



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การผลิตพืชมังคุด พัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากพืชมังคุด
และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

**Producing Mangosteen Puree and its Product Differentiation
as Health Products**

โดย
เสริมสุข สลักเพ็ชร และคณะ

มกราคม 2551

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การผลิตพืชมังคุด พัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากพืชมังคุด
และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

Producing Mangosteen Puree and its Product Differentiation
as Health Products

คณะผู้วิจัย

- | | | |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------|
| 1. นางสาวเสริมสุข สลักเพ็ชร์ | ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี | กรมวิชาการเกษตร |
| 2. นางอรุณห์ สระแก้ว | ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี | กรมวิชาการเกษตร |
| 3. นางสาวช่อทิพย์ พรศิริประเสริฐ | ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี | กรมวิชาการเกษตร |

ชุดโครงการทุเรียนและพื้นที่ภาคตะวันออก

สนับสนุนโดย

สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

Executive summary

Project title : Producing Mangosteen Puree and its Product Differentiation as Health Products

Proposer's name, organization, telephone and fax number and e-mail address:

Surmsuk Salakpetch

Chanthaburi Horticultural Research Center

Khlung, Chanthaburi, 22110

Tel : 0-3939-7030, 0-3939-7146

Fax : 0-3939-7236

E-mail : chrc@ksc.th.com, chrc_chanburi@yahoo.com

Problem statement and importance:

Growers cannot get good price from translucent flesh and gamboge mangosteen due to its unpleasant taste. An existing technology, which was developed by Chanthaburi Horticultural Research Center, Department of Agriculture, is to inducing early production and harvest before the rainy season. It has been suggested that excess water, especially rainfall, during fruit growth and development affected fluctuation of water status within the tree and caused translucent flesh and gamboge in mangosteen fruit. An appropriate management to prevent and/or lessen such symptoms is being developed. Also, a reliable method to sort out translucent flesh and gamboge mangosteen is too costly to use commercially. Therefore, translucent flesh and gamboge may be found in exported volume and may lead to an unpleasant image and lower price of quality mangosteen from Thailand.

There was a large amount of translucent and gamboge mangosteen during the rainy season and overripe fruit during the peak of harvesting period in Thailand. Although the farm gate price of that production was low, there was no any appropriate method to utilize it, except using the seed for seeding.

There are over 40 identified xanthonenes, antioxidant, in pericarp and yellow latex of mangosteen fruit. There are also polysaccharides and other active chemicals that give medicinal properties of mangosteen. Its benefits are anti-inflammatory, anti-oxidant, anti-tumor and cancer preventive, hypoglycemic, immunomodulation, anti-bacterial and anti-fungal, and anti-alzheimerian activity, for instance. Chanthaburi Horticultural Research Center has been preliminarily developed mangosteen puree from translucent and gamboge mangosteen as well as overripe fruits to use as raw material for mangosteen product differentiation. If the puree is able to be kept long and still maintain its nutritional and pharmacological properties, healthy products, which has xanthonenes as a selling point, will be developed from the puree. High value is then created from translucent and gamboge mangosteen and overripe fruits.

The present project aims to seek ways to produce mangosteen puree and store in an appropriate condition to maintain its pharmacological benefits and to develop and improve the differentiation of mangosteen products from the puree to serve customer test.

Objectives :

1. To develop an appropriate method to make mangosteen puree and prolong its storage life to ensure that it can maintain its nutritious benefits.
2. To develop mangosteen powder from mangosteen puree and from crude extracts of the pericarp that meets customer requirement.

Methodology

Activity 1 : Appropriate method to produce mangosteen puree and prolong its storage life and its nutritious benefits to use as an initial material for product differentiation.

1.1 Experimental design: Completely randomized design (CRD) with 5 replicates using 3 experimental units as 1 replicate was used. Five treatments are translucent and white plastic bottle, clear glass bottle, brown and green glass bottle. All treatments will be kept at 4 degree Celsius.

1.2 Measurement:

- 1.2.1 process steps to produce mangosteen puree, including its recipe
- 1.2.2 value of antioxidant in the puree
- 1.2.3 chemical, physical, and microbiological quality of the puree
- 1.2.4 storage life of the puree, difference of various containers and quality of the puree will be analyzed using variance ratio analysis
- 1.2.5 consumer acceptance
- 1.2.6 cost to produce and store the puree and other initial products

Activity 2 : To produce mangosteen powder from mangosteen puree and from crude extracts of the pericarp to serve customer requirement.

2.1 Experimental design: CRD with 5 replicates using 3 experimental units as 1 replicate was conducted in producing mangosteen powder from crude extracts of the pericarp experiment. Four different proportions of maltodextrin (0, 5, 10 and 20%) and two inlet air temperatures (140 and 155 °C) were used as treatments.

An experiment to produce mangosteen powder from mangosteen puree was also conducted using CRD with 6 treatments and 5 replicates. Three different proportions of maltodextrin (5, 10 and 20%) and two inlet air temperatures (140 and 155 °C) were used as treatments. Mangosteen powder from both experiments was stored in aluminium foil sachet at room temperature.

2.2 Measurement:

- 2.2.1 process steps to produce mangosteen powder
- 2.2.2 value of antioxidant in the powder from puree and from pericarp crude extracts
- 2.2.3 chemical and physical quality of the mangosteen powder
- 2.2.4 acceptability and appreciation of customers to the developed products
- 2.2.5 cost to produce the powder

Outputs:

1. Mangosteen fruit at maturity index level 6, both normal and translucent and gummosis flesh, with different proportions of pericarp crude extracts between 5 to 9% by weight can be used to

produce mangosteen puree. Pasteurization was selected in the recent research project. The followings are the puree which was consumer acceptable:

- Normal flesh + 5% pericarp crude extract
- Normal flesh + 7% pericarp crude extract
- Normal flesh + 9% pericarp crude extract
- Normal flesh: translucent and gummosis flesh (1:1) + 5% pericarp crude extract
- Translucent and gummosis flesh + 5% pericarp crude extract

The antioxidant of freshly produced puree varies from 4.49 to 6.3 TEAC (μ mole Trolox/ml) depending on proportions of pericarp crude extracts.

2. Temperature at 4 degrees Celsius was low enough to store mangosteen puree with acceptable chemical and physical properties to make other healthy products. Although puree could be stored longer at -20 degrees Celsius (161-175 days compared to 140 days at 4 degrees Celsius), the cost of electricity was 10 times higher (24.94 baht/day compared to 2.35 baht/day at 4 degrees Celsius).

3. Puree can be stored in either sealed brown or green glass bottle at 4 degrees Celsius for 5 months with acceptable microbiological, chemical and physical quality to make further healthy products.

4. The suitable condition to make sprayed dry pericarp crude extract powder and puree powder was 155 and 85 $\pm$ 1 degrees Celsius inlet and outlet temperatures, respectively. Pericarp crude extract had to be mixed with 5, 10 and 20% maltodextrin or unmixed before sprayed dry. The powder was red colour with strong rind and latex odour. The higher maltodextrin proportion, the lighter colour and odour of powder was. The antioxidant of the powder varied from 682.33 (with 20% maltodextrin) to 3,066.02 (unmixed maltodextrin) TEAC (μ mole Trolox/ml). The unmixed maltodextrin crude extract powder 1 g had 6.36 mg α -mangostin.

5. Sprayed dry mangosteen puree powder was made by mixing the dilution of puree to water at 1:1 by weight with 10% maltodextrin. The powder was light pink colour with dusty texture. The powder had 13.98 TEAC (μ mole Trolox/ml) antioxidant.

6. Both pericarp crude extract and puree powder can be stored in aluminium sachet at room temperature for 8 months with acceptable chemical and physical quality.

บทคัดย่อ

โครงการวิจัย การผลิตพืชมังคุด พัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากพืชมังคุด และทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภค ดำเนินการ ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทร์บุรี ต.ตะปอน อ.ขลุง จ.จันทบุรี ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2549 ถึงเดือนมกราคม 2551 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการผลิตและเก็บรักษาพืชมังคุดให้คงคุณค่าทางโภชนาการและเภสัชวิทยา และมีคุณภาพเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ และเพื่อพัฒนาและหาวิธีการผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุดและจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

พืชมังคุดในโครงการวิจัยนี้ ผลิตจากผลมังคุดที่มีเปลือกสีม่วงดำและมีความสุกไม่น้อยกว่าระดับ 6 (ดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) และจากผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วและยางไหลในผล ซึ่งผลิตผลมังคุดทั้ง 2 ประเภท ไม่สามารถส่งออกได้ เมื่อนำพืชมังคุดที่ผลิตได้มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับพืชมังคุดที่ผลิตจากเนื้อมังคุดปกติ จากเนื้อมังคุดปกติผสมกับเนื้อมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วและยางไหลในผล และจากเนื้อมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วและยางไหลในผล โดยต้องผสมกับน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกในสัดส่วนตั้งแต่ 5 ถึง 9% รวม 5 สูตร พืชมังคุดทั้ง 5 สูตร มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อแรกผลิตตั้งแต่ 4.49 ถึง 6.3 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) ขึ้นกับส่วนผสมของน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก

พืชมังคุดสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส โดยยังคงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพที่สามารถนำไปแปรรูปต่อเนื่องเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้ แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะประหยัดค่าใช้จ่ายค่าพลังงานมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

พืชมังคุดที่ผลิตโดยกระบวนการพาสเจอร์ไรส์สามารถเก็บรักษาในภาชนะแก้วใสสีขาว และสีเขียว ปิดสนิท ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้นาน 5 เดือน โดยยังคงคุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และทางจุลชีววิทยา และสามารถนำไปแปรรูปต่อเนื่องเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้ ในขณะที่การเก็บรักษาในภาชนะพลาสติกทึบแสง พลาสติกโปร่งแสง และแก้วใส สามารถเก็บได้นานเพียง 3 และ 1 เดือน ตามลำดับ

มังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก สามารถผลิตได้โดยผสมมอลโตเด็กซ์ทรินในอัตราส่วน 5, 10 และ 20% โดยน้ำหนัก หรือไม่ผสมมอลโตเด็กซ์ทริน ใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 155 องศาเซลเซียส ได้มังคุดผงที่มีคุณสมบัติทางกายภาพดีกว่าที่ 140 องศาเซลเซียส อุณหภูมิลมร้อนขาออก 85 ± 1 องศาเซลเซียส มังคุดผงที่ผลิตได้มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระตั้งแต่ 682.33 ถึง 3,066.02 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) ขึ้นกับอัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ทริน และมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกโดยไม่ผสมมอลโตเด็กซ์ทริน จำนวน 1 กรัม มีปริมาณสารแอลฟาแมงโกสติน (α -mangostin รูปหนึ่งของสารแซนโทนส์ที่มีประสิทธิภาพและคุณค่าทางเภสัชวิทยา) 6.36 มิลลิกรัม

การผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุดทำได้โดยนำพืชมังคุดผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก ผสมกับมอลโตเด็กซ์ทรินในอัตราส่วน 10% โดยน้ำหนัก ใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า และขาออก เช่นเดียวกับการผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก ได้ผลิตภัณฑ์มังคุดผงที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

มังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุด และจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก สามารถเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิห้อง ได้นาน 8 เดือน โดยยังคงคุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

A research project to produce mangosteen puree and its product differentiation to serve customer requirements was undertaken at Chanthaburi Horticultural Research Center between August 2006 and January 2008. The project was aimed to develop an appropriate method to make mangosteen puree and prolong its storage life to ensure that it can maintain its nutritious benefits. Development of mangosteen powder from mangosteen puree and from pericarp crude extracts was also studied.

It was founded that mangosteen puree made from entire normal flesh, normal flesh: translucent and gummosis flesh at 1:1 and entire translucent and gummosis flesh with a mixture of 5 to 9% pericarp crude extract was consumer acceptance. The antioxidant of newly produced puree varied from 4.49 to 6.3 TEAC (μ mole Trolox/ml) depending upon proportion of pericarp crude extract.

Mangosteen puree could be kept in sealed brown or green glass bottle at 4 degrees Celsius for 5 months with acceptable microbiological, chemical and physical quality to make further healthy products. Moreover, it would cost less electricity charge than -20 degrees Celsius.

The inlet and outlet temperatures at 155 and 85 $\pm$ 1 degrees Celsius, respectively, and JCM Model SDE10 E-10 with rotary atomizer and nozzle spray dryer were used to produce powder from mangosteen puree and pericarp crude extract. Mangosteen puree had to be diluted with water (1:1) then mixed with 10% maltodextrin by weight before sprayed dry. Plain crude extract from pericarp or a mixture with 5, 10 and 20% maltodextrin by weight was suitable to make powder. Powder from entire pericarp crude extract 1 g contained 6.36 mg α -mangostin, one of effective xanthenes from mangosteen.

Both mangosteen powder from puree and pericarp crude extract could be kept in an aluminium sachet at room temperature for 8 months. The chemical and physical properties and antioxidant value were still accepted for making other healthy products.

คำนิยม

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานราชการ และผู้ประกอบการเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ให้การสนับสนุน ให้ความร่วมมือ และประสานข้อมูลด้านการผลิต และการตรวจสอบและการวิเคราะห์คุณสมบัติและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ได้แก่

1. สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย ที่สนับสนุนทุนการวิจัย
2. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ให้การสนับสนุนและเปิดโอกาสให้คณะผู้วิจัยได้ทำงานวิจัยนี้
3. ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่อนุญาตให้ใช้สถานที่วิจัย และบุคลากรอำนวยความสะดวกด้านการเงิน พัสดุ และสารบรรณ แรงงานช่วยปฏิบัติงานในแปลงวิจัย และเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงาน
4. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความอนุเคราะห์การตรวจสอบและการวิเคราะห์คุณสมบัติและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และจุลชีววิทยา
5. บริษัท เจซีเอ็ม เอ็นจิเนียริงคอนเซ็ป จำกัด ที่อนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยในการผลิตมังคุดผงจากผิวเร่มังคุด และน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก
6. นักวิชาการประจำโครงการ บุคลากรของศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี และแรงงานที่ช่วยปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่ทุ่มเทและความตั้งใจจริงในการปฏิบัติงานเพื่อให้โครงการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญเรื่อง

Executive summary	i
บทคัดย่อ	iv
Abstract	v
คำนิยม	vi
สารบัญเรื่อง	vii
สารบัญตาราง	ix
สารบัญภาพ	xi
บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
วิธีดำเนินการวิจัย	
กิจกรรมที่ 1 การจัดการการผลิตและเก็บรักษาพืชมังคุดอย่างเหมาะสม เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพอย่างต่อเนื่อง	3
1.1 การทดลองที่ 1 การผลิตพืชมังคุดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูป เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ	3
1.2 การทดลองที่ 2 การเก็บรักษาพืชมังคุดอย่างเหมาะสมเพื่อใช้เป็น วัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้อย่างต่อเนื่อง	4
กิจกรรมที่ 2 การวิจัยและพัฒนาการมั่งคุดผงจากพืชมังคุดและจาก น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	6
2.1 การผลิตมั่งคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก	6
2.2 การผลิตมั่งคุดผงจากพืชมังคุด	7
ผลการทดลอง	
กิจกรรมที่ 1 การจัดการการผลิตและเก็บรักษาพืชมังคุดอย่างเหมาะสม เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพอย่างต่อเนื่อง	
การทดลองที่ 1 การผลิตพืชมังคุดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูป เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ	8
1.1 การผลิตพืชมังคุดสูตรต่างๆ และการยอมรับจากผู้บริโภค	8
1.2 การเก็บรักษาพืชมังคุด วัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้อย่างต่อเนื่อง	11
การทดลองที่ 2 การเก็บรักษาพืชมังคุดอย่างเหมาะสมเพื่อใช้เป็น วัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้อย่างต่อเนื่อง	19
กิจกรรมที่ 2 การวิจัยและพัฒนาการมั่งคุดผงจากพืชมังคุดและจาก น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	24
2.1 การผลิตมั่งคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก	24
2.2 การผลิตมั่งคุดผงจากพืชมังคุด	29

สรุปผลการทดลอง	34
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก 1	38
ภาคผนวก 2	55
ภาคผนวก 3	60
ภาคผนวก 4	62
ภาคผนวก 5	65
ภาคผนวก 6	73

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	สูตรการผลิตพืชมังคุดที่ผลิตจากเนื้อมังคุดปกติ (เนื้อแก้วและยางไหล 0%) เนื้อมังคุดปกติ: เนื้อแก้วและยางไหล 1:1 (เนื้อแก้วและยางไหล 50%) และเนื้อแก้วและยางไหล 100% ผสมกับน้ำคั้นจากเปลือก 5 ถึง 10%	9
ตารางที่ 1.2	คะแนนเฉลี่ยการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อคุณลักษณะต่างๆ ของ พืชมังคุด 15 สูตร	10
ตารางที่ 1.3	ลักษณะทางกายภาพเริ่มต้นของพืชมังคุดสูตรต่างๆที่ได้รับการยอมรับจาก ผู้บริโภคและน้ำคั้นจากเปลือก ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส	11
ตารางที่ 1.4	เปรียบเทียบระยะเวลาที่เก็บรักษาพืชมังคุดสูตรต่างๆที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียสเมื่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$)) ลดลงจนมีค่าต่ำสุด	15
ตารางที่ 1.5	เปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$)) ของพืชมังคุดสูตรต่างๆที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส หลังจากที่ลดลงจนมีค่าต่ำสุดแล้ว จนหมดสภาพการรับประทาน	15
ตารางที่ 1.6	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาพืชมังคุด สูตรต่างๆที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส กับการเปลี่ยนแปลงของ สารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$))	16
ตารางที่ 1.7	เปรียบเทียบระยะเวลาที่นานที่สุดที่สามารถเก็บรักษาพืชมังคุดสูตรต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียสกับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$)) ในช่วงเวลาเดียวกัน	16
ตารางที่ 1.8	เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของพืชมังคุดสูตรต่างๆ และ น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่เริ่มเสื่อมสภาพ	18
ตารางที่ 1.9	คุณภาพทางจุลชีววิทยาของพืชมังคุด (เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%) ที่เก็บรักษาในภาชนะต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน เปรียบเทียบ กับข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 214 พ.ศ. 2543 (วิเคราะห์โดยภาควิชาจุลชีววิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล)	21
ตารางที่ 1.10	คุณภาพทางจุลชีววิทยาของพืชมังคุด (เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%) ที่เก็บรักษาในภาชนะต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 5 เดือน เปรียบเทียบ กับข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 214 พ.ศ. 2543 (วิเคราะห์โดยภาควิชาจุลชีววิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล)	22
ตารางที่ 2.1	เปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นเปลือกมังคุด (เปลือก: น้ำ 2:3) โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย และน้ำหนัของมังคุดผงที่ผลิตได้ (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทร์บุรี ธันวาคม 2549)	25
ตารางที่ 2.2	เปรียบเทียบลักษณะทางเคมี และทางกายภาพของมังคุดผงที่ผลิตโดยใช้ กรรมวิธีต่างๆ	25

ตารางที่ 2.3	เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตมังคุดผองอบแห้งแบบพ่นฝอยกรรมวิธีต่างๆ และต้นทุนในการผลิตให้ได้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ 1,737.33 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดที่ผลิตได้ในการวิจัยนี้	26
ตารางที่ 2.4	เปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตมังคุดผองจากน้ำเปลือกมังคุด 2:3 โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 155 °C และอุณหภูมิขาออกที่ 85±1 °C จำนวน 4 กรรมวิธี เพื่อนำมังคุดผองไปใช้ในการทดลองการเก็บรักษา	27
ตารางที่ 2.5	เปรียบเทียบลักษณะทางเคมี และทางกายภาพของมังคุดผองที่ผลิตโดยใช้กรรมวิธีต่างๆ	27
ตารางที่ 2.6	เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตมังคุดผองอบแห้งแบบพ่นฝอยกรรมวิธีต่างๆ และต้นทุนในการผลิตให้ได้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ 3,066.22 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/mg}$) ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดที่ผลิตได้ในการวิจัยนี้	28
ตารางที่ 2.7	เปรียบเทียบการผลิตมังคุดผองจากผิวมังคุดที่ผสมน้ำในอัตราส่วนต่างๆ โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรกฎาคม 2550)	30
ตารางที่ 2.8	เปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตมังคุดผองจากผิวมังคุด (ผิวมังคุด: น้ำ 1:1 โดยน้ำหนัก) โดยใช้มอลโตเด็คซ์ทรินสัดส่วนต่างๆ ใช้วิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย และน้ำหนักของมังคุดผองที่ผลิตได้ (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรกฎาคม 2550)	31
ตารางที่ 2.9	เปรียบเทียบลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของมังคุดผองที่ผลิตโดยใช้กรรมวิธีต่างๆ	31
ตารางที่ 2.10	เปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตมังคุดผองจากผิวมังคุด (ผิวมังคุด: น้ำ 1:1 โดยน้ำหนัก) โดยใช้มอลโตเด็คซ์ทรินสัดส่วนต่างๆ ใช้วิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย อุณหภูมิลมร้อนเข้า 155 °C และอุณหภูมิขาออกที่ 85°C จำนวน 3 กรรมวิธี เพื่อนำมังคุดผองไปใช้ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	33
ตารางที่ 2.11	เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ผู้บริโภคมีต่อคุณลักษณะต่างๆของมังคุดผองที่ผลิตจากผิวมังคุด (ผิวมังคุด: น้ำ 1:1 โดยน้ำหนัก) ทั้ง 3 กรรมวิธี	33

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1.1	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาผิวมังคุด สูตรที่ 2 (a) สูตรที่ 3 (b) และสูตรที่ 4 (c) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 (○) และ -20 (x) องศาเซลเซียส กับสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$)) (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรกฎาคม 2550)	13
ภาพที่ 1.2	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาผิวมังคุด สูตรที่ 9 (a) และสูตรที่ 12 (b) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 (○) และ -20 (x) องศาเซลเซียส กับสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$)) (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรกฎาคม 2550)	14
ภาพที่ 1.3	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำคั้นจากเปลือก ที่อุณหภูมิ 4 (○) และ -20 (x) องศาเซลเซียส กับสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$)) (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรกฎาคม 2550)	17
ภาพที่ 1.4	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาผิวมังคุด กรรมวิธีที่ 1 ภาชนะพลาสติกทึบแสง (◇) กรรมวิธีที่ 2 ภาชนะพลาสติก โปร่งแสง (□) กรรมวิธีที่ 3 ภาชนะแก้วใส (△) กรรมวิธีที่ 4 ภาชนะ แก้วใสสีขาว (○) และกรรมวิธีที่ 5 ภาชนะแก้วใสสีขาว (x) กับสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$)) (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี มกราคม 2551)	23
ภาพที่ 2.1	การเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$)) ของ มังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือก กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใช้มอลโตเด็คซ์ตริน เป็นตัวพา (○) กรรมวิธีที่ 2 ใช้มอลโตเด็คซ์ตริน 5% เป็นตัวพา (□) กรรมวิธีที่ 3 ใช้มอลโตเด็คซ์ตริน 10% เป็นตัวพา (△) และกรรมวิธีที่ 4 ใช้มอลโตเด็คซ์ตริน 20% เป็นตัวพา (x) และเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิห้อง (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรกฎาคม 2550)	28
ภาพที่ 2.2	การเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$)) ของมังคุดผงที่ผลิตจากผิวมังคุด (ผิวมังคุด: น้ำ 1:1 โดยน้ำหนัก) ใช้มอลโตเด็คซ์ตริน 10% เป็นตัวพา และเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิห้อง (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี มกราคม 2551)	34

บทนำ

มังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วและยางไหลในผลเป็นผลิตผลที่ไม่เหมาะกับการบริโภคสด มีราคาต่ำกว่าหรือไม่สามารถจำหน่ายได้ เมื่อเทียบกับผลิตผลมังคุดที่มีคุณภาพเนื้อภายในปกติ เทคโนโลยีในการผลิตมังคุดที่มีอยู่ในปัจจุบันซึ่งพัฒนาโดยศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี เป็นวิธีการจัดการแบบเลี้ยงปัญหา คือ จัดการให้ต้นมังคุดออกดอกและเก็บเกี่ยวให้แล้วเสร็จก่อนเข้าฤดูฝน อีกทั้งยังไม่มีวิธีการตรวจสอบหรือคัดแยกผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วและยางไหลในผลออกจากผลมังคุดปกติได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว แม่นยำ และคุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ เมื่อส่งมังคุดไปขายยังตลาดต่างประเทศจึงพบว่าอาจมีมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วและยางไหลในผลปะปนกับผลมังคุดปกติ ทำให้เสียภาพลักษณ์ของมังคุดคุณภาพจากประเทศไทย และขายไม่ได้ราคาเท่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นเพื่อป้องกันการขาดทุนหรือเพื่อให้ขาดทุนมากเกินไป ผู้ประกอบการส่งออกจึงรับซื้อผลิตผลมังคุดจากเกษตรกรหรือผู้รวบรวมผลิตผลในราคาต่ำ โดยเฉพาะเมื่อมีฝนตกหนักในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตเนื่องจากมีความเสี่ยงที่จะพบผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วและยางไหลในผลมากกว่าในช่วงที่ไม่มีฝนตก หรือในช่วงที่ผลผลิตออกมากช่วงกลางฤดูการผลิตผลมังคุดที่มีความสุกเกินขั้นนี้ความสุกแก่สำหรับการส่งออกและผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วและยางไหลในผลยังมีราคาต่ำมากต้องถูกทิ้งไปโดยไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์หรือหากถูกนำมาใช้ประโยชน์ก็ไม่คุ้มค่ากับคุณสมบัติและสรรพคุณมากมายที่มีอยู่ในผลมังคุด โดยเฉพาะสรรพคุณทางเภสัชวิทยา แม้ว่าในตำราแพทย์แผนไทยจะมีการบันทึกสรรพคุณของมังคุดในการรักษาอาการผิวหนังติดเชื้อ ใช้เป็นยาสมานแผล และแก้โรคท้องร่วงไว้ก็ตาม

ในช่วงสิบปีที่ผ่านมาได้มีการศึกษาคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาที่มีในมังคุดและตีพิมพ์กันแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศ โดยเฉพาะคุณสมบัติของยางและเปลือกมังคุด พบว่ามีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เรียกว่า แซนโทนส์ (xanthones) ซึ่งมีคุณสมบัติยับยั้งกิจกรรมของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา (anti-bacterial and anti-fungal activities) (Begum *et al.*, 1982; Sundaram *et al.*, 1983; Pongpaicht *et al.*, 1994; linuma *et al.*, 1996; Gopalakrishnan *et al.*, 1997; Suksamrarn *et al.*, 2003) ลดอาการอักเสบ (anti-inflammatory) (Shankaranarayan *et al.*, 1979) ยับยั้งการขยายตัวของเซลล์มะเร็ง ได้แก่ มะเร็งตับ (hepatocellular carcinoma) มะเร็งทรวงอก (breast cancer) มะเร็งเม็ดเลือด (leukemia cancer) มะเร็งปอด (lung cancer) มะเร็งลำไส้ใหญ่ ส่วนปลาย (colon cancer) และมะเร็งกระเพาะอาหาร (gastric cancer) (Lin *et al.*, 1996; Ho *et al.*, 2002; Matsumoto *et al.*, 2003; Matsumoto *et al.*, 2004; Moongkarndi *et al.*, 2004(a); Moongkarndi *et al.*, 2004(b)) นอกจากนี้ยังพบว่าแซนโทนส์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุโรควัณโรค ลดความรุนแรงของโรคเบาหวานเนื่องจากมีคุณสมบัติช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด (hypoglycemic) (Wang and Ng, 1999) ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดเนื่องจากมีคุณสมบัติช่วยลดระดับไขมันในเส้นเลือด (anti-lipidemic) (William *et al.*, 1995; Mahabusarakam *et al.*, 2000) มีการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแซนโทนส์กับแอลฟาโทโคฟีรอล (รูปหนึ่งของวิตามินอี) ในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันของคลอเรสเตอรอลชนิดไม่ดี (LDL cholesterol) พบว่าแซนโทนส์มีประสิทธิภาพดีกว่าแอลฟาโทโคฟีรอล นอกจากนี้แซนโทนส์ยังสามารถยับยั้ง ชะลอ และป้องกันการเกิดกระบวนการออกซิเดชันภายในเซลล์ทำให้ปริมาณอนุมูลอิสระภายในเซลล์น้อยลง เซลล์จึงถูกทำลายโดยอนุมูลอิสระน้อยลงมีผลช่วยชะลอความชราภาพของเซลล์ (anti-aging) และช่วยยับยั้งการทำลายเซลล์สมอง ลดความรุนแรงและป้องกันโรคอัลไซเมอร์ (anti-alzheimerian) (Shankaranarayan *et al.*, 1979) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า แซนโทนส์มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกัน (immunomodulation) และสามารถยับยั้งกิจกรรมของ HIV สาเหตุโรคเอดส์ได้ด้วย (Chen *et al.*, 1996) แซนโทนส์ในมังคุดจัดเป็น “biologically active compound” เนื่องจากเมื่อเข้าสู่ร่างกายมนุษย์แล้วสามารถจับกับโมเลกุลหรืออนุภาคต่างๆภายในเซลล์ก่อให้เกิดประโยชน์มหาศาลต่อระบบต่างๆภายในร่างกาย ในปัจจุบันแซนโทนส์ถูกค้นพบในพืชชั้นสูงเพียง 2 วงศ์เท่านั้น คือ guttiferes (ได้แก่ มังคุด) และ gentianaceae (ได้แก่ gentian) ในวงการวิทยาศาสตร์การแพทย์ยอมรับว่าเปลือกมังคุดเป็นแหล่งที่สำคัญของแซนโทนส์ในธรรมชาติ ปัจจุบันพบแซนโทนส์มากกว่า 40 ชนิดในเปลือก

มังคุด ด้วยคุณสมบัติประโยชน์และสรรพคุณทางเภสัชวิทยาที่โดดเด่นของแกนโทสนี้เองจึงมีการนำมังคุดมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ยารักษาโรค และเครื่องสำอาง ในประเทศสหรัฐอเมริกา ไต้หวัน ญี่ปุ่น และอินเดีย และขึ้นทะเบียนอนุสิทธิบัตรในประเทศสหรัฐอเมริกาจำนวนมาก โดยนำเข้าเปลือกมังคุดตากแห้งจากประเทศไทยสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต ในประเทศไทยก็มีการนำเปลือกมังคุดมาผลิตเป็นสบู่ ใช้เป็นส่วนประกอบในยาสัฟิน และสีย้อม (ผ่องศรี, 2540) เป็นต้น แต่ไม่เป็นที่แพร่หลาย อาจเป็นเพราะผู้บริโภคไม่มีความรู้เกี่ยวกับคุณประโยชน์ของมังคุดนอกเหนือจากการเป็นผลไม้ที่มีรสชาติอร่อย รูปลักษณ์ภายนอกสวยงาม หรืออาจเป็นเพราะผลิตภัณฑ์ยังไม่ถูกใจผู้บริโภค

กรมวิชาการเกษตรได้ศึกษาและพัฒนาวิธีการผลิตมังคุดแช่แข็ง โดยใช้เทคนิค individual quick frozen (IQF) (นิลวรรณ และสมทรง, 2534) และเผยแพร่สู่ผู้ประกอบการ ทำให้มีการส่งออกมังคุดแช่แข็งตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา ในปี 2540 ได้มีการวิจัยเพื่อผลิตมังคุดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องโดยสิรินทร์ (2540) และผลิตมังคุดกึ่งแห้งโดยวิธียอดซึม (ไพรัตน์, 2546) ผลิตภัณฑ์ยังคงกลิ่น รสชาติ และสีตามธรรมชาติ ทั้งยังสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน แต่ผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดก็ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย ผู้ประกอบการผลไม้ส่งออกในจังหวัดจันทบุรีได้พัฒนาและผลิตเนื้อมังคุดแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze dried mangosteen) และส่งไปจำหน่ายยังสาธารณประชาชนจีนตั้งแต่ปี 2546 เป็นต้นมา ส่วนเปลือกแห้งก็ส่งไปยังประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อนำไปสกัดและใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาในเปลือกมังคุดผลิตเป็นยารักษาโรค และอาหารเสริมเพื่อสุขภาพ

ประเทศไทยในฐานะผู้ผลิตและส่งออกมังคุดรายใหญ่ของโลก จะมีผลิตผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแฉ่ำและยางไหลในผล และผลิตผลที่มีความสุกเกินมาตรฐานส่งออกในปริมาณมาก จนมีผลกระทบทำให้ราคาที่เป็นเกษตรกรขายได้ต่ำลง และจากคุณสมบัติและสรรพคุณทางเภสัชวิทยาของเปลือกและยางมังคุดข้างต้น ทำให้เกิดประเด็นและข้อคิดเห็นว่าคงยังไม่สายเกินไปที่ประเทศไทยจะหันมาให้ความสนใจและทุ่มเทสรรพกำลังกับงานวิจัยการใช้ประโยชน์จากแกนโทสน์ในมังคุดและพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ในเชิงการค้าอย่างต่อเนื่องและจริงจัง เพื่อสร้างมูลค่า (value creation) จากมังคุดให้เกิดประโยชน์เต็มที่แก่ประเทศไทยมากกว่าการส่งออกเปลือกตากแห้ง ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรีได้เริ่มพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแฉ่ำและยางไหลในผล และผลมังคุดที่มีความสุกเกินมาตรฐานส่งออก เป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพที่เน้นแกนโทสน์เป็นจุดขาย จากการศึกษาเบื้องต้นโดยศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรีพบว่า การเก็บรักษามังคุดผลสดในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 12 °C เพื่อทยอยนำผลมาแปรรูป จะสามารถเก็บรักษาให้ผลคงคุณภาพเหมาะกับการแปรรูปไว้ได้นานเพียง 1.5 เดือน ไม่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบได้ต่อเนื่องตลอดปี อีกทั้งเป็นการเก็บรักษาที่ต้องใช้พื้นที่มาก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการลงทุนสร้างห้องเย็น อุณหภูมิต่ำ และค่าพลังงาน ดังนั้นศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรีจึงคิดหาวิธีการเก็บรักษามังคุดสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้อย่างต่อเนื่อง โดยที่มังคุดยังคงคุณค่าทางเภสัชวิทยา ไม่ต้องใช้พื้นที่ และค่าใช้จ่ายมากในการเก็บรักษา พบว่าการเก็บรักษามังคุดผลสดไว้ในรูปของพืชมังคุด (mangosteen puree) และผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบพาสเจอร์ไรส์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C สามารถเก็บไว้ได้นานกว่า 8 เดือน โดยที่ยังคงคุณค่าทางโภชนาการและเภสัชวิทยา สามารถนำพืชมังคุดมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ต่อเนื่องตลอดปี ประหยัดพื้นที่ และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา มากกว่าการเก็บรักษามังคุดผลสด นอกจากนี้ในการศึกษาเบื้องต้นนี้ผลิตพืชมังคุดจากมังคุดผลสดที่มีอาการเนื้อแฉ่ำและยางไหลในผล และผลที่มีความสุกเกินมาตรฐานส่งออก เป็นการดูดซับผลิตผลส่วนเกินออกจากตลาดและนำมาสร้างมูลค่าใหม่ทางการค้า ช่วยพยุงราคาผลิตผลในตลาดมิให้ตกต่ำมากหรือตกต่ำเป็นเวลานานต่อเนื่อง และหากสามารถนำพืชมังคุดมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่หลากหลายโดยเน้นแกนโทสน์เป็นจุดขาย หรือเป็นยารักษาโรค หรือเป็นเครื่องสำอางบำรุงผิวหรือชะลอความชราภาพของผิวและเป็นที่ยอมรับของตลาดได้ ก็จะทำให้มังคุดมีมูลค่ามากขึ้น

โครงการวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการผลิตและเก็บรักษาพืชมังคุดให้คงคุณค่าทางโภชนาการและเภสัชวิทยา มีคุณภาพเหมาะสำหรับนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ รวมทั้งพัฒนาความ

หลากหลายของผลิตภัณฑ์จากพืชมังคุดโดยเน้นคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระของมังคุด ซึ่งเป็นสารกลุ่มแซนโทนส์เป็นจุดขายและทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการผลิตและเก็บรักษาพืชมังคุดให้คงคุณค่าทางโภชนาการและเภสัชวิทยา และมีคุณภาพเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ
2. เพื่อพัฒนาและหาวิธีการผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุดและจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกมังคุด และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

ประกอบด้วย 2 กิจกรรมหลัก คือ

กิจกรรมที่ 1 การจัดการผลิตและเก็บรักษาพืชมังคุดอย่างเหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วย 2 การทดลอง ดังนี้

1.1 การทดลองที่ 1 การผลิตพืชมังคุดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้ (ดำเนินการในช่วง 6 เดือนที่ 1)

1.1.1 รวบรวมผลผลิตมังคุดจากแปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี และสวนเกษตรกรรม นำมาคัดแยกผลมังคุดที่มีอาการเนื่อแก้วและยางไหลในผล และผลมังคุดที่มีความสุกเกินมาตรฐานส่งออก ได้แก่ ผลที่มีเปลือกสีม่วงดำและมีความสุกไม่น้อยกว่าระดับ 6 (ดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) เนื่องจากเป็นผลผลิตที่มีราคาต่ำกว่าผลผลิตที่มีขนาดผลและความสุกได้มาตรฐานส่งออกและไม่มีอาการเนื่อแก้วและยางไหลในผล มาตัดแยกขั้วผลและกลีบเลี้ยงออก ทำความสะอาดผลและล้างในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 50 ppm

1.1.2 ผ่าผลมังคุดที่ล้างทำความสะอาดแล้ว แยกเนื้อที่มีอาการปกติ เนื้อที่มีอาการเนื่อแก้วและยางไหล และเปลือกใส่ภาชนะที่สะอาด

1.1.3 นำเนื้อมังคุดที่มีอาการปกติใส่ในเครื่องคั้นน้ำชนิดแยกกาก นำของเหลวชั้นที่ได้จากเครื่องแยกกากมาผสมกับน้ำคั้นจากเปลือกมังคุดในอัตราส่วนต่างๆกัน ตั้งแต่ 5 ถึง 10% โดยน้ำหนัก เพื่อให้ได้พืชมังคุดที่มีกลิ่นและรสชาติหลากหลาย แล้วต้มให้ได้อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที บรรจุใส่ภาชนะที่บดแสงที่สามารถป้องกันการผ่านเข้าออกของออกซิเจนได้ เพื่อป้องกันการสลายตัวของแซนโทนส์ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในมังคุด ในที่นี้เลือกใช้ขวดพลาสติกทึบแสงสีขาว ปริมาตร 120 มิลลิลิตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส

1.1.4 ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 1.1.3 แต่ใช้เนื้อมังคุดที่มีอาการเนื่อแก้วและยางไหล และเนื้อมังคุดที่มีอาการปกติผสมกับเนื้อที่มีอาการเนื่อแก้วและยางไหลในสัดส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก แทน

1.1.5 ผลิตน้ำคั้นจากเปลือกมังคุด โดยนำเปลือกที่แยกไว้ในข้อ 1.1.2 มาหั่นให้ละเอียด แล้วต้มในน้ำสะอาด (อัตราส่วนเปลือกมังคุดต่อน้ำสะอาด เท่ากับ 1:2 โดยน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (จารุณี และไพพรรณ, 2547) นาน 30 นาที ยกกลงแล้วกรอง 2 ครั้งเพื่อแยกกากออก แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 คืน หรือปั่นเหวี่ยงเพื่อให้ยางสีเหลืองตกตะกอน รินเฉพาะน้ำใสสีม่วงเก็บไว้ในภาชนะที่บดแสง (ขวดพลาสติกทึบแสงสีขาว ปริมาตร 120 มิลลิลิตร) ที่สามารถป้องกันการผ่านเข้าออกของออกซิเจนได้ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส

1.1.6 ตรวจสอบคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของพืชมังคุดต่างๆที่ผลิตได้ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ สี กลิ่น และรสชาติ ทุกสัปดาห์ และทุกเดือน จนกว่าพืชมังคุดสภาพการรับประทาน

1.1.7 ประเมินความสำเร็จและหรือข้อผิดพลาดในการผลิตพืชมังคุดสูตรต่างๆ และน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี hedonic test ที่ความเข้มข้นระดับ 1-9 (ปราณี, 2547; Mailgaard *et al.*, 1991) เกี่ยวกับสี กลิ่น ความหวาน ความเปรี้ยว ความฝาด และความชอบโดยรวม (แบบทดสอบ 1 การยอมรับทางประสาทสัมผัสพืชมังคุด ภาคผนวก 3) ผู้ทดสอบเป็นตัวแทนของบุคคลกลุ่มต่างๆ ได้แก่ นักเรียน นักศึกษา เกษตรกร ข้าราชการ ผู้ประกอบการ และพนักงานบริษัท ที่มีอายุมากกว่า 15 ปี ในจังหวัดจันทบุรี จำนวน 50 คน ผู้ทดสอบทั้งหมดเป็นผู้ที่เคยบริโภคและรู้รสชาติพืชมังคุดผลสด และไม่เคยผ่านการฝึกฝนมาก่อน

1.1.8 ตรวจสอบและศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของพืชมังคุดสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคในข้อ 1.1.7 อย่างต่อเนื่อง โดยการวัดค่าการดูดกลืนคลีนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 734 นาโนเมตร และรายงานผลเป็นค่า Trolox equivalent antioxidant capacity ($\mu\text{mole TEAC per gram or per milliliter}$) (Re *et al.*, 1999) ทุกวันในช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังการผลิต ทุก 2 วันในช่วง 3-12 สัปดาห์หลังการผลิต ทุกสัปดาห์ในช่วงเดือนที่ 4-8 หลังการผลิต (รวม 4 เดือน) และทุก 2 สัปดาห์ตั้งแต่เดือนที่ 9 เป็นต้นไป จนกว่าพืชมังคุดสภาพการรับประทาน ช่วงเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระนี้ได้มาจากการทดสอบก่อนเริ่มการวิจัยจริง

1.1.9 เลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคโดยการเปรียบเทียบระดับคะแนนความชอบโดยรวม

1.1.10 บันทึกข้อมูล

- สัดส่วนของเนื้อพืชมังคุดที่มีอาการปกติ เนื้อพืชมังคุดที่มีอาการเนื้อแฉ่ำและยางไหล และน้ำคั้นจากเปลือกพืชมังคุดที่ใช้ในการผลิตพืชมังคุดสูตรต่างๆ
- ความสำเร็จและหรือข้อผิดพลาดในการผลิตพืชมังคุดสูตรต่างๆและน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก
- ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมี และทางกายภาพของผลิตพืชมังคุดสูตรต่างๆ
- การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อพืชมังคุดสูตรต่างๆ
- ราคาของผลิตผล น้ำหนักของผลิตผลและเนื้อพืชมังคุดที่นำมาแปรรูปแต่ละครั้ง ปริมาตรของพืชมังคุดที่ผลิตได้
- ค่าใช้จ่ายในการผลิตพืชมังคุดและน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกต่อหน่วยน้ำหนัก

1.1.11 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

1.2 การทดลองที่ 2 การเก็บรักษาพืชมังคุดอย่างเหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้อย่างต่อเนื่อง มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้ (ดำเนินการในช่วง 6 เดือนที่ 2)

1.2.1 รวบรวมผลิตผลพืชมังคุดจากแปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี และสวนเกษตรกร นำมาคัดแยกผลพืชมังคุดที่มีอาการเนื้อแฉ่ำและยางไหลในผล และผลพืชมังคุดที่มีความสุกเกินมาตรฐานส่งออก ได้แก่ ผลที่มีเปลือกสีม่วงดำและมีความสุกไม่น้อยกว่าระดับ 6 (ดัชนีแสดงระดับสีของผลพืชมังคุด สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) เนื่องจากเป็นผลิตผลที่มีราคาต่ำกว่าผลิตผลที่มีขนาดผลและความสุกได้มาตรฐานส่งออกและไม่มีอาการเนื้อแฉ่ำและยางไหลในผล มาตัดแยกข้าวผลและกลีบเลี้ยงออก ทำความสะอาดผลและล้างในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 50 ppm

1.2.2 ผ่าผลพืชมังคุดที่ล้างทำความสะอาดแล้ว แยกเนื้อที่มีอาการปกติ เนื้อที่มีอาการเนื้อแฉ่ำและยางไหล และเปลือกใส่ภาชนะที่สะอาด

1.2.3 ผลิตพืชมังคุดสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดจากการทดลองที่ 1 (การผลิตพืชมังคุดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ซึ่งดำเนินการในช่วง 6 เดือนที่ 1)

ได้แก่สูตรที่ 2 (เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%) โดยนำเนื้อมังคุดที่มีอาการปกติใส่ในเครื่องคั้นน้ำชนิดแยกกาก นำของเหลวขึ้นที่ได้จากเครื่องแยกกากมาผสมกับน้ำคั้นจากเปลือกมังคุดในอัตราส่วน 5% โดยน้ำหนัก แล้วต้มให้ได้อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เตรียมสำหรับการเก็บรักษาตามกรรมวิธีที่กำหนด

1.2.4 ผลิตน้ำคั้นจากเปลือกมังคุด โดยนำเปลือกที่แยกไว้ในข้อ 1.2.2 มาหั่นให้ละเอียด แล้วต้มในน้ำสะอาด (อัตราส่วนเปลือกมังคุดต่อน้ำสะอาด เท่ากับ 1:2 โดยน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (จารุณี และไพพรรณ, 2547) นาน 30 นาที ยกกลงแล้วกรอง 2 ครั้งเพื่อแยกกากออก แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 คืน หรือปั่นเหวี่ยงเพื่อให้ยางสีเหลืองตกตะกอน รินเฉพาะน้ำใสสีม่วงมาใช้ในการผลิตฟิวเรในข้อ 1.2.3

1.2.5 วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design จำนวน 5 ซ้ำ 5 กรรมวิธี 1 ซ้ำมี 3 หน่วยทดลอง

1.2.6 นำฟิวเรมังคุดที่ผลิตได้ในข้อ 1.2.3 มาเก็บรักษาตามกรรมวิธีที่กำหนด ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ภาชนะพลาสติกทึบแสง
- กรรมวิธีที่ 2 ภาชนะพลาสติกโปร่งแสง
- กรรมวิธีที่ 3 ภาชนะแก้วใส
- กรรมวิธีที่ 4 ภาชนะแก้วใสสีชา
- กรรมวิธีที่ 5 ภาชนะแก้วใสสีเขียว

ทั้ง 5 กรรมวิธีจะมีฝาปิดสนิทเพื่อป้องกันการผ่านเข้าออกของออกซิเจน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.2.7 ตรวจสอบคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของฟิวเรมังคุดที่เก็บรักษาไว้ทุกซ้ำและทุกกรรมวิธี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ สี กลิ่น และรสชาติ

1.2.8 ตรวจสอบและศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทุกซ้ำและทุกกรรมวิธีอย่างต่อเนื่อง ทุกวันในช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังการผลิต ทุก 2 วันในช่วง 3-7 สัปดาห์หลังการผลิต ทุกสัปดาห์ในช่วงเดือนที่ 3-6 หลังการผลิต (รวม 3 เดือน) จนกว่าฟิวเรจะหมดสภาพการรับประทาน โดยสุ่มตัวอย่างจากทุกกรรมวิธีละ 5 ตัวอย่าง โดยการวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่นแสง 734 นาโนเมตร และรายงานผลเป็นค่า Trolox equivalent antioxidant capacity ($\mu\text{mole TEAC per gram or per milliliter}$) (Re *et al.*, 1999)

1.2.9 ตรวจสอบและศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาโดยสุ่มตัวอย่างจากทุกกรรมวิธีละ 5 ตัวอย่าง ส่งวิเคราะห์ที่ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ตามกำหนดเวลาและจำนวนครั้ง ดังนี้

- เดือนที่ 1 วิเคราะห์ Total plate count, Coliforms, *Escherichia coli* (*E. coli*), *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), *Clostridium perfringens* (*C. perfringens*), *Salmonella* sp. ยีสต์และเชื้อราที่เกี่ยวข้อง จำนวน 1 ครั้ง 5 ตัวอย่าง

- เดือนที่ 2-4 วิเคราะห์ Total plate count เดือนละ 1 ครั้งละ 5 ตัวอย่าง

- เดือนที่ 5-6 วิเคราะห์ Total plate count เดือนละ 2 ครั้งละ 5 ตัวอย่าง

1.2.10 วิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้ variance ratio สำหรับการวิเคราะห์และเปรียบเทียบชนิดของภาชนะที่ใช้เก็บรักษา และคุณภาพของฟิวเรหลังการเก็บรักษา

1.2.11 บันทึกข้อมูล

- อายุการเก็บรักษาฟิวเรมังคุดในภาชนะต่างๆ
- ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และทางจุลชีววิทยา
- ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาฟิวเรมังคุดกรรมวิธีต่างๆ

1.2.12 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

กิจกรรมที่ 2 การวิจัยและพัฒนาการผลิตมัจจุผงจากพืชมังคุดและน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

2.1 การผลิตมัจจุผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก

2.1.1 ทดลองผลิตมัจจุผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก เพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์ตั้งต้นที่ยังคงคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray dry) ร่วมกับการไม่ใช้และใช้ตัวพา (carrier) คือมอลโตเด็คซ์ตริน (maltodextrin NM10) ในอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 20% โดยน้ำหนัก และอุณหภูมิของลมร้อนขาเข้า (inlet temperature) ที่ 140 และ 155 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของลมร้อนขาออก (outlet temperature) ที่ 85 องศาเซลเซียส ในการทดลองนี้ใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย JCM Model SDE10 E-10 ขนาดความจุ 10 ลิตรต่อชั่วโมง หัวพ่นฝอยแบบโรตารี (Atomization Method: Rotary Atomizer & Nozzle) ของบริษัท เจซีเอ็ม เอ็นจิเนียริงคอนเซ็ป จำกัด (ไม่ได้ใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยของสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร เนื่องจากนักวิจัยในหน่วยงานนั้นใช้เครื่องมืออย่างต่อเนื่อง และช่วงว่างของเครื่องมือไม่สอดคล้องกับงานวิจัยนี้)

2.1.2 วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design จำนวน 8 กรรมวิธี 5 ซ้ำ 1 ซ้ำ มี 3 หน่วยทดลอง ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 0% อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 140 °C
- กรรมวิธีที่ 2 น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 5% อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 140 °C
- กรรมวิธีที่ 3 น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 10% อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 140 °C
- กรรมวิธีที่ 4 น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 20% อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 140 °C
- กรรมวิธีที่ 5 น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 0% อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 155 °C
- กรรมวิธีที่ 6 น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 5% อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 155 °C
- กรรมวิธีที่ 7 น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 10% อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 155 °C
- กรรมวิธีที่ 8 น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 20% อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 155 °C

แล้วเก็บรักษาในช่องอุณหภูมิต่ำที่อุณหภูมิห้อง

2.1.3 ตรวจสอบและบันทึกปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของมัจจุผง ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง สี น้ำหนัก เปอร์เซนต์ความชื้น และความสามารถในการละลายของผลิตภัณฑ์ ทันทีที่ผลิตแล้วเสร็จและเมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน ทุกซ้ำและทุกกรรมวิธีอย่างต่อเนื่อง ตรวจสอบทุก 2 วันในช่วง 4 สัปดาห์หลังการผลิต ทุกสัปดาห์ในช่วงเดือนที่ 2-5 หลังการผลิต และทุก 2 สัปดาห์ตั้งแต่เดือนที่ 6-8 หลังการผลิต

2.1.4 ไม่มีการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ เนื่องจากคณะผู้วิจัยได้ทดลองชิมมัจจุผงที่ผลิตได้ พบว่ามีรสฝาดถึงฝาดมาก และมัจจุผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกไม่ได้ใช้สำหรับการบริโภคสด ดังนั้นจึงไม่ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค แต่ใช้วิธีการเปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และต้นทุนการผลิต เพื่อเลือกสูตรและวิธีการที่เหมาะสมแทน

2.1.5 บันทึกข้อมูล

- วิธีการผลิตมัจจุผงโดยการไม่ใช้และใช้ตัวพา ชนิด สัดส่วน เวลา และอุณหภูมิของลมร้อนขาเข้าระดับต่างๆ เมื่อใช้และไม่ใช้ตัวพา
- น้ำหนักจริงและร้อยละของมัจจุผงที่ผลิตได้ ร้อยละของมัจจุผงที่ผลิตได้คำนวณจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ของมัจจุผงที่ผลิตได้ในแต่ละกรรมวิธี ดังนี้

ตัวอย่าง เมื่อนำน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก 1,000 กรัม ผสมกับมอลโตเด็คซ์ตริน 5% สารผสมมีน้ำหนักรวมเท่ากับ 1,050 กรัม เมื่อผ่านกรรมวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอยมัจจุผงที่ได้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 9°Brix

หรือ 9% หมายความว่าเมื่ออบแห้งเป็นผงแล้วควรจะได้ผงมีน้ำหนักรวมเท่ากับ $1,050 \times (9/100) = 94.5$ กรัม แต่น้ำหนักของมังกุดผงที่ผลิตได้จริงเป็น 53 กรัม คิดเป็น 56.08% ของน้ำหนักจริงมังกุดผง

- ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมี และทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน

- ค่าใช้จ่ายในการผลิตมังกุดผงกรรมวิธีต่าง ๆ เปรียบเทียบที่ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเท่ากัน โดยคำนวณจาก

- ราคา มังกุดผลสดที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก กิโลกรัมละ 12 บาท (ฤดูกาลผลิต 2548/2549)

- มอลโตเด็คซ์ตริน ราคา กิโลกรัมละ 45 บาท

- ค่าใช้จ่ายในการเปิดเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยครั้งละ 2,500 บาท จำนวน 9 ตัวอย่าง คิดเป็นตัวอย่างละ 277.77 บาท (เป็นค่าบริการการใช้เครื่อง)

- ค่าใช้จ่ายขณะเครื่องทำงานชั่วโมงละ 1,200 บาท หรือนาทีละ 20 บาท

ตัวอย่าง ในการผลิตมังกุดผง 21.4 กรัม จากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก 1,000 กรัม ใช้เปลือกมังกุดสด 1.03 กิโลกรัม (มังกุด 1 กิโลกรัมคิดเป็นเปลือก 61% มังกุดราคากิโลกรัมละ 12 บาท) ไม่ใช้มอลโตเด็คซ์ตริน มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ $1,737.33 \mu\text{mol/mg}$ ใช้เวลาในการผลิตนาน 43 นาที มีค่าใช้จ่าย ดังนี้

การเปิดเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยคิดเป็นตัวอย่างละ	277.77 บาท
--	------------

ใช้เวลา 43 นาที ๆ ละ 20 บาท เป็นเงิน (43 นาที x 20 บาท)	860.00 บาท
---	------------

ใช้เปลือกมังกุดสด 1.03 กิโลกรัม เป็นเงิน (12 บาท x 0.61 x 1.03 กิโลกรัม)	7.54 บาท
--	----------

รวมเป็นเงิน	1,145.31 บาท
-------------	--------------

<u>มังกุดผงที่ผลิตได้จำนวน 1 กรัม มีต้นทุนการผลิต (1,145.31 บาท/21.4 กรัม)</u>	<u>53.17 บาท</u>
--	------------------

2.1.6 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

2.2 การผลิตมังกุดผงจากพืชมังคุด

2.2.1 ทดสอบการทำมังกุดผงจากพืชมังคุดสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ตั้งต้นที่ยังคงคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระสำหรับใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry) ร่วมกับการใช้ตัวพา (carrier) คือ มอลโตเด็คซ์ตริน (maltodextrin NM 10) ในอัตราส่วน 10, 15 และ 20% โดยน้ำหนัก และอุณหภูมิของลมร้อนขาเข้า (inlet temperature) ที่ 140 และ 155 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของลมร้อนขาออก (outlet temperature) ที่ 85 องศาเซลเซียส ในการทดลองนี้ใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย JCM Model SDE10 E-10 ขนาดความจุ 10 ลิตรต่อชั่วโมง หัวพ่นฝอยแบบโรตารี (Atomization Method : Rotary Atomizer & Nozzle) ของบริษัท เจซีเอ็ม เอ็นจิเนียริงคอนเซ็ป จำกัด

2.2.2 วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design จำนวน 6 กรรมวิธี 5 ซ้ำ ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 พืชมังคุด + มอลโตเด็คซ์ตริน 10 % อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 140 °C
- กรรมวิธีที่ 2 พืชมังคุด + มอลโตเด็คซ์ตริน 15 % อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 140 °C
- กรรมวิธีที่ 3 พืชมังคุด + มอลโตเด็คซ์ตริน 20 % อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 140 °C
- กรรมวิธีที่ 4 พืชมังคุด + มอลโตเด็คซ์ตริน 10 % อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 155 °C
- กรรมวิธีที่ 5 พืชมังคุด + มอลโตเด็คซ์ตริน 15 % อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 155 °C
- กรรมวิธีที่ 6 พืชมังคุด + มอลโตเด็คซ์ตริน 20 % อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 155 °C

2.2.3 นำมังคุดผงที่ผลิตได้บรรจุในซองอลูมิเนียมฟอยล์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบและบันทึกปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของมังคุดผง ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง สี น้ำหนัก เปอร์เซนต์ความชื้น และความสามารถในการละลายของผลิตภัณฑ์ ทันทีที่ผลิตแล้วเสร็จ

2.2.4 เลือกสภาวะการทำแห้งที่เหมาะสมในการผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุด โดยพิจารณาจากน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุด ที่อัตราส่วนของมอลโตเดกซ์ทรินเดียวกัน

2.2.5 ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์มังคุดผงจากพืชมังคุดที่ผลิตได้ในข้อ 2.2.4 ด้วยวิธี hedonic test (แบบทดสอบ 2 การยอมรับทางประสาทสัมผัสมังคุดผง ภาคผนวก 3) และวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยการเปรียบเทียบระดับคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ เพื่อเลือกสูตรที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทดลองการเก็บรักษา

2.2.6 ผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุดสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด ด้วยวิธีที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดจากผลการทดสอบข้อ 2.2.5 แล้วตรวจสอบและบันทึกปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของมังคุดผง ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง สี น้ำหนัก เปอร์เซนต์ความชื้น และความสามารถในการละลายของผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนมังคุดผง 1 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร (วิลาวัณย์, 2547) ทันทีที่ผลิตแล้วเสร็จ และเมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน อย่างต่อเนื่อง ทุกวันในช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังการผลิต ทุก 2 วันในช่วง 3-7 สัปดาห์หลังการผลิต และทุกสัปดาห์ในช่วงเดือนที่ 3-9 หลังการผลิต (รวม 6 เดือน)

2.2.7 บันทึกข้อมูล

- วิธีการผลิตมังคุดผงโดยการใช้ตัวพา ชนิด สัดส่วน เวลา และอุณหภูมิของลมร้อนเข้าระดับต่างๆ
- น้ำหนักจริงและร้อยละของมังคุดผงที่ผลิตได้ โดยคำนวณจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ของมังคุดที่ผลิตได้ในแต่ละกรรมวิธี
- ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมี และทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน
- ค่าใช้จ่ายในการผลิตมังคุดผงกรรมวิธีต่างๆ
- การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อมังคุดผงสูตรต่างๆ

2.2.8 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

ผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 1 การจัดการผลิตและเก็บรักษาพืชมังคุดอย่างเหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพอย่างต่อเนื่อง

การทดลองที่ 1 การผลิตพืชมังคุดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

1.1 การผลิตพืชมังคุดสูตรต่างๆ และการยอมรับจากผู้บริโภค

ในการผลิตน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกมังคุด ทำได้โดยนำเปลือกที่ทำความสะอาดแล้ว มาหั่นให้ละเอียดแล้วต้มในน้ำสะอาด (อัตราส่วนเปลือกมังคุดต่อน้ำสะอาด เท่ากับ 1:2 โดยน้ำหนัก ในที่นี้ใช้เปลือกมังคุด 11.6 กิโลกรัม) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ยกลงแล้วกรอง 2 ครั้งเพื่อแยกกากออก แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 คืนหรือปั่นเหวี่ยงเพื่อให้ยางสีเหลืองตกตะกอน รินเฉพาะน้ำสีม่วง ได้น้ำคั้นจากเปลือกปริมาตร 13.7 ลิตร บรรจุในขวดพลาสติกทึบแสงสีขาว ปิดฉนวนฝาฟอยล์ เพื่อป้องกันการผ่านเข้าออกของออกซิเจน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และลบ 20 องศาเซลเซียส

ผลิตพืชมังคุดสูตรต่างๆ ที่มีสัดส่วนน้ำคั้นจากเปลือก และสัดส่วนเนื้อปกติ และเนื้อที่มีอาการเนื้อแฉะและยางไหลในผลต่างๆ กันได้ 15 สูตร หรือ 15 กรรมวิธี สำหรับใช้ในการทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภคและ

ผลิตเป็นพืชมังคุดผง พบว่าพืชมังคุด (ก่อนผสมน้ำคั้นจากเปลือก) ที่ผลิตจากเนื้อที่มีอาการเนื้อแฉ่ำและยางไหล ในผลล้วน จะมีสีเหลืองส้มมากกว่าพืชมังคุดที่ผลิตจากเนื้อปกติผสมเนื้อที่มีอาการเนื้อแฉ่ำและยางไหล และเมื่อผสมน้ำคั้นจากเปลือกแล้วสีของพืชมังคุดจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูม่วงแดง พืชมังคุดสูตรต่างๆ จะมีสีชมพูม่วงแดงเข้มมากน้อย ต่างกันขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำคั้นจากเปลือกที่ใส่ลงไป ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของพืชมังคุดที่ผลิตได้มีค่าตั้งแต่ 3.43-3.63 และ 14.0-18.4 ตามลำดับ (ตารางที่ 1.1)

ตารางที่ 1.1 สูตรการผลิตพืชมังคุดที่ผลิตจากเนื้อมังคุดปกติ (เนื้อแฉ่ำและยางไหล 0%) เนื้อมังคุดปกติ: เนื้อแฉ่ำและยางไหล 1:1 (เนื้อแฉ่ำและยางไหล 50%) และเนื้อแฉ่ำและยางไหล 100% ผสมกับน้ำคั้นจากเปลือก 5 ถึง 10%

สูตร (กรรมวิธี)	เนื้อแฉ่ำและยางไหล (%)	น้ำคั้นจากเปลือก (%)	pH	TSS (°Brix)	ค่าสี
T1	0 (เนื้อปกติ 100%)	0	3.59	17.6	RG 37 D
T2	0 (เนื้อปกติ 100%)	5	3.63	18.0	RG 39 A
T3	0 (เนื้อปกติ 100%)	7	3.45	14.0	RG 37 A
T4	0 (เนื้อปกติ 100%)	9	3.48	14.0	RG 39 B
T5	0 (เนื้อปกติ 100%)	10	3.55	16.8	RG 39 A
T6	50 (เนื้อปกติ: เนื้อแฉ่ำ1:1)	0	3.56	18.4	ORG 35 D
T7	50 (เนื้อปกติ: เนื้อแฉ่ำ1:1)	5	3.62	16.8	RG 39 B
T8	50 (เนื้อปกติ: เนื้อแฉ่ำ1:1)	7	3.44	14.8	RG 37 A
T9	50 (เนื้อปกติ: เนื้อแฉ่ำ1:1)	9	3.43	14.6	RG 39 B
T10	50 (เนื้อปกติ: เนื้อแฉ่ำ1:1)	10	3.52	18.0	RG 39 B
T11	100	0	3.51	16.2	ORG 35 D
T12	100	5	3.54	15.0	ORG 35 C
T13	100	7	3.44	14.0	RG 37 A
T14	100	9	3.43	14.0	RG 39 B
T15	100	10	3.61	15.0	ORG 35 B

นำพืชมังคุดทั้ง 15 สูตร มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้แบบทดสอบ Hedonic scale 9 point ใช้วิธีการให้คะแนน กำหนดรหัสตัวอย่างโดยใช้ตารางเลขสุ่ม มีจำนวนผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียน นักศึกษา เกษตรกร ข้าราชการ ผู้ประกอบการ และพนักงานบริษัท ที่มีอายุมากกว่า 15 ปี ในจังหวัดจันทบุรี จำนวนไม่น้อยกว่า 50 คน ผู้ทดสอบทั้งหมดเป็นผู้ที่เคยบริโภคและรู้รสชาติมังคุดผลสด และไม่เคยผ่านการฝึกฝน มาก่อน เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อคุณลักษณะต่างๆ ของพืชมังคุดสูตรต่างๆ พบว่า คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของพืชมังคุดไม่มีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของเนื้อที่มีอาการเนื้อแฉ่ำและยางไหล หรือเนื้อปกติ หรือน้ำคั้นจากเปลือกที่นำมาผลิตเป็นพืชมังคุดสูตรต่างๆ อาจเป็นเพราะผู้บริโภค ไม่ได้ชอบคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่งของพืชมังคุดที่ทดสอบ แต่ชอบหลายคุณลักษณะรวมกัน ดังนั้นจึงเลือกวิเคราะห์ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค เพื่อตัดสินใจเลือกสูตรการผลิตที่เหมาะสม โดยวิธีการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี DMRT พบว่า ผู้บริโภคชอบและยอมรับพืชมังคุดสูตรที่ 2 ซึ่งเป็นการผลิตโดยใช้เนื้อมังคุดปกติ ผสมน้ำคั้นจากเปลือก 5% มากที่สุด มีคะแนนความชอบรวมสูงสุดเป็น 6.97 (ตารางที่ 1.2) คะแนนความชอบที่มีต่อพืชมังคุดที่มีน้ำคั้น

จากเปลือกผสมอยู่ 10% ทั้ง 3 สูตร จะมีคะแนนความชอบรวมอยู่ระหว่าง 5.70-5.90 ซึ่งต่ำกว่าสูตรอื่นๆ เพราะมีรสขมและฝาดมากกว่าสูตรอื่น โดยที่พืชมังคุดที่ผลิตจากเนื้อมังคุดปกติ: เนื้อแก้วและยางไหล (1:1) ผสมน้ำคั้นจากเปลือก 10% สูตรที่ 10 มีคะแนนความชอบรวมต่ำสุดเท่ากับ 5.70

ตารางที่ 1.2 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อคุณลักษณะต่างๆ ของพืชมังคุด 15 สูตร

สูตร	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความฝาด	ความขม	ความรู้สึกหลังชิม	ความชอบรวม
T1	4.22 ^a	5.78 ^{ab}	6.03 ^{ab}	6.38 ^d	6.48 ^{de}	5.47 ^{de}	5.18 ^{abcde}	6.38 ^{def}	6.68 ^{de}
T2	6.50 ^b	6.02 ^{ab}	6.18 ^{ab}	6.35 ^d	6.37 ^{cde}	5.43 ^{cde}	5.22 ^{abcde}	6.67 ^{ef}	6.97^e
T3	6.43 ^b	6.00 ^b	6.37 ^b	6.25 ^d	6.75 ^e	5.97 ^e	5.75 ^e	6.75 ^f	6.87^e
T4	6.30 ^b	6.35 ^{ab}	6.22 ^{ab}	6.03 ^d	6.62 ^e	5.58 ^{de}	5.80 ^e	6.68 ^{ef}	6.77^e
T5	6.25 ^b	5.50 ^a	5.73 ^a	5.07 ^{acd}	5.78 ^{abc}	4.37 ^a	4.60 ^{ab}	5.50 ^{ab}	5.73 ^{ab}
T6	4.60 ^a	5.57 ^{ab}	5.82 ^{ab}	6.23 ^d	6.38 ^{cde}	5.17 ^{bcd}	5.05 ^{abcde}	6.38 ^d	6.48 ^{cde}
T7	6.20 ^b	5.72 ^{ab}	5.88 ^{ab}	5.65 ^{abcd}	5.95 ^{abcd}	4.68 ^{abc}	4.75 ^{abce}	5.77 ^{abcd}	6.05 ^{abcd}
T8	5.87 ^b	5.95 ^{ab}	6.03 ^{ab}	5.82 ^{bcd}	6.17 ^{bcde}	5.32 ^{bde}	5.63 ^e	6.28 ^{cde}	6.35 ^{bcde}
T9	6.47 ^b	6.15 ^a	6.07 ^a	6.15 ^d	6.55 ^{de}	5.38 ^{cde}	5.57 ^d	6.57 ^{ef}	6.72^d
T10	6.07 ^b	5.58 ^a	5.67 ^a	5.12 ^{ab}	5.47 ^a	4.25 ^a	4.53 ^a	5.37 ^a	5.70 ^a
T11	4.62 ^{ab}	5.80 ^{ab}	5.63 ^a	6.12 ^d	6.20 ^{bcde}	5.25 ^{bcde}	5.32 ^{bcd}	6.45 ^{ef}	6.47 ^{cde}
T12	6.53 ^b	6.13 ^{ab}	5.95 ^{ab}	6.20 ^d	6.15 ^{bcde}	5.18 ^{bcd}	5.45 ^{cde}	6.48 ^{ef}	6.87^e
T13	6.27 ^b	6.03 ^{ab}	6.25 ^{ab}	5.80 ^{bcd}	6.15 ^{bcde}	5.55 ^{de}	5.63 ^e	6.22 ^{cdef}	6.37 ^{bcde}
T14	5.95 ^b	5.83 ^{ab}	5.87 ^a	5.88 ^{cd}	6.35 ^{bcde}	5.12 ^{bcd}	5.37 ^{bcd}	6.05 ^{bcde}	6.37 ^{bcde}
T15	6.42 ^b	5.82 ^{ab}	5.88 ^{ab}	5.33 ^{abc}	5.72 ^{ab}	4.52 ^{ab}	4.82 ^{abcde}	5.70 ^{abc}	5.90 ^{abc}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับตัวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยวิธี DMRT

เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบรวมสูงสุด จะพบว่าพืชมังคุดสูตร (กรรมวิธี) ที่ผู้บริโภคชอบและยอมรับ 5 อันดับแรก ได้แก่

- สูตรที่ 2 (T2) เนื้อแก้วและยางไหล 0% (เนื้อปกติ 100%) + น้ำคั้นจากเปลือก 5%
- สูตรที่ 3 (T3) เนื้อแก้วและยางไหล 0% (เนื้อปกติ 100%) + น้ำคั้นจากเปลือก 7%
- สูตรที่ 4 (T4) เนื้อแก้วและยางไหล 0% (เนื้อปกติ 100%) + น้ำคั้นจากเปลือก 9%
- สูตรที่ 9 (T9) เนื้อแก้วและยางไหล 50% (เนื้อมังคุดปกติ: เนื้อแก้วและยางไหล (1:1)) + น้ำคั้นจากเปลือก 9%
- สูตรที่ 12 (T12) เนื้อแก้วและยางไหล 100% + น้ำคั้นจากเปลือก 5%

