



วิทยานิพนธ์

การพัฒนาอาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก
เสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

**DEVELOPMENT OF READY-TO-EAT BREAKFAST FLAKE
FROM GERMINATED BROWN RICE FLOUR FORTIFIED
WITH CRUDE EXTRACTS FROM HERBS**

นางสาวณัฐธิดา มหาชัยราชัน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2555



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)
ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร

พัฒนาผลิตภัณฑ์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาอาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบ
จากสมุนไพร

Development of Ready-To-Eat Breakfast Flake from Germinated Brown Rice Flour
Fortified with Crude Extracts from Herbs

นามผู้วิจัย นางสาวณัฐธิดา มหาชัยราชัน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(..... รองศาสตราจารย์กมลวรรณ แจ่มชัด, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(..... รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ่มชัด, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา
(..... รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ่มชัด, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....
(..... รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาอาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก
เสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

Development of Ready-To-Eat Breakfast Flake from Germinated
Brown Rice Flour Fortified with Crude Extracts from Herbs

โดย

นางสาวณัฐธิดา มหาชัยราชัน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2555

ณัฐธิดา มหาชัยราชัน 2555: การพัฒนาอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร ปรินญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์กมลวรรณ แจ่มชัด, Ph.D. 138 หน้า

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการสกัดของสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุมและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพรให้มีคุณค่าทางโภชนาการและมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ผลการศึกษาพบว่า สภาวะการสกัดของสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุมเท่ากับ 24 ชั่วโมง ระยะเวลาการสกัดที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และ 6 ชั่วโมง ระยะเวลาการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ การศึกษาผลของปริมาณแชนแทนกัมและความชื้นของส่วนผสมก่อนอบต่อคุณภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 3X3 แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ ศึกษาปริมาณแชนแทนกัม 3 ระดับ (ร้อยละ 0, 1 และ 2) และความชื้นของส่วนผสมก่อนอบ 3 ระดับ (ร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักเปียก) พบว่า ปริมาณความชื้นและปริมาณแชนแทนกัมที่เพิ่มขึ้น ทำให้การดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น แต่การละลายน้ำมีแนวโน้มลดลง โดยปริมาณความชื้นของส่วนผสมก่อนอบที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความแข็งและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ลดลง และปริมาณแชนแทนกัมที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าความแข็งและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น จากการศึกษาพบว่า ปริมาณแชนแทนกัมที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 0 และปริมาณความชื้นของส่วนผสมก่อนอบร้อยละ 30 โดยน้ำหนักเปียก จากการศึกษาปริมาณของสารสกัดหยาบจากอบเชยหรือใบมะรุมในอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก ศึกษาปริมาณสารสกัดหยาบจากอบเชย 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 และศึกษาปริมาณสารสกัดหยาบจากใบมะรุม 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 พบว่า ปริมาณสารสกัดหยาบจากสมุนไพรทั้งสองชนิดที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นคือ ร้อยละ 0.25 และ 0.5 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้สารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุมมีค่าความแข็ง 168.30 และ 153.65 นิวตัน และมีค่า a_w 0.31 และ 0.36 ตามลำดับ จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมเฉลี่ย 6.5 และ 6.5 ของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นที่ได้สารสกัดหยาบจากอบเชย และใบมะรุมตามลำดับ การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นที่ได้สารสกัดหยาบจากอบเชย และใบมะรุม เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -18 , 30±2 องศาเซลเซียส และ 45 องศาเซลเซียส ได้อย่างน้อย 6 สัปดาห์

Natthida Mahachairachan 2012: Development of Ready-To-Eat Breakfast Flake from Germinated Brown Rice Flour Fortified with Crude Extracts from Herbs. Master of Science (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Associate Professor Kamolwan Jangchud, Ph.D. 138 pages.

The objective of this study was to study to optimum condition for extracting of cinnamon and moringa leaves crude extract and to develop nutritious ready-to-eat breakfast flakes from germinated brown rice flour fortified with those crude extracts which are acceptable to consumers. Results showed that the optimal conditions for extraction to obtain the highest total phenolic compound and the highest antioxidant capacity of cinnamon and moringa leaves were 24 hours at 35°C and 6 hours at 30°C, respectively. The effects of xanthan gum and moisture content of mixture before baking on the qualities of breakfast flakes from germinated brown rice flour was determined with the 3x3 factorial arrangements in completely randomized design (CRD). Two factors were studied: 3 levels of xanthan gum (0, 1 and 2%) and 3 levels of moisture content (10, 20 and 30% wet basis) of mixture prior to baking. The results show that an increase in moisture content and amount of xanthan gum resulted in increased water absorption but decreased solubility of the product. An increased moisture content prior to baking resulted in a decreased hardness and density of the product. The increase of xanthan gum was found to result in increased hardness and density of the product. The optimal formula of breakfast flake from germinated brown rice flour was 0% xanthan gum and 30% moisture content. The effect of crude extract from cinnamon or moringa leaves (0.25, 0.5, 0.75, and 1.0%) on the breakfast flakes from germinated brown rice flour was studied. The result showed that the optimum amount of crude extract from cinnamon or moringa leaf to be 0.25 and 0.5 %, respectively. The hardness of developed products added with crude extract of cinnamon and moringa leaves were 168.30 and 153.65 N, respectively. Consumer test revealed that the overall liking of breakfast flakes added with cinnamon and moringa leaves extract was 6.5 and 6.5, respectively. The shelf-life of breakfast flakes from germinated brown rice flour fortified with cinnamon and moringa leaves crude extract kept at -18 , 30±2 and 45 °C was revealed to be at least 6 weeks.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ แจ่มชัด อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.อนุวัตร แจ่มชัด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณา
ให้คำปรึกษาในด้านการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้
ถูกต้อง และกราบขอบพระคุณ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้
สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณแหล่งทุนที่ให้การสนับสนุนทำการวิจัย โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้เงินทุนสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ
และช่วยเหลือในการดำเนินงาน ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่
ข้าพเจ้า และขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ PD ทุกคน ที่มีส่วนช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ
ลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้องทุกคน รวมทั้งผู้มีพระคุณที่มีได้เอื้อ
นามไว้ ณ ที่นี้ทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุน ความห่วงใย ความช่วยเหลือ ตลอดจนเป็นกำลังใจที่ดี
เสมอมาจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา สำหรับความรัก ความห่วงใย ความเข้าใจที่มีให้ สุดท้ายนี้ข้าพเจ้า
ขอมอบประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แก่ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน หาก
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขออภัยและขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

ณัฐธิดา มหาชัยราชัน

มีนาคม 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	26
อุปกรณ์	26
วิธีการ	29
ผลและวิจารณ์	41
สรุปและข้อเสนอแนะ	92
สรุป	92
ข้อเสนอแนะ	94
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	95
ภาคผนวก	108
ภาคผนวก ก แบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	109
ภาคผนวก ข แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	115
ภาคผนวก ค กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูล อิสระDPPH และ ABTS	121
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาท สัมผัสในการศึกษาอายุการเก็บของอาหารแช่ชนิดแผ่นจากแป้งข้าว กล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร	124
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	138

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 คุณภาพเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105	41
2 ปริมาณ(โดยน้ำหนักแห้ง) ความชื้น น้ำตาลรีดิซิง และGABA ของแป้งข้าว กล้องและข้าวกล้องงอก	42
3 คุณภาพการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวกล้องงอก	43
4 ปริมาณผลผลิตของสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกัน	46
5 ปริมาณผลผลิตของสารสกัดหยาบจากใบมะรุมที่ระยะเวลาในการสกัด แตกต่างกัน	46
6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ระยะเวลา ในการสกัดแตกต่างกัน	48
7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากใบมะรุมที่ระยะเวลา ในการสกัดแตกต่างกัน	48
8 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ของสารสกัดจากหยาบ จากอบเชย ที่ระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกัน	51
9 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ของสารสกัดจากหยาบ จากใบมะรุมที่ระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกัน	51
10 คุณภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก	55
11 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก	56
12 ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากสารสกัดหยาบจาก อบเชย	58
13 ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากสารสกัดหยาบจากใบ มะรุม	59
14 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากสารสกัดหยาบจากอบเชย	60
15 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากสารสกัดหยาบจากใบ มะรุม	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
16 คะแนนความพอใจที่มีผลต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากสารสกัดหยาบจากอบเชย ร้อยละ 0.5	62
17 คะแนนความพอใจที่มีผลต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากสารสกัดหยาบจากใบมะรุม ร้อยละ 0.5	63
18 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพรที่พัฒนาได้	65
19 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับที่มีต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม	67
20 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเข้าชนิดแผ่นของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับที่มีต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม	69
21 คะแนนเฉลี่ยความชอบของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม	70
22 การยอมรับและความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่มีต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม	71
23 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับที่มีต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2	72
24 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเข้าชนิดแผ่นของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับที่มีต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2	74
25 คะแนนเฉลี่ยความชอบของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
26 การยอมรับและความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่มีต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2	76
27 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคกับคะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2 และอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากใบมะรุม	77
 ตารางผนวกที่	
ข1 ตัวอย่างอ้างอิงที่ใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบเชิงพรรณนาปริมาณ	118
ง1 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร	125
ง2 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร	126
ง3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร	127
ง4 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร	128
ง 5 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร	129
ง6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร	130
ง7 การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร	131

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง8 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลืองของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร	132
ง9 การเปลี่ยนแปลงค่าสีน้ำตาลของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร	133
ง10 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเขียวของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร	134
ง11 การเปลี่ยนแปลงกลิ่นหืนของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร	135
ง12 การเปลี่ยนแปลงความแข็งของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร	136
ง13 การเปลี่ยนแปลงค่าการยอมรับของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร	137

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ขั้นตอนการสกัดสารสกัดหยาบจากอบเชย และสารสกัดหยาบจากใบมะรุม	31
2 ขั้นตอนการผลิตอาหารเข้าสำเร็กรูปชนิดแผ่น	35
3 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้อง(a) และแป้งข้าวกล้องงอก (b)	44
4 สารสกัดหยาบบดละเอียดที่ได้จาก(A) อบเชย, (B)ใบมะรุม	44
5 ความชื้นของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกก่อนอบ	53
6 อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชย (A), อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชย (B)	64
7 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง L* ของอาหารเข้าชนิดแผ่นที่ไม่เติมสารสกัด, เติม แซนแทนกัม, เติมสารสกัดหยาบอบเชย และเติมสารสกัดหยาบใบมะรุม ระหว่าง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ(a) -18 องศาเซลเซียส, (b) 30±2 องศาเซลเซียส และ (c) 45 องศาเซลเซียส	80
8 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของอาหารเข้าชนิดแผ่นที่ไม่เติมสารสกัด,เติมแซน แทนกัม, เติมสารสกัดหยาบอบเชย และเติมสารสกัดหยาบใบมะรุม ระหว่างการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ (a) -18 องศาเซลเซียส, (b) 30±2 องศาเซลเซียส และ (c) 45 องศาเซลเซียส	81
9 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็ง ของอาหารเข้าชนิดแผ่นที่ไม่เติมสารสกัด,เติมแซน แทนกัม, เติมสารสกัดหยาบอบเชย และเติมสารสกัดหยาบใบมะรุม ระหว่างการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ (a) -18 องศาเซลเซียส, (b) 30±2 องศาเซลเซียส และ (c) 45 องศาเซลเซียส	83
10 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น(ร้อยละ) ของอาหารเข้าชนิดแผ่นที่ไม่เติมสารสกัด, เติมแซนแทนกัม, เติมสารสกัดหยาบอบเชย และเติมสารสกัดหยาบใบมะรุม ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ (a) -18 องศาเซลเซียส, (b) 30±2 องศาเซลเซียส และ (c) 45 องศาเซลเซียส	85

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
11	การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของอาหารเข้าชนิดแผ่นที่ไม่เติมสารสกัด,เติมแซนแทนกัม, เติมน้ำมันสกัดหยาบอบเชย และเติมน้ำมันสกัดหยาบใบมะรุม ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ (a) -18 องศาเซลเซียส, (b) 30 ± 2 องศาเซลเซียส และ (c) 45 องศาเซลเซียส	86
ภาพผนวกที่		
ค1	กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด	122
ค2	กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH	122
ค3	กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS	123

การพัฒนาอาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริม สารสกัดหยาบจากสมุนไพร

Development of Ready-To-Eat Breakfast Flake from Germinated Brown Rice Flour Fortified with Crude Extracts from Herbs

คำนำ

อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืช หมายถึง อาหารที่ได้จากการแปรรูปเมล็ดธัญพืชให้เหมาะสมสำหรับการบริโภค โดยเมล็ดธัญพืชหลักที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรม ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวโอ๊ต และข้าวบาร์เลย์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะพร้อมที่จะรับประทาน (Kadan, 1997) มีคุณค่าทางอาหารด้านพลังงานสูง เนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบทางเคมีเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีโปรตีน และไขมันมากกว่าพืชอย่างอื่น (จิตรนา และอรอนงค์, 2543)

ข้าวกล้องงอก คือ การนำข้าวกล้องมาผ่านการงอกภายใต้สภาวะที่เหมาะสม โดยอาศัยส่วนของจมูกข้าวที่ยังคงมีสารอาหารที่จำเป็นต่อการงอก เมื่อได้รับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ น้ำ ความชื้น ออกซิเจน และอุณหภูมิที่เหมาะสม ก็จะทำให้เมล็ดเกิดการงอกได้ ซึ่งข้าวกล้องงอกมีสารต้านอนุมูลอิสระ และสารอาหารที่มีประโยชน์จะเพิ่มมากขึ้น (Ito, 2004) เมล็ดข้าวกล้องงอกมีกรดแกมมาเอมิโนบิวทิริก (GABA) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาท ช่วยป้องกันโรคปวดศีรษะ ควบคุมการทำงานของไต และสมอง โรควิตกกังวล นอนไม่หลับ โรคลมชัก และยังมีคุณสมบัติในการลดความดันโลหิตด้วย (Zang *et. al.*, 2002; Okada *et. al.*, 2000) นอกจากนี้ ยังมีการใช้ประโยชน์จากข้าวกล้องงอกมากมาย ซึ่งมีการนำข้าวกล้องงอกมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพ ขนม และอาหารว่าง ได้แก่ ชา โมจิ เค้ก คุกกี้ ข้าวหมัก (วิภา, 2550) นอกจากนี้ยังมีการแปรรูปเป็นแป้งข้าว เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบหลักในผลิตภัณฑ์ ซึ่งแป้งข้าวอาจมีข้อจำกัดทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่มีความคงตัว มีการกินตัวในระหว่างการเก็บ ซึ่งการเติมไฮโดรคอลลอยด์ช่วยปรับปรุงและควบคุมลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารได้

ไฮโดรคอลลอยด์ หมายถึง พอลิแซ็กคาไรด์และโปรตีนต่างๆซึ่งเป็นสารคอลลอยด์ในเฟสของน้ำ เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์มีขนาดของโมเลกุลใหญ่มากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ ไฮโดรคอลลอยด์สามารถช่วยปรับปรุงคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยใช้เป็นสาร

เพิ่มความข้นหนืด ลดการเกิด ชินเนอเรลิส และช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารได้ ไฮโดรคอลลอยด์ที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่ ได้แก่ แชนแทนกัม อัลจีเนต และกัวร์กัม (Kruger *et al.*, 2003) นอกจากนั้นยังมีการนำอนุพันธ์ของสารประกอบจากธรรมชาติมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์ธัญพืช ไม้ผลไม้ ซอส อาหารแช่แข็งและผลิตภัณฑ์ขนมหวาน (Ward and Andon, 2002) นอกจากนี้แชนแทนกัมมีคุณสมบัติของความคงตัวที่อุณหภูมิสูงซึ่งเป็นข้อดีในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ทำให้เกิดเจลที่มีความยืดหยุ่นดีขึ้น และส่วนด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัสจะช่วยปรับปรุงความแข็งแรงและลดการแตกหักของผลิตภัณฑ์ระหว่างการขนส่ง เป็นการเพิ่มค่าแรงแตกหักในขนมขบเคี้ยว ซึ่งเป็นผลดีกับการขนส่งของผลิตภัณฑ์เพื่อลดการสูญเสีย (Gimeno *et al.*, 2004)

ในปัจจุบันอาหารประเภทขบเคี้ยวมีแนวโน้มการบริโภคเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นอาหารประเภทสะดวกซื้อ ซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารเข้าตำเร็จรูป เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ และสามารถเตรียมได้สะดวก รวดเร็ว ประหยัดเวลา ซึ่งผู้บริโภคยังให้ความสำคัญกับเรื่องของสุขภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้นส่วนผสมที่นำมาเป็นวัตถุดิบของอาหารเข้าชนิดแผ่นควรเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการ นอกจากนี้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ต้องเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การศึกษานี้ได้ใช้แป้งข้าวกลี้งงอกเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารเข้าชนิดแผ่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณไฮโดรคอลลอยด์และความข้นของส่วนผสมก่อนอบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกลี้งงอก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม
2. เพื่อศึกษาผลของส่วนผสมต่อคุณภาพของอาหารเข้าลำไส้รูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก
3. เพื่อพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตอาหารเข้าลำไส้รูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม
4. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารเข้าลำไส้รูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม

การตรวจเอกสาร

1. ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป

1.1. ความหมายของอาหารเช้าจากธัญชาติ (Breakfast cereals)

1.1.1. อาหารเช้า (Breakfast) ประกอบด้วยคำว่า break และ fast ในที่นี้คำว่า fast หมายถึงการอดอาหาร หรือไม่ได้รับประทานอาหารมาตลอดคืนหลังจากมื้อเย็นหรือมื้อค่ำ ส่วนคำว่า break หมายถึง การหยุดอาหาร โดยจะรับประทานอาหารเช้า เมื่อรวมคำเข้าด้วยกันเป็น breakfast จึงหมายถึง อาหารเช้านั่นเอง (อรอนงค์ และลินดา, 2536; Honey, 1986)

1.1.2. ธัญชาติ (Cereals) หมายถึง เมล็ดจากธัญพืชวงศ์หญ้า (*Gramineae*) ซึ่งเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีหลายชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ ข้าวฟ่าง ข้าวไรย์ ข้าวโอ๊ต และลูกเดือย มีคำที่เกี่ยวข้องกับธัญชาติ อีก 2 คำ คือธัญญาหาร หมายถึง อาหารจากข้าว ธัญพืชหมายถึง ต้นข้าวทั้งหมด ธัญชาติ คือ เมล็ดของธัญพืช (อรอนงค์, 2542) ธัญชาติมีคุณค่าทางอาหารด้านพลังงานสูง เนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบทางเคมีเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีโปรตีนและไขมันมากกว่าพืชอย่างอื่น เมล็ดที่แก่เต็มที่แล้วจะประกอบด้วยสารอาหารหลักคือ คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 77-87 โปรตีนร้อยละ 9-16 ไขมันร้อยละ 1-5 เส้นใยร้อยละ 2-10 และแร่ธาตุร้อยละ 1-7 (จิตธนา และอรอนงค์, 2543) ดังนั้น อาหารสำเร็จรูปจากธัญชาติ หมายถึง อาหารที่ได้จากการแปรรูปเมล็ดธัญพืชให้เหมาะสมสำหรับการบริโภค โดยเมล็ดธัญพืชหลักที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรมสำหรับอาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญชาติได้แก่ ข้าวโพด ข้าวโอ๊ต และข้าวบาร์เลย์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะพร้อมที่จะรับประทาน (Kadan, 1997)

1.2. ชนิดของอาหารเช้าสำเร็จรูป

1.2.1 ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่น (flaked products)

ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้นิยมใช้ข้าวโพด ข้าวสาลีและข้าวเป็นวัตถุดิบ กระบวนการผลิตมี 2 วิธีได้แก่ วิธีดั้งเดิม (conventional method) และวิธีเอกซ์ทรูชัน (extrusion method) การผลิตโดยวิธีดั้งเดิมเริ่มจากการทำความสะอาดวัตถุดิบ ปรับความชื้นให้เหมาะสมในการบดให้แตกด้วยลูกกลิ้งผิวเรียบสองลูกกลิ้ง เพื่อให้ความชื้นซึมผ่านเข้าไปในเมล็ดได้ง่ายขึ้น นำเมล็ดที่แตกไปต้ม

โดยใช้ความดัน เมื่อสุกแล้วนำไปทำแห้งจนมีความชื้นเหลือร้อยละ 15-20 และพักไว้ในถังปรับสภาพนาน 24-27 ชั่วโมง จากนั้นทำการรีดอัดระหว่างคู่ของลูกกลิ้งผิวเรียบ ได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นแผ่นแบน ผ่านไปยังเครื่องทำให้แห้ง และผ่านไปยังเตาย่าง (toaster) จนเหลือง ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 3 นำผลิตภัณฑ์ที่เย็นแล้วมาเคลือบน้ำตาล หรือน้ำเชื่อมก่อนบรรจุ สำหรับวิธีเอกซ์ทรูชัน เริ่มจากการนำวัตถุดิบมาทำความสะอาด และผสมกับส่วนผสมอื่น เช่น เกลือ น้ำตาล วิตามิน มอลต์ เกล็น เป็นต้น แล้วนำไปผ่านเข้าเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ ทำให้แห้งและปล่อยไว้ให้เย็น แล้วนำไปผ่านลูกกลิ้งผิวเรียบโดยปรับแรงอัดให้เหมาะสม จะได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นแผ่นบาง อาจนำไปเคลือบด้วยน้ำตาล สารปรุงแต่งกลิ่นรสก่อนบรรจุ (Roger, 1974)

1.2.2. ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะพองกรอบ (puffed product)

ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้วัตถุดิบที่ใช้เป็นเมล็ดข้าวสาลี ข้าวเจ้า ข้าวโพด หรือข้าวบาร์เลย์ ทำจากข้าวทั้งเมล็ด หรือว่าทำจากแป้งนวดให้เป็นโดปรับความชื้นให้มีปริมาณร้อยละ 30-35 เติมน้ำตาล เกลือ และน้ำมัน ทำให้สุกด้วยระบบความดัน จากนั้นนำมาทำให้แห้งจนมีความชื้นประมาณร้อยละ 14-16 นำเข้าเครื่องเอกซ์ทรูชัน ดัดออกเป็นเม็ด นำเม็ดโด้ ลงในหม้ออัดความดันที่ปิดสนิท ทำให้ภายนอกหม้อร้อนด้วยไอน้ำ ทำให้ความดันภายในเพิ่มสูงขึ้นมากจนสตาร์ชในวัตถุดิบสุกจนเป็นเจล แล้วจึงเปิดฝาท่อทันที หรือจะทำในลักษณะกระบอกอัดความดันเวลาเปิดฝาท่อกระบอกทำให้คล้ายการยิงปืน ทำให้ธัญชาติที่ได้พองมีความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 3 นำไปย่างให้สุกทำให้เย็น อาจนำมาเคลือบด้วยน้ำเชื่อมหรือน้ำตาล โดยให้มีความชื้นร้อยละ 2-5 แล้วจึงทำให้เย็น และทำให้แห้งอีกครั้ง ก่อนบรรจุลงในภาชนะบรรจุ (Clark *et al.*, 1986; อรอนงค์, 2547)

1.2.3 ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นชิ้น (shredded product)

ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ทำได้โดยนำเมล็ดข้าวสาลีมาทำความสะอาด ต้มกับน้ำโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำเดือดรอบชั้นนอกของหม้อต้ม จนได้เมล็ดที่นิ่ม และเหนียวเป็นยาง มีความชื้นประมาณร้อยละ 43 เม็ดแป้งภายในเมล็ดข้าวเกิดการเจลาติไนซ์เซชัน (gelatinization) เต็มที่แล้วจึงทำให้เมล็ดข้าวสาลีสุกนี้เย็นลง และพักไว้ในถังปรับสภาพความชื้นนาน 18 ชั่วโมง แล้วส่งเข้าเครื่องที่ประกอบด้วยลูกกลิ้งหลายคู่ แต่ละคู่มีลูกกลิ้งผิวเรียบอยู่ด้านบน และลูกกลิ้งผิวฟันเลื่อยแบบโค้งอยู่ด้านล่าง ทำให้เกิดการขูดเป็นชิ้นเท่าๆ กัน แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นจึงทำให้แห้งจนมีความชื้นเพียงร้อยละ 1 ทำให้เย็น และบรรจุ (อรอนงค์, 2547)

1.3. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น

1.3.1. ส่วนผสม

ก. โปรตีน

โปรตีนมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูป โดยขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของโปรตีน ซึ่งการการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น (Peri *et al.*, 1983) Martin and Fitzgerald (2002) กล่าวว่า ฟลาวจากเมล็ดข้าวที่มีปริมาณโปรตีนอยู่สูงทำให้ผลิตภัณฑ์มีการพองตัว และการขยายตัวลดลง เนื่องจากปริมาณโปรตีนเหล่านี้จะอยู่ล้อมรอบอนุภาคของเม็ดแป้งมีผลไปยับยั้งการพองตัว และการขยายตัวของเม็ดแป้ง

ข. ไขมัน

Tribelhorn (1991) กล่าวว่า ไขมันหรือน้ำมันสามารถควบคุมการพองตัวของผลิตภัณฑ์ธัญชาติได้ โดยการเติมน้ำมันหรือไขมัน ร้อยละ 0.5-1 และสามารถป้องกันการเสียสภาพของคาร์โบไฮเดรต ทำให้เม็ดแป้งลดการกระจายตัว ความหนืดสูงขึ้น และทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ออกจากเอกซ์ทรูดมีการพองตัวน้อยลง แต่ถ้ามีการเพิ่มไขมันหรือน้ำมันประมาณร้อยละ 2-3 ผลิตภัณฑ์จะมีเนื้อสัมผัสเหมือนบิสกิต การพองตัวจะลดลงอย่างมากถ้าใช้ไขมันในปริมาณสูงๆ (Guy, 1994) ไขมันมีคุณสมบัติในการปรับปรุงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส เช่น กลิ่นรส รสชาติ กลิ่นธรรมชาติของน้ำมันจากถั่วต่างๆ และกลิ่นของไขมันนม สามารถเพิ่มกลิ่นให้กับผลิตภัณฑ์ได้ (Tribelhorn, 1991; Guy, 1994)

ค. โยอาหาร

โยอาหารในผลิตภัณฑ์ทำให้มีผลต่อเนื้อสัมผัส และการพองตัวของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าจากธัญชาติ (Guy, 1994) โดยโยอาหารส่วนใหญ่ที่ได้จากธัญชาติ เช่น รำข้าว ซึ่งเป็นอนุภาคที่ใหญ่และแข็ง ซึ่งการนำรำข้าวมาแปรรูป หรือเสริมในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการเอกซ์ทรูด พบว่ารำข้าวทำให้การพองตัวของผลิตภัณฑ์ขนมพองกรอบที่ทำจากข้าวโพดลดลง (Suksomboon *et al.*, 2001) แต่โยอาหารเหล่านี้ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ไม่แตกหักระหว่างการเอกซ์ทรูด

การเพิ่มใยอาหารในส่วนผสมของวัตถุดิบประมาณร้อยละ 20-30 จะลดการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ (Hsieh *et.al.*, 1989)

ง. แป้ง

สูตรการผลิตอาหารเข้าจากรัษฎชาติ ส่วนผสมจะมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก และมีปริมาณมากกว่าสารอาหารอื่นๆ แป้งจะมีความสำคัญต่อการพองตัว (Anderson *et.al.*, 1969) ซึ่งอัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินมีอิทธิพลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ อะไมโลเพกทินจะช่วยในเรื่องการพองตัว (Feldbegr, 1969) แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวโพดเป็นแป้งจากรัษฎชาติ มีรูปแบบการพองตัวและการละลาย 2 ชั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน 2 ชนิดคือ บริเวณผลึก และบริเวณอสัณฐานของเม็ดแป้ง แป้งจำพวกนี้มีพันธะสูงสุด แต่มีกำลังการพองตัวต่ำสุดเนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสสูง ซึ่งอะไมโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวต่ำและทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นมีลักษณะ พองตัวต่ำ และกรอบแข็ง ส่วนแป้งที่มีปริมาณอะไมโลเพกทินสูงกว่า จะมีการพองตัวเพียงชั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่า เนื่องจากมีจำนวนพันธะที่น้อยกว่า ซึ่งคุณสมบัติของอะไมโลเพกทิน จะทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่พองตัวมากกว่า (กล้านรงค์และเกื้อกูล, 2543) Feldberg(1969) กล่าวว่า สตาร์ชที่มีปริมาณอะไมโลสมากทำให้ผลิตภัณฑ์มีการพองตัวลดลง และมีค่าปริมาตรจำเพาะลดลง ขณะที่อะไมโลเพกทินช่วยในการพองตัว

จ. ไฮโดรคอลลอยด์

เป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์และโปรตีนต่าง ๆ ที่ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีคุณภาพดีขึ้น ช่วยรักษาความกรอบและลด a_w นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว คือ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ดี พองตัวดี กรอบ มีรูปร่างและขนาดหลากหลายแบบตามที่ต้องการ (ประชาและคณะ, 2539) ไฮโดรคอลลอยด์สามารถช่วยปรับปรุงคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร และช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารได้ ไฮโดรคอลลอยด์ที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่ ได้แก่ แชนแทนกัม อัลจีเนต และกัวร์กัม (Kruger *et al.*, 2003) นอกจากนี้แชนแทนกัมมีคุณสมบัติของความคงตัวที่อุณหภูมิสูงซึ่งเป็นข้อดีในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ทำให้เกิดเจลที่มีความยืดหยุ่นดีขึ้น และส่วนด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัสจะช่วยปรับปรุงความแข็งแรงและลดการแตกหักของผลิตภัณฑ์ระหว่างการขนส่ง เป็นการเพิ่มค่าแรงแตกหักในขนมขบเคี้ยว ซึ่งเป็นผลดีกับการขนส่งของผลิตภัณฑ์เพื่อลดการสูญเสีย (Gimeno *et al.*, 2004)

1.3.2. กระบวนการผลิตอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น

ขั้นตอนในการผลิตอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นนี้โดยวิธีดั้งเดิม Fast (2000) ได้กล่าวถึง ดังนี้

ก. สูตรส่วนผสม

อาหารเข้าชนิดแผ่นผลิตจากข้าวเต็มเมล็ด หรือข้าวเมล็ดหัก แต่ในอุตสาหกรรมหลักจะใช้ข้าวเมล็ดที่หัก ส่วนข้าวเต็มเมล็ดจะใช้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดพองกรอบและยาง โดยในส่วนผสมทั่วไปของการผลิตนั้น จะประกอบไปด้วย เมล็ดข้าว น้ำตาลป่น มอลต์ไซรัป เกลือ และน้ำ ซึ่งจะต้องมีปริมาณเพียงพอที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์สุกและมีความชื้นประมาณ 28%

ข. การนึ่ง

ทำการนึ่งให้สุกโดยใช้ความดัน ควบคุมความชื้นและปริมาณน้ำตาลในส่วนผสม ให้ความชื้นไม่มากกว่า 28% ของการทำให้แป้งข้าวสุก ซึ่งถ้าความชื้นมากกว่าที่กำหนด จะทำให้ส่วนผสมเหนียว ยากต่อการทำให้เย็นตัว การรีด และในขั้นตอนต่อไป

ค. การรีดและอบแห้ง

เป็นกระบวนการของการผลิตอาหารเข้าชนิดแผ่น โดยขนาดของแผ่นจะมีผลต่อการอบไล่ความชื้น ซึ่งในขั้นตอนท้ายของการอบแห้งนี้จะต้องให้ความชื้นของอาหารเข้าชนิดแผ่นนี้ประมาณ 17% ถ้าความชื้นต่ำกว่านี้จะทำให้จะทำให้อาหารเข้าชนิดแผ่นแตกละเอียด และมีขนาดเล็กเมื่อเป็นผลิตภัณฑ์ และถ้าความชื้นสูงมาก จะทำให้อาหารเข้าชนิดแผ่นเหนียวและ

ง. ทำให้เย็นและควบคุมอุณหภูมิ

หลังจากการอบไล่ความชื้นส่วนหนึ่งแล้ว นำอาหารเข้าชนิดแผ่นมาวางไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้รักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ให้คั่ว และควบคุมให้ความชื้นของตัวผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอทั่วทุกพื้นผิว โดยทั่วไปของการควบคุมอุณหภูมินั้นจะใช้ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ของการควบคุมความชื้นของตัวผลิตภัณฑ์แต่ ปัจจุบันสามารถควบคุมวิธีการนี้ได้เพื่อ

เป็นการลดระยะเวลา อย่างไรก็ตามในขั้นตอนสุดท้ายของการทำอุณหภูมินั้น จะต้องมีความชื้นประมาณ 10-14%

จ. การอบให้พอง

เป็นกระบวนการที่ทำให้ผลิตภัณฑ์พองด้วยความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 275-330 องศาเซลเซียส (ระยะเวลา 90 นาที) โดยจะต้องมีความชื้นที่พอเหมาะต่อการทำให้อาหารเข้าชนิดแผ่นพอง ถ้าอาหารเข้าชนิดแผ่นไม่พองจะทำให้แข็งและเหนียวเกินไป การพองของผลิตภัณฑ์ที่ดีจะต้องมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 1-3%

สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่น สามารถผลิตได้โดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน ทำโดยการผสมส่วนผสม แล้วทำให้สุก โดยผ่านเข้าเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ ได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นเพลเล็ต (pellet) มีความชื้นประมาณ 22-24 % จากนั้นนำไปรีดเป็นแผ่น แล้วนำไปอบ

1.3.3. ผลของกระบวนการอบแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

กระบวนการผลิตอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับธรรมชาติของอาหารและสภาวะที่ใช้ในการผลิต ดังนี้คือ

ก. การหดตัว

การเสื่อมเสียเนื้อสัมผัสของอาหารแห้ง เกิดจากการเสื่อมเสียของสตาร์ช (starch) การเกิดผลึกภายในเซลล์อาหาร และการระเหยของน้ำในระหว่างกระบวนการอบแห้ง (Fellows, 2000) ซึ่งการเสียน้ำทำให้เซลล์อาหารหดตัวจากผิวนอก ส่วนที่แข็งจะคงสภาพได้ ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้าๆ (สุคนธ์ชื่น, 2546)

ข. การเปลี่ยนสี

อาหารที่ผ่านการทำแห้งมักจะมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมีที่เกิดสีน้ำตาล หากความชื้นของผลิตภัณฑ์เกินกว่า 4-5% และอุณหภูมิสูงเกินกว่า 38 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นอย่างชัดเจน (Fellows, 2000)

ค. การเกิดเปลือกแข็ง

การอบแห้งอย่างรวดเร็วและการใช้อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสได้มากกว่าอัตราการอบแห้งที่เกิดขึ้นแบบปานกลาง และใช้อุณหภูมิต่ำกว่า ระหว่างการอบแห้งนั้นน้ำจะเคลื่อนที่จากภายในสู่ภายนอก แล้วในช่วงแรก ๆ น้ำภายนอกนั้นระเหยเร็วเกินไป น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน และความร้อนยังทำให้เกิดสารประกอบทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่ผิวภายนอก ส่งผลให้ที่ผิวอาหารแข็งเป็นเปลือกหุ้มไว้ ทำให้อัตราการอบแห้งนั้นลดลง แล้วผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็มีผิวนอกเป็นเปลือกแข็งแข็ง แต่ภายในยังมีความชื้นหลงเหลืออยู่ (Fellows, 2000) สามารถหลีกเลี่ยงโดยไม่ใช้อุณหภูมิและใช้อากาศที่มีความชื้นสูงเพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งก่อนเวลาอันสมควร (สุคนธ์ชื่น, 2546)

ง. การเสียความสามารถในการคืนสภาพ (rehydration)

