



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการศึกษากระบวนการผลิต
และปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพพริกป่น

Process and Factors Affecting
on Quality on Grounded Peppers

โดย นายปริญญา วงษาและคณะ

กรกฎาคม 2552

สัญญาเลขที่ RDG5120001

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการศึกษากระบวนการผลิต และปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพพริกป่น

Process and Factors Affecting on Quality on Grounded Peppers

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. นายปริญญา วงษา | สำนักอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง |
| 2. นายณัฐกาญจน์ รุ่งเรือง | สำนักอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง |
| 3. นางสาวอัญชลี เชื้อนเพชร | ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง |

ชุดโครงการ “สมุนไพรเพื่อคุณภาพชีวิต”

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สัญญาเลขที่ RDG5120001

โครงการการศึกษากระบวนการผลิตและปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพพริกป่น

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

คณะผู้วิจัย

- นายปริญญา วงษา หัวหน้าโครงการ
สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
- นายณัฐกาญจน์ รุ่งเรือง ผู้ร่วมโครงการ
สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
- นางสาวอัญชลี เชื้อนเพชร ผู้ร่วมโครงการ
ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

พริกป่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากการแปรรูปพริกสด ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีการจำหน่ายเพื่อการบริโภคทั้งในและต่างประเทศ คุณภาพของพริกสดด้านจุลินทรีย์ มีความไม่สม่ำเสมอ ในแต่ละฤดูกาลของผลผลิต กระบวนการผลิตและการเก็บรักษาอย่างไม่ถูกวิธี อาจมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนโดยเฉพาะเชื้อราที่สร้างสารพิษ อะฟลาทอกซิน (aflatoxin) ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงด้านเคมีและกายภาพ เช่น การจับตัวเป็นก้อน และการเสื่อมสลายของรงควัตถุ เช่น เบต้า-แคโรทีน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้น และสีของพริกป่นจางลง นอกจากนี้ยังพบว่าผู้ผลิตมักผสมสารย้อมสีสังเคราะห์ที่เป็นอันตราย เช่น สีในกลุ่ม Sudan เพื่อให้พริกป่นมีสีแดง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษากระบวนการผลิตพริกป่นที่เหมาะสมทั้งกระบวนการ ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งในด้านความปลอดภัยของผู้บริโภค และเป็นมาตรฐานการผลิตในระดับอุตสาหกรรม และสามารถส่งออกจำหน่ายในตลาดโลกได้

ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

พริก (*Capsicum*) เป็นพืชที่มีการบริโภคในประเทศทั้งในรูปพริกสดและพริกแห้งเฉลี่ย 5 กรัมต่อคนต่อวัน พริกมีสารประกอบสำคัญคือ capsaicin (trans-8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamide) ประมาณร้อยละ 0.1 – 4 โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นสารประกอบที่ให้รสเผ็ดร้อน มีสรรพคุณช่วยบรรเทาอาการเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ ซึ่งในปัจจุบันมีการแปรรูปพริกเป็นพริกแห้งมากขึ้นเนื่องจากมีราคาสูง และเก็บรักษาไว้ได้นานกว่าในรูปพริกสด แต่การผลิตในระดับอุตสาหกรรมนั้นมักพบปัญหาดังนี้

1). ความสมบูรณ์ของวัตถุดิบ (Maturity) ก่อนการเก็บเกี่ยว เนื่องจากมีรายงานว่าปริมาณของสารประกอบต่างๆ ของพริก ได้แก่ capsaicin, carotenoids, ascorbic acid และ total phenolic จะแปรผันไปตามอายุของวัตถุดิบ ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อระดับความเผ็ดและสีของผลิตภัณฑ์พริกป่น นอกจากนี้สีของผิวพริกยังส่งผลโดยตรงต่อสีของผลิตภัณฑ์พริกป่นด้วย

2). การใช้สารย้อมสีที่เป็นอันตราย เนื่องจากผู้บริโภคต้องการผลิตภัณฑ์พริกป่นที่มีสีแดงสด ซึ่งโดยปกติสีแดงสดของพริกจะได้จากการคัดเลือกพันธุ์ การลวก การอบแห้งและการอบที่เหมาะสม เท่านั้น ดังนั้นผู้ผลิตบางรายที่มีกระบวนการผลิตไม่เหมาะสมจึงได้ผสมสารให้สีแดงสดจำพวก Sudan ซึ่งรายงานว่าชนิดจัดเป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่งและไม่อนุญาตให้ใช้เป็นสารปรุงแต่งสีในอาหาร

3). การผลิตพริกป่นที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดตกค้างและปนเปื้อนของเชื้อราที่ผลิตสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) โดยเฉพาะเชื้อรา *Aspergillus* โดยเฉพาะสายพันธุ์ *A. Flavus* และ *A.parasiticus* มีการทดลองในสัตว์ทดลองพบว่าอะฟลาทอกซิน เป็นสารสารก่อมะเร็ง (carcinogenic) ในปี 2002 European Commission Regulations มีการกำหนดปริมาณอะฟลาทอกซิน Aflatoxins B1 ในเครื่องเทศแห้ง กำหนดให้ไม่เกิน 5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณอะฟลาทอกซินทั้งหมด ไม่เกิน 10 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

โครงการวิจัยได้ศึกษาถึงปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการผลิตพริกป่น เพื่อถ่ายทอดให้กับอุตสาหกรรมนำไปประยุกต์ใช้พัฒนาศักยภาพ ทั้งในด้านการผลิตและการประกันคุณภาพ เพื่อให้สามารถผลิตพริกป่น ให้มีคุณภาพสม่ำเสมอขึ้นในทุกขั้นตอนการผลิต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.) ปรับปรุงคุณภาพพริกป่นเพื่อการส่งออกโดยเน้นสีสวยและป้องกันการขึ้นรา
- 2.) ศึกษาสภาวะการเก็บรักษาของพริกป่น

ผลการดำเนินการ

ผลการสำรวจคุณภาพด้านกายภาพ ทางเคมีและทางจุลชีววิทยา ผลิตภัณฑ์พริกป่นที่ผลิตในประเทศและต่างประเทศ พบว่าคุณลักษณะด้านกายภาพ และเคมีของตัวอย่าง อยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ในมาตรฐานของพริกป่น ไม่พบการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินและสีย้อมสังเคราะห์ Sudan มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด อยู่ในข้อกำหนดของ มาตรฐานผลิตภัณฑ์พริกป่น ที่กำหนดไว้ว่า คุณลักษณะด้านจุลชีววิทยา พบว่ามีตัวอย่างพริกที่ผลิตทั้งในประเทศและประเทศเพื่อนบ้าน มีจำนวนโคลิฟอร์มมากกว่าข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ซึ่งบ่งชี้ถึงสุขลักษณะในการทำพริกป่น

การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการเตรียมพริกสด เพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ พบว่าวิธีการลวกด้วยน้ำร้อน เป็นเวลา 1 นาที และ วิธีการแช่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ความเข้มข้น 300 ppm อัตราส่วนพริกต่อสารละลาย 1:3 (w/v) เวลา 45 นาที เป็นการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เหมาะสม เนื่องจากสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากกว่าร้อยละ 99 ที่ระดับความมั่นใจร้อยละ 99 ($P < 0.01$)

ปัจจัยการรักษาคุณภาพของสีและอุณหภูมิการทำแห้ง มีอิทธิพลต่อค่าความเข้มของสี (chroma) ที่ระดับความมั่นใจร้อยละ 95 ($P < 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง (lightness) และพบว่าค่าการสกัดสีแดง (Extractable red color, ASTA) และดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index, BI) เป็นค่าวิเคราะห์ที่แสดงความแตกต่างของคุณภาพสีของพริกป่นได้ดีที่สุด ปัจจัยปัจจัยการรักษาคุณภาพของสีด้วยการแช่พริกสดด้วยสารละลาย 2% Ethyl oleate + 2% Sodium hydroxide ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที สามารถปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์ได้ดีที่สุด

ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นในวัสดุบรรจุที่แตกต่างกัน ระยะเวลา 3 เดือน พบว่าชนิดของวัสดุบรรจุมีผลต่อการดูดความชื้นและการลดลงของปริมาณเบต้า-แคโรทีน ของพริกป่น ที่ระดับความมั่นใจร้อยละ 95

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากสถานการณ์การปลูกพริกและปริมาณผลผลิตที่ไม่สม่ำเสมอ การเกิดปัญหาผลผลิตน้อย เนื่องจาก โรคระบาดในพริก ทำให้การดำเนินโครงการหยุดชะงักและส่งผลกระทบต่อกิจกรรมของโครงการ ดังนั้นโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตทางการเกษตร ผู้วิจัยต้องศึกษาปัจจัยต่างๆ เรื่องสถานการณ์และปริมาณผลผลิตผล เพื่อจะสามารถวางแผนกิจกรรมต่างของโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การตรวจพบจำนวนโคลิฟอร์ม ในผลิตภัณฑ์พริกป่นที่ผลิตในประเทศและต่างประเทศ ที่มากกว่า เกณฑ์กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ บ่งชี้ถึงสุขลักษณะของโรงงานแปรรูปพริกป่น รวมทั้งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไม่สม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์พริกป่น ดังนั้นการใช้ความรู้และแนะนำวิธีการผลิตอาหารตามเกณฑ์ที่ดี (Good Manufacturing Practices) รวมทั้งผลจากการศึกษาที่ได้รับจากโครงการวิจัยนี้ สามารถที่จะถ่ายทอดสู่กลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการแปรรูปผลผลิตพริกป่น เพื่อลดโอกาสการเกิดสารพิษและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์พริกป่น

สรุปผลการดำเนินการ

ผลิตภัณฑ์พริกป่นที่เตรียมด้วยการแช่สารละลายที่มีความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ 300 ppm อัตราส่วนของพริกต่อสารละลาย 1 ต่อ 3 เป็นเวลา 45 นาที สามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อนการทำแห้งไม่มากกว่าร้อยละ 99 นอกจากนี้การแช่พริกสดด้วยสารละลาย 2% Ethyl oleate + 2% Sodium hydroxide ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ก่อนทำแห้ง และบรรจุในพริกป่นที่ถุงออลูมิเนียมฟอยล์ สามารถลดการเพิ่มของความชื้นและการเสื่อมสลายของรงควัตถุเบต้า-แคโรทีน ระหว่างการเก็บเป็นระยะเวลา 3 เดือนที่อุณหภูมิห้อง เป็นวิธีที่เหมาะสมในการแปรรูปพริกป่น สำหรับผู้ประกอบการนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

การดำเนินการโครงการและผลการดำเนินการ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก	กิจกรรมรอง	ผลการดำเนินการ	อุปสรรคและการแก้ไข
1.ปรับปรุงคุณภาพพริกป่นเพื่อการส่งออกโดยเน้นสีสวยและป้องกันการขึ้นรา	1.1ศึกษาคุณภาพของพริกป่นในท้องตลาด	วิเคราะห์ลักษณะต่างๆดังนี้ 1.1.1 ทางกายภาพ 1.1.2 ทางเคมี 1.1.3 ทางจุลชีววิทยา	- สามารถศึกษาได้ตามกิจกรรมที่วางไว้ โดยมีการเปลี่ยนแปลงการวิเคราะห์การปนเปื้อนของสี Sudan red โดยหน่วยงานภายนอกเนื่องงานการวิเคราะห์ต้องซื้ออุปกรณ์และสารเคมีราคาแพง และหน่วยงานภายนอกสามารถวิเคราะห์สี Sudan ได้มากกว่าการวิเคราะห์เอง ส่วนการวิเคราะห์สารพิษอะฟลาทอกซิน ใช้เครื่อง ตรวจสอบที่ผลิตในประเทศ วิเคราะห์เชิงคุณภาพ ก่อนที่จะวิเคราะห์เชิงปริมาณ เนื่องจากการวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยเครื่องมือชั้นสูงใช้ค่าใช้จ่ายสูง	- พริกป่นในท้องตลาดผู้ผลิตจำนวนไม่มาก ไม่มีพริกป่นจากต่างประเทศวางจำหน่าย ตัวอย่างพริกป่นจากต่างประเทศต้องซื้อในระหว่างการเดินทางไปต่างประเทศ ซึ่งสามารถนำเข้ามาศึกษาได้เพียงจำนวน ทำให้คุณภาพทางกายภาพ เช่น การกระจายของอนุภาคไม่สามารถศึกษาได้

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก	กิจกรรมรอง	ผลการดำเนินการ	อุปสรรคและการแก้ไข
1.ปรับปรุงคุณภาพพริกปนเพื่อการส่งออกโดยเน้นสีสวยและป้องกันการขึ้นรา	1.2 ศึกษาการลดปริมาณการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์	1.2.1 ผลของวัตถุดิบ - ชนิดของพริกชี้ฟ้าสดและพริกชี้ฟ้าแห้ง 1.2.2 ความสมบูรณ์ (maturity)	- สามารถศึกษาได้เฉพาะพริกชี้ฟ้าสด ส่วนพริกชี้ฟ้าแห้งมีการผสมของพริกหลายชนิดไม่สามารถเป็นตัวแทนของพริกได้ดี - สามารถศึกษาได้เฉพาะพริกชี้ฟ้าสดที่มีสีแดงเข้ม เพราะผู้ปลูกพริกจะเก็บและจำหน่ายเฉพาะพริกสดสีแดงเข้มเป็นส่วนมาก	- เมื่อเริ่มและตลอดโครงการ มีสถานการณ์การปลูกพริกและปริมาณผลผลิตที่ไม่สม่ำเสมอ ช่วงมีนาคม - เมษายน และ ช่วงพฤศจิกายน - ธันวาคม 2551 เป็นช่วงที่เกิดปัญหาผลผลิตน้อยเนื่องจาก โรคระบาดในพริก (กรมการค้าภายใน 2552*) และช่วงมกราคม - กุมภาพันธ์ 2552 ผลผลิตพริกไม่เพียงพอกับความต้องการ ทำให้ราคาพริกสด จำหน่ายที่ตลาดสดเทศบาลนครเชียงราย ราคาสูงถึง กิโลกรัมละ 150 บาท จากราคาเฉลี่ยทั้งปีราคาพริกสดกิโลกรัมละ 50 บาท

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก	กิจกรรมรอง	ผลการดำเนินการ	อุปสรรคและการแก้ไข
1.ปรับปรุงคุณภาพพริกปนเพื่อการส่งออกโดยเน้นสีสวยและป้องกันการขึ้นรา	1.2 ศึกษาการลดปริมาณการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์	1.2.3 สภาวะการล้าง - ชนิดและความเข้มข้นของสารเคมี - ขนาดและปริมาณของพริก - เวลาที่ใช้ 1.2.4 สภาวะการลวก - ชนิดและความเข้มข้นของสารเคมี - ขนาดและปริมาณของพริก - เวลาที่ใช้ - วิธีการลวก (น้ำร้อน-ไอน้ำ) - อุณหภูมิในการลวก - เวลาที่ใช้	- สามารถหาวิธีการที่เหมาะสมในการลดปริมาณการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์	- ช่วงเกิดโรคระบาดในพริก ทำให้เกิดพริกสดเน่า เมื่อสามารถจัดซื้อพริกสดได้ มีการคัดคุณภาพภายนอกที่ดี สำหรับทดลอง ตามแผนการดำเนิน การวิจัยที่วางไว้ พบว่ามีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จำนวนมาก เกิดจากการเน่าของเนื้อในและไส้ของพริกสด ทำให้ต้องเตรียมการเจือจางตัวอย่างพริกสดถึง 10^{-9} จึงต้องใช้เวลา ทดลองซ้ำหลายครั้ง และสูญเสียวัตถุดิบและสารเคมีเพิ่มมากขึ้น อาหารเลี้ยงเชื้อ - ดังนั้นโครงการต้องติดต่อขอซื้อพริกสดล่วงหน้าจากผู้ขาย ซึ่งก็ไม่สามารถรับประกันปริมาณและคุณภาพให้ได้

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก	กิจกรรมรอง	ผลการดำเนินการ	อุปสรรคและการแก้ไข
1.ปรับปรุงคุณภาพพริกป่นเพื่อการส่งออกโดยเน้นสีสวยและป้องกันการขึ้นรา	1.3 ศึกษาผลของสภาวะการผลิตที่มีผลต่อสี	1.3.1 วัตถุดิบ (ศึกษาพร้อมกับ 1.2.1) 1.3.2 สภาวะการลวก(ศึกษาพร้อมกับ 1.2.3)	- สามารถทราบผลของปัจจัยที่อิทธิพลต่อสีของผลิตภัณฑ์	- วิธีการวิเคราะห์ที่วางไว้ไม่เพียงพอที่จะอธิบายความแตกต่างของพริกป่นจากชุดทดลองได้ ดังนั้นต้องศึกษาวิธีการวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อใช้ในการประเมินและอธิบายผล
2.ศึกษาอายุการเก็บรักษา	2.1 ศึกษา shelf life stability	2.1.1 ผลบรรจุภัณฑ์ 2.1.2 ผลของสารดูดความชื้น 2.1.3 ขนาดบรรจุ 2.1.4 อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บ	- กิจกรรม 2.1.1, 2.12 และ 2.1.4 สามารถทราบผลของปัจจัยจากบรรจุภัณฑ์อิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์	- กิจกรรม 2.1.3 ไม่มีการศึกษาเนื่องจากพริกป่นมีความชื้นต่ำกว่าความชื้นสมดุล (equilibrium moisture) ของสารดูดความชื้นที่ใช้และหาได้ในประเทศ ดังนั้นการเพิ่มสารดูดความชื้นในบรรจุภัณฑ์พริกป่น จะทำให้พริกป่นดูดความชื้นจากสารดูดความชื้น

หมายเหตุ * กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ 2551 ปฏิทินฤดูกาลสินค้าเกษตร ปี 2551

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยเรื่อง โครงการการศึกษากระบวนการผลิตและปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพพริกป่น (Process and Factors Affecting on Quality on Grounded Peppers) ในชุดโครงการ “สมุนไพรเพื่อคุณภาพชีวิต” ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความสนับสนุนด้านงบประมาณจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ซึ่งสำเร็จได้ด้วยดีด้วยการประสานงานของ ศาสตราจารย์ ดร. นันทวัน บุญยะประกฤษ ตลอดระยะเวลาการจัดทำงานวิจัยและการจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ คณะนักวิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านโดยเฉพาะ อาจารย์ ดร.สายลม สัมพันธ์เวชโสภา ที่เสียสละเวลาอันมีค่า คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยอย่างมากมายถึงอาจารย์สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร เจ้าหน้าที่ นักวิทยาศาสตร์ และนักศึกษาทุก ๆ ท่าน ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่ได้สละเวลาช่วยเหลือให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับสมบูรณ์นี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่ต้องการข้อมูลในด้านการพัฒนาการผลิตพริกป่น เพื่อนำไปสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

คณะผู้วิจัย

ปริญญญา วงษา

ณัฐกาญจน์ รุ่งเรือง

อัณชลลี เชื้อนเพชร

กรกฎาคม 2552

บทคัดย่อ

การศึกษากระบวนการผลิตและปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของพริกป่น

ปริญญญา วงษา¹, ณัฐกาญจน์ รุ่งเรือง¹, อัญชลี เชื้อนเพชร²

¹สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย

²ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย

การศึกษากระบวนการผลิตและปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของพริกป่น มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพพริกป่นเพื่อการส่งออกโดยเน้นสีสวยและป้องกันการขึ้นรา และศึกษาภาวะการเก็บรักษาของพริกป่นโดยใช้วัตถุดิบคือพริกสดพันธุ์จินดา (*Capsicum annuum*) พบว่าวิธีการลวกด้วยน้ำร้อน เป็นเวลา 1 นาที และวิธีการแช่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ความเข้มข้น 300 ppm อัตราส่วนพริกต่อสารละลาย 1:3 (w/v) เวลา 45 นาที เป็นการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการแปรรูปพริกป่นเชิงพาณิชย์ เนื่องจากสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากกว่าร้อยละ 99 ที่ระดับความมั่นใจร้อยละ 99 และพบว่าปัจจัยต่างๆ ของวิธีการเตรียมและอุณหภูมิการทำแห้ง มีอิทธิพลต่อค่าความเข้มของสี (Chroma) ที่ระดับความมั่นใจร้อยละ 95 แต่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง (Lightness) ค่าการสกัดสีแดง (Extractable red color, ASTA) และดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index, BI) เป็นค่าวิเคราะห์ที่แสดงความแตกต่างของคุณภาพสีของพริกป่นได้ดีที่สุด นอกจากนี้การแช่พริกสดด้วยสารละลาย 2% Ethyl oleate + 2% Sodium hydroxide ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที สามารถปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์ได้ดีที่สุด ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นในวัสดุบรรจุที่แตกต่างกัน นาน 3 เดือน พบว่ามีการลดลงของปริมาณอย่างต่อเนื่องของ เบต้า-แคโรทีน ส่วนปริมาณแคปไซซินทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่

คำสำคัญ: พริกป่น การผลิต การเก็บรักษา คุณภาพ สี แคปไซซิน

Abstract

Process and factors affecting on quality on grounded peppers

Prinya Wongs^a, Natthakan Rungraeng^a, Anchalee Khuanpet^b

^a*School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand 57100*

^b*Scientific and Technical Instrument Center, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand 57100*

This study aimed at improving the quality of grounded peppers for exporting and preventing the growth of mold, including at studying the storage condition of the product. Chili peppers var. Chinda (*Capsicum annum*) was supplied by the local farmer in the North of Thailand. The optimum condition of pretreatment for reducing microbiological counts were blanching with hot water for 1 min and treating with sodium hypochloride at 300 ppm at the ratio of solid and solution of 1:3 (w/v) for 45 min. Both pretreatments reduced more than 99 % of the original count at significant level ($P < 0.01$). Dipping raw chili in the solution of 2 % Ethyl oleate and 2% Sodium hydroxide at 60°C for 15 min resulted in the best color retention. The pretreatment and drying temperature combinations caused variations in the grounded chili colors. The extractable red color (ASTA) and browning index (BI) provided the best measurement of the color quality of the product. During storage at ambient temperature over 3 months in the HDPE, PP and laminate aluminum pouch, further degrading of β -carotene but not of total capsaicin was observed.

Keywords: Grounded peppers, Process, Storage, Quality, Color, Capsaicin

สารบัญ

บทที่	หน้า
Executive summary	ก
ตารางเปรียบเทียบการดำเนินกิจกรรมและผลที่ได้รับ	ง
กิตติกรรมประกาศ	ช
บทคัดย่อ	ฉ
Abstract	ญ
สารบัญ	ฎ
สารบัญตาราง	ฐ
สารบัญภาพ	ฑ
1 บทนำ	1 - 2
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
2 การตรวจเอกสาร	3 - 19
2.1 ประเภทของพริก	3
2.2 สถิติการปลูกพริกของประเทศไทย	4
2.3 การนำเข้าและส่งออกพริกและผลิตภัณฑ์จากพริก	5
2.4 คุณค่าทางโภชนาการของพริก	5
2.5 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของสารจากพริก	6
2.6 การทำแห้ง	8
2.7 เครื่องอบแห้งแบบถาด	9
2.8 ผลกระทบการทำแห้งต่อสีของอาหาร	10
2.9 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพริกป่น มอก.457-2526	10
2.10 การเก็บรักษาอาหารแห้ง	13
2.11 การเสื่อมคุณภาพของอาหารแห้ง	13
2.12 วัสดุบรรจุ	13
2.13 ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุบรรจุที่นิยมบรรจุอาหารแห้ง	14
2.14 การเกิดสารพิษอะฟลาทอกซินในระหว่างการเก็บรักษาอาหารแห้ง	16
2.15 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
3 วิธีดำเนินการวิจัย	20 - 23
3.1 วัสดุดิบ	20
3.2 สารเคมีในกระบวนการผลิต	20
	ฎ

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.3 สารเคมีในการวิเคราะห์	20
3.4 วิธีการวิเคราะห์	20
3.5 วัสดุและอุปกรณ์	21
3.6 วัสดุบรรจุภัณฑ์	22
3.7 สมการคำนวณค่าการวิเคราะห์ผลด้านคุณภาพ	22
4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	24 - 60
4.1 คุณภาพของผลิตภัณฑ์พริกป่นจำหน่ายในจังหวัดเชียงรายและต่างประเทศ	24
4.2 การศึกษาการลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ของพริกสด	31
4.3. การวิเคราะห์ Sorption Isotherm	56
4.4 การกระจายตัวของอนุภาคพริกป่นระหว่างการเก็บรักษา	58
5 สรุปผลการทดลอง	61 - 62
5.1 สรุปผลการทดลอง	61
การนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์	63
6 เอกสารอ้างอิง	64 -67
ภาคผนวก	68 - 77
ก. วิธีวิเคราะห์และทดลอง	68
ข. รูปภาพขั้นตอนการดำเนินการ	73

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สถิติการปลูกพริกของประเทศไทย	4
2.2 คุณค่าทางโภชนาการของพริก	5
2.3 ปริมาณเป็นร้อยละ ของสารให้ความเผ็ดแต่ละชนิดในพริก	6
2.4 การถ่ายเทมวลและความร้อนระหว่างการลดความชื้น	8
2.5 คุณลักษณะทางเคมีของพริกป่น	11
2.6 ประเภทของวัสดุบรรจุที่เหมาะสมกับอาหารแห้งหรืออาหารที่ถนอมด้วยน้ำตาล	14
3.1 วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง	22
4.1 ตัวอย่างพริกป่นที่ผลิตและจำหน่ายในจังหวัดเชียงราย	24
4.2 ตัวอย่างพริกป่นที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไต้หวัน	24
4.3 ค่าสีของผลิตภัณฑ์พริกป่นจำหน่ายในจังหวัดเชียงราย	27
4.4 คุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์พริกป่นจำหน่ายในจังหวัดเชียงราย	28
4.5 Sudan I – IV ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์พริกป่นจำหน่ายในจังหวัดเชียงราย	29
4.6 คุณภาพด้านจุลชีววิทยาผลิตภัณฑ์พริกป่นจำหน่ายในจังหวัดเชียงราย	29
4.7 คุณภาพด้านจุลชีววิทยาผลิตภัณฑ์พริกป่นจำหน่ายในประเทศไต้หวัน	30
4.8 ค่าสีเปลือกของพริกที่สังเกตได้และค่าที่วัดด้วยเครื่องมือ	32
4.9 ชุดทดลองที่ลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่าร้อยละ 99 ที่ระดับนัยสำคัญ $P < 0.01$	35
4.10 ความชื้น ของพริกแห้งจากการเตรียมด้วยวิธีต่างๆ	37
4.11 ผลวิเคราะห์หือทธิผลของปัจจัยจากการลวกหรือหนึ่งต่อค่าความสว่างและความเข้มของสี	38
4.12 ค่าความเบี่ยงเบนของคุณภาพสีของพริกแห้งทำแห้งจากพริกสดลวกหรือหนึ่ง	40
4.13 ความชื้น ของพริกแห้งทำแห้งจากพริกสดที่แช่สารละลายต่างๆ	41
4.14 ผลวิเคราะห์หือทธิผลของปัจจัยจากการแช่สารละลายต่อค่าความสว่างและความเข้มของสี	42
4.15 ค่าความเบี่ยงเบนของคุณภาพสีของพริกแห้งทำแห้งจากพริกสดแช่สารละลายต่างๆ	44
4.16 คุณภาพของพริกป่นชุดทดลอง B1 และ T5	46
4.17 ผลวิเคราะห์หือทธิผลของปัจจัยจากการบรรจุต่อปริมาณ เบต้า-แคโรทีน และ แคปไซซินทั้งหมด	48
4.18 ค่า %RH ของสารละลายเกลือต่าง ๆ ในภาชนะปิดที่ใช้เก็บตัวอย่างพริกแห้ง	57
4.19 ค่า a_w ของพริกแห้ง ณ จุดสมดุลที่ %RH ต่าง ๆ	57

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 สูตรโครงสร้างของกลุ่มสารให้ความเผ็ดในพริก	7
2.2 สูตรโครงสร้างของรงควัตถุที่สำคัญในพริก	8
2.3 การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบถาดทั่วไป	10
2.4 สูตรโครงสร้างของอะฟลาทอกซิน	16
4.1 การกระจายตัวและขนาดเฉลี่ยของตัวอย่างพริกป่นจากท้องตลาด	26
4.2 ระดับสีเปลือกของพริกสดที่จำแนกได้ 5 ระดับ	31
4.3 ร้อยละการลดลงของจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count)	33
4.4 ร้อยละการลดลงของโคลิฟอร์ม (Coliform)	34
4.5 ร้อยละการลดลงของยีสต์และรา (yeast and mold)	35
4.6 ค่าความสว่างของพริกแห้งทำแห้งจากพริกสดลูกหรือหนึ่ง	39
4.7 ค่าความเข้มของสีของพริกแห้งทำแห้งจากพริกสดลูกหรือหนึ่ง	39
4.8 ค่าความสว่างของพริกแห้งทำแห้งจากพริกสดที่แช่สารละลายต่างๆ	43
4.9 ค่าความเข้มของสีของพริกแห้งทำแห้งจากพริกสดที่แช่สารละลายต่างๆ	43
4.10 ความชื้นระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง B1	47
4.11 ความชื้นระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง T5	47
4.12 ปริมาณ เบต้า-แคโรทีน ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง B1	49
4.13 ปริมาณ เบต้า-แคโรทีน ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง T5	49
4.14 ปริมาณ แคปไซซินทั้งหมด ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง B1	50
4.15 ปริมาณ แคปไซซินทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง T5	50
4.16 ค่าการสกัดสีแดง (ASTA) ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง B1	51
4.17 ค่าการสกัดสีแดง (ASTA) ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง T5	51
4.18 ค่า BI ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง B1	52
4.19 ค่า BI ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง T5	53
4.20 ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของพริกป่นที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน	54
4.21 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาพริกป่น	55
4.22 การเปลี่ยนแปลงจำนวนโคลิฟอร์มระหว่างการเก็บรักษาพริกป่น	56
4.23 การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราระหว่างการเก็บรักษาพริกป่น	58
4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น (%MC) และค่า a_w	58
4.25 การกระจายตัวและขนาดอนุภาคสะสมของพริกป่นเริ่มต้น	59
4.26 ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของพริกป่นที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน	60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