ผู้บริโภคในจังหวัดจันทบุรีชอบและมีความรู้สึกที่ดีหลังจากทดลองชิมพืชมังคุดสูตรที่ 2 3 4 และ 9 ชอบสีของพืชมังคุดสูตรที่ 12 และยอมรับสัดส่วนของน้ำคั้นจากเปลือกได้ตั้งแต่ 5 ถึง 9% (ตารางที่ 1.2) แม้ว่าทั้ง 5 สูตรจะมีคะแนนความชอบรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เป็นพืชมังคุดที่ผลิตจากเนื้อมังคุดปกติ ผสมกับน้ำคั้นจากเปลือกในอัตราส่วน 5–9% (สูตร 2 3 และ 4) เนื้อมังคุดปกติและเนื้อแก้วและยางไหลในสัดส่วน 1:1 และผสมน้ำคั้นจากเปลือกในอัตราส่วน 9% (สูตร 9) และเนื้อแก้วและยางไหล 100% ผสมกับน้ำคั้นจากเปลือกในอัตราส่วน 5% (สูตร 12) แสดงว่าเนื้อมังคุดที่จะนำมาผลิตเป็นพืชมังคุดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพอย่างต่อเนื่อง สามารถเลือกใช้ได้ทั้งเนื้อมังคุดปกติ และเนื้อที่มีอาการเนื้อแก้วและยางไหลในผล ผสมกับ

น้ำคั้นจากเปลือกในอัตราส่วน 5–9% เป็นการนำผลิตผลที่ไม่สามารถบริโภคสดได้ (มีอาหารเนื้อแก้วและยางไหลในผล) ผลิตผลที่มีขนาดผลไม่ได้คุณภาพส่งออก และหรือผลิตผลที่มีความสุกเกินมาตรฐานส่งออก มาผสมกับคุณค่าทางโภชนาการและเภสัชวิทยาที่ได้จากน้ำคั้นจากเปลือก เพื่อสร้างมูลค่าใหม่แก่ผลิตผลมังคุด

1.2 การเก็บรักษาพืชมังคุด

เมื่อได้พืชมังคุด 5 สูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคแล้ว ผู้วิจัยได้ผลิตพืชมังคุดทั้ง 5 สูตรอีกครั้งหนึ่งเพื่อใช้ในการทดลองเก็บรักษา โดยเก็บไว้ในขวดพลาสติกทึบแสงสีขาว ที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส พืชมังคุดทั้ง 5 สูตรมีลักษณะทางเคมีและกายภาพแรกผลิตดังปรากฏในตารางที่ 1.3 จากนั้นก็วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของพืชมังคุดทั้ง 5 สูตร โดยการวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่นแสง 734 นาโนเมตร และรายงานผลเป็นค่า Trolox equivalent antioxidant capacity ($\mu\text{mole TEAC per gram or per milliliter}$) (Re *et al.*, 1999) ทุกวันในช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังการผลิต ทุก 2 วันในช่วง 3-12 สัปดาห์หลังการผลิต ทุกสัปดาห์ในช่วงเดือนที่ 4-8 หลังการผลิต (รวม 4 เดือน) และทุก 2 สัปดาห์ตั้งแต่เดือนที่ 9 เป็นต้นไป จนกว่าพืชมังคุดจะหมดสภาพการรับประทาน

ตารางที่ 1.3 ลักษณะทางกายภาพเริ่มต้นของพืชมังคุดสูตรต่างๆที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและน้ำคั้นจากเปลือก ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส

สูตร	pH	TSS (°Brix)	ค่าสี	ลักษณะปรากฏของพืชมังคุด
T2 (เนื้อปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%)	3.44	15.0	RG 42 D สีชมพู	มีกลิ่นมังคุด เนื้อละเอียด รสหวานอมเปรี้ยว
T3 (เนื้อปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 7%)	3.32	14.2	RG 39 B สีชมพู	มีกลิ่นมังคุด เนื้อละเอียด รสหวานอมเปรี้ยว
T4 (เนื้อปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 9%)	3.30	14.0	RG 41 B สีชมพู	มีกลิ่นมังคุด มีกลิ่นเปลือกเล็กน้อย เนื้อละเอียด รสหวานอมเปรี้ยว มีรสฝาดเล็กน้อย
T9 (เนื้อปกติ: เนื้อแก้วและยางไหล + น้ำคั้นจากเปลือก 9%)	3.31	14.0	ORG 34 D สีชมพูส้ม	มีกลิ่นมังคุด เนื้อมีกากใยปานกลาง รสหวานอมเปรี้ยว มีฝาดเล็กน้อย
T12 (เนื้อแก้วและยางไหล + น้ำคั้นจากเปลือก 5%)	3.64	14.2	ORG 26 B สีชมพูส้ม	มีกลิ่นมังคุด มีกลิ่นยางมาก เนื้อมีกากใยมาก รสหวานอมเปรี้ยว ฝาดปานกลาง
น้ำคั้นจากเปลือก	4.03	4.00	RG 53 A สีแดงอมม่วงเข้ม	มีกลิ่นเปลือกมังคุด รสฝาด และขม

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของพืชมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส พบว่าสารต้านอนุมูลอิสระในพืชมังคุดทุกสูตร จะมีค่าสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องภายในระยะเวลา 7 วันหลังการเก็บรักษา (ภาพที่ 1.1 และ 1.2) ทั้งนี้เพราะการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS เป็นวิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยรวมไม่ได้เจาะจงเฉพาะสารต้านอนุมูลอิสระชนิดใดชนิดหนึ่ง และในระยะแรกของการเก็บรักษาอาจมีการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) หรือสารประเภทกรดอินทรีย์บางชนิด หรืออาจเป็นเพราะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard's reaction) (Inga *et al.*, 2006) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) แบบไม่อาศัยเอนไซม์ประเภทหนึ่ง (การผลิตพืชมังคุดต้องผ่านความร้อนอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส อาจทำลายหรือยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์บางชนิด) จึงทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องภายในระยะเวลา 7 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นปริมาณสารต้าน

อนุมูลอิสระจะค่อยๆลดลงในทุกสูตรที่เก็บรักษา จนมีค่าต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 3.172 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) เมื่อเก็บรักษานานเฉลี่ย 35.6 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 1.1 และ 1.2 ตารางที่ 1.4) หลังจากนั้นปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจะมีค่าค่อนข้างคงที่ระหว่าง 2.72 ถึง 3.79 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) ในสูตรที่ 2 ระหว่าง 2.40 ถึง 3.76 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) ในสูตรที่ 3 ระหว่าง 3.60 ถึง 4.89 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) ในสูตรที่ 4 ระหว่าง 3.81 ถึง 6.11 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) ในสูตรที่ 9 และระหว่าง 3.33 ถึง 4.92 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) ในสูตรที่ 12 (ภาพที่ 1 และ 2 ตารางที่ 5) ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จะมีค่าสารต้านอนุมูลอิสระต่ำสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 3.554 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) เมื่อเก็บรักษานานเฉลี่ย 35.6 วัน (ภาพที่ 1.1 และ 1.2 ตารางที่ 1.4) หลังจากนั้นปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจะมีค่าค่อนข้างคงที่ระหว่าง 3.02 ถึง 4.60 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) ในสูตรที่ 2 ระหว่าง 2.47 ถึง 4.71 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) ในสูตรที่ 3 ระหว่าง 3.87 ถึง 5.63 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) ในสูตรที่ 4 ระหว่าง 4.71 ถึง 6.81 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) ในสูตรที่ 9 และระหว่าง 3.70 ถึง 5.03 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) ในสูตรที่ 12 ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 1.1 และ 1.2 ตารางที่ 1.5)

ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระในพืชมังคุดทั้ง 5 สูตรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส กับระยะเวลาในการเก็บรักษา มีแนวโน้มเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบ exponential decay (ภาพที่ 1.1 และ 1.2) เมื่อพิจารณาภาพที่ 1.1 และ 1.2 ควบคู่กับสมการความสัมพันธ์ในตารางที่ 1.6 พบว่า ค่าความลาดชัน (slope) ของการเก็บรักษาพืชมังคุดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส หมายความว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สารต้านอนุมูลอิสระจะมีการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เฉลี่ยประมาณ 1.49 เท่า ทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ณ วันสุดท้ายที่เก็บรักษาเฉลี่ยเป็น 4.048 $\mu\text{mole TEAC/ml}$ และสามารถเก็บได้นานเฉลี่ย 154 วัน (ตั้งแต่ 140 (4 เดือน 17 วัน; เริ่มเก็บรักษาวันที่ 29 กันยายน 2549) ถึง 161 วัน (5 เดือน 10 วัน; เริ่มเก็บรักษาวันที่ 29 กันยายน 2549)) ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้นานเฉลี่ย 163.8 วัน (ตั้งแต่ 161 ถึง 175 วัน (5 เดือน 24 วัน; เริ่มเก็บรักษาวันที่ 29 กันยายน 2549)) และมีค่าสารต้านอนุมูลอิสระ ณ วันสุดท้ายที่เก็บรักษาเฉลี่ย 4.552 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) (ตารางที่ 1.7)

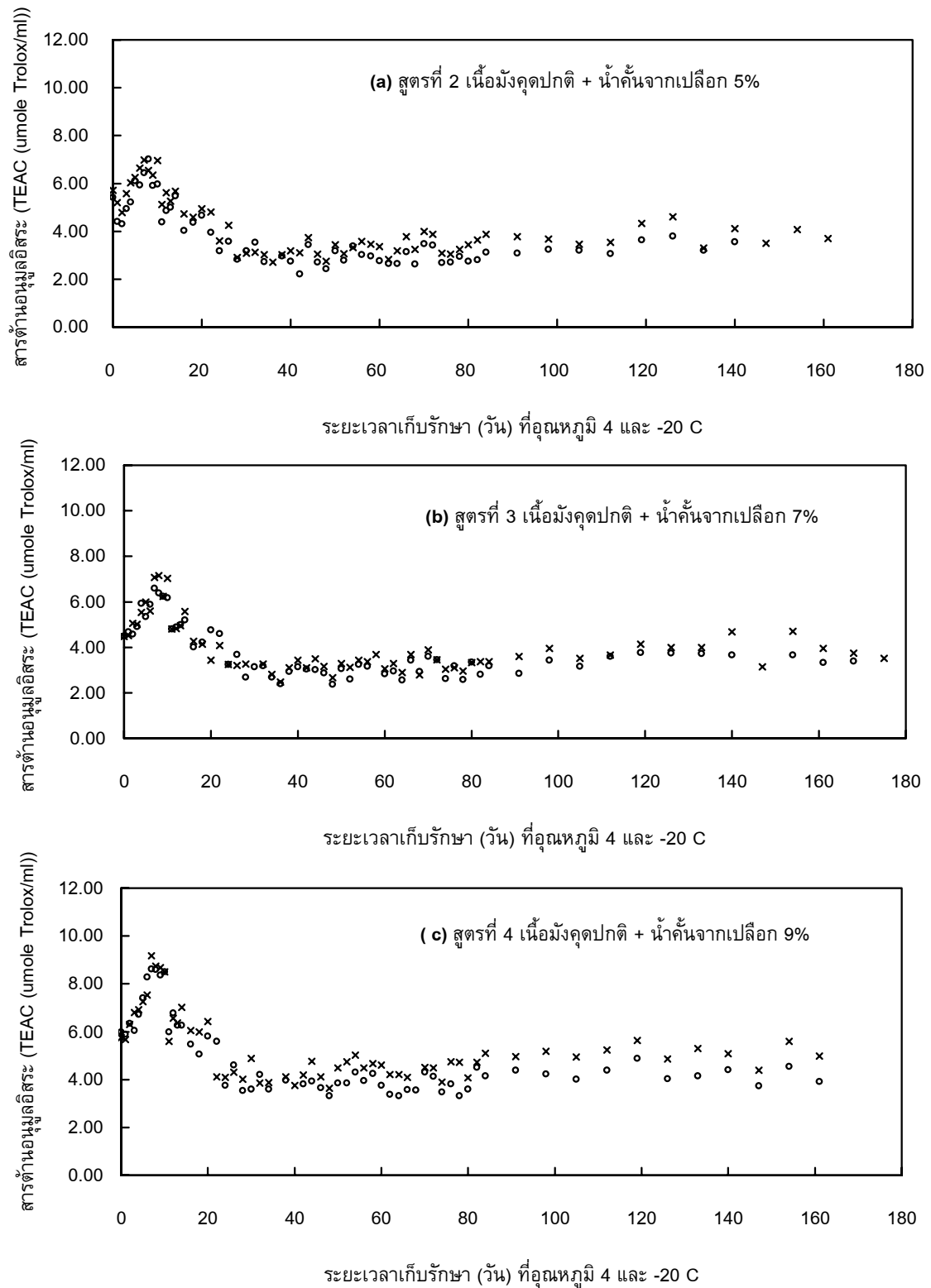
ความเป็นกรด-ด่างของพืชมังคุดทุกสูตร ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันมาก คือมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตั้งแต่ 0.01 ถึง 0.56 ในช่วง 40 วันแรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ ตลอดระยะเวลา 140 ถึง 168 วัน (5 เดือน 17 วัน; เริ่มเก็บรักษาวันที่ 29 กันยายน 2549) ของการเก็บรักษา และเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0.05 ถึง 0.60 ในช่วง 40 วันแรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลา 161 ถึง 175 วันของการเก็บรักษา (ภาพที่ 1 และ 2 ภาคผนวก 2)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของพืชมังคุดทุกสูตร ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเทียบกับค่าตั้งต้นเมื่อแรกผลิต (ตารางที่ 1 ภาคผนวก 1)

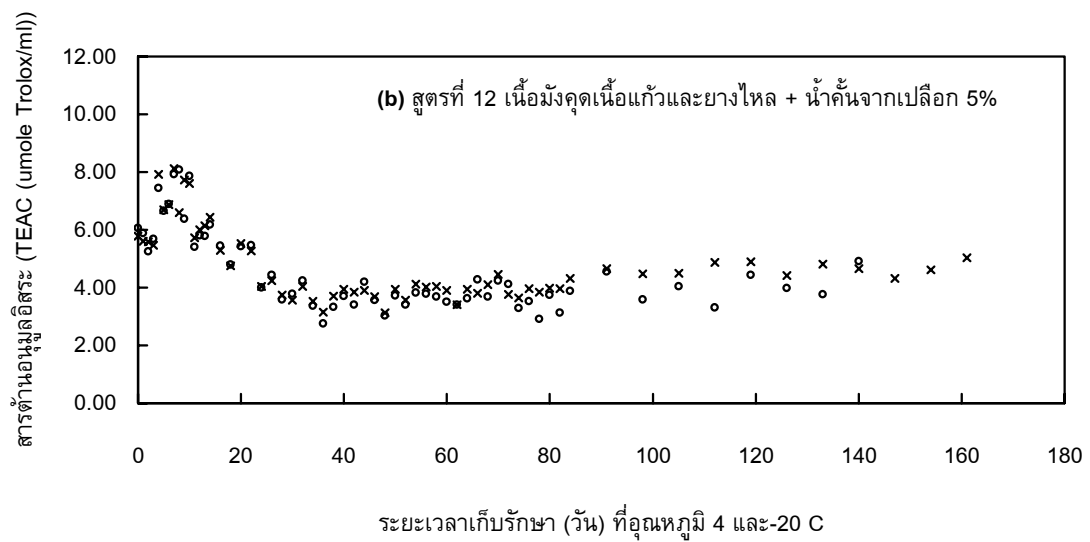
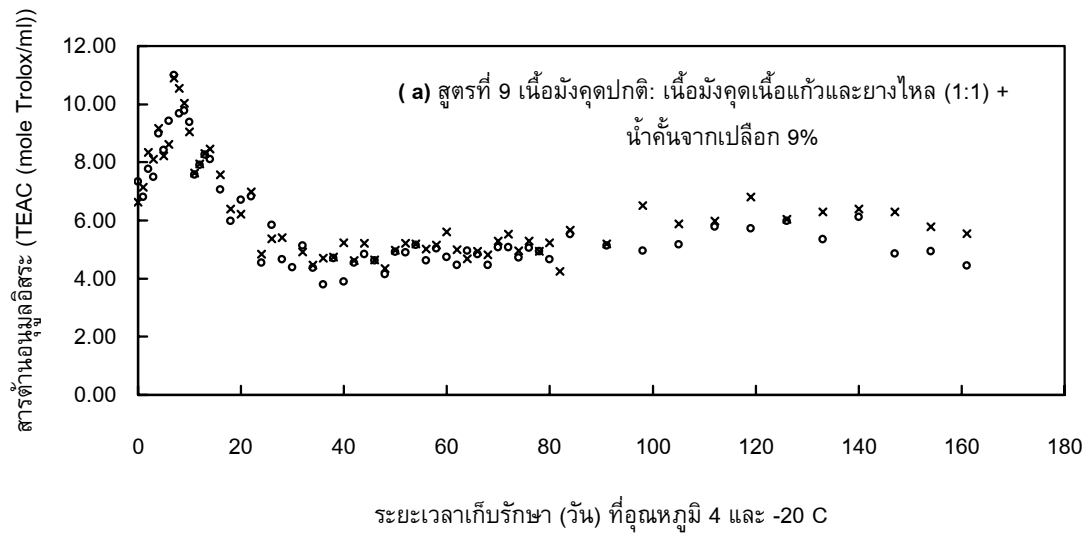
เมื่อเก็บรักษาพืชมังคุดทั้ง 5 สูตรที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส ได้นาน 119 วัน พบว่าสีของพืชมังคุดทั้ง 5 สูตร เปลี่ยนจากสีชมพูเมื่อแรกผลิต เป็นสีชมพูอมส้ม หรือเปลี่ยนจากสีชมพูอมส้มเมื่อแรกผลิต เป็นสีชมพูอมส้มมากขึ้น (ตารางที่ 1.8) มีกลิ่นของมังคุดน้อยลงมาก และเมื่อเก็บรักษานาน 147 วัน ลักษณะเนื้อสัมผัสเริ่มเสื่อมสภาพ สามารถสังเกตพบการแยกตัวของน้ำและเนื้อมังคุดได้ชัดเจน พืชมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะเสื่อมสภาพเร็วกว่าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

การคำนวณต้นทุนการใช้พลังงานในการเก็บรักษาพืชมังคุดเปรียบเทียบระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีต้นทุนการใช้พลังงานคิดเป็น 70.44

บาทต่อเดือน หรือเท่ากับ 2.35 บาทต่อวัน (คำนวณโดยใช้ 1 เดือน เท่ากับ 30 วัน) ขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีต้นทุนการใช้พลังงานเดือนละ 748.33 บาท หรือเท่ากับวันละ 24.94 บาท



ภาพที่ 1.1 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาผิวมังคุดสูตรที่ 2 (a) สูตรที่ 3 (b) และสูตรที่ 4 (c) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 (○) และ -20 (x) องศาเซลเซียส กับสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC (μmole Trolox/ml)) (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรกฎาคม 2550)



ภาพที่ 1.2 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาผิวมังคุดสูตรที่ 9 (a) และสูตรที่ 12 (b) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 (○) และ -20 (x) องศาเซลเซียส กับสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC (μmole Trolox/ml)) (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรกฎาคม 2550)

ตารางที่ 1.4 เปรียบเทียบระยะเวลาที่เก็บรักษาผิวหมักคุดสูตรต่างๆที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียสเมื่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$)) ลดลงจนมีค่าต่ำสุด

สูตร	อุณหภูมิ 4 °C		อุณหภูมิ -20 °C	
	ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$)) ต่ำสุด	ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$)) ต่ำสุด
T2	34	2.72	34	3.02
T3	36	2.40	36	2.47
T4	34	3.60	34	3.87
T9	36	3.81	36	4.71
T12	38	3.33	38	3.70
ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E	35.6 $\pm$ 0.748	3.172 $\pm$ 0.266	35.6 $\pm$ 0.748	3.554 $\pm$ 0.382

ตารางที่ 1.5 เปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$)) ของผิวหมักคุดสูตรต่างๆที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส หลังจากทีลดลงจนมีค่าต่ำสุดแล้ว จนหมดสภาพการรับประทาน

สูตร	อุณหภูมิ 4 °C		อุณหภูมิ -20 °C	
	ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$))		ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$))	
	ค่าเปลี่ยนแปลงหลังลดลงต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E	ค่าเปลี่ยนแปลงหลังลดลงต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E
T2	2.72 – 3.79	3.010 $\pm$ 0.065	3.02 – 4.60	3.473 $\pm$ 0.073
T3	2.40 – 3.76	3.154 $\pm$ 0.065	2.47 – 4.71	3.478 $\pm$ 0.077
T4	3.60 – 4.89	3.956 $\pm$ 0.067	3.87 – 5.63	4.632 $\pm$ 0.085
T9	3.81 – 6.11	4.952 $\pm$ 0.082	4.71 – 6.81	5.51 $\pm$ 0.106
T12	3.33 – 4.92	3.747 $\pm$ 0.083	3.70 – 5.03	4.132 $\pm$ 0.077

หมายเหตุ:

T2 หมายถึง	สูตรที่ 2	เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%
T3 หมายถึง	สูตรที่ 3	เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 7%
T4 หมายถึง	สูตรที่ 4	เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 9%
T9 หมายถึง	สูตรที่ 9	เนื้อมังคุดปกติ: เนื้อมังคุดเนื้อแก้วและยางไหล (1:1) + น้ำคั้นจากเปลือก 9%
T12 หมายถึง	สูตรที่ 12	เนื้อมังคุดเนื้อแก้วและยางไหล + น้ำคั้นจากเปลือก 5%

ตารางที่ 1.6 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาพืชมังคุดสูตรต่างๆที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส กับการเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$))

สูตร	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C		เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °C	
	ความสัมพันธ์ exponential	ความลาดชัน	ความสัมพันธ์ exponential	ความลาดชัน
T2	$y = 4.384e^{-0.0044(\text{DAS})}$, $r = 0.55^{**}$	0.0044	$y = 4.651e^{-0.0029(\text{DAS})}$, $r = 0.463^{**}$	0.0029
T3	$y = 4.214e^{-0.0021(\text{DAS})}$, $r = 0.468^{**}$	0.0021	$y = 4.310e^{-0.0018(\text{DAS})}$, $r = 0.341^{**}$	0.0018
T4	$y = 5.481e^{-0.0024(\text{DAS})}$, $r = 0.505^{**}$	0.0024	$y = 5.598e^{-0.0020(\text{DAS})}$, $r = 0.332^{**}$	0.0020
T9	$y = 6.727e^{-0.0032(\text{DAS})}$, $r = 0.514^{**}$	0.0032	$y = 6.695e^{-0.0022(\text{DAS})}$, $r = 0.365^{**}$	0.0022
T12	$y = 5.386e^{-0.0043(\text{DAS})}$, $r = 0.583^{**}$	0.0043	$y = 5.165e^{-0.0021(\text{DAS})}$, $r = 0.387^{**}$	0.0021
ค่าเฉลี่ย ± S.E		0.0033 ± 0.0005		0.0022 ± 0.0002

ตารางที่ 1.7 เปรียบเทียบระยะเวลาที่นานที่สุดที่สามารถเก็บรักษาพืชมังคุดสูตรต่างๆที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียสกับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$)) ในช่วงเวลาเดียวกัน

สูตร	อุณหภูมิ 4 °C		อุณหภูมิ -20 °C	
	ระยะเวลาที่สามารถเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$))	ระยะเวลาที่สามารถเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$))
T2	140	3.56	161	3.69
T3	168	3.39	175	3.51
T4	161	3.91	161	4.98
T9	161	4.46	161	5.55
T12	140	4.92	161	5.03
ค่าเฉลี่ย ± S.E	154 ± 5.857	4.048 ± 0.285	163.8 ± 2.8	4.552 ± 0.402

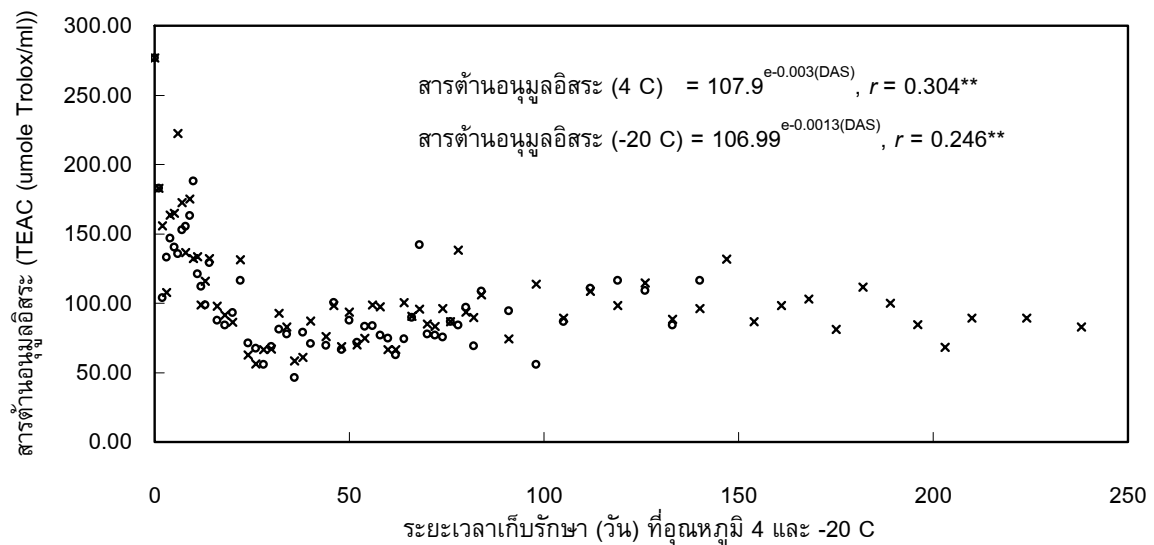
หมายเหตุ:

- T2 หมายถึง สูตรที่ 2 เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%
T3 หมายถึง สูตรที่ 3 เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 7%
T4 หมายถึง สูตรที่ 4 เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 9%
T9 หมายถึง สูตรที่ 9 เนื้อมังคุดปกติ: เนื้อมังคุดเนื้อแก้วและยางไหล (1:1) + น้ำคั้นจากเปลือก 9%
T12 หมายถึง สูตรที่ 12 เนื้อมังคุดเนื้อแก้วและยางไหล + น้ำคั้นจากเปลือก 5%
y หมายถึง ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และ
DAS (days after storage) หมายถึง จำนวนวันในการเก็บรักษา

เมื่อนำการเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของพืชมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียสมาพิจารณาร่วมกัน พบว่าการเก็บรักษาในทั้ง 2 อุณหภูมิ ไม่ทำให้คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของพืชมังคุดแตกต่างกัน และเมื่อนำต้นทุนการใช้พลังงาน

ในการเก็บรักษามาพิจารณาด้วย พบว่าอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่ต่ำเพียงพอที่จะใช้ในการเก็บรักษาพืชมังคุดโดยที่ยังคงคุณสมบัติทางเคมีที่สามารถนำไปแปรรูปต่อเนื้อเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้ และประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษามากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

สารต้านอนุมูลอิสระในน้ำคั้นจากเปลือก จะมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยภายในระยะเวลา 7-10 วัน หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 1.3) แต่การเปลี่ยนแปลงไม่มากเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระในพืชมังคุด หลังจากนั้นสารต้านอนุมูลอิสระจะค่อยๆลดลงจนมีค่าเท่ากับ 69.68 TEAC $\mu\text{mole Trolox/ml}$ เมื่อเก็บรักษาได้ 44 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจะค่อนข้างคงที่และต่อเนื่องจนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ 140 วัน (4 เดือน 17 วัน; เริ่มเก็บรักษาวันที่ 29 กันยายน 2549) และที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจะค่อยๆลดลงจนมีค่าเท่ากับ 75.8 TEAC $\mu\text{mole Trolox/ml}$ เมื่อเก็บรักษาได้ 44 วัน จากนั้นปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจะค่อนข้างคงที่และต่อเนื่องจนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ 238 วัน (7 เดือน 26 วัน; เริ่มเก็บรักษาวันที่ 29 กันยายน 2549) จะเห็นว่าในระยะเวลา 140 วันที่เก็บรักษาน้ำคั้นจากเปลือก จะเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 หรือ -20 องศาเซลเซียสก็ไม่ได้มีความแตกต่างกัน และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะประหยัดค่าใช้จ่ายและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตความเย็นได้มากกว่า เช่นเดียวกับการเก็บรักษาพืชมังคุด แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นประมาณ 3 เดือน



ภาพที่ 1.3 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำคั้นจากเปลือกที่อุณหภูมิ 4 (○) และ -20 (x) องศาเซลเซียส กับสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$)) (ศูนย์วิจัยพืชสวน จันทบุรี กรกฎาคม 2550)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเทียบกับค่าตั้งต้นเมื่อแรกผลิต คือมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตั้งแต่ 3.2 ถึง 4.0 (ตารางที่ 1 ภาคผนวก 1)

ความเป็นกรด-ด่างของน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกัน แต่น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นกรด-ด่างค่อนข้างคงที่มากกว่า (ภาพที่ 3 ภาคผนวกที่ 2)

น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เริ่มมีกลิ่นเน่าเสีย หรือมีกลิ่นที่เกิดจากการหมัก (fermentation) เกิดขึ้น และเปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีน้ำตาล เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 147 วัน ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °C น้ำคั้นจากเปลือกจะเริ่มเสื่อมสภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 245 วัน (ตารางที่ 1.8) จะเห็นว่าระยะเวลาที่ผิวเริ่มผุคุดทั้ง 5 สูตร และน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกเริ่มเสื่อมสภาพจะมากกว่าระยะเวลาที่ตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี ทั้งนี้เพราะทุกครั้งก่อนการตรวจสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีต้องตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพก่อน และเมื่อพบว่าเสื่อมสภาพแล้วก็จะไม่มีการตรวจสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

ตารางที่ 1.8 เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของผิวเริ่มผุคุดสูตรต่าง ๆ และน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่เริ่มเสื่อมสภาพ

สูตร	ค่าสีของผลิตภัณฑ์แรกผลิต	อุณหภูมิ 4 °C		อุณหภูมิ -20 °C	
		ค่าสีของผลิตภัณฑ์ ณ วันที่เริ่มเสื่อมสภาพ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน) ที่ผลิตภัณฑ์เริ่มเสื่อมสภาพ	ค่าสีของผลิตภัณฑ์ ณ วันที่เริ่มเสื่อมสภาพ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน) ที่ผลิตภัณฑ์เริ่มเสื่อมสภาพ
T2	R 42 D สีชมพู	R 42 C สีชมพูอมส้ม	147	R 41 C สีชมพูอมส้ม	168
T3	R 39 B สีชมพู	OR 26 C สีชมพูอมส้ม	175	OR 26 B สีชมพูอมส้ม	182
T4	R 41 B สีชมพู	R 35 B สีชมพูอมส้ม	168	R 41 C สีชมพูอมส้ม	168
T9	OR 34 D สีชมพูส้ม	OR 35 B สีชมพูอมส้ม	168	R 41 C สีชมพูอมส้ม	168
T12	OR 26 B สีชมพูส้ม	R 33 C สีชมพูอมส้ม	147	R 33 C สีชมพูอมส้ม	168
น้ำคั้นจากเปลือก	R 53 A สีแดงม่วง	R 44 B สีแดงส้ม	147	R 47 A สีแดงส้ม	245

หมายเหตุ:

T2	หมายถึง สูตรที่ 2	เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%
T3	หมายถึง สูตรที่ 3	เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 7%
T4	หมายถึง สูตรที่ 4	เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 9%
T9	หมายถึง สูตรที่ 9	เนื้อมังคุดปกติ: เนื้อมังคุดเนื้อแก้วและยางไหล (1:1) + น้ำคั้นจากเปลือก 9%
T12	หมายถึง สูตรที่ 12	เนื้อมังคุดเนื้อแก้วและยางไหล + น้ำคั้นจากเปลือก 5%

คณะผู้วิจัยได้ทดลองส่งตัวอย่างของผิวเริ่มผุคุดสูตรที่ 2 (เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%) เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณของสารแซนโทนส์ (xanthones) ก่อนการเก็บรักษา (ดำเนินการนอกเหนือจากที่ตกลงไว้กับ สกว.) โดยใช้แอลฟาแมงโกสติน (α -mangostin) เป็นสารเปรียบเทียบ พบว่า ในตัวอย่างผิวเริ่มผุคุดสูตรที่ 2 จำนวน 1 กรัม มีปริมาณสารแซนโทนส์ เท่ากับ 1.31 มิลลิกรัม ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ ได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ. ดร. ปรีมณีนัน มุ่งการดี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร และคณะ ซึ่งแอลฟาแมง

โกสดินเพียง 10 ไมโครโมลาร์ ก็สามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งในเม็ดโลหิตขาวในมนุษย์ได้อย่างสิ้นเชิง (Matsumoto *et al.*, 2003) Suksamran และคณะ (2003) ทดลองใช้แอลฟาแมงโกสดินความเข้มข้น 6.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ($\mu\text{g/ml}$) ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Mycobacterium tuberculosis* สาเหตุโรควัณโรค หรือสารแทนแทนในรูปของแอลฟาแมงโกสดินสามารถยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* เมื่อใช้ความเข้มข้นตั้งแต่ 1.57 ถึง 12.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม (Linuma *et al.*, 1996)

การทดลองที่ 2 การเก็บรักษาพืชมังคุดอย่างเหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้อย่างต่อเนื่อง

การทดลองนี้เป็นการนำพืชมังคุดสุตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดจากการทดลองที่ 1 ได้แก่ สูตรที่ 2 (เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%) มาทดลองหาวิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสม พืชมังคุดที่ได้สำหรับใช้ในการทดลองนี้ เป็นของเหลวชั้นเนื้อละเอียด สีชมพู รสชาติหวานอมเปรี้ยว และมีกลิ่นมังคุด บรรจุพืชมังคุดที่ผลิตได้ในภาชนะพลาสติกทึบแสง และพลาสติกโปร่งแสง ภาชนะแก้วใส แก้วใสสีชา และแก้วใสสีเขียว (ภาพที่ 1 ภาคผนวก 4) แล้วแบ่งพืชมังคุดที่บรรจุแล้วเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำมาทดลองการเก็บรักษาในภาชนะต่างๆ ทั้ง 5 ชนิด ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ส่วนที่ 2 ส่งวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาที่ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาในช่วง 7 วันแรกที่เก็บรักษาพืชมังคุดในภาชนะต่างๆ 5 แบบ ไม่พบเชื้อราและยีสต์ ไม่พบ *S. aureus*, *Salmonella* sp., *C. perfringens* และ *E. coli* และพบ Coliforms น้อยกว่าที่กำหนดไว้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 214 (ตารางที่ 1.9) และเมื่อตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 เดือน พบว่า พืชมังคุดที่บรรจุในภาชนะแก้วใส (กรรมวิธีที่ 3) จะเริ่มพบเชื้อยีสต์และราเมื่อเก็บรักษาได้เพียง 2 เดือน และพบต่อเนื่องจนถึงเดือนที่ 5 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 1.10) เมื่อเก็บรักษานาน 3 เดือน จะพบเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ในภาชนะพลาสติกโปร่งแสง (กรรมวิธีที่ 2) และพบมีเชื้อราเจริญอยู่ในภาชนะพลาสติกโปร่งแสง และขวดแก้วใส (กรรมวิธีที่ 2 และ 3 ตามลำดับ) พืชมังคุดที่เก็บรักษาในภาชนะพลาสติกทึบแสง (กรรมวิธีที่ 1) จะเริ่มตรวจพบเชื้อยีสต์และราเมื่อเก็บรักษาได้นาน 4 เดือน ในขณะที่กรรมวิธีที่ 4 และ 5 (ภาชนะแก้วใสสีชา และแก้วใสสีเขียว ตามลำดับ) ไม่พบเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาตารางที่ 1.10 โดยละเอียด จะพบว่า การเก็บรักษาพืชมังคุดในภาชนะพลาสติกโปร่งแสง (กรรมวิธีที่ 2) จะเริ่มวิเคราะห์พบทั้งเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา แต่วิเคราะห์ไม่พบเชื้อแบคทีเรียในเดือนที่ 4 และ 5 (ครั้งที่ 1) และไม่พบทั้งเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ในเดือนที่ 5 (ครั้งที่ 2) พบแต่มีการเจริญของเชื้อรา เริ่มวิเคราะห์พบเชื้อยีสต์และราในพืชมังคุดที่เก็บรักษาในภาชนะพลาสติกทึบแสง (กรรมวิธีที่ 1) หลังจากเก็บรักษานาน 4 เดือน และพบทั้งเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ในการวิเคราะห์เดือนที่ 5 (ครั้งที่ 1) แต่ไม่พบในการวิเคราะห์ครั้งที่ 2 และพืชมังคุดที่เก็บรักษาในภาชนะแก้วใส (กรรมวิธีที่ 3) เริ่มวิเคราะห์พบเชื้อยีสต์และรา ตั้งแต่เดือนที่ 2 ของการเก็บรักษา และพบต่อเนื่องจนถึงเดือนที่ 5 (ครั้งที่ 1) แต่ไม่พบในเดือนที่ 5 (ครั้งที่ 2) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการปนเปื้อนในขั้นตอนการบรรจุ หรือจากวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง จึงทำให้สามารถวิเคราะห์พบเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ในบางกรรมวิธี และในเดือนแรกๆของการเก็บรักษา แต่ไม่พบในเดือนหลังๆของการเก็บรักษา นอกจากนี้การผลิตโดยใช้กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์จะสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ดังนั้นจึงอาจมีเชื้อจุลินทรีย์และสปอร์ของเชื้อราหลงเหลืออยู่บ้าง โดยทั่วไปน้ำผลไม้ที่ผลิตโดยกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์จะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 2-4 สัปดาห์ แต่พืชมังคุดที่ผลิตโดยกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ และเก็บรักษาในขวดแก้วสีชาและขวดแก้วสีเขียว (กรรมวิธีที่ 4 และ 5 ตามลำดับ) สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 5 เดือน และเก็บรักษาในขวดแก้วใสได้นานประมาณ 2 เดือน เนื่องจากพืชมังคุดที่ผลิตในการวิจัยครั้งนี้ได้ผสมสารสกัดจากเปลือกซึ่งมีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย จึงทำให้เก็บรักษาได้นานกว่าน้ำผลไม้