การดูดคืนน้ำไม่ใช่ปฏิกิริยาย้อนกลับของการทำแห้ง อาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพ แต่การคืนสภาพโดยการเติมน้ำจะไม่ได้เหมือนเดิม เพราะเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ สตาร์ชและโปรตีนเสียความสามารถในการดูดน้ำ อัตราเร็วและระดับของการดูดน้ำคืนสภาพอาจใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพอาหารได้ อาหารที่ทำแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมมากกว่าจะเกิดความเสียหายน้อยกว่าและดูดคืนน้ำได้เร็วกว่าอาหารที่ทำแห้งที่สภาวะที่เหมาะสมน้อยกว่า จะเห็นได้ว่าอาหารที่ทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็งจะมีความสามารถในการคืนสภาพดีที่สุด เพราะไม่ได้ใช้ความร้อนที่จะไปทำลายผนังเซลล์หรือเปลี่ยนโครงสร้างของสตาร์ชและโปรตีน (สุคนธ์ชื่น, 2549)

จ. การเสียคุณค่าอาหารและสารระเหย

เกิดการเสื่อมสลายของสารวิตามินต่างๆ เช่น วิตามินซีและแคโรทีนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไทอะมินจากความร้อน ยิ่งใช้เวลาทำแห้งมากและนานเท่าไรการสูญเสียก็ยิ่งมาก โปรตีนมีการสูญเสียบางส่วนด้วยความร้อนเช่นกัน การสูญเสียสารระเหยเนื่องจากความร้อนทำให้กลิ่นของอาหารแห้งลดน้อยลงหรือแตกต่างไปจากเดิม สารระเหยที่มีความสามารถในการระเหยและแทนที่สูงจะเกิดการสูญเสียในช่วงแรกของการอบแห้ง (สุคนธ์ชื่น, 2549)

2. ข้าวกล้องงอก

2.1 ความหมายของข้าวกล้องงอก

ข้าวกล้องงอก (germinated brown rice) หมายถึง ข้าวที่นำไปแช่น้ำแล้วเกิดการงอกของจมูกข้าว (Ito, 2004) การผลิตข้าวกล้องงอกสามารถผลิตได้โดยการแช่ข้าวกล้องในน้ำและเพาะให้งอกเป็นระยะเวลาดั้งเดิม (Yamada, 2005) โดยข้าวกล้องงอกผลิตจากการนำข้าวเปลือกมากะเทาะเอาเปลือกออกแต่ยังคงมีจมูกข้าวที่สามารถเจริญและงอกได้ต่อไป (Taketada, 2005) ซึ่งข้าวเปลือกทั้งเมล็ดสามารถนำมางอกได้เพื่อเป็นแหล่งของเอนไซม์สำหรับการย่อยสลายแป้ง ในอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์และน้ำตาล (Ayernor and Ocloo, 2007) ในระหว่างที่ข้าวมีการเจริญเติบโตจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเมล็ดข้าว การเปลี่ยนแปลงเริ่มขึ้นเมื่อน้ำได้แทรกเข้าไปในเมล็ดข้าวจะกระตุ้นในเอนไซม์ในข้าวให้มีการทำงาน ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไปเมล็ดข้าวเริ่มงอก (malting) สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวจะมีการย่อยสลายไปตามกระบวนการชีวเคมี ให้ได้เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็ก (oligosaccharide) และ reducing sugar จากการกระตุ้นเมตาบอลิซึมของแป้งและน้ำตาล ซึ่งมีเอนไซม์จำพวกย่อยแป้ง เช่น amylase และ invertase เป็นต้น (จุไรทิพย์, 2549) โดยข้าวกล้องเริ่มงอกมีจมูกข้าวยาวประมาณ 0.5-1 มิลลิเมตร Watanabe (2004) นอกจากนี้โปรตีนก็ถูกย่อยให้เป็นกรดอะมิโนและเปปไทด์ และยังมีการสะสมสารต่างๆ เช่น GABA (gamma aminobutyric acid), โทโคฟีรอล (tocopherol), โทโคไตรอีนอล (tocotrienol), แกมมา-ออริซานอล (gamma-oryzanol) เป็นต้น (Saikusa *et al.*, 1994) จุไรทิพย์ (2549) ได้กล่าวว่า เมื่อดันข้าวเจริญเติบโตต่อไปในระยะเวลาที่มีการแทงยอดอ่อน จะสร้างสารที่เรียกว่าสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) ได้แก่ คลอโรฟิลล์, oryzadione, 7-oxo-stigmasterol และ ergosterol peroxide เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของต้นข้าว ผ่านกระบวนการ defense mechanism

ในระหว่างกระบวนการงอกสารอาหารต่างๆในข้าวกล้องเกิดการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากโดยสารอาหารที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมากคือ γ -aminobutyric acid (GABA), dietary fiber, inositols, ferulic acid, phytic acid, tocotrienols, magnesium, potassium, zinc, γ -oryzanol และ prolylendopeptide inhibitor (Kayahara and Tukahara, 2000) โดยข้าวกล้องนั้นจะประกอบด้วยสารอาหารจำนวนมาก เมื่อนำข้าวกล้องมาแช่น้ำเพื่อทำให้งอกจะทำให้ข้าวมีสารอาหารโดยเฉพาะ GABA เพิ่มขึ้น ซึ่งนอกจากจะได้ประโยชน์จากการที่มีปริมาณ GABA ที่สูงขึ้นแล้วยังทำให้ข้าวกล้องงอกมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มและรับประทานได้ง่าย (พัชร, 2550)

2.2 สารแกมมาอะมิโนบิวทีริกแอซิด (gamma amino butyric acid, GABA)

GABA เป็นกรดอะมิโนที่ผลิตจากกระบวนการ decarboxylation ของกรดกลูตามิก (glutamic acid) กรดนี้จะมีบทบาทสำคัญในการหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท (neurotransmitter) ในระบบประสาทส่วนกลาง นอกจากนี้ GABA ยังถือเป็นสารสื่อประสาทประเภทยับยั้ง (inhibitor) โดยจะทำหน้าที่รักษาสสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้นซึ่งช่วยทำให้สมองเกิดการผ่อนคลายและนอนหลับสบาย อีกทั้งยังทำหน้าที่ช่วยกระตุ้น anterior pituitary ซึ่งทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต (HGH) ทำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อ ทำให้กล้ามเนื้อเกิดความกระชับและเกิดสาร lipotropic ซึ่งเป็นสารป้องกันไขมัน (ชาญวิทย์, ม.ป.ป.)

พัชร และคณะ (2549) ได้ศึกษาปริมาณสาร GABA ในคัพพะและในข้าวกล้องของข้าวแต่ละประเภท รวมถึงศึกษาการเพิ่มปริมาณ GABA ในคัพพะ โดยศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณสาร GABA ในคัพพะข้าว ได้แก่ อุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าว โดยใช้ข้าวที่มีอะมิโนสต่ำ 2 พันธุ์ข้าวที่มีอะมิโนสสูง 4 พันธุ์ และข้าวเหนียว 8 พันธุ์ พบว่าข้าวเจ้ามีปริมาณคัพพะโดยเฉลี่ยมากกว่าข้าวเหนียวทุกสายพันธุ์ และจากการวิเคราะห์ปริมาณ GABA ที่มีในคัพพะข้าวทั้งหมด พบว่าคัพพะข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ปทุมธานี 1 ชัยนาท 1 และพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีปริมาณ GABA ที่สูงกว่าคัพพะข้าวเหนียว โดยมีค่า GABA เท่ากับ 37.2, 31.0, 28.8 และ 21.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และเมื่อนำคัพพะข้าวแช่ในน้ำนาน 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 40°C สามารถเพิ่มปริมาณ GABA สูงขึ้น และวิธีการเพาะข้าวกล้องงอกโดยนำเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาว ดอกมะลิ 105 ที่สมบูรณ์ ที่ผ่านการคัดเลือกและทำความสะอาด นำมาแช่น้ำให้เกิดการงอกโดยควบคุมอุณหภูมิเป็นระยะเวลา 36–72 ชั่วโมง โดยมีการเปลี่ยนน้ำเป็นระยะ จากนั้นใช้น้ำร้อนเพื่อหยุดปฏิกิริยาการงอก แล้วนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพื่อลดความชื้นของข้าวลงให้เหลือประมาณ

ร้อยละ 12–13 พบว่าข้าวกล้องงอกมีปริมาณ GABA สูงสุดเมื่อแช่น้ำเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง (พัชรวิทย์, 2550)

Komatsuzaki *et. al.* (2007) ศึกษาการแช่ข้าวกล้องโดยนำข้าวกล้องพันธุ์ *Haiminori* และ *Oou 359* ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวของประเทศญี่ปุ่นที่มีจมูกข้าวขนาดใหญ่ และพันธุ์ *Koshihikari*, *Yumetsukushi* และ *Nipponbare* ซึ่งมีจมูกข้าวขนาดปกติ ใช้วิธีการแช่น้ำร่วมกับวิธีการบ่มก๊าซ เมื่อได้ระยะเวลาตามที่กำหนดจึงนำไปล้าง และพ่นไอน้ำร้อน พบว่า หลังจากแช่ข้าว 3 ชั่วโมงและบ่มเป็นระยะเวลา 21 ชั่วโมงปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอกเท่ากับ 24.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งมากกว่าข้าวกล้องงอกที่ผ่านการแช่แต่ไม่ได้บ่ม และข้าวกล้องพันธุ์ *Haiminori* ให้ปริมาณ GABA สูงที่สุด

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวจะงอกได้นั้น จำเป็นต้องได้รับปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ด เพื่อใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ของการงอก ปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ดได้แก่ น้ำหรือความชื้น ออกซิเจน และอุณหภูมิที่เหมาะสม (จวงจันทร, 2529)

2.3.1 น้ำหรือความชื้น

น้ำเป็นปัจจัยแรกที่เมล็ดข้าวต้องการใช้สำหรับการงอกเพื่อละลายโปรพลาสซึม น้ำทำให้อาหารที่เก็บสะสมไว้ในเมล็ดรูปโมเลกุลใหญ่ ๆ แยกย่อยออกเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ เพื่อขนย้ายไปยังจุดเจริญ เช่น โปรตีนจะถูกย่อยเป็นโมเลกุลของกรดอะมิโน (amino acid) แป้งแตกออกเป็นกลูโคส (glucose) และซูโครส (sucrose) เป็นต้น น้ำที่ของน้ำที่เกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ดข้าว คือ ทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนนุ่ม เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากผนังเซลล์และโปรโตพลาสซึมขยายตัวช่วยให้ออกซิเจนเข้าไปสู่ภายในของเมล็ด ทำให้เมล็ดมีการหายใจเพิ่มขึ้น ทำให้การดูดซึ่มออกซิเจนเข้าไปภายในเมล็ดสะดวกขึ้น มีผลทำให้เกิดกิจกรรมทางชีวเคมีต่างๆ ในเมล็ด (Akiyama, 1998) เมล็ดในสภาพที่แห้ง (air dry) โดยทั่วไปมีความชื้นประมาณ 6-14 เปอร์เซ็นต์ แต่การงอกที่เมล็ดจะงอกได้นั้น เมล็ดต้องมีความชื้นสูงประมาณ 30-60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง มากน้อยแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช (วัลลภ, 2540)

2.3.2 ออกซิเจน

การงอกของเมล็ดเป็นขบวนการที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ที่มีชีวิตและต้องใช้พลังงาน จึงต้องใช้ ออกซิเจนสำหรับการหายใจ เพื่อย่อยสลายอาหารให้ได้มาซึ่งพลังงานที่จำเป็นสำหรับการงอก โดยทั่วไปเมล็ดพืชงอกได้ในบรรยากาศที่มีออกซิเจนประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ถ้าบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ดมีออกซิเจนมากขึ้น อัตราการงอกจะเพิ่มขึ้น ซึ่งในบรรยากาศทั่วไปมีออกซิเจนอยู่ในปริมาณที่เพียงพอที่เมล็ดพืชจะงอกได้ แต่มีเมล็ดพืชบางชนิดสามารถงอกได้ในที่ที่มีออกซิเจนต่ำกว่าปกติ

2.3.3 อุณหภูมิ

เมล็ดพืชต่างชนิดกันสามารถงอกได้ในช่วงหรือระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน อุณหภูมิที่แตกต่างกัน อุณหภูมิที่สูงเกินไปหรือต่ำเกินไปจะยับยั้งหรือทำให้เมล็ดไม่งอก ปกติเมล็ดพืชทั่วไปสามารถงอกได้ดีในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 10-35 องศาเซลเซียส ในเรื่องของอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ดนี้ มีระดับของอุณหภูมิที่สำคัญดังนี้ (จวงจันทร, 2529)

ก. อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด (optimum temperature) คือ อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการงอกของเมล็ด อุณหภูมิที่ระดับนี้เมล็ดจะงอกได้เร็วที่สุดและมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุด อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการงอกของเมล็ดพืชต่างชนิดกัน ต่างพันธุ์กัน จะแตกต่างกัน โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 15-35 องศาเซลเซียส

ข. อุณหภูมิต่ำสุด (minimum temperature) คือ อุณหภูมิระดับต่ำสุดที่เมล็ดสามารถงอกได้ ถ้าอุณหภูมิระดับต่ำกว่านี้ การงอกของเมล็ดจะไม่เกิดขึ้น แต่จะไม่เป็นอันตรายกับเมล็ด ที่ระดับอุณหภูมิต่ำสุดนี้ เมล็ดสามารถงอกได้ แต่ใช้เวลาในการงอกนานขึ้น

ค. อุณหภูมิสูงสุด (maximum temperature) คือ อุณหภูมิระดับสูงสุดที่เมล็ดสามารถงอกได้ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าระดับนี้ เมล็ดจะไม่งอก ทั้งนี้ยังเป็นอันตรายกับเมล็ดด้วย โดยทั่วไปอุณหภูมิสูงสุดที่เมล็ดสามารถงอกได้นี้ มักไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส เมล็ดพืชที่มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นพวกไขมัน มีอุณหภูมิสูงสุด สำหรับการงอกต่ำกว่าเมล็ดพืชที่มีองค์ประกอบเป็นพวกแป้งและน้ำตาล

2.4 การใช้ประโยชน์จากข้าวกล้องงอก

ปัจจุบันข้าวกล้องงอกมีการนำไปใช้ในการผลิตอาหารหลากหลายอย่าง โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

สุภานีและคณะ (2548) ผลิตไอ้กึ่งสำเร็จรูปจากข้าวกล้องงอก โดยทำการศึกษาการผลิตข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 โดยการงอกในสภาวะที่ต่างกัน คือ สภาพปกติในห้องทดลองและสภาพมืด ศึกษาระยะเวลาการเพาะต่างกันคือ 22 และ 26 ชั่วโมง การใช้เวลาการเพาะที่นาน จะทำให้มีปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้น เช่น ปริมาณโปรตีน น้ำตาลรีดิวซิง และกรดอะมิโน รสพร (2551) ได้พัฒนาอาหารว่างประเภทคุกกี้จากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพร โดยทำการศึกษาผลของระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 คือ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เมื่อระยะเวลาการแช่น้ำนาน 72 ชั่วโมง มีปริมาณ Gamma aminobutyric acid (GABA) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของแป้งข้าวกล้องงอกสูงขึ้น แต่ค่าความหนืดสูงสุดลดลง

Ohtsubo *et. al.* (2005) ศึกษาสารประกอบที่มีหน้าที่ทางชีวภาพในข้าวกล้องงอกที่ใช้กระบวนการเอ็กทราคชัน โดยการแช่ข้าวกล้องในน้ำเป็นเวลา 72 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตามด้วยการทำแห้งเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำเท่ากับร้อยละ 13–15 ที่ 15 องศาเซลเซียส พบว่าข้าวกล้องงอกมีปริมาณออริซานอล, อินโนซิтол, กรดเฟอรูลิกและ โยอาหารทั้งหมด มากกว่าข้าวขัดสี ขนมหึ่งที่ใช้แป้งเอกซ์ทราคต จากข้าวกล้องงอกร้อยละ 30 มีปริมาณ GABA และน้ำตาลรีดิวซิงมากกว่าขนมหึ่งที่ผลิตจากข้าวสาลีและข้าวกล้อง แต่น้อยกว่าขนมหึ่งที่ใช้แป้งข้าวกล้องงอกร้อยละ 30 ซึ่งขนมหึ่งที่ใช้แป้งเอกซ์ทราคตจากข้าวกล้องงอกร้อยละ 30 มีคะแนนความหวานและความชอบโดยรวมมากกว่าขนมหึ่งจากแป้งสาลี

Watanabe *et.al.* (2007) นำข้าวกล้องที่ผ่านการแช่น้ำมาผลิตเป็นขนมหึ่งโดยศึกษาผลที่มีต่อคุณสมบัติของขนมหึ่งโดยเปรียบเทียบกับข้าวกล้องที่ไม่ได้แช่น้ำพบว่า การแทนที่ของแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวกล้องงอกจะทำให้ขนมหึ่งมีปริมาณจำเพาะน้อยกว่าการที่ไม่มีการแทนที่ด้วยแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวกล้องงอก Charoenthaikij *et. al* (2010) ได้ศึกษาผลการงอกข้าวที่มีต่อคุณภาพของขนมหึ่งที่ทำจากแป้งข้าวกล้องงอก พบว่า การงอกข้าวที่มีสารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH 3 และระยะเวลาการงอกที่ 48 ชั่วโมง ทำให้มีปริมาณ GABA สูงที่สุด นำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหึ่งทดแทนแป้งสาลี โดยศึกษาอัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งข้าวกล้องงอกเท่ากับ 70:30 เทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่า ปริมาตรของขนมหึ่งลดลงและมีความแข็งมากกว่าขนมหึ่งที่ทำด้วย

แป้งสาลี(ตัวอย่างควบคุม) โดยคะแนนความชอบโดยรวมด้านกลิ่นหอม รสชาติ และกลิ่นรสขนมอบ ไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถทดแทนแป้งสาลีได้ถึงร้อยละ 30 ของแป้งข้าวกล้องงอก

3. ไฮโดรคอลลอยด์

3.1 ความหมายของไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์ หมายถึง พอลิแซ็กคาไรด์และโปรตีนต่าง ๆ ที่ถูกพิจารณาว่าเป็น colloidal materials ในเฟสของน้ำ เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์มีขนาดของโมเลกุลใหญ่มากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ ไฮโดรคอลลอยด์ต่าง ๆ มีลักษณะใกล้เคียงกับของเหลวหรือใกล้เคียงกับของแข็งโดยสมบัติที่เรียกว่า liquid-like properties เกิดจากส่วนประกอบส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 80 เป็นน้ำ ส่วนสมบัติที่เรียกว่า solid-like properties เนื่องจากเกิดการสร้างโครงสร้างตาข่าย (network) ขึ้นซึ่งระบุลักษณะดังกล่าวด้วยค่า elastic modulus สำหรับ hydrogels ของพอลิแซ็กคาไรด์ มักใช้เทอมของ junction zone ในการอธิบาย crosslink เนื่องจากแต่ละ crosslink เกี่ยวข้องกับการรวมกลุ่มกัน (aggregates) ของสายโซ่โมเลกุลที่เป็นระเบียบ เช่น helices โดยพันธะที่เกี่ยวข้องใน junction zone มักเป็นพันธะ non-covalent เช่น พันธะไฮโดรเจน พันธะไอออนิก และ hydrophobic interactions เป็นต้น พอลิแซ็กคาไรด์บางชนิด เช่น แชนแทนกัม มีสายโซ่ระหว่างโมเลกุลเชื่อมต่อกันอย่างบางเบาในสารละลาย ทำให้เกิดโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ โดย junction zone ที่เชื่อมต่อกันนี้ สามารถทำให้แตกได้ง่าย และโครงสร้างตาข่ายจะถูกทำลายเมื่อกำหนด shear rate ที่ต่ำมาก ๆ (รุ่งนภา, 2547; Phillips and Williams, 2000)

3.2 ชนิดและหน้าที่ของไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์สามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้เป็น 4 กลุ่ม และสามารถแบ่งได้ตามหน้าที่ 3 กลุ่ม (Phillips and Williams, 2000) ได้แก่

3.21. ไฮโดรคอลลอยด์แบ่งตามแหล่งที่มา

ก. ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มาจากพืช ซึ่งได้จากส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่ ลำต้น เช่น เซลลูโลส ยางจากต้น เช่น กัมอะราบิก กัมคารายา กัมทราคาแคนซ์ จากผล เช่น สตาร์ช เพกทิน เซลลูโลส และได้จากเมล็ด เช่น กวักม โคลัสปินกัม และทารากัม เป็นต้น

ข. ไฮโดรคอลลอยด์ได้จากสาหร่ายทะเล ได้แก่ สาหร่ายทะเลสีแดง เช่น วุ้น คาร์ราจีแนน เป็นต้น หรือได้จากสาหร่ายสีน้ำตาล เช่น อัลจีเนต เป็นต้น

ค. ไฮโดรคอลลอยด์ได้จากจุลินทรีย์ ได้แก่ แซนแทนกัม เดกซ์แทรน เจล แลนกัม และเซลลูโลส เป็นต้น

ง. ไฮโดรคอลลอยด์ได้จากสัตว์ ได้แก่ เจลาติน เคซีนท โปรตีนเวย์ และไคโตแซน เป็นต้น

3.2.2. ไฮโดรคอลลอยด์แบ่งตามหน้าที่

ก. ใช้ทำให้เกิดเจล เช่น คาร์ราจีแนน เจลแลนกัม กัมอะราบิก เจลแลนกัม และเซลลูโลส สตาร์ชดัดแปร เป็นต้น

ข. ใช้เป็นสารทำให้ข้นหนืดและคงตัว เช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส แซนแทนกัม ไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส สตาร์ชดัดแปร เป็นต้น

ค. ใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดเป็นหลัก เช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส กวักม โคลัสปินกัม เป็นต้น

หน้าที่เบื้องต้นของไฮโดรคอลลอยด์ ในระบบอาหารทั่ว ๆ ไป คือ ความสามารถในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของน้ำในอาหาร ที่สำคัญคือทำให้โมเลกุลของน้ำบางส่วนไม่เคลื่อนที่ ส่วนที่ถูกจับไว้ในไฮโดรคอลลอยด์ก็จะไม่หลุดออกมา ส่วนหน้าที่อื่น ๆ ที่เด่นชัด คือ ช่วยลดอัตราการระเหยของน้ำ เปลี่ยนแปลงจุดเยือกแข็ง ปรับเปลี่ยนการเกิดผลึกน้ำแข็ง ในระหว่างการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็ง ควบคุมและปรับสมบัติในการไหล พองอนุภาคที่ไม่ละลาย

น้ำให้แขวนลอย ทำให้โฟมและอิมัลชันอยู่ตัว และทำให้หยดน้ำมันกระจายอยู่ในระบบที่มีไฮโดรคอลลอยด์อยู่ด้วย (สุวรรณ, 2543)

3.3. ตัวอย่างของไฮโดรคอลลอยด์และการใช้ประโยชน์

แซนแทนกัม เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ ชนิดที่ใช้ผลิตในระดับอุตสาหกรรม คือ *Xanthomonas campestris* เป็นเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีน้ำตาลกลูโคส แมนโนส และกรดกลูคูโรนิก ในอัตราส่วน 2.8:3:2 มีหมู่อะซิดล้อยละ 4.7 และกรดไพรูวิกประมาณร้อยละ 3 โดยน้ำตาลกลูโคสต่อกับแมนโนสด้วยพันธะ β -1,4 และน้ำตาลแมนโนสที่เป็นสายแขนงต่อกับสายหลักด้วยพันธะ 1,2 หรือ 1,3 ส่วนกรดกลูคูโรนิกต่อกันด้วยพันธะ β -1,2 สารละลายแซนแทนกัมให้ความหนืดสูงแม้ที่ความเข้มข้นต่ำ มีความคงตัวสูงต่อความร้อน ความหนืดของสารละลายแซนแทนกัมจะคงที่ ถึงแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0-100 องศาเซลเซียส แซนแทนกัมไม่มีสมบัติเป็น gelling agent แต่สามารถเกิด thermoreversible gel ได้ แซนแทนกัมถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวในน้ำสลัด เพื่อให้เครื่องเทศและส่วนประกอบอื่น ๆ แขวนลอยอยู่ได้ เก็บได้นานโดยไม่เกิดการแยกชั้น ในผลิตภัณฑ์ซอสแซนแทนกัมใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด และทำให้ส่วนผสมต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ขนมอบผสมเข้ากันได้ง่ายในระหว่างการนวด ทำให้โพรงอากาศกระจายตัวและมีความคงตัวอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้ดี (Imeson, 1997)

Ward and Andon (1993) กล่าวว่า บทบาทหน้าที่ของกัมในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจะช่วยรักษาความกรอบและลด a_w การใช้กัมต่าง ๆ เช่น กัวร์กัม เซลลูโลสกัม โคล์สกัม และแซนแทนกัม เพียงอย่างเดียวหรือผสมร่วมกับสตาร์ช จะทำให้ได้คุณลักษณะของเนื้อสัมผัสที่ดี และให้ความรู้สึกภายในปาก เช่น เซลลูโลสกัมที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีผลมาจากกระบวนการผลิต ส่วนด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัสจะช่วยปรับปรุงความแข็งแรงและลดการแตกหักระหว่างการขนส่ง นอกเหนือจากนั้นทดสอบทางประสาทสัมผัสคะแนนความชอบในด้าน mouthfeel ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสลงไปมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ไม่ได้เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เนื่องจากการจับตัวกับน้ำของกัมในผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ช่วยปรับปรุงคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ การนำกัมมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจะช่วยในการกักเก็บความชื้น ทำให้มีอายุการเก็บที่ดี มีความคงตัวในกระบวนการ freeze-thaw

Gurkin (2002) ได้ทำการศึกษาในการใช้กัมเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ tortilla พบว่าเมื่อใช้กัมที่มีความเข้มข้นต่ำเพียงร้อยละ 0.1-0.3 สามารถช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น เนื้อสัมผัส การจับตัวกับน้ำ และการเกาะติดกันดีขึ้น โดยกัมมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีอายุการเก็บนานขึ้น เพิ่มความคงตัว และรักษาความยืดหยุ่นได้ดี

Ward and Andon (2002) ศึกษาเกี่ยวกับกัมที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบและผลิตภัณฑ์จากธัญพืช เพื่อปรับปรุงเรื่องของ film former, adhesive และ gelling agent พบว่า แชนแทนกัมมีความคงตัวที่อุณหภูมิสูงเป็นข้อดีในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ทำให้เกิดเจลที่มีความยืดหยุ่นดีขึ้น และเพิ่มความคงตัวในกระบวนการ freeze-thaw โดยผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีส่วนผสมของแชนแทนกัมร้อยละ 0.1-0.15 จะมีการยึดติดกับน้ำที่ดี

Mandala and Bayas (2004) ศึกษาการพองตัวและการละลายของสตาร์ชข้าวสาลีที่ผสมกับแชนแทนกัม พบว่า แชนแทนกัมที่ผสมกับสตาร์ชจะทำให้โมเลกุลของสตาร์ชมีการพองตัวเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ (75 องศาเซลเซียส) อะไมโลสถูกปลดปล่อยออกมามากขึ้น แต่ที่อุณหภูมิสูง (มากกว่า 85 องศาเซลเซียส) การปลดปล่อยของอะไมโลสจากโมเลกุลของสตาร์ชจะถูกจำกัด ทำให้การละลายลดลง สารละลายแชนแทนกัมที่เข้มข้นจะอยู่รอบ ๆ เม็ดแป้งที่พองตัวทำให้เม็ดแป้งได้รับแรงเฉือนมากขึ้น แชนแทนกัมมีโครงสร้างเกี่ยวพันกับอะไมโลสที่หลุดออกมาเกิดเป็นฟิล์มรอบ ๆ เม็ดแป้ง มีผลทำให้การเกาะติดและการเกี่ยวพันกันของโครงสร้างร่างแหพอลิเมอร์ในส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินไม่แข็งแรง อะไมโลสไม่ทำปฏิกิริยาสัมพันธ์กับแชนแทนกัมในส่วนเฟสต่อเนื่อง

4. สมุนไพร

4.1 ความหมายของสมุนไพร

ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 สมุนไพร หมายถึง พืชที่ใช้ทำเป็นเครื่องยา สมุนไพรกำเนิดมาจากธรรมชาติ และมีความหมายต่อชีวิตมนุษย์โดยเฉพาะในทางสุขภาพ อันหมายถึงทั้งการส่งเสริมสุขภาพ และการรักษาโรค สำหรับสมุนไพรแปรรูป หมายถึง ส่วนของพืชสมุนไพรที่นำมาผสม ปูรง หรือแปรรูปอื่นๆ เช่น บดละเอียด สกัด จนไม่เห็นรูปแบบเดิมตามธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นอาหาร (เช่น เครื่องคั้นน้ำสมุนไพร) ยา และผลิตภัณฑ์สมุนไพรเพื่อสุขภาพอื่นๆ (เช่น แชมพูผสมสมุนไพร สบู่เหลว เป็นต้น)

พืชสมุนไพรที่รับประทานเป็นอาหารกันนั้น มักมีการให้ความรู้ว่ามีคุณค่าอย่างไรเพื่อให้ผู้บริโภคได้เข้าใจในการนำไปใช้ประโยชน์ และได้รับคุณค่าทางอาหารที่ถูกต้อง อาหารไทยส่วนมากจะมีส่วนประกอบที่มีคุณค่าทางอาหารครบถ้วนอยู่แล้ว ซึ่งอาหารไทยเป็นอาหารที่กล่าวได้ว่ามีส่วนผสมของสมุนไพรที่ให้คุณค่าในทางป้องกัน และรักษาโรคมกกว่าอาหารชาติอื่น ๆ (เพ็ญจันทร์, 2546)

4.2 ประโยชน์ของสมุนไพร

อมราภรณ์ (2546) กล่าวว่าประโยชน์ของสมุนไพร คือ ใช้เป็นยาบำบัดรักษาโรค ใช้เป็นอาหาร ใช้เป็นเครื่องสำอาง ใช้เป็นอาหารเสริมบำรุงร่างกาย ใช้ขับสารพิษ ใช้เป็นเครื่องดื่ม และช่วยส่งเสริมความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจ

ปัจจุบันมีการตื่นตัวในการนำสมุนไพรมาใช้มาก โดยเน้นการนำสมุนไพรมาใช้บำบัดรักษาโรค และส่งเสริมให้ปลูกสมุนไพรเพื่อเป็นการสนับสนุนให้มีการใช้สมุนไพรมากยิ่งขึ้น อันเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยประเทศชาติประหยัดเงินตราในการสั่งซื้อยาสำเร็จรูปจากต่างประเทศได้ปีละเป็นจำนวนมาก พบว่า ปัจจุบันนักวิจัยได้ทำการค้นคว้าเพื่อพัฒนาสมุนไพรหรือมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสมุนไพรเป็นส่วนผสม เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในรูปแบบที่สะดวกยิ่งขึ้น เช่น นำมาบดเป็นผงบรรจุแคปซูล ดอกเป็นชาเม็ด เติร์มเป็นครีม หรือยาขี้ผึ้งเพื่อใช้ทาภายนอก เป็นต้น โดยพยายามสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรเพื่อให้ได้สารที่บริสุทธิ์ จึงได้มีการศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมี ฟิสิกส์ของสารเพื่อให้ทราบว่าเป็นสารชนิดใด ตรวจสอบฤทธิ์ด้านเภสัชวิทยาในสัตว์ทดลองเพื่อดูว่าได้ผลดีในการรักษาโรค รวมถึงการศึกษาความเป็นพิษ และผลข้างเคียง จากนั้นจึงนำสารนั้นมาเตรียมเป็นยาในรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อทดลองใช้ต่อไป

4.3 ตัวอย่างสมุนไพร

4.3.1 มะรุม

มะรุมเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางที่ปลูกไว้ในบริเวณบ้านไทยมาแต่โบราณ ต้นมะรุมพบได้ทุกภาคในประเทศไทย มะรุม (*Moringa oleifera* syn. *M. pterygosperma* Gaertn.) จัดเป็นพืชในวงศ์ Moringaceae และเป็นพืชท้องถิ่นของประเทศอินเดีย ปากีสถาน บังกลาเทศ และแอฟริกาใต้ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการกระจายพันธุ์ไปสู่ประเทศฟิลิปปินส์ กัมพูชา ทวีปอเมริกา

และหมู่เกาะคาริบเบียน ดังนั้น *Moringa oleifera* จึงมีชื่อท้องถิ่นหลากหลาย เช่น drumstick tree, horse radish tree, kelor tree, Shagara al Rauwaq (หมายถึง tree of purifying) และ Sohanjna (Mughul *et.al.*, 1999)

มะรุมจัดเป็นพืชที่กำลังได้รับความนิยมอย่างมาก เพราะสามารถใช้เป็นอาหาร โดยส่วนใบ ผล (ฝัก) ดอก และ ผลอ่อนของมะรุมได้รับการจัดให้เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูงในหลายประเทศ โดยเฉพาะในประเทศอินเดีย ปากีสถาน ฟิลิปปินส์ ฮาวาย และอีกหลายประเทศในทวีปแอฟริกา มีรายงานว่าใบของมะรุมประกอบด้วยเบต้าแคโรทีน โปรตีน วิตามินซี แคลเซียมและโปแตสเซียมปริมาณสูง ซึ่งจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่ดี จึงช่วยยืดอายุของอาหารที่มีไขมันปริมาณสูงได้เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระที่หลากหลาย ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก และแคโรทีนอยด์ (Siddhuraju and Becker, 2003) โดยที่สารประกอบส่วนใหญ่เป็นกลุ่ม thiocarbamate, carbamate หรือ nitrile จะเป็นชนิดที่มีกลุ่ม acetyl เป็นลักษณะที่หายากในธรรมชาติ สารกลุ่ม thiocarbamate คือ niazinin A, niazinin B, niazimicin, niaciminin A, niaciminin B ส่วนสารในกลุ่ม carbamate คือ niazirimin A, niazirimin B, niazicin A, niazicin B และ niazirin, niazirinin, 4-((4'-O-acetyl-alpha-L-rhamnosyloxy)benzyl) isothiocyanate (วิลล, 2552)

การใช้ประโยชน์จากมะรุม ทุกส่วนของต้นมะรุมยังถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกมากมาย เช่น ส่วนใบและกากเมล็ดที่เหลือจากการบีบน้ำมันนำมาทำเป็นอาหารสัตว์ ใบนำมาทำปุ๋ย และก้ำขี้ภาพ เนื้อไม้ให้สีย้อมสีน้ำเงิน น้ำหวานจากเกสรดอกไม้้นำมาทำน้ำผึ้ง เปลือกไม้ใช้ทำเชือก หรือเนื้อไม้ใช้ทำกระดาษ เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้นมะรุมยังมีคุณสมบัติทางยาอีกมากมาย เช่น ด้านการอักเสบ ขับลม แก้ไข้ แก้เจ็บคอ ลดความดัน เป็นต้น เกือบทุกส่วนของมะรุม ได้แก่ ราก เปลือกต้น ขางไม้ ใบ ผล (ฝัก) ดอก เมล็ด และน้ำมันจากเมล็ด เคยใช้เป็นยาพื้นบ้านของทวีปเอเชีย ได้ เช่น ใช้รักษาอาการอักเสบและติดเชื้อ โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบทางเดินอาหาร และความผิดปกติของตับและไต

Makkar and Becker (1996) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าฤทธิ์ชีวภาพของสารสกัดใบมะรุม ทั้งนี้มีแนวโน้มที่จะสนับสนุนให้มีการผลิตเพื่อเป็นยาสมุนไพร พบว่าใบมะรุม เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่ดี เนื่องจากพบกลุ่มของสารดังกล่าว เช่น vitamin C, α -tocopherol, flavonoids, phenolics, carotenoids ซึ่งชะลอความเสื่อมของเซลล์และป้องกันการเกิด

โรคมะเร็ง นอกจากนี้ยังพบ สารกลุ่ม oestrogenics และ β -sitosterol อยู่เป็นปริมาณมาก ซึ่งแสดงถึงความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาใบมะรุม และฝักรมะรุม เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