คนไทยบริโภคพริก (*Capsicum*) ทั้งในรูปพริกสดและผลิตภัณฑ์จากพริก เช่น พริกป่น น้ำพริก น้ำจิ้มพริก ซอสพริกเฉลี่ย 5 กรัมต่อคนต่อวัน พริกเป็นพืชสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรส่วนใหญ่ต่ำกว่า 10,000 บาทต่อไร่ต่อปี เกษตรกรมีรายได้จากการจำหน่ายเฉลี่ย 20,000 – 40,000 บาทต่อปี พริกมีสารประกอบสำคัญคือ สารให้ความเผ็ด หรือ แคปไซซิน (capsaicin, trans-8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamide) ประมาณร้อยละ 0.1 – 4 โดยพริกมีสรรพคุณทางเภสัชวิทยา เช่น กระตุ้นการทำงานของกระเพาะอาหาร ระบบหมุนเวียนโลหิต บำรุงหัวใจ บรรเทาอาการเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ การปลูกพริกในประเทศไทย บางปีจะได้ผลผลิตมากทำให้ราคาตกต่ำ และในปัจจุบันมีการแปรรูปพริกสดเป็นพริกแห้งมากขึ้นเนื่องจากการเพิ่มมูลค่า และเก็บรักษาไว้ได้นานกว่าในรูปพริกสด แต่การผลิตพริกแห้งในระดับอุตสาหกรรมนั้นมักพบปัญหาดังนี้

1). ความสมบูรณ์ (Maturity) ก่อนการเก็บเกี่ยว เนื่องจากมีรายงานว่าปริมาณของสารประกอบต่างๆ ของพริก ได้แก่ capsaicin, carotenoid, ascorbic acid และ total phenolic จะแปรผันไปตามความสมบูรณ์ ของวัตถุดิบ ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อระดับความเผ็ดและสีของผลิตภัณฑ์พริกป่น

2). การปนเปื้อนของสารสังเคราะห์ที่เป็นอันตราย เนื่องจากผู้บริโภคต้องการผลิตภัณฑ์พริกป่นที่มีสีแดงสด ซึ่งโดยปกติสีแดงสดของพริกป่นจะได้อาจจากการคัดเลือกพันธุ์ การลวก การอบแห้งและการบดที่เหมาะสมเท่านั้น ดังนั้นผู้ผลิตบางรายที่มีกระบวนการผลิตไม่เหมาะสมจึงได้ผสมสารให้สีแดงสดจำพวก Sudan ซึ่งมีอยู่ 4 ชนิดคือโดยแบ่งออกเป็นชนิด Sudan I, II, III และ IV ซึ่งจัดเป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่งและไม่อนุญาตให้ใช้เป็นสารปรุงแต่งสีในอาหาร

3). การเกิดสารพิษอะฟลาทอกซิน Aflatoxins (AFs) เป็นสารชั้นที่สองจากขบวนการเมตาบอลิซึมของเชื้อรา *Aspergillus* โดยเฉพาะสายพันธุ์ *A. Flavus* และ *A.parasiticus* สารอะฟลาทอกซิน มีสี่ชนิดคือ B1, B2, G1 และ G2 สารอะฟลาทอกซินชนิด B1 เป็นชนิดที่พบมากและมีความเป็นพิษสูง การทดลองในสัตว์ทดลองพบว่า สารอะฟลาทอกซินเป็นสาร carcinogenic และ mutagenic ตั้งแต่ปี ค.ศ.1998 European Commission Regulations ได้กำหนดปริมาณโดยสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 ในถั่วป่น ถั่วเม็ด ผลไม้แห้งและธัญพืชชนิดต่างๆ ที่ 2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (ppb) และปริมาณสารอะฟลาทอกซิน ทั้งหมดไม่เกิน 4 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ในปี 2002 ปริมาณสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 ในเครื่องเทศแห้ง กำหนดไว้ไม่เกิน 5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณ สารอะฟลาทอกซินทั้งหมด ไม่เกิน 10 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงมากกว่าร้อยละ 10 อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อราและสร้างสารพิษขึ้นได้

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จะศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมเพื่อถ่ายทอดให้กับอุตสาหกรรมนำไปประยุกต์ใช้พัฒนาทั้งด้านการผลิตและการควบคุมคุณภาพ เพื่อให้สามารถผลิตพริกป่น ให้มีคุณภาพสม่ำเสมอในทุกขั้นตอนการผลิต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 ปรับปรุงคุณภาพพริกป่นเพื่อการส่งออกโดยเน้นสีสวยและป้องกันการขึ้นรา
- 1.2.2 ศึกษาสภาวะการเก็บรักษาของพริกป่น

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

พริกเป็นเครื่องเทศที่คนไทยใช้ เพื่อจุดประสงค์ในการแต่งกลิ่นและสีของอาหารมาเป็นเวลาช้านาน พริกนั้นอาจจะมีคุณค่าทางอาหารน้อย แต่มีประโยชน์ที่ช่วยให้กลิ่นและรสชาติดีขึ้น ตกแต่งอาหารให้น่ารับประทานและดึงดูดความสนใจ ช่วยกระตุ้นน้ำย่อย ในบางครั้งก็มีสรรพคุณทางยาขึ้นกับโอกาสการนำไปใช้ (นิจศิริ 2548) พริกนั้นผลิตมาจากพริก ซึ่งเป็นพืชที่นิยมปลูกหลายสายพันธุ์ในประเทศไทย

- ชื่อสามัญ / ชื่ออังกฤษ : Capsicums, Bird Chili (พริกขี้หนู), Cayenne Pepper (พริกขี้ฟ้า), Sweet pepper (พริกหวาน), Red pepper (พริกหยวก)
- ชื่อวิทยาศาสตร์ : พริกขี้หนู - *Capsicum Frutescens* Linn., พริกขี้ฟ้า - *Capsicum annuum* Linn. Var *acuminatum* Fingerh., พริกหยวก - *Capsicum annuum* Linn., พริกยักษ์ - *Capsicum annuum* var. *grossum* Bail.
- ชื่อวงศ์ : SOLANACEAE
- ชื่ออื่น / ชื่อท้องถิ่น: พริกขี้ฟ้า พริกเดือยไก่ พริกบางช้าง พริกหนุ่ม (ภาคเหนือ) พริกมัน (กรุงเทพฯ) พริกแล้ง (เชียงใหม่) พริกข้อม พริกขี้หนู พริกนก พริกแด่ (เหนือ) พริกขี้นก ตีปัสซิง (ใต้) ตีปัส (ปัตตานี) ปะแกว (นครราชสีมา) หมักเพ็ด พริกแกว (อีสาน) พริกยักษ์ - พริกหวาน พริกฝรั่ง พริกหลวง พริกแม้ว พริกกะเหรี่ยง พริกหัวเรือ พริกหัวสี่ทอน พริกสันป่าตอง พริกภูเรือ พริกจีน พริกเจแปน พริกดัม และพริกแจว เป็นต้น

2.1 ประเภทของพริก

การแบ่งประเภทพริก ตามวิธีการจำแนกของมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ เรื่อง พริก มกอช.1502-2547 (สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ 2547) แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1.1 กลุ่มพริกใหญ่ แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม

2.1.1.1 พริกขี้ฟ้า พริกมัน พริกหนุ่ม มีขนาดผลยาว 5 – 20 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางผล 1 - 3 เซนติเมตร รูปทรงมีหลายแบบ ส่วนมากผลยาวเรียว ปลายผลแหลม รูปทรงตรงหรือโค้งงอ ผลแก่มีทั้งสีเขียวอ่อนหรือสีเขียวเข้ม ผลสุกแก่สีเหลือง สีส้ม หรือสีแดง ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ผิวผลมัน มีทั้งผิวเรียบและผิวขรุขระ รสชาติค่อนข้างเผ็ด

2.1.1.2 พริกหยวก มีขนาดผลยาว 4 – 20 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางผล 1 - 4 เซนติเมตร รูปทรงกรวย ปลายผลแหลมตรง ผิวมันและเรียบ เนื้อหนา ผลแก่เขียวมีสีเขียวมีตั้งแต่สีเหลืองอ่อน สีเหลือง และสีเขียวอ่อน ผลสุกแก่สีแดง รสชาติเผ็ดน้อย

2.1.1.3 พริกหวาน หรือพริกยักษ์ มีขนาดผลยาว 5 – 20 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางผล 5-12 เซนติเมตร รูปทรงกระบอก ผิวมัน ผลแก่เขียวมีสีเขียว ผลสุกแก่มีทั้งสีเหลือง ส้ม แดง น้ำตาล และม่วง เนื้อหนา รสชาติไม่เผ็ด

2.1.2 กลุ่มพริกผลเล็ก แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม

2.1.2.1 พริกขี้หนูผลใหญ่ พริกขี้หนูประเภทนี้มีขนาดผลปานกลาง ความยาว 3 – 12 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางผล 0.3 – 1.0 เซนติเมตร ผลเขียวปลายแหลม ผลแก่เขียวมีสีเขียวอ่อนจนถึงสีเขียวเข้ม ผลสุกแก่ สีแดงสด รสชาติเผ็ด ตัวอย่างพันธุ์พริกที่จัดอยู่ในประเภทนี้ เช่น พริกพันธุ์จินดา พันธุ์หัวเรือ พันธุ์สีทน และพันธุ์ยอดสน

2.1.2.2 พริกขี้หนูผลเล็ก พริกขี้หนูประเภทนี้มีขนาดผลเล็ก ขนาด ความยาวผลน้อยกว่า 3 เซนติเมตร ผลแก่เขียวมีสีเขียวอ่อนจนถึงสีเขียวเข้ม ผลสุกแก่ สีแดงสด รสชาติเผ็ดจัด ตัวอย่างพันธุ์พริกที่จัดอยู่ในประเภทนี้ เช่น พริกขี้หนูสวน พริกกระเหรียง พริกตุ้ม และพริกขี้นก

2.2 สถิติการปลูกพริกของประเทศไทย

ในปี 2547/2548 พื้นที่ปลูกพริกของประเทศไทยมีทั้งสิ้น 564,523 ไร่ ผลผลิต 659,132 ตัน พริกที่มีการปลูกมากที่สุดคือ พริกขี้หนูผลใหญ่ รองลงมาคือ พริกใหญ่ พริกขี้หนูผลเล็กและพริกชนิดอื่น ๆ โดยมีพื้นที่ปลูกและปริมาณผลผลิตแสดงใน ตารางที่ 2.1 พริกมีแหล่งปลูกที่สำคัญ ดังนี้คือ พริกใหญ่ แหล่งปลูกที่สำคัญ คือ เชียงใหม่ นครสวรรค์ ลำพูน อุตรดิตถ์ ชัยภูมิ นครราชสีมา เลย และราชบุรี พริกเล็ก แหล่งปลูกที่สำคัญ คือ เชียงใหม่ นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ ขอนแก่น ชัยภูมิ นครราชสีมา มุกดาหาร อุบลราชธานี กาญจนบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และสุราษฎร์ธานี

ตารางที่ 2.1 สถิติการปลูกพริกของประเทศไทย

ชนิด	ปี 2546/2547		ปี 2547/2548	
	พื้นที่ปลูก (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ปลูก (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
พริกขี้หนูผลใหญ่	1,338	395,062	380,284	456,966
พริกใหญ่/ชี้ฟ้า	66,071	1,414	80,052	111,916
พริกขี้หนูสวน	1,113	125,972	96,390	80,619
พริกหยวก	7,522	1,521	6,166	8,164
พริกหวาน	3,064	1,420	1,631	1,467

ที่มา : โครงการพัฒนาระบบการบริหารเครือข่ายผู้ประกอบการและ Logistics อุตสาหกรรมแปรรูปสินค้าเกษตรตามระบบมาตรฐานความปลอดภัยอาหาร 2550

2.3 การนำเข้าและส่งออกพริกและผลิตภัณฑ์จากพริก

ประเทศไทยส่งออกพริกทั้งในรูปของพริกสด พริกแห้ง พริกป่น ซอสพริก เครื่องแกงสำเร็จรูป พริกคอง และ น้ำพริก จากสถิติการส่งออกและนำเข้าของกรมศุลกากรปี 2549 พบว่ามูลค่าการส่งออกเป็นปริมาณรวม 34,653 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,139 ล้านบาท (กมล, 2551) โดยมีประเทศคู่ค้าที่สำคัญในการส่งออกพริกสดและแช่เย็น ได้แก่ ญี่ปุ่น มาเลเซีย เนเธอร์แลนด์ สิงคโปร์ ไต้หวัน เป็นต้น

แม้ว่าคุณภาพพริกแห้งของประเทศไทยจัดได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพ และมีปริมาณการใช้ภายในประเทศค่อนข้างสูง ประเทศไทยก็นำเข้าพริกเช่นเดียวกัน คิดเป็นมูลค่า 693 ล้านบาท (กมล, 2551) จากประเทศอินโดนีเซีย พม่าและจีน และมีแนวโน้มปริมาณผลการนำเข้าสูงขึ้นทุกปี โดยเฉพาะพริกแห้งที่นำเข้าจากประเทศจีนเพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม พริกแห้งของจีนเป็นพริกพันธุ์ผลใหญ่ เนื้อหนา สีสวย ราคาไม่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับพริกแห้งผลใหญ่ของไทย จึงเป็นวัตถุดิบที่โรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปต้องการใช้เป็นจำนวนมาก

2.4 คุณค่าทางโภชนาการของพริก

พริกอุดมด้วยสารอาหารครบถ้วน เป็นแหล่งวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะวิตามินเอ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของพริก

สารอาหาร	พริก					
	พริกหยวก	พริกหยวก	พริกเหลือง	พริกชี้ฟ้า	พริกชี้ฟ้า	พริกชี้หนู
	แดง	เขียว		แดง	เขียว	
คาร์โบไฮเดรต (g)	14.4	7.5	14.3	10.1	10.6	8.4
โปรตีน (g)	2.4	1.8	4.1	2.8	1.5	4.1
ไขมัน (g)	0.9	0.5	0.2	2.3	0.5	1.0
กากอาหาร (g)	5.7	2.3	8.2	3.8	3.2	5.2
พลังงาน (Kcal)	65	35	75	72	53	55
แร่ธาตุ						
แคลเซียม (mg)	26	15	28	3	16	4
ฟอสฟอรัส (mg)	65	42	97	18	27	14
เหล็ก (mg)	1.7	1.6	1.7	1.3	0.5	1.2

สารอาหาร	พริก					
	พริกหยวก	พริกหยวก	พริกเหลือง	พริกชี้ฟ้า	พริกชี้ฟ้า	พริกชี้หนู
	แดง	เขียว		แดง	เขียว	
วิตามิน						
เอ (unit)	1,785	895	49,350	21,450	192	2,417
บี 1 (mg)	0.14	0.08	0.12	0.15	0.07	0.29
บี 2 (mg)	0.19	0.08	0.10	0.01	ไม่มี	0.11
ซี (mg)	195	122	96	168	240	44
ไนอาซิน (mg)	2.7	0.9	ไม่มี	3.5	0.1	1.5

ที่มา: ยูวดี และคณะ 2541

2.5 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของสารจากพริก

สารประกอบสำคัญของพริกคือกลุ่มสารที่ทำให้เกิดกลิ่นและความเผ็ดร้อน (capsaicinoids) และ สารให้สี

2.5.1 สารที่ทำให้เกิดกลิ่นและความเผ็ดร้อน พริกประกอบด้วยสารที่มีรสเผ็ดร้อนตั้งแต่ร้อยละ 0.1 ถึง 1 สารที่มีรสเผ็ดร้อนคือ แคปไซซิน (capsaicin) ไดไฮโดรแคปไซซิน (dihydrocapsaicin) นอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน (nordihydrocapsaicin) โฮโมแคปไซซิน (homocapsaicin) และ (homodihydrocapsaicin) โฮโมไดไฮโดรแคปไซซิน (homodihydrocapsaicin) ปริมาณสารให้ความเผ็ดแตกต่างกันในผลพริก (ตาราง 2.3) และสูตรโครงสร้างของสารเหล่านี้แสดงใน ภาพที่ 2.1

ตารางที่ 2.3 ปริมาณเป็นร้อยละ ของสารให้ความเผ็ดแต่ละชนิดในพริก

สาร	ปริมาณ (ร้อยละ)
แคปไซซิน (capsaicin)	46-47
ไดไฮโดรแคปไซซิน (dihydrocapsaicin)	21-40
นอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน (nordihydrocapsaicin)	2-11
โฮโมแคปไซซิน (homocapsaicin)	0.6-2
โฮโมไดไฮโดรแคปไซซิน (homodihydrocapsaicin)	1-2

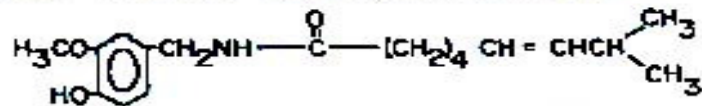
ที่มา: ภัทรา, 2545

แคปไซซิน (Capsaicin) สารพวก capsaicin เป็นสารพวก phenolic amide ประกอบด้วย C=18, H=27, N=1, O=3 (สูตรโมเลกุล $C_{18}H_{27}NO_3$) ชื่อทางการค้าคือ 8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamide น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 305.46 มีจุดหลอมเหลวเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส (โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช, 2541)

ในพริกแห้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจะมีแคปไซซินตั้งแต่ 0-360 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและถ้าหากพริกใดมีแคปไซซินสูงกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมจะมีรสเผ็ดร้อนมาก สารนี้มีคุณสมบัติทนทานต่อการปรุง หรือการแปรรูปอาหารได้ดีอีกด้วย เมื่อละลายแคปไซซินในน้ำแม่ 1 ส่วนใน 1 ล้านส่วน จะยังคงความเผ็ดอยู่ รสเผ็ดนี้ไม่ถูกทำลายด้วยด่าง แต่ถูกทำลายโดย oxidizing agent เช่น potassium dichromate หรือ potassium permanganate

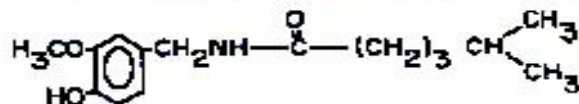
Capsaicin

(MW= 305) N-(3-methoxy-4-hydroxybenzyl)-8-methylnon trans-6-enamide



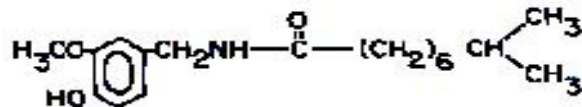
Norhydrocapsaicin

(MW=293) 7-methyl-octanoic acid vanillylamide



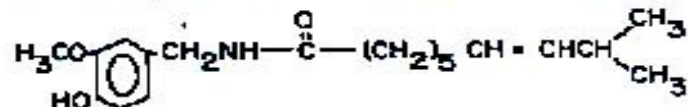
Dihydrocapsaicin

(MW= 307) 8-methylnonanoic acid vanillylamide



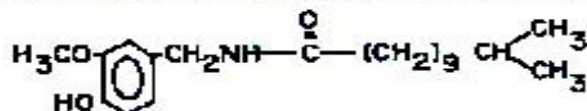
Homocapsaicin

(MW=319) 9-methyldec-trans-7-enoic acid vanillylamide



Homodihydrocapsaicin

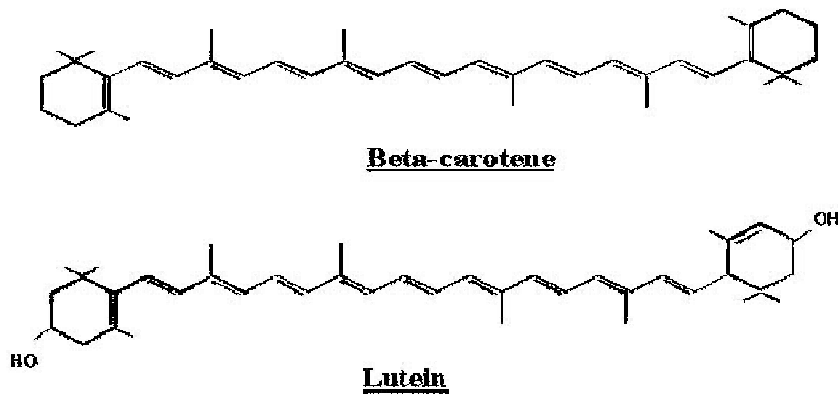
(MW= 321) 9-methyl-decanoic acid vanillylamide



ภาพที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของกลุ่มสารให้ความเผ็ดในพริก

ที่มา: Masada et al 1971

2.5.2. สารให้สีในพริก จัดอยู่ในกลุ่มรงควัตถุพวกแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ละลายในไขมัน พบได้ทั่วไปในพืช สหราชอาณาจักรและแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ สัตว์และมนุษย์ได้รับแคโรทีนอยด์จากอาหาร แคโรทีนอยด์จะสลายให้สีแดง ส้มและเหลืองในส่วนต่างๆของพืช เช่น ดอก ผล และใบ มีแคโรทีนอยด์มากกว่า 600 ชนิดที่พบในธรรมชาติ ผลพริกจะมีสารให้สีที่สำคัญคือ แคปแซนทิน (capsaithin) ซึ่งเป็นสารคีโตแคโรทีนอยด์ (ketocarotenoid) และยังพบสารอื่นที่มีสูตรใกล้เคียงกันได้แก่ แคปโซรูบิน (capsorubin) ซีแซนทิน (zeaxanthin) ลูเทิน (lutein) นีโอแซนทิน (neoxanthin) ไวโอลาแซนทิน (violaxanthin) และบีตาแคโรทีน มีสูตรโครงสร้างดัง ภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 สูตรโครงสร้างของรงควัตถุที่สำคัญในพริก

ที่มา: <http://www.astaxanthin.org/carotenoids.htm>

2.6 การทำแห้ง

การกำจัดน้ำหรือการทำให้แห้ง (Drying) เป็นวิธีลดความชื้นที่มีอยู่ในวัตถุดิบ การถ่ายเทมวลและความร้อนระหว่างการลดความชื้น จะเกิดขึ้นพร้อมกันดังตารางที่ ตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การถ่ายเทมวลและความร้อนระหว่างการลดความชื้น

บริเวณของอาหาร	ชนิดการถ่ายเทมวล	ชนิดการการถ่ายเทความร้อน
ฟิล์มบาง	การแพร่ของไอน้ำ	การนำความร้อน การพาความร้อน และ การแผ่รังสี
เปลือกแข็ง	การแพร่ของไอน้ำ	การนำความร้อน และการพาความร้อน
บริเวณการระเหย	การแพร่ของไอน้ำ การเคลื่อนที่ของน้ำ เนื่องจากแรงแคปิลารี	การนำความร้อน และการเคลื่อนที่ของน้ำ
ภายในอาหาร	การเคลื่อนที่ของน้ำเนื่องจากแรงแคปิลารี	การนำความร้อน

ที่มา: วิไล 2545

วัตถุประสงค์ของการกำจัดน้ำคือการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร โดยการลดปริมาณน้ำอิสระหรือค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Water activity, a_w) ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ โดยที่จุลินทรีย์แต่ละชนิดต้องการปริมาณน้ำอิสระที่แตกต่างกัน ค่า a_w ของผักและผลไม้สดมีค่าระหว่าง 0.97 – 0.99 และการทำแห้งทำให้ค่า a_w ต่ำกว่า 0.7 เป็นปริมาณที่จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (วิไล, 2545)

โดยทั่วไปปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหารแห้งจะถูกนิยามให้อยู่ในรูปของความสัมพันธ์มาตรฐานเปียกหรือความชื้นมาตรฐานแห้ง ซึ่งรายงานในรูปของร้อยละ (%) (วิวัฒน์, 2529) คือ

1. ความชื้นมาตรฐานเปียก, M_w (Wet basis) คืออัตราส่วนของปริมาณความชื้น เทียบกับน้ำหนักของผลผลิตสด (ก่อนการทำการทำแห้ง)

$$M_w = \{(w - d)/w\} \times 100 \quad (1)$$

2. ความชื้นมาตรฐานแห้ง, M_d (dry basis) คืออัตราส่วนของปริมาณความชื้น เทียบกับน้ำหนักแห้งของผลผลิตแห้ง (หลังการทำการทำแห้ง)

ในกระบวนการทำแห้ง น้ำหนักของวัสดุเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เพื่อความสะดวกจะใช้น้ำหนักของวัสดุแห้งเป็นมาตรฐานการคำนวณ

$$M_d = \{(w - d)/d\} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ M_w หมายถึง ความชื้นมาตรฐานเปียก, %

M_d หมายถึง ความชื้นมาตรฐานแห้ง %

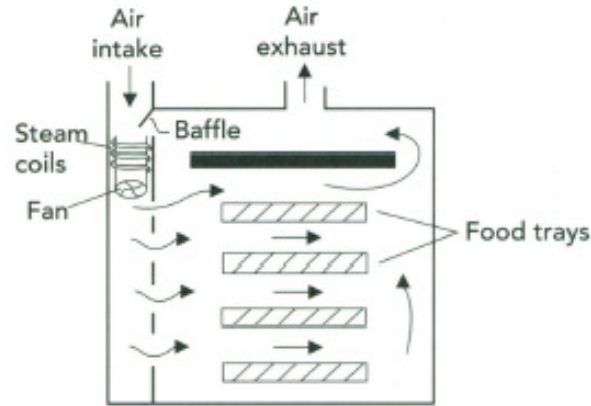
w หมายถึง น้ำหนักผลผลิตสด, กิโลกรัม

d หมายถึง น้ำหนักของผลผลิตแห้ง (ไม่มีความชื้น), กิโลกรัม

2.7 เครื่องอบแห้งแบบถาด

เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer) ประกอบด้วยถาดเดี่ยวๆ ที่มีช่องตาข่ายอยู่ด้านล่างและบุเครื่องด้วยฉนวน ในแต่ละถาดจะบรรจุอาหารขึ้นบางๆ ขนาด 2-6 เซนติเมตร อากาศร้อนจะไหลหมุนเวียนอยู่ในตู้ที่มีความเร็วลม 0.5-5 เมตร/วินาที/เมตร² ของพื้นที่ผิวของถาด มีระบบท่อหรือแบบเฟลด์ เพื่อนำลมร้อนขึ้นไปด้านบนผ่านแต่ละถาดเพื่อให้ลมร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอ อาจมีการติดตั้งเครื่องทำความร้อนเพิ่มด้านบนหรือด้านข้างของถาดเพื่อเพิ่มอัตราการทำแห้ง นิยมใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดในการผลิตอาหารในปริมาณต่ำ (1-20 ตัน/วัน) หรือสำหรับใช้ในโรงงานต้นแบบ เครื่อง

อบแห้งชนิดนี้ใช้เงินลงทุนและค่าดูแลรักษาต่ำแต่ควบคุมดูแลยาก และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สม่ำเสมอ (วิไล, 2545)



ภาพที่ 2.3 การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบถาดทั่วไป
ที่มา: Heldman & Hartel 1997

2.8 ผลกระทบการทำแห้งต่อสีของอาหาร

การทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะผิวหน้าอาหาร การสะท้อนแสงและสี การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ของคาโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ เกิดจากความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างการทำแห้ง โดยทั่วไปไปการทำแห้งที่เวลานานกว่าและอุณหภูมิสูงกว่าทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาจากเอนไซม์ที่หลงเหลืออยู่ในอาหารทำให้เกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้ป้องกันโดยการลวกหรือการใช้กรดแอสคอรบิกหรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อัตราการเกิดสีน้ำตาลในนมหรือผลิตภัณฑ์ผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษาขึ้นอยู่กับค่าออกเตอรแอคทวิตี้ของอาหารและอุณหภูมิในการเก็บรักษา อัตราการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิการทำแห้งสูงเมื่อความชื้นของผลิตภัณฑ์สูงกว่า 4-5% และอุณหภูมิในการเก็บรักษาเกิน 38 องศาเซลเซียส (วิไล, 2545)

2.9 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพริกป่น มอก.457-2526

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด คุณลักษณะที่ต้องการ วัตถุเจือปนอาหาร สุขลักษณะ ภาชนะบรรจุ ปริมาณ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินและการตรวจสอบและการวิเคราะห์พริกป่น

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้มีดังต่อไปนี้

2.1 พริกแห้ง หมายถึง ผลสดพันธุ์ที่ได้จากผลของพืชตระกูลพริก (*Capsicum* sp.) เช่น พริกขี้หนูสวน (*Capsicum minimum* Roxb.) พริกขี้หนู (*Capsicum frutescens* Linn.) และพริกอ่อนหรือพริกขี้ฟ้า (*Capsicum annuum* Linn.) ที่สุกหรือแก่จัด นำมาทำให้แห้ง อาจมีก้านผลติดอยู่หรือไม่ก็ได้

2.2 พริกป่น หมายถึง พริกแห้งที่ทำให้เป็นผง

2.3 สิ่งปลอมปน หมายถึง วัตถุอื่นที่ปนเข้าไปในพริกป่นโดยเจตนา

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

- (1) ต้องเป็นผงแห้งและไม่จับกันเป็นก้อน
- (2) ต้องมีสี กลิ่น และรสตามธรรมชาติของพริก ไม่มีกลิ่นหืน กลิ่นอับ หรือกลิ่นรสแปลกปลอมอื่นใด
- (3) ต้องไม่มีรา แมลงขึ้นส่วนของแมลงหรือมูลสัตว์ ที่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า

3.2 คุณลักษณะของพริกป่น

- (1) เมื่อตรวจดูด้วยแว่นที่มีกำลังขยาย 10 เท่า ต้องไม่พบสิ่งปลอมปน
- (2) คุณลักษณะทางเคมีของพริกป่นให้เป็นไปตามตารางที่ 2.5 การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตามข้อ 10.2

4. วัตถุเจือปนอาหาร

4.1 ห้ามใช้วัตถุเจือปนอาหารต่อไปนี้

- (1) สีสังเคราะห์ การตรวจสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 10.3.1
- (2) วัตถุกันเสีย การตรวจสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 10.3.2

ตารางที่ 2.5 คุณลักษณะทางเคมีของพริกป่น (ข้อ 3.2 (2))

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	11
2	เถ้าทั้งหมดร้อยละของน้ำหนักอบแห้งไม่เกิน	8
3	เถ้าที่ไม่ละลายในกรดร้อยละของน้ำหนักอบแห้งไม่เกิน	1.25
4	ส่วนที่ไม่ระเหยที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง ไม่น้อยกว่า	15
5	กาก ร้อยละของน้ำหนักอบแห้งไม่เกิน	28
6	อะฟลาทอกซิน ไม่โครกรัมต่อกิโลกรัมของตัวอย่างไม่เกิน	20

5. สุขลักษณะ

5.1 สุขลักษณะในการทำพริกป่น ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนดสุขลักษณะของอาหาร มาตรฐานเลขที่ มอก.34

5.2 ชนิดและจำนวนจุลินทรีย์ในพริกป่นจะมีได้ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดดังนี้

- (1) จุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ต่อกรัมของตัวอย่างไม่เกิน 500 000 โคโลนี
- (2) รา (mold) ต่อกรัมของตัวอย่างไม่เกิน 100 โคโลนี
- (3) โคลิฟอร์ม (coliform) โดยวิธี MPN ต่อกรัมของตัวอย่างน้อยกว่า 3
- (4) คลอสทริเดียม เปอร์ฟริงเจนส์ (*Clostridium perfringens*) ใน 0.01 กรัมของตัวอย่าง ต้องไม่พบ

การตรวจสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 10.3.3

6. ภาชนะบรรจุ

6.1 ภาชนะที่ใช้บรรจุพริกป่นต้องสะอาด ถูกสุขลักษณะ สามารถป้องกันความชื้นได้ไม่ขัดกับ ประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องภาชนะบรรจุอาหาร

7. ปริมาณ

7.1 น้ำหนักสุทธิของพริกป่นในแต่ละภาชนะบรรจุต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

8. เครื่องหมายและฉลาก

8.1 ฉลากให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คำแนะนำทั่วไปเกี่ยวกับฉลากสำหรับผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก.31 และไม่ขัดกับประกาศกระทรวงสาธารณสุขด้วยเรื่องฉลาก

8.2 ภาชนะบรรจุพริกป่นทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือ เครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ ง่ายชัดเจน

- (1) คำว่า "พริกป่น"
- (2) น้ำหนักสุทธิเป็นกรัมหรือกิโลกรัม
- (3) เดือนปีที่ทำ
- (4) ชื่อผู้ทำ หรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้า หรือชื่อผู้บรรจุ หรือชื่อผู้จำหน่าย พร้อมสถานที่ตั้ง

(5) ประเทศที่ทำ ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศด้วยต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทย

8.3 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2526

2.10 การเก็บรักษาอาหารแห้ง

การทำแห้งทำให้อาหารแห้งมีความชื้น และค่าวอเตอร์แอกทิวิตีให้อยู่ในระดับที่จุลินทรีย์เจริญเติบโตไม่ได้ และปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นช้า ทำให้อาหารแห้งมีอายุการเก็บนานกว่าอาหารสด นอกจากนี้การทำแห้งยังช่วยลดน้ำหนักและปริมาตรของอาหาร เป็นการช่วยลดต้นทุนค่าขนส่งและเก็บรักษา อย่างไรก็ตามอาหารแห้งมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำ จึงไวต่อความชื้นมาก หากเก็บรักษาไม่ถูกต้อง เช่น เก็บไว้ในที่มีความชื้นสูง หรือการบรรจุและวัสดุบรรจุไม่เหมาะสมอาหารแห้งจะดูดซับความชื้นจากอากาศ นอกจากนี้อาหารแห้งมักมีสัดส่วนพื้นผิว ต่อน้ำหนักสูงและหากมีโครงสร้างเป็นโพรงอากาศอยู่ด้วย จะดูดซับความชื้นได้เร็วยิ่งขึ้น ทำให้คุณภาพเสื่อมเสียได้เร็วยิ่งขึ้นทั้งจากจุลินทรีย์ เอนไซม์ และออกซิเดชันของไขมัน ระหว่างการเก็บอาหารแห้งมักพบปัญหาสำคัญอีกประการคือการเกิดสีน้ำตาล โดยเฉพาะจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ทั้งนี้ขึ้นกับความชื้นของอาหาร ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และอุณหภูมิเก็บรักษา ทำให้สีอาหารคล้ำจนไม่เป็นที่ยอมรับ นอกจากนี้บางผลิตภัณฑ์ยังอาจเกิดรสขม และเนื้อสัมผัสเหนียวขึ้นได้ (งามทิพย์, 2550)

2.11 การเสื่อมคุณภาพของอาหารแห้ง

2.11.1 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน อาหารแห้งที่มีไขมันสูง จะมีปัญหานี้เกิดในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังอาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของวิตามินจะทำให้คุณค่าอาหารลดลง และทำให้สีซีดจาง แสงความร้อนและอนุมูลอิสระบางชนิดสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี การยืดอายุการเก็บของอาหารแห้งต้องบรรจุอาหารในสภาพไร้ออกซิเจนและควรใช้วัสดุบรรจุที่บดแสง

2.11.2 การเปลี่ยนแปลงของความชื้น

อาหารแห้งมีค่าความชื้นวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำ จึงดูดซับความชื้นในอากาศได้ง่าย นอกจากนี้อาหารที่มีโครงสร้างเป็นโพรงอากาศและมีสัดส่วนพื้นที่ต่อน้ำหนักสูง จะดูดซับความชื้นได้เร็วยิ่งขึ้น ความชื้นที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น อาหารผงจับเป็นก้อนทำให้ละลายยาก แรงปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและวิตามิน ทำให้อาหารเหม็นหืนและสีซีดจางเร็วขึ้น แรงปฏิกิริยาที่อาศัยเอนไซม์ทำให้คุณภาพรวมเสื่อมเสีย และเร่งการเกิดสีน้ำตาลทำให้สีคล้ำจนไม่เป็นที่ยอมรับ และเกิดกลิ่นรสผิดปกติ (งามทิพย์, 2550)

2.12 วัสดุบรรจุ

ปัจจัยการเลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับประเภทอาหาร อันดับแรกที่ต้องพิจารณาคือ คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหาร อันดับต่อมาคือ รูปแบบของวัสดุบรรจุที่เหมาะสมกับสภาวะตลาด พร้อมทั้งสามารถรักษาคุณภาพของอาหารได้ตามอายุ (Shelf-life) ที่ต้องการ ปัจจัยภายนอกที่ต้องคำนึง คือเทคนิคในการบรรจุ สภาวะในการขนส่ง และการ

จัดเก็บ ปัจจัยที่สำคัญประการสุดท้ายคือ ช่องทางการจำหน่ายหรือวิธีขาย ซึ่งอาหารแต่ละชนิดควรเลือกวัสดุบรรจุที่เหมาะสมอย่างเช่น ตัวอย่างของกลุ่มอาหารแห้งหรือกลุ่มอาหารที่ถนอมด้วยน้ำตาล (งามทิพย์, 2550)

ตารางที่ 2.6 ประเภทของวัสดุบรรจุที่เหมาะสมกับอาหารแห้งหรืออาหารที่ถนอมด้วยน้ำตาล

กลุ่มอาหาร	ประเภทวัสดุบรรจุ	คำแนะนำและเหตุผล
อาหารทำแห้ง	1.ซองพลาสติก PE	มีราคาถูกและปิดผนึกด้วยความร้อนได้ง่าย
	2. ซองพลาสติก PP	สามารถป้องกันความชื้นได้ดีแต่ปิดผนึกยากกว่าฟิล์ม PE เนื้อพลาสติกมีความใสเพิ่มคุณค่าสินค้า
	3. เซลโลเฟนหรือกระดาษแก้ว	สามารถป้องกันความชื้นได้ระดับหนึ่งมักนิยมใช้ห่อบิดปลาย
	4.กระป๋องพลาสติกหรือกระป๋องพลาสติกมีฝาปิด	เห็นผลิตภัณฑ์ได้รอบ ควรปิดฝาด้วยเทปให้สนิท
	5.ถาดพลาสติกใสชนิดมีฝาเป็นแบบกาบหอย	ควรปิดฝาด้วยความร้อนแทนที่จะใช้ลวดตะเข็บหรือเทป
	6.กระป๋องโลหะ	สามารถสร้างจุดเด่นที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์
	7.กระป๋องกระดาษ	คล้ายกับกระป๋องโลหะแต่พิมพ์สวยงามได้ง่ายกว่า
	8.ถุงเคลือบหลายชั้น อาจใช้แบบวางตั้งได้ อาจจะมีซิปปด้วย	เป็นวัสดุบรรจุรูปลักษณะใหม่ก่อให้เกิดความสะดวกในการบริโภคเปิดโอกาสให้ใช้เทคนิคระบบวัสดุบรรจุภัณฑ์ใหม่ๆ ช่วยยืดอายุอาหารเก็บได้นาน

ที่มา : วิไล 2545

2.13 ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุบรรจุที่นิยมบรรจุอาหารแห้ง

2.13.1 ฟิล์มโพลิเอทิลีน (Polyethylene, PE) ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ที่เกิดจากการรวมตัวของโมโนเมอร์ของเอทิลีน นับเป็นฟิล์มพลาสติกที่นำมาใช้งานมากที่สุดชนิดหนึ่งและมีราคาถูก เนื่องจาก PE มีจุดหลอมเหลวต่ำ เมื่อเทียบกับพลาสติกอื่นๆ ทำให้มีต้นทุนการผลิตต่ำ ฟิล์ม PE มีอยู่หลายชนิดและหลายชั้นคุณภาพ จึงนิยมแบ่งออกตามความหนาแน่น คือ

- ชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) มีความหนาแน่น 0.941-0.959 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDPE) มีความหนาแน่น 0.926-0.940 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) มีความหนาแน่น 0.910-0.925 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) มีความหนาแน่น 0.910-0.925 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

พอลิเอทิลีน มีความเฉื่อยต่อสารเคมีค่อนข้างสูง และมีความเป็นขั้วต่ำ (Non Polar) ทำให้ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี แต่ยอมให้ออกซิเจนซึมผ่านได้ง่าย ป้องกันการซึมผ่านของไขมันได้ดี และการพิมพ์บน PE ทำได้ยาก นอกจากจะมีการปรับสภาพผิวก่อน (งามทิพย์ 2550)

พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ หรือ LDPE เป็นพลาสติกที่นิยมใช้มาก เนื่องจากยืดตัวได้ดี ทนต่อการทิ่มทะลุ และการฉีกขาด สามารถใช้ความร้อนเชื่อมปิดผนึกได้ดี มีความปลอดภัย และใช้กับสิ่งของที่นำไปบริโภคได้ทันที โครงสร้างของ PE สามารถป้องกันความชื้นได้ดีพอสมควร ส่วนจุดอ่อนของ LDPE คือปล่อยให้ไขมันและอากาศซึมผ่านได้ง่าย การใช้งานทั่วไปของ LDPE ได้แก่ ถุงเย็นที่จำหน่ายทั่วไป ถุงข้าวสาร ถุงน้ำตาลทราย ถุงหิ้วใส่สินค้า ถุงน้ำแข็งยูนิต ถุงขนมปัง ฟิล์มยืดห่ออาหาร ฟิล์มหดรัดสินค้า ขวดน้ำดื่มแบบสีขาวขุ่น ขวดน้ำผลไม้ ขวดน้ำสมุนไพร ขวดนมพาสเจอร์ไรส์ หลอดยุบตัวได้ (Collapsible Tube) หรือขวดบีบได้ (Squeezable Bottle) บรรจุนมข้นหวาน มัสตาร์ด หรือซอสมะเขือเทศ

พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง หรือ HDPE เป็นพลาสติกที่มีการใช้มากเป็นอันดับ 2 รองจาก LDPE โครงสร้างโมเลกุลเชิงเส้น ทำให้ HDPE เกิดผลึกได้ง่าย (Crystallinity 65-90%) และความหนาแน่นสูง ซึ่งมีผลต่อสมบัติทางกายภาพที่สำคัญ คือ ความแข็งแรงสูง ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำ กลิ่น และไขมันดีกว่า LDPE สามารถทนทานการใช้งานที่อุณหภูมิสูง (ประมาณ 100-121 องศาเซลเซียส) จึงใช้บรรจุอาหารร้อน ฟิล์ม HDPE มีลักษณะขาวขุ่นจนถึงทึบแสงตามความหนาที่เพิ่มขึ้น นิยมใช้ห่ออาหาร ถุงร้อนที่ใช้ใส่อาหารทั่วไป ถุงบรรจุสินค้าเพื่อการขนส่ง และใช้เป็นโครงสร้างของ Retort Pouch ขวดนมพาสเจอร์ไรส์ ขวดนมเปรี้ยว ขวดซอส เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบการใช้ขวด HDPE บรรจุเครื่องสำอางและสารเคมีที่ใช้ในครัวเรือน เช่น ครีมบำรุงผิว แชมพู สบู่เหลว น้ำยาทำความสะอาดต่างๆ เป็นต้น

2.13.2. ฟิล์มโพลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) เป็นฟิล์มที่จัดอยู่ในกลุ่มโพลิโอเลฟิน (Polyolefin) เช่นเดียวกับโพลิเอทิลีน จึงมีคุณสมบัติคล้ายกัน คุณสมบัติเด่นของฟิล์ม PP คือ มีความใสและป้องกันความชื้นได้ดี อย่างไรก็ตาม การป้องกันอากาศซึมผ่านของ PP ยังไม่ดีเท่ากับพลาสติกบางชนิด เนื่องจากช่วงอุณหภูมิในการหลอมละลายมีช่วงที่แคบเกินไป คุณสมบัติเด่นอีกประการหนึ่งของ PP คือ มีจุดหลอมเหลวสูง ทำให้สามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารในขณะร้อน นอกจากนี้ PP ยังมีความสามารถทนทานต่อการขีดข่วนสูง ทนทานต่อการพับ มีความคงรูป และมีความปลอดภัย จึงสามารถใช้กับอาหารได้ โดยทั่วไป PP จะใช้งานคล้ายคลึงกับ HDPE มาก เช่น กล่อง ถาด ถึง กะละมังล้าง แผ่นรองสินค้า และถุงร้อน ซึ่งใสกว่าถุง HDPE มาก นอกจากนี้ฟิล์มโคพอลิเมอร์ PP สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ง่าย จึงนิยมใช้เป็นถุงบรรจุอาหารที่ต้องการทั้งความใสและปิดผนึกด้วยความร้อนได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ขนมขบเคี้ยว เป็นต้น หรือใช้เป็นชั้นปิดผนึกของวัสดุหลายชั้น ฟิล์มโคพอลิเมอร์ PP สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ง่าย จึงนิยมใช้เป็นถุงบรรจุอาหารที่ต้องการทั้งความใสและปิดผนึกด้วยความร้อนได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ขนมขบเคี้ยว เป็นต้น (งามทิพย์, 2550)

2.13.3. ถุงออลูมิเนียมฟอยล์ เป็นแผ่นลามิเนตออลูมิเนียมบางๆ ขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุอ่อนตัว อย่างไรก็ตาม ฟอยล์ที่บางกว่า ยอมให้ก๊าซและไอน้ำซึมผ่านได้ เนื่องจากมีตามดหรือพินโฮลส์ เล็กๆ จำนวนมาก นอกจากนี้ยังมีการ

แผ่นโพลีเอทิลีนบอว์ฟิล์มพลาสติกชนิดเมตาลไลส์ เพื่อปรับปรุงสมบัติหน้าที่ป้องกันจากบรรยากาศ (คณาจารย์ ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, 2549)

2.14 การเกิดสารพิษอะฟลาทอกซินในระหว่างการเก็บรักษาอาหารแห้ง

สารอะฟลาทอกซิน (aflatoxins) เป็นสารพิษหรือทอกซิน สารพิษจากเชื้อราที่เกิดขึ้นจากเส้นใยของเชื้อรา *Aspergillus flavus* จะเกิดขึ้นตามธรรมชาติ อะฟลาฟลาทอกซินเป็นกลุ่มของสารพิษ แบ่งออกได้หลายชนิดแต่ชนิดที่สำคัญคือ Aflatoxin B₁, B₂, G₁ และ G₂ สารพิษอะฟลาทอกซิน B₁ และ B₂ นั้น มีคุณสมบัติเรืองแสงในช่วงสีน้ำเงิน (Blue) ส่วน Aflatoxin G₁ และ G₂ มีคุณสมบัติเรืองแสงในช่วงสีเขียว (Green) ซึ่ง Aflatoxin B₁ เป็นชนิดที่มีความเป็นพิษรุนแรงที่สุด รองลงมาคือ G₁, B₂ และ G₂ ตามลำดับ ได้มีการศึกษาความเป็นพิษของสารพิษนี้กันอย่างกว้างขวาง ผลสรุปได้ว่า สารอะฟลาทอกซินไปทำอันตรายต่อเซลล์ตับ โดยมีไขมันสะสมมากที่สุด ตับแข็ง ตับอักเสบ เลือดออกในตับ เซลล์ตับถูกทำลาย หากได้รับสารพิษนี้ในปริมาณมากถึงระดับหนึ่ง และได้รับเป็นเวลานานก็จะเกิด Hepatocellular carcinoma หรือ Cholangio carcinoma ทำให้เกิดโรคมะเร็งในตับและตายในที่สุด (อมรา และชวลิต 2547)

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น จึงมีอุณหภูมิและความชื้น เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยเฉพาะอาหารแห้ง และผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น พริกแห้ง พริกไทย ข้าวโพด และถั่วลิสง (ดวงจันทร์ และคณะ 2547) จึงมีโอกาสที่จะตรวจพบสารพิษอะฟลาทอกซินสูง ดังนั้นการป้องกันที่สามารถทำได้คือ ต้องเลือกซื้ออาหารแห้งที่อยู่ในสภาพใหม่ ไม่แตกหัก ไม่ขึ้นรา และ ห้ามบริโภคอาหารแห้ง ที่มีเชื้อราเจริญเติบโตในอาหาร และการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินในตัวอย่างผลิตภัณฑ์เกษตร โดยวิธี ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay) สามารถใช้ชุดตรวจทดสอบสารอะฟลาทอกซินสำเร็จรูป ที่ผลิตโดยกรมวิชาการเกษตร (อมรา และชวลิต 2547)

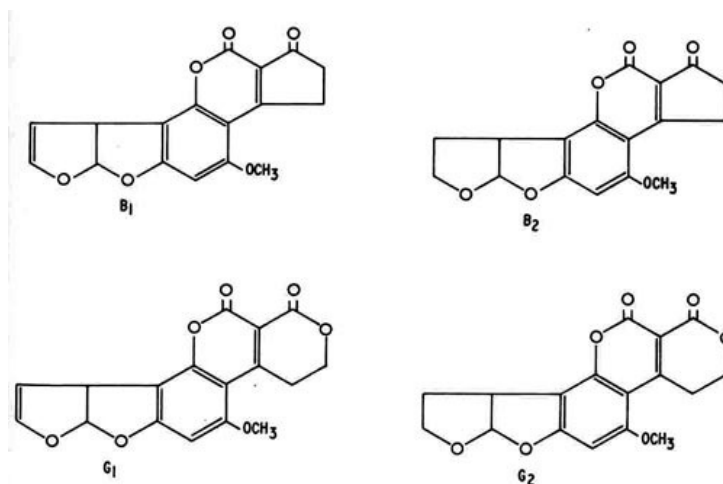


Fig. 1 Structures of aflatoxins B₁, B₂, G₁, and G₂.

ภาพที่ 2.4 สูตรโครงสร้างของอะฟลาทอกซิน

ที่มา: <http://www.aflatoxin.info/aflatoxin.asp>

2.15 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การผลิตผลิตภัณฑ์พริกป่น ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ เช่น การเลือกและเตรียมวัตถุดิบ การทำแห้ง การป่นพริกแห้ง การบรรจุและการเก็บรักษา เป็นต้น การเลือกเตรียมพริกสด เพื่อที่จะทำความสะอาด ลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ และสิ่งแปลกปลอมต่างๆ นอกจากนี้ยังเป็นการรักษาคุณภาพ เช่น สี ของผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

วิยวรรณ และคณะ (2536) พบว่า พริกสองสายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยคือ *Capsicum frutescens* และ *Capsicum annuum* มีปริมาณแคปไซซิน (capsaicin) ร้อยละ 0.47 – 0.79 ต่อน้ำหนักแห้งและ 0.00 – 0.53 ต่อน้ำหนักแห้งตามลำดับ และแคโรทีนอยด์ (carotenoids) อยู่ระหว่างร้อยละ 0.23-0.48 ต่อน้ำหนักแห้งและ 0.06 – 0.55 ต่อน้ำหนักแห้งตามลำดับ

Krajayklang et al (2000). พบว่าความเข้มสีแดงเข้มของสีพริกแห้งที่เตรียมพริก (*Capsicum annuum* L.) ต้องเตรียมจากพริกสดที่เก็บเกี่ยวในระยะผลแดงจัด ส่วนค่าความแตกต่างของคุณภาพสีของพริกแห้งที่เตรียมจากพริกที่เก็บเกี่ยวในระยะต่างๆ นอกจากนี้พบว่า ค่าการสกัดสีแดง (Extracted red color) บ่งบอกความแตกต่างของพริกแห้งได้ดีกว่าค่าความสว่าง (L value) และความเข้มของสี (Chroma, C)

Ergunes and Tarhan, (2006) ได้รายงานพริกแห้งชุดที่เตรียมจากพริกชี้ฟ้าสีแดงที่แช่สารละลาย ethyl oleate และชุดทดลองควบคุม จากทำแห้งด้วยการทำแห้งแบบแสงอาทิตย์ มีสีแดงเข้ม (red-blackish) ส่วนการแช่พริกชี้ฟ้าสีแดงด้วยสารละลาย 2% ethyl oleate + 2 % NaOH and 4 % K_2CO_3 ที่ 60 °C พบว่าสามารถลดการเปลี่ยนแปลงสีของพริกแห้งที่ได้มากที่สุด

Tarhan (2007) ศึกษาการทำแห้งลูกพริกด้วยการแช่สารละลาย (4% ethyl oleate, 1% KOH, 1% NaOH and water) และอุณหภูมิการแช่ที่ 23 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่าการแช่ลูกพริกด้วยสารละลาย 1% KOH หรือ 1% NaOH ที่อุณหภูมิการแช่ที่ 60 องศาเซลเซียสสามารถลดเวลาการทำแห้งลูกพริกลง ส่วนการแช่สารละลายที่แตกต่างกันและที่อุณหภูมิการแช่ที่แตกต่างกัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของลูกพริกที่ได้เพียงเล็กน้อย

Eissa et al (2007) พบว่าพริกสด (*Capsicum Annum*) สีแดงและสีเขียวมีปริมาณแคปไซซิน 175.5 และ 226.2 mg/100 g ตามลำดับ ส่วนผลศึกษาการลวกด้วยสารละลายผสมเกลือและกรด (Acid-brine treatment) NaCl และ $CaCl_2$ ตามด้วย acetic acid, citric acid และ sodium meta-bisulphite พบว่าสารละลายเกลือผสม citric acid และ sodium meta-bisulphite สามารถลดการเปลี่ยนแปลงของพริกแห้งได้ดีกว่าสารละลายผสมชุดอื่นๆ ส่วนการทำแห้งเป็นวิธีการถนอมอาหารอย่างหนึ่ง อาศัยหลักการระเหยน้ำในวัตถุดิบให้เหลือน้อย จนกระทั่งจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพน้อยที่สุด การทำแห้งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทำแห้งโดยอาศัยแสงแดด การใช้ลมร้อนจากตู้อบลมร้อน เป็นต้น

Schweigget et al (2006). ได้ศึกษาผลของการให้ความร้อนและการเก็บรักษาพริกแห้งทำแห้งจากพริกสดที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 และ 10 นาที ก่อนทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง พบว่า การลวกและการทำแห้งทำให้ปริมาณสาร capsaicinoid เริ่มต้นลดลงร้อยละ 21.7 – 28.3 ส่วนการเก็บรักษาพริกแห้งในที่เก็บที่มีแสงและที่มืด พบว่าเมื่ออายุการเก็บ 6 เดือนมีการลดลงของปริมาณสาร capsaicinoid อีกร้อยละ 6.8 – 11.9 เนื่องจากพบว่าการเตรียมพริกสดก่อนการทำแห้งไม่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ peroxidase ได้ทั้งหมด

Vega-Galvez et al (2008). ศึกษาผลของการแช่พริกสด (*Capsicum annum L.*) ด้วยสารละลาย 20 % (w/w NaCl, 1.0 % (w/w) CaCl₂ and 0.3 % (w/w) Na₂SO₄ และทำแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าเสถียรภาพของสีพริกแห้งขึ้นอยู่กัอุณหภูมิทำแห้ง อุณหภูมิที่สูงทำให้เกิดการสูญเสียสีเพิ่มขึ้น การแช่พริกสดในสารละลาย CaCl₂ และ Na₂SO₄ ลดการสูญเสียสีของพริกแห้ง อย่างไรก็ตามการแช่พริกสดในสารละลายทั้งสอง ทำให้ระยะเวลาทำแห้งนานขึ้น เนื่องจากการแช่สารละลายดังกล่าว ทำให้พริกดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น การเลือกวัสดุบรรจุก็เป็นส่วนสำคัญในการรักษาคุณภาพของพริกป่น วัสดุบรรจุที่นิยมบรรจุอาหารแห้ง ได้แก่ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงและต่ำ (High Density Polyethylene และ Low Density Polyethylene) พอลิพรอพิลีน (Polypropylene) และอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium foil) อย่างไรก็ตามระหว่างการทำแห้งพริกป่น มีปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความชื้นและแสง มีอิทธิพลต่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลชีววิทยา เคมีและกายภาพเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ การเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญคือการเจริญของเชื้อราที่ผลิตสารพิษ โดยเฉพาะสารอะฟลาทอกซิน ซึ่งเป็นสารพิษที่อันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และคณะ (2544) ศึกษาจลนศาสตร์ของการเสื่อมของสีแดง หรือค่า a ของพริกแห้งที่ทำแห้งโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง โดยใช้พริกพันธุ์สดแดง (*Capsicum frutesces L.*) และพันธุ์จินดา (*Capsicum annum L.*) และเก็บรักษาที่ระดับปริมาณน้ำอิสระ (water activity) 0.22 , 0.43 , 0.57 และ 0.84 และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 50 , 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าพริกแห้งทำแห้งจากพันธุ์จินดามีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดีกว่าพริกแห้งทำแห้งจากพันธุ์สดแดง และที่ปริมาณน้ำอิสระ 0.43 สีของพริกมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้อยที่สุด

Bhat et al (1987) สํารวจและวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลชีววิทยาของพริกป่น (chili powder) และเมล็ดคumin (cumin seeds) และที่จำหน่ายในร้านค้าเมืองมุมไบ ประเทศอินเดีย พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (aerobic plate count) อยู่ระหว่าง 2×10^6 /g to 2×10^8 /g ของพริกป่น และ 1.0×10^4 /g to 1.0×10^8 /g ของเมล็ดคumin ร้อยละ 50 – 95 ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็นจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ได้ มีการตรวจพบว่า เชื้อรา *Aspergillus spp.* เป็นเชื้อราที่มีจำนวนมากในตัวอย่างพริกป่นที่ตรวจพบเชื้อยีสต์และรา ส่วนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค *Salmonella*, *Shigella* and *Vibrio spp* ตรวจไม่พบใน พริกป่น และเมล็ดคumin อย่างไรก็ตามมีการตรวจพบ *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* ในตัวอย่างของพริกป่น

วิรัช และคณะ (2548) พบว่าตัวอย่างอาหารจำพวกน้ำพริกในรูปของเหลว 30 ตัวอย่าง ตรวจพบปริมาณอะฟลาทอกซิน B1 B2 G1 และ G2 จำนวน 4,0,23 และ 0 ตัวอย่าง ตามลำดับ พบปริมาณอะฟลาทอกซิน B1 ในปริมาณ 4.3, 4.3, 12.1 และ 12.6 ไมโครกรัม/กิโลกรัม พบอะฟลาทอกซิน G1 ในปริมาณระหว่าง 8.2 – 174.0 ไมโครกรัม/กิโลกรัม มีจำนวนร้อยละ 66.67 ของตัวอย่างที่มีปริมาณอะฟลาทอกซินไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

Pura-Naik et al (2001) ได้รายงานในช่วงความชื้นระหว่างร้อยละ 11.2 – 14.0 เป็นช่วงความชื้นวิกฤตที่มีการเจริญของเชื้อยีสต์และราในพริกป่นที่บรรจุ High Density Polyethylene (HDPE) อย่างไรก็ตามพริกป่นที่บรรจุใน Metallised Polyester Polyethylene (MPP) มีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยกว่าพริกป่นที่บรรจุใน HDPE ความชื้นและอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุสีแดงในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนการลดลงของปริมาณแคปไซซินไม่มีความสัมพันธ์กับสภาพการเก็บรักษาและชนิดบรรจุภัณฑ์

Ramesh et al (2001) พบว่าการสูญเสียสีแดงของพริกแห้ง เกิดจากปฏิกิริยา autoxidation ของสาร carotenoids เสถียรภาพของสารนี้ระหว่างการเก็บรักษา ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการทำแห้ง เมื่ออุณหภูมิการทำแห้งเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการสูญเสียเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้การบรรจุภายใต้สภาพก๊าซเฉื่อย สามารถลดการสูญเสียวิตามินซีได้

Peterson (2007) ศึกษาการปนเปื้อนของตัวอย่างพริกแห้งและพริกป่นในประเทศปากีสถาน พบว่าพริกป่นมีการปนเปื้อน aflatoxin B₁ ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง มีความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างการปนเปื้อน aflatoxin B₁ และ aflatoxin B₂ ที่ปนเปื้อนในตัวอย่าง อย่างไรก็ตามไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบเชื้อรา *Aspergillus flavus* กับการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน ในตัวอย่าง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

พริกชี้ฟ้า (*Capsicum annum*) พันธุ์จินดาหรือพันธุ์เดือยไก่ (ภาษาถิ่น) จากตลาดสดขายส่งและขายปลีกในจังหวัดเชียงราย

3.2 สารเคมีในกระบวนการผลิต

- Sodium hypochlorite (10% available chlorine solution) (Vittayasom Sriracha Co.Ltd.)
- Ethyl oleate ($C_{20}H_{38}O_2$, Fluka, Switzerland)
- Potassium carbonate (K_2CO_3 , Merck, Germany)
- Sodium hydroxide (NaOH, Merck, Germany)

3.3 สารเคมีในการวิเคราะห์

- Acetone (CH_3COCH_3 , LAB-SCAN Analytical sciences, Labscan Asia Co., Ltd. Thailand)
- Diethyl ether ($C_2H_5)_2O$ (LAB-SCAN Analytical sciences, Labscan Asia Co., Ltd. Thailand)
- Methanol (CH_3OH , LAB-SCAN Analytical sciences, Labscan Asia Co., Ltd. Thailand)
- Phosphomolybdic acid ($12MoO_3 \cdot H_3PO_4 \cdot 24H_2O$, UNIVAR, Asia Pacific Specialty Chemicals Ltd. Australia)
- Potassium hydroxide (KOH, no. 472057, Carlo Erba reagents Ltd., Italy)
- Sodium Chloride (NaCl, LAB-SCAN Analytical sciences, Labscan Asia Co., Ltd. Thailand)
- Sodium hydroxide (NaOH, no. 480507 Carlo Erba reagents Ltd., Italy)
- Sodium Sulfate (Na_2SO_4 , MERCK, Merck, Germany)
- ชุดอาหารสำเร็จรูปในการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ (3M Petrifilm, 3 M Thailand Co., Ltd.)
- ชุดตรวจสอบแอฟลาทอกซินบี 1 (Aflatoxin ELISA Test kit, กรมวิชาการเกษตร)