ทั่วไปที่ผลิตโดยวิธีเดียวกัน และจากผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่พบเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาพืชมังคุดในขวดแก้วสีชาและขวดแก้วสีเขียว แสดงว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นวัสดุแก้วสีปิดสนิทสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากแก้วใส หรือพลาสติก เนื่องจากภาชนะพลาสติกทึบแสง และโปร่งแสง (กรรมวิธีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ) อาจก่อให้เกิด หรือทำปฏิกิริยากับพืชมังคุดที่บรรจุอยู่ภายใน ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 3.518 และ 3.519 ตามลำดับ (ตารางที่ 3 ภาคผนวก 1) ในขณะที่บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากแก้วอาจไม่ทำปฏิกิริยากับผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายใน หรืออาจเกิดปฏิกิริยาซ้ำว่า นอกจากนั้นบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกอาจมีการรั่วซึมของอากาศ หรือมีการซึมผ่านเข้าออกของอากาศได้มากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากแก้ว และแสงที่ส่องผ่านขวดแก้วใสได้มากกว่าขวดแก้วสีชาและขวดแก้วสีเขียว หรือพลาสติกทึบแสง อาจช่วยกระตุ้นการเจริญของเชื้อยีสต์และรา จึงทำให้ตรวจพบได้เร็วกว่าภาชนะบรรจุแบบอื่น

แม้ว่าผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของพืชมังคุดที่บรรจุในภาชนะแก้วใส ภาชนะพลาสติก โปร่งแสง และทึบแสง จะหมดคุณภาพไปแล้วตั้งแต่เดือนที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ หลังการเก็บรักษา แต่การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมี ผู้วิจัยได้เลือกเอาตัวอย่างที่ยังคงลักษณะทางกายภาพ และสังเกตไม่พบการเจริญของเชื้อยีสต์ หรือเชื้อรา มาวิเคราะห์ผลต่อเนื่องจนครบ 5 เดือน พบว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มคล้ายคลึงกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของพืชมังคุดในการทดลองที่ 1 คือ ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจะมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกของการเก็บรักษา จากนั้นจะค่อยๆ ลดลงจนมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 155 วัน (ภาพที่ 1.4 และตารางที่ 2 ภาคผนวก 1) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของพืชมังคุดที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุทั้ง 5 กรรมวิธี มีค่าเฉลี่ยเป็น 5.315, 5.338, 5.821, 5.848 และ 5.952 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) ตามลำดับ โดยที่พืชมังคุดที่บรรจุในขวดแก้วสีชาและขวดแก้วสีเขียว (กรรมวิธีที่ 4 และ 5 ตามลำดับ) มีค่าสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าอีก 3 กรรมวิธี

ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของพืชมังคุดที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุทั้ง 5 กรรมวิธี มีค่าใกล้เคียงกันและมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ย 3.518, 3.519, 3.517, 3.517 และ 3.515 ตามลำดับ (ตารางที่ 3 ภาคผนวก 1) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าเฉลี่ย 17.793, 17.762, 17.813, 17.808 และ 17.842 ตามลำดับ (ตารางที่ 4 ภาคผนวก 1)

เมื่อแรกผลิตพืชมังคุดทุกกรรมวิธีมีค่าสีเริ่มต้นเป็น OR 35 B คือสีชมพูอมส้ม จากนั้นอาจมีสีเข้มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตพืชมังคุดทุกกรรมวิธีมีค่าสีอยู่ในช่วง OR 35 A และ OR 35 C

เมื่อนำผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และลักษณะทางกายภาพของพืชมังคุดที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุทั้ง 5 กรรมวิธีมาพิจารณาร่วมกัน พบว่าพืชมังคุดในภาชนะบรรจุทั้ง 5 กรรมวิธี มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ไม่แตกต่างกัน แต่พืชมังคุดที่เก็บรักษาในขวดแก้วสีชา และสีเขียว (กรรมวิธีที่ 4 และ 5 ตามลำดับ) จะมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ สูงกว่าพืชมังคุดที่เก็บรักษาในภาชนะพลาสติกทึบแสง โปร่งแสง และขวดแก้วใส (กรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาที่พบว่าพืชมังคุดที่เก็บรักษาในกรรมวิธีที่ 4 และ 5 สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าอีก 3 กรรมวิธี แสดงว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุแก้วและปิดสนิทจะเก็บรักษาพืชมังคุดได้นานกว่าและมีคุณภาพดีกว่าการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติก และบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุแก้วใสสีชา หรือสีเขียวจะเก็บรักษาพืชมังคุดได้นานกว่าและมีคุณภาพดีกว่าการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แก้วใส เนื่องจากแก้วที่เป็นสีชาหรือสีเขียวนั้นมีคุณสมบัติยอมให้แสงผ่านได้น้อยกว่าแก้วใส จึงช่วยป้องกันหรือชะลอการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระได้มากกว่า

ตารางที่ 1.9 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของพืชมังคุด (เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%) ที่เก็บรักษาในภาชนะต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน เปรียบเทียบกับข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 214 พ.ศ. 2543 (วิเคราะห์โดยภาควิชาจุลชีววิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล)

เชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจสอบ	ข้อกำหนดประกาศ สธ. ฉบับที่ 214	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา				
		T1	T2	T3	T4	T5
Total plate count	-	น้อยกว่า 25 CFU/ml	น้อยกว่า 25 CFU/ml	น้อยกว่า 25 CFU/ml	น้อยกว่า 25 CFU/ml	น้อยกว่า 25 CFU/ml
Yeast and mold	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>S. aureus</i>	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>Salmonella</i> sp.	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>C. perfringers</i>	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>E. coli</i>	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Coliforms	น้อยกว่า 2.2 MPN/100ml	น้อยกว่า 1.1 MPN/100ml	น้อยกว่า 1.1 MPN/100ml	น้อยกว่า 1.1 MPN/100ml	น้อยกว่า 1.1 MPN/100ml	น้อยกว่า 1.1 MPN/100ml

หมายเหตุ: T1 หมายถึง กรรมวิธีที่ 1 ภาชนะพลาสติกทึบแสง
T2 หมายถึง กรรมวิธีที่ 2 ภาชนะพลาสติกโปร่งแสง
T3 หมายถึง กรรมวิธีที่ 3 ภาชนะแก้วใส
T4 หมายถึง กรรมวิธีที่ 4 ภาชนะแก้วใสสีชา
T5 หมายถึง กรรมวิธีที่ 5 ภาชนะแก้วใสสีเขียว

ตารางที่ 1.10 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของพืชมังคุด (เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%) ที่เก็บรักษาในภาชนะต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 5 เดือน

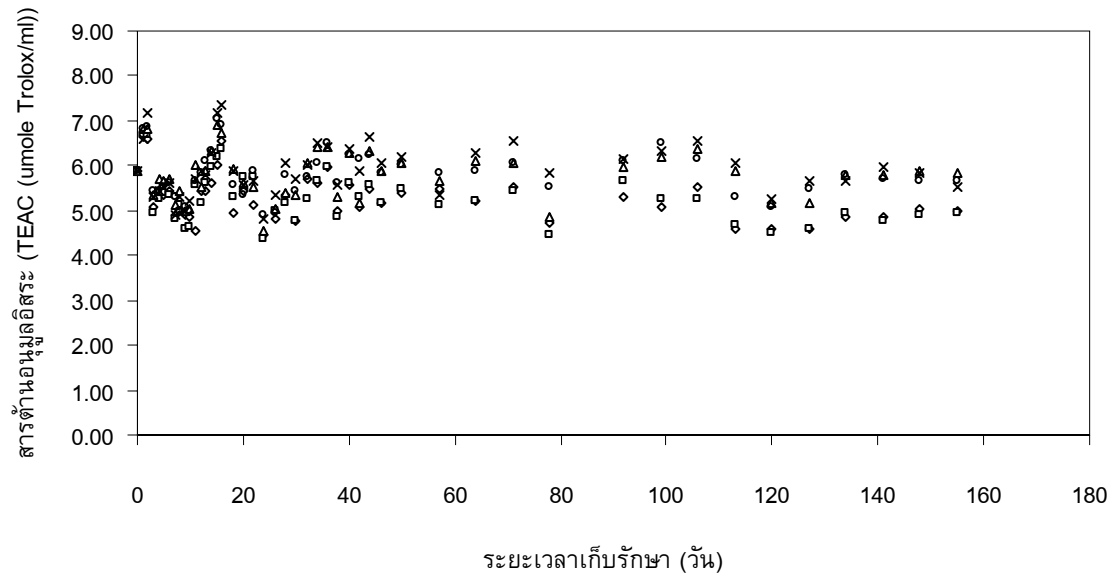
เปรียบเทียบกับข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 214 พ.ศ. 2543 (วิเคราะห์โดยภาควิชาจุลชีววิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล)

กรรมวิธี	เดือนที่ 1		เดือนที่ 2		เดือนที่ 3		เดือนที่ 4		เดือนที่ 5 ครั้งที่ 1		เดือนที่ 5 ครั้งที่ 2	
	TPC (CFU/ml)	Yeast & Mold (CFU/ml)	TPC (CFU/ml)	Yeast & Mold (CFU/ml)	TPC (CFU/ml)	Yeast & Mold (CFU/ml)	TPC (CFU/ml)	Yeast & Mold (CFU/ml)	TPC (CFU/ml)	Yeast & Mold (CFU/ml)	TPC (CFU/ml)	Yeast & Mold (CFU/ml)
1	น้อยกว่า 25	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	15	5.8×10^6	1.5×10^6	ไม่พบ	ไม่พบ
2	น้อยกว่า 25	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	2×10^6 *	2×10^4 *	ไม่พบ*	2×10^6 *	ไม่พบ*	5×10^4 *	ไม่พบ*	ไม่พบ*
3	น้อยกว่า 25	ไม่พบ	ไม่พบ	30	ไม่พบ*	5×10^3 *	ไม่พบ	5×10^5	5×10^6 *	8×10^2 *	ไม่พบ*	ไม่พบ*
4	น้อยกว่า 25	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
5	น้อยกว่า 25	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ: T1 หมายถึง กรรมวิธีที่ 1 ภาชนะพลาสติกที่บดแสง
 T2 หมายถึง กรรมวิธีที่ 2 ภาชนะพลาสติกโปร่งแสง
 T3 หมายถึง กรรมวิธีที่ 3 ภาชนะแก้วใส
 T4 หมายถึง กรรมวิธีที่ 4 ภาชนะแก้วใสสีชา
 T5 หมายถึง กรรมวิธีที่ 5 ภาชนะแก้วใสสีเขียว

* มีการเจริญของเชื้อราภายในขวดตัวอย่าง

**TPC: Total plate count



ภาพที่ 1.4 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาผิวมังคุดกรรมวิธีที่ 1 ภาชนะพลาสติกทึบแสง (□) กรรมวิธีที่ 2 ภาชนะพลาสติกโปร่งแสง (○) กรรมวิธีที่ 3 ภาชนะแก้วใส (□) กรรมวิธีที่ 4 ภาชนะแก้วใสสีขาว (□) และกรรมวิธีที่ 5 ภาชนะแก้วใสสีเขียว (x) กับสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$)) (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี มกราคม 2551)

กิจกรรมที่ 2 การวิจัยและพัฒนาการผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุดและน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

2.1 การผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก

ผลิตน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกมังคุดตามวิธีดำเนินการวิจัยในกิจกรรมวิจัยที่ 1 การจัดการผลิตและเก็บรักษา พืชมังคุดอย่างเหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพอย่างต่อเนื่อง การทดลองที่ 1 การผลิตพืชมังคุดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ข้อ 1.1.5 แต่ใช้อัตราส่วนของ เปลือกมังคุดต่อน้ำสะอาด เท่ากับ 2:3 โดยน้ำหนัก ในการผลิตน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก พบว่า การผลิตน้ำคั้นสีม่วง จากเปลือกโดยใช้เปลือกจากผลที่เก็บเกี่ยวเมื่อผลมีเปลือกสีม่วงดำแล้วและมีความสุขไม่น้อยกว่าระดับ 6 จะได้ น้ำคั้นสีม่วงแดง และจะค่อยๆเปลี่ยนเป็นสีแดงอมส้มน้ำตาล เมื่อทิ้งไว้นานเกินกว่า 3 สัปดาห์ แม้จะเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในขณะที่การผลิตโดยใช้เปลือกจากผลที่เก็บเกี่ยวเมื่อผลเป็นระยะสายเล็ด แล้วทิ้งไว้ให้เปลือก ผลค่อยๆเปลี่ยนเป็นสีม่วงดำ (เป็นผลิตผลที่ซื้อมาจากสวนเกษตรกรรมและผู้รวบรวมท้องถิ่น เพราะผลิตผลจากแปลง ทดลองในศูนย์วิจัยพืชสวนจันทร์บุรี มีไม่เพียงพอ) จะได้ น้ำคั้นสีแดงอมส้มน้ำตาล จากนั้นสีแดงจะจางลงเรื่อยๆ จน น้ำคั้นเปลี่ยนเป็นสีส้มน้ำตาลเจือแดง เมื่อทิ้งไว้นานกว่า 3 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

นำน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกที่ผลิตได้ (ผลิตเพียงครั้งเดียวให้ได้ปริมาณเพียงพอสำหรับการดำเนินงานทุก กรรมวิธี) มาทดลองผลิตเป็นมังคุดผง โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ร่วมกับการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นตัวพา ใน อัตราส่วน 0, 5, 10, และ 20% ใช้อุณหภูมิของลมร้อนขาเข้าที่ 140 และ 155 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของลม ร้อนขาออกที่ 85 ± 1 องศาเซลเซียส พบว่า การผลิตมังคุดผงเมื่อน้ำหนักรวมเริ่มต้นของน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกกับ มอลโตเด็กซ์ตรินเท่ากัน (กรรมวิธีที่ 1 และ 5, กรรมวิธีที่ 2 และ 6, กรรมวิธีที่ 3 และ 7, และกรรมวิธีที่ 4 และ 8) ที่ อุณหภูมิของลมร้อนขาเข้า 140 องศาเซลเซียส จะใช้เวลานานกว่า (43-47 นาที) และได้ผลิตภัณฑ์มังคุดผงน้อย กว่าที่อุณหภูมิของลมร้อนขาเข้า 155 องศาเซลเซียส (33-35 นาที) (ตารางที่ 2.1) เนื่องจากที่อุณหภูมิของลมร้อน ต่ำกว่าต้องใช้เวลานานกว่าเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์แห้ง ทำให้มังคุดผงที่ใกล้จะแห้งติดค้างอยู่ในเครื่องมากกว่า สีของ ผลิตภัณฑ์มังคุดผงที่ความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ตรินเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทั้งที่อุณหภูมิของลมร้อนขา เข้า 140 และ 155 องศาเซลเซียส มังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกและไม่ผสมมอลโตเด็กซ์ตริน (มอล โตเด็กซ์ตริน 0 %) จะมีสีแดงเข้มและมีกลิ่นเปลือกมังคุดรุนแรงกว่ามังคุดผงที่ผลิตโดยผสมมอลโตเด็กซ์ตริน สีและ กลิ่นของมังคุดผงจะจางลงตามอัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินที่เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 2.2 พบว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกไม่ผสม มอลโตเด็กซ์ตริน (มอลโตเด็กซ์ตริน 0%) และใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 140 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 1,737.33 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) และลดลงเหลือ 761.07 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) เมื่อมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้นเป็น 5% และลดลงเรื่อยจนมีค่าเท่ากับ 255.82 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) เมื่ออัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้นเป็น 20% ในขณะที่มังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกไม่ผสมมอลโตเด็กซ์ตริน (มอลโตเด็กซ์ตริน 0%) และใช้ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 155 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทันทีที่ผลิตได้เท่ากับ 1,604.04 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) และลดลงเหลือ 317.96 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) เมื่อมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้นเป็น 20% ความ เป็นกรด-ด่างของมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกและใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 140 องศาเซลเซียส มีค่า ตั้งแต่ 4.25-4.60 ความชื้นเท่ากับ 2.60-4.92% และความสามารถการละลาย 12.60-15.68 นาที ขณะที่การผลิต โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 155 องศาเซลเซียส จะมีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.15-4.60 ความชื้นเท่ากับ 2.76- 4.50% และความสามารถการละลาย 12.16-17.23 นาที

การผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกโดยไม่ผสมมอลโตเด็กซ์ตริน (มอลโตเด็กซ์ตริน 0%) และใช้ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 140 องศาเซลเซียส มีต้นทุนการผลิตคิดเป็น 53.52 บาทต่อกรัม (ตารางที่ 2.3) โดยที่ราคา

มังคุดผลสดที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกกีโลกรัมละ 12 บาท (ฤดูกาลผลิต 2548/2549) ในการผลิตน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก 1,000 กรัม ใช้เปลือกมังคุดสด 1.03 กิโลกรัม คิดเป็นต้นทุนเปลือก 7.54 บาท

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นเปลือกมังคุด (เปลือก: น้ำ 2:3) โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย และน้ำหนักของมังคุดผงที่ผลิตได้ (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี ธันวาคม 2549)

กรรมวิธี	เวลา (นาที)	อัตราเข้า (%)	TSS (°Brix)		น้ำหนักรวม ส่วนผสมทั้งหมด ก่อนทำแห้ง (g)	นน.มังคุดผงที่ได้	
			ก่อนผสม มอลโต	หลังผสม มอลโต		(g)	(%)
1	43	10	4	4	1,000	21.4	53.50
2	46	10	4	9	1,050	53.0	56.08
3	45	10	4	13.8	1,100	106.4	70.09
4	47	10	4	19.6	1,200	181.8	77.30
5	34	12	4	4	1,000	26.0	65.00
6	33	12	4	8	1,050	61.3	72.97
7	33	12	4	13	1,100	96.6	67.56
8	35	12	5	21	1,200	183.6	72.86

ราคามอลโตเด็กซ์ตรินกีโลกรัมละ 45 บาท ค่าใช้จ่ายในการเปิดเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยครั้งละ 2,500 บาท จำนวน 9 ตัวอย่าง คิดเป็นตัวอย่างละ 277.77 บาท และค่าใช้จ่ายขณะเครื่องทำงานชั่วโมงละ 1,200 บาท หรือนาทีละ 20 บาท ต้นทุนการผลิตจะเป็น 22.78 บาทต่อกรัม เมื่อผสมมอลโตเด็กซ์ตริน 5% และลดลงเหลือ 6.78 บาทต่อกรัม เมื่ออัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้นเป็น 20% ในขณะที่การผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก โดยไม่ผสมมอลโตเด็กซ์ตริน (มอลโตเด็กซ์ตริน 0%) และใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 155 องศาเซลเซียส มีต้นทุนการผลิตคิดเป็น 37.13 บาทต่อกรัม และลดลงเหลือ 5.41 บาทต่อกรัม เมื่ออัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้นเป็น 20% (ตารางที่ 2.3) เมื่อทดลองคำนวณต้นทุนการผลิตโดยให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีค่าเท่ากับ 1,737.33 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่วิเคราะห์จากการผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก พบว่าการผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกที่อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินเดียวกัน โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 140 องศาเซลเซียส มีต้นทุนการผลิตต่อกรัมสูงกว่าการผลิตมังคุดโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 155 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 2.3)

เมื่อพิจารณาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระร่วมกับต้นทุนการผลิตต่อหน่วยน้ำหนัก พบว่าการผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 155 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 140 องศาเซลเซียส และมีต้นทุนต่อหน่วยต่ำกว่า ในขณะที่สี ความชื้น และความสามารถการละลายของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากทั้ง 8 กรรมวิธีไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินเดียวกัน

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบลักษณะทางเคมี และทางกายภาพของมังคุดผงจากน้ำคั้นจากเปลือกที่ผลิตโดยใช้กรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	ค่าสีของ มังคุดผง	ค่าสีของ สารละลายมังคุดผง	สารต้านอนุมูลอิสระ TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$)	pH	ความชื้น (%)	ความสามารถ ในการละลาย (นาที)
1	R 39B	OR 34B	1,737.33	4.25	4.92	12.60
2	OR 35D	OR 31A	761.07	4.40	2.71	15.68
3	R 37C	O 26A	468.47	4.40	2.60	15.08
4	R 37D	O 24A	255.82	4.60	2.69	14.34
5	R 39B	OR 34B	1,604.04	4.15	4.50	12.16
6	OR 35C	OR 31A	813.09	4.30	2.76	17.23
7	OR 35D	O 26A	453.66	4.35	2.78	14.33
8	OR 35D	O 24C	317.96	4.60	2.83	14.63

หมายเหตุ:

กรรมวิธีที่ 1	น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 0%	อุณหภูมิผลร่อนเข้า 140 °C
กรรมวิธีที่ 2	น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 5%	อุณหภูมิผลร่อนเข้า 140 °C
กรรมวิธีที่ 3	น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 10%	อุณหภูมิผลร่อนเข้า 140 °C
กรรมวิธีที่ 4	น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 20%	อุณหภูมิผลร่อนเข้า 140 °C
กรรมวิธีที่ 5	น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 0%	อุณหภูมิผลร่อนเข้า 155 °C
กรรมวิธีที่ 6	น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 5%	อุณหภูมิผลร่อนเข้า 155 °C
กรรมวิธีที่ 7	น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 10%	อุณหภูมิผลร่อนเข้า 155 °C
กรรมวิธีที่ 8	น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็คซ์ตริน 20%	อุณหภูมิผลร่อนเข้า 155 °C

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตมังคุดผงอบแห้งแบบพ่นฝอยกรรมวิธีต่างๆ และต้นทุนในการผลิตให้ได้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ 1,737.33 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดที่ผลิตได้ในการวิจัยนี้

กรรมวิธี	สาร ต้านอนุมูลอิสระ TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$)	หน. มังคุดผง ที่ผลิตได้ (กรัม)	ต้นทุน การผลิต (บาท/ กรัม)	ต้นทุนเมื่อสารต้านอนุมูลอิสระ เป็น 1,737.33 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) (บาท / กรัม)
1	1,737.33	21.4	53.52	53.52
2	761.07	53.0	22.78	52.00
3	468.47	106.4	11.18	41.46
4	255.82	181.8	6.78	46.04
5	1,604.04	26.0	37.13	40.22
6	813.09	61.3	15.46	33.03
7	453.66	96.6	9.83	37.64
8	317.96	183.6	5.41	29.56

ดังนั้นจึงเลือกการผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก โดยผสมมอลโตเด็กซ์ทรินในอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 20% ใช้อุณหภูมิความร้อนเข้า 155 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิขาออกที่ 85±1 องศาเซลเซียส เป็นวิธีการผลิตมังคุดผงที่จะนำมาใช้ในการทดลองการเก็บรักษา ในการผลิตครั้งนี้ใช้เครื่องอบแห้งพ่นฝอย JCM Model SDE E-50 ความจุเครื่อง 50 ลิตรต่อชั่วโมง ใช้หัวพ่นฝอยแบบ rotary atomizer บริษัทเจซีเอ็ม เอ็นจิเนียริงคอนเซ็ปต์ จำกัด เวลาที่ใช้ในการผลิตขึ้นกับปริมาตรของสารเริ่มต้น เพราะอัตราการไหลเข้าของแต่ละกรรมวิธีใกล้เคียงกันตั้งแต่ 0.25-0.30 ลิตรต่อนาที (ตารางที่ 2.4) มังคุดผงกรรมวิธีที่ 1 จะมีสีแดงเข้มและมีกลิ่นเปลือกและยางรุนแรง สีและกลิ่นจะจางลงเรื่อยๆเมื่ออัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ทรินเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4 ภาคผนวก 4) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีค่าตั้งแต่ 682.33-3,066.02 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) ความเป็นกรดต่างตั้งแต่ 4.04-4.18 มังคุดผงที่ผลิตโดยผสมมอลโตเด็กซ์ทรินในอัตราส่วน 20% จะมีความชื้นน้อยที่สุด เพราะมอลโตเด็กซ์ทรินมีคุณสมบัติช่วยให้อนุภาคของของแข็งกระจายตัวได้ดีและแห้งได้ง่าย (ตารางที่ 2.5) มังคุดผงทั้ง 4 กรรมวิธีมีความสามารถในการละลาย 4.78-10.24 นาที นำมังคุดผงที่ผลิตได้บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ทุกละ 5 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตมังคุดผงจากน้ำเปลือกมังคุด 2:3 โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ใช้อุณหภูมิความร้อนเข้า 155 °C และอุณหภูมิขาออกที่ 85±1 °C จำนวน 4 กรรมวิธี เพื่อนำมังคุดผงไปใช้ในการทดลองการเก็บรักษา

กรรมวิธี	น้ำเปลือก (ลิตร)	เวลา (นาที)	อัตราเข้า (ลิตร/นาที)	TSS (°Brix)		น้ำหนักรวม ส่วนผสม ทั้งหมด ก่อนทำแห้ง (g)	น้ำหนักผงที่ได้	
				ก่อนผสม มอลโตฯ	หลังผสม มอลโตฯ		(g)	(%)
1	29.0	103	0.28	4	4	29,000	792.31	68.30
2	10.0	33.3	0.30	4	9	10,500	687.54	72.76
3	4.4	14.44	0.30	4	14	4,840	504.11	74.40
4	2.0	8.04	0.25	4	24	2,400	444.49	77.17

หมายเหตุ:

- กรรมวิธีที่ 1 น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็กซ์ทริน 0% อุณหภูมิความร้อนเข้า 155 °C
 กรรมวิธีที่ 2 น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็กซ์ทริน 5% อุณหภูมิความร้อนเข้า 155 °C
 กรรมวิธีที่ 3 น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็กซ์ทริน 10% อุณหภูมิความร้อนเข้า 155 °C
 กรรมวิธีที่ 4 น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก + มอลโตเด็กซ์ทริน 20% อุณหภูมิความร้อนเข้า 155 °C

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบลักษณะทางเคมี และทางกายภาพของมังคุดผงที่ผลิตโดยใช้กรรมวิธีต่างๆ

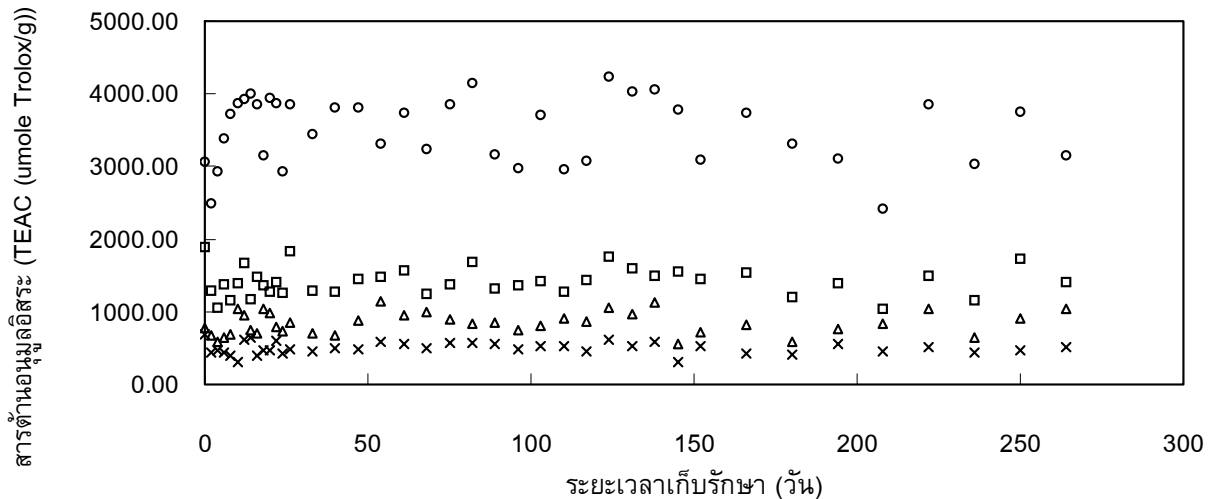
กรรมวิธี	ค่าสีของ มังคุดผง	ค่าสีของ สารละลายมังคุดผง	สารต้านอนุมูลอิสระ TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$)	pH	ความชื้น (%)	ความสามารถ การละลาย (นาที)
1	R 42B	OR 34B	3,066.02	4.04	8.42	8.73
2	OR 35C	OR 34C	1,895.99	4.09	5.24	9.33
3	R 37B	O 26A	773.48	4.13	4.65	10.24
4	R 37C	O 24B	682.33	4.18	4.64	4.78

ราคามังคุดผลสดที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกกีโลกรัมละ 12 บาท (ฤดูกาลผลิต 2548/2549) ในการผลิตน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก 29,000 กรัม ใช้เปลือกมังคุดสด 29.87 กิโลกรัม คิดเป็นต้นทุนเปลือก 218.66 บาท ราคามอลโตเด็กซ์ทรินกีโลกรัมละ 45 บาท ค่าใช้จ่ายในการเปิดเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยครั้งละ 3,000 บาท จำนวน 4 ตัวอย่าง คิดเป็นตัวอย่างละ 750 บาท และค่าใช้จ่ายขณะเครื่องทำงานชั่วโมงละ 1,500 บาท หรือนาทีละ 25 บาท ต้นทุนการผลิตจะเป็น 4.47 บาทต่อกรัม (ตารางที่ 2.6) เมื่อทดลองคำนวณต้นทุนการผลิตโดยให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีค่าเท่ากับ 3,066.22 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่วิเคราะห์จากการผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก พบว่าการผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกโดยผสมมอลโตเด็กซ์ทรินในอัตราส่วน 5 10 และ 20% มีต้นทุนการผลิตต่อกรัมเท่ากับ 10.75 9.00 และ 14.97 บาทต่อกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2.6) คณะผู้วิจัยได้ส่งตัวอย่างมังคุดผงกรรมวิธีที่ 1 (มังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือก + มอลโตเด็กซ์ทริน 0%) เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณของสารแซนโทนส์ โดยใช้แอลฟาแมงโกสติน ($\alpha\text{-mangostin}$) เป็นสารเปรียบเทียบ พบว่า ในตัวอย่างมังคุดผงกรรมวิธีที่ 1 จำนวน 1 กรัม มีปริมาณสารแซนโทนส์เท่ากับ 6.36 มิลลิกรัม (ดำเนินการนอกเหนือจากที่ตกลงไว้กับสกว.) ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ ได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.ปรีมณีนัน มุ่งการดี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร และคณะ

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตมังคุดผงอบแห้งแบบพ่นฝอยกรรมวิธีต่างๆ และต้นทุนในการผลิตให้ได้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ 3,066.22 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/mg}$) ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดที่ผลิตได้ในการวิจัยนี้

กรรมวิธี	สารต้านอนุมูลอิสระ TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$)	หน.มังคุดผง ที่ผลิตได้ (กรัม)	ต้นทุน การผลิต (บาท/กรัม)	ต้นทุนเมื่อสารต้านอนุมูลอิสระ เป็น 3,066.22 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) (บาท / กรัม)
1	3,066.02	792.31	4.47	4.47
2	1,895.99	687.54	2.41	10.75
3	773.48	504.11	2.27	9.00
4	682.33	444.49	2.17	14.97

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของมังคุดผงทุกกรรมวิธี ได้แก่ มังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือก มังคุดผง + มอลโตเด็กซ์ทริน 5% มังคุดผง + มอลโตเด็กซ์ทริน 10% และมังคุดผง + มอลโตเด็กซ์ทริน 20% ที่เก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (ภาพที่ 3 ภาคผนวก 4) ที่อุณหภูมิห้อง ก่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลา 264 วัน (ประมาณ 8 เดือน 21 วัน) ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 2.1) และอาจเก็บรักษาได้นานวันกว่านี้ แต่มังคุดผงที่ผลิตและเก็บรักษาไว้หมดลงเสียก่อน แสดงว่าของอลูมิเนียมฟอยล์สามารถป้องกันการเข้าออกของอากาศและความชื้นได้ดี มังคุดผงทั้ง 4 กรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นแรกผลิตเท่ากับ 8.32, 5.24, 4.65 และ 4.64% ตามลำดับ และไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลา 264 วันที่เก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง มังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกทั้ง 4 กรรมวิธี มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความชื้นตลอดระยะเวลา 264 วันที่เก็บรักษาเป็น 8.223, 5.466, 4.876 และ 4.792% ตามลำดับ (ตารางที่ 5 ภาคผนวก 1 และ ภาพที่ 4 ภาคผนวก 2)



ภาพที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$)) ของมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือก กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใช้มอลโตเด็คซ์ตรินเป็นตัวพา (○) กรรมวิธีที่ 2 ใช้มอลโตเด็คซ์ตริน 5% เป็นตัวพา (□) กรรมวิธีที่ 3 ใช้มอลโตเด็คซ์ตริน 10% เป็นตัวพา (△) และกรรมวิธีที่ 4 ใช้มอลโตเด็คซ์ตริน 20% เป็นตัวพา (x) และเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง (ศูนย์วิจัยพืชสวน จันทบุรี กรกฎาคม 2550)

ความเป็นกรด-ด่างแรกผลิตของมังคุดผงทั้ง 4 กรรมวิธีเป็น 4.04, 4.09, 4.13 และ 4.18 ตามลำดับ และมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอด 264 วันของการเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง และเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่าง พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 6 ภาคผนวก 1 และ ภาพที่ 5 ภาคผนวก 2)

มังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือก มังคุดผง + มอลโตเด็คซ์ตริน 5% มังคุดผง + มอลโตเด็คซ์ตริน 10% และมังคุดผง + มอลโตเด็คซ์ตริน 20% มีค่าความสามารถการละลายที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเมื่อแรกผลิตเท่ากับ 8.73, 8.33, 9.24 และ 4.78 นาที่ ตามลำดับ ความสามารถในการละลายของทั้ง 4 กรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลา 264 วันที่เก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 7 ภาคผนวก 1 และ ภาพที่ 6 ภาคผนวก 2) และมีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 264 วันที่เก็บรักษาเป็น 12.804, 10.952, 8.726 และ 5.261 นาที่ ตามลำดับ จะเห็นว่าการเก็บรักษามังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง ไม่ทำให้ความเป็นกรด-ด่าง เเปอร์เซ็นต์ความชื้น และความสามารถการละลายเปลี่ยนแปลงจากเมื่อแรกผลิต สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นได้

2.2 การผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุด

จากการทดลองผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก พบว่ากรรมวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย ภายใต้สภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 140 และ 155 องศาเซลเซียส ผลิตผลิตภัณฑ์ที่ยังคงคุณค่าของสารต้านอนุมูลอิสระไว้ได้ ดังนั้นในการทดลองผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุด จึงเลือกแบบกรรมวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย ภายใต้สภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำเช่นเดียวกับการผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 140 และ 155 องศาเซลเซียส ใช้มอลโตเด็คซ์ตรินเป็นตัวพาในสัดส่วน 0, 5, 10, 15 และ 20% จากนั้นพิจารณาน้ำหนักของผลิตภัณฑ์มังคุดผงที่ได้ประกอบการตัดสินใจเลือกวิธีการผลิตที่เหมาะสมที่สุด

จากการทดลองผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุด พบว่า ไม่สามารถพ่นฝอยพืชมังคุดเข้มข้นซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวข้นและมีเส้นใยให้เป็นผงได้ แม้ว่า จะทดลองผสมกับมอลโตเด็กซ์ทรินในสัดส่วนต่างๆแล้ว ดังนั้นจึงทดลองนำพืชมังคุดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) เท่ากับ 18 °Brix มาผสมน้ำในอัตราส่วนต่างๆเพื่อหาส่วนผสมที่ใช้ปริมาณน้ำน้อยที่สุดที่สามารถพ่นฝอยออกมาเป็นผงได้ พบว่า การใช้พืชมังคุดผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 9 °Brix เป็นส่วนผสมที่ใช้ปริมาณน้ำน้อยที่สุดและสามารถพ่นฝอยส่วนผสมออกมาเป็นผงได้ (ตารางที่ 2.7) จากนั้นจึงนำส่วนผสมพืชมังคุดและน้ำในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก มาทดลองผสมกับมอลโตเด็กซ์ทรินในสัดส่วนต่างๆ กันเพื่อให้การพ่นฝอยไหลลื่นมากขึ้น โดยเริ่มจากการใช้มอลโตเด็กซ์ทริน 5% โดยน้ำหนัก แล้วอบแห้งแบบพ่นฝอย ใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้าที่ 140 และ 155 องศาเซลเซียส พบว่ามังคุดผงที่ได้มีปริมาณน้อยมาก และผงยังคงมีความชื้นอยู่ไม่แห้งสนิท สังเกตได้จากการที่

ตารางที่ 2.7 เปรียบเทียบการผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุดที่ผสมน้ำในอัตราส่วนต่างๆ โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทร์บุรี กรกฎาคม 2550)

ตัวอย่างทดสอบ	น้ำหนักส่วนผสม (กก.)		อัตราส่วน	TSS (°Brix)	ผลการทดสอบ
	พืชมังคุด	น้ำ			
1	1.0	-	-	18	ไม่มีผงออกมาจากระบบการผลิต
2	0.5	0.25	2:1	12	ไม่มีผงออกมาจากระบบการผลิต
3	0.5	0.5	1:1	9	มีผงสีชมพูออกมาจากระบบการผลิต

พบมังคุดผงเกาะติดอยู่ข้างภาชนะแก้วใสที่ใช้รองรับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ และที่ระบบพ่นฝอยในตัวเครื่อง เมื่อเคาะและดูดผลิตภัณฑ์ออกมาจากเครื่อง พบว่าผลิตภัณฑ์เกาะตัวเป็นก้อน และมีสีน้ำตาล แสดงว่าสัดส่วนมอลโตเด็กซ์ทริน 5% น้อยเกินไปที่จะทำให้สารละลายถูกพ่นออกมาได้อย่างไหลลื่น การทดสอบขั้นต่อไปจึงเพิ่มสัดส่วนของมอลโตเด็กซ์ทรินเป็น 10 15 และ 20% และยังคงใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้าที่ 140 และ 155 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิลมร้อนออกที่ 85 องศาเซลเซียส เลียนแบบการทำแห้งแบบพ่นฝอยของมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกที่ผ่านมา พบว่า ในการผลิตมังคุดผงจากสารละลายพืชมังคุด (พืชมังคุด: น้ำ 1:1 โดยน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิลมร้อนเข้าที่ 140 องศาเซลเซียส โดยใช้มอลโตเด็กซ์ทริน 10 15 และ 20% เป็นตัวพา ทำให้น้ำหนักเริ่มต้นเป็น 1,200 2,300 และ 2,400 กรัม ตามลำดับ มีอัตรานำสารละลายเข้าใกล้เคียงกันมาก คือ 1.64 ถึง 1.69 ลิตร/ชั่วโมง ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการผลิตจึงไม่แตกต่างกัน (1 ชั่วโมง 18 นาที ถึง 1 ชั่วโมง 22 นาที) และได้น้ำหนักมังคุดผงคิดเป็น 54.94 63.83 และ 90.83% ของน้ำหนักสารละลายตั้งต้น เมื่อใช้มอลโตเด็กซ์ทริน 10 15 และ 20% เป็นตัวพา ตามลำดับ (ตารางที่ 2.8) ในขณะที่การใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้าที่ 155 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการผลิต 1 ชั่วโมง 5 นาที เพิ่มขึ้นเรื่อยๆเป็น 1 ชั่วโมง 7 นาที และ 1 ชั่วโมง 30 นาที เมื่อสัดส่วนของมอลโตเด็กซ์ทรินลดลงจาก 20 เป็น 15 และ 10% และอัตรานำสารละลายเข้าก็เปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกันกับเวลาที่ใช้ในการผลิต และได้น้ำหนักมังคุดผงคิดเป็น 67.78, 78.96 และ 100.19% ของน้ำหนักสารละลายตั้งต้น เมื่อใช้มอลโตเด็กซ์ทริน 10, 15 และ 20% เป็นตัวพา ตามลำดับ (ตารางที่ 2.8)

จากตารางที่ 2.9 พบว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของมังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุดผสมมอลโตเด็กซ์ทริน 10% และใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้าที่ 140 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 12.91 TEAC (μmole Trolox/g) และลดลงเหลือ 10.74 TEAC (μmole Trolox/g) เมื่อมอลโตเด็กซ์ทรินเพิ่มขึ้นเป็น 15% และลดลงเรื่อยๆจนมีค่าเท่ากับ 9.21 TEAC (μmole Trolox/g) เมื่ออัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ทรินเพิ่มขึ้นเป็น 20% สีของมังคุดผงที่ผลิตได้เป็นสีชมพูอ่อนจาง (R 49 D) ในขณะที่มังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุดผสมมอลโตเด็กซ์ทริน 10% และใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้าที่ 155 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทันทีที่ผลิตได้เท่ากับ 15.40 TEAC (μmole Trolox/g)

และลดลงเหลือ 9.91 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) เมื่อมอลโตเด็กซ์ทรินเพิ่มขึ้นเป็น 20% สีของมัจจุตผงที่ผลิตได้เป็นสีชมพูอ่อน (R 38 D) และสีส้มปนแดงอ่อน (OR 35 D) ความเป็นกรด-ด่างของมัจจุตผงที่ผลิตจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกและใช้อุณหภูมิความร้อนเข้า 140 องศาเซลเซียส มีค่าตั้งแต่ 4.04-4.17 ความชื้นเท่ากับ 1.96-2.18% และความสามารถการละลาย 6.45-10.21 นาที่ ขณะที่การผลิตโดยใช้อุณหภูมิความร้อนเข้า 155 องศาเซลเซียส จะมีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.04-4.18 ความชื้นเท่ากับ 1.73-2.54% และความสามารถการละลาย 4.51-10.91 นาที่

เมื่อพิจารณาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระร่วมกับน้ำหนักของมัจจุตผงที่ผลิตได้คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักสารละลายตั้งต้นก่อนผลิต พบว่าการผลิตมัจจุตผงจากพืชมัจจุต (พืชมัจจุต: น้ำ 1:1 โดยน้ำหนัก) โดยใช้อุณหภูมิความร้อนเข้า 155 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการใช้อุณหภูมิมัจจุตร้อนเข้า 140 องศาเซลเซียส และได้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่สัดส่วนของมอลโตเด็กซ์ทรินเดียวกัน ในขณะที่ ความเป็นกรด-ด่าง ความชื้น และความสามารถการละลายของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากทั้ง 6 กรรมวิธีไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2.8 เปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตมัจจุตผงจากพืชมัจจุต (พืชมัจจุต: น้ำ 1:1 โดยน้ำหนัก) โดยใช้มอลโตเด็กซ์ทรินสัดส่วนต่างๆ ใช้วิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย และน้ำหนักของมัจจุตผงที่ผลิตได้ (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทร์บุรี กรกฎาคม 2550)

กรรมวิธี	เวลา (ชม.: นาที)	อัตราเข้า (ลิตร/ชม.)	TSS ($^{\circ}\text{Brix}$)		น้ำหนักรวม ส่วนผสม ทั้งหมด ก่อนทำแห้ง (g)	หน.มัจจุตผงที่ได้	
			ก่อนผสม มอลโตฯ	หลังผสม มอลโตฯ		(g)	(%)
1	1:18	1.69	18	17.2	1,200	207.9	54.94
2	1:21	1.65	18	20.4	2,300	299.5	63.83
3	1:22	1.64	18	23.8	2,400	518.8	90.83
4	1:30	1.54	18	17.0	1,200	253.5	67.78
5	1:07	1.87	18	20.4	2,300	370.5	78.96
6	1:05	1.90	18	23.8	2,400	572.3	100.19

เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ทรินเดียวกัน สีของผลิตภัณฑ์ก็ใกล้เคียงกันมาก ยกเว้นสีของผลิตภัณฑ์ที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทริน 10% และใช้อุณหภูมิความร้อนเข้า 155 $^{\circ}\text{C}$ ที่มีสีเข้มกว่ากรรมวิธีอื่น ดังนั้นจึงเลือกการผลิตมัจจุตผงจากพืชมัจจุต (พืชมัจจุต: น้ำ 1:1 โดยน้ำหนัก) โดยใช้มอลโตเด็กซ์ทริน 10 15 และ 20% เป็นตัวพา ใช้อุณหภูมิมัจจุตร้อนเข้า 155 องศาเซลเซียส อุณหภูมิความร้อนออก 85 องศาเซลเซียส เป็นวิธีการผลิตมัจจุตผงสำหรับใช้ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค มัจจุตผงที่ได้สีชมพูอ่อน (ภาพที่ 5 ภาคผนวก 4) กรรมวิธีที่มีสัดส่วนของมอลโตเด็กซ์ทรินมากขึ้น จะมีสีชมพูอ่อนลงตามลำดับ ได้ผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคแต่ละกรรมวิธีเป็น 744.9, 643.5 และ 1,960 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2.10) จากนั้นนำพืชมัจจุตผงทั้ง 3 กรรมวิธีมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ใช้แบบทดสอบ Hedonic scale 9 point โดยการให้คะแนน กำหนดรหัสตัวอย่างโดยใช้ตารางเลขสุ่ม มีจำนวนผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมายไม่ต่ำกว่า 50 คน

ตารางที่ 2.9 เปรียบเทียบลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของมังคุดผงที่ผลิตโดยใช้กรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	ค่าสีของ มังคุดผง	ค่าสีของ สารละลายมังคุดผง	สารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC μmole Trolox/g)	pH	ความชื้น (%)	ความสามารถ ในการละลาย (นาที)
1	R49 D	R49 D	12.91	4.04	2.11	10.21
2	R49 D	R49 D	10.74	4.09	1.96	8.25
3	R49 D	R49 D	9.21	4.17	2.18	6.45
4	OR35 D	O29 D	15.40	4.04	2.06	10.91
5	R38 D	R49 D	11.27	4.09	2.54	4.51
6	R49 D	R49 D	9.91	4.18	1.73	7.02

หมายเหตุ:

- กรรมวิธีที่ 1 สารละลายพืชมังคุด + มอลโตเด็คซ์ตริน 10% อุณหภูมิหมั่นร้อนชาเข้า 140 °C
- กรรมวิธีที่ 2 สารละลายพืชมังคุด + มอลโตเด็คซ์ตริน 15% อุณหภูมิหมั่นร้อนชาเข้า 140 °C
- กรรมวิธีที่ 3 สารละลายพืชมังคุด + มอลโตเด็คซ์ตริน 20% อุณหภูมิหมั่นร้อนชาเข้า 140 °C
- กรรมวิธีที่ 4 สารละลายพืชมังคุด + มอลโตเด็คซ์ตริน 10% อุณหภูมิหมั่นร้อนชาเข้า 155 °C
- กรรมวิธีที่ 5 สารละลายพืชมังคุด + มอลโตเด็คซ์ตริน 15% อุณหภูมิหมั่นร้อนชาเข้า 155 °C
- กรรมวิธีที่ 6 สารละลายพืชมังคุด + มอลโตเด็คซ์ตริน 20% อุณหภูมิหมั่นร้อนชาเข้า 155 °C

ผู้บริโภคชอบสี กลิ่น ความเปรี้ยว ความหวาน และมีความรู้สึกที่ดีหลังชิมพืชมังคุดผงที่ผลิตจากสารละลายพืชมังคุด (พืชมังคุด: น้ำ 1:1) ผสมกับมอลโตเด็คซ์ตริน 10% (กรรมวิธีที่ 1) มากกว่าการผลิตโดยผสมกับมอลโตเด็คซ์ตริน 15 และ 20% (กรรมวิธีที่ 2 และ 3) ทำให้คะแนนความชอบรวมที่ผู้บริโภคมีต่อพืชมังคุดผงกรรมวิธีที่ 1 มากกว่ากรรมวิธีที่ 2 และ 3 และกรรมวิธีที่ 3 มากกว่ากรรมวิธีที่ 2 และเมื่อพิจารณาเฉพาะพืชมังคุดผงกรรมวิธีที่ 1 พบว่าผู้บริโภคชอบคุณลักษณะความหวานและความเปรี้ยวใกล้เคียงกันและมากกว่าคุณลักษณะอื่นของพืชมังคุดผง (ตารางที่ 2.11) ดังนั้นผู้วิจัยจึงผลิตพืชมังคุดผงกรรมวิธีที่ 1 คือ สารละลายพืชมังคุดผสมมอลโตเด็คซ์ตริน 10% ใช้อุณหภูมิหมั่นร้อนชาเข้า 155 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิหมั่นร้อนชาออก 85 องศาเซลเซียส สำหรับใช้ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิห้องผลิตได้พืชมังคุดผงทั้งหมด 2.98 กิโลกรัม คิดเป็นต้นทุนการผลิต 5.20 บาทต่อกรัม โดยมีวิธีการคิดต้นทุนการผลิต ดังนี้

- ต้นทุนการผลิตพืชมังคุด 13.2 กิโลกรัม
 - มังคุดผลสด จำนวน 60 กิโลกรัม ๗๕ 10 บาท เป็นเงิน 600.00 บาท
 - แรงงาน 1 คน 200.00 บาท
 - อื่นๆ (แก๊สหุงต้ม น้ำ และไฟฟ้า) 120.00 บาท
 - รวมทั้งสิ้น **920.00 บาท**

คิดเป็นต้นทุนการผลิตพืชมังคุด 69.70 บาทต่อกิโลกรัม
- ต้นทุนการผลิตพืชมังคุดผง 2.98 กิโลกรัม
 - ค่าใช้จ่ายเปิดเครื่องอบแห้งฟอยล์ 2,500.00 บาท
 - ค่าเดินเครื่องผลิต จำนวน 9 ชั่วโมง 54 นาที 11,880.00 บาท
 - มอลโตเด็คซ์ตริน จำนวน 2.64 กิโลกรัม ๗๕ 45 บาท 188.80 บาท

- O พืชมังคุด จำนวน 13.2 กิโลกรัม ๖๖.70 บาท 920.04 บาท
- O รวมทั้งสิ้น **15,488.84 บาท**

คิดเป็นต้นทุนการผลิตพืชมังคุด 5,197.60 บาทต่อกิโลกรัม (5.20 บาทต่อกิโลกรัม)

นำพืชมังคุดที่ได้ผลิตได้บรรจุถุงอูมิเนียมพอยล์ (ภาพที่ 3 ภาคผนวก 4) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของพืชมังคุดที่ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 245 วัน (ประมาณ 8 เดือนสิ้นสุดงานทดลอง) (ภาพที่ 2.2 ตารางที่ 8 ภาคผนวก 1 และภาพที่ 7 ภาคผนวก 2) มีค่าเฉลี่ย 13.98 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) และอาจเก็บรักษาได้นานวันกว่านี้ แต่พืชมังคุดที่ผลิตและเก็บรักษาไว้หมดลงเสียก่อน

พืชมังคุดที่เก็บรักษาในถุงอูมิเนียมพอยล์มีการเปลี่ยนแปลงของความชื้น และความเป็นกรด-ด่าง น้อยมากตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.98% และความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 3.86 ในขณะที่ความสามารถการละลายของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ย 6.64 นาที่ (อัตราส่วนพืชมังคุด 1 กรัม ต่อ น้ำ 100 มิลลิลิตร) แต่สังเกตพบการเกาะตัวของพืชมังคุด จึงทำให้ละลายได้ช้าทั้งนี้อาจเนื่องจากพืชมังคุดที่เป็นผลิตภัณฑ์ตั้งต้นก่อนที่จะนำมาผลิตเป็นผงมีความหวานมาก การเพิ่มสัดส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินจาก 10% เป็น 15 และ 20% เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้พืชมังคุดกระจายตัวได้ดีและละลายได้ง่ายขึ้น แต่ก็จะทำให้เสียรสชาติไปด้วย (ตารางที่ 8 ภาคผนวก 1 และภาพที่ 7 ภาคผนวก 2)

การเก็บรักษาพืชมังคุดไว้ในที่อุณหภูมิห้องในถุงอูมิเนียมพอยล์ซึ่งเป็นวัสดุทึบแสง สามารถป้องกันการซึมผ่านเข้าออกของอากาศได้ จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ไม่เสื่อมสภาพ หรือเสื่อมสภาพช้าลง และเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาด้วย และแม้ว่าการใช้ถุงอูมิเนียมพอยล์จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ดี แต่ในระหว่างการบรรจุก็ยังคงมีอากาศเข้าไปในถุงได้บ้าง อาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นบ้าง ดังนั้นการใช้ถุงอูมิเนียมพอยล์เป็นบรรจุภัณฑ์ และบรรจุผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศ จะเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ ทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น

ตารางที่ 2.10 เปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตพืชมังคุดจากพืชมังคุด (พืชมังคุด: น้ำ 1:1 โดยน้ำหนัก) โดยใช้มอลโตเด็กซ์ตรินสัดส่วนต่างๆ ใช้วิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย อุณหภูมิลมร้อนเข้า 155 °C และอุณหภูมิขาออกที่ 85°C จำนวน 3 กรรมวิธี เพื่อนำพืชมังคุดไปใช้ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

กรรมวิธี	เวลา (ชม.: นาที)	อัตราเข้า (ลิตร/ชม.)	TSS (°Brix)		น้ำหนักรวม ส่วนผสมทั้งหมด ก่อนทำแห้ง (kg)	น้ำหนักผงที่ได้	
			ก่อนผสม มอลโตฯ	หลังผสม มอลโตฯ		(g)	(%)
1	5:12	3.44	18.0	17.0	17.60	744.9	24.90
2	5:22	3.52	18.0	20.6	18.40	643.5	16.98
3	3:10	5.57	18.0	24.0	17.28	1,960	123.74

ตารางที่ 2.11 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ผู้บริโภคมิต่อคุณลักษณะต่างๆของมังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุด (พืชมังคุด: น้ำ 1:1 โดยน้ำหนัก) ทั้ง 3 กรรมวิธี

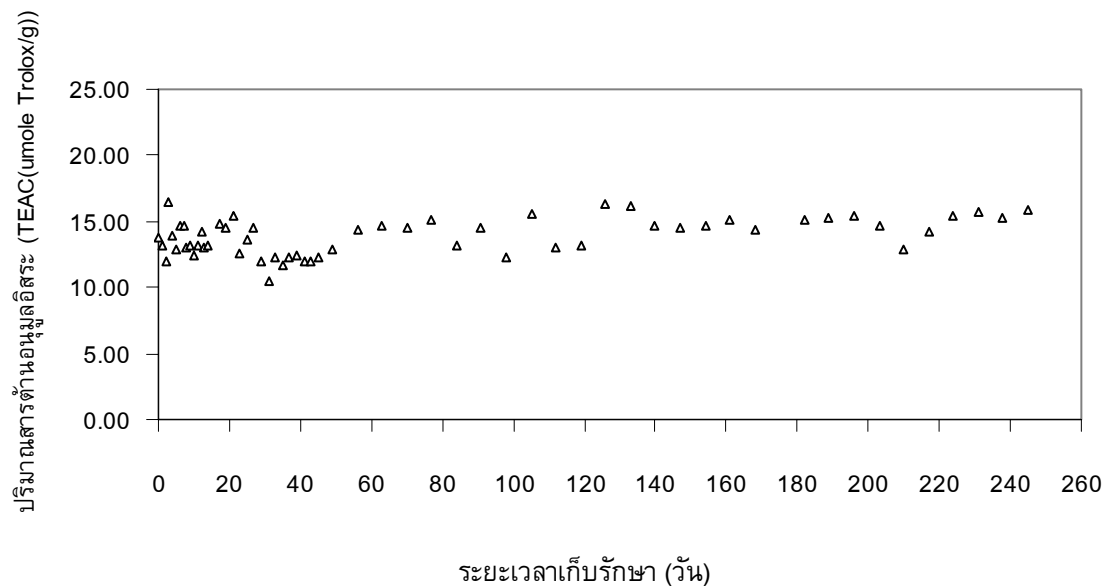
กรรมวิธี	สี	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความรู้สึกหลังชิม	ความชอบรวม
1	6.64	5.90	6.82	6.85	6.80	7.21
2	5.62	5.56	5.97	5.97	6.13	6.39
3	5.64	5.64	6.10	6.36	6.43	6.66
DMRT at $P \leq 0.05$	0.312	0.175	0.589	0.093	0.236	0.244

หมายเหตุ:

กรรมวิธีที่ 1 สารละลายพืชมังคุด + มอลโตเด็คซ์ทริน 10% อุณหภูมิหมัก 155 °C

กรรมวิธีที่ 2 สารละลายพืชมังคุด + มอลโตเด็คซ์ทริน 15% อุณหภูมิหมัก 155 °C

กรรมวิธีที่ 3 สารละลายพืชมังคุด + มอลโตเด็คซ์ทริน 20% อุณหภูมิหมัก 155 °C



ภาพที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC (umole Trolox/g)) ของมังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุด (พืชมังคุด: น้ำ 1:1 โดยน้ำหนัก) ใช้มอลโตเด็คซ์ทริน 10% เป็นตัวพา และเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี มกราคม 2551)

สรุปผลการทดลอง

1.1 การผลิตพืชมังคุดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากโครงการวิจัยนี้ สามารถผลิตจากผลมังคุดที่มีความสุกเกินมาตรฐานส่งออก ได้แก่ผลที่มีเปลือกสีม่วงดำและมีความสุกไม่น้อยกว่าระดับ 6 (ดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) และจากผลมังคุดที่มีอาการเนื่อแก้วและยางไหลในผล

1.2 ผู้บริโภคให้การยอมรับพืชมังคุดที่ผลิตจากเนื้อมังคุดปกติ จากเนื้อมังคุดปกติผสมกับเนื้อมังคุดที่มีอาการเนื้อแฉะและยางไหลในผล และจากเนื้อมังคุดที่มีอาการเนื้อแฉะและยางไหลในผล โดยผสมกับน้ำคั้นเปลือกจากเปลือกในสัดส่วนตั้งแต่ 5 ถึง 9% รวม 5 สูตร ดังนี้

- เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5% (สูตรที่ 2 จากการทดลอง)
- เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 7% (สูตรที่ 3 จากการทดลอง)
- เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 9% (สูตรที่ 4 จากการทดลอง)
- เนื้อมังคุดปกติ: เนื้อมังคุดเนื้อแฉะและยางไหล (1:1) + น้ำคั้นจากเปลือก 9% (สูตรที่ 9 จากการทดลอง)
- เนื้อมังคุดเนื้อแฉะและยางไหล + น้ำคั้นจากเปลือก 5% (สูตรที่ 12 จากการทดลอง)

พืชมังคุดที่ผลิตได้มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อแรกผลิตตั้งแต่ 4.49 ถึง 6.3 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/ml}$) ขึ้นกับสัดส่วนของน้ำคั้นจากเปลือก

1.3 อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่ต่ำเพียงพอที่จะใช้ในการเก็บรักษาพืชมังคุด โดยยังคงคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพที่สามารถนำไปแปรรูปต่อเนื่องเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้และประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษามากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

1.4 พืชมังคุดที่ผลิตโดยกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์แล้วเก็บรักษาในภาชนะแก้วใสสีชา และแก้วใสสีขาว ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 5 เดือน โดยที่ยังคงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา และสามารถนำมาแปรรูปต่อเนื่องเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้

1.5 การผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นจากเปลือก สามารถผลิตได้โดยผสมมอลโตเด็กซ์ตรินในอัตราส่วน 5, 10 และ 20% โดยน้ำหนัก หรือไม่ผสมมอลโตเด็กซ์ตริน ใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 155 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิลมร้อนออก 85 ± 1 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นเปลือกและยางรุนแรง สีและกลิ่นจะจางลงเรื่อยๆเมื่ออัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้น

มังคุดผงที่ผลิตได้มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระตั้งแต่ 682.33 ถึง 3,066.02 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) ความเป็นกรด-ด่างตั้งแต่ 4.04 ถึง 4.18 มีต้นทุนการผลิตต่อกรัมเป็น 4.47-14.97 บาท ซึ่งเป็นต้นทุนการผลิตจากงานวิจัยที่รวมค่าบริการและค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องฟั่นฝอยแบบบอบแห้งที่บริษัท เจซีเอ็ม เอ็นจิเนียริงคอนเซ็ปต์ จำกัด

มังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกและไม่ผสมมอลโตเด็กซ์ตริน (มอลโตเด็กซ์ตริน 0%) จำนวน 1 กรัม มีปริมาณสารแซนโทนส์เท่ากับ 6.36 มิลลิกรัม (ใช้แอลฟาแมงโกสติน (α -mangostin) เป็นสารเปรียบเทียบ)

1.6 วิธีการผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุดที่เหมาะสมและได้ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ทำได้โดยนำพืชมังคุดผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก ผสมกับมอลโตเด็กซ์ตริน 10% โดยน้ำหนัก ใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 155 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิลมร้อนออก 85 ± 1 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีชมพูอ่อน เนื้อผงละเอียด ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 3.86 ความชื้นเฉลี่ย 1.98% ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีค่าเฉลี่ย 13.98 TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 5.20 บาท/กรัม

1.7 มังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุดและจากน้ำคั้นจากเปลือก สามารถเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิห้อง ได้นานกว่า 8 เดือน โดยยังคงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งการผลิตพืชมังคุดและน้ำคั้นจากเปลือกเป็นผลิตภัณฑ์ผง เป็นวิธีการหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษาพืชมังคุดและน้ำคั้นจากเปลือกให้นานขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- จารุณี จิ่งสถาปัตย์ชัย และไพพรรณ เศรษฐบุตร. 2547. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเปลือกมังคุด. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นิลวรรณ ลีอังกูรเสถียร และสมทรง ปวีณการก. 2534. การแปรรูปมังคุดโดยการแช่แข็ง. วารสารเคหะการเกษตร. ปีที่ 15 ฉบับที่ 6 (มิถุนายน 2534): 38-39.
- ปราณี อานเป็รื่อง. 2547. หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- ผ่องศรี รอดโพธิ์ทอง. 2540. การย้อมผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุด. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไพรัตน์ โสภโนตร. 2546. ผลผลิตมังคุดกิ่งแห้ง อีกทางออกหนึ่งของการเพิ่มมูลค่าผลไม้ไทย. เทคโนโลยีชาวบ้าน. ปีที่ 16 ฉบับที่ 324 (ธันวาคม 2546): 72-73.
- วิลาวัณย์ บุญย์สุภา. 2547. การพัฒนากรรมวิธีการผลิตมะนาวผงในระดับอุตสาหกรรม ประเมินอายุการเก็บรักษา และการแปรรูปผลิตภัณฑ์มะนาวผง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สิรินทร์ ชันดี. 2540. การลิตมังคุดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- Begum, N., C. Gopalakrishnan, S. Subramanian, D. Shankaranarayanan and L. Kameswaran. 1982. Anti ulcer and anti microbial activities of Gartanin, a xanthenes from *Garcinia mangostana* Linn. Bull. Islam 2(20): 518-521.
- Chen, S., M. Wan and B. Loh. 1996. Active constituents against HIV-1 protease from *Garcinia mangostana*. Planta Med. 62: 381-382.
- Gopalakrishnan, C., B. Banumathi and G. Suresh. 1997. Evaluation of the antifungal activity of natural xanthenes from *Garcinia mangostana* and their synthetic derivatives. J. Nat. Prod. 60(5): 519-524.
- Ho, C., Y. Huang, C. Chen. 2002. Garcinone E, a xanthenes derivatives, has potent cytotoxic effect against hepatocellular carcinoma cell lines. Planta Med. 68: 975-979.
- Inga, K., M. Malecka, M. Szlachta and A. Gliszczynska-Swiglo. 2006. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. Journal of Food Composition and Analysis.
- Iinuma, M., H. Tosa, T. Tanaka, F. Asai, Y. Kobayashi, R. Shinamo and K. Miyauchi. 1996. Antibacterial activity of xanthenes from Guttiferaeous plants against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. J. Pharm. Pharmacol. 48: 861-865.
- Lin, C., S. Liou, T. Lee, Y. Chuang and S. Won. 1996. Xanthenes derivatives as potential anti-cancer drugs. J. Pharm. Pharmacol. 48: 539-544.
- Mahabusarakam, W. and P. Saowaluk. 1986. Antimicrobial activities of chemical constituents from *Garcinia mangostana* Linn. J. Sci. Soc. Thailand. 12: 239-242.

- Mahabusarakam, W., J. Proudfoot, W. Taylor and K. Croft. 2000. Inhibition of lipoprotein oxidation by prenylated xanthenes derived from mangostin. *Free radic. Res.* 33(5): 643-659.
- Mailgaard, D., G.V. Civille and B.T. Carr. 1991. *Sensory evaluation techniques.* CRC Press, Inc. U.S.A.
- Matsumoto, K., Y. Akao, E. Kobayashi, K. Ohguchi, T. Ito, T. Tanaka, M. Iinuma and Y. Nozawa. 2003. Induction of apoptosis by xanthenes from mangosteen in human leukemia cell lines. *J. Nat. Prod.* 66(8): 1124-1127.
- Matsumoto, K., Y. Akao, H. Yi, K. Ohguchi, T. Ito, T. Tanaka, E. Kobayashi, M. Iinuma and Y. Nozawa. 2004. Preferential target is mitochondria in alpha-mangostin-induced apoptosis in human leukemia HL60 cells. *J. Nat. Prod.* 66(8): 1124-1127.
- Moongkarndi, P., N. Kosem, S. Kaslungka, O. Luanratana, S. Jongsomboonkusol and N. Pongpan. 2004(a). Antiproliferative activity of Thai medicinal plant extracts of human breast akenocarcinoma cell line. *Fitoterapia.* 75(3-4): 375-375.
- Moongkarndi, P., N. Kosem, S. Kaslungka, O. Luanratana, N. Pongpan and N. Neungton. 2004(b). Antiproliferation, antioxidation and induction of apoptosis by *Garcinia mangostana* (mangosteen) on SKBR3 human breast cancer cell line. *J. Ethnopharmacology.* 90: 161-166.
- Pongpaicht, S., L. Nilrat, P. Tharavichitkul, S. Bunchoo, T. Chuaprapaisilp and P. Wiriyaichitra. 1994. Antibacterial activities of extracts from *Garcinia mangostana* pericarp on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and enterococcus species. *Songklanakarin J. Sci. and Tech.* 16(4): 399-405.
- Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang and C. Rice-Evan. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolourisation assay. *Free Radical Biology and Medicine.* 26: 1231-1237.
- Shankaranarayan, D., C. Gopalakrishnan and L. Kameswaran. 1979. Pharmacological profile of mangostin and its derivatives. *Archives Internationales de Pharmacodynamie et de Therapie.* 239(2): 257-269.
- Suksamrarn, S., N. Suwannapoch, W. Phakhodee, J. Thanuhiranlert, P. Ratananukul, N. Chimnoi and A. Suksamrarn. 2003. Antimycobacterial activity of prenylated xanthenes from the fruits of *Garcinia mangostana*. *Chem. Pharm. Bull. (Tokyo).* 51(7): 857-859.
- Sundaram, B.M., C. Gopalakrishnan, S. Subramanian, D. Shankaranarayanan and L. Kameswaran. 1983. Antimicrobial activities of *Garcinia mangostana* Linn. *Planta Med.* 48(1): 59-60.
- Wang, H. and T. Ng. 1999. Natural products with hypoglycemic, hypotensive, hypocholesterolemic, antiatherosclerotic and antithrombotic activities. *Life Sci.* 65(25): 2663-2677.
- William, P., M. Ongsakul, J. Proudfoot, K. Croft and L. Beilin. 1995. Mangostin inhibits the oxidative modification of human low density lipoprotein. *Free Radic. Res.* 23(2): 175-184.