Reddy *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ สารสกัดจากลูกเกด และใบมะรุมในผลิตภัณฑ์บิสกิตเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใส่สารสกัดระหว่างการเก็บรักษานาน 6 สัปดาห์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใส่สารสกัดจากใบมะรุมมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดการหืนได้ดีที่สุด

Fuglie (2005) รายงานว่า ผงใบแห้งขนาด 8 กรัม เพียงพอสำหรับเด็กอายุ 1-3 ปี เพราะมีโปรตีน 14% แคลเซียม 40% เหล็ก 23% และวิตามินเอ ซึ่งเด็กต้องการในแต่ละวัน และใบขนาด 100 กรัม สามารถให้ปริมาณแคลเซียมถึงหนึ่งในสามที่ผู้หญิงต้องการในแต่ละวัน และยังให้ธาตุเหล็ก โปรตีน ทองแดง กำมะถัน และวิตามินบีด้วย และมีการศึกษาเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของใบมะรุมกับอาหารชนิดอื่นๆ พบว่าใบมะรุมมีวิตามินเอมากกว่าแครอท มีแคลเซียมมากกว่านํ้านม มีธาตุเหล็กมากกว่าผักโขม มีวิตามินซีมากกว่าส้ม และมีโปแตสเซียมมากกว่ากล้วย เป็นต้น (Fahey, 2005)

เนื่องจากมะรุมเป็นพืชที่มีธาตุอาหารปริมาณสูงมาก ในบางประเทศมีการส่งเสริมให้นามะรุมมารับประทานเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร เพื่อป้องกันและรักษาภาวะทุพโภชนาการ ดังนั้นจึงมีการค้นคว้าและวิจัยอย่างกว้างขวางเพื่อที่จะนำพืชชนิดนี้มาใช้รักษาความเจ็บป่วยของมนุษย์ ปัจจุบันมะรุมกำลังได้รับความนิยมอย่างสูงในการนำมารับประทานเป็นอาหารต้านโรค หรือเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และมีศักยภาพที่จะได้รับการส่งเสริมให้เป็นยาสมุนไพรต่อไป (ปฐม, 2552)

4.3.2 อบเชย

อบเชย (Cinnamon) เป็นเครื่องเทศที่มีกลิ่นหอม ได้มาจากเปลือกไม้ชั้นในที่แห้งแล้วของต้นอบเชย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cinnamomum zeylanicum* โดยมีต้นกำเนิดในศรีลังกา และ ตอนใต้ของอินเดีย แทั้งอบเชยมีลักษณะเหมือนแผ่นไม้แห้งสีน้ำตาลแดง กลิ่นรสเฉพาะตัวของอบเชยนั้น เกิดจากน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีอยู่ร้อยละ 0.50-1.0 ของส่วนประกอบทั้งหมด โดยส่วนของน้ำมันหอมระเหยนี้ประกอบด้วย Ethyl cinnamate, Eugenol, Cinnamaldehyde, Beta-caryophyllene, Linalool และ Methyl chavicol สำหรับกลิ่นที่ฉุน และรสขม

ของอบเชยนั้นเกิดจากประกอบด้วยสาร Cinnamaldehyde หรือ Cinnamaldehyde (Anonymous, 2006) Kim *et al.* (2006) กล่าวว่าองค์ประกอบหลักของอบเชยคือ Cinnamic aldehyde, Cinnamic acid, Tannin และ Methylhydroxychalcone polymer (MHCP)

การใช้ประโยชน์จากอบเชย ใช้ผลิตยาสมุนไพรจากอบเชย เนื่องจากมีคุณสมบัติ แก้ท้องอืด ท้องเสีย ขับลมในลำไส้ ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ของผู้ป่วยเบาหวานบางประเภท (Dunan *et al.*, 2006) ใช้แต่งกลิ่นยา เช่น ยาที่ใช้สำหรับช่องปาก ยาแก้ท้องเสีย แก้คลื่นไส้ อาเจียนและยาสีฟันรสอบเชยอีกด้วย (สุพจน์, 2543) และนิยมใช้อบเชยในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อปรับปรุงกลิ่นรส ของอาหาร เป็นเครื่องเทศ โดยอาหารที่มีอบเชย เช่น พะโล้ เนื้อตุ๋น ชินนามอน โรลล์ ลูกอม หมากฝรั่ง ข้าวหมกไก่ ไส้กรอก เบคอน และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ต่าง ๆ เยลลี่ แยม เครื่องดื่ม โคลา-โคล่า เหล้า ขนมหัก คูกี้ (รุ่งรัตน์, 2540)

Jang *et al.* (2006) รายงานว่า อบเชยมีสารที่ด้านการเกิดภูมิแพ้ เปลือกของอบเชยมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งประกอบด้วยสารซินนามาลดีไฮด์ และยูจินอล ซึ่งมีบทบาทและกิจกรรมทางชีวภาพ เช่น ด้านการเกิดเนื้องอก และการกลายพันธุ์ โดยสารซินนามาลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารประกอบพวกโพลีฟีนอลลิก มีคุณสมบัติในการเป็นตัวต้านออกซิเดชัน สามารถป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ และอาการผิดปกติของระบบประสาทได้ (Mathew and Abraham, 2006)

Valero and Salmeron (2006) ได้ทดลองใส่น้ำมันหอมระเหย ซึ่งสกัดจากอบเชยปริมาณ 5 มิลลิตรลงในซูป 100 มิลลิตร พบว่า ช่วยป้องกันการเติบโตของ *B. cereus* ได้อย่างน้อย 60 วัน ปริมาณของยูจินอล (Eugenol) ในน้ำมันอบเชยเทศ เท่ากับในน้ำมันกานพลู คุณสมบัติข้อนี้จึงได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรม ทำเครื่องหอมและแต่งกลิ่นสบู่ ซึ่งสารยูจินอลมีฤทธิ์ในการป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย

5. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารต้านออกซิเดชัน ซึ่งมีหลักการคือเปลี่ยนแปลงสีเมื่อเกิดการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอน โดยการเปลี่ยนสีมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารต้านออกซิเดชัน คือ ถ้าสารต้านออกซิเดชันมีความเข้มข้นมากสีของสารละลายก็จะลดลงอย่างรวดเร็ว วิธีการในกลุ่มนี้ ได้แก่ total phenols assay by Folin-

Ciocalteu reagent (FCR), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity (DPPH) assay, trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay หรือ ABTS และ ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) assay โดยจะอธิบาย วิธี Folin-Ciocalteu และ วิธี DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity) ดังนี้

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ในพลาสมาสกัดจากผักและผลไม้ได้ โดยวิธีนี้จะให้ตัวอย่างทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu กับ โซเดียมไบคาร์บอเนต ที่อาศัยปฏิกิริยารีดอกซ์ในการทำให้เกิดปฏิกิริยา และดูการเปลี่ยนแปลงสีของสารประกอบ ซึ่งมีสีเหลืองเมื่อได้รับอิเล็กตรอนจากสารต้านอนุมูลอิสระแล้วจะเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งจะติดตามได้ด้วยการวัดค่า absorbance ที่ 765 นาโนเมตร ซึ่งมีการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (Khattak *et al.*, 2008)

ข้อดีของวิธีนี้ คือ ง่าย ค่าใช้จ่ายน้อยสะดวกรวดเร็ว และมีความแม่นยำ ส่วนข้อเสีย คือ วิธีนี้อาจมีผลกระทบจากสารอื่น ๆ ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พวกน้ำตาล, สารประกอบอะโรมาติก เอมีน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และ กรดแอสคอร์บิก เป็นต้น (Huang *et al.*, 2005; Prior *et al.*, 2005)

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

5.1 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging capacity เป็นวิธีการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยการส่งผ่านอิเล็กตรอน โดยการยับยั้ง 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical เป็นอนุมูลในโตรเจนที่คงตัว มีสีม่วงเมื่อทำการเติมสารต้านอนุมูลอิสระจะค่อย ๆ จางลง โดยการวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร (Khattak *et al.*, 2008)

วิธี DPPH เป็นวิธีที่ได้รับความนิยม เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว ง่ายต่อการวิเคราะห์ และใช้สารสกัดจากผักและผลไม้ได้ ส่วนข้อเสีย คือ เมื่อสารต้านอนุมูลอิสระเข้าทำปฏิกิริยา การเกิดปฏิกิริยาอาจเกิดขึ้นได้ช้าและปฏิกิริยาไม่มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นกับความเข้มข้นของ DPPH ดังนั้นการวัดแบบ EC_{50} จึงไม่เหมาะกับการวัดด้วยวิธีนี้ นอกจากนี้การวัดการดูดกลืนแสง อาจผิดพลาดหากตัวอย่างมีสารที่สามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นใกล้เคียงกับสาร DPPH โดยตัวทำละลายเป็นสารอินทรีย์ ทำให้มีข้อจำกัดในการใช้กับ hydrophilic antioxidant

รวมทั้งการเป็นกรดต่างของตัวทำละลายยังมีผลต่อ ionization equilibrium ของสารกลุ่ม phenol ซึ่งจะทำให้ค่าที่ได้จากการวัดไม่ถูกต้อง (Karadag *et al.*, 2009)

5.2 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) เป็นวิธีการใช้วัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดย ABTS ถูกเปลี่ยนเป็นอนุมูลอิสระประเภท $ABTS^+$ ด้วยการเติมโปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟต ซึ่งอนุมูลอิสระนี้จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินและดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร อนุมูลอิสระของ ABTS ทำปฏิกิริยาต่อสารต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่รวมทั้งโพลีฟีนอล ไทออล และ วิตามินซี อนุมูลอิสระสีน้ำเงินของ ABTS ถูกแปลงกลับไปเป็นรูปไม่มีสีที่เป็นกลาง และสามารถตรวจวัดได้ การตรวจวัดนี้เรียกว่าวิธี Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) ซึ่ง ปฏิกิริยาของสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดจะรายงานผลความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox (Richard and Jace, 2009)

ABTS assay เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับคามนิยม เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้วิเคราะห์สารสกัดจากผัก และผลไม้ได้ สะดวก รวดเร็ว และอนุมูลอิสระประเภท $ABTS^+$ สามารถละลายได้ทั้งน้ำ และสารละลายอินทรีย์ จึงสามารถตรวจสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระประเภท hydrophilic ส่วนข้อเสีย คือ การเกิดปฏิกิริยานี้จะใช้เวลาาน ดังนั้นการเกิดปฏิกิริยาในการวัดค่าที่ 4 หรือ 6 นาทีนั้นอาจได้ค่าไม่ถูกต้องหรือได้ค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริง และวิธีการนี้ไม่สามารถนำไปใช้วัดในสิ่งมีชีวิตได้เนื่องจาก ABTS เป็นอนุมูลอิสระที่ไม่พบในระบบทางชีวภาพ (Karadag *et al.*, 2009)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบและสารเคมี

- 1.1 ข้าวกล้องงอกพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 จากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี
- 1.2 แปะแซ่ ตราแฟนซีคาร์ฟ
- 1.3 น้ำตาลทราย ตรามิตรผล
- 1.4 นมผง ตรา คาร์เนชั่น
- 1.5 เกลือป่นบริสุทธิ์ ตรา แซ็ค
- 1.6 อบเชย
- 1.7 ใบมะรุม
- 1.8 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและวิเคราะห์สารสกัด

2. อุปกรณ์ในการสกัดสารสกัด จากอบเชย และใบมะรุม

- 2.1 กระจกกรองวัดต์แมนเบอร์ 1
- 2.2 ชุดเครื่องกรอง Buchner
- 2.3 ตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer) รุ่น B.W.S บริษัท ห.จ.ก.บี.ดับบลิว.เอส.เทรดดิ้ง ประเทศไทย
- 2.4 เครื่องกลั่นระเหยระบบสุญญากาศ (Rotary evaporator) ยี่ห้อ Buchi, ประเทศ สวิตเซอร์แลนด์
- 2.5 เครื่องชั่งชนิดละเอียดและหยาบ ยี่ห้อ Denver instrument รุ่น DI-400

3. อุปกรณ์ในการเตรียมวัตถุดิบและผลิตอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก

- 3.1 อุปกรณ์เครื่องครัว
- 3.2 เครื่องสีข้าว รุ่น NW 1000 Turbo บริษัท นาทวีเทคโนโลยี จำกัด
- 3.3 ตู้อบลมร้อน
- 3.4 เครื่องบดแป้ง (Roter mill)

- 3.5 ตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh
- 3.6 เครื่องรีดเป็นแผ่นแบบลูกกลิ้ง
- 3.7 ตู้อบไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้

4. อุปกรณ์ห้องปฏิบัติการ

4.1 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- 4.1.1 เครื่องวัดสี (Spectrophotometer) รุ่น CM 3500 d จากบริษัท Minolta ประเทศญี่ปุ่น
- 4.1.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TA.XT plus
- 4.1.3 เครื่องวัดค่าความหนืด (Rapid Viscosity Analysis) รุ่น RVA 4D บริษัท Scientific Newport, Ltd ประเทศออสเตรเลีย
- 4.1.4 เครื่องวัดค่า Water activity ยี่ห้อ AQUA Lab รุ่น CX3TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา

4.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- 4.2.1 อุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) ตามวิธีของ Somogyi และ Nelson (1952)
- 4.2.2 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น DS 224S, ประเทศเยอรมนี
- 4.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis)
- 4.2.4 อุปกรณ์วิเคราะห์ค่ากรดไทโอบาร์บิทริก (Thiobarbituric acid number: TBA)

4.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- 4.3.1 อุปกรณ์เครื่องแก้วในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์
- 4.3.2 ตู้บเชื้อจุลินทรีย์อุณหภูมิต่ำ ยี่ห้อ Astell Hearson ประเทศอังกฤษ
- 4.3.3 ตู้ฆ่าเชื้อแบบลมร้อน ยี่ห้อ Binder บริษัท Scientific promotion จำกัด

4.3.4 ตู้ฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (Autoclave-steam sterilizer) ยี่ห้อ Tuttnauer รุ่น 3850

M บริษัท Scientific promotion จำกัด

4.4 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

4.4.2 แบบสอบถาม

4.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์อายุการเก็บรักษา

4.5.1 เทอร์โมมิเตอร์

4.5.2 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Memmert รุ่น INB-40, ประเทศเยอรมนี

4.6 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

4.6.1 โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows Version 12.0 จากบริษัท SPSS (Thailand) จำกัด ประเทศไทย

4.6.2 โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ XLSTAT[®] version 2007

4.6.3 เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการ

1. การเตรียมและตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

1.1 การตรวจสอบคุณภาพของข้าวกล้อง

นำเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มาตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้ ความบริสุทธิ์ของเมล็ด (ร้อยละ) โดยการคัดแยกตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ตามองค์ประกอบทางกายภาพ ซึ่งน้ำหนักองค์ประกอบแต่ละส่วนและคิดเป็นร้อยละขององค์ประกอบแต่ละส่วนจากน้ำหนักรวม, น้ำหนักต่อ 1000 เมล็ด(กรัม), การงอก(ร้อยละ), ความชื้น (ร้อยละ) ตามวิธีการของจางจันทร(2529)

1.2 การเตรียมและตรวจสอบคุณภาพแป้งข้าวกล้องงอก

1.2.1 การเตรียมแป้งข้าวกล้องงอก

นำเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว มาเพาะ คัดแปลงกรรมวิธีการเพาะเมล็ดข้าวกล้องตามวิธีการของ Charoenthaikij *et.al.*(2009) โดยนำเมล็ดพันธุ์มาล้างด้วยน้ำสะอาด และแช่ด้วยสารละลายกรดเปอร์ออกซีอะซิติก (Peroxy acetic acid) ความเข้มข้น 0.5 ml/l แช่เป็นเวลา 15นาทึ เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับข้าวกล้อง จากนั้นแช่ข้าวกล้องในน้ำสะอาดโดยมีสัดส่วนข้าวกล้องต่อน้ำสะอาด เท่ากับ 1 ต่อ 5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เก็บในตู้บ่มอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำทุก 6 ชั่วโมง เมื่อได้ระยะเวลาตามที่กำหนด นำเมล็ดข้าวมาล้างให้สะอาดแล้วนำไปอบแห้ง โดยใช้ตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง บรรจุในถุงโดยใช้เครื่องบรรจุสุญญากาศ นำเมล็ดข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ที่ได้จากกรรมวิธีการผลิต ไปผ่านเครื่องบด ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 Mesh จากนั้นนำแป้งข้าวกล้องงอกที่ได้ไปทำการวัดตรวจสอบคุณภาพ ตามข้อ

1.2.2

1.2.2 การตรวจสอบคุณภาพแป้งข้าวกล้องงอก

ก. คุณภาพทางกายภาพ

โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้องงอกเปรียบเทียบกับแป้งข้าวกล้อง โดยใช้เครื่อง RVA (Rapid Viscosity Analyzer) ใช้สารละลายแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวกล้องงอกร้อยละ 10 โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร ใส่ในกระป๋องอะลูมิเนียม วัดความหนืดที่อุณหภูมิต่างๆ ใช้เวลาประมาณ 13 นาที ความแปรปรวนของอุณหภูมิต้องไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนเริ่มต้นที่ 50 องศาเซลเซียส และเพิ่มจาก 50 จนถึง 95 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 12 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงที่ที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2.5 นาที จึงลดอุณหภูมิลงเป็น 50 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 13 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงที่ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 2 นาที หยุดทำงานที่ 13 นาที ความเร็วในการกวนมอเตอร์ 10 วินาทีแรกที่ 960 รอบต่อนาที หลังจากนั้นลดลงและคงที่ที่ 160 รอบต่อนาที วิเคราะห์ผลด้วยคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

ข. คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นด้วยวิธีการอบตัวอย่างให้แห้งจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ ในตู้อบลมร้อนการวิเคราะห์ความชื้น ตามวิธีการของ A.O.A.C (2000) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธีการของ Somogyi and Nelson (1952) และปริมาณ gamma-aminobutylic acid (GABA) โดยใช้ HPLC ตามวิธีการของ Varanyanond *et. al.* (2000) โดยส่งวิเคราะห์ที่สถาบันวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

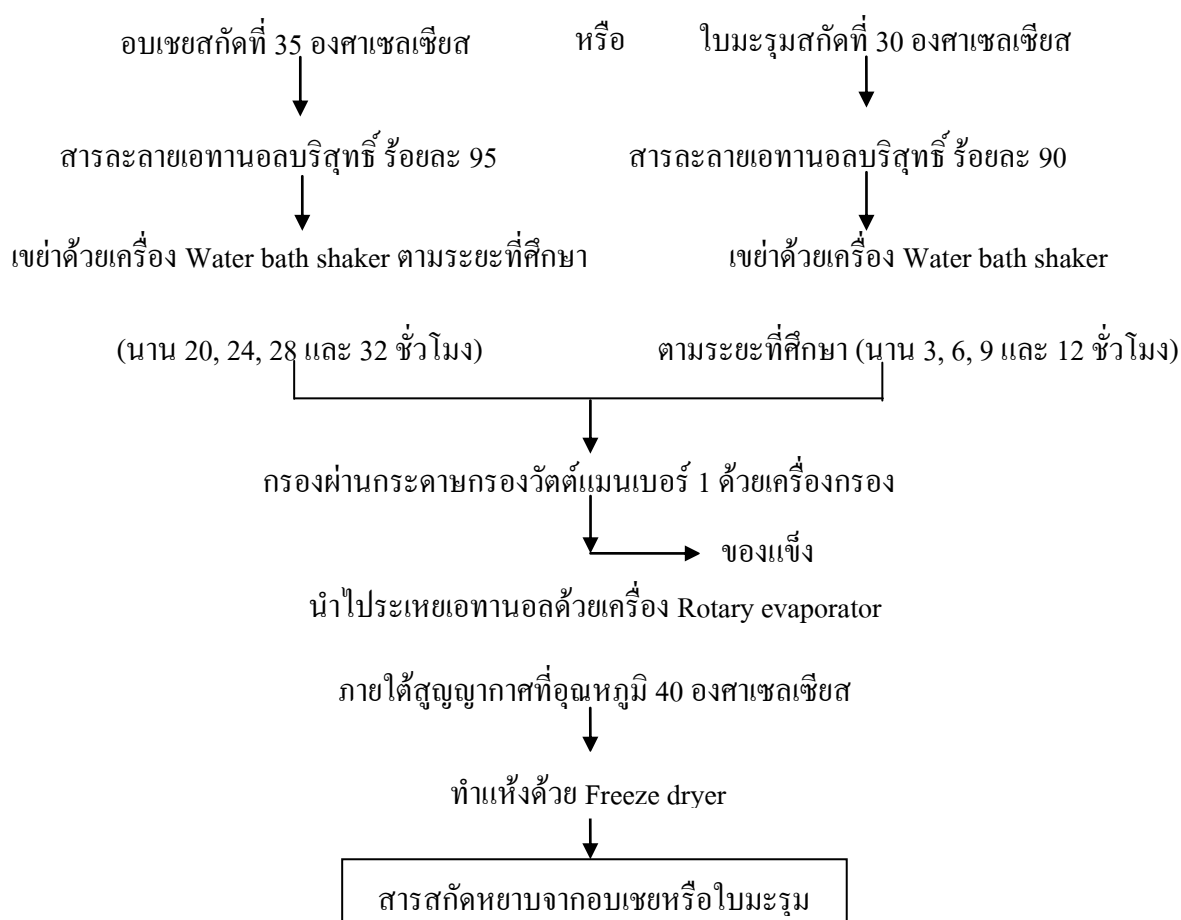
2. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมของสารสกัดที่มีต่อปริมาณผลผลิตและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากอบเชย และใบมะรุม

2.1 การเตรียมวัตถุดิบในการสกัดสารสกัดจากอบเชยและใบมะรุม

การเตรียมอบเชย โดยนำเปลือกอบเชยมาบด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh ซึ่งน้ำหนัก เก็บใส่ในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต ส่วนการเตรียมใบมะรุมอบแห้ง ทำโดยนำใบมะรุมสดเด็ดเอาแต่ใบไม่เอาก้าน มาล้างทำความสะอาด อบด้วยตู้อบแห้งแบบลมร้อน ที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง โดยคัดแปลงวิธีการเตรียมจาก Reddy *et al.* (2005) และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh ซึ่งน้ำหนัก เก็บไว้เช่นเดียวกับอบเชย นำตัวอย่างทั้งสองชนิดไปคำนวณปริมาณผลผลิต

2.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม

การสกัดสารจากอบเชยและใบมะรุมโดยวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ทำการสกัดอบเชยโดยใช้วิธีการสกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ในอัตราส่วน 1: 5 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ทำการศึกษาระยะเวลาในการสกัด คือ 20, 24, 28 และ 32 ชั่วโมง สำหรับการสกัดใบมะรุมด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 90 อัตราส่วน 1: 5 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำการศึกษาระยะเวลาในการสกัด คือ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง โดยดัดแปลงวิธีการเตรียมจาก Reddy *et al.* (2005) โดยการสกัดทั้งอบเชยและใบมะรุมสกัดตามสภาวะที่ศึกษาด้วยเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด นำสารที่สกัดได้กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้ไประเหยเอทานอลด้วยเครื่อง Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาทำแห้งด้วย freeze dryer ที่ -55 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทำการเก็บสารสกัดในขวดสีชา จากนั้นทำการฟลัช (flush) ด้วยก๊าซไนโตรเจนก่อนปิดปากขวด และเก็บที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส โดยขั้นตอนการสกัดแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการสกัดสารสกัดหยาบจากอบเชย และสารสกัดหยาบจากใบมะรุม

2.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตของสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุ้ม

นำสารสกัดหยาบที่ได้จากอบเชย และใบมะรุ้มที่ผ่านการระเหยเอทานอล ด้วยเครื่องกลั่นระเหยแบบสุญญากาศ มาคำนวณร้อยละปริมาณผลผลิต (น้ำหนักแห้ง) ดังนี้

$$\text{ร้อยละปริมาณผลผลิต (น้ำหนักแห้ง)} = (W_1 \times 100) / W_2$$

โดยที่ W_1 = น้ำหนัก (กรัม) ของสารสกัดหยาบหลังจากการระเหยเอทานอล
 W_2 = น้ำหนักแห้ง (กรัม) ของตัวอย่างอบเชยละเอียดหรือใบมะรุ้มละเอียด

2.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

นำตัวอย่างสารสกัดหยาบจากอบเชยความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร หรือสารสกัดจากใบมะรุ้มความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรจำนวน 0.5 มิลลิลิตร เติม Folin-Ciocalteu's reagent เจือจางด้วยน้ำกลั่น (1:10) จำนวน 2.5 มิลลิลิตร หลังจากนั้น 3 นาที เติม สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 จำนวน 2 มิลลิลิตร โดยตั้งทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ คัดแปลงมาจาก Ayoola *et al.* (2008) โดยนำมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายกรด แกลลิก (ความเข้มข้น 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 และ 0.06 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ซึ่งปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดแสดงผลในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมของสารสกัดหยาบโดยน้ำหนักแห้ง (mg gallic acid equivalents (GAE)/100 g dry weight basis of crude extract)

2.2.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl scavenging capacity (DPPH)

นำตัวอย่างสารสกัดหยาบจากอบเชยหรือสารสกัดหยาบจากใบมะรุ้มความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรจำนวน 3 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ในเมทานอล ความเข้มข้น 0.2 mM จำนวน 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน โดยตั้งทิ้งไว้ในที่มีอุณหภูมิห้อง นาน 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ซึ่งวิธีการวิเคราะห์คัดแปลงมาจาก Mustafa *et al.* (2010) โดยมีเมทานอลเป็นตัวอย่างควบคุม (Control) ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ จะนำมาคำนวณหาร้อยละความสามารถในการต้าน

อนุมูลอิสระ DPPH (% DPPH radical scavenging capacity) ของสารสกัด และนำมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก (ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ซึ่งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดแสดงผลในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมของสารสกัดหยาบโดยน้ำหนักแห้ง (mg gallic acid equivalents (GAE)/100 g dry weight basis of crude extract)

$$\text{ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ร้อยละ)} = \frac{(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) \times 100}{A_{\text{control}}}$$

เมื่อ A_{control} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุม
 A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารสกัด

2.2.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS)

ทำการเตรียมสารละลาย ABTS stock solution โดยนำ ABTS ความเข้มข้น 7 mM จำนวน 15 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตความเข้มข้น (potassium persulfate) 2.45 mM จำนวน 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด ณ อุณหภูมิห้องนาน 12- 16 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้งาน ทำการเจือจางสารละลาย ABTS ด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 100 เพื่อให้ค่าดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.700 ± 0.02 นำตัวอย่างสารสกัดหยาบจากอบเชยหรือสารสกัดหยาบจากใบมะรุมความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งใช้สารสกัดในช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัดแต่ละชนิดจำนวน 1 ml จากนั้นเติมสารละลาย ABTS จำนวน 2 ml ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ ณ อุณหภูมิห้องนาน 6 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ดัดแปลงมาจาก Re *et al.* (1999) โดยมีเอทานอลเป็นตัวอย่างควบคุม (Control) นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาคำนวณหาร้อยละความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS (% ABTS radical scavenging capacity) ของสารสกัด และนำมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก (ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ซึ่งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดแสดงผลในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมของสารสกัดหยาบโดยน้ำหนักแห้ง (mg gallic acid equivalents (GAE)/100 g dry weight basis of crude extract)

$$\text{ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS (ร้อยละ)} = \frac{(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}})}{A_{\text{control}}} \times 100$$

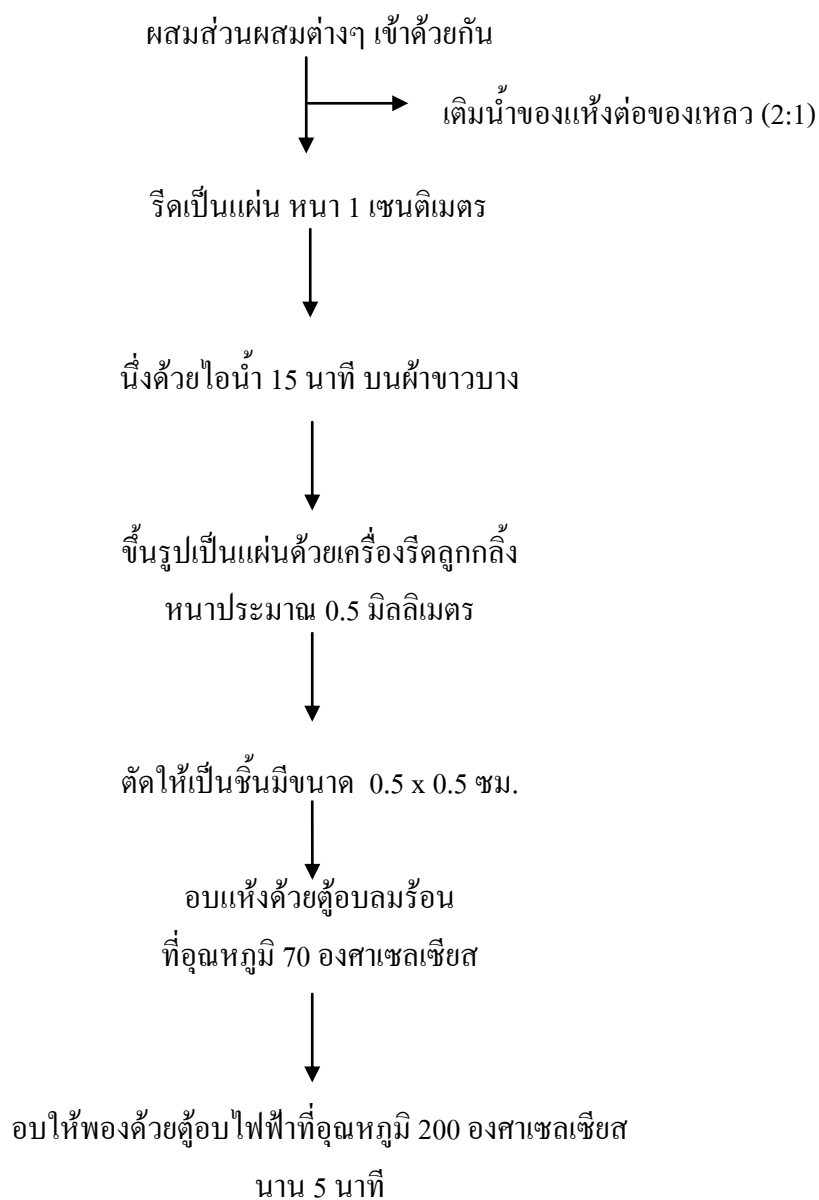
เมื่อ A_{control} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุมที่เวลา 6 นาที
 A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารสกัดที่เวลา 6 นาที

ปริมาณผลผลิต ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ DPPH และ ABTS ของสารสกัดหยาบในแต่ละระยะเวลาในการสกัด จะนำมาใช้ในการพิจารณาจากสภาวะที่เหมาะสมของการสกัด เพื่อเตรียมสารสกัดหยาบจากอบเชย และจากใบมะรุม สำหรับใช้ในขั้นตอนการศึกษาปริมาณสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุมที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ต่อไป

3. ศึกษาผลของปริมาณแซนแทนกัมและความชื้นของส่วนผสมก่อนนำไปอบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

3.1 ผลของแซนแทนกัมและความชื้นเริ่มต้นก่อนนำไปอบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์

ทำการศึกษาผลของปริมาณของแซนแทนกัมและความชื้นเริ่มต้นก่อนนำไปอบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3 factorial in CRD ทำการศึกษาปริมาณแซนแทนกัม 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 1 และ 2 และศึกษาความชื้นของส่วนผสมก่อนนำไปอบ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักเปียก ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการอบคำนวณจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการผลิตอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก มีสูตรดัดแปลงมาจากเวรดี (2545) โดยมีส่วนประกอบ คือ แป้งข้าวกล้องงอกร้อยละ 80 น้ำตาลร้อยละ 9 เกลือร้อยละ 2 และนมผงร้อยละ 9 โดยเติมน้ำตามสัดส่วนระหว่างของแห้งต่อของเหลวเท่ากับ 2:1 ผสมส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันนำไปรีดเป็นแผ่นหนา 1 เซนติเมตร แล้วนำไปนึ่งด้วยไอน้ำ 15 นาที ขึ้นรูปเป็นแผ่นด้วยเครื่องรีดเป็นแบบลูกกลิ้งให้มีความหนาประมาณ 0.5 มิลลิเมตร ตัดให้ขึ้นมีขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตร นำไปอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิตู้อบลมร้อน 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบตามเกณฑ์ความชื้นที่กำหนด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ได้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะพอง ขั้นตอนในการผลิตอาหารเข้าชนิดแผ่น แสดงดังภาพที่ 2 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่างๆ ตามวิธี ดังนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการผลิตอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น

3.1.1. คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีการของ A.O.A.C (2000) วิเคราะห์ตัวอย่าง

ละ 3 ซ้ำ

3.1.2 คุณภาพทางกายภาพ

ก. ค่า Water activity (A_w) ยี่ห้อ AQUA Lab รุ่น CX3TE ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

ข. ค่าแรงกด ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA.XT plus ด้วยหัววัด Kramer Shear Cell บรรจุตัวอย่าง 20 กรัม กำหนดความเร็วของหัววัดที่ตกลงบนตัวอย่าง 10 มม./วินาที วิเคราะห์ตัวอย่างละ 10 ซ้ำ ตามวิธีการของ Anderson and singh (2003)

ค. ค่าความหนาแน่น ใช้วิธีการแทนที่เมล็ดงา ตามวิธีการของ Breen และคณะ (1977) วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ(แต่ละซ้ำจะทำการวัดทั้งหมด 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย)

ง. วิเคราะห์ความสามารถการดูดซับน้ำ ตามวิธีการของ AACC (1999)

3.1.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น ทดสอบก่อนผสมนม ทดสอบความชอบคุณลักษณะรูปร่าง สี กลิ่นรสข้าว ความแข็ง และความชอบรวม และทดสอบหลังผสมนมพาสเจอร์ไรส์ รสชาติที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ที่เวลา 1 นาที โดยทดสอบคุณลักษณะด้านความแข็ง รสชาติโดยรวม และคะแนนความชอบรวมด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบโดยใช้สเกล 9 ระดับ (9-point hedonic scaling) กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

3.2 ศึกษาเลือกสถานะที่เหมาะสมของปริมาณแซนแทนกัมและความชื้นเริ่มต้นก่อนนำไปอบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ซึ่งผลจากการวิเคราะห์คุณภาพทั้งหมดในข้อ 3.1 โดยจะเลือกมา 1 สิ่งทดลอง จากสิ่งทดลองที่มีค่าคุณภาพโดยรวมทั้งหมดที่เหมาะสม เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกผสมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม

4. การพัฒนาอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและจากใบมะรุม

ศึกษาปริมาณสารสกัดหยาบจากอบเชยและจากใบมะรุมต่อคุณภาพอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและจากใบมะรุม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ปัจจัยที่ศึกษา คือ ปริมาณของสารสกัดหยาบอบเชย 4 ระดับ คือร้อยละ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1 สำหรับปริมาณของสารสกัดหยาบใบมะรุม 4 ระดับ คือร้อยละ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1 โดยแยกศึกษาแต่ละชนิดของสมุนไพร ทำการผลิตตามกรรมวิธีการผลิตอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นตามข้อ 2.1 แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาศึกษาคุณภาพดังนี้

4.1. คุณภาพทางเคมี

ปริมาณความชื้นตามวิธีการของ A.O.A.C (2000) วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

4.2. คุณภาพทางกายภาพ

ก. วัดค่า Water activity (A_w) ตามวิธีการข้อ 3.1.2 (ก)

ข. ค่าแรงกด ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ด้วยหัววัด Kramer Shear Cell ตามวิธีการข้อ 3.1.2 (ข)

ค. ค่าสีค่าสีในระบบ CIE $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

ง. ค่าความหนาแน่นใช้วิธีการแทนที่เมล็ดงา ตามวิธีการข้อ 3.1.2 (ค)

