Instron)
- 1.3.9 ศึกษาอายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลง ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อลีนจีตูปน โดยนำผลิตภัณฑ์เนื้อลีนจีตูปนมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 เดือน โดยสุ่มตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้มาวิเคราะห์ทุก 2 เดือน นำผลการวิเคราะห์และการทดสอบทางประสาทสัมผัสเป็นตัวกำหนดอายุการเก็บรักษา
- 1.3.10 การวิเคราะห์
- ก. การวิเคราะห์ทางกายภาพ
 - 1. วัดสีใช้ Hunter
 - 2. Texture ใช้ Instron
 - ข. การวิเคราะห์ทางเคมี
 - 1. Total acidity (titration)
 - 2. pH (pH meter)
 - 3. Total soluble solid (Hand refractometer)
 - 4. Total sugar (Lane and Eynon)
 - 5. a_w (a_w meter)
 - 6. ความชื้น (AOAC)
 - ค. การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์
 - 1. Total plate count
 - 2. Yeast and mould
 - 3. Coliform
 - 4. Aciduric spoilage
 - 5. Flat sour
 - ง. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่คุ้นเคยกับการบริโภคผลไม้อบแห้ง แยมผลไม้ และน้ำผลไม้ โดยใช้ ideal ratio profile, hedonic scale, ranking test และ paired comparisons

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ภายใน 1 ปีจะทราบ

- 1.4.1 ภายใน 1 ปี ทราบวิธีการปรับปรุงคุณภาพของผลลื่นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกให้มีสีเปลือกสวยและรสชาติดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
- 1.4.2 ภายใน 1 ปี ทราบสูตร วิธีการแช่อบ และวิธีการอบแห้งที่เหมาะสม
- 1.4.3 ภายใน 1 ปี ทราบวิธีการเตรียมเนื้อลื่นจ๊อบเพื่อทำเป็นเนื้อลื่นจ๊อบที่แห้งที่เหมาะสม
- 1.4.4 ภายใน 1 ปีครั้ง ทราบอุณหภูมิ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการนึ่งฆ่าเชื้อเนื้อลื่นจ๊อบที่แห้งบรรจุกระป๋อง และค่า Sterilization value
- 1.4.5 ภายใน 1 ปีครั้ง ทราบอุณหภูมิ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบผลลื่นจ๊อบแห้งทั้งเปลือก
- 1.4.6 ภายใน 2 ปี ทราบ วิธีการเก็บรักษาและอายุการเก็บของผลลื่นจ๊อบแห้งทั้งเปลือก เนื้อลื่นจ๊อบแช่อบแห้ง และเนื้อลื่นจ๊อบที่แห้ง

1.5 การถ่ายทอดผลงานวิจัยไปสู่ผู้ใช้

ผู้ใช้ผลงานวิจัยนี้คือโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร และถ่ายทอดผลการวิจัยโดยการพิมพ์เอกสารเผยแพร่

1.6 งบประมาณ

รายการ	จำนวนเงิน
1. หมวดค่าตอบแทน	343,200.00
2. หมวดค่าจ้าง	147,360.00
3. หมวดค่าใช้สอย	62,000.00
4. หมวดค่าวัสดุ	519,00.00
5. หมวดค่าครุภัณฑ์	0.00
6. หมวดค่าใช้จ่ายอื่นๆ	0.00
รวมค่าใช้จ่ายโดยตรง	1,071,560.00
7. หมวดค่าใช้จ่ายทางอ้อม	107,156.00
8. รวมทั้งสิ้น	1,178,716.00
รวมทั้งสิ้นหนึ่งล้านหนึ่งแสนเจ็ดหมื่นแปดพันเจ็ดร้อยสิบหกบาทถ้วน	

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลิ้นจี่

ลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn.) เป็นผลไม้กึ่งร้อน (sub-tropical fruit) จัดอยู่ในวงศ์ Sapindaceae ลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่มีถิ่นกำเนิดมาจากทางตอนใต้ของประเทศจีน ซึ่งปัจจุบันลิ้นจี่ได้กลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมเพาะปลูกกันมากในหลายประเทศ โดยเฉพาะประเทศในเขตร้อน เนื่องจากลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่มีลักษณะเฉพาะตัว มีกลิ่นหอม และมีรสชาติพิเศษ คือ มีรสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ลิ้นจี่จึงเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค มีการส่งผลผลิตออกไปจำหน่ายยังตลาดโลกเป็นจำนวนมาก ประเทศที่ผลิตผลลิ้นจี่ออกจำหน่ายยังตลาดโลก ได้แก่ ประเทศไทย จีน ไต้หวัน เวียดนาม อินเดีย มาเลเซีย แอฟริกาใต้ ปากีสถาน อินโดนีเซีย และออสเตรเลีย (Kadam and Deshpande, 1995) สำหรับประเทศไทยมีการเพาะปลูกลิ้นจี่มากในเขตภาคเหนือตอนบน โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่ พะเยา และเชียงราย ซึ่งสามารถผลิตผลลิ้นจี่ได้มากถึง 90% ของผลผลิตทั้งประเทศ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2540)

พันธุ์ลิ้นจี่มีมากมายหลายสายพันธุ์แต่สายพันธุ์ลิ้นจี่ที่นิยมปลูกกันมากในภาคเหนือและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ ได้แก่ พันธุ์สงขลวย โอเฮียะ กิมเจง และจักรพรรดิ โดยเฉพาะลิ้นจี่พันธุ์สงขลวยเป็นพันธุ์ที่ปลูกมากที่สุดทางภาคเหนือ เนื่องจากมีลักษณะเด่นเฉพาะตัวคือสามารถติดผลได้ดีเกือบทุกปี ดอกลิ้นจี่จะเริ่มบานประมาณเดือนกุมภาพันธ์ และผลจะเริ่มแก่ประมาณกลางเดือนพฤษภาคม ผลลิ้นจี่มีรูปทรงกลมรี เปลือกมีสีแดงอมชมพู เมื่อผลแก่สมบูรณ์หนามจะเป็นคุ่มสั้นกว่าผลที่ยังไม่แก่ (จริงแท้, 2538) ดังนั้นจึงต้องเก็บเกี่ยวผลลิ้นจี่ในระยะเวลาที่สามารถบริโภคได้ทันที เนื่องจากลิ้นจี่เป็นผลไม้ชนิด non-climacteric (Somogyi *et al.*, 1996) ภายหลังการเก็บเกี่ยวแล้วกระบวนการสุกจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ดังนั้นหากเก็บเกี่ยวผลลิ้นจี่ในระยะที่ไม่เหมาะสม เช่น ผลลิ้นจี่ที่ยังโตไม่เต็มที่จะทำให้ได้ผลลิ้นจี่ที่มีคุณภาพต่ำ เช่น มีรสเปรี้ยวมากเกินไป เนื่องจากผลลิ้นจี่ที่มีระยะความแก่-อ่อนต่างกันจะมีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ผลลิ้นจี่ที่มีระยะความแก่-อ่อนพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้นั้นจะมีปริมาณกรดลดลงและมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ทำให้เมื่อเก็บเกี่ยวผลลิ้นจี่ในระยะที่มีความแก่สมบูรณ์จะได้ผลลิ้นจี่ที่มีรสชาติดี คือมีรสหวานอมเปรี้ยวเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Holcroft and Mitcham, 1996)

2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของผลลิ้นจี่

ผลลิ้นจี่มีส่วนประกอบทางเคมีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะความแก่-อ่อน สายพันธุ์ พื้นที่ปลูก และการดูแลในระหว่างการเพาะปลูก ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของผลลิ้นจี่ประกอบด้วย น้ำ 77-87% โปรตีน 0.8-0.9% ไขมันน้อยกว่า 1% ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ 14.0-20.3% ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดประมาณ 15.3% ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลรีดิวซิงถึง 81.7% และน้ำตาลซูโครส 18.3% ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Kadam and Deshpande, 1995) ผลลิ้นจี่สดสายพันธุ์ Brewster มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 16.8% ประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส 51.1% ที่เหลืออีก 30.1% และ 18.8% เป็นน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตส ตามลำดับ (Chan *et al.*, 1975)

ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดที่พบในผลลิ้นจี่มีประมาณ 0.20-0.64% โดยอยู่ในรูปของกรดมาลิกมากกว่า 80% ของปริมาณกรดทั้งหมด กรดที่เหลือประกอบด้วยกรดชนิดอื่นๆ คือ กรดซิตริก กรดซัคซินิก มาโลนิก แลกติก ฟอสฟอริก และลิวิลินิก นอกจากนี้ยังพบว่าผลลิ้นจี่เป็นแหล่งของกรดแอสคอร์บิก มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงถึง 40-90 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Somogyi *et al.*, 1996) นอกจากนี้ในผลลิ้นจี่ยังมีวิตามินและแร่ธาตุบางชนิด ได้แก่ ไทอามิน ไรโบฟลาวิน แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก (Salunkhe และ Kadam, 1995)

สำหรับผลลิ้นจี่พันธุ์สงฮวย จักรพรรดิ และกิมเจงมีสมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีแสดงดังตาราง 2.1 (Rattanapanone and Boonyakiat, 2000)

ตาราง 2.1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลลิ้นจี่พันธุ์สงฮวย จักรพรรดิ และกิมเจง

พันธุ์	% เปลือก	% เมล็ด	% เนื้อ	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*	% TSS	ค่า พีเอช	% ปริมาณกรดทั้งหมด*
สงฮวย	15.18	16.48	68.36	43.56	29.37	22.35	17.93	4.51	0.39
จักรพรรดิ	17.50	13.50	69.00	35.36	34.63	14.30	18.53	4.25	0.41
กิมเจง	17.75	9.20	73.05	35.18	32.27	15.28	17.87	4.76	0.25

* ในรูปกรดมาลิก

ที่มา : Rattanapanone and Boonyakiat (2000)

ผลลิ้นจี่เมื่อมีระยะความแก่เพิ่มมากขึ้น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบทางเคมี คือ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมดลดลง และค่าพีเอช (pH) เพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบทางเคมีดังกล่าวสามารถชี้บ่งถึงระยะความแก่-อ่อนของผลลิ้นจี่ได้ ดังนั้นปัจจัยที่ใช้เป็นดัชนีในการพิจารณาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม อาจพิจารณาได้จากหลายปัจจัย เช่น ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด และอัตราส่วนระหว่าง

ปริมาณน้ำตาลต่อปริมาณกรด (sugar : acid ratio) เป็นต้น (Holcroft and Mitcham, 1996) ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของผลลั่นจีสดและลั่นจีอบแห้งในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม แสดงดังตาราง 2.2

ตาราง 2.2 ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของผลลั่นจีสดและลั่นจีอบแห้ง ในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม

ส่วนประกอบ	ลั่นจีสด	ลั่นจีอบแห้ง
พลังงาน (แคลอรี)	63.0-64.0	277.0
ความชื้น (เปอร์เซ็นต์ต่อ 100 กรัม)	81.90-84.83	17.90-22.30
โปรตีน (กรัม/100 กรัม)	0.68-1.00	2.90-3.80
ไขมัน (กรัม/100 กรัม)	0.30-0.58	0.20-1.2
คาร์โบไฮเดรต (กรัม/100 กรัม)	13.31-16.40	70.70-77.50
เส้นใยอาหาร (กรัม/100 กรัม)	0.23-0.40	1.40
เถ้า (กรัม/100 กรัม)	0.37-0.50	1.50-2.00
แคลเซียม (มิลลิกรัม/100 กรัม)	8.0-10.0	33.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/100 กรัม)	30.0-42.0	-
เหล็ก (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.4	1.7
โซเดียม (มิลลิกรัม/100 กรัม)	3.0	3.0
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม/100 กรัม)	170.0	1,100
วิตามินบี 1 (ไทอามิน) (ไมโครกรัม/100 กรัม)	28.0	-
วิตามินบี 2 (ไรโบฟลาวิน) (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.40	-
วิตามินบี 6 (กรดนิโคตินิก) (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.05	0.05
วิตามินซี (กรดแอสคอร์บิก) (มิลลิกรัม/100 กรัม)	24.0-60.0	42.0

ที่มา : www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/lychee.html โดย Purdue University Center for New Crop and Plant Produces (1999)

ในช่วงระยะการเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลลั่นจี นอกจากจะมีการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบทางเคมีแล้ว ยังมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพที่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน คือการเปลี่ยนแปลงของสีผิวที่เปลือกนอกของผลลั่นจี จะมีการพัฒนาจากสีเขียวเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้นตามระยะการสุก รงควัตถุที่ให้สีแดงในเปลือกของผลลั่นจี คือ แอนโทไซยานิน ซึ่งประกอบด้วยอนุพันธ์หลายชนิด คือ 3-ไกลโคไซด์ (3-glycoside) ไซยานิดิน (cyanidin) 3-กาแลก-

โตไซด์ (3-galactoside) พิลากอนิดิน (pelargonidin) 3-แรมโนไซด์ (3-rhamnoside) และพิลาร์โกนิน-ดิน-3,5-ไดโกลโคไซด์ (pelargonidin-3,5-diglycoside) โดยพบว่าไซยานิดิน-3-รูติโนไซด์ (cyanidin-3-rutinoside) เป็นอนุพันธ์หลักที่มีปริมาณมากกว่า 67% ของปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินเป็นดัชนีที่สามารถชี้บ่งถึงระยะการสุกของผลล้นจีได้เป็นอย่างดี เพราะในระหว่างที่ผลล้นจีสุก จะมีการสังเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินที่เปลือกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้เปลือกล้นจีมีสีแดงเพิ่มมากขึ้น และปริมาณแอนโทไซยานินจะมีความเข้มข้นสูงสุดเมื่อผลล้นจีมีระยะการสุกเต็มที่ หลังจากนั้นปริมาณแอนโทไซยานินจะค่อยๆ ลดลงภายหลังการเก็บเกี่ยวและเมื่อผลล้นจีเริ่มเน่าเสีย ภาวะดังกล่าวจึงเป็นตัวชี้บ่งที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างสีเปลือกของผลล้นจีกับระยะการสุกได้เป็นอย่างดี (Mazza and Miniati, 1993)

ผลล้นจีมีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากผิวเปลือกเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสีแดงเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วภายใน 24 ชั่วโมงภายหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้อง (Ray, 1998) การเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณผิวเปลือกของผลล้นจินับว่าเป็นปัญหาสำคัญในทางการค้า เพราะจะทำให้ราคาผลผลิตตกต่ำและไม่สามารถส่งออกไปจำหน่ายในระยะทางไกลๆ ได้ ซึ่งเชื่อกันว่า การเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเปลือกผลล้นจีมีสาเหตุเนื่องมาจากการสลายตัวของแอนโทไซยานินในภาวะต่างๆ เช่น ภาวะภายหลังการเก็บเกี่ยว ความเข้มข้นของแอนโทไซยานินบริเวณเปลือกผลล้นจีจะลดลงอย่างช้าๆ การสลายตัวของแอนโทไซยานินมีสาเหตุมาจากการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase ; PPO) ซึ่งเป็นเอนไซม์หลักในการทำให้เกิดการสลายตัวของแอนโทไซยานิน (Zhang *et al.*, 2000)

Underhill (1992) รายงานว่า ภายหลังการเก็บเกี่ยวกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เปลือกของผลล้นจีจะค่อยๆ ลดลง มีการสลายตัวของแอนโทไซยานินอย่างรวดเร็ว และเกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น จึงไม่น่าเป็นไปได้ว่าการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลล้นจีจะเกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเพียงอย่างเดียว น่าจะมีปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น การได้รับความเสียหายจากลักษณะทางกายภาพ เช่น การเก็บผลล้นจีใส่ไว้ในห้องเย็นโดยตรง (อุณหภูมิต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียส) หรือการได้รับความร้อน (อุณหภูมิสูงกว่า 53 องศาเซลเซียส) ปัจจัยทางกายภาพเหล่านี้จะเร่งให้เกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลล้นจีให้เร็วขึ้น เนื่องจากภายหลังการเก็บเกี่ยวผลล้นจีจะสูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็ว การเก็บรักษาผลล้นจีไว้ในอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ผลล้นจีสูญเสียความชื้นถึง 7% ของน้ำหนักเปลือก หลังจากนั้นอีก 4 ชั่วโมง เปลือกผลล้นจีจะสูญเสียความชื้นเพิ่มมากขึ้นเป็น 40% และจะเพิ่มขึ้นเป็น 60% ภายหลังจาก 64 ชั่วโมงของการเก็บรักษา (Underhill, 1992) การเก็บผลล้นจีไว้ในภาวะที่ไม่เหมาะสมจะช่วยเร่งการสูญเสียความชื้นของเปลือกผลล้นจี การสูญเสียความชื้นของเปลือกผลล้นจีจะทำให้เปลือกมีลักษณะแห้งแข็ง และเกิดการฉีกขาดของเนื้อเยื่อบริเวณเปลือกผลล้นจี (Underhill and Critchley, 1993) ส่งผลให้เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับแอนโทไซยานินได้โดย

ตรง แสดงให้เห็นว่าการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียความชื้น ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญระหว่างการเก็บรักษาผลลิ้นจี่ (Underhill, 1992)

2.3 การรักษาสีแดงของเปลือกผลลิ้นจี่ภายหลังการเก็บเกี่ยว

การชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่ภายหลังการเก็บเกี่ยว สามารถทำได้โดยการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และนำผลลิ้นจี่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 5 องศาเซลเซียส สามารถรักษาสีเปลือกผลลิ้นจี่ไว้ได้ 4 สัปดาห์ การรักษาสีแดงของเปลือกผลลิ้นจี่ให้คงอยู่ในระหว่างการเก็บรักษา ทำได้โดยการรมผลลิ้นจี่ด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือนำผลลิ้นจี่ไปจุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (60 กรัม/ลิตร) นาน 10 นาที แล้วจึงนำไปจุ่มในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 4% เป็นเวลา 2 หรือ 3 นาที หรือนำไปจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก ความเข้มข้น 10% นาน 5 นาที ก่อนที่จะนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส สามารถยืดระยะเวลาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่เปลือกของผลลิ้นจี่ได้นาน 28 วัน (Duvenhage, 1994)

การใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และซัลไฟต์ เช่น โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ หรือโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่บริเวณเปลือกของผลลิ้นจี่ที่มีสาเหตุมาจากการทำงานของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสได้ โดยซัลไฟต์จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดส และสารประกอบซัลเฟอร์จะไปจับกับแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารสีแดงของเปลือกผลลิ้นจี่ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของแอนโทไซยานิน (anthocyanin complex) ที่มีความคงตัวสูง ทำให้สามารถควบคุมไม่ให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ (Zauberman *et al.*, 1991; Fuchs *et al.*, 1993)

การควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่บริเวณเปลือกของผลลิ้นจี่ ทำได้โดยนำผลลิ้นจี่มาจุ่มลงในสารละลายกรดซัลฟูริก หรือ สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีค่าพีเอชหลายๆ ระดับ คือ 0.2, 0.4 และ 0.6 ใช้ระยะเวลาในการจุ่ม 5, 10 และ 15 นาที ทั้งก่อนและภายหลังการนำผลลิ้นจี่ไปเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น พบว่าภาวะที่มีค่าพีเอชต่ำและเวลาในการแช่ที่นานขึ้น จะสามารถช่วยรักษาสีแดงของเปลือกผลลิ้นจี่ให้คงอยู่ได้ ซึ่งก็คือการจุ่มในสารละลายกรดที่มีค่าพีเอช 0.2 นาน 15 นาที จะให้ผลในการรักษาสีแดงของเปลือกผลลิ้นจี่ให้คงไว้ได้ดีที่สุด (Kesta และ Leelawatana, 1992)

การควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่ โดยการรมควันผลลิ้นจี่ด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับผลลิ้นจี่ที่ไม่ได้รม พบว่าผลลิ้นจี่ที่ไม่ได้รมจะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลอย่างสมบูรณ์ ส่วนผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะฟอกสีเปลือกของผลลิ้นจี่ให้มีสีเหลือง แต่ระหว่างที่เก็บรักษาไว้ระยะเวลาหนึ่ง ผลลิ้นจี่ที่ถูกฟอกสีจะมีสีแดงกลับมาอีกครั้งหนึ่ง (นิธิยาและคณัย, 2544) ซึ่งสีแดงของผลลิ้นจี่ที่เกิดขึ้นภายหลังการถูกฟอกสีนี้จะไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลขึ้นได้อีก เนื่องจากแอนโทไซยานินที่เป็นสารสีให้สีแดงของผลลิ้นจี่

จะจับกับสารซัลเฟอร์ได้สารประกอบที่มีความคงตัวสูง จึงสามารถควบคุมการเกิดปฏิกิริยาน้ำตาลได้ (Kremer-Kohno and Lonsdale, 1990)

การแช่ผลล้นจี่ในสารละลายที่ประกอบด้วยโซเดียมไบซัลไฟต์ 2% รวมกับกรดซิตริก 10% และโซเดียมคลอไรด์ 2% เป็นเวลา 2 นาที จะช่วยรักษาสีเปลือกของผลล้นจี่ไว้ได้ (Nip, 1990) และ การใช้สารอนินทรีย์ เช่น สารละลายกรดซัลฟูริก หรือสารละลายกรดไฮโดรคลอริกอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือใช้ร่วมกับสารประกอบซัลเฟอร์จะสามารถใช้ควบคุมการเกิดปฏิกิริยาน้ำตาลได้ แต่ การใช้สารประกอบซัลเฟอร์จะมีผลทำให้เนื้อล้นจี่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ และการใช้สารละลายกรดนั้นจะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพในการบริโภคเนื้อล้นจี่ (Ray, 1998)

การจุ่มผลล้นจี่ลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มัล สามารถรักษาสีแดงของเปลือกผลล้นจี่ไว้ได้นานกว่า 12 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 60% (Underhill *et al.*, 1992) และการจุ่มผลล้นจี่ลงในสารละลายที่มีค่าพีเอชต่ำ เช่น สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีค่าพีเอช 0.3 ถึง 0.5 สามารถรักษาสีแดงตามธรรมชาติของเปลือกผลล้นจี่ไว้ได้นาน 6 วันโดยไม่มีการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส (Zauberman *et al.*, 1989) การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ซึ่งเป็นเอนไซม์หลักในการทำให้เกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลล้นจี่ สามารถทำได้โดยการควบคุมค่าพีเอชให้ต่ำกว่า 4.2 และการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสจะลดลงถึง 28% และจะมีปริมาณลดลงเรื่อยๆ เมื่อผลล้นจี่ได้รับความร้อนนานขึ้น อย่างไรก็ตามการทำลายเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสด้วยความร้อน จะทำให้ผลล้นจี่ได้รับความเสียหายเนื่องจากความร้อนด้วยเช่นกัน (Yue-Ming *et al.*, 1997) การให้ความร้อนกับผลล้นจี่ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ก็จะมีผลให้แอนโทไซยานินเกิดการสลายตัวและมีปริมาณลดลง (Underhill and Critchley, 1993) หากเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนนานกว่า 60 นาที แอนโทไซยานินในเปลือกผลล้นจี่ก็จะสลายตัวจนหมด เป็นผลให้เกิดสีน้ำตาลบริเวณเปลือกผลล้นจี่ทั่วทั้งผล เนื่องจากความร้อนมีผลทำให้แอนโทไซยานินเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปอยู่ในรูปของ chalcone ซึ่งไม่มีสี (John, 1994)

2.4 ออสโมติกดีไฮเดรชัน (Osmotic dehydration)

การทำแห้งโดยอาศัยหลักการออสโมซิส เป็นการกำจัดน้ำบางส่วนออกจากอาหาร (partially dehydration) โดยการแช่อาหารลงในสารละลายเกลือ หรือน้ำตาลชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส ซูโครส ซอร์บิทอล หรือกลีเซอรอลที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งจัดเป็น minimal process อย่างหนึ่ง เพราะใช้อุณหภูมิไม่สูงมากนัก เช่น ใช้อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส (Lazarides *et al.*, 1995) อย่างไรก็ตาม การทำแห้งผลไม้โดยวิธีนี้ยังมีข้อเสียเปรียบบางประการ ดังนั้น จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ

ในการศึกษาวิจัยเพื่อนำกระบวนการดังกล่าวไปใช้ในอุตสาหกรรมการทำแห้งผลไม้ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภคและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

หลักการของกระบวนการออสโมซิส เป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ต้องการศึกษาวิจัยควรต้องมีความเข้าใจอย่างถ่องแท้ เพราะขณะที่ผลไม้แช่อยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง จะเกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมซิสระหว่างภายในเซลล์ของผลไม้กับสารละลายที่ผลไม้แช่อยู่ เกิดเป็นแรงขับ (driving force) ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสาร โดยน้ำจะแพร่กระจายออกจากเซลล์มายังสารละลายภายนอกและตัวถูกละลายในสารละลายจะถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ และสารบางอย่างภายในเซลล์ผลไม้ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น น้ำตาล กรดอินทรีย์ และเกลือแร่ต่างๆ ก็จะซึมออกสู่ภายนอกเซลล์ด้วย การที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในผลไม้ และการสูญเสียสารที่มีตามธรรมชาติบางส่วนออกไป อาจทำให้มีผลกระทบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (Lazarides *et al.*, 1995)

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการถ่ายเทมวลสารระหว่างการทำออสโมซิส

การศึกษาวิจัยส่วนใหญ่จะศึกษาถึงผลของปัจจัยหลักของกระบวนการ ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ อุณหภูมิ การกวนสารละลาย อัตราส่วนระหว่างผลไม้ต่อสารละลาย ชนิดของผลไม้ พันธุ์ และระยะความสุก รูปร่างและขนาดชิ้นของผลไม้ที่มีผลต่อกลไกของการถ่ายเทมวลสารในรูปของค่าการสูญเสีย น้ำ [water loss (WL)] การเพิ่มปริมาณน้ำตาล [sugar gain (SG)] น้ำหนักที่ลดลง [weight reduction (WR)] และอัตราส่วนของการสูญเสียน้ำต่อการเพิ่มปริมาณน้ำตาล [water loss to sugar gain ratio (WL/SG)] และการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำแห้งโดยวิธีออสโมซิส

ก. การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล

Rahman (1995) ได้ศึกษาการทำแห้งด้วยวิธีออสโมซิสในชั้นสับปะรดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 40, 50, 60 และ 70 องศาบริกซ์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่าสารละลายที่มีความเข้มข้นมากขึ้นจะเพิ่มอัตราของการสูญเสีย น้ำ เพิ่มปริมาณน้ำตาล น้ำหนักลดลง และเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมด ซึ่งได้ผลในทำนองเดียวกันเมื่อทำการทดลองกับมะละกอและผักกาดขาว (Wang *et al.*, 1999) และในกล้วยสุกที่แช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 35, 50 และ 65 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยพบว่าความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่สูงขึ้น สามารถดึงน้ำออกจากกล้วยได้ดีกว่า และเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Sankat *et al.*, 1997) แต่ Rahman (1995) ได้รายงานว่าการใช้สารละลายน้ำตาลความเข้มข้นต่ำจะให้ WL/SG สูงกว่าและสับปะรดที่แช่ในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ ให้ค่าการสูญเสีย น้ำและน้ำหนักที่ลดลงน้อยกว่าสับปะรดที่แช่ในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 60 และ 50 องศาบริกซ์ สาเหตุอาจเกิดจากในสารละลายที่มี

ความเข้มข้นสูงเร่งให้เกิดชั้นของน้ำตาลรอบๆ ชินส์ปรีดอย่างรวดเร็วซึ่งจะมีผลต่อ concentration profile ของระบบ

ข. การศึกษาผลของอุณหภูมิของสารละลาย

Rahman (1995) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิของสารละลายน้ำตาล โดยการแช่ชินส์ปรีดในสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ ที่อุณหภูมิ 30, 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น อัตราการสูญเสีย น้ำ (WL) และการเพิ่มปริมาณน้ำตาล (SG) จะเพิ่มขึ้นส่วนน้ำหนักของชินส์ผลไม้ (WR) และอัตราส่วนของการสูญเสีย น้ำต่อการเพิ่มปริมาณน้ำตาล (WL/SG) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นเดียวกับผลการทดลองที่ได้จากการศึกษากับมะละกอและผักกึ่นฉ่าย พบว่าที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จะให้ค่าการสูญเสีย น้ำ (WL) และการเพิ่มปริมาณน้ำตาล (SG) สูงกว่าการทำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (Wang *et al.*, 1999) อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของอุณหภูมิที่ใช้ขึ้นอยู่กับ sensitivity ของผลไม้แต่ละชนิด (Lazarides *et al.*, 1995)

การใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจส่งผลเสียต่อผลิตภัณฑ์บางชนิดได้ เช่น Fito *et al.*, (1999) รายงานว่าการใช้อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ในการทำแห้งโดยวิธีออสโมซิสของชินส์แอปเปิ้ลทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ และเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรสชาติด้วย Mata *et al.*, (1999) ได้ศึกษาการทำแห้งโดยวิธีออสโมซิสในชินส์มะละกอ พบว่าการใช้อุณหภูมิสูงเกินไปทำให้สูญเสียวิตามินซีและเกิดการเปลี่ยนสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค. การศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างผลไม้ต่อสารละลายออสโมติก

Rahman (1995) ได้ศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของอัตราส่วนระหว่างผลไม้ต่อสารละลายน้ำตาลที่ใช้ โดยใช้อัตราส่วน 1:2, 1:4, 1:6, 1:8 และ 1:10 พบว่าการใช้อัตราส่วนสูงๆ (1:8 และ 1:10) จะเพิ่มอัตราเร็วของการสูญเสีย น้ำต่อการเพิ่มปริมาณน้ำตาลและน้ำหนักที่ลดลงมากกว่าการใช้อัตราส่วนต่ำๆ แต่การใช้อัตราส่วนต่ำ (1:4 และ 1:6) กลับทำให้อัตราส่วนของการสูญเสีย น้ำต่อการเพิ่มปริมาณน้ำตาลสูงขึ้นด้วย

ง. การศึกษาผลของการกวนสารละลาย ชนิดของผลไม้ พันธุ์ ระยะความสุก ขนาด และรูปร่างของผลไม้

การกวนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมาก เพราะการกวนสารละลายอย่างต่อเนื่องขณะที่แช่ผลไม้จะช่วยลดการสะสมของน้ำที่ซึมออกมาเกาะอยู่รอบๆ ชินส์ผลไม้ ซึ่งจะมีผลต่อกระบวนการถ่ายเทมวลสาร อีกทั้งยังช่วยให้สารละลายมีอุณหภูมิเท่ากันและสม่ำเสมออีกด้วย (Lazarides *et al.*, 1995)

ชนิดของผลไม้ พันธุ์ และระยะการสุกจะมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี โครงสร้างเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์แตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อกระบวนการทำแห้งโดยวิธีออสโมซิสที่ใช้ เช่น พบว่าชินส์ปรีดจะทำแห้งได้รวดเร็วกว่าชินส์มะละกอและมะม่วง ผลไม้สุกจะทำแห้งได้รวดเร็วกว่าผลไม้ดิบ

แต่ถ้าผลไม้สุกเกินไปเนื้อผลไม้จะเละทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำลง ซึ่งผลการทดลองในแอปเปิลจะชัดเจนกว่าการทดลองในเมลอนและมะม่วง (Pazz *et al.*, 1999) เนื่องจากมีความแตกต่างกันในด้านโครงสร้างของเนื้อเยื่อ นอกจากนั้นรูปร่างและขนาดของผลไม้จะมีผลต่ออัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตร หากอัตราส่วนนี้สูงน้ำจะซึมออกได้เร็ว และผลไม้ที่มีรูปร่างกลมมนน้ำจะซึมออกได้น้อยกว่ารูปร่างแท่ง (Cohen and Yang, 1999)

จ. การศึกษาผลของชนิดของตัวถูกละลายที่ใช้

ชนิดของตัวถูกละลายที่ใช้เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีการศึกษาเพื่อปรับปรุง และเพิ่มประสิทธิภาพของการทำแห้งผลไม้โดยอาศัยหลักการออสโมซิส การใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสจะช่วยดูดน้ำออกได้ดีกว่าสารละลายน้ำตาลฟรุกโตสและน้ำตาลกลูโคส การศึกษา capillary infiltration ของตัวถูกละลายในการทำแห้งในแคโรทโดยใช้สารละลาย NaCl-Sucrose ที่อัตราส่วน 0:1, 1:1, 1:0 เป็นเวลา 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สรุปได้ว่าการใช้น้ำตาลซูโครส (0:1) จะช่วยในการดูดน้ำออกเป็นหลัก ($WL < 75.4$, $SG < 6.56$) ในขณะที่ NaCl (1:0) จะเพิ่มการแทรกซึมของตัวถูกละลาย ($WL < 27.3$, $NaCl \text{ gain} < 16.4$) (Delvalle and Valenzuela, 1999) ผลการศึกษาบางรายงานยังพบว่าการเกิด synergistic effect ระหว่างตัวถูกละลายที่ใช้ร่วมกัน เช่น การใช้สารละลาย salt-sorbitol ในการทดลองกับพริกหวาน พบว่า ปริมาณ salt uptake จะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซอร์บิทอล (sorbitol) (Ozaslan *et al.*, 1999)

การศึกษาค่าความแตกต่างของการใช้น้ำตาลซูโครส และ 38 DE corn syrup solid (CSS) ซึ่งเตรียมเป็นสารละลายความเข้มข้น 55 องศาบริกซ์ เพื่อใช้ในการทำแห้งโดยวิธีออสโมซิสที่ความดันบรรยากาศปกติ เปรียบเทียบกับการทำ vacuum dehydration ในแอปเปิล (Lazarides *et al.*, 1995) พบว่าการใช้สารละลาย CSS ทำให้สูญเสียน้ำตาลซูโครสที่มีอยู่เดิมในผลไม้เป็นจำนวนมาก แต่มีการสูญเสียน้ำตาลฟรุกโตสและน้ำตาลกลูโคสไม่มากนัก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณน้ำตาลลดลงเหลือประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณเริ่มต้น ขณะที่การใช้น้ำตาลซูโครสเป็นตัวถูกละลายจะมีการสูญเสียน้ำตาลฟรุกโตสและน้ำตาลกลูโคสออกไปบ้าง แต่จะมีปริมาณน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้นอย่างมากมาย ทำให้ยังคงรักษาสมดุลของปริมาณน้ำตาลในผลไม้เอาไว้ได้

ฉ. การศึกษาด้านอื่นๆ

ผลงานวิจัยที่ศึกษาถึง Mathematic model ของกระบวนการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการทำแห้งโดยใช้หลักการออสโมซิสเท่าที่มีรายงาน เช่น Garcia *et al.*, (1999) พบว่าการทำ osmotic dehydration ในชั้นสับปะรดที่ออกแบบการทดลองให้เหมาะสมกับการสร้าง Mathematic model แบบ Exponential และ Polynomial โดยใช้สารละลายซูโครสความเข้มข้น 50, 60 และ 70 องศาบริกซ์ ที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส พีเอช 6, 7 และ 8 ได้ค่า Diffusivity ของน้ำ = 1.11×10^{-5} ถึง 2.7×10^{-5} ตารางเซนติเมตรต่อวินาที โดยน้ำตาลซูโครสมีค่า Diffusivity = 1.49×10^{-6} ถึง 3.15×10^{-5} ตารางเซนติเมตรต่อวินาที จาก Mathematic model ที่ได้มีค่า $R^2 = 0.94$

Garcia *et al.*, (1999) จึงสรุปว่ากระบวนการถ่ายเทมวลสารที่เกิดขึ้นระหว่างการทำแห้งโดยใช้หลักการออสโมซิสจะให้ค่า Diffusivity ของน้ำมากกว่าของน้ำตาลซูโครส เช่นเดียวกับการศึกษาในผล cranberries (Grabowski and Morcotte, 1999) และการศึกษาในกล้วย (Sanket *et al.*, 1997)

Fito *et al.*, (1999) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเนื้อเยื่อแอปเปิลขณะทำแห้งโดยใช้หลักการออสโมซิส พบว่าเนื้อเยื่อและปริมาตรของแอปเปิลมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยในช่วงแรกๆ ที่แรงขับยังสูงอยู่ จะมีการไหลออกของน้ำเป็นจำนวนมาก ทำให้ช่องว่างระหว่างเซลล์ลดลง และในช่วงหลังพบว่าอากาศที่แทรกตามช่องว่างของเนื้อเยื่อจะน้อยลง ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดการหดตัวและมีปริมาตรลดลง

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในด้านอื่นๆ เช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของกล้วย แอปเปิล และเมลอน ที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีออสโมซิสในสารละลายน้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 39 และ 48 องศาบริกซ์ ที่เติมซอร์เบท 1,000 ส่วนต่อล้านส่วน ไบซัลไฟต์ 150 ส่วนต่อล้านส่วน และปรับค่าพีเอชเป็น 4.3 ด้วยกรดซิตริก และบรรจุในกระป๋องดีบุกเคลือบด้วยแล็กเกอร์ชนิด Epoxy-phenolic และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าความเข้มข้นของสารละลายและอุณหภูมิ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพระหว่างการเก็บรักษาอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ปริมาณน้ำลดลงและการเปลี่ยนแปลงด้านสีเพิ่มมากขึ้นใน 2 สัปดาห์แรก ลักษณะเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้น 40% ในเวลา 8 สัปดาห์ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Pinheiro *et al.*, 1999)

Cohen และ Yang (1999) ได้ศึกษาศักยภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งโดยอาศัยหลักการออสโมซิส ในแง่การเพิ่มคุณค่าทางอาหาร พร้อมกับได้ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักและปริมาตรลดลง ตลอดจนมีอายุการเก็บรักษาที่นานมากขึ้น โดยได้ศึกษาการแพร่ของสารอาหารเข้าไปในบลูเบอร์รี่ และแครอท โดยใช้คาเฟอีนเป็นตัวแทนของสารอาหารในการทดลอง ซึ่งผสมลงไปในการละลายที่ใช้ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าคาเฟอีนแทรกซึมเข้าไปในบลูเบอร์รี่ได้ 85-100% และในแครอทประมาณ 86-92%

Ozaslan *et al.*, (1999) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งพริกหวาน (green-pepper) ด้วยวิธีออสโมซิส โดยต้องการกระบวนการที่ทำให้มีการสูญเสีย น้ำ (WL) สูงสุดและให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี โดยทดลองที่อุณหภูมิ 20 ถึง 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 15 ถึง 600 นาที ด้วยสารละลาย NaCl (0-10% W/V) และซอร์บิทอล (0.1% W/V) พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือการใช้ NaCl 7.5% และซอร์บิทอล 7.5% ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสใช้เวลา 240 นาทีโดยให้ WL 26%, SG <5%, salt uptake <10% และ sorbitol uptake (3%)

Mata *et al.* (1999) ได้ศึกษาในมะละกอ โดยใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 65 องศาบริกซ์ ปรับพีเอชให้เท่ากับ 2 ด้วยกรดฟอสฟอริก แล้วแช่ชิ้นมะละกอเป็นเวลานาน 10, 20 และ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบระหว่างการทำภายใต้ความดัน

บรรยากาศปกติและความดันสุญญากาศ (vacuum osmotic dehydration; VOD) พบว่าขึ้นมะละกอที่ได้จากการทำภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ให้ปริมาณ SG ต่ำที่สุดและได้คะแนนการทดสอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและด้านรสชาติสูงที่สุด ซึ่งถือว่าเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งด้วยวิธีออสโมซิสของมะละกอที่มีพันธุ์ ระยะความสุก ขนาด และรูปร่างตามที่เตรียมไว้

Paz *et al.*, (1999) ได้ศึกษาผลของการใช้ระดับของสุญญากาศ ตั้งแต่ 120 ถึง 659 มิลลิบาร์ ในการทำแห้ง 10 นาทีแรก หลังจากนั้นจะใช้ความดันบรรยากาศต่อไปอีก 10 นาที โดยศึกษาในแอปเปิล มะม่วง และเมลอน โดยใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 40 และ 60 องศาบริกซ์ และอัตราส่วนของผลไม้ต่อสารละลายน้ำตาลเป็น 1:10 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้สภาวะสุญญากาศจะลด water activity (a_w) ของผลไม้ลงได้มากกว่าการทำแห้งโดยวิธีออสโมซิสที่ความดันบรรยากาศ และการเพิ่มระดับของสุญญากาศจะลดค่า a_w ได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การทำ Osmotic dehydration (OD) Vacuum osmotic dehydration (VOD) และ Pulse vacuum osmotic dehydration (PVOD) ในมะละกอและผักกึ่นฉ่าย โดยใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสที่ความเข้มข้น 25, 40 และ 55 องศาบริกซ์ ที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ระดับสุญญากาศที่ใช้ใน VOD และ PVOD เท่ากับ 0, 253 และ 506 มิลลิเมตรปรอท โดยในการทำ PVOD จะลดความดันเป็นจังหวะๆ ตั้งแต่ 1 ถึง 5 ครั้งต่อนาที จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าทั้ง VOD และ PVOD สามารถเพิ่ม dehydration rate และค่า SG ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และการทำ PVOD จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับวัตถุดิบเริ่มต้น ดังนั้น PVOD จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีกว่าและใช้พลังงานน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ VOD (Wang *et al.*, 1999)

Lazarides *et al.*, (1995) ได้ศึกษาการใช้กระบวนการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้ชิ้นแอปเปิลที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีออสโมซิสมาระยะหนึ่งแล้ว คือผ่านการแช่ในสารละลาย CSS ความเข้มข้น 55 องศาบริกซ์ มาแล้ว เป็นเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง และ 1.5 ชั่วโมง) หลังจากนั้นนำชิ้นแอปเปิลที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง แล้วนำมาหลอมละลาย (thawing) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำชิ้นแอปเปิลที่ได้มาแช่ในสารละลายต่อจนครบ 5 ชั่วโมง พบว่าการ freeze/thawing ไม่มีผลใดๆ ต่อการเพิ่มอัตราของ WL แต่กลับเพิ่มอัตราของ SG อย่างมาก ดังนั้น Lazarides *et al.*, (1995) จึงสรุปว่า การทำ freeze/thawing ไม่สามารถใช้เป็น intermediate step ในการเพิ่มอัตราการสูญเสียน้ำ หรือช่วยชะลอการลดลงของอัตราการสูญเสียน้ำได้ อย่างไรก็ตามผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาของการทำแห้งโดยหลักการออสโมซิสในขั้นสับปะรดก่อนการแช่เยือกแข็งยิ่งมากจะช่วยลดการสูญเสียของเหลวออกจากขั้นสับปะรด

ภายหลังการหลอมละลายได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งมีประโยชน์ในกระบวนการแช่เยือกแข็งผลไม้ที่มีปริมาณน้ำสูง

Robbers *et al.*, (1997) ได้เปรียบเทียบผลของการทำแห้งผลกีวโดยวิธีออสโมซิส การทำแห้งโดยใช้ลมร้อน และการทำแห้งแบบผสม โดยลดปริมาณน้ำออกบางส่วนก่อนการใช้ลมร้อน หลังจากนั้นจึงใช้การทำแห้งโดยวิธีออสโมซิสลดปริมาณน้ำจนถึงระดับที่ต้องการ พบว่าการทำแห้งแบบผสมให้อัตราของ WL สูงที่สุด และลดการสูญเสียของวิตามินซีและน้ำตาลในผลไม้ได้ดีกว่าการทำแห้งโดยวิธีออสโมซิส และการทำแห้งโดยใช้ลมร้อน และจะใช้ระยะเวลาการอบแห้งน้อยที่สุด รองลงมาคือการทำแห้งแบบผสม ส่วนการทำแห้งโดยวิธีออสโมซิสจะใช้เวลานานที่สุด ที่ความชื้นสุดท้ายของผลกีวเท่ากัน ค่าความแน่นเนื้อของผลกีวที่ทำแห้งโดยใช้ลมร้อน และการทำแห้งแบบผสมมีค่าสูงกว่าการทำแห้งโดยวิธีออสโมซิส อย่างไรก็ตาม ผลกีวแห้งที่ได้จากการทำแห้งโดยใช้ลมร้อนมีการสูญเสียวิตามินซีค่อนข้างสูง และมีแนวโน้มที่จะมีสีคล้ำขึ้นในขณะทำการทำแห้งแบบผสม และการทำแห้งโดยวิธีออสโมซิสมีแนวโน้มเพิ่มสีเหลืองและเขียวในผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย

ผลการศึกษาของ Sanket *et al.*, (1997) พบว่าเมื่อลดความชื้นในชิ้นกล้วยลงส่วนหนึ่งด้วยวิธีออสโมซิสแล้วทำให้แห้งถึงความชื้นที่ต้องการด้วยลมร้อน จะได้ชิ้นกล้วยที่มีสี เนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏที่ดีมากกว่าชิ้นกล้วยที่ผ่านการทำให้แห้งโดยใช้ลมร้อนเพียงอย่างเดียว

2.6 วิธีการเก็บรักษาอาหารอบแห้งและอายุการเก็บรักษา

การผลิตอาหารที่มีความชื้นต่ำหรืออาหารอบแห้งนั้นมีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อต้องการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ ซึ่งการที่จะวิเคราะห์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำน้อยมากๆ นั้นค่อนข้างยากมาก เพราะว่ปฏิกิริยาบางอย่างอาจเกิดขึ้นได้ในผลิตภัณฑ์อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นผลิตภัณฑ์จะต้องมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งทางด้านจุลินทรีย์ เคมี และกายภาพ เพราะการเปลี่ยนแปลงลักษณะดังกล่าวจะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปัจจัยที่จะช่วยควบคุมและมีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารโดยทั่วไปมี 3 ปัจจัยหลัก คือ ลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ สภาพแวดล้อมในระหว่างการเก็บรักษาหรือการจำหน่าย และคุณสมบัติของภาชนะบรรจุ หากมีการควบคุมปัจจัยทั้ง 3 ดังกล่าวให้มีความเหมาะสมกับชนิดของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาแล้ว จะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวและมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้นได้ ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ได้แก่

ก. ลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวสูงจะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่จัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวสูงนั้น จะต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บรักษาไว้

ได้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ได้รับความเสียหายเนื่องจากจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวสูง เนื่องจากมีปริมาณความชื้นต่ำ เช่น ผลไม้อบแห้งจะมีปริมาณความชื้นอยู่ประมาณ 15-30 % และมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.6-0.65 (Gordon, 1993) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญได้ที่ค่า a_w ต่ำกว่าค่าวิกฤต (ไพบูลย์, 2532) ค่า a_w มีอิทธิพลต่ออัตราการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร เนื่องจากแบคทีเรียไม่สามารถเจริญได้เมื่อค่า a_w ต่ำกว่า 0.9 ส่วนการเจริญของยีสต์และราจะถูกยับยั้งที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.7 (Somogyi and Luh, 1986) ดังนั้นอาหารที่นำมาเก็บรักษาควรมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.7 ผลิตภัณฑ์จะปลอดภัยจากจุลินทรีย์ได้ จึงเป็นเหตุผลให้อาหารอบแห้งถูกจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวสูง แต่ทั้งนี้จะต้องมีการรักษาค่า a_w ของอาหารไม่ให้เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา (จิตรนา และคณะ, 2539) เพราะอาหารที่มีปริมาณน้ำต่ำนั้น หากมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ก็จะมีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาทันที แต่ในบางครั้งการยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ให้เพิ่มขึ้นบ้างเล็กน้อยก็สามารถทำได้ หากมีปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ค่าพีเอช เกลือ สารป้องกันจุลินทรีย์ และอุณหภูมิ (ไพบูลย์, 2532) อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งจะมีความคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากจุลินทรีย์สูง แต่ปฏิกิริยาทางเคมีก็ยังสามารถดำเนินต่อไปได้เรื่อยๆ ในอาหารแห้งระหว่างการเก็บรักษา เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) โดยเฉพาะเมื่ออยู่ในสถานะที่มีปัจจัยที่ส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยา การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวก็สามารถเกิดขึ้นได้รวดเร็วและนำไปสู่ความไม่คงตัวของผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งได้ (Gordon, 1993)

ข. สถานะแวดล้อมในการเก็บรักษาหรือการร่อนจ่าย

สถานะแวดล้อมที่ใช้ในการเก็บรักษา หรือการร่อนจ่ายเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่มีผลต่ออายุในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะต้องพิจารณาและจัดสถานะในการเก็บรักษาให้เหมาะสมเพื่อควบคุมหรือหลีกเลี่ยงสถานะที่เป็นปัจจัยที่นำไปสู่ความไม่คงตัวของอาหารอบแห้ง ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้ง จะจัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวสูงต่อการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากจุลินทรีย์ แต่ก็ยังมีอีกหลายสาเหตุที่มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งเสื่อมคุณภาพลงได้ในระหว่างการเก็บรักษา เช่น แสง อุณหภูมิ ออกซิเจน และความชื้น ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมเหล่านี้หากไม่มีการควบคุมจะเป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความไม่คงตัวทั้งทางเคมีและทางกายภาพเกิดขึ้นได้ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เพราะปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น แสงและออกซิเจนจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้กับส่วนประกอบของอาหารหลายชนิด เช่น ถ้าเกิดกับไขมันจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืน และหากเกิดขึ้นกับวิตามินและรงควัตถุก็จะมีผลให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียคุณค่าทางอาหารและมีสีเปลี่ยนไป นอกจากนี้การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งไว้ จะต้องพิจารณาถึงปริมาณความชื้นสมดุลของอากาศในระหว่างการเก็บรักษาด้วย เพราะผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งที่มีความชื้นต่ำกว่าความชื้นสมดุลกับบรรยากาศเฉลี่ย อาหาร

จะดูดความชื้นจากอากาศ จึงควรป้องกันโดยการเก็บรักษาในภาชนะที่ปิดสนิท แต่ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความชื้นสูงกว่าความชื้นสมดุลของอากาศ เช่น หอม และกระเทียม จะต้องเก็บรักษาในภาชนะโปร่งที่มีการระบายอากาศได้ดี เพราะจะมีการระเหยน้ำออกจากหอมและกระเทียม ถ้าเก็บรักษาในภาชนะปิดสนิทน้ำที่ระเหยจะควบแน่นเป็นหยดน้ำเปียกที่ผิว ทำให้เชื้อราจะเจริญได้ง่าย (จิตรนาและคณะ, 2539)

ก. ภาชนะบรรจุ

ปัจจุบันการพัฒนาเกี่ยวกับการผลิตภาชนะบรรจุมีความก้าวหน้ามากขึ้น ได้มีการนำวัสดุต่างๆ มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตภาชนะบรรจุ ทั้งขวดแก้ว กระดาษ โลหะ และพลาสติก เพื่อต้องการให้ได้ภาชนะบรรจุที่มีความเหมาะสมกับชนิดของผลิตภัณฑ์อาหารให้มากที่สุด ในการเลือกใช้ภาชนะบรรจุชนิดใด จำเป็นต้องคิดถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ต้นทุน ความสะดวกในการขนย้าย การขนส่ง และต้องช่วยป้องกันการบอบสลายของผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี และที่สำคัญภาชนะบรรจุต้องมีความเหมาะสมกับชนิดของผลิตภัณฑ์อาหาร นอกจากนั้นการเลือกภาชนะบรรจุจำเป็นต้องยอมรับความเป็นจริงที่ว่า ไม่มีภาชนะบรรจุชนิดใดที่มีคุณสมบัติสามารถป้องกันการสูญเสียได้ 100% ดังนั้นจะต้องมีความเข้าใจถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหารว่าเป็นชนิดใด และมีความไวต่อปัจจัยใดที่เป็นสาเหตุนำไปสู่การเสื่อมเสีย เพื่อเป็นพื้นฐานการเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันได้อย่างเหมาะสม (John, 1993) ตัวอย่างเช่น ผักและผลไม้อบแห้ง ปัจจัยหลักที่นำไปสู่ความไม่คงตัวของผลิตภัณฑ์ คือ ออกซิเจน ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำลง เช่น ในแครอทอบแห้งสีจะซีดลงเนื่องจากสารสีถูกทำลาย มันฝรั่งอบแห้งจะมีการพัฒนากลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติเกิดขึ้น นอกจากนี้ผลไม้อบแห้งยังมีความไวต่อความชื้น ซึ่งหากไม่ควบคุมความชื้นของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาให้มีความชื้นคงที่ ก็จะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาทันที ดังนั้นภาชนะบรรจุที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง จึงควรมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านเข้า-ออกของทั้งออกซิเจนและความชื้นได้เป็นอย่างดี โดยวัสดุที่นิยมนำมาใช้เป็นภาชนะบรรจุสำหรับผลไม้อบแห้ง คือ โพลีเมอร์ฟิล์ม (Gordon, 1993) โพลีเมอร์ที่นำมาใช้เป็นภาชนะบรรจุมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการป้องกัน และมีอัตราการซึมผ่านเข้า-ออกของสารต่างๆ ได้แตกต่างกันดังตาราง 2.3 ที่แสดงถึงคุณสมบัติของโพลีเมอร์แต่ละชนิด แสดงให้เห็นว่าโพลีเมอร์ที่นำมาใช้เป็นภาชนะบรรจุแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติและลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้โพลีเมอร์ชนิดใด จึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหารเป็นสำคัญ

ตาราง 2.3 คุณสมบัติบางอย่างของโพลิเมอร์ที่นำมาใช้เป็นภาชนะบรรจุ

ชนิดของโพลิเมอร์	อัตราการซึมผ่านของก๊าซ (มิลลิเมตร ต่อ 100 ตารางนิ้ว)			อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (มิลลิกรัม ต่อ 100 ตารางนิ้ว)
	O ₂	CO ₂	N ₂	
Polyolefins				
- Low Density Polyethylene (LDPE)	500	2700	180	1.0-1.5
- Medium Density Polyethylene (MDPE)	250-535	1000-2500	85-315	0.7
- High Density Polyethylene (HDPE)	185	580	42	0.3
- Polypropylene (PP)	150-240	500-800	40-48	0.7
- Biaxially Oriented Polypropylene (OPP)	100-160	540	20	0.25-0.4
Ionomers				
Ethylene-Vinyl Copolymers				
- Ethylene Vinyl Acetate Copolymer (EVAc)	300-400	600-1000	50-100	1.5-2.0
- Ethylene Vinyl Alcohol (EVOH)	840	6000	400	2.0-2.3
(Dry)	0.01-0.09	-	-	-
(Wet)	0.65-2.03	-	-	1.4-3.8
Vinyl Plastics				
- Polyvinyl Chloride (PVC)				
(Nonplasticized)	4-30	4.50	1-1.0	0.9-5.0
(plasticized)	100-1400	20-12000	-	5-4.0
- Polyvinylidene Chloride (PVDC)				
(Homopolymer)	0.1	-	-	0.044
(Copolymer)	0.08-0.25	0.38-6.0	0.012-0.16	0.05-0.2

ที่มา : John (1993)

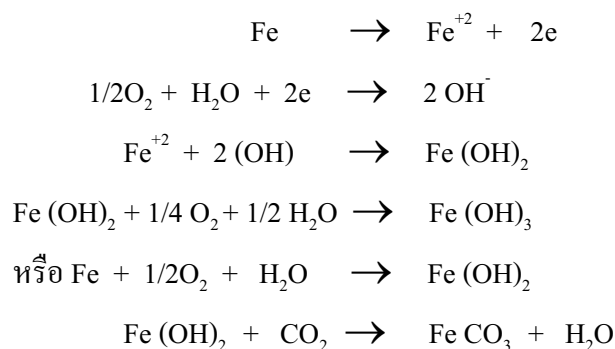
การพัฒนาทางด้านภาชนะบรรจุ นอกจากจะมีการพัฒนาทางด้านวัสดุที่นำมาใช้เป็นภาชนะบรรจุให้มีคุณสมบัติที่ดีทั้งทางด้านทนทานต่อความร้อน อากาศ การผ่านเข้า-ออกของก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจนแล้ว ยังได้มีการพัฒนาสารเพื่อใช้ร่วมกับภาชนะบรรจุเหล่านี้ด้วย เช่น สารดูดออกซิเจน และสารดูดความชื้น ซึ่งสารเหล่านี้สามารถใช้ควบคู่กับวิธีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารที่รู้จักและใช้โดยทั่วไป โดยผลที่ได้จากการใช้สารเหล่านี้สามารถเก็บรักษาอาหารให้มีคุณภาพและอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่าในอดีตที่ผ่านมา

ง. สารดูดความชื้น

ความชื้นนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญมากสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้ง เพราะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ในระหว่างการเก็บรักษาอาหารอบแห้งต้องมีการควบคุมความชื้นไม่ให้เพิ่มสูงขึ้น เพราะความชื้นเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของแบคทีเรียและปฏิกิริยาเคมี สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความไวต่อความชื้น ปัจจุบันนอกจากจะมีการนำภาชนะบรรจุเข้ามาบิบบทบาทในการรักษาคุณภาพ โดยเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านเข้า-ออกของความชื้นได้เป็นอย่างดีแล้ว ยังได้มีการพัฒนานำสารดูดความชื้นมาใช้ร่วมกับภาชนะบรรจุด้วย สารดูดความชื้นที่นิยมใช้ คือ ซิลิกาเจล ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นได้สูง สามารถดูดความชื้นได้ประมาณ 40% ของน้ำหนักตัว และยังมีลักษณะพิเศษ คือ เมื่อดูดความชื้นเข้าไปแล้วยังคงมีลักษณะแห้งไม่จับตัวกันเป็นก้อน ซิลิกาเจลจึงเป็นสารที่นิยมนำมาใช้ในการป้องกันความชื้นของผลิตภัณฑ์ภายในภาชนะบรรจุไม่ให้เพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา

จ. สารดูดออกซิเจน

เนื่องจากออกซิเจนในภาชนะบรรจุมีบทบาทมากต่อการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ดังนั้นการกำจัดออกซิเจนออกจากภาชนะบรรจุจึงเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยถนอมรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารให้คงอยู่ได้นาน การใช้ก๊าซเฉื่อย เช่น ก๊าซไนโตรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการบรรจุอาหารในสภาวะสุญญากาศก็เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ต่อมาได้มีการพัฒนาสารดูดออกซิเจนขึ้นในประเทศญี่ปุ่น และใช้กันอย่างแพร่หลาย สารดูดออกซิเจนที่พัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่นนั้นมีหลายชนิด เช่น การใช้ผงเหล็กหรือกรดแอสคอร์บิกซึ่งมีคุณสมบัติเป็น deoxidizer สารที่นิยมใช้ในการผลิตและจำหน่ายกันมากในปัจจุบันได้แก่ ผงเหล็กซึ่งทำหน้าที่ดูดออกซิเจนโดยเกิดปฏิกิริยาทางเคมีดังนี้



หากมีการเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่ถูกต้องเหมาะสม ร่วมกับการใช้สารดูดออกซิเจนในภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร จะสามารถลดปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุให้เหลือน้อยกว่า 0.1% ได้ และสามารถรักษาสภาพภายในภาชนะบรรจุให้อยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจนได้เป็นเวลานานหลายเดือน หรืออาจได้นานเป็นปี (จิตรนา และคณะ, 2539)

2.7 โปรแอนโทไซยานิดิน (Proanthocyanidin)

โปรแอนโทไซยานิดินเป็นรงควัตถุที่ไม่มีสี จัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) สามารถเปลี่ยนเป็น แอนโทไซยานิดิน (anthocyanidins) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่มีสี เมื่อถูก treatment ด้วยกรด (Zapsalis and Beck, 1985) สารในกลุ่มนี้ ได้แก่ ลิวโคแอนโทไซยานิดิน (leucoanthocyanidins) หรือ ลิวโค-แอนโทไซยานิน (leucoanthocyanins) ซึ่งเป็นสารที่มีโครงสร้างพื้นฐานเป็น monomeric หรือ flavon-3,4-diol สารนี้อาจรวมตัวกันเป็น dimer, trimer หรือ polymer โดยเชื่อมต่อพันธะกันที่ตำแหน่ง $4 \rightarrow 8$ หรือ $4 \rightarrow 6$ ถ้าลิวโคแอนโทไซยานินเชื่อมต่อกันหลายๆ monomer จะเรียกว่าเป็น condensed tannin (flavolan)

โปรแอนโทไซยานิดินมีความสำคัญกับอุตสาหกรรมอาหารเนื่องจากสามารถเปลี่ยนจากสารที่ไม่มีสีเป็นสารที่มีสี เมื่อโปรแอนโทไซยานิดินได้รับความร้อนจากกระบวนการแปรรูปจะถูกย่อยสลายกลายเป็นไซยานิดิน (cyanidin) และอิพิแคเทชิน (epicatechin) ในสภาวะที่เป็นกรด โครงสร้างของโปรแอนโทไซยานิดินที่พบในแอปเปิล สาลี่ และผลไม้อื่นๆ เป็นโครงสร้างแบบ dimeric ซึ่งประกอบด้วย flavon-3,4-diol 2 กลุ่ม พืชที่มีโครงสร้างแบบนี้จะสลายตัวเมื่อสัมผัสกับอากาศหรือถูกแสงจะกลายเป็นสารสีน้ำตาล-แดงที่มีความคงตัว ซึ่งมีผลอย่างมากต่อสีของน้ำแอปเปิลและน้ำผลไม้อื่นๆ นอกจากนี้ยังทำให้อาหารบางชนิดมีรสขมเพราะโปรแอนโทไซยานิดินที่มีโพลีเมอร์จำนวน 2-8 หน่วยรวมตัวกับโปรตีน โปรแอนโทไซยานิดินที่ถูกย่อยสลายปกติจะให้สารเพิลาร์โกนิน (pelargonidin) เพ็ทูนิดิน (petunidin) หรือเดลฟินิดิน (delphinidin) (Fennema, 1995)

2.8 สาเหตุการเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลันจี

ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลันจีกระป๋อง จะพบปัญหาการเกิดสีชมพูขึ้นที่เนื้อลันจีภายหลังการได้รับความร้อน Wu (1970) ยืนยันว่าอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อและพีเอช เป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาไปสู่กระบวนการเกิดสีชมพูในเนื้อลันจีกระป๋อง กลไกของปฏิกิริยาเกิดจากสารพวก condensed tannin ที่มีอยู่ในเนื้อลันจี ถูกไฮโดรไลซ์เมื่อได้รับความร้อนสูงได้เป็นสารพวกแคเทชินและลิวโค-แอนโทไซยานิน ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิดถูกลดขนาดโมเลกุลจนกลายเป็นแอนโทไซยานินในสภาวะที่เป็นกรดจึงให้สีชมพู เช่นเดียวกับ Davidek *et al.*, (1992) รายงานว่าสีชมพูซึ่งเป็นลักษณะด้อยของผลิตภัณฑ์ลันจีกระป๋อง มีสาเหตุเกิดจากโปรแอนโทไซยานิดินรวมตัวกับโลหะซึ่งเป็นส่วนประกอบในผลไม้ หรือกระป๋องที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุ เมื่อโปรแอนโทไซยานิดิน (สารไม่มีสี) ได้รับความร้อนจะถูกย่อยสลายจนกลายเป็นแอนโทไซยานิน (สารมีสี) ในสภาวะที่เป็นกรด พบมากในผลไม้พวก สาลี่ ท้อ และลันจี ซึ่งสอดคล้องกับ Macrae *et al.*, (1993) ที่รายงานว่าการเปลี่ยนเป็นสีชมพู (pink discolouration) เกิดจากลิวโคแอนโทไซยานิดิน และลิวโคแอนโทไซยานิน รวม

ตัวกับโลหะพวกดีบุกและเหล็ก ซึ่งเป็นส่วนผสมของโลหะที่ใช้ทำกระป๋อง ในปี 1992 Wu พบว่า เอนไซม์ flavanone-3-hydroxylase และ dihydroquercetin-4-reductase เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดเป็นสีชมพู กลไกของปฏิกิริยาเริ่มจากสารในกลุ่มฟลาโวนอลซึ่งเป็นส่วนประกอบในผลลั่นจี่ สดถูกเปลี่ยนเป็น eriodictyol ในขั้นตอนการปอกเปลือกและเจาะแกน ต่อมาเอนไซม์ flavanone-3-hydroxylase ย่อยสลาย กลายเป็น dihydroquercetin จากนั้นถูกย่อยสลายทำให้ขนาดโมเลกุลเล็กลง ด้วยเอนไซม์ dihydroquercetin-4-reductase กลายเป็นลิวโคไซยานิดิน (สารไม่มีสี) เมื่อเริ่มสู่กระบวนการฆ่าเชื้อลิวโคไซยานิดินจะกลายเป็นไซยานิดิน (สารมีสี) ในที่สุด ส่วนสายพันธุ์และความแก่-อ่อนของผลลั่นจี่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดสีชมพู (Hwang and Cheng, 1986) การเติมน้ำเชื่อมความเข้มข้น 30% และการใช้กรดซิตริกปรับพีเอชให้ต่ำลง รวมทั้งการเติมสารโพลิฟอสเฟต 0.2% ล้วนเป็นปัจจัยที่เร่งการเกิดสีชมพูในลั่นจี่บรรจุกระป๋อง (Wu and Fang, 1993) ส่วนสาเหตุการเกิดสีชมพูในน้ำลั่นจี่ Wu (1992) ยืนยันว่าสาเหตุสำคัญเกิดจากปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำและพีเอชซึ่งมีผลต่ออัตราการเกิดสีชมพู โดยเฉพาะที่พีเอชต่ำมีอัตราการเกิดสีชมพูมากกว่าที่พีเอชสูง

2.9 วิธีลดและป้องกันการเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลั่นจี่

ผลการศึกษาวิธีลดและป้องกันการเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลั่นจี่ Chakraborty *et al.*, (1974) รายงานว่าสีของเนื้อลั่นจี่ที่บรรจุกระป๋องขนาด 301 x 411 ไม่เปลี่ยนแปลงในสภาวะที่มีการเติมน้ำเชื่อมความเข้มข้น 30% กรดซิตริก 0.1-0.15% พีเอช 4.4-4.5 และใช้เวลาฆ่าเชื้อในน้ำเดือดไม่เกิน 10 นาที รวมทั้งการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ความเข้มข้น 300 ส่วนต่อล้านส่วน ก็มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดสีชมพูได้ แต่มีข้อเสียคือผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีกลิ่นซัลไฟด์ ขณะเดียวกันการลดระยะเวลาระหว่างการสกัดน้ำลั่นจี่กับการฆ่าเชื้อให้สั้นที่สุด และการนำลั่นจี่สดไปแช่สารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ก่อนการฆ่าเชื้อ สามารถลดการเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลั่นจี่ได้ (Hwang and Cheng, 1986) การเติมน้ำเชื่อมความเข้มข้น 30 องศาบริกซ์ เป็นปัจจัยสำคัญที่เร่งการเปลี่ยนเป็นสีชมพู แต่สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวได้ หากปรับความหวานของน้ำเชื่อมให้อยู่ในระดับเดียวกับในวัตถุดิบ (Wu and Fang, 1993) ต่อมา Wu ได้นำวิธีการกรองแบบ Ultra filtration และการใช้เครื่องเหวี่ยง (centrifuge) แยกปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำลั่นจี่ เพื่อช่วยลดการเกิดสีชมพูของน้ำลั่นจี่ลงได้

2.10 ความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความทนทานต่อความร้อนไม่เท่ากันดังตาราง 2.3 โดยทั่วไปจุลินทรีย์ในรูปสปอร์จะทนทานความร้อนได้ดีกว่าในรูปเซลล์ (vegetative cell) ปกติเซลล์ยีสต์ถูกทำลายด้วยความร้อนขึ้นที่อุณหภูมิ 50-58 องศาเซลเซียส นาน 10-15 นาที ส่วนสปอร์ของยีสต์

ส่วนใหญ่จะถูกทำลายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10-15 นาที แต่มีบางชนิดสามารถทนทานต่อความร้อนได้สูงกว่านี้

เชื้อราและสปอร์ส่วนใหญ่ถูกทำลายด้วยความร้อนชื้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5-10 นาที แต่มีบางชนิดที่ทนต่อความร้อนได้สูงกว่านี้ เช่น *Aspergillus*, *Penicillium* และ *Mucor* บางชนิดทนความร้อนได้ดีกว่าเชื้อราชนิดอื่น (สุมาลี, 2542) ส่วนเชื้อราที่ทนทานต่อความร้อนได้สูงมากและพบอยู่ในผลไม้ ได้แก่ *Byssoschlamys fulva* (*Paecilomyces*) สปอร์ของราทนต่อความร้อนแห่งนี้ได้ดี เช่น ความร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 30 นาทียังไม่สามารถทำลายสปอร์ของราชนิดที่ทนต่อความร้อนได้ (Ramaswamy and Abbatemarco, 1996)

แบคทีเรียแต่ละชนิดทนทานต่อความร้อนได้แตกต่างกัน เช่นพวกเชื้อโรคจะถูกทำลายได้ง่าย แต่พวกที่ทนความร้อน (thermophiles) อาจต้องใช้ความร้อนสูงถึง 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลาหลายนาทีก่อนตาย เช่น *Clostridium botulinum* เชื้อบริสุทธิ์ถูกทำลายด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แต่ถ้าอยู่ในอาหารจำเป็นต้องปรับสภาวะการฆ่าเชื้อให้เหมาะสม การทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น เซลล์แบคทีเรียที่มีรูปร่างกลมจะทนต่อความร้อนได้ดีกว่ารูปร่างแท่ง แบคทีเรียชนิดที่ทนความร้อนซึ่งเจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูงทนทานต่อความร้อนได้ดีกว่าชนิดอื่น การเกาะกันเป็นกลุ่มหรือสร้างแคปซูล จะช่วยให้แบคทีเรียทนต่อความร้อนได้ดีขึ้น และเซลล์ที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบสูงทนต่อความร้อนได้ดีกว่าเซลล์ปกติ (สุมาลี, 2542) สภาวะที่เหมาะสมต่อการทำลายจุลินทรีย์บางชนิดแสดงดังตาราง 2.4 และตาราง 2.5 แสดงความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียในอาหารที่มีพีเอชต่างๆ ในรูปค่า D และ ค่า Z

2.11 การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ของอาหารกระป๋องชนิดที่มีความเป็นกรด

ในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสำหรับอาหารที่เป็นกรด จำเป็นต้องจำแนกความเป็นกรดของอาหารออกเป็นประเภทตามค่าพีเอชของอาหาร ตลอดจนพิจารณาถึงชนิดของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง สำหรับอาหารในกลุ่มที่เป็นกรด (พีเอชน้อยกว่า 4.6) แบ่งออกเป็น 2 ชนิดได้แก่

1. Acid foods หมายถึง อาหารที่มีความเป็นกรดตามธรรมชาติ พีเอชมีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่า 4.6 ได้แก่ พืชผลไม้ต่างๆ ที่มีรสเปรี้ยวรวมทั้งมะเขือเทศ
2. Acidified foods หมายถึง อาหารที่โดยธรรมชาติมีพีเอชมากกว่าหรือเท่ากับ 4.6 แต่ได้รับการเติมพวก acid foods หรือเติมกรด เช่น กรดซิตริก หรือกรดอินทรีย์อื่นๆ ลงไป เพื่อลดค่าพีเอชให้ต่ำกว่า 4.6 ซึ่งได้แก่ อาหารหมักดองทั่วไป เช่น พริกโดยธรรมชาติ จะมีพีเอชประมาณ 5 แต่เมื่อทำเป็นพริกดองแล้วจะมีพีเอชอยู่ระหว่าง 3.0-3.5 (เมธินี, 2542)

ตาราง 2.4 สภาวะที่เหมาะสมต่อการทำลายจุลินทรีย์บางชนิด

ชนิดของจุลินทรีย์	สภาวะที่ใช้ในการทำลาย	
	เวลา (นาท)	อุณหภูมิ (°C)
Vegetative cell	10	80
Yeast ascospores	5	60
Fungi	30-60	88
Thermophilic organism		
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	4	121.1
<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>	3-4	121.1
Mesophilic organisms		
<i>Clostridium botulinum</i> spores	3	121.1
<i>Clostridium botulinum</i> toxin Types A&B	0.1-1	121.1
<i>Clostridium sporogenes</i>	1.5	121.1
<i>Bacillus subtilis</i>	0.6	121.1

ที่มา : Holdsworth (1997)

ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่ทนทานต่อความร้อนต่ำ ดังนั้นหากพบว่าทำให้อาหารเน่าเสีย น่าจะมีสาเหตุมาจากการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ (underprocessing) หรือตะเข็บกระป๋องเกิดรูรั่ว โดยปกติเซลล์ยีสต์ส่วนใหญ่ถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิ 66 องศาเซลเซียส อาจมีบางสายพันธุ์ที่ทนทานต่อความร้อนและอยู่ในรูปแบบสปอร์ ต้องใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ถ้าใช้ความร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะสามารถทำลายเซลล์และสปอร์ของยีสต์ได้ทุกชนิด Garg *et al.* (1997) ได้ศึกษาความทนทานต่อความร้อนของยีสต์ 2 สายพันธุ์ คือ *Saccharomyces bailii* และ *S. bisporus* ของผลิตภัณฑ์มะม่วงฝานเป็นชิ้นในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง โดยศึกษาความทนทานต่อความร้อนของสปอร์จุลินทรีย์ ซึ่งแสดงค่าในรูปของค่า D พบว่าสปอร์ของ *S. bailii* มีค่า $D_{65} = 10$ นาที และสปอร์ของ *S. bisporus* มีค่า $D_{60} = 10$ นาที นอกจากนี้ยังพบว่าเซลล์ยีสต์ในรูปสปอร์สามารถทนทานต่อความร้อนได้สูงกว่าเซลล์ยีสต์ธรรมดา 4-8 เท่า สำหรับจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามวัตถุประสงค์ คือ

1. เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ซึ่งได้แก่ *Escherichia coli* 0157 : H7, *Listeria monocytogenes*
2. เพื่อเก็บรักษาได้นานโดยปราศจากการเน่าเสีย จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

ตาราง 2.5 ความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียในอาหารที่มี พีเอช ต่างๆ

ชนิดของอาหารและแบคทีเรีย	ชนิดของอาหารและแบคทีเรีย	
Low –acid และ medium acid (พีเอช > 4.5)		
Thermophiles (35-55 °C สร้างสปอร์ได้)	D ₂₅₀ หรือ D ₁₂₁ (min)	Z (°F)
Flat-sour (<i>B. stearothermophilus</i>)	4.0-5.0	14-22
Gaseous-spoilage (<i>C. thermosaccharolyticum</i>)	3.0-4.0	16-22
Sulfide stinkers (<i>C. nigrificans</i>)	2.0-3.0	16-22
Mesophiles (spore)		
Putrefactive anaerobes		
<i>C. botulinum</i> (type A&B)	0.1-0.2	14-18
<i>C. sporogenes</i> (PA3679)	0.1-1.5	14-18
Acid-food (พีเอช 4.0-4.5)		
Thermophiles (spores)		
<i>B. coagulans</i> (facultative mesophilic)	0.01-0.07	14-18
Mesophiles (spores)		
<i>B. polymyxa</i> และ <i>B.macerans</i>	0.1-0.5	12-16
Butyric anaerobes		
<i>C. pasteurianum</i>	0.1-0.5	12-16
High-acid food (พีเอช≤4.0)		
Mesophilic non-spore forming bearing bacteria	D ₁₅₀ หรือ D ₆₅ (min)	Z (°F)
<i>Lactobacillus spp.</i> , <i>Leuconostoc spp.</i> , ยีสต์และรา	0.5-1.0	8-10

ที่มา : Larousse and Brown (1997)

2.1 พวกสร้างสปอร์ ซึ่งได้แก่ *Bacillus coagulans*, *Clostridium butyrium*, *Cl. thermosaccharolyticum*, *Cl. pasteurianum*, *Alicyclobacillus* และเชื้อราชนิดทนความร้อน

2.2 พวกไม่สร้างสปอร์ ได้แก่ ยีสต์ รา และแบคทีเรียในกลุ่ม *Lactobacillus*

สำหรับ *B. coagulans* จัดอยู่ในกลุ่ม thermophilic aerobic sporeformer สามารถเจริญได้ในผลิตภัณฑ์ที่มีพีเอชมากกว่า 4.0 โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ โดยที่ *B. coagulans* มีค่า D₂₅₀ = 0.1 นาที (หรือ D₂₁₂ = 20 นาที) และมีค่า F₀ = 0.5 นาที (เมื่อฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อหรือกระบวนการฆ่าเชื้อแบบ HTST process) จึงเป็นจุลินทรีย์ที่คล้ายคลึงกับ *B. polymyxa*

สำหรับจุลินทรีย์ในกลุ่ม butyric anaerobes ได้แก่ *Cl. pasteurianum* และ *Cl. butyrium* ที่สามารถเจริญได้ในผลิตภัณฑ์ที่มีพีเอชสูงกว่า 3.8 โดยเฉพาะมะเขือเทศและผลไม้ปกติ *Cl. pasteurianum* และ *Cl. butyrium* มีความทนทานต่อความร้อนต่ำ ดังนั้นที่พีเอชมากกว่า 4.3 จุลินทรีย์ในกลุ่มดังกล่าวจะถูกทำลายที่อุณหภูมิ 205 องศาฟาเรนไฮต์ และที่พีเอชต่ำกว่า 4.1 จะถูกทำลายที่อุณหภูมิ 184 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่ง Azizi and Ranganna (1993a) รายงานว่า *B. licheniformis* และ *Cl. sporogenes* เป็นจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุสำคัญทำให้กระป๋องบวมในผลิตภัณฑ์มะม่วงดิบพันธุ์ Alphonso ดังนั้นจึงทดลองเพื่อหาความสามารถในการทนทานต่อความร้อนของสปอร์ (D) ของจุลินทรีย์ดังกล่าว ผลการศึกษาพบว่าที่พีเอช 4.2 *B. licheniformis* มีค่า $D_{100} = 1.25$ นาที และที่พีเอชเท่ากับ 7 มีค่า $D_{100} = 3.12$ นาที ส่วน *Cl. sporogenes* ที่พีเอช 4.5 มีค่า $D_{100} = 6.8$ นาที และที่พีเอช 7 มีค่า $D_{121.1} = 0.51$ นาที จึงสรุปว่าความร้อนขั้นต่ำที่ใช้ในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ที่มีพีเอชน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.0 ต้องสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีพีเอชอยู่ในช่วง 4.0-4.5 ความร้อนขั้นต่ำที่ใช้ฆ่าเชื้อต้องสามารถทำลายสปอร์ของ *B. licheniformis* ได้เนื่องจาก *B. licheniformis* เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในอาหารที่มีพีเอชอยู่ในช่วง 4.2-4.5 ยกเว้นในผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ เช่น *B. coagulans* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่พบในมะเขือเทศ

สำหรับ *Alicyclo bacillus* จัดเป็นจุลินทรีย์ที่อยู่ในกลุ่ม aerobic sporeformer พบมากในน้ำผลไม้ เช่น น้ำแอปเปิล น้ำองุ่น น้ำมะเขือเทศ ที่มีพีเอชมากกว่า 3.0 มีความทนทานต่อความร้อนสูง โดยเฉพาะในน้ำผลไม้เข้มข้น และมีความทนทานต่อความเป็นกรดได้ดี มีค่า $D_{190} = 81$ นาที, $D_{196} = 38$ นาที และ $D_{212} = 0.8$ นาที

เชื้อราชนิดทนร้อน ได้แก่ *Byssoschlamy*, *Taiaromyces*, *Neosartorya* สปอร์ที่สร้างขึ้นเป็นชนิด ascospore สามารถเจริญได้ในผลิตภัณฑ์ที่มีพีเอชสูงกว่า 2.5 ได้แก่ น้ำผลไม้ ผลไม้กระป๋อง น้ำผลไม้เข้มข้น เครื่องดื่มเสริมสุขภาพ มีความทนทานต่อสารกันเสียและในสถานะที่มีปริมาณออกซิเจนน้อย (Morton, 2000) นอกจากนี้เชื้อราในกลุ่มนี้ยังก่อให้เกิดการเสื่อมเสียในแฮม เยลลี่ มาร์มาเลด และอาหารอื่นๆ แต่ถูกทำลายได้ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที เมื่อเปรียบเทียบชนิดของกรดที่เป็นส่วนประกอบในอาหาร พบว่าในอาหารที่มีกรดมาลิก กรดซิตริก และกรดทาร์ทาริก เป็นส่วนประกอบ *B. fulva* มีความทนทานต่อความร้อนได้ดีกว่าอาหารที่มีกรดแลกติกและกรดอะซิติกเป็นส่วนประกอบ ความร้อนที่ใช้เพื่อถนอมอาหารพวกผลไม้ไม่จำเป็นต้องทำลายสปอร์ของ *Cl. Botulinum* เพราะไม่เจริญในอาหารที่มีพีเอชต่ำกว่า 4.6 ความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ในผลไม้ ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ปริมาณและชนิดของน้ำตาลที่เป็นส่วนประกอบ พีเอช และชนิดของกรด กรดอินทรีย์มีผลต่อการสร้างสารพิษ โดยพบว่าที่พีเอชต่ำ แบคทีเรียสร้างสารที่เป็นพิษมาก ดังนั้นจึงได้มีการเติมสารปรับกรดบางชนิดลงไป เพื่อปรับพีเอชอาหารให้สูงขึ้น ทำให้เวลาในการฆ่าเชื้อลดลง (Ramaswamy and Abbatemarco, 1996)

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วัตถุดิบ

ผลลันจีที่ใช้ในการทดลองเป็นผลลันจีพันธุ์สงขยที่ซื้อมาจากสวนแม่งอน อำเภอฟาง จังหวัดเชียงใหม่ และสวนในอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542 และ 2543 เป็นผลลันจีที่เก็บเกี่ยวในระยะแก่ทางการค้า บรรจุใส่กล่องกระดาษกล่องละ 10 กิโลกรัม แล้วขนส่งมายังภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรม เกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อได้รับผลลันจีมาแล้ว ใช้ทำการทดลองทันทีหรือนำไปเก็บรักษา ไว้ในห้องเย็นจนกว่าจะใช้ทดลอง โดยนำผลลันจีมาตัดก้านออกและคัดเลือกเอาเฉพาะผลที่มี ขนาดสม่ำเสมอ กัน ไม่ดำหนิ ไม่มีรอยแมลงกัด ไม่มีสีน้ำตาล และไม่เน่าเสีย นำผลลันจีทั้งหมดมา ทดลองตามแผนการทดลอง

2. อุปกรณ์

- 2.1 เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (**a_w meter** “Novasina” model RS232, Swiss)
- 2.2 ตู้อบควบคุมอุณหภูมิสำหรับหาความชื้น (“Kottermann” model 271, Hanigsen, Germany)
- 2.3 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร (“**Instron**” model 5565, Universal Testing Machine Crop.)
- 2.4 เครื่องวัดสี Minolta chromameter model CR-300 (Minolta Camera Co., Ltd., Japan)
- 2.5 เครื่องมือวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (**Hand Refractometer** “ATAGO” model N1 วัดค่าระหว่าง 0-32% และ 28-62%)
- 2.6 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV/VIS **Spectrometer** “**Jasco**” model v-530, Japan)
- 2.7 เครื่องอบแห้งแบบถาด (รุ่น PE 555 บริษัทนาวาลอยจำกัด)
- 2.8 ตู้อบลมร้อน (รุ่น BE 200 บริษัทเคเอสแอลเอ็นจิเนียริงจำกัด)
- 2.9 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, DFL : Model D 1004, Germany)
- 2.10 เครื่องเขย่า (Shaker, Octogen 200 Test sieve shaker)

- 2.11 เครื่องวัดความหนืด (Viscometer, Brookfield Model RVDV-II)
- 2.12 ตู้เพาะเชื้อ (Incubator, Haraeus : model D-6450 Hanau, Germany)
- 2.13 เครื่องวัดค่าเป็นกรดต่าง (pH meter “Orion” model 520A Orion Research Inc., USA)
- 2.14 หม้อนึ่งความดัน (Autoclave, Gallenkamp : model AUX-700-010, England)
- 2.15 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง และ 4 ตำแหน่ง (Analytical balance, Sartorius, Germany)
- 2.16 เครื่องปั่น (Blender “Imarflex”, model IF-308, Thailand)
- 2.17 เครื่องบันทึกอุณหภูมิและเวลา (Time-temperature data logger, Ellab, model CMC 821, Denmark)
- 2.18 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Retort, model RT-6/Ft, Thailand)
- 2.19 เครื่องปิดฝากระป๋อง (Double seamer, Varin, model VFM20, Thailand)
- 2.20 สายเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple, Ellab, Denmark)

3. สารเคมี

- 3.1 กรดซิตริก (Citric acid, GR Grade, E. Merck, Germany)
- 3.2 กรดอะซิติก (Acetic acid, glacial GR Grade, E. Merck, Germany)
- 3.3 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, GR Grade, E. Merck, Germany)
- 3.4 คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulphate, GR Grade, J.T. Baker, USA)
- 3.5 ซิงอะซิเตตไดไฮเดรต (Zinc acetate dihydrate, GR Grade, J.T. Baker, USA)
- 3.6 โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium metabisulfite, GR Grade, E. Merck, Germany)
- 3.7 โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride, GR Grade, E. Merck, Germany)
- 3.8 โซเดียมโปแตสเซียมทาร์เตรต (Sodium potassium tartrate, GR Grade, J.T. Baker, USA)
- 3.9 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, Sodium hydroxide, GR Grade, E. Merck, Germany)
- 3.10 โบรโมฟีนอลบลู (Bromophenol blue, GR Grade, E. Merck, Germany)
- 3.11 โพแตสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ (“Baker” Potassium ferrocyanide GR Grade, J.T. Baker, USA)
- 3.12 เมทิลีนบลู (Methylene blue, GR Grade, E. Merck, Germany)
- 3.13 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide, GR Grade, E. Merck, Germany)
- 3.14 ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalene, Fluka, Germany)

- 3.15 กลีเซอริน (Glycerine B.P., USP. Glycerol, S.K. Trading, Thailand)
- 3.16 เมทิลเรด (Methyl red, Merck, Germany)
- 3.17 กรดทาร์ทาริก (Tartaric acid, Cario Erba Reagebti, Germany)
- 3.18 เปปโตน (Becto[®] Peptone, Difco Laboratory, USA)
- 3.19 โปเตโต้เดกซ์โตรสอะการ์ (Potato dextrose agar, E. Merck, Germany)
- 3.20 เพลทเค๊าท์อะการ์ (Plate count agar, E. Merck, Germany)
- 3.21 บริลเลียนต์กรีนอะการ์ (Brilliant green agar, E. Merck, Germany)
- 3.22 ทริปโตน (Tryptone, E. Merck, Germany)
- 3.23 ยีสต์เอ็กซ์แทรกต์ (Yeast extract, E. Merck, Germany)
- 3.24 เดกซ์โตรส (Dextrose, Fluka, Germany)
- 3.25 ไดโปตัสเซียมฟอสเฟต (Di-potassium hydrogen phosphate trihydrate, E. Merck, Germany)
- 3.26 กลูโคสไซรัป (Glucose syrup 85.6 °brix, Food grade, บริษัทนครหลวงกรุงเทพ จำกัด)
- 3.27 น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (บริษัทมิตรผล จำกัด)
- 3.28 สีผสมอาหารเอริโทรซิน (Erythrosine)
- 3.29 ก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ 99.9%
- 3.30 สารดูดความชื้น (silica gel)
- 3.31 สารดูดออกซิเจน (oxygen scavengers “ Wonderkeep” Japan)

4. ภาชนะบรรจุ

- 4.1 ถุงแก้ว (Oriental polypropylene, OPP) ขนาด 8 X 12 นิ้ว หนา 0.5 มิลลิเมตร ผลิตโดยบริษัทยูนิคอุตสาหกรรมพลาสติก จำกัด
- 4.2 ถุงเย็น (High density polyethylene, HDPE) ขนาด 8 X 12 นิ้ว หนา 0.5 มิลลิเมตร ผลิตโดยบริษัทยูนิคอุตสาหกรรมพลาสติก จำกัด
- 4.3 ถุงสุญญากาศ (Nylon/PE) ขนาด 5.5 X 8 นิ้ว หนา 0.75 มิลลิเมตร ผลิตโดยบริษัทแพคมาร์ท จำกัด
- 4.4 ถุงอลูมิเนียม (OPP/Al/PE) ขนาด 6 X 7.5 นิ้ว หนา 1.0 มิลลิเมตร ผลิตโดยบริษัทแพคมาร์ท จำกัด
- 4.5 ถุงร้อน (Polypropylene, PP) ขนาด 7 X 9 นิ้ว หนา 0.5 มิลลิเมตร ผลิตโดยบริษัทยูนิคอุตสาหกรรมพลาสติก จำกัด

- 4.6 กระป๋องเคลือบคีนุก ฝาและก้นเคลือบแลกเกอร์ชนิดทนกรด ขนาด 300 X 407 และ
ขนาด 603 X 700 บริษัทคาร์บอนเมทัลโปรดักส์จำกัด ประเทศไทย

5. โปรแกรมที่ใช้ประมวลผลข้อมูลทางสถิติ

- 5.1 โปรแกรมสำเร็จรูป SX version 1.1 และ 4.0
4.2 โปรแกรมสำเร็จรูป Statistic version 4.1
4.3 โปรแกรม Excel

6. วิธีการวิจัย

6.1 การศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์ทั้งเปลือกและอายุการเก็บรักษา

งานวิจัยเรื่องนี้วางแผนการทดลองแบ่งออกเป็น 7 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาเค้าโครงผลิตภัณฑ์เพื่อหาลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ อบแห้งทั้งเปลือก

ทำการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกที่วางจำหน่ายในตลาดวโรรส อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้วิธี ideal ratio profile และใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน โดยให้พิจารณาว่าลักษณะใดของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือก ที่เป็นลักษณะสำคัญที่ผู้บริโภคต้องการ และในแต่ละลักษณะที่สำคัญควรมีปริมาณมากหรือน้อยอยู่ในระดับใด ที่ผู้บริโภคคิดว่าเป็นจุดที่ดีที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล ทำโดยนำลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบชิมให้มานั้นมาจำแนกออกเป็นกลุ่มๆ เช่น ลักษณะปรากฏภายนอก กลิ่นและรสชาติ เป็นต้น แล้วพิจารณาว่าในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยลักษณะใดบ้าง ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้คะแนน 80% ขึ้นไปจะถูกนำมาใช้เป็นลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ในการสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ โดยวัดความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดตำแหน่งของตัวอย่าง (sample score) แล้วหารด้วยค่าความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดที่แสดงตำแหน่งจุดที่ดีเลิศของผลิตภัณฑ์ (ideal score) นำค่าสัดส่วนที่ได้ของผู้ชิมแต่ละคนในลักษณะที่เหมือนกันมารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ย (ratio mean) และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเฉลี่ยที่ได้จะนำมาสร้างเป็นเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกในลักษณะต่างๆ ที่ผู้บริโภคต้องการ ตลอดจนสามารถบอกความต้องการของผู้บริโภคในเชิงปริมาณ เพื่อเป็นแนวทางว่าจะต้องปรับปรุงผลิตภัณฑ์ไปในทิศทางใด

ความหมายของค่าสัดส่วนมีดังนี้

ถ้าค่าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลง เป็นลักษณะที่ดีเท่ากับลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภคในอุดมคติ

ถ้าค่าสัดส่วนมากกว่า 1.00 หมายความว่า มีความจำเป็นต้องลดความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้น

ถ้าค่าสัดส่วนน้อยกว่า 1.00 หมายความว่า มีความจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้น (ไพโรจน์, 2539)

สำหรับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สามารถแสดงความหมายได้ดังนี้

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความคิดเห็นตรงกัน

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความคิดเห็นแตกต่างกันไปบ้าง

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า 0.5 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความคิดเห็นแตกต่างกันมาก)

ตอนที่ 2 การศึกษารูปแบบการใช้อุณหภูมิเพื่อใช้เป็นแนวทางในการอบแห้ง

รูปแบบอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษาการอบแห้ง มี 3 รูปแบบ คือ

ก. อบที่อุณหภูมิ 60 °ซ นาน 6 ชั่วโมง เพิ่มเป็น 70 °ซ นาน 6 ชั่วโมง เพิ่มเป็น 80 °ซ นาน 15 ชั่วโมง ลดลงเหลือ 70 °ซ นาน 12 ชั่วโมง และลดลงเหลือ 60 °ซ นาน 3 ชั่วโมง โดยใช้เวลาอบทั้งหมด รวม 42 ชั่วโมง ความเร็วลม 53.67 เมตร/วินาที

ข. อบที่อุณหภูมิ 60 °ซ นาน 6 ชั่วโมง เพิ่มเป็น 70 °ซ นาน 6 ชั่วโมง เพิ่มเป็น 80 °ซ นาน 24 ชั่วโมง และลดลงเหลือ 70 °ซ นาน 3 ชั่วโมง โดยใช้เวลาอบทั้งหมดรวม 39 ชั่วโมง ความเร็วลม 53.67 เมตร/วินาที

ค. อบที่อุณหภูมิ 60 °ซ ติดต่อกันนาน 60 ชั่วโมง ความเร็วลม 53.67 เมตร/วินาที

แบ่งผลลึ้นจื่อออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 500 กรัม นำผลลึ้นจื่อแต่ละกลุ่มไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนดังกล่าวข้างต้น โดยชั่งน้ำหนักผลลึ้นจื่อ และหาค่า a_w ขณะอบทุกๆ 10 นาทีและช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการอบ

การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

สุ่มตัวอย่างผลลึ้นจื่ออบแห้งที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบ มาวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีดังนี้คือ

- ปริมาณความชื้น โดยใช้ hot air oven ตามวิธีของ AOAC (1990)
- ค่า a_w โดยใช้ a_w meter

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสที่มีต่อผลลื่นจีอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบ โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน เป็นการทดสอบเชิงพรรณนาแบบ Structured scaling ซึ่งเป็นการใช้เส้นสเกลที่ระบุระดับของลักษณะที่สำคัญไว้บนเส้นสเกล แล้วให้ผู้ทดสอบชิมประเมินตัวอย่างลื่นจีอบแห้งทั้งเปลือกจำนวน 3 ตัวอย่าง ที่ใส่รหัสทางสถิติเรียบร้อยแล้วว่าลักษณะของผลิตภัณฑ์ลื่นจีอบแห้งแต่ละลักษณะเป็นอย่างไร แล้วทำเครื่องหมายบนเส้นสเกลที่คิดว่าเหมาะสมต่อการอธิบายลักษณะนั้นๆ

ตอนที่ 3 การคัดเลือกระยะความแก่-อ่อนของผลลื่นจีที่เหมาะสม และวิธีการรักษาสีเปลือกให้มีสีแดงภายหลังการอบ

3.1 ศึกษาคุณภาพของผลลื่นจีที่มีระยะความแก่-อ่อนแตกต่างกัน

วัตถุดิบ

ผลลื่นจีพันธุ์สงขลา ซึ่งมาจากสวนที่ปลูกเป็นการค้าในอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา เมื่อวันที่ 8 และ 13 พฤษภาคม 2543 เป็นผลลื่นจีที่ทราบระยะความแก่-อ่อนที่แน่นอน คือ เป็นผลลื่นจีที่มีอายุประมาณ 64 และ 74 วัน การนับอายุนับภายหลังจากวันที่ผลลื่นจีวัดขนาดได้ความกว้าง $\times$ ยาว 0.29×0.61 เซนติเมตร และผลลื่นจีมีน้ำหนัก 0.05 กรัม นำผลลื่นจีที่เก็บเกี่ยวได้ตามอายุที่กำหนดแบ่งผลลื่นจีออกเป็น 2 กลุ่มตามอายุการเก็บเกี่ยวดังนี้คือ

- ก. ผลลื่นจีที่แก่เต็มที่ (Full ripe, FR) คือผลลื่นจีที่มีอายุ 74 วัน
- ข. ผลลื่นจีที่ไม่แก่เต็มที่ (Partial ripe, PR) คือ ผลลื่นจีที่มีอายุ 64 วัน

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

- วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกและเนื้อลื่นจีโดยใช้เครื่อง Instron
- วัดสีเปลือกผลลื่นจีโดยใช้ เครื่องวัดสี Minolta chromameter

การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

- ปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อและเปลือกลื่นจีในรูปของกรดมาลิกตามวิธี AOAC (1990)
- วัดค่าพีเอชเปลือกและเนื้อลื่นจีโดยใช้ pH meter
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำโดยใช้ Hand refractometer
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยวิธี Lane and Eynon
- ปริมาณแอนโทไซยานินในเปลือกผลลื่นจีโดยวิธี Raganna (1985)
- ความชื้นและค่า a_w เช่นเดียวกับตอนที่ 2

3.2 การศึกษาเพื่อหาระยะความแก่-อ่อนของผลลิ้นจี่ที่เหมาะสมและวิธีการรักษาสีเปลือกของผลลิ้นจี่ให้มีสีแดงภายหลังการอบแห้ง

ผลลิ้นจี่ที่ใช้ในการทดลองเป็นผลลิ้นจี่พันธุ์สงขลวย ที่ซื้อมาจากสวนที่ปลูกเป็นการค้าในอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา เมื่อวันที่ 8 และ 13 พฤษภาคม 2543 ผลลิ้นจี่ที่ใช้เป็นผลลิ้นจี่ที่ทราบระยะความแก่อ่อนที่แน่นอน คือ ผลลิ้นจี่ที่มีอายุประมาณ 64 และ 74 วัน นับหลังจากวันที่ผลมีขนาดกว้างสุด $\times$ ยาวสุดเท่ากับ 0.29×0.61 เซนติเมตร และมีน้ำหนัก 0.05 กรัมต่อผล

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2×4 factorial ปัจจัยที่ศึกษามี 2 ปัจจัย คือ ระยะความแก่-อ่อน 2 ระยะ และวิธีการรักษาสีเปลือกลิ้นจี่ให้คงสีแดงภายหลังการอบแห้งรวมเป็น 4 วิธี ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ระยะความแก่ - อ่อนของผลลิ้นจี่

ก. ผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ (FR) คือผลลิ้นจี่ที่มีอายุ 74 วัน

ข. ผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่ (PR) คือผลลิ้นจี่ที่มีอายุ 64 วัน

ปัจจัยที่ 2 วิธีการรักษาสีเปลือกผลลิ้นจี่ให้คงสีแดงภายหลังการอบแห้ง

ก. ไม่แช่สารละลาย (control)

ข. แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล เป็นเวลา 15 นาที (Ray, 1998)

ค. แช่ในสารละลายสีผสมอาหารสีแดงเอริโทรซิน ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 15 นาที

ง. แช่ในสารละลายผสมของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 2% โซเดียมคลอไรด์ 2 % และกรดซิตริก 10% เป็นเวลา 5 นาที

รวมวิธีการทดลองทั้งหมดเป็น 8 วิธี รายละเอียดดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 แผนการทดลองโดยใช้ปัจจัยของระยะความแก่-อ่อนและวิธีการรักษาสีเปลือก

วิธีการทดลอง	ระยะความแก่-อ่อน	วิธีการรักษาสีเปลือก
1	FR	ไม่แช่สารละลาย
2	FR	0.5 N HCl
3	FR	สีผสมอาหาร 1%
4	FR	2 % sod. metabisulfite + 2% NaCl + 10% citric acid
5	PR	ไม่แช่สารละลาย
6	PR	0.5 N HCl
7	PR	สีผสมอาหาร 1%
8	PR	2% sod. metabisulfite + 2% NaCl + 10% citric acid

นำผลลึ้นจีที่ผ่านการแช่ในสารละลายต่างๆ มาวางเรียงบนตะแกรงโปร่ง นำเข้าอบแห้งในตู้อบลมร้อนตามกรรมวิธีอบแห้งดังนี้ คือ อบด้วยความเร็วลม 53.67 เมตร/วินาที ที่อุณหภูมิ 60 °ซ นาน 6 ชั่วโมง ปรับเป็น 70 °ซ นาน 6 ชั่วโมง ปรับเป็น 80 °ซ นาน 15 ชั่วโมง ปรับเป็น 70 °ซ นาน 12 ชั่วโมง และปรับเป็น 60 °ซ นาน 3 ชั่วโมง โดยใช้เวลาอบทั้งหมดรวม 42 ชั่วโมง ปลอ่ยให้เย็น บรรจุใส่ในถุงโพลีโพรพิลีนปิดปากถุงให้สนิท (ข้อมูลจากการทดลองเบื้องต้น)

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี

นำผลลึ้นจีอบแห้งที่ได้มาวัดค่าสีเปลือก วิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาล เช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 3.1 วัดความชื้น และค่า a_w เช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 2 และวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยใช้วิธี AOAC (1990)

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ผลลึ้นจีอบแห้งที่ได้นำไปทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบแบบ ideal ratio profile โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน เพื่อหาค่า mean ideal ratio score

ตอนที่ 4 การศึกษาเพื่อหาระดับความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่สารละลายที่เหมาะสมในการรักษาสีและคุณภาพของผลลึ้นจีอบแห้งทั้งเปลือก

นำผลลึ้นจีที่มีระยะความแก่-อ่อนที่เหมาะสม มาแช่ในสารละลายที่ได้ จากผลการทดลองในตอนที่ 3.2 เพื่อศึกษาหาระดับความเข้มข้นและระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ผลลึ้นจี เพื่อการรักษาสีและคุณภาพของผลลึ้นจีอบแห้งทั้งเปลือก

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 3^2 factorial กำหนดปัจจัยที่จะศึกษามี 2 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของสารละลาย 3 ระดับ และระยะเวลาในการแช่ 3 ระดับ

ปัจจัยที่ 1 ความเข้มข้นของสารละลาย

ก. ความเข้มข้นระดับสูง

ข. ความเข้มข้นระดับกลาง

ค. ความเข้มข้นระดับต่ำ

ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาในการแช่สารละลาย

ก. เวลาในการแช่ ระดับนาน

ข. เวลาในการแช่ ระดับปานกลาง

ค. เวลาในการแช่ ระดับสั้น

ได้วิธีการทดลองทั้งหมด 9 วิธี ดังตาราง 3.2 ผลลัพท์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกสิ่งทดลองนำไปอบแห้งตามกรรมวิธีอบแห้งในตอนที 3.2

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี

วัดค่าสีเปลือก วิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาล เช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 3.1 วัดความชื้นและค่า a_w เช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 2

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

วิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับข้อ 3.2

ตาราง 3.2 แผนการทดลองโดยใช้ปัจจัยของความเข้มข้นของสารละลายและระยะเวลาในการแช่ผลลัพท์

วิธีการทดลอง	ความเข้มข้นของสารละลาย	ระยะเวลาในการแช่ (นาท)
1	สูง	นาน
2	สูง	ปานกลาง
3	สูง	สั้น
4	ปานกลาง	นาน
5	ปานกลาง	ปานกลาง
6	ปานกลาง	สั้น
7	ต่ำ	นาน
8	ต่ำ	ปานกลาง
9	ต่ำ	สั้น

ตอนที่ 5 การศึกษาผลของการเก็บรักษาผลลัพท์สดในห้องเย็นก่อนอบที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง

5.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลลัพท์สดหลังการเก็บรักษาในห้องเย็น

นำผลลัพท์ที่มีระยะความแก่-อ่อนที่เหมาะสม (จากตอนที่ 3) มาศึกษาผลของการเก็บรักษาผลลัพท์สดในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนนำไปอบแห้ง โดยมีวิธีการ treatment ผลลัพท์ในห้องเย็น 2 วิธีคือ

ก. ไม่แช่ในสารละลายกรดก่อนเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น

ข. แช่ในสารละลายกรดที่มีความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่ที่เหมาะสม (จากการทดลองตอนที่ 4) ก่อนนำไปเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมี

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับตอนที่ 3.1

5.2 การศึกษาผลของการเก็บรักษาผลลึ้นจีสดในห้องเย็นก่อนอบที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง

นำผลลึ้นจีที่เก็บรักษาไว้ในห้องเย็นทั้ง 2 ตัวอย่างไปอบแห้งที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสม (จากตอนที่ 4) โดยมีตัวอย่างที่นำมาอบแห้งทั้งหมด 3 ตัวอย่างคือ

- ก. ไม่แช่สารละลายก่อนเก็บในห้องเย็น
- ข. แช่ในสารละลายกรดที่มีความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่ที่เหมาะสม (จากตอนที่ 4) ก่อนเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น
- ค. ผลลึ้นจีสดที่ไม่ได้เก็บรักษาในห้องเย็น

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับตอนที่ 3.1

ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับข้อ 3.2

ตอนที่ 6 การศึกษาเพื่อหากรรมวิธีการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับลึ้นจีอบแห้งทั้งเปลือก

นำผลลึ้นจีที่ผ่านการแช่สารละลายที่เหมาะสม (จากข้อ 3.2) โดยใช้ความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสม (จากตอนที่ 4) มาศึกษาเปรียบเทียบกรรมวิธีการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน 3 วิธี วางแผนการทดลองแบบ CRD

- ก. การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 ° ซ นาน 6 ชั่วโมง เพิ่มขึ้น 70 ° ซ นาน 6 ชั่วโมงเพิ่มขึ้น 80 ° ซ นาน 15 ชั่วโมง ลดลงเหลือ 70 ° ซ นาน 12 ชั่วโมง และลดลงเหลือ 60 ° ซ นาน 3 ชั่วโมง โดยใช้เวลาอบทั้งหมดรวม 42 ชั่วโมง ความเร็วลม 53.67 เมตร/วินาที
- ข. การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 ° ซ นาน 12 ชั่วโมง เพิ่มขึ้น 80 ° ซ นาน 12 ชั่วโมง ลดลงเหลือ 70 ° ซ นาน 12 ชั่วโมง และลดลงเหลือ 60 ° ซ นาน 6 ชั่วโมง โดยใช้เวลาอบทั้งหมดรวม 42 ชั่วโมง ความเร็วลม 53.67 เมตร/วินาที
- ค. การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 ° ซ ติดต่อกันรวม 60 ชั่วโมง ความเร็วลม 53.67 เมตร/วินาที ซึ่งนำหนักผลลึ้นจีที่ลดลงระหว่างการอบแห้งทุก 10 นาที ในช่วงระยะเวลาการอบแห้ง 6 ชั่วโมง แรกของเวลาการอบแห้งทั้งหมด และทุก 30 นาที จนถึงสิ้นสุดระยะเวลาการอบแห้ง

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี

วัดค่าสีเปลือก วิเคราะห์หาค่าปริมาณกรดทั้งหมด ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาล เช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 3.1 วัดความชื้น และค่า a_w เช่นเดียวกับตอนที่ 2

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน ด้วยวิธี Hedonic scale scoring test เพื่อเป็นการทดสอบความชอบของผู้ทดสอบชิม ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ลีนจ๊อบแห้งทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยให้ผู้ทดสอบชิมประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลีนจ๊อบแห้งที่ใส่รหัสทางสถิติไว้แล้ว และพิจารณาให้ระดับความชอบและไม่ชอบต่อผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่างบนสเกลที่ผู้บริโภครู้สึกว่าเหมาะสม

ตอนที่ 7 การศึกษาวิธีการเก็บรักษาลีนจ๊อบแห้งทั้งเปลือกที่เหมาะสมและอายุการเก็บรักษา

นำผลลีนจ๊อบแห้งที่ได้รับการยอมรับจากตอนที่ 6 มาบรรจุในถุง HDPE และถุง OPP ถุงละ 15 ผล และใช้ถุง OPP ศึกษาภาวะการเก็บ 3 ลักษณะ คือ

1. ไม่มีสารใดๆในถุง
2. มีสารดูดความชื้น (silica gel) 1 กรัมต่อ 15 ผล
3. มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน (ผงตะไบเหล็ก) อย่างละ 1 กรัมต่อ 15 ผล

แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ในที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 เดือน สุ่มตัวอย่างออกมาทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกเดือน และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีทุก 2 เดือน เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับผลลีนจ๊อบแห้งที่บรรจุในถุง HDPE

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 3.1

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 70 คน โดยใช้วิธี multiple paired comparisons

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี multiple paired comparisons เป็นการทดสอบความแตกต่างโดยการเปรียบเทียบ ซึ่งการทดสอบวิธีนี้ ตัวอย่างมาตรฐาน (reference sample) จะถูกนำเสนอโดยการเขียนว่า “R” และเสนอพร้อมกับตัวอย่างที่ต้องการทดสอบอีกหลายตัวอย่าง ผู้ทดสอบชิมจะชิมตัวอย่างแล้วเปรียบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน

การเก็บรักษาลีนจ๊อบแห้งในถุง HDPE เป็นวิธีการเก็บรักษาลีนจ๊อบแห้งที่วางจำหน่ายในท้องตลาด การศึกษานี้เพื่อต้องการทดสอบว่าการเก็บรักษาลีนจ๊อบแห้งด้วยบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น คือ การเก็บรักษาในถุง OPP, ถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน จะมีผลต่อคุณภาพของผลลีนจ๊อบแห้งแตกต่างจากการเก็บรักษาในถุง HDPE หรือไม่ ดังนั้นจึงกำหนดให้ตัวอย่างที่บรรจุในถุง HDPE เป็นตัวอย่างมาตรฐาน (R)

เสนอรวมกับตัวอย่าง 3 ตัวอย่างที่ใส่รหัสทางสถิติไว้แล้ว โดยให้ผู้ทดสอบชิมทำการชิมตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน

ข้อมูลที่ได้รับถูกนำมาเปลี่ยนเป็นตัวเลข 1 ถึง 9 โดยที่

คะแนน 9 = ดีกว่าตัวอย่างมาตรฐานที่สุด

คะแนน 5 = ไม่มีความแตกต่าง

คะแนน 1 = แย่กว่าตัวอย่างมาตรฐานที่สุด

6.2 การศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งและวิธีการเก็บรักษา

1. การเตรียมเนื้อลิ้นจี่

นำผลลิ้นจี่มาเด็ดก้านและใบออก ล้างน้ำก๊อก 1 ครั้งเพื่อทำความสะอาดล้างเอาเศษผงและสิ่งปนเปื้อนออก นำมาคว้านเอาแต่เมล็ดออกโดยคงเปลือกหุ้มเนื้อไว้ก่อน นำไปเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นจนกระทั่งการคว้านเอาเมล็ดออกจากผลลิ้นจี่ทั้งหมดครบตามปริมาณที่ต้องการ

นำผลลิ้นจี่ที่คว้านเอาเมล็ดออกแล้วมาแกะเอาเปลือกออกอย่างรวดเร็วแล้วนำไปทำการแช่อิ่มตามกระบวนการที่ศึกษาต่อไป

2. การทดลอง

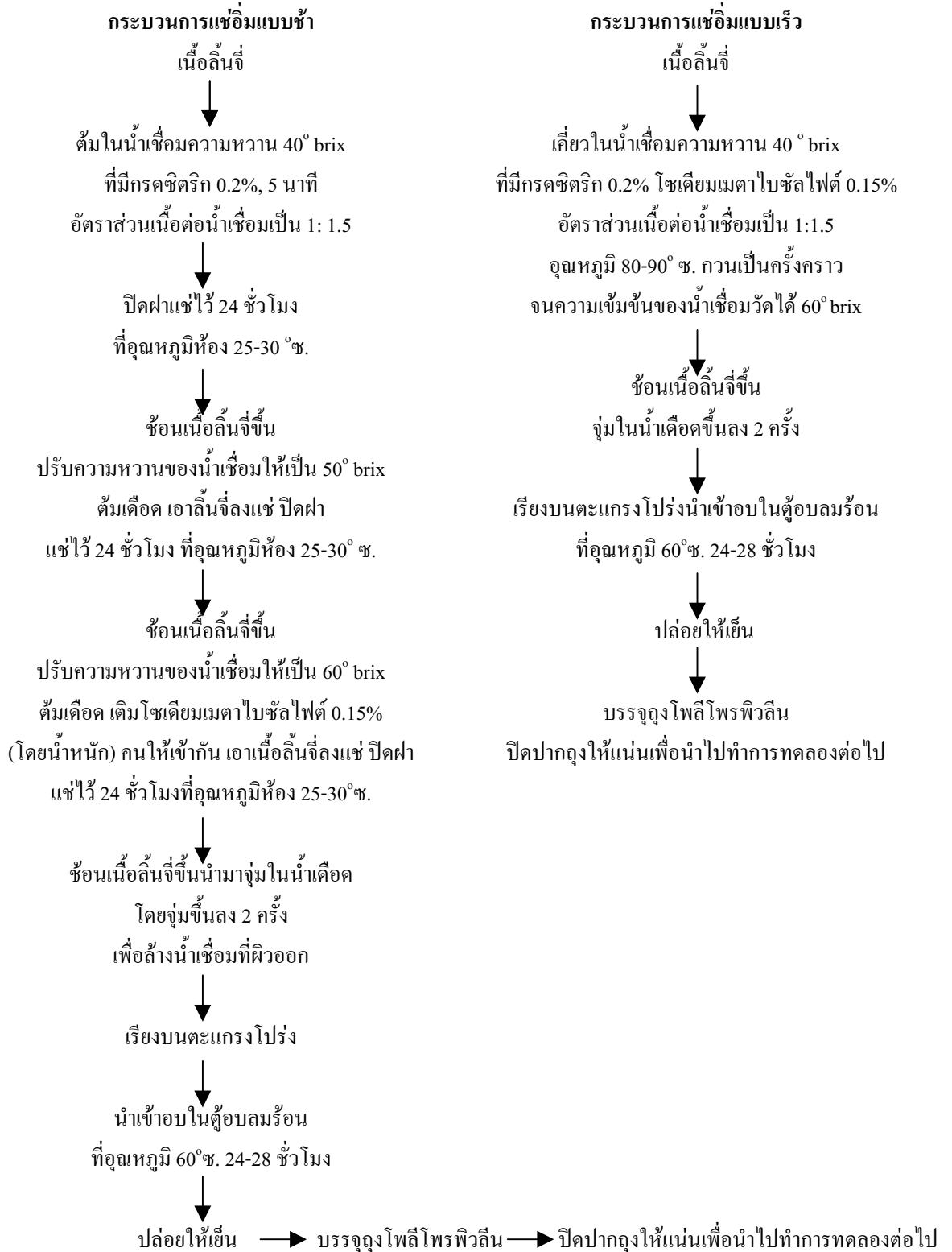
งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 8 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาเพื่อคัดเลือกวิธีการแช่อิ่ม

1.1 วิธีการแช่อิ่ม

ผลลิ้นจี่ที่ผ่านกระบวนการคัดแยกตามคุณสมบัติดังกล่าว ถูกนำมาคว้านเอาเมล็ดออกด้วยตุ้ดคู่ จากนั้นทำการแกะเปลือกออก นำเนื้อลิ้นจี่ที่คว้านได้มาทำการแช่อิ่มและอบแห้งดังรายละเอียดตามขั้นตอนในแผนภูมิที่ 3.1

แผนภูมิที่ 3.1 แสดงกระบวนการผลิตลีนจีแช่อบแห้ง



1.2 การทดสอบการยอมรับ

เนื้อล้นจี่อบแห้งทั้ง 2 วิธี ถูกนำมาทดสอบความพอใจแบบ paired comparison ทั้งในด้านสี รสหวาน รสเปรี้ยว และลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน ผลการทดสอบที่ได้ นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธี chi-square เพื่อตัดสินว่าวิธีใดดีกว่า

ตอนที่ 2 การศึกษาเพื่อหาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ล้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่ผู้ทดสอบชิมต้องการ (Ideal sample)

จากผลการศึกษาในข้อ 1.2 ล้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่ได้รับความนิยมมากกว่าถูกนำมาให้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน ทดสอบโดยใช้ ideal ratio profile test เพื่อสอบถามลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ ผลการทดสอบรายงานออกมาในรูปของตัวเลข (numerical product profile) และ ratio profile

ตอนที่ 3 การศึกษาเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของเนื้อล้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง

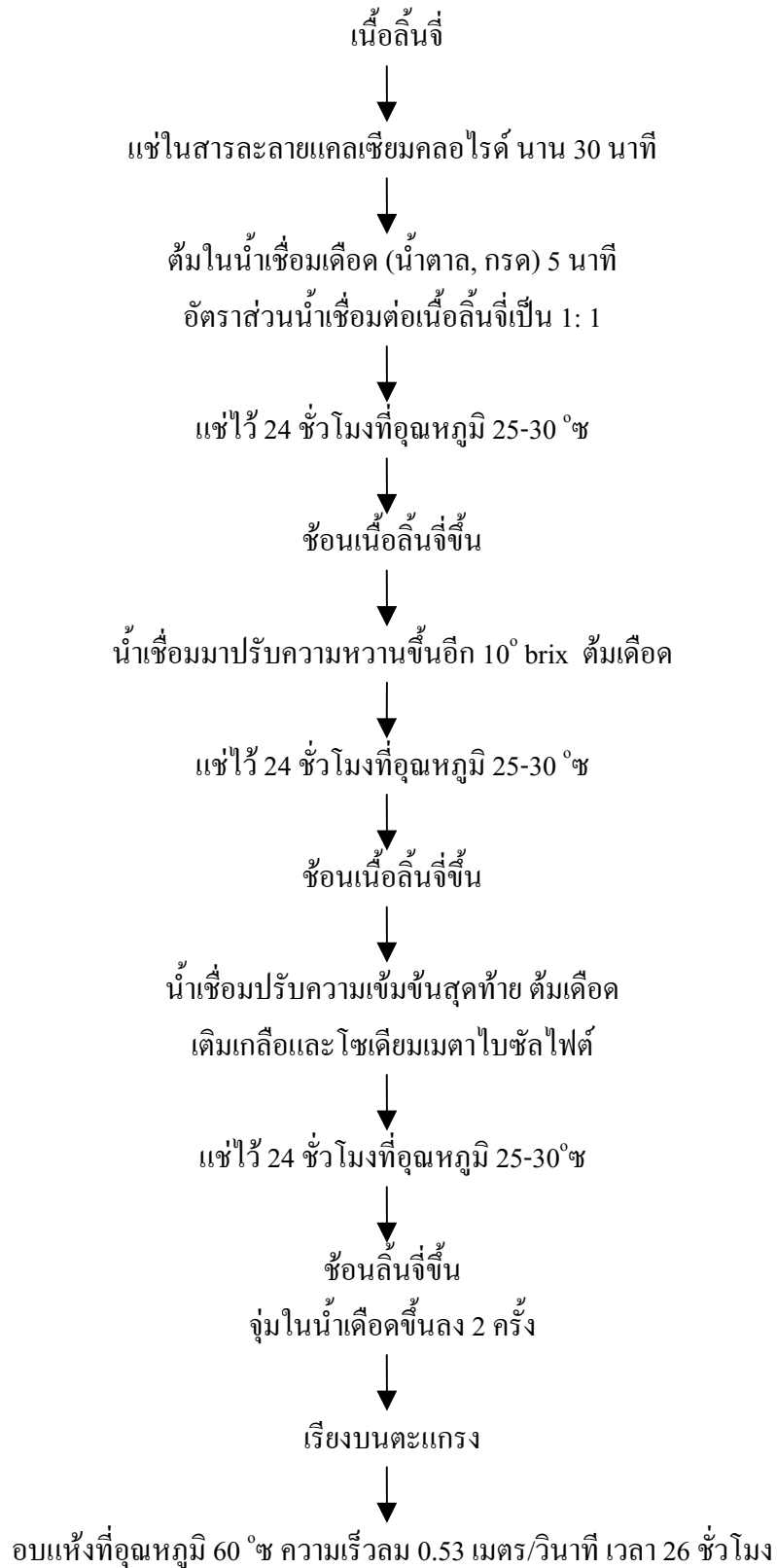
3.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อล้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง

จากผลการศึกษาในตอนที่ 2 ทำให้ทราบคุณลักษณะของเนื้อล้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่ผู้ทดสอบชิมต้องการ จึงได้ทำการศึกษาเพื่อคัดเลือกปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพ ด้วยการวางแผนการทดลองแบบ Plackette and Burman (ไพโรจน์, 2539) ซึ่งสามารถแบ่งสิ่งทดลองออกมาได้ 8 สิ่งทดลอง โดยกำหนดชนิดและปริมาณของสารต่างๆ ดังนี้

- ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสเริ่มต้น 35 และ 40 °brix และสุดท้าย 45 และ 60 °brix
- โซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 1%
- กรดซิตริก 0.2 และ 0.7%
- โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.1 และ 0.25%
- แคลเซียมคลอไรด์ 0 และ 1%

รายละเอียดแผนการทดลองดังตารางที่ 3.3 และวิธีการทำล้นจี่อบแห้งดังแผนภูมิที่ 3.2

แผนภูมิที่ 3.2 : แสดงขั้นตอนการทำลีนจีเชื่อมอบแห้ง



ตารางที่ 3.3 การวางแผนการทดลองแบบ Plackette and Burman Design

สิ่งทดลอง	ความเข้มข้นสุด ท้ายของน้ำเชื่อม (° Brix)	NaCl (%)	Citric acid (%)	Na ₂ S ₂ O ₅ (%)	CaCl ₂ (%)
1	60	1	0.7	0.1	1
2	60	1	0.2	0.25	0
3	60	0	0.7	0.1	0
4	45	1	0.2	0.1	1
5	60	0	0.2	0.25	1
6	45	0	0.7	0.25	1
7	45	1	0.7	0.25	0
8	45	0	0.2	0.1	0

3.2 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

นำเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งจากวิธีการทั้ง 8 สิ่งทดลอง มาทดสอบชิมแบบ ideal ratio profile test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน

3.3 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1. วัดสีของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งโดยใช้เครื่อง Hunter
2. วัด Texture ของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งโดยใช้เครื่อง Instron

3.4 การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

1. ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (AOAC, 1990)
2. ปริมาณน้ำตาล (Lane and Eynon)
3. ค่า a_w (a_w meter)
4. ความชื้น (hot air oven)

3.5 การวิเคราะห์ผลของแต่ละปัจจัยต่อคุณภาพของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง

วิธีการคำนวณผลของแต่ละปัจจัยในแผนการทดลองนี้สามารถทำได้โดยการนำผลการทดลองที่ได้ในระดับสูงและระดับต่ำมาหาค่าเฉลี่ย และนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาหาผลต่างระหว่างการใช้อยู่ปัจจัยในระดับสูงและระดับต่ำอีกครั้งหนึ่ง เช่น ผลของปัจจัย A (ความเข้มข้นของน้ำตาล) ต่อค่าสี L สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Effect A ต่อค่าสี L} = \frac{[51.17 + 51.77 + 51.89 + 53.46]}{4} - \frac{[52.18 + 53.46 + 52.24 + 53.60]}{4}$$

$$= -0.797$$

$$\text{ซึ่งมีค่า t-test} = \frac{\text{Effect A ต่อค่าสี L}}{\text{SE}}$$

$$\text{เมื่อ SE หาได้ดังนี้ SE} = \sqrt{\frac{n \sum (\text{dummy}_i)^2}{n}}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่า t-test} &= \frac{-0.797}{0.2108} \\ &= -3.781 \end{aligned}$$

ส่วนปัจจัยอื่นๆ ก็สามารถคำนวณได้ในทำนองเดียวกัน

ตอนที่ 4 การพัฒนาสูตรของน้ำเชื่อมที่เหมาะสมสำหรับเนื้อลีนจีเชื่อมอบแห้ง

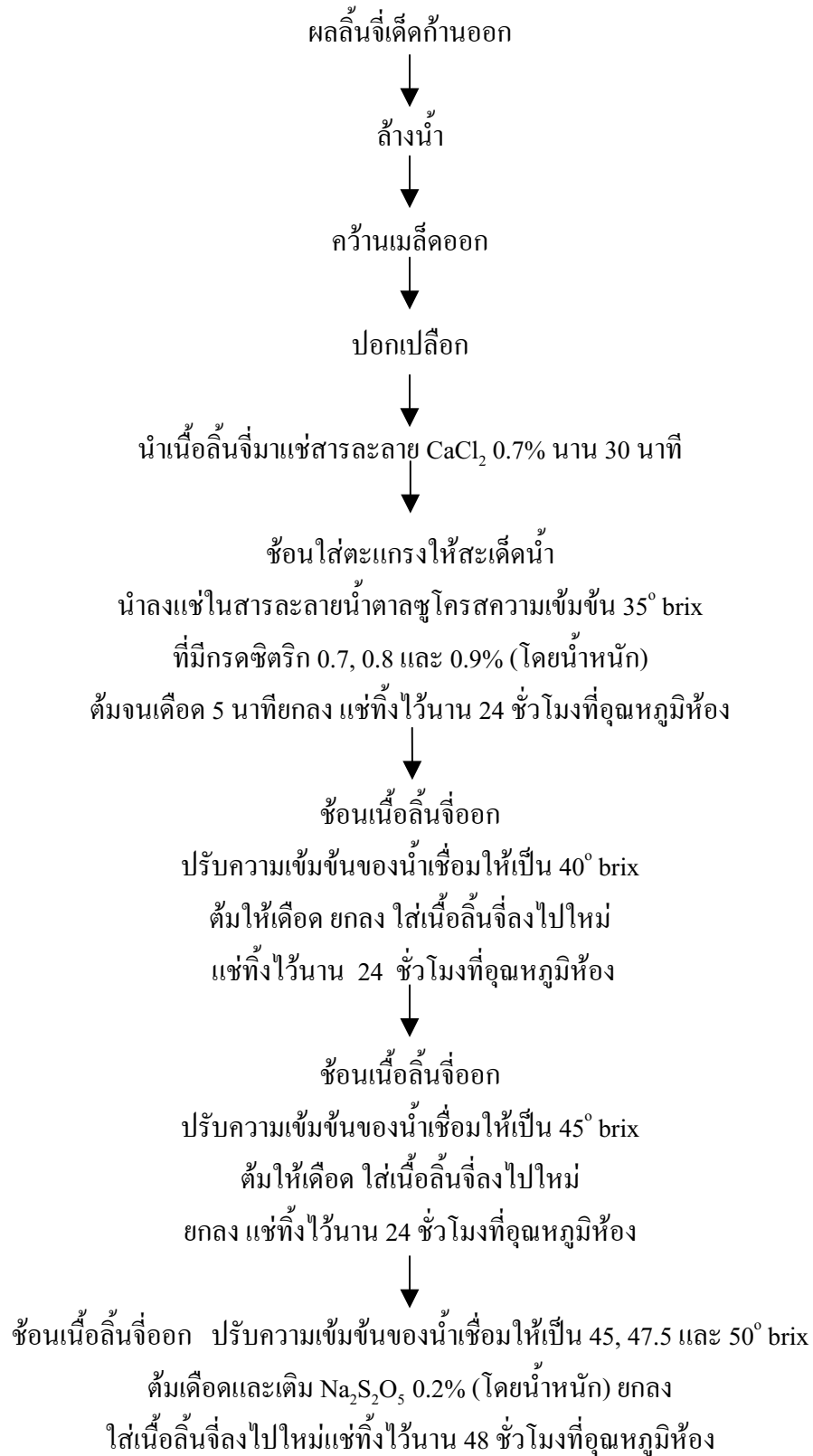
เมื่อทราบปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้ทดสอบชิมต่อนื้อลีนจีเชื่อมอบแห้งจากตอนที่ 4 จึงได้นำปัจจัยหลัก คือ ความเข้มข้นของน้ำตาลและกรดซิตริกมาวางแผนการทดลองแบบ Factorial 2^2+2cp แบ่งออกได้เป็น 6 สิ่งทดลอง ดังตารางที่ 3.4 แต่ละสิ่งทดลอง ทำการทดลอง 2 ซ้ำและใช้ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเริ่มต้น 35 ° brix เท่ากันทุกวิธีทดลอง

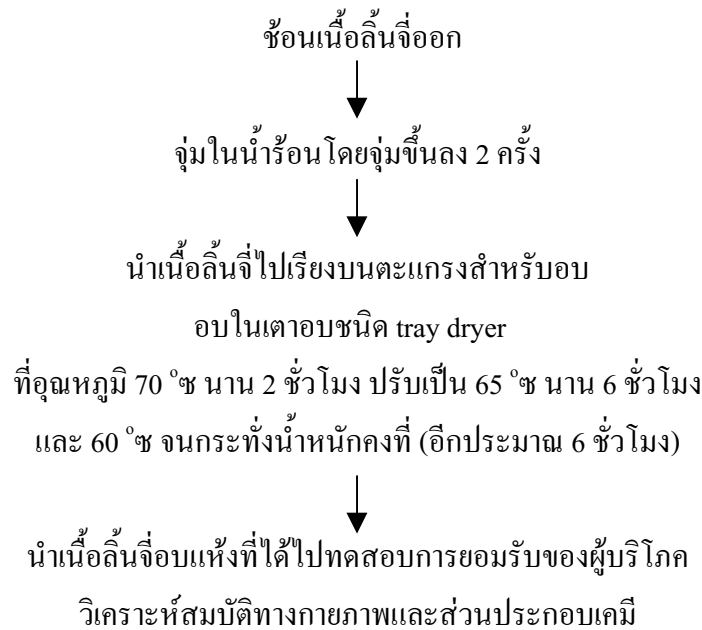
ตารางที่ 3.4 ส่วนผสมของน้ำเชื่อม

สิ่งทดลอง	องศาบริกซ์สุดท้าย	กรดซิตริก (%)
1	45	0.7
2	50	0.7
3	47.5	0.8
4	47.5	0.8
5	45	0.9
6	50	0.9

4.1 กรรมวิธีการเชื่อมเนื้อลันจีแบบช้า

กรรมวิธีการทำเนื้อลันจีเชื่อมอบแห้งมีดังนี้





ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของเนื้อล้นจี่และน้ำเชื่อม
ในระหว่างการแช่แข็งทั้ง 6 สิ่งทดลอง ด้วยการสุ่มวัดทุกวันตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการแช่แข็ง

4.2 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

เมื่อได้เนื้อล้นจี่แช่แข็งอบแห้งจากวิธีการทั้ง 6 สิ่งทดลอง ได้นำมาทดสอบชิมแบบ Scaling test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 8 คน แต่ผู้ทดสอบชิมไม่สามารถบอกความแตกต่างของคุณภาพเนื้อล้นจี่อบแห้งแต่ละสิ่งทดลองได้ จึงทำการทดสอบชิมใหม่อีกครั้งโดยใช้วิธี Ranking test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 24 คน วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม SX versions 4.0 และตารางสำเร็จ Rank total

4.3 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. วัดสีของเนื้อล้นจี่อบแห้งโดยใช้เครื่อง Hunter
2. วัด Texture ของเนื้อล้นจี่อบแห้งโดยใช้เครื่อง Instron

4.4 การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

1. ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (AOAC, 1990)
2. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractometer, Atago)
3. ปริมาณน้ำตาล (Lane and Eynon)
4. ค่า a_w (a_w meter)
5. ความชื้น (Hot air oven)
6. ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (AOAC, 1990)

4.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ทางกายภาพ และทางเคมี ถูกนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SX version 4.0

ตอนที่ 5 การศึกษาเปรียบเทียบเนื้อลิ้นจี่เชื่อมอบแห้งระหว่างสูตรน้ำตาลอย่างเดียวกับสูตรที่ใช้เบะแซ

จากผลการทดสอบตอนที่ 4 ทำให้ทราบสูตรน้ำเชื่อมที่ผู้บริโภคพอใจ เพื่อเป็นการลดปริมาณน้ำตาลให้ลดลง จึงได้นำสูตรดังกล่าวมาปรับลดปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นลง 50% ด้วยการใช้เบะแซใส่แทน เนื้อลิ้นจี่เชื่อมอบแห้งทั้งสองสูตรถูกนำมาทดสอบโดยวิธี ratio scaling ใช้ผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 16 คน และวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ ANOVA วิเคราะห์ผลทางกายภาพและทางเคมีเช่นเดียวกับตอนที่ 4

ตอนที่ 6 การศึกษาหาชนิดสารละลาย อัตราส่วนเนื้อลิ้นจี่ : สารละลาย และระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน

ได้ทำการศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลาในการทำออสโมซิส เพื่อใช้เป็นแนวทางวางแผนการทดลองในการศึกษาเปรียบเทียบชนิดสารละลาย อัตราส่วนเนื้อลิ้นจี่ : สารละลาย และระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน พบว่าเมื่อทำออสโมติกดีไฮเดรชันในสารละลายซูโครส 70% อัตราส่วนเนื้อลิ้นจี่ : สารละลาย 1 : 1.5 ใน 5 ชั่วโมงแรก มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อลิ้นจี่อย่างมากและรวดเร็ว หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อลิ้นจี่น้อยมากไปจนถึง 14 ชั่วโมง ดังตารางที่ 3.5 ในด้านกลิ่นพบว่ายังเชื่อมั่นกลิ่นหอมของเนื้อลิ้นจี่ยังน้อยลง ดังนั้นจึงคัดเลือกระยะเวลาแช่นาน 5 ชั่วโมงเป็นระยะเวลาใช้ในการศึกษาต่อไป ในการศึกษาได้วางแผนการทดลอง 8 สิ่งทดลอง เปรียบเทียบชนิดของสารละลาย คือ สารละลายซูโครส 70% และสารละลายผสมระหว่างสารละลายซูโครส 60% กับกลีเซอรอล 15% อัตราส่วนของน้ำหนักของเนื้อลิ้นจี่ต่อน้ำหนักของสารละลาย และระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.5 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการทำออสโมติกดีไฮเดรชันโดยใช้สารละลายซูโครส 70% อัตราส่วนเนื้อลิ้นจี่ : น้ำเชื่อม 1 : 1.5

เวลา (ชั่วโมง)	อุณหภูมิเริ่มต้น หลังใส่เนื้อลิ้นจี่ (°ซ)	ความหวาน น้ำเชื่อม (องศาบริกซ์)	ความหวาน ลิ้นจี่ (องศาบริกซ์)	น้ำหนักลิ้นจี่ (กรัม)	น้ำหนัก หายไป (กรัม)
0	60.0	70.0	18.0	500.0	0.00
1	58.8	60.0	29.0	389.7	22.07
2	57.4	57.0	31.0	378.5	24.30
3	57.5	55.0	29.4	361.2	27.80
4	58.6	54.0	30.3	357.3	28.50
5	57.5	52.0	36.0	350.8	29.80
6	57.8	51.4	34.0	364.8	27.04
7	57.0	50.2	35.0	353.9	29.22
8	56.5	50.0	35.4	351.6	29.68
9	56.5	49.0	34.2	347.6	30.48
10	57.0	47.0	34.0	345.2	30.96
11	56.7	46.0	34.6	343.8	31.24
12	56.6	45.0	34.8	338.3	32.34
13	57.6	44.6	35.0	341.7	31.66
14	57.2	44.4	33.6	346.3	30.74

ตารางที่ 3.6 ชนิดของสารละลาย อัตราส่วน และส่วนประกอบของสารละลายที่ใช้

สิ่งทดลอง	ชนิดของน้ำเชื่อม	อัตราส่วนของ เนื้อ : น้ำเชื่อม	ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (%)	เวลา (ชั่วโมง)
1	Sucrose 70%	1 : 1	0	5
2	Sucrose 70%	1 : 1	0.4	5
3	Sucrose 70%	1 : 1.5	0.4	5
4	Sucrose 70%	1 : 2	0.4	5
5	Glycerol 15% + Sucrose 60%	1 : 1	0	5
6	Glycerol 15% + Sucrose 60%	1 : 1	0.4	5
7	Glycerol 15% + Sucrose 60%	1 : 1.5	0.4	5
8	Glycerol 15% + Sucrose 60%	1 : 2	0.4	5

6.1 วิธีการเตรียมและการสุ่มตัวอย่าง

นำผลลึ้นจี่มาเค็ดขั้ว ล้าง แล้วคว้านเมล็ดออก เมื่อได้จำนวนมากพอจึงทำการปอกเปลือกในคราวเดียวกัน ซึ่งเนื้อลึ้นจี่แบ่งใส่ถุงตาข่ายพลาสติก บรรจุถุงๆ ละ 500 กรัม ใส่ถุงลงในบีกเกอร์ (beaker) แล้วเติมน้ำเชื่อมที่เตรียมไว้ใหม่ๆ ลงไปขณะร้อนในอัตราส่วนน้ำหนักของเนื้อลึ้นจี่ต่อน้ำเชื่อมดังแสดงในตารางที่ 3.6 สุ่มตัวอย่างเนื้อลึ้นจี่ออกมาในทุกๆ 1 ชั่วโมง วัดอุณหภูมิของสารละลายที่ใช้แช่ ณ ชั่วโมงที่ทำการตรวจสอบ นำถุงเนื้อลึ้นจี่ที่สุ่มออกมาไปล้างด้วยน้ำเดือดโดยการจุ่มขึ้นลง 2 ครั้ง ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ 3 นาที นำมาชั่งหาน้ำหนักของเนื้อลึ้นจี่ และสุ่มเนื้อลึ้นจี่ออกจากถุง นำไปวัดค่าองศาบริกซ์ และค่า a_w ของเนื้อลึ้นจี่ และน้ำเชื่อม

6.2 การคัดเลือกชนิดสารละลาย อัตราส่วนเนื้อลึ้นจี่ต่อน้ำเชื่อม และระยะเวลาที่มีผลต่อ

อัตราการดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์

นำผลการตรวจสอบจากข้อ 6.1 มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของเนื้อลึ้นจี่ที่เปลี่ยนแปลงที่ชั่วโมงต่างๆ ในแต่ละวิธีทดลอง (% weight loss) การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารที่ละลายได้ในเนื้อลึ้นจี่ และนำเนื้อลึ้นจี่ไปอบแห้งเพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี และทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

6.3 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

เมื่อได้ผลิตภัณฑ์เนื้อลึ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งทั้ง 8 สิ่งทดลอง นำมาทดสอบชิมแบบ ideal ratio profile test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน

6.4 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมี

ตรวจวิเคราะห์ทั้งทางกายภาพและทางเคมี เหมือนที่กำหนดในข้อ 4.3 และ 4.4

6.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำผลที่ได้จากข้อ 6.2-6.4 มาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SX version 4.0 เพื่อคัดเลือกวิธีการทำออสโมติกดีไฮเดรชันที่เหมาะสมที่สุด

ตอนที่ 7 การศึกษากรรมวิธีการอบแห้งเนื้อลิ้นจี่แบบแช่เย็นและแบบออสโมติกดีไฮเดรชัน

นำเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำเชื่อมความเข้มข้นสุดท้าย 45 องศาบริกซ์ ปริมาณกรด 0.7% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.2% และแคลเซียมคลอไรด์ 0.7% มาจุ่มในน้ำเดือด นำเข้าอบในตู้อบลมร้อน โดยเรียงบนตะแกรงโปร่งใช้ความเร็วลม 0.53 เมตรต่อวินาที ที่สภาวะการอบแห้ง 2 รูปแบบคือ

รูปแบบที่ 1 อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ ติดต่อกัน 26 ชั่วโมง

รูปแบบที่ 2 อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °ซ 2 ชั่วโมง อบต่อที่อุณหภูมิ 65 °ซ 6 ชั่วโมง และอบต่อที่อุณหภูมิ 60 °ซ อีก 6 ชั่วโมง

ทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกผลทุกๆ 2 ชั่วโมง นำผลที่ได้มาสร้างกราฟการอบแห้ง คัดเลือกกรรมวิธีที่ดีมาทดลองกับเนื้อลิ้นจี่แบบออสโมติกดีไฮเดรชันด้วย

ตอนที่ 8 การศึกษาวิธีการเก็บรักษาลิ้นจี่แช่เย็นอบแห้งและลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชัน

เนื้อลิ้นจี่อบแห้งทั้งที่ทำโดยวิธีแช่เย็นและออสโมติกดีไฮเดรชันวิธีที่ดีที่สุด ถูกนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25-30 °ซ และในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 8 °ซ โดยบรรจุในถุง 3 ชนิด สำหรับเนื้อลิ้นจี่แช่เย็นอบแห้งใช้ถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นกับสารดูดออกซิเจน ถุงอะลูมิเนียม และถุงสุญญากาศ ส่วนเนื้อลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชัน ใช้ถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นกับสารดูดออกซิเจน ถุงอะลูมิเนียม และถุงอัดแก๊สไนโตรเจน

การตรวจวิเคราะห์จะทำการสุ่มตัวอย่างลิ้นจี่อบแห้งทั้งสองประเภทออกมาตรวจทุกๆ 2 เดือนจนครบ 10 เดือน สำหรับที่เก็บรักษาลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิห้อง และสำหรับตัวอย่างที่เก็บรักษาลิ้นจี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 8 °ซ ทำการสุ่มตัวอย่างออกมาตรวจสอบภายหลังเก็บรักษาครบ 6 เดือนแล้ว และทำการตรวจสอบทุกๆ 2 เดือนจนครบ 12 เดือน

8.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมี

ทุกๆ 2 เดือน สุ่มตัวอย่างออกมาตรวจวิเคราะห์ ดังนี้

- สี (เครื่องวัดสี Hunter)

- ลักษณะเนื้อสัมผัส (Instron)
- ค่า a_w (a_w meter)/ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (AOAC, 1990)
- ปริมาณน้ำตาล (Lane and Eynon)
- ความชื้น (hot air oven)

8.2 การประเมินทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบเปรียบเทียบคุณภาพของเนือลีนจีแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในแต่ละวิธี เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา ทดสอบชิมเปรียบเทียบด้วยวิธี Ratio scaling โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 16 คน

8.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SX version 4.0 เพื่อให้ได้วิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสม

6.3 การศึกษาเนือลีนจีตีปนบรรจุกระป๋องและอายุการเก็บรักษา

งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาเพื่อหาขนาดของชิ้นเนือลีนจี

1.1 ศึกษาระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลลีนจีต่อคุณภาพของเนือลีนจีสายพันธุ์สงฮวย

วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ได้แก่ การวัดค่าพีเอช และหาปริมาณกรดทั้งหมดของลีนจีสายพันธุ์สงฮวยที่ใช้เป็นวัตถุดิบในช่วงเริ่มต้นและปลายฤดูการเก็บเกี่ยว เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับพีเอชด้วยกรดซิตริก

1.2 ศึกษาเพื่อหาขนาดของชิ้นเนือลีนจี

1.2.1 ศึกษาเพื่อหาขนาดของเนือลีนจีตีปน

แผนการทดลองเป็นแบบ Completely randomized design (CRD)

ปัจจัยที่ศึกษา คือ เวลาที่ใช้ในการตีปน (วินาที)

นำผลลีนจีมาปอกเปลือกแกะเมล็ดออก แช่เนือลีนจีในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.03% ซ่อนขึ้นให้สะเด็ดน้ำ ชั่งเนือลีนจีมา 800 กรัม ใส่ในเครื่องปั่น ปิดฝา ปั่นด้วยความเร็ว liquify โดยแปรผันเวลาการปั่นตัวอย่างให้อยู่ในช่วง 5-20 วินาที ดังตาราง 3.7 จากนั้นจึงนำ ตัวอย่างไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ส่วนประกอบทางเคมี และออกแบบสอบถามไปยังผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อสอบถามความต้องการเกี่ยวกับขนาดของเนือลีนจีที่ต้องการนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 3.7 แผนการทดลองแบบ CRD โดยผันแปรระยะเวลาที่ใช้ในการตีปน

สิ่งทดลอง	เวลาที่ใช้ตีปนล้นจี่ (วินาที)
1	5
2	10
3	15
4	20

1.2.2 ศึกษาเพื่อหาขนาดของเนื้อล้นจี่ขึ้นแตก

สุ่มตัวอย่างเนื้อล้นจี่ขึ้นแตกจากที่บรรจุในกระป๋อง โดยสุ่มออกมากระป๋องละ 300 กรัม จำนวน 3 กระป๋อง เนื้อล้นจี่ขึ้นแตกที่สุ่มได้แต่ละครั้งให้นำมาแยกออกเป็น 4 กลุ่มตามขนาดของขึ้น คือ ขนาดครึ่งผล เศษหนึ่งส่วนสามผล เศษหนึ่งส่วนสี่ผล และเล็กกว่าเศษหนึ่งส่วนสี่ผล

1.3 การวิเคราะห์คุณภาพ

1.3.1 สมบัติทางกายภาพ

- วัดขนาดล้นจี่ตีปน โดยการกรองผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ
- ค่าสี L, a*, b* ด้วยเครื่อง Color Quest II (Hunter Lab, 1997)

1.3.2 ส่วนประกอบทางเคมี

- ความเป็นกรด-ด่าง ตามวิธี AOAC (1990)
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไทเทรตได้ ตามวิธี AOAC (1990)
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด ตามวิธี AOAC (1990)
- ปริมาณน้ำตาลซูโครสและปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธี Lane and Eynon (AOAC, 1990)

1.3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ส่งแบบสอบถามไปยังกลุ่มผู้ประกอบการเพื่อสอบถามขนาดของล้นจี่ตีปนที่ต้องการสำหรับใช้ทำผลิตภัณฑ์

1.4 การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมี ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม Statistic version 4.10

ตอนที่ 2 ศึกษาเพื่อหาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการปรับพีเอชโดยไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่

2.1 การหาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการปรับพีเอช

วางแผนการทดลองแบบ Complete randomized design (CRD)

ปัจจัยที่ศึกษา ปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสม (%)

นำผลลิ้นจี่พันธุ์สงขลามาล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ คว้านเอาเมล็ดออก แกะเปลือกแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.03% แล้วช้อนตัวอย่างขึ้นมาชั่งเนื้อลิ้นจี่จำนวน 800 กรัม เติมกรดซิตริกในปริมาณที่กำหนด ดังตาราง 3.8 แล้วคลุกเนื้อลิ้นจี่กับกรดซิตริกให้เข้ากัน นำมาตีปั่นด้วยเครื่องปั่น ที่ความเร็ว liquify นาน 5 วินาที จากนั้นนำมาให้ความร้อนจนกระทั่งวัดอุณหภูมิได้ 80 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างส่วนหนึ่งไว้เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าสี L, a*, b* บรรจุตัวอย่างขณะร้อนลงในขวดแก้วที่ผ่านการลวก ปิดฝาขวดทันที มาแช่ในน้ำเดือดนาน 25 นาที ทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว นำตัวอย่างไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมี

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพ

2.2.1 สมบัติทางกายภาพ

- ความหนืดโดยใช้เครื่อง Brookfield Viscometer
- ค่าสี L, a*, b* ด้วยเครื่อง Color Quest II (Hunter Lab, 1997)

ตารางที่ 3.8 แผนการทดลองแบบ CRD โดยผันแปรปริมาณกรดซิตริกที่เติมลงในเนื้อลิ้นจี่ตีปั่น

สิ่งทดลอง	ปริมาณกรดซิตริก (%)
1	ไม่เติม
2	0.05
3	0.10
4	0.15
5	0.20
6	0.30

2.2.2 ส่วนประกอบทางเคมี

- ความเป็นกรด-ด่าง ตามวิธี AOAC (1990)
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ ตามวิธี AOAC (1990)
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด ตามวิธี AOAC (1990)
- ปริมาณน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลทั้งหมดตามวิธี Lane and Eynon (AOAC, 1990)

2.3 การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมีไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม Statistic version 4.1

ตอนที่ 3 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

การทดลองในขั้นตอนนี้ต้องการศึกษาเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกและเนื้อลิ้นจี่ตีป่นที่บรรจุในกระป๋องขนาด A1 (300 X 407) และ A10 (603 X 700)

3.1 การแปรผันเวลาการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ในน้ำเดือดเพื่อศึกษา Incubation test

โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD กำหนดอุณหภูมิเริ่มต้นการฆ่าเชื้อเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาฆ่าเชื้อลิ้นจี่ในน้ำเดือด แสดงดังตาราง 3.9

3.1.1 ขั้นตอนการเตรียมเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋อง นำผลลิ้นจี่พันธุ์สงขลามาล้างน้ำให้สะอาด แล้วคว้านเมล็ดออก หลังจากนั้นแกะเปลือกออก แช่เนื้อในสารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 0.03% (แช่ไม่เกิน 30 นาที) ซ้อนเนื้อลิ้นจี่ขึ้นมา ปลอ่ยให้สะเด็ดน้ำ นำเนื้อลิ้นจี่มาฉีกด้วยมือ โดยฉีกให้มีขนาดประมาณ เศษหนึ่งส่วนสี่ของผลขึ้นไป บรรจุเนื้อลิ้นจี่จนเต็มกระป๋อง 2 ขนาด คือ กระป๋องขนาด A1 และ A10 มีน้ำหนักเนื้อ (drained weight) เท่ากับ 300 กรัม และ 2,700 กรัม ตามลำดับ จากนั้นเติมสารละลายกรดซิตริกเพื่อปรับพีเอชให้เท่ากับ 4 ± 0.2 จำนวน 120 และ 300 มิลลิลิตร ตามลำดับ นำไปใส่ภาชนะจนกระทั่งวัดอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางกระป๋องได้เท่ากับ 80-85 องศาเซลเซียส จึงปิดฝาทันที จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในน้ำเดือด (98 องศาเซลเซียส) โดยแปรผันระยะเวลาการฆ่าเชื้อ ดังตาราง 3.9

ตาราง 3.9 แผนการทดลองแบบ CRD โดยแปรผันเวลาฆ่าเชื้อในน้ำเดือดของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกและเนื้อลิ้นจี่ตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 และ A10

สิ่งทดลอง	เวลาที่ใช้ ฆ่าเชื้อ (นาที)	
	กระป๋องขนาด A1	กระป๋องขนาด A10
1	12	25
2	15	30
3	18	35
4	21	-

3.1.2 ขั้นตอนการเตรียมเนื้อลันจี่ตีปนบรรจุกระป๋อง นำผลลันจี่พันธุ์สงขมาล้างน้ำให้สะอาด แล้วคว้านเอาเมล็ดออก หลังจากนั้นแกะเปลือกออก แช่เนื้อในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.03% (แช่ไม่เกิน 30 นาที) ซ้อนตัวอย่างขึ้นมา ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นต้องเติมกรดซิตริกลงไปเพื่อปรับพีเอชให้เท่ากับ 4 ± 0.2 โดยคลุกเนื้อลันจี่กับกรดซิตริกให้เข้ากัน แล้วนำมาตีปนด้วยเครื่องปั่นที่ความเร็ว liquify นาน 5 วินาที จากนั้นนำไปให้ความร้อน จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 80-85 องศาเซลเซียส จึงบรรจุตัวอย่างขณะร้อนลงในกระป๋องทันที โดยที่กระป๋องขนาด A1 และ A10 ให้บรรจุน้ำหนักเนื้อ 420 และ 3,000 กรัม ตามลำดับ จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในน้ำเดือดโดยผันแปรระยะเวลาการฆ่าเชื่อดังตาราง 3.9

3.1.3 การทำ Incubation test เพื่อทดสอบว่าเวลาฆ่าเชื่อดังกล่าวเพียงพอที่จะรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ให้น่าเสียภายหลัง จึงนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อตามระยะเวลาที่กำหนด ดังตาราง 3.9 ไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามวิธีการทำ incubation test (มอก. 335 เล่ม 1, 2523) สำหรับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรด (ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.7-4.5) โดยนำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ เพื่อตรวจหาจุลินทรีย์ในกระป๋อง นำตัวอย่างที่เหลือไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมี เพื่อกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ

3.2 การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนเพื่อหาตำแหน่งร้อนซ้ำที่สุกภายในกระป๋อง

3.2.1 การเตรียมกระป๋อง

นำกระป๋อง 2 ขนาด คือ A1 และ A10 สำหรับใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์มาเจาะรูด้วยเครื่องเจาะรู ในตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

- 1) กระป๋องขนาด A1 ตำแหน่งที่เจาะกระป๋องคือ วัดจากขอบล่างของกระป๋องขึ้นมา 1.9, 3.5 และ 5.1 เซนติเมตร
- 2) กระป๋องขนาด A10 ตำแหน่งที่เจาะกระป๋องคือ วัดจากขอบล่างของกระป๋องขึ้นมา 3.8, 6.5 และ 9.2 เซนติเมตร

จากนั้นนำกระป๋องที่เจาะเสร็จแล้วมาเสียบหัวเข็ม แล้วหมุนน็อตให้แน่น กระป๋องที่เจาะเสร็จแล้วนำมาใช้บรรจุตัวอย่างตามวิธีการเตรียมตัวอย่างในขั้นตอนที่ 3.1.1 สำหรับเนื้อลันจี่ชิ้นแตก และในขั้นตอนที่ 3.1.2 สำหรับเนื้อลันจี่ตีปน

3.2.2. การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนในน้ำเดือดเพื่อหาตำแหน่งร้อนซ้ำที่สุกภายในกระป๋อง

นำลันจี่บรรจุกระป๋องตามขั้นตอนที่ 3.1 มาเสียบสายเทอร์โมคัปเปิล โดยสอดเข้าทาง space bar หมุนสายให้ติดแน่นกับ space bar สายละ 1 กระป๋อง จากนั้นรวบรวมสายเทอร์โมคัปเปิลทั้งหมดต่อเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ นำกระป๋องมาแช่ในน้ำเดือด (98 องศาเซลเซียส) ทำการ

บันทึกข้อมูลทุกๆ 1 นาที ตามระยะเวลาและอุณหภูมิที่ทดลองจนกระทั่งอุณหภูมิ ณ จุดร้อนซ่าสุด สูงกว่า 95 องศาเซลเซียส จึงเริ่มทำการ cooling จนกระทั่งอุณหภูมิภายในกระป๋องลดลงต่ำกว่า 45 องศาเซลเซียส นำผลการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและเวลาที่ได้ไปสร้าง heating curve เพื่อหาตำแหน่งร้อนซ่าสุดของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด

3.3 การศึกษาเพื่อหาค่า Sterilization value ($F^{8.9}_{100}$) ของผลิตภัณฑ์ในน้ำเดือด

การทดลองในขั้นตอนที่ 3.1.3 จะสามารถกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อของเนื้อล้นจี่ขึ้นเตกและเนื้อล้นจี่ตีปน ขณะเดียวกันในการทดลองที่ 3.2.2 จะทราบตำแหน่งของ จุดร้อนซ่าสุดของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด ดังนั้นจึงใช้ตำแหน่งดังกล่าวเป็นตำแหน่งศึกษาเพื่อหาค่า sterilization value โดยเตรียมกระป๋องตามขั้นตอน 3.2.1 จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในน้ำเดือด ซึ่งระยะเวลาฆ่าเชื้อเป็นไปตามข้อ 3.1.3 กำหนดให้อุณหภูมิเริ่มต้นของการฆ่าเชื้อเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส บันทึกข้อมูลทุก 1 นาที ตามระยะเวลาและอุณหภูมิที่ทดลอง เมื่อครบกำหนดเวลาจึงเริ่ม cooling จนกระทั่งอุณหภูมิภายในกระป๋องลดลงต่ำกว่า 45 องศาเซลเซียส ทำการทดลองทั้งหมด 2 ครั้งๆ ละ 6 กระป๋อง

นำผลการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและเวลาไปคำนวณหาค่า sterilization value โดยใช้วิธี general กำหนดจุลินทรีย์เป้าหมายที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ *Clostridium pasteurianum* เพราะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในอาหารกระป๋องที่ได้รับความร้อนต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งวิธีการฆ่าเชื้อแบบนี้ ใช้กับอาหารที่มีความเป็นกรดและเป็นกรดสูง ทั้งนี้ *Cl. pasteurianum* เป็นแบคทีเรียชนิดสร้างสปอร์ ที่จัดอยู่ในกลุ่มมิซิฟิลิก ซึ่งสามารถสลายน้ำตาลในอาหารที่เป็นกรดและเป็นกรดปานกลางแล้วให้กรดบิวทิริก และยังทำให้กระป๋องบวมเนื่องจากการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน (สุมาลี, 2542) สำหรับผลการศึกษาความทนทานต่อความร้อนพบว่า *Cl. pasteurianum* มีค่า $D_{100} = 0.1-0.5$ นาที ที่พีเอช 4.2-4.5 และ $z = 6.7-8.9$ องศาเซลเซียส (Stumbo, 1965) ดังนั้นการทดลองนี้จึงยึดงานวิจัยของ National Canners Association (NCA, 1973) ที่ระบุว่า sterilization ของอาหารที่มีพีเอช 3.9 มีค่า $F^{8.9}_{93.3} = 0.1$ นาที และงานวิจัยของ Azizi and Ranganna (1993b) ที่ระบุว่าผลิตภัณฑ์ผัก ควรปรับกรดให้มีพีเอชน้อยกว่า 4.0 มีค่า $F^{8.9}_{100} = 3.5$ นาที

นำข้อมูลดังกล่าวไปพล็อตเพื่อสร้าง heating curve และ cooling curve บนกระดาษ semi-log ซึ่งจากกราฟจะทราบค่า f_h , j_{ch} , f_c และ j_{cc} และสามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาระยะเวลาการฆ่าเชื้อด้วยวิธี Ball formula ในกรณีที่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเริ่มต้น และขนาดกระป๋อง ผลิตภัณฑ์หลังการฆ่าเชื้อต้องนำไปตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมี

3.4 การวิเคราะห์คุณภาพ

3.4.1 สมบัติทางกายภาพ

- ค่าสี L a* b* ด้วยเครื่อง Color Quest II (Hunter Lab, 1997)
- น้ำหนักสุทธิและน้ำหนักเนื้ออาหาร
- ปริมาตรช่องว่างเนื้ออาหารในกระป๋อง
- ความเป็นสุญญากาศในกระป๋อง โดยใช้ Vacuum gauge

3.4.2 ส่วนประกอบทางเคมี

- พีเอช ตามวิธี AOAC (1995)
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ ตามวิธี AOAC (1995)
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ตามวิธี AOAC (1995)
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธี Lane and Eynon (AOAC, 1995)

3.4.3 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (มอก. 335 เล่ม)
- ยีสต์และรา (มอก. 335 เล่ม 1)
- โคลิฟอร์ม (มอก. 335 เล่ม 1)
- แฟดซาวร์ (มอก. 335 เล่ม 1)
- อะซิดูริกสปอยเลจแบคทีเรีย (มอก. 335 เล่ม 1)

3.5 การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนนำมาคำนวณหาเวลาฆ่าเชื้อโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel ส่วนการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistic version 4.10

ตอนที่ 4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

25-30 องศาเซลเซียส และอายุการเก็บรักษา

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกและเนื้อลิ้นจี่ตีป่นที่บรรจุกระป๋อง 2 ขนาด คือ A1 และ A10 รวมทั้งอายุการเก็บรักษา โดยตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตาม มอก. ลิ้นจี่บรรจุกระป๋อง (มอก. 67, 2539) เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) นาน 1 วัน และทุกๆ 2 เดือน เป็นเวลานาน 12 เดือน ติดต่อกัน นอกจากนี้ยังตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านประสาทสัมผัส เพื่อทดสอบความพอใจของ

ผู้บริโภค เมื่อนำเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แยม และนำเนื้อลิ้นจี่ตีป่นมาแปรรูปเป็น น้ำลิ้นจี่พร้อมดื่ม โดยใช้แบบทดสอบ Hedonic structural scale ภายหลังการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ลิ้นจี่ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 0, 4, 8 และ 12 เดือน ตามลำดับ

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพ

4.1.1 สมบัติทางกายภาพ

- ค่าสี L a* b* ด้วยเครื่อง Color Quest II (Hunter Lab, 1997)
- น้ำหนักสุกและน้ำหนักเนื้ออาหาร
- ปริมาตรช่องว่างเนื้ออาหารในกระป๋อง
- ความเป็นสุญญากาศในกระป๋อง โดยใช้ Vacuum gauge

4.1.2 ส่วนประกอบทางเคมี

- พีเอช ตามวิธี AOAC (1995)
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ ตามวิธี AOAC (1995)
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ตามวิธี AOAC (1995)
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธี Lane and Eynon (AOAC, 1995)

4.1.3 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (มอก. 335 เล่ม 1)
- ยีสต์และรา (มอก. 335 เล่ม 1)
- โคลิฟอร์ม (มอก. 335 เล่ม 1)
- แพลซวาร์ (มอก. 335 เล่ม 1)
- อะซิดูริกสปอยเลจแบคทีเรีย (มอก. 335 เล่ม 1)

4.1.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากการนำเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ มาทำเป็นแยมลิ้นจี่ และนำเนื้อลิ้นจี่ตีป่นมาทำเป็นน้ำลิ้นจี่ (รัตน, 2543) โดยใช้แบบทดสอบ Hedonic structural scale สำหรับรายละเอียดวิธีการเตรียมแยมจากเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตก และน้ำลิ้นจี่จากเนื้อลิ้นจี่ตีป่น อยู่ในภาคผนวก

4.2 การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมีไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistic version 4.10

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาพัฒนาลีนจ็อบแห่งทั้งเปลือกและอายุการเก็บรักษา

4.1 การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์เพื่อหาลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์

การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ เพื่อหาลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ตามความคิดของผู้บริโภค เป็นวิธีการสร้างแนวความคิดผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนาควรมีลักษณะอย่างไร และควรมีทิศทางการพัฒนาไปในทิศทางใด เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด ซึ่งการสร้างแนวความคิดผลิตภัณฑ์ในครั้งนี้ได้ใช้วิธี ideal ratio profile ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ด้วยค่าสัดส่วน โดยให้ผู้บริโภคแสดงความเข้มหรือความมากน้อยของลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคจะเป็นผู้กำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์เอง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่กำลังพัฒนามีเค้าโครงลักษณะที่เหมือน หรือ คล้ายกับความต้องการของผู้บริโภค (ไพโรจน์, 2539) ผลการสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลีนจ็อบแห่งทั้งเปลือก พบว่า ลักษณะผลิตภัณฑ์ลีนจ็อบแห่งทั้งเปลือกที่ผู้บริโภคคิดว่าสำคัญจำแนกออกได้เป็น 3 กลุ่มคือ

1. ลักษณะที่ปรากฏภายนอก ลักษณะที่สำคัญ ได้แก่ สีเปลือกของผลลีนจ็อบแห่ง
2. กลิ่น และรสชาติ ลักษณะที่สำคัญ ได้แก่ กลิ่นลีนจ็อบรสหวาน และรสเปรี้ยว
3. การยอมรับโดยรวม

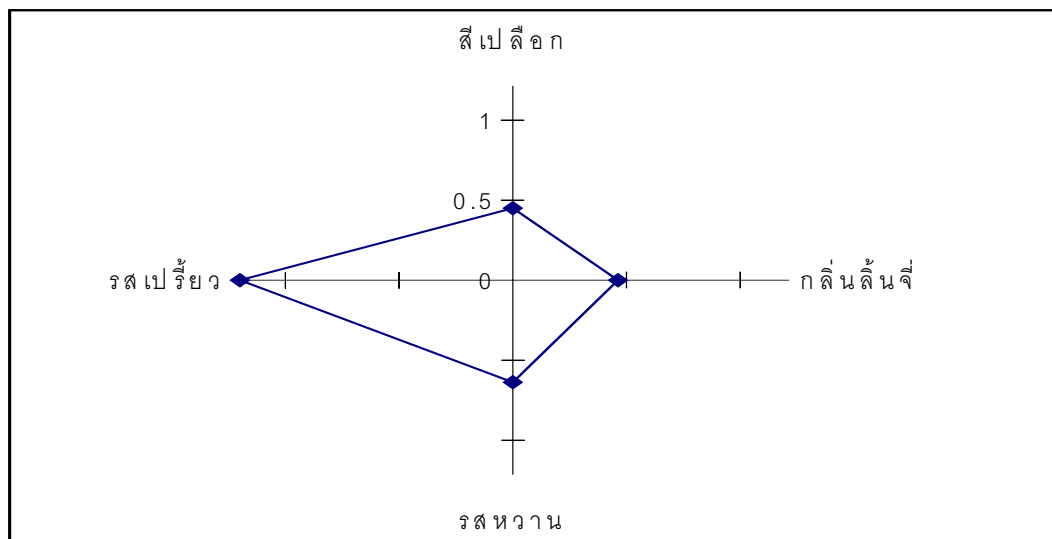
ผลการศึกษาเพื่อหาลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ลีนจ็อบแห่งทั้งเปลือกที่ผู้บริโภคต้องการ แสดงดังตาราง 4.1 จากตารางแสดงให้เห็นว่าลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 คุณลักษณะดังกล่าว มีค่าสัดส่วน (ideal ratio score) เท่ากับ 0.45 ± 0.12 , 0.46 ± 0.12 , 0.63 ± 0.19 , 1.19 ± 0.15 และ 0.52 ± 0.13 ตามลำดับ ผลการสอบถามถึงลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ พบว่า ทุกลักษณะที่สำคัญ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน น้อยกว่า 0.5 แสดงว่าผู้บริโภคมีความคิดเห็นแตกต่างกันบ้างในการคัดเลือกลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ แต่ยังมีความต้องการลักษณะของผลิตภัณฑ์ไปในทิศทางเดียวกัน จึงสามารถนำมากำหนดเป็นลักษณะที่สำคัญในการพัฒนาลีนจ็อบแห่งทั้งเปลือก โดยค่าสัดส่วนของแต่ละลักษณะสามารถนำมาสร้างเป็นเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลีนจ็อบแห่งทั้งเปลือกได้ดังรูป 4.1

ตาราง 4.1 ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการและค่าสัดส่วน Ideal ratio profile

ลักษณะผลิตภัณฑ์	Ideal score (I; ชม.)	Sample score (S; ชม.)	Ideal ratio score (S/I)
1. ลักษณะปรากฏ			
- สีเปลือก	7.01	3.15	0.45** $\pm$ 0.12**
2. กลิ่นและรสชาติ			
- กลิ่นฉุนจี	6.50	2.99	0.46* $\pm$ 0.12
- รสหวาน	7.09	4.47	0.63* $\pm$ 0.19
- รสเปรี้ยว	6.91	8.22	1.19* $\pm$ 0.15
3. การยอมรับโดยรวม	10.00	5.20	0.52* $\pm$ 0.13

หมายเหตุ : * ที่กำกับแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกับค่า Ideal score อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

** ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



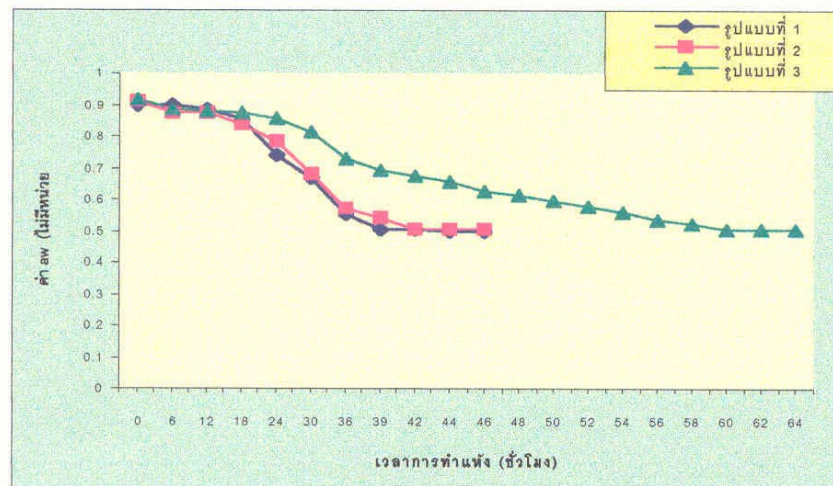
รูปที่ 4.1 ลักษณะเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลื่นจีอบแห้งทั้งเปลือก

ในรูป 4.1 แสดงให้เห็นว่า ค่าสัดส่วนของสีเปลือกลิ้นจี่อบแห้ง กลิ่นลิ้นจี่ รสหวาน และการยอมรับโดยรวม มีค่าสัดส่วนน้อยกว่า 1 และค่าสัดส่วนของแต่ละลักษณะมีความแตกต่างจากจุดที่ผู้บริโภคคิดว่าดีที่สุด (ideal) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่อบแห้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีสีเปลือก กลิ่นลิ้นจี่ รสหวาน และการยอมรับโดยรวมต่ำกว่าจุดที่ผู้บริโภคคิดว่าดีที่สุด ดังนั้นจึงควรพัฒนาคุณลักษณะดังกล่าวไปในทิศทางที่เพิ่มขึ้น ส่วนลักษณะทางด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสัดส่วนมากกว่า 1 และมีความแตกต่างจากจุดที่ผู้บริโภคคิดว่าดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงว่าผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกที่จำหน่ายในท้องตลาดมีรสเปรี้ยวมากเกินไป ดังนั้นจึงควรพัฒนาคุณลักษณะดังกล่าวไปในทิศทางที่ลดลง การที่ผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่อบแห้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีคุณภาพไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคนั้น อาจเนื่องจากการผลิตลิ้นจี่อบแห้งในประเทศไทย ผู้ผลิตมักใช้ผลลิ้นจี่ที่มีคุณภาพต่ำ เช่น ลิ้นจี่ผลเล็ก ลิ้นจี่ผลร่วง และลิ้นจี่ผลแตก มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตจึงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำ เช่น มีรสเปรี้ยวมากเกินไป สีผิวเปลือกไม่สวย เป็นต้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

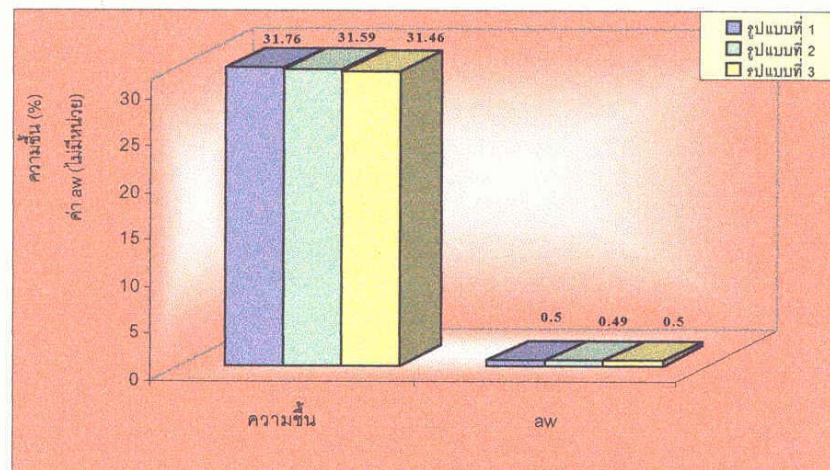
4.2 ผลการศึกษารูปแบบอุณหภูมิเพื่อใช้เป็นแนวทางในการอบแห้ง

การศึกษาเพื่อหารูปแบบอุณหภูมิและเวลาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการอบแห้งผลลิ้นจี่ทั้งเปลือกได้ศึกษารูปแบบอุณหภูมิการอบแห้งมาแล้ว 6 รูปแบบ พบว่ามีรูปแบบอุณหภูมิ 3 รูปแบบที่มีแนวโน้มเหมาะสำหรับนำมาใช้ในการอบแห้งผลลิ้นจี่ทั้งเปลือก ดังนั้นจึงศึกษารูปแบบอุณหภูมิทั้ง 3 รูปแบบ โดยการวัดค่า a_w ของผลลิ้นจี่ที่ลดลงระหว่างการอบแห้ง ผลการศึกษาแสดงดังรูป 4.2-4.3

การศึกษาแนวทางในการอบแห้งผลลิ้นจี่ทั้งเปลือกโดยใช้รูปแบบการอบแห้ง 3 รูปแบบที่มีผลต่อการลดลงของค่า a_w ของผลลิ้นจี่ระหว่างการอบแห้ง ซึ่งค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของอาหารแห้ง โดยทั่วไปผลไม้แห้งจะมีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.5-0.65 ซึ่งจะมีความคงตัวมากที่สุด (Gordon, 1993) ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการอบแห้งที่แตกต่างกันมีผลต่อการลดลงของค่า a_w ของผลลิ้นจี่ระหว่างการอบแห้งแตกต่างกัน จากรูป 4.2 แสดงให้เห็นว่าในช่วง 18 ชั่วโมงแรกของระยะเวลาการอบแห้ง การอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบมีผลให้ผลลิ้นจี่มีค่า a_w ลดลงใกล้เคียงกัน จนถึง ชั่วโมงที่ 24 ของการอบแห้งพบว่า การอบแห้งรูปแบบที่ 1 และ 2 เริ่มมีผลให้ผลลิ้นจี่มีค่า a_w ลดลงมากกว่าการอบแห้งรูปแบบที่ 3 โดยมีค่า a_w เท่ากับ 0.74, 0.78 และ 0.85 ตามลำดับ จากค่า a_w แสดงให้เห็นว่าน้ำที่ลดลงในช่วงระยะเวลาดังกล่าวเป็นน้ำอิสระที่อยู่ในผลลิ้นจี่ การที่รูปแบบการอบแห้งที่ 1 และ 2 มีการเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งให้สูงขึ้น จะมีผลช่วยเร่งให้น้ำอิสระระเหยออกไปได้มากขึ้น จึงเป็นผลให้การอบแห้งรูปแบบที่ 1 และ 2 มีค่า a_w ลดลงมากกว่าการอบแห้งรูปแบบที่ 3 นอกจากนี้พบว่า การอบแห้งรูปแบบที่ 1 และ 2 ยังคงมีผลให้ผลลิ้นจี่



รูปที่ 4.2 ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงระหว่างการอบแห้ง โดยวิธีการอบแห้ง 3 รูปแบบ



รูปที่ 4.3 ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์อบแห้งทั้งเปลือกที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบ

หมายเหตุ : รูปแบบที่ 1 : อบที่อุณหภูมิ 60°C นาน 6 ชม. เพิ่มเป็น 70°C อบนาน 6 ชม. เพิ่มเป็น 80°C อบนาน 15 ชม. ลดลงเหลือ 70°C นาน 12 ชม. และลดลงเหลือ 60°C
 รูปแบบที่ 2 : อบที่อุณหภูมิ 60°C นาน 6 ชม. เพิ่มเป็น 70°C อบนาน 6 ชม. เพิ่มเป็น 80°C อบนาน 24 ชม. ลดลงเหลือ 70°C
 รูปแบบที่ 3 : อบที่อุณหภูมิ 60°C
 การอบแห้งทุกรูปแบบทำการอบแห้งจนกว่าผลิตภัณฑ์จะมีค่า a_w ลดลงเท่ากับ 0.5

มีค่า a_w ลดลงอย่างรวดเร็วและใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการอบแห้ง จนถึงชั่วโมงที่ 39 พบว่า ผลลึ้นจากการอบแห้งรูปแบบที่ 2 มีค่า a_w ลดลงเท่ากับ 0.51 ซึ่งเพียงพอที่จะทำให้ผลลึ้นจึมีความคงตัวเพิ่มมากขึ้น และเมื่อระยะเวลาการอบแห้งนานขึ้นเป็น 42 ชั่วโมงพบว่าไม่มีผลทำให้ผลลึ้นจึมีค่า a_w ลดลง เช่นเดียวกับการอบแห้งรูปแบบที่ 1 ที่มีผลให้ผลลึ้นจึมีค่า a_w ลดลงเท่ากับ 0.50 เมื่ออบแห้งนาน 42 ชั่วโมง และเมื่อระยะเวลาการอบแห้งนานขึ้นถึง 46 ชั่วโมงก็ไม่มีผลให้ผลลึ้นจึมีค่า a_w ลดลง ส่วนการอบแห้งรูปแบบที่ 3 พบว่าต้องใช้ระยะเวลาการอบแห้งนานถึง 60 ชั่วโมงจึงจะมีผลให้ผลลึ้นจึมีค่า a_w เท่ากับ 0.51 และเมื่ออบแห้งนานถึง 64 ชั่วโมงพบว่า ผลลึ้นจึมีค่า a_w ลดลงเท่ากับ 0.50 ซึ่งไม่มีความแตกต่างจากการอบแห้งที่ 60 ชั่วโมง

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการอบแห้งรูปแบบที่ 1 และ 2 ใช้เวลาในการอบแห้งเพียง 42 และ 39 ชั่วโมง ตามลำดับ ก็เพียงพอให้ผลลึ้นจึมีค่า a_w ลดลงประมาณ 0.5 แต่การอบแห้งรูปแบบที่ 3 ต้องใช้เวลานานถึง 60 ชั่วโมง เนื่องจากในการอบแห้งน้ำที่ถูกกำจัดออกไปในตอนแรกคือน้ำอิสระ หลังจากนั้นเมื่อค่า a_w ลดลงถึง 0.75 น้ำที่ถูกกำจัดออกไปจะเป็นน้ำประเภทที่ยึดเกาะอยู่ในผลลึ้นจึด้วยพันธะไฮออนิก การที่รูปแบบการอบแห้งรูปแบบที่ 1 และ 2 มีการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น จะช่วยเร่งน้ำอิสระให้ออกไปมากขึ้น และยังมีผลช่วยเร่งการระเหยของน้ำที่ยึดเกาะด้วยพันธะไฮออนิก ซึ่งต้องใช้พลังงานสูงกว่าการกำจัดน้ำอิสระออกไป (รุ่งนภา, 2535) จึงเป็นผลให้การอบแห้งรูปแบบที่ 1 และ 2 ใช้เวลาการอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งรูปแบบที่ 3

เมื่อวัดปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลลึ้นจึภายหลังการอบแห้งพบว่า ผลลึ้นจึอบแห้งจากการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบ มีความชื้นและค่า a_w ไม่แตกต่างกัน (รูป 4.3) โดยมีความชื้นเท่ากับ 31.76, 31.59 และ 31.46 % มีค่า a_w เท่ากับ 0.50, 0.49 และ 0.50 เมื่อใช้ระยะเวลาอบแห้ง 42, 39 และ 60 ชั่วโมง ตามลำดับ

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี Structured scaling test พบว่า ผู้ทดสอบชิมไม่สามารถบ่งชี้ความแตกต่างของลักษณะทางด้านสีเปลือกของผลลึ้นจึอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบ โดยผู้ทดสอบชิมให้ลักษณะทางด้านสีเปลือกของผลลึ้นจึอบแห้งว่าเป็นสีน้ำตาล ส่วนลักษณะทางด้านกลิ่นและรสชาติ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนกลิ่นและรสชาติของผลลึ้นจึอบแห้งรูปแบบที่ 1 และ 3 แตกต่างจากผลลึ้นจึอบแห้งรูปแบบที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 4.2) โดยผู้ทดสอบชิมให้ลักษณะทางด้านกลิ่นและรสชาติของผลลึ้นจึอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบ ว่าผลลึ้นจึอบแห้งที่ได้จากวิธีการอบแห้งรูปแบบที่ 1 และ 3 ยังคงมีกลิ่นของลึ้นจึเหลืออยู่ในระดับที่สามารถรับกลิ่นได้ และมีรสชาติเปรี้ยว ส่วนผลลึ้นจึอบแห้งที่ได้จากวิธีการอบแห้งรูปแบบที่ 2 มีกลิ่นลึ้นจึเหลืออยู่น้อยและมีรสขมนั้นอาจเนื่องมาจาก การอบแห้งรูปแบบที่ 2 มีการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นานถึง 24 ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าการอบแห้งรูปแบบที่ 1 ถึง 9 ชั่วโมง ซึ่งการอบแห้งช่วงที่ปริมณน้ำในผลลึ้นจึถูกระเหยออกไปมากทำให้น้ำตาลในผลลึ้นจึเพิ่มสูงขึ้นประกอบกับ

อุณหภูมิสูงถึง 80 องศาเซลเซียส ทำให้เกิด caramelization (Gustavo and Humberto, 1996) เป็นเหตุให้ผลิตภัณฑ์จืดจางจากการอบแห้งรูปแบบที่ 2 มีรสขม

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จืดจางที่มีรูปแบบอุณหภูมิอบแห้งแตกต่างกันโดยวิธี Structure scaling test

รูปแบบอุณหภูมิ	ลักษณะของผลิตภัณฑ์จืดจาง		
	สีเปลือก	กลิ่นลิ้นจี่	รสชาติ
1	3.99±0.07	5.97±0.22	14.29±0.14
2	4.15±0.03	13.68±0.45	17.57±0.42
3	4.02±0.16	5.79±0.30	14.93±0.56

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับที่แตกต่างกันแต่ละแถวในแนวดิ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

คะแนนที่ปรากฏแสดงลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ดังนี้

สีเปลือก	กลิ่นลิ้นจี่	รสชาติ
1 = สีน้ำตาลเข้ม	1 = เค้นชัด	1 = หวานมาก
5 = สีน้ำตาล	5 = สามารถรับได้	5 = หวาน
10 = สีน้ำตาลแดง	10 = สามารถรับได้เล็กน้อย	10 =เปรี้ยว
15 = สีแดง	15 = ไม่สามารถรับได้	15 =เปรี้ยวมาก
20 = สีแดงเข้ม	20 = มีกลิ่นอื่นเจือปน	20 = มีรสอื่นเจือปน

4.3 ผลการศึกษาระยะความแก่-อ่อนและวิธีการรักษาสีแดงของเปลือกผลลิ้นจี่ห้อย ภายหลังการอบแห้ง

4.3.1 ผลการศึกษาระยะความแก่-อ่อนของผลลิ้นจี่

4.3.1.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ และผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่ แสดงดังรูป 4.4 -4.5

น้ำหนักและปริมาณส่วนประกอบของผลลิ้นจี่ : ผลลิ้นจี่ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ เปลือก เนื้อ และเมล็ด ขณะที่ผลลิ้นจี่มีการเจริญเติบโตจะมีขนาดใหญ่ขึ้น และมีการพัฒนาของส่วนประกอบภายในของผลลิ้นจี่เพิ่มมากขึ้นตามระยะความแก่ของผลลิ้นจี่ (Holcroft and Mitcham, 1996) ผลการศึกษาพบว่า ผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ มีน้ำหนัก และปริมาณเนื้อลิ้นจี่มากกว่าผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่มีปริมาณเปลือก และเมล็ดไม่แตกต่างกัน (รูป 4.4) ขณะที่ผลลิ้นจี่เจริญเติบโตจะมีการสร้างส่วนที่เป็นเปลือก และเมล็ดก่อนแล้วจึงสร้างส่วนเนื้อที่บริโภคได้ (Holcroft and Mitcham, 1996) หลังจากนั้นผลลิ้นจี่จะมีการเพิ่มขนาดของผลให้ใหญ่ขึ้น จึงทำให้มีน้ำหนักผล ปริมาณเปลือก เนื้อ และเมล็ด เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งผลลิ้นจี่เข้าสู่ระยะแก่ เปลือกและเมล็ดของผลลิ้นจี่มีปริมาณเริ่มคงที่ แต่ผลลิ้นจี่ยังคงมีน้ำหนักทั้งผล และปริมาณเนื้อเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งผลลิ้นจี่เริ่มเข้าสู่ระยะการสุกเต็มที่ (Javier *et al.*, 1999) จึงเป็นสาเหตุให้ผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ มีน้ำหนักทั้งผล และปริมาณเนื้อลิ้นจี่มากกว่าผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่ ดังนั้นการเก็บเกี่ยวผลลิ้นจี่ในระยะที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ได้ผลลิ้นจี่ที่มีน้ำหนักน้อย และมีปริมาณเนื้อน้อย อย่างไรก็ตามการใช้ขนาดของผลเป็นดัชนีสำหรับการบ่งชี้ความสมบูรณ์ของผลลิ้นจี่นั้นไม่ค่อยถูกต้องนัก เพราะน้ำหนักของผลขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของต้น และปริมาณการติดผล และไม่ว่าผลลิ้นจี่จะมีขนาดเล็กหรือใหญ่ต่างก็ใช้ระยะเวลาการเจริญเติบโตจนถึงวัยบรรลุนิติภาวะใกล้เคียงกัน (จริงแท้, 2538)

ลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกและเนื้อลิ้นจี่ : การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารนิยมวัดในรูปหน่วยของแรงสูงสุดที่ใช้ไป มีหน่วยเป็นนิวตัน และพลังงานที่มีหน่วยเป็นมิลลิจูล โดยใช้เครื่อง Instron ซึ่งส่วนใหญ่มักแสดงในรูปแรงเค้น (stress) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของแรงที่กระทำต่อวัตถุในรูปของแรงต่อพื้นที่ และแรงเครียด (strain) คือผลของการเปลี่ยนแปลงในด้านรูปร่างหรือขนาด อันเนื่องมาจากแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้นๆ (Giese, 1995) สำหรับชนิดของแรงที่ใช้วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกลิ้นจี่ คือ แรงกด (compressive) ซึ่งเป็นแรงที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อวัตถุ และวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่ โดยใช้แรงเฉือน (shear) ซึ่งเป็นแรงที่สัมผัสโดย

ตรงกับวัตถุและเป็นแรงที่ทำให้วัตถุสูญเสียรูปร่างที่แน่นอน (Raganna, 1985) ผลการศึกษาพบว่า เปลือกผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่และไม่แก่เต็มที่ที่มีค่าแรงกดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าแรงกดเท่ากับ 14.76 และ 15.44 นิวตัน ตามลำดับ แสดงว่าเปลือกของผลลิ้นจี่ทั้ง 2 ระยะมีลักษณะความแข็งไม่แตกต่างกัน ส่วนผลการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่ พบว่า ค่าแรงเหวี่ยง ของเนื้อลิ้นจี่จากผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ และเนื้อลิ้นจี่จากผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่ มีค่าเท่ากับ 13.96 และ 14.14 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงว่าเนื้อลิ้นจี่มีลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน

ค่าสีของเปลือกลิ้นจี่ : ผลการวัดค่าสีเปลือกผลลิ้นจี่พบว่า ผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่เปลือกจะมีค่าสี L และ b^* น้อยกว่าผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่เปลือกมีค่าสี L และ b^* เท่ากับ 36.02 และ 20.16 ตามลำดับ ส่วนผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่ เปลือกมีค่าสี L และ b^* เท่ากับ 43.27 และ 26.23 ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ เปลือกมีค่าสี a^* มากกว่าผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (รูป 4.5) คือมีค่าเท่ากับ 23.63 และ 19.19 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่เปลือกจะมีสีแดงมากกว่าผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่ สาเหตุที่ผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ที่มีลักษณะสีเปลือกเป็นสีแดงมากกว่าผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่ เนื่องจากในเปลือกผลลิ้นจี่มีรงควัตถุที่สำคัญ 2 ชนิด คือคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นสารที่ให้สีเขียวในเปลือกลิ้นจี่ จะมีมากในขณะที่ผลลิ้นจี่ยังไม่แก่ และแอนโทไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดงในเปลือกผลลิ้นจี่ ขณะที่ผลลิ้นจี่มีการพัฒนาระยะความแก่-อ่อนเพิ่มมากขึ้นและเริ่มสุก ปริมาณคลอโรฟิลล์ในเปลือกผลลิ้นจี่จะค่อยๆลดลง พร้อมกับมีการสังเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้สามารถมองเห็นผลลิ้นจี่เป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้นเมื่อผลลิ้นจี่มีระยะการสุกเพิ่มมากขึ้น (Holcroft and Mitcham, 1996)

4.3.1.2 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

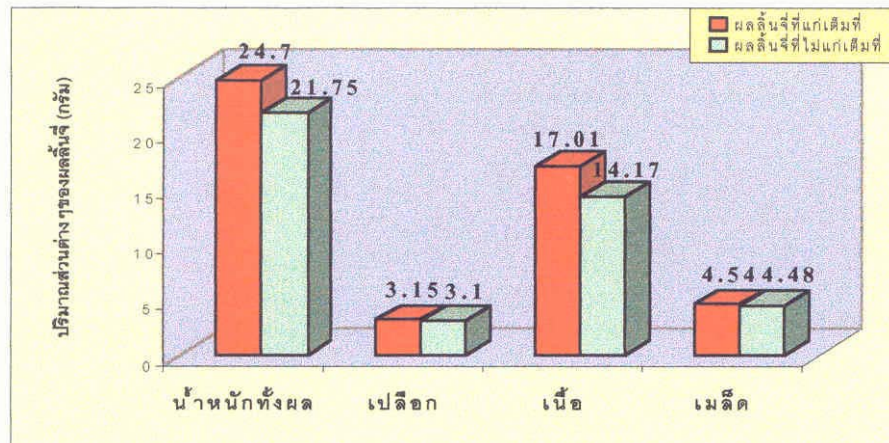
ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ และผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่ แสดงดังรูป 4.5-4.6

ปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอช : ผลการศึกษาพบว่า ผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ และผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่ มีปริมาณกรดทั้งหมดในเปลือก และค่าพีเอชในเปลือกและเนื้อลิ้นจี่ไม่มีความแตกต่างกัน (รูป 4.6) ซึ่งผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ และผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่ มีปริมาณกรดทั้งหมดในเปลือกเท่ากับ 0.25 และ 0.28 กรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักเปลือกลิ้นจี่ ตามลำดับ มีค่าพีเอช เท่ากับ 4.73 และ 4.63 ตามลำดับ และเนื้อลิ้นจี่มีค่าพีเอช เท่ากับ 4.36 และ 4.22 ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อลิ้นจี่พบว่า เนื้อลิ้นจี่จากผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ที่มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรด

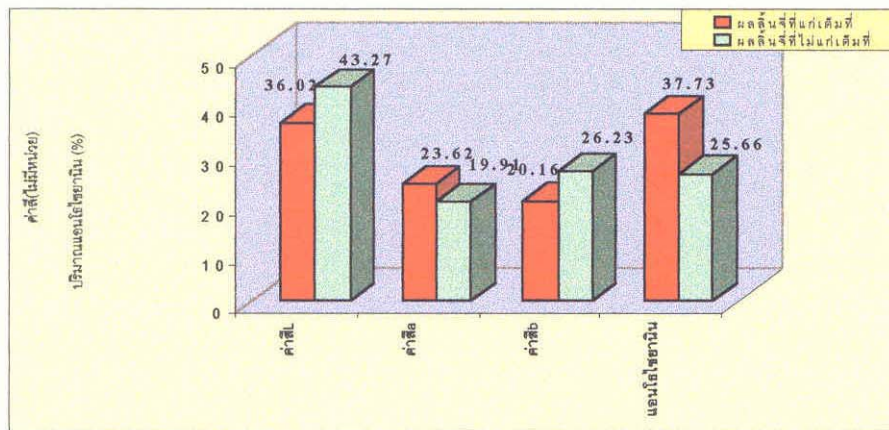
มาลิก น้อยกว่าผลล้นจีที่ไม่แก่เต็มที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คือมีค่าเท่ากับ 0.48 และ 0.54 กรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักเนื้อล้นจี ตามลำดับ ผลล้นจีเมื่อมีระยะการสุกเพิ่มมากขึ้นปริมาณกรดในเนื้อล้นจีจะลดลง (Holcroft and Mitcham, 1996) เนื่องจากขณะที่ผลล้นจีมีการพัฒนา ปริมาณกรดที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของเนื้อล้นจีจะถูกนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ ซึ่งอัตราการหายใจของพืชในส่วนที่กำลังเจริญเติบโตจะสูงมาก และจะลดต่ำลงเรื่อยๆเมื่อเข้าสู่ระยะความบริบูรณ์ทางสรีระวิทยา (จริงแท้, 2538) ด้วยเหตุนี้ผลล้นจีที่แก่เต็มที่จึงมีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำกว่าผลล้นจีที่ไม่แก่เต็มที่

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาล : ผลการศึกษาพบว่า ผลล้นจีที่แก่เต็มที่ และผลล้นจีที่ไม่แก่เต็มที่ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ น้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูป 4.6) ล้นจีเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ซึ่งผลไม้ประเภทนี้ความหวานหรือน้ำตาลจะได้จากการเคลื่อนย้ายจากใบเข้ามาสะสมในผลขณะที่ผลล้นจีมีการเจริญเติบโต (สายชล, 2528) ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดระหว่างการเจริญเติบโต การสะสมน้ำตาลจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งผลล้นจีแก่ การสะสมจะเกิดขึ้นน้อยมากเป็นผลให้ไม่มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดหลังจากระยะนี้ (Javier *et.al*, 1999) จึงเป็นผลให้ผลล้นจีที่แก่เต็มที่ และผลล้นจีที่ไม่แก่เต็มที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลไม่แตกต่างกัน

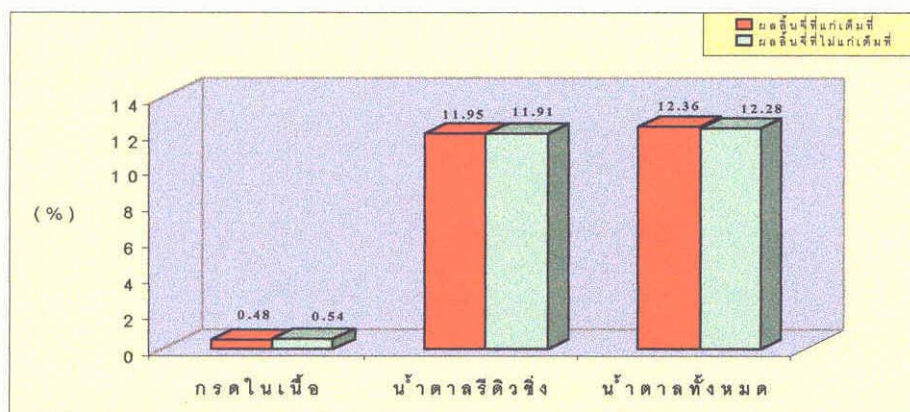
ปริมาณแอนโทไซยานิน : ผลการศึกษาพบว่า ผลล้นจีที่แก่เต็มที่ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินในเปลือกมากกว่าผลล้นจีที่ไม่แก่เต็มที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (รูป 4.5) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 37.73 และ 25.66 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่า a^* ที่วัดได้ การที่ผลล้นจีที่แก่เต็มที่และผลล้นจีที่ไม่แก่เต็มที่ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินที่แตกต่างกัน เนื่องจากระหว่างที่ผลล้นจีมีการพัฒนา ผลล้นจีจะสังเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ จึงสามารถมองเห็นผลล้นจีเป็นสีแดงมากขึ้นเมื่อผลล้นจีมีระยะการสุกเพิ่มขึ้น และปริมาณแอนโทไซยานินจะค่อยๆลดลงเมื่อเข้าสู่ระยะการเสื่อมสภาพ (Holcroft and Mitcham, 1996) จากความสัมพันธ์ของปริมาณแอนโทไซยานินและระยะความแก่-อ่อนดังกล่าว ปริมาณแอนโทไซยานินจึงเป็นดัชนีบ่งชี้ระยะการสุกของผลล้นจีได้วิธีหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ปริมาณแอนโทไซยานินนอกจากจะขึ้นอยู่กับระยะความแก่-อ่อนของผลล้นจีแล้ว ยังขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ การเพาะปลูก การได้รับแสงของผลระหว่างการเจริญเติบโต ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อสีแดงของเปลือกผลล้นจีที่ปรากฏ และปริมาณแอนโทไซยานินในเปลือกผลล้นจีด้วย (Mazza and Miniati, 1993)



รูปที่ 4.4 น้ำหนักผลลิ้นจี่ และปริมาณส่วนประกอบของผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ และผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่



รูปที่ 4.5 ค่าสีและปริมาณแอนโธไซยานินในเปลือกผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ และผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่



รูปที่ 4.6 ปริมาณกรด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ และผลลิ้นจี่ที่ไม่แก่เต็มที่

4.3.2 ระยะความแก่-อ่อน และวิธีการรักษาสีแดงของเปลือกลิ้นจี่ให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้ง

4.3.2.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของผลลิ้นจี่ที่มีระยะความแก่-อ่อนและวิธีการรักษาสีที่แตกต่างกัน ทั้งก่อนและหลังการอบแห้งแสดงดังตาราง 4.3-4.4 และรูป 4.7-4.8

ค่าสีเปลือก : ผลการศึกษาระยะความแก่-อ่อนและวิธีการรักษาสีที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเปลือกผลลิ้นจี่พบว่า การแช่ผลลิ้นจี่ทั้ง 2 ระยะในสารละลายต่างๆ ก่อนการอบแห้งมีผลให้เปลือกผลลิ้นจี่มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* , a^* และ b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าภายหลังการแช่ผลลิ้นจี่ทั้ง 2 ระยะในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล นาน 15 นาที และสารละลายสีเออร์โทซิน ความเข้มข้น 1% นาน 15 นาที ก่อนนำไปอบแห้งมีผลให้เปลือกผลลิ้นจี่สดมีค่าสี a^* เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลลิ้นจี่สดที่ไม่แช่ในสารละลายใดๆ (control) ส่วนผลลิ้นจี่สดภายหลังการแช่ในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์และกรดซิตริก มีผลให้เปลือกผลลิ้นจี่มีค่าสี L^* และ b^* เพิ่มขึ้น แต่มีค่าสี a^* ลดลง

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกผลลิ้นจี่สดภายหลังการแช่ในสารละลายต่างๆ แสดงดังรูป 4.7a-b จะเห็นได้ว่าผลลิ้นจี่ทั้ง 2 ระยะมีเปลือกเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้นภายหลังการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และสารละลายสีเออร์โทซิน เนื่องจากสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีผลให้เปลือกผลลิ้นจี่สดมีค่าพีเอชลดลง ซึ่งในสภาวะที่ค่าพีเอชต่ำแอนโทไซยานินจะปรากฏเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้น (Dominic, 1989) และการที่ผลลิ้นจี่สดภายหลังการแช่ในสารละลายสีเออร์โทซินแล้วมีผลให้เปลือกผลลิ้นจี่มีสีแดงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสีเออร์โทซินเป็นสีผสมอาหารชนิดหนึ่งที่ทำให้สีแดง มีลักษณะเป็นผงละลายน้ำได้ง่าย (ดวงพร, 2526) เมื่อแช่ผลลิ้นจี่ในสารละลายสีเออร์โทซิน สีเออร์โทซินจะเคลือบอยู่ที่ผิวของเปลือกผลลิ้นจี่ จึงทำให้มองเห็นเปลือกผลลิ้นจี่สดเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้น ส่วนผลลิ้นจี่สดที่แช่ในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์และกรดซิตริก แล้วมีผลให้เปลือกผลลิ้นจี่สดมีลักษณะเป็นสีขาวครีม เนื่องจากโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์จะแตกตัวให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะเข้าไปจับกับตำแหน่งที่ 4 ของโครงสร้างแอนโทไซยานิน เป็นผลให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนของแอนโทไซยานิน (anthocyanin-SO₃H complex) ซึ่งไม่มีสี ผลลิ้นจี่ที่ได้จึงมีลักษณะเป็นสีขาวครีม ภายหลังการแช่สารละลายดังกล่าว (Dominic, 1989)

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพของผลลันจ์สดภายหลังการแช่ในสารละลายตามวิธีการรักษาสีต่างๆ ก่อนนำไปอบแห้ง

ปัจจัย	ค่าสีของเปลือกลันจ์สด			ลักษณะเนื้อสัมผัส	
	L	a*	b*	เปลือกลันจ์ (แรงกด, นิวตัน)	เนื้อลันจ์ (แรงเฉือน, นิวตัน)
ระยะความแก่-อ่อน (A)					
๑ ผลลันจ์ที่แก่เต็มที่ (a ₁)	45.38±0.61	24.58±0.33	25.59±0.49	14.04±1.48	17.25±0.33
๑ ผลลันจ์ที่แก่เต็มที่ (a ₂)	42.69±0.52	23.24±0.17	25.75±0.22	15.49±1.01	17.57±0.41
วิธีการรักษาสี (B)					
๑ ไม่แช่ในสารละลาย (b ₁)	37.60 ^c ±0.35	26.83 ^b ±0.67	19.76 ^b ±0.54	17.96 ^a ±0.76	17.45±0.49
๑ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (b ₂)	41.44 ^b ±0.44	33.87 ^a ±0.22	22.77 ^b ±0.61	8.04 ^b ±0.92	17.26±1.12
๑ สารละลายสีเออริโทซิน (b ₃)	32.78 ^d ±0.21	32.74 ^a ±0.37	22.25 ^b ±0.72	17.03 ^a ±0.88	17.33±0.83
๑ สารละลายผสมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ + โซเดียมคลอไรด์ + กรดซิตริก (b ₄)	64.62 ^a ±0.18	2.19 ^c ±0.11	37.90 ^a ±0.44	15.93 ^a ±0.66	17.60±0.72

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับที่แตกต่างกันแต่ละแถวในแนวดิ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

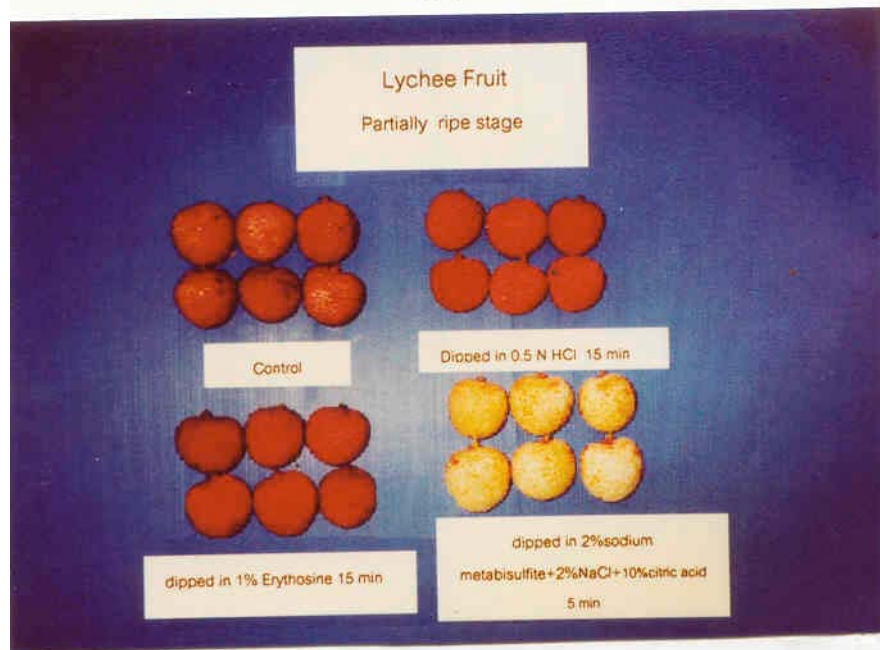
ตารางที่ 4.4 สมบัติทางกายภาพของผลลันจีภายหลังการอบแห้งจากการใช้ระยะความแก่-อ่อนและวิธีการรักษาสีแดงที่ต่างกัน

ปัจจัย	ค่าสีของเปลือกผลลันจีอบแห้ง			ลักษณะเนื้อสัมผัส	
	L	a*	b*	เปลือกลันจี (แรงกด, นิวตัน)	เนื้อลันจี (แรงเฉือน, นิวตัน)
ระยะความแก่-อ่อน (A)					
● ผลลันจีที่แก่เต็มที่ (a_1)	33.68 $\pm$ 0.98	21.33 $\pm$ 0.95	21.24 $\pm$ 0.46	11.15 $\pm$ 0.26	21.89 $\pm$ 0.54
● ผลลันจีที่แก่เต็มที่ (a_2)	34.05 $\pm$ 1.22	20.97 $\pm$ 0.78	21.77 $\pm$ 0.32	10.78 $\pm$ 0.60	21.88 $\pm$ 0.01
วิธีการรักษาสี (B)					
● ไม่แช่ในสารละลาย (b_1)	35.33 ^a $\pm$ 1.86	11.79 ^d $\pm$ 0.08	23.42 ^a $\pm$ 0.09	10.91 $\pm$ 0.61	21.36 $\pm$ 0.18
● สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (b_2)	33.97 ^b $\pm$ 1.93	27.27 ^a $\pm$ 2.58	20.60 ^c $\pm$ 0.69	11.02 $\pm$ 1.23	21.87 $\pm$ 1.06
● สารละลายสีเออร์โรซีน (b_3)	30.58 ^c $\pm$ 1.14	23.61 ^b $\pm$ 0.03	20.72 ^c $\pm$ 0.03	10.61 $\pm$ 0.83	22.02 $\pm$ 0.09
● สารละลายผสมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ + โซเดียมคลอไรด์ + กรดซิตริก (b_4)	35.57 ^a $\pm$ 1.77	21.92 ^c $\pm$ 0.79	21.29 ^b $\pm$ 0.23	11.32 $\pm$ 0.78	22.30 $\pm$ 0.23

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับที่แตกต่างกันแต่ละแถวในแนวดิ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

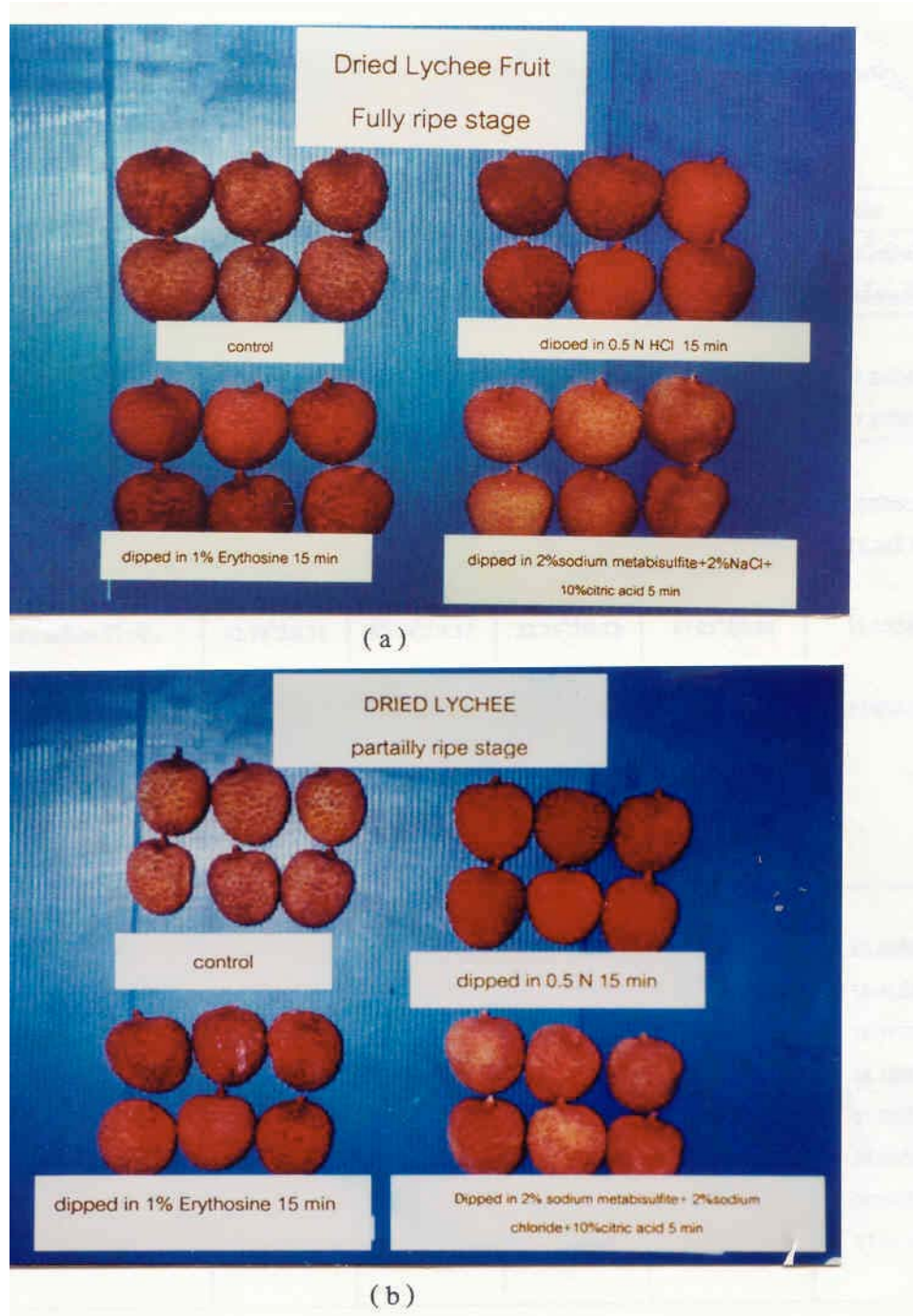


(a)



(b)

รูป 4.7 ลักษณะของผลลิ้นจี่สดภายหลังการแช่ในสารละลายก่อนนำไปอบแห้ง
 (a) ผลลิ้นจี่สดที่แก่เต็มที่ภายหลังการแช่ในสารละลายก่อนนำไปอบแห้ง
 (b) ผลลิ้นจี่สดที่แก่ไม่เต็มที่ภายหลังการแช่ในสารละลายก่อนนำไปอบแห้ง



รูป 4.8 ลักษณะของผลลื่นจ๊อบแห้งทั้งเปลือก ที่มีระยะความแก่อ่อนและวิธีการรักษาสีแดงของเปลือกแตกต่างกัน

- (a) ผลลื่นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกที่ได้จากผลลื่นจีที่แก่เต็มที่และรักษาสีแดงของเปลือกด้วยวิธีการต่างๆ
- (b) ผลลื่นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกที่ได้จากผลลื่นจีที่ไม่แก่เต็มที่และรักษาสีแดงของเปลือกด้วยวิธีการต่างๆ

เมื่อนำผลล้นจีทั้ง 2 ระยะที่ผ่านการรักษาสีด้วยวิธีการต่างๆ ไปทำการอบแห้ง เพื่อศึกษาถึงระยะความแก่-อ่อนและวิธีการรักษาสี ที่มีผลต่อการคงอยู่ของสีแดงของเปลือกผลล้นจีภายหลังการอบแห้ง พบว่าระยะความแก่-อ่อนของผลล้นจี และวิธีการรักษาสีไม่มีปฏิกริยาสัมพันธ์กันต่อการรักษาสีแดงของเปลือกผลล้นจีอบแห้ง แต่การคงอยู่ของสีแดงของเปลือกผลล้นจีภายหลังการอบแห้งขึ้นอยู่กับวิธีการรักษาสีที่ใช้ ตาราง 4.4 แสดงให้เห็นว่าวิธีการรักษาสีที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าสี L^* , a^* และ b^* ของเปลือกผลล้นจีอบแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าการรักษาสีเปลือกผลล้นจีด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล นาน 15 นาที มีผลทำให้เปลือกผลล้นจีอบแห้งมีค่าสี a^* มากที่สุด รองลงมาคือการใช้สารละลายเอริโทซิน สารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์และกรดซิตริก และวิธีการไม่แช่สารละลายใดๆก่อนการอบแห้ง (control) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการแช่ผลล้นจีในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล นาน 15 นาที มีผลทำให้เปลือกของผลล้นจีคงสีแดงภายหลังการอบแห้งมากที่สุด (รูป 4.8a-b) สาเหตุที่สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล นาน 15 นาที สามารถรักษาสีแดงของเปลือกผลล้นจีให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้งได้มากที่สุดนั้น เนื่องจากแอนโทไซยานินเป็นสารที่ให้สีแดงในเปลือกผลล้นจี มีความคงตัวเพิ่มขึ้น ส่วนความไม่คงตัวของแอนโทไซยานินมีสาเหตุหลายประการ เช่น การทำงานของเอนไซม์ หรือความร้อน ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของแอนโทไซยานิน (Underhill, 1992) การที่จะรักษาสีแดงของเปลือกผลล้นจีให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้งนั้น ต้องสามารถเพิ่มความคงตัวให้กับแอนโทไซยานินได้ เพื่อไม่ให้แอนโทไซยานินเกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการอบแห้ง ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสีและความคงตัวของแอนโทไซยานิน คือ โครงสร้างของแอนโทไซยานินที่ปรากฏ เพราะการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานินขึ้นอยู่กับค่าพีเอชเป็นสำคัญ ที่ค่าพีเอชต่ำโครงสร้างของแอนโทไซยานินจะอยู่ในรูปของ flavylium cation ซึ่งเป็นรูปที่ให้สีแดงและมีความคงตัวมากที่สุด (Dominic, 1989) การแช่ผลล้นจีสดในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกจะทำให้เกิดการจับตัวกันระหว่างไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่แตกตัวมาจากสารละลายกรดไฮโดรคลอริกกับโมเลกุลของแอนโทไซยานิน เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานินมาอยู่ในรูปของ flavylium cation ที่มีความคงตัวสูง (Mazza and Miniati, 1993) ในสภาวะดังกล่าวจึงไม่เกิดการสลายตัวของแอนโทไซยานินในเปลือกผลล้นจีระหว่างการอบแห้ง จึงส่งผลให้สามารถรักษาสีแดงของเปลือกผลล้นจีให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้งไว้ได้

ส่วนการรักษาสีแดงของเปลือกผลล้นจีด้วยวิธีการอื่น คือ การใช้สารละลายเอริโทซิน สารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์และกรดซิตริก และวิธีการไม่แช่สารละลายใดๆ ก่อนการอบแห้ง (control) นั้น พบว่าแต่ละวิธีมีผลต่อการคงอยู่ของสีแดงที่เปลือกผลล้นจีภายหลังการอบแห้งแตกต่างกัน โดยการใช้สารละลายเอริโทซินมีผล

ต่อสีแดงของเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้ง เนื่องจากสีแดงของเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งที่ปรากฏไม่ใช่สีของแอนโทไซยานิน แต่เป็นสีแดงของสีเอริโทซินที่แห้งแล้วเกาะเคลือบอยู่ที่เปลือกผลลิ้นจี่ จึงทำให้เปลือกผลลิ้นจี่มีลักษณะเป็นสีแดง แต่มีข้อเสีย คือ เมื่อนำผลลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกมารับประทานสีเอริโทซินจะติดเปื้อนมือผู้บริโภค จึงทำให้ไม่เป็นที่ต้องการ

วิธีการรักษาสีด้วยสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมคลอไรด์ และกรดซิตริก เป็นวิธีการรักษาสีที่มีผลต่อสีแดงของเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งรองลงมาจากวิธีการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก และสารละลายสีเอริโทซิน แต่พบว่าการใช้สารละลายผสมมีผลให้เปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งมีค่าสี L และ b^* มากกว่าการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล นาน 15 นาที และสารละลายสีเอริโทซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากการที่เปลือกผลลิ้นจี่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีขาวครีมภายหลังการแช่ในสารละลายผสม ซึ่งประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์และกรดซิตริก ถึงแม้ว่าสีแดงของแอนโทไซยานินสามารถกลับคืนมาได้อีกครั้ง และมีความคงตัวสูงภายหลังที่มีการสลายตัวของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Yueming *et al.*, 1997) แต่พบว่าภายหลังการอบแห้งผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายที่มีส่วนผสมของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ มีสีแดงกลับคืนมาบางส่วน และเปลือกผลลิ้นจี่บางส่วนกลายเป็นสีน้ำตาล จึงเป็นผลให้ผลลิ้นจี่อบแห้งที่ได้จากการแช่สารละลายผสมมีค่าสี a^* ต่ำและมีค่าสี b^* มากกว่าการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกและสารละลายสีเอริโทซิน

ส่วนวิธีการไม่แช่ผลลิ้นจี่ในสารละลายใดๆ ก่อนทำการอบแห้ง (control) พบว่าผลลิ้นจี่อบแห้งที่ได้มีค่าสี a^* น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการรักษาสีด้วยวิธีอื่น โดยผลลิ้นจี่อบแห้งที่ได้เปลือกจะกลายเป็นสีน้ำตาลทั้งผล เนื่องจากเกิดการสลายตัวของแอนโทไซยานิน อันมีสาเหตุเนื่องมาจากความร้อน (Underhill and Critchley, 1993) การอบแห้งผลลิ้นจี่ทั้งเปลือกโดยไม่แช่สารละลายใดๆ ก่อนการอบแห้ง (control) จึงไม่สามารถรักษาสีแดงของเปลือกผลลิ้นจี่ให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้งไว้ได้

ลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกและเนื้อลิ้นจี่ : ผลการศึกษาระยะความแก่-อ่อนและวิธีการรักษาสีที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลลิ้นจี่สดพบว่า ภายหลังการแช่ผลลิ้นจี่สดในสารละลายต่างๆ มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่ไม่แตกต่างกัน แต่วิธีการรักษาสีมีผลให้เปลือกผลลิ้นจี่มีลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันภายหลังการแช่ผลลิ้นจี่ในสารละลายต่างๆ โดยพบว่าภายหลังการแช่ผลลิ้นจี่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล นาน 15 นาที มีผลให้เปลือกผลลิ้นจี่มีลักษณะอ่อนลงมากกว่าเปลือกผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายชนิดอื่นๆ เมื่อพิจารณาในรูปของค่าแรงกดที่กระทำต่อเปลือกผลลิ้นจี่ พบว่าเปลือกผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีค่าแรงกดน้อยกว่าผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คือ มีค่าเท่ากับ 8.04 นิวตัน ขณะที่เปลือกผลลิ้นจี่สดที่แช่ในสารละลายชนิดอื่นๆ มีค่าแรงกดอยู่ในช่วง

15.93-17.96 นิวตัน (ตาราง 4.3) ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกผลลื่นจีสดประกอบไปด้วยเซลลูโลส ซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเปลือกผลลื่นจี และมีสารเคลือบผิวปกคลุมอยู่บริเวณผิว เมื่อแช่ผลลื่นจีสดในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เซลลูโลสซึ่งมีคุณสมบัติละลายได้ง่ายในสารละลายที่เป็นกรด จึงละลายได้ดีในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เป็นผลให้เปลือกผลลื่นจีอ่อนตัวลง (Somogyi and Luh, 1986)

ผลการศึกษาระยะความแก่-อ่อนและวิธีการรักษาสีที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกและเนื้อลื่นจีภายหลังการอบแห้ง พบว่าระยะความแก่-อ่อนและวิธีการรักษาสีไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือก และเนื้อลื่นจีภายหลังการอบแห้ง และไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะดังกล่าว ตาราง 4.4 แสดงสมบัติทางกายภาพของผลลื่นจีอบแห้งที่มีวิธีการรักษาสีที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของผลลื่นจีอบแห้งที่ได้จากผลลื่นจีที่มีระยะความแก่-อ่อนทั้ง 2 ระยะ ที่ไม่ได้แช่ในสารละลายใดก่อนการอบแห้ง (control) มีค่าแรงกดที่เปลือกเท่ากับ 11.32 และ 10.51 นิวตัน ตามลำดับ และเนื้อลื่นจีอบแห้งมีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 21.06 และ 21.67 นิวตัน ตามลำดับ ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสของผลลื่นจีอบแห้งที่ได้จากผลลื่นจีที่รักษาสีด้วยวิธีการต่างๆ มีค่าแรงกดของเปลือกลื่นจีอยู่ในช่วง 10.89-11.72 นิวตัน และค่าแรงเฉือนของเนื้อลื่นจีอบแห้งอยู่ในช่วง 21.32-23.09 นิวตัน แสดงให้เห็นว่าสารละลายต่างๆที่ใช้ในการรักษาสีแดงของเปลือกลื่นจีให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลลื่นจีภายหลังการอบแห้ง

4.3.2.2 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

ผลการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีของผลลื่นจีที่มีระยะความแก่-อ่อนและวิธีการรักษาสีที่แตกต่างกัน ทั้งก่อนและหลังการอบแห้งแสดงดังตาราง 4.5-4.6

ปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอช : ผลการศึกษาพบว่าก่อนการแช่ผลลื่นจีสดในสารละลายต่างๆ เปลือกผลลื่นจีสดมีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 0.38 กรัม ต่อ 100 กรัม และมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.70 ภายหลังการแช่ผลลื่นจีในสารละลายต่างๆ พบว่าการแช่ผลลื่นจีในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์และกรดซิตริกมีผลให้ผลลื่นจีสดมีปริมาณกรดทั้งหมดในเปลือกเพิ่มมากขึ้น และค่าพีเอชลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเปลือกผลลื่นจีสดภายหลังการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ มีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 0.66 และ 0.54 กรัม ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.25 และ 4.35 ตามลำดับ แต่ภายหลังการแช่สารละลายต่างๆ ตามวิธีการรักษาสี พบว่าวิธีการรักษาสีแต่ละวิธีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอชในเนื้อลื่นจี แต่ปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อลื่นจีที่แตกต่าง

กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขึ้นอยู่กับระยะความแก่-อ่อนของผลล้นจีที่ที่แตกต่างกัน (ตาราง 4.5)

เมื่อนำผลล้นจีทั้งหมดไปอบแห้ง พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อล้นจีภายหลังการอบแห้ง ยังขึ้นอยู่กับระยะความแก่-อ่อนเพียงอย่างเดียว โดยผลล้นจีอบแห้งที่ได้จากการเลือกใช้ผลล้นจีที่มีความแก่เต็มที่ มีปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อล้นจีอบแห้งน้อยกว่าผลล้นจีอบแห้งที่ได้จากผลล้นจีที่ไม่แก่เต็มที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้พบว่าวิธีการรักษาสีเปลือกที่ใช้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอชในเนื้อล้นจีอบแห้ง แต่พบว่าวิธีการรักษาสียังคงมีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอชในเปลือกผลล้นจีอบแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผลล้นจีที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัลนาน 15 นาที ยังคงมีผลให้เปลือกผลล้นจีอบแห้งมีปริมาณกรดทั้งหมดมากที่สุด และมีค่าพีเอชต่ำที่สุด ซึ่งปริมาณกรดทั้งหมดในเปลือกมีค่าเท่ากับ 0.64 กรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักเปลือกล้นจีอบแห้ง และมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.54 รองลงมาคือวิธีการรักษาสีเปลือกด้วยสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมคลอไรด์และกรดซิตริก มีผลให้เปลือกล้นจีอบแห้งมีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 0.48 กรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักเปลือกล้นจีอบแห้ง และมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.27 ส่วนวิธีการรักษาสีด้วยสารละลายสีเออร์โทซิน พบว่ามีปริมาณกรดทั้งหมดในเปลือกผลล้นจีอบแห้งน้อยที่สุด และมีค่าพีเอชมากที่สุด ซึ่งไม่มีความแตกต่างจากผลล้นจีที่ไม่แช่สารละลายใดก่อนการอบแห้ง (control) ผลล้นจีอบแห้งที่รักษาสีด้วยสารละลายสีเออร์โทซิน และไม่แช่สารละลายใดก่อนการอบแห้ง (control) มีปริมาณกรดทั้งหมดในเปลือกเท่ากัน คือ 0.34 กรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักเปลือกล้นจีอบแห้ง และมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.82 และ 4.86 ตามลำดับ การที่วิธีการรักษาสีด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีผลให้เปลือกผลล้นจีอบแห้งมีค่าพีเอชต่ำที่สุด ด้วยเหตุนี้จึงสามารถรักษาสีแดงของเปลือกผลล้นจีให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้งมากที่สุด เนื่องจากสถานะที่ค่าพีเอชต่ำจะมีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินมากที่สุด (Dominic, 1989)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาล : ผลการศึกษาระยะความแก่-อ่อน และวิธีการรักษาสีที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดพบว่า ระยะความแก่-อ่อน และวิธีการรักษาสีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลล้นจีทั้งภายหลังการแช่ในสารละลาย และภายหลังการอบแห้ง โดยผลล้นจีภายหลังการแช่ในสารละลายมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 16.4-16.6% มีน้ำตาลรีดิวซิง อยู่ในช่วง 9.58-10.15% และมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอยู่ในช่วง 11.89-12.69% แต่ภายหลังการอบแห้งผลล้นจีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ น้ำตาลรีดิวซิง และน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น โดยผลล้นจีภายหลังการอบแห้ง มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง

55.50-57.50% น้ำตาลรีดิวซิงอยู่ในช่วง 55.36-55.78% และน้ำตาลทั้งหมดอยู่ในช่วง 55.62-56.40% เนื่องจากการการอบแห้งเป็นการดึงน้ำออกจากอาหาร เป็นผลทำให้เมื่อปริมาณน้ำตาลลง สารต่างๆ ที่ละลายน้ำจะมีความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น (ไพบูลย์, 2532) ดังนั้นภายหลังการอบแห้งผลลึ้นจึงมีปริมาณสารต่างๆ เพิ่มขึ้น

ความชื้นและค่า a_w : ผลการศึกษาพบว่าก่อนการอบแห้ง ผลลึ้นจีสดมีความชื้นอยู่ในช่วง 80.42-81.73% และค่า a_w เท่ากับ 0.89-0.91 (ตาราง 4.5) โดยวิธีการรักษาสีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและค่า a_w ของเนื้อผลลึ้นจีสดภายหลังการแช่ในสารละลาย แต่ภายหลังการอบแห้งพบว่าวิธีการรักษาสีมีผลต่อปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลลึ้นจีอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการแช่ผลลึ้นจีในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก มีผลทำให้ผลลึ้นจีอบแห้งมีความชื้นและค่า a_w น้อยกว่าผลลึ้นจีอบแห้งจากการใช้วิธีการรักษาสีวิธีการอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าเนื้อลึ้นจีอบแห้งที่ได้จากการแช่ผลลึ้นจีในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีความชื้นเท่ากับ 30.48% และมีค่า a_w เท่ากับ 0.54 ส่วนเนื้อลึ้นจีอบแห้งที่ได้จากการแช่ผลลึ้นจีในสารละลายซีเอร์โทซิน สารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมคลอไรด์และกรดซิตริก และวิธีการไม่แช่สารละลายใดก่อนการอบแห้ง (control) มีความชื้นเท่ากับ 31.44, 31.51 และ 31.51 % ตามลำดับ และมีค่า a_w เท่ากับ 0.57, 0.56 และ 0.57 ตามลำดับ สาเหตุที่การรักษาสีด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก มีผลทำให้ผลลึ้นจีอบแห้งที่ได้มีความชื้นต่ำ เนื่องจากโดยปกติแล้วในการเตรียมการอบแห้งผักและผลไม้บางชนิดจะมีการนำผักและผลไม้แช่ในสารละลายที่มีความเป็นกรดหรือด่างที่มีความเข้มข้นต่ำ เพื่อช่วยในการระเหยนํ้าเกิดได้รวดเร็วขึ้น เพราะสารละลายดังกล่าวจะไปช่วยละลายสารเคลือบผิวที่อยู่บนผิวของผักและผลไม้ ตลอดจนสลายเซลล์โลสบริเวณเปลือกออกไปบ้าง ซึ่งจะทำให้เกิดรอยแยกเล็กๆ ที่ผิว จึงช่วยให้การระเหยนํ้าเกิดได้ง่ายขึ้น (Somogyi and Luh, 1986) ดังนั้นการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกจึงช่วยให้เกิดรอยแยกเล็กๆ ที่ผิวเปลือกผลลึ้นจี เป็นผลให้เกิดการระเหยนํ้าได้เร็วขึ้น ผลลึ้นจีอบแห้งที่ได้จึงมีความชื้นและค่า a_w ต่ำกว่าการใช้วิธีการรักษาสีวิธีอื่น

ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ : ผลการศึกษารักษาสีแดงของเปลือกผลลึ้นจีให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้ง โดยใช้ระยะเวลาแช่-อ่อนของผลลึ้นจีร่วมกับการใช้สารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมคลอไรด์ และกรดซิตริก พบว่าภายหลังการแช่ในสารละลายผลลึ้นจีทั้ง 2 ระยะมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเปลือกและเนื้อลึ้นจีไม่แตกต่างกัน คือมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเปลือกเท่ากับ 652.70 และ 619.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อเท่ากับ 3.20 และ 4.00 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ภายหลังการอบแห้งพบว่าเปลือกและเนื้อลึ้นจีอบแห้งมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลง คือผลลึ้นจีที่

แก่เต็มที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ในเปลือก และเนื้อลื่นจืดบแห้งเท่ากับ 68.15 และ 1.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และผลลื่นจืดที่ไม่แก่เต็มที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ในเปลือกและเนื้อลื่นจืดบแห้งเท่ากับ 67.83 และ 1.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ในผลลื่นจืดทั้ง 2 ระยะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การที่ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์เหลืออยู่ในเปลือกผลลื่นจืดภายหลังการอบแห้ง เป็นผลให้เปลือกผลลื่นจืดมีสีแดงกลับคืนมาหลังการอบแห้งเพียงเล็กน้อย เนื่องจากสีแดงของแอนโทไซยานินที่จับกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของแอนโทไซยานินที่ทำให้เปลือกผลลื่นจืดเปลี่ยนเป็นสีขาวครีม สามารถกลับคืนมาได้อีกครั้งและมีความคงตัวเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการสลายตัวของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Yueming *et al.*, 1997) ซึ่งการที่ภายหลังการอบแห้งมีการสลายตัวของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกไปจากเปลือกผลลื่นจืดบางส่วน จึงเป็นผลทำให้เปลือกผลลื่นจืดมีสีแดงคงอยู่ภายหลังการอบแห้งเพียงบางส่วนเท่านั้น

4.3.2.3 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสดังรูป 4.9 แสดงให้เห็นถึงลักษณะเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลื่นจืดบแห้งทั้งเปลือกที่มีระยะความแก่-อ่อน และวิธีการรักษาที่แตกต่างกัน พบว่าผลลื่นจืดที่มีระยะความแก่-อ่อนทั้ง 2 ระยะ ที่รักษาโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก และสารละลายสีเออร์โทซิน ผลลื่นจืดบแห้งที่ได้มีสีเปลือกไม่แตกต่างกับจุดที่ผู้บริโภคคิดว่าดีที่สุด แต่การรักษาด้วยสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมคลอไรด์ และกรดซิตริก และวิธีที่ไม่แช่สารละลายใดๆ นั้น (control) ผลลื่นจืดบแห้งที่ได้ยังมีสีเปลือกแตกต่างจากจุดที่ผู้บริโภคคิดว่าดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนลักษณะทางด้านกลิ่นลื่นจืดและรสชาติของผลลื่นจืดบแห้งนั้น พบว่าผลลื่นจืดบแห้งทุกตัวอย่างยังคงมีกลิ่นลื่นจืดไม่แตกต่างกับจุดที่ผู้บริโภคคิดว่าดีที่สุด แต่ผลลื่นจืดบแห้งทุกตัวอย่างยังมีรสเปรี้ยวมากเกินไป ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้ทดสอบชิม เมื่อพิจารณาลักษณะการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลลื่นจืดบแห้งทั้งเปลือกที่มีการรักษาโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกมากที่สุด อย่างไรก็ตามจากลักษณะเค้าโครงของผลลื่นจืดบแห้งทั้งเปลือก แสดงให้เห็นว่าผลลื่นจืดบแห้งที่รักษาโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีลักษณะผลิตภัณฑ์ทางด้านสีตรงกับความต้องการของผู้บริโภค และผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับโดยรวมมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ แต่ผลิตภัณฑ์ได้ยังคงมีรสชาติที่เปรี้ยวมากเกินไป ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในทิศทางที่ลดความเปรี้ยวให้น้อยลง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด

ตาราง 4.5 ส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สลายหลังการแช่ในสารละลายตามวิธีการรักษาต่างๆ

ปัจจัย	ปริมาณ กรดทั้งหมด ในเปลือก** (กรัม/100 กรัม)	ปริมาณ กรดทั้งหมด ในเนื้อ** (กรัม/100กรัม)	ค่าพีเอช ในเปลือก	ค่าพีเอช ในเนื้อ	ของแข็ง ทั้งหมดที่ ละลายน้ำได้ (%)	น้ำตาล ทั้งหมด (%)	น้ำตาล รีดิวซิง (%)	ความชื้นของ เนื้อลิ้นจี่สด (%น.น.แห้ง)	ค่า α_w ของ เนื้อลิ้นจี่สด	ปริมาณ SO ₂ ในเปลือก (ppm)	ปริมาณSO ₂ ใน เปลือก (ppm)
ระยะความแก่-อ่อน (A)											
๑ ผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ (a ₁)	0.51±0.07	0.49b±0.04	4.41±0.12	4.70±0.21	16.50±0.02	12.35±0.14	9.88±0.36	80.62±0.01	0.90±0.01	-	-
๑ ผลลิ้นจี่ที่แก่เต็มที่ (a ₂)	0.49±0.05	0.55a±0.05	4.32±0.04	4.28±0.54	16.50±0.03	12.06±0.27	9.71±0.27	81.01±0.09	0.90±0.01	-	-
วิธีการรักษาดี (B)											
๑ ไม่แช่ในสารละลาย (b ₁)	0.38c±0.14	0.52±0.04	4.70a±0.21	4.64±0.22	16.40±0.04	12.38±0.47	9.90±0.35	81.25±0.04	0.90±0.02	-	-
๑ สารละลายกรด ไฮโดรคลอริก (b ₂)	0.66a±0.03	0.52±0.10	3.25c±0.31	4.50±0.27	16.50±0.07	12.08±0.33	9.79±0.24	81.06±0.07	0.89±0.01	-	-
๑ สารละลายสีเออร์โทซิน (b ₃)	0.37c±0.05	0.53±0.02	5.15a±0.21	4.53±0.57	16.50±0.01	12.30±0.71	9.84±0.51	80.43±0.07	0.90±0.01	-	-
๑ สารละลายผสมโซเดียม เมตาไบซัลไฟต์ + โซเดียมคลอไรด์ + กรดซิตริก (b ₄)	0.54b±0.02	0.52±0.14	4.35b±0.36	4.29±0.33	16.50±0.03	12.05±0.44	9.63±0.11	80.52±0.17	0.91±0.02	633.35±0.31	3.51±0.97

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันแต่จะแถวในแนวนองแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p< 0.05

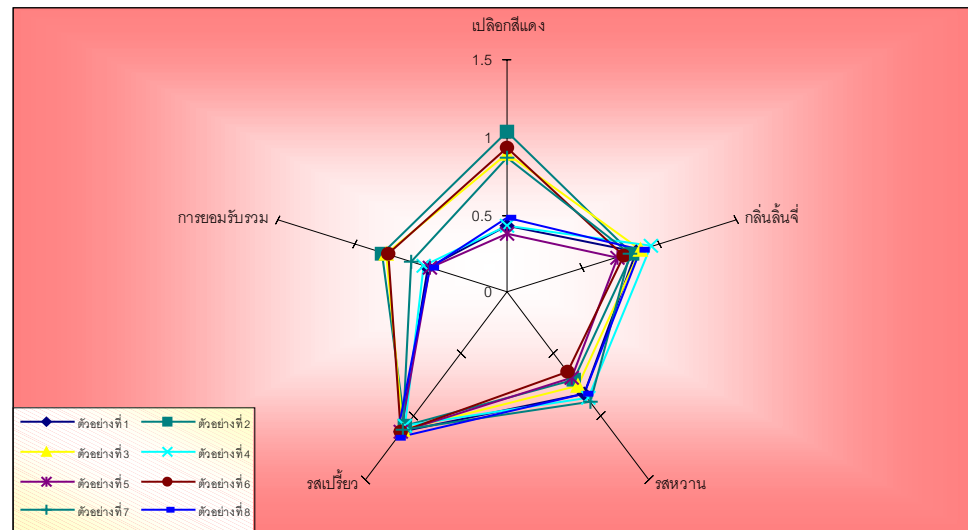
** ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิก

ตารางที่ 4.6 ส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ภายหลังการแห้งเมื่อใช้ระยะเวลาแกล่-อ่อนและวิธีการรักษาสีแตกต่างกัน

ปัจจัย	ปริมาณกรดทั้งหมดยกในเปลือก** (กรัม/100 กรัม)	ปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อ** (กรัม/100กรัม)	ค่าพีเอชในเปลือก	ค่าพีเอชในเนื้อ	ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (%)	น้ำตาลรีดิวซิง (%)	น้ำตาลทั้งหมด (%)	ความชื้นของเนื้ออินดิสด (%น.น.แห้ง)	ค่า n _w ของเนื้ออินดิสด	ปริมาณ SO ₂ ในเปลือก (ppm)	ปริมาณ SO ₂ ในเปลือก (ppm)
ระยะเวลาแกล่-อ่อน (A)											
๑ ผลัดินจีที่แก่เต็มที่ (a ₁)	0.44±0.01	1.80b±0.00	4.33±0.14	4.31±0.14	56.00±0.00	55.59±0.36	56.17±0.37	80.62±0.01	31.27±0.10	-	-
๑ ผลัดินจีที่แก่เต็มที่ (a ₂)	0.46±0.04	1.85a±0.00	4.41±0.09	4.18±0.08	56.37±0.17	55.51±0.39	56.03±0.34	81.01±0.09	31.21±0.49	-	-
วิธีการรักษาสี (B)											
๑ ไม่แช่ในสารละลาย (b ₁)	0.34±0.06	1.82±0.02	4.86a±0.17	4.31±0.15	57.25±0.35	55.39±0.71	56.01±0.70	81.25±0.04	31.51a±0.84	-	-
๑ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (b ₂)	0.64a±0.03	1.84±0.03	3.54c±0.06	4.17±0.00	56.00±1.41	55.57±0.61	56.00±0.79	81.06±0.07	30.48b±1.38	-	-
๑ สารละลายสียออร์โรซิน (b ₃)	0.34±0.02	1.81±0.00	4.82a±0.27	4.32±0.08	55.50±0.00	55.62±0.28	56.19±0.78	80.43±0.07	31.44±1.26	-	-
๑ สารละลายผสมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ + โซเดียมคลอไรด์ + กรดซิตริก (b ₄)	0.48b±0.02	1.80±0.01	4.27b±0.03	4.22±0.18	56.75±0.35	55.62±0.34	56.19±0.56	80.52±0.17	31.51±0.24	68.15±1.26	1.09±0.32

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับก็กับแตกต่างกันแต่ละแถวในแนวดิ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p< 0.05

** ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิก



รูป 4.9 ลักษณะเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลื่นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกที่มีระยะความแก่-อ่อน และวิธีการรักษา สีที่แตกต่างกัน

4.3 ผลการศึกษาเพื่อหาระดับความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ในสารละลายที่เหมาะสม

ผลการศึกษาเพื่อหาวิธีการรักษาสีแดงของเปลือกกลิ่นจีให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้งพบว่า การใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการรักษาสีแดงของเปลือกกลิ่นจ๊อบแห้ง ดังนั้นการทดลองนี้จึงมุ่งศึกษาเพื่อหาระดับความเข้มข้น และระยะเวลาการแช่ผลลื่นจีสดในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่เหมาะสมและไม่มีผลต่อคุณภาพของผลลื่นจ๊อบแห้ง โดยได้ศึกษาระดับความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก 3 ระดับ คือ 0.1, 0.3 และ 0.5 นอร์มัล และระยะเวลาการแช่ในสารละลายกรด 3 ระยะ คือ 15, 20 และ 25 นาที ผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

4.4.1 ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ แสดงดังตาราง 4.7 และรูป 4.10-4.11

จากตาราง 4.7 ที่แสดงผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของผลลื่นจ๊อบแห้ง เนื่องจากการรักษาสีโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น และระยะเวลาการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกัน พบว่าระดับความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก และระยะเวลาการแช่ในสารละลายไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกและเนื้อลื่นจ๊อบแห้ง แต่ระดับ

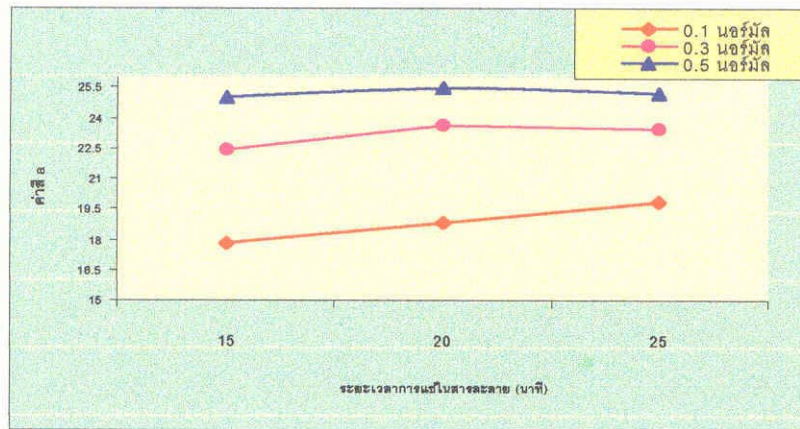
ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมีผลต่อค่าสี L ของผลล้นจ๊อบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การแช่ผลล้นจ๊อบแห้งในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล ก่อนการอบแห้ง มีผลทำให้ผลล้นจ๊อบแห้งมีค่าสี L สูงกว่าการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 และ 0.3 นอร์มัล คือมีค่าสี L เท่ากับ 34.70, 33.30 และ 33.74 ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการศึกษานี้ยังสัมพันธ์กันระหว่างความเข้มข้น และระยะเวลาการแช่ในสารละลายกรด พบว่าความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกและระยะเวลาการแช่ในสารละลายมีปฏิสัมพันธ์กันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* และ b^* ของเปลือกผลล้นจ๊อบแห้ง (รูป 4.10 และ 4.11) การแช่ผลล้นจ๊อบแห้งในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล นาน 15 นาที มีผลให้ผลล้นจ๊อบแห้งมีค่าสี a^* มากกว่าผลล้นจ๊อบแห้งที่ได้จากการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.3 และ 0.1 นอร์มัล และมีค่าสี b^* ต่ำกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อมีการเพิ่มระยะเวลาการแช่สารละลายจาก 15 นาที เป็น 20 และ 25 นาที พบว่าการแช่ที่ใช้เวลานานขึ้นมีผลต่อค่าสี a^* และ b^* ของผลล้นจ๊อบแห้งเฉพาะผลล้นจ๊อบแห้งที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.3 และ 0.1 นอร์มัลเท่านั้น แต่ไม่มีผลต่อผลล้นจ๊อบแห้งที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล การเพิ่มระยะเวลาการแช่ในสารละลายกรดความเข้มข้น 0.3 และ 0.1 นอร์มัล ที่นานขึ้น มีผลทำให้เปลือกผลล้นจ๊อบแห้งมีค่าสี a^* เพิ่มขึ้น และมีค่าสี b^* ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่ความเข้มข้น 0.3 นอร์มัล เวลาแช่นาน 15 นาที ผลล้นจ๊อบแห้งมีค่าสี a^* เท่ากับ 22.37 เมื่อเพิ่มเวลาการแช่เป็น 20 นาที ผลล้นจ๊อบแห้งมีค่าสี a^* เพิ่มขึ้นเป็น 23.57 แต่การเพิ่มเวลาการแช่นานเป็น 25 นาที พบว่าค่าสี a^* ที่ได้ไม่มีความแตกต่างจากการแช่นาน 20 นาที และค่าสี b^* ลดลงจาก 20.30 เป็น 19.13 เมื่อเพิ่มเวลาการแช่จากนาน 15 นาที เป็น 20 นาที ส่วนการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ต้องใช้ระยะเวลาการแช่นานถึง 25 นาที จึงมีผลให้ผลล้นจ๊อบแห้งมีค่าสี a^* เพิ่มขึ้น และมีค่าสี b^* ลดลง โดยที่ระยะเวลาการแช่ 15 นาที มีค่าสี a^* เท่ากับ 17.78 และเพิ่มขึ้นเป็น 19.81 เมื่อแช่นาน 25 นาที และมีค่าสี b^* ลดลงจาก 20.60 เป็น 20.32

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 0.3 และ 0.1 นอร์มัล ร่วมกับการเพิ่มระยะเวลาการแช่ในสารละลายที่นานขึ้น สามารถช่วยเพิ่มค่าสี a^* ของผลล้นจ๊อบแห้งให้มากขึ้นได้ แต่ผลล้นจ๊อบแห้งที่ได้ยังคงมีค่าสี a^* ต่ำกว่าการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล และแช่นาน 15 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าคุณภาพทางด้านสีเปลือกของผลล้นจ๊อบแห้งที่ได้จากการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกในความเข้มข้นระดับกลางและระดับต่ำ ถึงแม้จะมีการเพิ่มระยะเวลาการแช่สารละลายให้นานขึ้น ผลล้นจ๊อบแห้งที่ได้ยังคงมีคุณภาพทางด้านสีแดงของเปลือกต่ำกว่าการรักษาโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นสูง แต่ใช้ระยะเวลาการแช่สารละลายที่สั้น