3.4 วิธีการวิเคราะห์

- การวิเคราะห์ ความชื้น (ภาคผนวก 1)
- การวิเคราะห์ค่าการสกัดสีแดง (Extracted red color, ASTA) (ภาคผนวก 1)

- การวิเคราะห์สีแบบ CIE Hunter lab (ภาคผนวก 1)
- การวิเคราะห์การแพร่ของขนาด (ภาคผนวก 1)
- การวิเคราะห์หา Moisture sorption (ภาคผนวก 1)
- การวิเคราะห์หา อะฟลาทอกซิน (ภาคผนวก 1)
- การวิเคราะห์ปริมาณ แคโรทีนอยด์ (ภาคผนวก 1)
- การวิเคราะห์ปริมาณ แคปไซซิน (ภาคผนวก 1)
- การตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และเชื้อราและยีสต์) (ภาคผนวก 1)

3.5 วัสดุและอุปกรณ์

- ตู้อบแห้งแบบถาด (กล้วยน้ำไทย, บริษัทนิคซี จำกัด)
- เครื่องผลิตถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ (020035, VAC-STAR/S220LBV, Owner Foods Machinery Co., Ltd)
- เครื่องชั่งทศนิยมสี่ตำแหน่ง (ARC 120 Adventurer, Jebesen & Jessen Marketing Co., Ltd.)
- เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงช่วงยูวี-วิสิเบิล (UV Spectrophotometer, BIC 99877, Biochrom/Libra S22 England, Scientific Promotion Co., Ltd. Thailand)
- อ่างทำน้ำร้อน (water bath) (Mettler/WB14, Becthai Bangkok Equipment & Chemical Co.Ltd., Thailand)
- เครื่องบดตัวอย่าง (CMC-20, ร้านเชียงรายบรรจุกภัณฑ์)
- เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณวอเตอร์แอกทีวิตี้ (a_w) (104068, NOVASINA/AWC500, Aqua-Air Technology Co., Ltd. Thailand)
- เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (Hot air Oven, 04053, Contherm/Thermotech 2000 oven, Lab Focus Co., Ltd. Thailand)
- ตู้ความชื้น (Airtight box, Boekel, Gibthai Co., Ltd. Thailand)
- เครื่องวัดสีแบบตั้งโต๊ะ (Cox2339, Hunter Lab/color Quest XE, Color Global Co., Ltd. Thailand)
- เครื่องเขย่าวิเคราะห์ขนาดอนุภาค (Sieving Machine, AS200 Digit Retsch, Scientific Promotion Co., Ltd. Thailand)
- เครื่องแก้ว

3.6 วัสดุบรรจุภัณฑ์

ตารางที่ 3.1 วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง

ชนิดถุง/ขนาด	ความยาว (ซม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความหนา (ไมโครเมตร)
พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene หรือ HDPE) ขนาดบรรจุ 100 กรัม	20.5	12.4	40
HDPE ขนาดบรรจุ 500 กรัม	28.4	17.6	40
HDPE ขนาดบรรจุ 1000 กรัม	30.9	20.1	40
พอลิพรอพิลีน (Polypropylene หรือ PP) ขนาดบรรจุ 100 กรัม	20.8	12.7	40
PP ขนาดบรรจุ 500 กรัม	28.1	17.7	40
PP ขนาดบรรจุ 1000 กรัม	31.0	20.1	40
อลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium foil หรือ AL) ขนาดบรรจุ 100 กรัม	26.1	15.1	170
AL ขนาดบรรจุ 500 กรัม	26.1	15.1	170
AL ขนาดบรรจุ 1000 กรัม	30.7	20.4	170

3.7 สมการคำนวณค่าการวิเคราะห์ผลด้านคุณภาพ

3.7.1 ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning Index)

$$BI = \frac{[100 (x - 0.31)]}{0.17} \dots\dots\dots (1)$$

$$x = \frac{(a + 1.75L)}{(5.645L + a - 3.012b)} \dots\dots\dots (2)$$

กำหนดให้

a = ค่าสีแดง
b = ค่าสีเหลือง
L = ค่าความสว่าง

3.7.2 ค่าการสกัดสีแดง (Extracted red color, ASTA)

$$\text{ASTA 20} = \frac{\text{Absorbance} \times 16.4 \times l_f}{\text{Weight of sample (g)}} \dots\dots\dots (3)$$

3.7.3 ΔE ค่าความเบี่ยงเบนของสี

$$\Delta E = \text{SQRT} (L_c - L)^2 + (a_c - a)^2 + (b_c - b)^2 \dots\dots\dots (4)$$

กำหนดให้

SQRT	=	รากฐานที่สอง
L_c	=	ค่าความสว่างของตัวควบคุม
L	=	ค่าความสว่างของตัวอย่าง
a_c	=	ค่าสีแดงของตัวควบคุม
a	=	ค่าสีแดงของตัวอย่าง
b_c	=	ค่าสีเหลืองของตัวควบคุม
b	=	ค่าสีเหลืองของตัวอย่าง

3.7.4 การหาอนุภาคเฉลี่ย

$$D_{vsm} = \left(\sum \frac{m}{D_p} \right)^{-1} \dots\dots\dots (5)$$

กำหนดให้

D_{vsm}	=	ขนาดอนุภาคเฉลี่ยโดยวิธีอัตราส่วนปริมาตรต่อพื้นที่
m	=	เศษส่วนมวล (mass fraction) ที่ติดค้างของแต่ละชั้น
D_p	=	ขนาดรูเปิดของตะแกรงร่อนในแต่ละชั้น

บทที่ 4

ผลการทดลองและการอธิบายผล

4.1 คุณภาพของผลิตภัณฑ์พริกป่นจำหน่ายในจังหวัดเชียงรายและต่างประเทศ

ผลิตภัณฑ์พริกป่นจำหน่ายในจังหวัดเชียงราย (ตารางที่ 4.1) และต่างประเทศ (ไต้หวัน) (ตารางที่ 4.2) ได้จัดซื้อในช่วง เดือน พฤศจิกายน – ธันวาคม 2551 พริกป่นจำหน่ายในจังหวัดเชียงราย บรรจุถุงพลาสติกขนาด 500 หรือ 1000 กรัม ส่วนพริกป่นจำหน่ายในประเทศไต้หวันบรรจุขวดแก้ว ขนาด 100 กรัม การวิเคราะห์คุณภาพของตัวอย่างพริกป่นที่ศึกษาได้แก่ ทางกายภาพ ทางเคมีและทางจุลชีววิทยา เพื่อตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและจำหน่าย

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างพริกป่นที่ผลิตและจำหน่ายในจังหวัดเชียงราย

ลำดับ	ตัวอย่าง	ผู้ผลิต/สถานที่ขาย	รหัส
1	พริกขี้หนูป่น 500 ก. (เฟิร์ทไฟร์)	อุตสาหกรรมอาหารไทย / บิ๊กซี	C001
2	พริกขี้หนูป่น 100 ก. (ลีดเดอร์ไฟร์)	อุตสาหกรรมอาหารไทย / บิ๊กซี	C002
3	พริกขี้หนูสวนป่น 500 ก. (ไวท์พี)	ไร่บุญยะ/บิ๊กซี	C003
4	พริกยอสดปั่น (คั่ว) 500 ก.	ร้านทะเลทอง/ตลาดเทศบาล	M001
5	พริกยอสดปั่น 500 ก. (ไร่บัณฑิต)	ร้านทะเลทอง/ตลาดเทศบาล	M002
6	พริกป่น 500 ก. (ไร่ทอง)	ร้านแม่น้อย /ตลาดเทศบาล	M003
7	พริกป่น 500 ก.	ผลิตจากอ.แม่สาย/ ตลาดเทศบาล	M004
8	พริกป่น 500 ก. (ผสมเกลือ)	ผลิตจากอ.แม่สาย/ ตลาดเทศบาล	S001
9	พริกป่น 500 ก.	ผลิตจากอ.แม่สาย/ ตลาดเทศบาล	S002
10	พริกป่น 500 ก.	ผลิตจากอ.แม่สาย/ ตลาดเทศบาล	S003

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างพริกป่นที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไต้หวัน

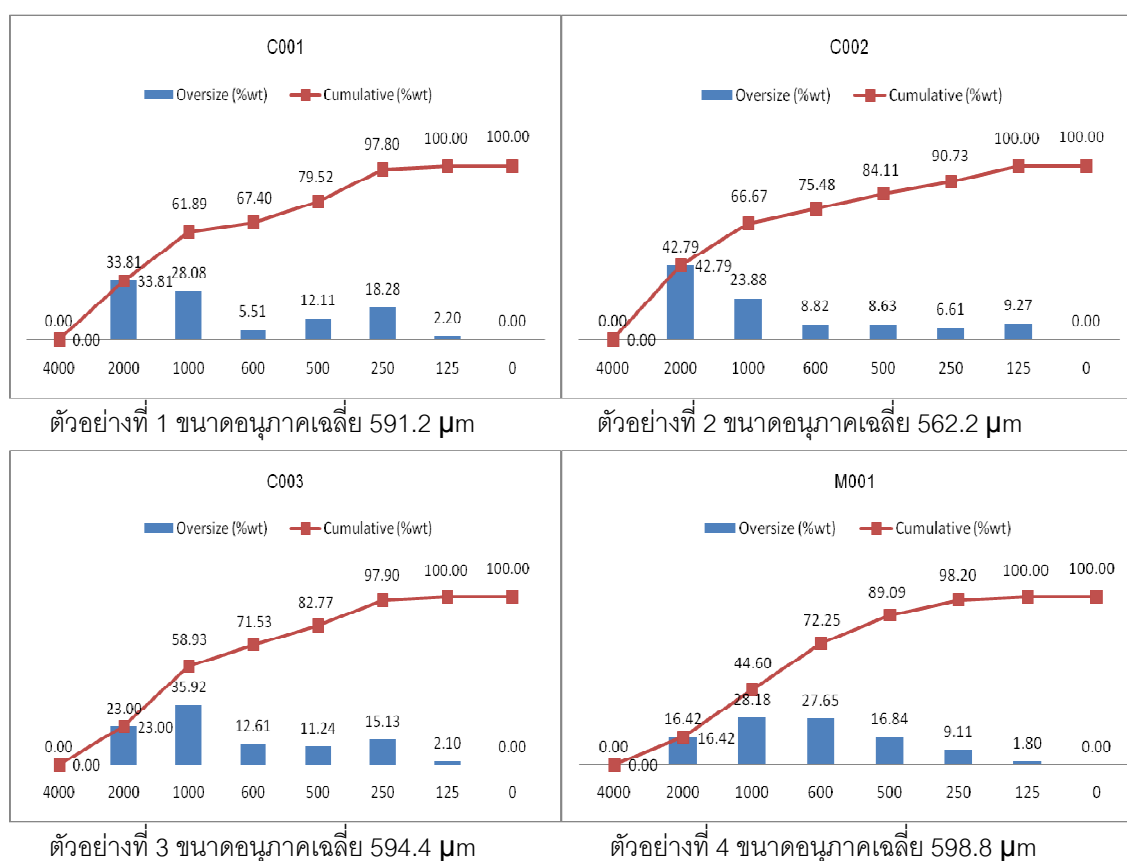
ลำดับ	ตัวอย่าง	ผู้ผลิต/สถานที่ขาย	รหัส
1	Chili Powder	Carrefour/ Taiwan	TW001
2	Ground red pepper	Mc.Cormick/ Taiwan	TW002
3	Chili powder	Carrefour/ Taiwan	TW003
4	Red pepper powder	Local supplier/ Taiwan	TW004
5	Red chili powder	Local supplier/ Taiwan	TW005

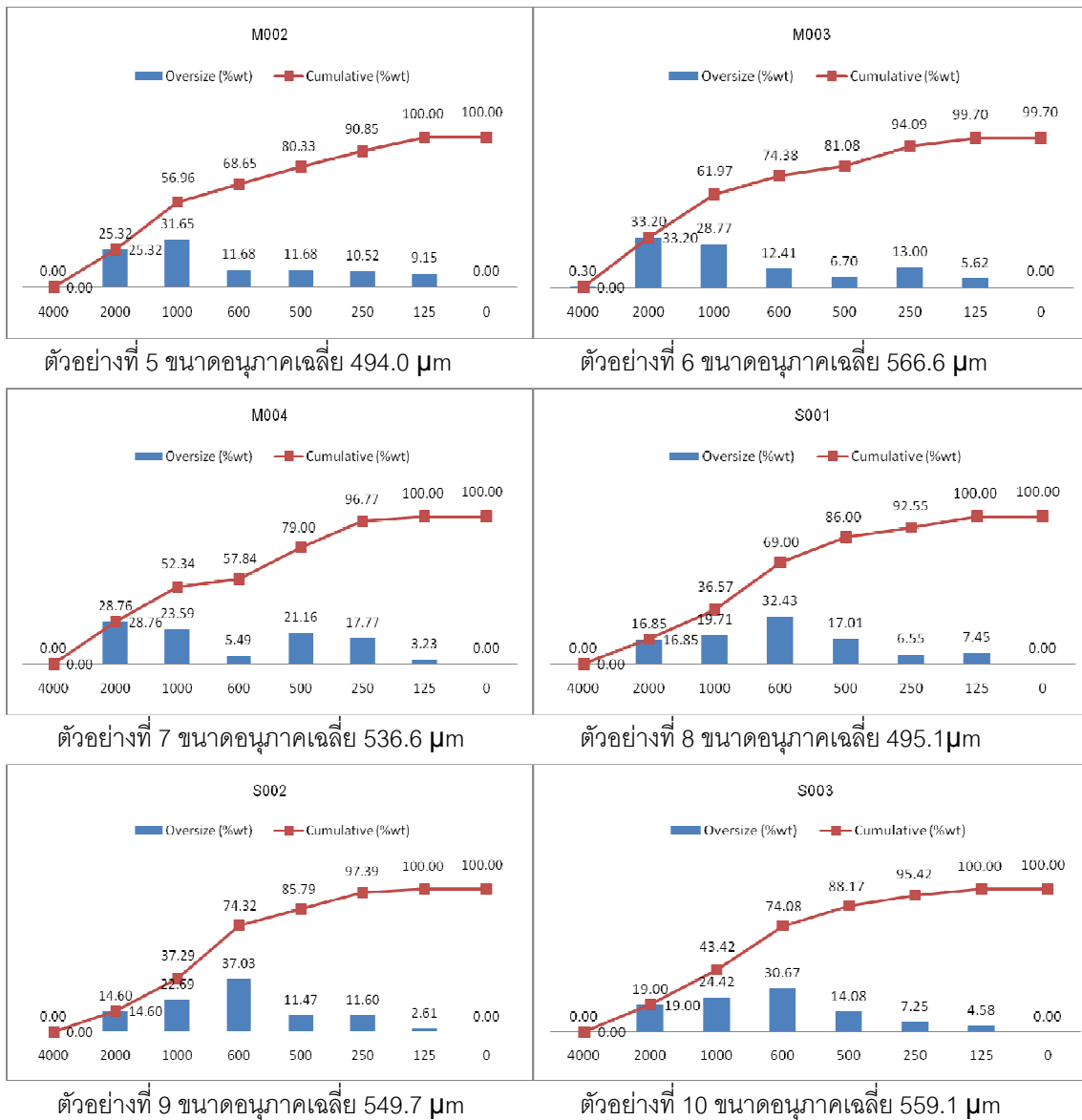
4.1.1 คุณภาพด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์พริกป่น

คุณภาพทางกายภาพที่ศึกษาได้แก่ การกระจายตัวของอนุภาคและขนาดอนุภาคเฉลี่ย และค่าสีของพริกป่นทั้ง 10 ตัวอย่างที่ผลิตในประเทศ

4.1.1.1 การกระจายตัวของอนุภาคและขนาดอนุภาคเฉลี่ย

การศึกษาการกระจายตัวของอนุภาคนั้นใช้วิธี Sieve Analysis โดยใช้อนุกรมของตะแกรงร่อนที่มีขนาดช่องเปิดต่างๆ กัน ได้แก่ 4000, 2000, 1000, 650, 500, 250, 125 μm และ กระดาษรอง (pan) ส่วนการหาขนาดอนุภาคเฉลี่ยใช้วิธีเฉลี่ยโดยอัตราส่วนปริมาตรต่อพื้นที่ (Volume-Surface Mean Diameter) ซึ่งรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 4.1





ภาพที่ 4.1 การกระจายตัวและขนาดเฉลี่ยของตัวอย่างพริกป่นจากท้องตลาด

จากภาพที่ 4.1 พบว่าตัวอย่างพริกป่นในท้องตลาดบางชนิดมีอนุภาคกระจายตัวไม่สม่ำเสมอเนื่องจากบางตัวอย่างไม่ได้มีอนุภาคที่มีน้ำหนักมากเพียงขนาดเดียวแต่ประกอบด้วยอนุภาคหลายขนาดเช่นตัวอย่างที่ 6 (M003) และ 7 (M004) ซึ่งแต่ละขนาดอนุภาคอาจให้ค่าสีต่างกันจึงอาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีไม่สม่ำเสมอ โดยจากการทดลองพบว่าพริกป่นที่ได้จากท้องตลาดมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ในช่วง 494 – 598.8 μm

4.1.1.2 ค่าสีของผลิตภัณฑ์พริกป่น

การวิเคราะห์ค่าสีจากหน่วยวัดสามระบบของตัวอย่างพริกป่นที่ผลิตในประเทศ แสดงในตารางที่ 4.3 ค่าความสว่าง L แสดงถึงความสว่าง มีค่าระหว่าง 0 (ดำ) ถึง 100 (ขาว) ค่าสี a แสดงช่วงสีแดงถึงสีเขียว โดยค่า a มีค่าเป็นบวกแสดงช่วงสีแดง a มีค่าเป็นลบแสดงช่วงสีเขียว b แสดงช่วงสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน b มีค่าเป็นบวกแสดงช่วงสีเหลือง และ b มีค่าเป็นลบแสดงช่วงสีน้ำเงิน ส่วนค่าความเข้มของสี (Chroma) เป็นดัชนีบ่งชี้ความอิ่มตัวและความเข้มของสี และค่าการสกัดสีแดง (Extractable Red Color) มีหน่วย ASTA unit เป็นวิธีการวิเคราะห์สีที่พัฒนาโดย The American Spice Trade Association (Krajaylang, 2000) ผู้ผลิตพริกป่นระดับอุตสาหกรรมนิยมใช้ค่าความเข้มของสีเป็นข้อกำหนดคุณภาพสีของพริกป่น (Tarhan *et al*, 2006) ค่าความเข้มของสีพริกป่นมากแสดงถึงคุณภาพที่ดี พริกป่นที่ต้องการของผู้ผลิตพริกป่น จากตารางที่ 4.3 พบว่า ค่าความสว่าง L ของพริกป่นทั้งหมดมีค่าระหว่าง 40 – 46 หน่วย ส่วนการคำนวณอัตราส่วนสีแดงต่อสีเหลือง (R) ของพริกป่นพบว่า มีค่าระหว่าง 0.93 – 1.40 หน่วย พริกป่นตัวอย่าง C001 มีค่าอัตราส่วนสีแดงต่อสีเหลืองต่ำสุด 0.93 พริกป่นตัวอย่าง M001 ค่าอัตราส่วนสีแดงต่อสีเหลืองสูงสุด 1.40 ค่าความเข้มของสีมีค่าระหว่าง 8 – 19 unit ส่วนค่าการสกัดสีแดงที่วิเคราะห์ได้ ไม่มีความสัมพันธ์กับค่า a ค่าอัตราส่วนสีแดงต่อสีเหลืองและค่าการสกัดสีแดง แสดงถึงความแปรผันของชนิดและปริมาณรงควัตถุในพริกสด ที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตพริกป่น ซึ่งมีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

ตารางที่ 4.3 ค่าสีของผลิตภัณฑ์พริกป่นจำหน่ายในจังหวัดเชียงราย

รหัส	L ^a	a	b	C	ASTA
C001	44.46 ± 0.02	11.56 ± 0.02	12.39 ± 0.04	16.40 ± 0.78	24.75 ± 0.90
C002	45.47 ± 0.00	11.46 ± 0.06	12.06 ± 0.01	16.69 ± 0.09	28.20 ± 0.10
C003	41.65 ± 0.03	10.54 ± 0.05	9.58 ± 0.00	14.52 ± 0.39	46.69 ± 0.10
M001	40.48 ± 0.01	6.98 ± 0.05	4.98 ± 0.11	8.69 ± 0.16	24.32 ± 0.09
M002	46.24 ± 0.19	14.10 ± 0.04	13.03 ± 0.31	19.34 ± 0.24	47.18 ± 0.00
M003	42.32 ± 0.12	8.42 ± 0.03	8.215 ± 0.08	11.43 ± 0.48	64.03 ± 0.00
M004	44.32 ± 0.02	10.60 ± 0.04	10.16 ± 0.01	14.70 ± 0.03	12.66 ± 0.08
S001	42.62 ± 0.02	8.23 ± 0.01	8.28 ± 0.03	11.01 ± 0.94	42.65 ± 0.08
S002	43.20 ± 0.04	9.16 ± 0.01	9.84 ± 0.04	13.33 ± 0.17	24.52 ± 0.00
S003	42.92 ± 0.04	8.96 ± 0.06	8.18 ± 0.01	12.96 ± 1.17	15.18 ± 0.10

^a ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

4.1.2 คุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์พริกป่น

คุณภาพทางเคมีที่ศึกษาคือ ความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสีสังเคราะห์ที่เป็นอันตรายได้แก่ Sudan Red I, II, III, IV และการวิเคราะห์เชิงคุณภาพสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) แสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.5

ตารางที่ 4.4 คุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์พริกป่นจำหน่ายในจังหวัดเชียงราย

รหัส	ความชื้น ^a (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	Aflatoxins (Positive/ Negative)
C001	1.64 ± 0.01	0.10 ± 0.01	Neg.
C002	6.59 ± 0.01	0.11 ± 0.01	Neg.
C003	5.94 ± 0.00	0.09 ± 0.00	Neg.
M001	2.54 ± 0.03	0.13 ± 0.03	Neg.
M002	9.39 ± 0.01	0.28 ± 0.01	Neg.
M003	4.79 ± 0.01	0.10 ± 0.01	Neg.
M004	5.70 ± 0.01	0.52 ± 0.01	Neg.
S001	5.57 ± 0.00	0.42 ± 0.00	Neg.
S002	2.94 ± 0.01	0.27 ± 0.01	Neg.
S003	4.55 ± 0.02	0.40 ± 0.01	Neg.

^a ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

จากตารางที่ 4.4 พบว่าความชื้นที่วิเคราะห์ได้อยู่ในข้อกำหนดของมาตรฐาน มอก.457-2526 ที่กำหนดไว้ว่า ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน 11 ส่วนเถ้าทั้งหมดของพริกป่นทุกตัวอย่างน้อยกว่า เถ้าทั้งหมด ร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง ไม่เกิน 8 แม้ว่าพริกป่นตัวอย่างที่ ผลิตจาก อำเภอแม่สาย (S001) จังหวัดเชียงรายมีการผสมเกลือในพริกป่น เถ้าทั้งหมดของพริกป่นตัวอย่งนี้ก็มีไม่มากกว่าเถ้าของพริกป่นตัวอย่างอื่น ๆ

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพอะฟลาทอกซิน ด้วยวิธีการและชุดทดสอบอะฟลาทอกซิน (DOA-Aflatoxin ELISA test kit) ของการวิชาการเกษตร ซึ่งมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์เทียบเท่าวิธีทางเคมี (อมรา ชินภูติ และชวลีศ ตริภุณาสวัสดิ์ 2547) ใช้เป็นการตรวจสอบเบื้องต้นการปนเปื้อนของสารพิษนี้ พบว่าไม่มีการปนเปื้อนสารพิษอะฟลาทอกซินในพริกป่นทุกตัวอย่าง (ตารางที่ 4.4)

การตรวจการปนเปื้อนสาร Sudan Red I-IV ซึ่งโดยปกติ Sudan Red เป็นสารสังเคราะห์ที่ให้สีแดง และเป็นสีที่อยู่ในกลุ่มของสีย้อมที่ใช้ในอุตสาหกรรม ปกตินิยมใช้เป็นสารให้สีของพลาสติกและวัสดุสังเคราะห์อื่นๆ รวมทั้งนำมาใช้

เป็นตัวทำละลายสีน้ำมันปิโตรเคมี สารขัดเงารองเท้าและพื้น ผลการวิเคราะห์หัวแทนตัวอย่างพริกป่นจากแหล่งผลิตต่างกัน 4 แห่ง (ตารางที่ 4.5) โดยสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร พบว่าตัวแทนตัวอย่างพริกป่นทั้งสี่ตัวอย่าง ไม่มีการปนเปื้อนสาร Sudan I-IV

ตารางที่ 4.5 Sudan I – IV ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์พริกป่นจำหน่ายในจังหวัดเชียงราย

ตัวอย่าง	รหัส	Sudan I ^a	Sudan II	Sudan III	Sudan IV
พริกขี้หนูสวนปน 500 ก. (ไร่ทิพย์)	C003	Neg	Neg	Neg	Neg
พริกขี้หนูปน 500 ก. (ไร่บัณฑิต)	M002	Neg	Neg	Neg	Neg
พริกป่น 500 ก. (ไร่ทอง)	M003	Neg	Neg	Neg	Neg
พริกป่น 500 ก. ผลิตจากอ.แม่สาย	S002	Neg	Neg	Neg	Neg

^aวิเคราะห์โดยสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

4.1.3 คุณภาพด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์พริกป่น

การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลชีววิทยาศึกษาในพริกป่นทุกตัวอย่างทั้งที่ผลิตในประเทศและต่างประเทศโดยปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, จำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ ยีสต์และรา (ตารางที่ 4.6 – 4.7 ตามลำดับ)

ตารางที่ 4.6 คุณภาพด้านจุลชีววิทยาผลิตภัณฑ์พริกป่นจำหน่ายในจังหวัดเชียงราย

ลำดับ	รหัส	จุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) (CFU/g) ^a	โคลิฟอร์ม (Coliform) by MPN test (CFU/g)	ยีสต์และรา (Yeast & Mold) (CFU/g)
1	C001	2.43x10 ⁴	<3.0	3.30x10 ²
2	C002	3.50x10 ⁴	<3.0	5.00x10
3	C003	3.40x10 ³	<3.0	ไม่พบ
4	M001	5.73 x 10 ³	23	4.07 x 10 ³
5	M002	1.00 x 10 ⁵	240	2.66 x 10 ²
6	M003	4.20x10 ³	<3.0	ไม่พบ
7	M004	5.2 x10 ⁴	240	6.67 x 10
8	S001	4.30x10 ⁴	>1100	8.33x10 ³
9	S002	3.70x10 ⁴	23	1.33x10

ลำดับ	รหัส	จุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) (CFU/g) ^a	โคลิฟอร์ม (Coliform) by MPN test (CFU/g)	ยีสต์และรา (Yeast & Mold) (CFU/g)
10	S003	2.60x10 ⁵	<3	1.40x10 ²

^a ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

ตารางที่ 4.7 คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์พริกป่นจำหน่ายในประเทศไต้หวัน

ลำดับ	รหัส	จุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) (CFU/g) ^a	โคลิฟอร์ม (Coliform) by MPN test (CFU/g)	ยีสต์และรา (Yeast & Mold) (CFU/g)
1	TW001	1.80 x 10 ³	<3.0	ไม่พบ
2	TW002	4.67 x 10 ²	<3.0	ไม่พบ
3	TW003	< 10 ²	<3.0	ไม่พบ
4	TW004	2.57x10 ³	93	3.03 x 10 ³
5	TW005	3.80x10 ⁴	150	1.17x10 ³

^a ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

จากตารางที่ 4.6 – 4.7 พบว่าพริกป่นทุกตัวอย่าง มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด อยู่ในข้อกำหนดของ มาตรฐานผลิตภัณฑ์พริกป่น ที่กำหนดไว้ว่า จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count, TPC) ต่อกกรัมของตัวอย่าง ไม่เกิน 500,000 โคโลนี พริกป่นผลิตโดยผู้ผลิตหรือผู้ขายรายย่อย มีจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าพริกป่นที่ผลิตโดยผู้ผลิตรายใหญ่ เช่น บริษัทอุตสาหกรรมอาหารไทย จำกัด ส่วนพริกป่นจำหน่ายในประเทศไต้หวัน มีจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าพริกป่นจำหน่ายในประเทศไทย อาจจะเนื่องมาจากภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันการปนเปื้อนและการผลิตตามหลักเกณฑ์วิธีการผลิตอาหารที่ดี ส่วนพริกป่นที่จำหน่ายจังหวัดเชียงรายและไต้หวันหลายแหล่ง มีโคลิฟอร์มมากกว่าข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ที่กำหนดไว้ว่า โคลิฟอร์ม (coliform) โดยวิธี MPN ต่อกกรัมของตัวอย่างน้อยกว่า 3 ต่อกกรัมตัวอย่าง พริกป่นที่ผลิตจากประเทศพม่า และนำเข้ามามีจำหน่ายที่ตลาดอำเภอแม่สาย จำนวนโคลิฟอร์มมากกว่า 1,000 ส่วนยีสต์และรา ข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ที่กำหนดไว้ว่า รา (mold) ต่อกกรัมตัวอย่าง ไม่เกิน 100 โคโลนี การเจริญของยีสต์และรา ที่มากกว่าข้อกำหนดในพริกป่นบางตัวอย่าง เมื่อทำการวิเคราะห์หาในตัวอย่างดังกล่าวแล้ว พบว่าจำนวนราน้อยกว่า 100 โคโลนี ชนิดและจำนวนจุลินทรีย์ในพริกป่นที่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ เป็นการบ่งชี้ถึงสุขลักษณะในการทำพริกป่น เพื่อให้การผลิตพริกป่นของผู้ผลิตยังไม่มีมาตรฐานคุณภาพที่ดีพอ ผู้ผลิตต้องปฏิบัติตามมาตรฐานข้อกำหนดสุขลักษณะของอาหาร มาตรฐานเลขที่ มอก. 34 หรือ หลักเกณฑ์วิธีการผลิตอาหารที่ดี (Good Manufacturing Practices, GMP)

4.2 การศึกษาการลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ของพริกสด

การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในขั้นตอนการผลิตพริกป่นอาจมีหลายสาเหตุตั้งแต่การเพาะปลูก, การเก็บเกี่ยว และการผลิต ซึ่งในงานวิจัยนี้จะศึกษาวิธีลดจำนวนจุลินทรีย์ที่มาจากวัตถุดิบเนื่องจากการปนเปื้อนมาจากดินที่ใช้เพาะปลูกและการขนส่ง โดยจะศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดจำนวนจุลินทรีย์ด้วยใช้ความร้อนโดยใช้การลวกซึ่งโดยปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ วิธีการลวก, ระยะเวลาและอุณหภูมิ และการใช้สารเคมีในขั้นตอนการล้างได้แก่ ชนิดของสารเคมี ความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสม นอกจากนี้ในขั้นตอนการศึกษาวัตถุดิบยังได้ศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการคัดเลือกความสมบูรณ์ที่เหมาะสมของผลพริกชี้ฟ้าสดควบคู่ไปด้วย