จ. การวิเคราะห์ความสามารถการดูดซับน้ำ ตามวิธีการข้อ 3.1.2 (ง)

4.3. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9 point hedonic scale) ร่วมกับวิธี Just-about right scale (JAR) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คนในด้านสี กลิ่นสมุนไพร กลิ่นรสสมุนไพร และความชอบรวม

5. การตรวจสอบคุณภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพรที่พัฒนาได้

ทำการตรวจสอบคุณภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพรที่พัฒนาได้จากข้อ 4 ดังนี้

5.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าเนื้อสัมผัสของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพรด้วยเครื่อง Texture analyzer โดยวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยหัววัด Kramer Shear Cell ตามวิธีการข้อ 3.1.2 (ก) วัด a_w ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร ด้วยเครื่องวัด water activity โดยทำการวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

5.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณในผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และ คาร์โบไฮเดรตของผลิตภัณฑ์ ตามวิธีการของ A.O.A.C (2000) และ วิเคราะห์ปริมาณ GABA โดยใช้ HPLC ตามวิธีการของ Varanyanond et. al. (2000) ส่งวิเคราะห์ที่สถาบันวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ทำการเตรียมตัวอย่างโดยการนำผลิตภัณฑ์มาบดละเอียดด้วยโกร่ง บรรจุลงในถุงอลูมิเนียมฟอยล์

5.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ก. วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยใช้วิธี Standard Plate count Method (SPC) ดัดแปลงจากวิธีการของ BAM (2001) ใช้เทคนิค spread plate

ข. วิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา โดยใช้วิธี Standard Plate count Method (SPC) ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ BAM (2001) ใช้เทคนิค spread plate

6. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

ทดสอบการยอมรับอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบ 2 ตัวอย่าง คือ ผลิตภัณฑ์เสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม การทดสอบผลิตภัณฑ์โดยให้ผู้บริโภคร่วมกับนมนสด โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9 - point hedonic scale) ในคุณลักษณะสี รูปร่าง ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความแข็ง และความชอบโดยรวม รวมทั้งถามการยอมรับ และการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค โดยใช้สถานที่ทดสอบแบบ Central Location Test (CLT) ทำการทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 150 คน ณ โรงอาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

7. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นที่พัฒนาได้ซึ่งเดิมสารสกัดหยาบจากอบเชย อาหารเข้าเสริมสารสกัดหยาบใบมะรุม ตัวอย่างควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) และตัวอย่างที่เติมแซนแทนกัม โดยนำตัวอย่างบรรจุลงในถุงอูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ -18 , อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) และ 45 องศาเซลเซียส ทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เก็บทุกๆ 2 สัปดาห์ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ตรวจสอบคุณภาพดังนี้

7.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดสี ค่าความแข็งด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ด้วยหัววัด Kramer Shear Cell และค่า a_w

7.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น และปริมาณ Thiobarbituric acid number (TBA) ตามวิธีการของ A.O.A.C (1995)

7.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการเชิงพรรณนาปริมาณ ด้วยการให้คะแนนความเข้ม (Intensity) ปัจจัยคุณภาพบนสเกลแบบเส้นตรงยาว 15 เซนติเมตร (Meilgard *et al.*, 1999) โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน และทดสอบการยอมรับเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยวิธี Overall quality rating โดยให้คะแนน 1-10 โดยคะแนน 10 หมายถึง ตัวอย่างมี

คุณภาพเหมือนกับตัวอย่างควบคุม คะแนน 9 หมายถึง ตัวอย่างมีคุณภาพใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม คะแนน 6-8 หมายถึง ตัวอย่างมีคุณภาพแตกต่างกับตัวอย่างควบคุมแต่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ คะแนน 3-5 หมายถึง ตัวอย่างมีคุณภาพแตกต่างกับตัวอย่างควบคุมในระดับที่ไม่เป็นที่ยอมรับแต่อาจสามารถใช้ทดสอบต่อไปได้ และคะแนน 1-2 หมายถึง ตัวอย่างมีการเสื่อมเสียคุณภาพอย่างชัดเจน สามารถทิ้งได้ทันทีโดยไม่ต้องทดสอบต่อไป (Lawless and Heymann, 1998)

ผลและวิจารณ์

1. การเตรียมและตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

1.1. การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวกล้อง

นำเมล็ดข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มาทำความสะอาด กำจัดเมล็ดลีบและแตกหัก แล้วสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มาทำการตรวจสอบคุณภาพตามวิธีการของ ISTA (1976) พบว่า เมล็ดข้าวมีเปอร์เซ็นต์การงอก 89 % และเมล็ดข้าวมีความบริสุทธิ์และความชื้นผ่านมาตรฐานเมล็ด ดังแสดงในตารางที่ 1 มาตรฐานเมล็ดข้าวว่าควรมีความบริสุทธิ์อย่างน้อยร้อยละ 98 และมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 ซึ่งขึ้นอยู่กับการสูญเสียของข้าวในการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (จงจันทร์, 2529)

ตารางที่ 1 คุณภาพเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105

คุณภาพ	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์
ความชื้น (ร้อยละ)	9.39(0.09)
ความบริสุทธิ์ของเมล็ด(ร้อยละ)	98.74(0.55)
น้ำหนักต่อ 1000 เมล็ด (กรัม)	22.89(0.18)
ความงอก (ร้อยละ)	89.00(1.41)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

1.2 การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบแป้งข้าวกล้องงอก

1.2.1 คุณภาพทางเคมีของแป้งข้าวกล้องงอก

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของแป้งข้าวกล้องงอก พบว่าความชื้นของแป้งข้าวกล้องงอก พบว่า มีค่าร้อยละ 7.96 โดยน้ำหนักแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่แป้งควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 (มอก.638-2529) และแป้งข้าวกล้องงอกมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 288.84 มิลลิกรัมกลูโคสต่อ 100 กรัม โดยมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งเพิ่มมากขึ้นจากแป้ง

ข้าวที่ไม่ได้ผ่านการงอก ซึ่งมีปริมาณ 44.47 มิลลิกรัมกลูโคสต่อ 100 กรัม เนื่องจากในขณะที่ยังมีเมล็ดงอกนั้นมีการทำงานของเอนไซม์แอลฟาเอมิเลส ซึ่งย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล ซึ่งสอดคล้องกับ Charoenthaikij และคณะ (2009) กล่าวว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดข้าวกล้องงอกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการงอก ทำให้มีปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น จากการศึกษา พบว่าเมื่อระยะเวลาการแช่น้ำเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณ GABA เพิ่มขึ้น เนื่องจากเอนไซม์ Glutamate decarboxylase (GAD) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ควบคุมการสังเคราะห์ GABA โดยเมื่อนำข้าวกล้องแช่น้ำเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง แป้งข้าวกล้องงอกที่ได้มีปริมาณ GABA 29.09 มิลลิกรัม/100กรัม เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับแป้งจากข้าวกล้องที่ไม่ได้งอก (3.19 มิลลิกรัม/100 กรัม) ซึ่งสอดคล้องกับ Oh (2003) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ GABA ในเมล็ดข้าวกล้องงอก โดยพบว่า การสะสมปริมาณของ GABA จะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่แช่น้ำ

ตารางที่ 2 ปริมาณ(โดยน้ำหนักแห้ง) ความชื้น น้ำตาลรีดิวซ์ และ GABA ของแป้งข้าวกล้องและข้าวกล้องงอก

ตัวอย่าง	ความชื้น (ร้อยละ)	น้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมกลูโคสต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	GABA (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตัวอย่าง)
แป้งข้าวกล้อง	7.78(0.11)	44.47(1.05)	3.19(0.57)
แป้งข้าวกล้องงอก	7.96(0.08)	288.84(1.50)	29.09(5.36)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

1.2.2. คุณภาพทางกายภาพของแป้งข้าวกล้องงอก

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้องงอกโดยใช้เครื่อง RVA (Rapid Visco Analyzer) โดยค่าคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้องงอกแสดงดังตารางที่ 3 และภาพที่ 3 ตามลำดับ พบว่า ความหนืดของแป้งข้าวกล้องงอก มีค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) ลดลงจากแป้งข้าวกล้องที่ไม่ได้ผ่านการงอก (control) เนื่องจากในระหว่างกระบวนการงอกของเมล็ดจะมีการผลิตเอนไซม์เอมิเลสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการย่อยคาร์โบไฮเดรต(เอมิเลสและเอมิโลเพกทิน) ให้มีโมเลกุลขนาดเล็กส่งผลให้ความหนืดของแป้งลดลง (Helland *et al.*, 2002) สอดคล้องกับ Charoenthaikij และคณะ (2009) กล่าวว่า แป้งข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีค่าความ

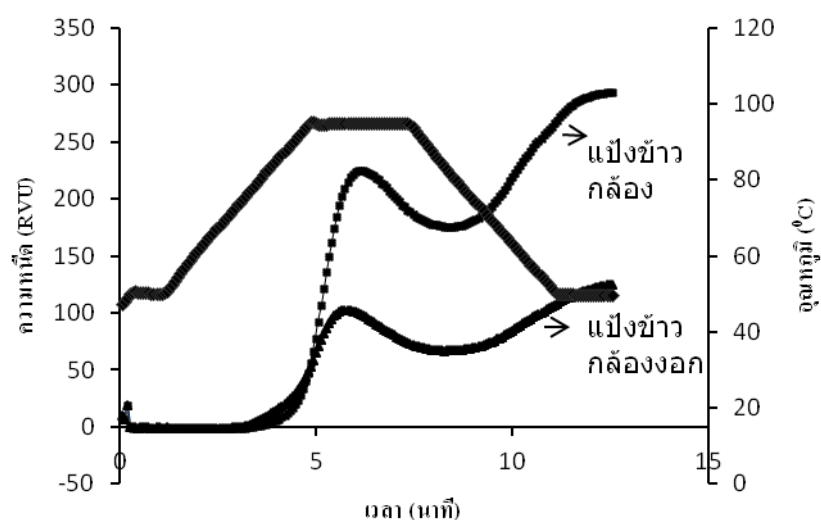
หนีดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเป้งข้าวที่ไม่ผ่านการงอก เช่นเดียวกับการทดลองของ Nirmala และคณะ (2000) กล่าวว่า การลดลงของความหนีดจะเกิดขึ้นเมื่อระยะเวลาในการแช่น้ำเพิ่มขึ้น โดยเป้งข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง มีค่าความหนีดสูงสุด เท่ากับ 107.74 RVU

เมื่อพิจารณาค่าการคืนตัว (Setback from trough) ของเป้งข้าวกล้องงอกซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Newport scientific, 1995) พบว่า เป้งข้าวกล้องงอก มีค่าการคืนตัวเท่ากับ 23.87 RVU ซึ่งต่ำกว่าเป้งข้าวกล้อง โดยค่าการคืนตัวของเป้งเป็นดัชนีบ่งบอกถึงความคงตัวของเจลและความสามารถในการเกิดรีโทรเกรเดชัน โดยเป้งมีค่าการคืนตัวสูงจะเกิดรีโทรเกรเดชันได้ดี (Miao *et al.*, 2009) ซึ่งค่าการคืนตัวต่ำ หมายถึงเป้งมีอัตราการเกิดรีโทรเกรเดชันต่ำ (Ragae, 2006) แสดงว่าเป้งข้าวกล้องผ่านการงอก มีผลทำให้เป้งหลังจากสุกแล้วมีการเกิดรีโทรเกรเดชันลดลง โดยเป้งถูกย่อยด้วยเอนไซม์อัลฟาแอมิเลสทำให้โมเลกุลของเป้งสั้นลง การเกิดรีโทรเกรเดชันของแอมิโลสจึงลดลง

ตารางที่ 3 คุณภาพการเปลี่ยนแปลงความหนีดของเป้งข้าวกล้องและเป้งข้าวกล้องงอก

ตัวอย่าง	อุณหภูมิ เริ่มเกิด ความหนีด (°C)	ความหนีด (RVU)				
		ความหนีด สูงสุด	ความหนีด ต่ำสุด	ความแตกต่างของ ความหนีด สูงสุดและ ต่ำสุด	ความหนีด สุดท้าย	ค่าการ คืนตัว
เป้งข้าวกล้อง	77.12	236.06	183.90	52.16	307.96	71.90
	(2.75)	(1.13)	(1.34)	(1.01)	(1.29)	(1.79)
เป้งข้าวกล้องงอก	73.64	107.74	70.34	37.39	131.60	23.87
	(1.99)	(1.83)	(1.58)	(1.21)	(2.41)	(1.29)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของ (a) แป้งข้าวกล้อง และ (b) แป้งข้าวกล้องงอก

2. ศึกษาภาวะที่เหมาะสมของสารสกัดที่มีต่อปริมาณผลผลิตและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากอบเชย และใบมะรุม

2.1 การเตรียมวัตถุดิบในการสกัดสารสกัดจากอบเชยและใบมะรุม

เมื่อนำอบเชยมาบดละเอียด พบว่า ลักษณะเป็นผงมีสีน้ำตาลเข้ม แสดงดังภาพที่ 4 (A) ส่วนใบมะรุมสดที่ผ่านการล้างทำความสะอาด อบแห้ง แล้วนำมาบดละเอียด มีลักษณะ เป็นผงสีเขียวแสดงดังภาพที่ 4 (B)



A



B

ภาพที่ 4 สารสกัดหยาบบดละเอียดที่ได้จาก(A) อบเชย, (B)ใบมะรุม

2.2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม

2.2.1. ปริมาณผลผลิตของสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม

การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตของสารสกัดจากอบเชยและใบมะรุม โดยศึกษาผลของระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดสารต้านออกซิเดชันจากอบเชยและใบมะรุมด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ จากการศึกษาเวลาในการสกัดสารสกัดจากอบเชย ระยะเวลา 20, 24, 28 และ 32 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 4 และศึกษาเวลาในการสกัดใบมะรุมที่ระยะเวลา 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่า สารสกัดหยาบจากอบเชยมีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มระยะเวลาการสกัดจาก 20 ชั่วโมง เป็น 24 ชั่วโมง ส่วนระยะเวลาการสกัด 28 และ 32 ชั่วโมงมีปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับการสกัดสารสกัดหยาบจากใบมะรุม มีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มระยะเวลาการสกัดจาก 3 ชั่วโมง เป็น 6 ชั่วโมง ซึ่งระยะเวลาการสกัด 9 และ 12 ชั่วโมงมีปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่ระยะเวลาในการสกัด 32 ชั่วโมงของสารสกัดหยาบจากอบเชยและระยะเวลาในการสกัด 12 ชั่วโมงของสารสกัดหยาบจากใบมะรุม มีปริมาณผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 18.01 และ 15.63 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมีรายงานว่าสารสกัดจากใบพืชชนิดอื่น ๆ จะมีปริมาณผลผลิตของสารสกัดอยู่ในช่วงร้อยละ 2-15 (Maisuthisakul and Pongsawatmanit, 2004 อ้างถึง Demo *et al.*, 1998) จากการศึกษาของ Sultana *et al.* (2009) พบว่า การสกัดใบมะรุมด้วย เอทานอล มีปริมาณผลผลิตของสารสกัดหยาบจากใบมะรุมเท่ากับร้อยละ 8.94 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีปริมาณผลผลิตน้อยกว่าการศึกษานี้ แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณผลผลิตของสารสกัดยังขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มาจากเครื่องมือ วิธีการที่ใช้ในการสกัดและองค์ประกอบทางเคมีของพืชชนิดนั้นๆ ซึ่งจะให้สารที่สกัดออกมาในปริมาณที่แตกต่างกัน (Hsu *et al.*, 2006) โดยผลของระยะเวลาในการสกัดต่อปริมาณผลผลิตของสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุมสอดคล้องกับ Lapornik *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษา พบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัดสารในกากรองน้ำตาล และองุ่นแดง มีผลทำให้มีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4 ปริมาณผลผลิตของสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกัน

ระยะเวลาในการสกัด (ชั่วโมง)	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)
20	13.36 ^b (0.29)
24	16.10 ^a (0.43)
28	16.82 ^a (1.30)
32	18.01 ^a (2.85)

หมายเหตุ ^{a-b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

ตารางที่ 5 ปริมาณผลผลิตของสารสกัดหยาบจากใบมะรุุมที่ระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกัน

ระยะเวลาในการสกัด (ชั่วโมง)	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)
3	9.30 ^b (0.98)
6	13.80 ^a (0.99)
9	14.91 ^a (1.05)
12	15.63 ^a (0.88)

หมายเหตุ ^{a-b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

2.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ระยะเวลาในการสกัด 20, 24, 28 และ 32 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และปริมาณสารประกอบ

ฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากใบมะรุมนั้นที่ระยะเวลาในการสกัด 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกดังภาพผนวกที่ ค1 ซึ่งมีสมการเส้นตรง คือ $y = 11.913x$ โดยมีค่า $R^2 = 0.999$ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 6 พบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัดสารสกัดหยาบจากอบเชย มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อยู่ในช่วง 80.79-87.19 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมของสารสกัดหยาบโดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากอบเชยมีค่าสูงที่สุดในระยะเวลาการในการสกัดที่ 24 ชั่วโมง โดยมีปริมาณเท่ากับ 87.19 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของสารสกัดหยาบโดยน้ำหนักแห้ง ในขณะที่การศึกษาของ Khatun *et al.* (2006) พบว่า สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยเอทานอล นาน 6 ชั่วโมง จะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 210.5 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่ออบเชยผง 1 กรัม ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าที่ได้จากการศึกษานี้

ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากใบมะรุมนั้น ได้ผลแสดงดังตารางที่ 7 พบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัดจาก 3 ชั่วโมง เป็น 6 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยระยะเวลาการสกัด 9 และ 12 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่ละลายน้ำได้เล็กน้อยแต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเข้าสู่ภาวะสมดุลที่ตัวทำละลาย นั้นไม่สามารถทำละลายสารประกอบที่สำคัญออกมาได้อีก (Lapornik *et al.*, 2005) โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากใบมะรุมนั้นที่ระยะเวลาในการสกัดที่ 12 ชั่วโมงมีค่าสูงสุด เท่ากับ 78.15 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมของสารสกัด โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ Sreelatha and Padma (2009) ได้ศึกษาการสกัดสารจากใบมะรุมนั้น โดยใช้ชนิดของระยะเวลาการเจริญเติบโตของใบมะรุมนั้น ได้แก่ ใบแก่ และใบอ่อน ซึ่งทำการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด พบว่า ชนิดใบแก่และใบอ่อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 45.81 และ 36.02 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมของสารสกัด โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยมีค่าน้อยกว่าที่ได้จากการศึกษานี้

ตารางที่ 6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกัน

ระยะเวลาในการสกัด (ชั่วโมง)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัม ของสารสกัดหยาบโดยน้ำหนักแห้ง) ^{ns}
20	80.79(8.56)
24	87.19(4.49)
28	82.51(6.02)
32	86.84(0.24)

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

ตารางที่ 7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากใบมะรุมที่ระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกัน

ระยะเวลาในการสกัด (ชั่วโมง)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัม ของสารสกัดหยาบโดยน้ำหนักแห้ง)
3	66.67 ^b (3.56)
6	74.41 ^{ab} (3.95)
9	78.43 ^a (1.94)
12	78.15 ^a (3.67)

หมายเหตุ ^{a-b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดังเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญ โดยสารประกอบฟีนอลิกในพืชจะละลายได้ดีในน้ำ รวมถึงตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งชนิดของสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณนั้นขึ้นอยู่กับชนิดวัตถุดิบ สายพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว และสถานที่ปลูก (Robard *et al.*, 2000) โดยสารประกอบพอลิฟีนอล (polyphenol) ที่พบในเปลือกของอบเชยเทศประกอบด้วย rutin, quercetin, kaempferol, isorhamnetin, catechin และ tannin (Al-Numair *et al.*, 2007) ในใบมะรุมนได้มีการศึกษาค้นคว้าฤทธิ์ชีวภาพของสารสกัดจากใบมะรุมน พบว่าใบมะรุมน เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่ดี เช่น vitamin C, α -tocopherol, flavonoids, phenolics, carotenoids ซึ่งชะลอความเสื่อมของเซลล์และป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง (Makkar and Becker., 1996)

2.2.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

จากการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดหยาบจากอบเชย ที่ระยะเวลาในการสกัด 20, 24, 28 และ 32 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35 ตามลำดับ และสารสกัดหยาบจากใบมะรุมน ที่ระยะเวลาในการสกัด 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 8 และตารางที่ 9 ตามลำดับ โดยติดตามความสามารถของสารสกัดในการต้านอนุมูลอิสระของสาร DPPH ด้วยการติดตามสีม่วงของสารละลายสีม่วงที่ลดลงด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ซึ่งผลที่ได้จากการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดหยาบจากอบเชย และใบมะรุมนได้นำมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก ดังภาพผนวกที่ ค2 ซึ่งมีสมการเส้นตรง คือ $y = 25.482x$ โดยมีค่า $R^2 = 0.9932$ แสดงค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมของสารสกัดโดยน้ำหนักแห้ง พบว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดหยาบจากอบเชยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มจาก 20 เป็น 24 ชั่วโมง โดยมีค่าสูงที่สุดที่ระยะเวลาในการสกัด 32 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 355.46 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมของสารสกัดโดยน้ำหนักแห้ง โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับระยะเวลาในการสกัดที่ 24, 28 และ 32 ชั่วโมง

สำหรับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดหยาบจากใบมะรุมน พบว่า ที่ระยะเวลาในการสกัด 6 ชั่วโมง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 146.81 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมของสารสกัดหยาบ

โดยนำหนักแห้ง ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับระยะเวลาในการสกัดที่ 9 และ 12 ชั่วโมง ในทำนองเดียวกับการศึกษาของ Khatun *et al.* (2006) ได้ศึกษาการให้ความร้อนที่ใช้ในการสกัดเครื่องเทศชนิดต่างๆเท่ากัน แต่เพิ่มระยะเวลาการสกัดแตกต่างกัน พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดหยาบจากเครื่องเทศอบเชยนั้น ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัด ซึ่งสอดคล้องกับ Tomaino *et al.* (2005) พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของกาแฟ และน้ำมันอบเชยไม่มีแตกต่างกันหลังจากการสกัด 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส

2.2.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS เป็นวิธีที่ง่าย รวดเร็ว สามารถทำได้ในช่วง pH ที่กว้าง นอกจากนั้นอนุมูลอิสระ ABTS ยังสามารถละลายได้ทั้งในน้ำ และตัวทำละลายอินทรีย์ ดังนั้นจึงสามารถศึกษาได้ในตัวทำละลายที่หลากหลายทั้งในสารสกัดที่ละลายในน้ำมัน และในน้ำ (Awika *et al.*, 2003) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดหยาบจากอบเชย และสารสกัดหยาบจากใบมะรุุม แสดงดังตารางที่ 8 และ ตารางที่ 9 ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้จากการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดหยาบจากอบเชย และใบมะรุุม จะนำมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกดังภาพผนวกที่ ค3 มีสมการเส้นตรง เท่ากับ $y = 22.018$ โดยมีค่า $R^2 = 0.9986$ พบว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดหยาบจากอบเชยให้ผลในทำนองเดียวกันกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับระยะเวลาในการสกัดที่ 24, 28 และ 32 ชั่วโมง ซึ่งระยะเวลาในการสกัด 32 ชั่วโมง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 307.52 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมของสารสกัดโดยน้ำหนักแห้ง เช่นเดียวกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดหยาบจากใบมะรุุมให้ผลในทำนองเดียวกันกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยที่ระยะเวลาในการสกัด 6 ชั่วโมง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 509.73 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมของสารสกัดหยาบโดยน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 8 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ของสารสกัดจากหยาดจาก
อบเชยที่ระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกัน

ระยะเวลา ในการสกัด (ชั่วโมง)	ความสามารถในการต้านอนุมูล อิสระDPPH (มิลลิกรัมสมมูลของ กรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมของ สารสกัดหยาดโดยน้ำหนักแห้ง)	ความสามารถในการต้านอนุมูล อิสระABTS (มิลลิกรัมสมมูลของกรด แกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมของ สารสกัดหยาดโดยน้ำหนักแห้ง)
20	275.84 ^b (6.74)	286.19 ^b (6.45)
24	329.01 ^a (5.02)	304.84 ^a (7.27)
28	344.66 ^a (8.51)	306.89 ^a (14.55)
32	355.46 ^a (7.74)	307.52 ^a (6.54)

หมายเหตุ ^{a-b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

ตารางที่ 9 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ของสารสกัดจากหยาดจากใบ
มะรุมนที่ระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกัน

ระยะเวลา ในการสกัด (ชั่วโมง)	ความสามารถในการต้านอนุมูล อิสระ DPPH (มิลลิกรัมสมมูลของ กรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมของ สารสกัดหยาดโดยน้ำหนักแห้ง)	ความสามารถในการต้านอนุมูล อิสระ ABTS (มิลลิกรัมสมมูลของ กรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัม ของสารสกัดหยาดโดยน้ำหนักแห้ง)
3	144.19 ^b (0.86)	500.62 ^b (3.01)
6	146.81 ^a (0.87)	509.73 ^a (2.14)
9	146.20 ^a (0.49)	507.61 ^a (1.72)
12	146.38 ^a (0.25)	508.21 ^a (0.86)

หมายเหตุ ^{a-b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

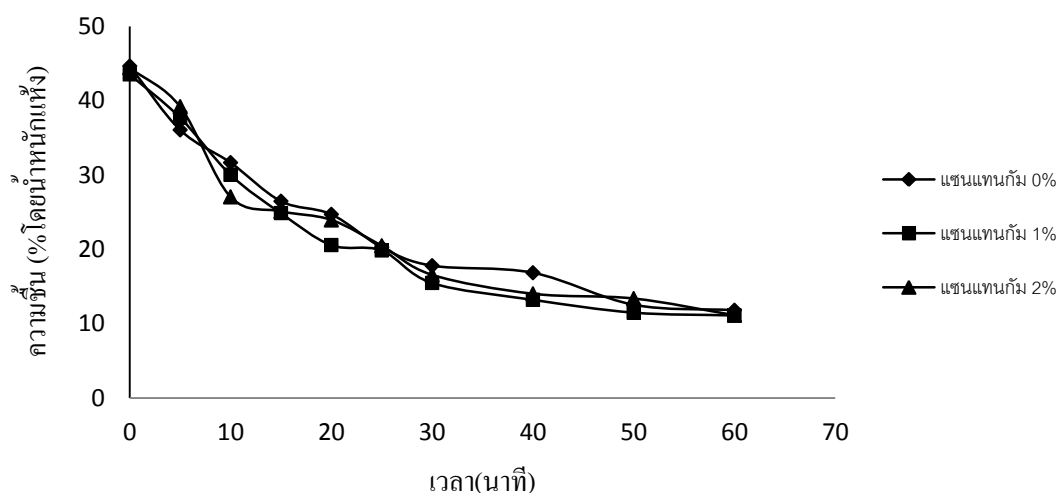
จากผลการทดลองดังข้อ 2.1-2.2 จะนำมาใช้ในการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารสกัดหยาบจากอบเชย และใบมะรุม เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับขั้นตอนในการศึกษาปริมาณสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุมที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบสมุนไพรต่อไป ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดหยาบจากอบเชย คือ ที่ระยะเวลาการสกัด 24 ชั่วโมง อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS สูง ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับระยะเวลาในการสกัดที่ 28 และ 32 ชั่วโมง และมีปริมาณผลผลิตที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับที่ระยะเวลาในการสกัด 28 และ 32 ชั่วโมงเช่นกัน สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดหยาบจากใบมะรุม คือ ที่ระยะเวลาการสกัด 6 ชั่วโมง อุณหภูมิห้อง 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS สูงที่สุด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับระยะเวลาในการสกัดที่ 9 และ 12 ชั่วโมง

3. ศึกษาผลของปริมาณแซนแทนกัมและความชื้นของส่วนผสมก่อนนำไปอบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

3.1. ผลของแซนแทนกัมและความชื้นเริ่มต้นก่อนนำไปอบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาปริมาณแซนแทนกัม 3 ระดับ คือร้อยละ 0, 1 และ 2 และศึกษาปริมาณความชื้นของส่วนผสมหลังจากนึ่งสุกแล้ว ก่อนนำไปอบที่อุณหภูมิ 200°C 3 ระดับ คือร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักเปียก ซึ่งการศึกษาปริมาณความชื้นของส่วนผสมก่อนนำไปอบที่อุณหภูมิสูงนั้น มาจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบแห้งและความชื้น เพื่อให้ได้ความชื้นที่เหมาะสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปอบที่อุณหภูมิสูง โดยศึกษาการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C ใช้เวลานาน 60 นาที พบว่า ความชื้นของส่วนผสมก่อนอบมีปริมาณความชื้นร้อยละ 11, 25 และ 44 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ แสดงดังรูปภาพที่ 5 มีค่าเทียบเท่ากับปริมาณความชื้นของส่วนผสมก่อนอบตามที่กำหนดอยู่ร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักเปียก ตามลำดับ โดยใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 60, 15 และ 0 นาที ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Nath และ Chattopadhyay (2007) กล่าวว่า การเพิ่มอุณหภูมิ และเวลาในกระบวนการอบ (baking) ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสำเร็จรูปจากมันฝรั่งและถั่วเหลืองทำให้ปริมาณความชื้นผลิตภัณฑ์ลดลง โดยอุณหภูมิ และเวลาของกระบวนการอบมีความสัมพันธ์แบบแอนตรกิริยาต่อการ เปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของ

ผลิตภัณฑ์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นระหว่างกระบวนการอบ เกิดจากการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน และการแผ่รังสี (Sakin *et al.*, 2009)



ภาพที่ 5 ความชื้นของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกก่อนอบ

จากผลการทดลอง แสดงผลดังตารางที่ 10 พบว่า ปริมาณความชื้นของส่วนผสมก่อนอบที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักเปียก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์หลังอบมีปริมาณความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าความหนาแน่นและความแข็งมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากมีปริมาณความชื้นที่เพียงพอต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดแรงดันของไอน้ำเกิดขึ้นภายในผลิตภัณฑ์ (Nath *et al.*, 2007) ซึ่งปริมาณความชื้นของส่วนผสมก่อนอบเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งต่อการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ (Lund, 1984) โดยการขยายตัวในระหว่างกระบวนการอบนั้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีความพองกรอบ จากการอบที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์ระเหยอย่างรวดเร็ว มีผลทำให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นและความแข็งลดลงเช่นกัน ซึ่งปริมาณน้ำหรือความชื้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ก่อนอบร้อยละ 30-35 จะทำให้ผลิตภัณฑ์หลังอบพองตัวได้ดี (Tribelhorn, 1991)

สำหรับค่าการดูดซับน้ำของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกอยู่ในช่วง 3.67-4.29 กรัม/กรัม และค่าการละลายอยู่ในช่วงร้อยละ 17.27-18.87 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อปริมาณแซนแทนกัมเพิ่มขึ้นที่ระดับความชื้นเดียวกัน ส่งผลต่อค่าความชื้น และการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Guarda *et al.* (2004) พบว่า การเติมไฮโดรคอลลอยด์ลงใน

ส่วนผสมของขนมปัง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลของความสามารถในการจับน้ำได้ดีของไฮโดรคอลลอยด์ และพบว่า การเติมแซนแทนกัมส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมแซนแทนกัม โดยแซนแทนกัมมีคุณสมบัติในการจับกับน้ำได้ดี แต่ก็ก่อให้เกิดการกระจายตัวของเม็ดแป้งและการเกิดเจลลาตินในซัไดยาก เมื่อปริมาณน้ำที่มีอยู่ในระบบลดน้อยลง (Kruger *et al.*, 2003) ดังนั้นจึงทำให้มีปริมาณน้ำในส่วนผสมไม่เพียงพอต่อการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการอบ และเมื่อเติมแซนแทนกัมจะทำให้เกิดเป็นโครงสร้างเกี่ยวพันกันระหว่างโมเลกุลของแซนแทนกัมกับอะไมโลส ทำให้เกิดการเกาะติดกันเป็นโครงสร้างร่างแห มีผลทำให้การปลดปล่อยของอะไมโลสจากโมเลกุลของเม็ดแป้งถูกจำกัด ส่งผลให้เกิดการพองตัวและการละลายของเม็ดแป้งลดลง (Mandala and Bayas, 2004) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งและค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าการละลายที่มีแนวโน้มลดลง แต่จากการทดลองนี้พบว่า สูตรที่มีปริมาณแซนแทนกัมร้อยละ 2 และปริมาณความชื้นร้อยละ 30 มีค่าความแข็งและความหนาแน่นไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมแซนแทนกัม ทั้งนี้เกิดจากปริมาณแซนแทนกัมที่เติมลงในส่วนผสมก่อนอบมีความชื้นสูง จึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ความชื้นก่อนอบร้อยละ 10 นั้น มีค่าความแข็งมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ความชื้นก่อนอบร้อยละ 20 และ 30 ซึ่งเกิดจากส่วนผสมก่อนอบมีปริมาณความชื้นไม่เพียงพอต่อการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ส่งผลให้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ แสดงดัง ตารางที่ 11 พบว่า ปริมาณความชื้นและปริมาณแซนแทนกัมไม่มีผลต่อคะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านสี และ กลิ่นรสแป้งข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นที่ระดับแซนแทนกัมเดียวกัน ทำให้มีคะแนนความชอบด้านรูปร่าง ความแข็งก่อนผสมนม ความชอบโดยรวมก่อนผสมนม ความแข็งหลังผสมนม รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวมหลังผสมนมเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณแซนแทนกัมที่ระดับความชื้นเดียวกัน พบว่า คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยคะแนนความชอบคุณลักษณะด้านความแข็งก่อนผสมนมมีแนวโน้มลดลง ดังนั้นจึงเลือกสูตรผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกที่มีปริมาณแซนแทนกัมร้อยละ 0 และมีปริมาณความชื้นของส่วนผสมก่อนอบร้อยละ 30 ไปทำการผลิตอาหารเข้าชนิดแผ่นจากข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร เนื่องจากมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากแซนแทนกัมร้อยละ 1 และ 2 ที่ปริมาณความชื้นของส่วนผสมก่อนอบที่ร้อยละ 30 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า a_w เท่ากับ 0.39 และค่าความแข็ง 137.14 นิวตัน

ตารางที่ 10 คุณภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก

แซน	ความชื้น	ความชื้น		ความ	ความ	การดูด	การละลาย
แทนกัม	ก่อนอบ	ความชื้น	a_w	แข็ง	หนาแน่น	ซับน้ำ	(ร้อยละ
(ร้อยละ)	(ร้อยละโดย	(ร้อยละ)		(นิวตัน)	(g/cm ³)	(กรัม/	โดยน้ำหนัก
ละ)	น้ำหนักเปียก)					(กรัม/	เปียก)
						กรัม)	
0	10	3.47 ^e	0.35 ^f	147.08 ^{cd}	0.69 ^b	3.99 ^{cd}	18.83 ^a
		(0.03)	(0.00)	(5.08)	(0.18)	(0.15)	(0.70)
	20	3.65 ^{de}	0.37	134.12 ^e	0.60 ^d	3.67 ^e	18.47 ^{ab}
		(0.04)	(0.00) ^{cd}	(6.74)	(0.03)	(0.04)	(0.23)
	30	3.76 ^{cde}	0.39	137.14 ^{de}	0.59 ^d	3.88 ^d	18.33 ^{abc}
		(0.02)	(0.01) ^{ab}	(4.24)	(0.02)	(0.00)	(0.13)
1	10	4.44 ^{ab}	0.36 ^{ef}	186.78 ^a	0.79 ^a	3.86 ^d	18.37 ^{abc}
		(0.06)	(0.01)	(8.26)	(0.05)	(0.20)	(0.23)
	20	4.55 ^{ab}	0.38 ^{bc}	178.64 ^a	0.66 ^{bc}	3.91 ^d	18.40 ^{abc}
		(0.02)	(0.00)	(6.13)	(0.01)	(0.01)	(0.24)
	30	4.82 ^a	0.39 ^{ab}	159.92 ^b	0.63 ^{cd}	4.15 ^{ab}	17.87 ^{bcd}
		(0.43)	(0.01)	(1.97)	(0.04)	(0.07)	(0.12)
2	10	3.98 ^{cd}	0.38 ^{de}	182.75 ^a	0.75 ^a	4.09 ^{bc}	17.88 ^{bcd}
		(0.14)	(0.01)	(7.97)	(0.01)	(0.06)	(0.39)
	20	4.18 ^{bc}	0.39 ^{cd}	153.31 ^{bc}	0.62 ^{cd}	4.16 ^{ab}	17.46 ^{cd}
		(0.30)	(0.01)	(8.50)	(0.02)	(0.03)	(0.03)
	30	4.47 ^{ab}	0.40 ^a	142.83 ^{cde}	0.60 ^d	4.29 ^a	17.28 ^e
		(0.07)	(0.01)	(2.91)	(0.03)	(0.09)	(0.97)

หมายเหตุ ^{a-f} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

ตารางที่ 11 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก

แซน แทนกัม (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ โดย น้ำหนัก เปียก)	ก่อนผสมนม					หลังผสมนม		
		รูปร่าง	สี ^{ns}	กลิ่น รส ข้าว ^{ns}	ความ แข็ง	ความ ชอบ รวม	ความ แข็ง	รสชาติ โดยรวม	ความ ชอบ รวม
0	10	6.6 ^b	6.8	6.7	6.3 ^{de}	6.1 ^c	6.6 ^{cd}	6.8 ^{ab}	6.4 ^d
		(0.9)	(0.8)	(0.7)	(0.9)	(0.5)	(0.7)	(0.7)	(0.7)
	20	7.0 ^{ab}	6.7	6.6	6.7 ^{bc}	6.4 ^c	6.8 ^{abcd}	6.7 ^{ab}	6.7 ^{bcd}
		(0.9)	(1.0)	(0.7)	(0.6)	(0.7)	(1.0)	(0.9)	(1.1)
	30	7.2 ^a	6.7	6.8	7.1 ^{ab}	6.8 ^{ab}	7.2 ^{ab}	7.0 ^{ab}	7.2 ^{ab}
		(0.9)	(0.9)	(0.8)	(0.8)	(0.9)	(1.0)	(0.8)	(0.8)
1	10	6.6 ^b	6.6	6.7	6.2 ^{de}	6.2 ^c	6.8 ^{bcd}	6.8 ^{ab}	6.5 ^d
		(0.6)	(0.8)	(0.5)	(0.8)	(0.6)	(0.7)	(0.7)	(0.8)
	20	6.8 ^{ab}	6.8	6.7	6.4 ^{cd}	6.3 ^c	7.0 ^{abc}	6.9 ^{ab}	6.7 ^{bcd}
		(0.6)	(1.1)	(0.7)	(0.7)	(0.7)	(0.9)	(0.9)	(0.8)
	30	7.2 ^a	7.1	7.1	7.2 ^a	6.9 ^a	7.3 ^a	7.1 ^a	7.3 ^a
		(0.7)	(0.8)	(0.6)	(0.6)	(0.8)	(0.8)	(1.0)	(0.9)
2	10	6.7 ^b	6.8	6.8	6.0 ^e	6.3 ^c	6.4 ^d	6.8 ^{ab}	6.7 ^{cd}
		(0.7)	(0.8)	(0.8)	(0.7)	(0.7)	(1.0)	(0.8)	(0.7)
	20	6.8 ^{ab}	6.8	6.7	6.4 ^{cd}	6.5 ^{bc}	6.8 ^{bcd}	6.6	6.8 ^{bcd}
		(0.7)	(0.8)	(0.8)	(1.0)	(0.7)	(0.8)	(0.7) ^b	(0.8)
	30	7.1 ^{ab}	6.7	6.7	6.8 ^{abc}	6.8 ^{ab}	7.0 ^{abc}	6.9 ^{ab}	7.0 ^{abc}
		(0.8)	(0.9)	(0.7)	(0.7)	(0.6)	(0.8)	(0.5)	(1.0)

หมายเหตุ ^{a-c} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

^{ns} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ซึ่งผลจากการวิเคราะห์คุณภาพทั้งหมดในข้อ 3.1 พบว่า ปริมาณแซนแทนกัมร้อยละ 0 และมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นของส่วนผสมก่อนอบร้อยละ 30 มีค่าคุณภาพโดยรวมทั้งหมดที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการพัฒนาอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม

4. การพัฒนาอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและจากใบมะรุม

จากการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารสกัดหยาบจากอบเชย และใบมะรุมแล้ว ได้ทำการศึกษาปริมาณสารสกัดหยาบที่เหมาะสมสำหรับ 2 ผลิตภัณฑ์ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ปัจจัยที่ศึกษา คือ ปริมาณของสารสกัดหยาบจากอบเชยหรือจากใบมะรุม 4 ระดับ คือร้อยละ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1 โดยทำการผลิตตามกรรมวิธีของการผลิตอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นตามวิธีการข้อ 3.1

จากผลการวัดค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม แสดงดังตารางที่ 12 และ ตารางที่ 13 ตามลำดับ พบว่า ปริมาณสารสกัดหยาบจากอบเชยในปริมาณต่างกัน ไม่มีผลต่อคุณภาพด้าน ความชื้น a_w ความแข็ง ความหนาแน่น การดูดซับน้ำ และการละลาย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.00-4.05 โดยน้ำหนักแห้ง, ร้อยละ 0.29-0.31, 165.50-168.92 นิวตัน, 0.74-0.76 g/cm³, 3.46-3.65 g/g และการละลายร้อยละ 21.63-22.48 ตามลำดับ สำหรับอาหารเข้าชนิดแผ่นที่เสริมสารสกัดหยาบจากใบมะรุมมีค่าคุณภาพดังกล่าวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 4.26-4.48 โดยน้ำหนักแห้ง, ร้อยละ 0.35-0.37, 153.65-160.99 นิวตัน, 0.62-0.66 g/cm³, 3.53-3.64 g/g และการละลาย ร้อยละ 20.14-20.90 ตามลำดับ Nochera *et al* (2001) ได้ทำการศึกษาคุณภาพในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ผลิตจากแป้งสาลี พบว่า ความกรอบ ค่าสี และ a_w ระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแป้งสาลีกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแป้งข้าวโพดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในการผลิตอาหารเข้าจากธัญชาติ ส่วนผสมจะมีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลัก และมีปริมาณมากกว่าสารอาหารอื่น โดยแป้งจะมีความสำคัญต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์ (Anderson *et al.*, 1969) สำหรับคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นที่ใส่สารสกัดหยาบจากอบเชย มีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง และค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณของสารสกัดหยาบจากอบเชยจากปริมาณร้อยละ 0.25 เป็น 1 เนื่องจากสีของสารสกัดหยาบจากอบเชยที่มีสีแดงออกน้ำตาลเข้ม และในส่วนผสมมี

การเติมผงโกโก้ จึงทำให้สีที่เกิดขึ้นบนผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล ดังนั้น จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลง และค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นที่ใส่สารสกัดหยาบจากใบมะรุมมีค่าความสว่างลดลงและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณของสารสกัดหยาบจากใบมะรุมเนื่องจากสารสกัดหยาบจากใบมะรุมเมื่อละลายน้ำแล้วนำมาใส่ในผลิตภัณฑ์จะมีสีเขียวออกเหลือง

ตารางที่ 12 ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากสารสกัดหยาบจากอบเชย

สารสกัด (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ) ^{ns}	a _w ^{ns}	ความแข็ง	ความหนาแน่น	จุดชื้นน้ำ	การละลาย	สี		
			(นิวตัน) ^{ns}	(g/cm ³) ^{ns}	(g/g) ^{ns}		L*	a*	b*
0.25	4.02	0.30	165.5	0.74	3.65	21.63	48.06 ^a	11.17 ^c	21.94
	(0.34)	(0.00)	(9.85)	(0.01)	(0.21)	(0.83)	(1.74)	(0.14)	(0.65)
0.5	4.00	0.31	168.30	0.75	3.60	22.48	45.53 ^{ab}	11.67 ^b	22.02
	(0.55)	(0.01)	(11.02)	(0.02)	(0.33)	(0.42)	(0.87)	(0.19)	(0.38)
0.75	4.05	0.29	168.92	0.75	3.46	22.02	43.92 ^b	12.19 ^a	22.30
	(0.34)	(0.01)	(4.96)	(0.04)	(0.00)	(0.26)	(0.61)	(0.70)	(0.14)
1	4.05	0.30	167.55	0.76	3.56	21.93	44.34 ^b	12.11 ^a	22.15
	(0.08)	(0.01)	(13.62)	(0.03)	(0.32)	(0.32)	(2.24)	(0.29)	(0.73)

หมายเหตุ ^{a-c} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

^{ns} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นที่ใส่ปริมาณสารสกัดหยาบจากอบเชยในปริมาณต่างๆ โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) กับผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ในด้านของสี กลิ่นรส ความแข็ง และความชอบรวม ทั้งก่อนและหลังเทนม แสดงดังตารางที่ 14 พบว่า ทุกคุณลักษณะมีคะแนนความชอบเฉลี่ยแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาอาหารเข้าชนิดแผ่นจากสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ใส่ในปริมาณร้อยละ 0.25 และ 0.5 มีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างกัน และเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัด

หยาบจากอบเชยพบว่า คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากมีปริมาณสารสกัดหยาบที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเลือกสูตรอาหารเข้าชนิดแผ่นที่ใส่สารสกัดหยาบจากอบเชยร้อยละ 0.5 เพื่อให้ได้ปริมาณของสารสกัดหยาบจากอบเชยมากที่สุดที่ผู้ทดสอบยอมรับได้ และเป็นการเพิ่มที่มีคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความพอดี

ตารางที่ 13 ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากสารสกัดหยาบจากใบมะรุม

สารสกัด (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ) ^{ns}	a_w^{ns}	ความแข็ง (นิวตัน) ^{ns}	ความหนาแน่น (g/cm ³) ^{ns}	จุดชื้นน้ำ (g/g) ^{ns}	การละลาย	สี		
							L*	a*	b*
0.25	4.37	0.37	157.49	0.66	3.53	20.74	64.11 ^a	3.28 ^b	34.81 ^b
	(0.29)	(0.01)	(7.65)	(0.04)	(0.04)	(0.67)	(1.31)	(0.33)	(0.54)
0.5	4.44	0.36	153.65	0.66	3.59	20.24	58.09 ^b	4.34 ^a	37.35 ^a
	(0.22)	(0.00)	(8.41)	(0.15)	(0.12)	(0.16)	(0.96)	(0.17)	(0.32)
0.75	4.48	0.35	160.99	0.62	3.60	20.90	55.52 ^c	4.03 ^a	37.41 ^a
	(0.10)	(0.01)	(5.82)	(0.03)	(0.02)	(0.14)	(0.87)	(0.11)	(0.47)
1	4.26	0.36	155.43	0.64	3.64	20.14	53.90 ^c	4.13 ^a	36.64 ^a
	(0.07)	(0.01)	(6.05)	(0.01)	(0.02)	(0.66)	(0.83)	(0.23)	(0.15)

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

^{a-b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

สำหรับผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นที่เติมปริมาณสารสกัดหยาบจากใบมะรุมแสดงดัง ตารางที่ 15 พบว่า คุณลักษณะก่อนแทนและหลังแทน ค่าคะแนนความชอบกลิ่นรสใบมะรุม และความแข็ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีผลทำให้คะแนนคุณลักษณะสี และความชอบรวมมีแนวโน้มลดลง แต่เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่ใส่สารสกัดหยาบจากใบมะรุมที่ร้อยละ 0.25 และ 0.5 มีคะแนนความชอบรวม

ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จึงเลือกสูตรอาหารเข้าชนิดแผ่นที่ใส่สารสกัดหยาบจากใบมะรุมร้อยละ 0.5 เพื่อให้มีปริมาณสารสกัดหยาบมากพอที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ แล้วนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความพอใจ

ตารางที่ 14 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากสารสกัดหยาบจากอบเชย

สารสกัดหยาบ (ร้อยละ)	คุณลักษณะ							
	ก่อนเทนม				หลังเทนม			
	สี	กลิ่นรสอบเชย	ความแข็ง	ความชอบรวม	กลิ่นรสอบเชย	ความแข็ง	กลิ่นรสโดยรวม	ความชอบรวม
0.25	6.4 ^a (1.5)	6.4 ^a (1.4)	6.5 ^a (1.3)	6.5 ^a (1.4)	6.7 ^a (1.1)	7.1 ^a (1.0)	6.9 ^a (0.9)	6.9 ^a (1.0)
0.5	6.3 ^a (1.1)	6.0 ^{ab} (1.1)	6.2 ^{ab} (1.4)	6.2 ^a (1.3)	6.6 ^a (1.2)	6.8 ^{ab} (1.0)	6.6 ^{ab} (1.0)	6.5 ^a (1.2)
0.75	6.2 ^a (1.5)	5.5 ^b (1.3)	5.9 ^b (1.4)	5.4 ^b (1.4)	5.9 ^b (1.5)	6.7 ^{ab} (1.1)	6.2 ^b (1.1)	5.7 ^b (1.0)
1	5.1 ^b (1.8)	4.9 ^c (1.5)	5.0 ^b (1.4)	5.0 ^b (1.4)	5.3 ^b (1.4)	6.4 ^b (1.3)	5.6 ^c (1.4)	5.5 ^b (1.3)

หมายเหตุ ^{a-b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

การประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการประเมินความพอใจของผู้ทดสอบต่ออาหารเข้าชนิดแผ่น คือ สูตรที่มีการใส่สารสกัดหยาบจากอบเชยร้อยละ 0.5 ซึ่งมีการเติมผงโกโก้ร้อยละ 2 แสดงดังตารางที่ 16 และสูตรที่มีการใส่สารสกัดหยาบจากใบมะรุมร้อยละ 0.5 มีการเติมกลิ่นใบเตยร้อยละ 0.5 แสดงดังตารางที่ 17 พบว่า คุณลักษณะก่อนเทนม ได้แก่ คุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสอบเชย กลิ่นรสโกโก้ และความแข็ง ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้ระดับความพอใจ เท่ากับร้อยละ 83.33 , 66.67, 73.33 และ 83.33 ตามลำดับ ส่วนคุณลักษณะหลังเทนม ได้แก่ กลิ่นรสอบเชย กลิ่นรสโกโก้ ความแข็ง และกลิ่นรสโดยรวม ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้ระดับความพอใจ เท่ากับร้อยละ 70, 73.33, 86.67 และ 83.33 ตามลำดับ

ตารางที่ 15 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากสารสกัดหยาบจากใบมะรุุม

สารสกัดหยาบ (ร้อยละ)	คุณลักษณะ							
	ก่อนเทนม				หลังเทนม			
	สี	กลิ่นรสใบมะรุุม ^{ns}	ความแข็ง ^{ns}	ความชอบรวม	กลิ่นรสใบมะรุุม ^{ns}	ความแข็ง ^{ns}	กลิ่นรสโดยรวม	ความชอบรวม
0.25	7.6 ^a (0.9)	6.8(1.2)	6.8(1.2)	7.0 ^a (1.2)	6.9(1.5)	7.1(1.1)	7.2 ^a (1.1)	7.2 ^a (1.4)
0.5	6.7 ^b (1.1)	6.8(0.8)	6.5(0.8)	6.5 ^{ab} (1.3)	6.8(1.1)	6.7(1.0)	6.8 ^{ab} (0.8)	6.8 ^{ab} (0.9)
0.75	6.2 ^b (1.1)	6.3(1.4)	6.9(0.9)	6.4 ^b (0.8)	6.6(1.4)	6.7(1.2)	6.6 ^b (1.0)	6.5 ^b (0.9)
1	5.3 ^c (1.6)	6.4(1.4)	6.5(1.1)	6.2 ^b (1.0)	6.5(1.4)	6.8(0.8)	6.4 ^b (1.4)	6.3 ^b (1.3)

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

^{a-b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดังเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

สำหรับอาหารเข้าชนิดแผ่นที่มีการใส่สารสกัดหยาบจากใบมะรุุม พบว่าคุณลักษณะก่อนเทนม ได้แก่ คุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสใบมะรุุม กลิ่นรสใบเตย และความแข็ง ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้ระดับความพอใจ เท่ากับร้อยละ 76.67, 80, 83.33 และ 83.33 ตามลำดับ ส่วนคุณลักษณะหลังเทนม ได้แก่ กลิ่นรสใบมะรุุม กลิ่นรสใบเตย ความแข็ง และกลิ่นรสโดยรวม ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้ระดับความพอใจ เท่ากับร้อยละ 80, 70, 93.34 และ 86.67 ตามลำดับ ดังนั้นการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการข้างต้นของผู้ทดสอบต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุุม พบว่าผลิตภัณฑ์มีคะแนนความพอใจส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใจ จึงนำผลิตภัณฑ์นี้ไปทำการตรวจสอบคุณภาพและทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในขั้นต่อไป

ตารางที่ 16 คะแนนความพอดีที่มีผลต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากสารสกัดหยาบจากอบเชย
ร้อยละ 0.5

คุณลักษณะ	ความถี่ (ร้อยละ)		
	น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป
<u>ก่อนต้ม</u>			
สี	3.33	83.33	13.34
กลิ่นรสอบเชย	3.33	66.67	30
กลิ่นรสโกโก้	26.67	73.33	0
ความแข็ง	6.67	83.33	10
ความชอบรวม	-	-	-
<u>หลังต้ม</u>			
กลิ่นรสอบเชย	0	70	30
กลิ่นรสโกโก้	26.67	73.33	0
ความแข็ง	3.33	86.67	10
กลิ่นรสโดยรวม	10	83.33	6.67
ความชอบรวม	-	-	-

ตารางที่ 17 คะแนนความพอดีที่มีผลต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากสารสกัดหยาบจากใบมะรุมน ร้อยละ 0.5

คุณลักษณะ	ความถี่ (ร้อยละ)		
	น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป
<u>ก่อนต้ม</u>			
สี	6.66	76.67	16.67
กลิ่นรสใบมะรุมน	13.33	80	6.67
กลิ่นรสใบเตย	16.67	83.33	0
ความแข็ง	0	83.33	16.67
ความชอบรวม	-	-	-
<u>หลังต้ม</u>			
กลิ่นรสใบมะรุมน	13.33	80	6.67
กลิ่นรสใบเตย	30	70	0
ความแข็ง	3.33	93.34	3.33
กลิ่นรสโดยรวม	10	86.67	3.33
ความชอบรวม	-	-	-

4. การตรวจสอบคุณภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพรที่พัฒนาได้

จากการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพรที่พัฒนาได้แสดงดังภาพที่ 6 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของอาหารเข้าชนิดแผ่นที่พัฒนาได้เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เชิงการค้าที่ใช้ข้าวและข้าวสาลีเป็นส่วนผสมหลัก แสดงดังตารางที่ 18

คุณภาพทางกายภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชย พบว่า ค่าความแข็ง ความหนาแน่นและ a_w มีค่าเท่ากับ 165.36 นิวตัน 0.71 g/cm^3 และ 0.33 ตามลำดับ ส่วนคุณภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากใบมะรุมนโดยมีค่าความแข็ง ความหนาแน่นและ a_w เท่ากับ 153.50 นิวตัน 0.64 g/cm^3 และ 0.33 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารชนิดแผ่นเสริมสารสกัดหยาบ

จากสมุนไพรที่พัฒนาได้กับอาหารชนิดแผ่นที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า พบว่า อาหารเข้าชนิดแผ่นเชิงการค้า มีค่าความแข็งและค่า a_w น้อยกว่า เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีส่วนประกอบหลักเป็นข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการขัดสีที่อุดมไปด้วยวิตามิน และไฟเบอร์มากกว่าข้าวขาว (Ohtsubo *et al.*, 2005) จึงส่งผลต่อเนื่องสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ทำให้มีลักษณะกรอบแข็ง ซึ่งต่างจากผลิตภัณฑ์เชิงการค้าซึ่งมีลักษณะแห้ง กรอบร่วน และพองตัวได้มากกว่า



(a)



(b)

ภาพที่ 6 อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชย (a), อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชย (b)

คุณภาพทางเคมีของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยพบว่า ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับร้อยละ 4.05, 0.67, 9.20, 3.79, 2.92 และ 79.39 ตามลำดับ ส่วนคุณภาพทางเคมีของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากใบมะรุม มีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับร้อยละ 4.02, 0.64, 9.28, 3.74, 2.85 และ 79.47 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรตของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุมทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งเมื่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุมที่พัฒนาได้ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เชิงการค้าแล้ว พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณโปรตีนและใยสูงกว่ผลิตภัณฑ์เชิงการค้า และจากการวิเคราะห์ปริมาณ GABA อิสระในผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ พบว่า มีปริมาณ GABA อิสระในอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม เท่ากับ 12.92 และ 13.65 มิลลิกรัมต่ออาหารเข้าชนิดแผ่น 100 กรัม โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับโดยในสูตรใช้แป้ง

ตารางที่ 18 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก
เสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพรที่พัฒนาได้

คุณภาพ	อาหารเข้าชนิดแผ่น เสริมสารสกัด หยาบจากอบเชย	อาหารเข้าชนิดแผ่น เสริมสารสกัด หยาบจากใบมะรุม	ผลิตภัณฑ์ทางการ ค้า
คุณภาพทางกายภาพ			
ความแข็ง (นิวตัน)	165.36 ^a (4.41)	153.50 ^b (6.18)	135.07 ^c (4.10)
ความหนาแน่น (g/cm ³)	0.71 ^a (0.03)	0.64 ^b (0.01)	0.58 ^c (0.01)
a _w	0.33 ^a (0.00)	0.33 ^a (0.01)	0.30 ^b (0.01)
คุณภาพทางเคมี			
ความชื้น (ร้อยละ)	4.05 ^a (0.03)	4.02 ^a (0.03)	3.73 ^b (0.04)
ไขมัน (ร้อยละ)	0.67 ^a (0.01)	0.64 ^a (0.01)	0.66 ^a (0.02)
โปรตีน (ร้อยละ)	9.20 ^a (0.05)	9.28 ^a (0.01)	8.61 ^b (0.09)
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	3.79 ^a (0.13)	3.74 ^a (0.10)	2.59 ^b (0.14)
เถ้า (ร้อยละ)	2.92 ^a (0.03)	2.85 ^a (0.03)	2.55 ^b (0.49)
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	79.39 ^b (0.16)	79.47 ^b (0.15)	81.86 ^a (0.24)
กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก	12.92(0.66)	13.65(0.65)	-
อิสระ (มิลลิกรัมต่อแป้งของ ผลิตภัณฑ์ 100 กรัม)			
คุณภาพทางจุลินทรีย์			
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	1.25x10 ³	1.26x10 ³	-
จำนวนยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)	< 10	< 10	-

หมายเหตุ ^{a-c} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
(p≤0.05)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ข้าวกล้องงอร้อยละ 80 (GABA เท่ากับ 16.15 และ 17.06 มิลลิกรัมต่อแป้งข้าวกล้องงอก 100 กรัม) ดังนั้นปริมาณ GABA ในผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุมจึงมีปริมาณลดลงจากแป้งข้าวกล้องงอกก่อนนำไปผ่านกระบวนการนึ่งด้วยไอน้ำ อบแห้ง แล้วผ่านการอบให้เป็นผลิตภัณฑ์ (29.09 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมแป้งข้าวกล้องงอก) เท่ากับร้อยละ 44.47 และ 41.35 ตามลำดับ

คุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุมมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.25×10^3 และ 1.26×10^3 ตามลำดับ สำหรับปริมาณยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ทั้ง 2 ชนิด มีค่าน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม จะเห็นได้ว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุมที่พบนั้นมีค่าไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อกรัม ปริมาณยีสต์และราในการทดสอบผลิตภัณฑ์มีค่าน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(มอก. 1534-2541) ได้กำหนดไว้

5. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

5.1 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 150 คน ที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม รวมทั้งหมด 2 ตัวอย่าง จากข้อมูลทางประชากรศาสตร์ ดังแสดงในตารางที่ 19 พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคเป็นเพศชาย และเพศหญิงร้อยละ 43.0 และ 57.0 ตามลำดับ โดยแบ่งช่วงอายุออกเป็น 5 กลุ่ม ซึ่งได้แก่ 16-25 ปี, 26-35 ปี, 36-45 ปี, 46-55 ปี และ 55 ปีขึ้นไป โดยมีอายุเฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 16-25 ปีร้อยละ 35.0 รองลงมาคือ ช่วงอายุ 26-35 ปีร้อยละ 25.0 โดยระดับการศึกษาที่ได้รับส่วนมากอยู่ในระดับปริญญาตรีร้อยละ 77.0 ซึ่งส่วนใหญ่อาชีพของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคเป็นนักเรียนนิสิตนักศึกษา ร้อยละ 71.0 และรายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 5,000-10,000 บาท

ตารางที่ 19 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภครที่ทดสอบการยอมรับที่มีต่อ
อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (ร้อยละ)
เพศ	
ชาย	43.0
หญิง	57.0
อายุ	
16-25 ปี	35.0
26-35 ปี	25.0
36-45 ปี	20.0
46-55 ปี	11.0
55 ปีขึ้นไป	9.0
ระดับการศึกษาที่ได้รับ	
ต่ำกว่าปริญญาตรี	13.0
ปริญญาตรี	77.0
สูงกว่าปริญญาตรี	10.0
อาชีพ	
นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา	71.0
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	6.0
พนักงานบริษัท	5.0
รับจ้าง	8.0
แม่บ้าน	1.0
ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	8.0
อื่นๆ	1.0
รายได้ต่อเดือน	
น้อยกว่า 5,000 บาท	22.0
5,000-10,000 บาท	47.0
10,001-15,000 บาท	12.0
15,001-20,000 บาท	7.0

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (ร้อยละ)
20,001-25,000 บาท	5.0
มากกว่า 25,000 บาท	7.0

ด้านพฤติกรรมการบริโภคอาหารเข้าชนิดแผ่น แสดงดังตารางที่ 20 พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคเคยรับประทานอาหารเข้าชนิดแผ่น ร้อยละ 90.7 และไม่เคยรับประทานอาหารเข้าชนิดแผ่น ร้อยละ 9.3 ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคมีความชอบรับประทานอาหารเข้าชนิดแผ่น ร้อยละ 58.7 รองลงมา คือ บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ ร้อยละ 36.0 และไม่ชอบรับประทานอาหารเข้าชนิดแผ่น ร้อยละ 5.3

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุ้ม แสดงดังตารางที่ 21 พบว่า อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชย มีคะแนนความชอบเฉลี่ยคุณลักษณะก่อนแทนม ด้านรูปร่างอยู่ในระดับความชอบบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบถึงชอบเล็กน้อย (5.7) และสีในระดับชอบเล็กน้อย (6.0) ส่วนคุณลักษณะหลังแทนม พบว่า ลักษณะปรากฏมีคะแนนความชอบเฉลี่ยในระดับชอบเล็กน้อย (6.0) กลิ่นรสอบเชย กลิ่นรสโดยรวม(ขมเคี้ยว) และความแข็งอยู่ในระดับบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบถึงชอบเล็กน้อย (5.7, 5.7 และ 5.9) และความชอบรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.0) โดยอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากใบมะรุ้ม มีคะแนนความชอบเฉลี่ยคุณลักษณะก่อนแทนม ด้านรูปร่างและสีอยู่ในระดับความชอบบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบถึงชอบเล็กน้อย (5.9) ส่วนคุณลักษณะหลังแทนม พบว่า ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสใบมะรุ้ม กลิ่นรสโดยรวม (ขมเคี้ยว) ความแข็งและความชอบรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.5)

ตารางที่ 20 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเข้าชนิดแผ่นของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับที่มีต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาดจากอบเชยและใบมะรุม

ข้อมูลที่สำรวจ	ความถี่ (ร้อยละ)
เคยรับประทานอาหารเข้าชนิดแผ่นมาก่อน	
เคย	90.7
ไม่เคย	9.3
ชอบรับประทานอาหารเข้าชนิดแผ่น	
ชอบ	58.7
บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	36.0
ไม่ชอบ	5.3

ด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์และความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาดจากอบเชยและใบมะรุม แสดงดังตารางที่ 22 พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาดจากอบเชยร้อยละ 62.0 และไม่ยอมรับร้อยละ 38.0 ซึ่งการยอมรับของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาดจากใบมะรุมกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคให้การยอมรับร้อยละ 80.0 และไม่ยอมรับร้อยละ 20.0

ส่วนในด้านความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาดจากอบเชยพบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคมีความสนใจซื้อร้อยละ 40.7 และไม่สนใจซื้อร้อยละ 59.3 สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาดจากใบมะรุมพบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคมีความสนใจซื้อ ร้อยละ 63.3 และไม่สนใจซื้อ ร้อยละ 36.7

ตารางที่ 21 คะแนนเฉลี่ยความชอบของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัด
หยาบจากอบเชยและใบมะรุม

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ	
	อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้ง ข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัด	อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้ง ข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัด
	หยาบจากอบเชย	หยาบจากใบมะรุม
<u>ก่อนเทนม</u>		
รูปร่าง	5.7(1.5)	5.9(1.3)
สี	6.0(1.5)	5.9(1.3)
<u>หลังเทนม</u>		
ลักษณะปรากฏ	6.0(1.3)	6.0(1.3)
กลิ่นรส	5.7(1.3)	6.0(1.4)
กลิ่นรสโดยรวม(ขณะเคี้ยว)	5.7(1.4)	6.1(1.4)
ความแข็ง	5.9(1.4)	6.4(1.3)
ความชอบรวม	6.0(1.2)	6.5(1.2)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

จากตารางที่ 22 จะเห็นได้ว่าร้อยละของการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งส่งผลต่อความสนใจซื้อในผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในระดับต่ำเช่นเดียวกัน โดยกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคบางคนให้ความสนใจในผลิตภัณฑ์ โดยเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติประโยชน์เป็นการเพิ่มความหลากหลาย และมีกลิ่นหอมของอบเชย แต่ขณะที่กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคบางคนไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยระบุว่าผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบก่อนจะรับประทานกับนมว่ามีกลิ่นรสของอบเชยรุนแรงเกินไป ซึ่งเมื่อรับประทานร่วมกับนมก็ยังคงมีกลิ่นรสอบเชยมากเกินไป จึงไม่ชอบและไม่ยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ดังนั้นจึงนำมาพัฒนาสูตรต่อโดยลดปริมาณสารสกัดหยาบจากอบเชยลงจากร้อยละ 0.5 เป็น ร้อยละ 0.25 ดังแสดงผลการทดลองในข้อ 5.2

ตารางที่ 22 การยอมรับและความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภครที่มีต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม

ผลิตภัณฑ์	การยอมรับและความสนใจซื้อ	ปริมาณ (ร้อยละ)
อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าว กล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจาก อบเชย	การยอมรับ	
	ยอมรับ	62.0
	ไม่ยอมรับ	38.0
	ความสนใจซื้อ	
	ซื้อ	40.7
	ไม่ซื้อ	59.3
อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าว กล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจาก ใบมะรุม	การยอมรับ	
	ยอมรับ	80.0
	ไม่ยอมรับ	20.0
	ความสนใจซื้อ	
	ซื้อ	63.3
	ไม่ซื้อ	36.7

เมื่อสอบถามความเหมาะสมของราคาผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม โดยบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ในกล่องกระดาษ ขนาดบรรจุ 25 กรัม (มีประมาณ 100 ชิ้น) ราคากล่องละ 20 บาท พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภครส่วนใหญ่ร้อยละ 86.0 เห็นว่าราคามีความเหมาะสม เนื่องจากมีปริมาณ ขนาดพอดีที่รับประทาน และยัง เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกใหม่ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารมีประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งเมื่อได้รับประทานอาหารเข้าชนิดแผ่นแล้วยังได้รับประโยชน์จากสมุนไพรที่มาจากอบเชยและ ใบมะรุมซึ่งมีความเหมาะสมของราคาเป็นอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับคุณประโยชน์ที่ได้รับ ในขณะที่กลุ่ม ตัวอย่างผู้บริโภครโดยส่วนน้อยประมาณร้อยละ 14.0 มีความเห็นว่าราคาไม่เหมาะสม เนื่องจากมี ความเห็นว่าผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ยังไม่น่าสนใจ และผลิตภัณฑ์ควรมีราคาต่ำลง และกลุ่ม ตัวอย่างผู้บริโภครบางคนยังไม่ชื่นชอบในรสชาติของผลิตภัณฑ์ จึงมีความเห็นว่าราคาที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสม

5.2 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2

จากการที่กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชย ซึ่งได้มีการปรับปรุงสูตรอาหารเข้าชนิดแผ่นเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชย โดยทำการปรับลดปริมาณสารสกัดหยาบจากอบเชยให้มีปริมาณน้อยลงจากเดิม คือ ร้อยละ 0.5 เป็น ร้อยละ 0.25 ซึ่งเป็นปริมาณต่ำสุดที่ทำการศึกษา และนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคอีกครั้งด้วยกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคจำนวน 100 คน ณ โรงอาหารในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากข้อมูลทางประชากรศาสตร์ ดังตารางที่ 23 พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคเป็นเพศชาย และเพศหญิงร้อยละ 42.0 และ 58.0 ตามลำดับ โดยมีอายุเฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 16-25 ปีร้อยละ 42.0 รองลงมาคือ ช่วงอายุ 26 – 35 ปีร้อยละ 28.0 โดยระดับการศึกษาที่ได้รับส่วนมากอยู่ในระดับปริญญาตรีร้อยละ 65.0 ซึ่งส่วนใหญ่อาชีพของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคเป็นนักเรียนนิสิตนักศึกษาร้อยละ 57.0 และรายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 5,000-10,000 บาท

ตารางที่ 23 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับที่มีต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (ร้อยละ)
เพศ	
ชาย	42.0
หญิง	58.0
อายุ	
16-25 ปี	42.0
26-35 ปี	28.0
36-45 ปี	15.0
46-55 ปี	9.0
55 ปีขึ้นไป	6.0

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (ร้อยละ)
ระดับการศึกษาที่ได้รับ	
ต่ำกว่าปริญญาตรี	19.0
ปริญญาตรี	65.0
สูงกว่าปริญญาตรี	16.0
อาชีพ	
นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา	57.0
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	28.0
พนักงานบริษัท	4.0
รับจ้าง	2.0
แม่บ้าน	3.0
ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	2.0
อื่นๆ	4.0
รายได้ต่อเดือน	
น้อยกว่า 5,000 บาท	29.0
5,000-10,000 บาท	46.0
10,001-15,000 บาท	11.0
15,001-20,000 บาท	9.0
20,001-25,000 บาท	3.0
มากกว่า 25,000 บาท	2.0

ด้านพฤติกรรมการบริโภคอาหารเข้าชนิดแผ่น แสดงดังตารางที่ 24 พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคเคยรับประทานอาหารเข้าชนิดแผ่น ร้อยละ 88.0 และไม่เคยรับประทานอาหารเข้าชนิดแผ่น ร้อยละ 12.0 ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคมีความชอบรับประทานอาหารเข้าชนิดแผ่น ร้อยละ 63.0 รองลงมา คือ บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ ร้อยละ 32.0 และไม่ชอบรับประทานอาหารเข้าชนิดแผ่น ร้อยละ 5.0

ตารางที่ 24 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมกรบริโภคอาหารเข้าชนิดแผ่นของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับที่มีต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2

ข้อมูลที่สำรวจ	ความถี่ (ร้อยละ)
เคยรับประทานอาหารเข้าชนิดแผ่นมาก่อน	
เคย	88.0
ไม่เคย	12.0
ชอบรับประทานอาหารเข้าชนิดแผ่น	
ชอบ	63.0
บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	32.0
ไม่ชอบ	5.0

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2 ดังตารางที่ 25 พบว่า อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชย มีคะแนนความชอบเฉลี่ยคุณลักษณะก่อนเทนม ด้านรูปร่างและสีอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อย(6.0) ส่วนคุณลักษณะหลังเทนม พบว่า ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสอบเชย กลิ่นรสโดยรวม(ขณะเคี้ยว) ความแข็งและความชอบรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

ด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์และความสนใจในซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2 แสดงดังตารางที่ 26 พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยร้อยละ 85.0 และไม่ยอมรับร้อยละ 15.0 ส่วนในด้านความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยพบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคมีความสนใจซื้อร้อยละ 70.0 และไม่สนใจซื้อ ร้อยละ 30.0

ตารางที่ 25 คะแนนเฉลี่ยความชอบของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัด
หยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
<u>ก่อนเทนม</u>	
รูปร่าง	6.0(1.2)
สี	6.0(1.1)
<u>หลังเทนม</u>	
ลักษณะปรากฏ	6.2(1.4)
กลิ่นรส	6.3(1.4)
กลิ่นรสโดยรวม(ขณะเคี้ยว)	6.4(1.2)
ความแข็ง	6.3(1.4)
ความชอบรวม	6.5(1.5)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

เมื่อมีการทำการปรับลดปริมาณสารสกัดหยาบจากอบเชยให้มีปริมาณน้อยลงจากเดิม คือ ร้อยละ 0.5 เป็น ร้อยละ 0.25 ในอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2 พบว่า ทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสมีคะแนนเฉลี่ยความชอบเพิ่มขึ้นจากเดิม (ตารางที่ 21) เมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนเฉลี่ยความชอบในตารางที่ 25 เช่นเดียวกับการยอมรับและความสนใจซื้อ (ตารางที่ 26) ที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 22 ซึ่งอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชย ที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2 มีการยอมรับเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 62.0 เป็น 85.0 ส่วนความสนใจซื้อเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 40.7 เป็น 70.0

ตารางที่ 26 การยอมรับและความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภครุ่นที่มีต่ออาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2

อาหารเข้าชนิด แผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก	การยอมรับและความสนใจซื้อ	ความถี่ (ร้อยละ)
อาหารเข้าชนิด แผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริม สารสกัดหยาบจากอบเชย	การยอมรับ	
	ยอมรับ	85.0
	ไม่ยอมรับ	15.0
	ความสนใจซื้อ	
	ซื้อ	70.0
	ไม่ซื้อ	30.0

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภครุ่นที่มีต่อคะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2 และจากใบมะรุุม

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภค ได้แก่ เพศ และอายุ กับคะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2 และอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากใบมะรุุมด้วยการวิเคราะห์ค่าไคสแควร์ (Chi-Square test) แสดงดังตารางที่ 27 พบว่า เพศและอายุไม่มีอิทธิพลต่อความชอบโดยรวมของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2 และอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากใบมะรุุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งคะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2 ของเพศชายและหญิงอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.2-6.7) สำหรับด้านอายุ พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภครุ่นที่มีช่วงอายุ 46-55 ปีและ 16-25 ปีให้คะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยสูงที่สุดและต่ำที่สุด โดยอยู่ในระดับความชอบปานกลาง (6.8) และชอบเล็กน้อย (6.3) ตามลำดับ และสำหรับอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากใบมะรุุมพบว่า คะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมของเพศชายและหญิงเท่ากันอยู่

ในระดับความชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.5) โดยกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคน้อยกว่า 55 ปีขึ้นไป มีคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมสูงที่สุดโดยอยู่ในระดับความชอบปานกลาง (7.1) เนื่องจากผู้บริโภคกลุ่มนี้คำนึงถึงคุณประโยชน์ของสมุนไพรที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

ตารางที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคร่วมกับคะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2 และอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากใบมะรุม

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	คะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวม	
	อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ผ่านการปรับปรุงสูตรครั้งที่ 2	อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากใบมะรุม
เพศ		
ชาย	6.2(1.6)	6.5(1.3)
หญิง	6.7(1.3)	6.5(1.1)
อายุ		
16-25 ปี	6.3(1.7)	6.5(1.1)
26-35 ปี	6.4(0.8)	6.4(1.3)
36-45 ปี	6.7(1.8)	6.5(1.2)
46-55 ปี	6.8(1.1)	6.4(1.2)
55 ปีขึ้นไป	6.7(1.0)	7.1(1.0)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

6. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และทำการผลิตอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นที่พัฒนาได้ซึ่งเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม และตัวอย่างที่เดิมแทนแทนกัน โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (ไม่เสริมสารสกัด) โดยนำตัวอย่างบรรจุลงในถุงอูมิเนียมฟอยด์ลามิเนตมีการซึมผ่านของไอน้ำเท่ากับ 0.065 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนมีค่าเท่ากับ 0.059 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับบรรจุภัณฑ์สำหรับขนมปังกรอบที่ทำจากอูมิเนียมฟอยด์ลามิเนตเคลือบด้วยไนลอน และโพลีเอทิลีน ซึ่งมีการซึมผ่านของไอน้ำน้อยกว่า 0.5 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนน้อยกว่า 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ (งามทิพย์, 2550)

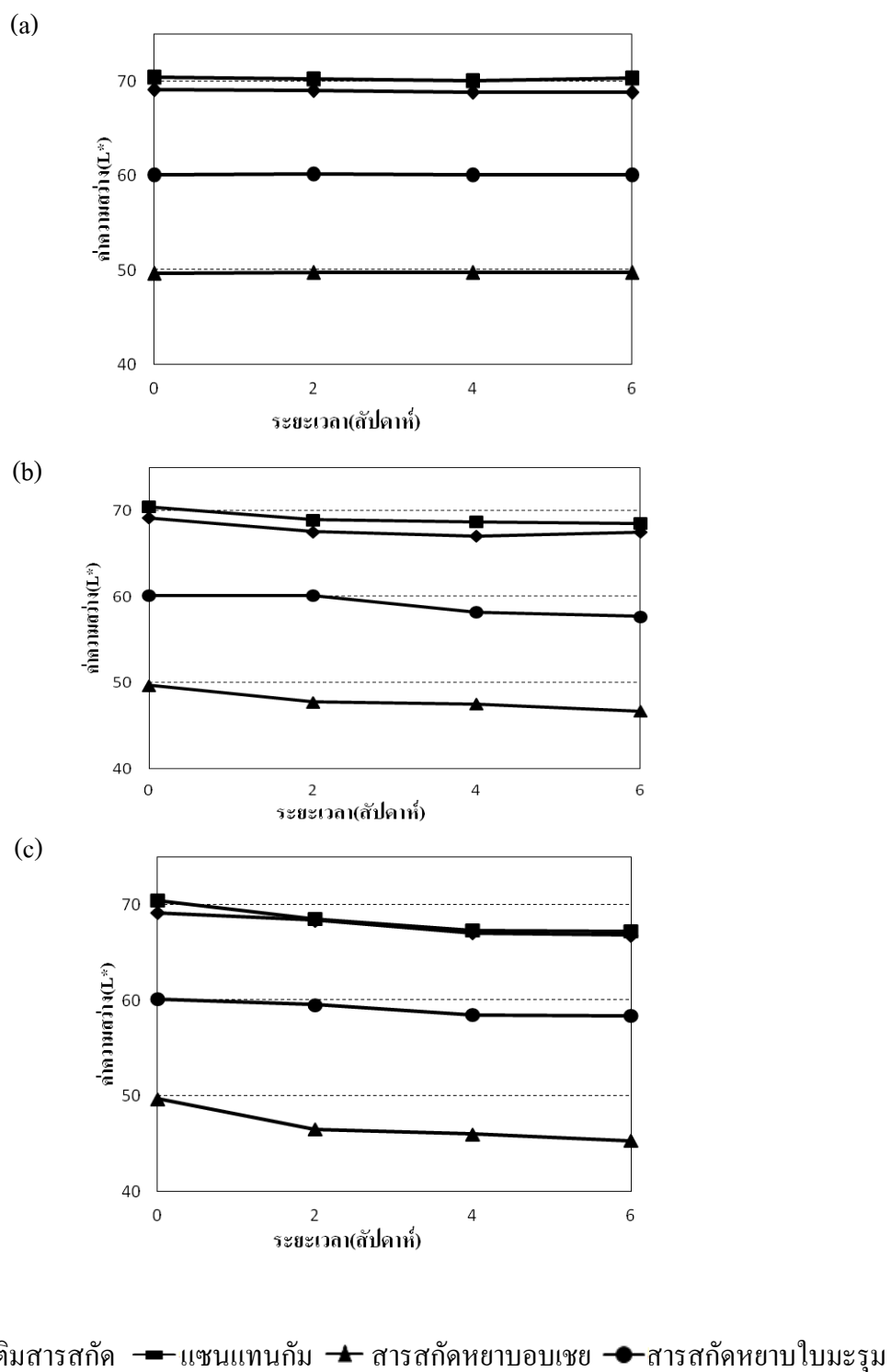
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ -18 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) และ 45 องศาเซลเซียส ทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ได้วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เหนียว และประสาทสัมผัส ได้ผลดังนี้

6.1. คุณภาพทางกายภาพ

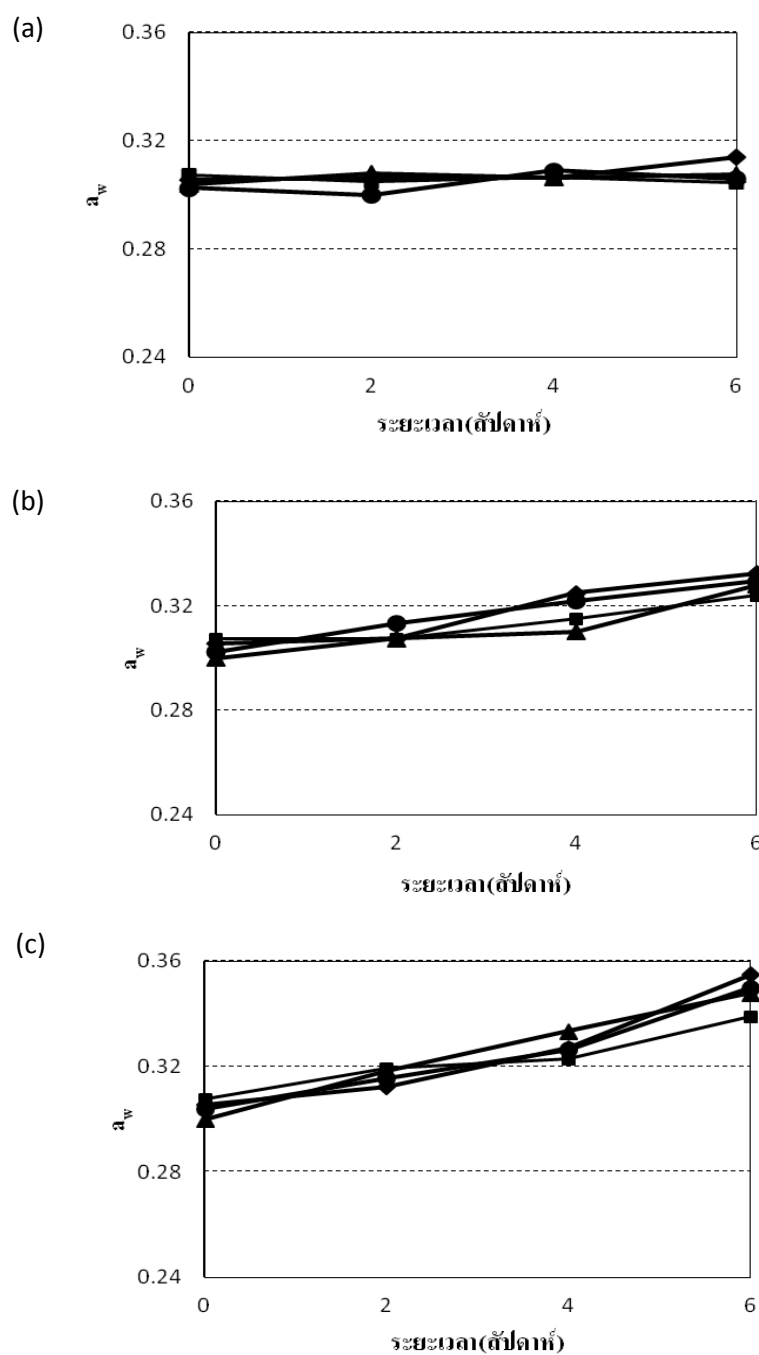
การเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพด้านค่าสี L^* a^* b^* แสดงถึง ความสว่าง สีแดงและสีเหลือง ตามลำดับโดยตลอดอายุการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 7 และตารางภาคผนวกที่ 1 พบว่าอาหารเข้าชนิดแผ่นที่เก็บรักษาที่ -18 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่าง (L^*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอุณหภูมิการเก็บรักษาอาหารเข้าชนิดแผ่นที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) และ 45 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างลดลงทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความสว่างของอาหารเข้าชนิดแผ่นมีแนวโน้มลดลง หรือผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากปฏิกิริยาน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ โดยเกิดจากปฏิกิริยามอลาร์ด ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างหมู่อัลดีไฮด์ หรือคีโตนของน้ำตาลรีดิวซ์กับหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนเปปไทด์ หรือโปรตีน ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นสารเมลานอยดิน มีสีน้ำตาล อาจเกิดร่วมกับปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาได้สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล (Sa *et al.*, 2001)

เมื่อพิจารณาถึงค่า a^* แสดงถึงค่าความเป็นสีแดง พบว่าค่าความเป็นสีแดง ของตัวอย่าง ทั้ง 4 ตัวอย่างมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังตารางภาคผนวกที่ 32 ซึ่งใน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เดิมสารสกัดหยาบจากอบเชยมีค่าความเป็นสีแดงมากกว่าตัวอย่างอื่นในทุก อุณหภูมิการเก็บรักษา เนื่องจากสารสกัดหยาบจากอบเชยนั้นมีสีแดงจึงเห็นการเปลี่ยนแปลงค่า ความเป็นสีแดงได้ชัดเจน ด้านการเปลี่ยนแปลงของค่าสี b^* ซึ่งแสดงถึงค่าความเป็นสีเหลือง พบว่าค่า ความเป็นสีเหลือง มีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษาเช่นเดียวกันกับค่า L^* และ a^* แสดงดัง ตารางภาคผนวกที่ 33

ผลของการวัดค่า a_w ของอาหารเข้าชนิดแผ่นที่ไม่ได้เติมสารสกัด เดิมแซนแทนกัม และ ผลิตภัณฑ์ที่เติมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุมนที่บรรจุในถุงอูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต ที่เก็บ รักษาที่อุณหภูมิ -18, อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) และ 45 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 8 และตารางภาคผนวกที่ 34 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอาหารเข้าชนิดแผ่นทั้ง 4 ชนิด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส มีค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 0.30-0.33 ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ อาหารเข้าชนิดแผ่นที่ไม่ได้เติมสารสกัด ผลิตภัณฑ์ที่เติมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุมน มี แนวโน้มค่า a_w เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Fennema (1996) กล่าวว่า การเพิ่มอุณหภูมิในการเก็บรักษา 10 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเพิ่มขึ้น 0.030-0.200 ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร และค่า วอเตอร์แอคทิวิตีนั้นส่งผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีและชีวเคมีที่มีผลต่อความคงตัวของอาหาร เช่นเดียวกับ Labuza and Schmidl (1985) กล่าวว่า การเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิสูงมักทำให้ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของอาหารเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งมีผลให้เกิดปฏิกิริยาที่เป็นสาเหตุของการเสื่อม เสี่ยของอาหารนั้นถูกเร่งให้เกิดเร็วกว่าความจริง โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมสารสกัดมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.31 - 0.36 ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นที่เติมแซนแทนกัมมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.31 - 0.34 ผลิตภัณฑ์ที่ได้สารสกัดหยาบจากอบเชยมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.30 - 0.35 และผลิตภัณฑ์ที่ได้สารสกัดหยาบจากใบมะรุมนมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.30 - 0.35 ทั้งนี้ค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อค่าคุณภาพ อายุการเก็บรักษา และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ซึ่ง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีหรือปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์อย่างช้าๆและมีการ เจริญเติบโตของจุลินทรีย์เกิดขึ้น (นิธิยา, 2545)



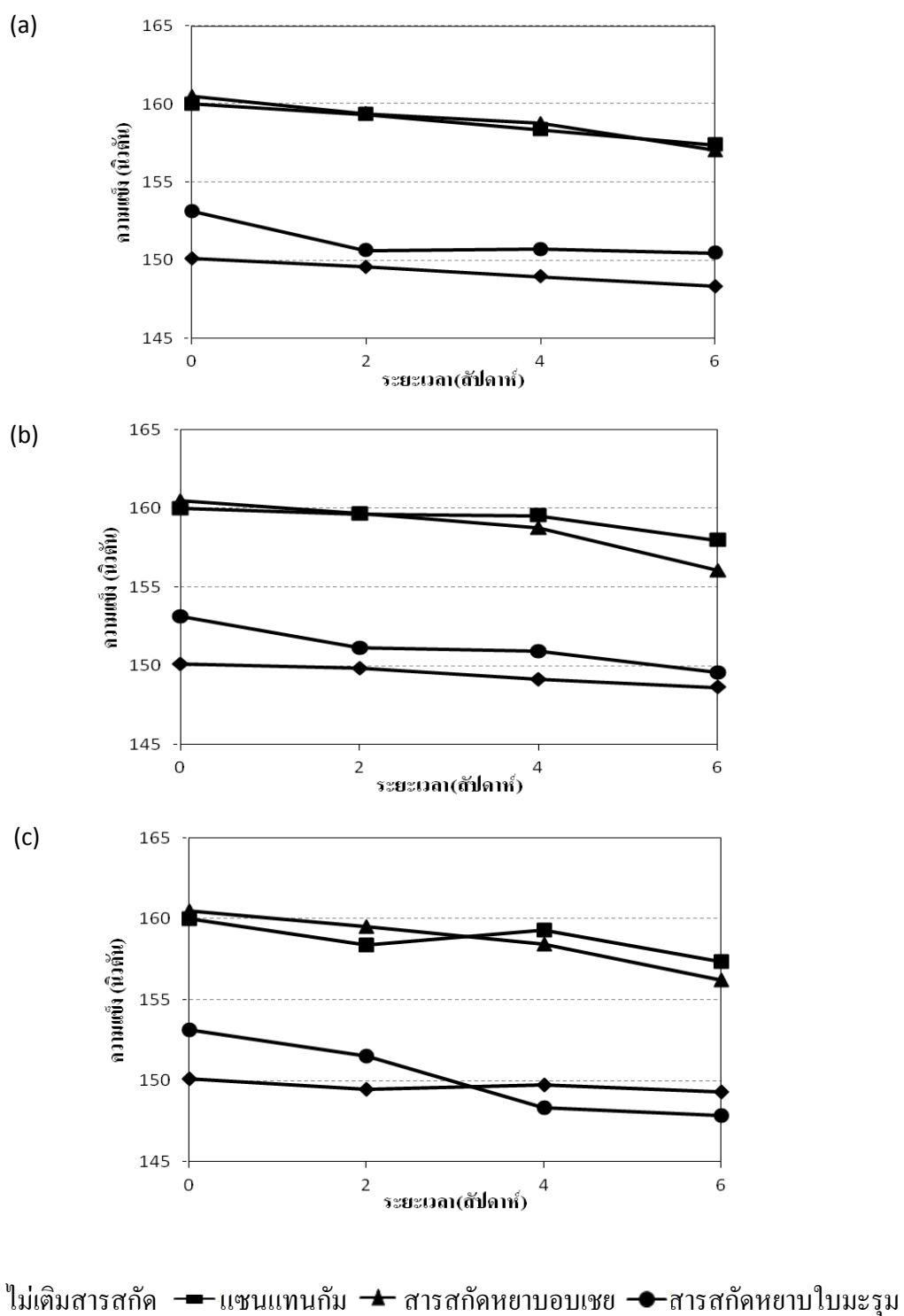
ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง(L*) ของอาหารเข้าชนิดแผ่นที่ไม่เติมน้ำรส, เติมน้ำแซนแทนกัม, เติมน้ำสารสกัดหยาบอบเชย และเติมน้ำสารสกัดหยาบใบมะรุุม ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ (a) -18 องศาเซลเซียส, (b) 30±2 องศาเซลเซียส และ (c) 45 องศาเซลเซียส



—◆— ไม่เต็มสารสกัด —■— แซนแทนกัม —▲— สารสกัดหยาบอบเชย —●— สารสกัดหยาบไบโม่รุ่ม

ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของอาหารเข้าชนิดแผ่นที่ไม่เต็มสารสกัด, เต็มแซนแทนกัม, เต็มสารสกัดหยาบอบเชย และเต็มสารสกัดหยาบไบโม่รุ่ม ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ (a) -18 องศาเซลเซียส, (b) 30±2 องศาเซลเซียส และ (c) 45 องศาเซลเซียส

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นพบว่า ค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในทุกผลิตภัณฑ์และทุกอุณหภูมิในการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 9 และตารางภาคผนวกที่ 5 ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมสารสกัด (ตัวอย่างควบคุม) ค่าความแข็งลดลงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่เติมแซนแทนกัม โดย Chirstianson *et al.* (1981) กล่าวว่า การเติมไฮโดรคอลลอยด์ลงไป ในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสทำให้การเกิดริ้วรอยราเคชันช้าลง และควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาได้ (Rojas *et al.*, 1999) โดยไฮโดรคอลลอยด์ที่เติมเข้าไปมีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษาของลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส เนื่องจากสามารถทำหน้าที่ในการยับยั้งกระบวนการรีโทรกราเดชันที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่มีสตาร์ชเป็นส่วนประกอบได้ โดยจะทำหน้าที่ในการควบคุมการเกิดเจลของสตาร์ช และรักษาความคงตัวของลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาสตาร์ชจะเกิดการรีโทรกราเดชัน ไฮโดรคอลลอยด์ที่ผสมอยู่จะห่อหุ้มอนุภาคของสตาร์ชและสร้างโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรงล้อมรอบอนุภาคของสตาร์ชเอาไว้ ซึ่งเป็นการป้องกันและยับยั้งลักษณะทางด้านกายภาพที่จะเปลี่ยนแปลงไป (Mandala *et al.*, 2002) ส่วนค่าความแข็งผลิตภัณฑ์ที่ใส่สารสกัดหยาบจากอบเชยมีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่เติมแซนแทนกัม เนื่องจากปริมาณของแห้งจากผงโกโก้ที่เติมลงไปในส่วนผสม ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าความแข็งผลิตภัณฑ์ที่ใส่สารสกัดหยาบจากใบมะรุมีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมสารสกัด



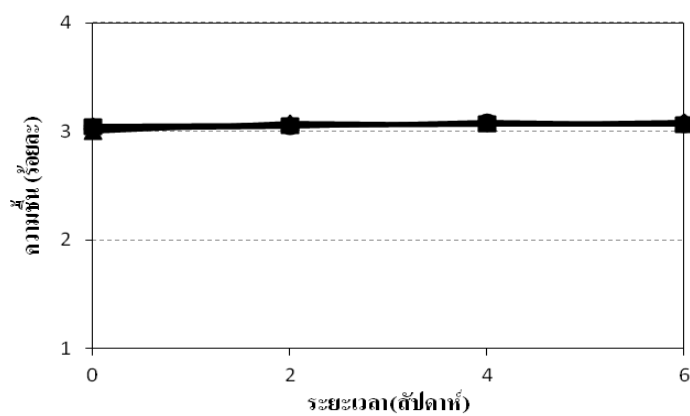
ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งแรง ของอาหารเข้าชนิดแผ่นที่ไม่เติมสารสกัด,เติมแชนแทนกัม, เติมสารสกัดหยาบอบเชย และเติมสารสกัดหยาบไอบะรูม ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ (a) -18 องศาเซลเซียส, (b) 30 ± 2 องศาเซลเซียส และ (c) 45 องศาเซลเซียส

6.2 คุณภาพทางเคมี

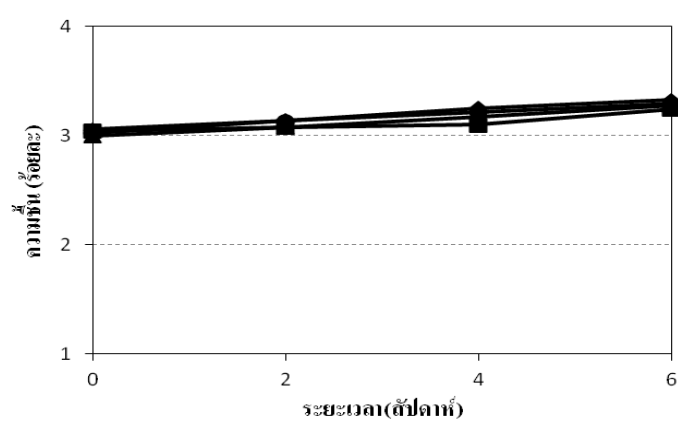
จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นทั้ง 4 ชนิดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 นั้นมีค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อาหารเข้าชนิดแผ่นที่ไม่เติมสารสกัด เติมน้ำมันแทนกัม เติมน้ำมันสารถ่ายอบเชย และเติมน้ำมันสารถ่ายอบเชยใบมะรุมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 3.06-3.10, 3.05-3.07, 3.00-3.08 และ 3.03-3.06 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ อาหารเข้าชนิดแผ่นที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แสดงดังภาพที่ 10 และดังตารางภาคผนวกที่ 6 เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นอาจมาจากผลิตภัณฑ์มีความชื้นเริ่มต้นต่ำจึงเกิดการดูดซับความชื้นจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้ง่าย (รุ่งนภา, 2549) ซึ่งปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่า a_w โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Naivikul *et al* (2002) ที่ศึกษาคุณภาพของขนมขบเคี้ยวสูตรต่างๆ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ตัวอย่างขนมขบเคี้ยวมีค่า a_w และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษาที่นานและผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยกว่าตัวอย่างที่เก็บในอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส โดย Reilly and Man (1994) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ระหว่างอายุการเก็บรักษาเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากความชื้นมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและปฏิกิริยาเคมีที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารขบเคี้ยว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่เกิดขึ้นขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิในการเก็บรักษา คุณสมบัติของภาชนะบรรจุรวมถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในผลิตภัณฑ์ และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงกว่ามีการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่มากกว่าเนื่องจาก การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงทำให้พอลิเมอร์ที่เป็นโครงสร้างภายในฟิล์มของภาชนะที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์มีความเป็นอิสระมากขึ้น ทำให้ความสามารถในการกั้นการซึมผ่านของไอน้ำลดลง (Brown, 1993)

จากการทดลองการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต วิเคราะห์ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่น ที่เก็บรักษาอุณหภูมิ -18, 30 และ 45 องศาเซลเซียส นาน 6 สัปดาห์ แสดงดังภาพที่ 11 และ ตารางภาคผนวกที่ 7 พบว่า ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งผลของระยะเวลาการเก็บต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBA พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่น ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสมีการเพิ่มขึ้นของค่า TBA สูงกว่าอุณหภูมิ -18 และ 30 องศาเซลเซียส โดยค่า TBA สูงขึ้นเมื่อเวลาการเก็บ

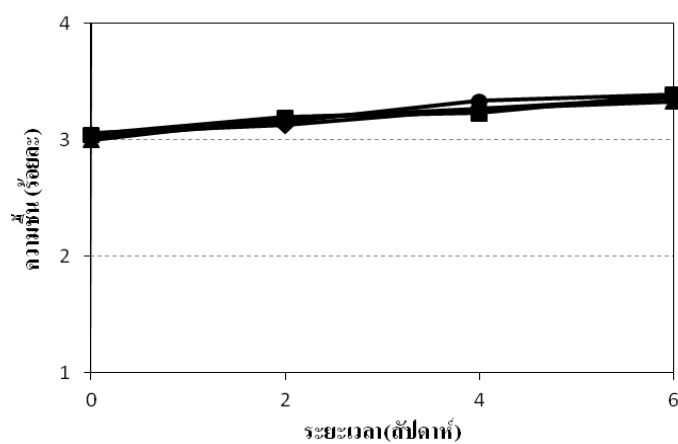
(a)



(b)



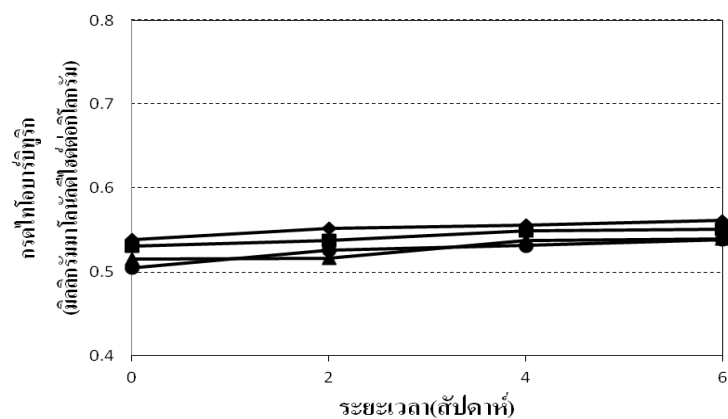
(c)



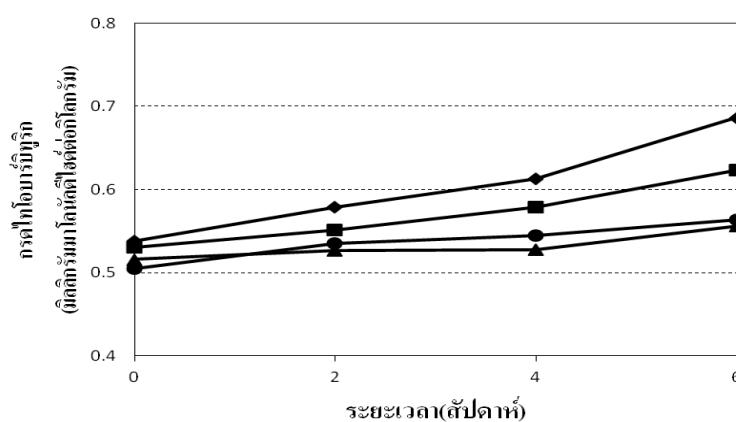
—●— ไม่เต็มสารสกัด —■— แซนแทนกัม —▲— สารสกัดหยาบอบเชย —●— สารสกัดหยาบใบมะรุ้ม

ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น(ร้อยละ) ของอาหารเข้าชนิดแผ่นที่ไม่เต็มสารสกัด, เต็มแซนแทนกัม, เต็มสารสกัดหยาบอบเชย และเต็มสารสกัดหยาบใบมะรุ้ม ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ (a) -18 องศาเซลเซียส, (b) 30 ± 2 องศาเซลเซียส และ (c) 45 องศาเซลเซียส

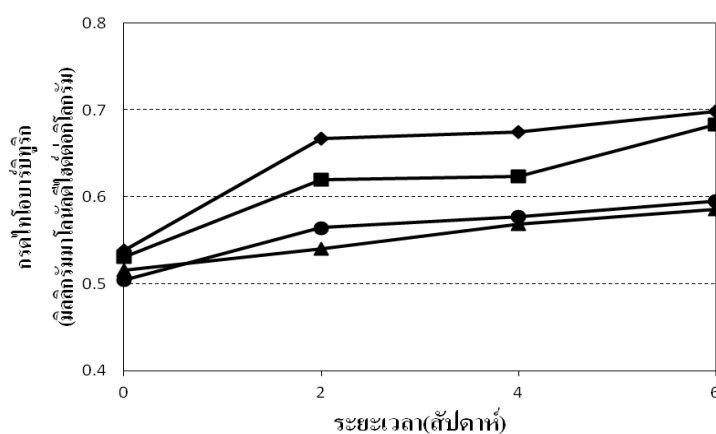
(a)



(b)



(c)



—◆— ไม่เติมสารสกัด —■— แซนแทนกัม —▲— สารสกัดหยาบอบเชย —●— สารสกัดหยาบใบมะรุม

ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของอาหารเข้าชนิดแผ่นที่ไม่เติมสารสกัด, เติมแซนแทนกัม, เติมสารสกัดหยาบอบเชย และเติมสารสกัดหยาบใบมะรุม ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ (a) -18 องศาเซลเซียส, (b) 30±2 องศาเซลเซียส และ (c) 45 องศาเซลเซียส

นานขึ้นนั้นเป็นเพราะอนุมูลอิสระที่สูงขึ้นปฏิกิริยาการออกซิเดชันจะเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น Brown (1993) กล่าวว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงยังมีผลต่อการเพิ่มค่าการซึมผ่านของออกซิเจนของบรรจุภัณฑ์ในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว Tarladgis *et al.* (1962) กล่าวว่า อาหารที่มีส่วนประกอบของไขมันและน้ำมันที่มีการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาออกซิเดชันจะพบปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของอนุพันธ์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เกิดขึ้นระหว่างการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน รวมถึงอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากการสัมผัสกับออกซิเจนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่อยู่ในสภาวะดังกล่าวด้วย (Allen, 1996)

ในสัปดาห์ที่ 6 ของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมสารสกัดที่เก็บอุณหภูมิ 30 ± 2 และ 45 องศาเซลเซียสมีค่า TBA เพิ่มขึ้น มีค่าเท่ากับ 0.69 และ 0.70 มาโลอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุม เนื่องจากสารสกัดหยาบจากสมุนไพรที่ใช้มีคุณสมบัติเป็นตัวต้านออกซิเดชันจึงมีการเพิ่มขึ้นของค่า TBA ที่ต่ำกว่า เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Reddy *et al.* (2005) ที่ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากลูกเกด และใบมะรุมในผลิตภัณฑ์บิสกิตเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใส่สารสกัดระหว่างการเก็บรักษานาน 6 สัปดาห์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใส่สารสกัดจากใบมะรุมมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดการหืนได้ดีที่สุด ทั้งนี้การเกิดออกซิเดชันในอาหารสามารถปรับปรุงได้โดยการเติมสารต้านออกซิเดชันลงในอาหาร ซึ่งสารต้านออกซิเดชันที่นิยมใช้ได้แก่ สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ (Houhoula *et al.*, 2003) หรือในอาหารที่มีการเติมสารสกัดหรือน้ำมันหอมระเหยจากพืช เพื่อช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในระหว่างการเก็บรักษา จากการศึกษาของไพศาลและคณะ (2543) พบว่าค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบที่ยอมรับได้คือมีค่าไม่เกิน 1.6 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ค่า TBA เป็นการวัดการเสื่อมเสียของไขมันหรือน้ำมันจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยค่า TBA ที่วัดได้เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นานขึ้น เป็นผลมาจากค่าปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยเฉพาะไขมันไม่อิ่มตัว ไขมันถูกออกซิไดซ์ ซึ่งออกซิเจนและความชื้นมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาดังกล่าว ดังนั้นค่า TBA ที่วัดได้เพิ่มขึ้นหรือลดลงจึงขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นและออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุด้วย (รุ่งนภา, 2540) ซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารแห้งประเภทธัญพืชและอาหารขบเคี้ยวที่มีค่าออกซิเดชันต่ำกว่า 0.6 จะสามารถป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ แต่การเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียที่สามารถดำเนินต่อไป โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่สูง เพราะจะไวต่อการหืนแบบ lipid oxidation ส่งผลให้อาหารเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติระหว่างการเก็บ (Jensen และ Jens, 2007)

6.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่น ในสัปดาห์ที่ 6 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18, 30 และ 45 องศาเซลเซียส เก็บรักษาที่อุณหภูมิเยือกแข็งตามปกติ พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดยังไม่มีการเสื่อมเสีย มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย โดยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อกรัมโดยประมาณ ปริมาณยีสต์และรา น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัมโดยประมาณ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541) แสดงดังตารางที่ 28 ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่น มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.5 ส่งผลให้สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (Fennema, 1985)

ตารางที่ 28 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกระหว่างการเก็บรักษาในอุณหภูมิเยือกแข็งตามปกติที่อุณหภูมิ -18, 30 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สิ่งทดลอง	คุณภาพทางจุลินทรีย์	
		จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	ยีสต์และรา (cfu/g)
-18 องศาเซลเซียส	A	<25	< 10 ESPC *
	B	<25	< 10 ESPC
	C	<25	< 10 ESPC
	D	<25	< 10 ESPC
อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส)	A	1.26×10^2	< 10 ESPC
	B	1.25×10^2	< 10 ESPC
	C	1.03×10^2	< 10 ESPC
	D	1.1×10^2	< 10 ESPC

ตารางที่ 28 (ต่อ)

อุณหภูมิการเก็บรักษา	สิ่งทดลอง	คุณภาพทางจุลินทรีย์	
		จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	ยีสต์และรา (cfu/g)
45 องศาเซลเซียส	A	1.23×10^2	< 10 ESPC
	B	1.12×10^2	< 10 ESPC
	C	1.02×10^2	< 10 ESPC
	D	1.12×10^2	< 10 ESPC

หมายเหตุ A = ไม่เติมสารสกัด, B = เติมแซนแทนกัม, C = เติมสารยับยั้งจากอบเชย, D = เติมสารยับยั้งจากใบมะรุม

* หมายถึง Estimated Standard Plate Count (ESPC) คือ จำนวนจุลินทรีย์ที่นับไม่ได้อยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี/กรัม หรือไม่มีโคโลนีเจริญในงานเพาะเชื้อ ที่ระดับการเจือจางที่มีความเข้มข้นสูงสุด

6.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความเข้มจากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงปัจจัยคุณภาพด้านสีเหลืองของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก สีน้ำตาลของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องเสริมสารสกัดยับยั้งจากอบเชย สีเขียวของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องเสริมสารสกัดยับยั้งจากใบมะรุม กลิ่น หิน ความ ร่วมกับการทดสอบการยอมรับโดยวิธี Overall quality rating พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นที่ไม่เติมสารสกัด และเติมแซนแทนกัม ไม่มีความแตกต่างกันด้านความเข้มสีเหลือง แสดงดังภาคผนวกที่ 8 ในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษาเช่นเดียวกันกับความเข้มด้านสีน้ำตาลของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องเสริมสารสกัดยับยั้งจากอบเชย แสดงดังภาคผนวกที่ 9 และความเข้มด้านสีเขียวในผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดยับยั้งจากใบมะรุม ดังภาคผนวกที่ 10 ตามลำดับ

เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นระดับความชื้นเฉลี่ยทางด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่น ที่เก็บรักษาอุณหภูมิ -18 มีระดับความชื้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าความชื้นด้านกลิ่นหืน ไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งมีค่าความชื้นเท่ากับ 0 แสดงดังภาคผนวกที่ ง11

โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 และ 45 องศาเซลเซียสมีความชื้นเฉลี่ยด้านกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยผลิตภัณฑ์ที่เดิมสารสกัดหยาบจากอบเชย มีค่าความชื้นเฉลี่ยด้านกลิ่นหืนในอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 30 ± 2 องศาเซลเซียส และ 45 องศาเซลเซียส เปลี่ยนแปลงจาก 0.32 และ 0.55 ในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา เป็น 0.95 และ 1.08 ในสัปดาห์สุดท้ายโดยมีปริมาณไทโอบาร์บิทูริกเท่ากับ 0.56 และ 0.59 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ที่เดิมสารสกัดหยาบจากใบมะรุม มีค่าความชื้นเฉลี่ยด้านกลิ่นหืนในอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 30 ± 2 และ 45 องศาเซลเซียสเปลี่ยนแปลงจาก 0.05 และ 1.12 ในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา เป็น 0.89 และ 2.01 ในสัปดาห์สุดท้ายโดยมีปริมาณไทโอบาร์บิทูริกเท่ากับ 0.56 และ 0.60 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยผู้ทดสอบสามารถให้คะแนนความชื้นทางด้านกลิ่นหืนที่เกิดขึ้นน้อยในผลิตภัณฑ์ที่เดิมสารสกัดทั้งสองชนิด และยังเป็นที่ยอมรับได้ของผู้ทดสอบ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสเฉพาะ เมื่อมีการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของความแข็งของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกที่ไม่เติมสารสกัด ผลิตภัณฑ์ที่เดิมแซนแทนกัม ผลิตภัณฑ์ที่เดิมสารสกัดหยาบจากอบเชย และผลิตภัณฑ์ที่เดิมสารสกัดหยาบจากใบมะรุม เก็บรักษาอุณหภูมิที่ -18 , 30 ± 2 องศาเซลเซียส และ 45 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบให้คะแนนความชื้นทางด้านความแข็งเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงดังภาคผนวกที่ ง12 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามคะแนนความชื้นด้านความแข็งของที่เดิมแซนแทนกัมและเดิมสารสกัดหยาบจากอบเชยมีค่าสูงกว่าตัวอย่างอาหารเข้าชนิดแผ่นที่ไม่เติมสารสกัด และเดิมสารสกัดหยาบจากใบมะรุมซึ่งสอดคล้องกับค่าคุณภาพทางกายภาพด้านความแข็งที่วิเคราะห์ได้ เพราะผลิตภัณฑ์ที่เดิมสารสกัดหยาบจากอบเชยมีปริมาณของแข็งจากผงโกโก้ที่เติมลงไปในส่วนผสม ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เดิมแซนแทนกัมนั้นมีคุณสมบัติในการเพิ่มคุณภาพด้านความแข็งกรอบให้กับผลิตภัณฑ์

จากการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกที่ไม่เติมสารสกัด ผลิตภัณฑ์ที่เดิมแซนแทนกัม ผลิตภัณฑ์ที่เดิมสารสกัดหยาบจากอบเชย และผลิตภัณฑ์ที่เดิมสารสกัดหยาบจากใบมะรุม เก็บรักษาอุณหภูมิที่ -18 , 30 ± 2 องศา

เซลเซียส และ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 สัปดาห์ มีคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับเมื่อเทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน และคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพรอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมอาหารของอาหารเข้าอบกรอบจากธัญพืช ดังนั้นจากการประเมินคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นทั้ง 4 ชนิด ที่เก็บบรรจุในถุงอูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซต่างๆ น้ำ กลิ่น น้ำมัน และแสง ได้อย่างดี โดยเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาผลของปริมาณแซนแทนกัม และความชื้นของส่วนผสมก่อนอบต่อคุณภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณความชื้นจากร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักเปียกและปริมาณแซนแทนกัม การดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น แต่การละลายลดลง โดยปริมาณความชื้นของส่วนผสมก่อนอบที่เพิ่มขึ้นทำให้มีความแข็ง และความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ลดลง ปริมาณแซนแทนกัมที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าความแข็งและความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ปริมาณแซนแทนกัม และปริมาณความชื้นของส่วนผสมก่อนอบที่เหมาะสมคือร้อยละ 0 และร้อยละ 30 โดยน้ำหนักเปียก ตามลำดับ

จากสถานะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารสกัดหยาบจากอบเชย และใบมะรุ้ม คือ การสกัดสารสกัดหยาบจากอบเชย ที่ระยะเวลาการสกัด 24 ชั่วโมง อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS สูง ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับระยะเวลาในการสกัดที่ 28 และ 32 ชั่วโมง และมีปริมาณผลผลิตที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับที่ระยะเวลาในการสกัด 28 และ 32 ชั่วโมงเช่นกัน สำหรับสถานะที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดหยาบจากใบมะรุ้ม คือ ที่ระยะเวลาการสกัด 6 ชั่วโมง อุณหภูมิห้อง 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS สูงที่สุด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับระยะเวลาในการสกัดที่ 9 และ 12 ชั่วโมง

จากการศึกษาปริมาณของสารสกัดหยาบจากอบเชยหรือใบมะรุ้มในอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก ศึกษาปริมาณสารสกัดหยาบจากอบเชย 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0.25, 0.5, 0.75 และ 1.0 และศึกษาปริมาณสารสกัดหยาบจากใบมะรุ้ม 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0.25, 0.5, 0.75 และ 1.0 พบว่า ปริมาณสารสกัดหยาบจากสมุนไพรทั้งสองชนิดที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่น คือ ร้อยละ 0.25 และ 0.5 ตามลำดับ

ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยที่พัฒนาได้ มีค่าความแข็ง และ a_w เท่ากับ 165.36 นิวตัน และ 0.33 ตามลำดับ ส่วนอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้ง

ข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากใบมะรุมีค่าความแข็ง และ a_w เท่ากับ 153.50 นิวตัน และ 0.33 ตามลำดับ คุณภาพทางเคมีของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยพบว่า ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 4.05, 0.67, 9.20, 3.79, 2.92 และ 79.39 ตามลำดับ ส่วนคุณภาพทางเคมีของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากใบมะรุ มีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับร้อยละ 4.02, 0.64, 9.28, 3.74, 2.85 และ 79.47 ตามลำดับ มีปริมาณ GABA อิสระในอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุ เท่ากับ 12.92 และ 13.65 มิลลิกรัมต่ออาหารเข้าชนิดแผ่น 100 กรัม โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ คุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากอบเชยและใบมะรุมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.25×10^3 และ 1.26×10^3 ตามลำดับ สำหรับปริมาณยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ทั้ง 2 ชนิด มีค่าน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าชนิดแผ่นที่ใส่สารสกัดหยาบจากอบเชย และใบมะรุเท่ากับ 6.5 ซึ่งมีคะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์ร้อยละ 85 และ 80 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์อาหารชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพรเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -18, 30 ± 2 องศาเซลเซียส และ 45 องศาเซลเซียส บรรจุลงในถุงออลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต โดยสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้นานอย่างน้อย 6 สัปดาห์ ซึ่งยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนากรรมวิธีการผลิตอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น ควรมีการผลิตด้วยกระบวนการผลิตที่ต่อเนื่อง ให้เหมาะสำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรม สามารถผลิตได้ในปริมาณมาก สามารถผลิตได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ
2. การพัฒนาด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น ซึ่งด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นนั้น อาจมีการเพิ่มรสชาติหวานโดยการเคลือบด้วยน้ำตาล หรือมีการเพิ่มกลิ่นรสต่างๆ เช่น พืชชา บาร์บีคิว หรือเพิ่มความหลากหลายกับผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น โดยเติมผลไม้อบแห้งและผักอบแห้ง เป็นต้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- งามชื่น คงเสรี. 2538. คุณภาพข้าวสารและข้าวสุก. การฝึกอบรมหลักสูตรการรักษาคุณภาพข้าวสาร
และการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งออก. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี, ปทุมธานี
- งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร. เอส. พี. เอ็ม การพิมพ์, กรุงเทพฯ
- จิตรณา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2543. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- จุไรทิพย์ หวังสินทวีกุล. 2549. มหัศจรรย์ของความเป็นข้าว. บทความ. แหล่งที่มา: <http://pcog.pharmacy.psu.ac.th/thi/Article/06-2549/rice.doc>, 17 กุมภาพันธ์ 2550.
- จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. การทดสอบและการวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร,
กรุงเทพฯ.
- ชาญวิทย์ รัตนราศรี. ม.ป.ป. ข้าวกล้องงอก“กาบาไรซ์” (GABA-rice). สารประจำอาทิตย์.
แหล่งที่มา: <http://www.organicthailand.com>, 17 กุมภาพันธ์ 2550.
- ทวี คุปต์กาญจนากุล. 2544. ความรู้เรื่องข้าวและเทคโนโลยีการผลิต. ความรู้เรื่องข้าว. กรม
วิชาการเกษตร, ปทุมธานี.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2545. เหมื่ออาหาร. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- ปฐุม โสมวงศ์. 2552. คุณค่าทางอาหารและทางยาของสมุนไพรมะรุ. บทความ. แหล่งที่มา
www.vegetweb.com/download/doc/marum.doc, 10 กรกฎาคม 2552.

ประชา บุญญศิริกุล, และมาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์. 2539. การผลิตอาหารขบเคี้ยวจากถั่วเขียวโดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์สกรูคู่. *อาหาร*. 26(1): 14-33.

พัชรีย์ ตั้งตระกูล, วารุณี วารัญญานนท์, วิภา สุโรจนะเมธากุล และลัดดา วัฒนศิริธรรม. 2549.

งานวิจัยและพัฒนาด้านอาหารเพื่อเศรษฐกิจพอเพียง เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550.
สถาบันคั่นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2550. การเพิ่มปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทอริกในคัพเค้กข้าวเจ้าและข้าวเหนียวโดยการแช่น้ำ. *วารสารอาหาร*. สถาบันคั่นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ ฯ.

ไพศาล วุฒิจำนงค์, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, หทัยรัตน์ ริมศิริ, กมลวรรณ แจ่มชัด, อนุวัตร แจ่มชัด, ธงชัย สุวรรณสิขณณ์, วาณี ชนเห็นชอบ, งามทิพย์ ภู่วโรดมและสุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2543.
การศึกษาอายุการเก็บของผลไม้ไทยทอดกรอบ. ใน *รายงานผลการวิจัยประจำปี 2543*.
โครงการวิจัยทุนอุดหนุนนมก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร, เกษตรศาสตร์. 2546. *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร*. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2547. **กัม (ไฮโดรคอลลอยด์) กับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหารและกระบวนการผลิต**. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2525. **สมุนไพร**. พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน. แหล่งที่มา:
<http://www.royin.go.th/th/home/>, 3 สิงหาคม 2547.

รสพร เจียมจริยธรรม. 2551. **การพัฒนาอาหารว่างประเภทลูกเกดจากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพรบางชนิด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เรวดี เทพประดิษฐ์. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากกากถั่วเหลือง.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วัลลภ สันติประชา. 2540. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2550. นวัตกรรมข้าวไทย. วารสารอาหาร. สถาบันค้นคว้าและพัฒนา
ผลิตภัณฑ์อาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วิมล ศรีสุข. 2552. มะรุม: พืชสมุนไพรหลากประโยชน์. วารสารข้อมูลสมุนไพร. คณะเภสัช
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2549 . วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุพจน์ คิลานเกสซ์. 2543. สมุนไพรเครื่องเทศและพืชปรุงแต่งกลิ่นรส. พิมพ์ครั้งที่ 1.
สำนักพิมพ์ประพันธ์สาส์น จำกัด, กรุงเทพฯ.

สุภาณี จงดี, สุนันทา วงศ์ชัยชน และวัชร สุขวิวัฒน์. 2548. โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปจากข้าวกล้องงอก.
ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, อุบลราชธานี

สุวรรณ สุภิมารส. 2543. เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. 2544. เมล็ดข้าว. น. 3-18. ใน การอบรมหลักสูตรการวิเคราะห์คุณภาพ
ข้าวหอมมะลิไทยทางเคมี. สถาบันวิจัยข้าว. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

อมราภรณ์ วงษ์ฟัก. 2546. น้ำผลไม้และเครื่องดื่มสมุนไพร. สำนักพิมพ์แม่บ้าน, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล และลินดา พงษ์ผาสุก. 2536. อาหารเข้าจากัญชาติ. วารสารอุตสาหกรรมเกษตร 4(3): 5-14.

_____. 2547. **ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

Akiyama, T, H. Kalo and N . Shibuya . 1998. A cell wall-bond beta-glucosidase from germination rice : purification and properties. **Phytochem.** 48(1):49-54

Allen, J. St. Anglelo. 1996. Lipid oxidation in Foods. **Critical Review in Food Science and Nutrition.** 36 (3): 175-224.

Al-Numair, K. S., D. Ahmad, S. B. Ahmed and A. H. Al-assaf. 2007. Nutritive Value, Levels of Polyphenols and Anti-Nutritional Factors in sri Lanka cinnamon (cinnamomum Zeyalnicum) And Chinese Cinnamon (Cinnamomum Cassia). Res. Bult., **Food Sci.& Agric. Res.** Center, King Saud Univ ; 154: 5-21

Anderson, B. A. and R.P. Singh. 2003. Use of Phytoglycogen Extracted from Corn to increase the blow-life of Breakfast Cereal. **Journal of Food Process Engineering.** 26: 315-322.

Anderson, R. A., H. F., Conway, V. F. Pfeifer, and E. L. Griffin. 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Science Today.** 14, 4-12.

A.O.A.C.2000. Official Method of Analysis. The Association of Official Method of Analysis Chemical chemists, Washington, D.C.

Ayoola, G. A., A. D. Folawewo, S.A. Aesegun, O.O. Abioro, A.A. Adepoju-Bello and H. A. B Coker. 2008. Phytochemical and antioxidant screening of some plants of apocynaceae from South West Nigeria. **African Journal of Plant Science,** 2(9): 124-128.

- Ayernor, G. S. and F. C. K. Ocloo. 2007. Physico-chemical changes and diastatic activity associated with germinating paddy rice (PSB.Rc 34). **African Journal of Food Science**, 1: 037-041.
- BAM. 2001. Food and Drug administration Bacteriological Analytical manual 8th ed. AOAC International, USA.
- Breen, M.D., A.A. Seyam and O.S. Banasile. 1997. The Effect of Milk by product and Soy protein on physical characteristic of expand snack-food. **Cereal Chem.** 54(14): 728-736
- Charoenthaikij, P., K. Jangchud, A. Jangchud, K. Piyachomkwan, P. Tungtrakul and W. Prinyawiwatkul. 2009. Germination conditions affect physicochemical properties of germinated brown rice flour. **Journal of Food Science** (74): 658–665.
- Chirstianson, D.D., J.E. Hodge., D. Ohborne and R.W. Detroy. 1981. Gelatinization of wheat starch as modified by xanthan gum guar gum and cellulose gum. **Cereal Chem.** 58(6): 513-520.
- Esse, R. and A. Saari. 2004. Shelf-life and moisture management, pp. 24-41. In R. Steele, ed. **Understanding and Measuring the Shelf-life of Food**. Woodhead publishing limited Cambridge England.
- Fahey JW. 2005. Moringa oleifera: A Review of the Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties. Part 1. **Tree for Life Journal**. 1: 5-19.
- Fast, R.B. and E.F.Caldwell, eds. 2000. **Breakfast Cereals and How they Are Made**. The American Assosiation of Cereal Chemists , Inc., St. Paul Minnesota.
- Feldberg, C. 1969. Extruded starch-based snack. **Cereal Sci. Today** .4 : 211-215

- Fellows, P. 2000. **Food processing technology: principle and practice**. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge.
- Fennema, O.R. 1996. **Food Chemistry. 3rd ed.**, Marcel Dekker, Inc., New York. 1069 p
- Fuglie, L.J. 2005. The Moringa Tree: a local solution to malnutrition? Church World Service in Senegal.
- Gimeno, E., Morau, C.I., Kokini J.L. 2004. Effect of Xanthan Gum and CMC on the Structure and Texture of Corn flour Pellets Expanded by Microwave Heating. **Cereal Chem.** 81: 100-107.
- Guarda, A., C. M. Rosell, C. Benedito and M.J. Galotto. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. **Food Hydrocolloids.** 18: 241-247
- Gurkin, S. 2002. Hydrocolloids-ingredients that add flexibility to tortilla Processing. **Cereal Food World.** 42(2): 41-43.
- Guy, R.C.E. 1994. Raw materials for extrusion cooking processes, pp. 52-72. In N.D. Frame (ed.). **The Technology of Extrusion Cooking**. Blackie Academic & Professional, London.
- Hamaker, B.R. and V.K. Griffin. 1993. Effect of disulfide bond-containing protein on rice starch gelatinization and pasting. **Cereal Chem.** 70(4): 377-380.
- Houhoula, D.P., V. Oveopoulou, C. Tzia. 2003. Antioxidant efficiency of oregano during frying and storage of potato chips. **Journal of Science of Food and Agriculture.** 83: 1499-1503.

- Hsieh, F., S. J. Mulvancy, H.F. Huff, S.Lue and J. Brent. 1989. Effect of dietary fiber and screw speed on some extrusion processing and product variables. In Carbohydrate in extrusion processing. **Food Technol** 45 : 160-161.
- Huang, D., B. Ou and R. L. Prior. 2005. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. **J. Agric. Food Chem.** 53: 1841-1856.
- Imeson, A. 1997. **Thickening and Gelling Agents for Food**, 2nd ed. Blackie Academic & Professional. London. 577 p.
- Ito, S. and Y. Ishikawa. 2004. **Marketing of Value-Added Rice Product in Japan: Germinate Brow Rice and Rice Bread**. FAO International Rice Year.
- ISTA. 1976. International Rules for Seed Testing Rules. **Seed Science and technology**. 4: 3-49.
- Jang, H. D., K. S. Chang., a,b, Y. S. Huang., C. L. Hsu., S. H. Lee b., M. S. Su. 2006. Principal phenolic phytochemicals and antioxidant activities of three Chinese medicinal plants. (103): 749–756.
- Jensen, P. N. and J. Risbo. 2007. Oxidative stability of snack and cereal products in relation to moisture sorption. *Food chemistry*. 103: 717-724.
- Kadan RS, Champagne ET, Ziegler Jr GM. And OA. Richard. 1997. Amylose and protein contents of rice cultivars as related to mixture of rice-based fries. **J. Food Sci** . 62 (4): 701-703.
- Kayahara, H.and K.Tsukahara. 2000. Flavor, Health and Nutritional Quality of Pre-sprouted Brown Rice, presented at 2000. **International Chemical Congress of Pacific Basin Societies in Hawaii**, December 2000.

- Khattak, K.F., T.J. Simpson and Ihasnullah. 2008. Effect of gamma irradiation on the extraction yield, total phenolic content and free radical-scavenging activity of *Nigella sativa* seed. **Food Chem** 110: 967-972.
- Khatun, M., S. Eguchi., T. Yamaguchi., H. Takamura., and T. Matoba. 2006. Effect of Thermal Treatment on Radical-scavenging Activity of Some Spices. **J. Food Sci. Technol.** 12 (3): 178-185.
- Komatsuzaki, N., K. Tsukahara, H. Toyoshima, T. Suzuki, N. Shimizu, and T. Kimura. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. **J. Food Eng.** 78: 556–560.
- Karadag, A. B. Ozcelik, and S. Saner. 2009. Review of Methods to Determine Antioxidant Capacities. **Food Anal. Methods** . 2: 41–60.
- Kruger, A., C. Ferrero. and N.E. Zaritzky. 2003. Modelling corn starch swelling in batch system: of sucrose and hydrocolloids. **J. Food Eng.** 58: 125-133.
- Labuza, T.P. and M.K. Schmidl. 1985. Accelerated shelf-life testing of foods. **Food Tech.** 39 (9) : 57-62.
- Lapornik, B., M. Prosek and A. G. Wondra. 2005. Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. **J. Food Eng** 71: 214-222.
- Lawless, H.T. and H. Heymann. 1998. **Sensory Evaluation of Food.** Principles and Practices. Chapman and Hall, New York.
- Lund, D. 1994. Influence of time, temperature, moisture, ingredient and processing condition on starch gelatinization. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition.** 20: 249-273

- Mandala, I.G. and E. Bayas. 2004. Xanthan effect on swelling, solubility and viscosity of wheat starch dispersions. **Food Hydrocolloids**. 18(2): 191-201.
- _____, E.D. Palogou. and A.E Kostaropoulos. 2002. Influence of preparation and storage conditions on texture of xanthan-starch mixtures. **J. of Food Eng.** 53: 27-38.
- Makkar, HPS. and Becker K. 1996. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. **Anim Feed Sci Technol**. 63: 211-228.
- Mathew, S. and T.E. Abraham. 2006. Studies on the antioxidant activities of cinnamon (*Cinnamomum verum*) bark extracts, through various in vitro models. **J. of Food Chemistry**, 94: 520-528.
- Martin, M. and M.A. Fitzgerald. 2002. Protein in rice grains influence cooking properties. **J. of Cereal Sci.** 36: 285-294.
- McSwane, D., N. Rue and R. Linton. 2000. **Essentials of Food Safety and Sanitation**. 2nd ed. Prentic - Hall, Inc., New Jersey
- Meilgard, M., G.V. Civille, and B.T. Carr. 1999. **Sensory Evaluation Techniques**. CRC Press.Inc., Boca Raton, Florida.
- Miao, M., T. Zhang and B. Jiang. 2009. Characterisations of kabuli and desi chickpea starches cultivated in China. **Food Chemistry**. 113: 1025-1032.
- Mughul, MH., Ali G., Srivastava PS., Iqbal M. 1999. Improvement of drumstick (*Moringa pterygosperma* Gaertn.) . a unique source of food and medicine through tissue culture. **Hamdard Med** 42: 37-42.

- Mustafa, R. A., A. Abdul Hamid, S. Mohamed and F. ABU Baker. 2010. Total Phenolic compounds, Flavonoids, and Radical Scavenging Activity of 21 selected Tropical Plants. **Journal of Food Science**. 75(1): 28-35.
- Naivikul, O., P. Boonyasirikool, D. Hengsawadi, K. Jangchat, T. Suwanasichon and A. Suksomboon. 2002. Function snack food . **Kasetsart Journal**. 36: 44-54.
- Nath, A. and P.K. Chattopadhyay. 2007. Optimization of oven toasting for improving crispness and other quality attributes of ready to eat potato-soy snack using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**. 80: 1282-1292.
- _____, P.K. Chattopadhyay and G.C. Majumdar. 2007. High temperature short time air puffed ready-to-eat (RTE) potato snacks: Process parameter optimization. **Journal of Food Engineering**. 80: 770-780.
- Newport Scientific. 1995. **Operation Manual for The Series 4 Rapid Visco Analyser**. Warriewood, New South Wales. 93 p.
- Nirmala, M., S. Rao, and G. Muralikrishna. 2000. Carbohydrated and their degrading enzymes from native and malted finger millet (Ragi, Eleusine coracana, Indaf-15). *Food Chem.* 69: 175–180.
- Nochera, C.L. and G. Moore. 2001. Properties of Extruded Products from Breadfruit Flour. **Cereal Foods World**. 46(10): 488-490.
- Nussinovitch, A. 1997. **Hydrocolloid Application**. Blackie Academic & professional. London.
- Okada, T., S. Tomoko, T. Murakami, H. Murai, T. Saikusa, T. Horino and A. Onoda. 2000. Effect of the Defatted Rice germ enriched with GABA for Sleeplessness, Depression, Autonomic Disorder by oral Administration, *Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi*, Vol.47, No.8, 596 – 603.

- Oh, S. H., J. R. Soh, and Y. S. Cha. 2003. Germinated brown rice extract shows a nutraceutical effect in the recovery of chronic alcohol-related symptoms. **J. Med. Food.** 6: 115 -121.
- Ohtsubo, K., K. Suzuki, Y. Yasui, and T. Kasumi. 2005. Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twin-screw extruder. **J. Food Compos. and Anal.** 18(4): 303-316.
- Peri, C., R. Barbieri and B.M. Caasiraghi. 1983. Physical chemical and nutritional quality of extruded corn flour and milk protein blends. **J. Food Technol.** 18: 43-52.
- Phillips, G.O. and P.A. Williams. 2000. **Hand book of hydrocolloids.** Woodhead Publishing Limited. 450 p.
- Reddy, V. A., A. Urooj. and A. Kumar. 2005. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application in biscuits. **J. Food Chemistry.** 90 :317–321.
- Reilly, A. and C.M.D. Man. 1994. Potato crisps and savoury snacks, pp. 202–215. *In* C.M.D. Man and A.A. Jones (eds.). **Shelf Life Evaluation of Foods.** Blackie Academic & Professional, London.
- Robards, K., X. Li, M. Antolovich and S. Boyd. 2000. Characterization of Citrus By Chromatographic analysis of flavonoids. **J. Sci. Food Agric** 75: 87-101
- Roger, D. 1974. Breakfast Cereal Technology. **Food Technology Review.** 11: 92-118.
- Rojas, J.A., C. M. Rosell. and C. Benedito de Barber. 1999. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. **Food Hydrocolloids.** 13: 27-33.
- Sa, P.F.G., M. James, Jr. Treubig, R. B. Pyllis, and J. A. Dain. 2001. The use of capillary electrophoresis to monitor maillard reaction products (MRP) by glyceraldehyde and the epsilon amino group of lysine. **J. Food Chem.** 72: 379–384.

- Saikusa, T., T. Horino, and Y. Mori. 1994. Distribution of free amino acids in the rice kernel and kernel fraction and the effect of water soaking on the distribution. **J. Agric. Food Chem.** 42 : 1112-1126
- Sakin, M., F.K. Ertekin and C. Ilcali. 2009. Convection and radiation combined surface heat transfer coefficient in baking ovens. **Journal of Food Engineering.** 94: 344-349.
- Sreelatha, S and P. R. Padma. 2009. Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Moringa oleifera Leaves in Two Stages of Maturity. **Plant Foods Hum Nutr.** 64: 303–311.
- Siddhuraju P, Becker K. 2003. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agro-climatic origins of drumstick tree (Moringa oleifera Lam.). **J Agric Food Chem.** 15: 2144-2155.
- Somogyi, S and N. Nelson. 1952. A photometric adaptation of somogyi and method for the Determination of cellulose. **Biological Chemistry.** 153:1.
- Sultana, B., F. Anwar and Ashraf, M. 2009. Effect of Extraction Solvent/Technique on the Antioxidant Activity of Selected Medicinal Plant Extracts. **Journal of Molecules.** 14: 2167-2180.
- Suksomboon, A., Naivikul, O. and Boonyasirikool, P. 2001. The Effect of rice bran and soy protein isolate in protein-dietary fiber rich direct expanded snack foods In 2001 AACC Annual Meeting, Oct 14-18, 2001. North Carolina, USA : Charlotte Convention Center.
- Taketada, N. 2005. **Under water Polishing of brown rice for germinated brown rice.** JP. Patent 2005324178
- Tarlidgis, B.G., A.M. Pearson and L.R. Dugan Jr. 1962. The Chemistry of the 2-Thiobarbituric acid Test for the Determination of Oxidative Rancidity in Foods. **J. Am. Oil Chemists Soc.** 39: 34-39.

- Tomaino, A. F., Cimino, V. Zimbalatti, V. Venuti, V. Sulfaro, A. De Pasquale, A. Saija. 2005. Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. **J. Food Chemistry**. (89): 549-554
- Tribelhom, R.E. 1991. Breakfast cereal. In K.J. Lorenz, and K. Kulp. **Handbook of Cereal Science and Technology**. Mercel Dekker, Inc., New York, U.S.A. 741
- Varayanond, W., P. Tungtrakul, V. Surojanametakul, L. Watanasiritham and W. Luxiang. 2005. Effects of water soaking on gamma-aminobutyric acid (GABA) in germ of different Thai rice varieties. **Kasetsart Journal** (39): 411-415
- Ward, F.M. and S.A. Andon. 1993. Water-soluble gums used in snack food and cereal product. **Cereal Food World**. 38(10): 748-752.
- _____ and _____. 2002. Hydrocolloids as film formers adhesives and gelling agent for bakery and cereal product. **Cereal Food World**. 47(2): 52-55.
- Watanabe, M, T. Maeda, K. Tsukahara, H. Kayahara and N. Morita. 2004. Application of Pregerminated Brown Rice for Breadmaking. **Cereal Chemistry** 4 (81): 450-455.
- Winton, A.L. and K.B. Winton. 1906. **The Structure and Composition of Food**. John Wiley & Son, Inc., New York. 673 p.
- Yamada, C, H. Izumi, J. Hirano, A. Mizukuchi, M. Kise, T. Matsuda, and Y. Kato. 2005. Degardation of solubleproteins including some allergens in brown rice grains by endogenous proteolytic activity during germinated and heat processing. **J.Biotech**. 69(10) : 1877-1883
- Zang, H, H. Y. Yao ,, and Y. R. Jiang 2002 . Development of the Health food enriched witt gamma-aminobutyric acid (GABA). **Food Ferment. Ind** 28 : 69 -72

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

เรียน	ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม
เรื่อง	การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดจากสมุนไพรมะขาม
คำชี้แจง	แบบสอบถามชุดนี้เป็นการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดจากสมุนไพรมะขาม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของนางสาวณัฐธิดา มหาชัยราชัน นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
คำอธิบาย	ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดจากสมุนไพรมะขาม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งข้าวกล้องงอกเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางอาหาร เช่น สาร GABA ที่เป็นประโยชน์ต่อระบบประสาท และมีการเติมสารต้านออกซิเดชันจากสมุนไพรมะขามเพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์

คำแนะนำ กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในวงเล็บ () ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม และตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

() ชาย

() หญิง

2. อายุ

() 16 – 25 ปี

() 26 – 35 ปี

() 36 – 45 ปี

() 46 – 55 ปี

() 55 ปีขึ้นไป

3. ระดับการศึกษาที่ได้รับ

() ต่ำกว่าปริญญาตรี

() ปริญญาตรี

() สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

- ☐ นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา ☐ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ
☐ พนักงานบริษัท ☐ รับจ้าง
☐ แม่บ้าน ☐ ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว
☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

- ☐ น้อยกว่า 5,000 บาท ☐ 5,000 – 10,000 บาท ☐ 10,001 – 15,000 บาท
☐ 15,001 – 20,000 บาท ☐ 20,001 – 25,000 บาท ☐ มากกว่า 25,000 บาท

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการบริโภคอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่น

1. ท่านเคยรับประทานอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นหรือไม่

- ☐ เคย ☐ ไม่เคย

2. ท่านชอบรับประทานอาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นหรือไม่

- ☐ ชอบ ☐ บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ ☐ ไม่ชอบ

1. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดจากสมุนไพรชนิดนี้หรือไม่

☐ ยอมรับ

☐ ไม่ยอมรับ เพราะ.....

2. ถ้ามีผลิตภัณฑ์นี้ออกวางจำหน่าย ท่านคิดว่าจะซื้อหรือไม่เพราะเหตุใด

☐ ซื้อ เพราะ.....

☐ ไม่ซื้อ เพราะ.....

ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดจากสมุนไพรบรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ในกล่องกระดาษขนาด บรรจุ 25 กรัม (มีประมาณ 100 ชิ้น) ราคากล่องละ 20 บาท

☐ เหมาะสม เพราะ.....

☐ ไม่เหมาะสม เพราะ.....

ข้อเสนอแนะ

.....

ขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale

ชื่อผู้ทดสอบ _____ วันที่ _____

ตัวอย่าง : อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก

คำแนะนำ : กรุณาทำการทดสอบตัวอย่าง โดยให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของ

ตัวอย่างตามคำอธิบายคะแนนความชอบ

หมายเหตุ : ทดสอบผลิตภัณฑ์ 2 ลักษณะ คือ ก่อนรับประทานร่วมกับนมสดและขณะรับประทานร่วมกับนมสด

คะแนนความชอบ

- | | | |
|-------------------|-------------------------------|---------------------|
| 9 = ชอบมากที่สุด | 8 = ชอบมาก | 7 = ชอบปานกลาง |
| 6 = ชอบเล็กน้อย | 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ | 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย |
| 3 = ไม่ชอบปานกลาง | 2 = ไม่ชอบมาก | 1 = ไม่ชอบมากที่สุด |

คุณลักษณะ	รหัส..117....	รหัส....658....	รหัส.....161.....	รหัส.....754.....	รหัส..654...
ก่อนเทนม					
รูปร่าง					
สี					
กลิ่นรสแป้งข้าว					
ความแข็ง					
ความชอบรวม					
หลังเทนม					
ความแข็ง					
รสชาติโดยรวม					
ความชอบรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....

การทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale

และคะแนนความพอดี (Just-About-Right - JAR)

ชื่อผู้ทดสอบ _____ วันที่ _____

ตัวอย่าง : อาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดสมุนไพร

คำแนะนำ : กรุณาทำการทดสอบตัวอย่าง โดยให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของ

ตัวอย่างตามคำอธิบายคะแนนความชอบ

หมายเหตุ : ทดสอบผลิตภัณฑ์ 2 ลักษณะ คือ ก่อนรับประทานร่วมกับนมสดและรับประทานร่วมกับนมสด

คะแนนความชอบ

- 9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง
6 = ชอบเล็กน้อย 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

สเกลคะแนนความพอดี 1 = น้อย 2 = พอดี 3 = มาก

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ	คะแนนความพอดี
ก่อนรับประทานกับนม		
สี		
กลิ่นรสใบมะรุม		
กลิ่นรสใบเตย		
ความแข็ง		
ความชอบรวม		
รับประทานกับนม(แช่ประมาณ 2 นาที)		
กลิ่นรสใบมะรุม		
กลิ่นรสใบเตย		
ความแข็ง		
รสชาติโดยรวม		
ความชอบรวม		

ขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

ตารางผนวกที่ ข1 ตัวอย่างอ้างอิงที่ใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบเชิงพรรณนาปริมาณ

คุณลักษณะ	ตัวอย่างอ้างอิง	ค่าระดับคะแนน
<u>ลักษณะปรากฏ</u>		
สีเหลืองของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก	สีเหลืองของอาหารเข้าชนิดแผ่นโดยใช้สายตาดูใช้กระดาษเทียบสีตัวอย่างที่ไม่เติมสารสกัด	7.0
สีน้ำตาลของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก	สีน้ำตาลของอาหารเข้าชนิดแผ่นโดยใช้สายตาดูใช้กระดาษเทียบสี	
เสริมสารสกัดอบเชย	ผลิตภัณฑ์ที่มีอบเชยน้อย(อบเชย ร้อยละ 0.15)	3.0
	ผลิตภัณฑ์ที่มีอบเชยมาก(อบเชย ร้อยละ 1.5)	10.0
สีเขียวของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริม	สีเขียวของอาหารเข้าชนิดแผ่นโดยใช้สายตาดูใช้กระดาษเทียบสี	
สารสกัดใบมะรุม	ผลิตภัณฑ์ที่มีใบมะรุมน้อย(ใบมะรุมร้อยละ 0.15)	2.5
	ผลิตภัณฑ์ที่มีใบมะรุมมาก(ใบมะรุมร้อยละ 1.5)	9.5
<u>กลิ่น</u>		
กลิ่นหืน	ดมกลิ่นอาหารเข้าชนิดแผ่นที่เก็บรักษานาน 1 วัน มีค่า TBA เท่ากับ 0.538	0
	ดมกลิ่นอาหารเข้าชนิดแผ่นที่เก็บรักษานาน 6 เดือน มีค่า TBA เท่ากับ 1.64	9.0
<u>เนื้อสัมผัส</u>		
ความแข็ง	ใช้ฟันกรามกัด 1 ครั้งสังเกตแรงที่ใช้ในการกัดตัวอย่างจนแตก	
	แผ่นข้าวโพดอบกรอบ ตราเคลลี่ออสส์ คอร์นเฟลกส์	2.5
	ชีเรียลโฮลเกรน ไชมันดำ ยี่ห้อนเนสท์เล่ฟัดเนสส์	11.0

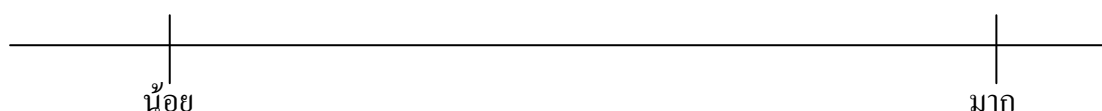
**แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความเข้มข้นของอาหารเข้าชนิดแผ่นจาก
แป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจาก สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษา**

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่ทดสอบ.....

คำแนะนำ: กรุณาให้คะแนนความเข้มข้นในแต่ละคุณลักษณะของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าว
กล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจาก สมุนไพร โดยทำเครื่องหมาย / บนเส้นที่ซึ่งตรงกับความรู้สึกของ
ท่าน บ้วนปากทุกครั้งก่อนการประเมินตัวอย่างถัดไป

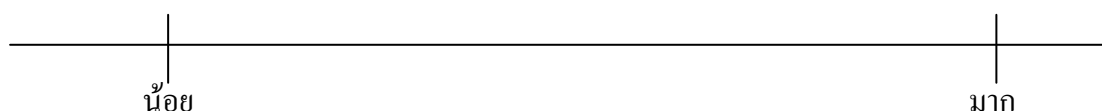
สีเหลืองของอาหารเข้าชนิดแผ่น

จากแป้งข้าวกล้องงอก



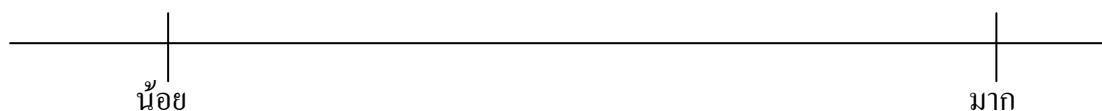
สีน้ำตาลของอาหารเข้าชนิดแผ่น

จากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดอบเชย



สีเขียวของอาหารเข้าชนิดแผ่น

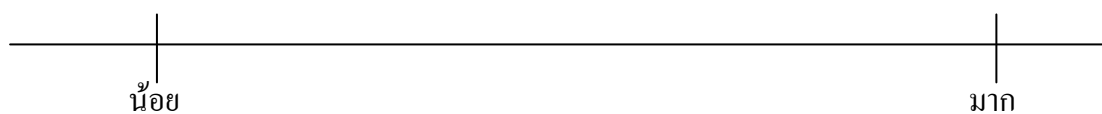
จากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดใบมะรุม



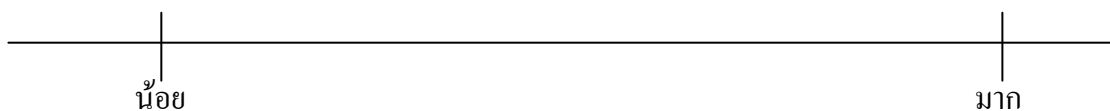
กลิ่นหืน



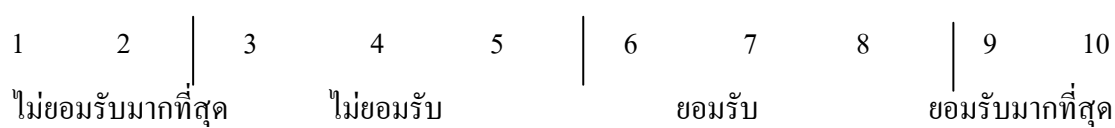
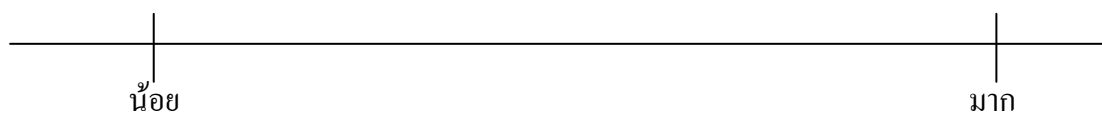
ความแข็ง



กลิ่นรสอบเชย



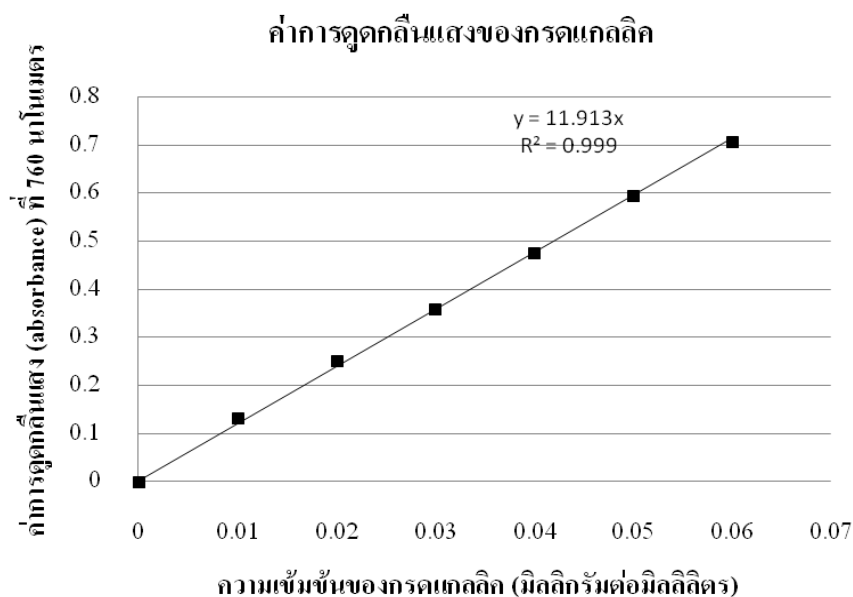
กลิ่นรสใบมะรุม



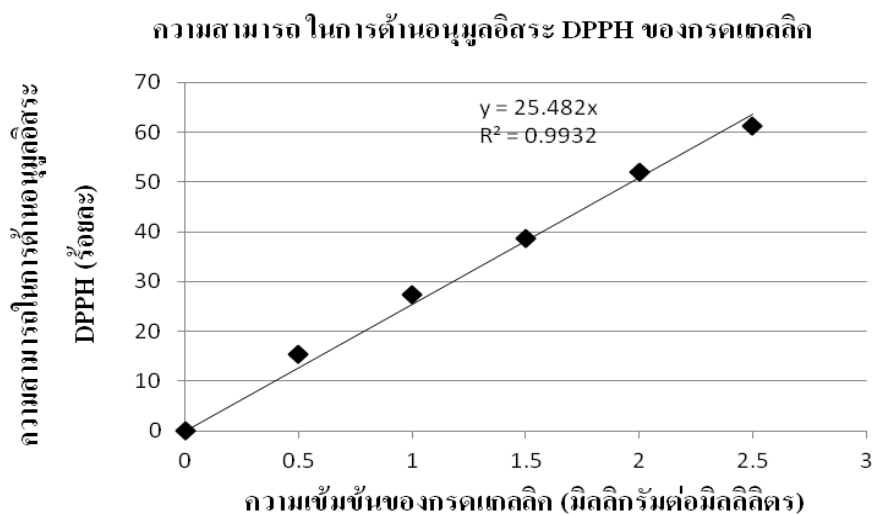
ภาคผนวก ก

กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด
และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS

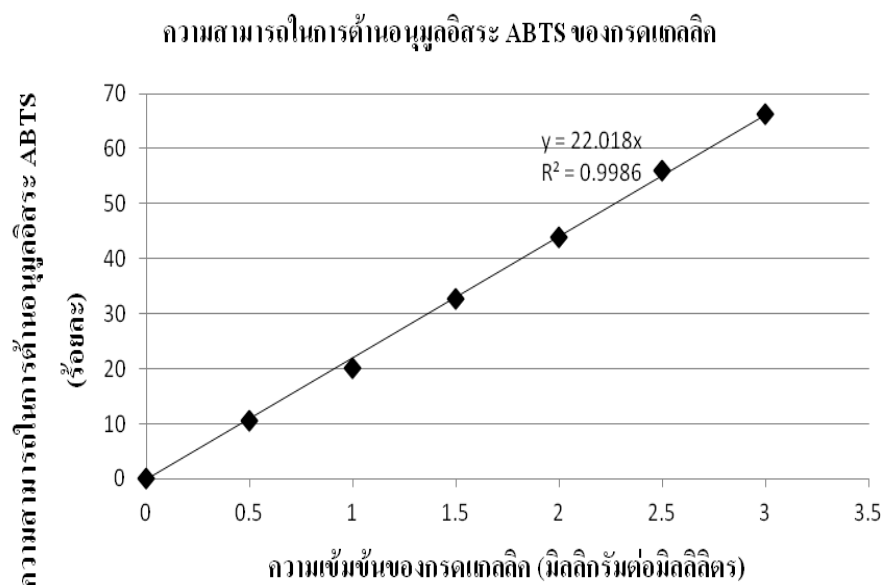
กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และ
ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS



ภาพผนวกที่ ๑ กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด



ภาพผนวกที่ ๒ กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH



ภาพผนวกที่ ค3 กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสในการศึกษา
อายุการเก็บของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

ตารางผนวกที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้อง
 ออกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

อุณหภูมิการ เก็บรักษา(สัปดาห์)	สิ่ง ทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	2	4	6
-18 องศาเซลเซียส	A	69.19 ^a ±0.13	69.07 ^a ±0.30	68.89 ^a ±0.00	68.87 ^a ±0.02
	B	70.48 ^a ±0.01	70.24 ^a ±0.00	70.09 ^a ±0.22	69.86 ^a ±0.09
	C	49.70 ^a ±0.01	49.74 ^a ±0.04	49.77 ^a ±0.08	49.73 ^a ±0.02
	D	60.16 ^a ±0.08	60.17 ^a ±0.04	60.11 ^a ±0.05	60.11 ^a ±0.03
อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส)	A	69.19 ^a ±0.13	67.55 ^b ±0.43	67.06 ^b ±0.04	67.48 ^b ±0.51
	B	70.48 ^a ±0.01	68.95 ^b ±0.04	68.75 ^c ±0.04	68.53 ^d ±0.10
	C	49.70 ^a ±0.01	47.77 ^b ±0.08	47.50 ^c ±0.13	46.70 ^d ±0.02
	D	60.16 ^a ±0.08	60.17 ^a ±0.17	58.23 ^b ±0.05	57.70 ^c ±0.23
45 องศาเซลเซียส	A	69.19 ^a ±0.13	68.38 ^b ±0.00	67.03 ^c ±0.09	66.82 ^c ±0.06
	B	70.48 ^a ±0.01	68.54 ^b ±0.07	67.31 ^c ±0.04	67.26 ^c ±0.03
	C	49.70 ^a ±0.01	46.51 ^b ±0.03	46.01 ^c ±0.02	45.30 ^d ±0.09
	D	60.16 ^a ±0.08	59.54 ^b ±0.08	58.50 ^c ±0.15	58.30 ^c ±0.10

หมายเหตุ: ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A = ไม่เติมสารสกัด, B = เติมแซนแทนกัม, C = เติมสารหยาบจากอบเชย, D = เติมสารหยาบจากใบมะรุุม

ตารางผนวกที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าว
กล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

อุณหภูมิการ เก็บรักษา(สัปดาห์)	สิ่ง ทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	2	4	6
-18 องศาเซลเซียส	A	10.50 ^a ±0.03	9.69 ^b ±0.08	9.63 ^b ±0.08	9.66 ^b ±0.04
	B	9.24 ^a ±0.04	8.83 ^{ab} ±0.57	8.67 ^{abc} ±0.29	8.56 ^{bc} ±0.15
	C	11.75 ^a ±0.37	11.53 ^{ab} ±0.12	11.57 ^{ab} ±0.30	11.22 ^{bc} ±0.04
	D	5.12 ^a ±0.01	4.35 ^b ±0.36	4.16 ^{bc} ±0.08	3.94 ^{bcd} ±0.20
อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส)	A	10.50 ^a ±0.03	10.30 ^a ±0.46	9.97 ^{ab} ±0.12	9.47 ^{bc} ±0.24
	B	9.24 ^{ab} ±0.04	9.50 ^a ±0.06	9.47 ^a ±0.14	9.21 ^{abc} ±0.09
	C	11.75 ^a ±0.37	11.61 ^{ab} ±0.59	11.47 ^{abc} ±0.22	11.02 ^{bcd} ±0.21
	D	5.12 ^a ±0.01	4.97 ^a ±0.31	4.40 ^b ±0.18	4.17 ^b ±0.22
45 องศาเซลเซียส	A	10.50 ^a ±0.03	10.41 ^{ab} ±0.00	10.38 ^{ab} ±0.73	9.98 ^{ab} ±0.02
	B	9.24 ^a ±0.04	9.72 ^a ±0.27	9.45 ^a ±0.08	9.66 ^a ±0.06
	C	11.75 ^a ±0.37	11.85 ^a ±0.15	11.20 ^b ±0.20	11.03 ^b ±0.05
	D	5.12 ^a ±0.01	4.73 ^{ab} ±0.08	4.30 ^{bc} ±0.34	4.20 ^{bc} ±0.21

หมายเหตุ: ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน หมายถึง มี
ความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A = ไม่เติมสารสกัด, B = เติมแซนแทนกัม, C = เติมสารหยาบจากอบเชย, D = เติมสาร
หยาบจากใบมะรุม

ตารางผนวกที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าว
กล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

อุณหภูมิการ เก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่ง ทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	2	4	6
-18 องศา เซลเซียส	A	31.02 ^a ±0.29	31.24 ^a ±0.01	30.10 ^a ±0.28	31.95 ^a ±0.44
	B	30.99 ^a ±0.03	30.23 ^{ab} ±0.12	30.16 ^{ab} ±0.70	30.14 ^{ab} ±1.17
	C	21.05 ^a ±0.20	21.40 ^a ±0.08	21.32 ^a ±0.58	21.30 ^a ±0.48
	D	34.49 ^a ±0.14	34.28 ^a ±0.12	34.24 ^a ±0.13	34.17 ^{ab} ±0.15
อุณหภูมิห้อง (30±2 องศา เซลเซียส)	A	31.02 ^a ±0.29	31.04 ^a ±0.10	31.19 ^a ±0.65	31.71 ^a ±0.62
	B	30.99 ^a ±0.03	31.09 ^a ±0.56	30.73 ^{ab} ±0.37	30.68 ^{ab} ±0.23
	C	21.05 ^a ±0.20	20.39 ^{ab} ±0.40	20.58 ^{ab} ±0.45	20.07 ^{abc} ±0.01
	D	34.49 ^a ±0.14	34.17 ^{ab} ±0.67	33.38 ^{bc} ±0.12	33.28 ^{bc} ±0.13
45 องศา เซลเซียส	A	31.02 ^a ±0.29	31.19 ^a ±0.09	31.11 ^a ±0.25	31.71 ^a ±0.33
	B	30.99 ^a ±0.03	30.86 ^a ±0.33	30.71 ^{ab} ±0.21	30.51 ^{ab} ±0.24
	C	21.05 ^a ±0.20	20.77 ^{ab} ±0.31	20.33 ^{bc} ±0.36	19.99 ^c ±0.25
	D	34.49 ^a ±0.14	34.00 ^{ab} ±0.42	33.93 ^{abc} ±0.93	32.84 ^{bc} ±0.10

หมายเหตุ: ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A = ไม่เติมสารสกัด, B = เติมแซนแทนกัม, C = เติมสารหยาบจากอบเชย, D = เติมสารหยาบจากใบมะรุุม

ตารางผนวกที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาดจากสมุนไพร

อุณหภูมิการเก็บรักษา(สัปดาห์)	สิ่งทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	2	4	6
-18 องศาเซลเซียส	A	$0.31^a \pm 0.00$	$0.31^a \pm 0.02$	$0.31^a \pm 0.00$	$0.31^a \pm 0.00$
	B	$0.31^a \pm 0.01$	$0.31^a \pm 0.00$	$0.33^a \pm 0.01$	$0.33^a \pm 0.01$
	C	$0.30^a \pm 0.01$	$0.31^a \pm 0.01$	$0.31^a \pm 0.00$	$0.31^a \pm 0.02$
	D	$0.30^a \pm 0.01$	$0.30^a \pm 0.01$	$0.31^a \pm 0.01$	$0.31^a \pm 0.00$
อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส)	A	$0.31^a \pm 0.00$	$0.31^a \pm 0.02$	$0.31^a \pm 0.00$	$0.30^a \pm 0.00$
	B	$0.30^a \pm 0.01$	$0.31^a \pm 0.01$	$0.32^a \pm 0.00$	$0.32^a \pm 0.01$
	C	$0.30^b \pm 0.01$	$0.31^b \pm 0.01$	$0.31^{ab} \pm 0.00$	$0.33^a \pm 0.00$
	D	$0.30^a \pm 0.01$	$0.31^a \pm 0.00$	$0.32^a \pm 0.01$	$0.33^a \pm 0.01$
45 องศาเซลเซียส	A	$0.31^c \pm 0.00$	$0.31^{bc} \pm 0.02$	$0.33^b \pm 0.00$	$0.34^a \pm 0.01$
	B	$0.31^a \pm 0.01$	$0.32^a \pm 0.01$	$0.32^a \pm 0.00$	$0.34^a \pm 0.00$
	C	$0.30^d \pm 0.01$	$0.32^c \pm 0.01$	$0.33^b \pm 0.01$	$0.35^a \pm 0.00$
	D	$0.30^b \pm 0.01$	$0.32^b \pm 0.00$	$0.33^{ab} \pm 0.00$	$0.35^a \pm 0.01$

หมายเหตุ: a - d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A = ไม่เติมสารสกัด, B = เติมแซนแทนกัม, C = เติมสารหยาดจากอบเชย, D = เติมสารหยาดจากใบมะรุุม

ตารางผนวกที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริม
สารสกัดหยาบจากสมุนไพร

อุณหภูมิการ เก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่ง ทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	2	4	6
อุณหภูมิกึ่ง -18 องศา เซลเซียส ^{*ns}	A	150.12±2.63	149.56±8.48	148.96±0.84	148.34±1.36
	B	160.01±0.98	159.34±2.15	158.36±1.64	157.38 ±5.87
	C	160.51±4.52	159.40±3.17	158.76±6.74	157.03±0.16
	D	153.14±4.11	150.62 ±5.14	150.70±2.01	150.47±7.94
อุณหภูมิต่ำ (30±2 องศา เซลเซียส) ^{*ns}	A	150.12±2.65	149.83±0.53	149.12±1.01	148.61±9.48
	B	160.01±0.98	159.65±2.16	159.54±6.03	156.06±2.92
	C	160.51±4.52	159.67±8.14	158.75±3.15	157.98±5.57
	D	153.14±4.11	151.13±1.62	150.91±5.01	149.57±6.21
45 องศา เซลเซียส ^{*ns}	A	150.12±2.65	149.45±5.13	149.74±6.87	149.29±1.30
	B	160.01±0.98	158.37±9.24	159.40±3.18	157.03±0.16
	C	160.51±4.52	159.52±3.82	158.45±3.14	156.20±6.19
	D	153.14±4.11	151.52±4.78	148.30±2.15	147.81±8.14

หมายเหตุ: ^{*ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

A = ไม่เติมสารสกัด, B = เติมแซนแทนกัม, C = เติมสารหยาบจากอบเชย, D = เติม
สารหยาบจากใบมะรุุม

ตารางผนวกที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก
เสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

อุณหภูมิการ เก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่ง ทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	2	4	6
-18 องศา เซลเซียส ^{*ns}	A	3.06±0.01	3.04±0.31	3.07±0.21	3.10±0.04
	B	3.05±0.02	3.05±0.20	3.07±0.02	3.07±0.04
	C	3.00±0.06	3.08±0.06	3.07±0.02	3.08±0.02
	D	3.03±0.11	3.04±0.07	3.09±0.08	3.06±0.04
อุณหภูมิห้อง (30±2 องศา เซลเซียส)	A	3.06 ^a ±0.01	3.14 ^a ±0.28	3.25 ^a ±0.20	3.13 ^a ±0.09
	B	3.05 ^b ±0.02	3.08 ^{ab} ±0.12	3.10 ^{ab} ±0.01	3.24 ^a ±0.01
	C	3.00 ^b ±0.06	3.08 ^{ab} ±0.12	3.15 ^{ab} ±0.07	3.28 ^a ±0.01
	D	3.03 ^a ±0.11	3.14 ^a ±0.04	3.22 ^a ±0.16	3.30 ^a ±0.01
45 องศา เซลเซียส	A	3.06 ^c ±0.01	3.13 ^{bc} ±0.099	3.27 ^{ab} ±0.09	3.37 ^a ±0.04
	B	3.05 ^a ±0.02	3.20 ^a ±0.08	3.23 ^a ±0.38	3.39 ^a ±0.06
	C	3.00 ^b ±0.06	3.19 ^{ab} ±0.02	3.27 ^a ±0.09	3.33 ^a ±0.14
	D	3.03 ^b ±0.11	3.16 ^b ±0.01	3.34 ^a ±0.01	3.39 ^a ±0.06

หมายเหตุ: ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{*ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

A = ไม่เติมสารสกัด, B = เติมแซนแทนกัม, C = เติมสารหยาบจากอบเชย, D = เติมสารหยาบจากใบมะรุม

ตารางผนวกที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริม
สารสกัดหยาดจากสมุนไพร

อุณหภูมิการ เก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่ง ทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	2	4	6
-18 องศา เซลเซียส ^{*ns}	A	0.54±0.01	0.55±0.01	0.56±0.02	0.56±0.03
	B	0.53±0.00	0.54±0.00	0.55±0.02	0.55±0.01
	C	0.52±0.00	0.52±0.03	0.54±0.00	0.54±0.01
	D	0.50±0.00	0.53±0.03	0.53±0.00	0.54±0.01
อุณหภูมิห้อง (30±2 องศา เซลเซียส)	A	0.54 ^d ±0.01	0.58 ^c ±0.01	0.61 ^b ±0.00	0.69 ^a ±0.01
	B	0.53 ^d ±0.00	0.55 ^c ±0.01	0.58 ^b ±0.01	0.62 ^a ±0.01
	C	0.52 ^b ±0.00	0.53 ^b ±0.00	0.53 ^b ±0.01	0.56 ^a ±0.02
	D	0.50 ^c ±0.00	0.54 ^b ±0.00	0.54 ^b ±0.00	0.56 ^a ±0.01
45 องศา เซลเซียส	A	0.54 ^b ±0.01	0.67 ^a ±0.02	0.67 ^a ±0.02	0.70 ^a ±0.00
	B	0.53 ^c ±0.00	0.62 ^b ±0.00	0.62 ^b ±0.01	0.68 ^a ±0.02
	C	0.52 ^b ±0.00	0.54 ^b ±0.01	0.57 ^a ±0.01	0.59 ^a ±0.01
	D	0.50 ^c ±0.00	0.56 ^b ±0.01	0.58 ^{ab} ±0.00	0.60 ^a ±0.01

หมายเหตุ: ^{a-d} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{*ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

A = ไม่เติมสารสกัด, B = เติมแซนแทนกัม, C = เติมสารหยาดจากอบเชย, D = เติมสารหยาดจากใบมะรุมา

ตารางผนวกที่ 8 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลืองของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

อุณหภูมิการเก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่งทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	2	4	6
-18 องศาเซลเซียส	A	7.10 ^a ±0.88	7.02 ^a ±0.90	7.12 ^a ±0.75	7.16 ^a ±1.01
	B	7.08 ^a ±0.93	7.05 ^a ±0.98	6.94 ^a ±0.92	7.10 ^a ±0.88
	C	0.00	0.00	0.00	0.00
	D	0.00	0.00	0.00	0.00
อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส)	A	7.10 ^a ±0.88	7.07 ^a ±0.99	7.07 ^a ±0.75	7.18 ^a ±1.00
	B	7.08 ^a ±0.93	7.00 ^a ±0.99	6.89 ^a ±0.87	7.06 ^a ±0.84
	C	0.00	0.00	0.00	0.00
	D	0.00	0.00	0.00	0.00
45 องศาเซลเซียส	A	7.10 ^a ±0.88	6.97 ^a ±0.92	6.87 ^a ±0.76	7.08 ^a ±0.98
	B	7.08 ^a ±0.93	6.99 ^a ±0.93	6.87 ^a ±0.85	7.18 ^a ±0.86
	C	0.00	0.00	0.00	0.00
	D	0.00	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

A = ไม่เติมสารสกัด, B = เติมแซนแทนกัม, C = เติมสารหยาบจากอบเชย, D = เติมสารหยาบจากใบมะรุม

ตารางผนวกที่ ๑๑ การเปลี่ยนแปลงค่าสีน้ำตาลของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

อุณหภูมิการเก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่งทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	2	4	6
-18 องศาเซลเซียส	A	0.00	0.00	0.00	0.00
	B	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	9.80 ^a ±0.79	9.64 ^a ±0.90	9.52 ^a ±0.777	9.48 ^a ±0.81
	D	0.00	0.00	0.00	0.00
อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส)	A	0.00	0.00	0.00	0.00
	B	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	9.80 ^a ±0.79	9.41 ^a ±1.07	9.38 ^a ±0.80	9.43 ^a ±0.71
	D	0.00	0.00	0.00	0.00
45 องศาเซลเซียส	A	0.00	0.00	0.00	0.00
	B	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	9.80 ^a ±0.79	9.34 ^a ±0.98	9.30 ^a ±0.64	9.36 ^a ±0.68
	D	0.00	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

A = ไม่เติมสารสกัด, B = เติมแซนแทนกัม, C = เติมสารหยาบจากอบเชย, D = เติมสารหยาบจากใบมะรุ้ม

ตารางผนวกที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเขียวของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริม
สารสกัดหยาบจากสมุนไพร

อุณหภูมิการ เก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่ง ทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	2	4	6
อุณหภูมิการ เก็บรักษา (สัปดาห์) -18 องศา เซลเซียส	A	0.00	0.00	0.00	0.00
	B	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	0.00	0.00	0.00	0.00
	D	8.99 ^a ±1.03	9.05 ^a ±0.75	8.92 ^a ±0.78	8.93 ^a ±0.92
อุณหภูมิห้อง (30±2 องศา เซลเซียส)	A	0.00	0.00	0.00	0.00
	B	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	0.00	0.00	0.00	0.00
	D	8.99 ^a ±1.03	8.83 ^a ±0.96	8.72 ^a ±0.97	8.77 ^a ±0.83
45 องศา เซลเซียส	A	0.00	0.00	0.00	0.00
	B	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	0.00	0.00	0.00	0.00
	D	8.99 ^a ±1.03	8.79 ^a ±0.87	8.54 ^a ±0.91	8.68 ^a ±0.64

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความ
แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

A = ไม่เติมสารสกัด, B = เติมแซนแทนกัม, C = เติมสารหยาบจากอบเชย, D = เติมสาร
หยาบจากใบมะรุม

ตารางผนวกที่ 11 การเปลี่ยนแปลงกลิ่นหืนของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริม
สารสกัดหยาบจากสมุนไพร

อุณหภูมิการ เก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่ง ทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	2	4	6
-18 องศา เซลเซียส	A	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
	B	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
	C	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
	D	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
อุณหภูมิห้อง (30±2 องศา เซลเซียส)	A	0.00 ^b ±0.00	0.00 ^b ±0.00	0.56 ^b ±0.65	1.61 ^a ±0.82
	B	0.00 ^c ±0.00	0.38 ^{bc} ±0.46	0.52 ^b ±0.58	1.52 ^a ±0.44
	C	0.00 ^c ±0.00	0.00 ^c ±0.00	0.32 ^b ±0.41	0.95 ^a ±0.48
	D	0.00 ^b ±0.00	0.00 ^b ±0.00	0.05 ^b ±0.16	0.89 ^a ±0.83
45 องศา เซลเซียส	A	0.00 ^c ±0.00	0.60 ^b ±0.86	0.94 ^b ±0.61	2.14 ^a ±0.50
	B	0.00 ^c ±0.00	0.48 ^{bc} ±0.47	0.86 ^b ±0.80	2.14 ^a ±0.61
	C	0.00 ^b ±0.00	0.00 ^b ±0.00	0.55 ^b ±0.63	1.08 ^a ±0.98
	D	0.00 ^b ±0.00	0.00 ^b ±0.00	0.12 ^b ±0.36	2.01 ^a ±0.64

หมายเหตุ: ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A = ไม่เติมสารสกัด, B = เติมแซนแทนกัม, C = เติมสารหยาบจากอบเชย, D = เติมสารหยาบจากใบมะรุ้ม

ตารางผนวกที่ 12 การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริม
สารสกัดหยาบจากสมุนไพร

อุณหภูมิการ เก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่ง ทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	2	4	6
-18 องศา เซลเซียส ^{*ns}	A	8.37±0.94	8.17±0.74	8.02±0.90	8.11±0.69
	B	9.13±0.87	8.90±0.91	8.92±1.12	8.71±0.63
	C	9.27±0.94	9.08±0.93	8.72±1.03	8.68±0.92
	D	8.36±0.99	8.41±0.87	8.21±1.12	8.31±0.62
อุณหภูมิห้อง (30±2 องศา เซลเซียส) ^{*ns}	A	8.37±0.94	8.11±0.69	7.95±1.04	7.81±0.89
	B	9.13±0.87	8.75±0.73	8.57±0.71	8.46±0.83
	C	9.27±0.94	8.76±1.11	8.61±1.16	8.66±0.93
	D	8.36±0.99	8.29±1.01	8.17±1.14	8.24±0.57
45 องศา เซลเซียส ^{*ns}	A	8.37±0.94	8.06±0.72	7.64±1.04	7.54±0.80
	B	9.13±0.87	8.60±1.00	8.54±0.70	8.41±0.81
	C	9.27±0.94	8.69±1.04	8.47±0.99	8.46±1.06
	D	8.36±0.99	8.15±0.99	8.09±1.00	8.04±0.91

หมายเหตุ: ^{*ns} ที่อยู่ในแนวนอนเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($p > 0.05$)

A = ไม่เติมสารสกัด, B = เติมแซนแทนกัม, C = เติมสารหยาบจากอบเชย, D = เติม
สารหยาบจากใบมะรุม

ตารางผนวกที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่าการยอมรับของอาหารเข้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวกล้องงอก
เสริมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

อุณหภูมิการ เก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่ง ทดลอง	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	2	4	6
-18 องศา เซลเซียส	A	7.80 ^a ±0.92	7.45 ^{ab} ±0.98	7.05 ^{ab} ±0.80	6.65 ^{bc} ±0.78
	B	7.55 ^a ±0.69	7.25 ^a ±1.06	6.85 ^{ab} ±0.78	6.80 ^{ab} ±0.67
	C	7.90 ^a ±0.84	7.30 ^{ab} ±1.11	6.95 ^{bc} ±0.72	6.75 ^{bc} ±0.68
	D	7.75 ^a ±0.89	7.20 ^{ab} ±0.98	6.90 ^{bc} ±0.81	6.75 ^{bc} ±0.68
อุณหภูมิห้อง (30±2 องศา เซลเซียส)	A	7.80 ^a ±0.92	7.30 ^{ab} ±1.01	6.90 ^b ±0.74	6.80 ^b ±0.79
	B	7.55 ^a ±0.69	7.10 ^a ±1.20	6.75 ^{abc} ±0.82	6.70 ^{bc} ±0.71
	C	7.90 ^a ±0.84	7.40 ^{ab} ±0.94	7.05 ^{bc} ±1.09	6.95 ^{bc} ±0.60
	D	7.75 ^a ±0.89	7.30 ^{ab} ±1.01	6.80 ^{bc} ±0.98	6.70 ^{bc} ±0.67
45 องศา เซลเซียส	A	7.80 ^a ±0.92	7.10 ^{ab} ±1.05	6.75 ^{bc} ±0.63	6.65 ^{bc} ±1.03
	B	7.55 ^a ±0.69	7.00 ^{ab} ±0.94	6.55 ^{bc} ±1.19	6.40 ^{bc} ±1.10
	C	7.90 ^a ±0.84	7.05 ^{ab} ±1.09	6.70 ^{bc} ±0.67	6.60 ^{bc} ±0.88
	D	7.75 ^a ±0.89	7.15 ^{ab} ±1.00	6.55 ^{bc} ±1.12	6.40 ^{bc} ±0.81

หมายเหตุ: ^{a-d} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A = ไม่เติมสารสกัด, B = เติมแซนแทนกัม, C = เติมสารหยาบจากอบเชย, D = เติมสารหยาบจากใบมะรุุม

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวณัฐธิดา มหาชัยราชัน
วัน เดือน ปี ที่เกิด	16 มิถุนายน 2528
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	คศ.บ. (อาหารและโภชนาการพัฒนาผลิตภัณฑ์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (พ.ศ. 2550)
ผลงานวิชาการ	ณัฐธิดา มหาชัยราชัน กมลวรรณ แจ่มชัด และ อนุวัตร แจ่มชัด. 2554. ผลของไฮโดรคอลลอยด์และ ความชื้นของส่วนผสมต่อคุณภาพของอาหารเข้าชนิดแผ่น จากแป้งข้าวกล้องงอก. รายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 49 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	1. ทุนผู้ช่วยสอนจากภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะ อุตสาหกรรมเกษตร ภาคต้น ประจำปีการศึกษา 2552 2. ทุนสนับสนุนการวิจัย ประเภทบัณฑิตศึกษา จาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี งบประมาณ 2553