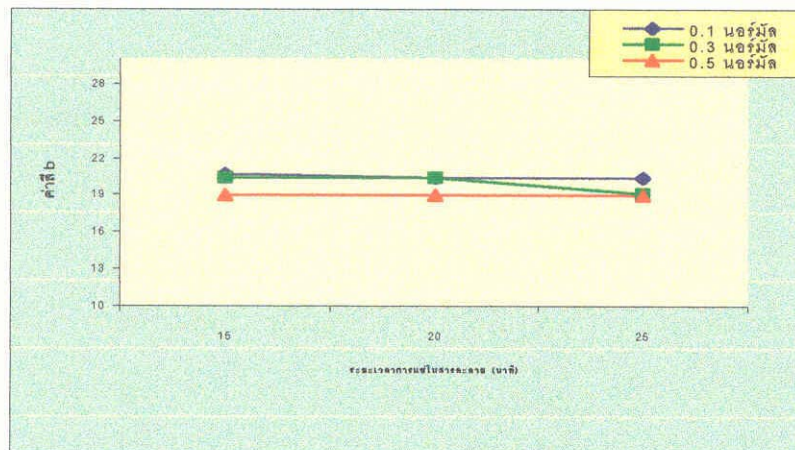
ตารางที่ 4.7 สมบัติทางกายภาพของเปลือกและเนื้อล้นจ๊อบแห้งที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดร-
คลอริกที่ความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่แตกต่างกัน

ปัจจัย	ค่าสีของเปลือกล้นจ๊อบแห้ง			ลักษณะเนื้อสัมผัส	
	L	a*	b*	เปลือกล้นจ๊อ (แรงกด, นิวตัน)	เนื้อล้นจ๊อ (แรงฉีก, นิวตัน)
ความเข้มข้นกรด ไฮโดรคลอริก (นอร์มัล) (A)					
◎ 0.1 (a ₁)	33.31b±0.03	18.80c±0.58	20.44a±0.25	11.32±0.13	22.64±0.65
◎ 0.3 (a ₂)	33.74b±0.21	23.10b±0.27	19.94a±1.64	11.41±0.39	22.26±1.31
◎ 0.5 (a ₃)	34.70a±0.45	25.23a±1.98	18.89b±1.60	11.11±0.80	22.20±0.64
ระยะเวลาในการแช่ (นาที่) (B)					
◎ 15 (b ₁)	33.77±0.13	21.71b±0.16	19.94±0.59	11.23±1.00	21.92±0.15
◎ 20 (b ₂)	33.97±1.00	22.65a±0.03	19.88±0.36	11.07±0.08	22.24±1.12
◎ 25 (b ₃)	34.01±0.48	22.78a±0.30	19.45±1.25	11.54±0.25	22.94±0.20

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับที่แตกต่างกันแต่อยู่ในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ย
มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้น และเวลาการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ที่มีผลต่อค่าสี d* ของเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้ง



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้น และเวลาการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ที่มีผลต่อค่าสี b* ของเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้ง

4.4.2 ผลการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมี

ผลการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีแสดงดังตาราง 4.8 และรูป 4.12-4.14

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีของผลล้นจ๊อบแห้ง พบว่าผลล้นจ๊อบแห้งที่รักษาสีโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น และระยะเวลาการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันก่อนการอบแห้ง ไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ความชื้น และค่า a_w แต่มีความแตกต่างด้านปริมาณกรดทั้งหมดในเปลือก ปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อ ค่าพีเอชเปลือก และค่าพีเอชเนื้อของผลล้นจ๊อบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตาราง 4.8 แสดงให้เห็นว่าทั้งความเข้มข้นและระยะเวลาที่ใช้แช่ผลล้นจ๊อบในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่เพิ่มขึ้น มีผลให้เปลือกผลล้นจ๊อบแห้งมีค่าพีเอชลดลง โดยที่ความเข้มข้น 0.1, 0.3 และ 0.5 นอร์มัล ผลล้นจ๊อบแห้งมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.08, 3.59 และ 3.26 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาการแช่สารละลาย 15, 20 และ 25 นาที ผลล้นจ๊อบแห้งมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.76, 3.65 และ 3.52 ตามลำดับ ค่าพีเอชของเปลือกผลล้นจ๊อบแห้งที่ลดลง เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้น และระยะเวลาการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่นานขึ้น มีผลให้เปลือกผลล้นจ๊อบแห้งมีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล เปลือกผลล้นจ๊อบแห้งมีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 0.52 กรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักเปลือก และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.57 และ 0.62 กรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักเปลือก เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเป็น 0.3 และ 0.5 นอร์มัล ตามลำดับ นอกจากนี้ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกยังมีปฏิกริยาสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอชในเนื้อล้นจ๊อบแห้ง ดังแสดงในรูป 4.12 และ 4.13 ที่แสดงให้เห็นว่าที่ความเข้มข้นระดับกลางและต่ำ คือ 0.1 และ 0.3 นอร์มัล การเพิ่มระยะเวลาการแช่ในสารละลายกรดที่นานขึ้น ไม่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมด และค่าพีเอชในเนื้อล้นจ๊อบแห้ง แต่ที่ความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล หากเพิ่มเวลาการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกจาก 15 นาที เป็น 20 และ 25 นาที ตามลำดับ มีผลทำให้เนื้อล้นจ๊อบแห้งมีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น และมีค่าพีเอชลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเวลาการแช่นาน 15 นาที เนื้อล้นจ๊อบแห้งมีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 1.85 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักเนื้อล้นจ๊อบแห้ง มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.25 เมื่อเพิ่มเวลาการแช่ในสารละลายเพิ่มขึ้นเป็น 20 นาที เนื้อล้นจ๊อบแห้งมีปริมาณกรดทั้งหมด เพิ่มขึ้นเป็น 1.94 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักเนื้อล้นจ๊อบแห้ง และมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.02

จากผลการศึกษาจึงแสดงให้เห็นว่า การแช่ผลล้นจ๊อบในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล นาน 15 นาที เป็นวิธีการที่สามารถรักษาสีแดงของเปลือกผลล้นจ๊อบให้คงอยู่ภายหลังการ อบแห้งได้ดีกว่าการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 และ 0.3 นอร์มัล และไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านต่างๆของผลล้นจ๊อบแห้ง แต่ที่ความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล

หากมีการเพิ่มระยะเวลาการแช่ให้นานขึ้นจาก 15 นาที เป็น 20 และ 25 นาที ตามลำดับ การเพิ่มระยะเวลาดังกล่าวจะมีผลต่อคุณภาพของผลลึ้นจ๊อบแห้งทันที โดยจะมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อลึ้นจ๊อบแห้งเพิ่มขึ้น

4.4.3 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแสดงดังรูป 4.15

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผลลึ้นจ๊อบแห้งที่ได้จากการรักษาสีโดยการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล มีสีเปลือกใกล้เคียงกับลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.3 และ 0.1 นอร์มัล ดังแสดงในรูป 4.14 แสดงให้เห็นว่าที่ความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล ผลลึ้นจ๊อบแห้งมีลักษณะของสีเปลือกไม่แตกต่างจากจุดที่ผู้บริโภคคิดว่าดีที่สุด แต่ที่ความเข้มข้น 0.3 และ 0.1 นอร์มัล สีเปลือกของผลลึ้นจ๊อบแห้งที่ได้ยังคงมีความแตกต่างจากจุดที่ผู้บริโภคคิดว่าดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ผลการทดสอบลักษณะทางด้านกลิ่นและรสหวานพบว่าในทุกตัวอย่างของผลลึ้นจ๊อบแห้งไม่มีความแตกต่างกับจุดที่ผู้บริโภคคิดว่าดีที่สุด แต่ผลิตภัณฑ์ลึ้นจ๊อบแห้งทุกตัวอย่างมีรสชาติที่เปรี้ยวเกินกว่าจุดที่ผู้บริโภคต้องการ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงลักษณะของผลลึ้นจ๊อบแห้งโดยรวมแล้ว พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลลึ้นจ๊อบแห้งที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล นาน 15 นาที มากที่สุด ส่วนที่ความเข้มข้น 0.3 และ 0.1 นอร์มัล พบว่าลักษณะโดยรวมของผลลึ้นจ๊อบแห้งยังมีความแตกต่างจากจุดที่ผู้บริโภคคิดว่าดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.5 ผลการศึกษาการเก็บรักษาผลลึ้นจ๊อบสดในห้องเย็นก่อนนำไปอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของผลลึ้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือก

4.5.1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลลึ้นจ๊อบสดภายหลังการเก็บรักษาในห้องเย็นเป็น

เวลา 1 สัปดาห์

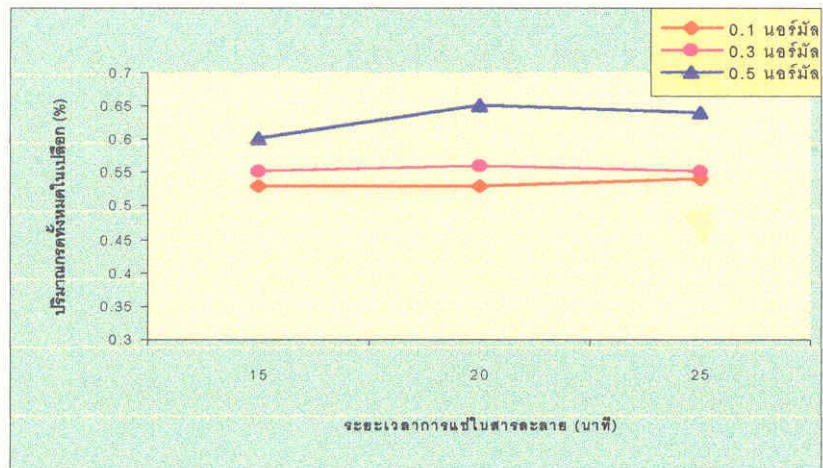
ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีของผลลึ้นจ๊อบสดหลังการเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยเก็บรักษาผลลึ้นจ๊อบไว้ที่ 2 ลักษณะ คือ ผลลึ้นจ๊อบที่ยังไม่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และผลลึ้นจ๊อบที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล นาน 15 นาที ก่อนนำไปเก็บรักษาในห้องเย็น ผลการศึกษามีดังนี้

ตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีของผลผลิตของพืชในสภาวะการดักไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่ที่แตกต่างกัน

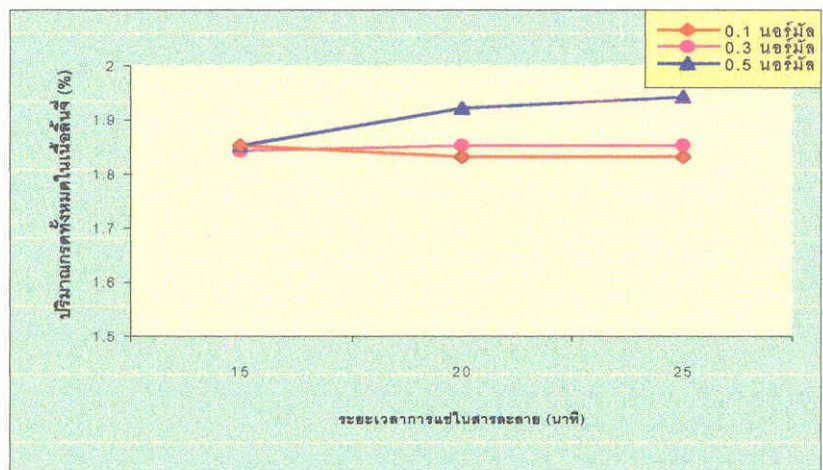
ปัจจัย	ปริมาณกรดทั้งหมด ในเปลือก** (กรัม/100 กรัม)	ปริมาณกรดทั้งหมด ในเนื้อ** (กรัม/100 กรัม)	ค่าพีเอช ในเปลือก	ค่าพีเอช ในเนื้อ	ของแข็งทั้งหมด ที่ละลายน้ำได้ (%)	น้ำตาล รีดิวซิง (%)	น้ำตาล ทั้งหมด (%)	ความเข้มข้นของ เนื้อลื่นที่จับ แห้ง (%น.น.แห้ง)	ค่า a _v ของเนื้อ ลื่นที่จับ แห้ง
ความเข้มข้นของกรด ไฮโดรคลอริก (นอร์มัล) (A)									
	๐ 0.1 (a ₁)	0.52±0.02							0.53±0.01
	๐ 0.3 (a ₂)	0.57±0.01	3.59b±0.21	4.27a±0.03	55.99±0.94	55.69±0.24	56.21±0.09	31.06±0.15	0.54±0.00
	๐ 0.5 (a ₃)	0.62±0.03	3.26c±0.16	4.11b±0.13	55.83±0.71	55.87±0.76	56.40±1.82	30.91±0.23	0.53±0.00
ระยะเวลาในการแช่ใน สารละลาย (นาทีก) (B)									
	๐ 15 (b ₁)	0.55b±0.01	3.76±0.01	4.25±0.04	56.00±0.46	55.75±1.18	56.27±0.94	31.04±0.03	0.54±0.01
	๐ 20 (b ₂)	0.57a ±0.01	3.65±0.08	4.20±0.03	56.33±0.47	55.99±0.07	56.38±0.18	30.85±0.19	0.53±0.01
	๐ 25 (b ₃)	0.60a±0.03	3.52±0.15	4.23±0.19	56.33±0.00	55.57±0.70	56.11±1.12	30.99±0.23	0.53±0.00

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันแต่ละแถวในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p< 0.05

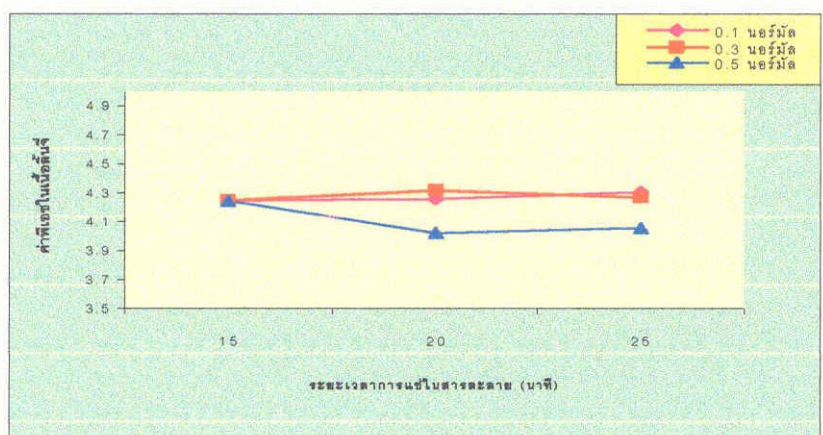
** ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิก



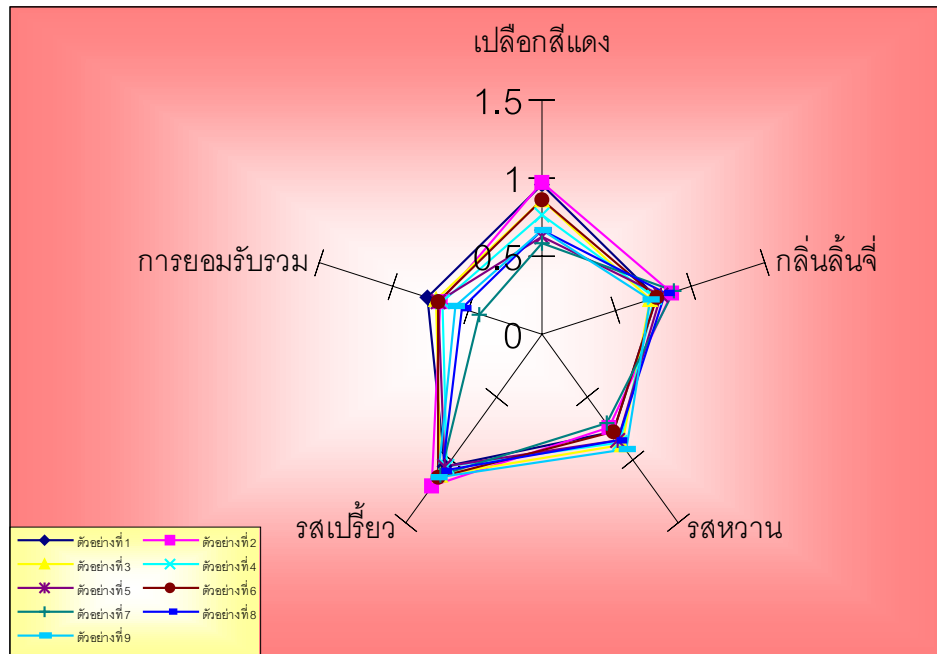
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้น และเวลาการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ที่มีผลต่อปริมาณกรดในเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือก



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้น และเวลาการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ที่มีผลต่อปริมาณกรดในเนื้อลิ้นจี่อบแห้ง



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้น และเวลาการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ที่มีผลต่อค่าพีเอชในเนื้อลิ้นจี่อบแห้ง

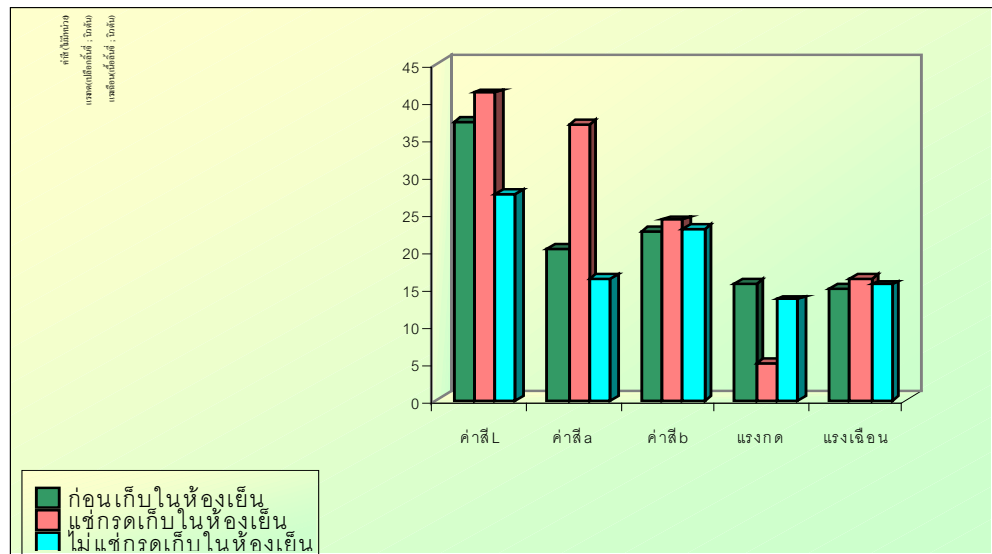


รูป 4.15 ลักษณะเค้าโครงผลิตภัณฑ์ดินจือบแห้งทั้งเปลือกที่รักษาโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ในสารละลายกรดแตกต่างกัน

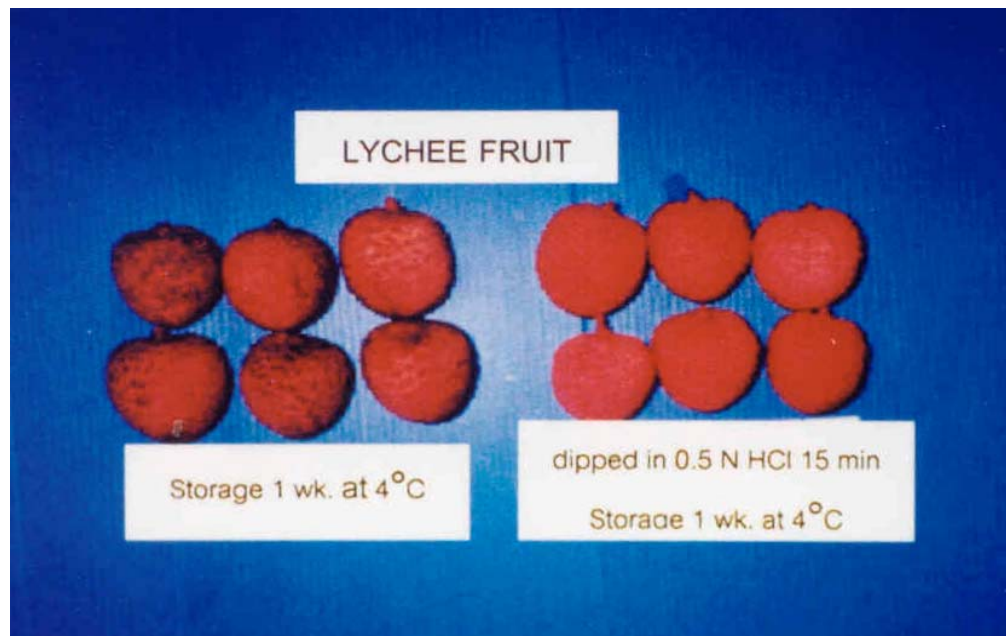
4.5.1.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพแสดงดังรูป 4.16-4.17

สีเปลือก : ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลล้นจีภายหลังการเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น นาน 1 สัปดาห์ โดยเปรียบเทียบค่าสีของเปลือกผลล้นจีทั้งก่อนและภายหลังการเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น รูป 4.16 แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาผลล้นจีที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกไว้ในห้องเย็น เปลือกผลล้นจีมีค่าสี L และ a^* เพิ่มมากขึ้นและมีค่าสี b^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ก่อนการเก็บรักษา คือเปลือกผลล้นจีมีค่าสี L , a^* และ b^* เท่ากับ 37.02, 20.21 และ 25.57 ตามลำดับ และภายหลังเก็บรักษาในห้องเย็น 1 สัปดาห์ เปลือกมีค่าสี L , a^* และ b^* เท่ากับ 40.97, 36.89 และ 18.98 ตามลำดับ ส่วนผลล้นจีที่ไม่ได้แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกก่อนนำมาเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น พบว่าเปลือกผลล้นจีมีค่าสี L และ a^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 27.54 และ 16.18 ตามลำดับ



รูป 4.16 การเปลี่ยนแปลงค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลลิ้นจี่ภายหลังการเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์



รูป 4.17 ลักษณะผลลิ้นจี่สดภายหลังการเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 สัปดาห์

ก่อนนำไปเก็บรักษา จะมีผลให้ผลลึ้นจี้มีสีเปลือกที่คล้ำขึ้นและมีสีแดงลดลง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงแสดงดังรูป 4.17 ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนว่ามีสีน้ำตาลเกิดขึ้นที่บริเวณผิวเปลือกของผลลึ้นจี้ที่ไม่ได้แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ส่วนผลลึ้นจี้ที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เปลือกผลลึ้นจี้ยังคงมีสีแดงสด และเปลือกไม่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

การเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลลึ้นจี้ภายหลังการเก็บรักษาในห้องเย็น 1 สัปดาห์ มีสาเหตุเนื่องจากการสูญเสียความชื้นของเปลือกผลลึ้นจี้ และการทำงานของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลลึ้นจี้สูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็ว การนำผลลึ้นจี้มาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ มีผลให้ผลลึ้นจี้สูญเสียความชื้นเพิ่มมากขึ้น (Underhill, 1992) การสูญเสียความชื้นของผลลึ้นจี้ทำให้เปลือกผลลึ้นจี้มีลักษณะแห้งแข็ง และทำให้เกิดลักษณะการนิกขาดของเนื้อเยื่อเปลือกผลลึ้นจี้ (Underhill and Critchley, 1993) ส่งผลให้เอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดส ซึ่งมีอยู่ในเปลือกผลลึ้นจี้สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับแอนโทไซยานินได้เร็วขึ้น (Underhill, 1992) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานินไปอยู่ในรูปของ chalcone ซึ่งไม่มีสี (Ray, 1998) และเกิดสารสีน้ำตาลขึ้นที่เปลือกผลลึ้นจี้ (Underhill, 1992) การสูญเสียความชื้นนอกจากจะเป็นสาเหตุที่ช่วยเร่งให้เกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลึ้นจี้ได้เร็วขึ้นแล้ว ค่าพีเอชในเปลือกผลลึ้นจี้ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งเสริมการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลึ้นจี้ให้มากขึ้นด้วย เนื่องจากเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสสามารถทำงานได้ดีที่สุดเมื่ออยู่ในสภาวะที่ค่าพีเอชสูงคือประมาณ 6-7 ผลลึ้นจี้ที่มีความแก่บริบูรณ์ เปลือกผลลึ้นจี้จะมีค่าพีเอชประมาณ 4 และภายหลังการเก็บเกี่ยวค่าพีเอชในเปลือกผลลึ้นจี้จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น จึงเป็นการส่งเสริมให้เอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสสามารถทำงานได้ดีขึ้น แต่การทำงานของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสจะลดต่ำลงเมื่ออยู่ในสภาวะที่ค่าพีเอชต่ำ โดยเฉพาะที่ค่าพีเอชต่ำกว่า 3 การจุ่มผลลึ้นจี้ในสารละลายที่มีความเป็นกรดสูงจะช่วยให้เปลือกผลลึ้นจี้มีค่าพีเอชลดต่ำลง ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดการทำงานของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสแล้ว ยังเป็นการเพิ่มความคงตัวให้กับโครงสร้างโมเลกุลของแอนโทไซยานินอีกด้วย จึงสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลึ้นจี้ได้ (Ray, 1998) ดังนั้นการแช่ผลลึ้นจี้ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล ก่อนการเก็บรักษาผลลึ้นจี้ไว้ในห้องเย็น จึงสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาล และเพิ่มสีแดงของเปลือกผลลึ้นจี้ให้มีสีแดงสดระหว่างการเก็บรักษาในห้องเย็นนาน 1 สัปดาห์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Underhill *et al.*, (1992) ที่ได้แช่ผลลึ้นจี้ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มัล ก่อนนำผลลึ้นจี้ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถรักษาสีแดงของเปลือกผลลึ้นจี้โดยไม่มีสีน้ำตาลเกิดขึ้นได้นานถึง 12 สัปดาห์

ลักษณะเนื้อสัมผัส : ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกและเนื้อผลลึ้นจี้ พบว่าภายหลังการเก็บรักษาผลลึ้นจี้ที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เปลือกของผลลึ้นจี้

มีลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างจากเปลือกผลลิ้นจี่สดที่ไม่แช่สารละลายทั้งก่อนและภายหลังการเก็บรักษาในห้องเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเปลือกมีลักษณะอ่อนนุ่ม เมื่อวัดลักษณะเนื้อสัมผัสในรูปของแรงกดที่กระทำต่อเปลือกผลลิ้นจี่พบว่ามีความเท่ากับ 4.73 นิวตัน ส่วนเปลือกผลลิ้นจี่ที่ไม่ได้แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกภายหลังเก็บรักษาในห้องเย็นมีความเท่ากับ 13.34 นิวตัน และผลลิ้นจี่ก่อนนำไปเก็บรักษาในห้องเย็นมีความแรงกดเท่ากับ 15.59 นิวตัน (รูป 4.16) การที่เปลือกผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีลักษณะอ่อนตัวลง เนื่องจากสารละลายกรดจะช่วยละลายสารเคลือบผิวที่อยู่บนผิวผลลิ้นจี่ตลอดจนสลายเซลล์โลสบริเวณเปลือกออกไปบางส่วน เนื่องจากเซลล์สลายตัวได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับกรด และสารละลายกรดจะมีผลให้สารประเภทคาร์โบไฮเดรตและเพกติน ที่อยู่บริเวณเปลือกผลไม่อ่อนตัวลง (Somogyi and Luh, 1986)

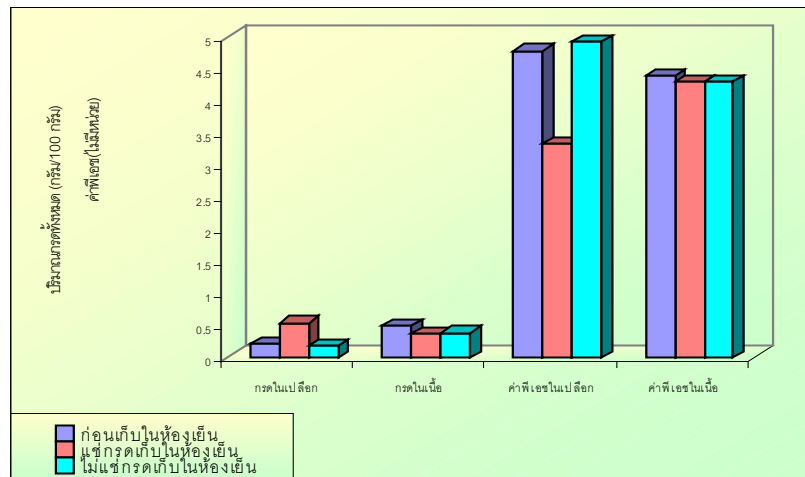
ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่ภายหลังการเก็บรักษาในห้องเย็นนาน 1 สัปดาห์ พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการวัดค่าแรงกดของเนื้อลิ้นจี่ภายหลังการเก็บรักษาในห้องเย็นทั้งที่แช่และไม่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ไม่มีความแตกต่างจากลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่ก่อนนำมาเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.18, 15.36 และ 14.82 ตามลำดับ

4.5.1.2 ผลการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมี

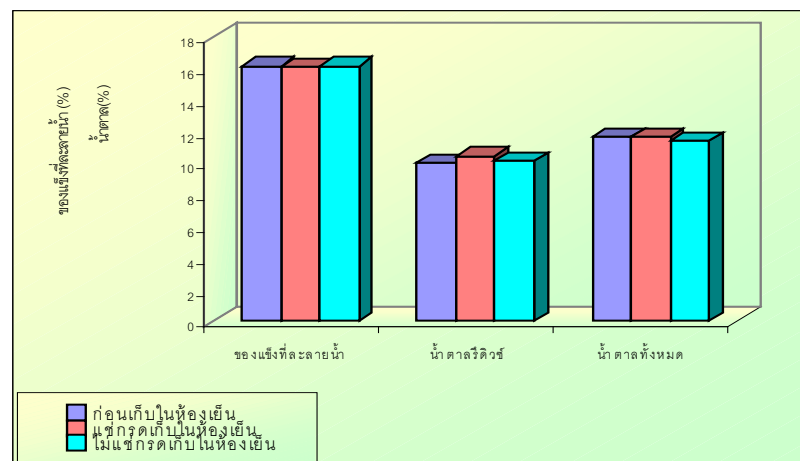
ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีแสดงดังรูป 4.18-4.19

ปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอช: ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด และค่าพีเอชในเปลือกผลลิ้นจี่พบว่า ก่อนการเก็บรักษาผลลิ้นจี่ในห้องเย็นเปลือก และเนื้อลิ้นจี่มีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 0.22 และ 0.49 กรัมต่อ 100 กรัม และมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.77 และ 4.38 ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาผลลิ้นจี่ในห้องเย็นเป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก มีผลทำให้เปลือกผลลิ้นจี่มีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นและมีค่าพีเอชลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งเปลือกผลลิ้นจี่มีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 0.54 กรัมต่อ 100 กรัม มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.32 ส่วนผลลิ้นจี่ที่ไม่แช่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีปริมาณกรดทั้งหมดในเปลือกลดลงเท่ากับ 0.18 กรัมต่อ 100 กรัม และมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเป็น 4.91 (รูป 4.18)

ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด ค่าพีเอช และการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่ ภายหลังการเก็บรักษาผลลิ้นจี่ในห้องเย็นโดยไม่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก แสดงให้เห็นว่าการลดลงของกรดในเปลือกผลลิ้นจี่มีผลทำให้ค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษาในห้องเย็น เนื่องจากค่าพีเอชที่



รูป 4.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรตทั้งหมด และค่าพีเอชในผลลันจี่ภายหลังการเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์



รูป 4.19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาลในผลลันจี่ภายหลังการเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์

เพิ่มขึ้นจะส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสให้สามารถทำปฏิกิริยากับแอนโทไซยานินได้ดีขึ้น ทำให้เปลือกผลลีนจีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากขึ้นภายหลังการเก็บรักษาในห้องเย็น

นอกจากนี้การเก็บรักษาผลลีนจีไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อลีนจี โดยพบว่าการเก็บผลลีนจีในห้องเย็นทั้งแบบที่แช่และไม่แช่สารละลายกรดไฮโดรคลอริก มีผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อลีนจีลดลง และมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากกระบวนการเก็บรักษาปริมาณกรดในเนื้อลีนจีจะถูกใช้เป็นดัชนีในการหายใจ ส่งผลให้มีการลดลงของปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อลีนจี (จริงแท้, 2538)

ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาล : ภายหลังการเก็บรักษาผลลีนจีไว้ในห้องเย็นเป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเนื้อลีนจี (รูป 4.19) โดยก่อนการเก็บรักษาผลลีนจีในห้องเย็น ผลลีนจีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 16.16% ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง 10.04% และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 11.66% ภายหลังการเก็บรักษาผลลีนจีในห้องเย็น ผลลีนจีที่แช่และไม่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 16.10 และ 16.16% ตามลำดับ มีน้ำตาลรีดิวซิง 10.47 และ 10.11% และมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 11.68 และ 11.42% ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลในผลไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจ และอัตราการสลายตัวของสารประกอบเชิงซ้อนที่ผนังเซลล์ (รัชชชัย, 2541) ผลลีนจีเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ซึ่งอัตราการหายใจจะลดลงช้าๆภายหลังการเก็บเกี่ยว เป็นผลไม้ประเภทนี้มีอัตราการหายใจต่ำภายหลังการเก็บเกี่ยว (Javier *et al.*, 1999) ด้วยเหตุนี้จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดภายหลังการเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความชื้นและค่า a_w : ผลการศึกษาพบว่าการเก็บรักษาผลลีนจีไว้ในห้องเย็นเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลลีนจี โดยผลลีนจีมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงระหว่าง 80.79-81.82% และมีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.94-0.90

4.5.2 ผลการศึกษาการเก็บรักษาผลลีนจีในห้องเย็นก่อนอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของผลลีนจีอบแห้งทั้งเปลือก

ผลการศึกษาการเก็บรักษาผลลีนจีในห้องเย็นก่อนนำไปอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของผลลีนจีอบแห้งทั้งเปลือก โดยเปรียบเทียบคุณภาพของผลลีนจีอบแห้งทั้งเปลือกที่ได้จากผลลีนจีสดที่แช่

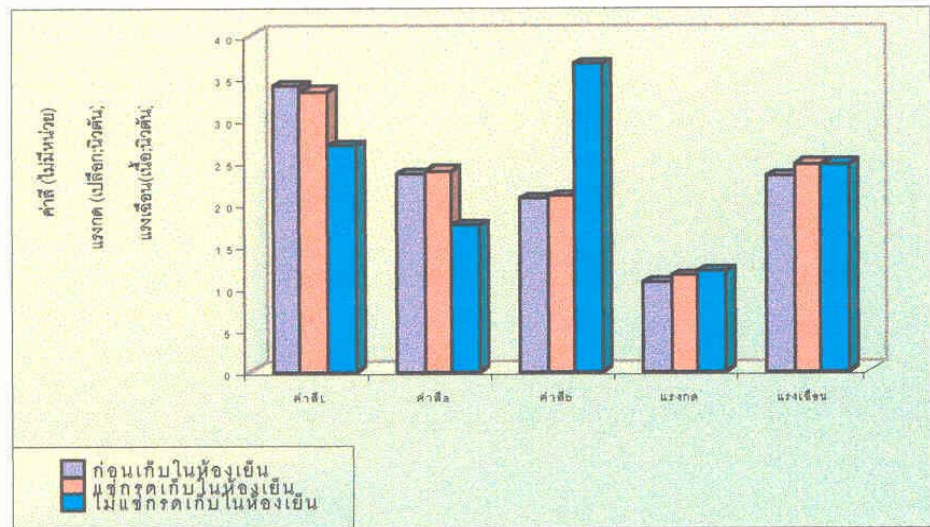
ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกแล้วนำไปอบแห้งทันที กับผลลึ้นจีสดที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล นาน 15 นาที แล้วเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ และผลลึ้นจีที่เก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วจึงนำมาแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล 15 นาที ก่อนการอบแห้ง ได้ผลการศึกษาดังนี้

4.5.2.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ

ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพแสดงดังรูป 4.20-4.21

สีเปลือก : ผลการศึกษาพบว่าวิธีการเก็บรักษาผลลึ้นจีสดไว้ในห้องเย็นก่อนนำมาอบแห้งมีผลต่อคุณภาพทางด้านสีเปลือกของผลลึ้นจีภายหลังการอบแห้ง โดยผลลึ้นจีที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกแล้วอบแห้งทันที ผลลึ้นจีอบแห้งที่ได้มีค่าสี L , a^* และ b^* ไม่แตกต่างจากผลลึ้นจีอบแห้งที่ได้จากผลลึ้นจีที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกแล้วเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น 1 สัปดาห์ ก่อนนำไปอบแห้ง โดยผลลึ้นจีอบแห้งที่ได้จากการแช่ในสารละลายกรดแล้วอบทันทีที่มีค่าสี L , a^* และ b^* เท่ากับ 33.90, 23.42 และ 20.50 ตามลำดับ ส่วนผลลึ้นจีอบแห้งที่ได้จากผลลึ้นจีที่แช่กรดแล้วเก็บในห้องเย็นมีค่าสี L , a^* และ b^* เท่ากับ 33.18, 23.83 และ 20.72 ตามลำดับ แต่พบว่าผลลึ้นจีอบแห้งจากทั้ง 2 ตัวอย่างมีค่าสี L , a^* และ b^* แตกต่างจากผลลึ้นจีอบแห้งที่ได้จากผลลึ้นจีที่เก็บรักษาในห้องเย็นนาน 1 สัปดาห์ แล้วจึงนำมาแช่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกก่อนอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (รูป 4.20) การเก็บรักษาผลลึ้นจีในห้องเย็น 1 สัปดาห์ แล้วจึงนำผลลึ้นจีมาแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกก่อนนำไปอบแห้ง มีผลให้เปลือกของผลลึ้นจีอบแห้งที่ได้มีค่าสี L และ a^* ต่ำ และมีค่าสี b^* สูงกว่าผลลึ้นจีที่แช่ในสารละลายกรดแล้วอบแห้งทันที และผลลึ้นจีที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกแล้วเก็บรักษาในห้องเย็น 1 สัปดาห์

รูป 4.21 แสดงลักษณะของผลลึ้นจีอบแห้งจากทั้ง 3 ตัวอย่าง ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลลึ้นจีที่เก็บรักษาในห้องเย็นโดยไม่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเมื่อครบ 1 สัปดาห์ แล้วนำผลลึ้นจีมาแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกก่อนนำไปอบแห้ง มีผลทำให้เปลือกผลลึ้นจีอบแห้งมีสีแดงน้อยกว่าผลลึ้นจีที่แช่ในสารละลายกรดแล้วอบแห้งทันที และผลลึ้นจีที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกแล้วจึงเก็บรักษาในห้องเย็น 1 สัปดาห์ นอกจากนั้นเปลือกของผลลึ้นจีสดบางส่วนยังเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการรักษาสีแดงของเปลือกผลลึ้นจีให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้งขึ้นอยู่กับปริมาณและความคงตัวของแอนโทไซยานิน การเก็บรักษาผลลึ้นจีในห้องเย็น 1 สัปดาห์โดยไม่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก มีผลทำให้เปลือกผลลึ้นจีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากเกิดการสลายตัวของแอนโทไซยานิน อันมีสาเหตุมาจากการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Underhill, 1992) และเมื่อเปลือกผลลึ้นจีเกิดสีน้ำตาล แสดงว่ามีการสูญเสีย



รูปที่ 4.20 การเก็บรักษาผลลิ้นจี่ในห้องเย็นก่อนนำไปอบที่มีผลต่อค่ำสึและลักษณะเนื้อสั้มผัสของผลลิ้นจี่อบแห้ง



รูปที่ 4.21 ผลการเก็บรักษาผลลิ้นจี่ในห้องเย็นที่มีผลต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผลลิ้นจี่อบแห้ง

ปริมาณของแอนโทไซยานิน ดังนั้นเมื่อนำผลล้นจีมาแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกแล้วนำไปอบแห้งจึงไม่สามารถรักษาสีแดงของเปลือกผลล้นจีบางส่วนให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้งไว้ได้

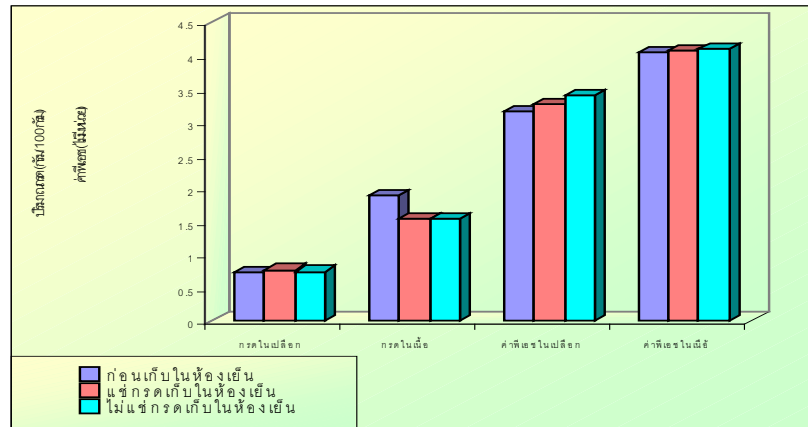
ลักษณะเนื้อสัมผัส : ผลการศึกษาการเก็บรักษาผลล้นจีสดในห้องเย็นก่อนการอบแห้งที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลล้นจีอบแห้ง พบว่าการเก็บรักษาผลล้นจีสดในห้องเย็น 1 สัปดาห์ก่อนการอบแห้งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกและเนื้อล้นจีอบแห้ง เนื่องจากไม่มีความแตกต่างกันระหว่างลักษณะเนื้อสัมผัสของผลล้นจีอบแห้งที่ได้จากผลล้นจีสดที่แช่ในสารละลายกรดแล้วอบแห้งทันที ผลล้นจีสดที่แช่ในสารละลายกรดแล้วเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น 1 สัปดาห์ และผลล้นจีสดที่ไม่ได้แช่ในสารละลายกรดและเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น 1 สัปดาห์ โดยผลล้นจีอบแห้งมีลักษณะเนื้อสัมผัสเมื่อวัดในรูปของแรงกดที่กระทำต่อเปลือกผลล้นจีอบแห้ง ที่ได้จากผลล้นจีสดที่เก็บรักษาในห้องเย็นทั้ง 2 วิธี โดยแช่และไม่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และผลล้นจีที่แช่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกแล้วอบแห้งทันที มีค่าเท่ากับ 11.38, 11.89 และ 10.54 นิวตัน และมีแรงเฉือนของเนื้อล้นจีอบแห้งเท่ากับ 24.59, 24.52 และ 23.20 นิวตัน ตามลำดับ

4.5.2.2 การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมี

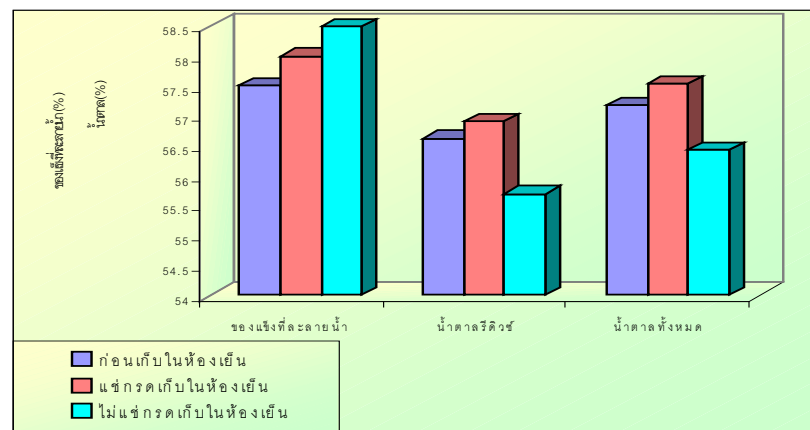
ผลการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีแสดงดังรูป 4.22-4.23

ปริมาณกรดและค่าพีเอช : ผลการศึกษาพบว่าการเก็บรักษาผลล้นจีไว้ในห้องเย็น 1 สัปดาห์ก่อนนำไปอบแห้งไม่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมด และค่าพีเอชในเปลือกผลล้นจี แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อผลล้นจีอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รูป 4.22 แสดงให้เห็นว่าผลล้นจีที่เก็บรักษาในห้องเย็นก่อนการอบแห้งทั้ง 2 วิธี มีผลให้ผลล้นจีอบแห้งมีปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อล้นจีน้อยกว่าผลล้นจีอบแห้งที่ได้จากผลล้นจีที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกแล้วอบทันที โดยผลล้นจีที่แช่ในสารละลายกรดแล้วอบทันที เนื้อผลล้นจีอบแห้งที่ได้มีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 1.89 กรัม ต่อ 100 กรัม และผลล้นจีที่เก็บรักษาในห้องเย็นก่อนนำไปอบแห้งมีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 1.54 กรัม ต่อ 100 กรัม ทั้งนี้เนื่องจากภายหลังการเก็บรักษาผลล้นจีสดในห้องเย็น 1 สัปดาห์ พบว่าปริมาณกรดในเนื้อล้นจีได้ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกรดในเนื้อล้นจีก่อนนำไปเก็บรักษาในห้องเย็น การลดลงของปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อล้นจีดังกล่าวมีผลให้ผลล้นจีอบแห้งที่ได้มีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำกว่าผลล้นจีอบแห้งที่ได้จากผลล้นจีที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกแล้วอบทันทีโดยไม่มีการเก็บรักษาในห้องเย็น

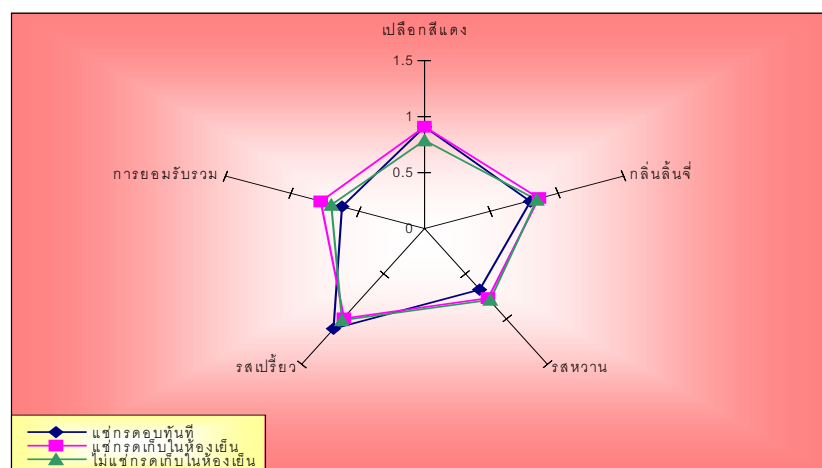
ปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณน้ำตาล : ผลการศึกษาพบว่าการเก็บรักษาผลล้นจีสดในห้องเย็นก่อนการอบแห้งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้



รูป 4.22 การเก็บรักษาผลผลิตจีสตในห้องเย็นก่อนการอบแห้งที่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอชของผลผลิตจีสต



รูป 4.23 การเก็บรักษาผลผลิตจีสตในห้องเย็นก่อนการอบแห้งที่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาลของผลผลิตจีสต



รูป 4.24 ผลของวิธีการเก็บรักษาผลผลิตจีสตในห้องเย็น 1 สัปดาห์ ต่อลักษณะเค้าโครงผลิตภัณฑ์จีสตอบแห้งทั้งเปลือก

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลล้นจ๊อบแห้ง (รูป 4.23) เนื่องจากภายหลังการเก็บรักษาผลล้นจ๊อบแห้งในห้องเย็น 1 สัปดาห์ ก่อนการอบแห้งไม่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ น้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลล้นจ๊อบแห้ง ดังนั้นเมื่อนำผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาไว้ในห้องเย็นมาอบแห้ง จึงไม่มีผลทำให้ผลล้นจ๊อบแห้งที่ได้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดแตกต่างจากผลล้นจ๊อบแห้งที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกแล้วอบแห้งทันที โดยผลล้นจ๊อบแห้งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 57.50-58.50% ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงในช่วง 55.70-56.90% และมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในช่วง 56.42-56.90%

ความชื้นและค่า a_w : ผลการศึกษาการเก็บรักษาผลล้นจ๊อบแห้งในห้องเย็นก่อนการอบแห้งที่มีผลต่อปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลล้นจ๊อบแห้ง พบว่าการเก็บรักษาผลล้นจ๊อบแห้งในห้องเย็น นาน 1 สัปดาห์ก่อนการอบแห้ง ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น และค่า a_w ของเนื้อผลล้นจ๊อบแห้ง โดยผลล้นจ๊อบแห้งมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 31.06-31.29% และมีค่า a_w เท่ากับ 0.51-0.53

4.5.2.3 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสแสดงดังรูป 4.24

ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าการนำผลล้นจ๊อบแห้งมาแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และการนำผลล้นจ๊อบแห้งที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกแล้วเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นเป็นเวลา 1 สัปดาห์ มีผลให้ผลล้นจ๊อบแห้งมีลักษณะของสีเปลือกไม่แตกต่างจากจุดที่ผู้ทดสอบชิมคิดว่าดีที่สุด แต่ผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในห้องเย็นโดยไม่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกทำให้ผลล้นจ๊อบแห้งที่ได้มีลักษณะสีเปลือกแตกต่างจากจุดที่ผู้ทดสอบชิมคิดว่าดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รูป 4.24 แสดงลักษณะเค้าโครงผลิตภัณฑ์ผลล้นจ๊อบแห้งทั้ง 3 ตัวอย่าง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการนำผลล้นจ๊อบแห้งมาเก็บรักษาในห้องเย็น 1 สัปดาห์ก่อนนำไปอบแห้งทั้ง 2 วิธี มีผลทำให้ผลล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกมีรสหวานขึ้น และมีรสชาติที่ไม่เปรี้ยวมากเกินไป ซึ่งเป็นรสชาติที่ใกล้เคียงกับความต้องการของผู้ทดสอบชิม แต่ผลล้นจ๊อบแห้งที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกแล้วอบแห้งทันที รสชาติของผลล้นจ๊อบแห้งที่ได้ยังมีรสชาติที่เปรี้ยวมากเกินไป ซึ่งมีความแตกต่างจากจุดที่ผู้ทดสอบชิมคิดว่าดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ พบว่าผลล้นจ๊อบแห้งที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกแล้วเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นเป็นเวลา 1 สัปดาห์ก่อนการอบแห้ง มีผลทำให้ผลล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกมีลักษณะการยอมรับโดยรวมใกล้เคียงกับความต้องการของผู้ทดสอบชิมมากที่สุด

ผลการศึกษาการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อการยอมรับลักษณะโดยรวมของผลล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกสามารถพิจารณาได้จากสมการ

$$\text{การยอมรับรวม} = 0.637 + 0.45 (\text{สีเปลือก}) + 0.50 (\text{รสหวาน}) - 0.003 (\text{รสเปรี้ยว})$$

แสดงให้เห็นว่าลักษณะที่สำคัญของผลลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกที่ผู้ทดสอบชิมใช้ในการตัดสินใจให้คะแนนการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ คือ สีเปลือก รสหวาน และรสเปรี้ยว โดยพบว่าคนที่ผลิตภัณฑ์มีเปลือกสีแดงและรสหวานเพิ่มมากขึ้นแต่มีรสเปรี้ยวน้อยลง จึงมีผลให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับโดยรวมต่อผลลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกเพิ่มมากขึ้น จากผลการพิจารณาลักษณะดังกล่าว จึงสรุปได้ว่าการเก็บรักษาผลลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายกรดแล้วเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นนาน 1 สัปดาห์ แล้วนำไปอบแห้งจะทำให้ได้ผลลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกที่ใกล้เคียงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด

4.6 ผลการศึกษากรรมวิธีการอบแห้งผลลิ้นจี่ทั้งเปลือก

4.6.1 อัตราการอบแห้งของผลลิ้นจี่

อัตราการอบแห้งของผลลิ้นจี่ที่ใช้วิธีการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบแสดงดังรูป 4.25-4.27 และปริมาณความชื้นที่ลดลงแสดงดังรูป 4.28-4.30

อัตราการอบแห้งสามารถอธิบายได้ถึงสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นต่อเวลาในการอบแห้ง (Gustavo and Humberto, 1996) จากรูป 4.25-4.27 แสดงอัตราการอบแห้งของผลลิ้นจี่จากการใช้รูปแบบการอบแห้ง 3 รูปแบบ แสดงให้เห็นว่า การอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบมีผลทำให้ผลลิ้นจี่มีอัตราการอบแห้งแตกต่างกัน โดยพบว่าในช่วง 1 ชั่วโมงแรกของการอบแห้งจากทั้ง 3 รูปแบบ ผลลิ้นจี่ยังสามารถรักษาสภาพอัมตวนบนผิวหน้าของผลลิ้นจี่ไว้ได้ การอบแห้งผลลิ้นจี่ในช่วงระยะเวลาดังกล่าวจึงเป็นช่วงที่ผลลิ้นจี่มีคาบอัตราการทำแห้งที่คงที่ (ไพบูลย์, 2532) หลังจากนั้นพบว่าน้ำภายในไม่สามารถเคลื่อนที่มาทดแทนน้ำที่ผิวหน้าของผลลิ้นจี่ได้ เป็นผลให้ผลลิ้นจี่จากการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบ มีอัตราการอบแห้งที่ลดลง โดยการอบแห้งรูปแบบที่ 1 มีอัตราการอบแห้งลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ค่อยๆ ปรับเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้งเป็น 80 องศาเซลเซียส (รูป 4.25) เมื่อเปรียบเทียบกับ การอบแห้งรูปแบบที่ 3 พบว่า อัตราการอบแห้งลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดระยะเวลาการอบแห้ง (รูป 4.27) แสดงให้เห็นว่าในระหว่างการอบแห้ง หากมีการปรับอุณหภูมิให้เพิ่มสูงขึ้น จะมีผลช่วยให้ผลลิ้นจี่มีอัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นได้ เมื่อพิจารณาปริมาณความชื้นที่ลดลงระหว่างการอบแห้ง (รูป 4.28 และ 4.30) จะเห็นได้ว่าการอบแห้งรูปแบบที่ 1 และ 3 ในช่วง 6 ชั่วโมงแรก มีความชื้นลดลงใกล้เคียงกัน เนื่องจากยังคงมีการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งเท่ากัน คือ 60 องศาเซลเซียส แต่หลังจากนั้นพบว่า การอบแห้งรูปแบบที่ 1 มีการลดลงของความชื้นมากกว่าการอบแห้งรูปแบบที่ 3 ส่วนการอบแห้งรูปแบบที่ 2 มีอัตราการอบแห้งที่ค่อยๆ ลดลงซึ่งมีลักษณะแตกต่างจากการอบแห้งรูปแบบที่ 1 และ 3 เมื่อเปรียบเทียบอัตราการอบ

แห้งกับปริมาณความชื้นที่ลดลง (รูป 4.29) พบว่าการอบแห้งรูปแบบที่ 2 มีความชื้นลดลงรวดเร็วมากในช่วง 15 ชั่วโมงแรกของระยะเวลาการอบแห้ง เนื่องจากการอบแห้งรูปแบบที่ 2 มีการใช้อุณหภูมิเริ่มต้นสูงถึง 70 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง แล้วจึงเพิ่มขึ้นเป็น 80 องศาเซลเซียส อีก 6 ชั่วโมง จึงเป็นผลทำให้มีการลดลงของความชื้นอย่างรวดเร็ว แต่หลังจากนั้นพบว่าการลดลงของความชื้นเริ่มมีปริมาณที่คงที่ ขณะที่การอบแห้งรูปแบบที่ 1 และ 3 ผลลัพท์มีความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการอบแห้ง 42 ชั่วโมง พบว่าผลลัพท์จากการอบแห้งรูปแบบที่ 2 มีความชื้นลดลงน้อยกว่าการอบแห้งรูปแบบที่ 1

4.6.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ

ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของผลลัพท์จอบแห้งที่ใช้กรรมวิธีการอบแห้ง 3 รูปแบบแสดงดังตาราง 4.9

ผลการศึกษากกรรมวิธีการอบแห้งผลลัพท์ที่ทั้งเปลือกที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของผลลัพท์จอบแห้ง พบว่ารูปแบบของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L , a^* และ b^* ของผลลัพท์จอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลลัพท์จอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบมีค่า L อยู่ในช่วง 34.75-37.69 มีค่า a^* อยู่ในช่วง 23.49-24.13 และมีค่า b^* อยู่ในช่วง 20.16-21.86 นอกจากนั้นยังพบว่ารูปแบบของอุณหภูมิการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบ ไม่มีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกและเนื้อล้นจอบแห้งที่ได้แตกต่างกัน โดยลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกล้นจอบแห้งเมื่อพิจารณาในรูปของแรงกดที่กระทำต่อเปลือกผลลัพท์จอบแห้งมีค่าแรงกดอยู่ในช่วง 13.73-14.62 นิวตัน และลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อล้นจอบแห้งมีค่าแรงเฉือนอยู่ในช่วง 23.25-23.73 นิวตัน

4.6.3 ผลการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมี

ผลการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีของผลลัพท์จอบแห้งที่ใช้กรรมวิธีการอบแห้ง 3 รูปแบบแสดงดังตาราง 4.10 และรูป 4.31

ผลการศึกษากกรรมวิธีการอบแห้งผลลัพท์ที่ทั้งเปลือกที่มีผลต่อส่วนประกอบทางเคมีของผลลัพท์จอบแห้ง พบว่ากรรมวิธีการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดยในเปลือกและเนื้อล้นจอบแห้ง ค่าพีเอชของเปลือกและเนื้อล้นจอบแห้ง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดยในเนื้อล้นจอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กรรมวิธีการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและค่า a_w ในเนื้อล้นจอบแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังรูป 4.31 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การอบแห้งผลลัพท์ที่ทั้งเปลือกด้วยรูปแบบอุณหภูมิการอบแห้งรูปแบบที่ 2 มีผลทำให้ผลลัพท์จอบแห้งทั้งเปลือกมีปริมาณความชื้นและค่า a_w มากกว่าผลลัพท์จอบแห้งที่ได้จากการอบแห้งรูป

แบบที่ 1 และ 3 เนื่องจากการอบแห้งรูปแบบที่ 2 มีการใช้อุณหภูมิสูงเมื่อเริ่มต้นการอบแห้ง จึงมีผลทำให้เกิดการระเหยของน้ำที่บริเวณผิวหนังของเนื้อลื่นจ้อย่างรวดเร็ว จนบริเวณผิวหนังของเนื้อลื่นจี้ไม่สามารถรักษาสภาวะอืดตัวไว้ได้ ผิวหนังของเนื้อลื่นจี้จึงแห้งอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำภายในผลลื่นจี้ที่ยังเหลืออยู่ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านผิวหนังของเนื้อลื่นจี้ออกไปได้ (รุ่งนภา, 2535) ส่งผลให้เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการอบแห้งผลลื่นจี้ที่ได้จากการอบแห้งรูปแบบที่ 2 จึงมีปริมาณความชื้นและค่า a_w สูงกว่า การอบแห้งรูปแบบที่ 1 และ 3

4.6.4 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยการทดสอบความชอบ หรือการยอมรับของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อผลลื่นจ้อยบแห้งทั้งเปลือกที่ได้จากการอบแห้งโดยใช้รูปแบบการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบ แสดงดังตาราง 4.11 ซึ่งพบว่า การอบแห้งผลลื่นจี้โดยใช้รูปแบบอุณหภูมิการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบ ไม่มีผลต่อความชอบของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ลื่นจ้อยบแห้งทั้งเปลือก เนื่องจากผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ลื่นจ้อยบแห้งทั้งเปลือกที่อบแห้งโดยใช้รูปแบบอุณหภูมิการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 4.9 สมบัติทางกายภาพของผลลื่นจ้อยบแห้งที่ใช้รูปแบบการอบแห้ง 3 รูปแบบ

วิธีการอบแห้ง	ค่าสี			ลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกลื่นจี้ (แรงกด ; นิวตัน)	ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลื่นจี้ (แรงฉีก ; นิวตัน)
	L	a*	b*		
รูปแบบที่ 1	34.75±0.06	23.49±0.01	20.16±0.24	13.73±0.01	23.73±0.72
รูปแบบที่ 2	37.69±1.91	24.13±0.41	21.86±2.23	14.62±0.47	23.25±1.58
รูปแบบที่ 3	36.72±1.24	24.10±2.10	21.16±1.79	14.32±1.51	23.56±1.66

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันแต่ละแถวในแนวดังแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

รูปแบบที่ 1 อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ 6 ชม. เพิ่มขึ้น 70 °ซ 6 ชม. เพิ่มขึ้น 80 °ซ 15 ชม. ลดลงเหลือ 70 °ซ 12 ชม. และลดลงเหลือ 60 °ซ 3 ชม. รวมเวลาอบแห้ง 42 ชม.

รูปแบบที่ 2 อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °ซ 12 ชม. เพิ่มขึ้น 80 °ซ 12 ชม. ลดลงเหลือ 70 °ซ 12 ชม. และลดลงเหลือ 60 °ซ 3 ชม. รวมเวลาอบแห้ง 42 ชม.

รูปแบบที่ 3 อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ เป็นเวลา 60 ชม.

ตาราง 4.10 ส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ 3 รูปแบบการอบแห้ง 3 รูปแบบ

วิธีการอบแห้ง	ปริมาณกรด ทั้งหมด ในเปลือก (กรัม/100 กรัม)	ปริมาณกรด ทั้งหมด ในเนื้อ (กรัม/100 กรัม)	ค่าพีเอช ในเปลือก	ค่าพีเอช ในเนื้อ	ของแข็ง ทั้งหมดที่ ละลายน้ำได้ (%)	น้ำตาล รีดิวซิง (%)	น้ำตาล ทั้งหมด (%)	ความชื้นของ เนื้อลิ้นจี่ (%)	ค่า pH ของ เนื้อลิ้นจี่
รูปแบบที่ 1	0.71±0.01	1.81±0.00	3.59±0.00	4.65±0.02	58.00±0.00	56.50±1.21	56.93±1.14	31.33±0.02	0.52±0.00
รูปแบบที่ 2	0.72±0.07	1.83±0.02	3.46±0.06	4.73±0.14	58.00±0.00	56.56±0.22	57.01±0.05	32.53±0.00	0.55±0.00
รูปแบบที่ 3	0.73±0.09	1.83±0.07	3.60±0.07	4.55±0.12	58.00±2.83	57.20±1.12	57.73±1.15	31.79±0.04	0.52±0.00

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันแต่ละแถวในแนวนองแสดงว่าค่าเฉลี่ย

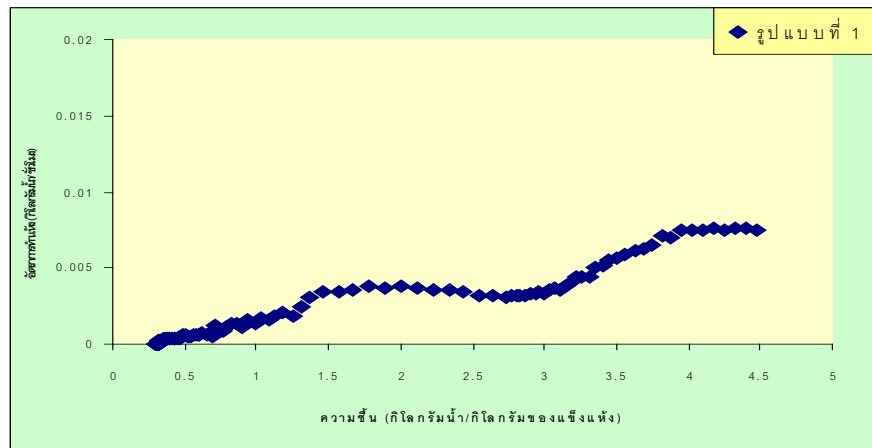
มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p<0.05

** ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดมาลิก

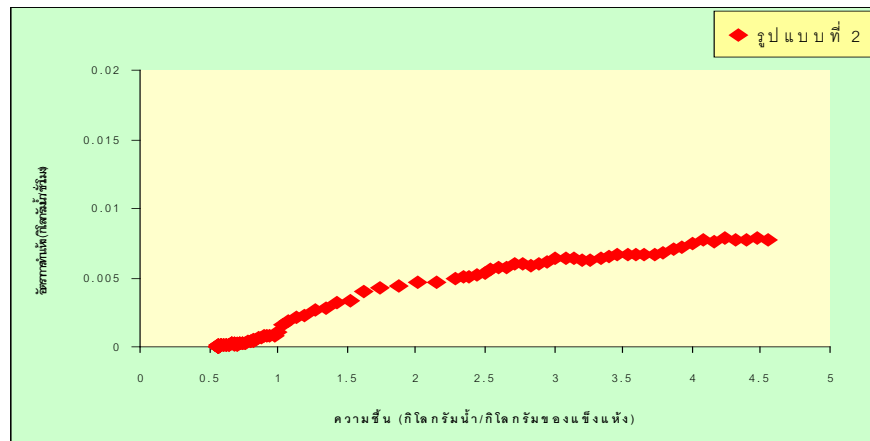
รูปแบบที่ 1 อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ 6 ชม. เพิ่มขึ้น 70 °ซ 6 ชม. เพิ่มขึ้น 80 °ซ 15 ชม. ลดลงเหลือ 70 °ซ 12 ชม. และลดลงเหลือ 60 °ซ 3 ชม. รวมเวลาอบแห้ง 42 ชม.

รูปแบบที่ 2 อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °ซ 12 ชม. เพิ่มขึ้น 80 °ซ 12 ชม. ลดลงเหลือ 70 °ซ 12 ชม. และลดลงเหลือ 60 °ซ 3 ชม. รวมเวลาอบแห้ง 42 ชม.

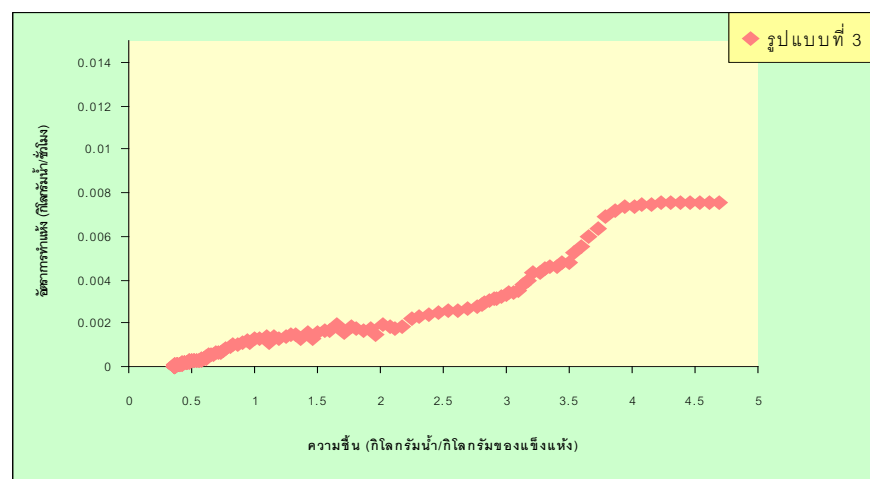
รูปแบบที่ 3 อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ เป็นเวลา 60 ชม.



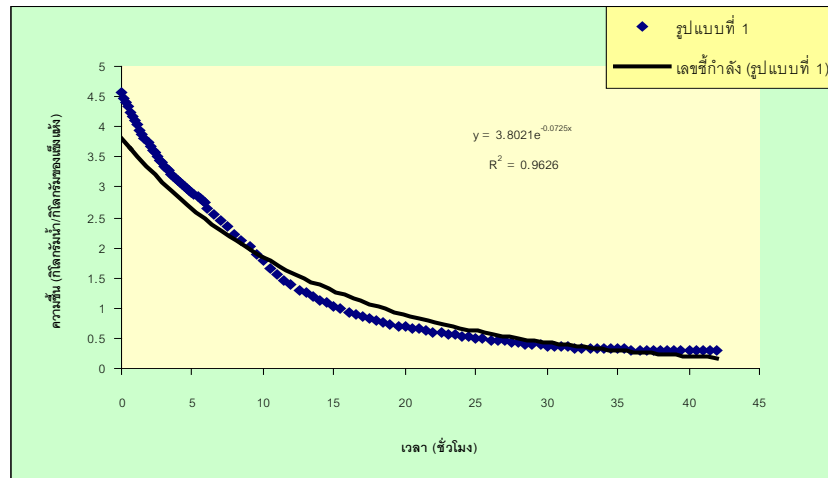
รูป 4.25 อัตราการอบแห้งผลลึ้นจากการอบแห้งรูปแบบที่ 1



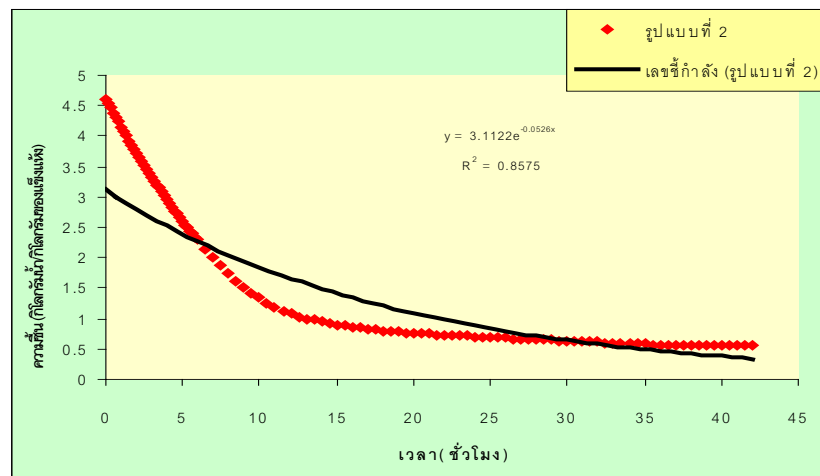
รูป 4.26 อัตราการอบแห้งผลลึ้นจากการอบแห้งรูปแบบที่ 2



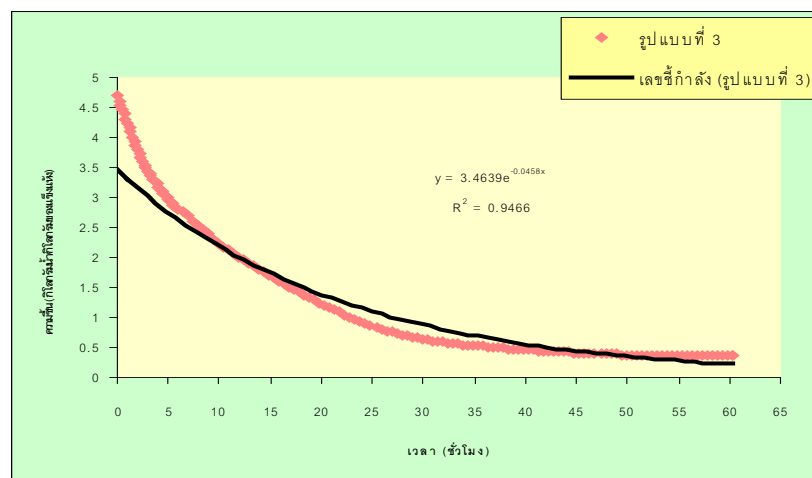
รูป 4.27 อัตราการอบแห้งผลลึ้นจากการอบแห้งรูปแบบที่ 3



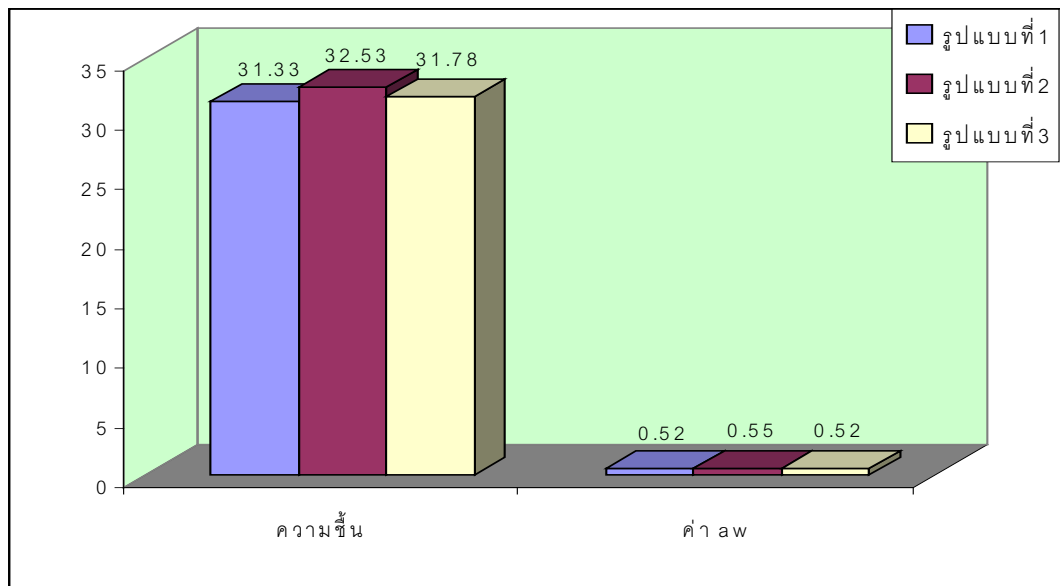
รูป 4.28 ปริมาณความชื้นที่ลดลงของผลลื่นจีระหว่างการอบแห้งโดยใช้รูปแบบการอบแห้งที่ 1



รูป 4.29 ปริมาณความชื้นที่ลดลงของผลลื่นจีระหว่างการอบแห้งโดยใช้รูปแบบการอบแห้งที่ 2



รูป 4.30 ปริมาณความชื้นที่ลดลงของผลลื่นจีระหว่างการอบแห้งโดยใช้รูปแบบการอบแห้งที่ 3



รูป 4.31 ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์จ๊อบแห้งที่ใช้รูปแบบในการอบแห้ง 3 รูปแบบ

ตาราง 4.11 ผลการทดสอบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จ๊อบแห้งที่ใช้รูปแบบในการอบแห้ง 3 รูปแบบ

รูปแบบอุณหภูมิ	สีเปลือก	กลิ่น	รสหวาน	รสเปรี้ยว	ยอมรับรวม
รูปแบบที่ 1	7.32 ^{ns}	6.08 ^{ns}	7.34 ^{ns}	6.35 ^{ns}	7.07 ^{ns}
รูปแบบที่ 2	6.84 ^{ns}	6.47 ^{ns}	7.81 ^{ns}	6.11 ^{ns}	6.94 ^{ns}
รูปแบบที่ 3	7.41 ^{ns}	5.92 ^{ns}	7.09 ^{ns}	6.06 ^{ns}	7.22 ^{ns}

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันแต่ละแถวในแนวดิ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

คะแนนที่ปรากฏแสดงว่า

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

6 = ชอบเล็กน้อย

2 = ไม่ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง

3 = ไม่ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

9 = ชอบมากที่สุด

5 = เฉยๆ

4.7 การศึกษาวิธีการเก็บรักษาผลล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกและอายุการเก็บรักษา

การศึกษาเพื่อหาวิธีการเก็บรักษาผลล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกที่เหมาะสมและอายุการเก็บรักษาของผลล้นจ๊อบแห้ง โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางด้านประสาทสัมผัสของผลล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกที่เก็บรักษาด้วยวิธีการเก็บรักษา 4 วิธี คือการบรรจุในถุง high density polyethylene (HDPE) ถุง oriental polypropylene (OPP) ถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และ ถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน (oxygen scavengers) ได้ผลการศึกษา ดังนี้

4.7.1 ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ

ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของผลล้นจ๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษาแสดงดังตาราง 4.12-4.16 รูป 4.31-4.32 และรูปผนวก ก -1 ถึง ผนวก ก - 7

ค่าสีเปลือก : ผลการศึกษาวิธีการเก็บรักษาผลล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกตลอดระยะเวลา 10 เดือน พบว่าผลล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกที่เก็บรักษาด้วยวิธีการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลให้เปลือกผลล้นจ๊อบแห้งมีการเปลี่ยนแปลงค่าสี L และ a^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (รูป 4.31 และ 4.32) แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า สี b^* โดยผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE เปลือกมีค่าสี L และ a^* โดยเฉลี่ยลดลง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาด้วยวิธีการอื่นมากที่สุด ขณะที่ผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมีความแตกต่างน้อยที่สุด และการลดลงของค่าสี a^* ของผลล้นจ๊อบแห้งทั้งที่เก็บรักษาในถุง OPP และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสี L และ a^* ของเปลือกผลล้นจ๊อบแห้งในแต่ละเดือนของการเก็บรักษา พบว่าเมื่อมีอายุการเก็บรักษาครบ 6 เดือน ผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE เริ่มมีค่าสี L และ a^* ลดลงมากที่สุด และมีความแตกต่างจากวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขณะที่ถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงค่าสี L และ a^* ลดลงน้อยที่สุด และมีความแตกต่างจากวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเก็บรักษาไว้ครบ 10 เดือน สำหรับผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP เริ่มมีค่าสี L ลดลงมากกว่าผลล้นจ๊อบที่เก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่ออายุการเก็บรักษาครบ 8 เดือน และเมื่อเก็บรักษาครบ 10 เดือน ค่าสี L ของเปลือกผลล้นจ๊อบมีค่าแตกต่างจากที่เก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและถุง

OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน แต่ไม่มีความแตกต่างกับที่เก็บรักษาในถุง HDPE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลการเปลี่ยนแปลงค่าสี L และ a^* แสดงให้เห็นว่าระหว่างการเก็บรักษาผลล้นจ๊อบแห้งจะมีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก โดยเปลือกผลล้นจ๊อบแห้งมีสีคล้ำขึ้นและมีสีแดงลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น และปริมาณการเปลี่ยนแปลงจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวิธีการเก็บรักษา (รูปภาคผนวก ก-1 ถึง ภาคผนวก ก-7) โดยผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE มีผลทำให้ผลล้นจ๊อบแห้งมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกโตออกซิเดชันของสารสีแอนโทไซยานิน เป็นผลให้เปลือกผลล้นจ๊อบแห้งมีสีเปลี่ยนแปลงไประหว่างการเก็บรักษา ปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาออกโตออกซิเดชันของสารสีแอนโทไซยานินคือ ก๊าซออกซิเจน (Dominic, 1989) เมื่อเปรียบอัตราการซึมผ่านเข้า-ออกของก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุ พบว่าถุง HDPE มีอัตราการซึมผ่านเข้า-ออกของก๊าซออกซิเจนมากกว่าถุง OPP ซึ่งถุง HDPE มีอัตราการซึมผ่านเข้า-ออกของก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 185 มิลลิลิตรต่อ 100 ตารางนิ้ว ส่วนถุง OPP มีอัตราการซึมผ่านเข้า-ออกของก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 100-160 มิลลิลิตรต่อ 100 ตารางนิ้ว (James, 1993) จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงทำให้ผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP มีการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกระหว่างการเก็บรักษา น้อยกว่าผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE

การที่ก๊าซออกซิเจนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความไม่คงตัวระหว่างการเก็บรักษา การกำจัดก๊าซออกซิเจนออกจากภาชนะบรรจุจึงมีบทบาทสำคัญในการช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร (วารุณี และ Hirata, 2540) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าการใช้สารดูดออกซิเจนและสารดูดความชื้นสามารถช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงค่าสี L และค่าสี a^* ของผลล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกได้ดีที่สุด เนื่องจากสารดูดออกซิเจนที่ใช้ คือผงเหล็ก สามารถช่วยดูดก๊าซออกซิเจนออกจากภาชนะบรรจุให้ลดลงเหลือน้อยกว่า 0.01% ภายในเวลา 1-4 วันเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (Rooney, 1995) และสามารถรักษาสภาพภายในภาชนะบรรจุให้อยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจนได้เป็นเวลาหลายเดือนและบางครั้งเป็นปี (วารุณี และ Hirata, 2540) การกำจัดก๊าซออกซิเจนจึงเป็นผลให้ผลล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกที่เก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นร่วมกับสารดูดออกซิเจน มีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกผลล้นจ๊อบแห้งน้อยที่สุดเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา

ลักษณะเนื้อสัมผัส : ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกและเนื้อล้นจ๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา พบว่าวิธีการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกและเนื้อล้นจ๊อบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าเปลือกของผลล้นจ๊อบแห้งทุกวิธีการเก็บรักษา มีลักษณะความกรอบของเปลือกเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมน้อยมาก ซึ่งมี

ค่าแรงกดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 11.94-12.12 นิวตัน โดยถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นมีค่าแรงกดเฉลี่ยทั้ง 10 เดือน เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด รองลงมาคือถุง OPP ถุง HDPE และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน เช่นเดียวกับเนื้อลื่นจ๊อบแห้ง มีค่าแรงเฉือนเฉลี่ย 10 เดือนอยู่ในช่วง 22.01-22.68 นิวตัน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิม โดยการเก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน มีค่าแรงเฉือนน้อยที่สุด รองลงมาคือ ถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น ถุง OPP และถุง HDPE ตามลำดับ

4.7.2 ผลการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมี

ผลการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีแสดงดังตาราง 4.17-4.24 และรูป 4.34-4.36

ปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอช : ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอชในเปลือกและเนื้อลื่นจ๊อบแห้ง พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อลื่นจ๊อบและค่าพีเอชในเปลือกและเนื้อลื่นจ๊อบแห้งของทุกวิธีการเก็บรักษาในระหว่างการเก็บรักษานาน 10 เดือน แต่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในเปลือกผลลื่นจ๊อบแห้งจากทุกวิธีการเก็บรักษา (รูป 4.34) โดยผลลื่นจ๊อบแห้งในถุง HDPE และถุง OPP มีปริมาณกรดทั้งหมดลดลงมากกว่าที่เก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของเปลือกผลลื่นจ๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษาพบว่าในแต่ละเดือนการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดในเปลือกผลลื่นจ๊อบแห้งเกิดขึ้นชัดเจนในทุกวิธีการเก็บรักษาเมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน โดยผลลื่นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE มีปริมาณกรดทั้งหมดในเปลือกลดลงมากที่สุด และแตกต่างจากวิธีการอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อเก็บรักษาครบ 8 เดือน พบว่าผลลื่นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP มีปริมาณกรดทั้งหมดในเปลือกลดลงไม่แตกต่างจากการเก็บรักษาในถุง HDPE แต่มีความแตกต่างจากผลลื่นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเก็บรักษาครบ 10 เดือน ผลลื่นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE และถุง OPP ยังคงมีปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่างกัน แต่พบว่าผลลื่นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น เริ่มมีปริมาณกรดทั้งหมดลดลงแตกต่างจากการเก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาล : ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเนื้อผลลื่นจ๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา พบว่าวิธีการเก็บรักษาไม่มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็ง

ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเนื้อผลล้นจ๊อบแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ประมาณ 56-57.75% มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงอยู่ในช่วง 54.9-56.28% และมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด อยู่ในช่วง 55.50-56.93%

ความชื้นและค่า a_w : ผลการศึกษาวิธีการเก็บรักษาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นและค่า a_w ของผลล้นจ๊อบแห้ง พบว่าวิธีการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลให้ผลล้นจ๊อบแห้งมีความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (รูป 4.35-4.36) โดยผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น ให้ค่าเฉลี่ยความชื้นและค่า a_w ใกล้เคียงกับเมื่ออบแห้งเสร็จใหม่ๆ ผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE และถุง OPP มีความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้นสูงกว่าเมื่ออบแห้งใหม่ๆ และแตกต่างจาก 2 วิธีแรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความชื้นและค่า a_w ของผลล้นจ๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษาในแต่ละเดือน พบว่าเมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน ผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE และถุง OPP มีความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้นแตกต่างจากการเก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่เมื่อเก็บรักษาครบ 8 เดือน พบว่าผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE มีความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้นมากกว่าผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อเก็บรักษาครบ 10 เดือน พบว่าผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE ยังคงมีความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP ส่วนผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมีความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้นน้อยกว่าการเก็บรักษาในถุง HDPE และถุง OPP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การเก็บรักษาผลล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกในถุง HDPE และถุง OPP มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความชื้นและค่า a_w โดยเฉลี่ย 10 เดือน แล้วไม่แตกต่างกัน แต่ระหว่างการเก็บรักษาผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE มีความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้นมากกว่าการเก็บรักษาในถุง OPP เมื่อครบระยะเวลาการเก็บรักษานาน 10 เดือน อาจเนื่องจาก ถุง HDPE มีอัตราการซึมผ่านเข้า-ออกของไอน้ำได้มากกว่าถุง OPP ซึ่งถุง HDPE มีอัตราการซึมผ่านเข้า-ออกของไอน้ำเท่ากับ 0.30 กรัมต่อ 100 ตารางนิ้ว ส่วนถุง OPP มีอัตราการผ่านเข้า-ออกของไอน้ำเท่ากับ 0.25 กรัมต่อ 100 ตารางนิ้ว (James, 1993) จึงเป็นสาเหตุให้ผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE มีความชื้นและค่า a_w มากกว่าการเก็บรักษาในถุง OPP เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนการเก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และ ถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน ผลล้นจ๊อบแห้งมีความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด เนื่องจากสารดูดความชื้นที่ใช้ร่วม

กับการใช้ถุง OPP มีคุณสมบัติในการดูดซับความชื้นได้สูงถึง 40% ของน้ำหนักตัว สารดูดความชื้นที่ใช้ คือ ซิลิกาเจล นอกจากจะช่วยดูดซับความชื้นได้ดีแล้ว ยังไม่เกิดการรวมตัวกันเป็นก้อน จึงเป็นสารที่นิยมใช้สำหรับป้องกันการเพิ่มขึ้นความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาผลไม้อบแห้ง (Somogy and Luh, 1986) ดังนั้นการเติมสารดูดความชื้นร่วมกับการใช้ถุง OPP จึงสามารถป้องกันไม่ให้ความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาได้ดีที่สุด

4.7.3 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ระหว่างการเก็บรักษาผลล้นจี่อบแห้งทั้งเปลือก 4 วิธี ได้ทำการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี multiple comparisons test ผลการศึกษาแสดงดังตาราง 4.26-4.30

ในการทดสอบหาความแตกต่างแบบ multiple comparisons test เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของผลล้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกที่เก็บรักษาใน ถุง OPP ถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน กับผลล้นจี่อบแห้งที่บรรจุในถุง HDPE ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ (R) หรือตัวอย่างชิมมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่าผลล้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกที่เก็บรักษาด้วยวิธีการเก็บรักษาทุกวิธีมีผลให้ผลล้นจี่อบแห้ง มีกลิ่นล้นจี่ รสหวาน และรสเปรี้ยวไม่แตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐานตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ผู้บริโภคมพบความแตกต่างของลักษณะทางด้านสีเปลือกของผลล้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา และให้การยอมรับผลล้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกที่เก็บรักษาด้วยวิธีการเก็บรักษาต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าเมื่อเก็บรักษานาน 6 เดือน ผู้บริโภคให้การยอมรับสีของเปลือกผลล้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษาด้วยวิธีการเก็บรักษาต่างๆ แตกต่างกันโดยผู้บริโภคให้การยอมรับสีของเปลือกของผลล้นจี่อบแห้งที่บรรจุในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมากกว่าผลล้นจี่อบแห้งที่เป็นตัวอย่างมาตรฐาน และที่เก็บรักษาไว้ในถุง OPP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อเก็บรักษาครบ 10 เดือน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับสีของเปลือกของผลล้นจี่ที่เก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมากที่สุด รองลงมาคือผลล้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษาไว้ในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น ส่วนผลล้นจี่ที่เก็บรักษาในถุง OPP พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับลักษณะทางด้านสีของเปลือกผลล้นจี่อบแห้งไม่แตกต่างจากผลล้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE ซึ่งเป็นตัวอย่างมาตรฐาน

นอกจากนี้ พบว่าในการพิจารณาการยอมรับลักษณะของผลล้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกโดยรวมของผู้บริโภคนั้น ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจให้การยอมรับลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยรวมคือ สีของเปลือกผลล้นจี่ โดยผลล้นจี่อบแห้งที่มีสีแดงลดลงมีผลให้การยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคลดลง จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลล้นจี่อบแห้งที่แสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างกันของสีเปลือกผลล้นจี่เมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ที่พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยรวม

แตกต่างกัน เมื่อผลล้นจ๊อบแห้งมีอายุการเก็บรักษาครบ 6 เดือน ซึ่งผู้บริโภครู้ให้การยอมรับผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมากที่สุด รองลงมาคือผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น ส่วนผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP พบว่าผู้บริโภครู้ให้การยอมรับไม่แตกต่างจากผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE และผู้บริโภครู้ให้การยอมรับเช่นกันจนเก็บรักษาครบ 10 เดือน

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมีของผลล้นจ๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลล้นจ๊อบแห้งเป็นตัวชี้บ่งถึงความไม่คงตัวของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลล้นจ๊อบแห้ง จึงเป็นตัวกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาด้วยวิธีการเก็บรักษาที่แตกต่างกันได้ ซึ่งจากผลการทดลองในตาราง 4.31 แสดงให้เห็นว่าผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นที่สุด คือ 7.22 เดือน เนื่องจากผลล้นจ๊อบแห้งมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกระหว่างการเก็บรักษามากที่สุด ส่วนผลล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP ถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 9.68, 9.31 และ 10.95 เดือน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาผลล้นจ๊อบแห้งในโดยถุง OPP มีผลให้ผลล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกมีอายุการเก็บรักษานานกว่าการใช้ถุง HDPE และนอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนร่วมกับการใช้ถุง OPP ช่วยทำให้ผลล้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกมีอายุการเก็บรักษานานที่สุดและมีคุณภาพเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด

ตาราง 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของเปลือกผลดินเจือปนแข็งระหว่างการรักษา

วิธีการเก็บรักษา	ค่าสี L ระหว่างการเก็บรักษานาน 10 เดือน						ค่าเฉลี่ยของการเก็บรักษาแต่ละวิธี
	0	2	4	6	8	10	
HDPE	34.91±1.18	34.31±0.62	34.31 ±0.56	32.77 ^b ±0.64	30.76 ^c ±0.37	29.84 ^c ±1.03	32.82 ^b
OPP	34.91±1.18	34.54±0.79	34.38±0.23	33.65 ^a ±0.17	33.59 ^b ±0.76	32.28 ^c ±0.61	33.89 ^a
OPP +สารดูดความชื้น	34.91±1.18	34.74±1.11	34.42±0.15	34.34 ^a ±0.66	34.18 ^a ±0.66	32.97 ^b ±1.54	34.09 ^a
OPP +สารดูดความชื้น +สารดูดออกซิเจน	34.91±1.18	34.83±1.85	34.71 ±1.01	34.55 ^a ±0.34	34.22 ^a ±0.71	33.56 ^a ±0.49	34.46 ^a

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตาราง 4.13 การเปลี่ยนแปลงค่าดี ^a * ของเปลือกผลัดขึ้นจอบแบบหึ่งระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการเก็บรักษา	ค่าดี ^a * ระหว่างการเก็บรักษานาน 10 เดือน						ค่าเฉลี่ย ของแต่ละการ เก็บรักษา
	0	2	4	6	8	10	
HDPE	24.47±0.19	22.65±0.71	22.02±0.13	21.81 ^b ±1.00	20.62 ^b ±1.20	19.42 ^c ±2.33	21.83 ^c
OPP	24.47±0.19	23.45±0.30	22.84±1.20	22.51 ^a ±0.42	21.44 ^a ±0.18	20.52 ^b ±1.48	22.54 ^b
OPP +สารดูดความชื้น ^u	24.47±0.19	23.24±0.71	22.63±0.95	22.63 ^a ±0.82	21.28 ^a ±0.19	20.46 ^b ±0.47	22.45 ^b
OPP +สารดูดความชื้น ^u +สารดูดออกซิเจน	24.47±0.19	23.41±1.03	23.21±0.82	22.89 ^a ±1.33	22.53 ^a ±0.76	21.72 ^a ±0.94	23.04 ^a

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตาราง 4.14 การเปลี่ยนแปลงค่าดีบี* ของเปลือกผลัดขึ้นที่รอบแห่งระหว่างการรักษา

วิธีการเก็บรักษา	ค่าดีบี* ระหว่างการเก็บรักษานาน 10 เดือน					ค่าเฉลี่ย ของแต่ละวิธีการ เก็บรักษา
	0	2	4	6	8	10
HDPE	19.97±2.19	19.65±0.61	17.98±0.94	17.13±0.35	16.73±0.55	16.56±0.42
OPP	19.97±2.19	19.27±0.46	18.16±0.69	17.72±0.44	16.42±0.83	16.42±0.76
OPP +สารดูดความชื้น	19.97±2.19	19.64±1.09	17.74±0.39	17.49±0.71	16.42±0.61	16.66±0.88
OPP +สารดูดความชื้น +สารดูดออกซิเจน	19.97±2.19	19.78±0.49	18.55±1.75	18.25±0.28	17.02±0.80	16.74±1.06
						18.38

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตาราง 4.15 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งระหว่างการรักษา

วิธีการรักษา	ค่าแรงกดต่อเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งระหว่างการรักษา 10 เดือน (นิวตัน)						ค่าเฉลี่ย ของแต่ละวิธีการ เก็บรักษา
	0	2	4	6	8	10	
HDPE	11.94±0.66	11.61±1.65	12.77±0.76	12.28±1.36	11.87±0.31	11.96±0.11	12.07
OPP	11.94±0.66	12.75±0.72	12.05±1.92	11.91±0.20	11.56±0.16	11.82±1.12	12.01
OPP +สารดูดความชื้น	11.94±0.66	12.50±1.67	11.98±0.27	11.64±0.27	11.94±0.08	11.69±1.28	11.94
OPP +สารดูดความชื้น +สารดูดออกซิเจน	11.94±0.66	12.85±1.56	12.20±0.67	11.77±0.20	12.08±0.93	11.91±0.91	12.12

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตาราง 4.16 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แช่แข็งระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการเก็บรักษา	ค่าแรงเหวี่ยงต่อเนื้อผลิตภัณฑ์แช่แข็งระหว่างการเก็บรักษานาน 10 เดือน (นิวตัน)						ค่าเฉลี่ยของตัวเลขวิธีการเก็บรักษา
	0	2	4	6	8	10	
HDPE	21.56±1.30	22.47±0.44	22.95±1.61	22.71±1.32	23.63±0.77	22.78±1.41	22.68
OPP	21.56±1.30	22.88±1.26	22.22±2.22	23.03±1.48	23.20±0.61	23.04±0.46	22.65
OPP + สารดูดความชื้น	21.56±1.30	23.65±2.02	21.85±2.08	22.23±0.63	22.71±0.08	22.86±1.61	22.48
OPP + สารดูดความชื้น + สารดูดออกซิเจน	21.56±1.30	22.06±2.28	21.25±1.50	21.42±0.49	22.82±0.09	22.99±1.62	22.01

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตาราง 4.17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดยของเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการเก็บรักษา	ปริมาณกรดทั้งหมดยของเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษานาน 10 เดือน (%)						ค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการเก็บรักษา
	0	2	4	6	8	10	
HDPE	0.58±0.02	0.58±0.02	0.56±0.02	0.50 ^b ±0.05	0.47 ^b ±0.04	0.40 ^c ±0.00	0.52 ^b
OPP	0.58±0.02	0.57±0.04	0.57±0.04	0.52 ^a ±0.03	0.47 ^b ±0.07	0.42 ^c ±0.00	0.52 ^b
OPP + สารดูดความชื้น	0.58±0.02	0.58±0.02	0.57±0.04	0.54 ^a ±0.00	0.55 ^a ±0.07	0.48 ^b ±0.02	0.55 ^a
OPP + สารดูดความชื้น + สารดูดออกซิเจน	0.58±0.02	0.58±0.06	0.57±0.00	0.55 ^a ±0.00	0.55 ^a ±0.07	0.53 ^a ±0.00	0.56 ^a

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวนองแสดงว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตาราง 4.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อผลิตภัณฑ์จิบเบอระหว่างการรักษา

วิธีการเก็บรักษา	ปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อผลิตภัณฑ์จิบเบอระหว่างการเก็บรักษานาน 10 เดือน (%)						ค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการเก็บรักษา
	0	2	4	6	8	10	
HDPE	1.97±0.04	1.97±0.05	1.97±0.05	1.96±0.08	1.95±0.07	1.96±0.02	1.96
OPP	1.97±0.04	1.95±0.02	1.96±0.02	1.95±0.08	1.96±0.02	1.97±0.05	1.96
OPP +สารดูดความชื้น	1.97±0.04	1.96±0.07	1.97±0.00	1.95±0.03	1.97±0.00	1.97±0.14	1.96
OPP +สารดูดความชื้น +สารดูดออกซิเจน	1.97±0.04	1.97±0.04	1.97±0.00	1.97±0.00	1.96±0.05	1.96±0.14	1.97

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตาราง 4.19 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการเก็บรักษา	ค่าพีเอชของเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษานาน 10 เดือน						ค่าเฉลี่ย ของแต่ละวิธีการ เก็บรักษา
	0	2	4	6	8	10	
HDPE	3.53±0.07	3.61±0.05	3.60±0.22	3.68±0.30	3.82±0.21	3.91±0.22	3.69
OPP	3.53±0.07	3.57±0.13	3.64±0.09	3.73±0.11	3.88±0.13	3.89±0.04	3.70
OPP +สารดูดความชื้น	3.53±0.07	3.66±0.22	3.71±0.03	3.77±0.13	3.84±0.07	4.01±0.52	3.75
OPP +สารดูดความชื้น +สารดูดออกซิเจน	3.53±0.07	3.62±0.03	3.68±0.13	3.77±0.18	3.87±0.11	3.92±0.04	3.73

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตาราง 4.20 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อผลิตภัณฑ์จืดบแห้งระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการเก็บรักษา	ค่าพีเอชของเนื้อผลิตภัณฑ์จืดบแห้งระหว่างการเก็บรักษานาน 10 เดือน						ค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการเก็บรักษา
	0	2	4	6	8	10	
HDPE	4.49±0.39	4.45±0.11	4.50±0.31	4.53±0.13	4.56±0.44	4.52±0.07	4.51
OPP	4.49±0.39	4.43±0.25	4.46±0.10	4.50±0.24	4.50±0.08	4.52±0.20	4.48
OPP + สารดูดความชื้น	4.49±0.39	4.42±0.08	4.43±0.20	4.53±0.31	4.49±0.25	4.56±0.01	4.49
OPP + สารดูดความชื้น + สารดูดออกซิเจน	4.49±0.39	4.46±0.21	4.52±0.04	4.49±0.18	4.69±0.25	4.50±0.04	4.52

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตาราง 4.21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลิตภัณฑ์จืดบนแผงระหว่างการศึกษา

วิธีการเก็บรักษา	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ระหว่างการศึกษาที่อุณหภูมิห้องนาน 10 เดือน (%)						ค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการเก็บรักษา
	0	2	4	6	8	10	
HDPE	57.75±0.03	56.00±0.00	57.00±2.24	56.00±0.00	57.5±0.71	56.00±2.83	56.71
OPP	57.75±0.03	56.00±0.00	57.00±1.41	57.00±0.71	57.00±4.24	57.00±4.24	56.96
OPP + สารดูดความชื้น	57.75±0.03	56.50±0.71	56.50±3.53	56.00±0.00	57.00±0.00	56.50±2.53	56.71
OPP + สารดูดความชื้น + สารดูดออกซิเจน	57.75±0.03	56.00±2.82	56.00±2.82	57.50±2.12	57.00±0.00	56.50±2.12	56.79

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตาราง 4.22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาสดรีดิวซ์ของเนื้อผลลิ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการเก็บรักษา	ปริมาณน้ำตาสดรีดิวซ์ของเนื้อผลลิ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษานาน 10 เดือน (%)						ค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการเก็บรักษา
	0	2	4	6	8	10	
HDPE	56.28±1.53	54.90±0.84	55.69±0.54	55.62±0.42	55.81±0.83	55.23±1.69	55.59
OPP	56.28±1.53	55.82±1.37	54.85±0.64	55.57±1.29	54.93±0.42	55.28±0.54	55.45
OPP +สารดูดความชื้น	56.28±1.53	55.28±0.08	55.27±1.46	55.19±1.25	55.57±0.35	55.27±0.66	55.48
OPP +สารดูดความชื้น +สารดูดออกซิเจน	56.28±1.53	55.32±1.19	55.71±0.60	55.04±1.05	55.27±0.03	54.90±0.38	55.42

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตาราง 4.23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาตทั้งหมดของเนื้อผลลินเจอบแห้งทั้งปloidระหว่างการรักษา

วิธีการรักษา	ปริมาณน้ำตาตทั้งหมดของเนื้อผลลินเจอบแห้งทั้งปloidระหว่างการรักษา 10 เดือน (%)						ค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการเก็บรักษา
	0	2	4	6	8	10	
HDPE	56.93±1.42	55.50±0.74	55.29±0.57	56.15±0.49	56.28±0.75	55.96±1.31	56.18
OPP	56.93±1.42	55.82±1.37	55.50±0.68	56.09±1.15	55.53±0.30	55.86±0.58	55.95
OPP + สารดูดความชื้น	56.93±1.42	55.75±0.15	55.97±1.43	55.79±1.14	56.13±0.45	55.85±0.64	56.07
OPP + สารดูดความชื้น + สารดูดออกซิเจน	56.93±1.42	55.90±1.13	55.71±0.60	55.64±1.02	55.80±0.69	55.50±0.34	55.91

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตาราง 4.24 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของเนื้อผลิตภัณฑ์จื๊อแห้งทั้งปัสเจอร์ระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการเก็บรักษา	ค่า a_w ของเนื้อผลิตภัณฑ์จื๊อแห้งทั้งปัสเจอร์ระหว่างการเก็บรักษานาน 10 เดือน						ค่าเฉลี่ย ของแต่ละวิธีการ เก็บรักษา
	0	2	4	6	8	10	
HDPE	0.55±0.01	0.57±0.01	0.57±0.01	0.61 ^a ±0.00	0.63 ^a ±0.01	0.64 ^a ±0.03	0.60 ^a
OPP	0.55±0.01	0.56±0.00	0.56±0.01	0.60 ^a ±0.00	0.61 ^b ±0.00	0.61 ^a ±0.00	0.58 ^b
OPP +สารดูดความชื้น	0.55±0.01	0.56±0.00	0.56±0.00	0.56 ^b ±0.00	0.56 ^c ±0.00	0.57 ^b ±0.00	0.56 ^c
OPP +สารดูดความชื้น +สารดูดออกซิเจน	0.55±0.01	0.56±0.01	0.56±0.00	0.56 ^b ±0.00	0.56 ^c ±0.00	0.58 ^b ±0.01	0.56 ^c

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตาราง 4.25 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเนื้อผลิตภัณฑ์จุ่มแข็งระหว่างการรักษา

วิธีการเก็บรักษา	ปริมาณความชื้นของเนื้อผลิตภัณฑ์จุ่มแข็งระหว่างการรักษา 10 เดือน (%)						ค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการเก็บรักษา
	0	2	4	6	8	10	
HDPE	31.51±0.32	31.77±0.17	31.99±0.25	32.61 ^a ±0.06	33.08 ^a ±0.41	33.24 ^c ±0.13	32.37 ^a
OPP	31.51±0.32	31.78±0.06	31.85±0.18	32.33 ^a ±0.71	32.65 ^b ±0.76	32.87 ^b ±0.47	32.16 ^a
OPP + สารดูดความชื้น	31.51±0.32	31.69±0.06	31.79±0.02	31.83 ^b ±0.06	31.94 ^c ±0.32	32.12 ^a ±0.25	31.81 ^b
OPP + สารดูดความชื้น + สารดูดออกซิเจน	31.51±0.32	31.59±0.09	31.70±0.06	31.76 ^b ±0.18	31.88 ^b ±0.57	32.21 ^a ±0.55	31.77 ^b

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวนองแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p <0.05

ตาราง 4.26 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะทางด้านสีของเปลือกผลดินจ๊อบแห่งระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการเก็บรักษา	คะแนนของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะสีของเปลือกผลดินจ๊อบแห่ง ระหว่างการเก็บรักษานาน 10 เดือน					
	0	2	4	6	8	10
OPP	5.19±0.64	5.78±1.21	5.19±0.86	7.21±1.11	7.10±0.64	6.49 ^b ±0.85
OPP +สารดูดความชื้น	5.16±0.71	5.96±0.94	6.28±0.72	7.26±0.66	7.16±0.78	6.39 ^b ±0.79
OPP +สารดูดความชื้น +สารดูดออกซิเจน	5.22±0.88	5.74±0.73	6.34±1.05	7.39±0.91	7.57±0.82	7.44 ^a ±0.69

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

คะแนน 9 = ดีกว่าตัวอย่างมาตรฐานที่สุด

คะแนน 5 = ไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐาน

คะแนน 1 = ต่ำกว่าตัวอย่างมาตรฐานที่สุด

ตาราง 4.27 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะทางด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์จอบแห้งระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการเก็บรักษา	คะแนนของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะทางด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์จอบแห้ง ระหว่างการเก็บรักษานาน 10 เดือน					
	0	2	4	6	8	10
OPP	5.94±0.51	5.48±0.67	5.76±0.62	5.79±0.66	6.13±0.77	5.65±1.01
OPP +สารดูดความชื้น	6.13±0.64	5.72±0.29	6.23±0.81	5.61±0.59	5.92±0.72	6.06±0.54
OPP +สารดูดความชื้น +สารดูดออกซิเจน	6.04±0.38	5.96±0.31	6.17±0.70	6.08±0.38	6.16±0.61	5.84±0.58

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

คะแนน 9 = ดีกว่าตัวอย่างมาตรฐานที่สุด

คะแนน 5 = ไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐาน

คะแนน 1 = ค่อยกว่าตัวอย่างมาตรฐานที่สุด

ตาราง 4.28 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะทางด้านรสหวานของเนื้อผลิตภัณฑ์เจียนอบแห้งระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการเก็บรักษา	คะแนนของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะทางด้านรสหวานของเนื้อผลิตภัณฑ์เจียนอบแห้ง ระหว่างการเก็บรักษานาน 10 เดือน					
	0	2	4	6	8	10
OPP	5.32±0.67	5.64±1.05	5.09±1.08	5.16±0.92	5.53±0.66	5.76±0.81
OPP +สารดูดความชื้น	5.68±0.24	5.16±0.64	5.27±1.13	5.14±0.86	5.58±0.97	5.91±0.79
OPP +สารดูดความชื้น +สารดูดออกซิเจน	5.64±0.91	5.42±0.75	5.65±0.94	5.21±0.57	5.72±0.52	5.83±0.64

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

คะแนน 9 = ดีกว่าตัวอย่างมาตรฐานที่สุด

คะแนน 5 = ไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐาน

คะแนน 1 = ต่ำกว่าตัวอย่างมาตรฐานที่สุด

ตาราง 4.29 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะทางด้านการสเปรียของเนื้อผลิตภัณฑ์เนื้อหมูระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการเก็บรักษา	คะแนนของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะทางรสเปรี้ยวของเนื้อผลิตภัณฑ์เนื้อหมูระหว่างการเก็บรักษา 10 เดือน					
	0	2	4	6	8	10
OPP	5.98±0.75	5.65±0.94	5.26±0.75	5.66±0.43	5.48±0.88	5.71±0.51
OPP +สารดูดความชื้น	5.72±0.63	5.32±0.91	5.37±0.64	5.42±0.67	5.33±0.83	5.42±0.76
OPP +สารดูดความชื้น +สารดูดออกซิเจน	5.86±0.41	5.78±0.88	5.59±0.72	5.55±0.75	5.59±0.72	5.51±0.31

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

คะแนน 9 = ดีกว่าตัวอย่างมาตรฐานที่สุด

คะแนน 5 = ไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐาน

คะแนน 1 = ค่อยกว่าตัวอย่างมาตรฐานที่สุด

ตาราง 4.30 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะโดยรวมของผลิตภัณฑ์จอบแห้งระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการเก็บรักษา	คะแนนของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะโดยรวมของผลิตภัณฑ์จอบแห้ง ระหว่างการเก็บรักษานาน 10 เดือน					
	0	2	4	6	8	10
OPP	5.12±0.61	5.16±0.54	6.44±0.92	6.84±0.67	7.07±0.95	6.64 ^b ±0.34
OPP +สารดูดความชื้น	5.06±0.43	5.23±0.72	6.01±0.81	6.73±0.58	7.10±0.87	6.94 ^b ±0.58
OPP +สารดูดความชื้น +สารดูดออกซิเจน	5.06±0.28	5.19±0.39	5.56±0.66	6.91±0.47	7.34±0.80	7.31 ^a ±0.66

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

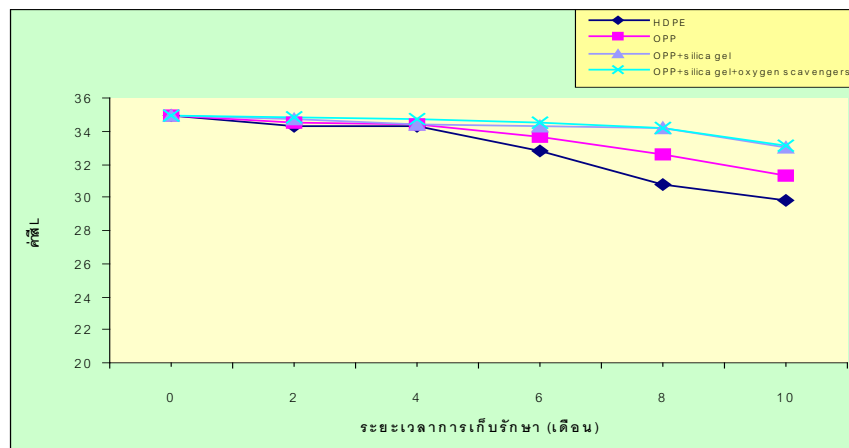
คะแนน 9 = ดีกว่าตัวอย่างมาตรฐานที่สุด

คะแนน 5 = ไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐาน

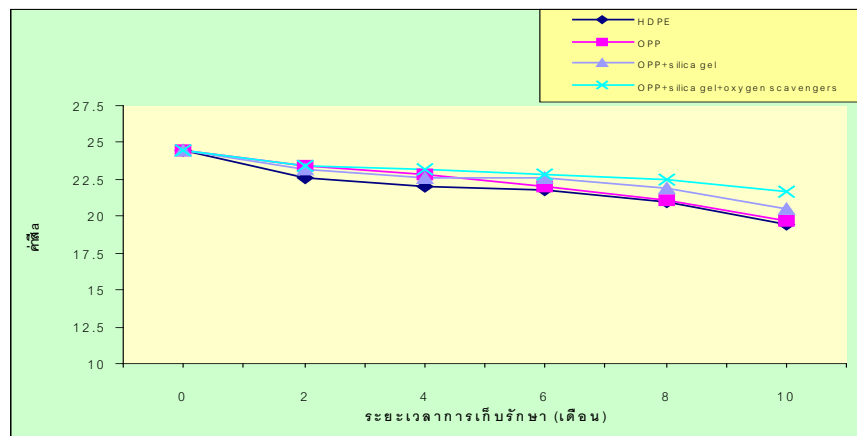
คะแนน 1 = ด้อยกว่าตัวอย่างมาตรฐานที่สุด

ตาราง 4.31 แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา
10 เดือน ที่อุณหภูมิห้องและอายุการเก็บรักษาโดยวิธีการคำนวณ

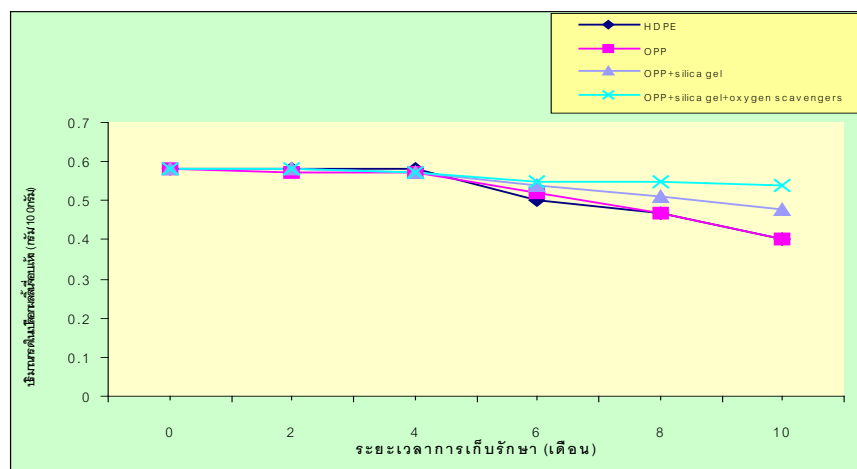
วิธีการเก็บรักษา	อัตราเร็วคงที่ของการเปลี่ยนแปลง สีของเปลือกผลลิ้นจี่ อบแห้ง (k ; เดือน ⁻¹)	อายุการเก็บรักษา (เดือน)	
		สีเปลือก	การยอมรับ
HDPE	0.050	6.34	7.22
OPP	0.040	9.52	9.68
OPP +สารดูดความชื้น	0.042	9.22	9.31
OPP +สารดูดความชื้น +สารดูดออกซิเจน	0.037	10.62	10.95



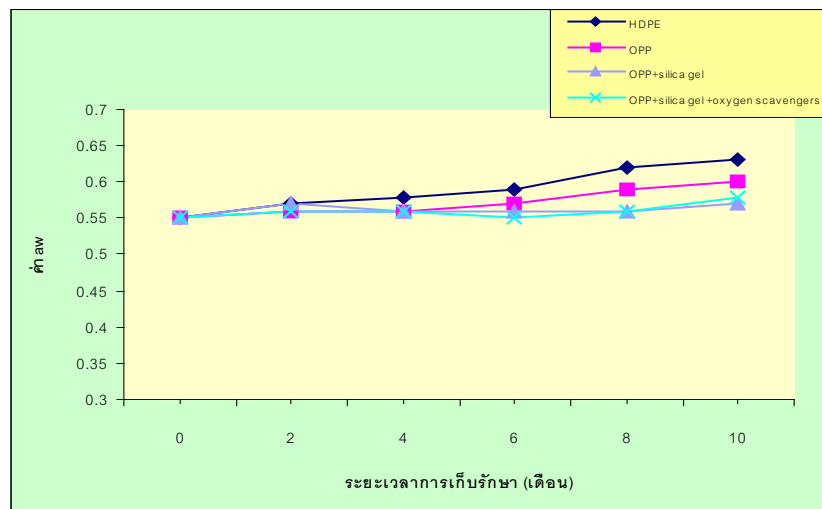
รูป 4.32 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ในภาชนะบรรจุต่างๆ



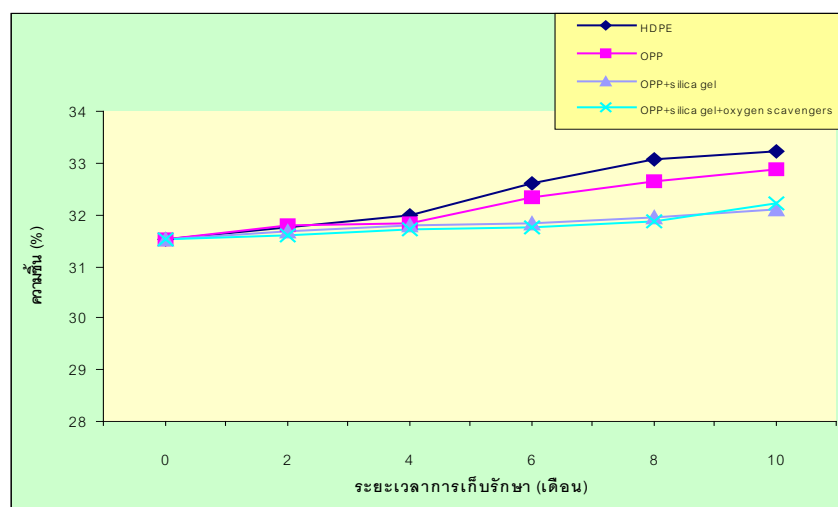
รูป 4.33 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ของเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ในภาชนะบรรจุต่างๆ



รูป 4.34 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดในเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ในภาชนะบรรจุต่างๆ



รูป 4.35 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์จื๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
ในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ



รูป 4.36 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์จื๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
ในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ

บทที่ 5

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งและวิธีการเก็บรักษา

5.1 ผลการทดสอบการยอมรับวิธีการแช่อิ่มแบบช้าและแบบเร็ว

ผลการทดสอบความพอใจของผู้ทดสอบชิม ที่มีผลต่อเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มแบบช้าและแบบเร็วด้วยวิธี paired comparison พบว่าผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 20 คน มีความพอใจในด้านสีและเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งแบบช้าเป็น 20 และ 19 คน และเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งแบบเร็ว 0 และ 1 คน ตามลำดับ ดังตาราง 5.1 เมื่อนำผลการทดสอบที่ได้วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ Chi-square พบว่าผู้ทดสอบชิมมีความพอใจเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง โดยวิธีการแช่อิ่มแบบช้าในด้านสีและเนื้อสัมผัสมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนในด้านรสชาติ รสหวาน และความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างของทั้งสองวิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นจึงคัดเลือกวิธีการแช่อิ่มแบบช้าเป็นวิธีการที่จะศึกษาต่อไป

ตาราง 5.1 ผลการทดสอบการยอมรับโดยผู้ทดสอบชิม

ลักษณะของ เนื้อลิ้นจี่อบแห้ง	ความพอใจ	
	แช่อิ่มแบบเร็ว	แช่อิ่มแบบช้า
สี	0	20*
รสหวาน	7	13
รสเปรี้ยว	8	12
เนื้อสัมผัส	1	19*
ความชอบรวม	7	13

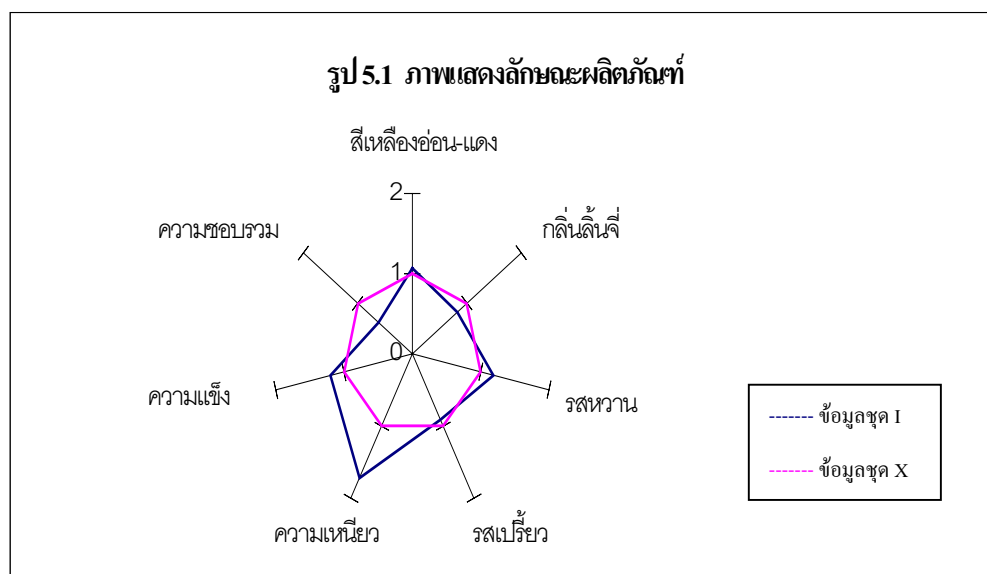
5.2 ผลการศึกษาเพื่อหาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่ผู้ทดสอบชิมต้องการ

การศึกษาเพื่อหาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่อบแห้ง ได้ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 12 คน ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งแบบช้า ผลการทดสอบชิมรายงานออกมาในรูปของตัวเลขที่เรียกว่า Numerical product profile ดังแสดงในตาราง 5.2 หรือแสดงเป็นรูปคล้ายใบเมฆมุม ซึ่งเรียกว่า Graphical product profile ดังรูป 5.1 จากรูป 5.1 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งด้วยวิธีการแช่อิ่มแบบช้าที่ทำการทดสอบมีลักษณะในด้านความเหนียวแตกต่างจากค่า

ในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และลักษณะอื่นๆ ที่พอสังเกตได้และมีค่าต่ำกว่าค่าในอุดมคติเล็กน้อย ได้แก่ กลิ่น รสเปรี้ยวและความชอบรวม ส่วนลักษณะด้านสี รสหวาน และความแข็ง พบว่ามีค่ามากกว่าค่าในอุดมคติ จึงจำเป็นที่จะต้องทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อบแห้งด้วยกรรมวิธีแช่อบแบบซ้ำต่อไป

ตาราง 5.2 ผลการประเมินคุณภาพของเนื้อลิ้นจี่แช่อบแห้งแบบซ้ำโดยวิธี Ideal Ratio Profile

จำนวน (คน)	Attributes	Numerical product profile				Ratio profile =		t-test
		Ideal (I)		ลิ้นจี่อบแห้งแบบซ้ำ (X)		I/X		
		เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	
12	สีเหลืองอ่อน-แดง	4.52	1.82	4.82	1.44	1.07	0.37	0.3058
11	กลิ่นลิ้นจี่	6.36	0.99	5.24	1.16	0.82	0.16	-1.0919
12	รสหวาน	5.40	1.39	6.42	1.71	1.19	0.31	0.6045
11	รสเปรี้ยว	4.21	0.91	3.84	1.37	0.91	0.46	-0.1877
11	ความเหนียว	2.58	1.23	4.44	1.31	1.72	0.08	8.9074*
7	ความแข็ง	3.91	1.21	4.70	1.76	1.21	0.55	0.3633
3	ความชอบรวม	10.0	-	6.25	3.75	0.62	-	-



5.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง

ทำการประเมินคุณภาพของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในด้านความหวาน รสเปรี้ยว สี กลิ่น ความเหนียว ความแข็ง และการยอมรับรวมโดยวิธี ideal ratio profile ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 5.3

ตาราง 5.3 แสดงค่า ratio profile ของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง

สิ่งทดลอง	ความหวาน	รสเปรี้ยว	กลิ่น	สี	ความเหนียว	ความแข็ง	การยอมรับรวม
1	1.16	0.82	0.46	1.11	1.47	1.23	0.63
2	1.10	0.58	0.52	1.21	1.20	1.17	0.64
3	1.02	0.80	0.55	1.26	1.26	1.12	0.66
4	0.98	0.60	0.54	0.91	1.13	1.28	0.68
5	1.11	0.65	0.44	0.97	1.18	1.08	0.69
6	1.11	0.84	0.55	1.07	1.36	1.21	0.77
7	0.99	0.93	0.53	1.01	1.27	1.11	0.71
8	0.95	0.74	0.52	0.88	1.26	1.16	0.73