4.2.1 ผลของวัตถุดิบ

โดยปกติพริกป่นผลิตขึ้นจากทั้งวัตถุดิบที่เป็นพริกชี้ฟ้าสดและพริกชี้ฟ้าแห้ง โดยการทดลองนี้จะศึกษาวิธีการลดการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ของพริกแห้งที่ผลิตจากพริกสด ซึ่งจากการศึกษาสีผิวของพริกในท้องตลาดพบว่าสามารถจำแนกออกได้ 5 ช่วงตามความสมบูรณ์ของพริกสด ดังแสดงตามภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ระดับสีผิวของพริกสดที่จำแนกได้ 5 ระดับ

(ก) เขียว (ข) เริ่มเปลี่ยนสี (ค) เปลี่ยนเป็นสีแดง (ง) แดงทั้งหมด (จ) แดงเข้ม

โดยจะใช้พริกชี้ฟ้าในแต่ละช่วงสีไปเปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีผิวในแต่ละระดับความสมบูรณ์กับค่าความสว่าง (Lightness), ความเข้มของสี (Chroma), ความสว่างของสี (Hue, °h) ซึ่งรายละเอียดแสดงดังตารางที่

4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าสีเปลือกของพริกที่สังเกตได้และค่าที่วัดด้วยเครื่องมือ

ค่าสีผิวที่สังเกต	ค่าคุณลักษณะสีที่วัดได้		
	L ^a	C*	°h
เขียว	48.20±2.31 ^a	35.49±1.43 ^c	108.02±3.26 ^a
เปลี่ยนสี	46.35±6.23 ^a	36.09±3.96 ^c	72.36±3.60 ^b
เปลี่ยนเป็นสีแดง	42.75±2.24 ^a	36.56±3.19 ^c	55.75±2.64 ^c
แดงทั้งหมด	45.43±3.69 ^a	61.29±4.01 ^a	42.58±1.31 ^d
แดงเข้ม	36.26±0.37 ^b	46.03±3.06 ^b	28.84±1.94 ^e

^a : ตัวอักษร a,b,c,d, และ e ด้วยก หมายถึงการเปรียบเทียบความแตกต่างในแนวตั้งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

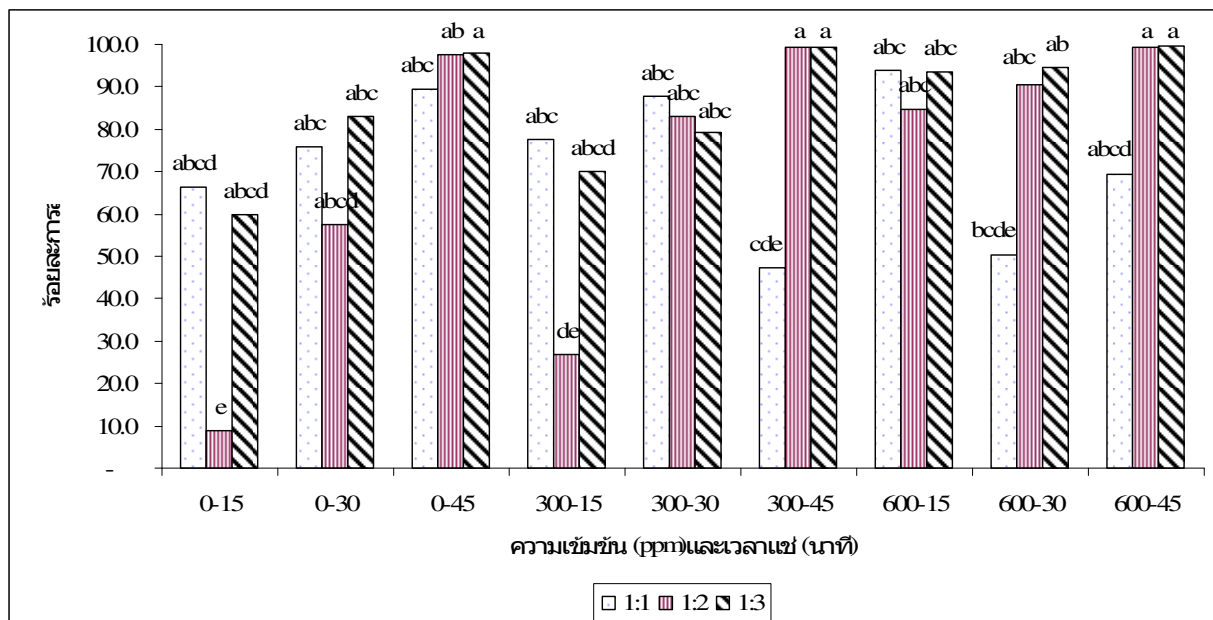
จากตารางที่ 4.8 พบว่าค่าสีผิวของพริกในแต่ละระดับความสมบูรณ์มีผลโดยตรงต่อค่าความสว่างของสี ที่วัดได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Krajayklang et al, 2000 โดยพบว่าเมื่อพริกมีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความสว่างของสี °h ที่วัดได้มีแนวโน้มลดลง ซึ่งการทดลองในส่วนต่อ ๆ ไปใช้พริกชี้ฟ้าสดที่มีค่าความสมบูรณ์ระดับสีแดงเข้มเป็นตัวแปรควบคุม

4.2.2 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในวิธีการลวกหรือนึ่งพริก

วัตถุประสงค์ของการเตรียมพริกสดด้วยการลวกหรือการนึ่ง เป็นระยะเวลา 1 3 และ 5 นาที เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ โคลิฟอร์ม ยีสต์และราที่ปนเปื้อนมากับพริกสดที่เป็นวัตถุดิบในการทำพริกแห้ง จากการศึกษาวิธีการลวกหรือการนึ่ง พบว่าพริกสดที่ผ่านการลวกหรือการนึ่งทุกระยะเวลา มีการเปลี่ยนสีจากสีแดงสดก่อนการเตรียมไปเป็นสีส้มในทุกตัวอย่างหลังการเตรียม ลักษณะปรากฏมีการเปลี่ยนแปลงคือ เนื้อพริกนิ่ม แบน และเมล็ดที่อยู่ภายในแตกออกมา ลักษณะการเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า Thermal stress (Ramesh et al, 2001) ซึ่งสามารถป้องกันด้วยการแช่พริกสดหลังการลวกหรือนึ่งในน้ำแข็งทันทีเพื่อลดความร้อน จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และราเฉลี่ยเริ่มต้นของพริกสดทุกชุดการทดลอง (การลวกหรือการนึ่ง ด้วยระยะเวลา 1 3 และ 5 นาที) มีจำนวน 6.7×10^7 1.3×10^6 และ 4.5×10^4 ตามลำดับ หลังการเตรียมวัตถุดิบ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และราของพริกลดลงร้อยละ 100 (ข้อมูลไม่ได้แสดงไว้) ดังนั้นการเตรียมพริกสดด้วยการลวกหรือการนึ่ง ด้วยระยะเวลาเพียง 1 นาที ก็มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนจุลินทรีย์ โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา โดยที่จะสามารถประหยัดพลังงานและแรงงาน อย่างไรก็ตามการเตรียมพริกด้วยวิธีการทั้งสองด้วยเวลา 1 นาที อาจจะไม่เหมาะสมกับการเตรียมวัตถุดิบในการทำพริกแห้งหรือพริกป่นในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งจะมีการเตรียมพริกสดในแต่ละวันจำนวนมากว่าการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ

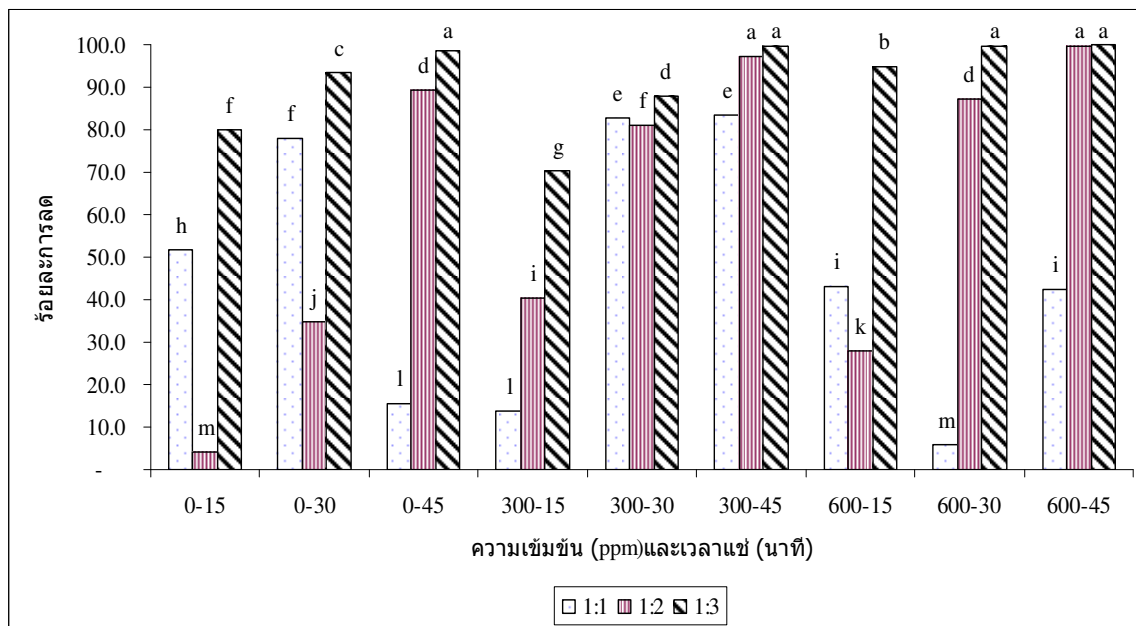
4.2.3 การศึกษาความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ อัตราส่วนสารละลายต่อฟริกสดและเวลาที่เหมาะสมในการแช่ฟริก

นำฟริกสดที่ผ่านการคัดเลือกมาล้างทำความสะอาดโดยใช้น้ำสะอาด แช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ความเข้มข้น 0, 300 และ 600 ppm ด้วยอัตราส่วนฟริกสดต่อสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ 1 ต่อ 1, 1 ต่อ 2 และ 1 ต่อ 3 (น้ำหนักต่อปริมาตร, w/v) เป็นระยะเวลา 15, 30 และ 45 นาที หลังการแช่ฟริกสดมีสีแดงคงเดิม ทุกตัวอย่าง ลักษณะปรากฏไม่ผิวเขียว ไม่แบน เนื้อฟริกไม่นิ่ม แบน และไม่มีเม็ดที่อยู่ภายในแตกออกมา เมื่อฟริกหลังการแช่ทุกตัวอย่างไปวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (ภาพที่ 4.3) พบว่าชุดทดลองมีร้อยละการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) การแช่ฟริกด้วยน้ำสะอาดหรือสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 0 ppm ทุกอัตราส่วน เป็นระยะเวลา 45 นาทีสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นลงมากกว่าร้อยละ 85 ส่วนการแช่ฟริก สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 300 ppm ด้วยอัตราส่วน 1 ต่อ 3 (w/v) เป็นระยะเวลา 45 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นลงมากกว่าร้อยละ 99 ในขณะที่ฟริกหลังแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 600 ppm ด้วยอัตราส่วน 1 ต่อ 3 และทุกระยะเวลาจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นลงมากกว่าร้อยละ 99 ร้อยละของการลดจำนวนจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้น มากกว่าอัตราส่วนฟริกสดต่อสารละลาย หรือระยะเวลาการแช่ ส่วนร้อยละการลดลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ไม่คงที่ ด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ด้วยอัตราส่วน 1 ต่อ 1 (w/v) อาจ เกิดจากปริมาณสารละลายไม่เพียงพอในการสัมผัสผิวของฟริกสด ทำให้จุลินทรีย์เริ่มต้นบางส่วนไม่ถูกทำลาย



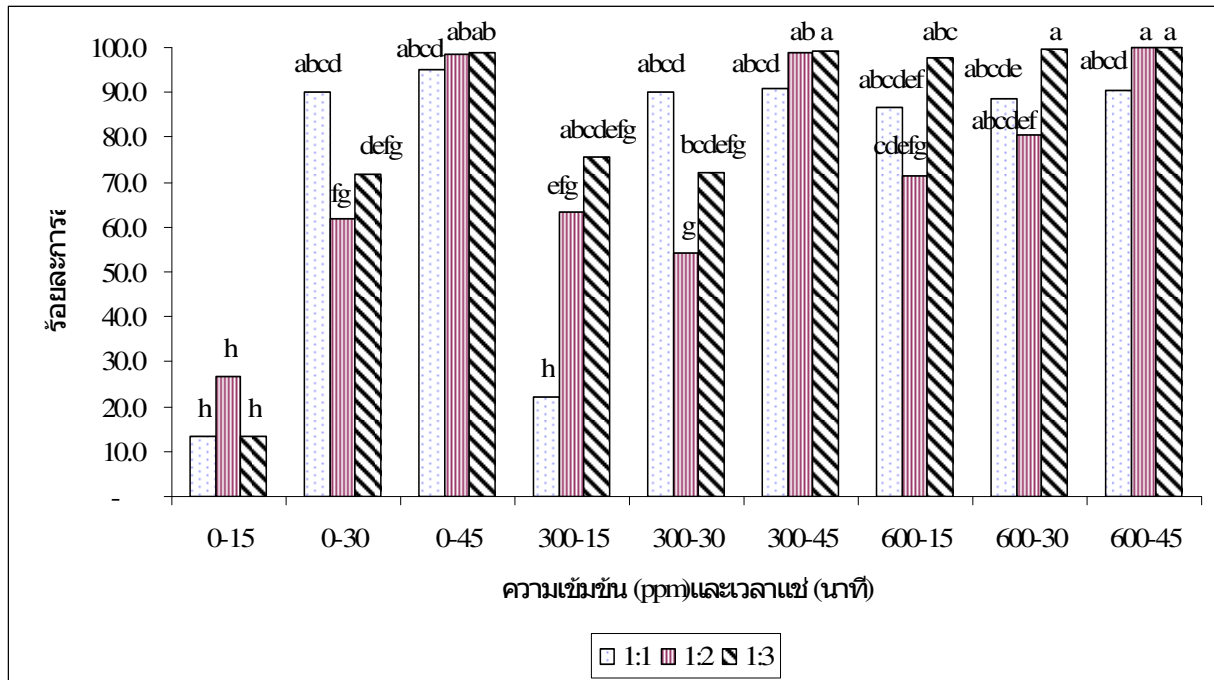
ภาพที่ 4.3 ร้อยละการลดลงของจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count)

ส่วนอิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ อัตราส่วนสารละลายต่อฟริกสดและเวลาที่เหมาะสม ต่อความสามารถในลดจำนวนโคลิฟอร์ม (ภาพที่ 4.4) พบว่าร้อยละการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) การแช่ฟริกด้วยน้ำสะอาดหรือสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 0 ppm ทุกอัตราส่วนและทุกระยะเวลา สามารถลดจำนวนโคลิฟอร์มเริ่มต้นระหว่างร้อยละ 15 ถึง 75 แต่ไม่มีความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้งสามและความสามารถในการลดจำนวนโคลิฟอร์ม ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนฟริกสดต่อสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ และระยะเวลาการแช่ อัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลาการแช่นานขึ้น ทำให้จำนวนโคลิฟอร์มมีร้อยละการลดลงเพิ่มขึ้น ฟริกสดหลังสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 600 ppm ทุกอัตราส่วนและทุกระยะเวลาการแช่ จำนวนโคลิฟอร์มเริ่มต้นลดมากกว่าร้อยละ 99



ภาพที่ 4.4 ร้อยละการลดลงของโคลิฟอร์ม (Coliform)

ร้อยละการลดลงของจำนวนยีสต์และรา ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ อัตราส่วนสารละลายต่อฟริกสดและระยะเวลาการแช่ (ภาพที่ 4.5) พบว่าการแช่ฟริกสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 600 ppm อัตราส่วน 1 ต่อ 3 และทุกระยะเวลาการแช่ สามารถลดจำนวนยีสต์และรา มากกว่าร้อยละ 95 และระยะเวลาการแช่ 45 นาที จำนวนยีสต์และราลดลงร้อยละ 100 ดังนั้นการแช่ฟริกสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 600 ppm ด้วยอัตราฟริกสดต่อสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 1 ต่อ 3 และระยะเวลาการแช่ 45 นาที เป็นการเตรียมฟริกสดที่ดีที่สุด เพราะสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ โคลิฟอร์ม ยีสต์และราที่ปนเปื้อนมากับฟริกสดที่เป็นวัตถุดิบ มากกว่าร้อยละ 99 ของจำนวนเริ่มต้น และ ไม่เกิดปัญหา thermal stress ของฟริกสด ดังนั้นชุดทดลองนี้ นำไปเตรียมฟริกสดเพื่อศึกษาสารละลายที่เหมาะสมในการแช่ฟริก เพื่อรักษาคุณภาพสัของฟริกแห้งต่อไป



ภาพที่ 4.5 ร้อยละการลดลงของยีสต์และรา (yeast and mold)

ตาราง 4.9 ชุดทดลองที่ลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่าร้อยละ 99 ที่ระดับนัยสำคัญ $P < 0.01$

ชุดทดลองการแช่ฟริกสด	สามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่าร้อยละ 99		
	จำนวนเชื้อทั้งหมด	โคลิฟอร์ม	ยีสต์และรา
สารละลายไฮโปคลอไรต์ 0 ppm	√	-	√
อัตราส่วน 1 ต่อ 3			
ระยะเวลา 45 นาที			
สารละลายไฮโปคลอไรต์ 300 ppm	√	-	√
อัตราส่วน 1 ต่อ 2			
ระยะเวลา 45 นาที			
สารละลายไฮโปคลอไรต์ 300 ppm	√	√	√
อัตราส่วน 1 ต่อ 3			
ระยะเวลา 45 นาที			
สารละลายไฮโปคลอไรต์ 600 ppm	-	√	√
อัตราส่วน 1 ต่อ 3			
ระยะเวลา 30 นาที			

ชุดทดลองการแช่พริกสด	สามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่าร้อยละ 99		
	จำนวนเชื้อทั้งหมด	โคลิฟอร์ม	ยีสต์และรา
สารละลายไฮโปคลอไรต์ 600 ppm อัตราส่วน 1 ต่อ 2 ระยะเวลา 45 นาที	√	√	√
สารละลายไฮโปคลอไรต์ 600 ppm อัตราส่วน 1 ต่อ 3 ระยะเวลา 45 นาที	√	√	√

เมื่อพิจารณาปัจจัยความสามารถในการลดจำนวนจุลินทรีย์ โอกาสการตกค้างของสารเคมีที่อาจเกิดขึ้นและต้นทุนการผลิตของผู้ประกอบการ ในการผลิตพริกแห้งระดับอุตสาหกรรม การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ อัตราส่วนของพริกสดและสารละลาย และระยะเวลาการแช่ ในชุดทดลองที่สามารถลดร้อยละของจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างพริกได้มากกว่าร้อยละ 99 ($P < 0.01$) (ตาราง) พบว่าชุดทดลองสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 300 ppm อัตราส่วน 1 ต่อ 3 และระยะเวลาการแช่ 45 นาที เป็นชุดทดลองที่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ต่ำกว่าชุดทดลองสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 600 ppm โดยใช้อัตราส่วนและระยะเวลาการแช่ที่เท่ากัน เมื่อพิจารณาปัจจัยดังที่กล่าวมาข้างต้น ปัจจัยทั้งสามในชุดทดลองนี้สมควรที่จะเป็นปัจจัยที่เหมาะสมในการเตรียมพริกสดก่อนการทำแห้ง

4.2.4 ผลวิเคราะห์หัตถิพลของปัจจัยจากการลวกหรือนึ่งต่อคุณภาพพริกแห้ง

พริกสดจากชุดการทดลองข้างต้น (ศึกษาผลการแช่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ อัตราส่วนพริกสดต่อสารละลาย และระยะเวลาการแช่) นำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 4 ชั่วโมง เมื่อนำไปวิเคราะห์ความชื้น (ตารางที่ 4.9) พบว่าพริกแห้งทุกชุดทดลอง ยกเว้นชุดควบคุม (C) ชุดทดลองที่เตรียมด้วยการลวกน้ำร้อนด้วยระยะเวลานาน 1 และ 3 นาที (B1 and B3) และทำแห้งด้วยอุณหภูมิทำแห้ง 70 องศาเซลเซียส มีความชื้นอยู่ในข้อกำหนด โดยที่พริกแห้งเตรียมจากการนึ่งทุกชุดทดลอง มีความชื้นต่ำกว่าพริกแห้งเตรียมจากลวก อาจจะเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการนึ่ง มีผลให้สารไขมัน (wax) ที่เคลือบผิวของพริกสดลดลง ในการทำแห้งที่อุณหภูมิและระยะเวลาทำแห้งที่เท่ากัน จึงมีความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายต่ำกว่า ส่วนพริกแห้งที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิทำแห้ง 80 องศาเซลเซียส มีความชื้นของพริกแห้งต่ำกว่าตัวอย่างพริกแห้งที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิทำแห้ง 70 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.10 ความชื้น ของพริกแห้งจากการเตรียมด้วยวิธีต่างๆ

ชุดทดลอง (Treatment)	ระยะเวลา(Dipping time, min)	อุณหภูมิการทำแห้ง 70 องศา เซลเซียส ^a	อุณหภูมิการทำแห้ง 80 องศาเซลเซียส
ควบคุมControl (C)		13.77 ±0.15	2.39±0.16
การลวกBlanching			
(B1)	1	13.77±0.15	3.32±0.37
(B3)	3	13.38±0.61	3.43±0.05
(B5)	5	10.57±0.08	3.45±0.04
การนึ่ง Steaming			
(S1)	1	10.63±0.31	3.62±0.34
(S3)	3	10.63±0.31	3.01±0.25
(S5)	5	9.51±0.28	3.21±0.19

^a ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

อิทธิพลของวิธีการเตรียมด้วยการลวกและนึ่ง ระยะเวลาการเตรียม และอุณหภูมิทำแห้ง ต่อค่าความสว่าง (L value) และความเข้มของสี (Chroma) ของพริกแห้ง ศึกษาโดยการวิเคราะห์ Multivariate ANOVA แสดงในตารางที่ 4.10

อิทธิพลของปัจจัยเดี่ยว วิธีการเตรียมด้วยการแช่น้ำร้อนหรือนึ่ง (Pretreatment) และระยะเวลาการเตรียม (Time) ด้วยการแช่น้ำร้อนและนึ่งพริกสดที่ 1 3 และ 5 นาที มีอิทธิพลต่อความเข้มของสี อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เนื่องจากปัจจัยแต่ละชนิดมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบในพริก ซึ่งวิเคราะห์เป็นค่า a value และ b-value ส่วนอุณหภูมิการทำแห้ง 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีอิทธิพลต่อค่าวิเคราะห์คุณภาพสีของพริกแห้ง อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เนื่องจากการทำแห้งด้วยอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะผิวหน้าของอาหาร การสะท้อนแสงและสี และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ (วิไล, 2545)

ส่วนผลอิทธิพลจากปัจจัยร่วมจากการวิเคราะห์ Two-factor interaction ปัจจัยร่วมของวิธีการเตรียมและระยะเวลาการเตรียม (Treat* Time) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง ของพริกแห้ง อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ปัจจัยร่วมของวิธีการเตรียมและอุณหภูมิการทำแห้ง (Treat* Temp) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าวิเคราะห์คุณภาพสีของพริกแห้ง อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เนื่องจากปัจจัยทั้งสองไม่มีอิทธิพลต่อการวิเคราะห์จากอิทธิพลของปัจจัยเดี่ยวข้างต้น ส่วนระยะเวลาการเตรียมและอุณหภูมิการทำแห้ง (Time* Temp)ไม่มีอิทธิพลต่อความเข้มของสีของพริกแห้ง อย่างมีนัยสำคัญ

($P > 0.05$) ผลของอิทธิพลจากปัจจัยร่วมสามชนิด Three- factor interaction วิธีการเตรียม ระยะเวลาการเตรียม และ อุณหภูมิการทำแห้ง (Treat* Time*Temp) มีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง และความเข้มของสี อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

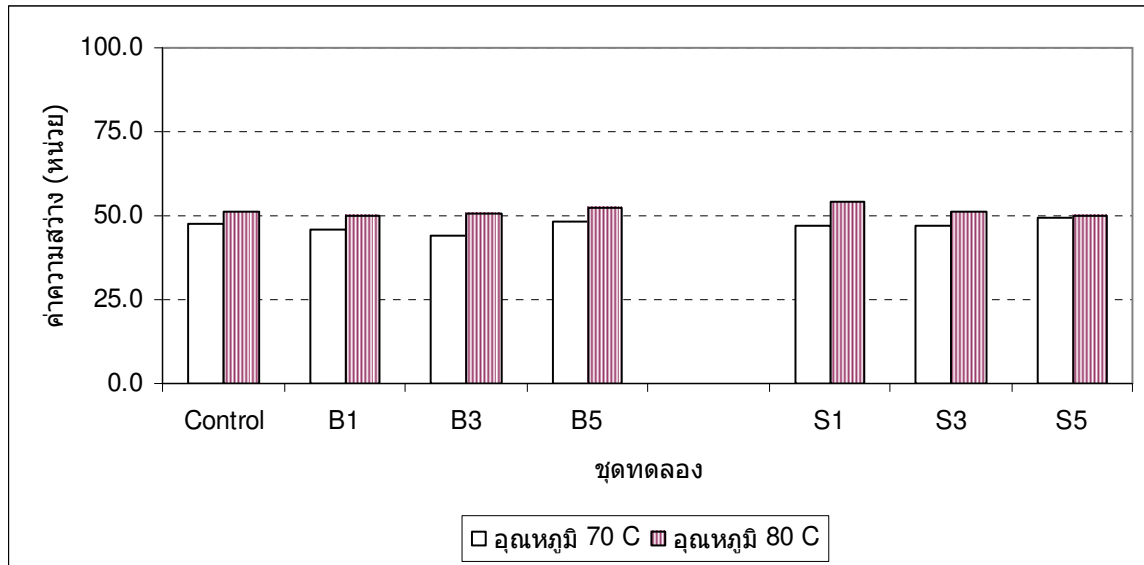
ตารางที่ 4.11 ผลวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยจากการลวกหรือหนึ่งต่อค่าความสว่างและความเข้มของสี

Source	df	F-value	
		L	C
Treatment (Treat)	1	2.771 ^{NS}	13.394**
Dipping time (Time)	2	1.329 ^{NS}	8.080**
Drying temperature (Temp)	1	16.104**	145.767**
Treat* Time	2	0.099 ^{NS}	5.285**
Treat* Temp	1	2.886 ^{NS}	0.519 ^{NS}
Time* Temp	2	11.815**	3.025 ^{NS}
Treat* Time*Temp	2	5.520**	4.161**
Error	24		
Total	36		

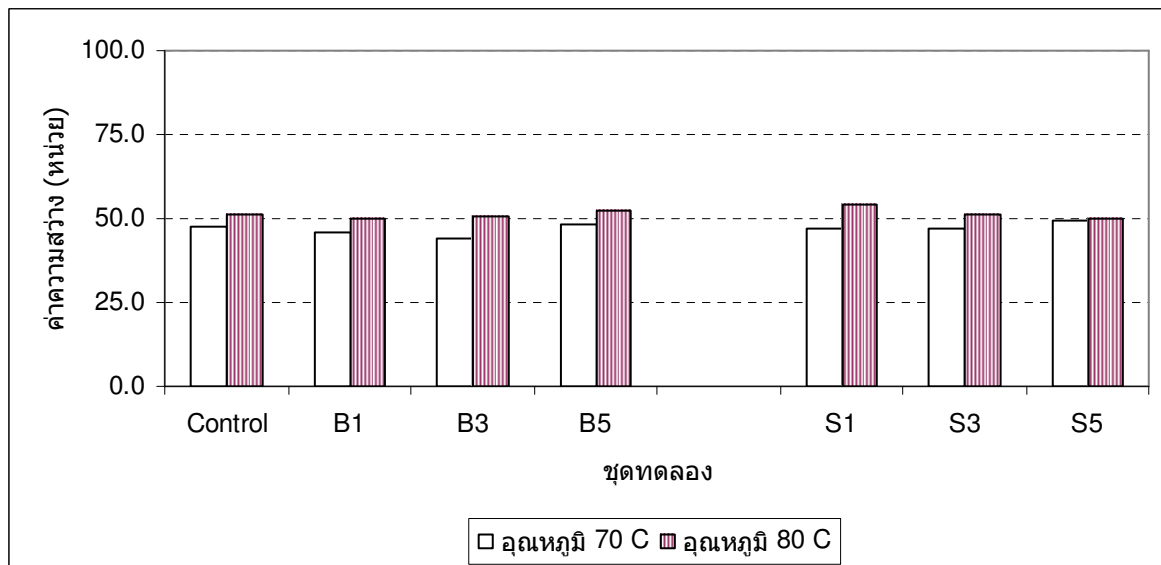
Superscript ** stands for statically -signification at $\alpha = 0.05$

Superscript ^{NS} stands for statically –non-signification at $\alpha = 0.05$

ผลการวิเคราะห์ ไม่สามารถที่จะเลือกวิธีการเตรียม ระยะเวลาการเตรียม และอุณหภูมิการทำแห้งที่ดีที่สุดในการรักษาคุณภาพสีของพริกแห้งได้ เมื่อนำค่าความสว่าง (ภาพที่ 4.6) และความเข้มของสี (ภาพที่ 4.7) ของทุกชุดทดลองมาพิจารณา พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าความสว่างและความเข้มของสี ของพริกแห้งทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าค่าความสว่างของพริกแห้งทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ดังนั้นค่าความเบี่ยงเบนของผลวิเคราะห์คุณภาพสีของพริกแห้ง ได้นำมาประเมินประสิทธิภาพของวิธีการเลือกวิธีการเตรียม และระยะเวลาการเตรียม ค่าความเบี่ยงเบนของคุณภาพสีของพริกแห้ง แสดงในตารางที่ 4.11