ภาคผนวก 1

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total soluble solid, TSS; °Brix) ของพืชมังคุด และน้ำคั้นจากเปลือกสูตรต่างๆ ตลอดระยะเวลาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 ° C (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทร์บุรี กรกฎาคม 2550)

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	TSS (°Brix)ของพืชมังคุดกรรมวิธีต่าง ๆ และน้ำคั้นจากเปลือก											
	4 ° C						-20 ° C					
	T2	T3	T4	T9	T12	น้ำคั้นจากเปลือก	T2	T3	T4	T9	T12	น้ำคั้นจากเปลือก
0	15.5	14.6	15.0	14.4	14.0	4.0	15.4	14.6	15.1	14.4	13.9	4.0
1	15.4	14.6	15.1	14.7	14.0	4.0	15.6	14.7	15.0	14.5	14.0	4.0
2	15.4	14.3	15.0	14.5	13.6	4.0	15.6	15.0	15.0	14.5	14.0	3.8
3	15.4	15.0	15.0	14.4	14.0	3.8	15.4	15.0	15.0	14.4	14.0	4.0
4	15.2	15.0	15.0	14.0	13.8	3.4	15.0	14.6	15.0	14.2	13.6	3.4
5	15.6	15.0	15.2	14.6	13.6	3.6	15.2	15.0	15.4	14.4	14.0	3.4
6	15.4	15.0	15.0	14.4	14.0	3.6	15.6	15.0	15.2	14.4	14.0	3.6
7	15.6	15.0	15.2	14.4	14.0	3.6	15.4	14.8	15.0	14.4	13.8	3.6
8	15.2	15.0	15.0	14.4	14.0	3.6	15.2	15.2	15.4	14.4	14.0	3.6
9	15.4	15.2	15.0	14.6	14.0	3.6	15.4	15.2	15.2	14.6	14.0	3.6
10	15.4	15.0	15.2	14.6	14.0	3.6	15.4	15.2	15.4	15.0	14.0	3.6
11	15.2	15.0	15.0	14.6	14.0	3.6	15.4	15.0	15.4	14.6	14.0	3.4
12	15.2	15.0	15.0	14.6	14.0	3.6	15.6	14.6	15.0	15.0	14.0	3.6
13	15.4	15.0	15.2	14.6	14.2	3.6	15.4	15.0	15.4	14.6	14.2	3.6
14	15.6	15.0	15.2	15.0	14.2	3.8	15.6	15.2	15.4	15.0	14.0	3.8
16	15.4	15.0	15.2	14.4	14.0	3.8	15.6	15.0	15.2	14.6	14.0	3.8
18	15.4	15.2	15.0	15.0	14.0	3.8	15.6	15.0	15.0	15.4	14.0	3.8
20	15.4	15.0	15.4	15.0	14.0	3.8	15.4	15.0	15.4	15.0	14.0	3.8
22	15.4	15.0	15.0	14.2	14.0	3.4	15.2	14.6	15.0	15.0	13.6	3.4
24	14.4	14.6	15.0	14.4	14.0	3.4	15.2	15.0	15.6	14.6	14.4	3.2
26	15.2	14.6	15.4	14.2	14.0	3.4	15.4	15.0	15.2	14.2	14.0	3.4
28	15.4	14.6	15.0	14.2	14.0	3.4	15.6	14.4	15.0	14.4	14.0	3.4
30	15.4	14.8	15.0	14.6	13.6	3.4	15.4	14.8	15.0	14.0	13.6	3.4
32	15.4	15.0	15.2	15.0	14.0	3.8	15.4	15.2	15.4	15.0	14.0	3.8
34	15.4	15.0	15.4	14.4	14.0	3.6	15.4	15.0	15.2	14.6	14.0	3.6
36	14.2	15.2	15.2	14.2	14.0	3.6	15.4	14.6	15.0	14.4	14.0	3.6
38	15.6	15.0	15.2	14.8	14.0	3.8	15.4	15.0	15.2	14.6	14.0	3.8
40	16.6	15.0	15.0	14.6	14.0	3.8	15.4	15.0	15.2	14.8	14.0	3.8
42	15.2	15.0	15.0	14.4	14.0	3.6	15.2	14.4	14.8	14.4	13.6	3.6

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	TSS (°Brix)ของพีวเม้งคัดกรรมวิธีต่าง ๆ และน้ำคั้นจากเปลือก											
	4 ° C						-20 ° C					
	T2	T3	T4	T9	T12	น้ำคั้น จาก เปลือก	T2	T3	T4	T9	T12	น้ำคั้น จาก เปลือก
44	16.0	14.6	15.0	14.2	14.0	3.4	15.0	14.0	15.0	14.0	13.4	3.6
46	15.4	15.0	15.0	14.0	14.0	3.4	15.0	15.0	15.0	14.0	13.4	3.4
48	15.4	15.0	15.4	14.2	13.6	3.6	15.6	14.6	15.2	14.0	14.0	3.6
50	15.6	15.0	15.2	14.6	13.6	3.6	15.6	15.2	15.2	14.6	14.0	3.6
52	15.6	15.0	15.2	14.6	14.0	3.6	15.2	15.0	15.0	14.6	14.0	3.6
54	15.4	15.0	15.2	14.4	14.0	3.4	15.2	14.6	15.0	14.6	14.0	3.6
56	15.4	15.0	15.0	14.4	13.8	3.4	15.0	14.6	15.2	14.4	13.6	3.6
58	15.6	15.0	15.4	14.8	13.8	3.8	15.6	15.2	15.0	14.4	13.4	3.8
60	15.4	15.0	15.2	14.6	14.0	3.6	15.4	14.6	15.2	15.0	13.6	3.6
62	15.4	15.0	15.2	14.4	14.0	3.6	14.6	15.2	15.2	14.4	14.0	3.6
64	15.4	15.0	15.2	16.0	14.0	3.6	15.4	14.4	15.0	14.6	14.0	3.6
66	15.8	15.0	15.2	15.0	14.0	3.8	15.8	15.0	15.2	14.8	14.0	4.0
68	15.6	15.0	15.2	14.8	14.0	4.0	15.4	14.8	15.0	15.0	14.0	4.0
70	15.6	15.0	15.2	14.4	14.0	3.4	15.4	15.0	15.2	14.4	14.0	3.6
72	15.4	15.2	15.2	14.4	14.0	3.6	15.4	15.0	15.4	14.6	13.6	3.6
74	15.4	15.0	15.2	15.0	14.0	3.2	15.2	15.0	15.0	14.6	14.0	3.6
76	15.2	15.0	15.2	14.4	13.6	3.2	15.6	14.6	15.2	14.8	14.0	3.6
78	15.4	15.0	15.4	15.2	14.0	4.0	15.0	14.4	14.8	15.0	14.2	3.8
80	15.4	15.0	15.4	15.0	14.0	4.0	15.4	15.0	15.0	14.8	14.0	3.8
84	15.4	15.0	15.2	14.4	14.0	3.6	15.2	14.6	15.0	14.4	14.0	3.6
91	15.4	14.6	15.0	14.0	14.0	3.4	15.4	14.6	15.2	14.0	14.0	3.4
98	15.4	15.0	15.2	13.4	14.0	3.6	15.4	14.4	15.2	14.4	13.6	3.6
105	15.4	15.0	15.0	14.4	14.0	3.8	14.2	15.0	15.2	14.4	14.0	3.6
112	15.4	15.0	15.0	14.0	14.0	3.4	14.0	15.0	15.0	14.4	13.8	3.6
119	15.4	15.0	15.2	15.2	14.0	3.4	15.2	15.0	15.0	14.0	14.0	3.6
126	15.4	15.0	15.2	14.2	14.0	3.6	15.4	14.6	14.0	14.4	14.0	3.6
133	15.4	15.0	15.2	14.6	14.0	3.2	15.0	15.0	15.0	14.4	14.0	3.8
140	15.4	15.0	15.0	14.4	14.0	3.4	15.2	14.4	15.0	14.4	13.6	3.4
147	-	15.0	15.4	14.4	-	-	15.4	15.0	15.0	14.4	14.0	3.4
154	-	15.0	15.0	14.6	-	-	15.4	14.8	15.0	14.6	13.6	3.4
161	-	15.0	15.0	15.0	-	-	15.4	15.0	15.2	14.6	14.0	4.0
168	-	14.0	-	-	-	-	-	14.4	-	-	-	3.4
175	-	-	-	-	-	-	-	14.0	-	-	-	3.0
182	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	TSS (°Brix)ของพืชมังคุดกรรมวิธีต่าง ๆ และน้ำคั้นจากเปลือก											
	4 ° C						-20 ° C					
	T2	T3	T4	T9	T12	น้ำคั้น จาก เปลือก	T2	T3	T4	T9	T12	น้ำคั้น จาก เปลือก
189	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0
196	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0
203	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.8
210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.8
217	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.8
224	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.8
231	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.8
238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.8
245	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.8
ค่าเฉลี่ย	15.41	14.94	15.14	14.54	13.95	3.61	15.31	14.82	15.11	14.55	13.01	3.66
+ S.E	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>+</u>
	0.04	0.03	0.02	0.05	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02

หมายเหตุ:

T2	หมายถึง	สูตรที่ 2	เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%
T3	หมายถึง	สูตรที่ 3	เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 7%
T4	หมายถึง	สูตรที่ 4	เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 9%
T9	หมายถึง	สูตรที่ 9	เนื้อมังคุดปกติ: เนื้อมังคุดเนื้อแก้วและยางไหล (1:1) + น้ำคั้นจากเปลือก 9%
T12	หมายถึง	สูตรที่ 12	เนื้อมังคุดเนื้อแก้วและยางไหล + น้ำคั้นจากเปลือก 5%

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.D) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC (μ mole Trolox/ml)) ของพืชมังคุด (เนื้อ
มังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%) ที่เก็บรักษาในภาชนะต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC μ mole Trolox/ml) ของพืชมังคุดเมื่อเก็บรักษา ในภาชนะต่าง ๆ ที่ 4 °C				
	T1	T2	T3	T4	T5
0	5.87 $\pm$ 1.013	5.87 $\pm$ 1.013	5.87 $\pm$ 1.013	5.87 $\pm$ 1.013	5.87 $\pm$ 1.013
1	6.64 $\pm$ 0.592	6.68 $\pm$ 0.613	6.82 $\pm$ 0.516	6.80 $\pm$ 0.413	6.57 $\pm$ 0.505
2	6.61 $\pm$ 0.422	6.67 $\pm$ 0.735	6.79 $\pm$ 0.736	6.86 $\pm$ 0.660	7.18 $\pm$ 0.733
3	5.08 $\pm$ 0.494	4.92 $\pm$ 0.521	5.37 $\pm$ 0.699	5.42 $\pm$ 0.605	5.31 $\pm$ 0.722
4	5.43 $\pm$ 0.458	5.27 $\pm$ 0.552	5.70 $\pm$ 0.633	5.42 $\pm$ 0.446	5.43 $\pm$ 0.662
5	5.35 $\pm$ 0.414	5.40 $\pm$ 0.471	5.66 $\pm$ 0.424	5.52 $\pm$ 0.386	5.52 $\pm$ 0.180
6	5.44 $\pm$ 0.457	5.35 $\pm$ 0.592	5.68 $\pm$ 0.471	5.63 $\pm$ 0.432	5.62 $\pm$ 0.597
7	4.90 $\pm$ 0.482	4.80 $\pm$ 0.636	5.14 $\pm$ 0.588	5.30 $\pm$ 0.604	4.88 $\pm$ 0.262
8	5.01 $\pm$ 0.647	5.11 $\pm$ 0.377	5.42 $\pm$ 0.731	4.97 $\pm$ 0.875	5.29 $\pm$ 0.534
9	4.92 $\pm$ 0.701	4.60 $\pm$ 0.421	4.98 $\pm$ 0.344	5.07 $\pm$ 0.597	4.98 $\pm$ 0.479
10	4.84 $\pm$ 0.526	4.63 $\pm$ 0.760	5.01 $\pm$ 0.795	4.97 $\pm$ 0.495	5.22 $\pm$ 0.420
11	4.53 $\pm$ 0.655	5.55 $\pm$ 0.591	5.99 $\pm$ 0.464	5.66 $\pm$ 0.580	5.71 $\pm$ 0.595
12	5.44 $\pm$ 0.903	5.19 $\pm$ 0.847	5.53 $\pm$ 0.585	5.83 $\pm$ 0.465	5.86 $\pm$ 0.598
13	5.43 $\pm$ 0.945	5.62 $\pm$ 0.571	5.88 $\pm$ 0.581	6.08 $\pm$ 0.539	5.81 $\pm$ 0.561
14	5.60 $\pm$ 0.834	5.99 $\pm$ 0.765	6.33 $\pm$ 0.464	6.33 $\pm$ 0.646	6.26 $\pm$ 0.546
15	6.04 $\pm$ 1.219	6.20 $\pm$ 0.599	6.93 $\pm$ 0.923	7.02 $\pm$ 0.901	7.19 $\pm$ 0.639
16	6.57 $\pm$ 0.949	6.39 $\pm$ 0.809	6.74 $\pm$ 0.973	6.89 $\pm$ 0.730	7.35 $\pm$ 0.806
18	4.95 $\pm$ 1.471	5.29 $\pm$ 0.947	5.91 $\pm$ 0.717	5.58 $\pm$ 0.350	5.89 $\pm$ 0.561
20	5.45 $\pm$ 1.339	5.77 $\pm$ 1.372	5.60 $\pm$ 0.730	5.35 $\pm$ 0.732	5.58 $\pm$ 0.435
22	5.14 $\pm$ 0.967	5.75 $\pm$ 0.926	5.54 $\pm$ 0.871	5.88 $\pm$ 0.812	5.64 $\pm$ 1.076
24	4.44 $\pm$ 0.941	4.36 $\pm$ 0.850	4.53 $\pm$ 0.781	4.90 $\pm$ 0.438	4.79 $\pm$ 0.433
26	4.81 $\pm$ 1.049	4.99 $\pm$ 0.691	5.04 $\pm$ 0.439	4.97 $\pm$ 0.749	5.36 $\pm$ 0.548
28	5.36 $\pm$ 0.689	5.17 $\pm$ 0.823	5.40 $\pm$ 0.798	5.78 $\pm$ 0.823	6.05 $\pm$ 0.630
30	4.75 $\pm$ 0.898	4.75 $\pm$ 1.119	5.33 $\pm$ 0.632	5.43 $\pm$ 0.610	5.71 $\pm$ 0.473
32	5.70 $\pm$ 0.570	5.28 $\pm$ 0.840	6.06 $\pm$ 0.531	5.73 $\pm$ 0.644	6.00 $\pm$ 0.667
34	5.60 $\pm$ 1.356	5.64 $\pm$ 1.130	6.40 $\pm$ 0.513	6.07 $\pm$ 0.740	6.50 $\pm$ 0.778
36	5.98 $\pm$ 0.945	5.98 $\pm$ 1.061	6.40 $\pm$ 0.565	6.51 $\pm$ 0.629	6.43 $\pm$ 0.725
38	5.00 $\pm$ 1.084	4.88 $\pm$ 1.047	5.32 $\pm$ 0.597	5.60 $\pm$ 0.474	5.55 $\pm$ 0.552
40	5.58 $\pm$ 1.284	5.60 $\pm$ 1.127	6.27 $\pm$ 0.689	6.25 $\pm$ 0.600	6.38 $\pm$ 0.587
42	5.09 $\pm$ 1.557	5.28 $\pm$ 0.860	5.18 $\pm$ 1.391	6.13 $\pm$ 1.072	5.89 $\pm$ 0.776
44	5.48 $\pm$ 1.519	5.59 $\pm$ 1.546	6.34 $\pm$ 0.985	6.25 $\pm$ 0.689	6.63 $\pm$ 0.542
46	5.16 $\pm$ 1.473	5.18 $\pm$ 1.163	5.87 $\pm$ 0.823	5.82 $\pm$ 0.832	6.07 $\pm$ 0.658
50	5.41 $\pm$ 1.595	5.49 $\pm$ 1.240	6.06 $\pm$ 0.810	6.01 $\pm$ 0.661	6.18 $\pm$ 0.909
ระยะเวลา					

เก็บรักษา (วัน)	ในภาชนะต่าง ๆ ที่ 4 °C				
	T1	T2	T3	T4	T5
57	5.50 ± 1.445	5.10 ± 1.343	5.65 ± 0.714	5.84 ± 0.747	5.34 ± 1.298
64	5.24 ± 1.375	5.23 ± 1.415	6.09 ± 0.784	5.87 ± 1.009	6.27 ± 0.657
71	5.53 ± 1.490	5.42 ± 1.596	6.05 ± 0.780	6.05 ± 0.768	6.55 ± 0.654
78	4.70 ± 1.493	4.47 ± 1.513	4.86 ± 0.593	5.52 ± 0.714	5.86 ± 0.806
85	7.09 ± 1.400	7.24 ± 1.343	7.68 ± 0.701	8.09 ± 0.611	8.03 ± 0.497
92	5.32 ± 1.637	5.64 ± 1.556	5.96 ± 0.844	6.12 ± 1.065	6.14 ± 0.602
99	5.07 ± 1.535	5.26 ± 1.643	6.20 ± 0.865	6.51 ± 0.944	6.32 ± 0.864
106	5.52 ± 1.945	5.25 ± 1.539	6.37 ± 0.822	6.15 ± 0.690	6.54 ± 0.971
113	4.57 ± 1.582	4.67 ± 1.709	5.87 ± 0.987	5.31 ± 0.706	6.06 ± 0.854
120	4.61 ± 1.612	4.51 ± 1.641	5.17 ± 0.627	5.08 ± 0.805	5.24 ± 0.556
127	4.60 ± 1.644	4.59 ± 1.545	5.17 ± 0.978	5.50 ± 0.710	5.66 ± 0.538
134	4.84 ± 1.893	4.96 ± 1.728	5.78 ± 0.502	5.78 ± 0.859	5.65 ± 1.100
141	4.85 ± 1.994	4.76 ± 1.589	5.77 ± 0.562	5.70 ± 0.791	5.95 ± 0.591
148	5.03 ± 1.908	4.92 ± 1.417	5.89 ± 0.759	5.66 ± 0.855	5.83 ± 0.519
155	5.00 ± 1.723	4.96 ± 1.620	5.82 ± 0.901	5.64 ± 0.825	5.51 ± 1.012
ค่าเฉลี่ย ± SE	5.315 ± 0.578	5.338 ± 0.611	5.821 ± 0.606	5.848 ± 0.615	5.952 ± 0.645

หมายเหตุ: T1 หมายถึง กรรมวิธีที่ 1 ภาชนะพลาสติกทึบแสง
T2 หมายถึง กรรมวิธีที่ 2 ภาชนะพลาสติกโปร่งแสง
T3 หมายถึง กรรมวิธีที่ 3 ภาชนะแก้วใส
T4 หมายถึง กรรมวิธีที่ 4 ภาชนะแก้วใสสีชา
T5 หมายถึง กรรมวิธีที่ 5 ภาชนะแก้วใสสีเขียว

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.D) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชมังคุด (เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%) ที่เก็บรักษาในภาชนะต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชมังคุดเมื่อเก็บรักษาในภาชนะต่างๆ ที่ 4 °C				
	T1	T2	T3	T4	T5
0	3.36 $\pm$ 0.077	3.36 $\pm$ 0.077	3.36 $\pm$ 0.077	3.36 $\pm$ 0.077	3.36 $\pm$ 0.077
1	3.53 $\pm$ 0.008	3.54 $\pm$ 0.008	3.54 $\pm$ 0.010	3.54 $\pm$ 0.008	3.53 $\pm$ 0.008
2	3.52 $\pm$ 0.012	3.52 $\pm$ 0.008	3.52 $\pm$ 0.007	3.53 $\pm$ 0.005	3.53 $\pm$ 0.005
3	3.55 $\pm$ 0.010	3.55 $\pm$ 0.007	3.55 $\pm$ 0.008	3.55 $\pm$ 0.007	3.55 $\pm$ 0.007
4	3.53 $\pm$ 0.008	3.52 $\pm$ 0.007	3.52 $\pm$ 0.008	3.53 $\pm$ 0.008	3.52 $\pm$ 0.011
5	3.52 $\pm$ 0.022	3.52 $\pm$ 0.023	3.52 $\pm$ 0.021	3.52 $\pm$ 0.021	3.53 $\pm$ 0.024
6	3.51 $\pm$ 0.010	3.51 $\pm$ 0.004	3.50 $\pm$ 0.005	3.50 $\pm$ 0.006	3.50 $\pm$ 0.006
7	3.51 $\pm$ 0.008	3.51 $\pm$ 0.004	3.51 $\pm$ 0.006	3.50 $\pm$ 0.005	3.51 $\pm$ 0.005
8	3.54 $\pm$ 0.009	3.54 $\pm$ 0.010	3.54 $\pm$ 0.012	3.54 $\pm$ 0.010	3.53 $\pm$ 0.008
9	3.50 $\pm$ 0.012	3.50 $\pm$ 0.011	3.50 $\pm$ 0.011	3.50 $\pm$ 0.011	3.50 $\pm$ 0.008
10	3.52 $\pm$ 0.007	3.51 $\pm$ 0.014	3.50 $\pm$ 0.008	3.50 $\pm$ 0.012	3.50 $\pm$ 0.007
11	3.52 $\pm$ 0.006	3.52 $\pm$ 0.010	3.51 $\pm$ 0.012	3.51 $\pm$ 0.011	3.51 $\pm$ 0.008
12	3.53 $\pm$ 0.010	3.53 $\pm$ 0.008	3.53 $\pm$ 0.010	3.52 $\pm$ 0.008	3.52 $\pm$ 0.008
13	3.53 $\pm$ 0.011	3.53 $\pm$ 0.012	3.53 $\pm$ 0.012	3.52 $\pm$ 0.007	3.52 $\pm$ 0.007
14	3.53 $\pm$ 0.012	3.53 $\pm$ 0.013	3.53 $\pm$ 0.013	3.53 $\pm$ 0.012	3.53 $\pm$ 0.010
15	3.52 $\pm$ 0.010	3.52 $\pm$ 0.010	3.52 $\pm$ 0.010	3.52 $\pm$ 0.009	3.52 $\pm$ 0.009
16	3.52 $\pm$ 0.010	3.52 $\pm$ 0.012	3.52 $\pm$ 0.015	3.52 $\pm$ 0.015	3.51 $\pm$ 0.012
18	3.52 $\pm$ 0.011	3.52 $\pm$ 0.011	3.52 $\pm$ 0.011	3.52 $\pm$ 0.011	3.52 $\pm$ 0.010
20	3.51 $\pm$ 0.005	3.51 $\pm$ 0.012	3.51 $\pm$ 0.011	3.51 $\pm$ 0.013	3.51 $\pm$ 0.014
22	3.49 $\pm$ 0.012	3.50 $\pm$ 0.012	3.50 $\pm$ 0.010	3.49 $\pm$ 0.007	3.49 $\pm$ 0.015
24	3.53 $\pm$ 0.010	3.53 $\pm$ 0.010	3.52 $\pm$ 0.008	3.52 $\pm$ 0.011	3.52 $\pm$ 0.008
26	3.49 $\pm$ 0.008	3.50 $\pm$ 0.008	3.49 $\pm$ 0.012	3.49 $\pm$ 0.011	3.49 $\pm$ 0.012
28	3.50 $\pm$ 0.008	3.50 $\pm$ 0.012	3.50 $\pm$ 0.012	3.50 $\pm$ 0.011	3.50 $\pm$ 0.010
30	3.52 $\pm$ 0.010	3.52 $\pm$ 0.007	3.52 $\pm$ 0.008	3.52 $\pm$ 0.012	3.52 $\pm$ 0.015
32	3.52 $\pm$ 0.015	3.53 $\pm$ 0.014	3.53 $\pm$ 0.017	3.52 $\pm$ 0.010	3.52 $\pm$ 0.010
34	3.51 $\pm$ 0.008	3.52 $\pm$ 0.010	3.51 $\pm$ 0.009	3.51 $\pm$ 0.011	3.51 $\pm$ 0.007
36	3.51 $\pm$ 0.007	3.51 $\pm$ 0.012	3.51 $\pm$ 0.011	3.51 $\pm$ 0.011	3.51 $\pm$ 0.010
38	3.51 $\pm$ 0.012	3.51 $\pm$ 0.011	3.51 $\pm$ 0.008	3.51 $\pm$ 0.012	3.51 $\pm$ 0.008
40	3.53 $\pm$ 0.009	3.53 $\pm$ 0.006	3.53 $\pm$ 0.009	3.53 $\pm$ 0.010	3.53 $\pm$ 0.007
42	3.52 $\pm$ 0.011	3.52 $\pm$ 0.014	3.52 $\pm$ 0.011	3.52 $\pm$ 0.011	3.52 $\pm$ 0.015
44	3.53 $\pm$ 0.007	3.54 $\pm$ 0.008	3.54 $\pm$ 0.008	3.53 $\pm$ 0.008	3.54 $\pm$ 0.008
46	3.53 $\pm$ 0.010	3.53 $\pm$ 0.013	3.52 $\pm$ 0.008	3.52 $\pm$ 0.012	3.52 $\pm$ 0.012
50	3.53 $\pm$ 0.010	3.52 $\pm$ 0.005	3.52 $\pm$ 0.010	3.52 $\pm$ 0.008	3.52 $\pm$ 0.007
57	3.53 $\pm$ 0.011	3.53 $\pm$ 0.008	3.53 $\pm$ 0.012	3.53 $\pm$ 0.015	3.53 $\pm$ 0.010

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชมังคุดเมื่อเก็บรักษา ในภาชนะต่าง ๆ ที่ 4 °C				
	T1	T2	T3	T4	T5
64	3.52 ± 0.012	3.52 ± 0.012	3.52 ± 0.013	3.52 ± 0.012	3.52 ± 0.007
71	3.52 ± 0.012	3.52 ± 0.012	3.52 ± 0.015	3.52 ± 0.015	3.51 ± 0.014
78	3.51 ± 0.014	3.52 ± 0.015	3.51 ± 0.012	3.51 ± 0.012	3.51 ± 0.011
85	3.52 ± 0.011	3.52 ± 0.014	3.52 ± 0.017	3.52 ± 0.017	3.52 ± 0.015
92	3.53 ± 0.008	3.53 ± 0.011	3.53 ± 0.010	3.53 ± 0.012	3.53 ± 0.015
99	3.51 ± 0.015	3.51 ± 0.017	3.51 ± 0.017	3.51 ± 0.012	3.50 ± 0.014
106	3.53 ± 0.010	3.53 ± 0.015	3.53 ± 0.015	3.53 ± 0.011	3.53 ± 0.008
113	3.53 ± 0.015	3.53 ± 0.017	3.52 ± 0.015	3.53 ± 0.015	3.52 ± 0.014
120	3.53 ± 0.012	3.53 ± 0.017	3.53 ± 0.012	3.53 ± 0.015	3.53 ± 0.012
127	3.51 ± 0.017	3.52 ± 0.017	3.52 ± 0.019	3.51 ± 0.015	3.51 ± 0.015
134	3.54 ± 0.018	3.55 ± 0.015	3.55 ± 0.015	3.54 ± 0.017	3.54 ± 0.018
141	3.54 ± 0.012	3.55 ± 0.010	3.55 ± 0.014	3.54 ± 0.013	3.55 ± 0.015
148	3.53 ± 0.015	3.52 ± 0.022	3.52 ± 0.017	3.53 ± 0.015	3.53 ± 0.014
155	3.52 ± 0.019	3.52 ± 0.020	3.52 ± 0.012	3.52 ± 0.014	3.52 ± 0.020
ค่าเฉลี่ย ± S.E.	3.518 ± 0.026	3.519 ± 0.027	3.517 ± 0.027	3.517 ± 0.027	3.515 ± 0.027

หมายเหตุ: T1 หมายถึง กรรมวิธีที่ 1 ภาชนะพลาสติกทึบแสง
T2 หมายถึง กรรมวิธีที่ 2 ภาชนะพลาสติกโปร่งแสง
T3 หมายถึง กรรมวิธีที่ 3 ภาชนะแก้วใส
T4 หมายถึง กรรมวิธีที่ 4 ภาชนะแก้วใสสีชา
T5 หมายถึง กรรมวิธีที่ 5 ภาชนะแก้วใสสีเขียว

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.D) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total soluble solid, TSS; °Brix) ของ
 พืชมังคุด (เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%) ที่เก็บรักษาในภาชนะต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 องศา
 เซลเซียส

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	TSS (°Brix) ของพืชมังคุดเมื่อเก็บรักษาในภาชนะต่างๆ ที่ 4 °C				
	T1	T2	T3	T4	T5
0	17.76 $\pm$ 0.294	17.76 $\pm$ 0.294	17.76 $\pm$ 0.294	17.76 $\pm$ 0.294	17.76 $\pm$ 0.294
1	17.80 $\pm$ 0.219	17.92 $\pm$ 0.204	18.00 $\pm$ 0.219	18.08 $\pm$ 0.160	18.08 $\pm$ 0.098
2	17.72 $\pm$ 0.160	17.64 $\pm$ 0.080	17.80 $\pm$ 0.179	17.76 $\pm$ 0.150	17.76 $\pm$ 0.150
3	17.64 $\pm$ 0.080	17.60 $\pm$ 0.000	17.72 $\pm$ 0.160	17.84 $\pm$ 0.080	17.84 $\pm$ 0.080
4	17.64 $\pm$ 0.196	17.68 $\pm$ 0.160	17.76 $\pm$ 0.233	17.72 $\pm$ 0.160	17.80 $\pm$ 0.126
5	17.68 $\pm$ 0.160	17.72 $\pm$ 0.160	17.76 $\pm$ 0.196	17.76 $\pm$ 0.150	17.64 $\pm$ 0.080
6	17.60 $\pm$ 0.000	17.60 $\pm$ 0.000	17.72 $\pm$ 0.160	17.72 $\pm$ 0.160	17.72 $\pm$ 0.160
7	17.72 $\pm$ 0.240	17.52 $\pm$ 0.098	17.52 $\pm$ 0.098	18.00 $\pm$ 0.000	18.00 $\pm$ 0.000
8	17.76 $\pm$ 0.150	17.60 $\pm$ 0.000	17.72 $\pm$ 0.160	17.84 $\pm$ 0.150	17.80 $\pm$ 0.179
9	17.60 $\pm$ 0.000	17.68 $\pm$ 0.098	17.80 $\pm$ 0.179	17.72 $\pm$ 0.160	17.72 $\pm$ 0.160
10	17.56 $\pm$ 0.080	17.64 $\pm$ 0.196	17.60 $\pm$ 0.000	17.60 $\pm$ 0.000	17.60 $\pm$ 0.126
11	17.60 $\pm$ 0.126	17.60 $\pm$ 0.000	17.68 $\pm$ 0.098	17.52 $\pm$ 0.098	17.56 $\pm$ 0.150
12	17.76 $\pm$ 0.150	17.68 $\pm$ 0.098	17.80 $\pm$ 0.126	17.72 $\pm$ 0.160	17.68 $\pm$ 0.160
13	17.72 $\pm$ 0.204	17.64 $\pm$ 0.080	17.64 $\pm$ 0.196	17.60 $\pm$ 0.126	17.68 $\pm$ 0.204
14	17.88 $\pm$ 0.098	17.76 $\pm$ 0.150	17.60 $\pm$ 0.000	17.64 $\pm$ 0.150	17.72 $\pm$ 0.240
15	17.68 $\pm$ 0.160	17.68 $\pm$ 0.098	17.72 $\pm$ 0.160	17.64 $\pm$ 0.080	17.72 $\pm$ 0.160
16	17.80 $\pm$ 0.179	17.88 $\pm$ 0.098	17.80 $\pm$ 0.179	17.72 $\pm$ 0.160	17.80 $\pm$ 0.179
18	17.64 $\pm$ 0.080	17.60 $\pm$ 0.000	17.76 $\pm$ 0.196	17.72 $\pm$ 0.160	17.76 $\pm$ 0.196
20	17.60 $\pm$ 0.126	17.60 $\pm$ 0.000	17.80 $\pm$ 0.126	17.64 $\pm$ 0.080	17.64 $\pm$ 0.080
22	17.64 $\pm$ 0.265	17.64 $\pm$ 0.080	17.80 $\pm$ 0.179	17.72 $\pm$ 0.204	17.64 $\pm$ 0.080
24	17.72 $\pm$ 0.160	17.52 $\pm$ 0.160	17.72 $\pm$ 0.160	17.60 $\pm$ 0.000	17.72 $\pm$ 0.160
26	17.64 $\pm$ 0.196	17.72 $\pm$ 0.160	17.64 $\pm$ 0.080	17.76 $\pm$ 0.150	17.72 $\pm$ 0.160
28	17.84 $\pm$ 0.150	17.68 $\pm$ 0.098	17.68 $\pm$ 0.160	17.60 $\pm$ 0.000	17.80 $\pm$ 0.179
30	17.80 $\pm$ 0.126	17.76 $\pm$ 0.150	17.92 $\pm$ 0.098	17.92 $\pm$ 0.098	18.00 $\pm$ 0.000
32	17.68 $\pm$ 0.204	17.68 $\pm$ 0.098	17.88 $\pm$ 0.160	17.68 $\pm$ 0.098	17.80 $\pm$ 0.179
34	17.72 $\pm$ 0.160	17.56 $\pm$ 0.150	17.68 $\pm$ 0.098	17.72 $\pm$ 0.240	17.68 $\pm$ 0.098
36	17.76 $\pm$ 0.150	17.60 $\pm$ 0.000	17.80 $\pm$ 0.179	17.80 $\pm$ 0.179	17.64 $\pm$ 0.196
38	17.76 $\pm$ 0.150	17.80 $\pm$ 0.179	17.88 $\pm$ 0.160	17.88 $\pm$ 0.160	17.84 $\pm$ 0.150
40	17.76 $\pm$ 0.150	17.72 $\pm$ 0.160	17.80 $\pm$ 0.179	17.68 $\pm$ 0.204	17.80 $\pm$ 0.179
42	17.88 $\pm$ 0.098	17.72 $\pm$ 0.098	17.88 $\pm$ 0.098	17.88 $\pm$ 0.098	17.85 $\pm$ 0.080
44	17.84 $\pm$ 0.080	17.88 $\pm$ 0.098	17.96 $\pm$ 0.080	17.92 $\pm$ 0.098	17.92 $\pm$ 0.098
46	17.88 $\pm$ 0.098	17.76 $\pm$ 0.150	17.84 $\pm$ 0.233	17.88 $\pm$ 0.160	17.88 $\pm$ 0.098
50	17.84 $\pm$ 0.150	17.68 $\pm$ 0.160	17.84 $\pm$ 0.196	17.80 $\pm$ 0.179	17.72 $\pm$ 0.160
57	17.88 $\pm$ 0.160	17.84 $\pm$ 0.150	17.72 $\pm$ 0.160	17.76 $\pm$ 0.150	17.84 $\pm$ 0.080
64	17.92 $\pm$ 0.098	17.88 $\pm$ 0.098	17.88 $\pm$ 0.160	17.88 $\pm$ 0.098	17.88 $\pm$ 0.098

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	TSS (°Brix) ของพิวแม้งคุดเมื่อเก็บรักษาในภาชนะต่าง ๆ ที่ 4 °C				
	T1	T2	T3	T4	T5
71	17.80 ± 0.126	17.88 ± 0.160	17.88 ± 0.160	17.88 ± 0.160	17.92 ± 0.098
78	17.96 ± 0.080	17.96 ± 0.080	17.96 ± 0.080	17.96 ± 0.080	17.96 ± 0.080
85	17.96 ± 0.080	17.96 ± 0.080	17.92 ± 0.160	18.00 ± 0.000	17.96 ± 0.080
92	18.00 ± 0.000	18.00 ± 0.000	17.96 ± 0.080	17.96 ± 0.080	18.00 ± 0.000
99	17.96 ± 0.080	17.96 ± 0.080	17.88 ± 0.160	17.92 ± 0.160	17.92 ± 0.098
106	17.96 ± 0.080	17.96 ± 0.080	17.96 ± 0.080	17.96 ± 0.080	17.96 ± 0.080
113	17.96 ± 0.080	17.96 ± 0.080	17.88 ± 0.160	17.92 ± 0.098	17.88 ± 0.160
120	17.92 ± 0.160	18.00 ± 0.000	17.96 ± 0.080	17.92 ± 0.160	18.00 ± 0.000
127	17.92 ± 0.160	17.88 ± 0.098	17.88 ± 0.160	17.88 ± 0.160	17.96 ± 0.080
134	17.96 ± 0.080	18.00 ± 0.000	18.00 ± 0.000	18.00 ± 0.000	18.00 ± 0.000
141	17.96 ± 0.080	17.88 ± 0.160	17.92 ± 0.098	17.96 ± .080	17.96 ± 0.080
148	18.00 ± 0.000	17.96 ± 0.080	18.00 ± 0.000	18.00 ± 0.000	18.00 ± 0.000
155	18.00 ± 0.000	17.92 ± 0.098	17.96 ± 0.080	17.96 ± 0.080	18.00 ± .000
ค่าเฉลี่ย ± S.E.	17.793 ± 0.131	17.762 ± 0.146	17.813 ± 0.119	17.808 ± 0.137	17.824 ± 0.132

หมายเหตุ: T1 หมายถึง กรรมวิธีที่ 1 ภาชนะพลาสติกทึบแสง
T2 หมายถึง กรรมวิธีที่ 2 ภาชนะพลาสติกโปร่งแสง
T3 หมายถึง กรรมวิธีที่ 3 ภาชนะแก้วใส
T4 หมายถึง กรรมวิธีที่ 4 ภาชนะแก้วใสสีชา
T5 หมายถึง กรรมวิธีที่ 5 ภาชนะแก้วใสสีเขียว