5.4 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี ของลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งจากการทดลองทั้ง 8 สิ่งทดลอง ได้ผลดังแสดงในตาราง 5.4 และ 5.5 ตามลำดับ

ตาราง 5.4 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งทั้ง 8 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	สี			Water Activity (a_w)	Shear force (N)
	L	a*	b*		
1	51.17	4.00	12.36	0.57	88.34
2	51.77	3.70	12.23	0.51	95.23
3	51.89	3.93	12.55	0.57	118.04
4	52.18	3.71	12.69	0.43	113.90
5	53.46	3.55	11.97	0.40	95.86
6	53.46	3.65	12.00	0.66	96.59
7	52.24	3.67	12.47	0.59	80.64
8	53.60	3.82	13.93	0.60	89.64

ตาราง 5.5 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเนื้อลันจีแช่อมอบแห้งทั้ง 8 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	Total acidity (%)	Total sugar (%)	Reducing Sugar (%)	ความชื้นก่อนอบ (%)	ความชื้นหลังอบ (%)
1	0.57	56.32	28.60	57.88	21.77
2	0.51	55.46	28.44	59.18	20.05
3	0.75	55.61	28.35	57.52	24.01
4	0.43	54.05	27.68	67.23	20.19
5	0.40	54.74	27.46	61.27	20.07
6	0.66	52.85	28.66	67.03	21.87
7	0.70	53.03	28.47	66.58	24.18
8	0.60	53.40	29.14	68.36	21.99

5.5 การวิเคราะห์ผลของแต่ละปัจจัยต่อคุณภาพของเนื้อลันจีแช่อมอบแห้ง

ผลการคำนวณจากคะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบชิมต่อคุณภาพของเนื้อลันจีแช่อมอบแห้งเปรียบเทียบกับแต่ละปัจจัยในแผนการทดลอง (ตาราง 5.3) ทั้ง 8 สิ่งทดลอง สรุปผลได้ดังในตาราง 5.6, 5.7 และ 5.8

ตาราง 5.6 ผลการคำนวณที่ได้จากผลวิเคราะห์ทางกายภาพ

Factor	Variable Name	L		สถิติ	a*		สถิติ	b*		สถิติ
		Effect	Calculated t		Effect	Calculated t		Effect	Calculated t	
A	Sucrose syrup	-0.797	-3.783	e	0.083	1.486	a	-0.495	-1.849	b
B	NaCl	-1.263	-5.989	e	0.032	0.585		-0.175	-0.654	
C	Citric acid	-0.562	-2.669	d	0.118	2.117	c	-0.360	-1.345	
D	Na ₂ S ₂ O ₅	0.523	2.479	d	-0.223	-4.008	e	-0.715	-2.671	f
E	CaCl ₂	0.193	0.913		-0.053	-0.946		-0.540	-2.017	c
F	Dummy	-0.057	-0.273		-0.077	-1.396	a	-0.210	-0.784	
G	Dummy	-0.292	-1.388	a	-0.012	-0.225		-0.315	-1.177	
			0.2108			0.0555			0.2677	

ตาราง 5.7 ผลการคำนวณที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมี

Factor	Variable Name	% Total Acidity		สถิติ	% Total Sugar		สถิติ	% MC ก่อนอบ		สถิติ
		Effect	Calculated t		Effect	Calculated t		Effect	Calculated t	
A	Sucrose syrup	-0.040	-2.263	c	2.200	16.197	e	-8.337	-15.051	e
B	NaCl	-0.050	-2.828	d	0.565	4.160	e	-0.828	-1.494	a
C	Citric acid	0.185	10.465	e	0.040	0.294		-1.758	-3.173	e
D	Na ₂ S ₂ O ₅	-0.020	-1.131		-0.825	-6.074	e	0.767	1.386	
E	CaCl ₂	-0.125	-7.071	e	0.115	0.847		0.443	0.799	
F	Dummy	-0.015	-0.849		-0.150	-1.104		0.038	0.068	
G	Dummy	0.020	1.131		0.120	0.883		-0.783	-1.413	a
			0.0177			0.1358			0.5539	

Factor	Variable Name	% MC หลังอบ		สถิติ	Shear force (N)		สถิติ	a _w		สถิติ
		Effect	Calculated t		Effect	Calculated t		Effect	Calculated t	
A	S u c r o s e syrup	-0.583	-0.983		4.175	0.298		-0.058	-0.929	
B	NaCl	-0.438	-0.738		-5.505	-0.393		-0.033	-0.525	
C	Citric acid	2.383	4.019	e	-2.755	-0.196		0.113	1.818	b
D	Na ₂ S ₂ O ₅	-0.447	-0.755		-10.405	-0.742		-0.002	-0.040	
E	CaCl ₂	-1.583	-2.670	d	2.785	0.199		-0.053	-0.848	
F	Dummy	0.693	1.168		9.660	0.689		-0.088	-1.414	a
G	Dummy	-0.473	-0.797		17.320	1.235		0.002	0.040	
			0.5928			14.0232			0.0619	

Factor	Variable Name	Reducing sugar		สถิติ
		Effect	Calculated t	
A	Sucrose syrup	-0.275	-0.531	
B	NaCl	-0.105	-0.203	
C	Citric acid	0.340	0.656	
D	Na ₂ S ₂ O ₅	-0.185	-0.357	
E	CaCl ₂	-0.500	-0.965	
F	Dummy	-0.720	-1.390	a
G	Dummy	-0.135	-0.261	
			0.5180	

ตาราง 5.8 ผลการคำนวณที่ได้จากข้อมูลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

Factor	Variable Name	ความหวาน		สถิติ	รสเปรี้ยว		สถิติ	กลิ่น		สถิติ
		Effect	Calculated t		Effect	Calculated t		Effect	Calculated t	
A	Sucrose syrup	0.087	2.190		-0.076	-1.193		-0.042	-1.072	
B	NaCl	0.011	0.275		-0.033	-0.518		0.001	0.019	
C	Citric acid	0.035	0.864		0.200	3.133	e	0.019	0.476	
D	Na ₂ S ₂ O ₅	0.048	1.201		0.001	0.024		-0.007	-0.184	
E	CaCl ₂	0.073	1.827	b	-0.044	-0.683		-0.030	-0.767	
F	Dummy	-0.057	-1.414	a	-0.010	-0.157		0.001	0.019	
G	Dummy	-0.001	-0.013		-0.090	-1.405	a	0.056	1.414	a
		S.E.	0.0400			0.0637			0.0394	

Factor	Variable Name	สี		สถิติ	ความเหนียว		สถิติ	ความแข็ง		สถิติ
		Effect	Calculated t		Effect	Calculated t		Effect	Calculated t	
A	Sucrose syrup	0.166	1.845	b	0.023	0.254		-0.041	-0.899	
B	NaCl	0.013	0.147		0.004	0.039		0.055	1.180	
C	Citric acid	0.124	1.383		0.146	1.606	b	-0.001	-0.032	
D	Na ₂ S ₂ O ₅	0.028	0.314		-0.030	-0.331		-0.053	-1.1148	
E	CaCl ₂	-0.067	-0.749		0.035	0.386		0.059	1.289	
F	Dummy	-0.033	-0.365		-0.114	-1.258		-0.042	-0.910	
G	Dummy	0.123	1.366		-0.059	-0.646		0.050	1.083	
		S.E.	0.0898			0.0906			0.0462	

Factor	Variable Name	การยอมรับรวม		สถิติ
		Effect	Calculated t	
A	Sucrose syrup	-0.064	-13.816	e
B	NaCl	-0.045	-9.791	e
C	Citric acid	0.011	2.393	d
D	Na ₂ S ₂ O ₅	0.028	6.092	e
E	CaCl ₂	0.005	1.197	
F	Dummy	-0.006	-1.305	
G	Dummy	-0.002	-0.544	
		S.E.	0.0046	

DEGREE OF FREEDOM = 2

Confidence level (%)	70	75	80	85	90
Significant marks	a	b	c	d	e
t-table	1.386	1.604	1.886	2.282	2.920

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสและผลการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพพบว่าปัจจัยที่มีระดับนัยสำคัญต่อสิ่งทดลองที่ทำการทดลองดังตาราง 5.9

ตาราง 5.9 ปัจจัยที่มีระดับนัยสำคัญต่อสิ่งทดลองที่ทำการทดลอง

Attribute	น้ำตาลทราย	เกลือ	กรดซิตริก	Na ₂ S ₂ O ₅	CaCl ₂
L	-	-	-	+	
a*	+		+	-	
b*	-			-	-
% ปริมาณกรดทั้งหมด	-	-			-
% น้ำตาลทั้งหมด	+	+	+	-	
% น้ำตาลรีดิวซิง					
a _w			+		
% ความชื้นก่อนอบ					+
% ความชื้นหลังอบ			+		-
Shear force (N)					
ความหวาน	+				+
รสเปรี้ยว					
กลิ่น			+		
สี	+				
ความเหนียว			+		
ความแข็ง					
ความชอบรวม	-	-	+	+	
Credit total	8	4	8	5	5
Credit +	4	1	7	2	2
Credit -	4	3	1	3	3

จะเห็นได้ว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง คือ ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสสุดท้ายที่ใช้ และปริมาณกรดซิตริกที่มีอยู่ในส่วนผสม โดยระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสที่ใช้ในการทดลองนี้อยู่ที่ 45 และ 60 องศาบริกซ์ และมีระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกที่ 0.2 และ 0.7% และผลการทดสอบชิมพบว่าผู้ทดสอบชิมให้ระดับอัตราส่วนในค่าเฉลี่ยระดับต่ำที่ใกล้เคียง 1 มากกว่าค่าเฉลี่ยในระดับสูง ถึงแม้ในระดับที่ความเข้มข้นต่ำพบว่าผู้ทดสอบชิมยังบอกว่ามีรสหวาน การพัฒนาในขั้นต่อไปจึงกำหนดระดับการใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสอยู่ที่ 45 และ 50 องศาบริกซ์ ส่วนกรดซิตริกที่ทำให้เกิดรสชาติเปรี้ยวนั้น พบว่า

ผู้ทดสอบชิมยังให้คะแนนไม่เข้าใกล้ 1 แม้จะเป็นการใช้ในระดับสูง คือที่ความเข้มข้น 0.7 % จึงทำการศึกษาในขั้นต่อไปคือ 0.7 และ 0.9 %

ส่วนปัจจัยรองต่างๆ ได้ทำการกำหนดค่าที่ควรจะใช้ในการทดลองต่อไป คือ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ที่ความเข้มข้น 0.2 % และ CaCl_2 ที่ความเข้มข้น 0.7 % ส่วนเกลือนั้นไม่ใช่เป็นส่วนผสม

5.6 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักแบบช้า

ระหว่างการหมักได้ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าองศาบริกซ์ในเนื้อลิ้นจี่และน้ำเชื่อมของทั้ง 6 สิ่งทดลอง ดังในตาราง 5.10 และ 5.11

ตาราง 5.10 การเปลี่ยนแปลงองศาบริกซ์ของน้ำเชื่อมทั้ง 6 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	การเปลี่ยนแปลงองศาบริกซ์ของน้ำเชื่อมในระหว่างการหมัก					
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
1	35	23.75	35.20	43.15	45.15	45.40
2	35	23.85	35.50	42.90	49.20	49.55
3	35	24.80	36.90	42.70	45.80	46.30
4	35	26.45	33.90	43.00	45.50	45.50
5	35	24.40	35.60	42.80	45.30	45.40
6	35	26.10	33.00	42.80	48.25	49.00

ตาราง 5.11 การเปลี่ยนแปลง องศาบริกซ์ของเนื้อลิ้นจี่ทั้ง 6 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	การเปลี่ยนแปลงองศาบริกซ์ของน้ำเชื่อมในระหว่างการหมัก					
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
1	15.2	18.75	25.15	32.4	39.25	44.6
2	15.2	18.4	24.7	36.9	37.95	47.0
3	15.2	19.25	24.5	36.5	37.45	43.8
4	15.2	18.2	25.9	36.85	37.5	42.5
5	15.2	18.5	26.55	36.55	39	43.4
6	15.2	18.8	25.05	36.9	39.8	47.35

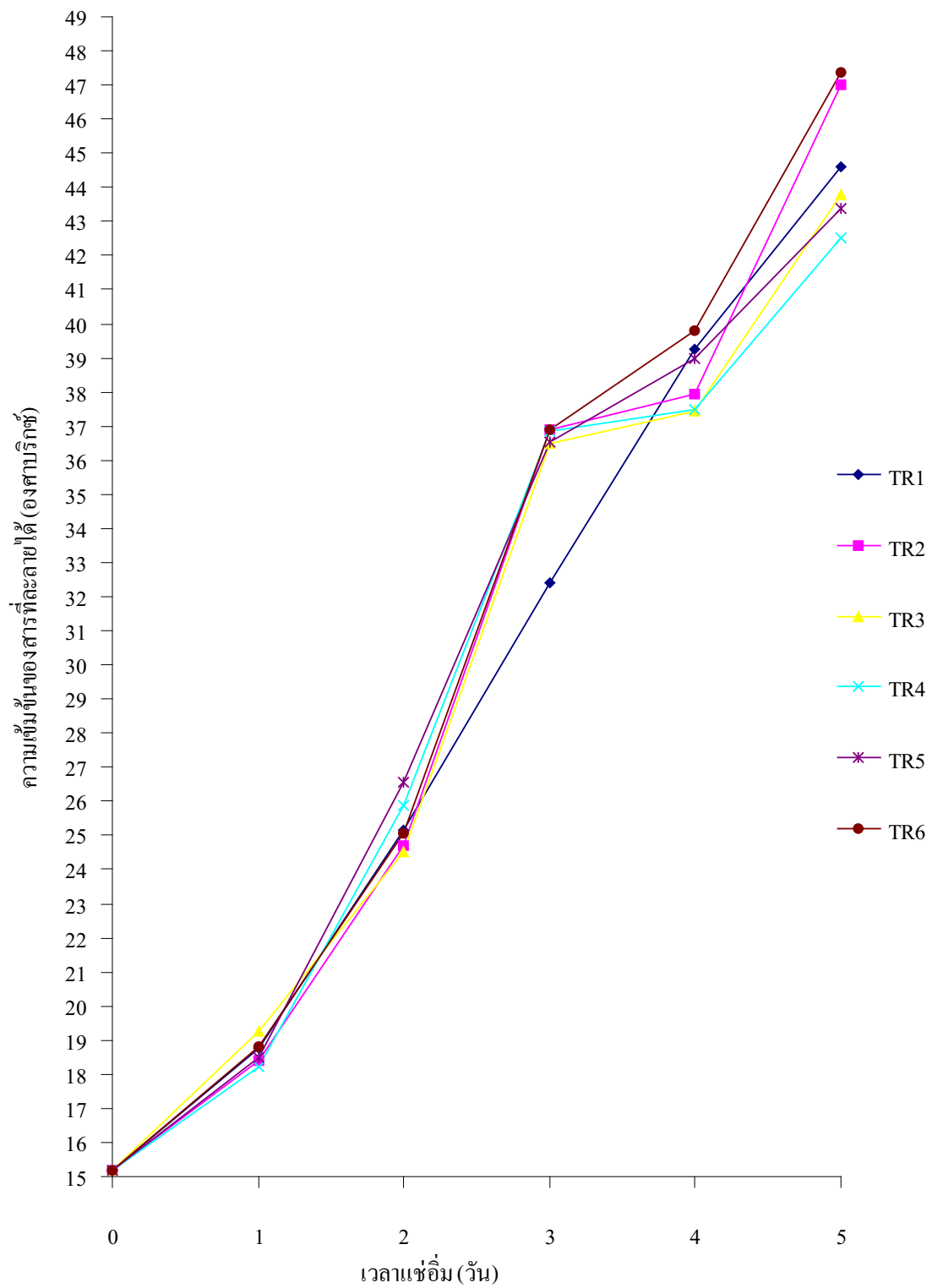
$$(\text{องศาบริกซ์ของเนื้อลิ้นจี่สด } (n=5) = 15.18 \pm 0.5586)$$

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักแบบช้าทั้ง 6 สิ่งทดลอง พบว่าความเข้มข้นของน้ำเชื่อมลดลงอย่างรวดเร็วในวันแรกของการหมัก โดยความเข้มข้นของน้ำเชื่อมลดลงจากเดิม 35 องศาบริกซ์มาเป็น 23.5-26.5 องศาบริกซ์ ซึ่งเท่ากับมีอัตราการลดลงเท่ากับ 8.5-11.25

องศาบริกซ์ต่อวัน ดังตาราง 5.10 หลังจากนั้นความเข้มข้นของน้ำเชื่อมลดลงผันแปรตามระยะเวลาที่แช่ ถึงแม้จะมีการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมในระหว่างการแช่ก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากในวันแรกนั้นน้ำเชื่อมมีผลต่างของความเข้มข้นมากกว่าเนื้อล้นจี่มาก ทำให้มีการออสโมซิสของน้ำออกจากเนื้อล้นจี่มาก เป็นเหตุให้น้ำเชื่อมเจือจางลงมาก

ในวันถัดมาถึงแม้มีการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมมากขึ้นกว่าเดิมจาก 35 เป็น 40 องศาบริกซ์ แต่อัตราการลดลงของความหวานของน้ำเชื่อมจะช้าลง คือ จาก 8.5-11.25 องศาบริกซ์ต่อวัน ในวันแรก เหลือเป็น 3.0-7.0 องศาบริกซ์ในวันที่สอง, 1.8-2.3 องศาบริกซ์ในวันที่สาม, -0.3-2 องศาบริกซ์ในวันที่สี่และ -0.4 -1.2 องศาบริกซ์ในวันที่ห้า สำหรับสูตรที่ 1 และสูตรที่ 5 พบว่าการออสโมซิสสารที่ละลายได้ของเนื้อล้นจี่ออกมาในน้ำเชื่อม เป็นเหตุให้น้ำเชื่อมมีความหวานเพิ่มขึ้นจากเดิม 45 องศาบริกซ์มาเป็น 45.15 และ 45.3 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ถ้าพิจารณาวิธีการปรับความหวานของน้ำเชื่อมสูตรที่ 1 และสูตรที่ 5 เหมือนกัน คือเริ่มจาก 35 องศาบริกซ์เพิ่มเป็น 40 เพิ่มเป็น 45 และ 45 องศาบริกซ์ ตามลำดับ และไม่พบในสูตรที่มีการปรับความหวานของน้ำเชื่อมสูงกว่า 45 องศาบริกซ์

ถ้าพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารที่ละลายได้ของเนื้อล้นจีระหว่างแช่ พบว่า เนื้อล้นจีมีปริมาณสารที่ละลายได้เพิ่มขึ้นจากเดิมอย่างช้าๆ ตั้งแต่วันแรกของการแช่ ดังตาราง 5.11 โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นจากเดิม 15.20 องศาบริกซ์ มาเป็น 18.20-19.25 องศาบริกซ์ ในวันที่หนึ่ง, 24.5-25.9 องศาบริกซ์ในวันที่สอง, 32.4-36.9 องศาบริกซ์ในวันที่สาม, 37.45-39.80 องศาบริกซ์ในวันที่สี่ และ 42.5-47.4 องศาบริกซ์ในวันที่ห้า การที่เนื้อล้นจีมีปริมาณสารที่ละลายได้เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในวันแรกก็เนื่องจากน้ำเชื่อมมีความหวานมากกว่า จึงสามารถดึงน้ำที่อยู่ภายในเนื้อล้นจีออกไปได้มาก แต่เมื่อน้ำจากเนื้อล้นจีออกไปในน้ำเชื่อมมาก เป็นเหตุให้น้ำเชื่อมเจือจางลงจนอาจต่ำกว่าความเข้มข้นภายในเนื้อล้นจีได้ ทำให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำเชื่อมเข้าไปในเนื้อล้นจี จึงเป็นเหตุให้ปริมาณสารที่ละลายได้ของเนื้อล้นจีเพิ่มขึ้น ดังรูป 5.2 ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมยิ่งสูง อัตราการซึมเข้ายิ่งเพิ่มขึ้นด้วย



รูปที่ 5.2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารที่ละลายได้ในเนื้อลื่นจีระหว่างการแช่

5.7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของการพัฒนาสูตรเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งแบบซ้ำ

ทำการทดสอบชิมด้วยแบบทดสอบ Scaling test โดยที่ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 8 คนได้ผลการทดสอบดังในตาราง 5.12 และ 5.13

จากตาราง 5.12 และ 5.13 พบว่า ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทั้งทางกายภาพและทางเคมี คือ เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งสิ่งทดลองที่ 1 มีค่าสี L เท่ากับ 43.56 และค่าสี a^* เท่ากับ 2.56 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดใน 6 สิ่งทดลอง เช่นเดียวกันกับค่าแรงเฉือนที่วัดได้ต่ำสุดเท่ากับ 32.75 นิวตัน มีปริมาณน้ำเท่ากับ 23.12% และ a_w สูงสุดเท่ากับ 0.48 ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าของคะแนนที่ผู้ทดสอบชิมให้วิธีการแช่อิ่มที่มีความหวานสุดท้าย 45 องศาบริกซ์ + กรดซิตริก 0.7% (สิ่งทดลองที่ 1) สูงสุด ในด้านความมันวาว ความแข็ง และกลิ่นลิ้นจี่จะเห็นได้ว่ามีค่าสอดคล้องกัน นอกจากนี้ยังพบว่าค่าของคะแนนที่ผู้ทดสอบชิมให้วิธีการแช่อิ่มที่มีความหวานสุดท้าย 47.5 องศาบริกซ์ + กรดซิตริก 0.8% (สิ่งทดลองที่ 4) สูงสุด ในด้านความเหนียว เท่ากับ 8.89 ซึ่งตรงกับค่าแรงเฉือนที่วัดได้สูงสุดเท่ากับ 60.52 นิวตัน และคะแนนรสเปรี้ยวสูงสุดในวิธีการแช่อิ่มที่มีความหวานสุดท้าย 45 องศาบริกซ์ + กรดซิตริก 0.9% (สิ่งทดลองที่ 5) ซึ่งตรงกับค่าปริมาณกรดทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 0.51% อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Scaling มาวิเคราะห์หาความแตกต่างในทางสถิติ พบว่าไม่มีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสิ่งทดลองทั้ง 6 จึงได้เปลี่ยนวิธีการทดสอบเป็นวิธี Ranking และทำการทดสอบ 2 ครั้ง โดยที่ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 24 คน ได้ผลดังตาราง 5.14

จากผลการวิเคราะห์โดยใช้ตาราง Rank total ที่จำนวนผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 24 คน 6 สิ่งทดลอง ต้องมีค่าความแตกต่างของค่า rank sum มากกว่า 37 ที่ $p < 0.05$ พบว่าในการทดสอบครั้งที่ 1 เฉพาะด้านสีของผลิตภัณฑ์เท่านั้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธีการแช่อิ่มที่มีความหวานสุดท้าย 47.5 องศาบริกซ์ + กรดซิตริก 0.8% (สิ่งทดลองที่ 3) ผู้ทดสอบชิมมีความพอใจมากที่สุด และสิ่งทดลองที่ 1 ผู้ทดสอบชิมมีความพอใจน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ในการทดสอบครั้งที่ 2 ผลการทดสอบจากผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 24 คน พบว่า ด้านสีและด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งแบบซ้ำมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยสิ่งทดลองที่ 3 ผู้ทดสอบชิมมีความพอใจมากที่สุดและวิธีการแช่อิ่มที่มีความหวานสุดท้าย 50 องศาบริกซ์ + กรดซิตริก 0.9% (สิ่งทดลองที่ 6) ผู้ทดสอบชิมมีความพอใจน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งสิ่งทดลองที่ 1 ได้รับความพอใจมากที่สุดและสิ่งทดลองที่ 6 ได้รับความพอใจน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อนำผลรวมของผลการทดสอบทั้ง 2 ครั้งมาพิจารณาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติพบว่าด้านสีสิ่งทดลองที่ 3 ได้รับความพอใจมากที่สุด และสิ่งทดลองที่ 1 ได้รับความพอใจน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับเนื้อสัมผัส สิ่งทดลองที่ 1 ได้รับความพอใจมากที่สุด และสิ่งทดลองที่ 3 ได้รับความพอใจน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาในด้านรสชาติและด้านความชอบรวม ถึงแม้จะไม่มีมีความแตกต่างกันของคะแนนที่ได้ในแต่ละสิ่งทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาค่า rank sum ที่ได้จะเห็นว่าสิ่งทดลองที่ 1 ได้รับความพอใจมากกว่าสูตรอื่นๆ จึงคัดเลือกสิ่งทดลองที่ 1 ใช้ในการศึกษาทดลองต่อไป โดยสิ่งทดลองที่ 1 ประกอบด้วย การปรับความเข้มข้นของน้ำตาลจาก 35 องศาบริกซ์เพิ่มเป็น 40 เป็น 45 และเป็น 45 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ที่มีกรดซิตริก 0.7% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.2% และแคลเซียมคลอไรด์ 0.7% ใช้เวลาแช่ทั้งหมด 5 วัน ซึ่งแตกต่างจากวิธีการแช่ส้มสับประดและมะละกอ ที่ให้แช่ในน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้น 30 องศาบริกซ์และเพิ่มขึ้นครั้งละ 10 องศาบริกซ์จนมีความเข้มข้นสุดท้าย 70 องศาบริกซ์ (Soponronnarit *et al.* 1992, 1993) แต่คล้ายคลึงกับวิธีการแช่ส้มลำไยขอมสี ที่ปรับความเข้มข้นสุดท้ายของน้ำเชื่อมเท่ากับ 45 องศาบริกซ์ โดยใช้เวลาแช่ทั้งหมด 5 วัน (รัตนและอัจฉรา, 2542)

5.8 ผลการศึกษาเปรียบเทียบเนื้อลิ้นจี่แช่ส้มอบแห้งระหว่างสูตรน้ำตาลอย่างเดียวกับสูตรที่ใช้เบะแซ

ผลการทดลองนำเนื้อลิ้นจี่แช่ส้มอบแห้งสูตรน้ำตาลอย่างเดียว และสูตรที่ผสมเบะแซมาทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี ratio scaling โดยใช้ผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 16 คน ได้ผลดังตาราง 5.15 และผลวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีดังตาราง 5.16 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเนื้อลิ้นจี่แช่ส้มอบแห้งสูตรน้ำตาลอย่างเดียว ได้คะแนนความพอใจในด้านสี ความใส และความชอบรวมมากกว่าสูตรที่ผสมเบะแซอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในด้านความแข็ง ความเหนียว และรสหวาน สูตรน้ำตาลอย่างเดียวได้รับคะแนนมากกว่าสูตรที่ผสมเบะแซเช่นกัน แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการทดสอบที่ได้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี ซึ่งพบว่า สูตรที่ใช้น้ำตาลอย่างเดียว มีค่า a^* และ b^* น้อยกว่าสูตรที่ผสมเบะแซ คือ สูตรที่ใช้น้ำตาลอย่างเดียวนั้นมีสีน้ำตาลอ่อนกว่าสูตรที่ใช้เบะแซ จึงได้คะแนนสีมากกว่า ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสสูตรที่ใช้น้ำตาลอย่างเดียวนั้นมีค่าแรงเคี้ยวต่ำกว่าและมีค่าความชื้นสูงกว่าสูตรที่ผสมเบะแซ นั่นคือสูตรที่ใช้น้ำตาลอย่างเดียวนั้นมีเนื้อสัมผัสนุ่มกว่า (แข็งน้อยกว่า) ทำให้ได้คะแนนความแข็งและความเหนียวมากกว่า ในด้านความหวานสูตรที่ใช้น้ำตาลอย่างเดียวนั้นมีค่า % น้ำตาลสูงกว่าสูตรที่ผสมเบะแซอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีปริมาณกรดต่ำกว่า

**ตาราง 5.15 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งระหว่างสูตรที่ใช้น้ำตาล
อย่างเดียวกับสูตรที่ผสมเบะแซ**

สูตร	สี	ความใส	ความแข็ง	ความเหนียว	กลิ่นลิ้นจี่	รสเปรี้ยว	รสหวาน	การยอมรับ รวม
น้ำตาลอย่างเดียว	7.95 ^a	8.88 ^a	7.997	7.445	4.989	4.724	8.826	8.78 ^a
น้ำตาล+เบะแซ	6.23 ^b	6.88 ^b	7.521	6.819	5.295	5.132	8.478	7.63 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตาราง 5.16 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี

สูตร	Attribute							
	MC (%)	a _w	L	a*	b*	Shear force (N)	TA (%)	Total sugar (%)
น้ำตาลอย่างเดียว	23.395 ^a	0.441	42.50	6.55	16.15 ^a	41.38	0.67	60.50 ^a
น้ำตาล + เบะแซ	19.013 ^b	0.395	44.93	7.52	19.12 ^b	48.63	0.62	55.58 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.9 ผลการศึกษาหาชนิดของสารละลาย อัตราส่วน และระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการ ทำเนื้อลิ้นจี่อบแห้งด้วยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชัน

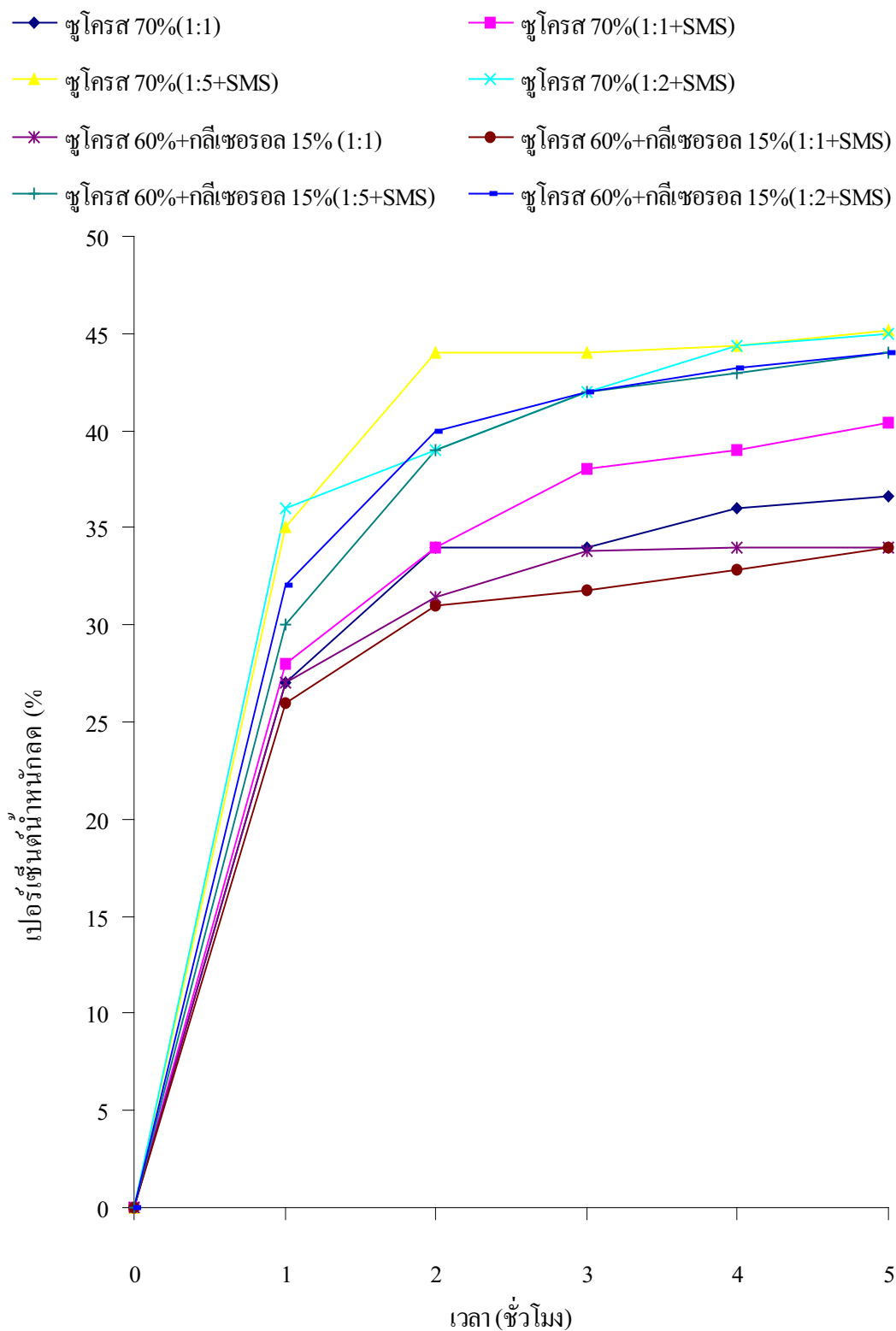
ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการแช่เนื้อลิ้นจี่ในชนิดและอัตราส่วน
ของสารละลายทั้ง 8 สิ่งทดลอง ได้ผลดังตาราง 5.17 และ 5.18 และเมื่อนำค่าจากตารางมาพล็อต
กราฟระหว่าง % น้ำหนักที่ลดลงกับระยะเวลาก็ได้กราฟดังรูป 4.3

ตาราง 5.17 ผลของสารละลายซูโครส 70 % ที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของเนือฉีนจี

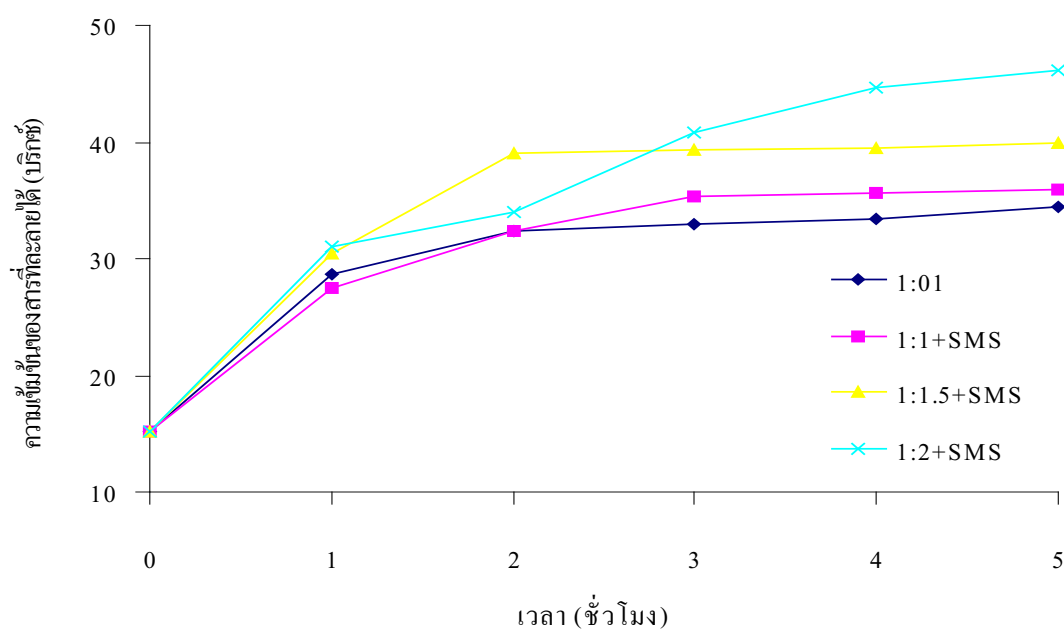
In sucrose 70%	Time	Weight	Temp	Syrup		flesh		Weight	Weight	Soluble solid
Flesh : syrup	(hr)	(g)	(°C)	Brix	a _w	° Brix	a _w	loss (g)	reduction (%)	gain (g)
1 : 1 Control	0	500	70	60	0.822	15.20	0.886	0	0	0
	1	365	40	44.8	0.861	28.65	0.871	135	27.0	28.57
	2	330	35.5	42.7	0.863	32.35	0.873	170	34.0	30.76
	3	330	31	41.2	0.865	32.95	0.868	170	34.0	32.74
	4	320	32	40.6	0.872	33.40	0.865	180	36.0	30.88
	5	317	30	40.4	0.872	34.50	0.867	183	36.6	33.37
1 : 1 + 0.4% SMS	0	500	68	62.5	0.821	15.20	0.886	0	0	0
	1	360	41	45.0	0.862	27.50	0.877	140	28.0	23.09
	2	330	36	42.9	0.867	32.40	0.874	170	34.0	30.92
	3	310	31	41.0	0.867	35.40	0.865	190	38.0	33.74
	4	305	30	40.6	0.865	35.60	0.864	195	39.0	32.58
	5	298	29	40.2	0.871	36.00	0.860	202	40.4	31.28
1 : 1.5 + 0.4% SMS	0	500	69	63.0	0.805	15.2	0.886	0	0	0
	1	325	47	51.0	0.856	30.5	0.868	175	35.0	23.13
	2	280	37	48.5	0.861	39.1	0.856	220	44.0	33.48
	3	280	34	47.8	0.860	39.4	0.856	220	44.0	34.32
	4	278	31	47.2	0.861	39.5	0.855	222	44.4	33.81
	5	274	29.5	46.9	0.863	40.0	0.850	226	45.2	33.60
1 : 2 + 0.4% SMS	0	500	68	63.0	0.791	15.2	0.886	0	0.0	0
	1	320	46	52.35	0.846	31.1	0.862	180	36.0	23.52
	2	305	38	50.3	0.848	34.07	0.867	195	39.0	27.91
	3	290	33	49.4	0.854	40.8	0.86	210	42.0	42.32
	4	278	32	49.2	0.855	44.7	0.843	222	44.4	48.27
	5	275	31	48.6	0.859	46.2	0.837	225	45.0	51.05

**ตาราง 5.18 ผลของสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส 60% กับกลีเซอรอล 15% ที่มีต่อ
ลักษณะทางกายภาพของเนื้อฉัฉ**

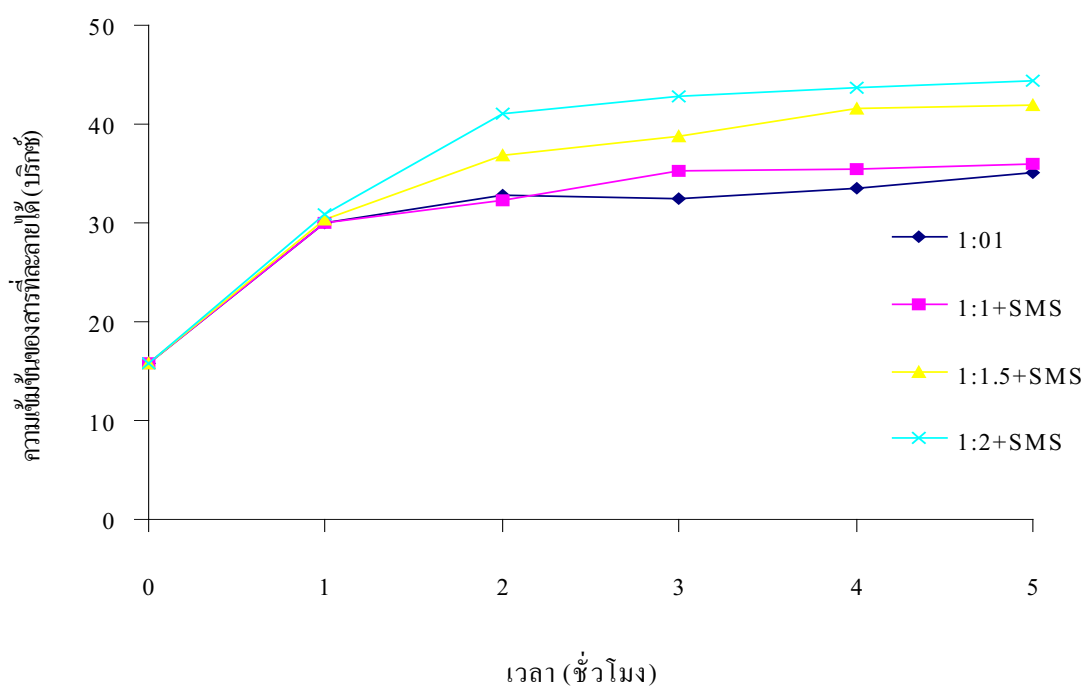
S 60 % : G 15 %	Time	Weight	Temp	Syrup		flesh		Weight	Weight	Soluble solid
Flesh : syrup	(hr)	(g)	(°C)	°Brix	a _w	°Brix	a _w	loss (g)	reduction (%)	gain (g)
1 : 1 Control	0	500	70	60.2	0.788	15.80	0.892	0	0	0
	1	365	43	45.6	0.837	30.00	0.878	135	27.0	30.50
	2	343	34.5	43	0.842	32.75	0.875	157	31.4	33.33
	3	331	31.5	41.7	0.859	32.40	0.872	169	33.8	28.24
	4	330	30	40.7	0.868	33.57	0.870	170	34.0	31.78
	5	330	29	40.2	0.872	35.02	0.861	170	34.0	36.57
1 : 1 + 0.4% SMS	0	500	71	61.7	0.772	15.80	0.892	0	0.0	0
	1	370	45	43.9	0.843	30.00	0.876	130	26.0	32.00
	2	345	35.5	41.9	0.853	32.20	0.867	155	31.0	32.09
	3	341	31.5	41.3	0.86	35.35	0.857	159	31.8	41.54
	4	336	30	40	0.872	35.40	0.855	164	32.8	39.94
	5	330	29	39.8	0.871	36.00	0.853	170	34.0	39.80
1 : 1.5 + 0.4% SMS	0	500	71	63	0.754	15.80	0.886	0	0.0	0
	1	350	44	48.7	0.828	30.40	0.875	150	30.0	27.40
	2	305	35	46.8	0.846	36.88	0.854	195	39.0	33.48
	3	290	31	45.8	0.841	38.75	0.852	210	42.0	33.38
	4	285	30	45.5	0.842	41.52	0.845	215	43.0	39.33
	5	280	30	45.4	0.844	41.9	0.851	220	44.0	38.32
1 : 2 + 0.4% SMS	0	500	70	63.8	0.750	15.8	0.886	0	0.0	0
	1	340	45	52.6	0.849	30.9	0.867	160	32.0	26.06
	2	300	36	50.6	0.852	41.0	0.858	200	40.0	44.00
	3	290	31.5	50.1	0.878	42.9	0.852	210	42.0	45.27
	4	284	30	49.9	0.856	43.7	0.839	216	43.2	45.11
	5	280	29.5	49.7	0.857	44.3	0.848	220	44.0	45.04



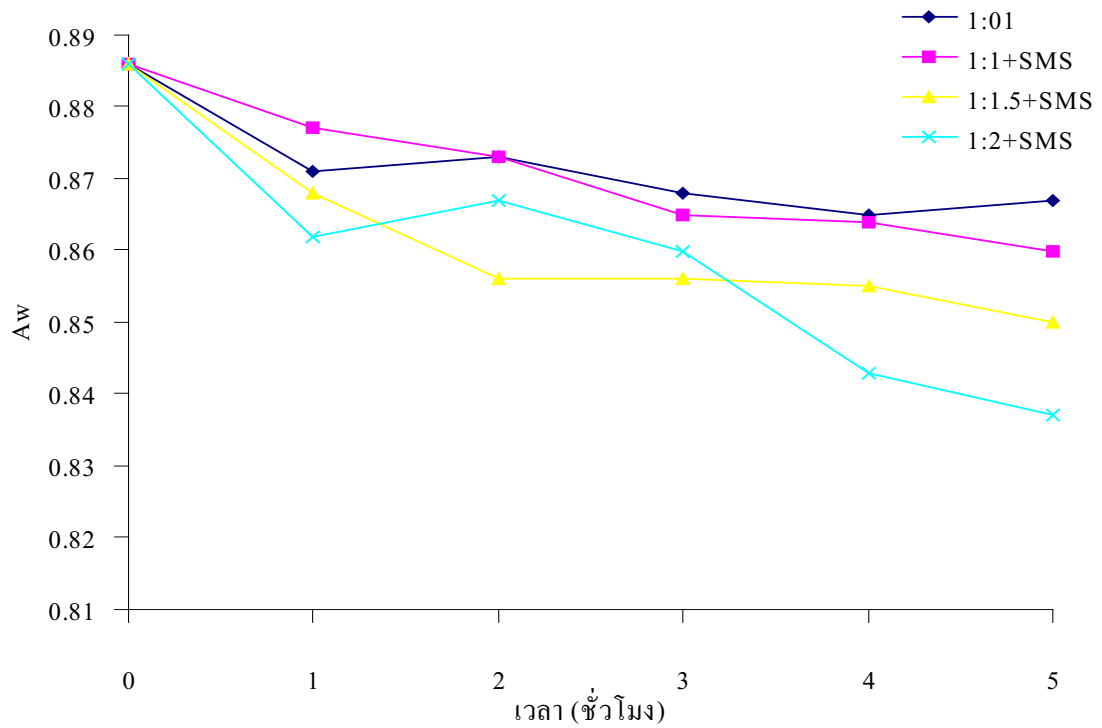
รูปที่ 5.3 อัตราส่วนของผลไม้ต่อน้ำเชื่อมที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ดูดกลืนเนื้อผลไม้



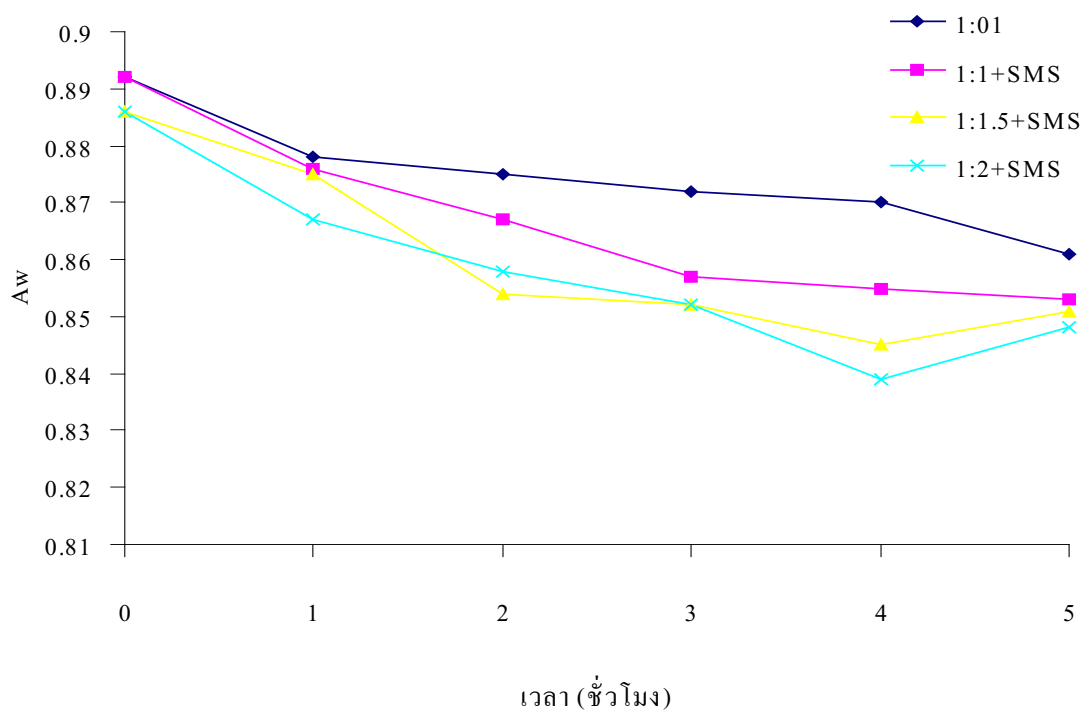
รูปที่ 5.4 อัตราส่วนผลไม้ต่อน้ำเชื่อมที่มีต่อความเข้มข้นของสารที่ละลายในเนื้อลิ้นจี่ (ซูโครส 70%)



รูปที่ 5.5 อัตราส่วนผลไม้ต่อสารละลายที่มีต่อความเข้มข้นของสารที่ละลายได้ในเนื้อลิ้นจี่ (ซูโครส 60% + กลีเซอรอล 15%)



รูปที่ 5.6 อัตราส่วนผลไม้ต่อน้ำเชื่อมที่มีต่อ a_w ของเนือลีนจี (น้ำเชื่อม 70%)



รูปที่ 5.7 อัตราส่วนผลไม้ต่อสารละลายที่มีต่อ a_w ของเนือลีนจี (ซูโครส 60% + กลีเซอรอล 15%)

ผลการศึกษานิคของสารละลาย อัตราส่วนของเนื้อลิ้นจี่ต่อสารละลาย และระยะเวลาที่ใช้ในการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน พบว่าการเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) 0.4% ในสารละลายมีผลทำให้สารละลายมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจากเดิม 60 องศาบริกซ์ เป็น 62-63 องศาบริกซ์ ดังตาราง 5.17 และ 5.18 ซึ่งความเข้มข้นดังกล่าวส่งผลให้ค่าปริมาณสารละลายที่ละลายได้ในเนื้อลิ้นจี่ % น้ำหนักสด และค่า a_w ของเนื้อลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายซูโครส 70 % ที่ไม่เติมสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีค่าต่ำกว่าที่เติมสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

จากรูป 5.3 จะเห็นได้ว่า % น้ำหนักที่ลดลงของสารละลายซูโครส 70% มีค่ามากกว่าสารละลายซูโครส 60% ที่มีกลีเซอรอล 15% ในทุกอัตราส่วนของเนื้อลิ้นจี่ : สารละลาย และที่อัตราส่วนของเนื้อลิ้นจี่ : สารละลาย 1 : 2 มี % น้ำหนักที่ลดลงเท่ากับหรือใกล้เคียงกับที่ 1 : 1.5 และแตกต่างกันมากกว่า 1 : 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลง % น้ำหนักที่ลดลงกับระยะเวลาที่แช่จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลง % น้ำหนักที่ลดลงอย่างมากในช่วงแรกของ การแช่ จากนั้นการเปลี่ยนแปลงจะช้าลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาแช่ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนในช่วง โมงที่ 4 และที่ 5 มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังตาราง 5.17 และ 5.18

จากรูป 5.4 และ 5.5 จะเห็นได้ว่า เนื้อลิ้นจี่มีการดูดซึมสารที่ละลายได้จากสารละลายเข้าไป ทำให้ปริมาณสารที่ละลายได้ในเนื้อลิ้นจี่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมากใน 3 ชั่วโมงแรกของ การแช่ จากนั้นการดูดซึมสารที่ละลายได้ของเนื้อลิ้นจี่ช้าลงตามระยะเวลาแช่ที่เพิ่มขึ้น และที่อัตราส่วนลิ้นจี่ : สารละลายที่สูงกว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณสารที่ละลายได้เพิ่มขึ้นมากกว่าที่อัตราส่วนลิ้นจี่ : สารละลายที่ต่ำกว่า ซึ่งจะเห็นได้จากเมื่อสิ้นสุดกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน (5 ชั่วโมง) ปริมาณสารที่ละลายได้ที่อัตราส่วนของเนื้อลิ้นจี่ : สารละลาย 1 : 2 > 1 : 1.5 > 1 : 1 ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณสารที่ละลายได้ที่เพิ่มขึ้นระหว่างสารละลายซูโครส 70% กับสารละลายซูโครส 60% + กลีเซอรอล 15%

จากรูป 5.6, 5.7 และตาราง 5.17, 5.18 จะเห็นได้ว่า ค่า a_w ของเนื้อลิ้นจี่ และค่า a_w สารละลาย มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาแช่ที่เพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ทั้งของเนื้อลิ้นจี่และสารละลายเกิดขึ้นมากใน 2 ชั่วโมงแรก จากนั้นการเปลี่ยนแปลงจะช้าลง ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนที่อัตราส่วนของเนื้อลิ้นจี่ : สารละลาย 1 : 1 และ 1 : 1.5 แต่ที่อัตราส่วน 1 : 2 ยังมีการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ทั้งของเนื้อลิ้นจี่และสารละลายมากกว่าที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:1.5

ถ้าพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ในแต่ละช่วงของเวลาแช่ พบว่าที่อัตราส่วนของเนื้อลิ้นจี่ : สารละลาย 1 : 1 + SMS ในช่วงโมงที่ 3 และ 4 มีค่า a_w ของเนื้อลิ้นจี่และค่า a_w ของสารละลายซูโครส 70 % ใกล้เคียงกันมาก คือค่า a_w ของเนื้อลิ้นจี่ 0.865 และ 0.864 ขณะที่ค่า a_w ของสารละลาย 0.867 และ 0.865 ตามลำดับโดยปริมาณสารที่ละลายได้ของเนื้อลิ้นจี่มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 35.4 และ

35.6 เช่นเดียวกับปริมาณสารที่ละลายได้ของสารละลายมีค่าเท่ากับ 41.0 และ 40.6 ตามลำดับ ขณะที่อัตราส่วนของเนื้อลื่นจี : สารละลายอัตราส่วนอื่นๆ นั้นไม่พบว่ามีค่า a_w ของเนื้อลื่นจี และค่า a_w ของสารละลายใกล้เคียงกัน ถึงแม้จะมีความแตกต่างของปริมาณสารที่ละลายได้ระหว่างช่วงเวลาน้อยมากก็ตาม

ผลการศึกษาอัตราส่วนของเนื้อลื่นจี : สารละลายและระยะเวลาแช่ พบว่าการใช้อัตราส่วนของเนื้อลื่นจี : สารละลายที่สูง (1 : 1.5 และ 1 : 2) ให้ % น้ำหนักที่ลดลงสูงกว่าอัตราส่วนอื่นๆ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับ Ponting *et al.* (1966) ที่พบว่าอัตราส่วนแอปเปิล : สารละลาย 1 : 2 ให้ % น้ำหนักที่ลดลงสูงกว่าอัตราส่วน 1 : 1 และ 1 : 4 เช่นเดียวกับ Bongirwar and Sreenivasan (1997) ที่พบว่าอัตราส่วนกล้วย : สารละลาย 1 : 2 ให้อัตราการสูญเสียน้ำได้ดีกว่าอัตราส่วน 1 : 1 และ 1 : 3 สำหรับการเปลี่ยนแปลง % น้ำหนักลดในแต่ละช่วงเวลาของการแช่ พบว่าการเปลี่ยนแปลง % น้ำหนักลดในทุกอัตราส่วน : สารละลายจะเกิดขึ้นอย่างมากเฉพาะชั่วโมงแรกของการแช่เท่านั้น หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงจะช้าลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในชั่วโมงที่ 4 ถึง ชั่วโมงที่ 5 มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Rahman (1995) ที่พบว่าอัตราการสูญเสียน้ำออกจากวัตถุดิบและน้ำหนักที่ลดลงเกิดขึ้นสูงเฉพาะในช่วงต้นๆ ของการทำออสโมติกดี-ไฮเดรชันเท่านั้น หลังจากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปอัตราการสูญเสียน้ำจะช้าลง

การที่อัตราการสูญเสียน้ำลดลงอาจเนื่องจากในช่วงต้นสารละลายถูกทำให้เจือจางอย่างรวดเร็ว ทำให้แรงถ่ายเทมวลสารลดน้อยลงด้วย ประกอบกับความเข้มข้นของสารละลายซูโครส 70% จะให้ค่าการสูญเสียน้ำและน้ำหนักที่ลดลงน้อยกว่าการแช่ในสารละลายซูโครส 50% และ 60% สาเหตุอาจเกิดจากในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงๆ แรงให้เกิดชั้นของน้ำตาลรอบๆ ขึ้นผลไม่อย่างรวดเร็ว ทำให้แรงดันสำหรับการไหลของน้ำลดลง (Lazarides, 1994 และ Rahman, 1995) Waloszewski *et al.* (1996) ได้ทดลองทำออสโมติกดีไฮเดรชันขึ้นมะละกอในสารละลายซูโครส 50-70 องศาบริกซ์ พีเอช 6-8 อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.5-1.5 เมตรต่อวินาที พบว่าความเข้มข้นของน้ำตาลและค่าพีเอชไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้

5.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อลื่นจีอบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันทั้ง 4 อัตราส่วนในสารละลาย 2 ชนิด

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส และผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีของเนื้อลื่นจีอบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันในสารละลายซูโครส 70% และในสารละลายซูโครส 60% ที่มีกลีเซอรอล 15 % ดังในตาราง 5.19 และ 5.20

จากตาราง 5.19 จะเห็นว่าเนื้อล้นจ๊อบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชันในสารละลายซูโครส 70 % ที่อัตราส่วนเนื้อล้นจ๊อบแห้ง : สารละลาย 1:1, 1:1 + SMS; 1:1.5 + SMS และ 1:2 + SMS มีค่า ideal ratio สูงกว่าเนื้อล้นจ๊อบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชันในสารละลายซูโครส 60% ที่มีกลีเซอรอล 15 % ทั้งในด้านความหวาน รสเปรี้ยว กลิ่นล้นจ๊อบ สีสัน ความเหนียว ความแข็งและการยอมรับรวม ยกเว้นที่อัตราส่วนเนื้อล้นจ๊อบแห้ง : สารละลาย 1:2 + SMS เฉพาะด้านความหวาน รสเปรี้ยว และการยอมรับรวม ที่มีค่า ideal ratio ต่ำกว่า

จากตาราง 5.20 พบว่าเนื้อล้นจ๊อบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชันแบบไม่เติมสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์จะให้ค่าสี L ต่ำกว่า และค่าสี a* สูงกว่าเนื้อล้นจ๊อบแห้งที่มีการเติมสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยเนื้อล้นจ๊อบแห้งที่ไม่เติมสารมีสีเหลืองอมน้ำตาลมากกว่า และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสี a* ของเนื้อล้นจ๊อบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชันในสารละลายซูโครส 70 % กับสารละลายซูโครส 60 % ที่มีกลีเซอรอล 15 % พบว่าสารละลายซูโครส 70 % ให้ค่าสี a* มากกว่าในทุกอัตราส่วนของเนื้อล้นจ๊อบแห้ง : สารละลาย โดยมีสีเหลืองอมน้ำตาลเข้มกว่า แต่เป็นสีที่ผู้บริโภคมีความพอใจมากกว่า ซึ่งตรงกับค่า ideal ratio และสอดคล้องกับการทดลองของ Soleha *et al.* (1991) ที่พบว่าการใช้กลีเซอรอล 15-20% ผสมกับสารละลายน้ำตาล 60% ทำให้มะละกอบแห้งมีสีแดงสดมากกว่าที่ไม่เติมกลีเซอรอล

ในด้าน % ความชื้น ถ้าพิจารณา % ความชื้นของเนื้อล้นจ๊อบแห้งที่ได้ภายหลังการทำออสโมติกดีไฮเดรชันก่อนนำไปอบแห้ง จะเห็นได้ว่าการแช่ในสารละลายซูโครส 70 % สามารถดึงน้ำออกจากเนื้อล้นจ๊อบแห้งได้มากกว่า เป็นเหตุให้เนื้อล้นจ๊อบแห้งมีความชื้นเหลืออยู่ต่ำกว่าการแช่ในสารละลายซูโครส 60% ที่มีกลีเซอรอล 15% และพบว่าอัตราส่วนเนื้อล้นจ๊อบแห้ง : สารละลายสูงสามารถดึงน้ำออกได้มากกว่าที่มีอัตราส่วนเนื้อล้นจ๊อบแห้ง : สารละลายต่ำ ถ้าพิจารณา % ความชื้นของเนื้อล้นจ๊อบแห้ง กับค่า ideal ratio ในด้านความแข็ง จะเห็นได้ว่าค่า ideal ratio ในด้านความแข็งแปรผกผันกับ % ความชื้นของเนื้อล้นจ๊อบแห้ง กล่าวคือ เนื้อล้นจ๊อบแห้งที่มี % ความชื้นต่ำจะมีค่า ideal ratio สูง จากผลการทดลอง พบว่า เนื้อล้นจ๊อบแห้งที่ได้มีค่า ideal ratio สูงสุด คือ 1.049 รองลงมา คือ 1.005, 0.931, 0.913, 0.910, 0.851, 0.823 และ 0.785 ซึ่งมีค่า % ความชื้นเท่ากับ 29.85, 28.94, 30.11, 31.36, 31.46, 31.77, 31.67 และ 32.41 ตามลำดับ

สำหรับค่า a_w พบว่า เนื้อล้นจ๊อบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชันในสารละลายซูโครส 70% มีค่า a_w สูงกว่าในสารละลายซูโครส 60% ที่มีกลีเซอรอล 15% ทั้งที่มีค่าความชื้นต่ำกว่า ทั้งนี้เพราะกลีเซอรอลเป็นตัวทำให้ค่า a_w ของเนื้อล้นจ๊อบแห้งต่ำกว่า และให้ค่าปริมาณความชื้นที่สูงกว่า (Soleha *et al.*, 1991)

จากผลการศึกษาเพื่อหาชนิดของสารละลาย อัตราส่วนเนื้อลื่นจี : สารละลาย และระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เมื่อพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีของเนื้อลื่นจีอบแห้งที่ทำออสโมติกดีไฮเดรชัน สรุปได้ว่าสารละลายซูโครส 70% ที่มีการเติมสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.4% จะให้ % น้ำหนักที่ลดลง อัตราการ สูญเสียน้ำและผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับมากกว่าการใช้สารละลายซูโครส 60% ที่มีกลีเซอรอล 15% และเติมสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.4%

ตาราง 5.19 ค่า Ideal ratio profile ของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลื่นจีเชื่อมอบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชัน

สิ่งทดลอง	ค่า Ideal ratio profile						
	ความหวาน	รสเปรี้ยว	กลิ่นลื่นจี	สี	ความเหนียว	ความแข็ง	การยอมรับรวม
1	1.011	0.962	0.767	1.100	1.092	0.910	0.783
2	1.111	0.936	0.748	0.878	1.208	1.049	0.800
3	1.152	0.829	0.798	0.927	1.131	0.931	0.788
4	1.065	0.786	0.753	0.989	1.350	1.005	0.729
5	1.072	0.879	0.780	1.211	1.338	0.851	0.777
6	1.059	0.795	0.739	0.816	1.127	0.913	0.762
7	1.057	0.950	0.775	0.764	1.112	0.785	0.748
8	1.120	0.821	0.708	0.756	1.135	0.823	0.764

หมายเหตุ : สิ่งทดลอง 1-4 แห้งในสารละลายซูโครส 70% และ 5-8 แห้งในสารละลายซูโครส 60%+กลีเซอรอล 15%

สิ่งทดลอง 1, 5 = 1:1, สิ่งทดลอง 2, 6 = 1:1 + SMS; สิ่งทดลอง 3, 7 = 1:1.5 + SMS ;

สิ่งทดลอง 4, 8 = 1:2 + SMS

ตาราง 5.20 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีของเนื้อล้นจ๊อบแห้งที่ได้ทั้ง 8 สิ่งทดลอง

สิ่ง ทดลอง	L	a*	b*	SO ₂	a _w	% ความชื้น หลังอบ	% ความชื้น ก่อนอบ	%TA	%TS	Shear force(N)
1	50.37	3.64	12.21	0.0	0.38	31.46	72.49	0.96	41.24	59.39
2	53.07	2.50	13.14	718.0	0.37	29.85	63.25	0.52	53.93	44.63
3	52.94	2.64	13.33	969.8	0.37	30.11	60.96	0.61	59.49	60.87
4	53.29	1.74	12.15	1189.8	0.37	28.94	58.82	0.54	46.76	48.80
5	50.28	3.57	11.95	0.0	0.34	31.77	71.53	0.54	41.16	48.34
6	52.10	2.18	12.17	640.3	0.33	31.36	70.95	0.55	44.95	49.73
7	53.91	1.72	12.44	1115.0	0.34	32.41	63.78	0.31	49.54	54.00
8	53.80	2.37	12.52	1116.7	0.34	31.67	59.78	0.58	47.2	43.06

หมายเหตุ : สิ่งทดลอง 1-4 แห้งในสารละลายซูโครส 70% และ 5-8 แห้งในสารละลายซูโครส 60 %+กลีเซอรอล 15%

สิ่งทดลอง 1, 5 = 1:1, สิ่งทดลอง 2, 6 = 1:1 + SMS; สิ่งทดลอง 3, 7 = 1:1.5 + SMS ;

สิ่งทดลอง 4, 8 = 1:2 + SMS

TA = total acidity , TS = total soluble solid

สำหรับอัตราส่วนเนื้อล้นจ๊อบ : สารละลาย พบว่าอัตราส่วน 1:2 ของสารละลายซูโครส 70% และอัตราส่วน 1:1.5 มี % น้ำหนักที่ลดลงใกล้เคียงกันมาก แต่ปริมาณของสารที่ละลายได้ในเนื้อล้นจ๊อบที่อัตราส่วน 1:2 มีมากกว่า ทำให้ % ความชื้นที่เหลืออยู่ในเนื้อล้นจ๊อบก่อนอบจากอัตราส่วน 1:2 เหลืออยู่ 58.82% ขณะที่อัตราส่วน 1:1.5 เหลืออยู่ 60.96% ในด้านความพอใจ พบว่าเนื้อล้นจ๊อบแห้งที่ได้จากอัตราส่วน 1:1.5 ได้รับความพอใจในด้านความหวาน รสเปรี้ยว กลิ่นเนื้อล้นจ๊อบ การยอมรับ และความเหนียวมากกว่าอัตราส่วน 1:2 ยกเว้นความพอใจในด้านสีและความแข็งจะน้อยกว่า ส่วนในด้านต้นทุนการผลิตการเลือกใช้อัตราส่วน 1:1.5 ย่อมมีราคาค่าต้นทุนต่ำกว่าการใช้อัตราส่วน 1:2

สำหรับระยะเวลาการแช่จะเห็นได้ว่าการแช่ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 ขึ้นไปจนถึงชั่วโมงที่ 5 นั้น มีการเปลี่ยนแปลง % น้ำหนักที่ลดลงน้อยมาก และการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารที่ละลายได้ในเนื้อล้นจ๊อบมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเช่นกัน ยกเว้นอัตราส่วน 1:2 เท่านั้นที่ยังมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารที่ละลายได้ในเนื้อล้นจ๊อบมาก ถ้าพิจารณาค่า a_w ทั้งของเนื้อล้นจ๊อบและสารละลาย จะเห็นได้ว่ามีค่าค่อนข้างคงที่หรือใกล้เคียงกันระหว่างแต่ละชั่วโมง ประกอบกับการแช่ในสารละลายนานๆ มีผลทำให้กลิ่นเนื้อล้นจ๊อบลดลง ดังนั้นจึงเลือกใช้ระยะเวลาแช่นาน 3-4 ชั่วโมง

สำหรับวิธีการอบแห้งรูปแบบที่ 2 จะเห็นได้ว่า ตั้งแต่เริ่มต้นทำการอบในช่วง 4 ชั่วโมงแรกของการอบมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักมากเช่นกัน แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่ารูปแบบที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบที่ 2 อุณหภูมิที่ใช้ออบ คือ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่ารูปแบบที่ 1 ทำให้อัตราการระเหยน้ำออกไปได้ช้ากว่า จึงต้องใช้เวลาในการอบนาน ถ้าพิจารณาอัตราการทำแห้งจะเห็นได้ว่ามีค่าผันแปรมากโดยเฉพาะเมื่อทำการอบไปแล้ว 8 ชั่วโมง

ตาราง 5.21 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้อลึ้นจี๋เชื่อมกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

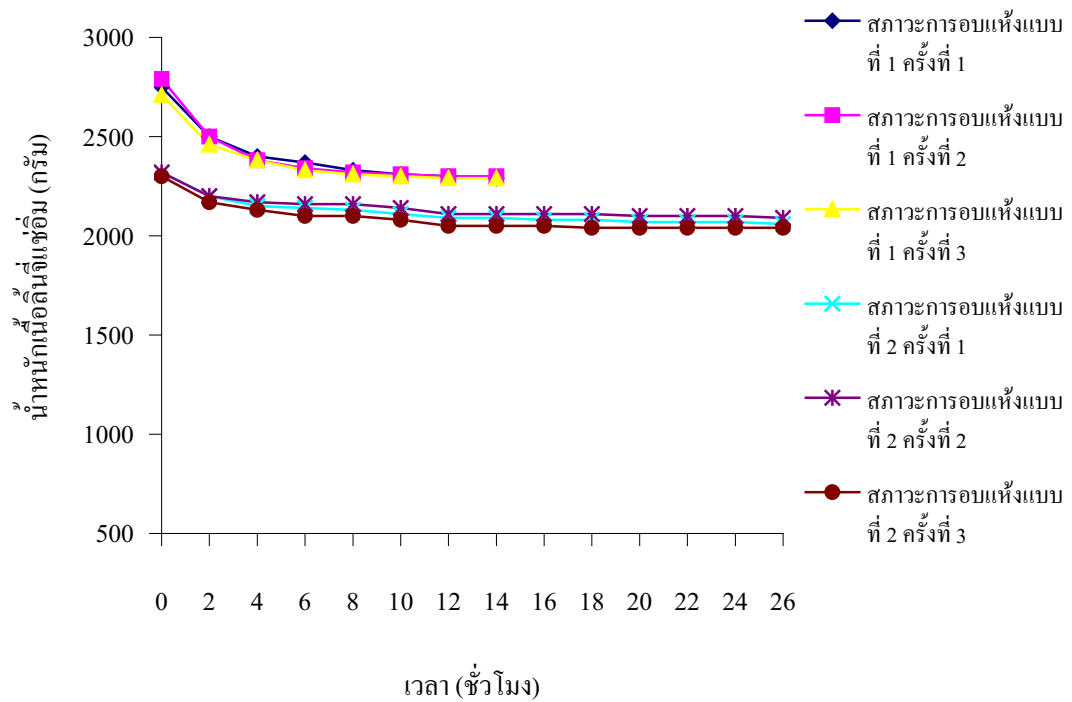
เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักเนื้อลึ้นจี๋อบแห้ง (กรัม)						อัตราการทำแห้ง (กรัม/ชั่วโมง)					
	สภาวะการอบ แห้งแบบที่ 1			สภาวะการอบ แห้งแบบที่ 2			สภาวะการอบ แห้งแบบที่ 1			สภาวะการอบ แห้งแบบที่ 2		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
0	2750	2790	2710	2320	2320	2300	-	-	-	-	-	-
2	2500	2500	2460	2200	2200	2170	0.125	0.145	0.125	0.060	0.060	0.065
4	2400	2380	2380	2150	2170	2130	0.050	0.060	0.040	0.025	0.015	0.020
6	2370	2340	2330	2140	2160	2100	0.015	0.020	0.025	0.005	0.005	0.015
8	2330	2320	2310	2130	2160	2100	0.020	0.010	0.010	0.005	0	0
10	2310	2310	2300	2110	2140	2080	0.010	0.005	0.005	0.01	0.010	0.010
12	2300	2300	2290	2090	2110	2050	0.005	0.005	0.005	0.01	0.015	0.015
14	2290	2300	2290	2090	2110	2050	0.005	0	0	0	0	0
16				2080	2110	2050				0.005	0	0
18				2080	2110	2040				0	0	0.005
20				2070	2100	2040				0.005	0.005	0
22				2070	2100	2040				0	0	0
24				2070	2100	2040				0	0	0
26				2060	2090	2040				0	0.005	0

หมายเหตุ : 1. สภาวะการอบแห้งแบบที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 70^oซ นาน 2 ชั่วโมง, อุณหภูมิ 65^oซ นาน 6 ชั่วโมง และลดเหลือ 60^oซ นาน 6 ชั่วโมง
2. สภาวะการอบแห้งแบบที่ 2 ใช้อุณหภูมิ 60^oซ คงที่ตลอดระยะเวลาการอบแห้ง

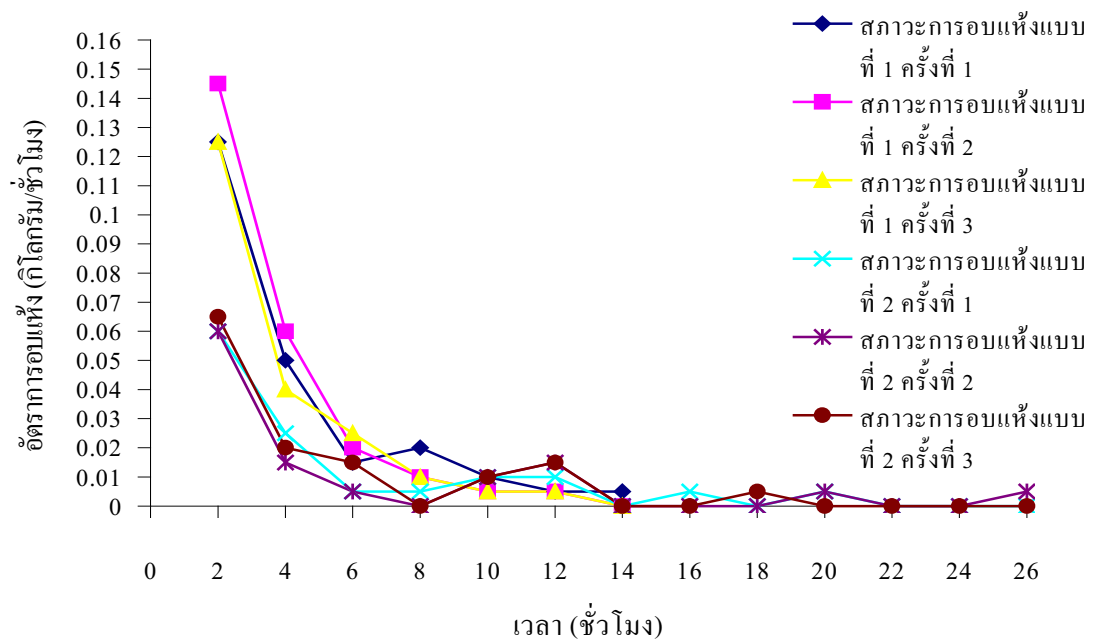
ตาราง 5.22 ผลวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีของเนื้อลึ้นจี๋เชื่อมอบแห้งทั้ง 2 รูปแบบการอบ

สภาวะการอบที่	L	a*	b*	Acidity	Shear force (N)	a _w	TS (%)	MC (%)
1	43.56 ^b	2.56	12.89	0.352 ^b	32.75 ^b	0.48 ^b	56.77 ^b	23.12
2	52.85 ^a	3.65	12.23	0.675 ^a	88.62 ^a	0.68 ^a	52.94 ^a	23.03

หมายเหตุ : 1. สภาวะการอบแห้งแบบที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 70^oซ นาน 2 ชั่วโมง, อุณหภูมิ 65^oซ นาน 6 ชั่วโมง และลดเหลือ 60^oซ นาน 6 ชั่วโมง
2. สภาวะการอบแห้งแบบที่ 2 ใช้อุณหภูมิ 60^oซ คงที่ตลอดระยะเวลาการอบแห้ง



รูป 5.8 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มกับระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง



รูป 5.9 ความสัมพันธ์ของอัตราการอบแห้งกับเวลาในการอบแห้งเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่ม

เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพในด้านสีคือ ค่าสี L^* a^* และ b^* จะเห็นว่าเนื้อลื่นจี๋เชื่อมอบแห้งที่อบแห้งแบบที่ 2 มีค่าสี L^* เท่ากับ 52.85 ค่าสี a^* เท่ากับ 3.65 และค่าสี b^* เท่ากับ 12.23 ขณะที่อบแห้งแบบที่ 1 มีค่าสี L^* เท่ากับ 43.56 ค่าสี a^* เท่ากับ 2.56 และค่าสี b^* เท่ากับ 12.89 ทำให้แบบที่ 1 มีสีที่สวยกว่าแบบที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สำหรับค่า a_w พบว่าเนื้อลื่นจี๋เชื่อมอบแห้งแบบที่ 2 มีค่า a_w เท่ากับ 0.68 ซึ่งมากกว่าค่า a_w ของเนื้อลื่นจี๋เชื่อมอบแห้งแบบที่ 1 ซึ่งเท่ากับ 0.482 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เนื้อลื่นจี๋เชื่อมอบแห้งแบบที่ 2 มีค่าแรงเฉือน 88.62 นิวตัน ซึ่งมากกว่าแบบที่ 1 เท่ากับ 32.75 นิวตัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือเนื้อลื่นจี๋เชื่อมอบแห้งจากรูปแบบที่ 1 มีลักษณะเนื้อลื่นจี๋นุ่มและเหนียวน้อยกว่า

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการอบแห้งและผลการวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อลื่นจี๋เชื่อมอบแห้ง จึงคัดเลือกวิธีการอบแบบที่ 1 คือ อบที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ลดลงเหลือ 65 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง และลดลงเหลือ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง เป็นวิธีการอบแห้งที่เหมาะสม

5.12 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการอบเนื้อลื่นจี๋อบแห้งแบบ

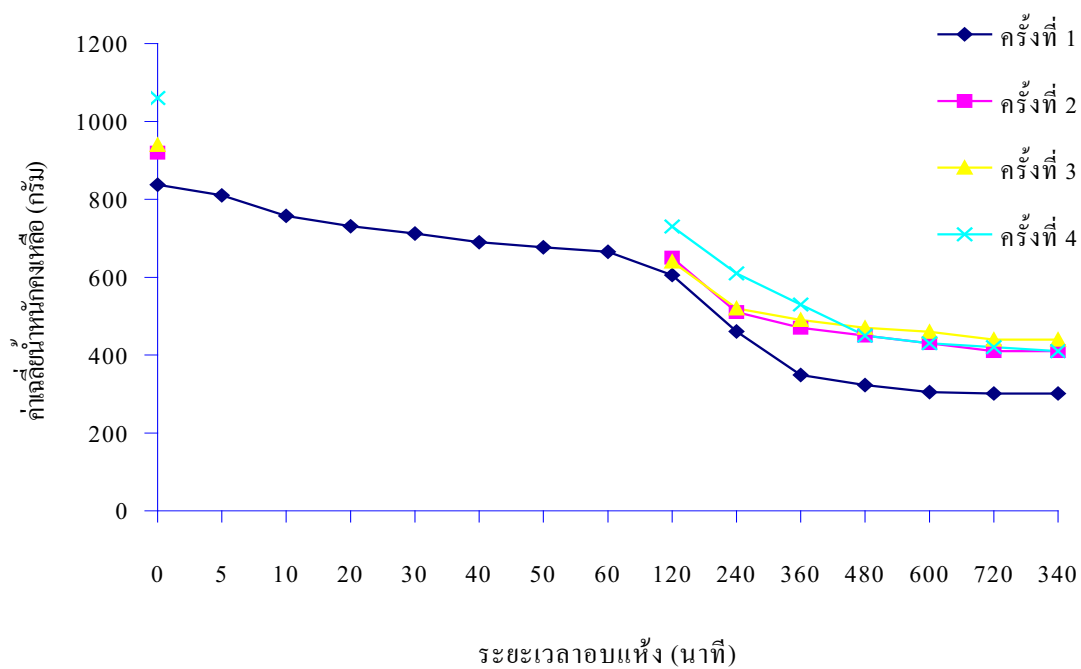
ออสโมติกดีไฮเดรชัน

ผลการศึกษาหาวิธีการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับเนื้อลื่นจี๋เชื่อมอบแห้ง พบว่าการอบแห้งด้วยอุณหภูมิต่างระดับให้ผลดีกว่าการอบแห้งด้วยอุณหภูมิเดียวกันตลอด ดังนั้นจึงได้นำอุณหภูมิและเวลาที่ได้มาทดลองอบแห้งเนื้อลื่นจี๋ที่ผ่านการออสโมติกดีไฮเดรชัน ด้วยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมงและอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมงติดต่อกัน ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการอบแห้งทุกๆ 10 นาที ด้วยการชั่งน้ำหนักและหาปริมาณน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างอบแห้งได้ผลการทดลองดังในตาราง 5.23 และนำมาสร้างกราฟดังรูป 5.10 และ 5.11 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงต้นของการอบแห้งประมาณ 4 ชั่วโมงแรก น้ำหนักเนื้อลื่นจี๋ลดลงอย่างรวดเร็ว อันเนื่องจากปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนื้อลื่นจี๋อยู่ในรูปน้ำอิสระ จึงถูกระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นน้ำหนักการเปลี่ยนแปลงช้าลง เนื่องจากการระเหยน้ำส่วนที่อยู่ในรูป bound water เส้นกราฟจะเริ่มคงที่ จากการทดลองอบนาน

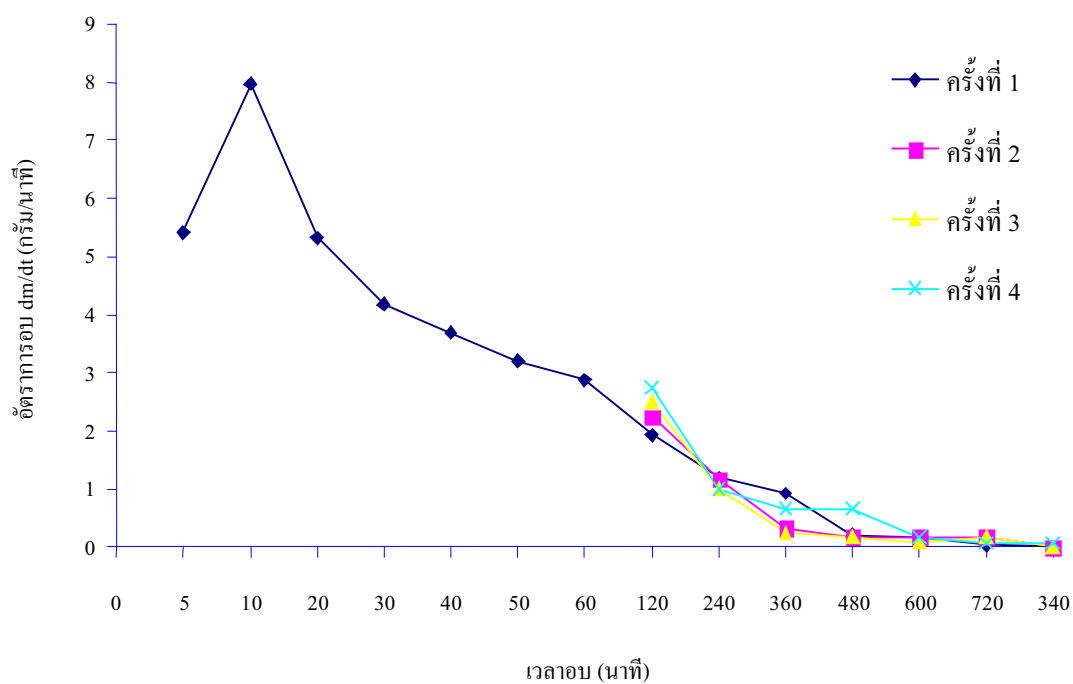
ตาราง 5.23 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้อลึนิจี่ที่ผ่านการออสโมติกดีไฮเดรชัน
กับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

เวลา (นาทึ)	น้ำหนักที่ลดลงในแต่ละช่วงเวลาอบแห้ง				เวลา (นาทึ)	อัตราการทำแห้ง (กรัม/นาทึ)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
0	837.25	920	940	1060	0	0			
5	810.2				5	5.41			
10	757.58				10	7.97			
20	730.93				20	5.32			
30	711.73				30	4.18			
40	689.71				40	3.69			
50	677.09				50	3.2			
60	665.34				60	2.87			
120	605.27	650	640	730	120	1.93	2.25	2.5	2.75
240	460.31	510	520	610	240	1.21	1.17	1	1
360	348.58	470	490	530	360	0.93	0.33	0.25	0.67
480	323.24	450	470	450	480	0.21	0.17	0.17	0.67
600	305.16	430	460	430	600	0.15	0.17	0.08	0.17
720	301.37	410	440	420	720	0.03	0.17	0.17	0.08
840	301	410	440	410	840	0.003	0	0	0.08

หมายเหตุ : สภาวะการอบแห้งแบบที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ลดลงเหลือ 65 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง แล้วลดลงเหลือ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง
การทดลองครั้งที่ 2-4 เก็บตัวอย่างทุก 2 ชั่วโมง



รูปที่ 5.10 ความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักกับเวลาในการอบแห้งเนื้อลิ้นจี่แบบออสโมติกดีไฮเดรชัน



รูปที่ 5.11 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงอัตราการอบแห้งกับเวลาในการอบแห้งเนื้อลิ้นจี่แบบออสโมติกดีไฮเดรชัน

14 ชั่วโมง พบว่าเมื่อนำตัวอย่างเนื้อลึนจ๊อบแห้งมาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.33 ± 0.063 และค่า a_w เท่ากับ 0.4210 ± 0.0078 ถึงแม้ปริมาณความชื้นเฉลี่ยที่เหลื้อยู่ค่อนข้างสูง แต่เมื่อพิจารณาค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเฉลี่ยที่มีอยู่ในเนื้อลึนจ๊อบแห้งค่อนข้างสูงมากเช่นกัน คือ 49.025 ± 1.285 ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ค่า a_w ต่ำ อีกทั้งปริมาณความชื้นที่เหลื้อยู่ในส่วนใหญ่อยู่นในรูป bound water ทำให้ยากต่อการระเหยออกไป ดังจะเห็นได้จากกราฟซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Rahman and Lamb (1990) ที่พบว่าอัตราการทำให้แห้งของชิ้นสับประรดที่ผ่านการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสมีอัตราการลดลงช้ากว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการทำให้แห้งของชิ้นสับประรดสด

5.13 ผลการศึกษาวิธีการเก็บรักษาเนื้อลึนจ๊อบแห้งและอายุการเก็บรักษารักษา

การศึกษาเพื่อหาวิธีการเก็บรักษาเนื้อลึนจ๊อบแห้งและเนื้อลึนจ๊อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันที่เหมาะสมและอายุการเก็บรักษา โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทั้งทางกายภาพทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของเนื้อลึนจ๊อบแห้งทั้ง 2 ชนิด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด คือ ถุงอัดแก๊สไนโตรเจน (ถุง N) ถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน (ถุง PP) และถุงอะลูมิเนียม (ถุง AL) สำหรับเนื้อลึนจ๊อบแห้ง และใช้ถุงสุญญากาศ (ถุง VAC) ถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน (ถุง PP) และถุงอะลูมิเนียม (ถุง AL) สำหรับเนื้อลึนจ๊อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันได้ผลการศึกษา ดังนี้

5.13.1 ผลการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อลึนจ๊อบแห้ง

ผลการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพในด้านสีและลักษณะเนื้อสัมผัสระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อลึนจ๊อบแห้งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ดังตาราง 5.24 และ 5.26 และที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ดังตาราง 5.25 และ 5.27

1. ค่าสี

ค่าสี L ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเนื้อลึนจ๊อบแห้งระหว่างการเก็บรักษาพบว่าค่าสี L ของเนื้อลึนจ๊อบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ทั้งที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสและ 25-30 องศาเซลเซียส มีค่าสี L ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น และเมื่อพิจารณาค่าสี L ของเนื้อลึนจ๊อบแห้งที่ลดลงในแต่ละเดือน ทั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และ 25-30 องศาเซลเซียส ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาค่าสี L เฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของค่า

ค่า L ของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดที่เก็บรักษารักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า L เฉลี่ยของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส โดยค่า L เฉลี่ยของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงอัดแก๊สไนโตรเจน มีค่า L มากกว่าค่า L เฉลี่ยของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน และในถุงอะลูมิเนียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่า L เฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ระหว่างที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส กับ 25-30 องศาเซลเซียสพบว่า ค่า L เฉลี่ยที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส มีค่าการเปลี่ยนแปลงลดลงมากกว่าที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะที่ปรากฏของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง คือ ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งมีลักษณะชุ่มมากกว่าและแห้งกว่า การที่มีค่า L ลดลงนั้น ย่อมเป็นตัวบ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำอันอาจเป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์

ค่า a^* พบว่าค่า a^* เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า a^* ในแต่ละเดือนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่า a^* เฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บรักษาของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งพบทั้งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และ 25-30 องศาเซลเซียส ถ้าพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า a^* ในแต่ละเดือนระหว่างที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส พบว่าค่า a^* ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากกว่าที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ซึ่งพบลักษณะเช่นนี้ทั้ง 3 บรรจุภัณฑ์ การที่เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งมีค่า L ลดลงและมีค่า a^* เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ย่อมเป็นเครื่องชี้บ่งว่ามีปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ขึ้น (Bolin and Steele, 1987)

ค่า b^* พบว่าค่า b^* มีค่าลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสและ 25-30 องศาเซลเซียสสำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส พบว่าค่า b^* ของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงอัดแก๊สไนโตรเจน ถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน และถุงอะลูมิเนียม มีค่าลดลงจาก 16.15 เป็น 10.71, 10.61 และ 10.37 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน แต่เมื่อพิจารณาค่า b^* เฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บรักษาไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างถุงทั้ง 3 ชนิด สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ค่า b^* มีค่าลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างแต่ละเดือนที่ทำการเก็บรักษา และตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา

ตาราง 5.24 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L, a* และ b* ของเนื้อดินจันทน์หอมอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส.

ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่าสี L			ค่าสี a*			ค่าสี b*		
	ถุง N	ถุง PP	ถุง AL	ถุง N	ถุง PP	ถุง AL	ถุง N	ถุง PP	ถุง AL
0	42.50±2.56 NS	42.50±2.56 NS	42.50±2.56 NS	6.55±1.23 NS	6.55±1.23 NS	6.55±1.23 NS	16.13±1.15 a	16.15±1.15 a	16.15±1.15 a
6	40.91±2.23 NS	40.55±2.90 NS	40.56±2.07 NS	8.22±0.88 NS	8.20±1.23 NS	8.13±0.93 NS	10.71±0.97 b	10.61±1.55 b	10.37±1.63 b
8	39.59±2.40 NS	39.40±1.53 NS	39.47±1.77 NS	8.38±1.40 NS	8.50±0.98 NS	9.50±1.41 NS	11.35±1.15 b	10.42±0.93 b	10.61±1.09 b
10	39.78±2.04 NS	37.25±1.36 NS	39.17±1.26 NS	9.13±0.82 NS	9.04±0.86 NS	8.29±0.58 NS	11.74±1.19 b	10.61±0.59 b	11.06±0.98 b
12	37.37±2.28 NS	39.47±1.65 NS	41.83±1.45 NS	8.90±0.72 NS	8.96±0.63 NS	8.70±0.99 NS	10.88±1.40 b	12.21±0.82 b	11.73±0.95 b
ค่าเฉลี่ย 12 เดือน	40.03±1.88 NS	39.83±1.91 NS	40.71±1.45 NS	8.24±1.01 NS	8.25±1.01 NS	8.23±1.08 NS	12.17±2.26 NS	12.0±2.43 NS	11.98±2.39 NS

หมายเหตุ

1. ตัวอักษรที่กำกับแต่ละคอลัมน์ (แนวนอน) ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)
2. ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ต่างกัน
3. NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)
4. ถุง N = ถุงอัดแก๊สไนโตรเจน, ถุง PP = ถุงโพลีโพรพิลีน + สารดูดความชื้น + สารดูด O₂, ถุง AL = ถุงอะลูมิเนียม
5. ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 5.25 การเปลี่ยนแปลงค่า L_a* และ b* ของเนื้อดินจุ่มแอมโมเนียมที่อุณหภูมิตั้งแต่ 25-30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา เก็บรักษา (เดือน)	ค่า L			ค่า a*			ค่า b*		
	ถุง N	ถุง PP	ถุง AL	ถุง N	ถุง PP	ถุง AL	ถุง N	ถุง PP	ถุง AL
0	42.50±2.56 NS	42.50±2.56 NS	42.50±2.56 NS	6.55±1.22 NS	6.55±1.22 NS	6.55±1.22 NS	16.15±1.15 NS	16.15±1.15 NS	16.15±1.15 NS
2	43.76±2.30 NS	40.98±2.22 NS	42.75±2.57 NS	6.45±0.58 NS	7.51±0.67 NS	7.39±0.64 NS	15.95±1.19 NS	15.48±1.45 NS	15.35±1.80 NS
4	44.80±2.19 NS	41.40±1.53 NS	41.50±1.79 NS	6.69±0.51 NS	7.23±0.79 NS	7.05±1.07 NS	15.46±1.25 NS	14.52±1.29 NS	15.41±1.71 NS
6	43.89±2.64 NS	40.39±2.17 NS	41.00±2.38 NS	8.64±0.71 NS	8.42±1.14 NS	9.09±0.83 NS	14.94±1.65 NS	12.96±1.76 NS	14.50±1.56 NS
8	41.14±2.78 NS	39.61±2.37 NS	38.64±2.30 NS	9.81±0.98 NS	9.39±1.14 NS	8.93±0.55 NS	14.67±1.90 NS	14.30±1.15 NS	13.41±1.74 NS
10	37.21±2.09 NS	38.42±1.38 NS	37.46±1.62 NS	9.58±1.22 NS	9.94±0.81 NS	9.29±0.94 NS	12.14±1.58 NS	14.16±1.33 NS	14.32±1.54 NS
ค่าเฉลี่ย 12 เดือน	42.22±2.76 a	40.55±1.43 b	40.64±2.14 b	7.95±1.57 NS	8.17±1.31 NS	8.05±1.18 NS	14.89±1.45 NS	14.59±1.10 NS	14.86±0.96 NS

หมายเหตุ

1. ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละแถวตามแนวตั้งที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
2. ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
3. NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
4. ถุง N = ถุงอัดแก๊สไนโตรเจน, ถุง PP = ถุงโพลีโพรพิลีน + สารดูดความชื้น + สารดูด O_2 , ถุง AL = ถุงอะลูมิเนียม
5. ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งมีการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงเคี้ยวเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา โดยที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเคี้ยวในทิศทางเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละเดือนที่ทำการเก็บรักษา และค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บรักษา สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเคี้ยวในทิศทางลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละเดือนและค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา การที่เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส มีค่าแรงเคี้ยวมากกว่าที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส แสดงว่าเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส มีลักษณะเนื้อแข็งกว่าที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส น้ำที่เหลืออยู่อาจถูกระเหยออกไปในระหว่างการเก็บรักษาทำให้เนื้อลิ้นจี่แห้งมากขึ้น ส่งผลให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็ง

ตาราง 5.26 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสและปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่าแรงเคี้ยว (นิวตัน)			ปริมาณกรดทั้งหมด (%) ในรูปกรดซิตริก		
	ถุง N	ถุง PP	ถุง AL	ถุง N	ถุง PP	ถุง AL
0	41.38±6.64 NS	41.38±6.64 NS	41.38±6.64 NS	0.67±0.01 a	0.67±0.01 a	0.67±0.01 a
6	53.17±6.97 NS	56.58±4.72 NS	59.34±4.72 NS	0.66±0.04 a	0.53±0.02 b	0.59±0.04 b
8	52.41±9.67 NS	52.74±4.94 NS	60.28±4.28 NS	0.58±0.01 b	0.53±0.03 b	0.58±0.03 b
10	57.58±6.26 NS	52.50±6.37 NS	56.02±5.62 NS	0.56±0.01 b	0.50±0.03 b	0.56±0.02 b
12	53.89±6.23 NS	43.26±5.94 NS	43.81±6.36 NS	0.56±0.01 b	0.48±0.02 b	0.55±0.02 b
ค่าเฉลี่ย 12 เดือน	51.69±6.09 NS	49.29±6.60 NS	52.17±8.92 NS	0.61±0.05 a	0.54±0.07 b	0.59±0.05 a

หมายเหตุ

1. ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละแถวตามแนวตั้งที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
2. ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
3. NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
4. ถุง N = ถุงอัดแก๊สไนโตรเจน, ถุง PP = ถุงโพลีโพรพิลีน + สารดูดความชื้น + สารดูด O_2 , ถุง AL = ถุงอะลูมิเนียม
5. ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 5.27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดและเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่เชื่อมอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาเก็บรักษา(เดือน)	แรงเฉือน (นิวตัน)			ปริมาณกรดทั้งหมด (%) ในรูปกรดซิตริก		
	ถุง N	ถุง PP	ถุง AL	ถุง N	ถุง PP	ถุง AL
0	41.38±6.64 NS	41.38±6.64 NS	41.38±6.64 NS	0.67±0.01 a	0.67±0.01 a	0.67±0.01 a
2	40.85±3.72 NS	46.55±6.38 NS	42.75±6.14 NS	0.52±0.04 a	0.51±0.04 b	0.40±0.04 b
4	37.87±7.94 NS	40.86±5.64 NS	43.24±6.28 NS	0.43±0.04 b	0.49±0.03 b	0.52±0.03 b
6	36.33±5.77 NS	36.04±5.61 NS	40.94±6.45 NS	0.41±0.03 b	0.43±0.04 b	0.43±0.03 b
8	39.58±4.57 NS	34.58±5.59 NS	41.62±6.87 NS	0.42±0.03 b	0.49±0.02 b	0.39±0.03 b
10	37.96±5.07 NS	37.55±6.02 NS	38.75±5.30 NS	0.48±0.03 b	0.44±0.03 b	0.36±0.03 b
ค่าเฉลี่ย 10 เดือน	38.99±1.94 NS	39.49±4.36 NS	41.45±1.57 NS	0.49±0.09 a	0.51±0.08 b	0.46±0.11 a

หมายเหตุ

1. ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละแถวตามแนวตั้งที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
2. ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
3. NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
4. ถุง N = ถุงอัดแก๊สไนโตรเจน, ถุง PP = ถุงโพลีโพรพิลีน + สารดูดความชื้น + สารดูด O_2 , ถุง AL = ถุงอะลูมิเนียม
5. ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 5.28 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและ a_w ของเนื้อลิ้นจี่เชื่อมอบแห้งเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาเก็บรักษา(เดือน)	ปริมาณความชื้น (%)			a_w		
	ถุง N	ถุง PP	ถุง AL	ถุง N	ถุง PP	ถุง AL
0	23.40±0.11 a	23.40±0.11 a	23.40±0.11 ab	0.441±0.02 a	0.441±0.02 a	0.441±0.02 a
6	24.09±0.11 a	24.64±0.29 a	23.83±0.03 a	0.337±0.01 b	0.356±0.01 b	0.340±0.01 c
8	22.08±0.24 b	24.11±0.10 ab	22.55±0.18 c	0.365±0.01 b	0.359±0.01 b	0.382±0.00 bc
10	19.89±0.22 c	23.67±0.17 b	22.70±0.34 bc	0.364±0.02 b	0.375±0.02 b	0.375±0.02 bc
12	19.68±0.26 c	23.57±0.27 b	21.42±0.24 d	0.350±0.01 b	0.373±0.00 b	0.413±0.00 ab
ค่าเฉลี่ย 12 เดือน	21.83±2.00 NS	23.88±0.50 NS	22.78±0.92 NS	0.371±0.04 NS	0.381±0.03 NS	0.390±0.04 NS

หมายเหตุ

1. ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละแถวตามแนวตั้งที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
2. ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
3. NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)
4. ถุง N = ถุงอัดแก๊สไนโตรเจน, ถุง PP = ถุงโพลีโพรพิลีน + สารดูดความชื้น + สารดูด O_2 , ถุง AL = ถุงอะลูมิเนียม
5. ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 5.29 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและ a_w ของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาเก็บรักษา(เดือน)	ปริมาณความชื้น (%)			a_w		
	ถุง N	ถุง PP	ถุง AL	ถุง N	ถุง PP	ถุง AL
0	23.39±0.10 b	23.39±0.10 b	23.39±0.10 b	0.441±0.01 c	0.441±0.01 b	0.441±0.01 b
2	27.23±1.68 ab	28.70±0.88 a	26.11±0.45 a	0.545±0.01 b	0.517±0.01 a	0.477±0.20 ab
4	29.79±1.62 a	29.05±1.33 a	26.64±0.23 a	0.618±0.03 a	0.519±0.00 a	0.488±0.00 ab
6	30.39±0.85 a	29.84±0.07 a	26.52±0.15 a	0.600±0.00 ab	0.529±0.01 a	0.480±0.01 ab
8	29.73±1.05 a	30.21±0.67 a	27.25±0.17 a	0.580±0.00 ab	0.512±0.00 a	0.498±0.01 a
10	31.11±0.56 a	30.73±0.25 a	27.01±0.73 a	0.588±0.02 ab	0.536±0.01 a	0.488±0.02 ab
ค่าเฉลี่ย 10 เดือน	27.78±3.04 a	28.65±2.68 a	26.15±1.41 b	0.562±0.06 a	0.509±0.03 b	0.479±0.02 b

หมายเหตุ

1. ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละแถวตามแนวตั้งที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
2. ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
3. NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)
4. ถุง N = ถุงอัดแก๊สไนโตรเจน, ถุง PP = ถุงโพลีโพรพิลีน + สารดูดความชื้น + สารดูด O_2 , ถุง AL = ถุงอะลูมิเนียม
5. ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.13.2 ผลการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ความชื้น และ a_w ที่เก็บรักษารักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ดังตาราง 5.26 , 5.28 และ 5.30 และที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ดังตาราง 5.27, 5.29 และ 5.31 ตามลำดับ

1. ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ตาราง 5.26 และ 5.27 รูป 5.12 และ 5.13)

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง3ชนิดพบว่าเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งมีปริมาณกรดทั้งหมดลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น ทั้งที่อุณหภูมิ 8 และ 25-30 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาปริมาณกรดทั้งหมดที่วัดได้ในแต่ละเดือน พบว่าที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่มีอายุ

การเก็บรักษานาน 6 เดือนขึ้นไป มีความแตกต่างจากเมื่อเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าของปริมาณกรดทั้งหมดโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บรักษาของแต่ละบรรจุภัณฑ์ พบว่าเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงอัดแก๊สไนโตรเจนและถุงอะลูมิเนียมมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าในถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงทั้ง 3 ชนิด ตั้งแต่อายุการเก็บรักษานาน 2 เดือน โดยมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และอัตราการลดลงของปริมาณกรดทั้งหมดมีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาค่าปริมาณกรดทั้งหมดเฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บรักษา พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

1. ปริมาณความชื้น (ตาราง 5.28 และ 5.29 รูป 5.14 และ 5.15)

ผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 และ 25-30 องศาเซลเซียส โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงอัดแก๊สไนโตรเจนและถุงอะลูมิเนียม มีค่าปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน หลังจากนั้นปริมาณความชื้นลดลงจากเมื่อเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตามระยะเวลาเก็บรักษา สำหรับเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน มีค่าปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษาในช่วง 8 เดือน หลังจากนั้นค่าปริมาณความชื้นลดลงเมื่อเก็บรักษาครบ 10 และ 12 เดือน อย่างไรก็ตามเมื่อนำค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 เดือน ของบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมาพิจารณา พบว่าถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าถุงอะลูมิเนียมและถุงอัดแก๊สไนโตรเจนอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การที่เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มมีปริมาณความชื้นลดลงระหว่างเก็บรักษาอาจเป็นเพราะที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสในตู้เย็นอากาศแห้งกว่าทำให้น้ำระเหยออกจากถุง

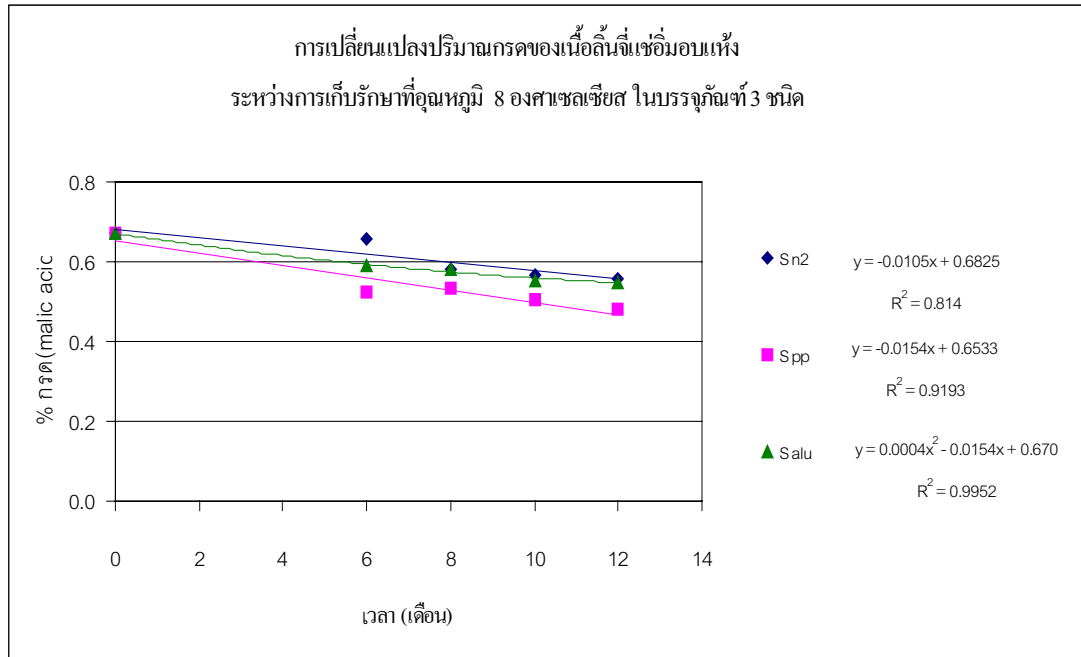
การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณความชื้นของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา โดยถุงอัดแก๊สไนโตรเจนและถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน มีค่าปริมาณความชื้นของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งมากกว่าถุงอะลูมิเนียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นั่นคือถุงอะลูมิเนียมสามารถป้องกันความชื้นได้ดีกว่าถุงอัดแก๊สไนโตรเจนและถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส แต่มีความแตกต่างระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Gordon (1993) ที่กล่าว

ว่าแผ่นอะลูมิเนียมที่มีความหนา 25.4 ไมโครเมตร ไออน้ำและแก๊สไม่สามารถซึมผ่านได้ แต่เมื่อนำแผ่นอะลูมิเนียมมาทำให้เป็นแผ่นบางๆ ทำให้เกิดรูเล็กๆขึ้น ทำให้ไออน้ำสามารถซึมผ่านได้ เช่น แผ่นอะลูมิเนียมที่มีความหนา 8.9 ไมโครเมตร จะมีค่าการซึมผ่านของไออน้ำเป็น 0.3 มิลลิลิตร/ตารางเมตร/วัน ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 100%

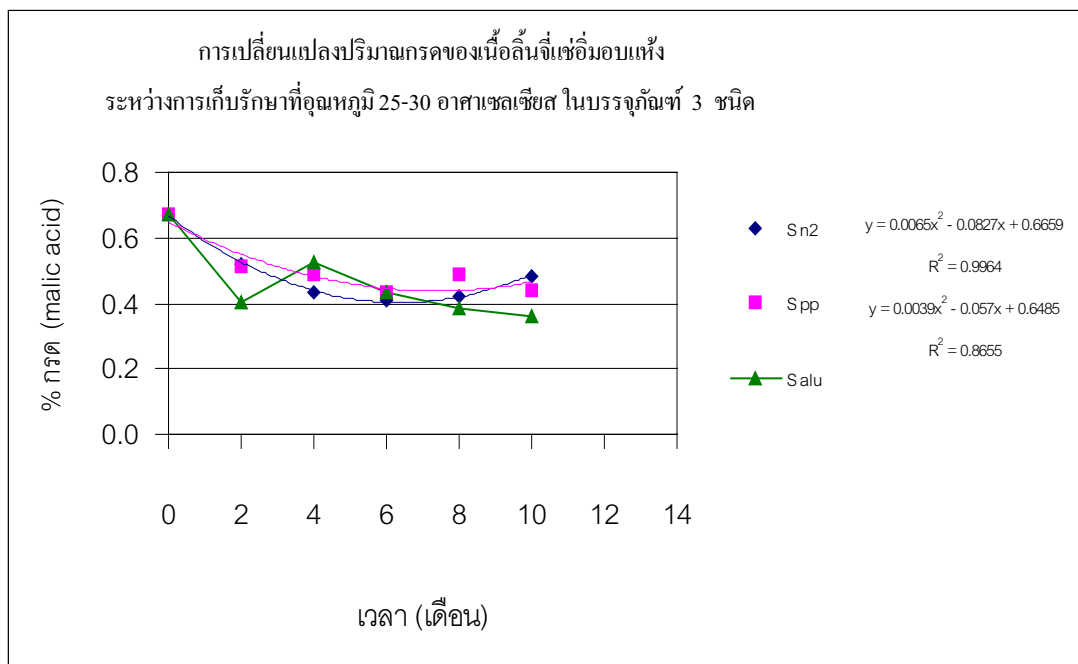
2. ค่า a_w (ตาราง 5.28 และ 5.29 รูป 5.16 และ 5.17)

ผลการทดลองพบว่าค่า a_w มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และ 25-30 องศาเซลเซียส สำหรับการเก็บรักษาที่ 8 องศาเซลเซียส ค่า a_w ลดลงตลอดระยะเวลาเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ในแต่ละเดือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเป็นค่า a_w เหลือตลอดระยะเวลาเก็บรักษาของแต่ละบรรจุภัณฑ์ ซึ่งผลของค่า a_w ที่ได้สอดคล้องกันกับค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยของเนื้อลิ้นจี่แช่อบแห้งที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส พบว่า a_w มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ระหว่างการเก็บรักษาในแต่ละเดือนน้อยกว่าอุณหภูมิโพธิ์โพธิ์ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน และอุณหภูมิในโตรเจนตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่า a_w เหลือตลอดอายุการเก็บรักษานาน 10 เดือน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเนื้อลิ้นจี่แช่อบแห้งในอุณหภูมิมีค่า a_w น้อยกว่าในอุณหภูมิในโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

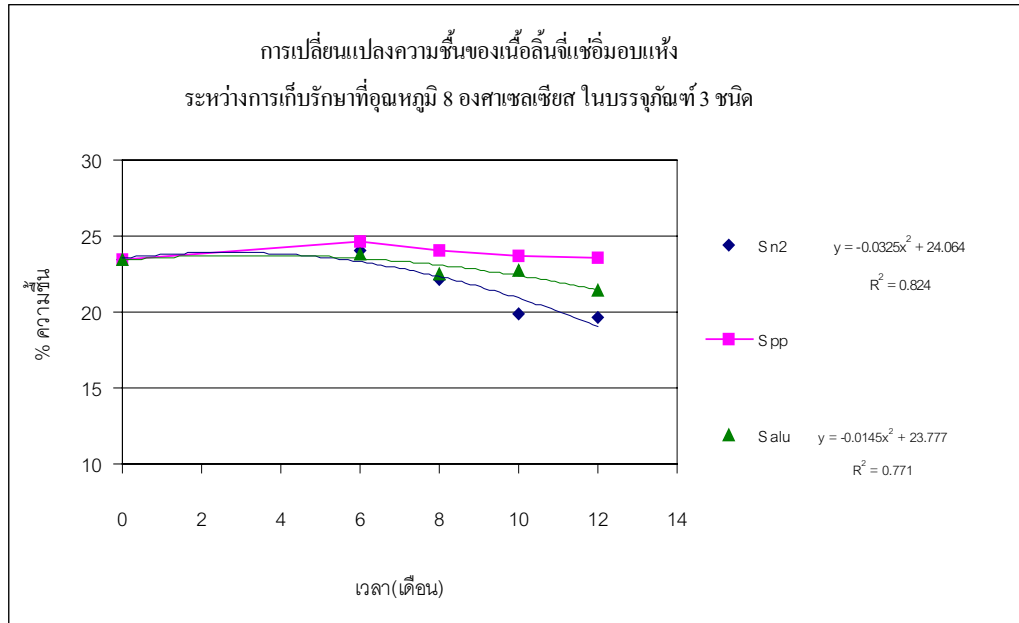


รูป 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่เชื่อมอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

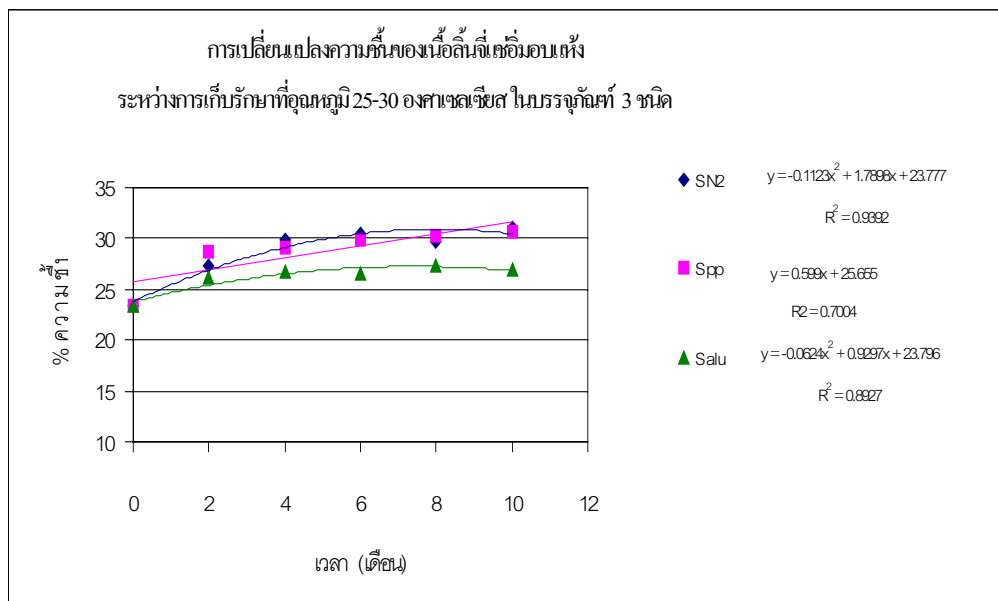


รูป 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรด กับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่เชื่อมอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

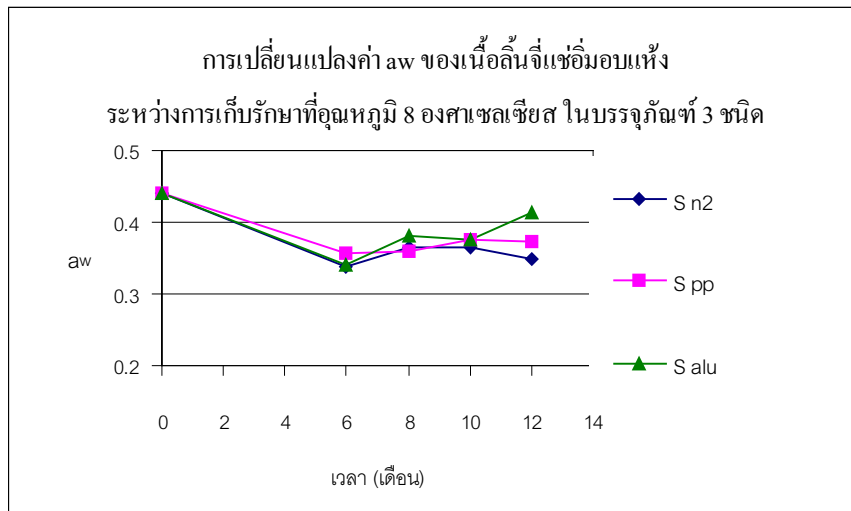
หมายเหตุ : ค่า R^2 ที่คำนวณได้ ที่มีค่าต่ำกว่า 0.7000 จะไม่แสดงสมการ



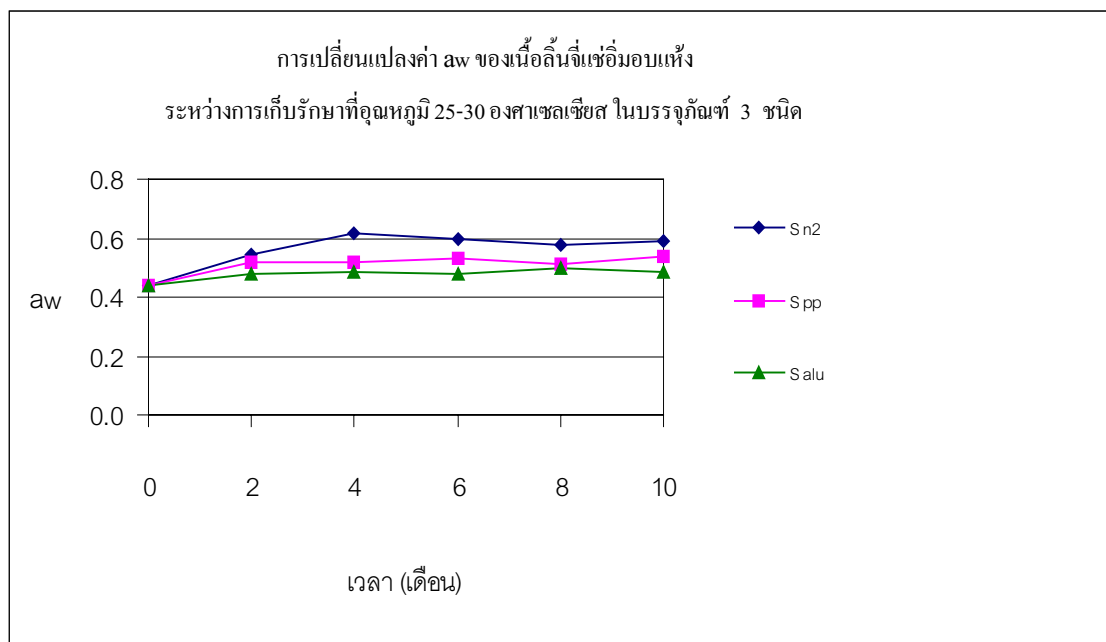
รูป 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อดินจี้เชื่อมอบแห้ง
ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส
หมายเหตุ : ค่า R^2 ที่คำนวณได้ ที่มีค่าต่ำกว่า 0.7000 จะไม่แสดงสมการ



รูป 5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อดินจี้เชื่อม
อบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส



รูป 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า a_w กับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่เชื่อมอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส



รูป 5.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง a_w กับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่เชื่อมอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

4. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (ตาราง 5.30 และ 5.31)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนือลันจีแช่อิ่มอบแห้งในถุงทั้ง 3 ชนิด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 เดือน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 เดือน พบว่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงการเก็บรักษาไม่สม่ำเสมอ อันเนื่องมาจากความแตกต่างของผลและความหนาของเนือลันจี เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนือลันจีแช่อิ่มอบแห้งทั้ง 2 อุณหภูมิ พบว่าเนือลันจีแช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส อาจเนื่องจากที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสในตู้เย็นการระเหยของน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็วกว่าที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณความชื้นลดลงมากกว่าส่งผลให้ปริมาณกรดที่มีอยู่ในชิ้นเนือลันจีเข้มข้นมากกว่าที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส และส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของน้ำตาล โดยน้ำตาลซูโครสแตกตัวไปอยู่ในรูปของกลูโคสและฟรุกโตสเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงขณะที่ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง เพิ่มขึ้น (รูป 5.18 และ 5.19)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในเนือลันจีแช่อิ่มอบแห้งที่บรรจุในถุงแต่ละชนิดระหว่างการเก็บรักษา พบว่าเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในถุงทั้ง 3 ชนิด คือ จากเดิม 60.50% ลดลงเป็น 49.90, 56.61 และ 56.29% ในถุงอัดแก๊สไนโตรเจน ถุงโพลีโพรพิลีน และถุงอะลูมิเนียม ตามลำดับ หลังจากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงลดลงค่อนข้างสม่ำเสมอระหว่างเดือนที่ 8 ถึง 12 เดือนในถุงอัดแก๊สไนโตรเจน และถุงอะลูมิเนียม เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าถุงอะลูมิเนียมและถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนต่างมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงจากเดิมน้อยกว่าถุงอัดแก๊สไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนี้คือ จากเมื่อเริ่มต้น 60.50% ลดลงเป็น 56.32, 56.25 และ 52.99% ตามลำดับ สำหรับปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง พบว่าเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 6 เดือนที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเพิ่มขึ้นจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในถุงอัดแก๊สไนโตรเจน และถุงโพลีโพรพิลีน แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในถุงอะลูมิเนียม

นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซิงไม่สม่ำเสมอในแต่ละช่วงเวลาเก็บรักษา ซึ่งพบได้ในถุงอะลูมิเนียมและถุงโพลีโพรพิลีน เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าเนือลันจีแช่อิ่มอบแห้งในถุงอะลูมิเนียมมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากเดิมน้อยที่สุด รองลงมาคือถุงอัดแก๊สไนโตรเจน โดยเพิ่มขึ้นจากเดิม 29.27% เป็น 31.79 และ 33.57% ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน ซึ่งเพิ่มขึ้นเป็น 38.84% ($p < 0.05$)

สำหรับเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งเก็บที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 เดือน ในถุงทั้ง 3 ชนิด พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงในระหว่างการเก็บรักษาในแต่ละช่วงเวลาเป็นไปอย่างไม่สม่ำเสมอ และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงเฉพาะปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในแต่ละช่วงเวลาเก็บรักษาในถุงอัดแก๊สไนโตรเจน แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ในถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนและในถุงอะลูมิเนียม เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 10 เดือน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดระหว่างถุงทั้ง 3 ชนิด แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงระหว่างถุงทั้ง 3 ชนิด คือ ถุงอะลูมิเนียมมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซิงเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด คือจากเดิม 29.27% เป็น 31.64% และแตกต่างจากถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนที่มีค่าเท่ากับ 35.25% อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับถุงอัดแก๊สไนโตรเจนที่มีค่าเท่ากับ 32.68% ซึ่งสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงทั้ง 3 ชนิด คือถุงอะลูมิเนียมมีการเปลี่ยนแปลงน้อยสุด รองลงมาคือถุงอัดแก๊สไนโตรเจน และถุงโพลีโพรพิลีน ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน คือจากเดิม 60.50% เป็น 58.13, 57.57 และ 57.40% ตามลำดับ

5. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตาราง 5.32 และ 5.33)

การนำเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือนที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 เดือน ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ให้ผู้ทดสอบทำการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยการให้คะแนนตามความพอใจ พบว่าเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 12 เดือนที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ในถุงทั้ง 3 ชนิดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านกลิ่น รสหวาน และรสเปรี้ยว แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในด้านสี เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม โดยเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงอะลูมิเนียมและถุงอัดแก๊สไนโตรเจน ได้รับความพอใจในด้านสีใกล้เคียงกัน คือมีคะแนนเท่ากับ 11.33 และ 11.52 ตามลำดับ และมากกว่าเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนที่มีคะแนนเท่ากับ 10.25 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ถุงอะลูมิเนียมได้รับความพอใจในด้านการยอมรับรวมมีคะแนนเท่ากับ 10.59 ซึ่งมากกว่าถุงโพลีโพรพิลีนที่มีคะแนนเท่ากับ 9.89 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 5.30 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาดทั้งหมดและน้ำตาดรีดิวซิงของเนื้อลันจีแช่ม
อบแห้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