ภาพที่ 4.6 ค่าความสว่างของพริกแห้งทำแห้งจากพริกสดผ่านการลวกหรือนึ่ง



ภาพที่ 4.7 ค่าความเข้มของสีของพริกแห้งทำแห้งจากพริกสดผ่านการลวกหรือนึ่ง

ตารางที่ 4.12 ค่าความเบี่ยงเบนของคุณภาพสีของพริกแห้งทำแห้งจากพริกสดลวกหรือนึ่ง

ชุดทดลอง (Treatment)		ระยะเวลา (Dipping time/ min)	อุณหภูมิทำแห้ง 70 องศา เซลเซียส			อุณหภูมิทำแห้ง 80 องศา เซลเซียส		
			ΔE	<i>R</i>	BI	ΔE	<i>R</i>	BI
Control	(C)		0	0.92	65.81±0.46	0	0.77	75.05±2.42
Blanching	(B1)	1	1.46	0.97	67.32±2.15	2.69	0.83	76.94±3.06
	(B3)	3	2.02	1.03	68.08±1.39	2.69	0.83	80.24±1.77
	(B5)	5	5.88	0.90	82.16±2.63	2.13	0.82	70.37±0.91
Steaming	(S1)	1	2.49	0.93	73.63±1.74	3.81	0.74	79.38±2.96
	(S3)	3	5.51	0.92	83.02±1.35	4.92	0.80	86.40±5.03
	(S5)	5	7.49	0.88	87.02±1.21	4.20	0.81	83.33±1.93

การทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ในระบบ CIE Lab ระหว่างสีของพริกแห้งที่วัดได้กับสีของพริกแห้งชุดควบคุม (C) พบว่าพริกแห้งที่ผ่านการลวก (B1, B3 และ B5) มีค่าต่ำกว่าค่าความแตกต่างของสีพริกแห้งที่ผ่านการนึ่ง (S1, S3 และ S5) เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการเตรียมที่เท่ากัน ส่วนระยะเวลาการเตรียมที่เพิ่มขึ้นของทั้งสองวิธี ทำให้ค่าความแตกต่างของสีเพิ่มขึ้น ส่วนการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความแตกต่างของสีของพริกแห้งทั้งสองวิธีมีลักษณะเดียวกับค่าความแตกต่างของสีพริกแห้งทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ส่วน อัตราส่วน (R) ระหว่างสีแดง (a-value) ต่อสีเหลือง (b-value) ของพริกแห้งจากทุกชุดทดลองหลังทำแห้งด้วยอุณหภูมิที่เท่ากัน มีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามอัตราส่วน (R) ของพริกแห้งทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วน (R) ของพริกแห้งทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยพิสัยการลดลงร้อยละ 8 ถึง 20 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิทำแห้งที่เพิ่มขึ้น มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสีของพริกแห้งเป็นอย่างมาก ส่วนดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (BI) เป็นดัชนีแสดงการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ในผักและผลไม้ Tarhan et al (2006) เสนอว่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของพริกแห้งชุดควบคุมควรจะเป็นดัชนีการเกิดสีน้ำตาลอ้างอิง เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเฉพาะของผักแต่ละชนิด และดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของพริกแห้งหลังการทำแห้งควรมีค่าใกล้เคียงกับค่าอ้างอิงนี้ พริกแห้งจากชุดทดลอง B1 และทำแห้งด้วยอุณหภูมิทำแห้งทั้งสอง มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลใกล้เคียงดัชนีการเกิดสีน้ำตาลอ้างอิงมากที่สุด ส่วนพริกแห้งจากชุดทดลองที่เหลือมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น พริกแห้งจากชุดทดลองที่เตรียมด้วยการนึ่งทุกระยะเวลาการเตรียมมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นมากกว่าพริกแห้งจากชุดทดลองที่เตรียมด้วยการลวก ที่ทุกระยะเวลาการเตรียมที่เท่ากัน

4.2.5 การศึกษาสารละลายที่เหมาะสมในการแช่พริก เพื่อรักษาคุณภาพสีของพริก

วิธีการแช่พริกสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 600 ppm ด้วยอัตราส่วนพริกสดต่อสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ 1 ต่อ 3 และระยะเวลาการแช่ 45 นาที จากการทดลอง 4.2 .3 ใช้เป็นวิธีการเตรียมพริกสดที่ก่อนที่ จะนำพริกสดแช่สารละลาย ชุดทดลอง T1 - T6 (ตารางที่ 4.12) ด้วยระยะเวลา 1 นาที พบว่าพริกสดไม่มีการเปลี่ยนสี และ ลักษณะเนื้อพริก รูปร่างและเมล็ดพริกอยู่ในสภาพเดิม เมื่อนำพริกสดชุดทดลองเหล่านี้ไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 4 ชั่วโมง แล้วนำไปวิเคราะห์ความชื้น พบว่าความชื้นของตัวอย่างพริกแห้งทุกชุด ทดลอง อยู่ในข้อกำหนดของ มาตรฐานผลิตภัณฑ์พริกปน โดยพริกแห้งที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิทำแห้ง 80 องศาเซลเซียส มี ความชื้นต่ำกว่าพริกแห้งที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิทำแห้ง 70 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.13 ความชื้น ของพริกแห้งทำแห้งจากพริกสดที่แช่สารละลายต่างๆ

ชุดทดลอง (Treatment)	ระยะเวลา(Dipping temperature/ °C)	อุณหภูมิทำแห้ง 70 องศาเซลเซียส ^a	อุณหภูมิทำแห้ง 80 องศาเซลเซียส
Control (C)		7.31±0.05	2.57±0.10
2% Ethyl oleate (T1)	25	6.82±0.20	2.30±0.29
2% Ethyl oleate + 2% NaOH (T2)	25	5.71±0.07	3.37±0.22
2% Ethyl oleate + 2% NaOH + 2% 4K ₂ CO ₃ (T3)	25	5.74±0.17	2.64±0.02
2% Ethyl oleate (T4)	60	5.61±0.14	2.77±0.15
2% Ethyl oleate + 2% NaOH (T5)	60	7.42±0.27	2.71±0.23
2% Ethyl oleate + 2% NaOH + 2% 4K ₂ CO ₃ (T6)	60	6.66±0.23	2.62±0.07

^a ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

4.2.6 ผลวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยจากสารละลายในการแช่พริกต่อคุณภาพพริกแห้ง

อิทธิพลของวิธีการเตรียมด้วยการแช่สารละลาย (ethyl oleate, sodium hydroxide, NaOH และ potassium carbonate, K₂CO₃) และ อุณหภูมิการแช่สารละลาย (25 และ 60 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิทำแห้ง (70 และ 80 องศาเซลเซียส)ต่อค่าความสว่าง (L value) และความเข้มของสี (chroma) ของพริกแห้ง นำมาวิเคราะห์ Multivariate ANOVA แสดงในตารางที่ 4.13

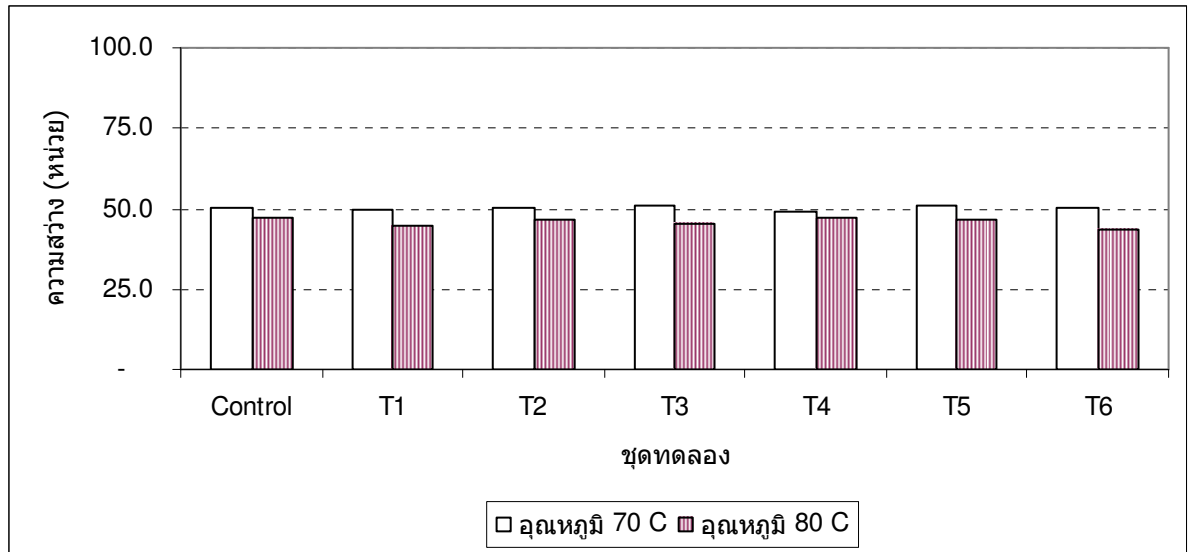
ตารางที่ 4.14 ผลวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยจากการแช่สารละลายต่อค่าความสว่างและความเข้มของสี

Source	df	F-value	
		L	C
Treatment (Treat)	2	4.979 ^{NS}	0.028 ^{**}
Dying temperature (Temp)	1	266.261 ^{NS}	1.122 ^{**}
Treat* Temp	2	6.608 ^{NS}	0.475 ^{**}
Error	30		
Total	36		

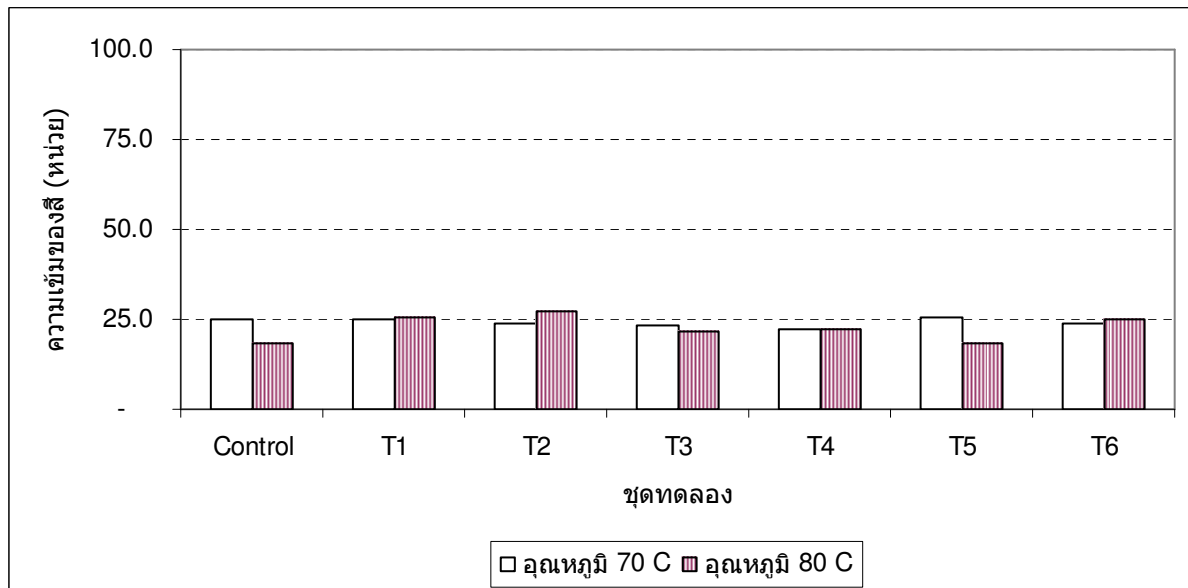
Superscript ** stands for statically -signification at $\alpha = 0.05$

Superscript ^{NS} stands for statically –non-signification at $\alpha = 0.05$

อิทธิพลจากปัจจัยเดียวจากวิเคราะห์ One-factor effect พบว่าชุดทดลองการเตรียมพริกด้วยสารเคมี T1 ถึง T6 และอุณหภูมิทำแห้ง 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีอิทธิพลต่อความเข้มของสี อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ส่วน Two-factors effects ของทั้งสองปัจจัยมีอิทธิพลต่อความเข้มของสี อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อนำค่าความสว่าง (ภาพที่ 4.8) และความเข้มของสี (ภาพที่ 4.9) ของแต่ละชุดทดลองมาพิจารณา พบว่ามีค่าความสว่างและความเข้มของสี ของชุดทดลองที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิทำแห้ง 80 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำกว่าค่าความสว่างของชุดทดลองที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิทำแห้ง 70 องศาเซลเซียส ส่วนความเข้มของสีของชุดทดลองที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิทำแห้งทั้งสองไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับชุดทดลองที่เตรียมพริกสดด้วยการสวกหรือหนึ่ง ค่าความเบี่ยงเบนของผลวิเคราะห์คุณภาพสีของพริกแห้ง ได้นำมาประเมินประสิทธิภาพของวิธีการเลือกวิธีการเตรียม และระยะเวลาการเตรียม ค่าความเบี่ยงเบนของคุณภาพสีของพริกแห้ง แสดงในตารางที่ 4.14



ภาพที่ 4.8 ค่าความสว่างของพริกแห้งทำแห้งจากพริกสดที่แช่สารละลายต่างๆ



ภาพที่ 4.9 ค่าความเข้มของสีของพริกแห้งทำแห้งจากพริกสดที่แช่สารละลายต่างๆ

ตารางที่ 4.15 ค่าความเบี่ยงเบนของคุณภาพสีของพริกแห้งทำแห้งจากพริกสดแช่สารละลายต่างๆ

ชุดทดลอง (Treatment)	อุณหภูมิการแช่ Dipping temp/ ° C	อุณหภูมิทำแห้ง 70 องศา เซลเซียส			อุณหภูมิทำแห้ง 80 องศา เซลเซียส		
		ΔE	R	BI	ΔE	R	BI
Control (C)		0	0.79	51.16±1.10	0	0.86	71.95±0.14
T1	25	5.44	0.83	70.42±0.71	3.93	0.84	82.51±0.24
T2	25	5.43	0.82	66.92±1.24	5.47	0.85	84.64±1.17
T3	25	5.87	0.81	64.74±1.27	5.47	0.87	66.56±0.98
T4	60	3.77	0.88	62.99±0.49	2.07	0.89	65.36±1.53
T5	60	6.96	0.82	70.47±0.69	3.41	0.92	53.34±1.41
T6	60	5.32	0.87	67.36±0.30	4.29	0.75	83.92±1.03

เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนสีแดงต่อสีเหลือง R และดัชนีการเกิดสีน้ำตาล BI ของพริกจากชุดทดลองที่แช่สารละลายต่างๆ 6 ชุดทดลอง (T1 ถึง T6) กับค่าทั้งสองของพริกแห้งชุดควบคุม ที่อุณหภูมิทำแห้ง 70 องศาเซลเซียสพบว่าพริกแห้งชุดควบคุม มีค่าอัตราส่วนสีแดงต่อสีเหลือง ต่ำกว่า ส่วนดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของพริกแห้งทุกชุดทดลอง (T1 ถึง T6) มีค่าสูงกว่า ส่วนอุณหภูมิทำแห้ง 80 องศาเซลเซียส พริกแห้งจากชุดทดลอง (T1 ถึง T5) มีค่าอัตราส่วนสีแดงต่อสีเหลืองสูงกว่า ส่วนพริกแห้งจากชุดทดลอง (T1 T2 และ T6) มีดัชนีการเกิดสีน้ำตาลสูง แต่พริกแห้งจากชุดทดลอง (T3 T4 และ T5) มีดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่า การแช่พริกสดด้วยสารละลาย 2 % Ethyl oleate และ 2 % สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิการแช่ 60 องศาเซลเซียส (T5) สามารถลดการสลายของรงควัตถุสีแดงและสีเหลืองในพริกได้มากกว่าสารละลายในชุดทดลองอื่นๆ และมีดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุด

การทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าความแตกต่างของสีระหว่างสีของตัวอย่างที่วัดกับสีของพริกชุดทดลองควบคุม (ΔE) ของชุดทดลอง (T4) ที่เตรียมพริกสดแช่สารละลาย 2 % ethyl oleate ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าความแตกต่างของสีต่ำสุด (3.77 และ 2.07 ตามลำดับ) ส่วนค่าอัตราส่วน (R) มีค่าใกล้เคียงกัน และดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (BI) มีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จากการทำแห้งทั้งสองอุณหภูมิ ส่วนการแช่พริกสดด้วยสารละลาย 2 % Ethyl oleate ที่อุณหภูมิการแช่ 25 องศาเซลเซียส (T1) ไม่มีคุณสมบัติในการลดการเปลี่ยนแปลงสีของพริกแห้งได้ใกล้เคียงชุดทดลองที่แช่สารละลายที่อุณหภูมิการแช่ 60 องศาเซลเซียส (T4) Ethyl oleate เป็นสารเคมีที่นิยมอย่างแพร่หลายในการใช้เป็นสารเตรียมวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง เพื่อช่วยเร่งระยะเวลาการทำแห้งของผักและผลไม้ที่มีผิวมัน (Doymaz & Pala, 2002; Ergunes et al, 2006) แต่ไม่มีคุณสมบัติในการลดการสลายของรงควัตถุสีแดง (red pigments) ของพริกหยวก

อิทธิพลของการเพิ่ม 2 % สารละลาย Sodium hydroxide ในสารละลาย 2 % ethyl oleate ในชุดทดลอง T2 เปรียบเทียบสารละลาย 2 % ethyl oleate ในชุดทดลอง T1 ที่อุณหภูมิการแช่ 25 องศาเซลเซียส พริกที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความแตกต่างของสี ค่าอัตราส่วนสีแดงต่อสีเหลือง และดัชนีการเกิดสีน้ำตาล มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนพริกสดชุดทดลอง T4 และ T5 ในสารละลายทั้งสองนี้ ที่อุณหภูมิการแช่ 60 องศาเซลเซียส พริกแห้งทั้งสองชุดทดลองนี้ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีดัชนีการเกิดสีน้ำตาลที่ต่ำกว่าพริกแห้งชุดควบคุม (Martinez et al, 1995; Severini et al 2003) พบว่าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของผักและผลไม้ เกิดการเปลี่ยนแปลงส่งผลต่อการกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของรงควัตถุ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับดัชนีการเกิดสีน้ำตาล

พริกสดที่เตรียมจากสารละลาย 2 % ethyl oleate และ 2 % สารละลาย Potassium carbonate (K_2CO_3) อุณหภูมิการแช่ 60 องศาเซลเซียส (T6) หลังการทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่ามีอัตราส่วนสีแดงต่อสีเหลืองต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจาก Potassium carbonate สามารถลดการสลายรงควัตถุสีเหลือง เช่น แคโรทีนอยด์ได้ดี แต่ไม่สามารถลดการสลายรงควัตถุสีแดง เช่น แคปไซซิน และไม่มีคุณสมบัติลดกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักและผลไม้ได้ ทำให้พริกแห้งชุดทดลองนี้ มีดัชนีการเกิดสีน้ำตาลสูงที่สุด

4.2.7 อิทธิพลของการบรรจุต่อคุณภาพของพริกป่น

พริกป่นที่เตรียมจากการทำแห้งด้วยการลวกพริกสด 1 นาที (B1) และการแช่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ด้วยอัตราส่วนพริกสดต่อสารละลาย 1: 3 (w/v) นาน 45 นาที แล้วแช่สารละลาย 2% Ethyl oleate + 2% Sodium hydroxide solution at 60 ° C (T5) นาน 15 นาที การทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง ปั่นด้วยเครื่องปั่นขนาดตะแกรง 250 mesh และบรรจุในวัสดุบรรจุ 3 ชนิดคือ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene หรือ HDPE) ขนาดความหนา 70 ไมโครเมตร พอลิพรอพิลีน (Polypropylene หรือ PP) ขนาดความหนา 70 ไมโครเมตร และอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium foil หรือ AL) ขนาดความหนา 170 ไมโครเมตร ที่ขนาดบรรจุ 100 500 และ 1000 กรัม เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิเฉลี่ย 26 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 68) เป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยมีการนำมาคุณภาพทุกเดือน ส่วนคุณภาพเบื้องต้นของพริกป่นชุดทดลอง B1 และ T5 (ตารางที่ 4.15) พบว่าคุณภาพด้านกายภาพไม่แตกต่างกันมาก ส่วนความชื้นของพริกป่นชุดทดลอง T5 มีค่าสูงกว่าพริกป่นชุดทดลอง B1 เนื่องจากพริกป่นชุดทดลอง T5 เตรียมจากพริกสดที่ผ่านการแช่สารละลายนาน 60 นาที ทำให้พริกดูดซึมน้ำเข้าไปในผลมาก อย่างไรก็ตามความชื้นนี้ยังอยู่ในข้อกำหนดของ มาตรฐานผลิตภัณฑ์พริกแห้ง ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (BI) พริกป่นชุดทดลอง T5 มีค่าต่ำกว่าของพริกป่นชุดทดลอง พริกป่นชุดทดลอง T5 เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของผักและผลไม้ เกิดการเปลี่ยนแปลงส่งผลต่อการกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของรงควัตถุ ทำให้ ปริมาณแคปไซซินทั้งหมด ของพริกป่นชุดทดลอง T5 มีปริมาณสูงกว่าเช่นกัน ส่วนปริมาณเบต้า-แคโรทีน มีปริมาณไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้การทำแห้งสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และยีสต์และรา ได้ร้อยละ 100

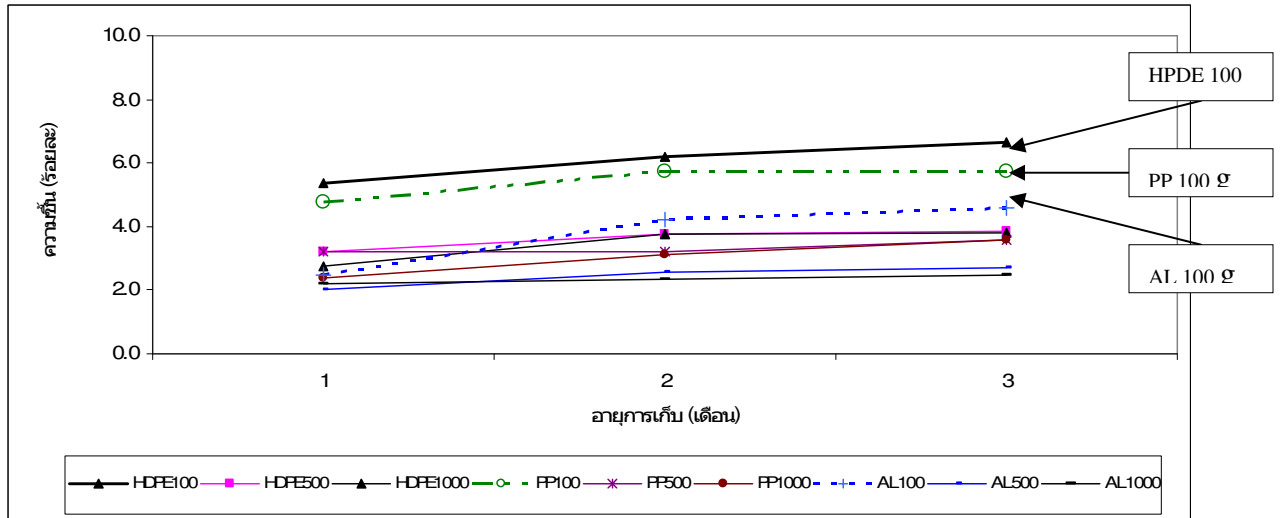
ตารางที่ 4.16 คุณภาพของพริกป่นชุดทดลอง B1 และ T5

คุณภาพ	พริกป่นชุดทดลอง B1 ^a	พริกป่นชุดทดลอง T5
- กายภาพ		
L value	41.70 ± 0.06	39.68 ± 0.15
Chroma	15.02 ± 0.06	11.16 ± 0.08
Extracted red color (ASTA unit)	102.11 ± 0.42	107.12 ± 0.59
Browning index (BI)	45.82 ± 0.18	34.77 ± 0.20
Average particle size (µm)	278.14	279.46
- เคมี		
ความชื้น (%)	2.71 ± 0.23	3.32 ± 0.37
เบต้า-แคโรทีน (β-carotene, mg/100 g)	0.09 ± 0.0	0.09 ± 0.0
แคปไซซินทั้งหมด (Total capsaicin, g/100 g)	6.80 ± 0.04	7.00 ± 0.20
- จุลชีววิทยา		
จุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC, CFU/g)	< 10	< 10
โคลิฟอร์ม (Coliform, CFU/g)	0	0
ยีสต์และรา (yeast & mold, CFU/g)	< 10	< 10

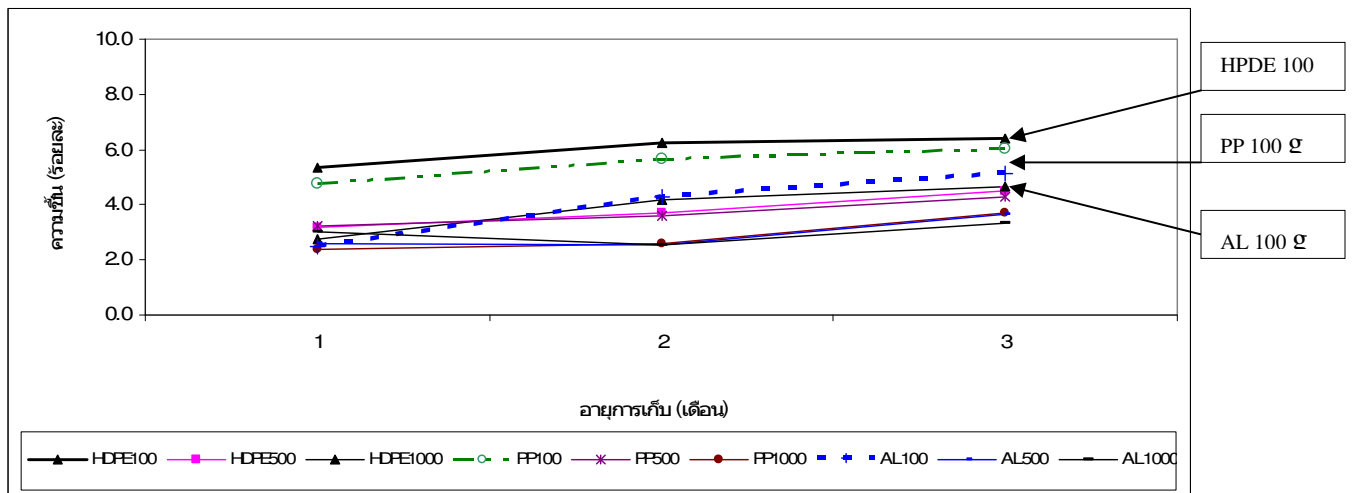
^a ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

4.2.8 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของพริกป่นระหว่างการเก็บรักษา

ความชื้นระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง B1 และชุดทดลอง T5 (ภาพที่ 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ) การเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างการเก็บรักษา ของพริกป่นชุดทดลอง B1 และ T5 มีลักษณะที่คล้ายกัน ดังนั้นสามารถอธิบายผลด้วยกัน เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่ม ความชื้นของพริกป่นจากทุกชุดทดลองเพิ่มขึ้น โดยที่พริกป่นที่บรรจุวัสดุบรรจุทั้งสามชนิด ขนาด 100 กรัม มีความชื้นเพิ่มมากกว่า พริกป่นที่บรรจุวัสดุบรรจุทั้งสามชนิด ขนาด 500 และ 1000 กรัม โดยร้อยละความชื้นที่เพิ่มของพริกป่นชุดทดลอง B1 ของ HDPE, PP และ AL คือร้อยละ 93.07, 81.93, 55.12 ตามลำดับ ส่วนพริกป่นชุดทดลอง T5 ได้แก่ร้อยละ 145.39 111.07 70.11 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามวัสดุบรรจุทุกชนิด ขนาดบรรจุ 100 กรัมมีสัดส่วนพื้นผิวต่อน้ำหนักสูง ดังนั้นดูดซับความชื้นได้เร็วกว่าขนาดบรรจุ 500 และ 1,000 กรัม นอกจากนี้ PE มีความเฉื่อยต่อสารเคมีค่อนข้างสูง และมีความเป็นขั้วต่ำ (Non Polar) ทำให้ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี แต่ยอมให้ออกซิเจนซึมผ่านได้ง่าย ส่วนสมบัติสำคัญของ PP ใกล้เคียงกับ HDPE ทำให้การใช้งานคล้ายคลึงกันมาก อย่างไรก็ตามสมบัติสำคัญของ PP แตกต่างจาก HDPE ได้แก่ ด้านทานการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีกว่า ส่วนออลูมิเนียมฟอยล์ มีค่าด้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Transmission Rate) 0.01 g/m.hr ซึ่งเป็นการดูดซึมไอน้ำในอากาศที่น้อยมาก (งามทิพย์ 2550) ดังนั้นวัสดุชนิดนี้นิยมนำมาทำเป็นภาชนะบรรจุอาหารแห้งได้ดี



ภาพที่ 4.10 ความชื้นระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง B1



ภาพที่ 4.11 ความชื้นระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง T5

4.2.9 ผลวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยจากการบรรจุและการเก็บรักษาพริกป่นต่อปริมาณ เบต้า-แคโรทีน (β -carotene) และ แคปไซซินทั้งหมด (total capsaicin)

ผลการวิเคราะห์ Multivariate ANOVA อิทธิพลของชนิดวัสดุบรรจุ ขนาดบรรจุและระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อปริมาณ เบต้า-แคโรทีน และ แคปไซซินทั้งหมด ในพริกป่นชุดทดลอง B1 และ T5แสดงในตารางที่ 4.16

การพิจารณาปัจจัยเดียวทั้งสามปัจจัย พบว่าชนิดวัสดุบรรจุ(Pack) ขนาดบรรจุ (Size) และระยะเวลาการเก็บรักษา (Duration) มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ เบต้า-แคโรทีน อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และวัสดุบรรจุและขนาดบรรจุมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ แคปไซซินทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ แคปไซซินทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัย

ของ Pura- Naik *et al* (2001) ที่พบว่า การลดลงของปริมาณแคปไซซินของพริกป่นที่บรรจุถุง HDPE และถุง Metallised Polyester Polyethylene (MPP) ไม่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการเก็บรักษา

ส่วนผลอิทธิพลจากปัจจัยร่วมจากวิเคราะห์ Two-factor interaction พบว่าปัจจัยร่วมของวัสดุบรรจุและขนาดบรรจุ มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ เบต้า-แคโรทีน และวัสดุบรรจุและ แคปไซซินทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนปัจจัยร่วมของวัสดุบรรจุและระยะเวลาการเก็บรักษา หรือ ขนาดบรรจุและการเก็บรักษา ไม่มีอิทธิพลมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ เบต้า-แคโรทีน และ แคปไซซินทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

อิทธิพลจากปัจจัยร่วมจากวิเคราะห์ Three-factor interaction พบว่าปัจจัยร่วมของวัสดุบรรจุขนาดบรรจุ และระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่มีอิทธิพลมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ เบต้า-แคโรทีน และ แคปไซซินทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4.17 ผลวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยจากการบรรจุต่อปริมาณ เบต้า-แคโรทีน และ แคปไซซินทั้งหมด