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.D) เปอร์เซนต์ความชื้นของมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกกรรมวิธีต่างๆ ตลอดระยะเวลาเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง (ศูนย์วิจัยพืชสวน จันทบุรี กรกฎาคม 2550)

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ความชื้น (%) ของมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกกรรมวิธีต่าง ๆ			
	มังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือก	มังคุดผง + มอลโตเด็คซ์ทริน 5%	มังคุดผง + มอลโตเด็คซ์ทริน 10%	มังคุดผง + มอลโตเด็คซ์ทริน 20%
0	8.32 $\pm$ 0.029	5.24 $\pm$ 0.212	4.65 $\pm$ 0.067	4.64 $\pm$ 0.070
6	8.12 $\pm$ 0.257	5.50 $\pm$ 0.014	4.98 $\pm$ 0.041	4.73 $\pm$ 0.163
14	8.30 $\pm$ 0.012	5.36 $\pm$ 0.053	4.86 $\pm$ 0.024	4.95 $\pm$ 0.033
20	8.39 $\pm$ 0.217	5.39 $\pm$ 0.078	4.79 $\pm$ 0.045	4.73 $\pm$ 0.149
26	8.08 $\pm$ 0.244	5.33 $\pm$ 0.019	4.84 $\pm$ 0.100	4.91 $\pm$ 0.024
33	8.18 $\pm$ 0.207	5.42 $\pm$ 0.045	4.78 $\pm$ 0.085	4.96 $\pm$ 0.170
40	8.00 $\pm$ 0.037	5.43 $\pm$ 0.045	4.92 $\pm$ 0.090	5.02 $\pm$ 0.170
47	8.07 $\pm$ 0.205	5.31 $\pm$ 0.070	4.77 $\pm$ 0.057	4.73 $\pm$ 0.076
54	8.07 $\pm$ 0.151	5.30 $\pm$ 0.090	4.63 $\pm$ 0.224	4.65 $\pm$ 0.088
61	7.99 $\pm$ 0.064	5.33 $\pm$ 0.069	4.89 $\pm$ 0.037	4.76 $\pm$ 0.067
68	8.07 $\pm$ 0.042	5.32 $\pm$ 0.074	4.80 $\pm$ 0.037	4.81 $\pm$ 0.082
75	8.21 $\pm$ 0.068	5.42 $\pm$ 0.053	4.85 $\pm$ 0.036	4.67 $\pm$ 0.149
82	8.06 $\pm$ 0.075	5.32 $\pm$ 0.019	4.84 $\pm$ 0.017	4.69 $\pm$ 0.040
89	8.17 $\pm$ 0.085	5.37 $\pm$ 0.066	4.80 $\pm$ 0.042	4.67 $\pm$ 0.100
96	8.12 $\pm$ 0.094	5.39 $\pm$ 0.021	4.84 $\pm$ 0.050	4.65 $\pm$ 0.056
103	8.12 $\pm$ 0.076	5.40 $\pm$ 0.031	4.90 $\pm$ 0.000	4.74 $\pm$ 0.083
110	8.30 $\pm$ 0.070	5.43 $\pm$ 0.005	4.83 $\pm$ 0.057	4.80 $\pm$ 0.026
117	8.39 $\pm$ 0.042	5.35 $\pm$ 0.028	4.75 $\pm$ 0.017	4.66 $\pm$ 0.102
124	8.08 $\pm$ 0.070	5.47 $\pm$ 0.059	4.92 $\pm$ 0.014	4.89 $\pm$ 0.045
131	8.18 $\pm$ 0.090	5.55 $\pm$ 0.039	4.92 $\pm$ 0.019	4.79 $\pm$ 0.087
138	8.00 $\pm$ 0.172	5.52 $\pm$ 0.014	4.86 $\pm$ 0.074	4.78 $\pm$ 0.107
145	8.07 $\pm$ 0.204	5.58 $\pm$ 0.017	4.94 $\pm$ 0.019	4.72 $\pm$ 0.070
152	8.07 $\pm$ 0.252	5.50 $\pm$ 0.102	4.91 $\pm$ 0.041	4.74 $\pm$ 0.066
159	7.99 $\pm$ 0.033	5.49 $\pm$ 0.021	4.94 $\pm$ 0.054	4.74 $\pm$ 0.033
166	8.07 $\pm$ 0.209	5.63 $\pm$ 0.000	4.93 $\pm$ 0.033	4.77 $\pm$ 0.069
173	8.21 $\pm$ 0.183	5.43 $\pm$ 0.073	4.94 $\pm$ 0.036	4.80 $\pm$ 0.029
180	8.06 $\pm$ 0.119	5.58 $\pm$ 0.070	4.78 $\pm$ 0.051	4.76 $\pm$ 0.029
187	8.17 $\pm$ 0.120	5.53 $\pm$ 0.088	4.87 $\pm$ 0.095	4.87 $\pm$ 0.289
194	8.12 $\pm$ 0.195	5.58 $\pm$ 0.057	4.93 $\pm$ 0.014	4.68 $\pm$ 0.069
201	8.10 $\pm$ 0.133	5.47 $\pm$ 0.041	4.87 $\pm$ 0.051	4.63 $\pm$ 0.068
208	8.18 $\pm$ 0.118	5.54 $\pm$ 0.029	5.02 $\pm$ 0.029	4.86 $\pm$ 0.095
215	8.28 $\pm$ 0.058	5.58 $\pm$ 0.017	4.99 $\pm$ 0.073	4.73 $\pm$ 0.067
222	8.47 $\pm$ 0.028	5.48 $\pm$ 0.065	4.97 $\pm$ 0.079	4.79 $\pm$ 0.038
229	8.60 $\pm$ 0.105	5.55 $\pm$ 0.049	5.00 $\pm$ 0.087	5.01 $\pm$ 0.323

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	ความชื้น (%) ของมังคุดผลผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกกรรมวิธีต่าง ๆ			
	มังคุดผลผลิตจาก น้ำคั้นจากเปลือก	มังคุดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 5%	มังคุดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 10%	มังคุดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 20%
236	8.64 $\pm$ 0.063	5.62 $\pm$ 0.042	4.92 $\pm$ 0.087	5.17 $\pm$ 0.164
243	8.60 $\pm$ 0.042	5.64 $\pm$ 0.171	4.86 $\pm$ 0.086	4.74 $\pm$ 0.080
250	8.57 $\pm$ 0.051	5.65 $\pm$ 0.068	4.91 $\pm$ 0.041	4.87 $\pm$ 0.066
257	8.64 $\pm$ 0.105	5.57 $\pm$ 0.033	4.97 $\pm$ 0.082	4.79 $\pm$ 0.156
264	8.45 $\pm$ 0.082	5.58 $\pm$ 0.019	4.98 $\pm$ 0.029	5.00 $\pm$ 0.215
ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E	8.223 $\pm$ 0.031	5.466 $\pm$ 0.018	4.876 $\pm$ 0.014	4.792 $\pm$ 0.020

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.D) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกเมื่อเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกกรรมวิธีต่าง ๆ			
	มังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือก	มังคุดผง + มอลโตเด็คซ์ตริน 5%	มังคุดผง + มอลโตเด็คซ์ตริน 10%	มังคุดผง + มอลโตเด็คซ์ตริน 20%
0	4.04	4.09	4.13	4.18
2	4.06	4.10	4.15	4.25
4	4.06	4.10	4.15	4.24
6	4.07	4.12	4.18	4.30
8	4.08	4.11	4.14	4.22
10	4.10	4.10	4.15	4.23
12	4.08	4.10	4.13	4.15
14	4.09	4.10	4.13	4.20
16	4.11	4.10	4.14	4.23
18	4.11	4.11	4.10	4.17
20	4.10	4.11	4.14	4.22
22	4.11	4.11	4.14	4.22
24	4.12	4.11	4.14	4.22
26	4.10	4.09	4.13	4.21
33	4.10	4.09	4.10	4.19
40	4.13	4.12	4.13	4.20
47	4.15	4.10	4.16	4.16
54	4.11	4.11	4.13	4.21
61	4.13	4.12	4.14	4.22
68	4.15	4.14	4.16	4.25
75	4.13	4.13	4.14	4.21
82	4.13	4.12	4.14	4.22
89	4.15	4.14	4.15	4.22
96	4.14	4.14	4.15	4.23
103	4.14	4.12	4.15	4.23
110	4.14	4.14	4.15	4.24
117	4.12	4.12	4.13	4.23
124	4.12	4.12	4.15	4.24
131	4.11	4.11	4.14	4.20
138	4.11	4.11	4.14	4.24
145	4.10	4.10	4.12	4.18
152	4.11	4.10	4.13	4.21
159	4.08	4.11	4.13	4.19
166	4.10	4.12	4.14	4.19

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกกรรมวิธีต่าง ๆ			
	มังคุดผงที่ผลิตจาก น้ำคั้นจากเปลือก	มังคุดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 5%	มังคุดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 10%	มังคุดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 20%
173	4.08	4.12	4.13	4.23
180	4.07	4.12	4.14	4.21
187	4.06	4.11	4.13	4.23
194	4.08	4.09	4.15	4.20
201	4.06	4.09	4.16	4.21
208	4.09	4.12	4.21	4.24
215	4.13	4.15	4.20	4.21
222	4.12	4.11	4.16	4.23
229	4.10	4.10	4.14	4.21
236	4.10	4.09	4.14	4.22
243	4.12	4.11	4.15	4.22
250	4.15	4.17	4.22	4.24
257	4.17	4.20	4.23	4.26
264	4.16	4.17	4.20	4.23
ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E	4.107 $\pm$ 0.006	4.116 $\pm$ 0.003	4.148 $\pm$ 0.003	4.217 $\pm$ 0.006

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.D) ความสามารถในการละลาย (นาทีก) ของมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือก เมื่อเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	ความสามารถการละลายของมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกกรรมวิธีต่าง ๆ			
	มังคุดผงที่ผลิตจาก น้ำคั้นจากเปลือก	มังคุดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 5%	มังคุดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 10%	มังคุดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 20%
0	8.73 $\pm$ 1.190	8.33 $\pm$ 0.246	9.24 $\pm$ 0.094	4.78 $\pm$ 1.797
6	10.40 $\pm$ 2.610	9.09 $\pm$ 2.292	7.32 $\pm$ 0.173	3.19 $\pm$ 0.999
14	11.59 $\pm$ 1.051	9.49 $\pm$ 1.234	9.55 $\pm$ 1.938	4.50 $\pm$ 0.022
20	13.20 $\pm$ 0.130	10.96 $\pm$ 0.375	8.07 $\pm$ 2.251	4.48 $\pm$ 0.065
26	13.27 $\pm$ 0.230	12.55 $\pm$ 0.970	10.45 $\pm$ 0.515	4.24 $\pm$ 1.539
33	11.57 $\pm$ 0.980	11.22 $\pm$ 0.185	7.65 $\pm$ 1.410	4.97 $\pm$ 1.706
40	14.11 $\pm$ 0.062	13.00 $\pm$ 0.388	10.67 $\pm$ 0.613	5.39 $\pm$ 0.139
47	11.37 $\pm$ 0.175	10.15 $\pm$ 0.057	7.21 $\pm$ 0.074	5.30 $\pm$ 0.198
54	14.20 $\pm$ 0.073	8.31 $\pm$ 0.075	6.16 $\pm$ 0.134	5.38 $\pm$ 0.033
61	14.21 $\pm$ 0.140	11.36 $\pm$ 0.029	9.72 $\pm$ 1.240	4.62 $\pm$ 0.540
68	12.60 $\pm$ 0.551	10.70 $\pm$ 0.305	8.61 $\pm$ 0.937	4.45 $\pm$ 0.389
75	11.50 $\pm$ 1.232	11.34 $\pm$ 0.170	9.13 $\pm$ 0.585	4.21 $\pm$ 0.045
82	11.32 $\pm$ 0.834	11.22 $\pm$ 1.601	10.59 $\pm$ 2.426	7.25 $\pm$ 0.095
89	12.15 $\pm$ 0.758	11.35 $\pm$ 0.716	8.95 $\pm$ 0.606	5.89 $\pm$ 0.589
96	13.28 $\pm$ 0.047	10.54 $\pm$ 0.390	9.29 $\pm$ 0.203	6.03 $\pm$ 0.839
103	11.60 $\pm$ 0.391	10.45 $\pm$ 0.428	7.63 $\pm$ 0.380	5.44 $\pm$ 0.066
110	14.42 $\pm$ 1.859	9.63 $\pm$ 0.374	7.89 $\pm$ 1.611	7.43 $\pm$ 1.993
117	12.55 $\pm$ 0.866	9.76 $\pm$ 0.586	7.01 $\pm$ 0.940	5.61 $\pm$ 0.603
124	14.01 $\pm$ 1.113	10.97 $\pm$ 0.568	10.48 $\pm$ 0.396	5.33 $\pm$ 0.092
131	13.63 $\pm$ 0.500	10.17 $\pm$ 0.802	7.14 $\pm$ 0.101	4.48 $\pm$ 0.449
138	13.16 $\pm$ 0.104	10.75 $\pm$ 0.511	7.10 $\pm$ 0.790	4.33 $\pm$ 0.052
145	11.67 $\pm$ 1.378	11.27 $\pm$ 0.175	7.62 $\pm$ 0.428	4.02 $\pm$ 0.403
152	13.11 $\pm$ 0.039	10.08 $\pm$ 1.793	7.22 $\pm$ 0.118	5.81 $\pm$ 0.575
159	13.28 $\pm$ 4.816	14.00 $\pm$ 1.105	7.37 $\pm$ 1.521	5.62 $\pm$ 1.227
166	13.85 $\pm$ 2.920	10.72 $\pm$ 2.749	6.99 $\pm$ 0.883	5.72 $\pm$ 1.222
173	11.15 $\pm$ 0.837	10.49 $\pm$ 0.470	8.42 $\pm$ 0.428	5.10 $\pm$ 0.474
180	15.66 $\pm$ 1.122	13.20 $\pm$ 2.302	9.28 $\pm$ 0.613	4.33 $\pm$ 0.613
187	14.04 $\pm$ 1.130	13.87 $\pm$ 3.274	9.25 $\pm$ 0.144	5.01 $\pm$ 0.544
194	13.53 $\pm$ 1.978	13.20 $\pm$ 3.629	10.20 $\pm$ 0.645	8.36 $\pm$ 2.713
201	11.69 $\pm$ 0.416	10.61 $\pm$ 0.352	9.94 $\pm$ 0.580	5.02 $\pm$ 0.394
208	11.61 $\pm$ 0.314	12.14 $\pm$ 0.521	13.06 $\pm$ 1.667	6.95 $\pm$ 0.834
215	13.89 $\pm$ 0.570	9.73 $\pm$ 0.522	7.21 $\pm$ 0.125	4.41 $\pm$ 0.473
222	12.68 $\pm$ 0.935	11.14 $\pm$ 0.655	6.91 $\pm$ 2.092	6.03 $\pm$ 0.464
229	10.91 $\pm$ 0.505	10.14 $\pm$ 2.236	11.62 $\pm$ 3.044	4.57 $\pm$ 0.387

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	ความสามารถการละลายของมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกกรรมวิธีต่าง ๆ			
	มังคุดผงที่ผลิตจาก น้ำคั้นจากเปลือก	มังคุดผง + มอลโตเด็คซ์ตริน 5%	มังคุดผง + มอลโตเด็คซ์ตริน 10%	มังคุดผง + มอลโตเด็คซ์ตริน 20%
236	18.88 ± 0.613	15.27 ± 3.304	12.53 ± 2.828	5.39 ± 0.042
243	11.28 ± 164	10.03 ± 0.459	9.07 ± 0.453	5.35 ± 0.154
250	11.79 ± 0.534	9.93 ± 1.103	9.82 ± 0.565	5.28 ± 0.203
257	15.76 ± 2.028	10.31 ± 0.808	6.23 ± 0.147	5.39 ± 0.045
264	11.65 ± 1.111	9.63 ± 0.504	7.71 ± 0.234	5.52 ± 0.051
ค่าเฉลี่ย ± S.E	12.804 ± 0.282	10.952 ± 0.243	8.726 ± 0.160	5.261 ± 0.160

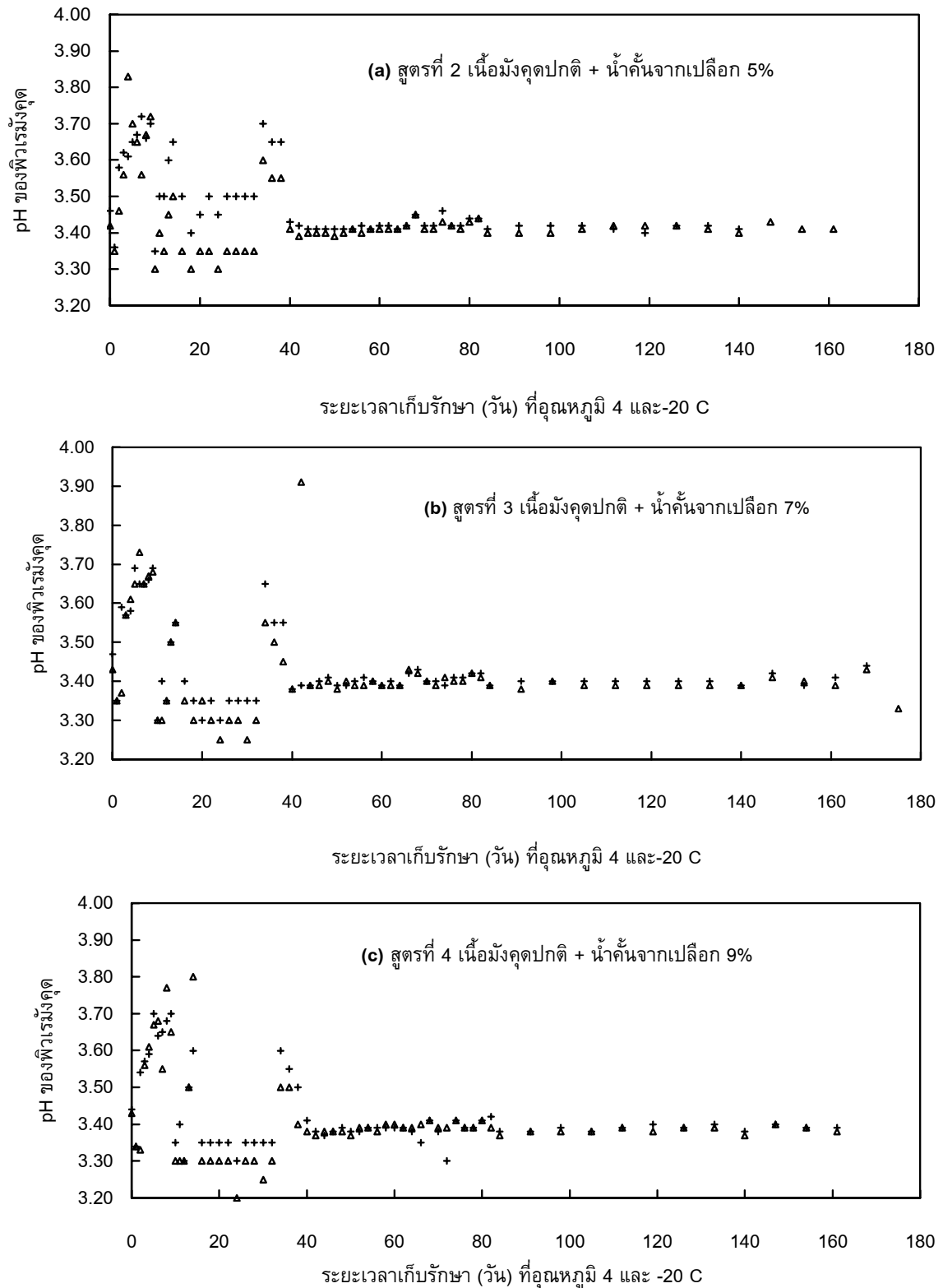
ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.D) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความชื้น (%) และความสามารถการละลาย (นาที) ของมังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุด: น้ำ (1:1 โดยน้ำหนัก) เมื่อเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (TEAC ($\mu\text{mole Trolox/g}$))	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ความชื้น (%)	ความสามารถการละลาย (นาที)
0	13.84 $\pm$ 0.000	3.44 $\pm$ 0.028	2.09 $\pm$ 0.438	5.60 $\pm$ 0.309
1	13.20 $\pm$ 1.248	3.36 $\pm$ 0.045	2.25 $\pm$ 0.167	5.53 $\pm$ 0.480
2	11.97 $\pm$ 1.820	3.40 $\pm$ 0.005	2.05 $\pm$ 0.281	5.65 $\pm$ 0.344
3	16.42 $\pm$ 1.129	3.35 $\pm$ 0.014	2.01 $\pm$ 0.059	6.56 $\pm$ 0.393
4	13.93 $\pm$ 0.634	3.34 $\pm$ 0.005	2.08 $\pm$ 0.123	7.02 $\pm$ 0.361
5	12.86 $\pm$ 0.726	3.33 $\pm$ 0.005	2.33 $\pm$ 0.145	6.10 $\pm$ 0.454
6	14.71 $\pm$ 0.186	3.94 $\pm$ 0.009	1.61 $\pm$ 0.078	9.04 $\pm$ 0.423
7	14.64 $\pm$ 0.744	3.36 $\pm$ 0.017	2.18 $\pm$ 0.287	6.00 $\pm$ 0.480
8	12.97 $\pm$ 0.543	3.37 $\pm$ 0.008	2.11 $\pm$ 0.208	6.32 $\pm$ 0.065
9	13.17 $\pm$ 0.256	3.37 $\pm$ 0.005	2.41 $\pm$ 0.250	7.17 $\pm$ 0.016
10	12.39 $\pm$ 0.582	3.37 $\pm$ 0.000	2.15 $\pm$ 0.041	6.92 $\pm$ 0.288
11	13.24 $\pm$ 0.319	3.33 $\pm$ 0.005	1.92 $\pm$ 0.114	6.90 $\pm$ 0.405
12	14.21 $\pm$ 0.529	3.36 $\pm$ 0.009	2.23 $\pm$ 0.404	6.93 $\pm$ 0.298
13	13.03 $\pm$ 0.169	3.36 $\pm$ 0.012	1.96 $\pm$ 0.043	5.41 $\pm$ 1.382
14	13.20 $\pm$ 0.222	3.38 $\pm$ 0.008	1.86 $\pm$ 0.295	5.58 $\pm$ 0.436
15	-	3.38 $\pm$ 0.005	2.35 $\pm$ 0.147	6.38 $\pm$ 0.043
17	14.75 $\pm$ 0.337	3.97 $\pm$ 0.005	1.99 $\pm$ 0.204	6.03 $\pm$ 0.497
19	14.51 $\pm$ 0.365	3.98 $\pm$ 0.008	2.10 $\pm$ 0.102	6.03 $\pm$ 0.503
21	15.38 $\pm$ 0.295	4.10 $\pm$ 0.005	1.89 $\pm$ 0.221	7.15 $\pm$ 0.160
23	12.64 $\pm$ 0.132	3.98 $\pm$ 0.005	1.69 $\pm$ 0.029	5.66 $\pm$ 0.335
25	13.60 $\pm$ 0.174	3.98 $\pm$ 0.009	1.70 $\pm$ 0.060	6.56 $\pm$ 0.404
27	14.45 $\pm$ 0.117	3.99 $\pm$ 0.005	1.65 $\pm$ 0.133	7.06 $\pm$ 0.568
29	12.05 $\pm$ 0.490	4.16 $\pm$ 0.022	1.97 $\pm$ 0.042	5.76 $\pm$ 0.422
31	10.45 $\pm$ 0.323	4.09 $\pm$ 0.017	2.09 $\pm$ 0.103	5.60 $\pm$ 0.307
33	12.24 $\pm$ 0.200	4.19 $\pm$ 0.012	1.83 $\pm$ 0.183	9.00 $\pm$ 0.450
35	11.73 $\pm$ 0.468	4.18 $\pm$ 0.014	1.68 $\pm$ 0.059	6.02 $\pm$ 1.259
37	12.28 $\pm$ 0.414	3.98 $\pm$ 0.005	1.90 $\pm$ 0.257	6.28 $\pm$ 0.061
39	12.45 $\pm$ 0.410	3.98 $\pm$ 0.008	2.22 $\pm$ 0.306	5.87 $\pm$ 0.850
41	11.91 $\pm$ 0.697	4.16 $\pm$ 0.000	1.95 $\pm$ 0.083	5.73 $\pm$ 0.354
43	12.01 $\pm$ 0.408	3.96 $\pm$ 0.000	1.96 $\pm$ 0.259	4.22 $\pm$ 0.056
45	12.22 $\pm$ 0.366	3.18 $\pm$ 0.043	2.13 $\pm$ 0.429	6.21 $\pm$ 0.045
49	12.81 $\pm$ 0.652	4.22 $\pm$ 0.000	1.71 $\pm$ 0.083	7.12 $\pm$ 1.297
56	14.32 $\pm$ 0.138	4.08 $\pm$ 0.014	1.86 $\pm$ 0.047	5.40 $\pm$ 0.780

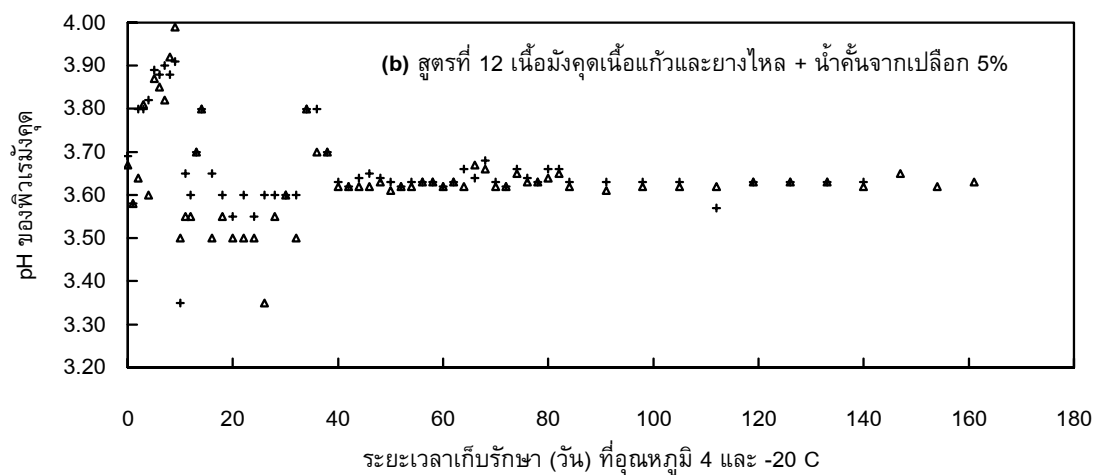
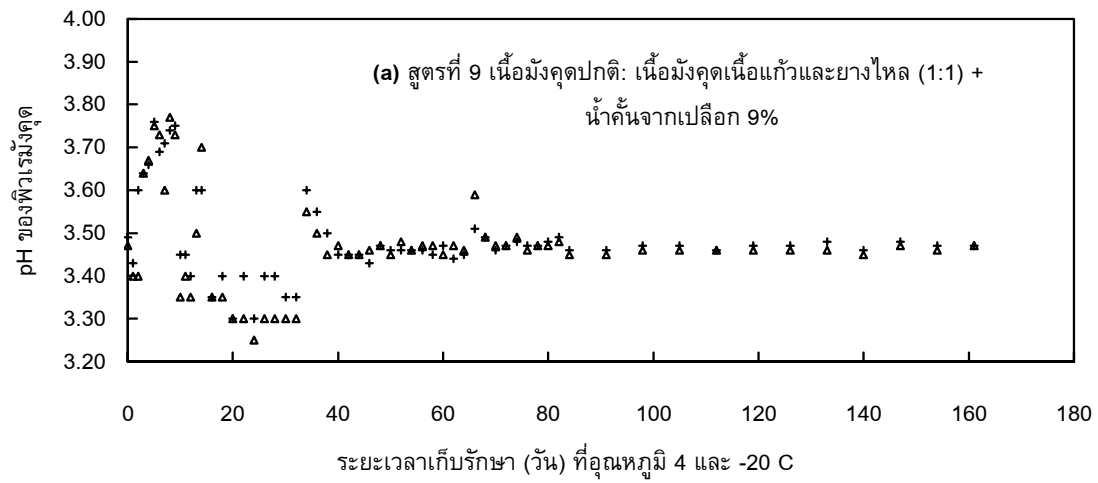
ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	ปริมาณสารต้านอนุมูล อิสระ (TEAC (μmole Trolox/g))	ความเป็น กรด-ด่าง (pH)	ความชื้น (%)	ความสามารถ การละลาย (นาทีก)
63	14.69 $\pm$ 0.343	3.95 $\pm$ 0.008	1.86 $\pm$ 0.094	6.63 $\pm$ 0.647
70	14.53 $\pm$ 0.419	4.04 $\pm$ 0.000	2.03 $\pm$ 0.236	6.21 $\pm$ 0.473
77	15.08 $\pm$ 0.382	4.04 $\pm$ 0.109	1.78 $\pm$ 0.083	6.50 $\pm$ 0.082
84	13.11 $\pm$ 0.259	4.00 $\pm$ 0.019	1.93 $\pm$ 0.082	5.88 $\pm$ 0.565
91	14.48 $\pm$ 0.648	4.05 $\pm$ 0.000	1.84 $\pm$ 0.272	7.54 $\pm$ 0.356
98	12.32 $\pm$ 0.144	4.05 $\pm$ 0.000	2.28 $\pm$ 0.225	5.03 $\pm$ 0.398
105	15.54 $\pm$ 0.357	4.06 $\pm$ 0.000	2.21 $\pm$ 0.232	6.38 $\pm$ 0.202
112	12.97 $\pm$ 0.178	3.90 $\pm$ 0.000	1.72 $\pm$ 0.135	5.90 $\pm$ 0.434
119	13.20 $\pm$ 0.220	3.97 $\pm$ 0.005	1.93 $\pm$ 0.073	5.62 $\pm$ 0.408
126	16.25 $\pm$ 0.152	4.03 $\pm$ 0.005	1.73 $\pm$ 0.092	5.96 $\pm$ 1.311
133	16.14 $\pm$ 0.174	4.07 $\pm$ 0.000	1.76 $\pm$ 0.063	5.73 $\pm$ 0.554
140	14.73 $\pm$ 0.348	4.09 $\pm$ 0.000	1.56 $\pm$ 0.024	6.97 $\pm$ 0.604
147	14.49 $\pm$ 0.176	4.09 $\pm$ 0.008	2.26 $\pm$ 0.225	7.68 $\pm$ 2.403
154	14.65 $\pm$ 1.222	4.08 $\pm$ 0.005	2.07 $\pm$ 0.142	7.97 $\pm$ 1.503
161	15.09 $\pm$ 0.212	4.13 $\pm$ 0.008	2.03 $\pm$ 0.206	7.39 $\pm$ 0.983
168	14.34 $\pm$ 0.413	4.13 $\pm$ 0.012	1.87 $\pm$ 0.046	6.31 $\pm$ 1.343
175	19.61 $\pm$ 0.106	4.18 $\pm$ 0.000	1.82 $\pm$ 0.070	6.25 $\pm$ 0.857
182	15.17 $\pm$ 0.167	4.14 $\pm$ 0.005	2.12 $\pm$ 0.083	6.36 $\pm$ 0.936
189	15.26 $\pm$ 0.190	3.96 $\pm$ 0.008	1.67 $\pm$ 0.094	9.79 $\pm$ 0.476
196	15.41 $\pm$ 0.168	4.04 $\pm$ 0.000	1.98 $\pm$ 0.316	8.96 $\pm$ 1.043
203	14.74 $\pm$ 0.539	4.02 $\pm$ 0.012	1.96 $\pm$ 0.162	10.45 $\pm$ 1.495
210	12.89 $\pm$ 0.163	4.06 $\pm$ 0.000	2.13 $\pm$ 0.210	7.22 $\pm$ 0.076
217	14.29 $\pm$ 0.117	4.00 $\pm$ 0.000	2.38 $\pm$ 0.323	7.20 $\pm$ 0.445
224	15.42 $\pm$ 0.419	3.90 $\pm$ 0.000	2.35 $\pm$ 0.176	6.78 $\pm$ 0.393
231	15.73 $\pm$ 0.402	4.05 $\pm$ 0.005	1.94 $\pm$ 0.172	6.87 $\pm$ 1.711
238	15.27 $\pm$ 0.427	4.01 $\pm$ 0.005	1.89 $\pm$ 0.140	9.63 $\pm$ 0.358
245	15.85 $\pm$ 0.118	3.99 $\pm$ 0.000	1.88 $\pm$ 0.253	6.51 $\pm$ 0.380
ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E	13.980 $\pm$ 1.541	3.861 $\pm$ 0.316	1.982 $\pm$ 0.210	6.642 $\pm$ 1.187

หมายเหตุ: ความสามารถในการละลายของพืชมังคุดผง วัดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ใช้อัตราส่วนพืชมังคุดผง 1 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร

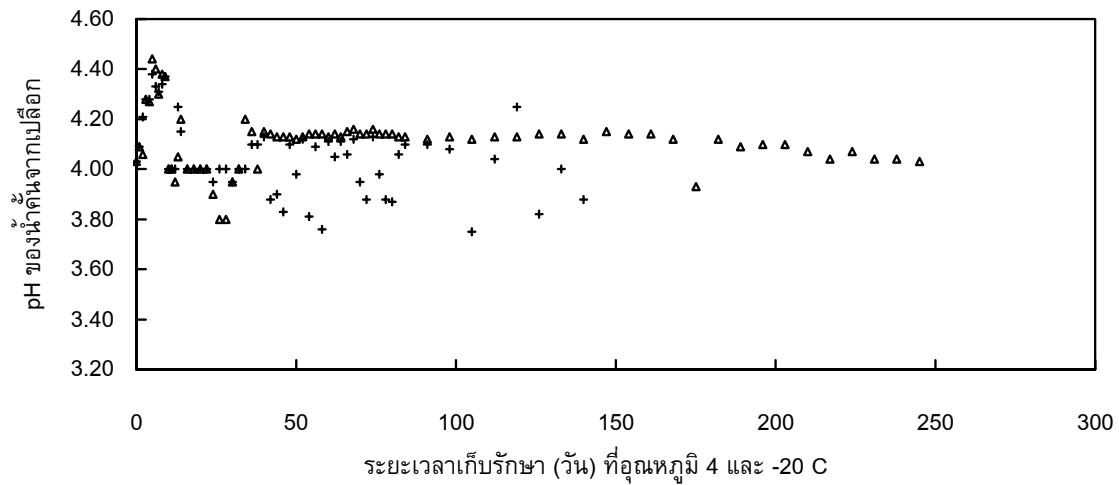
ภาคผนวก 2



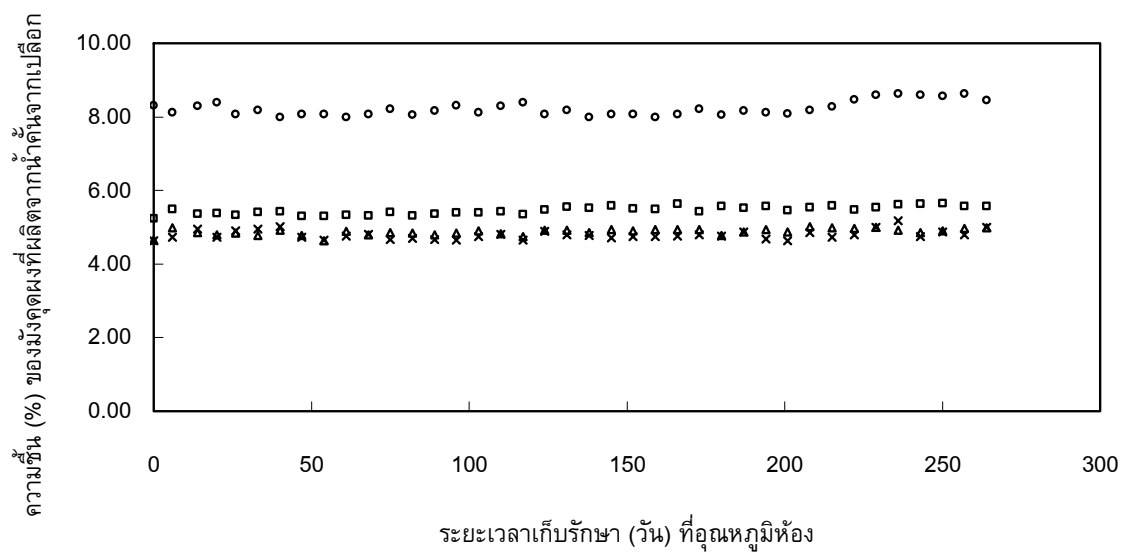
ภาพที่ 1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดต่าง (pH) ของพีวเร่มังคุดสูตรที่ 2 (a) สูตรที่ 3 (b) และสูตรที่ 4 (c) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 (+) และ -20 (Δ) องศาเซลเซียส (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรกฎาคม 2550)



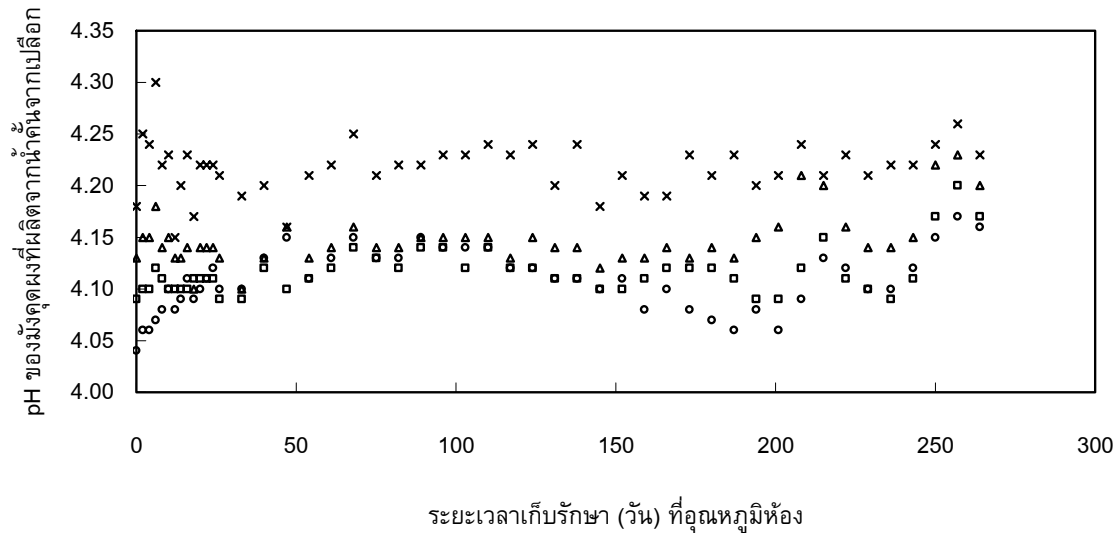
ภาพที่ 2 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดต่าง (pH) ของพื้อมังคุดสูตรที่ 9 (a) และสูตรที่ 12 (b) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 (+) และ -20 (Δ) องศาเซลเซียส (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรกฎาคม 2550)



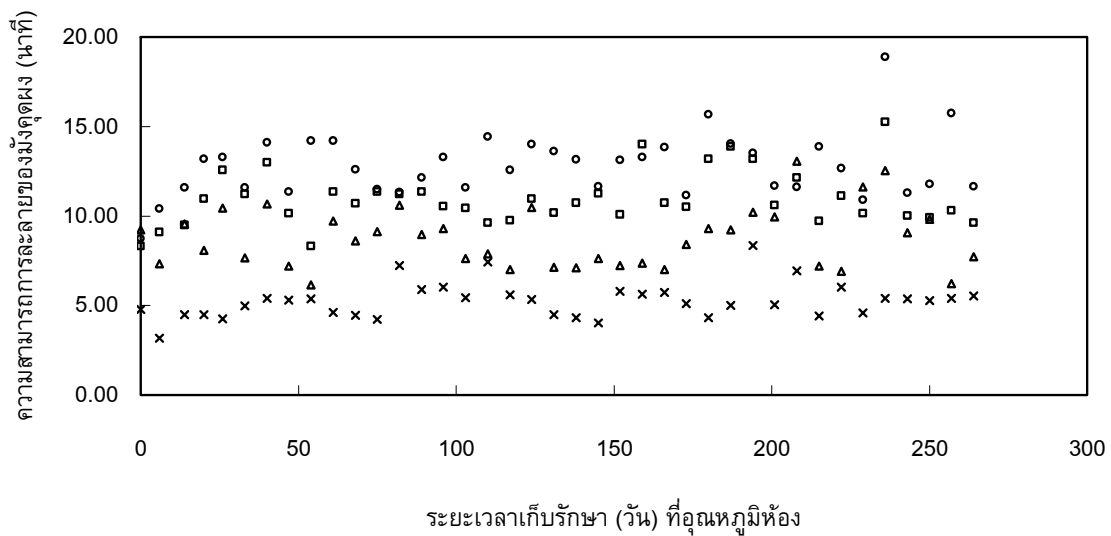
ภาพที่ 3 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดต่าง (pH) ของน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกมังคุด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 (+) และ -20 (Δ) องศาเซลเซียส (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรกฎาคม 2550)



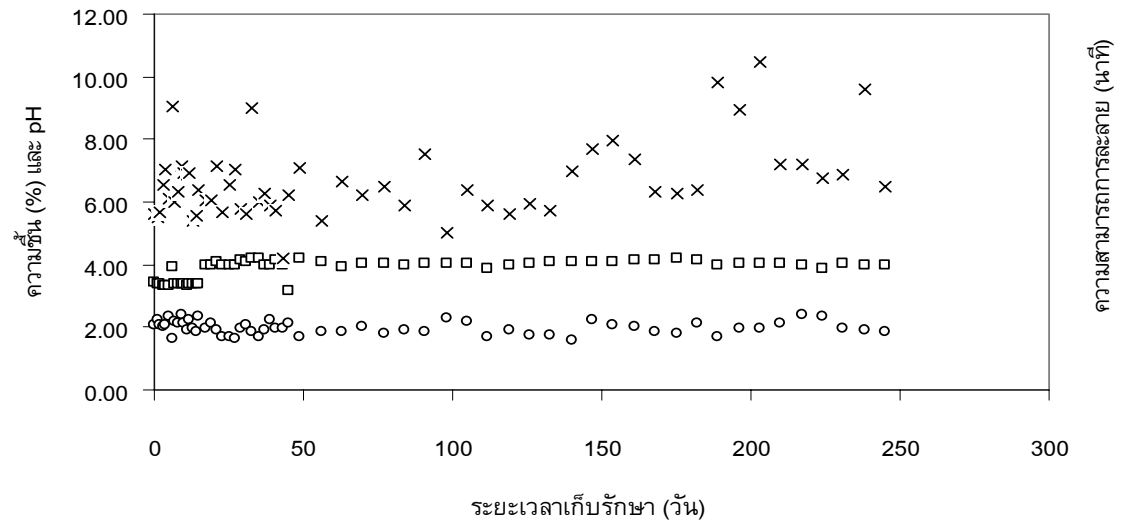
ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของความชื้น (%) ของมังกูดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกกรรมวิธีต่างๆ มังกูดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือก + มอลโตเด็กซ์ตริน 0% (○) มังกูดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 5% (□) มังกูดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 10% (Δ) และ มังกูดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 20% (x) ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรกฎาคม 2550)



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบความเป็นกรดต่าง (pH) ของมังกุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกกรรมวิธีต่างๆ มังกุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือก + มอลโตเด็กซ์ตริน 0% (○) มังกุดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 5% (□) มังกุดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 10% (△) และ มังกุดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 20% (x) ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ในถุงอลูมิเนียมพอยล์ที่อุณหภูมิห้อง (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรกฎาคม 2550)



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบความสามารถในการละลาย (นาที่) ของมังกุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกกรรมวิธีต่างๆ มังกุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือก + มอลโตเด็กซ์ตริน 0% (○) มังกุดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 5% (□) มังกุดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 10% (△) และ มังกุดผง + มอลโตเด็กซ์ตริน 20% (x) ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ในถุงอลูมิเนียมพอยล์ที่อุณหภูมิห้อง (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรกฎาคม 2550)



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้น (○) ความเป็นกรด-ด่าง (□) และความสามารถในการละลาย (นาที) (x) ของมังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุด (พืชมังคุด: น้ำ 1:1 โดยน้ำหนัก) ผสมมอลโตเด็กซ์ทริน 10% เก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี มกราคม 2550)

ภาคผนวก 3

แบบทดสอบ 1 การยอมรับทางประสาทสัมผัส พีวเรม้งคุด

รหัสแบบทดสอบ _____

วันที่ _____

ชื่อตัวอย่าง _____

รหัส/ชื่อผู้ทดสอบ _____

เพศ ☐ ชาย☐ หญิง

อายุ ปี

คำแนะนำ : โปรดทดสอบตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบคุณลักษณะของตัวอย่าง ตามคำอธิบายคะแนนความชอบที่ตรงกับใจท่านที่สุด ดังนี้

ระดับความพอใจ

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1 = ไม่ชอบเลย | 2 = ไม่ชอบมาก |
| 3 = ไม่ชอบปานกลาง | 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย |
| 5 = เฉยๆ | 6 = ชอบเล็กน้อย |
| 7 = ชอบปานกลาง | 8 = ชอบมาก |
| 9 = ชอบมากเป็นพิเศษ | |

ลักษณะที่ใช้ทดสอบ	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง
สี				
กลิ่น				
เนื้อสัมผัส				
รสชาติความเปรี้ยว				
รสชาติความหวาน				
รสชาติความฝาด				
รสชาติความขม				
ความรู้สึกหลังชิม				
ความชอบรวม				

ลักษณะที่ใช้ทดสอบ

- | | | |
|---------------------|---|------------------------------|
| กลิ่น | : | มังคุดสด + เปลือกมังคุด |
| สี | : | ชมพู-ม่วง |
| เนื้อสัมผัส | : | ชั้นมีเนื้อมาก |
| สีรสชาติความเปรี้ยว | : | เปรี้ยวปานกลาง |
| รสชาติความหวาน | : | หวานปานกลาง |
| รสชาติความฝาด | : | ฝาดเล็กน้อย |
| รสชาติความขม | : | ขมน้อยมาก หรือ ไม่ขมเลย |
| ความรู้สึกหลังชิม | : | ฝาดติดลิ้นเล็กน้อย และสดชื่น |

แบบทดสอบ 2 การยอมรับทางประสาทสัมผัส มังคุดผง

รหัสแบบทดสอบ _____

วันที่ _____

ชื่อตัวอย่าง _____

รหัส/ชื่อผู้ทดสอบ _____

เพศ ☐ ชาย☐ หญิง

อายุ ปี

คำแนะนำ : โปรดทดสอบตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบคุณลักษณะของตัวอย่าง ตามคำอธิบาย
คะแนนความชอบที่ตรงกับใจท่านที่สุด ดังนี้

ระดับความพอใจ

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1 = ไม่ชอบเลย | 2 = ไม่ชอบมาก |
| 3 = ไม่ชอบปานกลาง | 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย |
| 5 = เฉยๆ | 6 = ชอบเล็กน้อย |
| 7 = ชอบปานกลาง | 8 = ชอบมาก |
| 9 = ชอบมากเป็นพิเศษ | |

ลักษณะที่ใช้ทดสอบ	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง
สี				
กลิ่น				
รสชาติความเปรี้ยว				
รสชาติความหวาน				
ความรู้สึกหลังชิม				
ความชอบรวม				

ลักษณะที่ใช้ทดสอบ

- | | | |
|-------------------|---|-----------------------------------|
| กลิ่น | : | กลิ่นมังคุด |
| สี | : | ชมพู |
| รสชาติความเปรี้ยว | : | เปรี้ยวปานกลาง |
| รสชาติความหวาน | : | หวานปานกลาง |
| ความรู้สึกหลังชิม | : | มีกลิ่นรสของมังคุดติดอยู่เล็กน้อย |

ภาคผนวก 4



ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏของพืชมังคุดที่เพิ่งผลิตแล้วเสร็จ



ภาพที่ 2 พืชมังคุด (เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%) ที่เก็บรักษาในภาชนะต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (จากซ้ายไปขวา ขวดพลาสติกทึบแสง โปร่งแสง ขวดแก้วใส สีชา และสีเขียว)



ภาพที่ 3 ซองอลูมิเนียมฟอยล์สำหรับเก็บรักษาลักษณะที่มังคุดคั้นจากน้ำคั้นจากเปลือกและจากพืชมังคุด



(a) มอลโตเด็กซ์ตริน 0%



(b) มอลโตเด็กซ์ตริน 5%



(c) มอลโตเด็กซ์ตริน 10%



(d) มอลโตเด็กซ์ตริน 20%

ภาพที่ 4 มังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือก โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 155 °C และอุณหภูมิขาออกที่ 85 ± 1 °C ไม่ใช้มอลโตเด็กซ์ตริน (a) ร่วมกับการใช้มอลโตเด็กซ์ตริน 5% (b) มอลโตเด็กซ์ตริน 10% (c) และมอลโตเด็กซ์ตริน 20% (d) ตามลำดับ



(a) มอลโตเด็กซ์ตริน 10%



(b) มอลโตเด็กซ์ตริน 15%



(c) มอลโตเด็กซ์ตริน 20%

ภาพที่ 5 ลักษณะของมั่งคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุด: น้ำ (1:1 โดยน้ำหนัก) โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ใช้ อุณหภูมิลมร้อนเข้า 155 °C และอุณหภูมิขาออกที่ 85 ± 1 °C ร่วมกับการใช้มอลโตเด็กซ์ตริน 10% (a) มอลโตเด็กซ์ตริน 15% (b) และมอลโตเด็กซ์ตริน 20% (c)

ภาคผนวก 5

5.1 รายละเอียดผลการดำเนินงานของโครงการตามแผนงานโดยสรุป (6 เดือนที่ 1)

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2549 ถึงวันที่ 31 มกราคม 2550

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน: นางสาวเสริมสุข สลักเพ็ชร์

หน่วยงาน: ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1) พัฒนาระบบวิธีการผลิตและเก็บรักษาพืชมังคุดให้คงคุณค่าทางโภชนาการและเภสัชวิทยา และมีคุณภาพเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องต่างๆ โดยศึกษาเปรียบเทียบทั้งจากผลมังคุดสดปกติ และผลมังคุดที่มีอาการเนื่อแก้วและยางไหลในผล

2) พัฒนาและหาวิธีการผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุดและจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกมังคุด และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ
1. รวบรวมผลิตผลมังคุดที่มีอาการเนื่อแก้วและยางไหลในผล และผลมังคุดปกติที่ไม่ได้มาตรฐานการส่งออก คัดเฉพาะผลที่มีความสุกเกินมาตรฐานการส่งออก (เปลือกสีม่วงดำ และมีความสุกไม่น้อยกว่าระดับ 6) ทำความสะอาดและเตรียมผลิตผลสำหรับผลิตพืชมังคุดและน้ำคั้นจากเปลือก 2. ผลิตพืชมังคุดสูตรต่างๆ และน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกโดยใช้ผลิตผลในข้อ 1 3. เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาชนะที่บดแสงและอุณหภูมิที่กำหนด (4 และ -20 องศาเซลเซียส) 4. ตรวจสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของพืชมังคุดและน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก ตามช่วงเวลาที่กำหนดและบันทึกข้อมูล 5. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อพืชมังคุดสูตร	1. มีผลิตผลที่มีคุณภาพตามที่กำหนด และมีความพร้อมที่จะนำมาผลิตพืชมังคุดและน้ำคั้นจากเปลือก 2. มีพืชมังคุดสูตรต่างๆ ไม่น้อยกว่า 2 สูตร และน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก 3. มีพืชมังคุดและน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกที่เก็บรักษาในภาชนะและอุณหภูมิที่กำหนด 4. มีข้อมูลปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ ของพืชมังคุดสูตรต่างๆ และน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก 5. มีข้อมูลการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อพืชมังคุดสูตรต่างๆ และมีสูตรพืชมังคุดที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด 6. มีผลิตภัณฑ์มังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกที่ผลิตโดยวิธีต่างๆกัน 7. มีผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษา	1. รวบรวมผลิตผลมังคุดที่มีอาการเนื่อแก้วและยางไหลในผล และผลมังคุดปกติที่ไม่ได้มาตรฐานการส่งออก จากแปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี และสวนเกษตรกร คัดเฉพาะผลิตผลที่มีคุณภาพตามที่กำหนด ทำความสะอาด และเตรียมสำหรับผลิตพืชมังคุด และน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก 2. ผลิตพืชมังคุดและน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก จากผลิตผลมังคุดที่เตรียมไว้ ได้พืชมังคุด 12 สูตร และน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก 1 สูตร 3. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค และนำพืชมังคุดจำนวน 5 สูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค และน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกเก็บรักษาในขวดพลาสติกที่บดแสง ปริมาตร 120 มล. ปิดสนิทที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส	

กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ
ต่างๆ ด้วยวิธี hedonic test 6. วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์มังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ร่วมกับการไม่ใช้และใช้ตัวพาชนิดต่างๆในสัดส่วน และอุณหภูมิของลมร้อนเข้าระดับต่างๆ 7. เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้งหมด ในช่องอุณหภูมิเย็ม-ฟอยล์ ที่อุณหภูมิห้อง 8. ตรวจสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมี และทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ตามช่วงเวลาที่กำหนด 9. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก ด้วยวิธี hedonic test 10. ประเมินความสำเร็จและหรือข้อผิดพลาดในการผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก	ในช่องอุณหภูมิเย็มฟอยล์ ที่อุณหภูมิห้อง 8. มีข้อมูลปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ 9. มีข้อมูลการยอมรับของผู้บริโภคและวิธีการผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค 10. ข้อมูลความสำเร็จและหรือข้อผิดพลาดในการผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก (ถ้ามี)	4. วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ตรวจสอบคุณภาพทางเคมีอื่นๆ (เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้) และทางกายภาพ (เช่น สี) ของพืชมังคุดและน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก ตลอดระยะเวลา 152 วัน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส 5. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อพืชมังคุดสูตรต่างๆ และคัดเลือกพืชมังคุดที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมาก จำนวน 5 สูตร สำหรับใช้ในทดสอบอายุการเก็บรักษา 6. ทดลองผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ใช้มอลโตเดกซ์ตรินในสัดส่วน 0, 5, 10 และ 20% เป็นตัวพา อุณหภูมิลมร้อนเข้าที่ 140 และ 155 องศาเซลเซียส 7. ทดสอบการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก จำนวน 4 สูตร ในช่องอุณหภูมิเย็มฟอยล์ ที่อุณหภูมิห้อง 8. วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ตรวจสอบคุณภาพทางเคมีอื่นๆ (เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้) และทางกายภาพ (เช่น ความสามารถในการละลาย และความชื้น) ของผลิตภัณฑ์มังคุดผงจากน้ำคั้น	● แสดงข้อมูลปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเพียง 62 วัน เพราะสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่เพิ่งสั่งซื้อมาเสื่อมคุณภาพ จึงเก็บตัวอย่างที่ต้องวิเคราะห์ไว้ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส และจะเสนอผลการวิเคราะห์ในรายงานความก้าวหน้างวดที่ 2

กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ
		สีม่วงจากเปลือก 9. การผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก พบว่าการใช้มอลโตเด็กซ์ทรินในสัดส่วน 0, 5, 10 และ 20% เป็นตัวพา ใช้อุณหภูมิความร้อนขาเข้าที่ 155 องศาเซลเซียส ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีกว่า 10. รายงานผลวิธีการผลิตมังคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกไว้โดยละเอียด	● ไม่ได้ทดสอบการยอมรับของที่มีต่อมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก คณะผู้วิจัยได้ทดลองชิม พบว่ามีรสฝาดถึงฝาดมาก และมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกไม่ได้ใช้สำหรับการบริโภคสด จึงไม่ได้ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

1. การดำเนินงาน: ได้เปลี่ยนแปลงแผนงานที่ได้วางไว้ ดังนี้

1.1 กิจกรรมวิจัยที่ 1 การจัดการผลิตและเก็บรักษาพืชมังคุดอย่างเหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพอย่างต่อเนื่อง การทดลองที่ 1 การผลิตพืชมังคุดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เดิมเสนอว่าจะใช้ความสัมพันธ์ regression และหรือ correlation ระหว่างสัดส่วนของเนื้อและน้ำคั้นจากเปลือกในสูตรต่างๆ ของพืชมังคุดที่ได้กับระดับการยอมรับของผู้บริโภคในการเลือกสูตรการผลิตพืชมังคุดที่เหมาะสม แต่ความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่ชัดเจน จึงใช้การเปรียบเทียบระดับคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคแทน

1.2 กิจกรรมวิจัยที่ 2 การวิจัยและพัฒนาการผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุดและน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค เดิมเสนอว่า จะวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้ variance ratio สำหรับการวิเคราะห์และเปรียบเทียบวิธีการผลิตมังคุดผง หากความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการผลิตมังคุดผงกับระดับการยอมรับของผู้บริโภค โดยการวิเคราะห์ regression และหรือ correlation แต่คณะผู้วิจัยได้ทดลองชิมมังคุดผงที่ผลิตได้พบว่า มีรสฝาดถึงฝาดมาก และมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือกไม่ได้ใช้สำหรับการบริโภคสด จึงไม่ได้ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค และใช้วิธีการเปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และต้นทุนการผลิต เพื่อเลือกสูตรและวิธีการผลิตที่เหมาะสมแทน

5.2 รายละเอียดผลการดำเนินงานของโครงการตามแผนงานโดยสรุป (6 เดือนที่ 2)

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2550 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2550

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน: นางสาวเสริมสุข สลักเพ็ชร์

หน่วยงาน: ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1) พัฒนาระบบวิธีการผลิตและเก็บรักษาพืชมังคุดให้คงคุณค่าทางโภชนาการและเภสัชวิทยา และมีคุณภาพเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องต่างๆ โดยศึกษาเปรียบเทียบทั้งจากผลมังคุดสดปกติ และผลมังคุดที่มีอาการเนื่อแก้วและยางไหลในผล

2) พัฒนาและหาวิธีการผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุดและจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกมังคุด และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ
1. ตรวจสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมี และทางกายภาพของพืชมังคุด และมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก ตามช่วงเวลาที่กำหนด และบันทึกข้อมูล 2. รวบรวมผลิตผลมังคุดที่มีอาการเนื่อแก้วและยางไหลในผล และผลมังคุดปกติที่ไม่ได้มาตรฐานการส่งออก คัดเฉพาะผลที่มีความสุกเกินมาตรฐานการส่งออก (เปลือกสีม่วงดำ และมีความสุกไม่น้อยกว่าระดับ 6) ทำความสะอาดและเตรียมผลิตผลสำหรับผลิตพืชมังคุด และน้ำคั้นจากเปลือก 3. ผลิตพืชมังคุดสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด และทดลองเก็บรักษาตามกรรมวิธีที่กำหนด บันทึกข้อมูลอายุการเก็บรักษาแต่ละกรรมวิธี 4. วิจัยและพัฒนาผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุดโดยวิธีอบแห้ง ฟั่นฝอยร่วมกับการใช้และไม่ใช้	1. มีข้อมูลปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมี และทางกายภาพของพืชมังคุด และมังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นจากเปลือก 2. มีผลิตผลที่มีคุณภาพตามที่กำหนด และมีความพร้อมที่จะมาผลิตพืชมังคุดและน้ำคั้นจากเปลือก 3. มีพืชมังคุดที่เก็บรักษาตามกรรมวิธีที่กำหนด และข้อมูลอายุการเก็บรักษาแต่ละกรรมวิธี 4. มีผลิตภัณฑ์มังคุดผงจากพืชมังคุดที่ผลิตโดยวิธีต่างกัน 5. มีข้อมูลการยอมรับของผู้บริโภค และวิธีการผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุดที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค 6. มีผลิตภัณฑ์มังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุด เก็บรักษาในซองออลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิห้อง 7. มีข้อมูลปริมาณสารต้าน	1. วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และตรวจสอบคุณภาพทางเคมีอื่นๆ (เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้) และทางกายภาพ (เช่น ความสามารถการละลาย และความชื้น) ของผลิตภัณฑ์มังคุดผงจากน้ำคั้นจากเปลือก (การทดลองที่ 1) 2. รวบรวมผลิตผลมังคุดที่มีอาการเนื่อแก้วและยางไหลในผล และผลมังคุดปกติที่ไม่ได้มาตรฐานการส่งออก จากแปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี และสวนเกษตรกร คัดเฉพาะผลิตผลที่มีคุณภาพตามที่กำหนด ทำความสะอาด และเตรียมสำหรับผลิตพืชมังคุด และน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก 3. นำผลิตผลในข้อ 2 มาผลิตพืชมังคุดสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด ได้แก่ กรรมวิธีที่ 2 เนื้อมังคุดปกติ + น้ำคั้นจากเปลือก 5%	

กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ
ตัวพารามิเตอร์ต่างๆในสัดส่วนเวลา และอุณหภูมิของลมร้อนขาเข้าระดับต่างๆ 5. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อมังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุดสูตรต่างๆ ด้วยวิธี hedonic test 6. ผลิตมังคุดผง (ที่ผลิตจากพืชมังคุด) สูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในช่องอุณหภูมิเย็นพออยู่ที่อุณหภูมิห้อง 7. ตรวจสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมีทางกายภาพของพืชมังคุด และของมังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุด และคุณภาพทางจุลชีววิทยาของพืชมังคุดตามช่วงเวลาที่กำหนด และบันทึกข้อมูล 8. ประเมินความสำเร็จ และหรือข้อผิดพลาดในการผลิตพืชมังคุด น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก มังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก และมังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุด 9. วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย	อนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมี และทางกายภาพ ของพืชมังคุด และของมังคุด-ผงที่ผลิตจากพืชมังคุด และคุณภาพทางจุลชีววิทยาของพืชมังคุด ตามช่วงเวลาที่กำหนด และบันทึกข้อมูล 8. ข้อมูลความสำเร็จและหรือข้อผิดพลาดในการผลิตพืชมังคุด น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก มังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก และมังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุด (ถ้ามี) 9. มีข้อมูลและผลการวิจัยการผลิตพืชมังคุด น้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก มังคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก และมังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุด	แล้วเก็บรักษาในภาชนะต่างๆ 5 ชนิด ได้แก่ ขวดพลาสติกทึบแสง ขวดพลาสติกโปร่งแสง ขวดแก้วใส ขวดแก้วสีชา และขวดแก้วสีเขียว ปริมาตร 120 มิลลิลิตร ปิดสนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 C 4. ทดลองผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุดโดยวิธีอบแห้งพ่นฝอย ใช้มอลโตเด็กซ์ตรินในสัดส่วน 0, 5, 10 และ 20% เป็นตัวพา อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 155 องศาเซลเซียส 5. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อมังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุดสูตรต่างๆ คัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด นำมาใช้ในทดสอบอายุการเก็บรักษา 6. ผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุดสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด (ใช้มอลโตเด็กซ์ตริน 10% เป็นตัวพา อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 155 องศาเซลเซียส) และทดสอบการเก็บรักษาในช่องอุณหภูมิเย็นพออยู่ที่อุณหภูมิห้อง 7. วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ตรวจสอบคุณภาพทางเคมีอื่นๆ (เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้) และทางกายภาพ (เช่น ความสามารถในการละลาย และความชื้น) ของพืชมังคุดที่เก็บรักษาใน	

กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ
		ภาชนะชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และของมั่งคุดผงที่ผลิตจากฟิวเรมั่งคุด และคุณภาพทางจุลชีววิทยาของฟิวเรมั่งคุด ตามช่วงเวลาที่กำหนด และบันทึกข้อมูล 8. ในการผลิตมั่งคุดผงจากฟิวเรมั่งคุด พบว่าการไม่ใช้มอลโตเด็กซ์ตริน (ใช้มอลโตเด็กซ์ตรินในสัดส่วน 0%) เป็นตัวพา ไม่สามารถอบแห้งและพ่นฝอยเป็นผงได้ 9. รายงานผลวิธีการผลิตมั่งคุดผงจากฟิวเรมั่งคุด การเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางกายภาพของฟิวเรมั่งคุด ของมั่งคุดผงที่ผลิตจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก ของฟิวเรมั่งคุดที่เก็บรักษาในภาชนะต่างๆ และของมั่งคุดผงจากฟิวเรมั่งคุด และคุณภาพทางจุลชีววิทยาของฟิวเรมั่งคุดที่เก็บรักษาในภาชนะต่างๆ ไว้โดยละเอียด	

1. การดำเนินงาน: ได้เปลี่ยนแปลงแผนงานที่ได้วางไว้ ดังนี้

1.1 ได้ปรับและนำกิจกรรมที่ต้องดำเนินการในระยะ 6 เดือนที่ 3 ทั้งหมด มาดำเนินการในระยะ 6 เดือนที่ 2 เนื่องจากโครงการวิจัยได้รับอนุมัติต่ำกว่ากำหนดเดิมประมาณ 6 เดือน และในช่วง 6 เดือนที่ 2 ของโครงการเป็นช่วงที่ผลผลิตมั่งคุดในภาคตะวันออกออกสู่ตลาด

1.2 ในกิจกรรมวิจัยที่ 1 การจัดการผลิตและเก็บรักษาฟิวเรมั่งคุดอย่างเหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพอย่างต่อเนื่อง การทดลองที่ 2 การเก็บรักษาฟิวเรมั่งคุดอย่างเหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้อย่างต่อเนื่อง และกิจกรรมวิจัยที่ 2 การวิจัยและพัฒนาการผลิตมั่งคุดผงจากฟิวเรมั่งคุดและน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และตรวจสอบคุณภาพทางเคมีอื่นๆ และทางกายภาพของฟิวเรมั่งคุดที่เก็บรักษาในภาชนะต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 °C เพียง 11 วันหลังการเก็บรักษา และของฟิวเรมั่งคุดผงที่เก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิห้อง เพียง 14 วันหลังการเก็บรักษาเท่านั้น เนื่องจาก

หลอดกำเนิดแสงของเครื่อง spectrophotometer ที่ใช้วิเคราะห์และตรวจสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระชาชุดผู้วิจัยจึงเก็บรักษาฟิวเรมิ่งคุดทั้งหมดที่เป็นสิ่งทดลองไว้ที่อุณหภูมิ -40°C และเก็บฟิวเรมิ่งคุดผงไว้ตามกรรมวิธีที่กำหนด แล้วจะนำมาวิเคราะห์และตรวจสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อเครื่องมือสามารถใช้งานได้เหมือนเดิม แต่หากว่าค่าวิเคราะห์ของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีข้อผิดพลาด ก็จำเป็นต้องผลิตฟิวเรมิ่งคุดชุดใหม่

ในการทดลองเดียวกัน เดิมเสนอว่า จะใช้ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บรักษากับระดับการยอมรับของผู้บริโภค โดยการวิเคราะห์ regression และหรือ correlation แต่เนื่องจากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบวิธีการเก็บรักษา และใช้ฟิวเรมิ่งคุดสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดเพียงสูตรเดียวในการทดลอง จึงใช้ variance ratio สำหรับการวิเคราะห์และเปรียบเทียบชนิดของภาชนะที่ใช้เก็บรักษา และคุณภาพของฟิวเรหลังการเก็บรักษา แทน

1.3 ในกิจกรรมวิจัยที่ 2 การวิจัยและพัฒนาการผลิตมั่งคุดผงจากฟิวเรมิ่งคุดและน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ในการวิจัยและพัฒนาการผลิตมั่งคุดผงจากฟิวเรมิ่งคุด เดิมวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design จำนวน 5 ซ้ำ 2 การทดลอง เพื่อเปรียบเทียบวิธีการผลิต แต่จากการทดสอบเบื้องต้นและผลจากการวิจัยและพัฒนาการผลิตมั่งคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก (รายละเอียดในรายงานความก้าวหน้า งวดที่ 1) พบว่าสามารถใช้วิธีการทำแห้งแบบฟ้นผอยวิธีเดียวกับการผลิตมั่งคุดผงจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก ดังนั้น จึงไม่ได้ปฏิบัติตามแผนการทดลองที่วางไว้

1.4 ในกิจกรรมวิจัยที่ 2 การวิจัยและพัฒนาการผลิตมั่งคุดผงจากฟิวเรมิ่งคุดและน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือก และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค เดิมเสนอว่า จะใช้ความสัมพันธ์ regression และหรือ correlation ระหว่างวิธีการผลิตมั่งคุดผงกับระดับการยอมรับของผู้บริโภคในการเลือกสูตรการผลิตมั่งคุดผงจากฟิวเรมิ่งคุดที่เหมาะสม แต่ความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่ชัดเจน จึงใช้การเปรียบเทียบระดับคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคแทน

5.3 รายละเอียดผลการดำเนินงานของโครงการตามแผนงานโดยสรุป (6 เดือนที่ 3)

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2550 ถึงวันที่ 31 มกราคม 2551

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน: นางสาวเสริมสุข สลักเพ็ชร์

หน่วยงาน: ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1) พัฒนาระบบวิธีการผลิตและเก็บรักษาพืชมังคุดให้คงคุณค่าทางโภชนาการและเภสัชวิทยา และมีคุณภาพเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องต่างๆ โดยศึกษาเปรียบเทียบทั้งจากผลมังคุดสดปกติ และผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วและยางไหลในผล

2) พัฒนาและหาวิธีการผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุดและจากน้ำคั้นสีม่วงจากเปลือกมังคุด และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ
1. ตรวจสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมี และทางกายภาพของมังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุด ตามช่วงเวลาที่กำหนด และบันทึกข้อมูล 2. ตรวจสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และทางจุลชีววิทยาของพืชมังคุดที่เก็บรักษาในภาชนะต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตามช่วงเวลาที่กำหนด และบันทึกข้อมูล 3. วิเคราะห์ข้อมูล และผลการวิจัยการผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุด และการเก็บรักษาพืชมังคุด 4. สรุปและรายงานผลการวิจัย	1. มีข้อมูลปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมี และทางกายภาพของมังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุด ตามช่วงเวลาที่กำหนด และบันทึกข้อมูล 2. มีข้อมูลปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และทางจุลชีววิทยาของพืชมังคุด และข้อมูลอายุการเก็บรักษา แต่ละกรรมวิธี 3. มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตมังคุดผงจากพืชมังคุด และการเก็บรักษาพืชมังคุด 4. มีรายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์	1. วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และตรวจสอบคุณภาพทางเคมีอื่นๆ (เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้) และทางกายภาพ (เช่น ความสามารถการละลาย และความชื้น) ของผลิตภัณฑ์มังคุดผงที่ผลิตจากพืชมังคุด 2. วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และตรวจสอบคุณภาพทางเคมีอื่นๆ ทางกายภาพ และทางจุลชีววิทยาของพืชมังคุดที่เก็บรักษาในภาชนะต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตามช่วงเวลาที่กำหนด และบันทึกข้อมูล 3. วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการวิจัยร่วมกัน และแปลผลการวิจัย 4. จัดทำรายงานผลการวิจัย และรายงานฉบับสมบูรณ์	