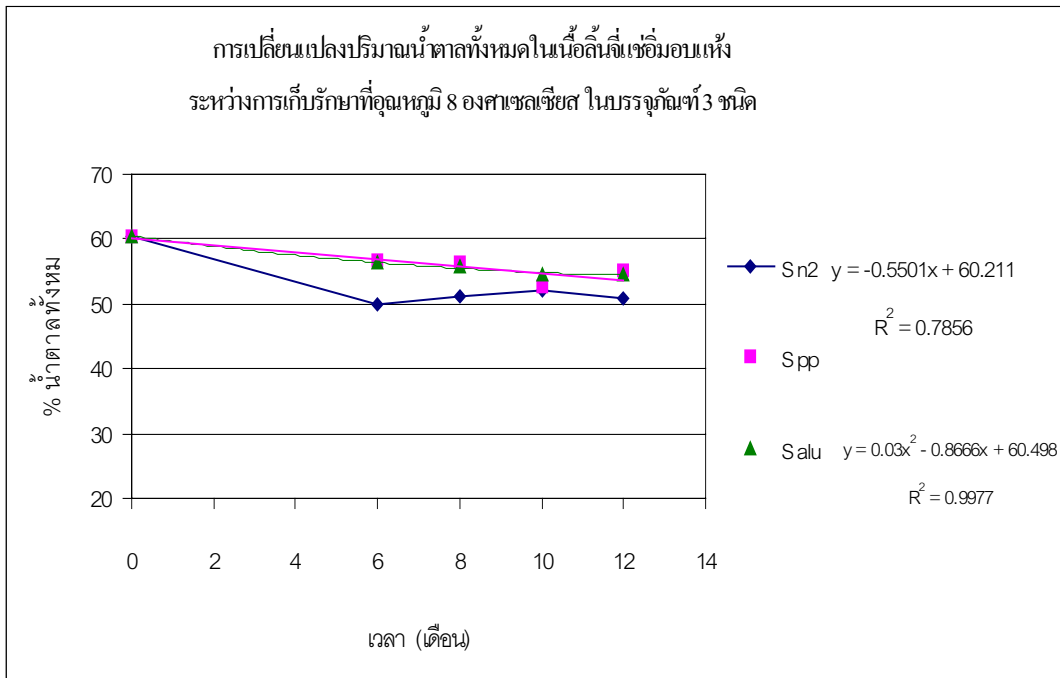
ระยะเวลา เก็บรักษา (เดือน)	% ปริมาณน้ำตาดทั้งหมด			% ปริมาณน้ำตาดรีดิวซิง		
	ถุง N ₂	ถุง PP	ถุง AL	ถุง N ₂	ถุง PP	ถุง AL
0	60.50±0.92 a	60.50±0.92 a	60.50±0.92 a	29.27±1.08 b	29.27±1.08 b	29.27±1.08 NS
6	49.90±0.42 b	56.61±0.86 b	56.29±0.41 b	36.40±0.71 a	37.31±1.85 a	32.08±1.53 NS
8	51.29±1.36 b	56.42±1.00 b	55.66±1.36 b	35.55±1.66 a	39.43±1.90 a	33.7±1.81 NS
10	52.25±0.78 b	52.64±0.53 c	54.70±0.60 b	33.05±1.25 b	36.16±0.91 a	31.2±0.34 NS
12	51.02±0.89 b	55.08±0.92 bc	54.45±1.31 b	33.58±1.29 ab	37.02±1.79 a	32.70±1.19 NS
ค่าเฉลี่ย 12 เดือน	52.99±4.28 b	56.25±2.86 a	56.32±2.45 a	33.57±2.77 b	35.84±3.86 a	31.79±1.68 b

ตาราง 5.31 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาดทั้งหมดและน้ำตาดรีดิวซิงของเนื้อลันจีแช่ม
อบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

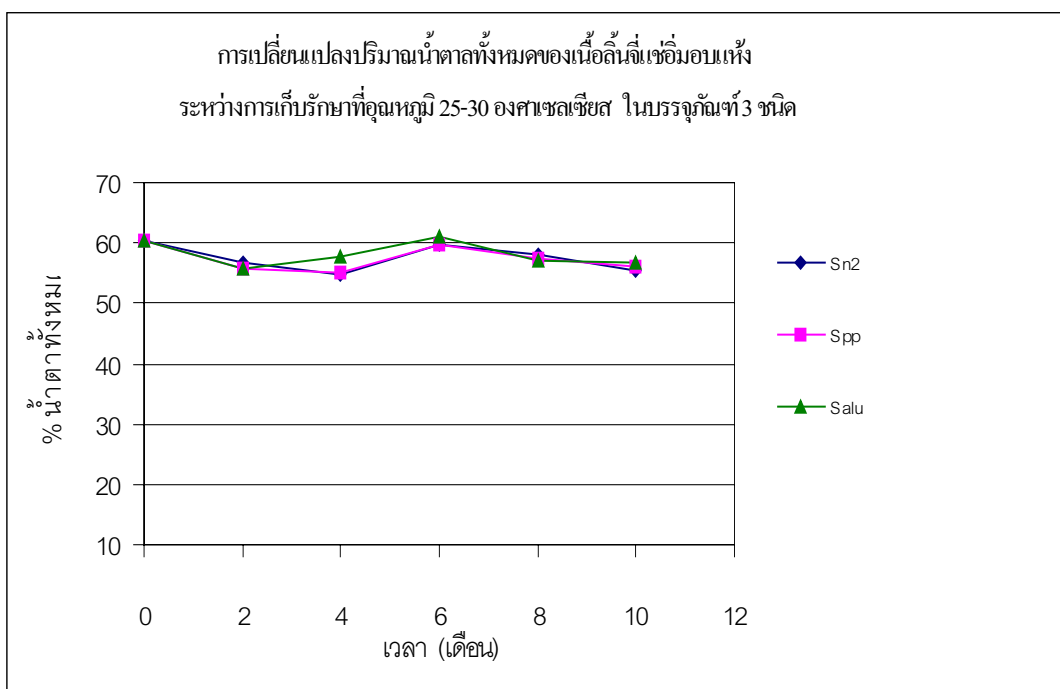
ระยะเวลา เก็บรักษา (เดือน)	% ปริมาณน้ำตาดทั้งหมด			% ปริมาณน้ำตาดรีดิวซิง		
	ถุง N ₂	ถุง PP	ถุง AL	ถุง N ₂	ถุง PP	ถุง AL
0	60.50±0.92 NS	60.50±0.92a	60.5±0.92a	29.27±1.07b	29.27±1.07d	29.27±1.07c
2	56.73±0.37 NS	55.78±1.10b	55.87±0.19b	31.71±2.14ab	32.41±1.43cd	33.01±1.11ab
4	54.78±0.63 NS	55.06±0.29b	57.75±2.01b	32.55±0.78ab	37.28±1.01ab	33.29±0.57ab
6	59.87±3.29 NS	59.66±1.35a	60.95±1.38a	33.99±0.93ab	39.29±0.83a	26.89±1.41c
8	58.04±1.12 NS	57.34±0.5ab	57.11±0.54ab	33.02±1.19ab	33.98±0.93bc	32.14±1.02ab
10	55.52±1.42 NS	56.05±1.08b	56.59±1.19ab	35.55±1.36a	39.28±1.74a	35.29±0.97a
ค่าเฉลี่ย 10 เดือน	57.57±2.31 NS	57.40±2.22 NS	58.13±2.10 NS	32.68±2.12 ab	35.25±4.05 a	31.64±3.04b

หมายเหตุ

1. ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละคอลัมน์ (แนวตั้ง) ที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
2. ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแต่ละแถว (แนวนอน) ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
3. NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
4. ถุง N = ถุงอัดแก๊สไนโตรเจน, ถุง PP = ถุงโพลีโพรพิลีน + สารดูดความชื้น + สารดูดออกซิเจน ,
ถุง AL = ถุงอะลูมิเนียม
5. ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูป 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมดกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่เชื่อมอบแห้งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด
หมายเหตุ : ค่า R^2 ที่คำนวณได้ ที่มีค่าต่ำกว่า 0.7000 จะไม่แสดงสมการ



รูป 5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่เชื่อมอบแห้งที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด

ในด้านเนื้อสัมผัสเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในถุงอัดแก๊สไนโตรเจนได้รับความพอใจมีคะแนนเท่ากับ 10.20 ซึ่งมากกว่าในถุงโพลีโพรพิลีนที่มีคะแนนเท่ากับ 9.86 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

สำหรับเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาไว้นาน 10 เดือน ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นั้น พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านสี รสหวาน และการยอมรับรวม แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านกลิ่น รสเปรี้ยว และลักษณะเนื้อสัมผัส ($p < 0.05$) โดยเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงอะลูมิเนียมได้รับคะแนนความพอใจในกลิ่นลิ้นจี่ 7.12 ซึ่งมีคะแนนมากกว่าถุงอัดแก๊สไนโตรเจนและถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนที่มีคะแนนเท่ากับ 6.06 และ 6.51 ตามลำดับ อย่างมีนัยความสำคัญทางสถิติ ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่าเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงอัดแก๊สไนโตรเจนได้รับคะแนนความพอใจ 9.02 ซึ่งมากกว่าถุงโพลีโพรพิลีนที่มีคะแนนเท่ากับ 8.86 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมากกว่าถุงอะลูมิเนียมที่มีคะแนนเท่ากับ 8.33 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในด้านรสเปรี้ยวพบว่าเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงโพลีโพรพิลีนได้รับคะแนนความพอใจในรสเปรี้ยว 8.17 ซึ่งมากกว่าถุงอัดแก๊สไนโตรเจนที่ได้รับคะแนน 8.29 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่มีอยู่ในเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงทั้ง 3 ชนิด

ถ้าพิจารณาในภาพรวมทุกคุณลักษณะของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงทั้ง 3 ชนิด ทั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 25 - 30 องศาเซลเซียส ดังรูป 5.20-5.21 ด้วยการนำคะแนนที่ได้แต่ละคุณลักษณะมาเรียงลำดับคะแนนมากที่สุดเท่ากับ 1 คะแนนน้อยที่สุดเท่ากับ 3 และนำผลรวม (rank sum) ของแต่ละถุงมาพิจารณา พบว่าเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน ได้ค่า rank sum สูงสุดเท่ากับ 16 และที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 เดือน ได้ค่า rank sum สูงสุดเท่ากับ 14 เช่นกัน แสดงว่าถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนไม่เหมาะที่จะใช้เก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง สำหรับถุงอะลูมิเนียมได้ค่า rank sum เท่ากับ 11 เมื่อเก็บรักษาครบ 12 เดือนที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสและเท่ากับ 10 เมื่อเก็บรักษาครบ 10 เดือนที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ส่วนถุงอัดแก๊สไนโตรเจนได้ค่า rank sum เท่ากับ 9 เมื่อเก็บรักษาไว้ครบ 12 เดือนที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และเท่ากับ 12 เมื่อเก็บรักษาครบ 10 เดือนที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นั่นคือ ถ้าต้องการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ควรใช้ถุงอัดแก๊สไนโตรเจน และถ้าต้องการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ควรใช้ถุงอะลูมิเนียมจะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความพอใจมากกว่าถุงชนิดอื่น

ตาราง 5.32 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อลิ้นจี่แช่อบแห้งเก็บที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาครบ 10 เดือน

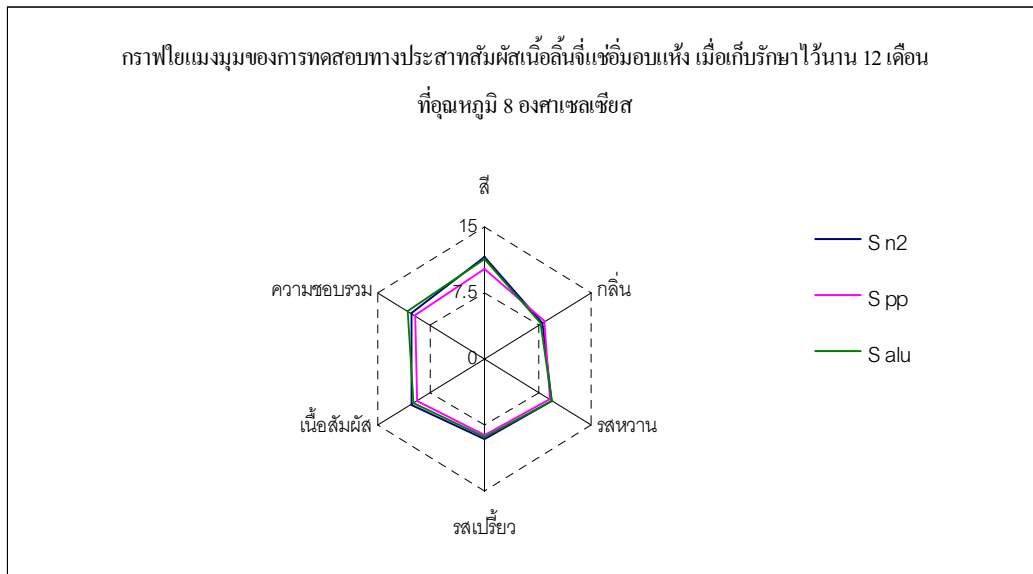
ชนิดของ ถุง	คะแนนความพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อ					
	สี	กลิ่น	รสหวาน	รสเปรี้ยว	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
ถุง N ₂	9.58±1.02 NS	6.06±0.86 b	8.73±1.00 NS	8.29±1.28b	9.02±1.11a	8.61±1.07NS
ถุง PP	9.48±1.27 NS	6.51±0.97b	8.55±1.15 NS	8.71±1.39a	8.86±1.09a	8.60±1.13 NS
ถุง AL	9.75±0.95 NS	7.12±0.87a	8.71±1.04 NS	8.69±1.34ab	8.33±1.09b	8.85±0.9 NS

ตาราง 5.33 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่แช่อบแห้งเก็บที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาครบ 12 เดือน

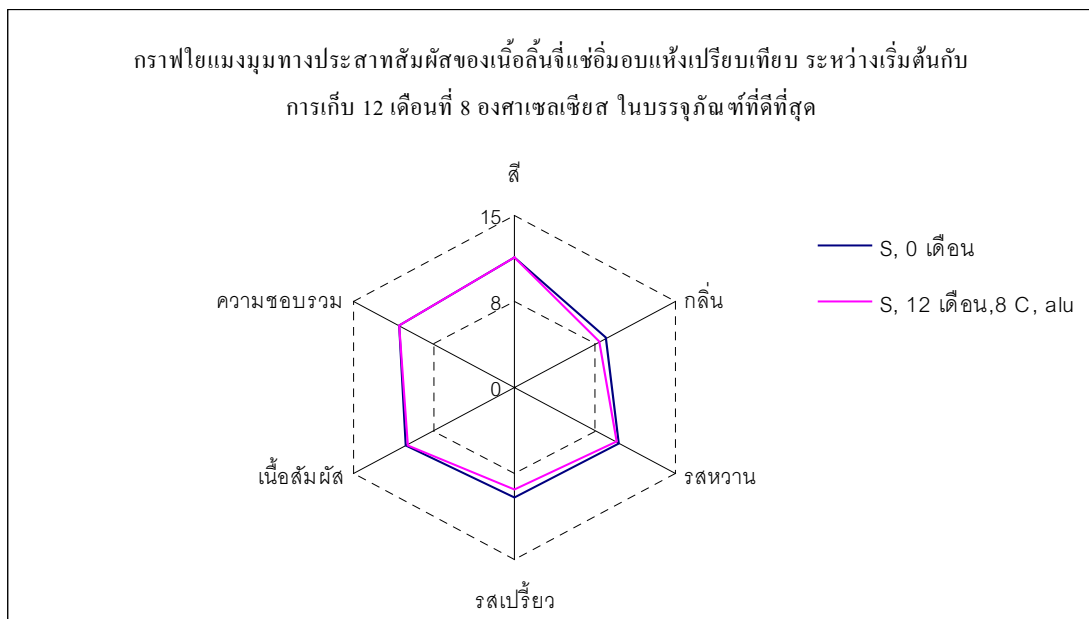
ชนิดของ ถุง	คะแนนความพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อ					
	สี	กลิ่น	รสหวาน	รสเปรี้ยว	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
ถุง N ₂	11.52±1.19a	8.16±1.11NS	9.31±1.12 NS	9.01±1.26 NS	10.20±1.20a	10.22±0.99ab
ถุง PP	10.25±1.01b	8.36±1.10 NS	9.19±1.09 NS	8.65±1.00 NS	9.63±1.48b	9.86±1.14b
ถุง AL	11.33±1.05a	7.93±1.05 NS	9.44±1.12 NS	8.84±1.55 NS	9.94±0.95ab	10.59±1.10a

หมายเหตุ

1. ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละคอลัมน์ (แนวตั้ง) ที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
2. ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแต่ละแถว (แนวนอน) ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
3. NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
4. ถุง N = ถุงอัดแก๊สไนโตรเจน, ถุง PP = ถุงโพลีโพรพิลีน + สารดูดความชื้น + สารดูดออกซิเจน, ถุง AL = ถุงอะลูมิเนียม
5. ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูป 5.20 เค้าโครงใยแมงมุมผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งใน
บรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด อายุการเก็บรักษานาน 12 เดือน ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส



รูป 5.21 เค้าโครงใยแมงมุมผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งสูตรใช้น้ำเชื่อม เปรียบเทียบระหว่างเริ่มต้นกับอายุการเก็บรักษานาน 12 เดือน ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ในถุงอะลูมิเนียม

5.14 ผลการศึกษาวิธีการเก็บรักษาเนื้อล้นจ๊อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันและอายุการเก็บรักษา

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ เคมีและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อล้นจ๊อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันที่เก็บรักษาในถุง 3 ชนิด คือ ถุงสุญญากาศ ถุง โพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน และถุงอะลูมิเนียม ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ได้ผลการทดลองดังในตาราง 5.34 – 5.43

1. สี (ตาราง 5.34 และ 5.35)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสี L , a^* และ b^* ของเนื้อล้นจ๊อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชัน ในถุงทั้ง 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และ 25-30 องศาเซลเซียส พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าสี L ในระหว่างการเก็บรักษา โดยในช่วงเวลา 6 เดือนที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ค่าสี L เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเมื่อเริ่มต้น หลังจากนั้นค่าสี L มีค่าลดลง แต่การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลากการเก็บรักษาของเนื้อล้นจ๊อบแห้งในถุงแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกันกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าในช่วง 4 เดือนแรกค่าสี L เพิ่มขึ้นและหลังจากนั้นจะลดลง โดยถุงอะลูมิเนียมและถุงโพลีโพรพิลีนมีการเปลี่ยนแปลงค่าสี L ในแต่ละช่วงเวลาที่เก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยตลอดเวลาที่เก็บรักษา พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าสี L ของเนื้อล้นจ๊อบแห้งในถุงแต่ละชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน สำหรับเนื้อล้นจ๊อบแห้งในถุงทั้ง 3 ชนิดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 เดือน พบว่าค่าสี L ของเนื้อล้นจ๊อบแห้งในถุงอะลูมิเนียมมีการเปลี่ยนแปลงลดลงจากเริ่มต้นน้อยที่สุด และถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงค่าสี L มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) การที่ค่าสี L มีค่าลดลงแสดงว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีสีน้ำตาลเกิดขึ้น (สีคล้ำ) อันเป็นผลจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ และสอดคล้องกับรายงานของ Lopez-Malo and Falon (1994) ที่รายงานว่า ค่าสี L ลดลงประมาณ 10-20 % ระหว่างการเก็บรักษาในขวดแก้วที่มีน้ำเชื่อมที่ใช้ทำออสโมติกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 เดือน

เมื่อพิจารณาค่าสี a^* พบว่าค่าสี a^* เพิ่มขึ้นในระหว่างที่เก็บรักษาในถุงทั้ง 3 ชนิด ทั้งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และ 25-30 องศาเซลเซียส โดยค่าสี a^* ของเนื้อล้นจ๊อบแห้งในถุงทั้ง 3 ชนิดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาในแต่ละช่วงเวลาอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 12 เดือนของถุงทั้ง 3 ชนิด

เมื่อพิจารณาค่า a^* ของเนื้อล้นจ๊อบแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส พบว่าค่า a^* ในถุงสุญญากาศและถุงโพลีโพรพิลีน ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละช่วงเวลาของการเก็บรักษา ขณะที่ค่า a^* ของเนื้อล้นจ๊อบแห้งในถุงอะลูมิเนียมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญในแต่ละช่วงเวลาเก็บรักษา แต่เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 8 เดือน ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างถุงทั้ง 3 ชนิด อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส มากกว่าที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส การที่เนื้อล้นจ๊อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส มีค่า L ลดลง และค่า a^* เพิ่มขึ้น ย่อมเป็นเครื่องบ่งชี้ว่ามีปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์เกิดขึ้น (Bolin and Steele, 1987)

เมื่อพิจารณาค่า b^* พบว่า ค่า b^* ของเนื้อล้นจ๊อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันในถุงทั้ง 3 ชนิดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส มีค่าลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษาโดยการเปลี่ยนแปลงค่า b^* ในแต่ละช่วงเวลาเก็บรักษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ของถุงแต่ละชนิด ส่วนเนื้อล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสนั้นมีค่า b^* เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงเวลาเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของถุงแต่ละชนิด

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา พบว่าค่า b^* เฉลี่ยของเนื้อล้นจ๊อบแห้งในถุงอะลูมิเนียมและในถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมีค่ามากกว่าถุงสุญญากาศ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

ถ้าพิจารณาภาพรวมการเปลี่ยนแปลงค่า L , a^* และ b^* ของเนื้อล้นจ๊อบแห้ง ในถุงทั้ง 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าถุงอะลูมิเนียมสามารถรักษาสีของเนื้อล้นจ๊อบแห้งได้ดีกว่าถุงสุญญากาศและถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส สามารถรักษาสีได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

2. ลักษณะเนื้อสัมผัส (ตาราง 5.36-5.37)

ผลการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อล้นจ๊อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชัน เมื่อเก็บรักษาในถุง 3 ชนิด คือ ถุงสุญญากาศ ถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน และถุงอะลูมิเนียม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 เดือน พบว่าค่าแรงเฉือนของเนื้อล้นจ๊อบแห้งในถุงทั้ง 3 ชนิด ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส โดยเนื้อล้นจ๊อบแห้งในถุงอะลูมิเนียมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 8 เดือน รองลงมา คือ ถุง

โพลีโพรพิลีนและถุงสุญญากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การที่ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อล้นจืดบแห้งลดลงระหว่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สาเหตุอาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์เพกโตไลติกที่มีอยู่ในเนื้อล้นจืด (Lopez-Malo and Falon., 1994) และอาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลในเนื้อล้นจืดที่เพิ่มขึ้น

สำหรับลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อล้นจืดบแห้งในถุงทั้ง 3 ชนิด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน พบว่าเนื้อล้นจืดบแห้งในถุงทั้ง 3 ชนิดมีค่าแรงเคี้ยวเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และไม่มี ความแตกต่างระหว่างค่าแรงเคี้ยวเฉลี่ยตลอดเวลา 12 เดือนระหว่างถุงทั้ง 3 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถ้าพิจารณาค่าแรงเคี้ยวที่วัดได้ในแต่ละช่วงของการเก็บรักษา พบว่าเนื้อล้นจืดบแห้งในถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเคี้ยวน้อยกว่าถุงชนิดอื่น และการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเคี้ยวในระหว่างช่วงเวลาเก็บรักษาของถุงทั้ง 3 ชนิดจะเป็นแบบขึ้นๆ ลงๆ การที่ค่าแรงเคี้ยวเพิ่มขึ้นอาจเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและการตกผลึกของน้ำตาลที่มีอยู่ในเนื้อล้นจืด

ตารางที่ 5.34 การเปลี่ยนแปลงค่า L*, a*, b* ของเนื้อดินจอบแห้งแบบอบสัปดาห์ที่เลือกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	ค่า L*			ค่า a*			ค่า b*		
	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL
0	48.10±4.72NS	48.10±4.72 NS	48.10±4.72 NS	3.10±0.72 NS	3.10±0.72 NS	3.10±0.72 NS	15.65±1.06a	15.65±1.06a	15.65±1.06a
6	49.25±2.19 NS	51.85±2.54 NS	50.06±2.39 NS	3.94±0.91 NS	4.29±0.78 NS	3.77±1.25 NS	9.80±1.48b	10.93±1.07ab	10.84±1.11b
8	49.02±2.67 NS	46.93±2.85 NS	48.56±1.99 NS	5.11±0.61 NS	6.03±1.08 NS	4.12±1.02 NS	10.27±1.24b	12.76±1.84ab	10.42±1.04b
10	45.98±2.89 NS	48.89±2.85 NS	46.99±2.51 NS	5.13±0.86 NS	5.22±0.79 NS	4.92±0.87 NS	9.34±1.86b	11.39±1.51ab	12.27±1.60ab
12	48.36±2.35 NS	48.58±2.86 NS	46.95±1.66 NS	5.01±0.93 NS	4.66±0.62 NS	5.01±0.48 NS	8.36±0.92b	9.98±1.20b	11.49±0.97ab
ค่าเฉลี่ย 12 เดือน	48.14±1.29 NS	48.87±1.82 NS	48.13±1.28 NS	4.46±0.91 NS	4.66±1.09 NS	4.18±0.80 NS	10.68±2.86b	12.14±2.20a	12.13±2.09a

หมายเหตุ

1. ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละคอลัมน์ (แนวตั้ง) ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)
2. ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)
3. NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)
4. ถุง VAC = ถุงสุญญากาศ ถุง PP = ถุงโพลีโพรพิลีน + สารดูดความชื้น สารดูดออกซิเจน, ถุง AL = ถุงอะลูมิเนียม
5. ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 5.35 การเปลี่ยนแปลงค่า L*, a*, b* ของเนื้อดินจอบแห้งแบบอบสัณติคดีไฮดรชันกับที่อุณหภูมิ 25 - 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา เก็บรักษา (เดือน)	ค่า L*				ค่า a*				ค่า b*			
	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL
0	48.1±4.72NS	48.1±4.72ab	48.1±4.72b	3.10±0.72c	3.10±0.72c	3.10±0.72c	15.65±1.06NS	15.65±1.06NS	15.65±1.06NS	15.65±1.06NS	15.65±1.06NS	15.65±1.06NS
2	50.48±2.66NS	51.90±2.62a	51.72±1.98a	3.99±1.13bc	3.25±1.04bc	3.31±1.14NS	16.59±2.75NS	17.86±1.38NS	16.48±1.93NS	16.59±2.75NS	17.86±1.38NS	16.48±1.93NS
4	49.6±2.66NS	49.8±2.62ab	49.7±1.98b	4.44±1.07bc	4.38±1.29abc	4.27±1.10NS	16.31±1.65NS	17.98±1.33NS	17.57±2.72NS	16.31±1.65NS	17.98±1.33NS	17.57±2.72NS
6	45.17±2.78NS	42.18±1.93ab	45.94±3.36b	5.29±1.10abc	6.97±1.23abc	5.25±1.49NS	15.79±2.4NS	18.33±1.01NS	16.87±1.95NS	15.79±2.4NS	18.33±1.01NS	16.87±1.95NS
7	43.02±2.30NS	41.04±2.27ab	44.15±2.01b	8.01±1.32ab	7.81±1.28ab	7.13±1.36NS	16.78±1.85NS	17.59±1.16NS	17.87±1.59NS	16.78±1.85NS	17.59±1.16NS	17.87±1.59NS
8	41.30±2.78NS	39.42±2.86b	42.8±2.88b	9.03±1.24a	8.46±1.74a	7.13±1.26NS	15.76±1.65NS	16.46±1.58NS	18.85±1.92NS	15.76±1.65NS	16.46±1.58NS	18.85±1.92NS
ค่าเฉลี่ย 8 เดือน	46.28±3.69NS	45.41±5.17b	47.07±3.39a	5.64±2.35NS	5.66±2.37NS	5.03±1.79NS	16.15±0.48b	17.31±1.03a	17.22±1.13a	16.15±0.48b	17.31±1.03a	17.22±1.13a

หมายเหตุ

1. ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละคอลัมน์ (แนวตั้ง) ที่ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
2. ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
3. NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
4. ถุง VAC = ถุงสุญญากาศ ถุง PP = ถุง โพลีโพรพิลีน + สารดูดความชื้น สารดูด O₂ ถุง AL = ถุงอะลูมิเนียม
5. ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 5.36 การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อล้นจืดแห้งแบบ
ออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา เก็บรักษา (เดือน)	ค่าแรงเดือน (นิวตัน)			ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิก (%)		
	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL
0	48.79±6.37NS	48.79±6.37NS	48.79±6.37b	0.693±0.03a	0.693±0.03NS	0.693±0.03a
6	66.42±8.89NS	55.38±7.14NS	65.79±5.03a	0.519±0.02b	0.688±0.16NS	0.551±0.04b
8	56.59±6.23NS	57.95±4.31NS	63.39±3.68a	0.525±0.03b	0.593±0.02NS	0.565±0.02b
10	61.69±6.08NS	54.94±4.16NS	56.28±3.84ab	0.544±0.01b	0.572±0.01NS	0.556±0.02b
12	58.19±6.65NS	57.82±4.94NS	48.73±5.36b	0.537±0.01b	0.541±0.02NS	0.485±0.00b
ค่าเฉลี่ย 12 เดือน	58.34±6.53NS	54.98±3.72NS	56.60±7.96NS	0.563±0.07NS	0.617±0.07NS	0.57±0.08NS

ตาราง 5.37 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดและเนื้อสัมผัสของเนื้อล้นจืดแห้งแบบ
ออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา เก็บรักษา (เดือน)	แรงเดือน (นิวตัน)			ปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดมาลิก (%)		
	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL
0	48.79±6.37NS	48.79±6.37NS	48.79±6.37NS	0.693±0.03b	0.693±0.03ab	0.693±0.03a
2	37.15±5.56NS	41.37±5.54NS	45.52±5.60NS	0.766±0.00a	0.819±0.03a	0.669±0.03a
4	38.24±4.7NS	41.06±5.35NS	44.45±7.23NS	0.530±0.03b	0.469±0.03c	0.611±0.03ab
6	36.57±5.01NS	39.52±6.66NS	44.48±4.61NS	0.544±0.03b	0.572±0.06bc	0.442±0.03c
7	33.27±5.35NS	42.29±6.42NS	46.52±8.62NS	0.472±0.03b	0.589±0.04bc	0.566±0.03abc
8	34.79±6.52NS	40.05±6.25NS	44.58±6.04NS	0.467±0.03b	0.542±0.03bc	0.486±0.03bc
ค่าเฉลี่ย 8 เดือน	38.14±5.51c	42.18±3.38b	45.72±1.70a	0.578±0.12NS	0.614±0.12NS	0.596±0.10NS

หมายเหตุ

1. ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละคอลัมน์ (แนวตั้ง) ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
2. ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
3. NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
4. ถุง VAC = ถุงสุญญากาศ, ถุง PP = ถุงโพลีโพรพิลีน + สารดูดความชื้น + สารดูดออกซิเจน, ถุง AL = ถุงอะลูมิเนียม
5. ตัวเลขแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิก (ตาราง 5.36-5.37 และรูป 5.22-5.23)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันในอุณหภูมิ 3 ชนิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษา ซึ่งพบเช่นเดียวกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 เดือน

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณกรดทั้งหมดในแต่ละช่วงเวลาที่เก็บรักษา ระหว่างอุณหภูมิแต่ละชนิด พบว่าเมื่อเก็บรักษาครบ 8 เดือน เนื้อลิ้นจี่อบแห้งในอุณหภูมิโพลิโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน มีการเปลี่ยนแปลงค่าของปริมาณกรดน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเยลลี่และอุณหภูมิสุญญากาศ ทั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และ 25-30 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ค่าปริมาณกรดลดลงจากเดิม 0.693 เป็น 0.593, 0.56, 0.525% และที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ค่าปริมาณกรดลดลงจากเดิม 0.693 เป็น 0.542, 0.486, 0.467% ตามลำดับ นั่นคืออุณหภูมิโพลิโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนสามารถรักษ ปริมาณกรดที่มีอยู่ในเนื้อลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันได้ดีกว่าอุณหภูมิอื่นๆ ทั้งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสและ 25-30 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามเมื่อนำค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามาพิจารณา พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมดในอุณหภูมิทั้ง 3 ชนิด ทั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และ 25-30 องศาเซลเซียส ต่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างอุณหภูมิทั้ง 3 ชนิด การที่ปริมาณกรดลดลงระหว่างการเก็บรักษา อาจเนื่องจากการใช้กรดบางส่วนไปไฮโดรไลซ์น้ำตาล ทำให้ปริมาณกรดลดลง

4. ปริมาณความชื้นและค่า a_w (ตาราง 5.38-5.39 และรูป 5.24-5.27)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและค่า a_w ของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชัน ระหว่างการเก็บรักษาในอุณหภูมิ 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน พบว่าปริมาณความชื้นและค่า a_w ลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในอุณหภูมิทั้ง 3 ชนิด ($p < 0.05$) โดยที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน พบว่าเนื้อลิ้นจี่ที่อบแห้งในอุณหภูมิโพลิโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นน้อยมาก คือ จากเดิม 31.37% ลดลงเป็น 31.16% รองลงมาคืออุณหภูมิเยลลี่จากเดิม 31.37% ลดลงเป็น 30.38% และอุณหภูมิสุญญากาศ จากเดิม 31.37% ลดลงเป็น 29.47% ในช่วงอายุการเก็บรักษา 8 เดือน ถึง 12 เดือน พบว่าปริมาณความชื้นของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งในอุณหภูมิเยลลี่ มีการเปลี่ยนแปลงลดลงน้อยที่สุด รองลงมาคืออุณหภูมิโพลิโพรพิลีนและอุณหภูมิสุญญากาศ ดังรูป 5.24

สำหรับค่า a_w พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงลดลงจากเดิมตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นเดียวกันกับปริมาณความชื้น โดยเนื้อลิ้นจี่ในอุณหภูมิเยลลี่มีการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ลดลงน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิสุญญากาศ และอุณหภูมิโพลิโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน ทั้งที่

อายุการเก็บรักษา 6 เดือน และ 8-12 เดือน ดังรูป 5.25 ถ้าพิจารณา a_w เฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บรักษา พบว่า ค่า a_w ของเนื้อมันจืดแช่แข็งในถุงอะลูมิเนียมมีการเปลี่ยนแปลงลดลงจากเดิมน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คือจากเดิม 0.427 ลดลงเป็น 0.399 ขณะที่ถุงสุญญากาศจากเดิม 0.429 ลดลงเป็น 0.384 และถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนจากเดิม 0.427 ลดลงเป็น 0.385

เมื่อพิจารณาปริมาณความชื้นและค่า a_w ของเนื้อมันจืดแช่แข็งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันในถุงทั้ง 3 ชนิด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 เดือน พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 8 เดือน ของเนื้อมันจืดแช่แข็งในถุงทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งค่า a_w เฉลี่ย และค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ย โดยเนื้อมันจืดแช่แข็งในถุงอะลูมิเนียมมีการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณความชื้น เพิ่มขึ้นจากเดิมน้อยที่สุด รองมาคือถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนและถุงสุญญากาศ นั่นคือจากเดิม 31.37% เพิ่มขึ้นเป็น 33.44, 34.77 และ 35.63% ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับค่า a_w เฉลี่ยของเนื้อมันจืดแช่แข็งในถุงอะลูมิเนียมมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากเดิมน้อยที่สุด รองมาคือเนื้อมันจืดแช่แข็งในถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนและในถุงสุญญากาศ นั่นคือจากเดิม 0.427 เพิ่มขึ้นเป็น 0.453, 0.492 และ 0.543 ตามลำดับ

ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เพราะที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ในตู้เย็นต่ำกว่าภายนอกตู้เย็น อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในเนื้อมันจืดและมีผลต่ออัตราการซึมผ่านของไอน้ำของชนิดพลาสติกที่ใช้ประกอบถุงเหล่านั้น ไม่ว่าจะเป็นถุงสุญญากาศ (Nylon/LDPE) ถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน และถุงอะลูมิเนียม (Al/LDPE) ด้วย

5. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (ตาราง 5.40-5.41 และรูป 5.28-5.29)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมันจืดแช่แข็งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันในถุงทั้ง 3 ชนิด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน พบว่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงในแต่ละช่วงเวลาเก็บรักษา พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างไม่มีสมำเสมอแต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ น้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงในแต่ละช่วงเวลาเก็บรักษา พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างไม่มีสมำเสมอ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละช่วงเวลาเก็บ

รักษา ซึ่งพบในถุงทั้ง 3 ชนิด เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดตลอดระยะเวลา 12 เดือน พบว่าเนื้อลิ้นจี่อบแห้งในถุงอะลูมิเนียมซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 40.84% มีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมน้อยสุด และน้อยกว่าถุงสุญญากาศซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.92% อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.86% ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงตลอดระยะเวลา 12 เดือน พบว่าเนื้อลิ้นจี่ อบแห้งที่เก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.37% มีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมน้อยสุด และน้อยกว่าการเก็บรักษาในถุงสุญญากาศที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.24% และถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.60% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งในถุงทั้ง 3 ชนิดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ในแต่ละช่วงการเก็บรักษา พบว่าเนื้อลิ้นจี่อบแห้งในถุงอะลูมิเนียมมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงจากเดิม ภายหลังการเก็บรักษาไว้นาน 4-6 เดือน และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 7-8 เดือน เป็นเหตุให้ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 8 เดือนต่ำกว่าเมื่อเริ่มต้นเล็กน้อย คือจากเดิม 49.02% เป็น 48.77% ซึ่งเกิดขึ้นทำนองเดียวกันในการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งในถุงอะลูมิเนียม ที่พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 8 เดือน ต่ำกว่าเมื่อเริ่มต้นเล็กน้อย คือ จากเดิม 47.00% เป็น 46.39% ทำให้เนื้อลิ้นจี่อบแห้งในถุงอะลูมิเนียม มีค่าเฉลี่ยทั้งปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเปลี่ยนแปลงจากเดิมน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับถุงสุญญากาศ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54.33% และ 51.03% ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.54% และ 49.25% ตามลำดับ ($p < 0.05$)

6. การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.42-4.43)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน พบว่าความพอใจในด้านสี กลิ่น รสหวาน และรสเปรี้ยวของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่บรรจุในถุงทั้ง 3 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม โดยเนื้อลิ้นจี่อบแห้งในถุงอะลูมิเนียม และถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนได้รับคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัส 9.51 และ 9.42 การยอมรับรวม 10.16 และ 10.26 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถุงทั้งสองชนิดมีคะแนนมากกว่าถุงสุญญากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สำหรับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อล้นจ๊อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 เดือน และ 8 เดือน พบว่า ความพอใจที่มีต่อเนื้อล้นจ๊อบแห้งลดลงตามอายุการเก็บรักษาในทุกคุณลักษณะ เมื่อเปรียบเทียบความพอใจที่มีต่อเนื้อล้นจ๊อบแห้งในถุงทั้ง 3 ชนิด พบว่า ในด้านสีไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคะแนนที่ให้แก่งูทั้ง 3 ชนิดเมื่อเก็บรักษานาน 7 เดือน แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเก็บรักษานาน 8 เดือน โดยเนื้อล้นจ๊อบแห้งในถุงอะลูมิเนียมได้รับคะแนน 8.9 มากกว่า ในถุงสุญญากาศที่ได้คะแนน 8.4 และถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้น และสารดูดออกซิเจนที่ได้คะแนน 8.14 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในด้านกลิ่นพบว่าเนื้อล้นจ๊อบแห้งในถุงอะลูมิเนียมทั้งที่เก็บรักษานาน 7 และ 8 เดือน ต่างได้คะแนน 8.06 และ 7.69 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการเก็บรักษาในถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนที่ได้คะแนน 7.26 และ 7.03 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถึงแม้การเก็บรักษาในถุงสุญญากาศจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่เมื่อเก็บรักษานาน 7 เดือน แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเก็บรักษานาน 8 เดือน กับถุงอะลูมิเนียม

ในด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม พบว่าเมื่อเก็บรักษานาน 7 เดือน และ 8 เดือน เนื้อล้นจ๊อบแห้งในถุงอะลูมิเนียมได้คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัส 8.87 และ 8.71 ตามลำดับ และคะแนนการยอมรับรวม 9.37 และ 8.50 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับคะแนนของเนื้อล้นจ๊อบแห้งในถุงโพลีโพรพิลีน ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสเท่ากับ 8.88 และ 8.57 ด้านการยอมรับรวมเท่ากับ 9.46 และ 8.37 ตามลำดับ แต่มากกว่าคะแนนที่ได้ของเนื้อล้นจ๊อบแห้งในถุงสุญญากาศทั้งที่เก็บรักษานาน 7 เดือน และ 8 เดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับคะแนนที่ให้รสเปรี้ยวและรสหวาน ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างการเก็บรักษาในถุงทั้ง 3 ชนิดทั้งที่เก็บรักษาไว้นาน 7 เดือนและ 8 เดือน

เมื่อพิจารณาในภาพรวมทุกคุณลักษณะของเนื้อล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุงทั้ง 3 ชนิด ทั้งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสและ 25-30 องศาเซลเซียส ดังรูป 5.30-5.31 ด้วยการนำคะแนนที่ได้มาเรียงลำดับจากคะแนนมากที่สุด = 1 และคะแนนน้อยที่สุดเท่ากับ 3 นำผลรวม (rank sum) ของแต่ละถุงมาพิจารณา พบว่าที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เนื้อล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียม และถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนต่างมีค่า rank sum เท่ากับ 11 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า ค่า rank sum ของถุงสุญญากาศ ซึ่งเท่ากับ 14 สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เนื้อล้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียม มีค่า rank sum เท่ากับ 8 ซึ่งน้อยกว่า ค่า rank sum ของถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนเท่ากับ 13 และค่า rank sum ของถุงสุญญากาศ เท่ากับ 15 นั่นคือถุงอะลูมิเนียมเป็นถุงที่เหมาะสมสำหรับใช้เก็บรักษาเนื้อล้นจ๊อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชัน ทั้งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และ 25-30 องศาเซลเซียส

ตาราง 5.38 การเปลี่ยนแปลงความชื้นและ a_w ของเนื้อล้นจ๊อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา เก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณความชื้น (%)			a_w		
	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL
0	31.37±0.39a	31.37±0.39a	31.37±0.39a	0.427±0.00a	0.427±0.00a	0.427±0.00a
6	29.47±0.47b	31.16±0.27a	30.88±0.18a	0.375±0.02ab	0.380±0.00b	0.389±0.00b
8	27.64±0.19c	28.54±0.06b	28.60±0.14b	0.373±0.00ab	0.375±0.01b	0.384±0.01b
10	27.12±0.14c	25.78±0.05c	27.33±0.17c	0.375±0.01ab	0.374±0.01b	0.397±0.01b
12	25.26±0.40d	25.64±0.19c	26.75±0.08c	0.371±0.00b	0.370±0.01b	0.399±0.01b
ค่าเฉลี่ย 12 เดือน	28.17±2.33NS	28.50±2.78NS	28.99±2.07NS	0.384±0.02b	0.385±0.02b	0.399±0.02a

หมายเหตุ

1. ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละคอลัมน์ (แนวตั้ง) ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
2. ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
3. NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
4. ถุง VAC = ถุงสุญญากาศ, ถุง PP = ถุงโพลีโพรพิลีน + สารดูดความชื้น + สารดูด O_2 ,
ถุง AL = ถุงอะลูมิเนียม
5. ตัวเลขแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 5.39 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น และ a_w ของเนื้อล้นจืดบแห้งแบบออสโมติก-ดีไฮเดรชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา เก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณความชื้น (%)			a_w		
	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL
0	31.37±0.39b	31.37±0.39c	31.37±0.39b	0.427±0.006c	0.427±0.006b	0.427±0.006b
2	33.86±0.89b	32.79±0.65b	32.76±1.45ab	0.527±0.005b	0.490±0.015a	0.477±0.004a
4	36.66±1.48b	35.87±0.40a	34.41±0.07a	0.583±0.007ab	0.500±0.005a	0.454±0.006a
6	37.27±0.38a	36.77±0.17a	34.37±0.19a	0.541±0.011b	0.517±0.006a	0.462±0.001a
7	37.14±0.11a	35.16±0.07a	34.04±0.07a	0.593±0.016a	0.508±0.025a	0.445±0.003a
8	37.45±0.40a	36.67±0.50a	33.66±1.11a	0.588±0.032ab	0.508±0.001a	0.451±0.015a
ค่าเฉลี่ย 8 เดือน	35.63±2.47a	34.77±2.21a	33.44±1.17b	0.543±0.06a	0.492±0.03b	0.453±0.01c

หมายเหตุ

1. ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละคอลัมน์ (แนวนอน) ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
2. ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
3. NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
4. ถุง VAC = ถุงสุญญากาศ, ถุง PP = ถุงโพลีโพรพิลีน + สารดูดความชื้น + สารดูด O_2 ,
ถุง AL = ถุงอะลูมิเนียม
5. ตัวเลขแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 5.40 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาดทั้งหมดและปริมาณน้ำตาดรีดิวซิงของเนื้อล้นจ๊อบ
แห่งแบบบอสโมติกดีไฮเดรชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา เก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณน้ำตาดทั้งหมด (%)			ปริมาณน้ำตาดรีดิวซิง (%)		
	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL
0	49.02±1.28a	49.02±1.28a	49.02±1.28a	47.00±1.00a	47.00±1.00a	47.00±1.00a
6	36.00±1.42bc	36.62±0.86b	38.26±1.78b	32.73±2.44b	32.47±0.74b	36.11±1.56b
8	39.03±0.55b	38.14±1.00b	39.52±0.74b	33.91±0.83b	35.26±1.01b	36.37±0.93b
10	36.43±0.89bc	38.84±0.69b	39.05±0.96b	32.21±1.72b	35.04±0.87b	37.54±1.28b
12	34.11±1.03c	36.68±1.23b	38.32±1.43b	30.33±1.09b	33.22±0.98b	34.81±1.32b
ค่าเฉลี่ย 12 เดือน	38.92±5.92b	39.86±5.21ab	40.84±4.61a	35.24±6.70b	36.60±5.93b	38.37±4.92a

ตาราง 5.41 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาดทั้งหมดและปริมาณน้ำตาดรีดิวซิงของเนื้อล้นจ๊อบ
แห่งแบบบอสโมติกดีไฮเดรชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา เก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณน้ำตาดทั้งหมด (%)			ปริมาณน้ำตาดรีดิวซิง (%)		
	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL
0	49.02±1.28b	49.02±1.28b	49.02±1.28ab	47.00±1.00bc	47.00±1.00b	47.00±1.00b
2	55.87±2.12a	55.46±0.28a	49.12±0.39ab	55.60±2.43a	53.17±1.01a	48.17±1.88ab
4	52.65±0.71ab	52.2±0.09b	46.45±0.49bc	45.09±1.12c	50.27±0.39b	44.53±0.74b
6	56.21±1.13a	50.75±1.06b	43.76±1.02c	53.84±0.69a	47.83±1.20b	39.89±1.26c
7	56.63±1.12a	50.72±0.57b	52.57±0.79a	53.38±1.34a	48.01±0.79b	47.04±1.17b
8	55.91±1.56a	51.11±1.62b	51.67±2.30a	51.25±1.18ab	49.18±0.97b	51.67±1.10a
ค่าเฉลี่ย 8 เดือน	54.33±2.96a	51.54±2.17ab	48.77±3.27b	51.03±4.14a	49.25±2.23ab	46.39±3.93b

หมายเหตุ

1. ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละคอลัมน์ (แนวตั้ง) ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
2. ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
3. NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
4. ถุง VAC = ถุงสุญญากาศ, ถุง PP = ถุงโพลีโพรพิลีน + สารดูดความชื้น + สารดูด O_2 ,
ถุง AL = ถุงอะลูมิเนียม
5. ตัวเลขแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 5.42 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ครบ 12 เดือน

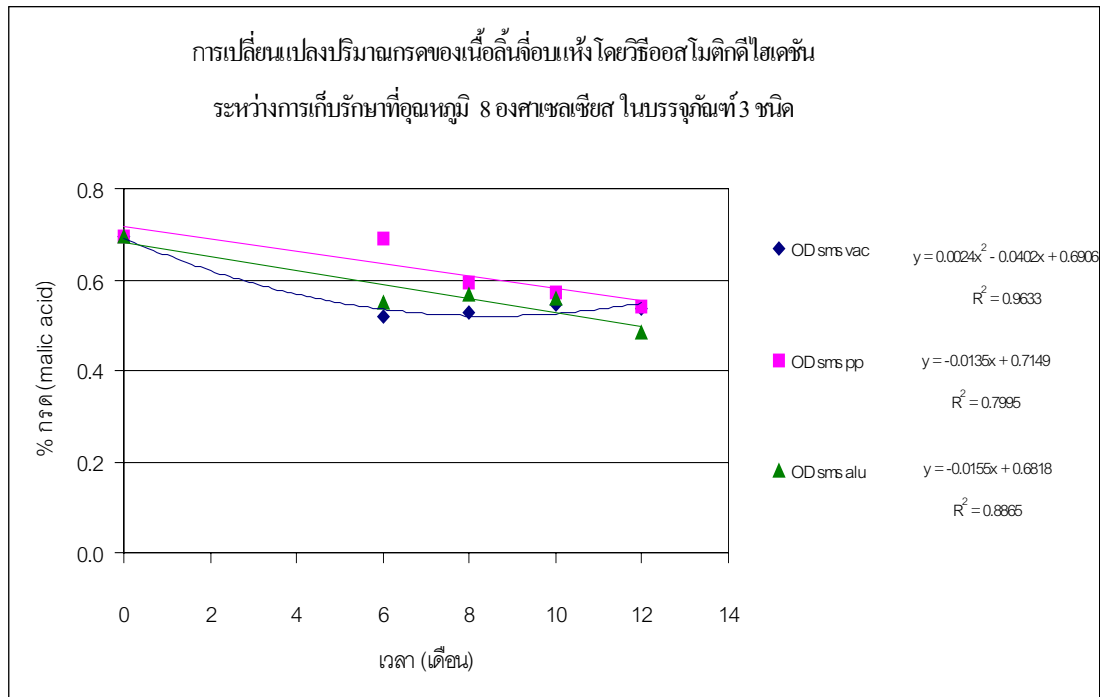
ชนิดของถุง	คะแนนความพอใจที่มีต่อ					
	สี	กลิ่น	รสหวาน	รสเปรี้ยว	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
ถุง VAC	10.28±0.92NS	8.33±.85NS	10.09±1.12NS	9.40±1.03NS	8.99±1.02b	9.60±0.93b
ถุง PP	10.57±0.84NS	8.21±0.96NS	9.80±1.22NS	9.71±1.27NS	9.42±0.99a	10.26±1.16a
ถุง AL	10.30±1.10NS	8.68±0.86NS	9.86±1.28NS	8.56±1.15NS	9.51±1.13a	10.16±1.13a

ตาราง 5.43 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

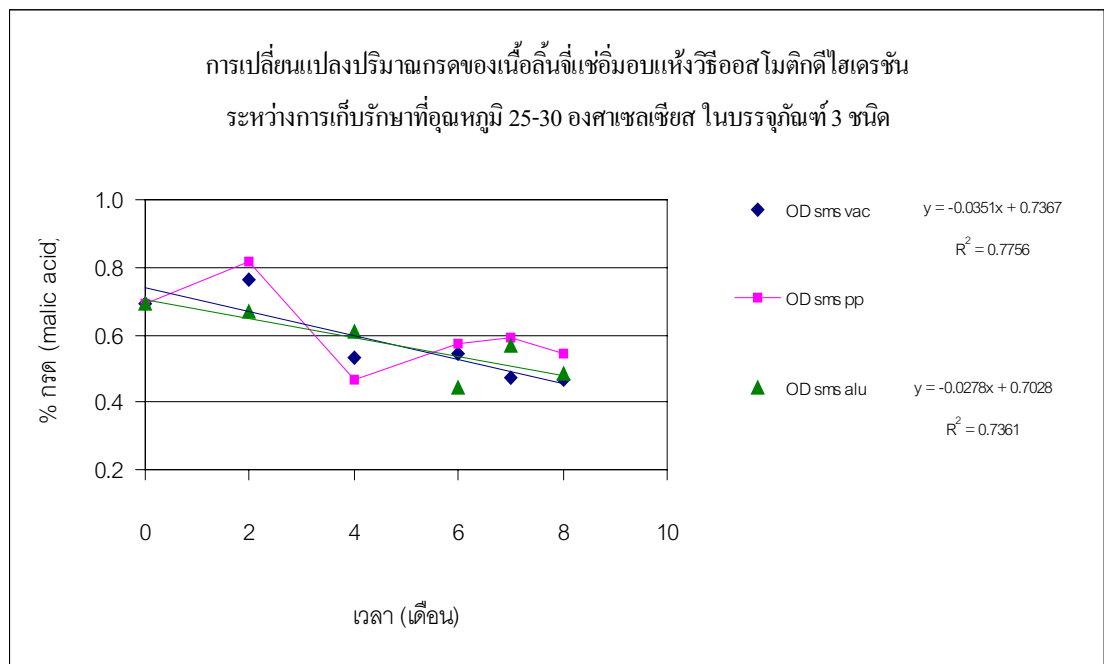
ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	คะแนนความพอใจที่มีต่อสี			คะแนนความพอใจที่มีต่อกลิ่น		
	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL
7	9.20±1.40NS	9.31±1.33NS	9.59±1.48NS	7.51±1.25ab	7.26±1.69b	8.06±1.77a
8	8.4±0.85b	8.14±0.98b	8.90±1.02a	7.25±1.18b	7.03±1.01b	7.69±0.82a
ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	คะแนนความพอใจที่มีต่อรสหวาน			คะแนนความพอใจที่มีต่อรสเปรี้ยว		
	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL
7	8.73±1.11NS	8.45±1.22 NS	8.87±1.28 NS	8.48±1.12 NS	8.59±1.60 NS	8.34±1.31NS
8	8.69±1.33 NS	8.90±1.22 NS	8.51±1.20 NS	7.75±1.00 NS	8.02±1.44 NS	8.18±1.24NS
ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	คะแนนความพอใจที่มีต่อเนื้อสัมผัส			คะแนนความพอใจที่มีต่อการยอมรับรวม		
	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL	ถุง VAC	ถุง PP	ถุง AL
7	7.66±1.68b	8.88±1.44a	8.87±1.02a	8.69±0.78b	9.46±0.96a	9.37±1.14a
8	7.53±0.98b	8.57±1.29a	8.71±1.07a	7.69±0.87b	8.37±0.90a	8.50±0.96a

หมายเหตุ

1. ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละคอลัมน์ (แนวตั้ง) ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
2. ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแนวนอน (แต่ละคุณลักษณะ) ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
3. NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
4. ถุง VAC = ถุงสุญญากาศ, ถุง PP = ถุงโพลีโพรพิลีน + สารดูดความชื้น + สารดูด O_2 ,
ถุง AL = ถุงอะลูมิเนียม
5. ตัวเลขแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

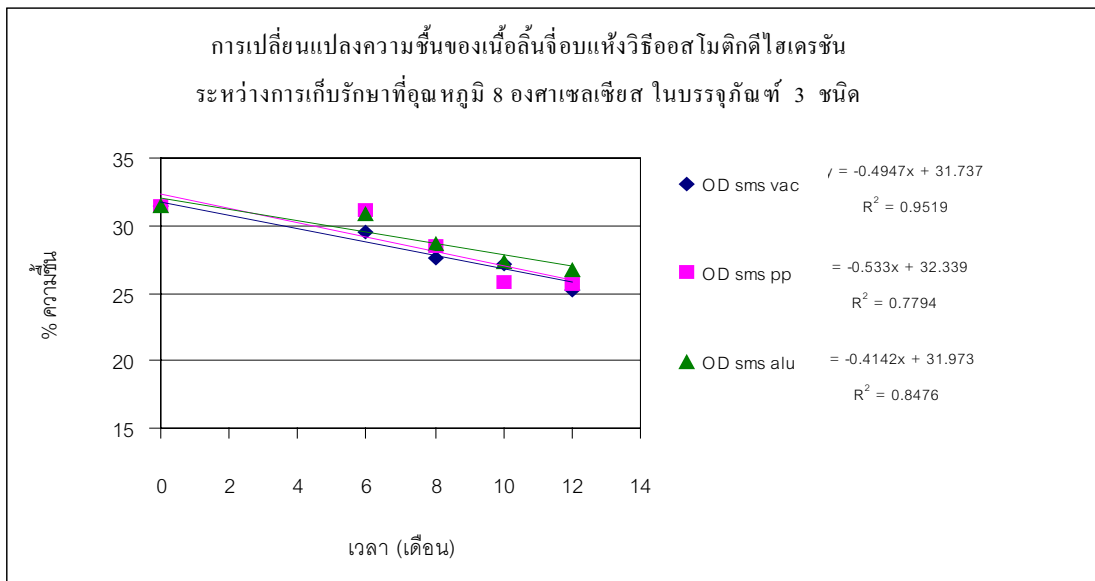


รูป 5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อมันจืดอบแห้งโดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด

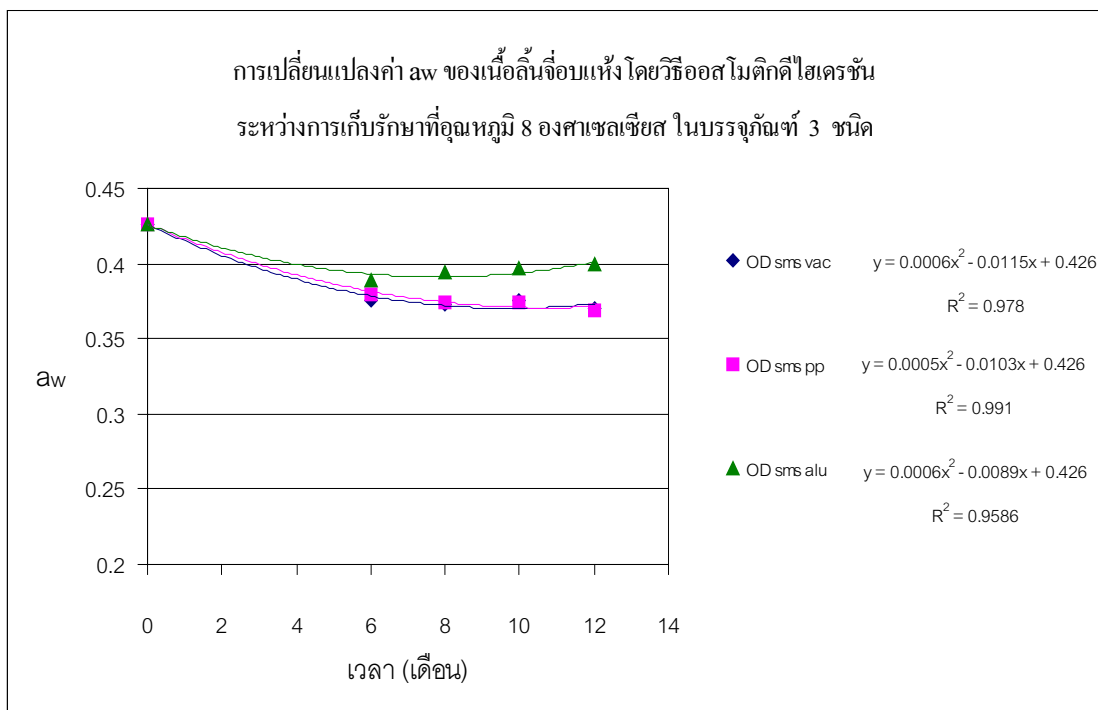


รูป 5.23 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อมันจืดอบแห้งโดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

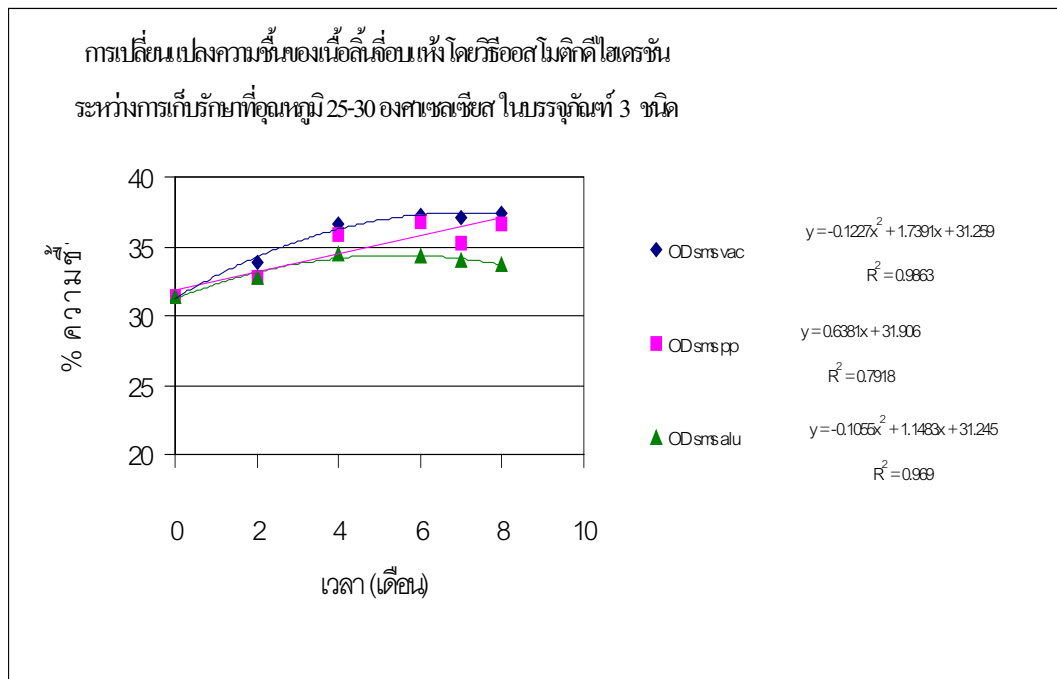
หมายเหตุ : ค่า R^2 ที่คำนวณได้ที่มีค่าต่ำกว่า 0.7000 จะไม่แสดงสมการ



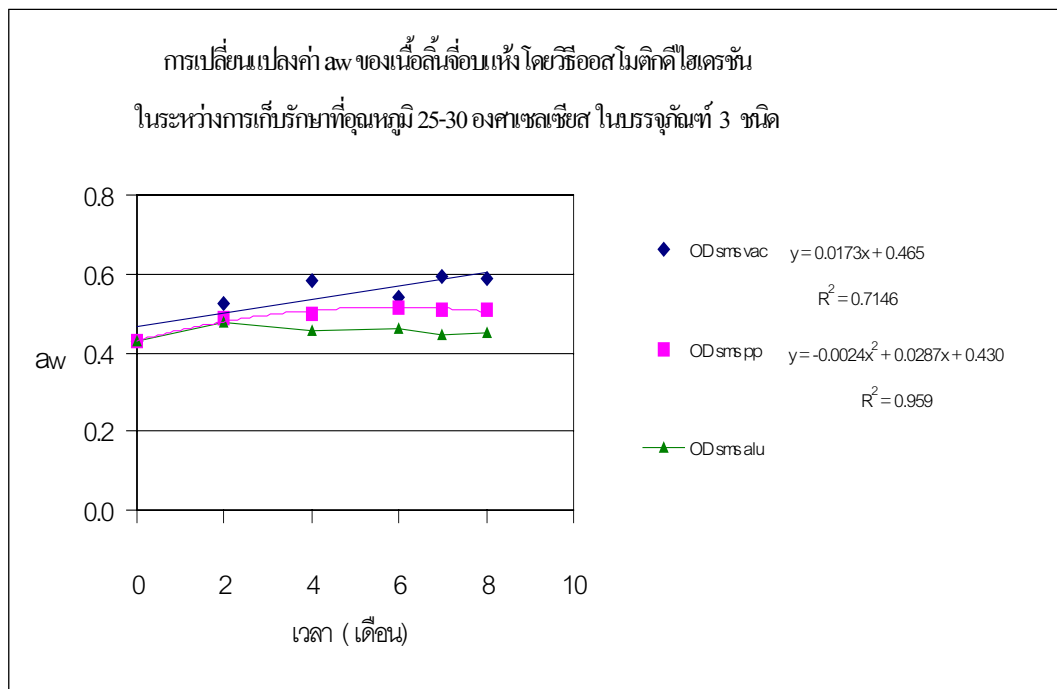
รูป 5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อมันจืดแห้งโดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด



รูป 5.25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง a_w กับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อมันจืดแห้งโดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด

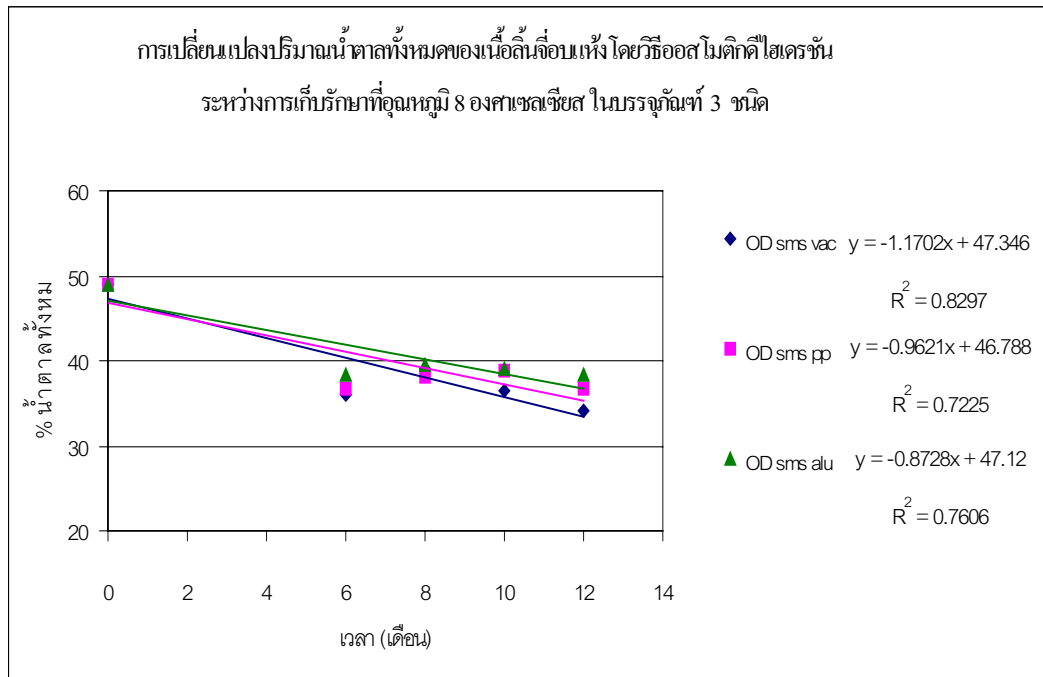


รูป 5.26 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่อบแห้งโดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด

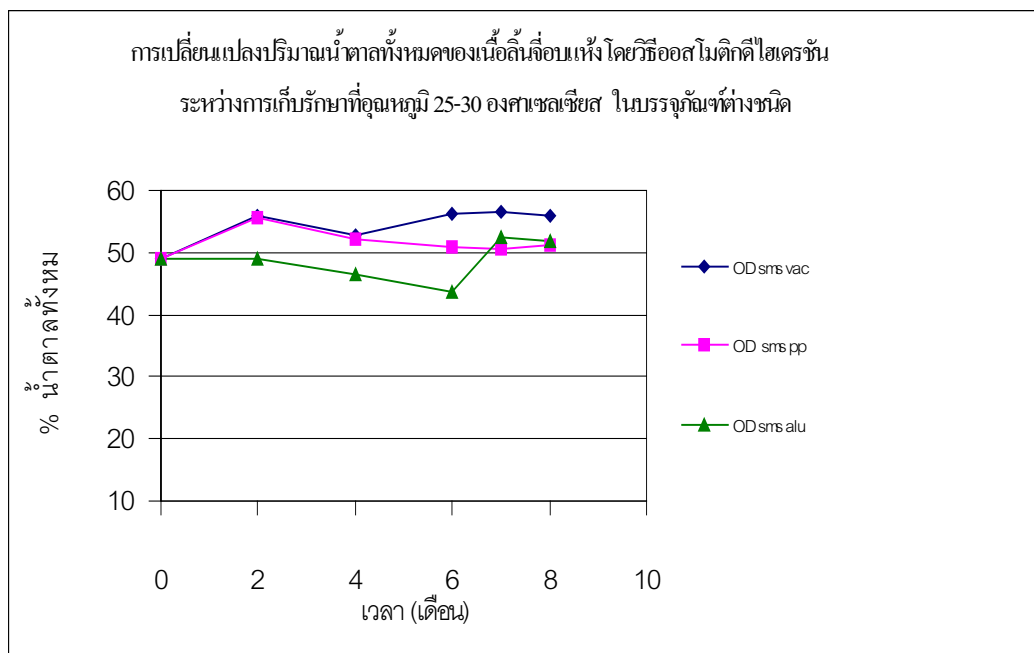


รูป 5.27 ความสัมพันธ์ระหว่าง a_w กับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่อบแห้งโดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด

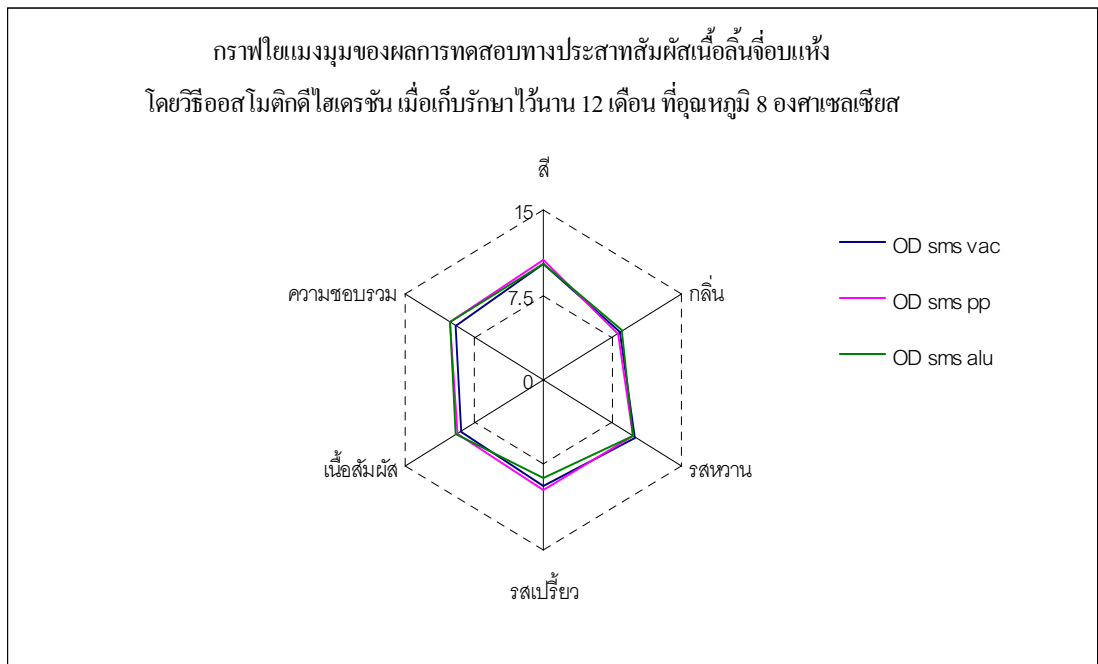
หมายเหตุ : ค่า R^2 ที่คำนวณได้ที่มีค่าต่ำกว่า 0.7000 จะไม่แสดงสมการ



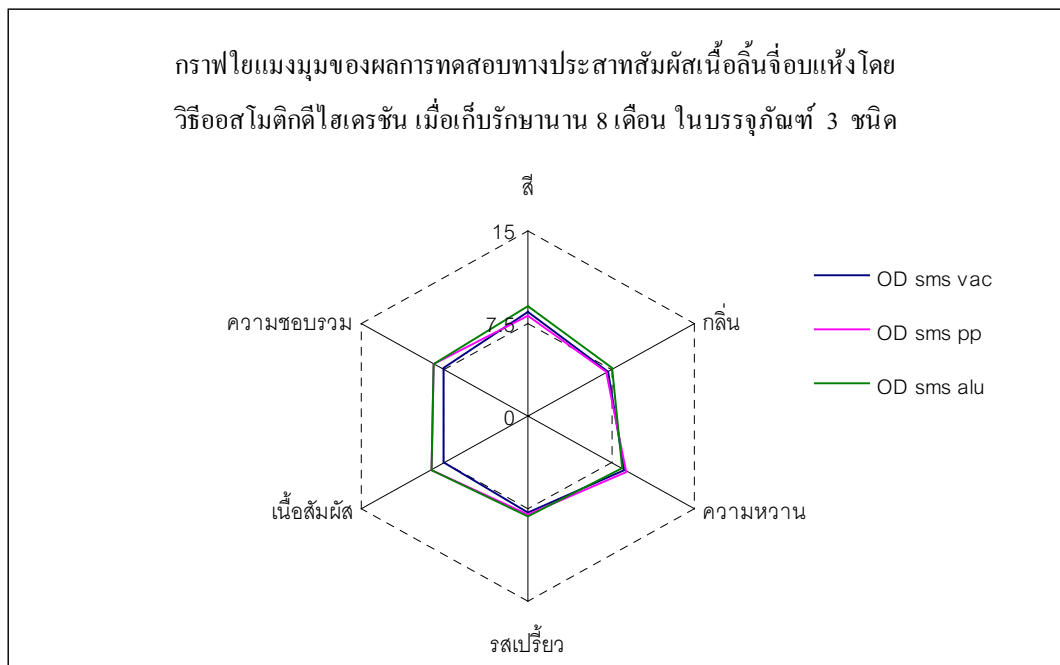
รูป 5.28 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมดกับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อล้นจ๊อบแห้ง โดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด



รูป 5.29 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมด กับระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อล้นจ๊อบแห้ง โดยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชันที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด



รูป 5.30 เค้าโครงใยแมงมุมของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด อายุการเก็บรักษานาน 12 เดือนที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส



รูป 5.31 เค้าโครงใยแมงมุมของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 8 เดือน

5.15 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งและเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน

จากการพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษา จะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบทางเคมีมีการเปลี่ยนแปลงน้อยไม่ว่าจะเป็นค่าปริมาณความชื้น และค่า a_w ซึ่งค่าที่วิเคราะห์ได้ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อนำผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาพิจารณาจะเห็นได้ว่าคะแนนความพอใจที่มีต่อคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ลดลงตามอายุการเก็บรักษา แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับยกเว้นกลิ่นที่ได้รับคะแนนความพอใจต่ำกว่าปัจจัยอื่น โดยเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียมที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 เดือน มีคะแนนความพอใจเท่ากับ 7.12 และที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน มีคะแนนความพอใจเท่ากับ 7.93 ขณะที่คะแนนความพอใจที่มีต่อกลิ่นของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งเริ่มต้น = 8.63 ± 1.42 สำหรับเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชันที่เก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียม ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 เดือน มีคะแนนความพอใจเท่ากับ 7.69 ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน เท่ากับ 8.68 ขณะที่คะแนนความพอใจที่มีต่อกลิ่นของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งเริ่มต้น = 9.167 ± 1.120 ดังนั้นอายุการเก็บของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งในถุงอะลูมิเนียม ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสได้ต่ำกว่า 10 เดือน ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสได้นาน 12 เดือน

อายุการเก็บรักษาของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียมที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสได้นาน 12 เดือนขึ้นไป และที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสได้นาน 8 เดือน

บทที่ 6

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การศึกษาเนื้อลันจีตีปนบรรจุกระป๋องและอายุการเก็บรักษา

6.1 ผลการศึกษาเพื่อหาขนาดของชั้นเนื้อลันจี

6.1.1 ผลการศึกษาระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลลันจีต่อคุณภาพของเนื้อลันจีสายพันธุ์สงฮวย

จากผลการทดลองในตาราง 6.1 พบว่าคุณภาพของลันจีสายพันธุ์สงฮวยมีความแปรผันค่อนข้างมาก ทั้งนี้ในช่วงต้นฤดูการเก็บเกี่ยวผลผลิตลันจีมีพีเอชต่ำ แต่ในช่วงปลายฤดูการเก็บเกี่ยวพีเอชในเนื้อลันจีมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นการปรับพีเอชให้ลดลง เพื่อลดปริมาณความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ จึงจำเป็นต้องใช้กรดซิตริกในปริมาณที่มากกว่าเดิม เพราะลันจีในช่วงปลายฤดู ส่วนใหญ่ลันจีที่เก็บเกี่ยวจะแก่จัด ดังนั้นปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อลันจีจึงลดลง สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าพีเอช อย่างไรก็ตามลันจีเป็นผลไม้ที่มีความผันแปรค่อนข้างสูง ดังนั้นสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อลันจีจึงเปลี่ยนแปลงได้ง่าย

ตาราง 6.1 ผลการวิเคราะห์พีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อลันจีสดสายพันธุ์สงฮวย

วันทำการทดลอง	ค่าพีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมด (% ในรูปกรดมาลิก)
23/5/2543	4.05 ± 0.01	0.65 ± 0.08
30/5/2543	4.31 ± 0.04	0.40 ± 0.02
13/6/2543	4.60 ± 0.04	0.34 ± 0.01

6.1.2 ผลการศึกษาเพื่อหาขนาดของชั้นเนื้อลันจี

การทดลองนี้ต้องการทราบขนาดของชั้นเนื้อลันจีตีปนที่กลุ่มลูกค้าเป้าหมายจะนำไปใช้เป็นส่วนผสมหรือใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยทั่วไปการลดขนาดของวัตถุดิบในโรงงานนิยมใช้เครื่อง crusher แต่เนื่องจากความไม่พร้อมทางด้านเครื่องมือ ดังนั้นการทดลองนี้จึงใช้เครื่องปั่น (blender) แทน โดยแปรผันเวลาที่ใช้ตีปนลันจีเป็น 5, 10, 15 และ 20 วินาที ได้ผลการทดลองดังตาราง 6. 2-6.4 และ รูป 6.1

6.1.2.1 ผลการศึกษาขนาดของเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ตีปน

6.1.2.1.1 สมบัติทางกายภาพของเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ตีปน

ขนาดของเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ตีปน : เมื่อนำเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ที่ได้จากการตีปนที่ระยะเวลาต่างๆ มาร่อนผ่านตะแกรงเพื่อหาขนาดของชิ้นเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ ได้ผลดังตาราง 6.2 พบว่าการแปรผันเวลาที่ใช้ตีปน ทำให้สัดส่วนของชิ้นเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่แต่ละขนาดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเวลาการตีปนเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ที่สั้นที่สุดคือ 5 วินาที ให้ชิ้นเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ที่มีขนาดใหญ่กว่า 4.7 มิลลิเมตร มากที่สุด และเมื่อเพิ่มเวลาการตีปนเป็น 20 วินาที พบว่าชิ้นเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ขนาด 0.8-1.7 มิลลิเมตร มีปริมาณมากที่สุด โดยชิ้นเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ขนาดดังกล่าวเป็นชิ้นเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ที่มีขนาดเล็กที่สุด จึงสรุปได้ว่าขนาดของชิ้นเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่แปรผันโดยตรงกับเวลาที่ใช้ตีปนเพราะการเพิ่มเวลาการตีปนทำให้เนื้องอกเนื้อลิ้นจี่มีขนาดเล็กกว่า 0.80 มิลลิเมตร มีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากโครงสร้างภายในเซลล์ของผลไม้มีน้ำเป็นส่วนประกอบมากถึง 80-90% เพื่อช่วยให้เซลล์เกิดแรงตึง (Bemiller และ Whistler, 1996) ดังนั้นเมื่อเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ถูกตีปนเซลล์เกิดการแตกหักทำให้น้ำภายในเซลล์ไหลออกมาสู่ข้างนอก

ค่าสีของเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ตีปน : ผลการวัดสีของเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ตีปน แสดงดังตาราง 6.3 ซึ่งพบว่าการเพิ่มเวลาที่ใช้ตีปนทำให้ค่าสี L ของเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ตีปนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าสี a^* และค่าสี b^* ทั้งนี้การตีปนเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ทำให้ค่าสี L มีค่าอยู่ในช่วง 58.02-60.09 เมื่อพิจารณาค่าสี L ตามระยะเวลาที่ใช้ตีปน พบว่าค่าสี L ที่ใช้เวลาตีปน 5 และ 10 วินาที มีค่าสูงกว่าค่าสี L ที่ใช้เวลาตีปน 15 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าการเพิ่มระยะเวลาการตีปนทำให้ค่าสี L มีแนวโน้มลดลงสอดคล้องกับเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ขนาดเล็กที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น สำหรับค่าสี a^* มีค่าอยู่ในช่วง 0.71-0.79 โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ตีปน เพราะการลดอนุภาคเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ตีปนให้มีขนาดเล็กลงทำให้ค่าสี a^* เพิ่มขึ้น แต่ค่าสี b^* มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยทั้งนี้ค่าสี b^* มีค่าอยู่ในช่วง 7.14-7.48 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ตีปนเกิดขึ้นในขั้นตอนการตีปนเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่ เพราะในระหว่างการตีปนเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่มีโอกาสสัมผัสกับอากาศเพิ่มขึ้น เอนไซม์ต่างๆ เช่น โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ในเนื้องอกเนื้อลิ้นจี่จึงทำงานได้ดีเป็นผลให้ค่าสี a^* และค่าสี b^* เปลี่ยนไป (Fellow, 1993)

ตาราง 6.2 ขนาดของเนื้อลิ้นจี่ที่ตีปนตามระยะเวลาการตีปน

เวลาที่ใช้ตีปน เนื้อลิ้นจี่ (วินาที)	สัดส่วนของเนื้อลิ้นจี่แต่ละขนาดตามเวลาที่ตีปน (%)				
	ใหญ่กว่า 4.7 มม.	3.3-4.7 มม.	1.7-3.3 มม.	0.8-1.7 มม.	เล็กกว่า 0.8 มม.
5	36.16±1.78 ^a	17.05±0.59 ^b	11.49±1.71 ^b	4.98±2.74 ^c	29.95±1.55 ^c
10	25.03±3.11 ^b	21.49±1.46 ^a	10.63±0.53 ^b	7.49±2.72 ^{bc}	35.37±3.84 ^{bc}
15	11.10±1.44 ^c	14.09±0.27 ^c	21.97±2.31 ^a	11.58±0.83 ^b	41.27±2.65 ^{ab}
20	5.74±1.68 ^c	10.75±0.63 ^d	14.69±0.98 ^b	19.78±1.82 ^a	49.01±3.10 ^a

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

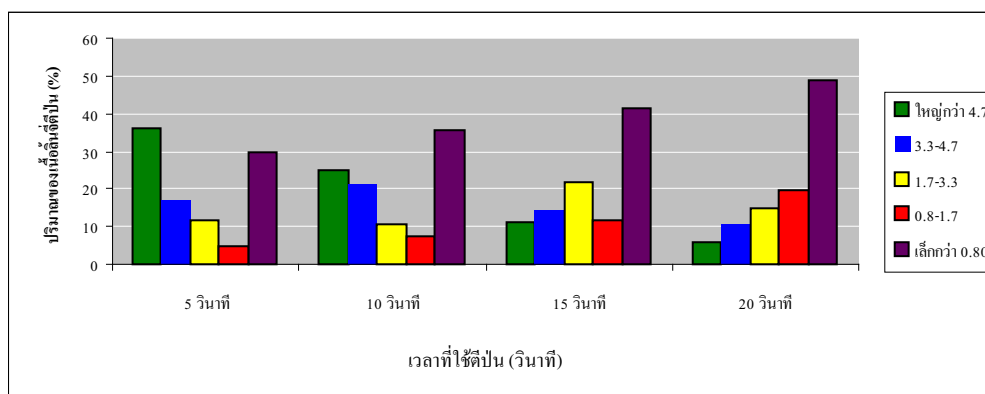
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 6.3 สมบัติทางด้านค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ของเนื้อลิ้นจี่ที่ตีปนที่แปรผันตามเวลาที่ใช้ตีปน

เวลาที่ใช้ตีปนเนื้อลิ้นจี่ (วินาที)	L	a*	b*
5	59.73±0.40 ^a	0.72±0.13	7.48±0.53
10	60.09±0.46 ^a	0.71±0.25	7.28±0.12
15	58.02±0.78 ^b	0.77±0.07	7.30±0.06
20	58.92±0.27 ^{ab}	0.79±0.06	7.14±0.40

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



รูป 6.1 ปริมาณของเนื้อลิ้นจี่ตีปนแต่ละขนาดตามระยะเวลาที่ใช้ตีปน

6.1.2.1.2 ส่วนประกอบทางเคมี

ปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอช : จากตาราง 6.4 พบว่าการแปรผันเวลาที่ใช้ตีปั่นเนื้อลั่นจี้มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมด (total acidity) และค่าพีเอช (pH) น้อยมาก ดังนั้นค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดจึงมีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่ค่าพีเอชมีค่าอยู่ในช่วง 4.14-4.18 ส่วนปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดซิตริก) มีค่าอยู่ในช่วง 0.42-0.45%

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ : จากตาราง 6.4 พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid) มีปริมาณใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ตีปั่น และมีปริมาณอยู่ในช่วง 13.8-14.0 %

ตาราง 6.4 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลั่นจี้ที่แปรผันตามเวลาที่ใช้ตีปั่น

เวลาที่ใช้ตีปั่นเนื้อลั่นจี้ (วินาที)	ค่าพีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมด (% ในรูปกรดซิตริก)	ของแข็งทั้งหมดที่ ละลายน้ำได้ (%)
5	4.15±0.04	0.45±0.00	14.0±0.14
10	4.18±0.04	0.42±0.01	14.0±0.00
15	4.15±0.03	0.44±0.05	14.0±0.14
20	4.14±0.00	0.44±0.01	13.8±0.28

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

6.1.2.1.3 ผลการสอบถามความต้องการของผู้ประกอบการทางอุตสาหกรรมอาหาร

ผลการสำรวจของผู้ประกอบการทั้งหมด 20 บริษัท (รายชื่ออยู่ในภาคผนวก ข) เพื่อสอบถามขนาดของเนื้อลั่นจี้ตีปั่นที่ต้องการนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์หรือใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น การนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ แยม โยเกิร์ต น้ำผลไม้ ไอศกรีม และท็อปปิ้งราดไอศกรีม ได้ผลดังตาราง 6.5

ตาราง 6.5 ผลการตอบแบบสอบถามขนาดเนื้อลื่นจีตีป็น

ขนาดของเนื้อลื่นจีตีป็น (มิลลิเมตร)	จำนวนผู้ประกอบการที่ตอบแบบสอบถาม (บริษัท)
ใหญ่กว่า 4.7	10
3.3-4.7	4
1.7-3.3	2
0.8-1.7	1
น้อยกว่า 0.8	3

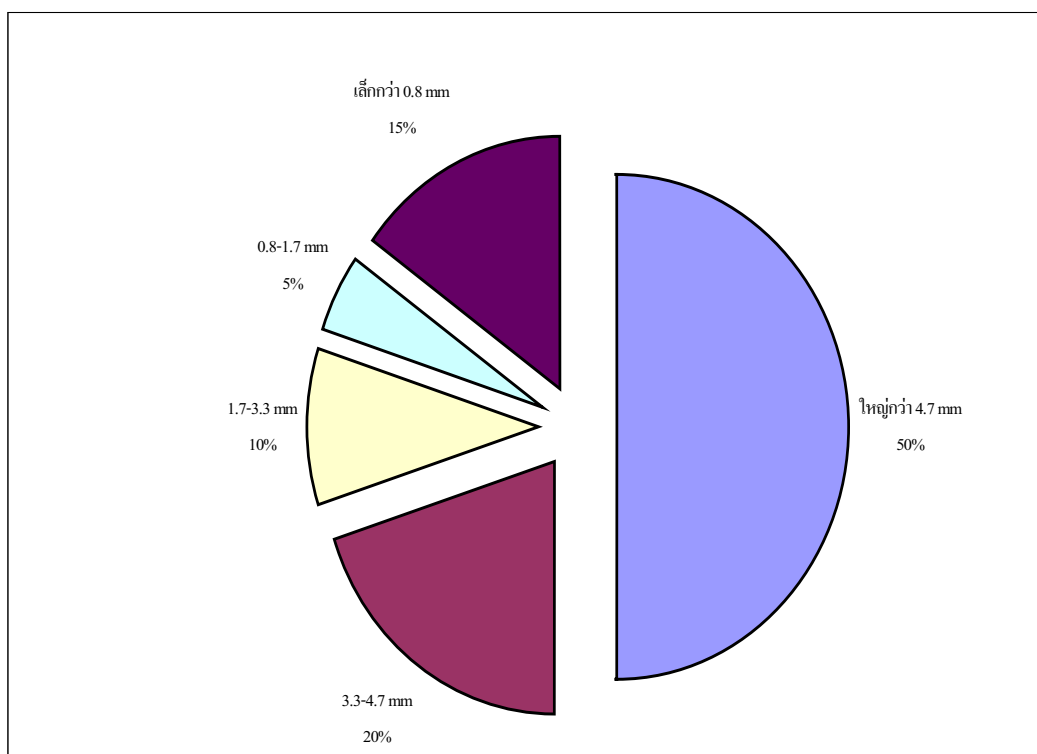
จากตาราง 6.5 แสดงผลจากการตอบแบบสอบถามของลูกค้าต่อความต้องการขนาดของลื่นจีที่มีความเหมาะสมสำหรับทำเป็นผลิตภัณฑ์พบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่ ต้องการลื่นจีที่มีขนาดใหญ่กว่า 4.7 มิลลิเมตร รองลงต้องการลื่นจีที่มีขนาด 3.3-4.7 มิลลิเมตร

6.1.2.2 ผลการศึกษาขนาดของเนื้อลื่นจีชิ้นแตก

จากการสุ่มวัดขนาดของเนื้อลื่นจีชิ้นแตกโดยการแบ่งออกเป็น 5 ขนาดได้แก่ ลื่นจีที่มีขนาดเศษสามส่วนสี่ ครึ่งผล เศษหนึ่งส่วนสาม เศษหนึ่งส่วนสี่ และเล็กกว่าเศษหนึ่งส่วนสี่ ได้ผลดังตาราง 6.6 และรูป 6.2 ซึ่งพบว่าลื่นจีขนาดเศษหนึ่งส่วนสี่ มีสัดส่วนมากที่สุดถึง 52.8% รองลงมาคือ ขนาดที่เล็กกว่าเศษหนึ่งส่วนสี่ 22.7% ทั้งนี้ขนาดของลื่นจีที่บรรจุกระป๋องเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนซึ่งอยู่ในการทดลองตอนที่ 3

ตาราง 6.6 ขนาดของเนื้อลื่นจีชิ้นแตกคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

ขนาดของเนื้อลื่นจีชิ้นแตก	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
เศษสามส่วนสี่	5.5
ครึ่งผล	8.1
เศษหนึ่งส่วนสาม	10.9
เศษหนึ่งส่วนสี่	52.8
เล็กกว่าเศษหนึ่งส่วนสี่	22.7



รูป 6.2 สัดส่วนของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกขนาดต่างๆ

สรุปผลการทดลองตอนที่ 1

ผลจากการตอบแบบสอบถามของผู้ประกอบการต่อความต้องการขนาดชิ้นเนื้อลิ้นจี่ ตีปนพบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีความต้องการเนื้อลิ้นจี่ตีปนที่มีขนาดใหญ่กว่า 4.7 มิลลิเมตร เมื่อนำลิ้นจี่ที่ได้จากการแปรผันระยะเวลาการตีปนไปร่อนผ่านตะแกรง เพื่อหาขนาด พบว่าเนื้อลิ้นจี่ที่ตีปนนาน 5 วินาที มีสัดส่วนของชิ้นลิ้นจี่ขนาดดังกล่าวมากที่สุด และเมื่อพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมี พบว่าไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง ยกเว้นค่าสี L ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อลิ้นจี่ที่ตีปนนาน 10 วินาที ให้ความสว่างสูงสุด แต่ค่าสี L ที่ได้ไม่มีความแตกต่างจากเนื้อลิ้นจี่ที่ตีปนนาน 5 วินาที ดังนั้นจึงเลือกใช้เวลา 5 วินาทีเป็นความเร็ว liquify ในการตีปนเนื้อลิ้นจี่สำหรับการทำเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องในการทดลองตอนที่ 3 เพื่อศึกษาการแทรกผ่านความร้อน อีกทั้งถ้าคำนึงในแง่ของเศรษฐศาสตร์การเลือกใช้ระยะเวลาที่สั้นที่สุดถือว่าเป็นการประหยัดเวลาและพลังงาน สำหรับขนาดของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกที่ได้จากการสับตัวอย่างนั้น พบว่าชิ้นเนื้อลิ้นจี่ส่วนใหญ่มีขนาดเศษหนึ่งส่วนสี่ของผล และมีขนาดอื่นๆ ปะปนมาบ้าง อันเนื่องมาจากความผิดพลาดในขั้นตอนการฉีกเนื้อลิ้นจี่

6.2 ผลการศึกษาเพื่อหาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการปรับพีเอชโดยไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่

เนื่องจากผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่บรรจุกระป๋อง ส่วนใหญ่มักประสบปัญหาการเกิดสีชมพู (pink discolouration) ของเนื้อลิ้นจี่ภายหลังจากกระบวนการฆ่าเชื้อ ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ แต่ในกระบวนการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์การกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อเป็น 100 องศาเซลเซียส ต้องใช้กรดเพื่อปรับพีเอชให้ต่ำกว่า 4.5 (Holdsworth, 1997) ดังนั้นการทดลองนี้ จึงต้องการศึกษาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมต่อการปรับพีเอช โดยให้เกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด

6.2.1 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ตีปั่น

ค่าสีของเนื้อลิ้นจี่ตีปั่น : จากตาราง 6.8 พบว่าค่าสี L ของเนื้อลิ้นจี่ตีปั่นหลังการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมีค่าลดลงจากก่อนการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกระดับความเข้มข้นของกรดซิตริก (ดังรูป 6.3) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสี L ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ พบว่าค่าสี L มีค่าลดลงตามปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าสี a^* และค่าสี b^* ภายหลังจากการฆ่าเชื้อมีค่ามากกว่าก่อนการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกระดับความเข้มข้นของกรดซิตริก ดังรูป 6.4 และ 6.5 โดยค่าสี a^* และค่าสี b^* มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณกรดซิตริกที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับรูป 6.6 ที่พบว่าพีเอชที่ลดลงเนื่องจากการเพิ่มปริมาณกรดซิตริกมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าสี a^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบระหว่างเนื้อลิ้นจี่ตีปั่นที่ไม่เติมกรดซิตริกทั้งก่อนและภายหลังจากการฆ่าเชื้อ พบว่าเนื้อลิ้นจี่ตีปั่นหลังการฆ่าเชื้อมีค่าสี L ต่ำกว่าแต่มีค่าสี a^* และค่าสี b^* มากกว่าก่อนการฆ่าเชื้อ แสดงว่าความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อมีผลต่อการเกิด pink discolouration ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wu (1970) ที่ยืนยันว่าอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อและพีเอชเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาไปสู่กระบวนการเกิด pink discolouration เพราะการเกิด pink discolouration ของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่จะเกิดขึ้นเมื่อลิ้นจี่ได้รับความร้อนและอยู่ในสภาวะที่เป็นกรด เช่นเดียวกับ von Elbe และ Schwartz (1996) ที่พบว่า การเพิ่มปริมาณกรดเร่งการเกิด pink discolouration ในผลิตภัณฑ์ ทำให้ค่าสี a^* และค่าสี b^* เพิ่มขึ้น ภายหลังจากการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาที่ความร้อนรวมตัวกับออกซิเจนเข้าทำลายพันธะกลัยโคไซด์ทำให้ปริมาณสีแอนโทไซยานินลดลงและเปลี่ยนไปอยู่ในรูปสีเหลือง หรือน้ำตาลแทน

ตาราง 6.7 ผลการเปรียบเทียบค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อที่แปรผันตามปริมาณกรดซิตริกในเนื้อลิ้นจี่ตีปน

ปริมาณ กรดซิตริก (%)	L		a*		b*	
	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ
0.00	61.92±0.33 ^a	60.93±0.66 ^b	-0.71±0.07 ^a	0.01±0.08 ^b	6.61±0.08 ^a	7.14±0.07 ^b
0.05	61.64±0.09 ^a	60.53±0.19 ^b	-0.58±0.18 ^a	0.11±0.53 ^b	6.74±0.25 ^a	7.23±0.10 ^b
0.10	61.47±0.10 ^a	60.25±0.15 ^b	-0.50±0.05 ^a	0.32±0.06 ^b	6.88±0.14 ^a	7.47±0.07 ^b
0.15	61.32±0.35 ^a	60.05±0.40 ^b	-0.37±0.11 ^a	0.54±0.12 ^b	6.96±0.24 ^a	7.51±0.06 ^b
0.20	61.19±0.06 ^a	59.74±0.06 ^b	-0.25±0.22 ^a	0.86±0.15 ^b	7.05±0.20 ^a	7.65±0.40 ^b
0.30	61.02±0.53 ^a	59.41±0.01 ^b	-0.13±0.04 ^a	1.04±0.11 ^b	7.07±0.01 ^a	7.72±0.16 ^b

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

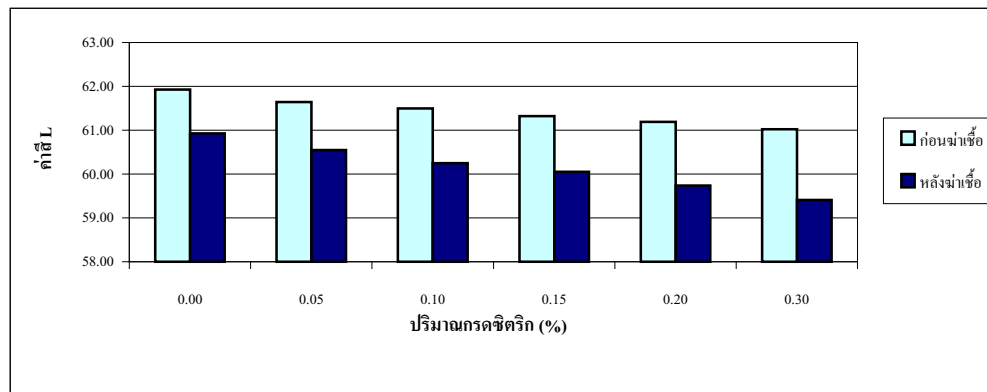
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตาราง 6.8 ค่าความหนืดของเนื้อลิ้นจี่ตีปนที่แปรผันตามปริมาณกรดซิตริกภายหลังการฆ่าเชื้อ

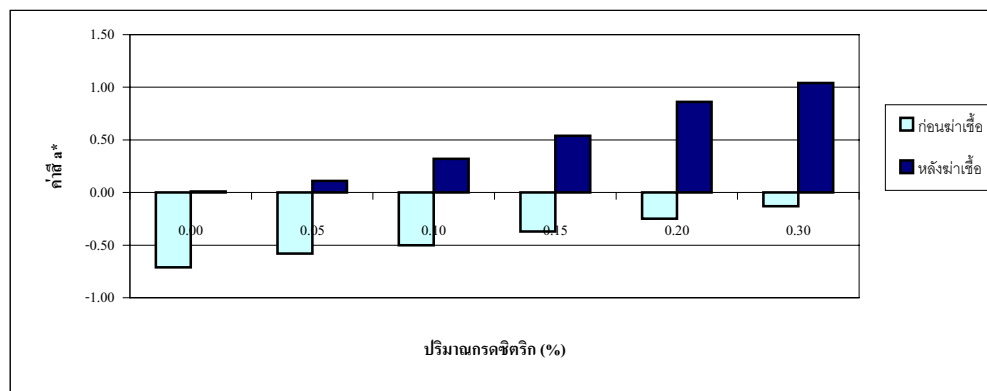
ปริมาณกรดซิตริก (%)	ความหนืด (เซนติพอยส์)
0.00	455.0±2.83 ^a
0.05	570.0±2.83 ^b
0.10	602.0±8.49 ^c
0.15	760.0±11.31 ^d
0.20	876.0±5.70 ^e
0.30	966.0±2.83 ^f

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

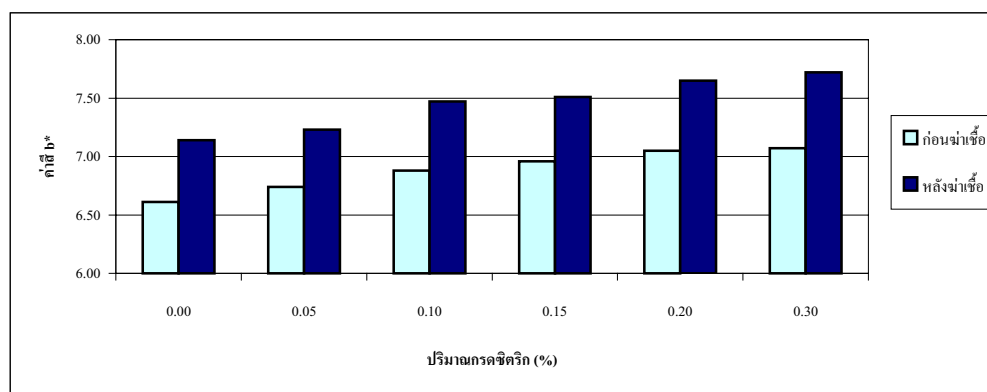
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)



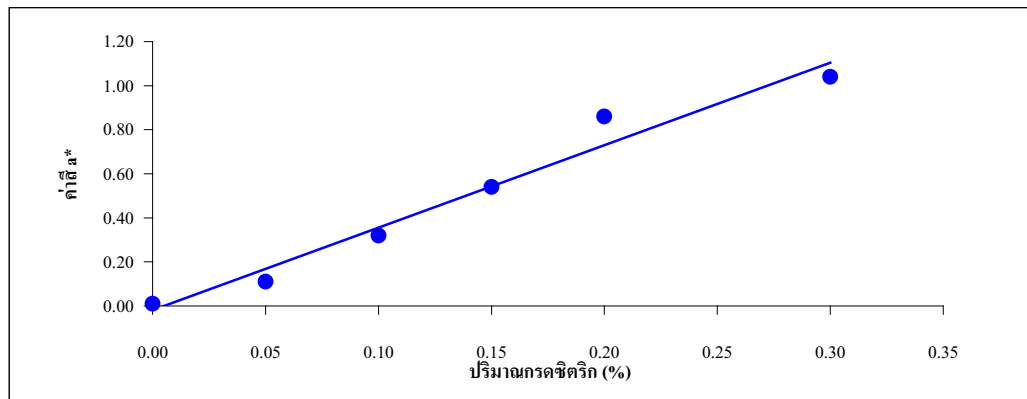
รูป 6.3 การเปรียบเทียบค่าสี L ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อตามปริมาณกรดซิตริกที่เติมลงในเนื้อลิ้นจี่ตีปน



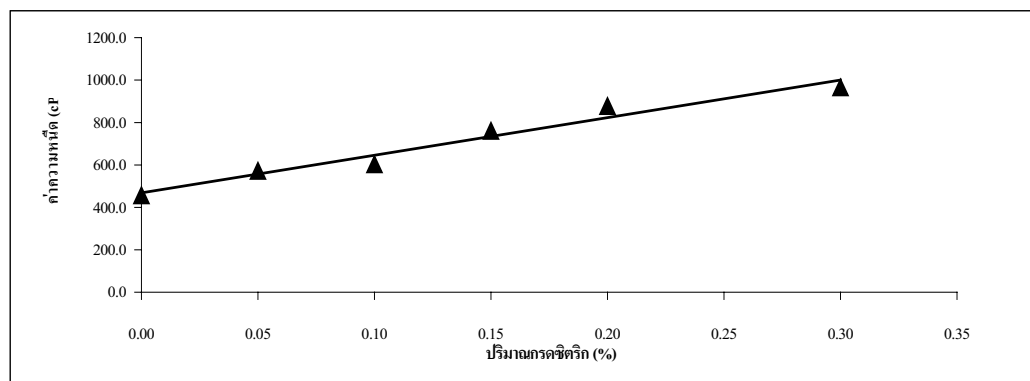
รูป 6.4 การเปรียบเทียบค่าสี a* ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อตามปริมาณกรดซิตริกที่เติมลงในเนื้อลิ้นจี่ตีปน



รูป 6.5 การเปรียบเทียบค่าสี b* ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อตามปริมาณกรดซิตริกที่เติมลงในเนื้อลิ้นจี่ตีปน



รูป 6.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี a^* ภายหลังการนำเชื้กับค่าพีเอชและปริมาณกรดซิตริกที่เติมในเนื้อล้นจีตูป่น



รูป 6.7 ค่าความหนืดที่แปรผันตามปริมาณกรดซิตริกในเนื้อล้นจีตูป่น

ค่าความหนืด : ผลวิเคราะห์ความหนืดของเนื้อล้นจีตูป่น ได้ผลดังตาราง 6.8 ซึ่งพบว่าการเพิ่มปริมาณกรดซิตริกมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื้อล้นจีตูป่นที่ไม่เติมกรดซิตริก มีความหนืดเท่ากับ 455.0 เซนติพอยส์ (cP) และเมื่อเพิ่มปริมาณกรดซิตริกเป็น 0.30% ความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 966.0 เซนติพอยส์ อันเนื่องมาจากความเป็นกรดในผลิตภัณฑ์มีส่วนช่วยในการย่อยอนุภาคของล้นจีให้มีขนาดเล็กลง ดังนั้นการเพิ่มปริมาณกรดซิตริกจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลาย โดยเฉพาะในเนื้อล้นจีที่ประกอบไปด้วยน้ำตาลและแป้งหลายชนิด เมื่อแป้งซึ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ถูกกรดย่อยสลายให้มีขนาดเล็กลง กลายเป็นน้ำตาลโดยที่น้ำตาลมีคุณสมบัติเป็นสารที่มีความข้นหนืด ทำให้ความหนืดของล้นจีตูป่นมีค่าเพิ่มขึ้น (Bemiller และ Whistler, 1996) เช่น การเติมกรดซิตริก 0.30% ในล้นจีตูป่น ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า เมื่อเทียบกับล้นจีที่ไม่เติมกรดซิตริก

6.2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลีนจีตีป็น

ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมด : จากตาราง 6.9 พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามปริมาณกรดซิตริกที่เติมเช่นเดียวกับค่าพีเอชที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังรูป 6.8 (สมการรีเกรชันเส้นตรงแสดงดังภาคผนวก จ) ทั้งนี้เนื้อลีนจีตีป็นที่ไม่มีการเติมกรดซิตริกมีพีเอชเท่ากับ 4.09 มีปริมาณกรดทั้งหมด เท่ากับ 0.38% และเมื่อเพิ่มปริมาณกรดซิตริกเป็น 0.30% เป็นผลให้พีเอชลดลงเท่ากับ 3.68 ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 0.64% เพราะการเพิ่มปริมาณกรดซิตริกทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น ขณะที่พีเอชลดลง สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่า a^* แสดงว่าการเพิ่มปริมาณกรดเพื่อลดพีเอชเร่งการเกิด pink discolouration สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wu และ Fang (1993) ที่พบว่าการเติมน้ำเชื่อมความเข้มข้นสูง (30 องศาบริกซ์) ปรับพีเอชให้ต่ำ (จากการเติมกรดซิตริก) และการเติมสารโพลิฟอสเฟต (0.20%) เป็นปัจจัยที่เร่งการเกิด pink discolouration ในลีนจีบรจูกะป๋อง

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาล : จากตาราง 6.9 และรูป 6.9 (สมการรีเกรชันเส้นตรงแสดงดังภาคผนวก จ) ผลการทดลองพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด มีค่าใกล้เคียงกันในทุกระดับความเข้มข้นของกรดซิตริก ดังนั้นการเพิ่มปริมาณกรดซิตริก จึงไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเนื้อลีนจีตีป็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณกรดซิตริกมีผลทำให้น้ำตาลซูโครสมีปริมาณลดลง ดังรูป 6.9 ทั้งนี้ในสภาวะที่เป็นกรด คาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในรูปน้ำตาลโมเลกุลคู่ (ซูโครส) ถูกไฮโดรไลซ์ให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Bemiller และ Whistler, 1996) ทำให้ปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลง ขณะเดียวกันน้ำตาลรีดิวซิงและน้ำตาลทั้งหมดก็มีปริมาณเพิ่มขึ้น จากผลการทดลองพบว่าการเติมกรดซิตริก 0.05% จะทำให้ปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลงเท่ากับ 0.8 เท่า จากลีนจีที่ไม่เติมกรดซิตริก

ตาราง 6.9 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ที่ปนเปื้อนที่แปรผันตามปริมาณกรดซิตริกภายหลังการฆ่าเชื้อ

ปริมาณกรดซิตริก (%)	ค่าพีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมด (% ในรูปกรดทั้งหมด)
0.00	4.09±0.01 ^c	0.38±0.00 ^d
0.05	4.04±0.01 ^d	0.40±0.02 ^{cd}
0.10	3.95±0.00 ^{cd}	0.45±0.00 ^{bcd}
0.15	3.87±0.02 ^c	0.47±0.07 ^{bc}
0.20	3.79±0.04 ^b	0.52±0.00 ^b
0.30	3.68±0.05 ^a	0.64±0.03 ^a

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

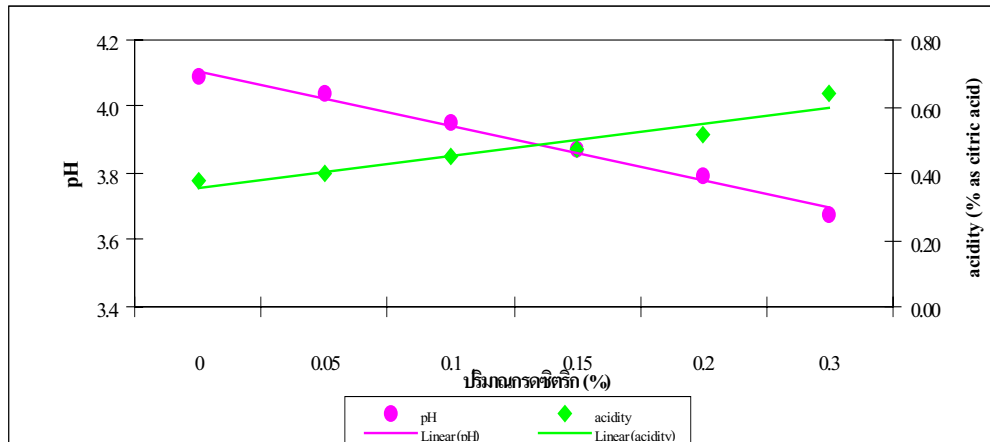
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตาราง 6.9 (ต่อ) ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ที่ปนเปื้อนที่แปรผันตามปริมาณกรดซิตริกภายหลังการฆ่าเชื้อ

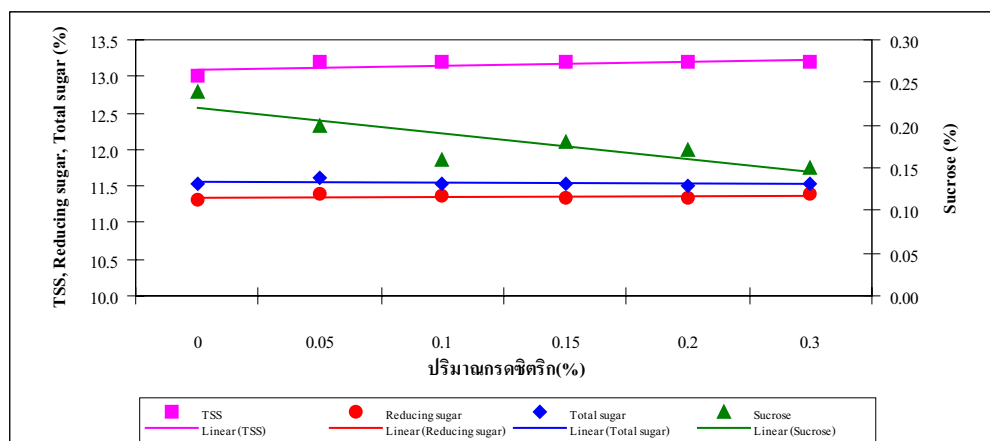
ปริมาณกรดซิตริก (%)	ปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลาย น้ำได้ (%)	น้ำตาลรีดิวซิง (%)	ซูโครส (%)	น้ำตาลทั้งหมด (%)
0.00	13.00±0.14	11.30±0.12	0.24±0.01	11.54±0.13
0.05	13.20±0.07	11.40±0.14	0.20±0.05	11.60±0.19
0.10	13.20±0.00	11.37±0.12	0.16±0.01	11.53±0.11
0.15	13.20±0.00	11.35±0.08	0.18±0.03	11.53±0.11
0.20	13.20±0.14	11.34±0.10	0.17±0.02	11.51±0.02
0.30	13.20±0.14	11.39±0.03	0.15±0.07	11.54±0.03

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)



รูป 6.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดซิตริกกับค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดในเนยถั่วถั่วลิสง



รูป 6.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดซิตริกกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง น้ำตาลซูโครสและน้ำตาลทั้งหมดในเนยถั่วถั่วลิสง

สรุปผลการทดลองตอนที่ 2

จากผลการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณกรดซิตริก มีผลเร่งการเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลีนจี โดยที่กลไกของปฏิกิริยาเกิดเนื่องจากกรดทั้ง 2 ชนิด ที่มีในเนื้อลีนจี คือ แคะทีชิน และลิวโคแอนโทไซยานิน ซึ่งเดิมมีคุณสมบัติเป็นสารที่ไม่มีสี แต่เมื่อเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในสถานะที่เป็นกรด กรดทั้ง 2 ชนิดนี้จะถูกไฮโดรไลซ์กลายเป็นแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุที่มีสี สำหรับรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ฝรั่งบรรจุกระป๋อง ได้แก่ ลิวโคไซยานินและลิวโคดีฟีนิดิน ซึ่งหากพบว่าเกิดขึ้นแสดงว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ (Nath และ Ranganna, 1983b) ดังนั้นการเพิ่มปริมาณกรดซิตริก จึงเป็นการเพิ่มความเป็นกรดให้กับผลิตภัณฑ์ ทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเปลี่ยนเป็นสีชมพูมากขึ้น เช่นเดียวกับ Venkatasubbaiah และ Mathew (1970) ที่พบว่าเนื้อน้อยหน่าสีปนจะเกิดสีชมพูขึ้นในสถานะที่เป็นกรด และไม่ผ่านการลวกเท่านั้น แต่ในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลีนจีไม่สามารถเลี่ยงการปรับพีเอชให้ลดลงด้วยการเติมกรดได้ เพราะถ้าพีเอชของผลิตภัณฑ์สูงปริมาณความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจะต้องสูงขึ้น ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง ดังนั้นการเลือกใช้อุณหภูมิ เวลา และปริมาณกรดที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อจึงเป็นสิ่งสำคัญ

จากผลการทดลองพบว่าการเติมปริมาณกรดซิตริก 0.10% ให้พีเอชเท่ากับ 3.95 ซึ่งเป็นช่วงพีเอชที่ใกล้เคียง 4 และให้ค่าสี a^* ไม่แตกต่างจากลีนจีที่ไม่เติมกรดซิตริก ความเสี่ยงต่อการเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์จึงมีน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรเพิ่มปริมาณกรดซิตริกเป็น 0.15% อย่างไรก็ตาม ปริมาณกรดที่เติมอาจแปรผันตามคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ อันเนื่องมาจากความแก่-อ่อนของผลลีนจีที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงใช้ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์เป็นตัวกำหนดโดยพีเอชของเนื้อลีนจีไม่ควรต่ำกว่า 3.9 และไม่ควรเกิน 4.2

6.2 ผลการศึกษาเพื่อหาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการปรับพีเอชโดยไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่

เนื่องจากผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่บรรจุกระป๋อง ส่วนใหญ่มักประสบปัญหาการเกิดสีชมพู (pink discolouration) ของเนื้อลิ้นจี่ภายหลังจากกระบวนการฆ่าเชื้อ ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ แต่ในกระบวนการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์การกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อเป็น 100 องศาเซลเซียส ต้องใช้กรดเพื่อปรับพีเอชให้ต่ำกว่า 4.5 (Holdsworth, 1997) ดังนั้นการทดลองนี้ จึงต้องการศึกษาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมต่อการปรับพีเอช โดยให้เกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด

6.2.1 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ตีปั่น

ค่าสีของเนื้อลิ้นจี่ตีปั่น : จากตาราง 6.8 พบว่าค่าสี L ของเนื้อลิ้นจี่ตีปั่นหลังการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมีค่าลดลงจากก่อนการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกระดับความเข้มข้นของกรดซิตริก (ดังรูป 6.3) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสี L ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ พบว่าค่าสี L มีค่าลดลงตามปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าสี a^* และค่าสี b^* ภายหลังจากการฆ่าเชื้อมีค่ามากกว่าก่อนการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกระดับความเข้มข้นของกรดซิตริก ดังรูป 6.4 และ 6.5 โดยค่าสี a^* และค่าสี b^* มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณกรดซิตริกที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับรูป 6.6 ที่พบว่าพีเอชที่ลดลงเนื่องจากการเพิ่มปริมาณกรดซิตริกมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าสี a^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบระหว่างเนื้อลิ้นจี่ตีปั่นที่ไม่เติมกรดซิตริกทั้งก่อนและภายหลังจากการฆ่าเชื้อ พบว่าเนื้อลิ้นจี่ตีปั่นหลังการฆ่าเชื้อมีค่าสี L ต่ำกว่าแต่มีค่าสี a^* และค่าสี b^* มากกว่าก่อนการฆ่าเชื้อ แสดงว่าความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อมีผลต่อการเกิด pink discolouration ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wu (1970) ที่ยืนยันว่าอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อและพีเอชเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาไปสู่กระบวนการเกิด pink discolouration เพราะการเกิด pink discolouration ของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่จะเกิดขึ้นเมื่อลิ้นจี่ได้รับความร้อนและอยู่ในสภาวะที่เป็นกรด เช่นเดียวกับ von Elbe และ Schwartz (1996) ที่พบว่า การเพิ่มปริมาณกรดเร่งการเกิด pink discolouration ในผลิตภัณฑ์ ทำให้ค่าสี a^* และค่าสี b^* เพิ่มขึ้น ภายหลังจากการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาที่ความร้อนรวมตัวกับออกซิเจนเข้าทำลายพันธะกลัยโคไซด์ทำให้ปริมาณสีแอนโทไซยานินลดลงและเปลี่ยนไปอยู่ในรูปสีเหลือง หรือน้ำตาลแทน

ตาราง 6.7 ผลการเปรียบเทียบค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อที่แปรผันตามปริมาณกรดซิตริกในเนื้อลิ้นจี่ตีปน

ปริมาณกรดซิตริก (%)	L		a*		b*	
	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ
0.00	61.92±0.33 ^a	60.93±0.66 ^b	-0.71±0.07 ^a	0.01±0.08 ^b	6.61±0.08 ^a	7.14±0.07 ^b
0.05	61.64±0.09 ^a	60.53±0.19 ^b	-0.58±0.18 ^a	0.11±0.53 ^b	6.74±0.25 ^a	7.23±0.10 ^b
0.10	61.47±0.10 ^a	60.25±0.15 ^b	-0.50±0.05 ^a	0.32±0.06 ^b	6.88±0.14 ^a	7.47±0.07 ^b
0.15	61.32±0.35 ^a	60.05±0.40 ^b	-0.37±0.11 ^a	0.54±0.12 ^b	6.96±0.24 ^a	7.51±0.06 ^b
0.20	61.19±0.06 ^a	59.74±0.06 ^b	-0.25±0.22 ^a	0.86±0.15 ^b	7.05±0.20 ^a	7.65±0.40 ^b
0.30	61.02±0.53 ^a	59.41±0.01 ^b	-0.13±0.04 ^a	1.04±0.11 ^b	7.07±0.01 ^a	7.72±0.16 ^b

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

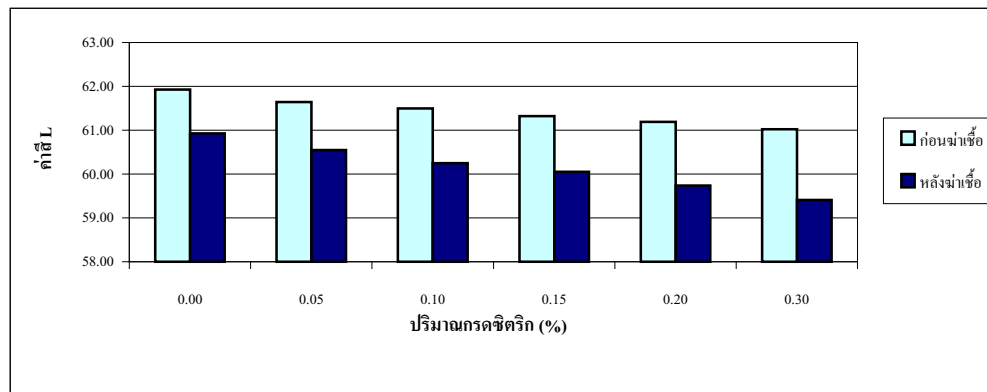
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 6.8 ค่าความหนืดของเนื้อลิ้นจี่ตีปนที่แปรผันตามปริมาณกรดซิตริกภายหลังการฆ่าเชื้อ

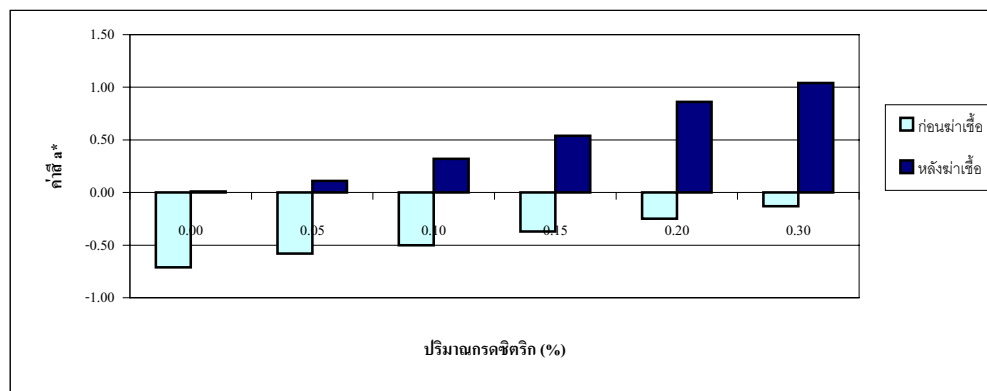
ปริมาณกรดซิตริก (%)	ความหนืด (เซนติพอยส์)
0.00	455.0±2.83 ^a
0.05	570.0±2.83 ^b
0.10	602.0±8.49 ^c
0.15	760.0±11.31 ^d
0.20	876.0±5.70 ^e
0.30	966.0±2.83 ^f

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

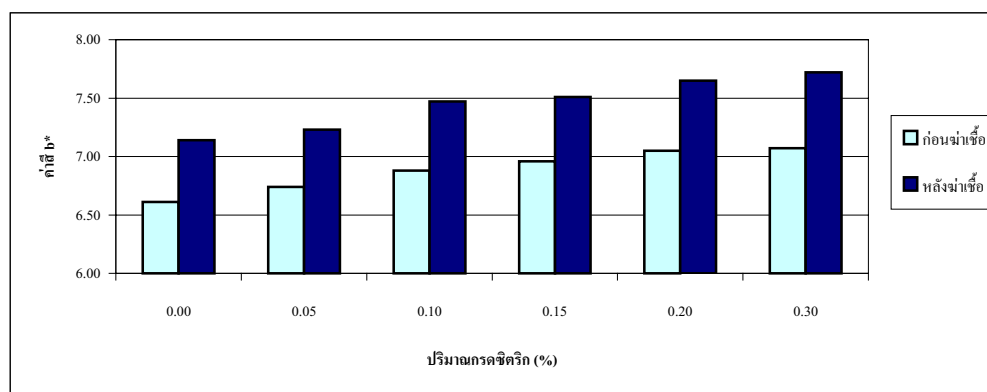
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



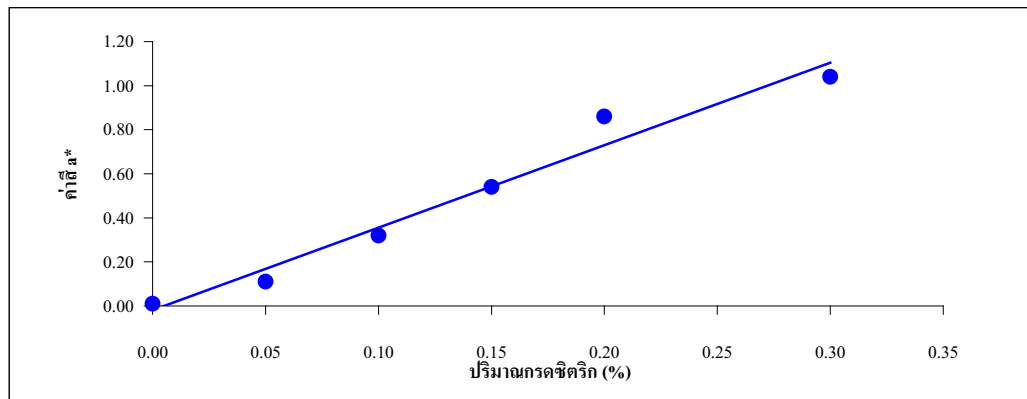
รูป 6.3 การเปรียบเทียบค่าสี L ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อตามปริมาณกรดซิตริกที่เติมลงในเนื้อลิ้นจี่ตีปั่น



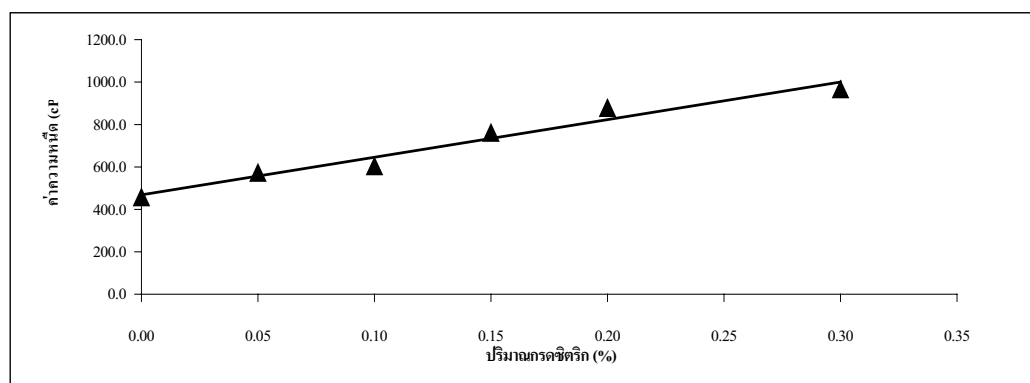
รูป 6.4 การเปรียบเทียบค่าสี a* ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อตามปริมาณกรดซิตริกที่เติมลงในเนื้อลิ้นจี่ตีปั่น



รูป 6.5 การเปรียบเทียบค่าสี b* ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อตามปริมาณกรดซิตริกที่เติมลงในเนื้อลิ้นจี่ตีปั่น



รูป 6.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี a^* ภายหลังการนำเชื้กับค่าพีเอชและปริมาณกรดซิตริกที่เติมในเนื้อล้นจีตูป่น



รูป 6.7 ค่าความหนืดที่แปรผันตามปริมาณกรดซิตริกในเนื้อล้นจีตูป่น

ค่าความหนืด : ผลวิเคราะห์ความหนืดของเนื้อล้นจีตูป่น ได้ผลดังตาราง 6.8 ซึ่งพบว่าการเพิ่มปริมาณกรดซิตริกมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื้อล้นจีตูป่นที่ไม่เติมกรดซิตริก มีความหนืดเท่ากับ 455.0 เซนติพอยส์ (cP) และเมื่อเพิ่มปริมาณกรดซิตริกเป็น 0.30% ความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 966.0 เซนติพอยส์ อันเนื่องมาจากความเป็นกรดในผลิตภัณฑ์มีส่วนช่วยในการย่อยอนุภาคของล้นจีให้มีขนาดเล็กลง ดังนั้นการเพิ่มปริมาณกรดซิตริกจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลาย โดยเฉพาะในเนื้อล้นจีที่ประกอบไปด้วยน้ำตาลและแป้งหลายชนิด เมื่อแป้งซึ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ถูกกรดย่อยสลายให้มีขนาดเล็กลง กลายเป็นน้ำตาลโดยที่น้ำตาลมีคุณสมบัติเป็นสารที่มีความข้นหนืด ทำให้ความหนืดของล้นจีตูป่นมีค่าเพิ่มขึ้น (Bemiller และ Whistler, 1996) เช่น การเติมกรดซิตริก 0.30% ในล้นจีตูป่น ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า เมื่อเทียบกับล้นจีที่ไม่เติมกรดซิตริก

6.2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลีนจีตีป็น

ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมด : จากตาราง 6.9 พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามปริมาณกรดซิตริกที่เติมเช่นเดียวกับค่าพีเอชที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังรูป 6.8 (สมการรีเกรชันเส้นตรงแสดงดังภาคผนวก จ) ทั้งนี้เนื้อลีนจีตีป็นที่ไม่มีการเติมกรดซิตริกมีพีเอชเท่ากับ 4.09 มีปริมาณกรดทั้งหมด เท่ากับ 0.38% และเมื่อเพิ่มปริมาณกรดซิตริกเป็น 0.30% เป็นผลให้พีเอชลดลงเท่ากับ 3.68 ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 0.64% เพราะการเพิ่มปริมาณกรดซิตริกทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น ขณะที่พีเอชลดลง สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่า a^* แสดงว่าการเพิ่มปริมาณกรดเพื่อลดพีเอชเร่งการเกิด pink discolouration สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wu และ Fang (1993) ที่พบว่าการเติมน้ำเชื่อมความเข้มข้นสูง (30 องศาบริกซ์) ปรับพีเอชให้ต่ำ (จากการเติมกรดซิตริก) และการเติมสารโพลิฟอสเฟต (0.20%) เป็นปัจจัยที่เร่งการเกิด pink discolouration ในลีนจีบรจูกะป๋อง

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาล : จากตาราง 6.9 และรูป 6.9 (สมการรีเกรชันเส้นตรงแสดงดังภาคผนวก จ) ผลการทดลองพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด มีค่าใกล้เคียงกันในทุกระดับความเข้มข้นของกรดซิตริก ดังนั้นการเพิ่มปริมาณกรดซิตริก จึงไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเนื้อลีนจีตีป็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณกรดซิตริกมีผลทำให้น้ำตาลซูโครสมีปริมาณลดลง ดังรูป 6.9 ทั้งนี้ในสภาวะที่เป็นกรด คาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในรูปน้ำตาลโมเลกุลคู่ (ซูโครส) ถูกไฮโดรไลซ์ให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Bemiller และ Whistler, 1996) ทำให้ปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลง ขณะเดียวกันน้ำตาลรีดิวซิงและน้ำตาลทั้งหมดก็มีปริมาณเพิ่มขึ้น จากผลการทดลองพบว่าการเติมกรดซิตริก 0.05% จะทำให้ปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลงเท่ากับ 0.8 เท่า จากลีนจีที่ไม่เติมกรดซิตริก

ตาราง 6.9 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ที่ปนเปื้อนที่แปรผันตามปริมาณกรดซิตริกภายหลังการฆ่าเชื้อ

ปริมาณกรดซิตริก (%)	ค่าพีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมด (% ในรูปกรดทั้งหมด)
0.00	4.09±0.01 ^c	0.38±0.00 ^d
0.05	4.04±0.01 ^d	0.40±0.02 ^{cd}
0.10	3.95±0.00 ^{cd}	0.45±0.00 ^{bcd}
0.15	3.87±0.02 ^c	0.47±0.07 ^{bc}
0.20	3.79±0.04 ^b	0.52±0.00 ^b
0.30	3.68±0.05 ^a	0.64±0.03 ^a

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

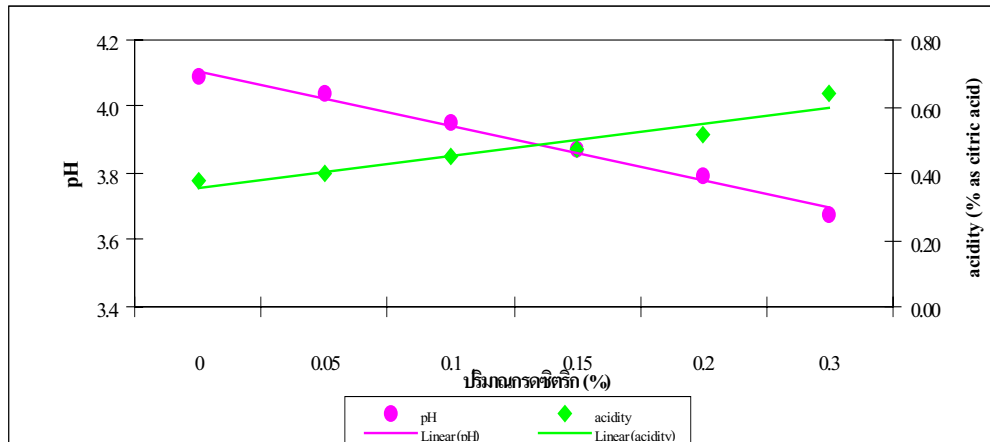
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตาราง 6.9 (ต่อ) ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ที่ปนเปื้อนที่แปรผันตามปริมาณกรดซิตริกภายหลังการฆ่าเชื้อ

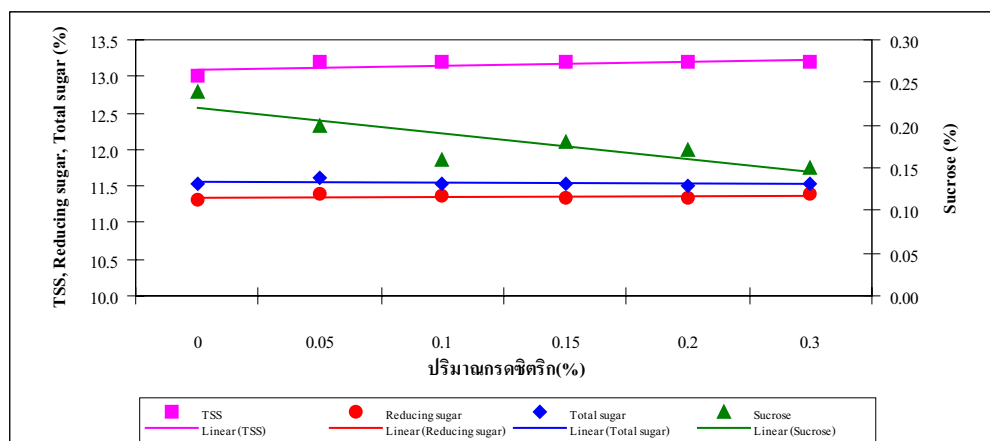
ปริมาณกรดซิตริก (%)	ปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลาย น้ำได้ (%)	น้ำตาลรีดิวซิง (%)	ซูโครส (%)	น้ำตาลทั้งหมด (%)
0.00	13.00±0.14	11.30±0.12	0.24±0.01	11.54±0.13
0.05	13.20±0.07	11.40±0.14	0.20±0.05	11.60±0.19
0.10	13.20±0.00	11.37±0.12	0.16±0.01	11.53±0.11
0.15	13.20±0.00	11.35±0.08	0.18±0.03	11.53±0.11
0.20	13.20±0.14	11.34±0.10	0.17±0.02	11.51±0.02
0.30	13.20±0.14	11.39±0.03	0.15±0.07	11.54±0.03

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)



รูป 6.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดซิตริกกับค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดในเนยถั่วถั่วลิสง



รูป 6.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดซิตริกกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง น้ำตาลซูโครสและน้ำตาลทั้งหมดในเนยถั่วถั่วลิสง

สรุปผลการทดลองตอนที่ 2

จากผลการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณกรดซิตริก มีผลเร่งการเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลีนจี โดยที่กลไกของปฏิกิริยาเกิดเนื่องจากกรดซิตริก 2 ชนิด ที่มีในเนื้อลีนจี คือ แคะทีซิน และลิวโคแอนโทไซยานิน ซึ่งเดิมมีคุณสมบัติเป็นสารที่ไม่มีสี แต่เมื่อเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในสถานะที่เป็นกรด กรดซิตริกทั้ง 2 ชนิดนี้จะถูกไฮโดรไลซ์กลายเป็นแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นกรดซิตริกที่มีสี สำหรับกรดซิตริกที่ทำให้เกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ฝรั่งบรรจุกระป๋อง ได้แก่ ลิวโคไซยานินและลิวโคดีฟีนิดิน ซึ่งหากพบว่าเกิดขึ้นแสดงว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ (Nath และ Ranganna, 1983b) ดังนั้นการเพิ่มปริมาณกรดซิตริก จึงเป็นการเพิ่มความเป็นกรดให้กับผลิตภัณฑ์ ทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเปลี่ยนเป็นสีชมพูมากขึ้น เช่นเดียวกับ Venkatasubbaiah และ Mathew (1970) ที่พบว่าเนื้อน้อยหน่าสีป็นจะเกิดสีชมพูขึ้นในสถานะที่เป็นกรด และไม่ผ่านการลวกเท่านั้น แต่ในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลีนจีไม่สามารถเลี่ยงการปรับพีเอชให้ลดลงด้วยการเติมกรดได้ เพราะถ้าพีเอชของผลิตภัณฑ์สูงปริมาณความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจะต้องสูงขึ้น ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง ดังนั้นการเลือกใช้อุณหภูมิ เวลา และปริมาณกรดที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อจึงเป็นสิ่งสำคัญ

จากผลการทดลองพบว่าการเติมปริมาณกรดซิตริก 0.10% ให้พีเอชเท่ากับ 3.95 ซึ่งเป็นช่วงพีเอชที่ใกล้เคียง 4 และให้ค่าสี a^* ไม่แตกต่างจากลีนจีที่ไม่เติมกรดซิตริก ความเสี่ยงต่อการเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์จึงมีน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรเพิ่มปริมาณกรดซิตริกเป็น 0.15% อย่างไรก็ตาม ปริมาณกรดที่เติมอาจแปรผันตามคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ อันเนื่องมาจากความแก่-อ่อนของผลลีนจีที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงใช้ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์เป็นตัวกำหนดโดยพีเอชของเนื้อลีนจีไม่ควรต่ำกว่า 3.9 และไม่ควรเกิน 4.2

6.3 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

6.3.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ลินจี้โดยการฆ่า Incubation test

6.3.1.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพเนื้อลินจี้ขึ้นแทกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ด้วยวิธี

Incubation test

นำเนื้อลินจี้ขึ้นแทกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อในน้ำเดือดเป็นเวลา 12, 15, 18 และ 21 นาที มาวิเคราะห์คุณภาพด้านสมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี เมื่อครบกำหนด 1 วัน (1 day cut out) ได้ผลดังตาราง 6.10-6.11 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เหลือนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน (incubation test) เมื่อครบกำหนดจึงนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี ได้ผลดังตาราง 6.12-6.14

ตาราง 6.10 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลินจี้ขึ้นแทกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังจากการฆ่าเชื้อ 1 วัน

เวลาฆ่าเชื้อ (นาที)	L	a*	b*
12	56.12±0.13 ^b	0.07±0.03 ^a	5.64±0.06 ^b
15	58.67±0.15 ^a	0.15±0.06 ^b	6.69±0.02 ^{cd}
18	59.71±0.01 ^a	0.26±0.04 ^b	6.44±0.12 ^c
21	58.91±0.17 ^a	0.60±0.16 ^b	5.43±0.01 ^a

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตาราง 6.11 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลินจี้ขึ้นแทกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังจากการฆ่าเชื้อ 1 วัน

เวลาฆ่าเชื้อ (นาที)	ค่าพีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมด (% ในรูปกรดซิตริก)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ ละลายน้ำได้ (%)
12	4.27±0.01	0.28±0.00	9.0±0.07
15	4.25±0.01	0.30±0.03	9.2±0.00
18	4.2±0.01	0.35±0.03	9.2±0.07
21	4.23±0.01	0.34±0.01	8.8±0.14

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตาราง 6.12 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A 1 ภายหลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

เวลาฆ่าเชื้อ (นาทีก)	Total plate count (cfu/ml)	Yeast and mould (cfu/ml)	Coliform	Aciduric spoilage	Flat sour
12	<300	-	-	+	+
15	<300	-	-	+	+
18	<30	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-

หมายเหตุ เครื่องหมายลบ (-) แสดงผลว่าไม่พบ (Negative) และ เครื่องหมายบวก (+) แสดงผลว่าพบ (Positive)

ตาราง 6.13 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

เวลาฆ่า เชื้อ (นาทีก)	Vacuum (mmHg)	Head space (mm)	Drained weight (g)	Net weight (g)	L	a*	b*
12	12.0±0.00	9.0±0.71	296.9±2.55	429.3±1.30	60.12±0.07 ^b	0.02±0.11 ^a	6.43±0.28 ^a
15	13.0±0.71	8.0±0.71	301.3±1.27	419.5±0.50	60.82±0.07 ^{ab}	0.29±0.02 ^a	6.54±0.10 ^{ab}
18	12.0±0.00	8.0±0.00	297.6±3.46	417.3±4.00	61.79±0.93 ^a	0.34±0.19 ^b	7.02±0.23 ^c
21	12.0±0.71	8.0±0.71	297.9±4.67	421.8±0.80	62.05±0.15 ^a	0.83±0.02 ^c	7.64±0.05 ^d

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตาราง 6.14 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

เวลาฆ่าเชื้อ (นาทีก)	ค่าพีเอช	กรดทั้งหมด (%ในรูปกรด ซิตริก)	ของแข็งทั้ง หมดที่ละลาย น้ำได้ (%)	น้ำตาล รีดิวซิง (%)	น้ำตาล ซูโครส (%)	น้ำตาล ทั้งหมด (%)
12	4.26±0.01	0.28±0.00	9.00±0.07	7.65±0.02	0.39±0.01 ^a	8.04±0.02
15	4.23±0.01	0.29±0.03	9.00±0.00	7.67±0.02	0.27±0.01 ^b	7.94±0.01
18	4.25±0.01	0.33±0.03	9.20±0.14	7.83±0.05	0.13±0.03 ^{bc}	7.96±0.01
21	4.23±0.01	0.34±0.01	8.80±0.00	7.81±0.18	0.06±0.09 ^c	7.87±0.09

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ และเคมีของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภาย หลังการฆ่าเชื้อ 1 วัน แสดงดังตาราง 6.9-6.10 พบว่าระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันทำให้ ค่าสี L เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสี L มีค่าสูงสุดเมื่อฆ่าเชื่อนาน 18 นาที สำหรับค่า สี a* และค่าสี b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดย ความร้อนและระยะเวลาการฆ่าเชื้อเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้รังควาญของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลง สำหรับส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์พบว่าค่าฟิเชอร์ ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณ ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยโดยฟิเชอร์มีค่า 4.21-4.27 ปริมาณกรด ทั้งหมดมีค่า 0.28-0.35% และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่า 8.80-9.20% ผลวิเคราะห์ ของผลิตภัณฑ์ภายหลังจากการฆ่าเชื้อ 1 วัน นำมาใช้เป็น control เพื่อเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลง ของผลิตภัณฑ์ภายหลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ กายภาพ และเคมีของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภาย หลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน แสดงดังตาราง 6.11-6.14 ผลวิเคราะห์ ทางจุลินทรีย์ พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) น้อยกว่า 300 cfu/ml ในผลิตภัณฑ์ที่ ฆ่าเชื่อนาน 12 และ 15 นาที และพบน้อยกว่า 30 cfu/ml ในผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื่อนาน 18 นาที ส่วนการ ฆ่าเชื้อในน้ำเดือดนาน 21 นาที ไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ทุกชนิด แต่พบอะซิดูริกสปอยเลจ (aciduric spoilage) และแฟลตซาวร์ (flat sour) ในผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื่อนาน 12 และ 15 นาที ไม่พบ โคลิฟอร์ม (Coliform) ยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ทุกระยะเวลาการฆ่าเชื้อ การพบจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ที่ฆ่า เชื้อในน้ำเดือดนาน 12, 15 และ 18 นาที เนื่องจากฟิเชอร์ในผลิตภัณฑ์มีค่ามากกว่า 4.2 ค่าความร้อน ที่ใช้ในการฆ่าเชื้ออาจไม่เพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด โดยเฉพาะแฟลตซาวร์และอะซิ- ดูริกสปอยเลจแบคทีเรีย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Azizi และ Ranganna (1993a) ที่พบว่ามะม่วง ตีป่นที่มีฟิเชอร์เท่ากับ 4.3 เกิดการบวมของกระป๋อง เพราะการสร้างแก๊สของ *Bacillus licheniformis* แต่ที่ฟิเชอร์เท่ากับ 4.0 กระป๋องอยู่ในสภาพปกติ ไม่บวม

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ พบว่าความเป็นสุญญากาศ ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหาร น้ำหนักเนื้อ และน้ำหนักสุทธิตัว มีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p > 0.05$) ตามระยะเวลาการฆ่าเชื้อ โดยความเป็นสุญญากาศมีค่า 12.0-13.0 มิลลิเมตรปรอท ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารมีค่า 8.0-9.0 มิลลิเมตร น้ำหนักเนื้ออาหารเมื่อเริ่มต้นการบรรจุ มีค่าเท่ากับ 300 กรัม ภายหลังจากการฆ่าเชื้อลดลงอยู่ในช่วง 296.9-301.3 กรัม ทั้งนี้เป็นผลจาก กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน และการปรับฟิเชอร์ให้ลดลง ทำให้ protopectin ที่อยู่ในชั้น middle lamella และผนังเซลล์เปลี่ยนแปลงสภาพเป็น water-soluble pectin ทำให้ผลไม้อ่อนนุ่มลงและเนื้อเยื่อฉีกขาด และความร้อนจากกระบวนการแปรรูปก็มีส่วนสำคัญทำให้เนื้อเยื่อฉีกขาด และเซลล์แตกสูญเสียสภาพธรรมชาติการเป็น selective permeability ดังนั้นเซลล์จึงสูญเสียความ

เต่ง (Adams และ Blundstone, 1971) น้ำหนักเนื้อของลิ้นจี่ภายหลังการฆ่าเชื้อจึงลดลง สอดคล้องกับ งานวิจัยของ Nath และ Ranganna (1981) ที่พบว่าน้ำหนักของผลิตภัณฑ์มะละกอนั้นเป็นชั้นบรรจุกระป๋องเริ่มต้นเท่ากับ 399.3 กรัม ลดลงเหลือ 298.9 กรัม และ 186.4 กรัม เมื่อฆ่าเชื้อในน้ำเดือดนาน 17 และ 30 นาที ตามลำดับ เช่นเดียวกับน้ำหนักสุกที่มีค่าอยู่ในช่วง 417.3-429.3 กรัม

สำหรับค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื้อลิ้นจี่ชิ้นแรกที่ฆ่าเชื่อนาน 12 นาที มีค่าสี L เท่ากับ 60.12 และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 62.05 เมื่อฆ่าเชื่อนาน 21 นาที แสดงว่าการเพิ่มระยะเวลาการฆ่าเชื่อนานขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างเพิ่มขึ้น สำหรับค่าสี a* การฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์นาน 12 และ 15 นาทีให้ ค่าสี a* ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเพิ่มเวลาฆ่าเชื้อเป็น 18 นาที ให้ค่าสี a* ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เพราะอุณหภูมิและระยะเวลาการฆ่าเชื้อเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเกิดสีชมพูของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Luch *et al.* (1960) ที่พบว่าระยะเวลาการแช่เย็นเกินไป และ cooling ช้า ทำให้เกิดสีชมพูในสาลีบรรจุกระป๋อง เช่นเดียวกับ Wu (1970) ที่พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ และพีเอชเป็นปัจจัยที่มีผลอย่างมากต่อการเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ เช่นเดียวกับค่าสี b* ที่มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการฆ่าเชื้อ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุในกระบวนการฆ่าเชื้อ การนำผลิตภัณฑ์มาบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน ส่งผลให้ค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ พบว่าการแปรผันระยะเวลาการฆ่าเชื้อ ทำให้ปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่นาน 15 นาที ทำให้ปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลง 0.7 เท่า ของการฆ่าเชื้อที่ 12 นาที ทั้งนี้อุณหภูมิและระยะเวลาการฆ่าเชื้อเป็นปัจจัยสำคัญทำให้น้ำตาลซูโครสถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ส่งผลให้น้ำตาลรีดิวซิงมีปริมาณเพิ่มขึ้น และยังพบว่าการแปรผันระยะเวลาการฆ่าเชื้อในช่วงเวลาดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้าน พีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ กายภาพ และเคมีสามารถสรุปได้ว่าพีเอชของผลิตภัณฑ์มีผลต่อระยะเวลาการฆ่าเชื้อถ้าพีเอชมากกว่า 4.2 ควรใช้เวลาฆ่าเชื่อนาน 21 นาที จึงจะเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมด แต่ถ้าปรับพีเอชของผลิตภัณฑ์ให้ต่ำกว่า 4.2 ก็อยู่ในช่วง 4.0 ± 0.2 การฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์นาน 18 นาที น่าจะเพียงพอที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ปลอดจากจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย จึงได้ทำ incubation test ซ้ำอีกครั้ง เพื่อยืนยันผลการทดสอบ โดยปรับพีเอชผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในช่วง 4.0 ± 0.2 ผลปรากฏว่าไม่พบจุลินทรีย์ใดๆ ทั้งที่เวลาการฆ่าเชื่อนาน 12 และ 15 นาที อย่างไรก็ตามการเลือกใช้เวลาฆ่าเชื่อนาน 18 นาที สำหรับเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 เพื่อให้

กระบวนการฆ่าเชื้อปลอดภัย เนื่องจากพีเอชของวัตถุดิบมีความผันแปรหากมีข้อผิดพลาด จากการปรับพีเอชซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถรักษาคุณภาพและบริโภคได้อย่างปลอดภัย

6.3.1.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ด้วยวิธี

Incubation test

นำเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อในน้ำเดือดเป็นเวลา 25, 30 และ 35 นาที มาวิเคราะห์คุณภาพด้านสมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี เมื่อครบกำหนด 1 วัน ได้ผลดังตาราง 6.15-6.16 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เหลือนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน เมื่อครบกำหนดจึงนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี ได้ผลดังตาราง 6.17-6.19

ตาราง 6.15 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการฆ่าเชื้อ 1 วัน

เวลาฆ่าเชื้อ (นาที)	L	a*	b*
25	61.15±0.12 ^b	0.48±0.07 ^a	6.66±0.15 ^a
30	62.26±0.12 ^a	0.64±0.02 ^{bc}	7.02±0.02 ^b
35	62.33±0.18 ^a	0.99±0.27 ^c	7.13±0.08 ^c

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 6.16 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการฆ่าเชื้อ 1 วัน

เวลาฆ่าเชื้อ (นาที)	ค่าพีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมด (% ในรูปกรดซิตริก)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ ละลายน้ำได้ (%)
25	4.14±0.01	0.46±0.01	11.60±0.07
30	4.16±0.01	0.44±0.01	11.80±0.49
35	4.13±0.01	0.48±0.03	11.80±0.07

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 6.17 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

เวลาบ่ม (นาท)	Total plate count (cfu/ml)	Yeast and mould (cfu/ml)	Coliform	Aciduric spoilage	Flat sour
25	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-

หมายเหตุ เครื่องหมายลบ (-) แสดงผลว่าไม่พบ (Negative) และ เครื่องหมายบวก (+) แสดงผลว่าพบ (Positive)

ตาราง 6.18 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

เวลาบ่ม (นาท)	Vacuum (mmHg)	Head space (mm)	Drained weight (g)	Net weight (g)	L	a*	b*
25	12.0±0.71	10.0±0.00	2,310.0±14.14	3,119.5±14.85 ^a	61.14 ±0.20 ^b	1.13±0.19 ^a	7.90±0.15 ^a
30	13.0±0.71	12.0±0.00	2,305.5 ±2.12	3,010.0±28.28 ^b	62.04±0.13 ^{ab}	1.64±0.29 ^{bc}	8.40±0.02 ^{bc}
35	14.0±2.10	12.0±1.41	2,277.0 ±4.24	3,005.±7.07 ^b	62.52±0.23 ^a	1.72±0.09 ^c	8.52±0.08 ^c

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05)

ตาราง 6.19 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

เวลาบ่ม (นาท)	ค่าพีเอช	กรดทั้งหมด (% ในรูปกรดซิตริก)	ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (%)	น้ำตาลรีดิวซิง (%)	น้ำตาลซูโครส (%)	น้ำตาลทั้งหมด (%)
25	4.18±0.06	0.41±0.02	11.40±0.36	9.09±0.13	0.46±0.02	9.53±0.11
30	4.14±0.04	0.46±0.04	11.80±0.20	9.23±0.04	0.40±0.11	9.63±0.08
35	4.15±0.04	0.47±0.03	12.00±0.50	9.25±0.28	0.38±0.00	9.63±0.29

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05)

ผลการวิเคราะห์ด้านกายภาพ และเคมีของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการฆ่าเชื้อ 1 วัน แสดงดังตาราง 6.15-6.16 พบว่าระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันทำให้ค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยความร้อนและระยะเวลาการฆ่าเชื้อเป็นตัวแปรสำคัญทำให้แรงกดของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลง โดยค่าสี L มีค่า 61.15-62.33 ค่าสี a* มีค่า 0.48-0.99 และค่าสี b* มีค่า 6.66-7.13 สำหรับส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ค่าฟิเอช ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยฟิเอชมีค่า 4.13-4.16 ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่า 0.44-0.46 % และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่า 11.60-11.80% ผลวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ภายหลังการฆ่าเชื้อ 1 วัน นำมาใช้เป็น control เพื่อเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ กายภาพ และเคมีของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน แสดงดังตาราง 6.17-6.19 ผลวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์โดยวิธี incubation test ปรากฏว่าไม่พบจุลินทรีย์ใดๆ ในเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10

เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพพบว่า ความเป็นสุญญากาศ ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหาร น้ำหนักเนื้อ มีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยความเป็นสุญญากาศเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการฆ่าเชื้อและมีค่า 12.0-14.0 มิลลิเมตรปรอท เช่นเดียวกับปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการฆ่าเชื้อและมีค่า 10.0-12.0 มิลลิเมตร ในขณะที่น้ำหนักเนื้อของผลิตภัณฑ์ภายหลังการฆ่าเชื้อลดลง เช่น น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ขณะบรรจุเท่ากับ 2,700 กรัม เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อนาน 25 นาที พบว่าน้ำหนักเนื้อลดลงเหลือ 2,310.0 กรัม เนื่องจากผลของความร้อนทำให้ผนังเซลล์แตกหักเสียหาย ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 6.3.1.1 สำหรับค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการฆ่าเชื้อ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ที่ฆ่าเชื้อนาน 25 นาที มีค่าสี L เท่ากับ 61.14 และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 62.52 เมื่อเพิ่มระยะเวลาการฆ่าเชื้อเป็น 35 นาที ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างมากขึ้น สำหรับค่าสี a* การฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ นาน 35 นาที ให้ค่าสี a* มากกว่าการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์นาน 25 นาที เท่ากับ 1.5 เท่า ทั้งนี้ระยะเวลาการฆ่าเชื้อมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของค่าสี a* เช่นเดียวกับค่าสี b* ที่พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสี b* เท่ากับ 7.90 เมื่อฆ่าเชื้อนาน 25 นาที และเพิ่มขึ้นเป็น 8.40 เมื่อเพิ่มระยะเวลาการฆ่าเชื้อเป็น 35 นาที เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อ

ส่วนประกอบทางเคมีมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติทางกายภาพ นั่นคือค่าฟิเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง

ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าเวลาที่เหมาะสม สำหรับการฆ่าเชื้อเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 คือ 28 นาที ถึงแม้ว่าผลการทำ incubation test จะไม่พบจุลินทรีย์ทุกชนิดที่เวลาการฆ่าเชือนาน 25 นาที ก็ตามแต่เพื่อความปลอดภัยจึงควรใช้เวลาการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เป็น 28 นาที

6.3.1.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ด้วยวิธี

Incubation test

นำเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อในน้ำเดือดเป็นเวลา 12, 15, 18 และ 21 นาที มาวิเคราะห์คุณภาพด้านสมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี เมื่อครบกำหนด 1 วัน ได้ผลดังตาราง 6.20-6.21 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เหลือนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน เมื่อครบกำหนดจึงนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี ได้ผลดังตาราง 6.22-6.24

ตาราง 6.20 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังการฆ่าเชื้อ 1 วัน

เวลาฆ่าเชื้อ (นาที)	L	a*	b*
12	56.12 $\pm$ 0.13 ^b	0.07 $\pm$ 0.03 ^a	7.27 $\pm$ 0.02 ^a
15	58.67 $\pm$ 0.15 ^a	0.15 $\pm$ 0.06 ^a	7.29 $\pm$ 0.05 ^a
18	59.71 $\pm$ 0.01 ^a	0.26 $\pm$ 0.04 ^a	7.32 $\pm$ 0.03 ^a
21	58.91 $\pm$ 0.17 ^a	0.60 $\pm$ 0.16 ^b	7.68 $\pm$ 0.01 ^b

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ตาราง 6.21 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังการฆ่าเชื้อ 1 วัน

เวลาฆ่าเชื้อ (นาทีก)	ค่าพีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมด (% ในรูปกรดซิตริก)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ ละลายน้ำได้ (%)
12	4.08±0.01	0.52±0.02	13.0±0.35
15	4.11±0.01	0.48±0.01	12.8±0.07
18	4.10±0.04	0.49±0.01	13.0±0.07
21	4.12±0.01	0.49±0.01	12.8±0.07

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 6.22 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

เวลาฆ่าเชื้อ (นาทีก)	Total plate count (cfu/ml)	Yeast and mould (cfu/ml)	Coliform	Aciduric spoilage	Flat sour
12	< 30	-	-	-	-
15	< 30	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-

หมายเหตุ เครื่องหมายลบ (-) แสดงผลว่าไม่พบ (Negative) และ เครื่องหมายบวก (+) แสดงผลว่าพบ (Positive)

ตาราง 6.23 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

เวลาฆ่าเชื้อ (นาทีก)	Vacuum (mmHg)	Head space (mm)	Net weight (g)	L	a*	b*
12	13.0±0.71	8.0±0.00	421.9±1.60	61.82±0.23 ^a	0.28±0.01 ^a	9.64±0.12
15	11.0±0.71	7.0±0.70	422.1±4.00	61.90±0.45 ^a	0.76±0.17 ^b	9.69±0.04
18	11.0±0.71	7.0±0.00	421.3±6.60	60.59±0.19 ^b	1.28±0.07 ^c	9.65±0.16
21	12.0±0.00	7.0±1.40	418.3±6.6	61.14±0.22 ^{ab}	1.80±0.07 ^d	9.96±0.21

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 6.24 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลันจีตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

เวลาฆ่าเชื้อ (นาท)	ค่าพีเอช	กรดทั้งหมด (% ในรูปกรด ซิตริก)	ของแข็งทั้งหมด ที่ละลาย น้ำได้ (%)	น้ำตาล รีดิวซิง (%)	น้ำตาล ซูโครส (%)	น้ำตาล ทั้งหมด (%)
12	4.08±0.14	0.51±0.04	13.20±0.14	11.66±0.02 ^c	0.16±0.02	11.82±0.03 ^b
15	4.08±0.21	0.53±0.03	13.80±0.21	11.87±0.04 ^b	0.19±0.02	12.06±0.03 ^a
18	4.09±0.02	0.51±0.00	14.00±0.00	11.93±0.11 ^{ab}	0.18±0.01	12.11±0.12 ^a
21	4.11±0.01	0.51±0.00	14.00±0.00	12.05±0.01 ^a	0.16±0.00	12.20±0.00 ^a

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ และเคมีของเนื้อลันจีตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ภายหลังจากการฆ่าเชื้อ 1 วัน แสดงดังตาราง 6.20-6.21 พบว่าระยะเวลาฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันทำให้ค่าสี L เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสี L มีค่าสูงสุดเท่ากับ 59.71 เมื่อฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์นาน 18 นาท ค่าสีที่ได้จากการทดลองค่อนข้างผันแปรอันเนื่องจากธรรมชาติของวัตถุดิบมีความผันแปรสูง รวมถึงการลดขนาดชิ้นของลันจีให้เล็กลงทำให้สัมผัสกับออกซิเจนได้ง่าย โอกาสที่รังควาญเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากเอนไซม์ และปัจจัยอื่นๆ ย่อมมีมากขึ้น เช่นเดียวกับค่าสี a* และค่าสี b* ที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสี a* มีค่า 0.07-0.60 และค่าสี b* มีค่า 7.27-7.68 สำหรับส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์พบว่าค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าใกล้เคียงกัน โดยพีเอชมีค่า 4.08-4.12 ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่า 0.48-0.52% และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่า 12.81-13.00 % ผลวิเคราะห์ของผลิตภัณฑ์ภายหลังจากการฆ่าเชื้อ 1 วัน นำมาใช้เป็น control เพื่อ เปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ภายหลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ กายภาพ และเคมีของเนื้อลันจีตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 แสดงดังตาราง 6.22-6.23 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ภายหลังจากการทำ incubation test พบว่ามีจุลินทรีย์ทั้งหมดจำนวนน้อยกว่า 30 cfu/ml ในเนื้อลันจีตีปนที่ฆ่าเชื้อในน้ำเดือด นาน 12 และ 15 นาท และไม่พบในผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อนาน 18 และ 21 นาท ส่วนผลการตรวจจุลินทรีย์ในกลุ่มยีสต์และรา โคลิฟอร์ม แฟลตซาวร์ และอะซิดูริกสไปนเรจ ปรากฏว่าไม่พบในเนื้อลันจีตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ทุกระยะเวลาการฆ่าเชื้อ

เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพพบว่า ความเป็นสุญญากาศ ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหาร น้ำหนักสุทธิ และค่าสี b* มีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

โดยความเป็นสุญญากาศมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 11.0-13.0 มิลลิเมตรปรอท ปริมาตรช่องว่างเนื้ออาหารลดลงเล็กน้อยและมีค่า 7.0-8.0 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับน้ำหนักสุทธิที่มีน้ำหนักบรรจุเท่ากับ 420 กรัม ภายหลังการฆ่าเชื้อนาน 21 นาที ลดลงเป็น 418.3-421.9 กรัม สำหรับค่าสี L พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์นาน 18 นาที ให้ค่าสี L น้อยที่สุด เท่ากับ 60.59 ทั้งนี้ผลของการลดขนาดลินจีทำให้ค่าสีของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างผันแปรเมื่อพิจารณาค่าสี a^* พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เพราะอุณหภูมิและระยะเวลาการฆ่าเชื้อมีผลโดยตรงต่อค่าสี a^* ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าสี a^* เป็นลักษณะที่แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ลินจีเกิดสุ่มพุ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับค่าสี b^* ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการฆ่าเชื้อ โดยค่าสี b^* มีค่า 9.64-9.96

เมื่อพิจารณาส่วนประกอบทางเคมีพบว่า น้ำตาลรีดิซิง และน้ำตาลทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการฆ่าเชื้อ อันเป็นผลมาจากการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนทำให้น้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์ถูกไฮโดรไลซ์กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิซิงเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ลินจีตีป่นที่ฆ่าเชื้อนาน 12 นาที มีปริมาณน้ำตาลรีดิซิงเท่ากับ 11.66% และเมื่อเพิ่มเวลาฆ่าเชื้อเป็น 21 นาที ปริมาณน้ำตาลรีดิซิงเพิ่มขึ้นเป็น 12.05% เช่นเดียวกับน้ำตาลทั้งหมดที่พบว่าการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์นาน 15, 18 และ 21 นาที ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่ามากกว่าการฆ่าเชื้อที่ 12 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลซูโครสมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยค่าพีเอชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ตามระยะเวลาการฆ่าเชื้อและมีค่าเท่ากับ 4.08-4.11 โดยสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์จึงมีค่าเท่ากับ 0.51-0.53% ขณะที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการฆ่าเชื้อ โดยการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ลินจีนาน 12 นาที ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 13.2% และเพิ่มขึ้นเป็น 14.0% เมื่อเวลาฆ่าเชื้อนาน 18 นาที ส่วนน้ำตาลซูโครส มีปริมาณใกล้เคียงกัน และมีค่าอยู่ในช่วง 0.16-0.19%

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการฆ่าเชื้อเนื้อลินจี ตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 คือ 18 นาที เนื่องจากตรวจไม่พบจุลินทรีย์ สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

6.3.1.4 ผลการตรวจสอบคุณภาพเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ด้วยวิธี

Incubation test

นำเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อในน้ำเดือดเป็นเวลา 25, 30 และ 35 นาที มาวิเคราะห์คุณภาพด้านสมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบเคมี เมื่อครบกำหนด 1 วัน ได้ผลดังตาราง 6.25-6.26 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เหลือนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน เมื่อครบกำหนดจึงนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี ได้ผลดังตาราง 6.27-6.29

ตาราง 6.25 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการฆ่าเชื้อ 1 วัน

เวลาฆ่าเชื้อ (นาที)	L	a*	b*
25	55.74±0.10 ^b	0.42±0.03 ^a	7.32±0.03 ^a
30	55.85±0.44 ^b	0.61±0.16 ^b	7.51±0.07 ^{bc}
35	57.14±0.02 ^a	1.22±0.03 ^c	7.60±0.04 ^c

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 6.26 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังการฆ่าเชื้อ 1 วัน

เวลาฆ่าเชื้อ (นาที)	ค่าพีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมด (% ในรูปกรดซิตริก)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ ละลายน้ำได้ (%)
25	4.00±0.06	0.56±0.09	15.00±0.00
30	3.99±0.01	0.58±0.02	15.20±0.21
35	3.98±0.01	0.59±0.01	15.00±0.07

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 6.27 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

เวลาบ่มเชื้อ (นาที่)	Total plate count (cfu/ml)	Yeast and mould (cfu/ml)	Coliform	Aciduric spoilage	Flat sour
25	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-

หมายเหตุ เครื่องหมายลบ (-) แสดงผลว่าไม่พบ (Negative) และ เครื่องหมายบวก (+) แสดงผลว่าพบ (Positive)

ตาราง 6.28 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

เวลาบ่มเชื้อ (นาที่)	Vacuum (mmHg)	Head space (mm)	Net weight (g)	L	a*	b*
25	12.0±0.00	11.0±0.71	2,994.5±3.18	60.10±0.75	1.41±0.10 ^a	8.71±0.15
30	12.0±0.71	10.0±0.71	3,002.2±15.91	60.28±0.56	1.68±0.33 ^a	9.08±0.19
35	12.0±0.71	11.0±0.00	3,000.3±14.00	60.34±0.35	2.56±0.55 ^b	9.46±0.36

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($p \leq 0.05$)

ตาราง 6.29 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

เวลาบ่มเชื้อ (นาที่)	ค่าพีเอช	กรดทั้งหมด (% ในรูปกรด ซิตริก)	ของแข็งทั้งหมดที่ละลาย น้ำได้ (%)	น้ำตาล รีดิวซิง (%)	น้ำตาล ซูโครส (%)	น้ำตาล ทั้งหมด (%)
25	3.98±0.01	0.54±0.06	15.2±0.15	13.54±0.05	0.26±0.01	13.80±0.04
30	3.94±0.02	0.50±0.02	15.0±0.15	13.45±0.20	0.19±0.03	13.64±0.23
35	3.98±0.04	0.55±0.02	15.0±0.06	13.50±0.18	0.09±0.13	13.60±0.05

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ภายหลังจากฆ่าเชื้อ 1 วัน แสดงดังตาราง 6.25-6.26 พบว่าเวลาการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันทำให้ค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลของความร้อนและระยะเวลาการฆ่าเชื้อเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้รงควัตถุของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลง โดยค่าสี L มีค่า 55.74-57.14 ค่าสี a* มีค่า 0.42-1.22 และค่าสี b* มีค่า 7.32-7.60 สำหรับส่วน-ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์พบว่าค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยพีเอชมีค่า 3.98-4.00 ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่า 0.56-0.59% และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่า 15.00-15.20% ผลวิเคราะห์ของผลิตภัณฑ์ภายหลังจากฆ่าเชื้อ 1 วัน นำมาใช้เป็น control เพื่อเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ภายหลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ กายภาพ และเคมีของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 แสดงดังตาราง 6.27-6.29 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์โดยวิธี incubation test ปรากฏว่าไม่พบจุลินทรีย์ใดๆ ในเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ในทุกระยะเวลาการฆ่าเชื้อ

สมบัติทางกายภาพพบว่าการแปรผันระยะเวลาการฆ่าเชื้อทำให้ค่าสี a* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อนาน 25 นาที ให้ค่าสี a* เท่ากับ 1.41 และเพิ่มขึ้นเป็น 2.56 เมื่อฆ่าเชื้อนาน 35 นาที ส่วนสมบัติทางกายภาพอื่นๆ ได้แก่ ความเป็นสุญญากาศ ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหาร น้ำหนักทั้งหมด ค่าสี L และค่าสี b* มีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยความเป็นสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 12 มิลลิเมตรปรอท ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารมีค่า 10.0-11.0 มิลลิเมตร ขณะที่ค่าสี L และ ค่าสี b* เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ตามระยะเวลาการฆ่าเชื้อ โดยค่าสี L มีค่า 60.10-60.34 และค่าสี b* มีค่า 8.71-9.46

ส่วนประกอบทางเคมีพบว่าการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตามระยะเวลาการฆ่าเชื้อ โดยพีเอชมีค่าเท่ากับ 3.94-3.98 ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่า 0.50-0.55% ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มลดลงสอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลซูโครสที่มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน สำหรับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่า 15.00-15.20% ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงมีค่า 13.45-13.54% ปริมาณน้ำตาลซูโครสมีค่า 0.09-0.26 % และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่า 13.60-13.80%

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการฆ่าเชื้อเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 คือ 30 นาที เพราะตรวจไม่พบจุลินทรีย์ ขณะเดียวกันสมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยและควรใช้เวลาการฆ่าเชื้อนานกว่าเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 เนื่องจากสมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ตีปน ที่มีความเหนียวมากกว่า ดังนั้นการถ่ายเทความร้อนจึงช้ากว่าเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตก

6.3.2 ผลการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน

6.3.2.1 ผลการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนเพื่อหาตำแหน่งร้อนซ้ำที่สุดภายในกระป๋อง

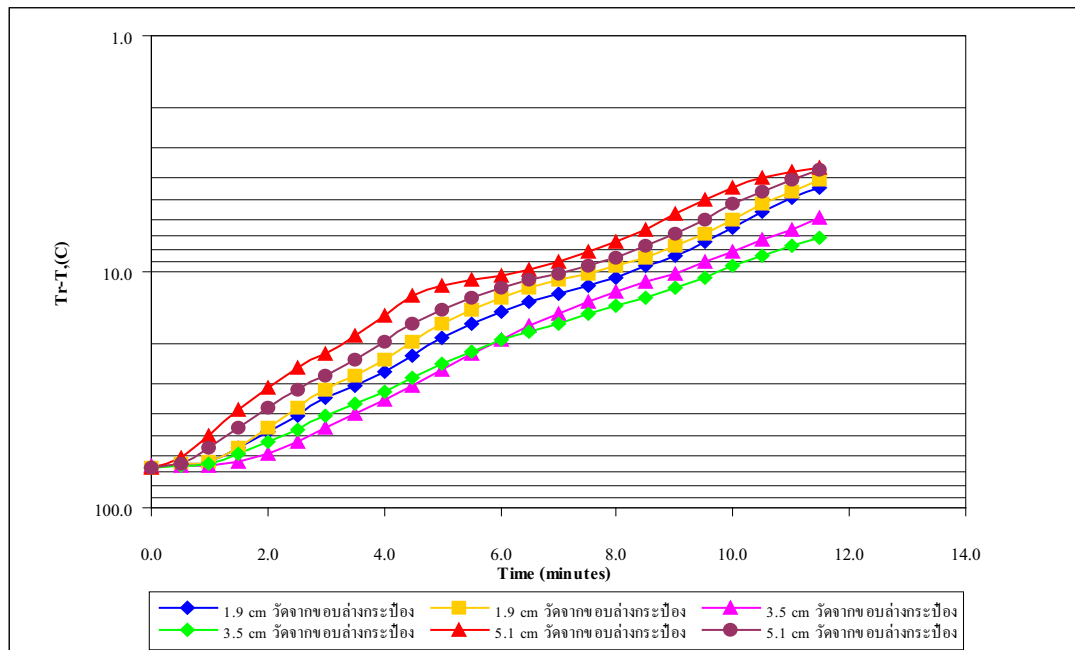
การทดลองนี้ต้องการหาตำแหน่งร้อนซ้ำที่สุดภายในกระป๋องของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกและเนื้อลิ้นจี่ตีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 และ A10 จากผลการทดลองพบว่าตำแหน่งของจุดร้อนซ้ำที่สุดภายในกระป๋องเป็นไป ตามตาราง 6.30

ตาราง 6.30 ตำแหน่งของจุดร้อนซ้ำที่สุดภายในกระป๋อง

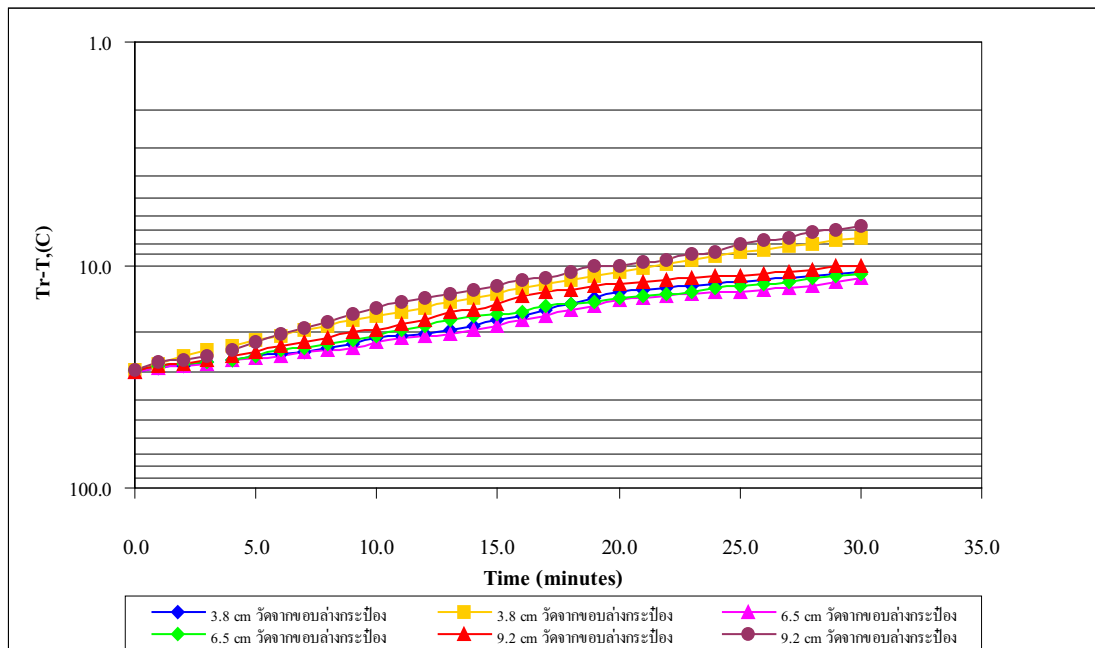
ผลิตภัณฑ์	ขนาดกระป๋อง	ตำแหน่งของจุดร้อนซ้ำที่สุด
เนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตก	300 x 407 (A1)	3.5 เซนติเมตร นับจากขอบล่างกระป๋อง
	603 x 700 (A10)	6.5 เซนติเมตร นับจากขอบล่างกระป๋อง
เนื้อลิ้นจี่ตีปั่น	300 x 407 (A1)	3.5 เซนติเมตร นับจากขอบล่างกระป๋อง
	603 x 700 (A10)	6.5 เซนติเมตร นับจากขอบล่างกระป๋อง

จากตาราง 6.30 และ กราฟ 6.10-6.13 พบว่าลักษณะกราฟ heating curve ของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ตำแหน่งต่างๆ มีลักษณะเป็นกราฟเส้นตรง (simple heating curve) ดังนั้นการแทรกผ่านความร้อนน่าจะเป็นแบบ rapid convection สำหรับเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตก และเป็นแบบ slow convection สำหรับเนื้อลิ้นจี่ตีปั่น เพราะเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุในสารละลายกรดเจือจาง ซึ่งเป็นสารละลายมีความหนืดต่ำ ทำให้การแทรกผ่านความร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เนื้อลิ้นจี่ตีปั่นถูกลดขนาดให้เล็กลง ทำให้เซลล์แตกหัก ดังนั้นองค์ประกอบของสารที่อยู่ในเซลล์ ได้แก่ แป้ง น้ำตาล และสารประกอบอื่นๆ จึงไหลออกนอกเซลล์เมื่อได้รับความร้อน ทำให้แป้ง เกิดเจลาติไนเซชันได้ เป็นสารที่มีความข้นหนืด จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้อัตราการแทรกผ่าน ความร้อนช้าลง

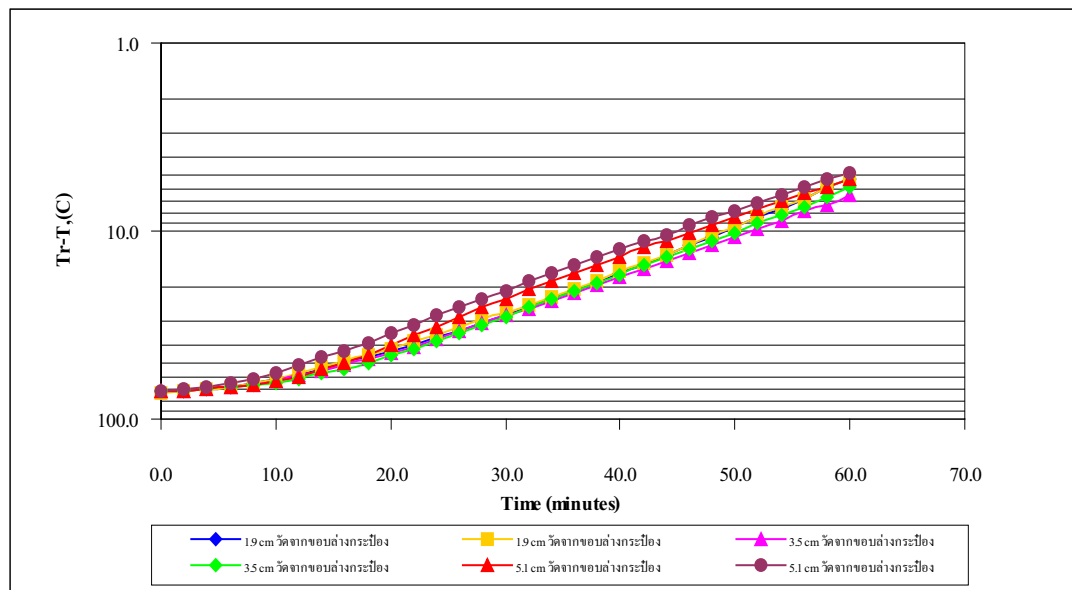
ตำแหน่งของจุดร้อนซ้ำที่สุดของ A1 คือวัดจากขอบล่างของกระป๋องขึ้นมา 3.5 เซนติเมตร และสำหรับกระป๋องขนาด A10 จะวัดจากขอบล่างของกระป๋องขึ้นมา 6.5 เซนติเมตร ตำแหน่งดังกล่าวเหล่านี้ใช้ในการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน ในการทดลองที่ 6.3.2.2



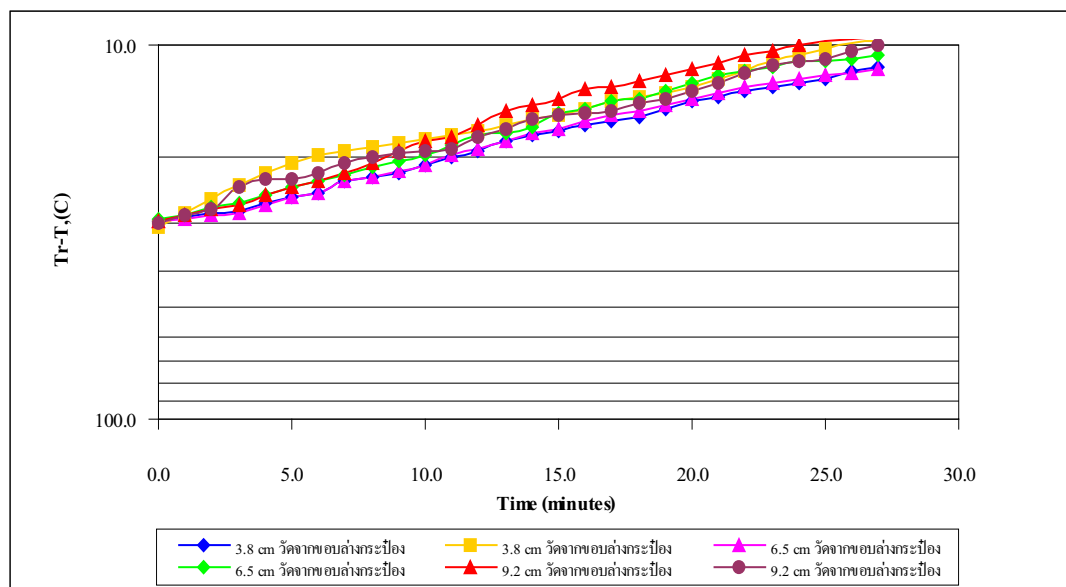
รูป 6.10 Heating curve ของเนอลินจี้ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1



รูป 6.11 Heating curve ของเนอลินจี้ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10



รูป 6.12 Heating curve ของเนื้อฉนวนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท A1



รูป 6.13 Heating curve ของเนื้อฉนวนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท A10

6.3.2.2 ผลการศึกษาเพื่อหาค่า Sterilization value ของผลิตภัณฑ์ลินจี่ในน้ำเดือด

จากข้อมูลการแทรกผ่านความร้อนของเนื้อลินจี่บรรจุกระป๋อง โดยเลือกเฉพาะข้อมูลที่เป็นกรณีที่สามารเกิดความเสี่ยงมากที่สุด (worst case) ของการทดลองทั้งหมด 6 สาย นำมาคำนวณเพื่อหาค่า sterilization value ($F_{100}^{8.9}$) ด้วยวิธี general และนำไปสร้าง heating curve และกราฟ cooling curve ทำให้ทราบค่า f_h , j_{ch} และ j_{cc} ได้ผลดังตาราง 6.31-6.34

ตาราง 6.31 ผลการคำนวณหาค่า sterilization value ($F_{100}^{8.9}$) โดยใช้วิธี general ของเนื้อลินจี่ขึ้น
แตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ด้วยการฆ่าเชื้อในน้ำเดือด

Product	Process	สาย ที่	I.T. (°C)	Process parameters			Sterilization value		
	time (minutes)			f_h	j_{ch}	j_{cc}	(minutes)		
							Heating	Cooling	Total
Broken A1	18	1	79.50	22.00	0.94	1.05	2.73	0.97	3.70
		2	78.60	20.50	0.94	1.06	2.55	0.95	3.50
		3	81.50	20.50	0.94	1.13	3.50	0.86	4.36
		4	81.20	18.00	0.91	1.07	2.87	0.66	3.53
		5	81.70	16.50	0.92	0.90	3.37	0.88	4.25
		6	78.80	31.00	0.97	1.00	2.00	0.32	2.32
Average		80.22	21.42	0.94	1.04	2.84	0.77	3.61	
Std. Dev.		1.41	5.09	0.02	0.08	0.55	0.25	0.73	

ตาราง 6.32 ผลการคำนวณหาค่า sterilization value ($F_{100}^{8.9}$) โดยใช้วิธี general ของเนื้อล้นจีจิ้น
แตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ด้วยการฆ่าเชื้อในน้ำเดือด

Product	Process time (minutes)	สาย ที่	I.T. (°C)	Process parameters			Sterilization value		
				f _h	j _{ch}	j _{cc}	(minutes)		
	(minutes)			Heating	Cooling	Total			
Broken A10	28	1	80.60	59.00	0.96	0.99	2.06	0.44	2.50
		2	80.40	31.00	1.02	1.01	3.76	0.48	4.24
		3	80.30	50.00	0.98	1.00	2.04	0.48	2.52
		4	80.90	53.00	1.02	1.01	1.98	0.45	2.43
		5	81.80	30.00	0.98	1.02	3.76	0.61	4.37
		6	82.30	32.00	0.99	1.00	3.88	0.48	4.36
Average		81.05	42.50	0.99	1.01	2.91	0.49	3.40	
Std. Dev.		0.82	12.94	0.02	0.01	0.97	0.06	1.01	

ตาราง 6.33 ผลการคำนวณหาค่า sterilization value ($F_{100}^{8.9}$) โดยใช้วิธี general ของเนื้อล้นจีจิ้น
บรรจุกระป๋องขนาด A1 ด้วยการฆ่าเชื้อในน้ำเดือด

Product	Process time (minutes)	สาย ที่	I.T. (°C)	Process parameters			Sterilization value		
				f _h	j _{ch}	j _{cc}	(minutes)		
				Heating	Cooling	Total			
Puree A1	18	1	80.10	27.50	0.93	1.01	2.40	0.79	3.19
		2	80.90	22.00	0.95	1.03	2.65	0.52	3.17
		3	80.80	21.00	0.96	1.07	3.21	0.45	3.66
		4	80.50	19.00	0.94	1.01	2.22	0.60	2.82
		5	80.40	18.00	0.96	1.01	3.26	0.50	3.76
		6	81.00	26.00	0.97	1.13	2.36	0.45	2.81
Average		80.62	22.25	0.95	1.04	2.68	0.55	3.24	
Std. Dev.		0.34	3.79	0.01	0.05	0.45	0.13	0.40	

ตาราง 6.34 ผลการคำนวณหาค่า sterilization value ($F_{100}^{8.9}$) โดยใช้วิธี general ของเนือลินจีตีป็นบรรจุกระป๋องขนาด A10 ด้วยการฆ่าเชื้อในน้ำเดือด

Product	Process	สาย ที่	I.T. (°C)	Process parameters			Sterilization value		
	time (minutes)			f_h (minutes)	j_{ch}	j_{cc}	(minutes)		
							Heating	Cooling	Total
Puree A10	30	1	80.10	40.80	1.01	1.20	2.47	0.63	3.10
		2	80.20	39.00	0.93	1.20	2.59	0.30	2.89
		3	78.00	53.00	0.94	1.00	2.04	0.94	2.98
		4	80.80	38.00	0.98	1.14	3.07	0.50	3.57
		5	80.50	39.00	0.98	1.02	2.90	0.86	3.76
		6	80.30	52.00	1.03	1.10	2.45	0.56	3.01
Average			79.98	43.63	0.98	1.11	2.59	0.63	3.22
Std. Dev.			1.00	6.93	0.04	0.09	0.36	0.24	0.36

ตาราง 6.35 สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เนือลินจีบรรจุกระป๋อง

ผลิตภัณฑ์	Vacuum (mmHg)	Head space (mm)	Drained weight (g)	Net weight (g)
เนือลินจีขึ้นเตกบรรจุกระป๋อง A1	12.00±0.71	8.00±0.71	290.15±4.60	420.50±0.21
เนือลินจีขึ้นเตกบรรจุกระป๋อง A10	9.00±0.71	10.00±0.00	2,397.05±11.67	3,018.6±8.20
เนือลินจีตีป็นบรรจุกระป๋อง A1	9.00±0.71	12.00±0.71	-	424.63±2.57
เนือลินจีตีป็นบรรจุกระป๋อง A10	13.00±0.71	12.00±0.71	-	3,029.75±0.49

ตาราง 6.35 (ต่อ) สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เนือลินจีกระป๋อง

ผลิตภัณฑ์	L	a*	b*
เนือลินจีขึ้นเตกบรรจุกระป๋อง A1	60.03±0.30	0.29±0.08	6.33±0.13
เนือลินจีขึ้นเตกบรรจุกระป๋อง A10	63.28±0.23	0.41±0.04	7.03±0.21
เนือลินจีตีป็นบรรจุกระป๋อง A1	58.13±0.18	0.84±0.09	7.26±0.08
เนือลินจีตีป็นบรรจุกระป๋อง A10	56.34±0.25	1.01±0.16	7.48±0.08

ตาราง 6.36 ส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อลีนจีกระป๋อง

ผลิตภัณฑ์	ค่าพีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมด (% ในรูปกรดซิตริก)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (%)
เนื้อลีนจีขึ้นแฉกบรรจุกระป๋อง A1	4.15±0.03	0.43±0.07	10.00±0.14
เนื้อลีนจีขึ้นแฉกบรรจุกระป๋อง A10	4.09±0.04	0.45±0.02	11.80±0.28
เนื้อลีนจีตีปนบรรจุกระป๋อง A1	4.05±0.03	0.54±0.03	13.60±0.28
เนื้อลีนจีตีปนบรรจุกระป๋อง A10	4.04±0.02	0.54±0.01	15.30±0.14

ผลการคำนวณเพื่อหาค่า Sterilization value ($F_{100}^{8.9}$) ของเนื้อลีนจีขึ้นแฉกและเนื้อลีนจีตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 และ A10 แสดงดังตาราง 6.31-6.34 ซึ่งพบว่าเนื้อลีนจีขึ้นแฉกบรรจุกระป๋องขนาด A1 และ A10 ที่ฆ่าเชื้อในน้ำเดือดนาน 18 และ 28 นาที มีค่าเฉลี่ยของ $F_{100}^{8.9} = 3.61$ และ 3.40 นาที ตามลำดับ ในขณะที่เนื้อลีนจีตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 และ A10 ที่ฆ่าเชื้อในน้ำเดือดนาน 18 และ 30 นาที มีค่า $F_{100}^{8.9} = 3.24$ และ 3.22 นาที ตามลำดับ สมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลีนจีทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 6.35-6.36 ซึ่งพบว่าค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 4.04-4.15 ปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.43-0.54 % และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 10.0-15.30 %

การทดลองนี้จุลินทรีย์เป้าหมายที่ใช้คือ *Clostridium pasteurianum* ซึ่งสามารถเจริญได้ในอาหารที่มีสภาวะเป็นกรดโดยยีสต์หลักงานวิจัยของ Azizi และ Ranganna (1993b) ที่พบว่าผลิตภัณฑ์ผักที่ปรับพีเอชให้น้อยกว่า 4 ด้วยกรด มีค่า $F_{100}^{8.9} = 3.5$ นาที จะสามารถทำลาย *Cl. pasteurianum* ได้ (ค่า $D_{212} = 0.1-0.5$ นาที) หรือการนำกระบวนการ 7D เข้ามาใช้ แต่จากการเปรียบเทียบระหว่างค่า $F_{100}^{8.9} = 3.5$ นาที ดังกล่าว (Azizi และ Ranganna, 1993b) กับค่า $F_{100}^{8.9}$ ที่ได้จากการทดลองพบว่าเนื้อลีนจีขึ้นแฉกบรรจุกระป๋องขนาด A1 มีค่า $F_{100}^{8.9} > 3.5$ ในขณะที่เนื้อลีนจีขึ้นแฉกบรรจุกระป๋องขนาด A10 และเนื้อลีนจีตีปนบรรจุกระป๋องทั้ง 2 ขนาด มีค่า $F_{100}^{8.9} < 3.5$ นาที แต่พีเอชของผลิตภัณฑ์ลีนจีทั้งหมดไม่เกิน 4.2 และจากผลการตรวจเชื้อจุลินทรีย์ไม่พบจุลินทรีย์ชนิดใดๆ ณ เวลาฆ่าเชืวดังกล่าว เนื่องจากพีเอชเป็นปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ อย่างไรก็ตาม สำหรับการผลิตในเชิงการค้าจะนำกระบวนการ 7D เข้าไปใช้เพื่อความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ เช่นเดียวกับ Nath และ Ranganna (1983b) ที่รายงานว่ากำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสำหรับผลิตภัณฑ์ฝรั่งบรรจุกระป๋อง โดยเป้าหมายต้องการทำลายเอนไซม์ pectinesterase (PE) ที่มีค่า $F_{205.1}^{29.81} = 1.0$ นาที ($D_{205.1}^{29.81} = 0.52$ นาที) ซึ่งก็คือกระบวนการ 1.69D แต่สำหรับการผลิตในเชิงการค้าการคำนวณแนะนำให้ใช้กระบวนการ 2.5D เพื่อ

ความปลอดภัยของผู้บริโภค เช่นเดียวกับการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์ส้มแมนดารินที่มีค่า $F_{203.5}^{20.4} = 1.0$ และ $F_{206.5}^{21.6} = 1.0$ ที่พีเอช 3.6 และ 4.0 ตามลำดับ ซึ่งก็คือกระบวนการ 3.72D และ 4.67D แต่สำหรับในเชิงการค้าแล้วแนะนำให้ใช้กระบวนการ 5D ที่พีเอช 3.6 และ 6D ที่พีเอช 4.0 (Nath และ Ranganna, 1983a)

เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันจึงมีการหาค่าตัวแปรดังต่อไปนี้ ได้แก่ f_h , j_{ch} และ j_{cc} เพื่อให้สามารถคำนวณเวลาฆ่าเชื้อได้ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดกระป๋องหรืออุณหภูมิฆ่าเชื้อ โดยเนื้อลีนจีจิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 สายที่ 6 มีข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อศึกษาการแทรกผ่านความร้อน ดังตาราง 6.39 เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปพล็อต heating curve และ cooling curve และมีการปรับข้อมูลเพื่อให้เส้นกราฟที่ได้มีค่า $R^2 \geq 0.99$ ดังรูป 6.14-6.15 และอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการทำให้เย็นเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิในหม้อต้ม แสดงดังรูป 6.16 เช่นเดียวกับข้อมูลการแทรกผ่านความร้อนของเนื้อลีนจีจิ้นแตกที่บรรจุกระป๋องขนาด A10 และเนื้อลีนจีจิ้นปนบรรจุกระป๋องทั้ง 2 ขนาด แสดงดังตาราง 6.40-6.42 และเมื่อนำไปพล็อตกราฟ ได้ดังรูป 6.17-6.25 สำหรับตัวอย่างการคำนวณแสดงดังภาคผนวก ง

6.3.2.3 ผลการศึกษากระบวนการผลิตสำรอง

เนื่องจากการผลิตจริง โอกาสที่อุณหภูมิเริ่มต้นต่ำกว่าที่กำหนดมีค่อนข้างสูง ดังนั้นเพื่อให้ระยะเวลาฆ่าเชื้อเพียงพอ สามารถทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายได้ทั้งหมด กระบวนการผลิตอยู่ในการควบคุมจึงจำเป็นต้องมีการศึกษา จัดทำกระบวนการผลิตสำรอง ซึ่งสามารถทำได้โดย นำค่า f_h , j_h และ j_{cc} ที่ได้จากการแทรกผ่านความร้อนและค่า $F_{100}^{8.9}$ ที่ได้จากกระบวนการผลิตจริงมาคำนวณหาระยะเวลาฆ่าเชื้อสำรองที่มีค่าอุณหภูมิเริ่มต้นต่ำกว่ากระบวนการผลิตจริง

ในการคำนวณหาระยะเวลาฆ่าเชื้อใช้วิธีคำนวณของ Ball formula โดยค่าตัวแปรต่างๆ ได้มาจากตาราง 6.31-6.34 ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากข้อมูลของสายเทอร์โมคัปเปิลที่เป็น worst case ของการทดลอง ในผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด บรรจุกระป๋อง 2 ขนาด โดยเลือกจากสายเทอร์โมคัปเปิลที่มีค่า f_h มากที่สุด และ $F_{100}^{8.9}$ ต่ำที่สุด ทั้งนี้จากการทดลองพบว่าสายเทอร์โมคัปเปิลที่มีค่า f_h มากที่สุดมักมาจากสายที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น (Initial temperature : I.T.) น้อยที่สุด เพราะอุณหภูมิเริ่มต้นเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการแทรกผ่านความร้อน ในขั้นตอนการสร้าง heating curve และ cooling curve ต้องมีการปรับข้อมูลในการลากเส้นเพื่อให้ได้ค่า $R^2 \geq 0.99$ และเส้นที่ลากดังกล่าวต้องผ่านจุดต่างๆ ตั้งแต่ 10 จุด ขึ้นไป ผลการคำนวณที่ได้ แสดงดังตาราง 6.37-6.38

ตาราง 6.37 การคำนวณเวลาฆ่าเชื้อ ณ อุณหภูมิเริ่มต้นต่างๆ โดยใช้วิธี Ball formula ของเนื้อลิ้นจี่
ชั้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 (เทอร์โมคัปเปิลสายที่ 6) เมื่อกำหนดค่า $f_h = 31.00$
นาที, $j_{ch} = 0.97$, $j_{cc} = 1.00$, $g = 4.66$ และ $F_{100}^{8.9} = 3.61$ นาที และเนื้อลิ้นจี่ชั้นแตก
บรรจุกระป๋องขนาด A10 (เทอร์โมคัปเปิลสายที่ 1) เมื่อกำหนดค่า $f_h = 59.00$ นาที,
 $j_{ch} = 0.96$, $j_{cc} = 0.99$, $g = 7.60$ และ $F_{100}^{8.9} = 3.40$ นาที

อุณหภูมิเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาการฆ่าเชื้อในน้ำเดือด (นาที)	
	บรรจุกระป๋องขนาด A1	บรรจุกระป๋องขนาด A10
60	28.12	40.46
70	24.25	33.09
80	18.79	22.70

หมายเหตุ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft excel คำนวณเวลาฆ่าเชื้อ

ตาราง 6.38 การคำนวณเวลาฆ่าเชื้อ ณ อุณหภูมิเริ่มต้นต่างๆ โดยใช้วิธี Ball formula ของเนื้อลิ้นจี่
ป็นบรรจุกระป๋องขนาด A1 (เทอร์โมคัปเปิลสายที่ 1) เมื่อกำหนดค่า $f_h = 27.50$ นาที,
 $j_{ch} = 0.93$, $j_{cc} = 1.01$, $g = 4.70$ และ $F_{100}^{8.9} = 3.24$ นาที และเนื้อลิ้นจี่ป็นบรรจุ
กระป๋องขนาด A10 (เทอร์โมคัปเปิลสายที่ 3) เมื่อกำหนดค่า $f_h = 53.00$ นาที, $j_{ch} =$
 0.94 , $j_{cc} = 1.00$, $g = 7.49$ และ $F_{100}^{8.9} = 3.22$ นาที

อุณหภูมิเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาการฆ่าเชื้อในน้ำเดือด (นาที)	
	บรรจุกระป๋องขนาด A1	บรรจุกระป๋องขนาด A10
60	23.84	35.71
70	20.40	29.09
80	15.56	19.76

หมายเหตุ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft excel คำนวณเวลาฆ่าเชื้อ

ตาราง 6.39 ข้อมูลจากการทดลองเพื่อศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของเนื้อดินจี่ขึ้นแตกบรรจุ
กระป๋องขนาด A1 สายที่ 6

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิของ ผลิตภัณฑ์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิใน หม้อต้ม (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิของ ผลิตภัณฑ์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิใน หม้อต้ม (องศาเซลเซียส)
0.0	78.8	95.1	***21.0	94.7	30.9
1.0	80.1	95.8	22.0	88.6	28.5
*2.0	81.3	96.0	23.0	81.2	28.5
3.0	82.6	96.4	24.0	75.1	28.5
4.0	83.7	96.5	25.0	69.7	28.5
5.0	84.9	96.5	26.0	65.1	28.5
6.0	85.9	96.6	27.0	61.2	28.6
7.0	86.9	96.8	28.0	57.7	28.6
8.0	87.9	96.7	29.0	54.9	28.5
9.0	88.8	96.7	30.0	52.4	28.5
10.0	89.6	96.8	31.0	50.2	28.6
11.0	90.4	96.8	32.0	48.2	28.6
12.0	91.1	97.0	33.0	46.5	28.6
13.0	91.7	96.8	34.0	44.9	28.6
14.0	92.3	96.9	35.0	43.6	28.5
15.0	92.8	96.8	****36.0	42.4	28.6
16.0	93.3	97.0			
17.0	93.8	96.8			
18.0	94.2	96.8			
19.0	94.6	97.0			
	94.9	96.8			
**20.0					

หมายเหตุ สัญลักษณ์ * หมายถึง เริ่มต้นจับเวลาฆ่าเชื้อ

** หมายถึง สิ้นสุดเวลาฆ่าเชื้อ

*** หมายถึง เริ่มการทำให้เย็น

**** หมายถึง สิ้นสุดการทำให้เย็น

ตาราง 6.40 ข้อมูลจากการทดลองเพื่อศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของเนื้อดินจี้ขึ้นแตกบรรจุ
กระป๋องขนาด A10 สายที่ 1

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิของ ผลิตภัณฑ์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ ในหม้อต้ม (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทื)	อุณหภูมิของ ผลิตภัณฑ์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ ในหม้อต้ม (องศาเซลเซียส)
0.0	80.6	95.6	***33.0	92.4	99.9
1.0	81.0	96.6	34.0	92.1	86.7
2.0	81.5	97.3	35.0	91.8	80.6
3.0	82.3	97.7	36.0	87.2	49.8
*4.0	82.5	98.1	37.0	81.6	34.5
5.0	83.1	98.2	38.0	76.7	94.5
6.0	84.0	98.2	39.0	72.4	34.5
7.0	84.8	98.3	40.0	68.8	34.5
8.0	85.0	98.7	41.0	65.8	34.6
9.0	85.5	98.9	42.0	63.4	34.7
10.0	86.0	99.0	43.0	61.3	34.7
11.0	86.5	98.9	44.0	59.4	35.6
12.0	86.9	99.0	45.0	57.6	35.9
13.0	87.5	99.1	46.0	56.2	35.1
14.0	87.9	99.1	47.0	55.1	35.1
15.0	88.3	99.3	48.0	54.0	35.2
16.0	88.6	99.3	49.0	53.0	95.2
17.0	89.0	99.4	50.0	51.8	35.7
18.0	89.3	99.3	51.0	50.7	35.6
19.0	89.7	99.3	52.0	49.6	35.7
20.0	90.1	99.2	53.0	48.6	35.7
21.0	90.4	99.3	54.0	47.7	31.3
22.0	90.7	99.3	55.0	46.9	31.2
23.0	90.9	99.3	56.0	46.2	31.4
24.0	91.3	99.3	57.0	45.5	31.3
25.0	91.4	99.3	58.0	44.9	31.3
26.0	91.5	99.4	59.0	44.3	31.4
27.0	91.7	99.4	60.0	43.8	31.4
28.0	92.0	99.5	61.0	43.3	31.4

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิของ ผลิตภัณฑ์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ ในหม้อต้ม (องศาเซลเซียส)
29.0	92.1	99.5
30.0	92.3	99.4
31.0	92.4	99.5
**32.0	92.5	99.5

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิของ ผลิตภัณฑ์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ ในหม้อต้ม (องศาเซลเซียส)
62.0	42.5	31.5
***63.0	41.7	31.5

หมายเหตุ สัญลักษณ์ * หมายถึง เริ่มต้นจับเวลาฆ่าเชื้อ

** หมายถึง สิ้นสุดเวลาฆ่าเชื้อ

*** หมายถึง เริ่มทำให้เย็น

**** หมายถึง สิ้นสุดการทำให้เย็น

ตาราง 6.41 ข้อมูลจากการทดลองเพื่อศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของเนื้อดินจี้ตีปนบรรจุ
กระป๋องขนาด A1 สายที่ 1

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของ ผลิตภัณฑ์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิใน หม้อต้ม (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิของ ผลิตภัณฑ์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิใน หม้อต้ม (องศาเซลเซียส)
0.0	80.1	94.9	***22.0	94.3	97.5
1.0	81.6	96.0	23.0	94.1	96.2
2.0	83.1	97.1	24.0	93.8	94.8
*3.0	85.8	97.4	25.0	91.7	94.1
4.0	86.4	97.4	26.0	84.6	93.5
5.0	86.9	97.3	27.0	76.2	29.5
6.0	88.0	97.4	28.0	69.7	28.3
7.0	89.0	97.5	29.0	64.6	28.3
8.0	89.8	97.4	30.0	59.9	27.9
9.0	90.5	97.5	31.0	56.9	27.2
10.0	91.1	97.4	32.0	54.6	28.7
11.0	91.7	97.3	33.0	52.5	28.7
12.0	92.1	97.4	34.0	50.9	28.7
13.0	92.5	97.4	35.0	49.3	28.7
14.0	92.9	97.4	36.0	48.0	28.8
15.0	93.2	97.4	37.0	46.6	28.8
16.0	93.3	97.5	****38.0	45.4	28.8
17.0	93.5	97.4			
18.0	93.7	97.3			
19.0	93.9	97.4			
20.0	94.0	97.5			
**21.0	94.3	97.6			

หมายเหตุ สัญลักษณ์ * หมายถึง เริ่มต้นจับเวลาฆ่าเชื้อ

** หมายถึง สิ้นสุดเวลาฆ่าเชื้อ

*** หมายถึง เริ่มทำให้เย็น

**** หมายถึง สิ้นสุดการทำให้เย็น

ตาราง 6.42 ข้อมูลจากการทดลองเพื่อศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของเนื้อดินจี๊ดปีนบรรจุ
กระป๋องขนาด A10 สายที่ 3

เวลา (นาท)	อุณหภูมิของ ผลิตภัณฑ์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ ในหม้อต้ม (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาท)	อุณหภูมิของ ผลิตภัณฑ์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ ในหม้อต้ม (องศาเซลเซียส)
0.0	78.0	94.9	***37.0	92.0	96.4
1.0	79.0	95.1	38.0	92.1	96.0
2.0	79.3	95.3	39.0	92.1	52.2
3.0	80.5	95.6	40.0	92.0	31.9
4.0	81.3	95.4	41.0	91.2	31.8
5.0	82.0	95.8	42.0	91.0	31.9
*6.0	83.0	96.1	43.0	90.0	32.0
7.0	84.0	96.3	44.0	89.0	32.8
8.0	84.9	96.3	45.0	88.1	32.9
9.0	85.0	96.2	46.0	84.2	30.2
10.0	85.6	96.1	47.0	82.1	30.7
11.0	86.0	96.1	48.0	80.4	28.6
12.0	86.4	96.1	49.0	78.6	28.7
13.0	86.8	96.2	50.0	77.0	28.8
14.0	87.0	96.2	51.0	75.4	28.8
15.0	87.6	96.2	52.0	73.4	28.9
16.0	87.6	96.2	53.0	72.0	28.9
17.0	88.0	96.1	54.0	70.7	28.8
18.0	88.5	96.1	55.0	69.2	28.9
19.0	88.7	96.1	56.0	67.5	28.9
20.0	88.9	96.3	57.0	65.0	28.9
21.0	89.0	96.2	58.0	65.0	29.9
22.0	89.1	96.2	59.0	62.9	30.0
23.0	89.5	96.2	60.0	62.0	28.2
24.0	89.8	96.2	61.0	60.9	28.3
25.0	90.0	96.1	62.0	60.4	28.2
26.0	90.3	96.1	63.0	59.9	28.2
27.0	90.5	96.1	64.0	58.9	28.1
28.0	90.7	96.3	65.0	57.2	28.1

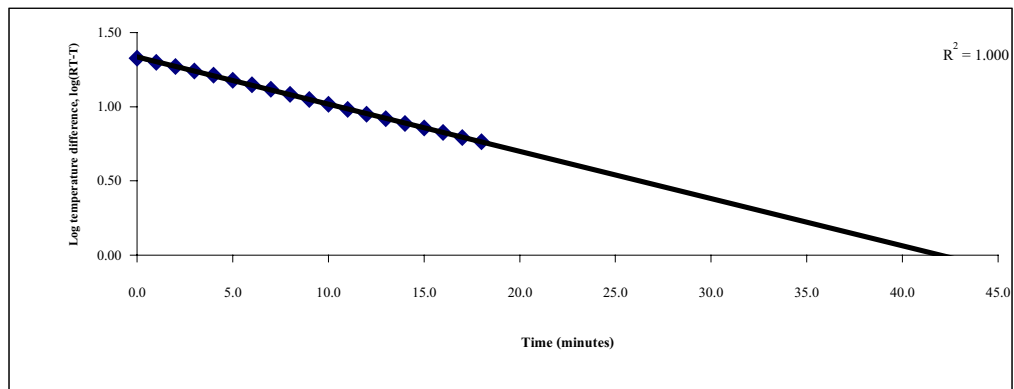
เวลา (นาที)	อุณหภูมิของ ผลิตภัณฑ์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ ในหม้อต้ม (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิของ ผลิตภัณฑ์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ ในหม้อต้ม (องศาเซลเซียส)
29.0	90.9	96.2	66.0	56.5	28.1
30.0	91.2	96.2	67.0	55.8	28.1
31.0	91.5	96.2	68.0	55.1	28.1
32.0	91.7	96.2	69.0	54.4	28.1
33.0	91.8	96.3	70.0	53.2	28.1
34.0	91.8	96.3	71.0	52.6	28.1
35.0	91.8	96.2	72.0	52.2	28.1
**36.0	92.0	96.5	73.0	51.8	28.1
			74.0	51.3	28.0
			75.0	50.8	28.1
			76.0	50.8	28.1
			77.0	50.4	28.1
			78.0	50.1	28.1
			79.0	49.7	28.1
			80.0	49.1	28.1
			81.0	48.8	28.1
			****82.0	48.5	28.1

หมายเหตุ สัญลักษณ์ * หมายถึง เริ่มต้นจับเวลาฆ่าเชื้อ

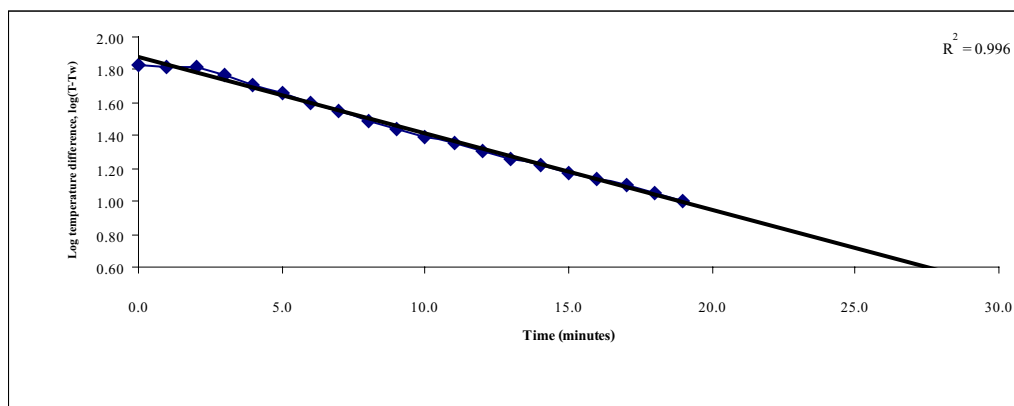
** หมายถึง สิ้นสุดเวลาฆ่าเชื้อ

*** หมายถึง เริ่มทำให้เย็น

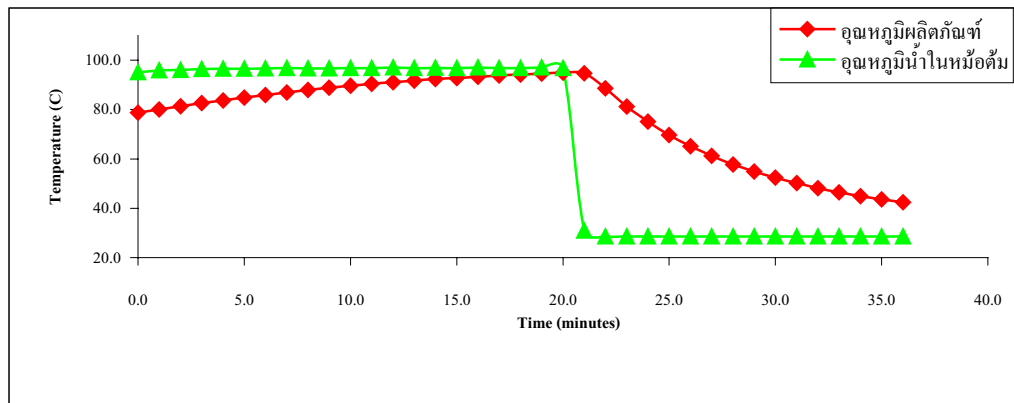
**** หมายถึง สิ้นสุดการทำให้เย็น



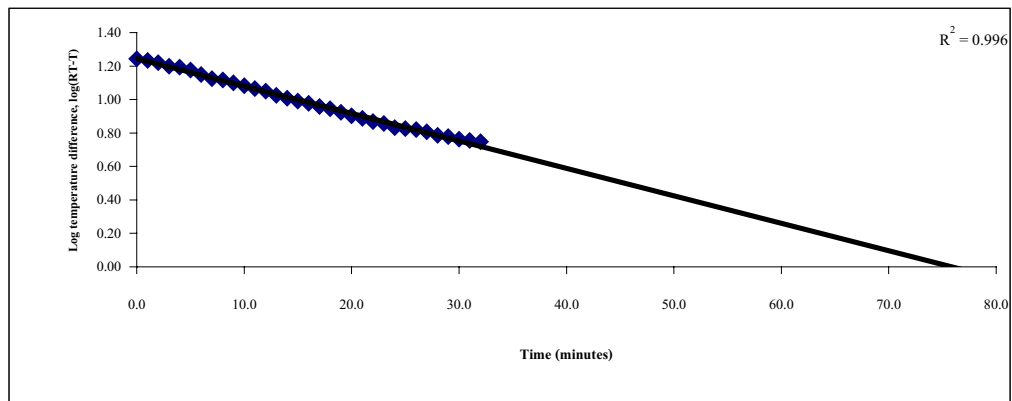
รูป 6.14 Heating curve ของเนื้อฉนวนโฟมต้านไฟเกรด A1 สายที่ 6



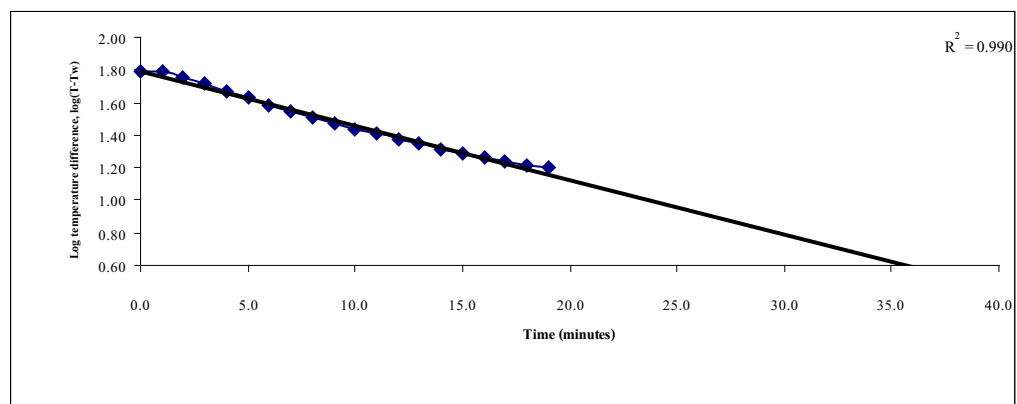
รูป 6.15 Cooling curve ของเนื้อฉนวนโฟมต้านไฟเกรด A1 สายที่ 6



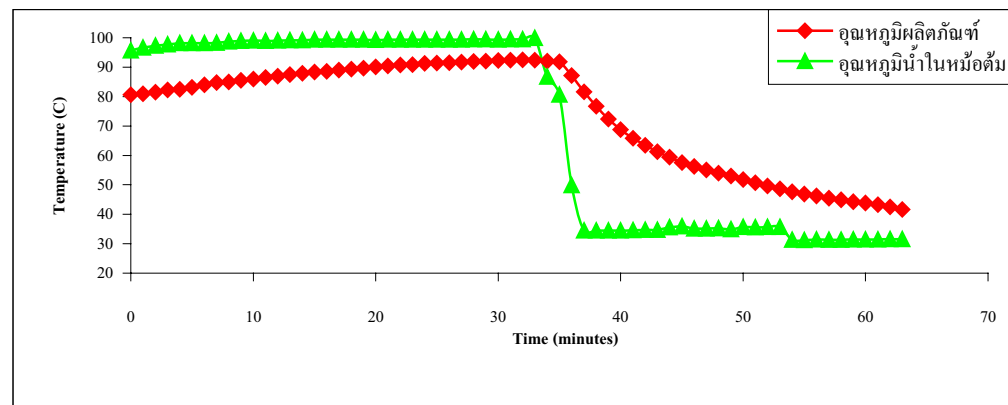
รูป 6.16 อุณหภูมิของเนื้อฉนวนโฟมต้านไฟเกรด A1 (สายที่ 6) ตั้งแต่เริ่มต้นให้ความร้อนจนสิ้นสุดกระบวนการทำให้เย็นเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำในหม้อต้ม



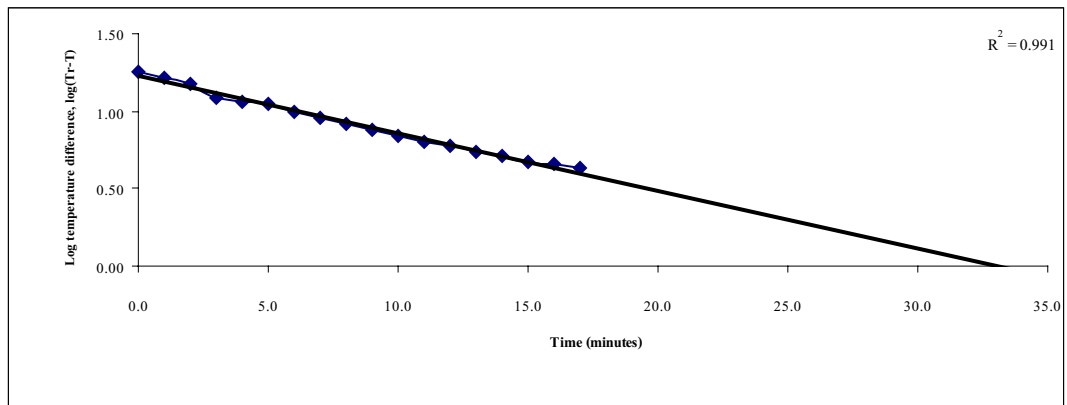
รูป 6.17 Heating curve ของเนื้อฉนวนฉนวนกันความร้อนขนาด A10 สายที่ 1



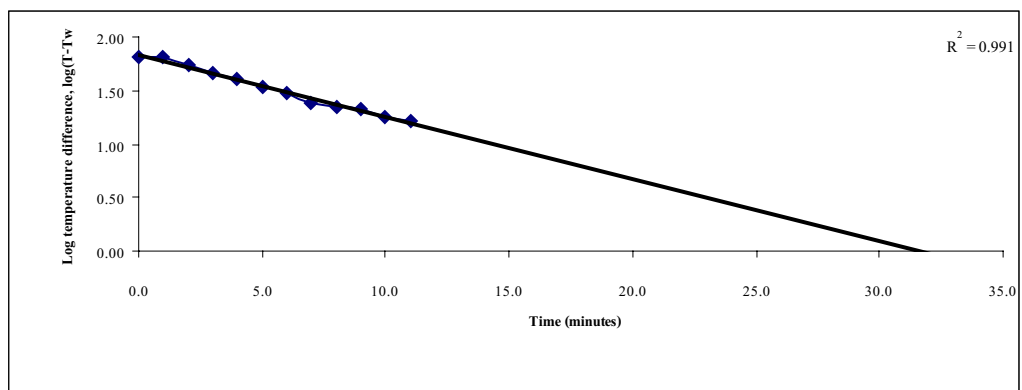
รูป 6.18 Cooling curve ของเนื้อฉนวนฉนวนกันความร้อนขนาด A10 สายที่ 1



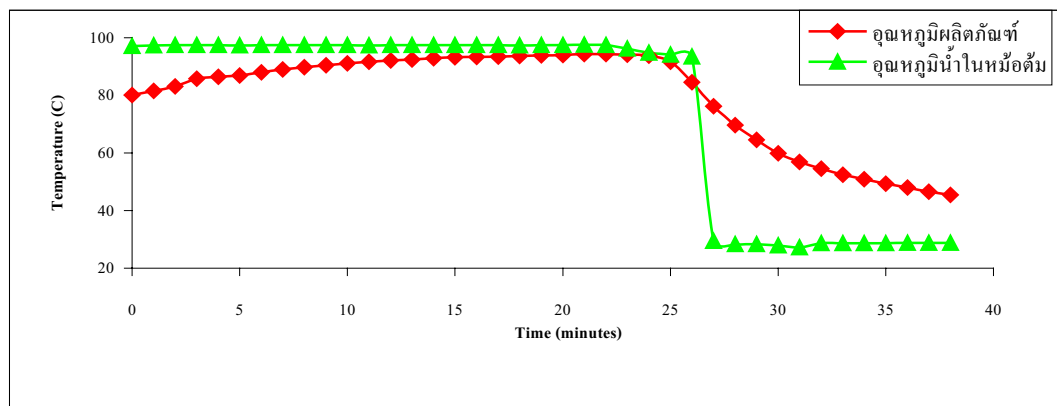
รูป 6.19 อุณหภูมิของเนื้อฉนวนฉนวนกันความร้อนขนาด A10 (สายที่ 1) ตั้งแต่เริ่มต้นให้ความร้อน จนถึงสิ้นสุดกระบวนการทำให้เย็นเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำในหม้อต้ม



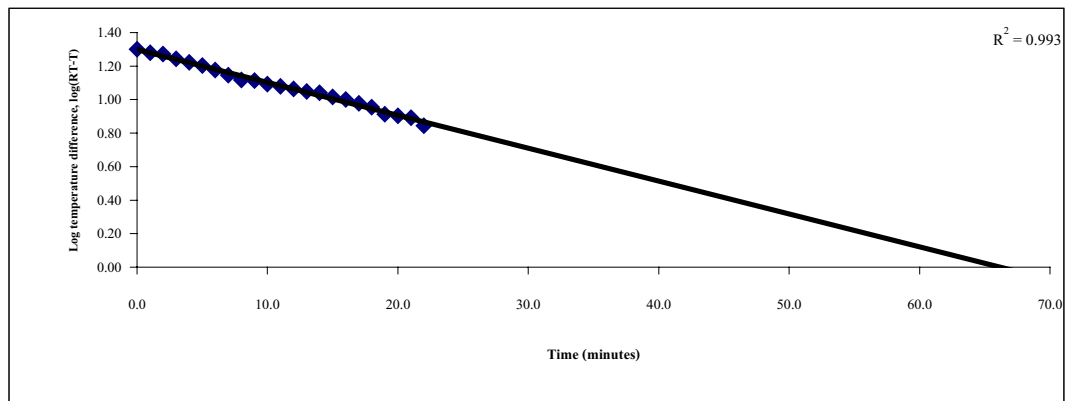
รูป 6.20 Heating curve ของเนื้อฉนวนฉนวนกันความร้อนประเภท A1 สายที่ 1



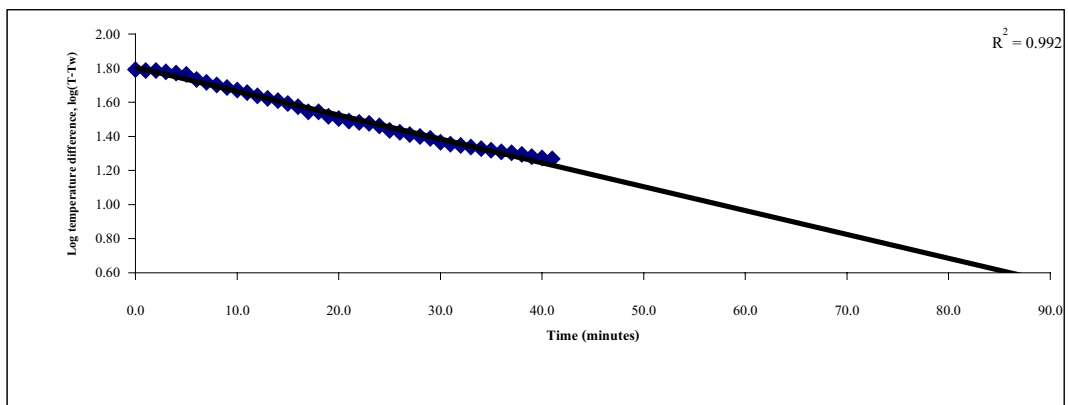
รูป 6.21 Cooling curve ของเนื้อฉนวนฉนวนกันความร้อนประเภท A1 สายที่ 1



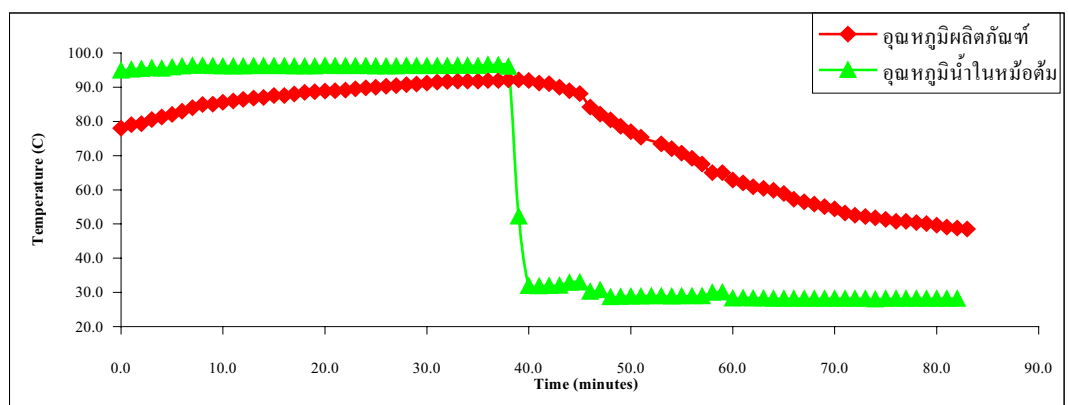
รูป 6.22 อุณหภูมิของเนื้อฉนวนฉนวนกันความร้อนประเภท A1 (สายที่ 1) ตั้งแต่เริ่มต้นให้ความร้อน จนถึงสิ้นสุดกระบวนการทำให้เย็นเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำในหม้อต้ม



รูป 6.23 Heating curve ของเนื้อสัตว์ที่ป็นบรรจุกระป๋องขนาด A10 สายที่ 3



รูป 6.24 Cooling curve ของเนื้อสัตว์ที่ป็นบรรจุกระป๋องขนาด A10 สายที่ 3



รูป 6.25 อุณหภูมิของเนื้อสัตว์ที่ป็นบรรจุกระป๋องขนาด A10 (สายที่ 3) ตั้งแต่เริ่มต้นให้ความร้อนจนถึงสิ้นสุดกระบวนการทำให้เย็นเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำในหม้อต้ม

6.4 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษาที่

อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส และอายุการเก็บรักษา

จุดประสงค์ของการศึกษาในขั้นตอนนี้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่ 2 ชนิด คือ เนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด 300x407 (A1) และ 603x700 (A10) เวลาฆ่าเชื้อเท่ากับ 18 และ 28 นาที ตามลำดับ และเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด 300x407 และ 603x700 เวลาฆ่าเชื้อเท่ากับ 18 และ 30 นาที ตามลำดับ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มกระป๋องตัวอย่างนำมาวิเคราะห์คุณภาพด้านสมบัติทางกายภาพ ส่วนประกอบทางเคมี และการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาและทุกๆ 2 เดือน เป็นเวลา 12 เดือน ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทดสอบทั้งในรูปแบบลิ้นจี่ที่ทำจากเนื้อลิ้นจี่ ขึ้นแตก และในรูปน้ำลิ้นจี่ที่ทำจากเนื้อลิ้นจี่ตีปนเพื่อเปรียบเทียบความพอใจของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกและเนื้อลิ้นจี่ตีปนทั้งเริ่มต้นและภายหลังการเก็บรักษาโดยสุ่มตัวอย่างทุกๆ 4 เดือน เป็นเวลา 12 เดือน ใช้แบบทดสอบ Hedonic structure scale ได้ผลการทดลองดังนี้

6.4.1 ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

6.4.1.1 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์และผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 แสดงดังตาราง 6.43 ผลปรากฏว่าไม่พบจุลินทรีย์ชนิดใดๆ ในผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 12 เดือน ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 แสดงดังตาราง 6.44 ผลการวิเคราะห์พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ต่างกันทำให้น้ำหนักเนื้อค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* มีการเปลี่ยนแปลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับความเป็นสุญญากาศมีค่าอยู่ในช่วง 9.0-11.0 มิลลิเมตรปรอท ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารมีค่าอยู่ในช่วง 9.0-10.0 มิลลิเมตร และน้ำหนักสุทธิมีค่าอยู่ในช่วง 416.4-428.1 กรัม

ด้านน้ำหนักเนื้อพบว่าน้ำหนักลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้นานตั้งแต่ 4 เดือน ขึ้นไป ทั้งนี้การสูญเสียน้ำหนักเนื้อของผลิตภัณฑ์เกิดได้ 2 สาเหตุ คือความร้อนจากกระบวนการแปรรูปที่มีผลต่อผนังเซลล์โดยตรง คือเมื่อได้รับความร้อนแรงดันภายในเซลล์จะสูงขึ้นจนกระทั่งผนังเซลล์ไม่สามารถทนได้ ทำให้ผนังเซลล์แตก ขณะเดียวกันโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของเซลล์เมมเบรนสูญเสียสภาพธรรมชาติ ด้านสมบัติการเป็น selective permeability ทำให้ไม่สามารถควบคุมการส่งผ่านน้ำและสาร

ของผลไม้และ โดยไม่มีวิธีการที่สามารถป้องกันการสูญเสียการเป็น selective permeability ของ เซลล์เมมเบรนได้ และอีกสาเหตุหนึ่งเกิดจาก protopectin ในผลไม้ซึ่งทำหน้าที่คล้ายตัวประสานยึด เซลล์ให้ติดกัน โดยปกติถ้าอยู่ในสภาพที่ไม่ละลายน้ำจะสามารถยึดเซลล์ให้เกาะติดกันได้ดี เนื้อสัมผัสของผลไม้จะแน่นแข็ง เมื่อนำผลไม้มาแปรรูปด้วยกระบวนการให้ความร้อน และปรับ พีเอชให้ลดลงทำให้ protopectin เปลี่ยนแปลงสภาพเป็น water-soluble pectin ซึ่งจะละลายน้ำได้ ง่ายขึ้น ประสิทธิภาพการยึดติดของเซลล์จึงลดลง ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของผลไม้อ่อนนุ่มลง เช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่าในระหว่างการเก็บรักษา หากอุณหภูมิที่ใช้เก็บผลิตภัณฑ์สูง protopectin จะเปลี่ยนแปลงสภาพเป็น water-soluble pectin ทำให้น้ำหนักเนื้อของลีนจี่ขึ้นแตกลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Adams และ Blundstone, 1971)

ด้านสี แสดงดังรูป 6.26 (สมการรีเกรซชันเส้นตรงแสดงดังภาคผนวก จ) พบว่า ค่าสี L ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทำให้สีของผลิตภัณฑ์คล้ำขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บที่ เพิ่มขึ้นอันเป็นผลมาจากการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่เอนไซม์ (non-enzymatic browning) โดย กลไกของการเกิดปฏิกิริยายังไม่เด่นชัด แต่เชื่อว่า brown polymer เป็นผลมาจากพีเอช น้ำตาล และ กรดอะมิโน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ทั้งนี้ในระหว่างการเก็บรักษาผลไม้บรรจุ กระป๋อง brown polymer อาจส่งผลโดยตรงหรือทางอ้อมทำให้รงควัตถุสลายตัว (Adam และ Blundstone, 1971) ในปี 1954 Board และ Seale พบว่าสีของกล้วยบรรจุกระป๋องมีสีชมพูปนน้ำตาล ขณะที่ Anthistle และ Dickinson (1959) พบว่าสีของ กล้วยเบอรี่ แอปเปิล และน้ำเชื่อม ที่บรรจุใน กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และถ้าบรรจุกระป๋องธรรมดาจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน เพราะลิวโคแอนโทไซยานินเกิดปฏิกิริยา polymerization ทำให้รงควัตถุเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “phlobaphenes” จาก งานวิจัยของ Kluter *et al.* (1996) พบว่าสีบรรจุจอร์ทิทเพาท์มีค่าสี L ลดลงตามระยะเวลาการ เก็บรักษา โดยสีที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส มีค่าสี L ลดลงมากกว่าที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส ขณะที่ค่าสี a^* และค่าสี b^* มีค่าเพิ่มขึ้นแปรผันตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่ นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเพิ่มขึ้นของค่าสี a^* ทำให้สีของเนื้อลีนจี่กลายเป็น สีชมพูอ่อนๆ เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้นาน 12 เดือน เช่นเดียวกับ Azizi และ Ranganna (1993b) รายงานว่าสีของผลิตภัณฑ์กระหล่ำดอกบรรจุกระป๋องเริ่มปรากฏเป็นสีชมพูอ่อนๆ เมื่อเก็บรักษา ไว้นาน 3 เดือน ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารประกอบลิวโคไซยานินในผลิตภัณฑ์เนื้อลีนจี่จะค่อยๆ พัฒนากลายเป็นรงควัตถุสีชมพู (pink pigment) ในระหว่างการเก็บรักษา (Hwang และ Cheng, 1986) เช่นเดียวกับค่าสี b^* ที่มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดยค่าสี b^* เริ่มมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างชัดเจนในเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษา

6.4.1.2 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแดง

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแดงบรรจุกระป๋องขนาด A1 แสดงดังตาราง 6.45 พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยพีเอชมีค่าอยู่ในช่วง 4.00-4.09 ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0.33-0.41 % ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงมีค่าอยู่ในช่วง 8.29-8.44 % และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 8.44-8.95 % เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ดังรูป 6.27-6.28 (สมการรีเกรชันเส้นตรงแสดงดังภาคผนวก จ) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในช่วง 2 เดือนแรก โดยค่าพีเอชและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงมีค่าเพิ่มขึ้นขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลซูโครสและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าลดลง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะเป็นไปอย่างช้าๆ โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ลดลงจากเริ่มต้น 11.40 เป็น 11.00 % เมื่อเก็บไว้นาน 2 เดือน สอดคล้องกับ Saini *et al.* (1996) ที่พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในน้ำมะม่วงพร้อมดื่มที่เก็บรักษาไว้นาน 16 สัปดาห์ ลดลง สาเหตุอาจเกิดจากการแพร่กระจายและแรงดันออสโมซิส โดยที่การแพร่กระจายเป็นผลเนื่องจากอนุภาคของตัวถูกละลายในเซลล์ของผลไม้ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่า อาจอยู่ในรูปของไอออน โมเลกุล หรืออนุภาคคอลลอยด์ เคลื่อนที่แพร่กระจายตัวจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูง (ภายในเซลล์) ไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า (ภายนอกเซลล์) เพราะสารละลายภายนอกเซลล์คือสารละลายกรดเจือจางที่ใช้ปรับพีเอชให้กับผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่ ในขณะที่เดียวกันก็เกิดกระบวนการออสโมซิสระหว่างโมเลกุลของน้ำภายนอกเซลล์และโมเลกุลของน้ำภายในเซลล์ผ่าน semi-permeable membrane ซึ่งเป็นผนังเซลล์ของผลไม้ โมเลกุลของน้ำภายนอกเซลล์จะซึมผ่านเมมเบรนเข้าไปในเซลล์ของผลไม้ ทำให้สารละลายกรดที่อยู่ภายนอกเซลล์เจือจางลง ในขณะเดียวกัน ความเป็นกรดภายในเซลล์ของผลไม้ก็จะเพิ่มขึ้น จุดสมดุลของออสโมซิสจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำผ่านเมมเบรนทั้งสองข้างในอัตราที่เท่ากัน (นิธิยา, 2543) สำหรับปริมาณกรดทั้งหมดลดลง จากเดิม 0.41 % เหลือ 0.38 % ปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลง จากเดิม 0.67 % เหลือ 0.41 % ขณะที่ค่าพีเอชเพิ่มขึ้นจากเดิม 4.00 เป็น 4.05 และน้ำตาลรีดิวซิงเพิ่มขึ้นจากเดิม 4.00 เป็น 4.05 หลังจากเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้นาน 2 เดือน

การเปลี่ยนแปลงเกิดช้าลงและค่อนข้างคงที่ตั้งแต่อายุการเก็บผลิตภัณฑ์เดือนที่ 8 เป็นต้นไป ยกเว้นปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จนกระทั่งในเดือนที่ 12 ตรวจไม่พบปริมาณน้ำตาลซูโครส สอดคล้องกับงานวิจัยของ

Ewaidah (1992) ที่พบว่าแอปเปิลและน้ำสับปะรดบรรจุกระป๋อง ปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลง ขณะที่ปริมาณน้ำตาลรีดิซิงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้ปริมาณน้ำตาลรีดิซิงที่เพิ่มขึ้น เกิดจากน้ำตาลซูโครสถูกไฮโดรไลซ์ เช่นเดียวกับ Kluter *et al.* (1996) ที่พบว่าสาบิบรรจุถุงรีทอร์ทเพาท์ ปริมาณน้ำตาลน้ำตาลซูโครสลดลง อันเนื่องจากการถูกไฮโดรไลซ์ ทำให้ปริมาณน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตสเพิ่มขึ้น Bemiller และ Whistler (1996) พบว่าในสภาวะที่เป็นกรดน้ำตาลซูโครส ถูกไฮโดรไลซ์กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวคือน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตส ส่งผลให้ปริมาณ น้ำตาลรีดิซิงของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ปี 1997 Kim *et al.* พบว่าเมื่อเก็บรักษาส้มแมนดารินบรรจุ กระป๋องไว้นาน 4 เดือน มีปริมาณน้ำตาลซูโครสและฟรุคโตสเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับปริมาณน้ำตาล รีดิซิงก็มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิม 4.91 เป็น 5.39-7.95 % ในขณะที่น้ำตาลซูโครสมีปริมาณลดลง นอกจากนี้ระยะเวลาการเก็บรักษา อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บผลิตภัณฑ์ก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อ การสลายตัวของน้ำตาลซูโครส (Woodroof และ Luh, 1975)

ตาราง 6.43 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

เวลา (เดือน)	Total plate count (cfu/ml)	Yeast and mould (cfu/ml)	Coliform	Aciduric spoilage	Flat sour
0	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-

หมายเหตุ เครื่องหมายลบ (-) แสดงผลว่าไม่พบ (Negative) และ เครื่องหมายบวก (+) แสดงผลว่าพบ (Positive)

ตาราง 6.44 สมบัติทางกายภาพของเนื้อสันน่องแช่แข็งแบบบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

เวลา (เดือน)	Vacuum (mmHg)	Head space (mm)	Drained weight (g)	Net weight (g)	L	a*	b*
0	11.0±0.71	10.0±0.00	296.4±3.32 ^a	428.1±0.35	60.53±0.11 ^a	0.99±0.04 ^a	7.22±0.28 ^a
2	10.0±0.00	9.0±0.71	294.9±1.98 ^a	421.3±1.77	56.08±0.68 ^b	1.12±0.29 ^{ab}	7.34±0.18 ^a
4	11.0±0.71	9.0±0.71	288.9±1.13 ^b	419.1±3.04	55.78±0.20 ^b	1.56±0.03 ^b	8.37±0.04 ^b
6	10.0±0.00	10.0±0.00	285.2±3.04 ^{bc}	421.0±1.13	55.87±0.40 ^b	2.19±0.28 ^c	9.61±0.13 ^c
8	10.0±0.00	9.0±0.00	281.1±1.07 ^{cd}	417.5±1.63	53.62±0.17 ^c	2.83±0.21 ^d	9.68±0.08 ^c
10	10.0±0.71	9.0±0.00	279.1±1.27 ^{dc}	417.1±1.91	53.33±0.15 ^c	3.49±0.21 ^c	9.81±0.08 ^c
12	9.0±1.41	9.0±0.00	275.1±0.71 ^c	416.4±1.13	50.52±0.50 ^d	4.23±0.13 ^f	10.19±0.13 ^d

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

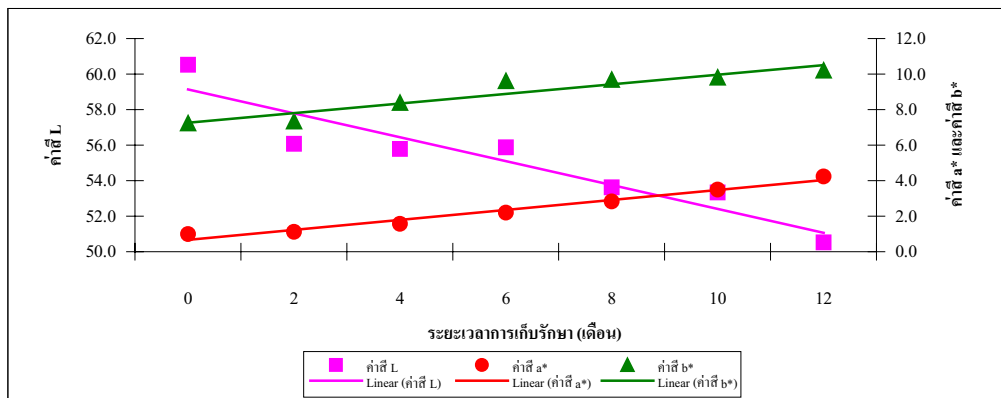
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05)

ตาราง 6.45 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อสันน่องแช่แข็งแบบบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

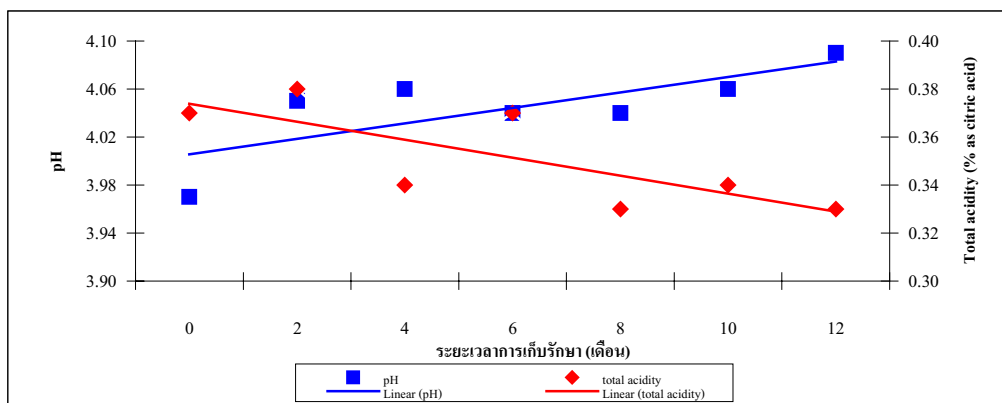
เวลา (เดือน)	ค่าพีเอช	กรดทั้งหมด (% ในรูปกรด ซิตริก)	ของแข็งทั้งหมด ที่ละลายน้ำได้ (%)	น้ำตาล รีดิงซิง (%)	น้ำตาล ซูโครส (%)	น้ำตาล ทั้งหมด (%)
0	4.00±0.04	0.41±0.04	11.40±0.14 ^a	8.29±0.02	0.67±0.11 ^a	8.95±0.13
2	4.05±0.04	0.38±0.01	11.00±0.00 ^b	8.36±0.06	0.41±0.09 ^b	8.77±0.04
4	4.06±0.01	0.34±0.01	11.00±0.00 ^b	8.48±0.08	0.39±0.01 ^b	8.87±0.08
6	4.04±0.01	0.37±0.03	11.00±0.14 ^{bc}	8.43±0.02	0.35±0.03 ^{bc}	8.78±0.05
8	4.05±0.03	0.33±0.01	10.80±0.00 ^c	8.49±0.10	0.24±0.01 ^c	8.73±0.11
10	4.06±0.05	0.34±0.01	10.60±0.00 ^d	8.44±0.05	0.10±0.05 ^d	8.53±0.10
12	4.09±0.05	0.33±0.01	10.60±0.00 ^d	8.44±0.01	0.00±0.00 ^d	8.44±0.01

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

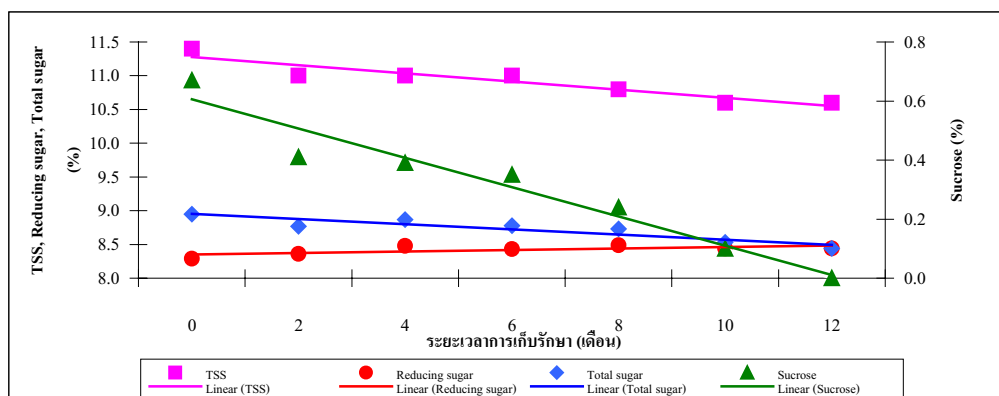
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05)



รูป 6.26 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ของเนื้อฉิ้นจ้ฉิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน



รูป 6.27 การเปลี่ยนแปลงพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อฉิ้นจ้ฉิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน



รูป 6.28 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลซูโครสและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อฉิ้นจ้ฉิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

6.4.1.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋อง ขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ในเดือนที่ 0, 4, 8 และ 12 แสดง ดังตาราง 6.46 และรูป 6.29 พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาแปรผันโดยตรงต่อคะแนนความพอใจของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อ สี กลิ่น และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือยิ่งระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น คะแนนความพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ยิ่งลดลง เมื่อพิจารณาการให้คะแนนความพอใจที่มีต่อสีของผลิตภัณฑ์ พบว่าในช่วง 8 เดือนแรก คะแนนความพอใจต่อสีของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 12 เดือน คะแนนความพอใจที่มีต่อสีลดลงจากเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และคะแนนจัดอยู่ในเกณฑ์ไม่ยอมรับ (ต่ำกว่า 7 คะแนน) ซึ่งสอดคล้องกับสีของเนื้อลิ้นจี่ที่ปรากฏเป็นสีชมพูอย่างเด่นชัดจนสามารถเห็นความแตกต่างได้ ในด้านกลิ่นพบว่าเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 4-8 เดือน ผู้ทดสอบให้คะแนนความพอใจลดลงจากเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเก็บไว้นาน 12 เดือน คะแนนความพอใจที่มีต่อกลิ่นลดลงจากเริ่มต้น 8.97 เป็น 6.35 จัดเป็นเกณฑ์ที่ไม่ยอมรับ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากความร้อนและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ทำให้สารให้กลิ่นที่ระเหยได้บางชนิดในผลิตภัณฑ์สลายตัว ในด้านการยอมรับรวมพบว่าคะแนนความพอใจที่มีต่อการยอมรับรวมลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดย 4 เดือนแรกของการเก็บคะแนนความพอใจมีค่าใกล้เคียงกับเมื่อเริ่มต้น แต่เมื่อเก็บไว้นาน 8 เดือนขึ้นไป พบว่าคะแนนความพอใจที่มีต่อการยอมรับรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และจัดอยู่ในเกณฑ์ไม่ยอมรับ

เมื่อนำเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ในเดือนที่ 0, 4, 8 และ 12 มาทำเป็นผลิตภัณฑ์แยมแล้วให้ผู้ทดสอบทำการประเมินตัวอย่างแยมดังกล่าวได้ผลดัง ตาราง 6.47 และรูป 6.30 ซึ่งพบว่าคะแนนความพอใจต่อกลิ่นของแยมลิ้นจี่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น สำหรับการประเมินคุณภาพของแยมลิ้นจี่ที่ได้จากการแปรรูปเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกในด้าน สี การ spread บนขนมปัง รสหวาน รสเปรี้ยว และการยอมรับรวมมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าถึงแม้การยอมรับรวมต่อผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ลดลงเท่ากับ 6.11 คะแนน เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้นาน 12 เดือน แต่เมื่อนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาแปรรูปเป็นแยม แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนการยอมรับรวมมีค่าเท่ากับ 7.64 คะแนน ซึ่งสูงกว่าการยอมรับในวัตถุดิบที่นำมาแปรรูปคือเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋อง แม้ว่าเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีคะแนนความพอใจในด้านสี และกลิ่นค่อนข้างต่ำ แต่เมื่อนำมาแปรรูป

เป็นแบบผู้ผลิตสามารถที่จะปรุงแต่งลักษณะผลิตภัณฑ์ด้วย กลิ่นลิ้นจี่สังเคราะห์ และสีผสมอาหาร ได้ ดังนั้นเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องสามารถเก็บรักษาได้ นาน 12 เดือน

ตาราง 6.46 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

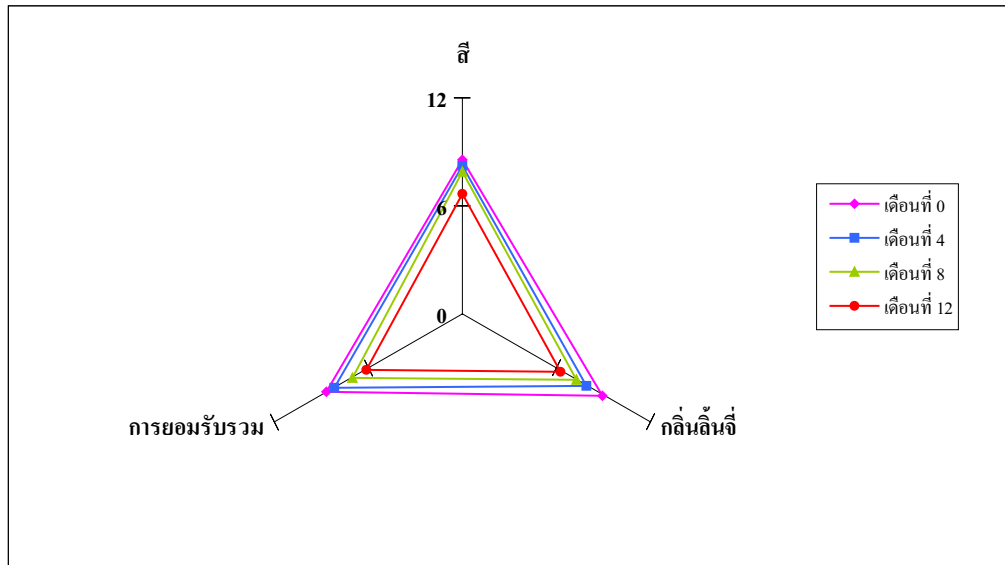
เวลา (เดือน)	คะแนนความพอใจที่มีต่อ		
	สี	กลิ่น	การยอมรับรวม
0	8.55±1.22 ^a	8.97±1.65 ^a	8.65±1.17 ^a
4	8.17±1.27 ^a	7.96±1.37 ^b	8.24±1.78 ^a
8	7.85±1.72 ^a	7.29±1.16 ^b	7.07±1.69 ^b
12	6.63±1.53 ^b	6.35±1.37 ^c	6.11±1.35 ^b

- หมายเหตุ** 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
 3. คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าอยู่ระหว่าง 1-12 โดย 1 = การยอมรับน้อยที่สุด, 12 = การยอมรับมากที่สุด

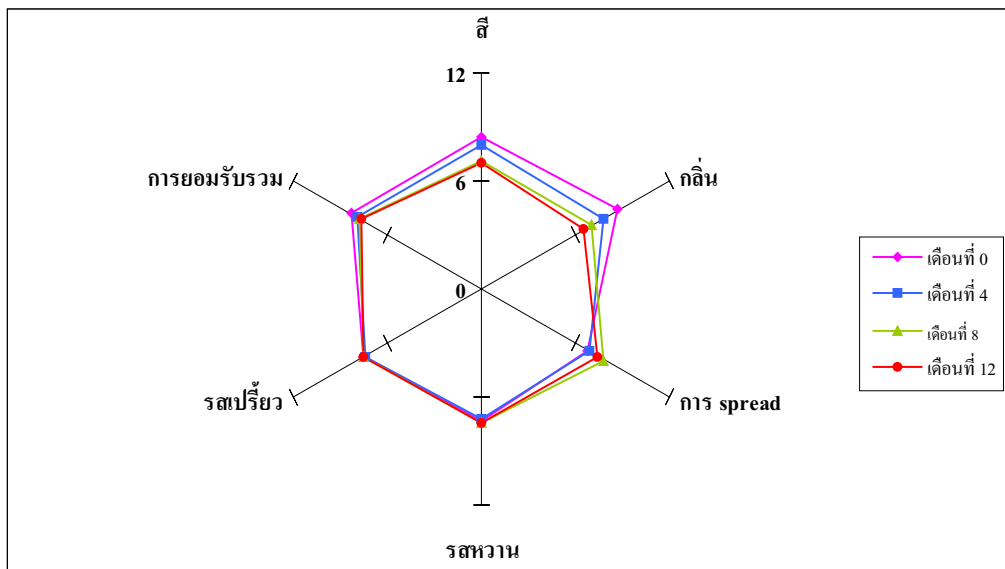
ตาราง 6.47 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อแยมที่แปรรูปจากเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

เวลา (เดือน)	คะแนนความพอใจที่มีต่อ					
	สี	กลิ่น	การ spread	รสหวาน	รสเปรี้ยว	การยอมรับรวม
0	8.41±1.61	8.79±1.64 ^a	6.76±1.59	7.28±2.29	7.53±1.29	8.38±1.91
4	7.97±1.90	7.78±2.04 ^{ab}	6.91±2.31	7.21±1.93	7.39±1.91	8.05±1.57
8	7.12±2.25	6.97±1.71 ^{bc}	7.91±1.51	7.45±1.29	7.53±1.40	7.77±1.21
12	6.99±1.47	6.51±2.26 ^c	7.49±1.83	7.49±1.84	7.55±1.80	7.64±1.83

- หมายเหตุ** 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
 3. คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าอยู่ระหว่าง 1-12 โดย 1 = การยอมรับน้อยที่สุด, 12 = การยอมรับมากที่สุด



รูป 6.29 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน



รูป 6.30 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อแยมที่แปรรูปจากเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

6.4.2 ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

6.4.2.1 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์และผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 แสดงดังตาราง 6.48 ผลปรากฏว่าไม่พบจุลินทรีย์ชนิดใดๆ ในผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 แสดงดังตาราง 6.49 พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ต่างกันทำให้น้ำหนักเนื้อ ค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* มีการเปลี่ยนแปลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับความเป็นสุญญากาศมีค่าอยู่ในช่วง 8.0-10.0 มิลลิเมตรปรอท ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารมีค่าอยู่ในช่วง 9.0-10.0 มิลลิเมตร และน้ำหนักสุทธิมีค่าอยู่ในช่วง 3,034.2-3,045.7 กรัม

ด้านค่าสี ดังรูป 6.31 (สมการรีเกรชันเส้นตรงแสดงดังภาคผนวก จ) พบว่าค่าสี L ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในช่วง 8 เดือนแรก ของการเก็บรักษา ค่าสี L มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ขณะที่เดือนที่ 10 และเดือนที่ 12 ค่าสี L มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับค่าสี a* ในช่วง 2 เดือนแรกมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นค่าสี a* มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับค่าสี b* ของผลิตภัณฑ์พบว่ามีความเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การที่ค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ของกระป๋อง ขนาด A10 มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่ากระป๋องขนาด A1 สาเหตุอาจเกิดจากระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่นานกว่า ประกอบกับในระหว่างการเก็บรักษาเกิดการสลายตัวของแอนโทไซยานินและการเกิดสีชมพูได้มากกว่า ดังกล่าวมาแล้วในหัวข้อ 6.4.1.1 ทางด้านน้ำหนักเนื้อ พบว่าน้ำหนักเนื้อของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างชัดเจน เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้นาน 8 เดือน หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อจะเป็นไปในอัตราที่ช้าลง การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 และ A10 คล้ายคลึงกัน เพราะผลของอุณหภูมิ ความร้อน และระยะเวลาของการฆ่าเชื้อ เป็นปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ซึ่งใช้เวลากการฆ่าเชือนานกว่าทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกที่บรรจุกระป๋องขนาด A1

ตาราง 6.48 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแฉกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

เวลา (เดือน)	Total plate count (cfu/ml)	Yeast and mould (cfu/ml)	Coliform	Aciduric spoilage	Flat sour
0	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-

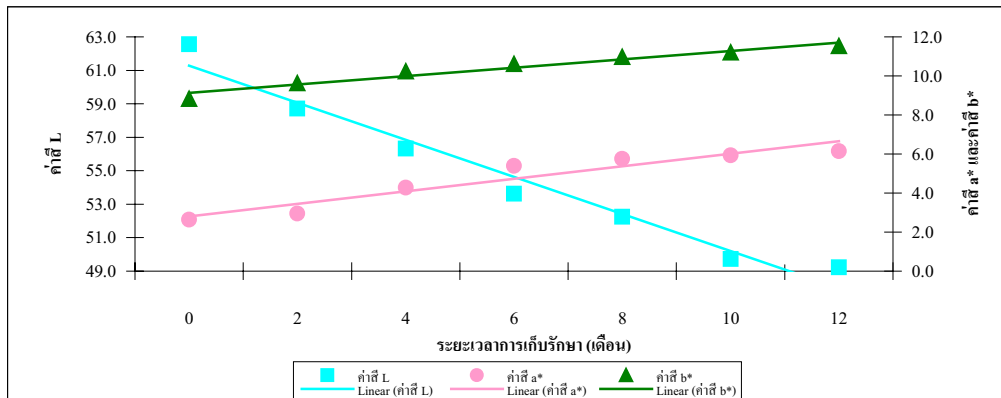
หมายเหตุ เครื่องหมายลบ (-) แสดงผลว่าไม่พบ (Negative) และ เครื่องหมายบวก (+) แสดงผลว่าพบ (Positive)

ตาราง 6.49 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแฉกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

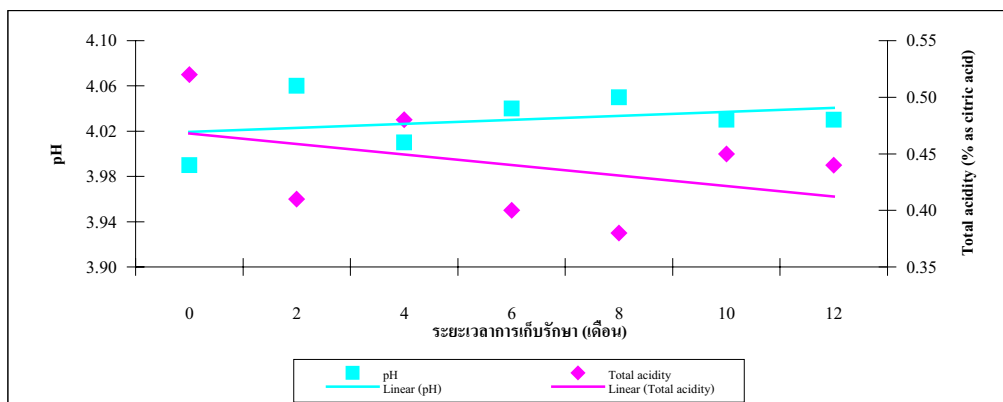
เวลา (เดือน)	Vacuum (mmHg)	Head space (mm)	Drained weight (g)	Net weight (g)	L	a*	b*
0	10.0±0.00	10.0±0.00	2,389.5±10.89 ^a	3,042.9±3.18	62.56±0.29 ^a	2.64±0.04 ^a	8.82±0.07 ^a
2	9.0±1.41	10.0±0.71	2,371.8±4.81 ^{ab}	3,044.4±1.13	58.72±0.28 ^b	2.95±0.06 ^a	9.62±0.06 ^b
4	10.0±0.71	10.0±0.71	2,360.5±4.38 ^{bc}	3,043.0±2.97	56.33±0.34 ^c	4.28±0.44 ^b	10.23±0.16 ^c
6	9.0±0.71	9.0±0.00	2,350.3±6.93 ^c	3,040.4±0.78	53.63±0.01 ^d	5.39±0.13 ^c	10.60±0.01 ^d
8	9.0±1.41	9.0±0.00	2,318.5±10.75 ^d	3,039.4±8.20	52.25±0.51 ^c	5.76±0.09 ^{cd}	10.96±0.08 ^c
10	8.0±0.00	9.0±0.00	2,307.7±10.75 ^d	3,045.7±1.63	49.73±0.42 ^f	5.94±0.01 ^d	11.20±0.08 ^c
12	8.0±0.71	9.0±0.71	2,279.9±7.86 ^e	3,034.2±1.41	49.22±0.17 ^f	6.15±0.16 ^d	11.53±0.23 ^f

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

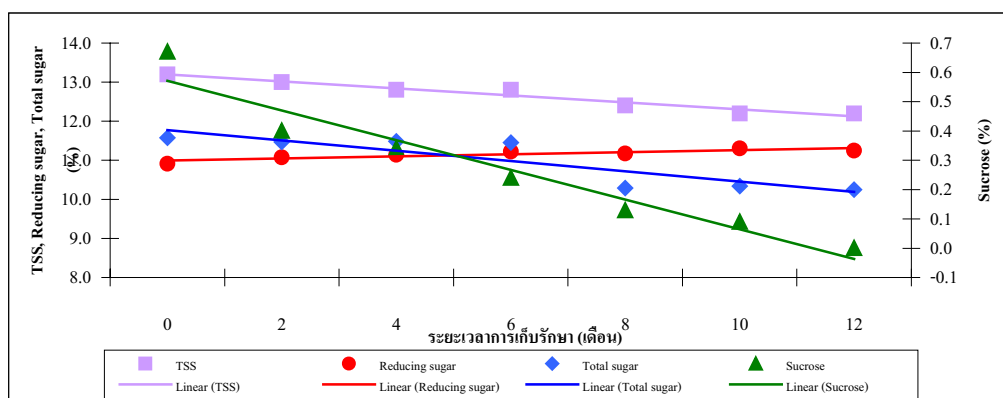
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05)



รูป 6.31 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแฉกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน



รูป 6.32 การเปลี่ยนแปลงพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแฉกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน



รูป 6.33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง, ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นแฉกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

6.4.2.2 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 แสดงดังตาราง 4.50 และรูป 6.32-6.33 (สมการรีเกรซชันเส้นตรงแสดงดังภาคผนวก จ) พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลซูโครสเป็นส่วนประกอบทางเคมีที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษาอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าค่อนข้างผันแปรอันเป็นผลมาจากธรรมชาติของผลไม้ที่มีความผันแปรค่อนข้างสูง ขณะที่ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เพราะน้ำตาลซูโครสถูกไฮโดรไลซ์จึงสลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ส่งผลให้น้ำตาลรีดิวซิงมีปริมาณเพิ่มขึ้นดังได้กล่าวรายละเอียดไปแล้วในหัวข้อ 6.4.1.2 แต่สำหรับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าลดลงสอดคล้องกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ซึ่งมีปริมาณลดลงเช่นเดียวกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าพีเอชมีค่าอยู่ในช่วง 3.99-4.06 ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0.38-0.52 % ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงมีค่าอยู่ในช่วง 10.91-11.25 % และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 10.25-11.57 %

ตาราง 6.50 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

เวลา (เดือน)	ค่าพีเอช	กรดทั้งหมด (% ในรูปกรด ซิตริก)	ของแข็งทั้งหมดที่ ละลายน้ำได้ (%)	น้ำตาล รีดิวซิง (%)	น้ำตาล ซูโครส (%)	น้ำตาล ทั้งหมด (%)
0	3.99±0.02	0.52±0.04	13.2±0.14 ^a	10.91±0.04	0.67±0.05 ^a	11.58±0.08
2	4.06±0.05	0.41±0.04	13.0±0.00 ^{ab}	11.07±0.10	0.40±0.11 ^b	11.47±0.21
4	4.01±0.05	0.48±0.01	12.8±0.00 ^b	11.14±0.26	0.34±0.01 ^{bc}	11.48±0.25
6	4.04±0.04	0.40±0.02	12.8±0.14 ^{ab}	11.22±0.23	0.24±0.05 ^{cd}	11.46±0.18
8	4.05±0.14	0.38±0.02	12.4±0.14 ^c	11.17±0.09	0.13±0.08 ^{dc}	10.30±0.17
10	4.03±0.04	0.45±0.01	12.2±0.14 ^c	11.30±0.15	0.09±0.01 ^c	10.39±0.21
12	4.03±0.01	0.44±0.01	12.2±0.00 ^c	11.25±0.07	0.00±0.00 ^c	10.25±0.07

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีปริมาณใกล้เคียงกันในช่วง 6 เดือน และลดลงอย่างชัดเจนในเดือนที่ 8 ของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้สาเหตุเกิดจากการแพร่ของสารละลายภายในเซลล์ของเนื้อลีนจ์ออกสู่ภายนอกเพื่อให้เกิดการสมดุลดังได้อธิบายรายละเอียดไว้แล้วในหัวข้อ 6.1.1.2 เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงทางด้านน้ำตาลซูโครสพบว่าปริมาณลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา อันเป็นผลมาจากการถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรดส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเพิ่มขึ้น และไม่พบปริมาณน้ำตาลซูโครสเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 12 เดือน เช่นเดียวกับที่พบในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในกระป๋องขนาด A1

4.4.2.3 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อเนื้อลีนจ์ขึ้นแฉกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ในเดือนที่ 0, 4, 8 และ 12 แสดงดังตาราง 6.51 และรูป 6.34 พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาแปรผันตรงต่อคะแนนความพอใจที่มีต่อสี กลิ่น และการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยในช่วง 4 เดือนแรกของการเก็บรักษา คะแนนความพอใจที่มีต่อสี กลิ่น และการยอมรับรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (มีคะแนนมากกว่า 7) และในเดือนที่ 8 เป็นต้นไป พบว่าคะแนนความพอใจที่มีต่อสี กลิ่น และการยอมรับรวมมีค่าน้อยกว่า 7 จัดอยู่ในเกณฑ์ไม่ยอมรับ โดยเฉพาะในด้านสีได้คะแนนความพอใจต่ำกว่าด้านอื่นๆ เพราะสีของผลิตภัณฑ์มีสีชมพูอย่างชัดเจน

เมื่อนำเนื้อลีนจ์ขึ้นแฉกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แฮมลีนจ์แล้วให้ผู้ทดสอบชิมทำการประเมินผลิตภัณฑ์แฮมดังกล่าว ได้ผลดังตาราง 6.52 และรูป 6.35 พบว่าคะแนนความพอใจที่มีต่อสีของแฮมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนความพอใจที่มีต่อสีของแฮมที่ทำจากเนื้อลีนจ์ที่มีอายุการเก็บรักษาระหว่าง 0-8 เดือน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแฮมที่ผลิตจากเนื้อลีนจ์ขึ้นแฉกที่เก็บรักษาไว้นาน 8 เดือนขึ้นไป คะแนนความพอใจของผู้ทดสอบชิมอยู่ในเกณฑ์ไม่ยอมรับสำหรับคะแนนความพอใจทางด้านกลิ่น การ spread บนขนมปัง รสหวาน รสเปรี้ยว และการยอมรับรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และอยู่ในเกณฑ์ยอมรับ

ตาราง 6.51 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

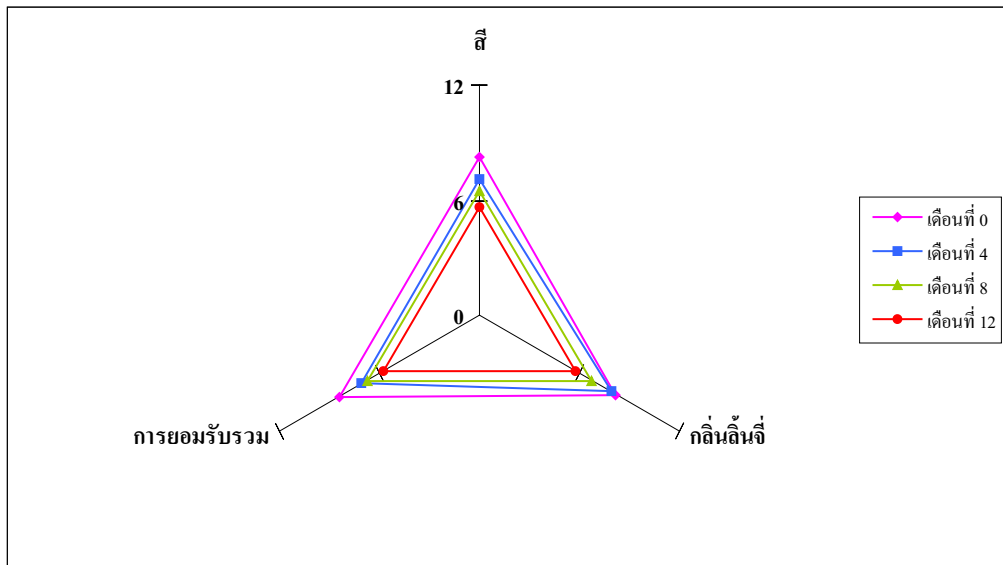
เวลา (เดือน)	คะแนนความพอใจที่มีต่อ		
	สี	กลิ่น	การยอมรับรวม
0	8.23±1.85 ^a	8.24±1.78 ^a	8.47±1.40 ^a
4	7.07±2.41 ^{ab}	7.89±1.95 ^a	7.07±1.65 ^b
8	6.51±2.18 ^b	6.74±2.41 ^{ab}	6.80±1.99 ^b
12	5.61±1.84 ^b	5.89±2.56 ^b	5.84±1.69 ^b

- หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
3. คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าอยู่ระหว่าง 1-12 โดย 1 = การยอมรับน้อยที่สุด, 12 = การยอมรับมากที่สุด

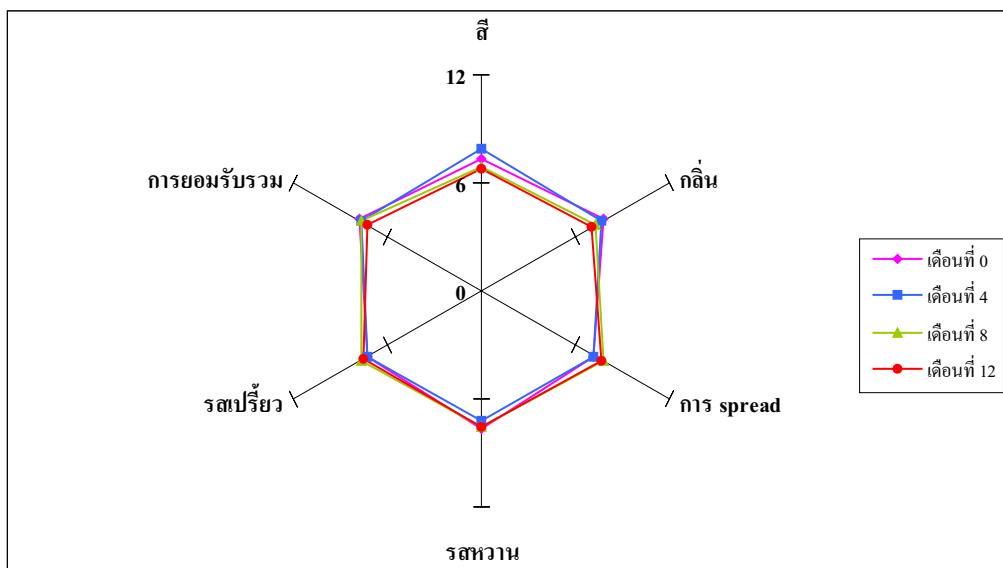
ตาราง 6.52 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อแยมที่แปรรูปจากเนื้อลิ้นจี่จีนแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

เวลา (เดือน)	คะแนนความพอใจที่มีต่อ					
	สี	กลิ่น	การ spread	รสหวาน	รสเปรี้ยว	การยอมรับรวม
0	7.30±2.27 ^{ab}	7.84±1.44	7.19±1.44	7.72±1.75	7.32±1.54	7.84±1.46
4	7.93±1.63 ^a	7.66±1.48	7.17±2.35	7.23±1.94	7.38±1.48	7.64±1.72
8	6.90±1.82 ^{ab}	7.29±1.57	7.79±1.81	7.58±1.56	7.71±2.14	7.63±1.84
12	6.75±2.03 ^b	7.15±1.46	7.66±1.81	7.53±2.09	7.50±1.62	7.36±1.29

- หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
3. คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าอยู่ระหว่าง 1-12 โดย 1 = การยอมรับน้อยที่สุด, 12 = การยอมรับมากที่สุด



รูป 6.34 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อฉุนจีขึ้นแทกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน



รูป 6.35 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อแยมที่แปรรูปจากเนื้อฉุนจีขึ้นแทกบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

6.4.3 ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อสัตว์ที่เก็บบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

6.4.3.1 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์และสมบัติทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อสัตว์ที่เก็บบรรจุกระป๋องขนาด A1 แสดงดังตาราง

6.53 ผลปรากฏว่าไม่พบจุลินทรีย์ชนิดใดๆ ในผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเนื้อสัตว์ที่เก็บบรรจุกระป๋องขนาด A1 แสดงดังตาราง 6.54 ซึ่งพบว่าค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ของเนื้อสัตว์ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนความเป็นสุญญากาศ ปริมาตรช่องว่างเนื้ออาหาร และน้ำหนักสุทธิมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย และไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้ความเป็นสุญญากาศมีค่าอยู่ในช่วง 9.0-11.0 มิลลิเมตรปรอท ปริมาตรช่องว่างเนื้ออาหารมีค่าอยู่ในช่วง 10.0-11.0 มิลลิเมตร และน้ำหนักสุทธิมีค่าอยู่ในช่วง 419.7-424.2 กรัม

ตาราง 6.53 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อสัตว์ที่เก็บบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

เวลา (เดือน)	Total plate count (cfu/ml)	Yeast and mould (cfu/ml)	Coliform	Aciduric spoilage	Flat sour
0	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-

หมายเหตุ เครื่องหมายลบ (-) แสดงผลว่าไม่พบ (Negative) และ เครื่องหมายบวก (+) แสดงผลว่าพบ (Positive)

ตาราง 6.54 สมบัติทางกายภาพของเนื้อสันจืดปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

เวลา (เดือน)	Vacuum (mmHg)	Head space (mm)	Net weight (g)	L	a*	b*
0	11.0±0.71	10.0±0.00	424.2±2.05	69.56±0.24 ^a	0.34±0.03 ^a	9.37±0.25 ^a
2	11.0±0.00	11.0±0.00	422.2±3.04	57.69±0.03 ^b	1.70±0.09 ^b	9.98±0.18 ^b
4	10.0±0.00	11.0±0.71	423.0±3.54	55.11±0.35 ^c	3.14±0.35 ^c	10.71±0.13 ^c
6	10.0±0.00	10.0±0.00	420.5±0.71	53.14±0.04 ^d	5.26±0.02 ^d	11.65±0.22 ^d
8	10.0±0.00	11.0±0.71	419.7±1.34	52.02±0.05 ^e	5.48±0.09 ^d	11.95±0.06 ^{de}
10	10.0±0.71	10.0±0.00	420.5±2.90	49.18±0.06 ^f	6.09±0.02 ^e	12.16±0.09 ^{ef}
12	9.0±0.00	10.0±0.00	421.8±3.18	47.54±0.13 ^g	7.15±0.08 ^f	12.39±0.16 ^f

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์พบว่า ค่าสี L เป็นสมบัติทางกายภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด และมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 12 เดือน ขณะที่ค่าสี a* และ b* มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังรูป 6.36 (สมการรีเกรชันเส้นตรงแสดงดังภาคผนวก จ) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะสีที่ปรากฏ เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้นาน สีของผลิตภัณฑ์ยิ่งคล้ำมากยิ่งขึ้น อันเนื่องมาจากการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาแบบไม่อาศัยเอนไซม์ ดังได้กล่าวรายละเอียดในหัวข้อ 6.4.1.1

2. ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของสันจืดปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 แสดงดังตาราง 6.55 พบว่าปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลซูโครสของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงผันแปรตามระยะเวลาการเก็บรักษาและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ค่าฟิโอส ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟิโอสมีค่าอยู่ในช่วง 3.98-4.01 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงมีค่าอยู่ในช่วง 12.99-13.67 % สำหรับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดพบว่ามีในช่วง 2-4 เดือนแรก มีปริมาณสูงขึ้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากการสลายตัวของสารโพลีแซคคาไรด์ที่เกิดเนื่องจากการให้ความร้อนและการเกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษานอกจากนี้ใน

สภาวะที่ผลิตภัณฑ์มีความเป็นกรดก็มีส่วนช่วยส่งเสริมให้การไฮโดรไลซิสดังกล่าวเป็นไปได้เร็วขึ้น ดังนั้นในช่วงเวลาดังกล่าวปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจึงมีค่าสูง จากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

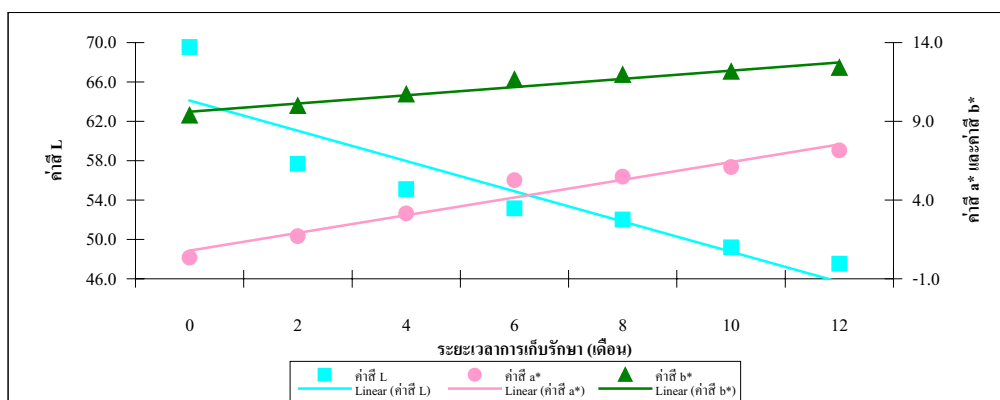
เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 2 เดือน ทั้งนี้การลดลงของปริมาณกรดสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าพีเอช ดังรูป 6.37 (สมการรีเกรซชันเส้นตรงแสดงดังภาคผนวก จ) และการลดลงของกรดอาจเป็นผลมาจากกรดบางส่วนเข้าไปทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับน้ำตาลซูโครส สำหรับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ พบว่ามีปริมาณลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้นาน 10 เดือน เช่นเดียวกับน้ำตาลซูโครสที่มีปริมาณลดลงในระหว่างการเก็บรักษา ดังรูป 6.38 (สมการรีเกรซชันเส้นตรงแสดงดังภาคผนวก จ) และไม่พบปริมาณน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้นาน 10 เดือน เนื่องจากน้ำตาลซูโครสของผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสทำให้ปริมาณน้ำตาลซูโครสซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่สลายตัวกลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เป็นเหตุให้ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้นานไม่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสเหลืออยู่ ดังได้กล่าวรายละเอียดมาแล้วในหัวข้อ 6.4.1.2

ตาราง 6.55 ส่วนประกอบทางเคมีของเนือลินจีตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

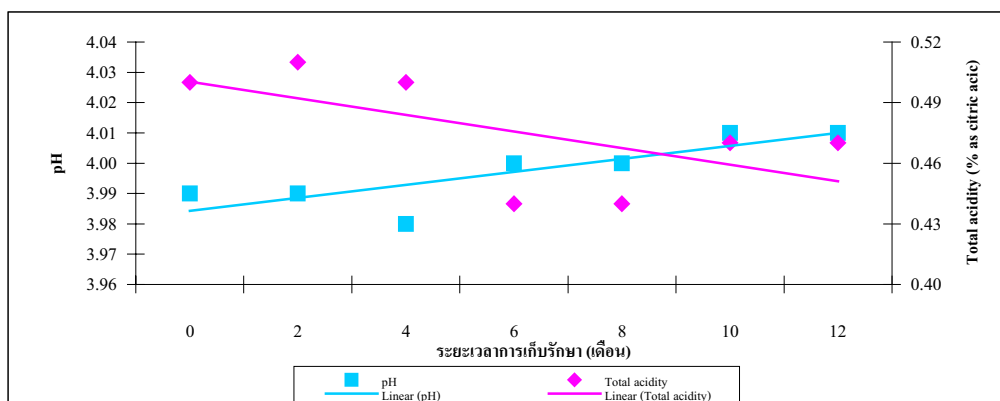
เวลา (เดือน)	ค่าพีเอช	กรดทั้งหมด (% ในรูปกรด ซิตริก)	ของแข็งทั้งหมด ที่ละลายน้ำได้ (%)	น้ำตาล รีดิวซิง (%)	น้ำตาล ซูโครส (%)	น้ำตาล ทั้งหมด (%)
0	3.99±0.02	0.55±0.01 ^a	15.4±0.14 ^a	12.99±0.05	0.80±0.11 ^a	13.78±0.06
2	3.99±0.01	0.51±0.01 ^b	15.4±0.00 ^a	13.62±0.16	0.71±0.03 ^a	14.33±0.18
4	3.98±0.01	0.50±0.01 ^b	15.2±0.00 ^{ab}	13.64±0.23	0.41±0.01 ^b	14.05±0.22
6	4.00±0.01	0.44±0.01 ^d	15.2±0.00 ^{ab}	13.64±0.27	0.22±0.16 ^c	13.86±0.43
8	4.00±0.01	0.44±0.01 ^d	15.2±0.14 ^{bc}	13.66±0.25	0.22±0.13 ^c	13.75±0.38
10	4.01±0.01	0.47±0.00 ^c	15.0±0.00 ^c	13.67±0.33	0.00±0.00 ^d	13.67±0.33
12	4.01±0.01	0.47±0.01 ^c	15.0±0.00 ^c	13.61±0.32	0.00±0.00 ^d	13.61±0.32

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

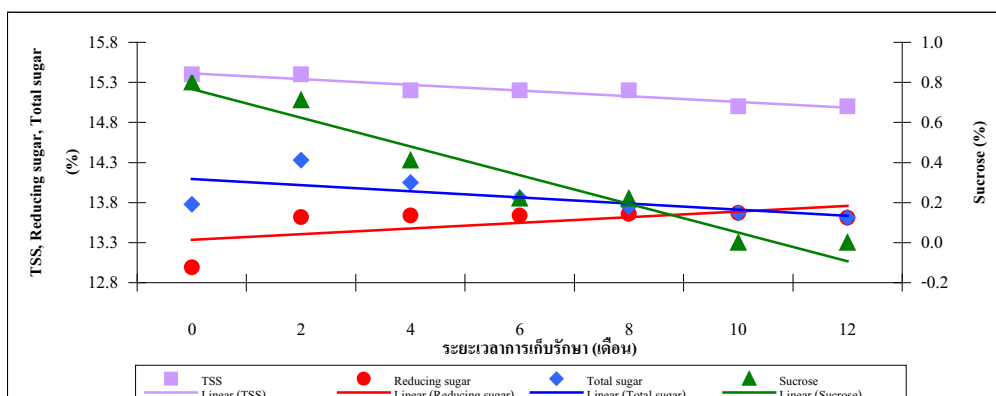
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



รูป 6.36 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ค่าสี a และค่าสี b ของเนื้อล้นจี่ตีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน



รูป 6.37 การเปลี่ยนแปลงพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อล้นจี่ตีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน



รูป 6.38 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อล้นจี่ตีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

6.4.3.3 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ในเดือนที่ 0, 4, 8 และ 12 แสดงดังตาราง 6.56 และรูป 6.39 พบว่าคะแนนความพอใจที่มีต่อสี กลิ่น และการยอมรับรวมลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น โดยในช่วง 8 เดือนแรก ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความพอใจทางด้านสี กลิ่น และการยอมรับรวมอยู่ในเกณฑ์ยอมรับ (มากกว่า 7 คะแนน) และไม่มีความแตกต่างของคะแนนความพอใจที่ได้ในแต่ละช่วงของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขณะที่อายุการเก็บ 12 เดือนนั้น คะแนนความพอใจต่ำกว่า 7 คะแนน ทั้งในด้านสี กลิ่น และการยอมรับรวม แสดงว่าอยู่ในเกณฑ์ไม่ยอมรับ

เมื่อนำเนื้อลิ้นจี่ตีปนในระหว่างการเก็บรักษามาแปรรูปเป็นน้ำลิ้นจี่พร้อมดื่ม จากนั้นประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัส แสดงดังตาราง 6.57 และรูป 6.40 พบว่าการให้คะแนนความพอใจของผู้ทดสอบชิมต่อสี กลิ่น ลิ้นจี่ รสหวาน รสเปรี้ยว และการยอมรับรวมมีแนวโน้มลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ถ้าพิจารณาคะแนนความพอใจที่มีต่อสี และการยอมรับรวมของน้ำลิ้นจี่ จะเห็นว่ามีความมากกว่า 7 คะแนน ในทุกช่วงอายุการเก็บรักษา แสดงว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ ถึงแม้ว่าในรูปแบบเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋อง คะแนนความพอใจเมื่อเก็บไว้นาน 12 เดือน จะอยู่ในเกณฑ์ไม่ยอมรับก็ตาม ในด้านกลิ่นลิ้นจี่ พบว่าเมื่อนำมาแปรรูปเป็นน้ำลิ้นจี่ จำเป็นต้องผ่านกระบวนการให้ความร้อนทำให้สารระเหยบางชนิดที่ให้กลิ่นลิ้นจี่สลายตัว ส่งผลให้กลิ่นลิ้นจี่จางลงกว่าเดิมเหตุให้คะแนนความพอใจที่มีต่อกลิ่นน้ำลิ้นจี่อยู่ในเกณฑ์ไม่ยอมรับซึ่งพบว่าในเนื้อลิ้นจี่ตีปนที่มีอายุการเก็บรักษานาน 8 เดือน ขึ้นไป

ตาราง 6.56 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

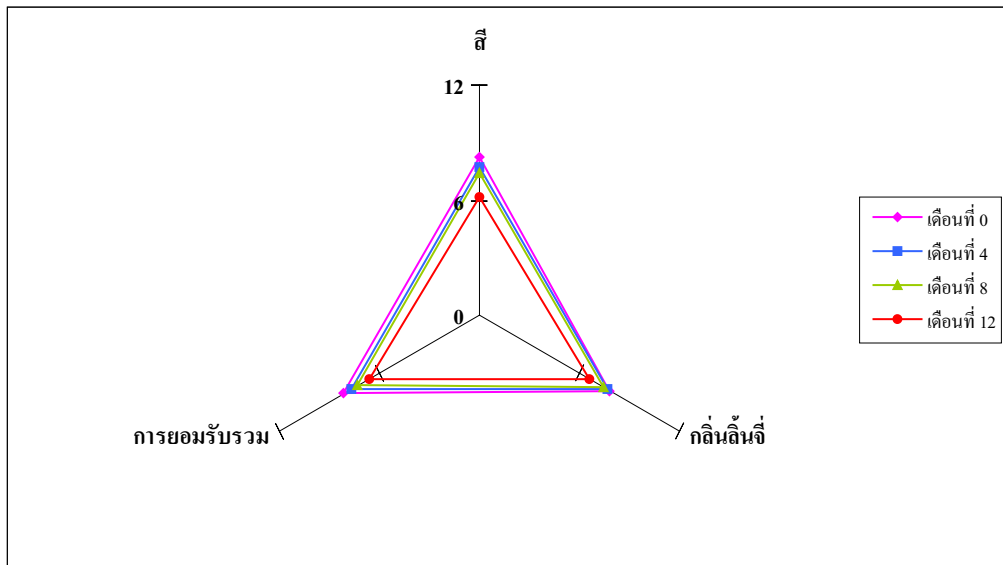
เวลา (เดือน)	คะแนนความพอใจที่มีต่อ		
	สี	กลิ่นลิ้นจี่	การยอมรับรวม
0	8.22±1.04 ^a	7.80±1.20	8.16±1.28
4	7.68±1.57 ^a	7.71±1.31	7.72±1.95
8	7.36±1.68 ^a	7.53±1.21	7.28±1.95
12	6.12±1.51 ^b	6.71±1.75	6.70±1.98

- หมายเหตุ** 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
 3. คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าอยู่ระหว่าง 0-12 โดย 0 = การยอมรับน้อยที่สุด, 12 = การยอมรับมากที่สุด

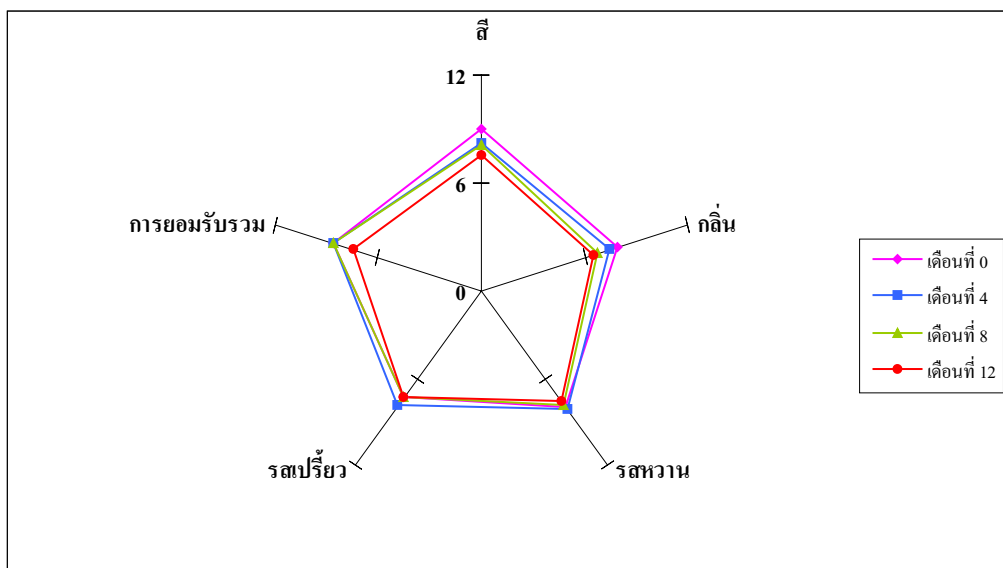
ตาราง 6.57 ผลทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสที่มีต่อน้ำลิ้นจี่ที่แปรรูปจากเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

เวลา (เดือน)	คะแนนความพอใจที่มีต่อ				
	สี	กลิ่นลิ้นจี่	รสหวาน	รสเปรี้ยว	การยอมรับรวม
0	8.95±1.59	7.98±1.31	8.03±1.53	7.29±1.37	8.72±1.36
4	8.17±1.85	7.44±1.50	8.08±1.69	7.86±1.44	8.65±1.17
8	8.14±1.69	6.80±1.59	7.80±1.48	7.34±1.63	8.62±1.61
12	7.53±1.84	6.53±1.22	7.60±1.69	7.38±1.52	7.45±1.34

- หมายเหตุ** 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
 3. คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าอยู่ระหว่าง 1-12 โดย 1 = การยอมรับน้อยที่สุด, 12 = การยอมรับมากที่สุด



รูป 6.39 ผลการประเมินทางด้านประสาธสัมพันธ์ต่อเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1
ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน



รูป 6.40 ผลการประเมินทางด้านประสาธสัมพันธ์ต่อน้ำลิ้นจี่ที่แปรรูปมาจากเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋อง
ขนาด A1 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

6.4.4 ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

6.4.4.1 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์และสมบัติทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 แสดงดังตาราง 6.58 ผลปรากฏว่าไม่พบจุลินทรีย์ชนิดใดๆ ในผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 12 เดือน ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 แสดงดังตาราง 6.59 พบว่าความเป็นสุญญากาศ ค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ของเนื้อลิ้นจี่ตีปนมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ปริมาตรช่องว่างเนื้ออาหารและน้ำหนักสุทธิไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาตรช่องว่างเนื้ออาหารมีค่า 10.0-11.0 มิลลิเมตร สำหรับน้ำหนักสุทธิมีค่าอยู่ในช่วง 3,076.9-3,086.7 กรัม

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่าค่าสี L มีค่าลดลงตามระยะเวลาเก็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 12 เดือน ขณะที่ค่าสี a* และค่าสี b* มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน ดังรูป 6.41 (สมการรีเกรซชันเส้นตรงแสดงดังภาพผนวก จ) เป็นเหตุให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีคล้ำมากขึ้น อันเกิดจากการเกิด pink discolouration และการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาแบบไม้อาศัยเอนไซม์ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 6.4.1.1

ตาราง 6.58 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

เวลา (เดือน)	Total plate count (cfu/ml)	Yeast and mould (cfu/ml)	Coliform	Aciduric spoilage	Flat sour
0	ไม่พบ	ไม่พบ	-	-	-
2	ไม่พบ	ไม่พบ	-	-	-
4	ไม่พบ	ไม่พบ	-	-	-
6	ไม่พบ	ไม่พบ	-	-	-
8	ไม่พบ	ไม่พบ	-	-	-
10	ไม่พบ	ไม่พบ	-	-	-
12	ไม่พบ	ไม่พบ	-	-	-

หมายเหตุ เครื่องหมายลบ (-) แสดงผลว่าไม่พบ (Negative) และ เครื่องหมายบวก (+) แสดงผลว่าพบ (Positive)

ตาราง 6.59 สมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

เวลา (เดือน)	Vacuum (mmHg)	Head space (mm)	Net weight (g)	L	a*	b*
0	12.0±0.71 ^a	10.0±0.00	3,086.7±1.06	69.81±0.21 ^a	1.72±0.01 ^a	9.02±0.08 ^a
2	11.0±0.00 ^a	10.0±0.00	3,076.9±2.69	55.29±0.08 ^b	3.77±0.15 ^b	9.70±0.03 ^b
4	11.0±0.00 ^a	11.0±0.71	3,085.2±3.11	54.75±0.02 ^c	5.04±0.11 ^c	10.47±0.14 ^c
6	10.0±0.71 ^{ab}	10.0±0.00	3,079.2±1.13	52.50±0.08 ^d	6.77±0.10 ^d	11.64±0.04 ^d
8	10.0±0.71 ^{bc}	10.0±0.00	3,081.9±2.19	51.84±0.08 ^e	7.70±0.11 ^e	11.85±0.03 ^e
10	9.0±0.00 ^c	10.0±0.00	3,079.0±5.52	47.53±0.11 ^f	7.94±0.07 ^f	12.02±0.04 ^f
12	8.0±0.71 ^c	10.0±0.71	3,080.1±5.73	47.18±0.15 ^g	8.16±0.06 ^f	12.88±0.04 ^g

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05)

6.4.4.2 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 แสดงดังตาราง 6.60 พบว่าส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ตีปนทางด้านปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด มีการเปลี่ยนแปลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สำหรับค่าพีเอชมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยอย่างไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3.98-4.01

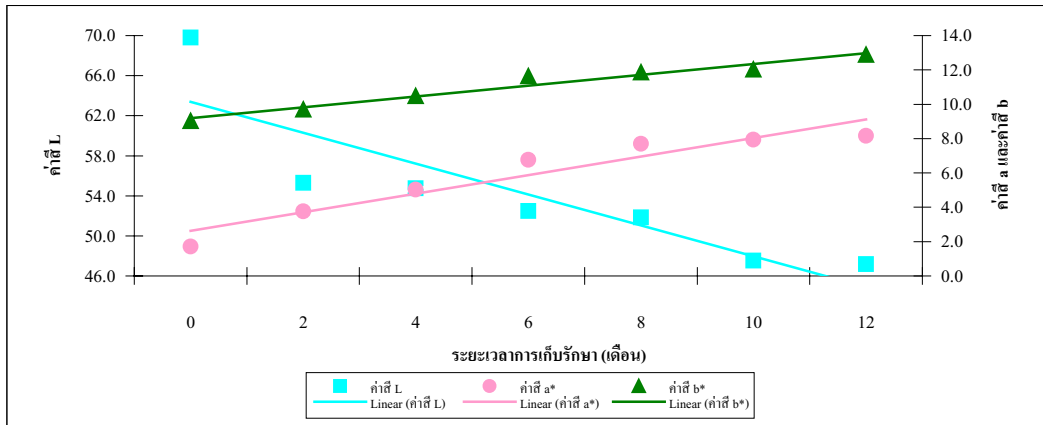
เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาแสดงดังรูป 6.43 (สมการรีเกรชันเส้นตรงแสดงดังภาคผนวก จ) พบว่าปริมาณน้ำตาลซูโครสมีการเปลี่ยนแปลงลดลงจากเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยถูกไฮโดรไลซ์เป็นน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตสเป็นเหตุให้น้ำตาลรีดิวซิงเพิ่มขึ้น และเมื่อเก็บรักษาครบ 12 เดือน ไม่พบน้ำตาลซูโครสเหลืออยู่ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่ลดลงเนื่องจากกรดบางส่วนถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ตาราง 6.60 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

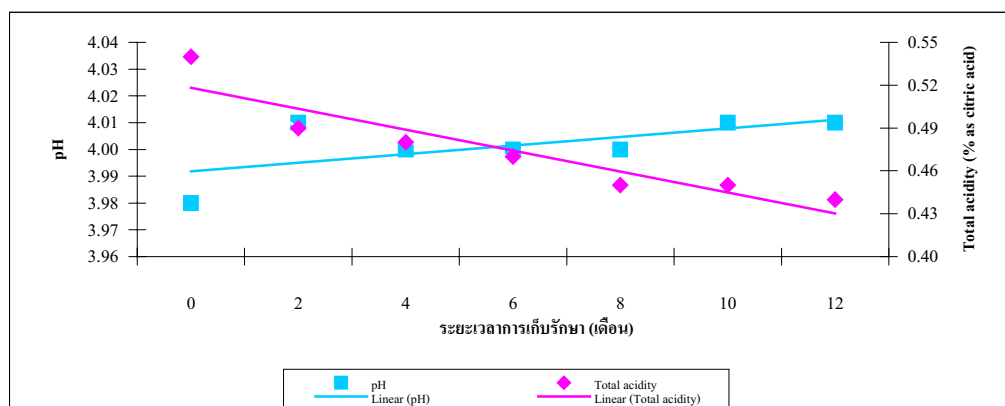
เวลา (เดือน)	ค่าพีเอช	กรดทั้งหมด (% ในรูปกรดซิตริก)	ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (%)	น้ำตาลรีดิวซิง (%)	น้ำตาลซูโครส (%)	น้ำตาลทั้งหมด (%)
0	3.98±0.01	0.54±0.00 ^a	15.2±0.00 ^a	13.05±0.06 ^d	0.70±0.04 ^a	13.75±0.10 ^a
2	4.01±0.01	0.49±0.01 ^b	15.2±0.14 ^{ab}	13.12±0.02 ^{cd}	0.52±0.13 ^b	13.64±0.11 ^{ab}
4	4.00±0.01	0.48±0.01 ^b	15.2±0.00 ^a	13.19±0.05 ^{bc}	0.42±0.07 ^b	13.61±0.12 ^{ab}
6	4.00±0.00	0.47±0.02 ^{bc}	15.2±0.00 ^a	13.26±0.04 ^{ab}	0.21±0.03 ^c	13.47±0.01 ^{bc}
8	4.00±0.01	0.45±0.01 ^{cd}	15.0±0.00 ^{bc}	13.30±0.03 ^a	0.11±0.02 ^{cd}	13.41±0.03 ^c
10	4.01±0.01	0.45±0.01 ^{cd}	15.0±0.00 ^{bc}	13.33±0.01 ^a	0.04±0.00 ^d	13.37±0.04 ^c
12	4.01±0.03	0.44±0.01 ^d	15.0±0.14 ^c	13.35±0.07 ^a	0.00±0.00 ^d	13.35±0.07 ^c

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

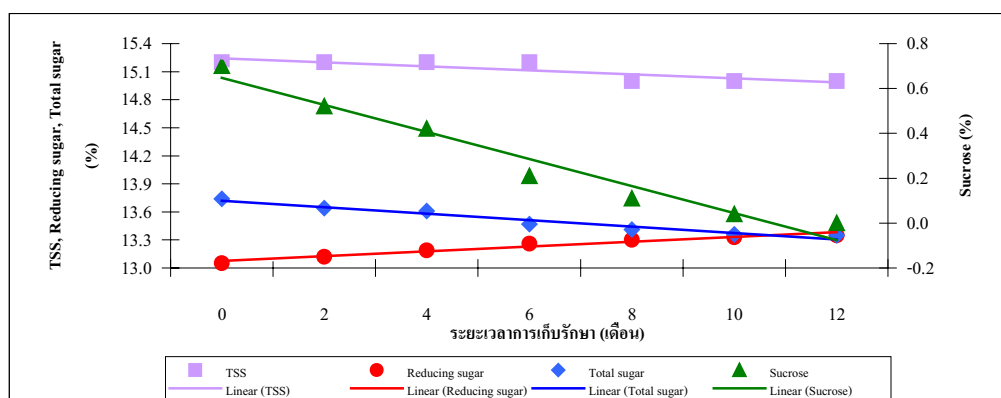
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



รูป 6.41 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ของเนื้อฉัณฑ์ต้นบรรจกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน



รูป 6.42 การเปลี่ยนแปลงพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดของเนื้อฉัณฑ์ต้นบรรจกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน



รูป 6.43 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อฉัณฑ์ต้นบรรจกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

6.4.4.3 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส แสดงดังตาราง 6.61 และรูป 6.44 พบว่าคะแนนความพอใจที่มีต่อ สี กลิ่น และการยอมรับรวมลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยคะแนนความพอใจที่มีต่อสีของผลิตภัณฑ์ในช่วง 4 เดือนแรก มีคะแนนมากกว่า 7 คะแนน จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ หลังจากนั้นพบว่าคะแนนความพอใจที่มีต่อสีผลิตภัณฑ์ลดลงต่ำกว่า 7 คะแนน ใน 8 เดือน และ 12 เดือน ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ยอมรับในด้านกลิ่น และการยอมรับรวม พบว่าเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษา 12 เดือนเท่านั้น ที่มีคะแนนความพอใจต่ำกว่า 7 คะแนน จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ยอมรับ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับผลการทดลองของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ในด้านสี พบว่าเนื้อลิ้นจี่ตีปนที่มีอายุการเก็บรักษานาน 4 เดือน มีคะแนนความพอใจ 7.46 จัดอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

เมื่อนำเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ที่เก็บรักษาไว้ในช่วงระยะเวลาดังกล่าว มาแปรรูปเป็นน้ำลิ้นจี่พร้อมดื่ม ได้ผลดังตาราง 6.62 และรูป 6.45 พบว่าคะแนนความพอใจที่มีต่อสี กลิ่น และการยอมรับรวมในรูปของน้ำลิ้นจี่พร้อมดื่มมีค่ามากกว่าในรูปเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋อง แต่แนวโน้มของคะแนนความพอใจลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และเป็นไปในทิศทางเดียวกับคะแนนความพอใจของเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋อง อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการแปรรูปเป็นน้ำลิ้นจี่สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของเนื้อลิ้นจี่ให้เป็นที่ยอมรับมากขึ้นก็ตาม แต่ถ้าคุณภาพวัตถุดิบต่ำก็ยากที่จะปรับปรุงให้มีคุณภาพดีขึ้น ดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบของผู้ทดสอบชิมต่อน้ำลิ้นจี่ที่ทำจากเนื้อลิ้นจี่ตีปนอายุการเก็บ 12 เดือน จะอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ยอมรับทั้งในด้านสี กลิ่น รสชาติ

ตาราง 6.61 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

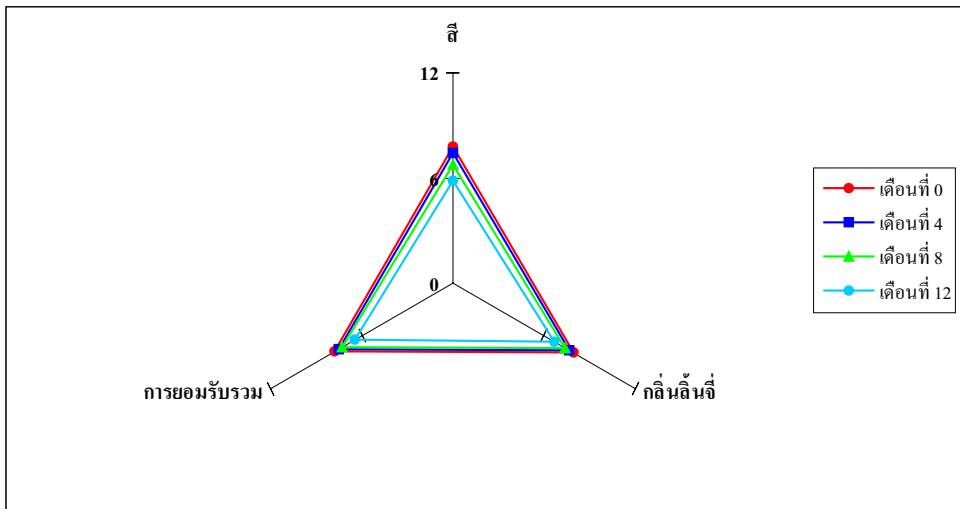
เวลา (เดือน)	คะแนนความพอใจที่มีต่อ		
	สี	กลิ่นลิ้นจี่	การยอมรับรวม
0	7.81±2.33 ^a	7.90±1.20	7.80±1.52
4	7.46±1.70 ^a	7.65±1.14	7.56±1.80
8	6.75±1.99 ^{ab}	7.39±1.80	7.30±1.76
12	5.84±2.80 ^b	6.69±1.53	6.47±1.38

- หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
3. คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าอยู่ระหว่าง 1-12 โดย 1 = การยอมรับน้อยที่สุด, 12 = การยอมรับมากที่สุด

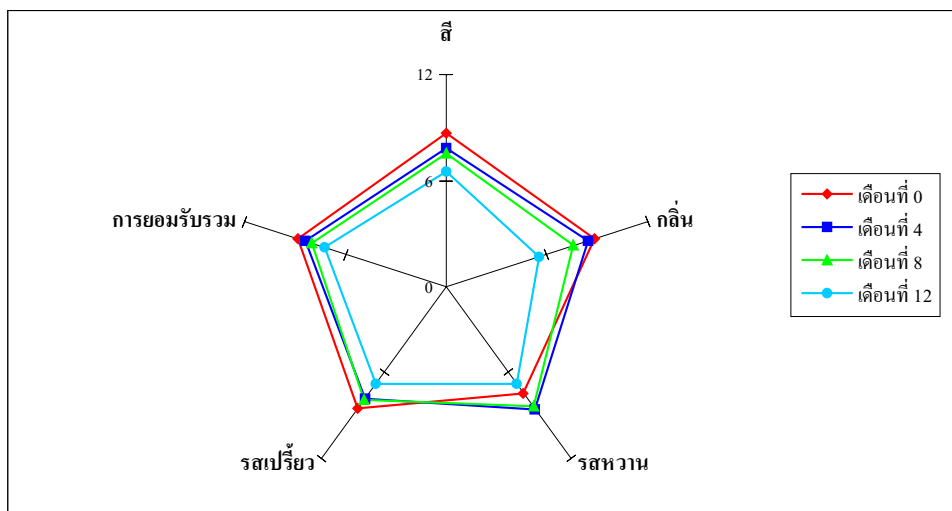
ตาราง 6.62 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อน้ำลิ้นจี่ที่แปรรูปจากเนื้อลิ้นจี่ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

เวลา (เดือน)	คะแนนความพอใจที่มีต่อ				
	สี	กลิ่นลิ้นจี่	รสหวาน	รสเปรี้ยว	การยอมรับรวม
0	8.70±1.41 ^a	8.81±2.63 ^a	7.43±1.91 ^{ab}	8.51±2.44	8.83±1.44 ^a
4	7.85±2.30 ^{ab}	8.47±1.73 ^a	8.55±0.88 ^a	7.86±1.53	8.39±1.45 ^{ab}
8	7.52±1.35 ^{ab}	7.52±2.00 ^a	8.40±1.75 ^a	7.87±1.99	8.05±1.15 ^{ab}
12	6.53±1.86 ^b	5.57±1.71 ^b	6.74±1.00 ^b	6.76±0.94	7.26±1.55 ^b

- หมายเหตุ 1. ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
3. คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าอยู่ระหว่าง 1-12 โดย 1 = การยอมรับน้อยที่สุด, 12 = การยอมรับมากที่สุด



รูป 6.44 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อลิ้นจี่ที่ปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน



รูป 6.45 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อน้ำลิ้นจี่ที่แปรรูปจากเนื้อลิ้นจี่ที่ปนบรรจุกระป๋องขนาด A10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

บทที่ 7

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง การศึกษาเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ลีนจีและการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

7.1 ผลการศึกษาลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ลีนจีอบแห้งทั้งเปลือก ที่ผู้ทดสอบชิมต้องการ พบว่าผู้ทดสอบชิมต้องการให้ผลิตภัณฑ์ลีนจีอบแห้งทั้งเปลือก มีเปลือกเป็นสีแดง มีกลิ่นลีนจี และมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว

7.2 เมื่อเปรียบเทียบลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ลีนจีอบแห้งทั้งเปลือก ที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาดกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ลีนจีอบแห้งที่ผู้ทดสอบชิมต้องการ พบว่าผลิตภัณฑ์ลีนจีอบแห้งทั้งเปลือกที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาดมีลักษณะไม่ตรงกับความต้องการของผู้ทดสอบชิม เนื่องจากมีเปลือกเป็นสีน้ำตาล มีกลิ่นลีนจีเหลืออยู่น้อย และมีรสชาติที่เปรี้ยวมาก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ลีนจีอบแห้งทั้งเปลือกที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาดไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

7.3 ผลการเปรียบเทียบรูปแบบของอุณหภูมิเพื่อใช้เป็นแนวทางในการอบแห้ง 3 รูปแบบ พบว่าการอบแห้งรูปแบบที่ 2 ใช้ระยะเวลาการอบแห้งสั้นที่สุดคือ 39 ชั่วโมง รองลงมา คือ การอบแห้งรูปแบบที่ 1 และ 3 ซึ่งใช้ระยะเวลาการอบแห้ง 42 และ 60 ชั่วโมง ตามลำดับ และการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบได้ผลิตภัณฑ์ลีนจีอบแห้งทั้งเปลือกที่มีความชื้นและค่า a_w ไม่แตกต่างกัน การอบแห้งรูปแบบที่ 2 ใช้ระยะเวลาการอบแห้งสั้นที่สุด แต่ผลิตภัณฑ์ลีนจีอบแห้งที่ได้มีรสขม มีลักษณะบวมและแตกมาก จึงไม่เป็นที่ต้องการของผู้ทดสอบชิม ดังนั้นรูปแบบการอบแห้งผลิตภัณฑ์ลีนจีอบแห้งทั้งเปลือกที่ดีที่สุด คือรูปแบบที่ 1 เป็นการอบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 60°C นาน 6 ชั่วโมง เพิ่มเป็น 70°C นาน 6 ชั่วโมง เพิ่มเป็น 80°C นาน 15 ชั่วโมง ลดลงเหลือ 70°C นาน 12 ชั่วโมง และลดลงเหลือ 60°C นาน 3 ชั่วโมง รวมเวลาที่ใช้อบแห้งทั้งหมด 42 ชั่วโมง เนื่องจากได้ผลิตภัณฑ์ลีนจีอบแห้งทั้งเปลือกที่มีความชื้น และค่า a_w ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบที่ 2 ที่ใช้ระยะเวลาการอบแห้งเท่ากัน และยังมีค่าความชื้นและค่า a_w ไม่แตกต่างจากการอบแห้งรูปแบบที่ 3 แต่ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่สั้นกว่า ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบชิมมีความชอบผลิตภัณฑ์ลีนจีอบแห้งที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการอบแห้งผลิตภัณฑ์ลีนจีอบแห้งทั้งเปลือกโดยใช้รูปแบบอุณหภูมิการอบแห้งรูปแบบที่ 1 จึงมีความเหมาะสมที่สุด

7.4 ผลลึ้นจี้ที่มีระยะความแก่-อ่อนแตกต่างกัน 2 ระยะ คือผลลึ้นจี้ที่แก่เต็มที่ (อายุการเก็บเกี่ยว 74 วัน) และผลลึ้นจี้ที่ยังไม่แก่เต็มที่ (อายุการเก็บเกี่ยว 64 วัน) มีลักษณะทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีแตกต่างกัน โดยผลลึ้นจี้ที่แก่เต็มที่ที่มีขนาดของผล และปริมาณเนื้อลึ้นจี้มากกว่าผลลึ้นจี้ที่ไม่แก่เต็มที่ และเปลือกยังมีสีแดงมากกว่าเนื่องจากมีปริมาณแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารสีที่ทำให้เปลือกมีสีแดงมากกว่าผลลึ้นจี้ที่ไม่แก่เต็มที่ และผลลึ้นจี้ที่แก่เต็มที่ที่มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดมาลิกในเนื้อลึ้นจীন้อยกว่าผลลึ้นจี้ที่ไม่แก่เต็มที่ เมื่อนำผลลึ้นจี้ที่มีระยะความแก่-อ่อนทั้ง 2 ระยะไปอบแห้งพบว่ามีคุณภาพที่แตกต่างกัน คือผลลึ้นจี้ที่แก่เต็มที่ที่มีปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อลึ้นจือบแห้งน้อยกว่าผลลึ้นจือบแห้งที่ได้จากผลลึ้นจี้ที่ไม่แก่เต็มที่

7.5 ผลการศึกษาเพื่อหาระดับความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ผลลึ้นจี้ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่เหมาะสม พบว่าความเข้มข้น 0.5 นอร์มัลและแช่นาน 15 นาที มีความเหมาะสม เนื่องจากเป็นระดับความเข้มข้นและระยะเวลาที่สามารถรักษาสีแดงของเปลือกผลลึ้นจี้ให้คงอยู่ภายหลังการอบแห้งไว้ได้มากที่สุด และไม่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อลึ้นจี้ภายหลังการอบแห้ง การแช่ในสารละลายกรดนาน 20 และ 25 นาที ทำให้มีปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อลึ้นจี้เพิ่มขึ้นภายหลังการอบแห้ง

7.6 การแช่ผลลึ้นจี้ที่มีความแก่เต็มที่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล เป็นเวลา 15 นาที ก่อนนำไปอบแห้งสามารถช่วยรักษาสีแดงของเปลือกผลลึ้นจือบแห้งให้คงอยู่ไว้ได้มากที่สุด เนื่องจากเปลือกผลลึ้นจี้ที่แก่เต็มที่ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่สูง และสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีผลช่วยให้แอนโทไซยานินมีความคงตัว จึงไม่เกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนระหว่างการอบแห้ง

7.7 การเก็บรักษาผลลึ้นจี้สดในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ มีผลให้ผลลึ้นจี้มีปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อลึ้นจี้ลดลง และการแช่ผลลึ้นจี้ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล เป็นเวลา 15 นาที ก่อนนำไปเก็บรักษาในห้องเย็นสามารถรักษาสีแดงของเปลือกผลลึ้นจี้ได้ดีกว่าผลลึ้นจี้ที่เก็บรักษาโดยไม่ได้แช่ในสารละลายกรด แล้วนำมาแช่ภายหลังการเก็บรักษา เพราะเปลือกผลลึ้นจี้บางส่วนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษา

7.8 คุณภาพของผลลึ้นจือบแห้งทั้งเปลือกที่ได้จากผลลึ้นจี้ที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล เป็นเวลา 15 นาที แล้วเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นนาน 1 สัปดาห์ ก่อนการอบแห้ง มีปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อลึ้นจীন้อยกว่าการนำผลลึ้นจี้มาแช่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปอบทันที

7.9 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลลึ้นจือบแห้งทั้งเปลือกที่ได้จากผลลึ้นจี้ที่แช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล

เป็นเวลา 15 นาที แล้วเก็บรักษาในห้องเย็น 1 สัปดาห์ ก่อนนำไปอบแห้งมากที่สุด เนื่องจากผลลึ้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกที่ได้มีลักษณะทางด้านสีเปลือก กลิ่นลึ้นจ๊อบ และรสชาติตรงกับความต้องการของผู้ทดสอบชิมมากที่สุด

7.10 การเก็บรักษาผลลึ้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกที่อุณหภูมิห้องด้วยวิธีการเก็บรักษา 4 วิธี คือการบรรจุในถุง high density polyethylene (HDPE), ถุง oriental polypropylene (OPP), ถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน พบว่าผลลึ้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกมีสีแดงของเปลือกลดลง และเปลือกมีสีคล้ำมากขึ้นระหว่างการเก็บรักษา และเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกแตกต่างกันเมื่อเก็บรักษานาน 6 เดือน โดยผลลึ้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE มีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกมากที่สุด และเมื่อเก็บรักษาครบ 10 เดือน พบว่าผลลึ้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกที่เก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน มีการเปลี่ยนแปลงสีแดงของเปลือกระหว่างการเก็บรักษาน้อยที่สุด รองลงมาคือการเก็บรักษาในถุง OPP และ ถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น ส่วนผลลึ้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE มีสีแดงของเปลือกลดลงและมีสีคล้ำเพิ่มขึ้นมากที่สุด

สำหรับปริมาณความชื้นและค่า a_w มีค่าเพิ่มขึ้น และให้ค่าแตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 6 เดือน การเก็บรักษาในถุง HDPE มีความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือการเก็บรักษาในถุง OPP ส่วนการเก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นและค่า a_w น้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 10 เดือน

การเก็บรักษาผลลึ้นจ๊อบในถุง OPP สามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางด้านสีของเปลือกผลลึ้นจ๊อบ การเพิ่มขึ้นของความชื้นและค่า a_w ของผลลึ้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกได้ดีกว่าการเก็บรักษาในถุง HDPE การใช้สารดูดความชื้นร่วมกับการใช้ถุง OPP สามารถช่วยป้องกันไม่ให้ความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้นได้ดีกว่าการใช้ถุง OPP เพียงอย่างเดียว และการใช้สารดูดออกซิเจนร่วมกับการใช้ถุง OPP และสารดูดความชื้นจะช่วยให้สีเปลือกของผลลึ้นจ๊อบแห้งเปลี่ยนแปลงช้าลงระหว่างการเก็บรักษา

7.11 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลึ้นจ๊อบแห้งทั้งเปลือกด้วยวิธีการเก็บรักษาทั้ง 4 วิธี ครบ 6 เดือน ผู้บริโภคเริ่มให้การยอมรับลักษณะของสีเปลือกของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน โดยให้การยอมรับสีเปลือกของผลลึ้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP, ถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้น และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมากกว่าผลลึ้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง HDPE และเมื่อเก็บรักษาครบ 10 เดือน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลลึ้นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมากที่สุด

7.12 สีของเปลือกผลลื่นจ๊อบแห้งสามารถใช้เป็นตัวชี้บ่งถึงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลลื่นจ๊อบแห้งมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการเก็บรักษาผลลื่นจ๊อบแห้งทั้ง 4 วิธี จึงมีอายุการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน การเก็บรักษาผลลื่นจ๊อบแห้งใน ถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 10.95 เดือน ส่วนผลลื่นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP และถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นมีอายุการเก็บรักษา 9.68 และ 9.31 เดือน ผลลื่นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาไว้ในถุง HDPE มีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุดคือ 7.22 เดือน

7.13 การศึกษาพัฒนากระบวนการผลิตเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง ผลการทดสอบความพอใจ เปรียบเทียบระหว่างเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่ผ่านการแช่อิ่มแบบช้ากับแบบเร็ว ด้วยวิธี paired comparison พบว่า ผู้ทดสอบจำนวน 19 คนในจำนวนทั้งหมด 20 คน พอใจเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งแบบช้ามากกว่าแบบเร็วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

7.14 ผลการศึกษาเพื่อหาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งแบบชา้ที่ผู้ทดสอบต้องการด้วยวิธี ideal ratio profile พบว่าผู้ทดสอบต้องการผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่มีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นลิ้นจี่ชัดเจน รสหวานอมเปรี้ยว เนื้อสัมผัสไม่นิ่มและไม่เหนียว โดยให้ความสำคัญในด้านความชอบรวมเป็นปัจจัยหลักรองลงมาคือ กลิ่น รสหวาน สี รสเปรี้ยว ความแข็ง และความเหนียว ตามลำดับ

7.15 ผลการศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง โดยวางแผนการทดลองแบบ Plackette and Burman Design ได้การทดลองทั้งหมด 8 การทดลอง นำเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งทั้ง 8 การทดลองมาวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี และทดสอบทางประสาทสัมผัส นำผลการวิเคราะห์คุณภาพทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง คือ ความเข้มข้นของน้ำตาลสุดท้ายที่ใช้ และปริมาณกรดที่มีอยู่ในส่วนผสม โดยระดับความหวานที่ระดับต่ำ คือ 35 องศาบริกซ์ ส่วนรสเปรี้ยว ปริมาณกรดซิตริก ระดับสูง คือ 0.7% แต่ค่าเฉลี่ยที่ได้ไม่เข้าใกล้ 1 สำหรับส่วนผสมอื่นๆ จัดเป็นปัจจัยรอง และเกลือไม่ใช้เป็นส่วนผสม

7.16 ผลการศึกษาเพื่อหาสูตรของน้ำเชื่อมที่เหมาะสมสำหรับการเชื่อม ด้วยการวางแผนการทดลองแบบ factorial 2^2+2 cp. ได้สูตรทั้งหมด 6 สูตร จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำเชื่อมและของเนื้อลีนจีระหว่างการเชื่อม พบว่า ระหว่างการเชื่อมมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารที่ละลายได้ โดยความเข้มข้นของน้ำเชื่อมลดลงอย่างมากในวันแรกของการเชื่อม จากนั้นอัตราการลดลงจะช้าลงแปรผันตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันกับความเข้มข้นของสารที่ละลายได้ในเนื้อลีนจี จะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในวันแรก และเพิ่มขึ้นอย่างมากในวันที่ 2 และวันที่ 3 จากนั้นจะเริ่มช้าลงเรื่อยๆ เมื่อนำผลวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อลีนจีเชื่อมอบแห้งทั้ง 6 สูตร มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า

สูตรที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย ความเข้มข้นของน้ำตาลสุดท้าย 45 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดซิตริก 0.7% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.2% และแคลเซียมคลอไรด์ 0.7% โดยมีวิธีการปรับน้ำเชื่อมเริ่มต้นจาก 35 องศาบริกซ์ เพิ่มเป็น 40 องศาบริกซ์ 45 องศาบริกซ์ และคงที่ที่ 45 องศาบริกซ์ เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการแช่อบแบบช้า

7.17 ผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพเนื้อลิ้นจี่แช่อบแห้งแบบช้า ระหว่างสูตรน้ำตาลอย่างเดียวกับสูตรน้ำตาลผสมแบบแช่ด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัสและตรวจวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี พบว่าเนื้อลิ้นจี่แช่อบแห้งแบบช้าสูตรใช้น้ำตาลอย่างเดียวกันให้คุณภาพในด้านสี ความใส ความชอบรวม มากกว่าสูตรที่เติมแบบแช่ โดยมีค่าสี L , a^* และ b^* ค่าแรงเฉือน ต่ำกว่าสูตรที่เติมแบบแช่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

7.18 ผลการศึกษาเพื่อหาชนิดของสารละลาย อัตราส่วนลิ้นจี่ : สารละลาย และระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำออสโมติกไฮเดรชันเนื้อลิ้นจี่ก่อนการอบแห้ง พบว่าการแช่ในสารละลายซูโครส 70% ที่มีสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.4% ให้ % น้ำหนักลดลง มีอัตราการสูญเสีย น้ำและผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่ได้ ได้รับการยอมรับมากกว่าการแช่ในสารละลายซูโครส 60% ที่มีกลีเซอรอล 15% และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.4% สำหรับอัตราส่วนเนื้อลิ้นจี่ : สารละลาย พบว่าอัตราส่วนเนื้อลิ้นจี่ : สารละลาย 1 : 1.5 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักลดลงใกล้เคียงกับ 1 : 2 และมากกว่า 1 : 1 ผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่ได้มีค่า ideal ratio ด้านความหวาน กลิ่นลิ้นจี่ รสเปรี้ยว ความเหนียว และการยอมรับรวมมากกว่าอัตราส่วน 1 : 2 ยกเว้นความพอใจในด้านสี ความแข็ง และต้นทุนการผลิตน้อยกว่าอัตราส่วน 1 : 2 สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในการทำออสโมซิส พบว่าการแช่ระหว่างชั่วโมงที่ 3 ถึงชั่วโมงที่ 5 มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักลดลงใกล้เคียงกันมาก เช่นเดียวกันกับปริมาณสารที่ละลายได้ที่เพิ่มขึ้นในเนื้อลิ้นจี่ จึงเลือกใช้เวลา 3-4 ชั่วโมงเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสม

7.19 ผลการศึกษาเพื่อหาวิธีการอบแห้งเนื้อลิ้นจี่แช่อบแห้งที่เหมาะสม พบว่าการอบแห้งรูปแบบที่เหมาะสม คือ เริ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C 2 ชั่วโมงลดอุณหภูมิเป็น 65°C 2 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิเป็น 60°C อบแห้งต่อไปจนครบเวลา 14 ชั่วโมง จะได้เนื้อลิ้นจี่แช่อบแห้งที่มีเปอร์เซ็นต์ ความชื้น 23.12 %, a_w 0.482, ค่าสี L 43.56 ค่าสี a^* 2.56 และค่าสี b^* 12.89

7.20 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในการอบเนื้อลิ้นจี่อบแห้งแบบออสโมติกดีไฮเดรชัน พบว่าในช่วงต้นของการอบแห้ง (4 ชั่วโมงแรก) มีการระเหยน้ำออกอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเห็นได้จากเปอร์เซ็นต์น้ำหนักลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักลดลงค่อนข้างช้าลง และคงที่เมื่ออบไปได้ 12 ชั่วโมง ภายหลังการอบแห้งนาน 14 ชั่วโมงได้เนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่มีความชื้น $31.33 \pm 0.063\%$ และ a_w 0.421 ± 0.0078

7.21 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพระหว่างการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่อบแห้ง ทั้งที่อุณหภูมิ 8°C 12 เดือน และอุณหภูมิ $25-30^{\circ}\text{C}$ 10 เดือน ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด คือ

ถุงอัดแก๊สไนโตรเจน ถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน และถุงอะลูมิเนียม ในด้านสีพบว่า ค่าสี L ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ค่าสี L เฉลี่ยที่อุณหภูมิ 8 °ซ มีการเปลี่ยนแปลงลดลงมากกว่าที่อุณหภูมิ 25-30 °ซ และที่อุณหภูมิ 25-30 °ซ ค่าสี L เฉลี่ยของเนื้อลันจ์แช่อบแบบแห้งในถุงอันแก๊สไนโตรเจนมีค่ามากกว่าในถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน และมากกว่าในถุงอะลูมิเนียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับค่าสี a^* พบว่า ค่าสี a^* เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และค่าสี a^* ที่อุณหภูมิ 25-30 °ซ มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากกว่าที่อุณหภูมิ 8 °ซ สำหรับค่าสี b^* พบว่าค่าสี b^* มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าสี b^* เฉลี่ยทั้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 °ซ กับที่อุณหภูมิ 25 °ซ สำหรับเนื้อสัมผัส พบว่าเนื้อลันจ์แช่อบแบบแห้งมีการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงเคี้ยวเพียงเล็กน้อยและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งสองอุณหภูมิ

7.22 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างการเก็บรักษาเนื้อลันจ์แช่อบแบบแห้งทั้งที่อุณหภูมิ 8 °ซ 12 เดือน และ อุณหภูมิ 25-30 °ซ 10 เดือน ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด คือ ถุงอัดแก๊สไนโตรเจน ถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน และถุงอะลูมิเนียม พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 °ซ และการลดลงของปริมาณกรดมากกว่าที่อุณหภูมิ 8 °ซ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาของแต่ละบรรจุภัณฑ์ พบว่าที่อุณหภูมิ 8 °ซ การเก็บรักษาในถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนมีปริมาณกรดทั้งหมดลดลงมากกว่าถุงอะลูมิเนียมและถุงอันแก๊สไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ที่อุณหภูมิ 25-30 °ซ

7.23 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 °ซ ในถุงอะลูมิเนียมมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา แต่มีค่าความชื้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บรักษาต่ำกว่าถุงอัดแก๊สไนโตรเจนและถุงโพลีโพรพิลีน ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดที่อุณหภูมิ 8 °ซ

ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 °ซ มีผลทำให้ค่า a_w ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่อุณหภูมิ 25-30 °ซ ค่า a_w เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ค่า a_w เฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 °ซ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยถุงอะลูมิเนียมและถุงโพลีโพรพิลีนที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน มีค่า a_w เพิ่มขึ้นน้อยกว่าถุงอัดแก๊สไนโตรเจน แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่า a_w เฉลี่ยระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดที่อุณหภูมิ 8 °ซ

7.24 การศึกษาเนื้อลีนจีตีปนบรรจุกระป๋อง ได้สำรวจความต้องการของผู้ประกอบการ จำนวน 20 ราย พบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่ต้องการเนื้อลีนจีที่มีขนาดชิ้นใหญ่กว่า 4.7 มิลลิเมตร เมื่อแปรผันระยะเวลาการป่นเนื้อลีนจีตีปนเป็น 5, 10, 15 และ 20 วินาที พบว่าการป่นเนื้อลีนจีนาน 5 วินาที ให้สัดส่วนของชิ้นเนื้อลีนจีที่มีขนาดใหญ่มากกว่า 4.7 มิลลิเมตรมากที่สุด

7.25 ผลการศึกษาเพื่อหาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการปรับพีเอชโดยไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพู พบว่าการเติมกรดซิตริกให้ได้ความเข้มข้น 0.10 % ทำให้เนื้อลีนจีตีปนมีพีเอช สดท้ายเท่ากับ 3.95 ซึ่งเป็นช่วงพีเอชที่ใกล้เคียง 4 โอกาสการเกิด pink discolouration ในผลิตภัณฑ์น้อยและไม่แตกต่างจากเนื้อลีนจีตีปนที่ไม่เติมกรดซิตริก

7.26 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน โดยการทำ incubation test ของเนื้อลีนจีชิ้นแตกและเนื้อลีนจีตีปนที่บรรจุกระป๋องขนาด 300x407 พบว่า ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อในน้ำเดือด (98 องศาเซลเซียส) นาน 18 นาที ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ชนิดใดๆ เช่นเดียวกับกระป๋องขนาด 603x700 ที่พบว่าระยะเวลาการฆ่าเชื้อในน้ำเดือด นาน 25 นาที แต่เนื่องจากเนื้อลีนจีมีพีเอชและความเป็นกรดผันแปรสูงมาก ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์จึงกำหนดระยะเวลาฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์เนื้อลีนจีทั้ง 2 ชนิด สำหรับกระป๋องขนาด 300x407 ใช้ระยะเวลาฆ่าเชื่อนาน 18 นาทีเท่ากัน ส่วนที่บรรจุกระป๋องขนาด 603x700 เนื้อลีนจีชิ้นแตกและเนื้อลีนจีตีปนใช้ระยะเวลาฆ่าเชื่อนาน 28 และ 30 นาที ตามลำดับ

7.27 ผลการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนพบว่าเนื้อลีนจีชิ้นแตกมีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแบบ rapid convection และเนื้อลีนจีตีปนเป็นการเคลื่อนที่เป็นแบบ slow convection ทั้งนี้กราฟที่ได้มีลักษณะเป็น simple heating curve ตำแหน่งร้อนช้าที่สุดของกระป๋องขนาด 300x407 และกระป๋องขนาด 603x700 เท่ากับ 3.5 และ 6.5 เซนติเมตร นับจากขอบล่างของกระป๋อง ตามลำดับ

7.28 ผลการศึกษาเพื่อหาค่า sterilization value ($F_{100}^{8.9}$) พบว่าเนื้อลีนจีชิ้นแตกมีค่า $F_{100}^{8.9} = 3.61$ และ 3.40 นาที ส่วนเนื้อลีนจีตีปนมีค่า $F_{100}^{8.9} = 3.24$ และ $F_{100}^{8.9} = 3.22$ นาที เมื่อบรรจุกระป๋องขนาด 300 x 407 และกระป๋องขนาด 603 x 700 ตามลำดับ

7.29 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาไม่พบจุลินทรีย์ชนิดใดๆ ในผลิตภัณฑ์ทั้งหมดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

7.30 สมบัติทางกายภาพ พบว่าความเป็นสุญญากาศ ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหาร และน้ำหนักสุทธิเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่สำหรับน้ำหนักเนื้อและค่าสี L มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสี a* และ ค่าสี b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

7.31 การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมี พบว่าค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการลดลงของน้ำตาล

ซูโครสที่ถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ขณะที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน

7.32 การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อนำเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกมาแปรรูปเป็นแยม และนำเนื้อลิ้นจี่ตีป่นมาแปรรูปเป็นน้ำลิ้นจี่ ผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปแล้วถึงแม้ว่าการยอมรับในเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกและเนื้อลิ้นจี่ตีป่นจะน้อยกว่าก็ตาม

7.33 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่าในด้านความปลอดภัยผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ทั้งสองชนิดที่บรรจุกระป๋องทั้งสองขนาดสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานกว่า 12 เดือน ในด้านการยอมรับพบว่าสีของผลิตภัณฑ์เป็นคุณลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ เนื่องจากการเกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพู (pink discolouration) และการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ระหว่างการเก็บรักษา ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่ได้รับการยอมรับเมื่อมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 8 เดือน ยกเว้นเนื้อลิ้นจี่ขึ้นเตกบรรจุกระป๋องขนาด 603 x 700 เก็บรักษาได้น้อยกว่า 8 เดือน

ข้อเสนอแนะ การศึกษาเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ลื่นจีและการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ จากผลการทดลองมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ในการเด็ดขั้วผลลื่นจีสดออกจากก้านเพื่อนำไปอบแห้ง ควรระวังไม่ให้เกิดการฉีกขาดของเปลือกที่บริเวณขั้วของผลลื่นจี หากขั้วของผลลื่นจีฉีกขาด เมื่อนำผลลื่นจีไปแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก กรดสามารถซึมผ่านเข้าไปในเนื้อลื่นจีได้ ซึ่งมีผลทำให้เนื้อลื่นจีภายหลังการอบแห้งมีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น

2. การอบแห้งผลลื่นจีทั้งเปลือกโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดนี้ นอกจากรูปแบบของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งจะมีผลต่อการแตกและการยุบตัวของผลลื่นจีภายหลังการอบแห้งแล้ว ปริมาณผลลื่นจีที่ใส่ลงบนถาดเพื่อนำเข้าอบก็ยังมีผลต่อปริมาณผลลื่นจีแตกและยุบตัวภายหลังการอบแห้งด้วยเช่นกัน โดยผลลื่นจีที่ใส่ในแต่ละถาดไม่ควรใส่ในปริมาณที่มากเกินไปและไม่ควรวางผลลื่นจีในลักษณะที่ซ้อนทับกัน เพราะจะทำให้ผลลื่นจีแตกและบวมภายหลังการอบแห้ง เนื่องจากผลลื่นจีเป็นผลไม้ที่มีเปลือกบาง เมื่อนำผลลื่นจีมาแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก มีผลทำให้เปลือกของผลลื่นจีอ่อนนุ่มลง และผลลื่นจียังเป็นผลไม้ที่มีน้ำอยู่ในเนื้อเป็นจำนวนมาก และลักษณะของผลลื่นจีที่บริเวณเปลือกด้านในและเนื้อลื่นจีไม่ได้มีการเชื่อมติดกัน ซึ่งในระหว่างการอบแห้งเมื่อน้ำระเหยออกจากเนื้อลื่นจี จะมีการหดตัวของเนื้อลื่นจีเกิดขึ้น เพราะน้ำที่แทรกตัวอยู่ในโครงสร้างของเนื้อลื่นจีระเหยออกไป ซึ่งการหดตัวของเนื้อลื่นจีดังกล่าว ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเปลือกด้านในและเนื้อลื่นจีขึ้น ดังนั้นหากมีการวางเรียงผลลื่นจีในถาดที่แน่นเกินไปหรือวางซ้อนทับกัน แรงที่กดทับจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการยุบตัวของเปลือก เป็นผลให้ผลลื่นจีบวมและแตกภายหลังการอบแห้งได้ง่าย

3. ผลการศึกษาวิธีการเก็บรักษาและอายุการเก็บรักษาผลลื่นจีอบแห้งทั้งเปลือกที่อุณหภูมิห้อง พบว่าสามารถเก็บรักษาผลลื่นจีอบแห้งทั้งเปลือกให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้เพียง 10.95 เดือน หากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ การเกิดปฏิกิริยาต่างๆจะเกิดได้ช้าลง จึงน่าจะสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลลื่นจีอบแห้งทั้งเปลือกให้นานขึ้นได้ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลลื่นจีอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อให้สามารถเก็บรักษาผลลื่นจีอบแห้งทั้งเปลือก ให้มีลักษณะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้นานที่สุด

4. ผลลื่นจีที่เก็บเกี่ยวในช่วงปลายฤดู ส่วนใหญ่มีปริมาณกรดทั้งหมดค่อนข้างลดลงเนื่องจากผลลื่นจีแก่จัดและมีรสหวาน ดังนั้นในขั้นตอนการผลิตต้องเติมกรดในปริมาณที่มากเพื่อปรับค่าพีเอชให้ต่ำลง ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพู มากกว่าการใช้ผลลื่นจีในช่วงต้นและกลางฤดู ถ้าเป็นไปได้ควรทำการผลิตในช่วงต้นฤดู เพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บรักษาได้นานและมีคุณภาพดี

5. การทดลองที่มีความน่าสนใจศึกษาเพิ่มเติม คือการศึกษาชนิดของกรดที่มีผลต่อการเกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพูของผลิตภัณฑ์ลื่นจีโดยเฉพาะกรดซิตริกและกรดมาลิก หรือกรด

อินทรีย์ ชนิดอื่นๆ เพราะในเนื้อล้นจีมีกรดมาลิกเป็นองค์ประกอบมากที่สุด ขณะที่กรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์ ที่นิยมเติมลงไปเพื่อใช้ในการปรับพีเอช ดังนั้นหากศึกษาพบว่ากรดชนิดใดที่เป็นปัจจัยสำคัญเร่งให้เกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพู น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ล้นจี

6. ปัญหาการผลิตเนื้อล้นจีดีปนบรรจุกระป๋อง พบว่ามีฟองอากาศเกิดขึ้นมากในระหว่างการเตรียมและการไล่อากาศ ดังนั้นต้องระวังและแน่ใจว่าสามารถไล่อากาศออกจากกระป๋องได้หมด มิฉะนั้นอาจทำให้เกิด under sterilization ได้ ถ้ามีอากาศเหลืออยู่ภายในกระป๋องมาก

เนื่องจากเนื้อล้นจีบรรจุกระป๋องมีโอกาสเกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพูได้ง่าย หากสัมผัสความร้อนนาน ดังนั้นเพื่อให้เนื้อล้นจีสัมผัสความร้อนที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาสั้นที่สุด อุณหภูมิเริ่มต้นจึงไม่ควรต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส การฆ่าเชื้อนิยมใช้วิธีฆ่าเชื้อในน้ำเดือดมากกว่าการฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อ และเพื่อลดระยะเวลาการฆ่าเชื้อให้สั้นลงควรใช้ continuous cooker แทนหม้อต้ม

7. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านการยอมรับสีของเนื้อล้นจีขึ้นเตกบรรจุกระป๋องต่ำกว่า 8 เดือนนั้น สาเหตุเนื่องจากการเกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพูมีมาก ส่งผลให้สีของเนื้อล้นจีเปลี่ยนเป็นสีชมพูมากกว่าผลิตภัณฑ์อื่นๆ เพราะระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่นานเกินไป ดังนั้นจึงควรปรับเวลาฆ่าเชื้อให้ลดน้อยลงตามเวลาฆ่าเชื้อที่คำนวณได้จากวิธี Ball formula

8. ผลิตภัณฑ์เนื้อล้นจีแช่เย็นแช่แข็งและเนื้อล้นจีอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชันที่พัฒนาขึ้นนั้น พบว่าคุณลักษณะในด้านกลิ่นหอมของล้นจี เป็นคุณลักษณะเดียวที่ได้คะแนนความพอใจจากผู้ชิมต่ำกว่าคุณลักษณะอื่นๆ เนื่องจากมีกลิ่นหอมของล้นจีเหลืออยู่น้อยกว่าเนื้อล้นจีสด ดังนั้นในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีกลิ่นหอมเพิ่มขึ้นและอยู่ทนทานไม่จางหายไประหว่างการเก็บรักษา เป็นสิ่งที่ควรทำการศึกษาทดลองต่อไป ด้วยการปรับปรุงระยะเวลาการแช่เนื้อล้นจี การเติมกลิ่น และการทดลองใช้เครื่องอบแบบอื่นๆ อาทิเช่น heat pump dryer

การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เป็นสิ่งที่น่าสนใจจะมีการศึกษาเพิ่มเติมทั้งในด้านความเข้มข้นของสารละลายซูโครสที่เหมาะสม อุณหภูมิที่เหมาะสม ความเร็วในการกวน ตลอดจนการใช้ระบบสูญญากาศ

การศึกษาพัฒนาการอบเนื้อล้นจีโดยใช้เทคนิคอื่นๆ อาทิเช่น การแช่แข็งหรือการทำให้ฟอง หรือ การทำออสโมติกดีไฮเดรชัน หรือการอบโดยใช้ vacuum dryer หรือ freeze dryer เป็นสิ่งที่น่าสนใจทำการศึกษาพัฒนาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2540. ข้อมูลพื้นที่ปลูกและผลผลิตของมะม่วง ส้มเขียวหวาน ลำไยและลิ้นจี่
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์. 2539. เอกสารประกอบการสัมมนา "การผลิตและการ
ตลาดลิ้นจี่ปี 2539" ณ โรงแรมดุสิตไฮสแตนดาร์ดสอร์ท จังหวัดเชียงราย 5 เมษายน 2539, 42 หน้า
- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2539. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : ลิ้นจี่ในภาชนะบรรจุกระป๋อง*,
มอก. 67.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2523. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : วิธีวิเคราะห์อาหารทางจุลชีววิทยา*
เล่ม 1, มอก. 335.
- จิ่งแท้ ศิริพานิช. 2538. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม, 307 น.
- จิตรนา แจ่มเมฆ และคณะ. 2539. *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร*. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จัญญ์ จันทลักษณ์. 2540. *สถิติ วิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : บริษัทโรง
พิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.
- ดวงพร วินิชกุล. 2526. สีส้มอาหาร. ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
เชียงใหม่, 135 น.
- ทิพาพร อยู่วิทยา. 2535. สารความรู้เกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ : การกำหนดกระบวนการ
การฆ่าเชื้อด้วยความร้อน. *อาหาร*. 22(4) : 39-50.
- ธวัชชัย ชินวงศ์. 2541. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลสดทางพืชสวน. ภาควิชาเกษตรศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สถาบันราชภัฏสุรินทร์, 642 น.
- นิธิยา รัตนพานนท์. 2543. *เคมีอาหาร*. เชียงใหม่ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 35 และ 255 .
- นิธิยา รัตนพานนท์ และดนัย บุญเกียรติ. 2543. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีระหว่าง
การรักษาลิ้นจี่ที่รมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 31: 13-24.
- ไพบุลย์ ธรรมรัตน์วาลิก. 2532 . *กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร*. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ,
302 น.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539. *หลักการทางเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์*. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 571 น.

- เมธิณี เหั่วซึ่งเจริญ. 2542. *เอกสารประกอบการเรียน*. “ การวัดค่า F_0 ของอาหารกระป๋อง ” คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 59 น.
- รัตนา อัดตปัญญา. 2543. *เอกสารประกอบการเรียน*. “ การแปรรูปด้วยความร้อน ” คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 133 น.
- รัตนา อัดตปัญญาและอัจฉรา เทียมภักดี. 2542. วิธีการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสดเพื่อการแปรรูปเป็นเนื้อลำไยอบแห้งในเชิงพาณิชย์. รายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. วิศวกรรมแปรรูปอาหาร : การถนอมอาหาร. โอ.เอส.พรีนติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ, 284 น.
- ลักขณา รุจนะไกรกานต์และนิธิยา รัตนปนนท์. 2539. หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 270 น.
- ประคตเดช กัลยานมิตร. 2540. (ข้อมูลจากการสัมภาษณ์)
- วารุณี วารัญญานนท์ และ Hirata, T. 2540 . การพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารในประเทศญี่ปุ่น. วารสารอาหาร. 27(1):1-13.
- วิไล รังสาดทอง. 2543. “การสเตอริไลซ์”. ในเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น , กรุงเทพฯ , หน้า 152-196.
- สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม, 364 น.
- สินธนา ลีนานุกรักษ์. 2542. *การแปรรูปผักและผลไม้*. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- สิงหนาท พวงจันทร์แดง. 2533. การแปรรูปลิ้นจี่อบแห้งระดับหมู่บ้านเกษตรกร สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ เชียงใหม่, 55 หน้า
- สุมาลี เหลืองสกุล. 2542. จุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ชัยเจริญ, กรุงเทพฯ, หน้า 75-95 และ 185-189.
- อรรถพ เดชะพันธ์ และ สิงหนาท พวงจันทร์แดง. 2535. *อาหาร*. 22(2) : 39-50.
- Adams, J.B. and Blundestone, H.A.W. 1971. Canned fruits other than citrus. In *The Biochemistry of Fruits and Their Products*. Hulme, A.C. (ed.), pp. 507-537.
- Anthistle, M.J. and Dickinson, D. 1959. Fruit vegetable canning. *Quick Freez. Res, Ass.*, Camden., Res. Leaflet No. 4

- Association of Official Analysis Chemists. 1990. Official Methods of Analysis of the AOAC. 15th ed., Vol. 2, p. 910-930, 1045-1114, AOAC, Washington, USA.
- Association of Official Analysis Chemists. 1995. Official Methods of Analysis of the AOAC. 16th ed., AOAC, Virginia, USA.
- Arthur T. 1992. Thermal process calculations . *In Handbook of Food Engineering* Dennis R.H. and Daryl B.L (eds), pp.563-604, Marcel Dekker, New York.
- Azizi, A. and Ranganna, S. 1993a. Spoilage organisms of canned acidified mango pulp and their relevance to thermal processing of acid foods. *J. Food Sci. Tech.* 33 (5) : 434-435.
- Azizi, A. and Ranganna, S. 1993b. Thermal processing of acidified vegetable. *J. Food Sci. Tech.* 30 (6) : 422-428.
- Board, P.W. and Seale, P.E. 1954. Thermal processing of canned banana. *Food Press.*, Q 14 (1) :2
- Bemiller, J.N. and Whistler, R.L. 1996. Carbohydrates. In *Food Chemistry* O.R. Fennema (ed), Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 157-223.
- Bolin, H.R. and Steel, R.J. 1987. Nonenzymatic browning in dried apples during storage. *J. Food Sci.*, 52 (6) : 47.
- Bongirwar, D.R. and Sreenivasan, A. 1997. Studies on osmotic dehydration of bananas. *J. Food Sci. Tech.* 14 : 100-112.
- Cavaletto, C.G. 1980. Lychee. In *Tropical and Subtropical Fruits*, S Naga and P.E. Shaw (eds.), *Adv. Food Res.*, 17:173, 208.
- Chan, H.T. and Kwok, S.C.M. 1975. Importance of enzyme inactivation prior to extraction of sugar from papaya. *J. Food Sci.*, 40:770-771.
- Chan, H.T., Kwok, S.C.M. and Lee, C.W.Q. 1975. Sugar composition and invertase activity in Lychee. *J. Food Sci.*, 40:772-774.
- Chakraborty, S., Rodriguez, S., Sampathu, S.R. and Saha, N.K. 1974. Prevention of pink discolouration in canned litchi. *J. Food Sci Tech.* 11 : 266-268.
- Cohen, J.S. and Yang, T.C.S. 1999. Osmotic dehydration and its application in nutrient infusion. Advanced process team U.S. army SBCCOM, USA.
- Davidek, J., Velisek, J. and Pokormy, J. 1990. Chemical changes during food processing. Elsevier, Amsterdam. 448 pp.
- Day, H.G. and Sheu, M.J. 1996. Prevention of lychee juice discolouration during extraction. *IFT annual meeting : book of abstraction* p. 87.

- Delvalle, J.M. and Valenzuela, F. 1999. Capillary infiltration phenomena in osmotic dehydration of carrots. Chemical and Bioprocess Engineering. Pontificia University, Chile.
- Dominic, W.S.W. 1989. Mechanism and theory in food chemistry. Van Nostrand, New York, pp. 161-167.
- Duvenhage, J.A. 1994. Control of post-harvest decay and browning of litchi fruit by sodium metabisulphite and low pH dips-an update. Litchi Yearbook-South African Litchi Growers Association 6:36-38.
- Duvenhage, J.A., Mostert, M.M. and Marais, J.J. 1995. Postharvest sulphuring and low pH treatment for retention of skin colour of litchi fruit. S. Afr. Litchi Grs. Yrbk., 7 : 44-46.
- Ewaidah, E.H. 1992. Studies on commercially canned juice produced locally in Saudi Arabia. III. Physicochemical, organoleptic and microbiological assessment. Food. Chem. 44 (2) : 111-103.
- Fellow, P. 1993. Food Processing Technology : Principles and Practice. Ellis Horwood Publishing Ltd., Cambridge, 505 pp.
- Fennema, O.R. 1995. *Food chemistry*. Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 681-697.
- Fito, P., Barat, J.M. and Chiralt, A. 1999. Structural change kinetics in osmotic dehydration of apples tissue. Department of Food Technology. University of Politenica de Valencia, Spain.
- Fuchs, Y., Zauberman, G., Ronen, R., Rot, I., Weksles, A and Akerman, M. 1993. The physiological basis of litchi fruit pericarp color retention. Acta Hort., 343:29-33.
- Garg, N., Kalra, S.K., and Tandon, D.K. 1997. Heat resistance studies of spoilage yeasts from preserved mango slices. *J. Food Sci. Tech.* 34 (6) : 526-528.
- Garcia, M.A., Waliszewski, K.N. and Salgado, M.A. 1999. Modeling of moisture and solute diffusivities jointly with equilibrium conditions during osmotic drying of pineapple slices. Institution of Technology Veracruz, Mexico.
- Ghosh, B., Biswas, B., Miltra, S.K. and Bose, T.K. 1988. Physico-chemical composition of some promising cultivars of litchi adapted in West Bengal. *Indian Food Packer*, 42 (1):34-37.
- Gordon, L.R. 1993. Food packaging principles and practice. Marcel Dekker Inc., New York, p. 676.
- Grabowski, S. and Marcotte, M. 1999. The pretreatment effects on osmo-convective dehydration of cranberries. Food Reseach and Development Centre, Canada.

- Gustavo, V.B. and Humberto, V.M. 1996. Dehydration of food. Chapman & Hall, New York, pp. 29-159.
- Holcroft, D.M. and Mitcham, E.J. 1996. Postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *J. Postharvest Biol. Technol.*, 9:265-281.
- Hosahalli S.R. and Singh R.P. 1997. Sterilization Process Engineering. In *Handbook Engineering Practice* Keneth J.V., Enrique R. and Singh R.P., pp.37-69, USA.
- Hwang, L.S and Cheng, Y. C. 1986. Pink discolouration in canned lychees. In *Role of Chemistry in the Quality of Processed Food*, O. R. Fennema, W. H. Chang and C. Y. Lii (eds.), Food and Nutrition Press, Inc., Wesport, CT.
- Holdsworth, S.D. 1997. Thermal processing of package foods. Chapman & Hall, London.
- Huang, C.S., Pen, K.Y., Yang, C.T. and Wei, S.C. 1985. Studies on mechanical peeling and pitting for Lychee. *Food Ind. Res. Dev. Ifst. Res. Rep.* 385, Hsinchu, Taiwan, ROC (Chinese).
- Hulme, A.C. 1971. The biochemistry of fruit and their products. Academic Press Inc., London.
- Hunter Lab. 1997. *ColourQuest II Colorimeter*. Hunter Associates Laboratories Inc., Virginia.
- Hwang, L.S. and Cheng, Y.C. 1986. Pink discoloration in canned lychees. In *Role of Chemistry in the Quality of Processed Food*, O.R. Fennema. W.H. Chang and C.Y. Lii (eds.), Food and Nutrition Press, Inc., Westport, CT.
- Javier, R.L., Cesar, O.F., and Pedro, W.E. 1999. Changes in anthocyanin concentration in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during maturation. *J. Food Chem.*, 65:195-200.
- Jiang, Y.M., Zaoberman, G. and Fuchs, Y. 1997. Partial purification and some properties of polyphenol oxidase extracted from litchi fruit pericarp. *J. Postharvest Biol. Technol.*, 10:221-228.
- John, D.F. 1993. Aseptic processing technology. In *Principles of Aseptic Processing and Packaging*. John, D.F. (ed.), pp. 115-131. The Food Processors Institute, New York.
- John, B.H. 1994. Food colour and appearance. Academic Press, New York, pp. 391-439.
- Kadam, S.S. and Deshpande, S.S. 1995. Lychee. In *Handbook of Fruit Science and Technology*. D.K. Salunkhe and S.S. Kadam (eds.) Basel, New York, pp. 435-443.
- Ketsa, S. and Leelawatana, K. 1992. Effect of pre and post storage acid dipping on browning of lychee fruit. *Acta Hort.*, 321:726-731.
- Kim, M.K., Lec, T.S., Chio, J.Y., and Park, S.O. 1997. Effect of storage temperature on the components of canned oranges. *Agric. Chem and Biotechnol.*, 40 (3) : 209-214

- Kluter, N., Nattress, D.T., Dunne, C.P. and Popper, R.D. 1996. Shelf life evaluation of Bartlett pears in retort. *J. Food Sci.* 61(6) : 1297-1302.
- Kremer –Kohno, S. and Lonsdale, J.H. 1990. Maintaining market quality of fresh litchi during storage. *Litchi Yearbook-South African Litchi Growers Association* 3:15-17.
- Larousse, J. and Brown, E.B. 1997. Food canning technology. Wiley & Sons, Inc., New York.
- Lazarides, H.N. 1994. Osmotic preconcentration: developments and prospect. In *Minimal Processing of Foods and Process Optimisation*. An Interface, Boca Raton, FL : CRC Press.
- Lazarides, H.N. and Mavroudis, N.E. 1995. Freeze/thawing effects on mass transfer rates during osmotic dehydration. *J. Food Sci.* 60 : 826-828.
- Lazarides, H.N., Nicolaidis, A. and Katsanidis, E. 1995. Sorption changes induced by osmotic preconcentration of apples slices in different osmotic media. *J. Food Sci.* 60 : 348-350.
- Lopez-Malo, A. and Falon, E. 1994. Shelf stable high moisture papaya minimally processed by combined method. *Food Research International* 27 (6) : 545-553.
- Luch, B.S., Leonard, S.J., and Patel, D.S. 1960. Thermal processing of canned pear. *J. Food and Technol.*, 14 : 53.
- Luh, B.S., Kean, C.E. and Woodroof, J.G. 1986. Canning of fruit. In *Commercial Fruit Processing*, 2nd ed., J.G. Woodroof and B.S. Luh (eds.), AV1 Publishing Co., Westport, CT.
- Macrea, R., Robinson, R.H., and Sadler, M.J. 1993. Encyclopaedia of food science, food technology, and nutrition. Academic Press Inc., London. 651 pp.
- Mata, M., Perez, F.A., Garcia, H.S. and Tovar, B. 1999. Sensory quality and composition of osmotic dehydrated pre-cut papaya slices. Institute Technology Tepic, Mexico.
- Mazza, G. and Miniati, E. 1993. Anthocyanins in fruits, vegetables and grains. Ann & Arbor, London, pp. 138-139.
- Morton, R.D. 2000. Determination of F-values for minimally processed acid foods. Proceeding of the twentieth annual conference workshop on designing thermal process for food. IFTPS.
- Nath, N. and Ranganna, S. 1981. Determination of thermal process schedule for acidified papaya. *J. Food Sci.* 46 : 201-211.
- Nath, N., and Ranganna, S. 1983. Determination of thermal process schedule for canned mandarin orange segment. *J. Food Sci Tech.* 14 : 113-119.
- Nath, N., and Ranganna, S. 1983. Determination of thermal process schedule for guava (*Psidium guajava* Linn). *J. Food Tech.* 18 : 301-316.

- Nip, W.N. 1988. Handling and preservation of Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) with emphasis on colour retention. *J. Trop. Sci.* 28:5-11.
- N.K. 1974. Prevention of pink discolouration in canned litchi. *J. Food Sci. Tech.* 11 : 266-268.
- Nury, F.S., Brekke, J.E. and Bolin, H.R. 1973. Food dehydration, pp. 158-198. The AVI publishing company, Inc., USA.
- Ozaslan, B.F., Ozdemir, M. and Floros, J.D. 1999. Optimization of osmotic dehydration of diced green peppers by response surface methodology. Department of Food science. Purdue University, USA.
- Paine, F.A. and H.Y. Paine. 1992. Handbook of food packaging. 2nd ed. Chapman and Hall, p. 497.
- Pazz, M.H., Valdes, A.V., Lopes, M.A., Lopez, L.C. and Welti, C.J. 1999. Vacuum osmotic dehydration of melon, apple, and mango : effect of the vacuum level and sucrose syrup concentration. University de las Americans Puela, Mexico.
- Peter, F. 1997. Guidelines for small scale fruit and vegetable processors. Midway Technology Herford, United Kingdom.
- Pinheiro, T.A., Oliveira, F.A.R. and Campelos, M.I. 1999. Assessment of the changes in selected physical properties of osmotically dehydration fruits during storage at room temperature. Portuguese Catholic University, Portugal.
- Ponting, J.D. , Watters, G., Jackson, R.R. and Stanley, W.L. 1966. Osmotic dehydration of fruits. *J. Food. Tech.* 20: 125.
- Purdue University Center for New Crops & Plant. 1999. Lychee. [online]. Available : <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/lychee.html> [5 may 2000]
- Rahman, Hussein bin ABD. 1995. Osmotic dehydration of pineapple. Ph.D. Thesis. The University of Reading, England.
- Rahman, M. S. and Lamb, J. 1990. Osmotic dehydration of pineapple. *J.Food Sci. Tech.* 27:3.
- Ranganna, S. 1977. Plant pigments. In *Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products*. S. Ranganna (ed.) pp. 72-93. Tata McGraw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi.
- Raganna, S. 1985. Proximate Constituents. In *Handbook of Analysis of Quality Control for Fruit and Vegetable Products*. S. Raganna (ed.), pp. 1-30. Tata McGraw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi.

- Ramaswamy, H.S., and Abbatemarco, C. 1996. Thermal processing of fruits. In *Biology, Principle and Applications Vol.1*. Somogyi, L.P., Barrett, D.M. and Hui, Y.H. (eds.), pp. 25-65. Pennsylvania Inc., USA.
- Rattanapanone, N. and Boonyakiat, D. 2000. Effect of packaging materials on shelf life and physico-chemical changes during storage of lychee fruit. Poster to be presented in International Symposium on 'Postharvest 2000' at Jerusalem, Israel. 25 March-6 April 2000. In *Proceeding of the Fourth International Conference on Postharvest Science*. (R. Ben-Arie and S.Philosoph-Hadas eds.) Vol. 2, pp. 611-612.
- Ray, P.K. 1998. Post-harvest handling of litchi fruit in relation to colour retention-A Critical Appraisal. *J. Food Sci. Tech.*, 35:305-312.
- Robert, E.P., Maria, E.Q.R., and Marcelin, U.R. 1995. Litchi and rambutan insect disintestation; treatments to minimize induced pericarp browning. *J. Postharvest Biol. Tech.*, 6:139-148.
- Robert, E.P., Maria, E.Q.R., and Marcelin, U.R. 1998. Sulfite residues on litchi fruit treated with sulfur dioxide. *J. Postharvest Biol. Tech.*, 14:229-233.
- Rooney, M.L. 1995. Active food packaging. Academic Press, New York, p. 260.
- Robbers, M., Singh, R.P. and Cunha, L.M. 1997. Osmotic-convective dehydrofreezing process for drying Kiwifruit. *J. Food Sci.* 62 : 1039-1042.
- Salunkhe, D.K., and Kadam, S.S. 1995. Handbook of fruit science and technology. Basel, New York.
- Sanket, J.C., Miraj, A.M. and Suprate, K. 1997. Osmotic dehydration of banana slices. *J. Food Sci.* 60 : 496-498.
- Saini, S.P.S., Bawa, A.S. and Ranote, P.S. 1996. Thermal process for ready-to-serve mango. *J. Food Sci. Tech. - India*. 33(5) : 434-435.
- Singh, A., Abidi, A.B. and Srivastava, S. 1987. Variation in quality traits of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) cultivars. *J. Food Sci. Tech. (India)*, 24:264-266.
- Soleha, J., Ngks, K.S. and Mamat, S.E. 1991. Maintaining the storage quality of tropical dried fruit mix with glycerol. *J. Food Qual.*, 14 (3): 219-228.
- Somogyi, P. Barrett, D.M. and Hui, Y.H. 1996. *Processing Fruits : Science and Technology. Volume 1*. Technomic Publishing Company, Pennsylvania, pp. 1-66.
- Somogyi, P. and Barrett, D.M. and Hui, Y.H. 1996. *Processing Fruits : Science and Technology Volume 2*. Technomic Publishing Company, Pennsylvania, pp. 397-400, 558.

- Somogyi, B. and Luh, S. 1986. Dehydration of fruits . Technomic Publishing Company, New York, 678 pp.
- Soponronnarit, S., Achariyaviriya, S. and Tassaso, P. 1992. Optimum strategies for drying papaya glaze'. *Asean Food Journal*, 7 (1): 17-23.
- Soponronnarit, S., Nuimeen, M. and Bunnag, B. 1993. Maintaining qualities, minimizing time and energy consumption in pineapple glaze' drying. *RERIC International Energy Journal*, 15(1) : 33-48.
- Stumbo, C.R. 1965. Thermobacteriology in Food Processing, 2nd ed. Academic Press, New York.
- The Institute for Thermal Processing Specialists :IFTPS .2001. Heat penetration studies protocol [Online]. Available: <http://www.IFTPS.com> [2001, March 25].
- Tindall, H.D. 1994. Sapindaceous fruits: botany and horticulture. *Hortic. Rev.*, 16 : 143-196.
- Tripathi, V.K., Kaphaha, B.S., Seth, T.D. and Singh, S. 1987. Composition of litchi cultivars. *Indian Food Packer*, 41(4):7-10.
- Underhill, S.J.R. 1992. Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp browning. *J. Trop. Sci.*, 32:305-312.
- Underhill, S.J.R. and Critchley, C. 1993. Lychee pericarp browning caused by heat injury. *J. Hort Sci.*, 28(7):721-722.
- Underhill, S.J.R. and Critchley, C. 1992. The physiology and anatomy of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during fruit development. *J. Hort Sci.*, 67:437-444.
- Venkatasubbaiah, G., and Mathew, A.G. 1970. Polyphenols of custard apple and their role in pink discolouration. *J.Food Sci. Tech.* 7 : 203-204.
- Von Elbe, J.H., and Schwartz, S.J. 1996. Colorants. In *Food Chemistry*. O.R. Fennema. (ed.) Marcel Dekker, Inc., New York. pp. 651-722
- Waloszewski, K.K.N., Urietta, S.J.M., Salgado Cervantes, M.A., Garcia Alvarado, M.A. 1996. Effect of combined method of dehydration on color changes in papaya slices. IFT annual meeting: Book of Abstracts., p. 87.
- Wang, W.C., Chang, C.C. and Chen, H.C. 1999. Study of physical properties and process variables of selected vegetables in osmotic dehydration. Department of Food Technology. Dayeh University, Taiwan.

- Woodroof, J.G. and Luh, B.S. 1975. *Commercial fruit processing*. The AVI Publishing Co., Wesport. CT., pp 559-609.
- Wu, C.M. 1970. Effects of cooking conditions discolouration of canned lychee fruit. *J. Chin Agric Chem Soc.* pp. 23-24.
- Wu, C.M. 1992. Studies on pink discolouration of lychee flesh in processing. Ph.D. Dissertation, National Taiwan Univ., Taipei, Taiwan, ROC (Chinese).
- Wu, C.M. and Fang, T.T. 1993. Prevention of pink discolouration in canned lychee fruit : Litchis Sonn. *J. Chin Agric Chem Soc.* 31(5) : 667-672.
- Yueming, J., Liu, S., Chen, F., Li, Y. and Zhang, D. 1997. The control of postharvest browning of litchi fruit by sodium bisulfite and hydrochloric acid. *J. Trop. Sci.*, 37:189-192.
- Yen, C.R. 1988. Cultivation of lychee. Council of Agriculture, *Tech. Prog. Rep.* 137. Hort 84, Taipei, Taiwan, ROC (Chinese).
- Zapsalis, C., and Beck, R.A. 1985. Food chemistry and nutritional biochemistry. Wiley, New York, pp. 554-563.
- Zauberman, G., Ronen, R., Akerman, M., Weksler, A., Rot, I. and Fuchs, Y. 1991. Post-harvest retention of the red colour of litchi fruit pericarp. *J. Hort. Sci.* 47:89-97.
- Zauberman, G., Ronen, R., Akerman, M., Weksler, A., Rot, I., and Fuchs, Y. 1989. Protection of colour of Litchi after harvest. *J. Hort. Sci.* 70 :82-84.
- Zhang, D., Peter, C.Q. and John, M.G. 2000. Changes in phenolic compounds in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit during postharvest storage. *J. Postharvest Biol. Tech.* 19:165-172.

ภาคผนวก ก.

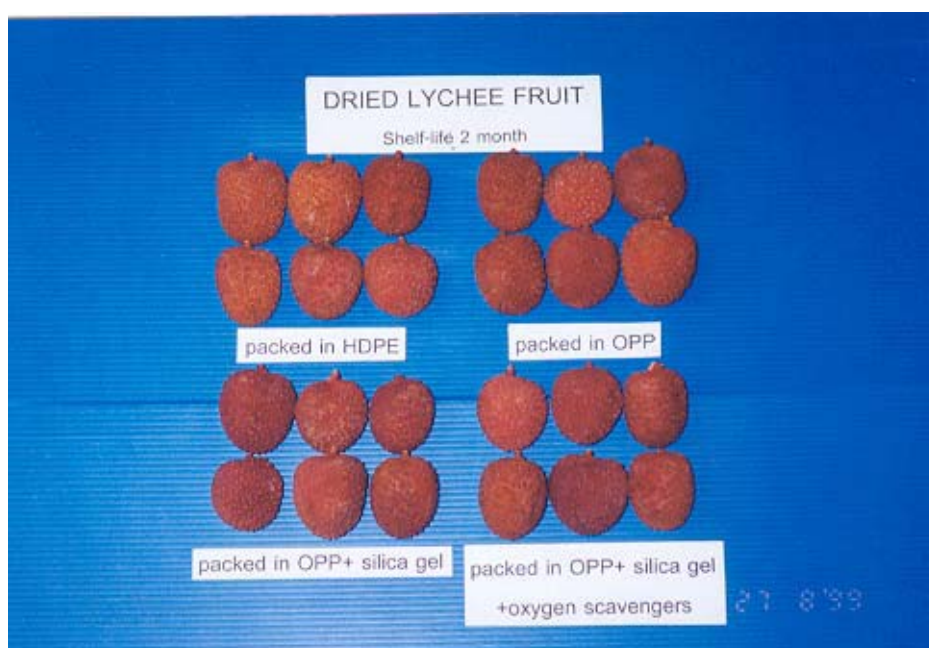
รูปผลลึ้นจื๊อบหั่งระหว่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิจึง



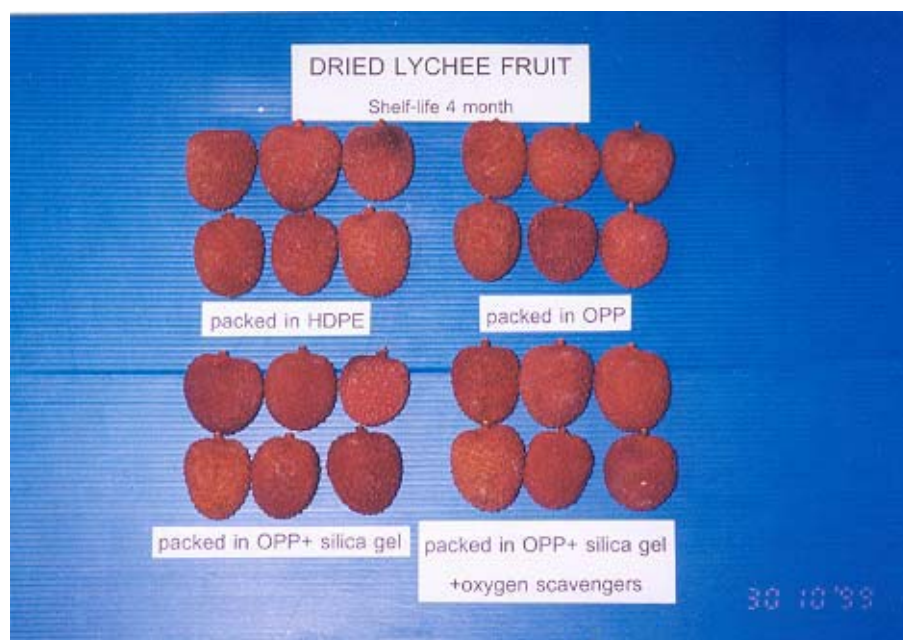
รูป ก.-1 ลักษณะของผลลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกที่เก็บรักษาด้วยวิธีการเก็บรักษา 4 วิธี



รูป ก.-2 ผลลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกอายุการเก็บรักษา 0 เดือน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องด้วยวิธีการเก็บรักษาทั้ง 4 วิธี



รูป ก.-3 ผลลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกอายุการเก็บรักษา 2 เดือน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องด้วยวิธีการเก็บรักษาทั้ง 4 วิธี



รูป ก.-4 ผลลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกอายุการเก็บรักษา 4 เดือน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องด้วยวิธีการเก็บรักษาทั้ง 4 วิธี



รูป ก.-5 ผลลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกอายุการเก็บรักษา 6 เดือน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องด้วยวิธีการเก็บรักษาทั้ง 4 วิธี



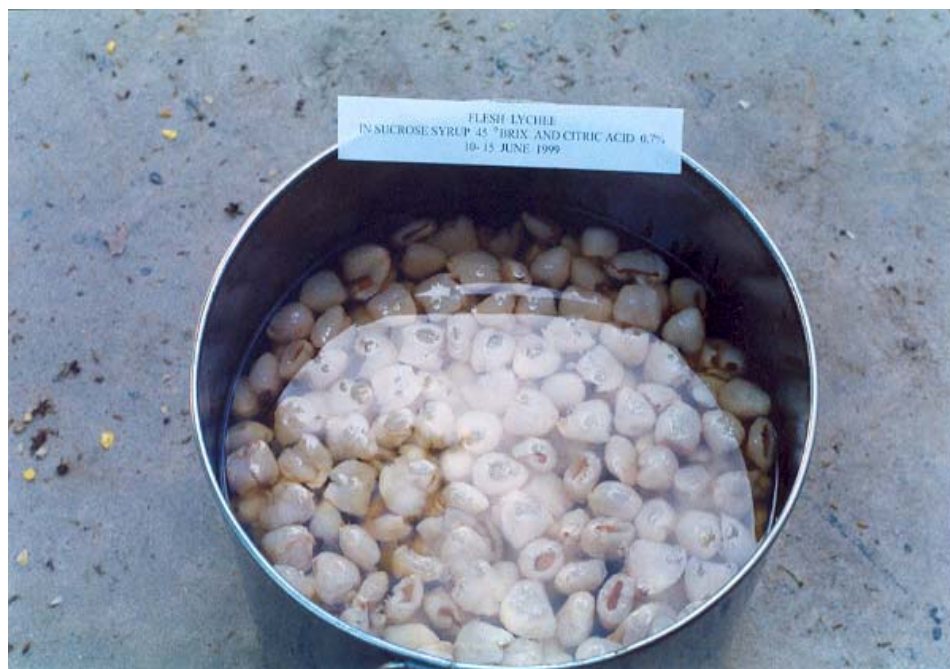
รูป ก.-6 ผลลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกอายุการเก็บรักษา 8 เดือน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องด้วยวิธีการเก็บรักษาทั้ง 4 วิธี



รูป ก.-7 ผลลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกอายุการเก็บรักษา 10 เดือน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องด้วยวิธีการเก็บรักษาทั้ง 4 วิธี



รูป ก-8 การควั่นเมล็ดออกจากผลลิ้นจี่



รูป ก-9 เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มในสารละลายน้ำเชื่อม



รูป ก-10 การจัดวางเนื้อลิ้นจี่ในตู้อบลมร้อน



รูป ก-11 เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งแบบช้าและแบบเร็ว



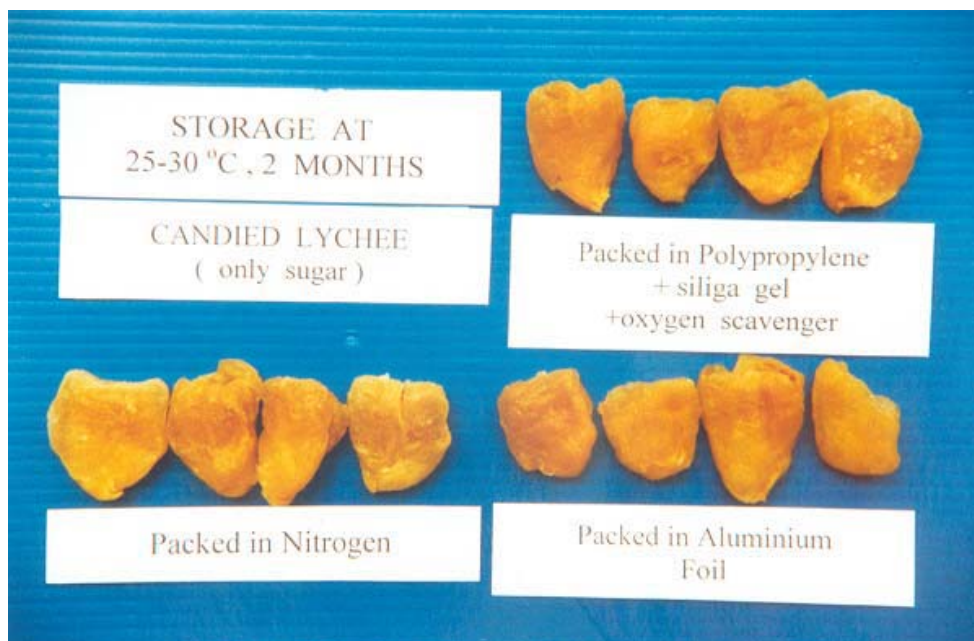
รูป ก-12 เนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่ผลิตด้วยน้ำเชื่อมอย่างเดียวกับน้ำเชื่อมผสมกลูโคสไซรัป



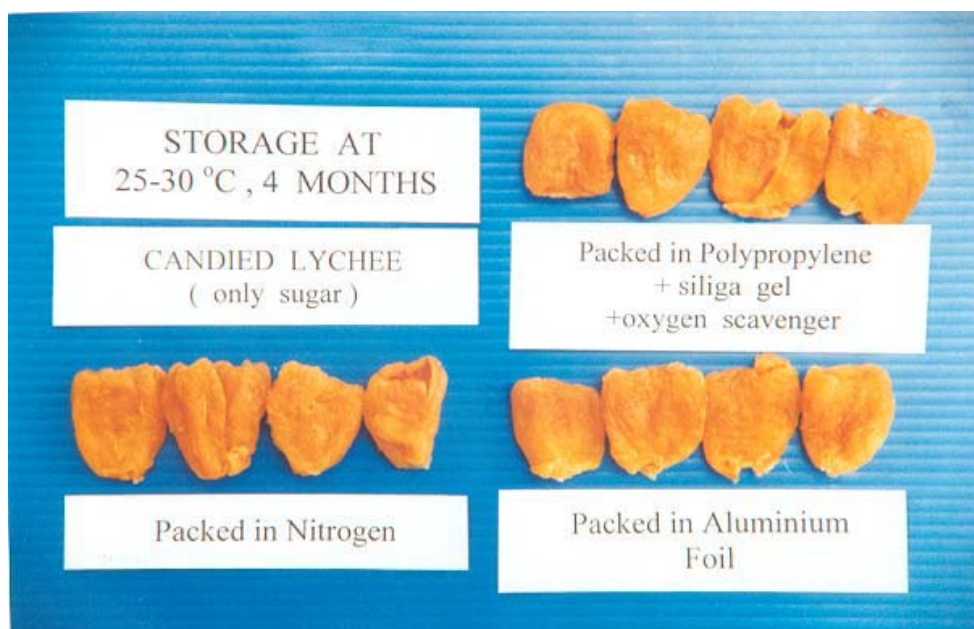
รูป ก-13 เนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายน้ำเชื่อม 70%, 3 ชั่วโมงก่อนการอบแห้ง



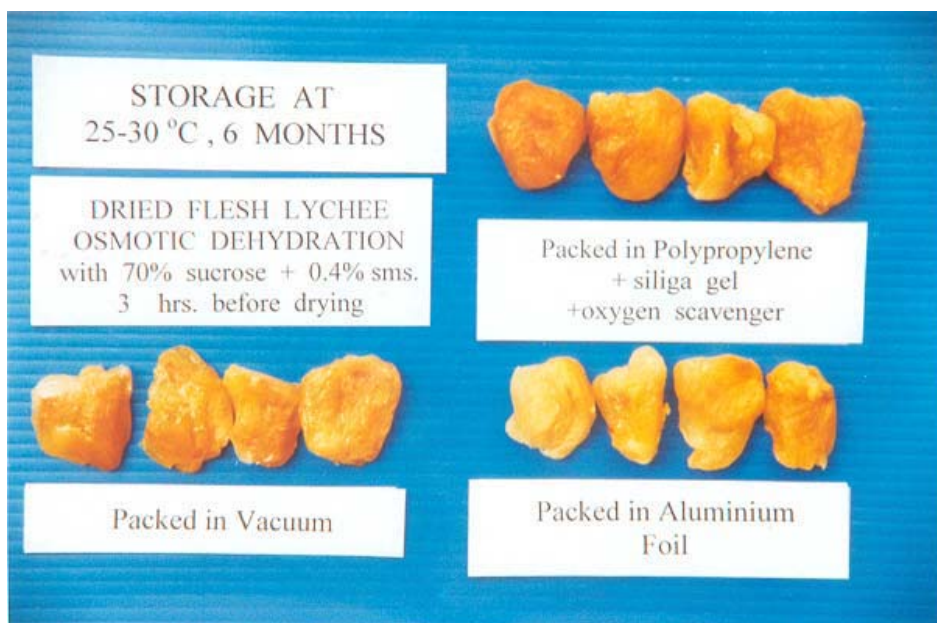
รูป ก-14 ภาชนะบรรจุถุงอลูมิเนียม ถุงบรรจุสูญญากาศ ถุงอัดแก๊สไนโตรเจน และถุงโพลีโพรพิลีน



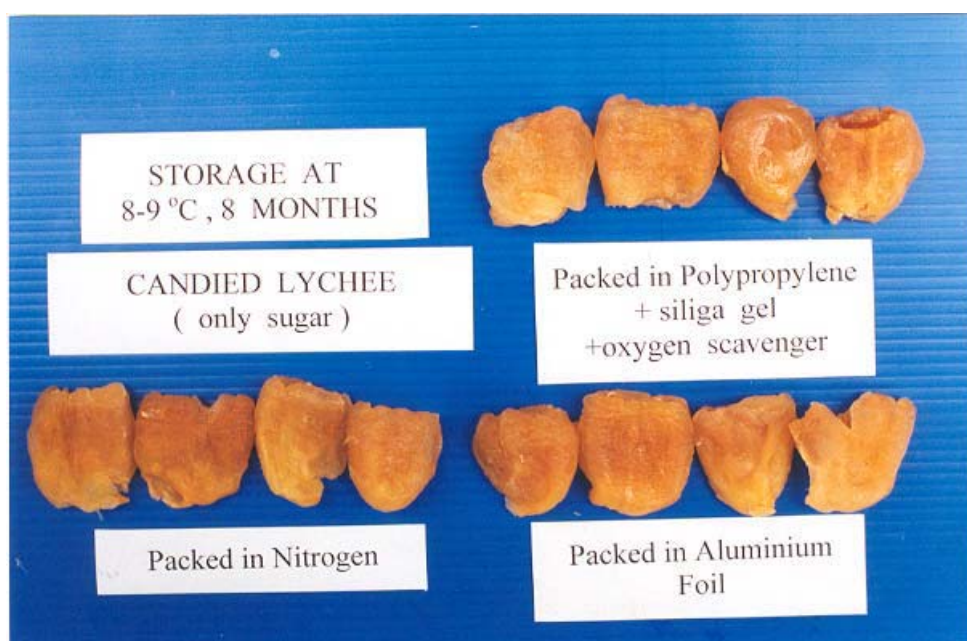
รูป ก-15 ผลัดภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสนาน 2 เดือน



รูป ก-16 ผลัดภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสนาน 4 เดือน



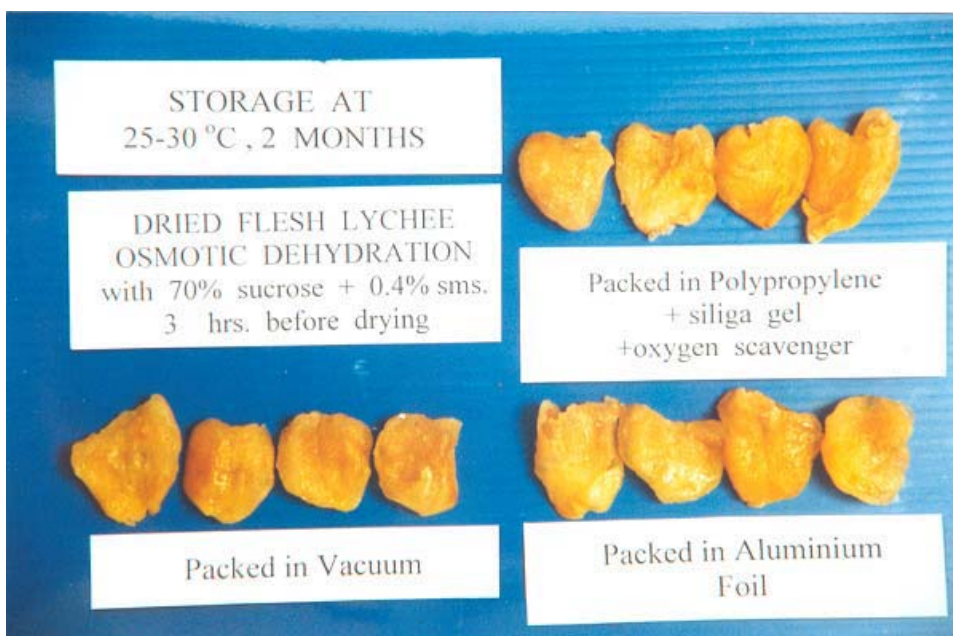
รูป ก-17 ผลิตรภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสนาน 6 เดือน



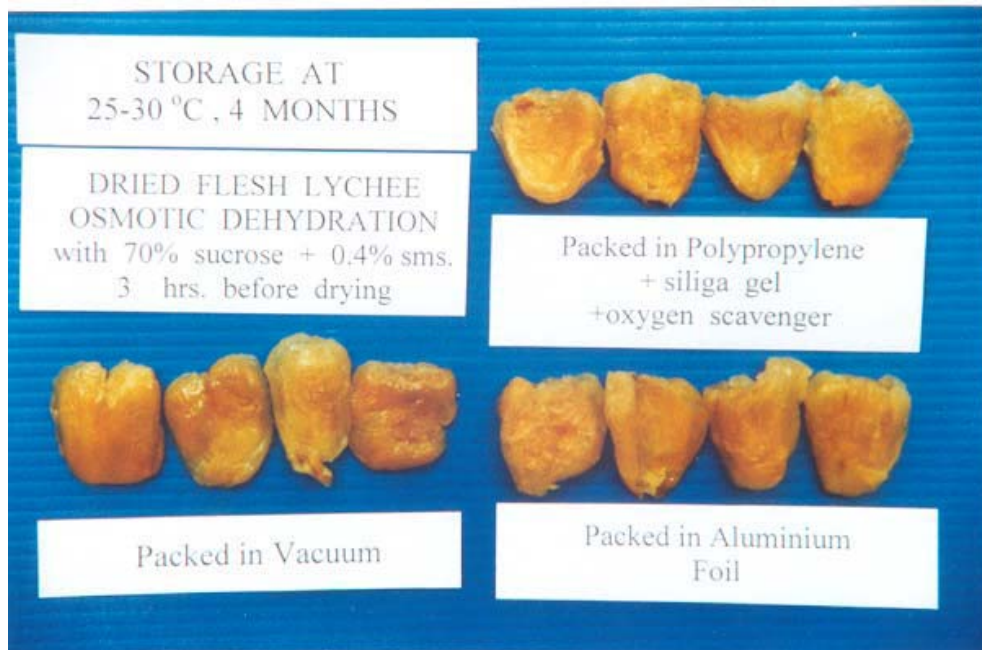
รูป ก-18 ผลิตรภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสนาน 8 เดือน



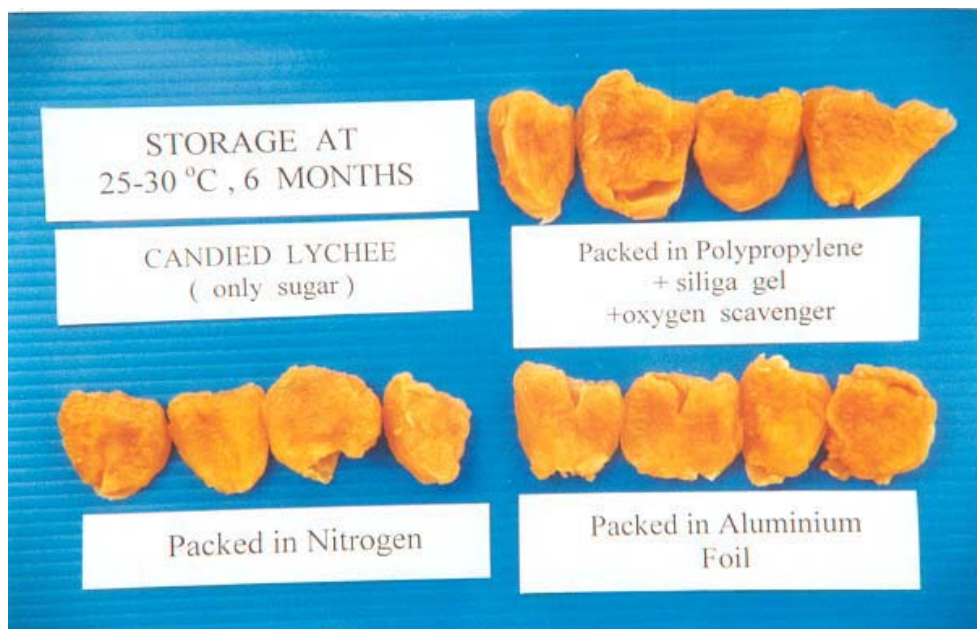
รูป ก-19 ผลิตรภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 10 เดือน



รูป ก-20 ผลิตรภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 2 เดือน



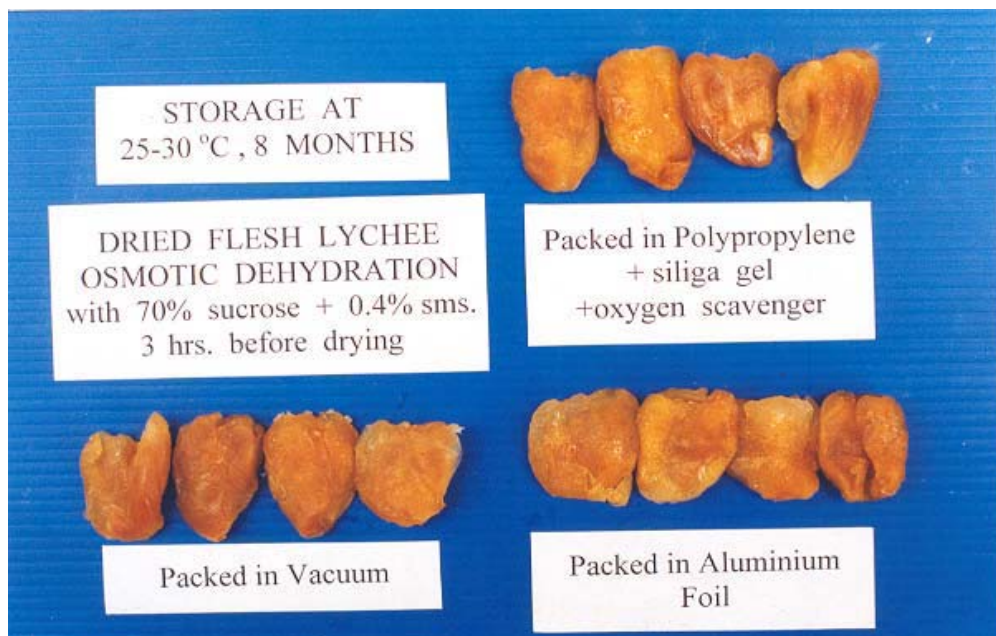
รูป ก-21 ผลิตรภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสนาน 4 เดือน



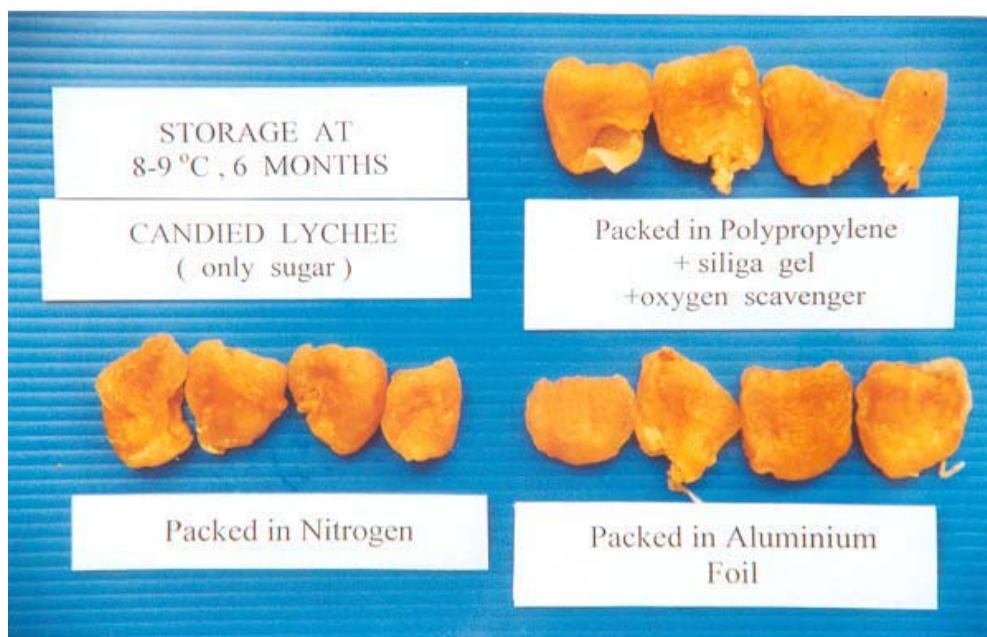
รูป ก-22 ผลิตรภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสนาน 6 เดือน



รูป ก-23 ผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสนาน 7 เดือน



รูป ก-24 ผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสนาน 8 เดือน



รูป ก-25 ผลิตรภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน



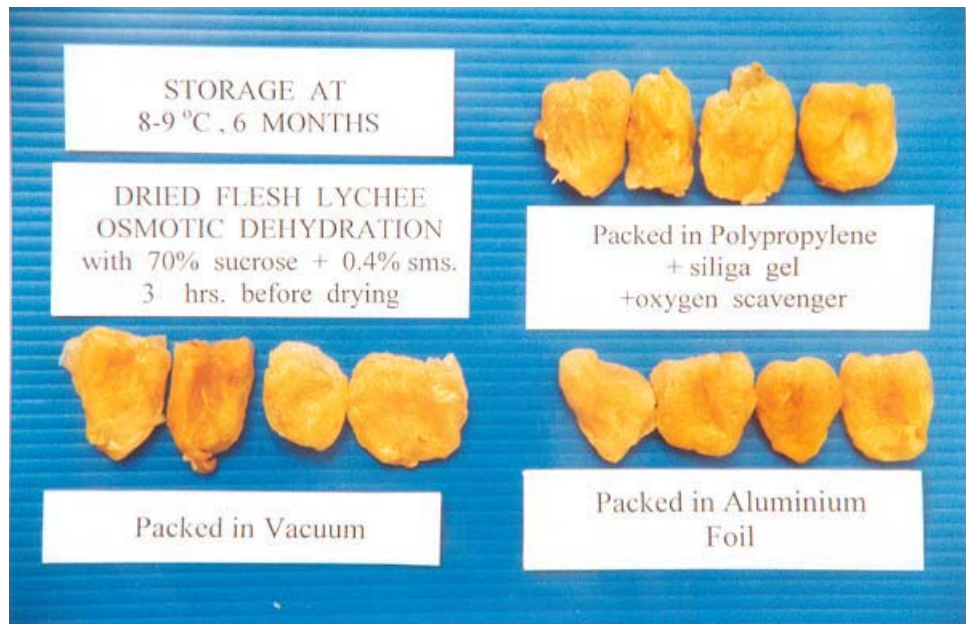
รูป ก-26 ผลิตรภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 8 เดือน



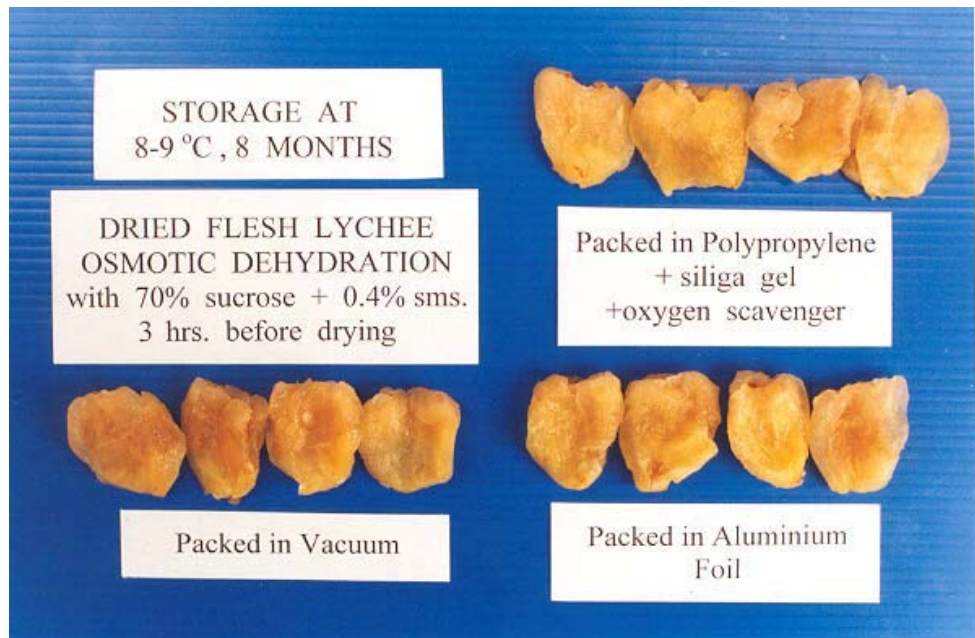
รูป ก-27 ผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 10 เดือน



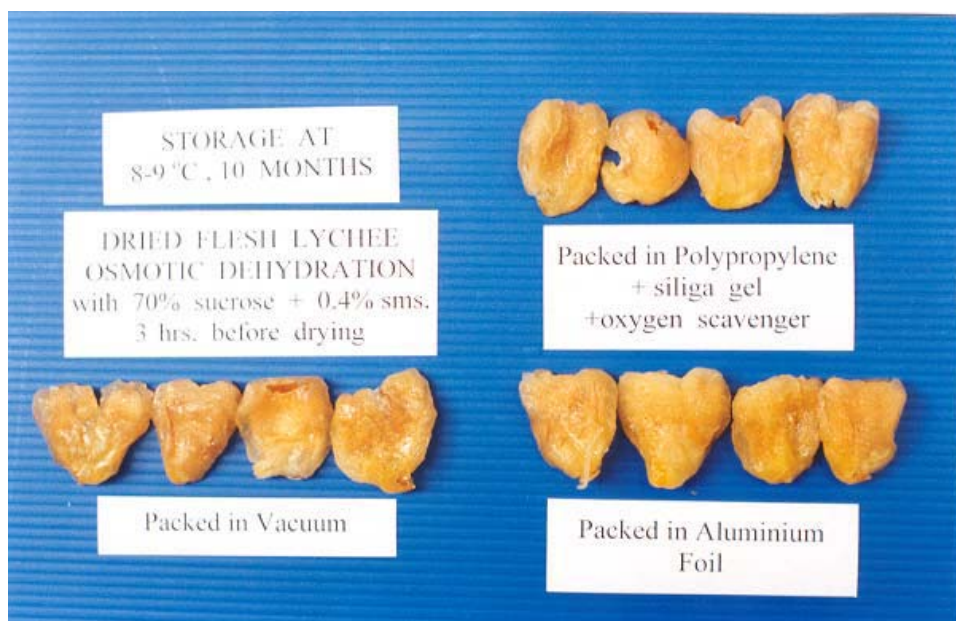
รูป ก-28 ผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน



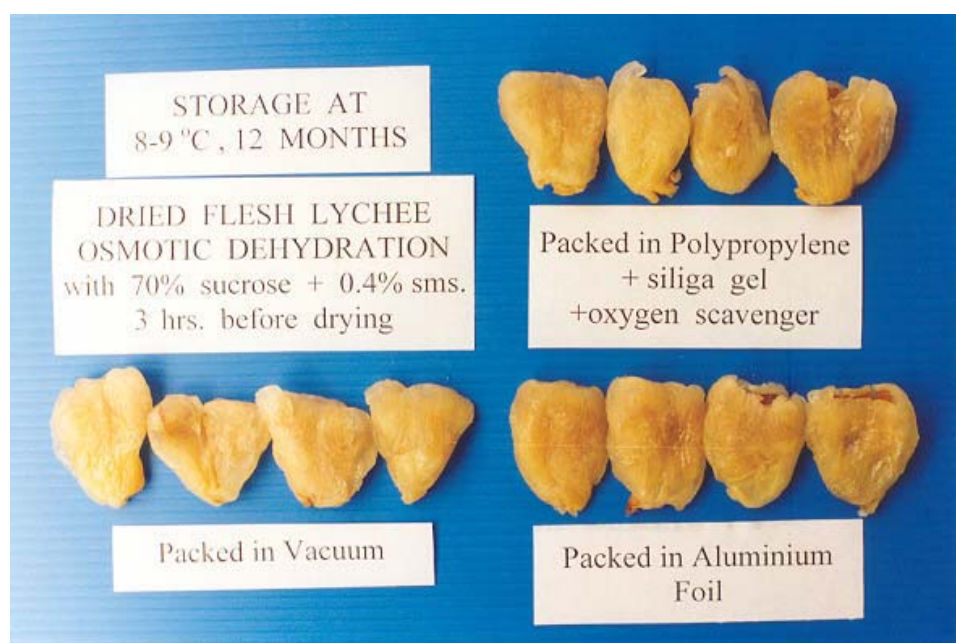
รูป ก-29 ผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสนาน 6 เดือน



รูป ก-30 ผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสนาน 8 เดือน



รูป ก-31 ผลิตรภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสนาน 10 เดือน



รูป ก-32 ผลิตรภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสนาน 12 เดือน

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา

วิธีการวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1.1 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสของเปลือกนอกและเนื้อลื่นจื๊อบแห้งทำได้โดยการวัดค่าแรงเฉือน (Shear force) ต่อเนื้อลื่นจื๊ และค่าแรงกดต่อเปลือกลื่นจื๊อบแห้ง โดยใช้เครื่อง Instron

การวัดค่าแรงเฉือนต่อเนื้อลื่นจื๊ ใช้มีดปลายแหลม  ขนาดกว้าง 3 นิ้ว ยาว 5.5 นิ้ว และตั้งค่า Full scale load = 100 นิวตัน

การวัดค่าแรงกดต่อเปลือกลื่นจื๊ ใช้หัวกดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร

นำตัวอย่างเนื้อลื่นจื๊และเปลือกลื่นจื๊มาตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดกว้าง $\times$ ยาว เท่ากับ 2×2 เซนติเมตร จำนวน 20 ชิ้น ทำการวัด 2 ซ้ำ โดยใช้ตัวอย่าง 10 ชิ้น ต่อ 1 ซ้ำ ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็น นิวตัน แล้วหาค่าเฉลี่ย

1.2 การวัดค่าสี

วัดค่าสีเปลือกของผลลื่นจื๊สดและผลลื่นจื๊อบแห้ง โดยใช้เครื่อง Minolta Chromameter (Minolta CR-300) โดยก่อนใช้เครื่องได้ปรับมาตรฐานของเครื่องวัดสีด้วยแผ่นเทียบสีมาตรฐานสีขาว (Minolta calibration plate, CR-200 2° observer) วัดสีของเปลือกผลลื่นจื๊ผลละ 3 จุด ซ้ำละ 5 ผล ทำการวัด 2 ซ้ำ และตำแหน่งของผลลื่นจื๊ที่ทำการวัดดังรูป ข-1 ค่าที่วัดได้รายงานผลเป็นค่า L , a^* , b^* เมื่อ L = the lightness factor (value) a^* , b^* = the chromaticity coordinates

ค่า L ที่มีค่าใกล้เคียงศูนย์ หมายถึง วัตถุมีสีคล้ำ หากค่า L มีค่าสูงเข้าใกล้ 100 วัตถุจะมีสีขาว สำหรับค่า a^* เมื่อค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีแดง หากมีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีเขียว ส่วนค่า b^* เมื่อมีค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง หากมีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีเขียว ทั้งค่า a^* และ b^* หากมีค่าเป็นศูนย์แสดงว่าวัตถุมีสีเทา (gray) (Giese, 1995)

ด้านขั้วผลลื่นจื๊



ช่วงของผลลื่นจื๊ที่ใช้วัดสี

รูปที่ ข.-1 ตำแหน่งที่ใช้วัดค่าสีบริเวณเปลือกภายนอกของผลลื่นจื๊

2. การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

2.1 ปริมาณกรดทั้งหมด

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH “Merck” GR Grade, E. Merck, Germany) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์จำนวน 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือดและปล่อยให้เย็น ปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายดังที่ได้ไปเปรียบเทียบกับสารละลายกรดเกลือมาตรฐาน (Hydrochloric acid, HCl “Merck” GR Grade, E. Merck, Germany) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
2. สารละลายฟีนอล์ฟทาเลอิน (Phenolphthalein “Merck” Phenolphthalein, E. Merck, Germany) ความเข้มข้น 1% เตรียมโดยชั่งฟีนอล์ฟทาเลอินมา 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือดและปล่อยให้เย็น ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

วิธีทำ

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์จำนวน 10 ผลจากแต่ละ treatment ของแต่ละวิธีการทดลอง มาแยกเปลือกและเนื้อลื่นจืออกจากกัน ชั่งน้ำหนักเปลือกและเนื้อลื่นจื อย่างละ 10 กรัม (ตัวอย่างลื่นจืแห้งใช้ 5 กรัม) นำเปลือกหรือเนื้อลื่นจืมาผสมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากัน กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ปีเปิดของเหลวที่กรองได้มา 10 มิลลิลิตร ใส่ลงใน flask หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาเลอิน ความเข้มข้น 1% ลงไป 2 หยด เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์ แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติ บันทึกปริมาตรของสารละลายดังมาตรฐานที่ใช้ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดมาลิก โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานดังนี้

1 มิลลิลิตร สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ทำปฏิกิริยาสมมูลพอดีกับกรดมาลิก 0.0067 กรัม (Ulrich, 1970)

2.2 ค่าพีเอช

นำตัวอย่างเปลือกและเนื้อลื่นจืที่เตรียมไว้จากข้อ 2.1 ไปวัดค่าพีเอช โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ และก่อนใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ทุกครั้ง ได้ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องวัดโดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์พีเอช 7.0 และ 4.1 ตามลำดับ

2.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

นำเนื้อลื่นจีที่ปั่นละเอียดแล้ว มาวัดหาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ โดยใช้ Hand refractometer (“ATAGO” model N1) ซึ่งวัดค่าได้ระหว่าง 0 -32 % โดยใช้น้ำกลั่นปรับให้อ่านค่าได้ 0 ก่อนใช้วัดตัวอย่างลื่นจีทุกครั้ง (Pearson, 1976)

2.4 ปริมาณความชื้น

การหาปริมาณความชื้นโดยใช้ตู้อบลมร้อน ทำโดยชั่งตัวอย่างเนื้อลื่นจีประมาณ 5 กรัม ใส่ลงไปใน moisture can ที่ผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถแก้ว ดูดความชื้น ชั่งหาน้ำหนัก นำไปอบซ้ำหลายๆ ครั้งจนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}} \times 100$$

2.5 วัดค่า a_w

วัดค่า a_w โดยใช้เครื่อง a_w meter (Novasina RS232) หั่นตัวอย่างเนื้อลื่นจีอบแห้งเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ลงในจานสำหรับวัด a_w จนถึงระดับที่กำหนดไว้ แล้วนำจานดังกล่าวใส่ลงไปในเครื่อง a_w meter แล้วอ่านค่า a_w ที่ได้

2.5 ปริมาณน้ำตาล

สารเคมี

1. สารละลาย Carrez no.1 เตรียมได้โดย ละลาย ซิงอะซิเตต (“Baker” Zinc Acetate Dihydrate GR Grade, J.T. Baker, U.S.A.) 21.9 กรัม ในน้ำกลั่นที่มีกรดอะซิติก (“Merck” Acetic Acid glacial GR Grade, E. Merck, Germany) 3 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร
2. สารละลาย Carrez no.2 เตรียมได้โดยละลายโปแตสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ (“Baker” Potassium ferrocyanide GR Grade, J.T. Baker, U.S.A.) 10.6 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร
3. สารละลาย Fehling no.1 เตรียมได้โดยละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (“Baker” Copper sulphate GR Grade, J.T. Baker, U.S.A.) 69.278 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร
4. สารละลาย Fehling no.2 เตรียมได้โดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide “Merck” NaOH GR Grade, E. Merck, Germany) 100 กรัม และ

โซเดียมโปแตสเซียมตาเตรต (“Baker” GR Grade, Sodium potassium tartrate, J.T. Baker, U.S.A.) 346 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร

5. เมทิลีนบลู (“Merck” Methylene blue GR Grade, E. Merck, Germany)

ความเข้มข้น 1%

6. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid “Merck” Hydrochloric Acid GR Grade, E. Merck, Germany) ความเข้มข้น 6.34 นอร์มัล

7. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide “Merck” NaOH GR Grade, E. Merck, Germany) ความเข้มข้น 10 นอร์มัล เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 400 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

หลักการ

หลักการของการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยวิธี Lane & Eynon ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงในอาหารโดยใช้ปฏิกิริยา copper reduction เนื่องจากในโมเลกุลของน้ำตาลมีหมู่อัลดีไฮด์ หรือคีโตนอิสระ ซึ่งสามารถเป็น weak reducing agent ได้ จึงเรียกน้ำตาลที่มีคุณสมบัตินี้ว่าเป็นน้ำตาลรีดิวซิง น้ำตาลส่วนใหญ่มีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซิง ยกเว้นน้ำตาลซูโครส เนื่องจากในโมเลกุลของน้ำตาลซูโครสไม่มีหมู่อัลดีไฮด์หรือคีโตนอิสระ แต่เมื่อถูกไฮโดรไลซ์จะได้น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตส สารละลายที่ได้จึงมีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซิง

น้ำตาลที่มีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซิงจะรีดิวซ์คิวปริคไอออน (Cu^{2+}) ในรูปคอปเปอร์ซัลเฟตให้เป็นคิวปริสไอออน (Cu^+) ในรูปคิวปริสออกไซด์ ซึ่งเป็นตะกอนสีส้มแดง (ลักษณะ และ นิธิยา, 2539)

วิธีทำ

ชั่งตัวอย่างเนื้อล้นจี่ที่ปั่นเป็นเนื้อเดียวกันแล้วมาจำนวน 5 กรัม (ตัวอย่างล้นจี่แห้งใช้ 1.25 กรัม) เติมน้ำกลั่นลงไปพอประมาณเพื่อให้อาหารกระจายตัว เติม clearing agent สารละลาย Carrez no.1 และ 2 ลงไปอย่างละ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นแล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 เก็บสารละลายที่กรองได้ไว้ใช้วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลดังต่อไปนี้

● ปริมาณน้ำตาลก่อนอินเวอร์ชัน

นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ใส่ในบิวเรตปลายอนขนาด 50 มิลลิลิตร ไล่ฟองอากาศออกให้หมดโดยเฉพาะปลายแท่งแก้วจ่อ ปิดสารละลาย Fehling no.1 และ 2 อย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่ในฟลasks ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมลูกแก้วเล็กๆ ลงไป 2–3 เม็ด นำไปต้มให้เดือดบนเตาบันเช่น ไตรเทรทกับสารละลายน้ำตาลตัวอย่างจนสีน้ำเงินจางลง หยดสารละลายเมทธิลีนบลูลงไป 1 หยด ไตรเทรทจนสีฟ้าหายไปหมด เหลือตะกอนสีส้มแดง จดปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ ถ้าปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้อยู่ในช่วง 15-50 แสดงว่าสารละลายตัวอย่างมีความเข้มข้นเหมาะสม ทำการไตรเทรทสารละลายตัวอย่างให้ได้ค่าที่ถูกต้องกับสารละลาย Fehling โดยปล่อยสารละลายน้ำตาลจากบิวเรตลงไปทันที โดยใช้ปริมาตรน้อยกว่าที่ใช้ในการไตรเทรทครั้งแรกประมาณ 1-2 มิลลิลิตร ปล่อยให้เดือดนาน 2 นาที หยดสารละลายเมทธิลีนบลูลงไป 1 หยด ไตรเทรทจนสีฟ้าหายไปหมด เหลือตะกอนสีส้มแดง จดปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ ทำซ้ำ 2 ครั้ง นำปริมาตรสารละลายน้ำตาลที่ใช้มาหาค่าเฉลี่ยแล้วนำไปเปรียบเทียบหาปริมาณน้ำตาลในสารละลายตัวอย่างจากตารางมาตรฐาน

● ปริมาณน้ำตาลหลังอินเวอร์ชัน

เปิดสารละลายตัวอย่างมา 130 มิลลิลิตร ใส่ใน flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 6.34 นอร์มัล ลงไป 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปไฮโดรไลซ์ใน water bath ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แล้วปรับให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10 นอร์มัล แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 200 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น โดยใช้ขวดปรับปริมาตรขนาด 200 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำสารละลายตัวอย่างนี้ใส่ในบิวเรตปลายจ่อ ทำการไตรเทรทกับสารละลาย Fehling เช่นเดียวกับการหาปริมาณน้ำตาลก่อนอินเวอร์ชัน

$$\text{น้ำตาลซูโครส (\%)} = (D_2 - D_1) 0.95$$

$$\text{น้ำตาลทั้งหมด (\%)} = \text{เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส} + \text{เปอร์เซ็นต์น้ำตาลก่อนอินเวอร์ต}$$

$$\text{เมื่อ } D_1 = \text{เปอร์เซ็นต์น้ำตาลก่อนอินเวอร์ต}$$

$$D_2 = \text{เปอร์เซ็นต์น้ำตาลหลังอินเวอร์ต}$$

2.6 วิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของเปลือกผลลิ้นจี่

สารเคมี

- สารละลายเอทานอลิกไฮโดรคลอริก (Ethanolic hydrochloric) เตรียมโดยนำสารละลายเอทานอล (Ethanol “Merck” Ethanol GR Grade, E. Merck, Germany) ความเข้มข้น 95% ผสมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid “Merck” Hydrochloric Acid GR Grade, E. Merck, Germany) ความเข้มข้น 1.5 นอร์มัล ในอัตราส่วน 85 : 15 ผสมสารละลายที่ได้ให้เข้ากัน แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

หลักการ

แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่ให้สีม่วง น้ำเงิน และแดงในเนื้อเยื่อของพืช สีของแอนโทไซยานินที่ปรากฏจะผันแปรตาม ค่าพีเอช แอนโทไซยานินจะละลายได้ดีในเอทานอล และมีความคงตัวสูงในสารละลายที่มีค่าพีเอชต่ำ ดังนั้นในการสกัดแอนโทไซยานินจากพืช จึงใช้สารละลายผสมระหว่างเอทานอลกับกรดไฮโดรคลอริก ได้เป็นสารละลายผสมเอทานอลิก สารละลายแอนโทไซยานินที่สกัดได้จะมีความสามารถในการดูดกลืนแสงได้สูงสุดที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร (Ranganna, 1986) ในธรรมชาติ สารชนิดต่างๆ สามารถดูดกลืนแสงหรือรังสีได้ ที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน จึงทำให้วัตถุนั้นมีสีแตกต่างกันออกไป ในการวัดปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืนด้วยสารตัวอย่างนั้น ทำได้โดยให้ลำแสงผ่านเข้าไปในสารตัวอย่าง แล้ววัดปริมาณของแสงที่ทะลุผ่านออกมาโดยเปรียบเทียบกับแสงที่ทะลุออกมาเมื่อไม่มีสารตัวอย่าง (แม้นและอมร, 2539)

วิธีทำ

การวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในเปลือกของผลลิ้นจี่ตามวิธีการของ Ranganna (1986) ทำได้โดยการสกัดแอนโทไซยานินออกจากส่วนของเปลือกด้วยสารละลายผสมเอทานอลิก แล้ววัดปริมาณโดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์แสดงผังแผนภูมิในรูป ข-2

เปลือกผลลิ้นจี่ 1 กรัม (หั่นละเอียด แล้วใส่ลงใน flask)

เติม ethanolic HCl 25 มิลลิลิตร



เปลี่ยนสารละลายทุก 6 ชั่วโมงจนเปลือกไม่มีสี



นำสารละลายทั้งหมดที่ได้มารวมกันแล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลาย

ethanolic HCl ให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร



วัดค่า Absorbance (OD) ที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

โดยใช้สารละลาย ethanolic HCl เป็น blank



นำค่า OD ที่ได้ไปแทนค่าในสูตรหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด

$$\text{โดย Total Absorbance} = \frac{\text{ค่า OD ที่ 535 nm} \times \text{final volume} \times 100}{\text{weight (g)}}$$

$$\text{Total Anthocyanin Content} = \frac{\text{Total Absorbance}}{98.2}$$

รูป ข.-2 แผนภูมิวิธีการสกัดและวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดในเปลือกลิ้นจี่
ที่มา : Ranganna (1986)

2.8 การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

หลักการ

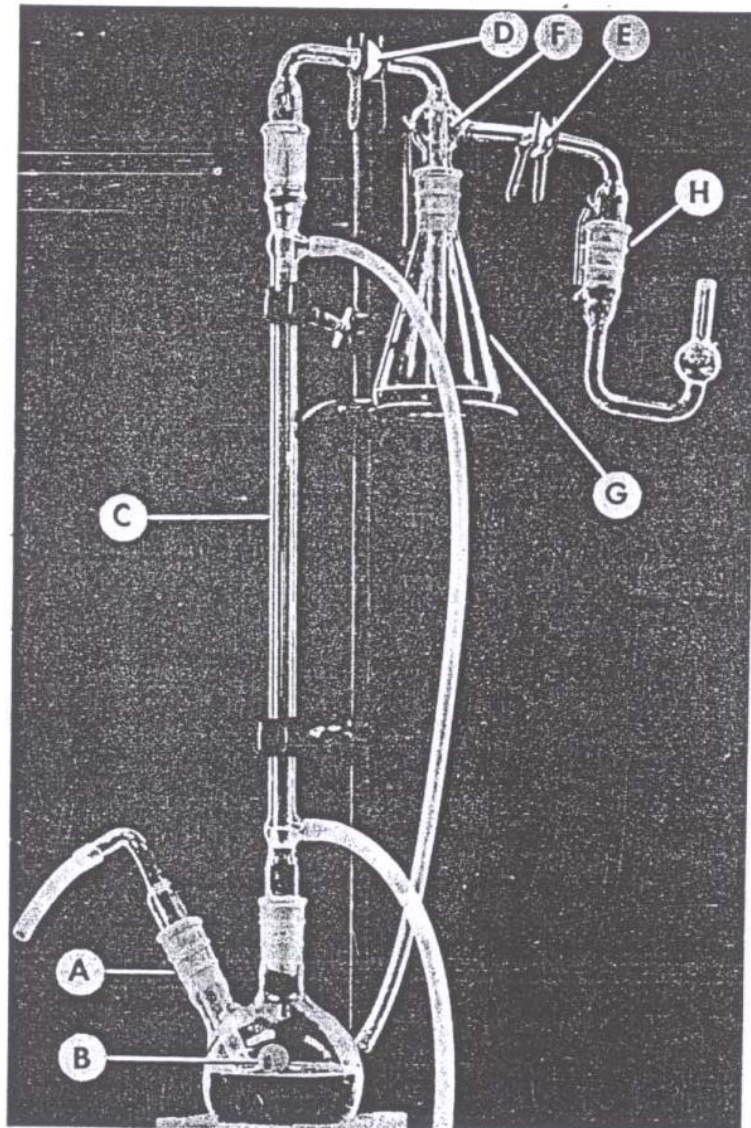
การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำได้โดยใช้วิธีการกลั่น นำตัวอย่างมาย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริกร่วมกับการให้ความร้อน สารประกอบซัลเฟอร์ที่มีอยู่ในอาหารจะออกมาในรูปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซในโตรเจนจะเป็นตัวพาก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้ไปรวมตัวกับสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกควั่นแน่นจนกลายเป็นของเหลวรวมตัวกับสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้เป็นสารละลายกรดซัลฟูริก นำสารละลายที่ได้ไปไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จนถึงจุดยุติ (AOAC, 1990)

วิธีการ

เตรียมชุดเครื่องแก้วสำหรับวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังรูป ข.-3 โดยต่อกับถังก๊าซในโตรเจนที่มีก๊าซในโตรเจนบริสุทธิ์ 99.9% เมื่อต่อชุดอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว ปล่อยน้ำเย็นให้ไหลผ่านเครื่องควั่นแน่น (condenser) เติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 30 % จำนวน 25 มิลลิลิตร ลงไปใน flask G แล้วชั่งตัวอย่าง 50 กรัม ลงใน flask B โดยผ่านทางท่อ A ที่ให้ก๊าซผ่านเข้ามา แล้วล้างอาหารที่อาจที่ติดค้างในท่อ A ด้วยน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ปิดท่อ A ทันทีและต้องแน่ใจว่าทุกส่วนของรอยต่อสนิทแน่นดี จากนั้นเอาท่อ A ออกแล้วเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 10 นอร์มัล จำนวน 20 มิลลิลิตร ลงไปอย่างช้าๆ แล้วใส่ท่อ A ลงไปตามเดิม ปล่อยก๊าซในโตรเจนเข้าทางท่อ A โดยให้มีอัตราการไหล 15-20 ฟองต่อนาที (สังเกตว่ามีฟองเข้าทาง flask หรือไม่ ถ้าไม่มีแสดงว่าท่อเชื่อมไม่สนิท) เมื่อต่อท่อสนิทดีแล้วเร่งไฟให้เดือดภายใน 5 นาทีแล้วลดไฟให้เดือดช้าๆ ประมาณ 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเติมโบรโมฟินอลบลู ลงไปใน flask G แล้วไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.05 นอร์มัล จนได้สีฟ้าอ่อน แล้วคำนวณหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัลจำนวน 1 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยาสมมูลพอดีกับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 3.2 มิลลิกรัม ดังนั้น

$$\text{ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)} = \frac{\text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้ไตเตรท} \times \text{นอร์มัล ของ NaOH} \times 32 \times 1000}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้}}$$



รูป ข.-3 ชุดเครื่องกลั่นสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
ที่มา: AOAC (1990)

3. การหาอายุการเก็บรักษา

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมี สามารถใช้ชี้บ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ลินจ๊อบแห่งที่กำลังทดสอบ เมื่อทราบว่าคุณสมบัติใดของผลิตภัณฑ์ที่เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ นั่นคือคุณสมบัตินั้นจะนำมาใช้เป็นลักษณะที่บ่งชี้ถึงอายุการเก็บรักษา

ดังนั้นการศึกษาอายุการเก็บรักษาจะต้องคำนวณหาอัตราเร็วคงที่ (Rate constant ; k values) ของการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ตามสมการของ Arrhenius equation มีดังนี้

$$\ln C = \ln C_0 \pm kt$$

เมื่อ C = ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่บ่งบอกการเสื่อมเสีย ณ เวลาหนึ่งๆ ของการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิคงที่ค่าหนึ่ง

C_0 = ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่บ่งบอกการเสื่อมเสีย ณ เวลาเริ่มต้นการเก็บรักษา ($t=0$) ที่อุณหภูมิคงที่ค่าหนึ่ง

k = อัตราเร็วคงที่ของการเสื่อมเสียต่อเดือน

t = เวลาที่ทำการเก็บรักษา (เดือน)

จากสมการข้างต้นจะทำให้ทราบค่าอัตราการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ แล้วนำค่าที่ได้มา คำนวณหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้จากสมการดังนี้

$$\ln C / C_0 = kt$$

$$\text{หรือ} \quad t = (C / C_0) k$$

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ลีนจี้บรรจุกระป๋อง

1. การวัดความเป็นสุญญากาศ (Vacuum)

- 1.1 นำกระป๋องลีนจี้มา ชั่งน้ำหนักทั้งกระป๋อง บันทึกน้ำหนักทั้งหมด
- 1.2 ใช้เครื่องวัดสุญญากาศ (Vacuum gauge) เจาะรูตรงกลางกระป๋อง เพื่อวัดความดันสุญญากาศภายในกระป๋อง

2. การวัดช่องว่างเหนืออาหาร (Head space)

- 2.1 นำกระป๋องจากข้อ 1.2 มาเปิดฝากระป๋องออก
- 2.2 ทำการวัดช่องว่างเหนือระดับอาหาร โดยใช้ไม้บรรทัดวัดระยะทางจากขอบของเหลวถึงขอบตะเข็บด้านในของฝา การวัดจะวัดทั้งหมด 3 ตำแหน่งภายในกระป๋องเดียวกัน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย วัดตัวอย่างละ 2 กระป๋อง

3. การวัดน้ำหนักสุทธิและน้ำหนักเนื้อ (Net weight and drained weight)

- 3.1 นำตะแกรงมาชั่งหาน้ำหนัก โดยใช้ตะแกรงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร มีช่องเปิดสี่เหลี่ยมขนาด 2.5x2.5 มิลลิเมตร หรือ 2.8x2.8 มิลลิเมตร
- 3.2 เทตัวอย่างอาหารลงในตะแกรงที่ทราบน้ำหนักแล้วและเอียงตะแกรงเป็นมุม 17-20 องศา เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักตะแกรงรวมกับน้ำหนักเนื้อลีนจี้
- 3.3 ล้างภาชนะบรรจุและฝา คว่ำทิ้งไว้ให้แห้ง ชั่งน้ำหนักหาน้ำหนักของภาชนะบรรจุและฝา
- 3.4 ผลต่างระหว่างน้ำหนักทั้งหมด (จากข้อ 1.1) กับน้ำหนักภาชนะบรรจุและฝาเป็นน้ำหนักสุทธิ

$$\text{น้ำหนักสุทธิ} = \text{น้ำหนักทั้งกระป๋อง} - (\text{น้ำหนักกระป๋อง} + \text{ฝา})$$

- 3.5 ผลต่างระหว่างน้ำหนักสุทธินับน้ำหนักตะแกรงและน้ำหนักเนื้อของเหลวเป็นน้ำหนักเนื้อ

$$\text{น้ำหนักเนื้อ} = \text{น้ำหนักสุทธิ} - \text{น้ำหนักตะแกรง} - \text{น้ำหนักของเหลว}$$

4. การวัดความหนืด (Viscosity)

วิธีการใช้เครื่อง Brookfield Model DV

- 4.1 ตั้งเครื่องให้อยู่ในแนวระดับด้วยการหมุนปรับน็อตที่ปลายขาตั้งจนระดับลูกน้ำอยู่กึ่งกลาง
 - 4.2 นำตัวอย่างอาหารเหลวที่ต้องการวัดค่าความหนืดเทใส่ภาชนะซึ่งควรมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.25 นิ้ว ขึ้นไป ปริมาตรบรรจุประมาณ 400 มิลลิลิตร
 - 4.3 เสียบปลั๊ก และเปิดสวิตช์ ด้านหลังตัวเครื่อง
 - 4.4 เครื่องจะบอกให้ Remove spindle (ถ้ามีหัวเข็มอยู่ให้เอาออก) แล้วทำคดปุ่มใดๆ
 - 4.5 เครื่อง Set Autozero นานประมาณ 15 วินาที
 - 4.6 เครื่องจะบอกให้ Replace spindle ซึ่งให้ใส่หัวเข็มที่เลือกใช้ลงไป (ในที่นี้ใช้เข็มวัด No.4) ให้ใช้มือซ้ายจับโคนหัวเข็มให้แน่นแล้วใช้มือขวาหมุนหัวเข็ม โดยให้เกลียวชนกันพอดี จากนั้นเทตัวอย่างลื่นจี๊ดปนลงไปให้ท่วมระดับขีดเครื่องหมายบน spindle
- การเลือกขนาดของ spindle ที่ต้องการ พิจารณาจากลักษณะของอาหารที่ต้องการจะวัด
- อาหารข้นหนืดมาก ให้ใช้ spindle ขนาดเล็กสุด และ speed ต่ำสุด
 - อาหารข้นหนืดน้อย ให้ใช้ spindle ขนาดใหญ่สุด และ speed สูงสุด
- ทั้งนี้ตัวอย่างเนื้อลื่นจี๊ดปนใช้ spindle เบอร์ 3
- 4.7 กด Select spindle ใช้ลูกศร ↑↓ แทนตัวเลข และกด Select spindle อีกครั้ง ต้องรีบกระทำให้เสร็จภายใน 3 วินาที
 - 4.8 กดลูกศร ↑↓ เพื่อดัง speed แล้วกด Select speed
 - 4.9 กด Select speed กับ Select spindle พร้อมกันเพื่อกด Time stop โดยจะออกมาเป็น ↑ Time stop กับ ↓ Time torque ให้กด ↑ Time stop แล้วกด ↑↓ เพื่อกดเวลาเป็นนาฬิกา แล้วกด Select spindle แล้วเลือกเวลาเป็นวินาที
 - 4.10 กด Motor on/off
 - 4.11 ระบบจะเริ่มทำงานตามระยะเวลาที่ตั้งไว้ เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดเครื่องก็จะหยุดเอง
 - 4.12 กดลูกศร ↑ เพื่ออ่านค่า % การบิด ความหนืด(เซนติพอยส์) และอุณหภูมิ (°ซ) ถ้าค่า % ที่อ่านได้อยู่ ระหว่าง 10-100 แสดงว่าใช้ได้ (แต่ถ้าต้องการค่าที่ถูกต้องแน่นอนมากๆ ควรปรับให้ค่าที่อ่านได้ใกล้เคียง 100 %)
 - 4.13 เสร็จแล้วทำการกด Select spindle ถ้าจะทำการทดลองต่อให้กดตามข้อ 5-9 หากเสร็จสิ้นการทดลองให้ปิดสวิตช์ด้านหลังเครื่อง

การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- ขวดขนาด 250 มิลลิลิตร สำหรับใส่สารละลายเพื่อเจือจาง (Dilution bottle)
- จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
- หลอดทดลอง (Test tube)
- ปิเปตขนาด 1 , 2 และ 10 มิลลิลิตร
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert : Model WB14, Germany)
- ตู้บ่มเชื้อ (Heraeus : Model D - 6450 hanau, Germany)
- หม้อนึ่งความดัน (Hirayama : Model HA - 300MIV, Japan)
- ตะเกียง (Burner)
- เครื่องเปิดกระป๋องที่สามารถถอนไฟมาเชื้อได้

1.2 สารละลายเพื่อเจือจาง และอาหารเลี้ยงเชื้อ

- เปปโตน สำหรับเป็นสารละลายเพื่อเจือจาง (Becto® Peptone : Difco Laboratory, U.S.A.)
- อาหารเลี้ยงเชื้อเพลทเคานต์อะการ์ (Plate count agar : Merk, Germany)
- อาหารเลี้ยงเชื้อโพเตโตเดกซ์โตรสอะการ์ (Potato dextrose agar : Merk, Germany)
- อาหารเลี้ยงเชื้อบิลเลียนด์กรีนแลกโตสไบส์บร็อท (Brilliant green lactose bile broth : Merk, Germany)
- ทริปโตเน (Tryptone : Merk, Germany)
- ยีสต์เอ็กซ์แทรกต์ (Yest extract : Merk, Germany)
- เดกซ์โตรส (Dextose : Fluka, Germany)
- ไดโพตัสเซียมฟอสเฟต (di-Potassium hydrogen phosphate trihydrate ; $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$: Merk, Germany)
- กรดทาร์ทาริก (Tartaric acid ; $HOOC(CHOH)_2COOH$: Cario Erba Reagebti, Germany)
- ออเรนจ์เซรุ่ม (Orange serum)

1.3 การเตรียมสารละลายเพื่อเจือจาง

สารละลายเปปโตน ความเข้มข้น 0.1% โดยชั่งเปปโตน 1 กรัม ใส่ในน้ำกลั่น 1 ลิตร ตวงสารละลายเปปโตนจำนวน 90 มิลลิลิตร ใส่ขวดแก้วทนความร้อน ปิดด้วยฝาเกลียว นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 103.4 กิโลปาสกาล (15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) นาน 15 นาที

1.4 การเตรียมสารละลายเพื่อปรับพีเอช

สารละลายกรดทาร์ทาริก ความเข้มข้น 10% โดยชั่งกรดทาร์ทาริก 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร เทใส่ขวดแก้วทนความร้อน ปิดฝาเกลียว นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 103.4 กิโลปาสกาล (15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) นาน 15 นาที

1.5 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.5.1 อาหารเลี้ยงเชื้อเพลทเคานต์อะการ์ (*Plate count agar ; PCA*) ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลาย เทใส่ขวดทนความร้อน ปิดด้วย ฝาเกลียว นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 103.4 กิโลปาสกาล (15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) นาน 15 นาที อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ควรมีพีเอชสุดท้ายประมาณ 7.0 ± 0.2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

1.5.2 อาหารเลี้ยงเชื้อโพเตโตเดกซ์โตรสอะการ์ (*Potato dextrose agar ; PDA*) ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA 39 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายเทใส่ขวดทนความร้อน ปิดด้วยฝาเกลียว นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 103.4 กิโลปาสกาล (15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) นาน 15 นาที

1.5.3 อาหารเลี้ยงเชื้อบริลเลียนต์กรีนแลกโตสไบลโบรท ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ปิเปิดใส่หลอดทดลอง หลอดละ 10 มิลลิลิตร โดยในหลอดทดลองมีหลอดดักแก๊สคว่ำอยู่ภายในปิดจุก นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 103.4 กิโลปาสกาล นาน 15 นาที

1.5.4 อาหารเลี้ยงเชื้อ *Orange serum broth* สูตรของอาหารเลี้ยงเชื้อประกอบด้วย

ทริฟโตน	10 กรัม
ยีสต์แอกซ์แทรกต์	3 กรัม

เดกซ์โตรส	4 กรัม
ไดโอดีสเซียมฟอสเฟต	3 กรัม
ออเรนจ์เรด	200 มิลลิกรัม
น้ำกลั่น	800 มิลลิกรัม

นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ในน้ำกลั่น ละลายให้เข้ากัน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ปีเปิดใส่หลอดทดลอง หลอดละ 10 มิลลิกรัม โดยในหลอดทดลองมีหลอดดักแก๊สว่าอยู่ภายใน (สำหรับวิเคราะห์หา aciduric spoilage bacteria) ปิดจุก สำหรับส่วนที่ 2 ปีเปิดใส่หลอดทดลอง หลอดละ 10 มิลลิกรัม ปิดจุก ไม่ต้องใส่หลอดดักแก๊ส (สำหรับวิเคราะห์หา flat sour) จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 103.4 กิโลปาส นาน 15 นาที

หมายเหตุ วิธีการเตรียมออเรนจ์เรด โดยการคั้นน้ำส้ม นำไปต้มจนอุณหภูมิเท่ากับ 93 องศาเซลเซียส ยกลง ค่อยๆ เทผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 โดยใช้เครื่องช่วยดูด (section) ส่วนที่กรองได้ 2-3 มิลลิกรัม แรกทิ้งไป กรองเอาเฉพาะส่วนที่เหลือ

1.6 การเตรียมตัวอย่าง

ล้างกระป๋องให้สะอาดด้วยสบู่และน้ำ เช็ดให้แห้งด้วยผ้าสะอาด เช็ดฝากระป๋องด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 70 % ลนด้วยเปลวไฟจากตะเกียง ใช้ลิ้มที่ทนไฟแล้วเจาะตรงกลางกระป๋อง รอยเจาะควรมีขนาดกว้างพอที่จะนำอาหารออกมาวิเคราะห์ได้

แบ่งตัวอย่างส่วนหนึ่งใส่หลอดทดลองหรือหลอดแก้วปราศจากเชื้อ แล้วเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในกรณีที่ต้องมีการวิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำ

1.7 วิธีวิเคราะห์

1.7.1 การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

1.7.1.1 ใช้ปีเปิดดูดตัวอย่างจากกระป๋องมา 10 มิลลิกรัม ใส่ในขวดที่มีสารละลายเจือจาง 90 มิลลิกรัม (จากข้อ 1.3) ผสมให้เข้ากัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1 : 10 หรือ 10⁻¹

1.7.1.2 ใช้ปีเปิดดูดสารละลายตัวอย่างจากกระป๋อง (ความเข้มข้นเท่ากับ 1) และสารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 10⁻¹ (จากข้อ 1) ใส่ลงในจานเพาะเชื้อจานละ 1 มิลลิกรัม ความเข้มข้นละ 2 จาน

1.7.1.3 เทออาหารเลี้ยงเชื้อเพลทแคนดอ์การ์ที่หลอมเหลวแล้วมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อ จานละประมาณ 10-15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

1.7.1.4 ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว กลับจานเพาะเชื้อ แล้วนำไปบ่มเพาะเชื้อ (incubated) ที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง

1.7.1.5. นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อ ซึ่งมีปริมาณ 30-300 โคโลนี หากค่าเฉลี่ย แล้วคำนวณเป็นจำนวนโคโลนีต่อมิลลิลิตร (cfu/ml)

1.7.2 การวิเคราะห์หาปริมาณยีสต์และรา (Yeast and mould)

วิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (ตามข้อ 7.1.1) แต่อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้คือ โฟเตโตเดกซ์โตรสอ์การ์ ที่ปรับพีเอช เป็น 3.5 ด้วยการเติมสารละลายกรดทาร์ทริก ความเข้มข้น 10% ลงไป (จากข้อ 1.4) โดยที่อาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มิลลิลิตร ใช้สารละลายกรดทาร์ทริก 1.9 มิลลิลิตร

จากนั้นนำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 3-5 วัน แล้วนับจำนวนโคโลนีของยีสต์และรา หากค่าเฉลี่ย แล้วคำนวณเป็นจำนวนโคโลนีต่อมิลลิลิตร (cfu/ml)

1.7.3 การวิเคราะห์หาโคลิฟอร์ม (Coliform)

1.7.3.1 การทดสอบขั้นแรก (Presumptive test)

ก. ใช้ปิเปตปราศจากเชื้อดูดสารละลายตัวอย่างจากกระป๋อง จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อบริลเลียนต์กรีนแลกโตสไบต์บรอก จำนวน 2 หลอด

ข. นำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เมื่อครบกำหนด 24 และ 48 ชั่วโมง ถ้ามีก๊าซเกิดขึ้นนำไปทดสอบต่อตามข้อ 1.7.3.2

1.7.3.2 การทดสอบขั้นสมบูรณ์ (Completed test)

ก. นำหลอดที่มีก๊าซจากข้อ 1.7.3.1 มาเขย่าเบาๆ แล้วใช้ที่เขี่ยเชื้อ (loop) ซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจุ่มลงในอาหารเลี้ยงเชื้อในหลอดทดลองที่มีก๊าซ นำไปขีดเป็นเส้นๆ (streak) บนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อเอนโดอ์การ์หรือลิวาน์อีเอ็มบีอ์การ์ ในลักษณะที่จะให้โคโลนีแยกจากกันภายหลังการเพาะเชื้อ

ข. เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ตรวจดูโคโลนีที่มีลักษณะเฉพาะของโคลิฟอร์มในอาหารเลี้ยงเชื้ออีเอ็มบีอ์การ์ จะมีลักษณะเป็นสีเข้ม อาจเป็นสีแดงเข้มหรือสีม่วงเข้มก็ได้

ค. ถ่ายโคโลนีที่มีลักษณะเฉพาะจากข้อ 1.7.3.2 (ข) ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อบริลเลียนต์กรีนแลกโตสไบต์บรอก และบนอาหารเลี้ยงเชื้อนิวเทรียนอ์การ์

ง. เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ดูการเกิดก๊าซในหลอดที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อบริลเลียนต์กรีนแลกโตสไบต์บรอก หรือลอรทริปโตสบรอก ถ้ามี

ก๊าซเกิดขึ้นให้น้ำเชื้อที่ขึ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อนิวเตรียนต์อะการ์ ไปย้อมสีด้วยวิธีกรัมสแติน (gram stain) ดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ถ้ามีเชื้อซึ่งเป็นกรัมลบ (gram negative) มีรูปร่างเป็นแท่งสั้นๆ ไม่มีสปอร์แสดงว่าเป็นแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม

1.7.4 การวิเคราะห์หาฟเลตซาวร์ (Flat sour)

1.7.4.1 ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดตัวอย่างอาหารจากกระป๋อง จำนวน 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อออเรนจ์เชรุมบรอต จำนวน 4 หลอด

1.7.4.2 นำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส อย่างละ 2 หลอด เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ถ้ามีแบคทีเรียพวกฟเลตซาวร์ อาหารเลี้ยงเชื้อจะขึ้นทดสอบให้แน่ใจโดยถ่ายเชื้อ (subculture) ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเดิม แล้วเพาะเชื้อเหมือนเดิมซ้ำอีกครั้ง ถ้าอาหารเลี้ยงเชื้อขึ้นแสดงว่ามีแบคทีเรียชนิดฟเลตซาวร์

1.7.5 การวิเคราะห์หาอะซิดูริกสปอยเลจแบคทีเรีย (Aciduric spoilage bacteria)

1.7.5.1 ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดตัวอย่างอาหารจากกระป๋องจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อออเรนจ์เชรุมบรอต จำนวน 2 หลอด

1.7.5.2 นำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส จำนวน 2 หลอด เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ดูก๊าซทุก 24 ชั่วโมง ถ้าพบว่าขึ้นและมีก๊าซเกิดขึ้นแสดงว่ามีแบคทีเรียชนิดอะซิดูริก-สปอยเลจ

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบสอบถามเค้าโครงผลิตภัณฑ์
(Ideal Ratio Profile Test)

ผลิตภัณฑ์ : ลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือก

ลักษณะผลิตภัณฑ์ : เป็นผลิตภัณฑ์จากผลลิ้นจี่ ที่อบแห้งทั้งเปลือกโดยใช้ลมร้อน

✍ กรุณากรอกแบบสอบถามให้ตรงกับความต้องการของท่านมากที่สุด โดย....

- ①** จงเขียนคำที่ท่านอยากอธิบายลักษณะแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ท่านคิดว่าเป็น
ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ควรมี
- ②** กำหนดเครื่องหมาย x ลงบนสเกลในแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ในตำแหน่งที่ท่านเห็น
ว่าเป็นลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มี
- ③** กำหนดเครื่องหมาย I ลงบนสเกลในแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ในตำแหน่งที่ท่าน
เห็นว่าเป็นลักษณะที่ดีที่สุดที่ควรจะเป็นในผลิตภัณฑ์อุดมคติ (Ideal)

.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		

ข้อเสนอแนะ.....

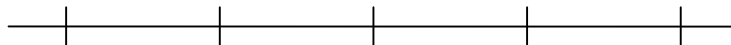
.....

ขอบคุณค่ะ

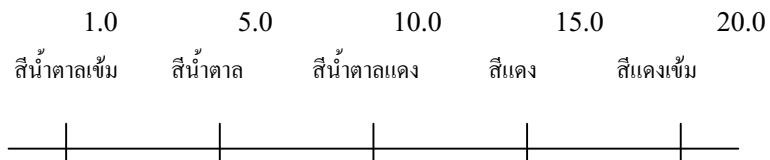
แบบสอบถามในเชิงพรรณนา (Structured Scaling)

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วัน
ที่.....

คำชี้แจง : ตัวอย่างที่ท่านได้รับคือ |ผลิตภัณฑ์ล้นจี่อบแห้งทั้งเปลือก| โปรดทำการประเมินตัวอย่างตามลักษณะที่ให้ไว้ข้างล่าง ทำเครื่องหมาย ลงบนตำแหน่งที่ท่านคิดว่าเหมาะสมต่อการอธิบายลักษณะนั้นๆของตัวอย่าง



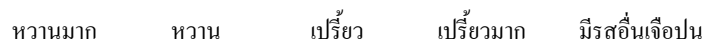
สีเปลือก



กลิ่นล้นจี่



รสชาติ



ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....
.....
.....

แบบสอบถามเค้าโครงผลิตภัณฑ์

(Ideal Ratio Profile Test)

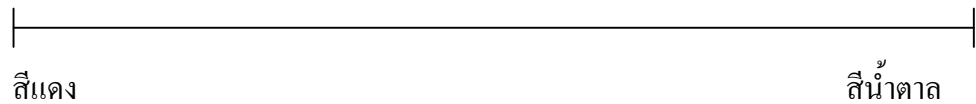
ผลิตภัณฑ์ : ลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือก

ลักษณะผลิตภัณฑ์ : เป็นผลิตภัณฑ์จากผลลิ้นจี่ ที่อบแห้งทั้งเปลือกโดยใช้ลมร้อน

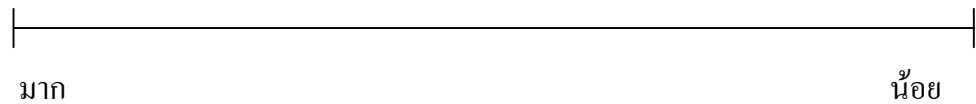
✍ กรุณากรอกแบบสอบถามให้ตรงกับความต้องการของท่านมากที่สุด โดย....

เครื่องหมาย I บนสเกลคือ ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคคิดว่าดีที่สุด จงกำหนดเครื่องหมาย x ลงบนสเกลในแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ในตำแหน่งที่ท่านเห็นว่าเป็นลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มี เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะที่ดีที่สุด

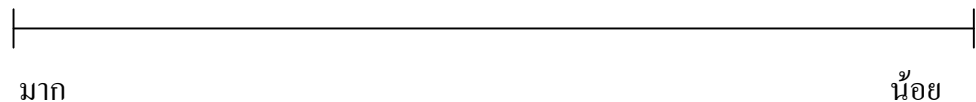
สีเปลือก



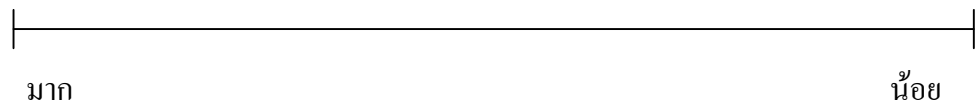
กลิ่น



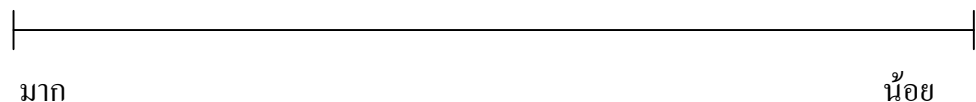
รสหวาน



รสเปรี้ยว



ยอมรับรวม



ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

แบบสอบถามทางด้านประสาทสัมผัส

HEDONIC SCALE SCORING TEST

คำชี้แจง โปรดทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ และให้ระดับความชอบและไม่ชอบต่อผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่าง ใช้สเกลที่เหมาะสมเพื่อแสดงให้เห็นว่าท่านได้อธิบายความรู้สึกชอบและไม่ชอบในระดับใด โปรดให้เหตุผลอธิบายความรู้สึกของท่านด้วย

ท่านเป็นผู้ทดสอบผู้หนึ่งที่สามารถบอกว่าท่านชอบผลิตภัณฑ์ใด ในระดับความชอบอย่างไร การแสดงความรู้สึกของท่านอย่างแท้จริงจะเป็นประโยชน์ต่อการทดลองนี้มาก

ระดับความชอบ	ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง		
	462	057	208
ชอบมากที่สุด			
ชอบมาก			
ชอบปานกลาง			
ชอบเล็กน้อย			
เฉยๆ			
ไม่ชอบเล็กน้อย			
ไม่ชอบปานกลาง			
.....			
ไม่ชอบมาก			
.....			
ไม่ชอบมากที่สุด			

เหตุผลความชอบและไม่ชอบ

462.....
 057.....
 208.....

ขอบคุณค่ะ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

MULTIPLE COMPARISONS TEST

DIFFERENCE ANALYSIS

ท่านจะได้รับตัวอย่างที่เสนอให้คือ ผลิตภัณฑ์กลิ่นจอบแห้งทั้งเปลือก เพื่อทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะในด้านต่างๆ ท่านจะได้รับตัวอย่างที่เขียนว่า “R” เพื่อให้ท่านได้ใช้ตัวอย่างนี้ในการเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่นๆที่ให้รหัสทางสถิติว่า **687 142 724** ทดสอบแต่ละตัวอย่างเปรียบเทียบกับตัวอย่าง “R” และให้เครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ท่านเห็นว่าตัวอย่างที่ทดสอบ ดีกว่า เท่ากับ หรือด้อยกว่าตัวอย่าง “R”

สี่เปลือก

ตัวอย่าง	687	142	724
ดีกว่า	_____	_____	_____
เท่ากับ	_____	_____	_____
ด้อยกว่า	_____	_____	_____

ปริมาณความแตกต่าง

ไม่มีความแตกต่างเลย	_____	_____	_____
แตกต่างเล็กน้อย	_____	_____	_____
แตกต่างปานกลาง	_____	_____	_____
แตกต่างมาก	_____	_____	_____
แตกต่างมากที่สุด	_____	_____	_____

กลืนดินจี่

ตัวอย่าง	<u>687</u>	<u>142</u>	<u>724</u>
ดีกว่า	_____	_____	_____
เท่ากับ	_____	_____	_____
ด้อยกว่า	_____	_____	_____

ปริมาณความแตกต่าง

ไม่มีความแตกต่างเลย	_____	_____	_____
แตกต่างเล็กน้อย	_____	_____	_____
แตกต่างปานกลาง	_____	_____	_____
แตกต่างมาก	_____	_____	_____
แตกต่างมากที่สุด	_____	_____	_____

รสเปรี้ยว

ตัวอย่าง	<u>687</u>	<u>142</u>	<u>724</u>
ดีกว่า	_____	_____	_____
เท่ากับ	_____	_____	_____
ด้อยกว่า	_____	_____	_____

ปริมาณความแตกต่าง

ไม่มีความแตกต่างเลย	_____	_____	_____
แตกต่างเล็กน้อย	_____	_____	_____
แตกต่างปานกลาง	_____	_____	_____
แตกต่างมาก	_____	_____	_____
แตกต่างมากที่สุด	_____	_____	_____

รชหวาน

ตัวอย่าง	<u>687</u>	<u>142</u>	<u>724</u>
ดีกว่า	_____	_____	_____
เท่ากับ	_____	_____	_____
ด้อยกว่า	_____	_____	_____
ปริมาณความแตกต่าง			
ไม่มีความแตกต่างเลย	_____	_____	_____
แตกต่างเล็กน้อย	_____	_____	_____
แตกต่างปานกลาง	_____	_____	_____
แตกต่างมาก	_____	_____	_____
แตกต่างมากที่สุด	_____	_____	_____

ยอบรรบวม

ตัวอย่าง	<u>687</u>	<u>142</u>	<u>724</u>
ดีกว่า	_____	_____	_____
เท่ากับ	_____	_____	_____
ด้อยกว่า	_____	_____	_____
ปริมาณความแตกต่าง			
ไม่มีความแตกต่างเลย	_____	_____	_____
แตกต่างเล็กน้อย	_____	_____	_____
แตกต่างปานกลาง	_____	_____	_____
แตกต่างมาก	_____	_____	_____
แตกต่างมากที่สุด	_____	_____	_____

RANKING TEST FORM

ชื่อ _____ วันที่ _____

ชื่อผลิตภัณฑ์ เนื้อลีนจ๊อบแห้ง

.....
...

คำอธิบายผลิตภัณฑ์

เนื้อลีนจ๊อบแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อลีนจี่ นำมาปรุงแต่งรสชาติ และผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เนื้อลีนจ๊อบแห้งที่มีลักษณะเป็นที่ถูกใจผู้บริโภค

ท่านจะได้รับผลิตภัณฑ์สองชุดกำหนดให้ คะแนน 1 ถึง 6 เป็นลำดับความชอบของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่างทั้ง 6 โดยที่ 1 คือลำดับความชอบมากที่สุด, 2 คือลำดับความชอบรองลงมา, 3 คือลำดับความชอบรองลงมาอีก, และลดลงมาเรื่อยๆ จนถึง 6 คือลำดับความชอบน้อยที่สุด เรียงตามลำดับ ในผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ท่านได้รับ ให้ท่านทำการใส่คะแนนเรียงตามลำดับความชอบ (โดยที่ห้ามไม่ให้มีตัวเลขซ้ำกัน)

	รหัสตัวอย่าง					
ลักษณะ	58	64	98	50	86	16
สี						
รสชาติ						
เนื้อสัมผัส						
การยอมรับรวม						

	รหัสตัวอย่าง					
ลักษณะ	97	30	65	24	49	55
สี						
รสชาติ						
เนื้อสัมผัส						
การยอมรับรวม						

ข้อเสนอแนะ.....

.....

SCORING TEST FORM

ชื่อ.....วันที่.....

ข้อผลิตภัณฑ์ เนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้ง

ให้ท่านขีดเครื่องหมาย X แทนระดับของตัวอย่างตามความชอบ /พอใจ ตามลักษณะ
 ของตัวอย่างที่กำหนดให้บนเส้นตรง ในลักษณะต่าง ๆ ดังที่กำหนดให้

1. ความชอบด้านลักษณะปรากฏ

สี

ชอบน้อยที่สุด

ชอบมากที่สุด

ความใส

ชอบน้อยที่สุด

ชอบมากที่สุด

2. ความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัส

ความแข็ง

ชอบน้อยที่สุด

ชอบมากที่สุด

ความเหนียว

ชอบน้อยที่สุด

ชอบมากที่สุด

3. ความชอบด้านกลิ่นและรสชาติ

กลิ่นลิ้นจี่

ชอบน้อยที่สุด

ชอบมากที่สุด

รสเปรี้ยว

ชอบน้อยที่สุด

ชอบมากที่สุด

รสหวาน

ชอบน้อยที่สุด

ชอบมากที่สุด

4. ความชอบรวม

ความชอบรวม

ชอบน้อยที่สุด

ชอบมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ.....

.....

แบบสำรวจความต้องการของลูกค้า

ข้าพเจ้าเป็นนักศึกษาคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และกำลังสำรวจความต้องการขนาดของเนื้อลื่นจี๊ดป่น (Lychee Puree) ข้าพเจ้ามีความยินดีเป็นอย่างยิ่งถ้าท่านได้ช่วยให้การสำรวจนี้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย

1. ขณะนี้บริษัทของท่านทำผลิตภัณฑ์ Puree หรือไม่ ทำ ไม่ทำ
- ถ้า “ทำ” โปรดตอบคำถามข้อที่ 2
- ถ้า “ไม่ทำ” โปรดตอบคำถามข้อที่ 3

2. บริษัทของท่านทำผลิตภัณฑ์ Puree อะไร _____

3. ท่านต้องการใช้ Puree ในผลิตภัณฑ์ใด

แยม	น้ำผลไม้
เนยคั่ว	โยเกิร์ต
อื่นๆ ได้แก่ _____	

4. ขนาดของ Puree ลื่นจี๊ดที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมสำหรับทำผลิตภัณฑ์ของท่าน

ใหญ่กว่า 4.70 มิลลิเมตร

3.33-4.7 มิลลิเมตร

1.7-3.3 มิลลิเมตร

0.8-1.7 มิลลิเมตร

น้อยกว่า 0.8 มิลลิเมตร

-ขอบคุณค่ะ-

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบความพอใจของผู้ทดสอบชิมใช้แบบทดสอบ Hedonic structural scale สเกลที่ใช้ประกอบด้วยเส้นตรงที่มีความยาว 12 เซนติเมตร แบ่งสเกลเป็นที่จุดเริ่มต้น ตรงกลาง และปลายเส้น ที่จุดเริ่มต้นด้านซ้ายคือความพอใจต่อผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด ตรงกลางคือความพอใจต่อผลิตภัณฑ์ปานกลาง และปลายสุดด้านขวาคือความพอใจต่อผลิตภัณฑ์มากที่สุด ผู้ทดสอบชิม จะประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยการขีดเครื่องหมาย I บนสเกล ณ ตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการแสดงความรู้สึกของผู้ทดสอบต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดสอบหลังจากการชิมเสร็จ

1. การเตรียมน้ำล้นจีสำหรับการทดสอบชิม (รัตน, 2543)

ส่วนผสมของน้ำล้นจี

ล้นจีตีป่น (จากกระป๋อง)	500 กรัม
น้ำตาลทราย	300 กรัม
กรดซิตริก	1 กรัม

วิธีการเตรียม

- 1.1 นำเนื้อล้นจีตีป่นจากกระป๋องมา 500 กรัม ใส่ในโถปั่น เติมน้ำลงไป 500 กรัม (อัตราส่วน เนื้อล้นจีตีป่น : น้ำ เท่ากับ 1:1) ปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นจากนั้นกรองผ่านผ้าขาวบาง
- 1.2 เติมน้ำเชื่อม โดยต้มน้ำ 1 กิโลกรัมให้เดือด เติมน้ำตาลทรายลงไป 300 กรัม ต้มเดือด เติมกรดซิตริกลงไป 1 กรัม ยกลง กรองด้วยผ้าขาวบาง
- 1.3 นำน้ำล้นจี (จากข้อ 1) ผสมกับน้ำเชื่อม (จากข้อ 2) ในอัตราส่วน 1:1
- 1.4 นำไปให้ความร้อนจนวัดอุณหภูมิได้ 80 องศาเซลเซียส บรรจุลงในขวดที่สะอาดปราศจากเชื้อ (ขวดก่อนนำมาใช้ ให้ต้มในน้ำเดือดอย่างน้อย 10 นาที) เติมน้ำล้นจีจนถึงระดับคอขวดปิดฝา

1.5 Cooling ในน้ำอุ่นก่อน แล้วค่อยลดอุณหภูมิให้ต่ำลง เพราะถ้าแช่ขวดลงในน้ำเย็นทันที ขวดอาจแตกได้

2. การเตรียมเยมน้ำจืดสำหรับการทดสอบชิม (รัตน, 2543)

สูตรการผลิต

ลีนจี่ขึ้นแตก (จากกระป๋อง)	450 กรัม	
น้ำตาลทราย (แบ่งเป็น 3 ส่วน)	700 กรัม	
สารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 50%	6 มิลลิลิตร	
ผงเพกติน ชนิด Rapid set	7 กรัม	
สีผสมอาหาร (สีชมพู : สีเหลือง : น้ำ อัตราส่วน 2 : 1 : 30)	1 มิลลิลิตร	

วิธีการเตรียม

- 2.1 นำเนื้อลีนจี่ขึ้นแตกมาล้างน้ำให้สะอาด ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ
- 2.2 แบ่งเนื้อลีนจี่เป็น 2 ส่วน เท่าๆ กัน ส่วนที่ 1 นำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น ส่วนที่ 2 ไม่ต้องปั่น
- 2.3 นำเนื้อลีนจี่ทั้ง 2 ส่วน เทใส่กะทะทองแดง เติมน้ำลงไป 550 กรัม ให้ความร้อนจนอุณหภูมิเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส
- 2.4 เติมน้ำตาลทรายลงไป 2 ใน 3 ส่วน คือ 467 กรัม ลดไฟให้อ่อนสุด จับเวลา 10 นาที
- 2.5 ผสมผงเพกตินกับน้ำตาลทรายส่วนที่เหลือ (233 กรัม) ให้เข้ากัน แล้วค่อยๆ เติมน้ำลงไปจนหมด ขณะเติมให้คนตลอดเวลา
- 2.6 คนที่ไฟอ่อนต่อไปอีกประมาณ 5 นาที
- 2.7 เร่งไฟให้เยมนเดือดจัด จนมีอุณหภูมิประมาณ 106 องศาเซลเซียส เยมนจะข้นเหนียว
- 2.8 ดับไฟ เติมสีผสมอาหาร และสารละลายกรดซิตริกลงไป คนให้เข้ากันเทใส่ภาชนะสำหรับกรอกทันที
- 2.9 กรอกเยมนใส่ในขวดแก้วปากกว้างที่สะอาด (ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 10 นาที แล้วผึ่งให้แห้ง) เทจนเต็มขวด เช็ดปากขวดให้สะอาด ปิดฝาขวดทันที (ฝาขวดบรรจุเยมนเช็ดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 70 %)
- 2.10 ปล่อยให้เย็นโดยไม่เคลื่อนย้าย เพื่อให้เยมนแข็งตัว

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณ

เนื้อลีนจีตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด 300x407 (A1) ฆ่าเชื้อในน้ำเดือดที่มีอุณหภูมิ น้ำเดือดเท่ากับ 98 องศาเซลเซียส ข้อมูลจากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน นำมาประมวลผล ได้ดังนี้

ขั้นตอนการคำนวณ

1. การป้อนข้อมูล และสร้าง heating curve
2. การประมวลผล
3. การป้อนข้อมูล และสร้าง cooling curve
4. การคำนวณ

1. ขั้นตอนป้อนข้อมูล (โดยใช้ โปรแกรม Microsoft excel)

- 1.1 ป้อนข้อมูลเวลาลงใน cell A3-A24 อุณหภูมิ cell B3-B24 และอุณหภูมิ น้ำเดือด cell E3-E24
- 1.2 C3 เป็นการคำนวณเพื่อหา $Tr-T$ เมื่อ Tr = อุณหภูมิ น้ำเดือด นั่นคือ 98°C หาได้จาก $= 98-B3$
- 1.3 Copy C3 ลงไปเป็น C4:C24
- 1.4 D3 เป็นการคำนวณเพื่อหา $\log(Tr-T)$
 $= \log(C3)$
- 1.5 Copy D3 ลงไปเป็น D4:D24
- 1.6 พล็อตกราฟระหว่าง Time vs $\log(Tr-T)$ ได้ดังรูป ง-1 ก่อนปรับข้อมูล และรูป ง-2 หลังปรับข้อมูล

หมายเหตุ : ก่อนปรับข้อมูล หมายถึง การสร้าง heating curve ที่ได้จากการนำข้อมูลการแทรกผ่านความร้อนทั้งหมด

หลังปรับข้อมูล หมายถึง การสร้าง heating curve ที่ได้จากการนำข้อมูลการแทรกผ่านความร้อนที่มีการตัดข้อมูลบางส่วนซึ่งอาจเป็น error ของการทดลองทิ้งไป เพื่อเพิ่มค่า R^2 ให้สูงขึ้น ($R^2 \geq 0.99$)

ตาราง ง-1 ข้อมูล heating ของเนื้อดินจี้ตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1

	A	B	C	D	E
1	เวลา	อุณหภูมิ : T	Tr-T	Log (Tr-T)	อุณหภูมิ น้ำในหม้อ
2	(นาทีก)	(°ซ)	(Tr = 98 °ซ)		ต้ม : TR (°ซ)
3	0.0	80.1	17.9	1.252853	94.9
4	1.0	81.6	16.4	1.214844	96.0
5	2.0	83.1	14.9	1.173186	97.1
6	3.0	85.8	12.2	1.086360	97.4
7	4.0	86.4	11.6	1.064458	97.4
8	5.0	86.9	11.1	1.045323	97.3
9	6.0	88	10.0	1.000000	97.4
10	7.0	89	9.0	0.954243	97.5
11	8.0	89.8	8.2	0.913814	97.4
12	9.0	90.5	7.5	0.875061	97.5
13	10.0	91.1	6.9	0.838849	97.4
14	11.0	91.7	6.3	0.799341	97.3
15	12.0	92.1	5.9	0.770852	97.4
16	13.0	92.5	5.5	0.740363	97.4
17	14.0	92.9	5.1	0.707570	97.4
18	15.0	93.2	4.8	0.681241	97.4
19	16.0	93.3	4.7	0.672098	97.5
20	17.0	93.5	4.5	0.653213	97.4
21	18.0	93.7	4.3	0.633468	97.3
22	19.0	93.9	4.1	0.612784	97.4
23	20.0	94.0	4.0	0.602060	97.5
24	21.0	94.3	3.7	0.568202	97.6

หมายเหตุ T หมายถึง อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์
 Tr หมายถึง อุณหภูมิของน้ำเดือด
 TR หมายถึง อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้ม

2. ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล และการสร้างกราฟ

2.1 การเพิ่มคำสั่ง Data analysis เข้าไปในโปรแกรม Microsoft excel

- 2.1.1 ใช้ โปรแกรม Microsoft excel
- 2.1.2 ในกรณีที่ไม่มีคำสั่ง Data analysis ในเมนู Tools ให้เลือกคำสั่ง Tools → Add-Ins...
- 2.1.3 เมื่อเข้าสู่ Add-Ins ให้คลิกเลือกในช่องของ Analysis ToolPak → แล้วคลิก OK
- 2.1.4 หลังจากนั้นคำสั่ง Data analysis จะปรากฏในเมนู Tools

2.2 การใช้คำสั่ง Data Analysis ในการคำนวณ

- 2.2.1 จากเมนู Tools เลือก Data analysis
- 2.2.2 ในหน้าจอส่วนของ Data analysis ให้คลิกเลือก Regression → แล้วคลิก OK
- 2.2.3 เมื่อเข้าสู่คำสั่ง Regression หน้าจอปรากฏดังนี้

ในส่วนของ Input Y Range : ให้เลือก Log (Tr-T) นั่นคือ D3:D45

และ Input X Range : ให้เลือก Time นั่นคือ A3:A45

Output option เลือก New Workbook

Residuals เลือก Residuals

จะได้ผล Summary Output ดังต่อไปนี้

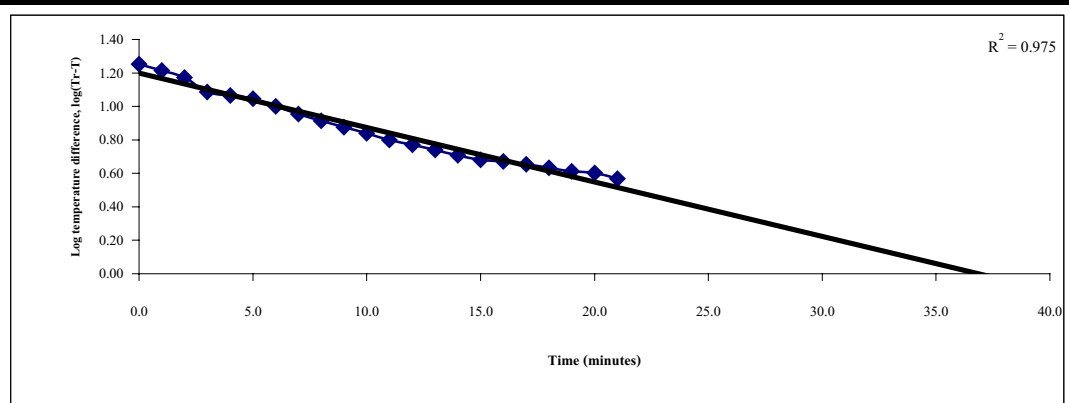
SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.98744
R Square	0.975037
Adjusted R Square	0.973789
Standard Error	0.034632
Observations	22

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0.936931085	0.936931	781.1897	1.67E-17
Residual	20	0.023987289	0.001199		
Total	21	0.960918374			

	<i>Coefficient</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	1.198827	0.014277414	83.96666	5.79E-27	1.169045	1.2286089
X Variable 1	-0.032528	0.001163808	-27.94977	1.67E-17	-0.034956	-0.0301005



รูป ง-1 Heating curve ของเนื้อลื่นจีตี่ป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 ก่อนการปรับข้อมูล

หลังการปรับข้อมูล Heating ได้ผลดังนี้

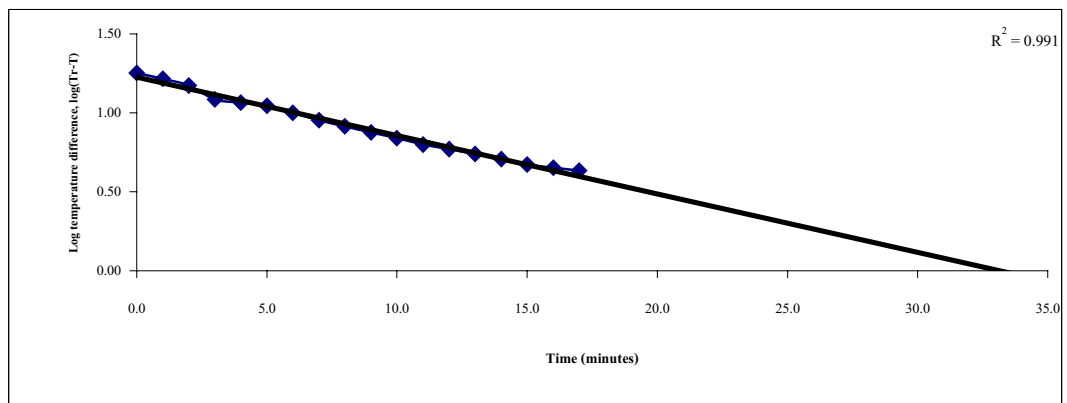
SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.995403
R Square	0.990828
Adjusted R Square	0.990255
Standard Error	0.019594
Observations	18

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0.663584967	0.663585	1728.444	9.88E-18
Residual	16	0.006142727	0.000384		
Total	17	0.669727694			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	1.225455	0.008864548	138.2423	4.71E-26	1.206663	1.2442472
X Variable 1	-0.037008	0.000890172	-	9.88E-18	-0.038896	-0.0351214
			41.57456			



รูป ง-2 Heating curve ของเนื้อลีนจีตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 หลังการปรับข้อมูลเพื่อเพิ่มค่า R²

3. ขั้นตอนการสร้าง Cooling curve (โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel)

- 3.1 ป้อนข้อมูลเวลาลงใน cell A27-A43 ,อุณหภูมิ cell B27-B43 และอุณหภูมิน้ำในหม้อต้มลงใน cell E27-E43
- 3.2 C27 เป็นการคำนวณเพื่อหา T-Tw เมื่อ Tw = อุณหภูมิน้ำ cooling นั่นคือ 30 °ซ หาได้จาก
= B27-30
- 3.3 Copy C27 ลงไปเป็น C28:C43
- 3.4 D27 เป็นการคำนวณเพื่อหา log(T-Tw)
= log(C27)
- 3.5 Copy D27 ลงไปเป็น D28:D43
- 3.6 พล็อตกราฟระหว่าง Time vs log (T-Tw) ได้ดังรูป ง-3 ก่อนปรับข้อมูลและหลังปรับข้อมูลรูป
ง-4

ตาราง ง-2 ข้อมูล Cooling ของเนื้อลิ้นจี่ที่ปนบรรจุกระป๋องขนาด A1

	A	B	C	D	E
25	เวลา	อุณหภูมิ : T	T-Tw	Log (T-Tw)	อุณหภูมิในหม้อ
26	(นาที)	(°ซ)	(Tw = 30 °ซ)		ต้ม : TR (°ซ)
27	24.0	94.3	64.3	1.808211	97.5
28	23.0	94.1	64.1	1.806858	96.2
29	24.0	93.8	63.8	1.804821	94.8
30	25.0	91.7	61.7	1.790285	94.1
31	26.0	84.6	54.6	1.737193	93.5
32	27.0	76.2	46.2	1.664642	29.5
33	28.0	69.7	39.7	1.598791	28.3
34	29.0	64.6	34.6	1.539076	28.3
35	30.0	59.9	29.9	1.475671	27.9
36	31.0	56.9	26.9	1.429752	27.2
37	32.0	54.6	24.6	1.390935	28.7
38	33.0	52.5	22.5	1.352183	28.7
39	34.0	50.9	20.9	1.320146	28.7
40	35.0	49.3	19.3	1.285557	28.7
41	36.0	48.0	18.0	1.255273	28.8
42	37.0	46.6	16.6	1.220108	28.8
43	38.0	45.4	15.4	1.187521	28.8

จะได้ผล Summary Output ดังต่อไปนี้

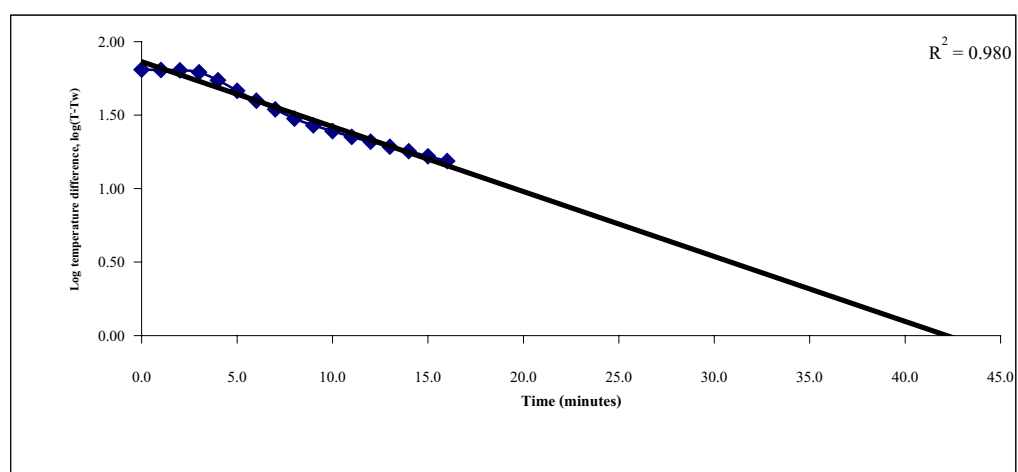
SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.989757
R Square	0.979619
Adjusted R Square	0.978261
Standard Error	0.033232
Observations	17

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0.796263	0.796263	720.9945	4.26E-14
Residual	15	0.016566	0.001104		
Total	16	0.812829			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	1.863242	0.015434	120.7246	7.89E-24	1.830346	1.896139
X Variable 1	-0.04418	0.001645	-26.8513	4.26E-14	-0.04768	-0.04067



รูป ง-3 Cooling curve ของเนื้อลินจีตีปนบรรจุกระป๋องขนาด A1 ก่อนการปรับข้อมูล

หลังการปรับข้อมูลของ Cooling

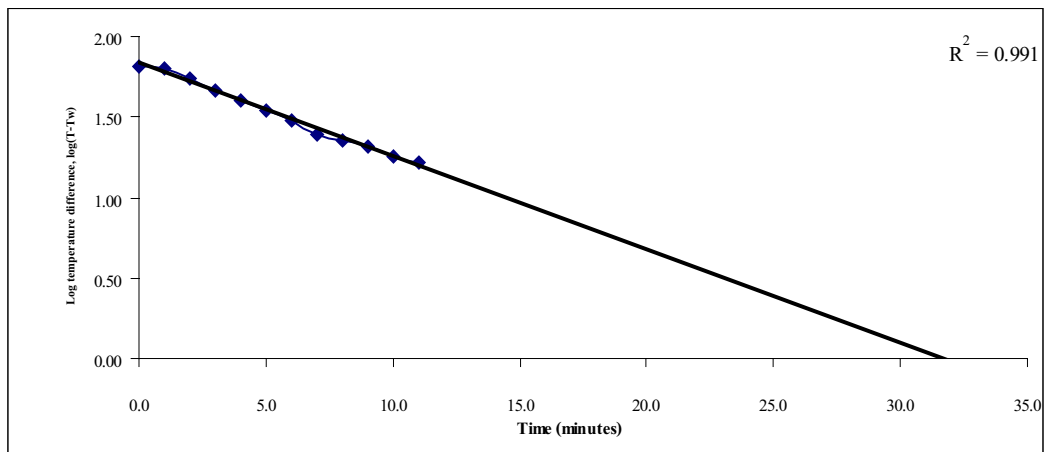
SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.995503
R Square	0.991027
Adjusted R Square	0.99013
Standard Error	0.020865
Observations	12

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0.480800208	0.4808	1104.455	1.44E-11
Residual	10	0.00435328	0.000435		
Total	11	0.485153488			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	1.832837	0.011329869	161.7704	2E-18	1.807593	1.8580817
X Variable 1	-0.057985	0.001744778	-33.23334	1.44E-11	-0.061872	-0.0540972



รูป ง-4 Cooling curve ของเนื้อลีนจีตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 หลังการปรับข้อมูลเพื่อเพิ่มค่า R2

4. ขั้นตอนการคำนวณ

ตัวอย่าง เนื้อลีนจีตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด 300x407 (A1) ที่ฆ่าเชื้อในน้ำเดือดที่มีอุณหภูมิ น้ำเดือดเท่ากับ 98 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มเดือดเมื่อเวลาผ่านไป 3 นาที โดยมี ค่า Process lethality ($F_{8.9100}$) = 3.24 นาที และจากกราฟแทรกผ่านความร้อนที่ปรับค่าแล้ว (f_h และ j_{ch} จากรูป ง-2 และ j_{cc} จากรูป ง-4 ตามลำดับ) จะได้ข้อมูลต่างๆ ดังนี้ $f_h = 27.50$ นาที, $j_{ch} = 0.93$ และ $j_{cc} = 1.01$ สามารถคำนวณหาเวลาฆ่าเชื้อได้ดังนี้

4.1 ค่า j_{ch} ใน cell B1 หาได้จากสูตร $j_{ch} = (T_r - T_{pih}) / (T_r - T_{ih})$ เป็นค่าที่หาได้จากรูป ง-2

4.2 ป้อนค่า f_h ซึ่งหาได้จากกราฟลงไปใน cell B2

4.3 ป้อนข้อมูล Process lethality ลงใน cell B3

4.4 ป้อนอุณหภูมิ น้ำเดือด และ อุณหภูมิเริ่มต้น ($^{\circ}\text{C}$) ลงใน Cell B4 และ B5 ตามลำดับ

4.5 I_h ใน cell B6 หาได้จากสูตร $I_h = T_r - T_{ih}$ คำนวณได้โดย

$$= B4 - B5$$

4.6 ใน cell B7 ค่า $j_{ch} \cdot I_h$ คำนวณได้โดย

$$= B1 * B6$$

4.7 ใน cell B8 ค่า $\log(j_{ch} \cdot I_h)$ คำนวณได้โดย

$$= \log(B7)$$

4.8 ป้อนค่า $z = 8.9$ ลงใน cell B9

4.9 Fi ใน cell B10 หาได้จากสูตร $Fi = 10(100-Tr)/z$ คำนวณได้โดย

$$=10^{(100-98)/8.9}$$

4.10 fh/U ใน cell B11 หาได้จากสูตร $fh/U = fh/[(F8.9100) \times Fi]$ คำนวณได้โดย

$$=B2/(B3 \times B10)$$

4.11 ป้อนค่า $jcc = 1.01$ ลงใน cell B12

4.12 จากตารางหาค่า g ของ Stumbo ที่มีค่า $z = 8.9$ องศาเซลเซียส (16 องศาฟาเรนไฮต์) ใน
ภาคผนวก ง ที่มีค่า $fh/U = 5.059$, $jcc = 1.01$ ดังนั้น $g = 4.70$ ใน cell B14

4.13 หาค่า $\log g$ ใน cell ที่ B15 ได้จาก

$$=\log(B14)$$

4.14 หา Process time ใน cell B16 ได้จากสูตร $B = fh[\log(jch.Ih) - \log g]$ คำนวณได้โดย

$$=B2 \times (B8 - B15)$$

ตาราง ง-3 ผลการคำนวณหาเวลาฆ่าเชื้อโดยใช้วิธี Ball formula

	A	B	C
1	jch	0.93	
2	fh	27.50	นาที
3	Process lethality (F8.9100)	3.24	นาที
4	อุณหภูมิน้ำเดือด (Tr)	98.0	°ซ
5	Initial temperature (Tih)	80.1	°ซ
6	Ih = Tr-Tih	18.0	°ซ
7	(jch.Ih)	16.74	
8	$\log(jch.Ih)$	1.224	
9	z	8.90	°ซ
10	$Fi=10(100-Tr)/z$	1.678	
11	$fh/U=fh/[(F8.9100) \times Fi]$	5.059	
12	jcc	1.01	
13	จากตารางหาค่า g ของ Stumbo ที่มีค่า $z = 8.9$ ในภาคผนวก ง -4		
14	$fh/U = 5.059$, $jcc = 1.01$ ดังนั้นค่า $g =$	4.70	
15	$\log g$	0.67	
16	$B = fh[\log(jch.Ih) - \log g]$	15.56	นาที

หมายเหตุ ใช้โปรแกรม Microsoft excel ในการคำนวณ

ตาราง ง-4 แสดงค่า fh/U : g เมื่อค่า $z = 16$ องศาฟาเรนไฮต์ (8.9 องศาเซลเซียส)

fh/U	Values of g when j of cooling curve is:								
	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00
0.20	3.67-05	3.95-05	4.23-05	4.50-05	4.78-05	5.06-05	5.34-05	5.61-05	5.89-05
0.30	1.60-03	1.74-03	1.88-03	2.02-03	2.16-03	2.31-03	2.45-03	2.59-03	2.73-03
0.40	1.12-02	1.21-02	1.31-02	1.40-02	1.49-02	1.58-02	1.68-02	1.77-02	1.86-02
0.50	3.69-02	3.97-02	4.24-02	4.51-02	4.79-02	5.06-02	5.33-02	5.61-02	5.88-02
0.60	8.28-02	8.83-02	9.38-02	9.93-02	1.05-01	1.10-01	1.16-01	1.21-01	1.27-01
0.70	0.148	0.157	0.166	0.175	0.184	0.193	0.202	0.211	0.221
0.80	0.230	0.243	0.256	0.270	0.283	0.296	0.309	0.322	0.335
0.90	0.324	0.342	0.360	0.378	0.395	0.413	0.431	0.448	0.466
1.00	0.427	0.450	0.473	0.496	0.518	0.541	0.564	0.586	0.609
2.00	1.51	1.60	1.69	1.78	1.87	1.96	2.05	2.15	2.24
3.00	2.39	2.56	2.73	2.90	3.07	3.24	3.42	3.59	3.76
4.00	3.11	3.36	3.60	3.85	4.09	4.33	4.58	4.82	5.06
5.00	3.73	4.04	4.35	4.66	4.96	5.27	5.58	5.88	6.19
6.00	4.28	4.65	5.01	5.37	5.73	6.09	6.45	6.81	7.17
7.00	4.78	5.19	5.60	6.00	6.41	6.82	7.23	7.63	8.04
8.00	5.23	5.68	6.13	6.58	7.03	7.47	7.92	8.37	8.82
9.00	5.65	6.13	6.62	7.13	7.58	8.02	8.55	9.04	9.52
10.00	6.04	6.55	7.07	7.58	8.10	8.61	9.13	9.64	10.16
15.00	7.65	8.28	8.91	9.55	10.18	10.81	11.44	12.08	12.71
20.00	8.90	9.61	10.32	11.03	11.75	12.46	13.17	13.88	14.60
25.00	9.91	10.68	11.46	12.23	13.01	13.78	14.56	15.33	16.11
30.00	10.7	11.6	12.4	13.2	14.1	14.9	15.7	16.5	17.4
35.00	11.5	12.3	13.2	14.1	15.0	15.8	16.7	17.6	18.5
40.00	12.1	13.0	13.9	14.8	15.8	16.7	17.6	18.5	19.0
45.00	12.6	13.6	14.5	15.5	16.5	17.4	18.4	19.3	20.3
50.00	13.1	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1	20.1	21.1
60.00	13.9	15.0	16.1	17.1	18.2	19.2	20.3	21.4	22.4
70.00	14.6	15.7	16.8	18.0	19.1	20.2	21.4	22.5	23.6
80.00	15.2	16.4	17.5	18.7	19.9	21.1	22.3	23.5	24.6
90.00	15.7	16.9	18.1	19.4	20.6	21.8	23.1	24.3	25.6
100.00	16.1	17.4	18.7	20.0	21.2	22.5	23.8	25.1	26.4
150.00	17.8	19.3	20.7	22.2	23.7	25.1	26.6	28.1	29.6
200.00	19.0	20.6	22.2	23.8	25.4	27.0	28.6	30.2	31.8
250.00	19.9	21.6	23.4	25.1	26.8	28.5	30.2	31.9	33.6
300.00	20.7	22.5	24.3	26.1	27.9	29.7	31.5	33.3	35.1
350.00	21.4	23.2	25.1	27.0	28.9	30.8	32.6	34.5	36.4
400.00	21.9	23.9	25.8	27.8	29.7	31.7	33.6	35.5	37.3
450.00	22.5	24.5	26.5	28.5	30.5	32.4	34.4	36.0	38.0
500.00	23.0	25.0	27.0	29.1	31.1	33.2	35.2	37.2	39.3
600.00	23.9	26.0	28.1	30.2	32.3	34.4	36.5	38.6	40.7
700.00	24.7	26.8	29.0	31.1	33.3	35.5	37.6	39.8	41.9
800.00	25.4	27.6	29.8	32.0	34.2	36.4	38.6	40.8	43.0
900.00	26.1	28.3	30.5	32.7	35.0	37.2	39.4	41.6	43.9
999.99	26.7	28.9	31.2	33.4	35.7	37.9	40.2	42.4	44.7

ภาคผนวก จ

สมการรีเกรซชันเส้นตรง

สมการรีเกรชันเส้นตรง (Linear regression)

จากผลการทดลองและวิจารณ์ผลในบทที่ 4 นำแสดงข้อมูลในรูปกราฟได้สมการที่เป็นแบบรีเกรชันเส้นตรง แสดงดังตาราง จ-1 และ จ-2

ตาราง จ-1 สมการรีเกรชันเส้นตรงจากการทดลองตอนที่ 2 ผลการศึกษาเพื่อหาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการปรับพีเอชโดยไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลีนจี

ผลิตภัณฑ์	รูป	การวิเคราะห์	สมการรีเกรชันเส้นตรง	R ²
เนื้อลีนจีตีปน	4.6	ค่าสี a* ภายหลังการฆ่าเชื้อ	$y = 3.745x - 0.0194$	0.9686
	4.7	ความหนืด	$y = 1774.3x + 467.93$	0.9631
	4.8	pH	$y = -0.0823x + 4.1913$	0.9913
		Total acidity (% as citric acid)	$y = 0.048x + 0.3087$	0.9054
	4.9	Total soluble solid (%)	$y = 0.0286x + 13.067$	0.4286
		Reducing sugar (%)	$y = 0.0071x + 11.333$	0.1336
		Total sugar (%)	$y = -0.0077x + 11.569$	0.2224
		Sucrose (%)	$y = -0.0149x + 0.2353$	0.7243

หมายเหตุ x หมายถึง ปริมาณกรดซิตริก

ตาราง จ-2 สมการรีเกรชันจากการทดลองตอนที่ 4 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ
ผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส และ
อายุการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์	รูป	การวิเคราะห์	สมการรีเกรชันเส้นตรง	R ²
เนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตก บรรจุกระป๋อง ขนาด A1	4.26	ค่าสี L	$y = -1.3461x + 60.489$	0.8777
		ค่าสี a*	$y = 0.5618x + 0.0971$	0.9736
		ค่าสี b*	$y = 0.5414x + 6.7229$	0.8980
	4.27	pH	$y = 0.0129x + 3.992$	0.5664
		Total acidity (% as citric acid)	$y = 0.0075x + 0.3814$	0.5864
	4.28	Total soluble solid (%)	$y = -0.1214x + 11.4$	0.8811
		Reducing sugar (%)	$y = 0.0221x + 8.33$	0.4594
		Total sugar (%)	$y = 0.0768x + 9.0314$	0.8424
		Sucrose (%)	$y = 0.0993x + 0.7057$	0.9430
เนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตก บรรจุกระป๋อง ขนาด A10	4.31	ค่าสี L	$y = -2.2171x + 63.503$	0.9668
		ค่าสี a*	$y = 0.6425x + 2.16$	0.9090
		ค่าสี b*	$y = 0.4293x + 8.7057$	0.9555
	4.32	pH	$y = 0.0036x + 4.0157$	0.1050
		Total acidity (% as citric acid)	$y = -0.0093x + 0.4771$	0.170
	4.33	Total soluble solid (%)	$y = -0.1786x + 13.371$	0.9527
		Reducing sugar (%)	$y = 0.0539x + 10.936$	0.7992
		Total sugar (%)	$y = -0.2646x + 12.037$	0.7915
		Sucrose (%)	$y = -0.1014x + 0.6729$	0.9366

หมายเหตุ x หมายถึง ระยะเวลาการเก็บรักษา

ตาราง จ-2 (ต่อ) สมการรีเกรชันจากการทดลองตอนที่ 4 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลง
คุณภาพผลิตภัณฑ์ลีนจี้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส
และอายุการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์	รูป	การวิเคราะห์	สมการรีเกรชันเส้นตรง	R2
เนือลีนจีตีปน บรรจุกระป๋อง ขนาด A1	4.36	ค่าสี L	$y = -3.0775x + 67.201$	0.8261
		ค่าสี a*	$y = 1.1268x - 0.3414$	0.9530
		ค่าสี b*	$y = 0.5236x + 9.0786$	0.9389
	4.37	pH	$y = 0.0043x + 3.98$	0.6923
		Total acidity (% as citric acid)	$y = 0.0082x + 0.5086$	0.3800
	4.38	Total soluble solid (%)	$y = -0.0714x + 15.486$	0.8929
		Reducing sugar (%)	$y = 0.0707x + 13.264$	0.3839
		Total sugar (%)	$y = -0.0761x + 14.169$	0.4333
		Sucrose (%)	$y = 0.1432x + 0.91$	0.9363
	เนือลีนจีตีปน บรรจุกระป๋อง ขนาด A10	4.41	ค่าสี L	$y = -3.0829x + 66.46$
ค่าสี a*			$y = 1.0829x + 1.540$	0.9118
ค่าสี b*			$y = 0.6286x + 8.5686$	0.9578
4.42		pH	$y = 0.0032x + 3.9886$	0.4219
		Total acidity (% as citric acid)	$y = 0.0146x + 0.5329$	0.8612
4.43		Total soluble solid (%)	$y = -0.0429x + 15.286$	0.7500
		Reducing sugar (%)	$y = 0.0511x + 13.024$	0.9574
		Total sugar (%)	$y = -0.0689x + 13.787$	0.9537
		Sucrose (%)	$y = -0.1204x + 0.7671$	0.9585

หมายเหตุ x หมายถึง ระยะเวลาการเก็บรักษา