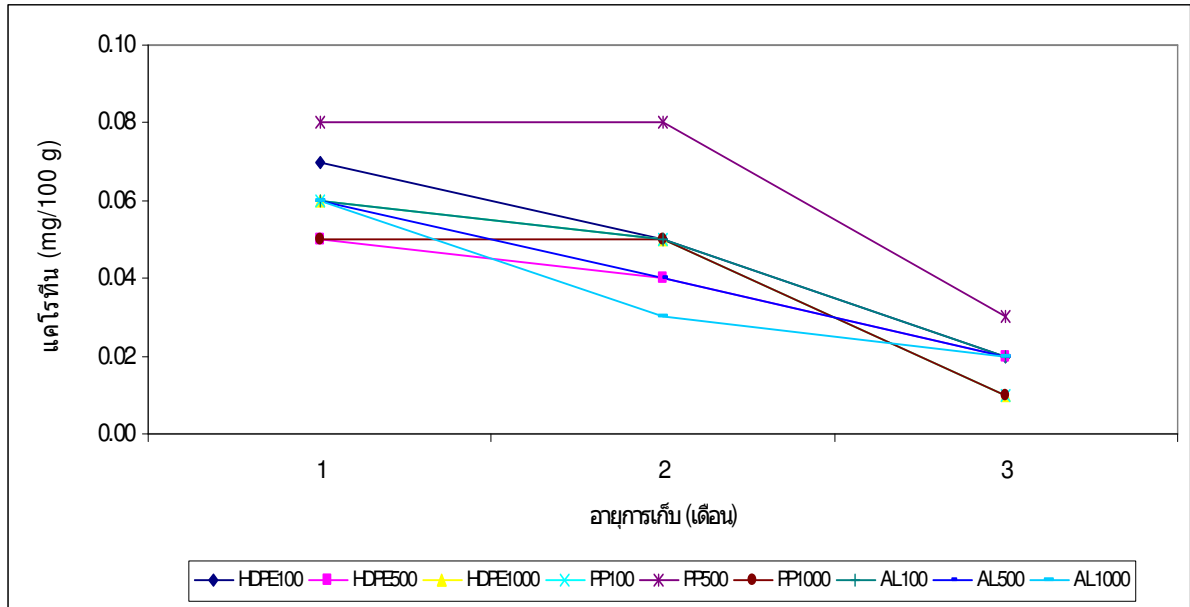
Source	df	F-value	
		β -carotenoid	Total capsaicin
Package (pack)	2	6.625 **	4.050**
Size (size)	2	5.994 **	12.294**
Duration (duration)	2	1438.747**	1.879 ^{NS}
Pack*Size	3	20.756 **	5.465**
Pack*Duration	4	1.439 ^{NS}	1.282 ^{NS}
Size*Duration	4	2.208 ^{NS}	0.94 ^{NS}
Pack*Size*Duration	6	1.351 ^{NS}	1.752 ^{NS}
Error	120		
Total	144		

Superscript ** stands for statically -signification at $\alpha = 0.05$

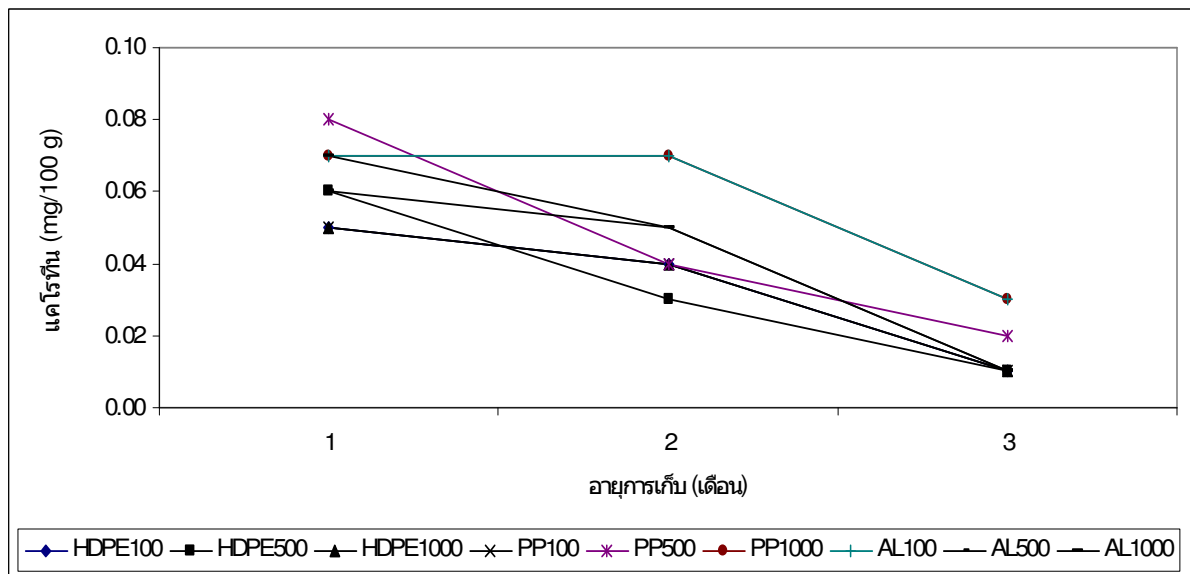
Superscript ^{NS} stands for statically –non-signification at $\alpha = 0.05$

การลดของปริมาณ เบต้า-แคโรทีน ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง B1 และชุดทดลอง T5 (ภาพที่ 4.12 และ 4.13 ตามลำดับ) มีแนวโน้มการลดลงในแนวทางเดียวกัน ปริมาณ เบต้า-แคโรทีน ของพริกป่นชุดทดลอง B1 และ T5 มีแนวโน้มการลดลงในแนวทางเดียวกัน ในเดือนที่ 1 ปริมาณ เบต้า-แคโรทีน เฉลี่ย 0.60 ± 0.01 และ ในเดือนที่ 3 ปริมาณ เบต้า-แคโรทีน เฉลี่ย 0.02 ± 0.01 อายุการเก็บที่เพิ่มขึ้น 1 เดือน มีร้อยละการลดลงเฉลี่ย 72.1 ± 11.4

อย่างไรก็ตามปริมาณลดของ เบต้า-แคโรทีน ไม่มีความสัมพันธ์ชนิดวัสดุบรรจุ ขนาดการบรรจุ และ ระยะเวลาการเก็บรักษา



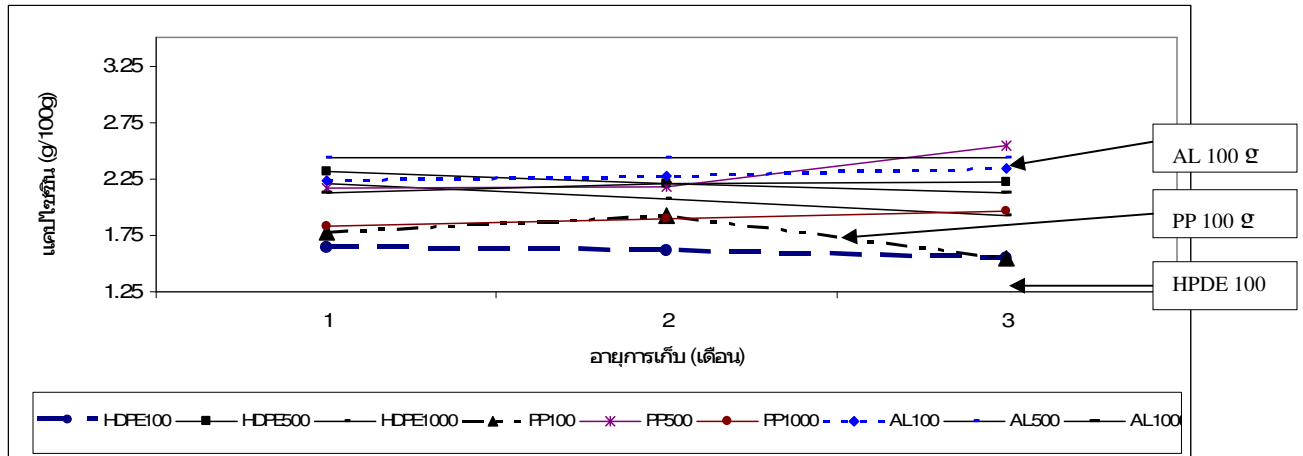
ภาพที่ 4.12 ปริมาณเบต้า-แคโรทีน ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง B1



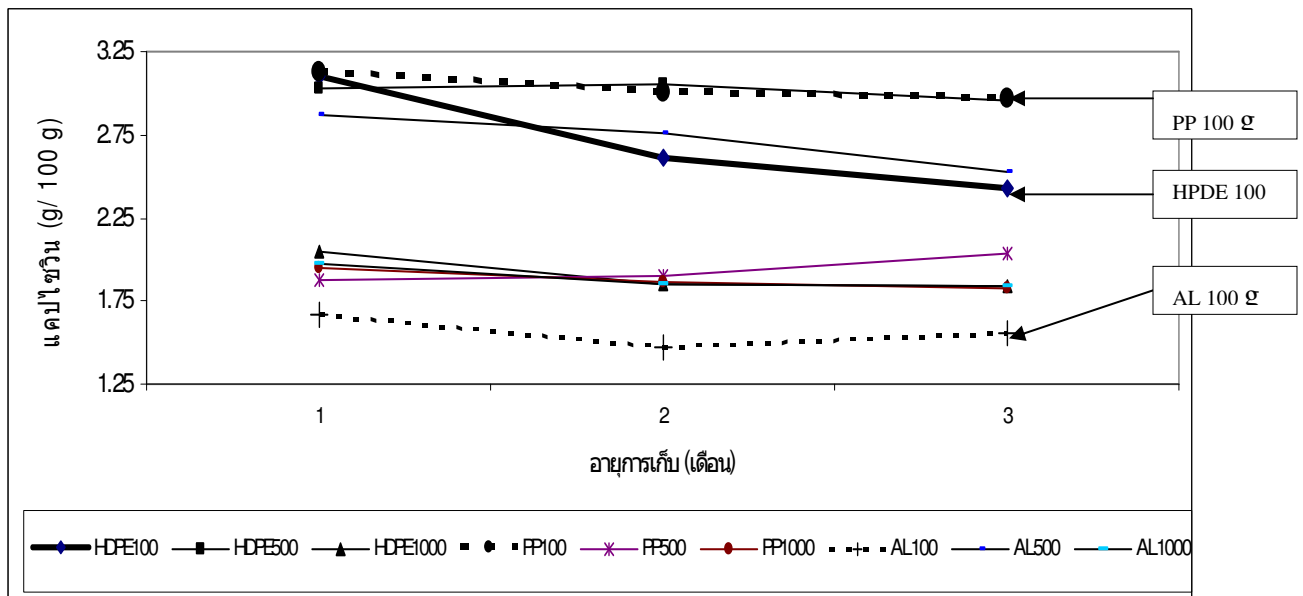
ภาพที่ 4.13 ปริมาณเบต้า-แคโรทีน ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง T5

ปริมาณ แคปไซซินทั้งหมด ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง B1 และ T5 บรรจุทุกวัสดุบรรจุ ทุกขนาดบรรจุ (ภาพที่ 4.14 และ 4.15 ตามลำดับ) มีการเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมอปริมาณ แคปไซซินทั้งหมด ของพริกป่นชุดทดลอง B1 ในเดือนที่ 1 มีปริมาณเฉลี่ย 2.41 ± 0.61 mg/100 g ส่วนในเดือนที่ 3 ปริมาณเฉลี่ย 2.23 ± 0.61 mg/100 g

ร้อยละการลดลง 7.10 ± 3.60 ส่วนพริกป่นชุดทดลอง T5 ในเดือนที่ 1 มีปริมาณเฉลี่ย 2.08 ± 0.27 mg/100 g ส่วนในเดือนที่ 3 ปริมาณเฉลี่ย 1.99 ± 0.31 mg/100 g ร้อยละการลดลง 4.30 ± 2.51 ชนิดวัสดุบรรจุ ขนาดบรรจุ และระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง



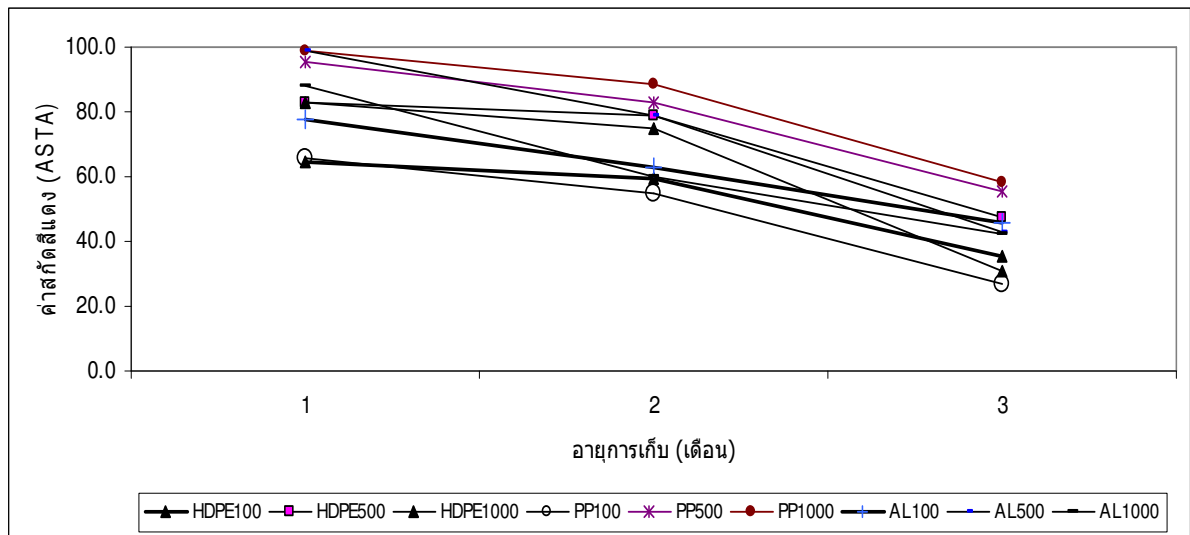
ภาพที่ 4.14 ปริมาณแคปไซซินทั้งหมด ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง B1



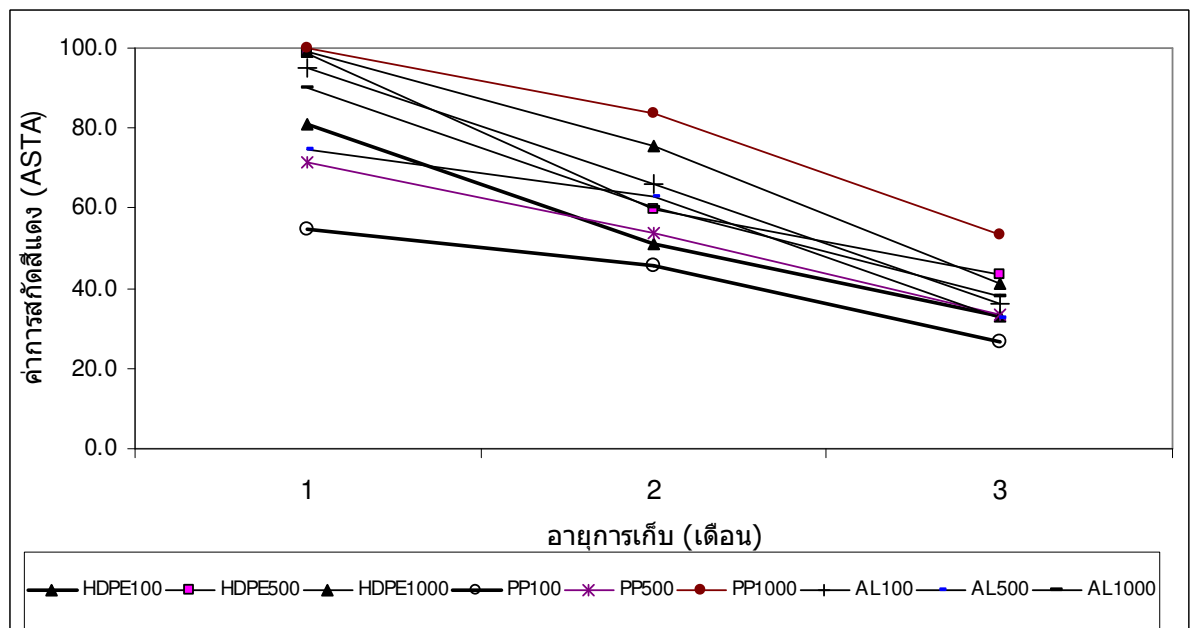
ภาพที่ 4.15 ปริมาณแคปไซซินทั้งหมด ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง T5

4.2.10 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพสีของพริกป่นระหว่างการเก็บรักษา

การลดค่า ASTA ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง B1 และชุดทดลอง T5 (ภาพที่ 4.16 และ 4.17 ตามลำดับ) มีลักษณะแนวโน้มการลดลงที่คล้ายกันคือ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่ม ค่าการสกัดสีแดงของพริกป่นจากทุกชุดทดลองลดลง โดยที่ โดยร้อยละการลดลงใกล้เคียงกัน

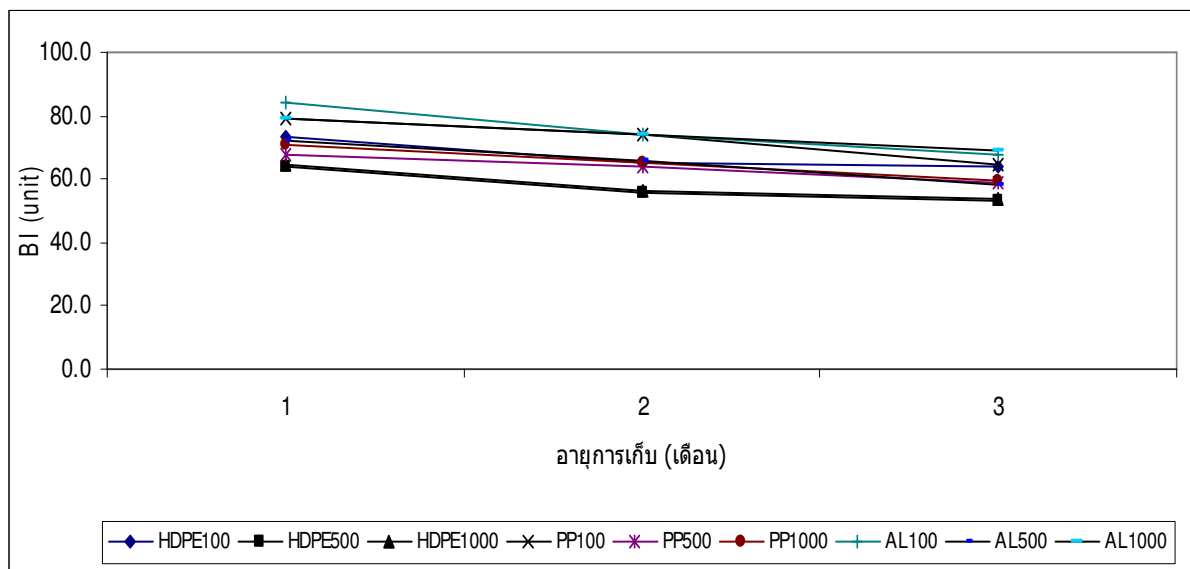


ภาพที่ 4.16 ค่า ASTA ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง B1

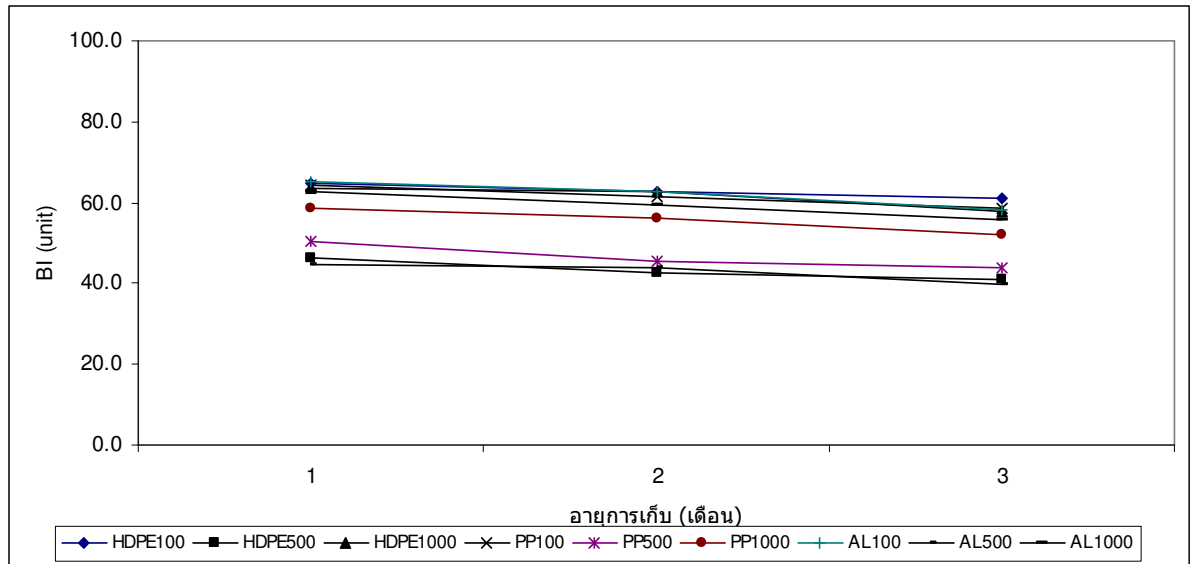


ภาพที่ 4.17 ค่า ASTA ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง T5

การเปลี่ยนแปลงดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index, BI) ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง B1 และชุดทดลอง T5 (ภาพที่ 4.18 และ 4.19 ตามลำดับ) พบว่ามีการลดลงของดัชนีการเกิดสีน้ำตาล ของพริกป่นทั้งสองชุดทดลอง ในเดือนที่ 1 ดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเฉลี่ยของ BI พริกป่นชุดทดลอง B1 บรรจุทุกวัสดุบรรจุและทุกขนาดบรรจุ คือ 72.86 ± 7.06 และในเดือนที่ 3 ดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเฉลี่ยของ BI พริกป่นชุดทดลอง B1 บรรจุทุกวัสดุบรรจุและทุกขนาดบรรจุ คือ 60.93 ± 5.66 ร้อยละของการลดลงดัชนีการเกิดสีน้ำตาล คือ 16.30 ± 2.60 ส่วนการลดลงของดัชนีการเกิดสีน้ำตาล ของพริกป่นทั้งสองชุดทดลอง ในเดือนที่ 1 ดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเฉลี่ยของ BI พริกป่นชุดทดลอง B1 บรรจุทุกวัสดุบรรจุและทุกขนาดบรรจุ คือ 57.81 ± 8.45 และในเดือนที่ 3 ดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเฉลี่ยของ BI พริกป่นชุดทดลอง T5 บรรจุทุกวัสดุบรรจุและทุกขนาดบรรจุ คือ 52.01 ± 8.30 ร้อยละของการลดลงดัชนีการเกิดสีน้ำตาล คือ 10.20 ± 2.10 การลดลงการเกิดสีน้ำตาลของพริกป่น เป็นผลตรงข้ามกับการเพิ่มขึ้นการเกิดสีน้ำตาลของอาหารแห้งที่เก็บรักษาระยะเวลานานขึ้น อาจเกิดเนื่องจากก่อนทำแห้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของพริก เป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ การลวก (ชุดทดลอง B1) หรือการแช่สารละลาย (T5) เป็นการใช้ความร้อนทำลายและปรับความเป็นกรดต่าง ทำให้ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ส่วนระหว่างการรักษาอาหารแห้ง ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นจะเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอนิลจากโมเลกุลของน้ำตาลรีดิวซ์กับหมู่เอมีนในโมเลกุลของแอมโมเนีย กรดอะมิโน หรือโปรตีน (นิธิยา, 2445) พริกมีปริมาณของสารอาหารทั้งสองมีน้อย ดังนั้นปฏิกิริยาเมลลาร์ดอาจจะไม่เกิดขึ้น การลดลงของการเกิดสีน้ำตาลของพริกป่นทุกชุดทดลอง อาจเกิดจากการลดลงของปริมาณเบต้า-แคโรทีน ในระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.12 และ 4.13)



ภาพที่ 4.18 ค่า BI ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นชุดทดลอง B1



ภาพที่ 4.19 ค่า BI ระหว่างการเก็บรักษาพริกปนชุดทดลอง T5

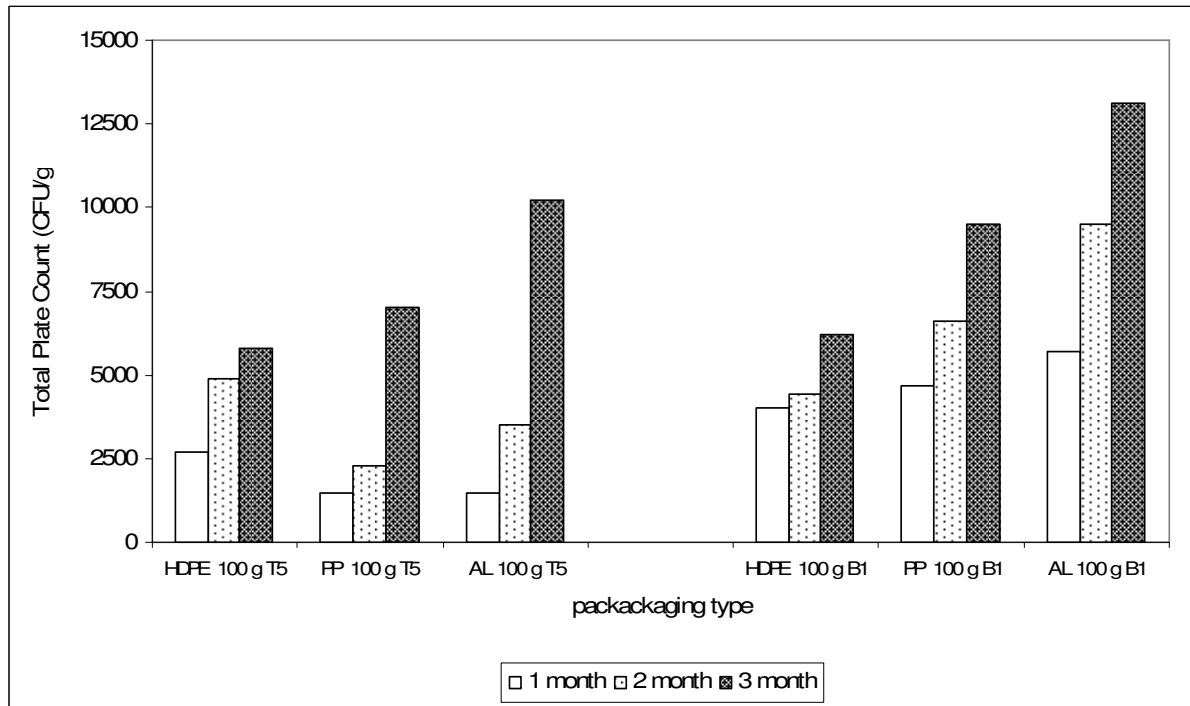
การวิเคราะห์เชิงคุณภาพอะฟลาทอกซิน ด้วยวิธีการและชุดทดสอบอะฟลาทอกซิน (DOA-Aflatoxin ELISA test kit) ของการวิชาการ พบว่าไม่มีการปนเปื้อนอะฟลาทอกซินของพริกปนทุกตัวอย่าง (ข้อมูลไม่ได้แสดง)

จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีและกายภาพ ของพริกปนจากชุดทดลอง B1 และ T5 พบว่าพริกปนขนาดบรรจุ 100 กรัม มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีและกายภาพ มากกว่าพริกปนขนาดบรรจุ 500 และ 1000 กรัม ดังนั้น จึงใช้พริกปนขนาดบรรจุนี้ ทำการทดลองคุณภาพของจุลินทรีย์ของพริกปนระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

4.2.11 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพจุลชีววิทยาของพริกปนระหว่างการเก็บรักษา

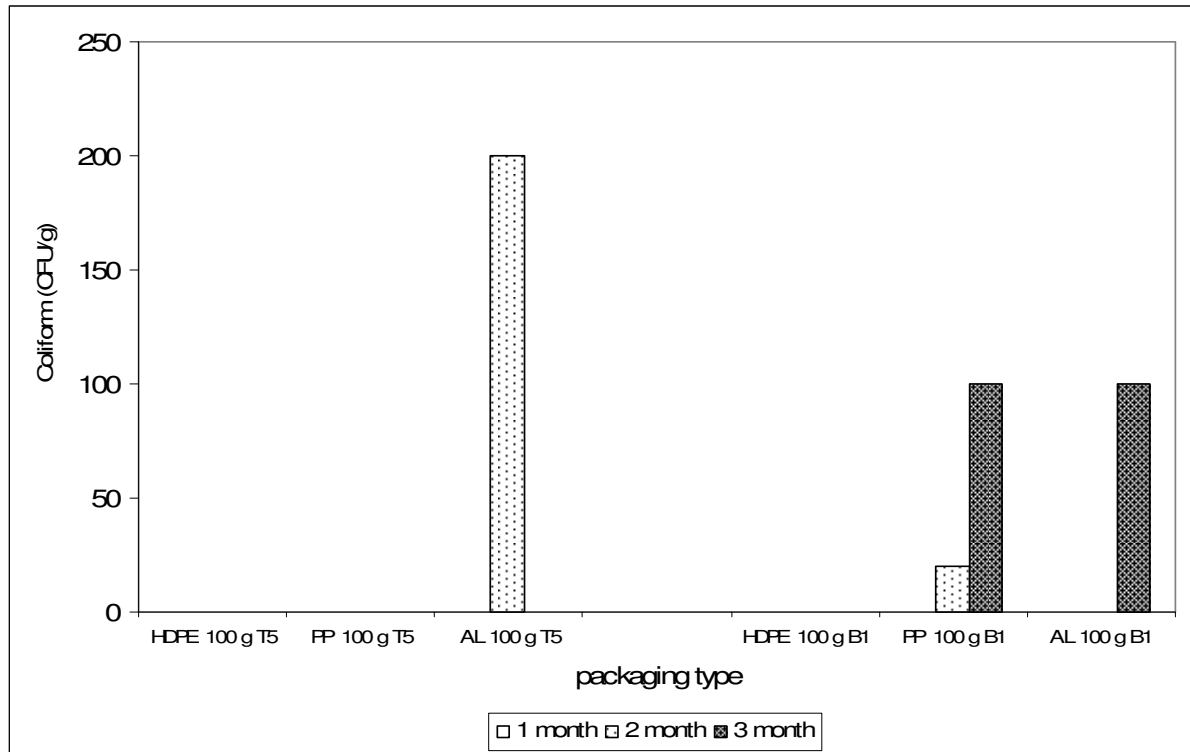
การเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) โคลิฟอร์ม (coliform) และยีสต์และรา (yeast and mold) ของพริกปนชุดทดลอง B1 และ T5 บรรจุในวัสดุบรรจุ 3 (HDPE, PP และ AL) และขนาดบรรจุ 100 กรัม ระหว่างการเก็บรักษา 1 ถึง 3 เดือน

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของตัวอย่างพริกปนทั้งสองชุดทดลอง (T5 และ B1) ที่บรรจุวัสดุบรรจุทุกชนิด มีจำนวนเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษาจาก 1 ถึง 3 เดือน (ภาพที่ 4.20) อย่างไรก็ตามพริกแห้งปนทุกตัวอย่าง มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าอยู่ในข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์พริกปน (500,000 โคโลนี)



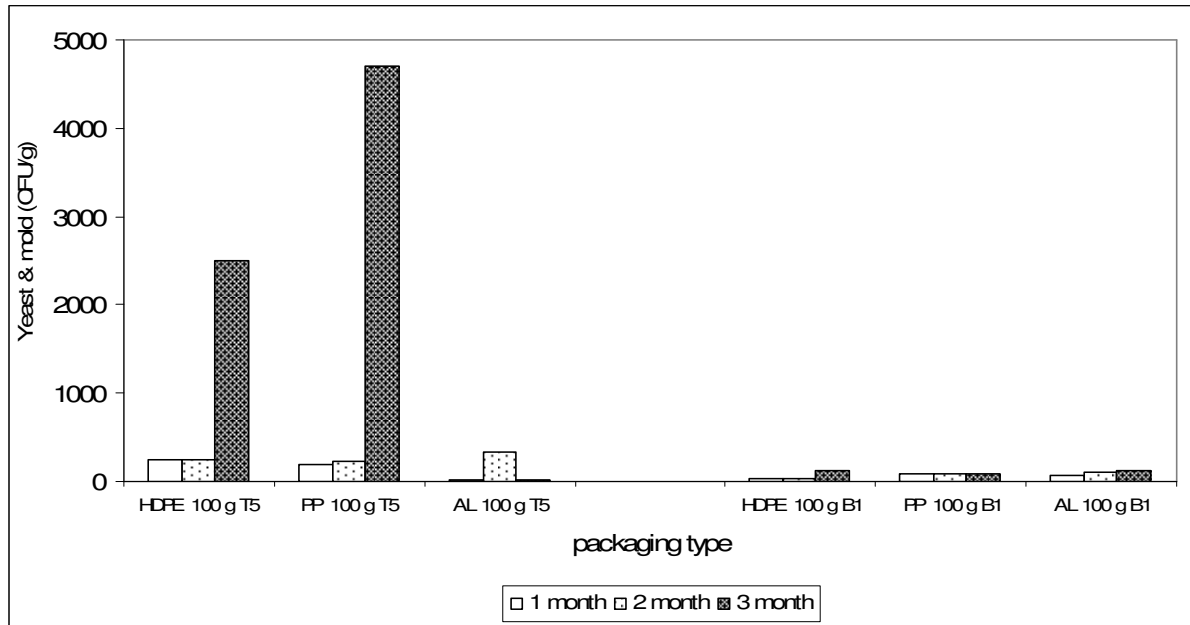
ภาพที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาพริกป่น

จากภาพที่ 4.21 พบว่าจำนวนโคลิฟอร์มของพริกป่นจากชุดทดลอง (T5) บรรจุในถุง AL ที่อายุระยะการเก็บรักษาจาก 2 เดือน มีจำนวน 200 โคโลนีต่อกรัม และพริกป่นจากชุดทดลอง (B1) บรรจุในถุง AL ที่อายุระยะการเก็บรักษาจาก 2 และ 3 เดือน มีจำนวน 100 โคโลนีต่อกรัม พริกป่นทุกตัวอย่างเหล่านี้ มีจำนวนโคลิฟอร์ม มากกว่าข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์พริกป่นที่กำหนดไว้ว่า มีโคลิฟอร์มมากกว่าข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ที่กำหนดไว้ว่า โคลิฟอร์ม (coliform) โดยวิธี MPN น้อยกว่า 3 ต่อกรัมของตัวอย่าง



ภาพที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงจำนวนโคลิฟอร์มระหว่างการเก็บรักษาพริกป่น

จากภาพที่ 4.22 พบว่าจำนวนยีสต์และรา ของพริกป่นจากชุดทดลอง (T5) บรรจุในถุง HDPE และ PP ที่อายุระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือน มีจำนวน 2,500 และ 4,700 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนจำนวนยีสต์และรา ของพริกป่นจากชุดทดลอง (B1) บรรจุในวัสดุบรรจุทั้งสามชนิด เมื่ออายุการเก็บรักษา 3 เดือน มีจำนวน 120, 100 และ 130 โคโลนีต่อกรัมตามลำดับ ซึ่งมีจำนวนมากกว่าข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์พริกป่น ที่กำหนดไว้ว่า รา (mold) ต่อกรัมตัวอย่างไม่เกิน 100 โคโลนี



ภาพที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราระหว่างการเก็บรักษาพริกป่น

แม้ว่าพริกแห้งจากชุดทดลองทั้งสอง (T5 และ B1) และทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีจำนวนเริ่มต้นของจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และยีสต์และรา น้อยกว่าข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์พริกป่น แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาพริกป่นเพิ่มขึ้น มีการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และยีสต์และราของพริกป่น ซึ่งอาจเกิดจากการปนเปื้อนจากสถานที่เก็บระหว่างกระบวนการเก็บรักษา ดังนั้นอายุการเก็บพริกป่นจากทั้งสองชุดทดลอง (T5 และ B1) บรรจุในวัสดุบรรจุทั้งสามจากการทดลองนี้ ควรจะกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ 3 เดือน นอกจากนี้การบรรจุและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์พริกแห้งป่น ต้องปฏิบัติตามมาตรฐานข้อกำหนดสุขลักษณะของอาหาร มาตรฐานเลขที่ มอก. 34 หรือ หลักเกณฑ์วิธีการผลิตอาหารที่ดี (Good Manufacturing Practices, GMP) เพื่อคุณภาพที่ได้ตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์พริกแห้งป่น

4.3. การวิเคราะห์ Sorption Isotherm

เนื่องจากในผลิตภัณฑ์อาหารแห้งจะต้องระวังการเจริญเติบโตของเชื้อราซึ่งมักจะเจริญได้ในอาหารที่มีค่า a_w มากกว่า 0.6 ซึ่งในการทดลองนี้ได้นำพริกแห้งจากชุดทดลอง B1 และ T5 มาเปรียบเทียบกับ โดยนำพริกป่นทั้งสองชนิดไปแช่ไว้ในภาชนะปิดสนิทบรรจุสารละลายเกลืออิ่มตัวหลาย ๆ ชนิดเพื่อให้ตัวอย่างได้สัมผัสกับความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ต่าง ๆ กันตามชนิดของสารละลายเกลือ ซึ่งรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.18 ค่า %RH ของสารละลายเกลือต่าง ๆ ในภาชนะปิดที่ใช้เก็บตัวอย่างพริกแห้ง

ชนิดสารละลาย	ความชื้นสัมพัทธ์ %RH ^a
Potassium Carbonate	43.16 ± 0.39
Magnesium Nitrate	52.89 ± 0.22
Sodium Chloride	72.29 ± 0.12
Potassium Chloride	84.34 ± 0.26
Potassium Nitrate	93.58 ± 0.55
Potassium Sulfate	97.30 ± 0.45

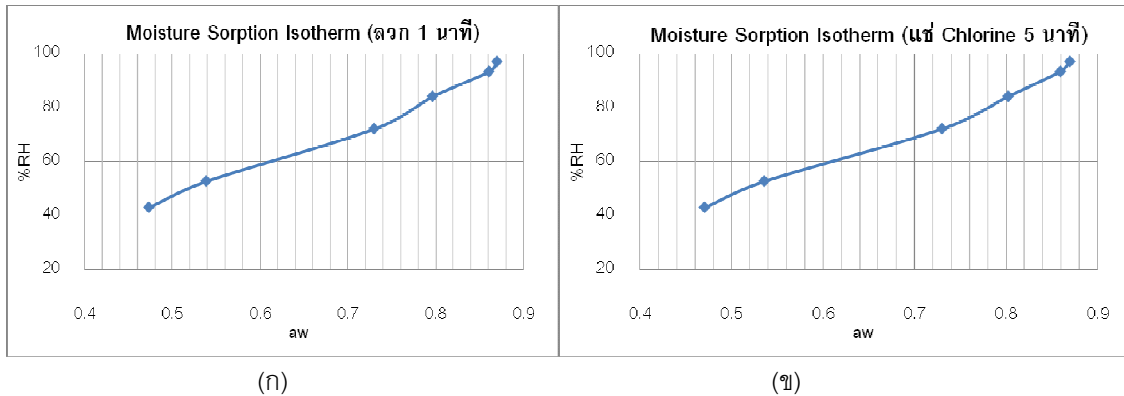
^a ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

เมื่อเก็บพริกไว้ในสารละลายทั้ง 6 ชนิด เป็นเวลา 2 สัปดาห์เพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุลแล้วจึงนำพริกทั้งหมดมาหาค่าความชื้นและ a_w ต่อไปเพื่อนำมาสร้าง Sorption Isotherm ของทั้งพริกชุดทดลอง B1 และ T5 ซึ่งมีการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ซึ่งผลการศึกษา Sorption Isotherm แสดงดังตารางและภาพที่ 4.23 และ 4.24

ตารางที่ 4.19 ค่า a_w ของพริกแห้ง ณ จุดสมดุลที่ %RH ต่าง ๆ

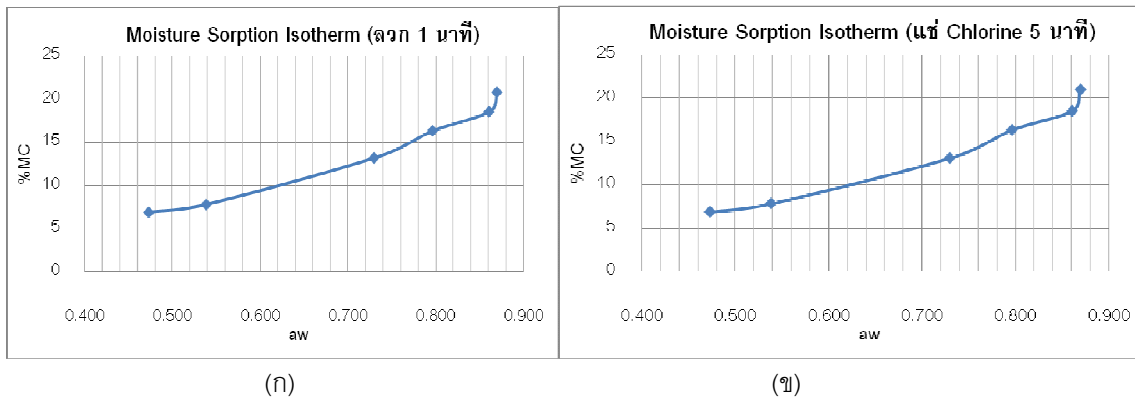
%RH	a_w		ความชื้น (ร้อยละ)	
	B1 ^a	T5	B1	T5
43.16 ± 0.39	0.473 ± 0.004	0.471 ± 0.011	6.898 ± 0.647	6.880 ± 0.606
52.89 ± 0.22	0.538 ± 0.003	0.536 ± 0.001	7.799 ± 0.755	7.861 ± 0.349
72.29 ± 0.12	0.730 ± 0.009	0.730 ± 0.009	13.187 ± 1.003	13.113 ± 0.474
84.34 ± 0.26	0.796 ± 0.004	0.802 ± 0.006	16.328 ± 0.758	16.377 ± 0.570
93.58 ± 0.55	0.861 ± 0.004	0.859 ± 0.004	18.546 ± 0.060	18.564 ± 0.049
97.30 ± 0.45	0.870 ± 0.009	0.869 ± 0.015	20.797 ± 0.819	21.034 ± 1.204

^a ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง



ภาพที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) และค่า a_w ของ

(ก) พริกขี้หนูทดลอง B1 และ (ข) พริกขี้หนูทดลอง T5



ภาพที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น (%MC) และค่า a_w ของ

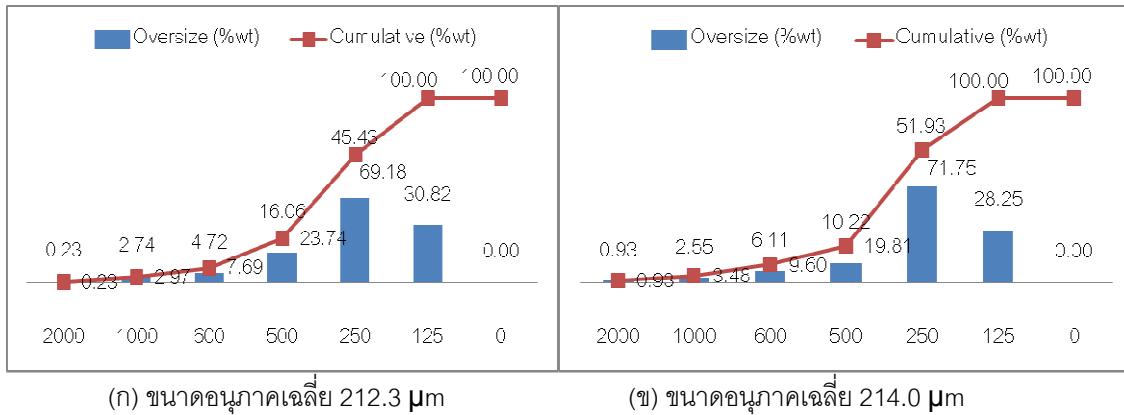
(ก) พริกขี้หนูทดลอง B1 และ (ข) พริกขี้หนูทดลอง T5

จากข้อมูลการศึกษา Sorption Isotherm ของพริกป่นระหว่างการเก็บรักษาที่แสดงข้างต้นพบว่าการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธีการลวก (B1) และแช่สารละลายไฮโปคลอไรต์ (T5) ให้ผลการวิเคราะห์ Sorption Isotherm ไม่ต่างกัน โดยเมื่อพิจารณาที่ค่า a_w เท่ากับ 0.6 ซึ่งเป็นค่าวิกฤตของการเจริญของเชื้อราในอาหารแห้ง พบว่าพริกป่นทั้งสองชนิดจะมีความเสี่ยงต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ค่าร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 60% หรือในกรณีนี้ที่การทำแห้งไม่สมบูรณ์ โดยพริกป่นมีความชื้นมากกว่า 10% ก็สามารถทำให้เกิดการเจริญของเชื้อราได้เช่นกัน ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคจากการปนเปื้อนของเชื้อราที่สามารถสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้

4.4 การกระจายตัวของอนุภาคพริกป่นระหว่างการเก็บรักษา

ระหว่างการเก็บรักษาพริกป่นเพื่อรอจำหน่ายจะมีการแทรกผ่านของน้ำจากอากาศภายนอกซึมเข้าสู่บรรจุภัณฑ์ และทำให้เกิดความชื้นและการเกาะตัวกันของอนุภาค โดยในการทดลองนี้ศึกษาการกระจายตัวของอนุภาคพริกป่น โดย

การกระจายตัวและขนาดอนุภาคเฉลี่ยเริ่มต้นของพริกทั้ง 2 ชนิดที่คำนวณโดยวิธีเฉลี่ยโดยอัตราส่วนปริมาตรต่อพื้นที่ (Volume-Surface Mean Diameter) เหมือนหัวข้อ 4.1.1 แสดงดังภาพที่ 4.25



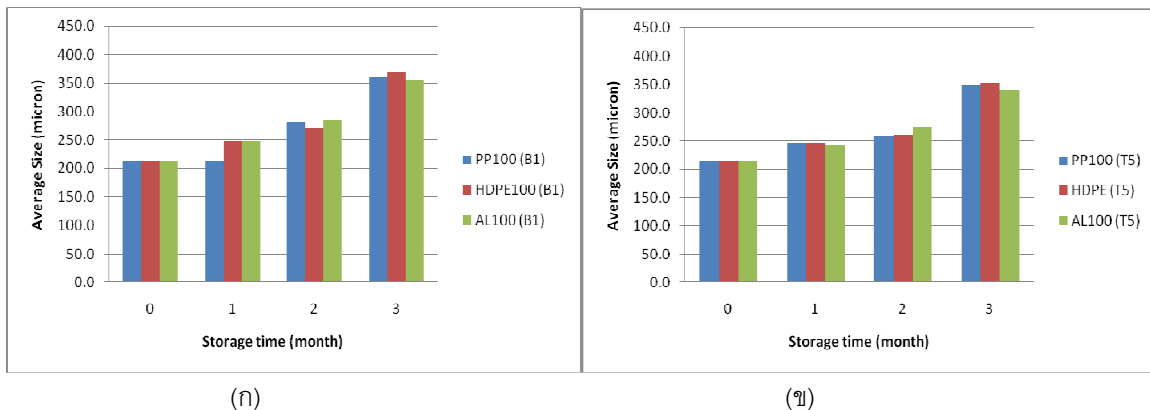
ภาพที่ 4.25 การกระจายตัวและขนาดอนุภาคสะสมของพริกป่นเริ่มต้น

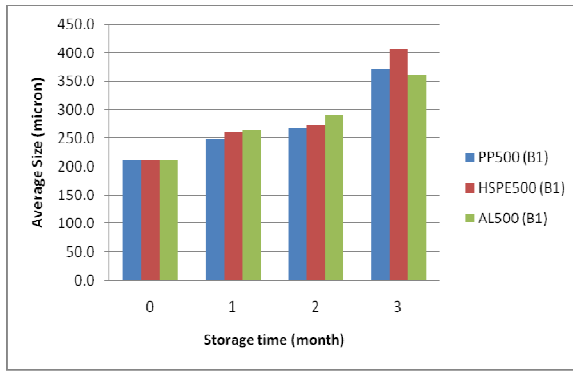
(ก) พริกชุดทดลอง B1 และ (ข) พริกชุดทดลอง T5

เมื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวและขนาดอนุภาคของพริกป่น B1 และ T5 พบว่าทั้งสองชนิดมีลักษณะการกระจายตัวในลักษณะเดียวกันคือ มีการกระจายตัวอยู่ในช่วง 125 – 600 μm โดยมีช่วงอนุภาคหลักอยู่ที่ 125 - 250 μm โดยค่าขนาดอนุภาคเฉลี่ยของพริกป่น B1 และ T5 มีค่าใกล้เคียงกันคือ 212.3 และ 214.0 μm ตามลำดับ

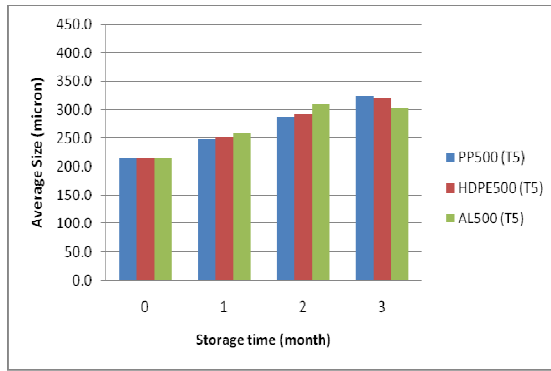
4.4.1 ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์และน้ำหนักรู

การกระจายตัวและขนาดอนุภาคของพริกป่น B1 และ T5 ในวัสดุบรรจุและขนาดบรรจุต่าง ๆ กัน ที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน ซึ่งผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.26

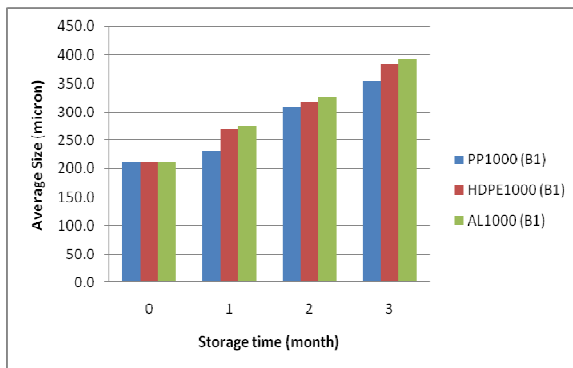




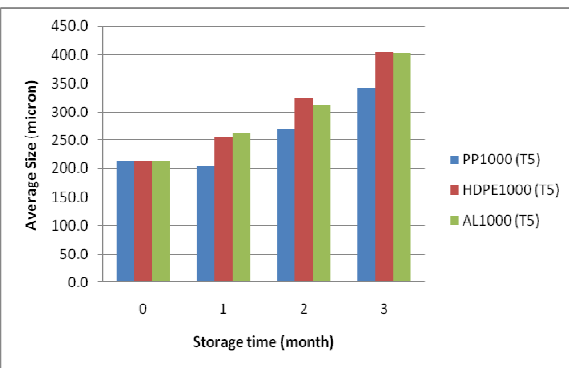
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพที่ 4.26 ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของพริกป่นที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน

(ก),(ค) และ (จ) พริกชุดทดลอง B1

(ข), (ง) และ (ฉ) พริกชุดทดลอง T5

จากผลการทดลองพบว่าขนาดอนุภาคเฉลี่ยของพริกป่นมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และขนาดบรรจุที่มีมากขึ้น โดยเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความชื้น พบว่ามีผลไม่สอดคล้องกันกล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงความชื้นของบรรจุภัณฑ์ชนิด HDPE > PP > AL โดยแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงขนาดอนุภาคของบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีขนาดใกล้เคียงกันแต่มีผลมาจากระยะเวลาการเก็บนานที่สุด จึงสามารถสรุปว่าระหว่างการเก็บรักษาพริกที่บรรจุอยู่ในถุงขนาดใหญ่พริกที่อยู่ด้านล่างอาจถูกน้ำหนักกดทับมากกว่าจึงจับตัวกันเป็นก้อนมากกว่าใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลมากกว่าการเปลี่ยนแปลงของความชื้น

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 คุณภาพของผลิตภัณฑ์พริกป่นจำหน่ายในจังหวัดเชียงรายและต่างประเทศ พบว่าผลวิเคราะห์หาคูณด้านเคมีและกายภาพอยู่ในมาตรฐานพริกป่นที่กำหนดไว้ ส่วนสีของพริกป่นในตัวอย่างเดียวกันมีสีไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอของขนาดพริกป่น แต่ไม่มีปนเปื้อนของสารสังเคราะห์ Sudan red I, II, III และ IV มีตัวอย่างพริกป่นจากบางแหล่งผลิตทั้งในและต่างประเทศ มีจำนวนยีสต์และราสูงกว่าจำนวนที่มาตรฐานกำหนดไว้ แต่ไม่มีการตรวจพบการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน

5.1.2 ผลการทดลองการลดจำนวนจุลินทรีย์ของพริกสดด้วยการลวกหรือหนึ่ง พบว่าวิธีการลวกด้วยน้ำร้อน เป็นเวลา 1 นาที เป็นการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เหมาะสม เนื่องจากจำนวนจุลินทรีย์ลดลงมากกว่าร้อยละ 99 และเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏของพริกหลังลวกจากความเครียดจากความร้อน (Thermal stress) น้อยที่สุด

ร้อยละการลดของจำนวนจุลินทรีย์ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของของ สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ความเข้มข้น อัตราส่วนการแช่และระยะเวลาการแช่ สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 300 ppm อัตราส่วนพริกต่อสารละลาย 1:3 (w/v) ระยะเวลา 45 นาที เป็นวิธีที่เหมาะสมในการลดจำนวนจุลินทรีย์สำหรับที่จะใช้เตรียมวัตถุดิบสำหรับการทำพริกแห้งในระดับอุตสาหกรรม จำนวนจุลินทรีย์ลดลงมากกว่าร้อยละ 99 นอกจากนี้หลังการแช่พริกสดในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏเกิดขึ้น

การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากกว่าร้อยละ 99 เนื่องจากการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสต้องใช้เวลาทำแห้งนานกว่า ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้นการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จึงเป็นวิธีที่เหมาะสม

ผลวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยเดี่ยวและรวมของการลวกหรือหนึ่งต่อคุณภาพพริกแห้ง พบว่า การลวกหรือหนึ่ง ระยะเวลาและอุณหภูมิการทำแห้ง มีผลต่อค่าความเข้มของสี (chroma) อย่างมีนัยสำคัญที่ร้อยละ 95 แต่ไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L value) อย่างมีนัยสำคัญที่ร้อยละ 95 เมื่อพิจารณาคุณภาพของสีพริกแห้งอื่น เช่น ค่าการสกัดสีแดง (ASTA) อัตราส่วนระหว่างสีแดงต่อสีเหลือง และดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (BI) พบว่า การลวกพริกสดเวลา 1 นาทีแล้วทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นวิธีที่เหมาะสมและพริกแห้งที่มีคุณภาพดีตามมาตรฐาน

5.1.3 ผลการทดลองศึกษาสารละลายที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพสีของพริก พบว่า สารละลาย 2% Ethyl oleate + 2% NaOH แช่ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เป็นวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมพริก เนื่องจากพริกแห้งที่ได้มีคุณภาพของสีดีกว่าพริกแห้งจากการแช่พริกสดด้วยสารละลายอื่นๆ

ผลวิเคราะห์หัตถิทธิผลของปัจจัยเดี่ยวและรวมของสารละลายที่แช่พริกสด และอุณหภูมิในการแช่ พบว่า ปัจจัยเดี่ยวและรวมของสารละลายที่แช่พริกสด และอุณหภูมิในการแช่ มีผลต่อค่าความเข้มของสี (chroma) อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L value) อย่างมีนัยสำคัญ

5.1.4 ผลการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพริกแห้ง ที่บรรจุในถุงพอลิ เอทิลีนความหนาแน่นสูง ถุงพอลิพรอพิลีน และอลูมิเนียมฟอยล์ ที่ขนาดบรรจุแตกต่างกันและเก็บไว้ระยะเวลา 3 เดือน พบว่า พริกป่นที่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ถุงพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง ถุงพอลิพรอพิลีน มีการเพิ่มของความชื้นเรียงจากน้อยไปหามาก ผลของชนิดของวัสดุบรรจุ ขนาดการบรรจุและระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อการลดลงของปริมาณเบต้า-แคโรทีน (β -carotene) ที่ความชื้นร้อยละ 95 แต่ไม่มีอิทธิพลต่อการลดลงของปริมาณแคปไซซินทั้งหมด (capsaicin) ที่ความชื้นร้อยละ 95 ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่ามีการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ของพริกป่น แต่ตรวจไม่พบการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน จากการศึกษา Sorption Isotherm ของพริกป่น พบว่าพริกป่นมีความเสี่ยงต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ค่าร้อยละความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 60 หรือในกรณีที่ทำแห้งไม่สมบูรณ์โดยพริกป่นมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 10 ก็สามารถทำให้เกิดการเจริญของเชื้อราได้เช่นกัน ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคจากการปนเปื้อนของเชื้อราที่สามารถสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้ นอกจากนี้การบรรจุและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์พริกแห้งป่น ต้องปฏิบัติตามมาตรฐานข้อกำหนดคุณลักษณะของอาหาร เพื่อให้ได้พริกป่นที่ปลอดภัยและมีคุณภาพตามที่ต้องการ

การนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์

งานวิจัยนี้สามารถนำผลการศึกษานี้ ไปใช้เป็นข้อมูลในการผลิตพริกแห้งปน วิธีการลดจำนวนจุลินทรีย์ในวัตถุดิบ การรักษาสีพริกปนและการเลือกวัสดุบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์พริกปนได้ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์พริกปนที่ปลอดภัยจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตสารพิษอะฟลาทอกซิน และมีคุณภาพสีแดงตามความต้องการของผู้บริโภค โดยการแช่สารละลายที่มีความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 300 ppm อัตราส่วนของพริกต่อสารละลาย 1 ต่อ 3 เป็นเวลา 45 นาที นอกจากนี้การแช่พริกสดด้วยสารละลาย 2% Ethyl oleate + 2% NaOH ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ก่อนทำแห้ง และบรรจุในพริกปนที่ถุงออลูมิเนียมฟอยล์ สามารถลดการเพิ่มของความชื้นและการเสื่อมสลายของรงควัตถุเบต้า-แคโรทีน ระหว่างการเก็บเป็นระยะเวลา 3 เดือนที่อุณหภูมิห้อง เป็นวิธีที่เหมาะสมในการแปรรูปพริกปน สำหรับผู้ประกอบการนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กมล เลิศรัตน์. 2551. การผลิต การปลูก การแปรรูป และการตลาดของพริกและผลิตภัณฑ์พริกในประเทศไทย. ประชาคม

วิจัย, กรุงเทพฯ. หน้า 10 – 14.

โครงการพัฒนาระบบการบริหารเครือข่ายโซ่อุปทานและ Logistics อุตสาหกรรมแปรรูปสินค้าเกษตรตามระบบมาตรฐาน

ความปลอดภัยอาหาร available at [www://gotoknow.org](http://gotoknow.org).

โครงการอนุรักษ์ผักสีเขียว และมูลนิธิโตโยต้าแห่งประเทศไทย. 2541. มหัศจรรย์ผัก 108.

มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร. บริษัท เอส.พี.เอ็ม. การพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

หน้า 114 – 123.

ดวงจันทร์ สุประเสริฐ และ วินิดา ประยูรญาติ 2547 อะฟลาทอกซิน : สารพิษที่ปนเปื้อนในถั่วลิสงและ

ผลิตภัณฑ์. กสิกร, กรุงเทพฯ. หน้า 76-80.

นิจศิริ เรืองรังสี. 2548. เครื่องเทศ. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. หน้า 76-80.

นิธิยา รัตนานนท์. 2545. เคมีอาหาร..สำนักพิมพ์ โอเดียน จำกัด. กรุงเทพฯ

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, กิตติศักดิ์ สิริสุนทร, วรขมา แสงปลั่ง, วราพร ตันพรพิทักษ์ และ สุทธิ โกษศิริศิลป์ 2544

จลนศาสตร์การเปลี่ยนสีของพริกแห้งปนที่ระดับความชื้นสมดุลต่างๆ. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่

1 11-13 กรกฎาคม 2544. ณ โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ กรุงเทพมหานคร.

ภัทรา เขมะประสิทธิ์. 2545. การศึกษาองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีของพริก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิยวรรณ บุญยมานพ. 2536 การศึกษาปริมาณแคปไซซินและแคโนทีนอยด์ในผลของพริกปลูกในประเทศไทย.

วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต เกษตรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย