สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รหัสโครงการ 2558A11862023

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2558

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป

The Development of Instant Rice and Vegetable Salad (Koa Yum) Products

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณกัญภัทร จินดา
นางสาวนาราอร สว่างวงศ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สนับสนุนโดย สำนักบริหารโครงการวิจัยส่งเสริมการวิจัย
ในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

สงวนลิขสิทธิ์ ใช้ได้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สกอหมู่.....
เลขทะเบียน 145233
รับเมื่อ วัน.เดือน.ปี 31 ส.ค. 2560

ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป
แหล่งเงิน สำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
ประจำปีงบประมาณ 2558 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 250,000.- บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2557 ถึง กันยายน 2558
หัวหน้าโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณกัญภัทร จินดา
หน่วยงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
ผู้ร่วมโครงการวิจัย นางสาวนาราอร สว่างวงศ์
หน่วยงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวยำปักษ์ใต้กึ่งสำเร็จรูปและผลิตภัณฑอาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้กึ่งสำเร็จรูป จากการศึกษาชนิดของผักที่นิยมใส่ในข้าวยำปักษ์ใต้และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของข้าวยำปักษ์ใต้ โดยการสำรวจและเก็บตัวอย่างข้าวยำในจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช พบว่า ถั่วฝักยาว ตะไคร้บ้านและใบมะกรูดมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบพอลีฟีนอล ข้าวยำนคร (ข้าวยำที่ผสมเครื่องแกงเผ็ด) มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าข้าวยำน้ำบูดู แต่ข้าวยำน้ำบูดูได้รับความนิยมแพร่หลายมากกว่า การพัฒนาข้าวยำปักษ์ใต้กึ่งสำเร็จรูปนั้นการทำแห้งแบบเยือกแข็งให้คุณภาพด้านสี กลิน ลักษณะสัมผัสและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของข้าวสวย ถั่วฝักยาวหั่น ตะไคร้หั่นบาง และใบมะกรูดหั่นฝอยดีกว่าการทำแห้งแบบลมร้อน ข้าวหอมมะลิชนิดข้าวเก่า เหมาะสมต่อการทำข้าวสวยแห้ง ผลการศึกษาสูตรของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้กึ่งสำเร็จรูป พบว่าประกอบด้วยข้าวสวย 1000 กรัม ถั่วฝักยาวหั่นหยาบ 100 กรัม ตะไคร้หั่นบาง 100 กรัม ใบมะกรูดหั่นหยาบ 20 กรัม เนื้อมะพร้าวขูดอบแห้ง 100 กรัม กุ้งแห้งป่น 20 กรัม เกลือป่น 2 กรัม น้ำตาลทราย 25 กรัม และ น้ำมันหอย 40 กรัม เมื่อทำเป็นชิ้นหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร ขนาด 20 กรัม จะได้จำนวน 70 ชิ้น โดยอุณหภูมิอบแห้งที่เหมาะ คือ 70° C อุณหภูมิน้ำมันที่เหมาะสมต่อการทอดผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้แบบ deep fry คือ 220° C อายุการเก็บรักษาข้าวสวยแห้ง ถั่วฝักยาวหั่นบาง ตะไคร้หั่นบาง และใบมะกรูดหั่นฝอย ที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่ามีอายุเก็บรักษาได้นานกว่า 12 เดือน สำหรับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้กึ่งสำเร็จรูปในถุงพลาสติก แบบสุญญากาศนั้น สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 5 เดือน

คำสำคัญ : กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ, การทำแห้งแบบเยือกแข็ง, ข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป, อาหารว่างข้าวยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: The Development of Instant Rice and vegetable Salad (Koa Yum) Products

Researcher: Asst. Nakanyapatthara Jinda (Ph.D)

Faculty: General Sciece, Prince of Chumphon campus **Department:** Biotechnology

Co-Researcher: Miss Naraon Sawangwong

Faculty: Prince of Chumphon campus

ABSTRACT

The objectives of this research are to develop the instant rice and vegetable salad (Koa Yum Boo Doo) product and the instant snack product of rice and vegetable salad. The studying of the kind of vegetable and the antioxidant activity of Koa Yum Boo Doo were investigated by surveying and collecting samples in Chumphon, Surat Thanii and Nakon Sri Tham Marat which are provinces in Southern of Thailand. The yard long bean, lemongrass and bergamot leave which are basal ingredients of Koa Yum Pak Tai recipe showed the antioxidant activity. Kho Yum Nakon (rice and vegetable salad mixed with hot curry paste) provided the higher activity of antioxidant and phenolic compound content than Koa Yum Boo Doo but Koa Yum Boo Doo are more famous. For development of the instant Koa Yum Boo Doo, the freeze drying were used to dried the cooked rice, thin sliced yard long bean, the thin sliced lemongrass and the thin slice bergamot leave. This drying process provided better quality of hardness, color, odor and antioxidant activity than the hot air process. Koa Hom Ma Li stored over year was suitable for producing of instant Koa Yum Boo Doo. The recipe of the instant snack product of rice and vegetable salad is 1000 g, cooked rice; 100 g, sliced yard long bean; 100 g, sliced lemongrass; 20 g, thin sliced bergamot leave, 100 g, roasted coconut kernel; 20 g, dried shrimp powder; 2 g, salt; 25 g, sugar; and 40 g, oyster sauce. Seventy pieces of the instant snack were obtained. The suitable temperature for drying of the instant snack were 70° C and the suitable for frying this product was 220° C. The shelf life of freeze dried products stored at room temperature were more than 12 months when packaged in aluminium foil bag. The instant snack products of rice and vegetable salad packaged in plastic bag by vacuum seal could be stored 5 months at room temperature.

Keywords : Anti-oxidant activity; Freeze drying; Instant Rice and vegetable Salad; Rice and vegetable snack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558

ขอขอบคุณน้องๆนักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือทางด้านวิทยาศาสตร์ แห่งมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบังกรุงเทพฯ ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยจนแล้วเสร็จ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ งานวิจัย งานการเงิน งานพัสดุ และงานบุคคลการ วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร ที่แนะนำข้อมูล และอำนวยความสะดวกในการเบิกจ่ายทุนวิจัย และดำเนินการด้านเอกสารในการจัดซื้อจัดจ้างเป็นอย่างดีจนงานวิจัยแล้วเสร็จ

ขอกราบขอบพระคุณครู อาจารย์อดีตจนถึงปัจจุบันที่ได้สั่งสอน อบรม ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์จนกระทั่ง ผู้วิจัยสามารถปฏิบัติลุล่วงสำเร็จ

ขอขอบพระคุณเจ้าของตัวอย่างข้าวยำทุกท่านที่อนุเคราะห์ตัวอย่างข้าวยำ และกรุณาถ่ายทอดความรู้และแนะนำเทคนิคการปรุงข้าวยำให้กับผู้วิจัย

สุดท้ายขอขอบคุณครอบครัวที่ได้สนับสนุนเวลาในการเดินทางเก็บตัวอย่างและการทำวิจัยและให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

ผศ.ดร.ณกัญภัทร จินดา
นางสาวนาราอร สว่างวงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VIII
สัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย	X
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	5
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	44
บทที่ 4 ผลการวิจัย	53
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	94
บทที่ 6 ผลผลิต (Output)	96
รายงานสรุปการเงิน ประจำปีงบประมาณ 2558	100
เอกสารอ้างอิง	101
ภาคผนวก	109
ภาคผนวก ก	110
ภาคผนวก ข	113
ภาคผนวก ค	116
ประวัตินักวิจัย	120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 โภชนาการของส่วนผสมของข้าวยำน้ำบูดู	5
2.2 ประเภทข้าวที่แบ่งตามปริมาณอะมิโลส	7
2.3 ประเภทของข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก	8
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่างและอุณหภูมิแป้งสุก	9
2.5 พันธุ์ข้าวที่จัดแบ่งตามคุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน	10
2.6 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อมะพร้าว(แก่)สด เนื้อมะพร้าวแห้ง น้ำมะพร้าว และ กากมะพร้าว (กรัม / 100 กรัม)	11
2.7 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของกุ้งสดและกุ้งแห้ง	14
2.8 คุณค่าทางอาหารโดยเฉลี่ยของพริกสดสีแดงและพริกสดสีเขียวต่อน้ำหนัก 100 กรัม	15
2.9 ความแตกต่างระหว่างการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน	29
3.1 พื้นที่เก็บตัวอย่างและจำนวนตัวอย่างข้าวยำปักษ์ใต้	45
3.2 อัตราส่วนโดยน้ำหนักของส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป	51
4.1 ชนิดและปริมาณของส่วนผสมในข้าวยำปักษ์ใต้	54
4.2 กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอล (wet basis) ในผักที่เป็นส่วนผสมในข้าวยำปักษ์ใต้	55
4.3 กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอล (dried basis) ในผักที่เป็นส่วนผสมในข้าวยำปักษ์ใต้	56
4.4 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวยำปักษ์ใต้	57
4.5 ค่าสี L*a*b ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่และข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าที่อบแห้งด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	62
4.6 การคืนรูปของข้าวสวยหอมมะลิอบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 140°C และข้าวสวยหอมมะลิและข้าวสวยดราน้ำเต้าที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	66
4.7 ค่า Hardness และ Stickiness ของข้าวสวยอบแห้งคืนรูป	68
4.8 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของถั่วฝักยาวหั่นบางที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งคืนรูป	74
4.9 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของถตะไคร้หั่นบางที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งคืนรูป	74
4.10 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของใบมะกรูดหั่นฝอยที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งคืนรูป	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.11	ค่าสีและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของถั่วฝักยาวหั่นบางที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งคืนรูป	76
4.12	ค่าสีและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของตะไคร้หั่นบางที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งคืนรูป	76
4.13	ค่าสีและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของใบมะกรูดหั่นฝอยที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งคืนรูป	76
4.14	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของสูตรผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่มีปริมาณตะไคร้แตกต่างกัน	78
4.15	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของสูตรผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่มีปริมาณถั่วฝักยาวแตกต่างกัน	79
4.16	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของสูตรผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่มีปริมาณใบมะกรูดแตกต่างกัน	81
4.17	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของสูตรผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่มีปริมาณมะพร้าวขูดคั่วแตกต่างกัน	82
4.18	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป	83
4.19	อัตราส่วนโดยน้ำหนักของส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A001 และ A009	83
4.20	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่อบแห้งอุณหภูมิต่างๆ	84
4.21	ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปก่อนและหลังอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ	85
4.22	ค่าสี L*a*b ของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำทอดที่อุณหภูมิ 200° C และอุณหภูมิ 220° C	86
4.23	ค่าความกรอบและการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น และ ความกรอบ ของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำทอดที่อุณหภูมิ 200° C และอุณหภูมิ 220° C	86
4.24	ค่าสี ค่า water activity (a_w) และ ปริมาณสปอร์ของเชื้อรา ในระหว่างการเก็บรักษาข้าวสวยหอมมะลิอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	88
4.25	ค่าสี ค่า water activity (a_w) และ ปริมาณสปอร์ของเชื้อรา ในระหว่างการเก็บรักษาถั่วฝักยาวหั่นบางแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	89
4.26	ค่าสี ค่า water activity (a_w) และ ปริมาณสปอร์ของเชื้อรา ในระหว่างการเก็บรักษาตะไคร้หั่นบางแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

4.27 ค่าสี ค่า water activity (a_w) และ ปริมาณสปอร์ของเชื้อรา ในระหว่างการเก็บรักษา มะกรูดหั่นฝอยแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน 90

4.28 ผลประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และ ความแข็ง ของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่มีอายุการเก็บรักษา 1 2 3 4 5 และ 6 เดือน 92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แผนผังการเปลี่ยนสถานะของน้ำ	25
2.2 ปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทอด	35
3.1 ขั้นตอนการศึกษาคุณค่าโภชนาการและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของข้าวยำปักษ์ใต้โดยสรุป	47
4.1 การเปลี่ยนแปลงของค่า L* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าและชนิดใหม่ที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 140° C	58
4.2 การเปลี่ยนแปลงของค่า a* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าและชนิดใหม่ที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 140° C	59
4.3 การเปลี่ยนแปลงของค่า b* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าและชนิดใหม่ที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 140° C	60
4.4 พื้นผิวรอยหักของข้าวสวยอบแห้งที่หุงจากข้าวสารหอมมะลิชนิดข้าวเก่าที่อบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 140° C นาน 35 นาที	64
4.5 พื้นผิวรอยหักของข้าวสวยอบแห้งที่หุงจากข้าวสารตราน้ำเต้าที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	65
4.6 พื้นผิวรอยหักของข้าวสวยอบแห้งที่หุงจากข้าวสารหอมมะลิชนิดข้าวเก่าที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	67
4.7 ชนิดของผักประกอบที่ผู้บริโภคคิดว่าต้องมีในข้าวยำน้ำบูดู	69
4.8 ลักษณะพื้นผิว และลักษณะโครงสร้างของรอยหักของถั่วฝักยาวหั่นบางอบแห้ง	71
4.9 ลักษณะพื้นผิว และลักษณะโครงสร้างของรอยหักของตะไคร้หั่นบางอบแห้ง	72
4.10 ลักษณะพื้นผิว และลักษณะโครงสร้างของรอยหักของใบมะกรูดหั่นฝอยอบแห้ง	73
4.11 ผลการประเมินความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทั่วไป	87
4.12 การเปลี่ยนแปลงค่า water activity (a_w) ค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (TBARS) และการเจริญเติบโตของเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป	91
6.1 ปกหน้า และปกใน หนังสือ เรื่อง ข้าวยำ วัฒนธรรมร่วมแห่งอุษาคเนย์	98
6.2 บทคัดย่อ บทความวิจัยที่นำเสนอในที่ประชุมวิชาการ	99
ก 4.1 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิค	112
ข1 ข้าวสวยหอมมะลิ (เก่า) (ซ้าย) และ ข้าวสวยตราน้ำเต้า (ขวา) ที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีอายุการเก็บรักษามากว่า 12 เดือน	113
ข 2 ถั่วฝักยาวหั่นบางที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่มีอายุการเก็บรักษามากว่า 12 เดือน	113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข 3	ตะไคร้หั่นบางที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่มีอายุการเก็บรักษามากกว่า 12 เดือน	114
ข 4	ใบมะกรูดหั่นฝอยที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่มีอายุการเก็บรักษามากกว่า 12 เดือน	114
ข 5	ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปแบบต่างๆที่มีอายุการเก็บรักษา 5 เดือน	115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย/คำอธิบาย
^{o}C	องศาเซลเซียส
mg	มิลลิกรัม
g	กรัม
µL	ไมโครลิตร
µg	ไมโครกรัม
N	Newton
mM	มิลลิโมลาร์
d.b.	Dry basis หรือ โดยน้ำหนักแห้ง
ppm	พันส่วนในหนึ่งล้านส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ข้าวยำเป็นอาหารพื้นบ้านภาคใต้ที่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ข้าวยำมีรสชาติอร่อย มีรสชาติไม่เผ็ดร้อนเหมือนอาหารพื้นบ้านภาคใต้ อีกทั้งยังอุดมศักดิ์ไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ สรรพคุณทางสมุนไพร และเส้นใยที่ได้จากพืชผัก หลากหลายชนิด และอาหารทะเลที่ได้จากเนื้อปลาแห้ง กุ้งแห้ง และน้ำบูดู ข้าวยำจึงเป็นอาหารอีกชนิดหนึ่งที่เป็นที่ชื่นชอบของทั้งคนไทยและชาวต่างประเทศ และกลุ่มผู้รักสุขภาพ

ปัจจุบันมีการพัฒนาข้าวยำให้มีคุณค่าทางโภชนาการและเพิ่มมูลค่าให้มากยิ่งขึ้น ด้วยการหุงข้าวสำหรับข้าวยำด้วยน้ำสมุนไพรที่ให้สีต่างๆ เช่นใบยอ ใบพาโหม อัญชัน ขมิ้น ฝาง เพื่อให้ได้ข้าวที่มีสีสรรสวยงามน่ารับประทาน และเป็นอาหารสำหรับต้อนรับแขกบ้านแขกเมืองได้เป็นอย่างดี

อย่างไรก็ตาม การเตรียมส่วนผสมของข้าวยำจำเป็นต้องมีส่วนผสมหลายชนิดได้แก่ ส่วนผสมแห้งเช่น ปลาแห้งป่น กุ้งแห้งป่น พริกแห้งป่น มะพร้าวขูดอบแห้ง ส่วนผสมสดที่เป็นผักสดหลายชนิด โดยเฉพาะผักพื้นบ้านที่ต้องนำมาหั่นฝอย และน้ำบูดู ซึ่งจะต้องมีกรรมวิธีการเตรียมน้ำบูดู ก่อนที่จะนำไปราดและคลุกเคล้ากับส่วนผสมของข้าวยำ ซึ่งทำให้การเตรียมข้าวยำเป็นเรื่องที่ต้องใช้เวลาและมีความยุ่งยาก นอกจากนี้เนื่องจากข้าวยำเป็นอาหารที่มีส่วนผสมส่วนใหญ่เป็นอาหารสด โดยเฉพาะผักสดที่มักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหลังจากหั่นทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ทำให้ดูไม่น่ารับประทาน และทำให้ข้าวยำเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว แม้ว่าจะมีการพัฒนาข้าวยำเป็นข้าวยำพร้อมบริโภค ที่สามารถเก็บรักษาข้าวยำได้ในระยะเวลาไม่เกิน 6 วัน แต่ต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5° ซ (บุษบา, 2552) แต่ก็เป็นเพียงระยะเวลาสั้นๆ ทำให้มีข้อจำกัดในการบริโภคและจัดจำหน่ายโดยเฉพาะในต่างประเทศ

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาข้าวยำน้ำบูดูเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป โดยมุ่งเน้นการพัฒนาข้าวยำให้เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบใหม่ที่ยังคงรักษาคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ทางชีวภาพของสมุนไพร เช่นกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ กิจกรรมต้านแบคทีเรีย เป็นต้น และเพิ่มความสะดวกในการบริโภคข้าวยำ สามารถเป็นสินค้าโอทอป สินค้าประเภทของฝาก หรือสินค้าเพื่ออุตสาหกรรมส่งออก อันเป็นการเพิ่มมูลค่าของสมุนไพรด้วยอาหารถิ่นภาคใต้อีกชนิดหนึ่งได้ โดยคณะผู้วิจัยสนใจการพัฒนาข้าวยำ ใน 2 รูปแบบ คือ ข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปซึ่งเป็นอาหารประเภทหนึ่งก่อนรับประทาน (Par-steamed food) และ ข้าวยำอบแห้ง ซึ่งเป็นอาหารประเภทอาหารว่าง (snack food) อีกประเภทหนึ่ง

ข้าวยำประกอบด้วยส่วนผสม 3 ลักษณะคือ 1) ส่วนผสมที่มีลักษณะแห้ง ได้แก่ กุ้งแห้งป่น ปลาแห้งป่น มะพร้าวขูดคั่วแห้ง พริกแห้งป่น 2)ส่วนผสมที่มีลักษณะเปียก ได้แก่ ข้าวสวย ผักสดหั่นฝอย หรืออามีผลไม้ชิ้นเล็กๆ เช่นเนื้อส้มโอ มะเฟือง เป็นต้น และ 3)ส่วนผสมที่เป็นของเหลว คือ น้ำบูดู น้ำมะนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากลักษณะของส่วนประกอบของข้าวยำน้ำบูดูสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ข้าวยำน้ำบูดูกึ่งสำเร็จรูป และข้าวยำอบแห้งได้โดยอาศัยเทคโนโลยีการอาหารมาช่วยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังนี้

1.ข้าวยำน้ำบูดูกึ่งสำเร็จรูป ใช้เทคโนโลยีการนึ่งและเทคโนโลยีการแช่แข็งสำหรับเตรียมข้าวสวยกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งสามารถคืนสภาพเป็นข้าวสวยได้หลังจากการนึ่ง หรือการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ และเทคโนโลยีการแช่แข็งสำหรับการเก็บรักษาผักสดที่เป็นส่วนผสมของข้าวยำ ตลอดจนเทคโนโลยีการสเตอริไลส์น้ำบูดูที่ทำหน้าที่เสมือนน้ำสลัด (Dressing)

2.ข้าวยำอบแห้ง: ด้วยส่วนผสมที่มีลักษณะแห้ง ซึ่งเมื่อคลุกรวมกับข้าวสวยแล้ว ทำให้มีความชื้นที่ไม่สูงมากนัก จึงสามารถใช้เทคโนโลยีการทำแห้ง มาช่วยทำแห้ง และสามารถนำไปทอดด้วยเทคโนโลยีการทอดเพื่อคงคุณค่าทางโภชนาการของส่วนผสมให้ได้มากที่สุด ตลอดจนเทคโนโลยีการสเตอริไลส์น้ำบูดูที่ทำหน้าที่เสมือนน้ำจิ้ม(Dip)

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

1.2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาข้าวยำให้เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบใหม่ที่ยังคงรักษาคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ทางชีวภาพของสมุนไพร และเพิ่มความสะดวกในการบริโภคข้าวยำ สามารถเป็นสินค้าโอทอป สินค้าประเภทของฝาก หรือสินค้าเพื่ออุตสาหกรรมส่งออก ใน 2 รูปแบบ คือ ข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งเป็นอาหารประเภทนึ่งก่อนรับประทาน (Par-steamed food) และ ข้าวยำทอดกรอบ ซึ่งเป็นอาหารประเภทอาหารว่าง โดยมีวัตถุประสงค์เชิงปฏิบัติการทดลองดังนี้

1.2.1.1 เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ และกิจกรรมต้านแบคทีเรียของส่วนผสมแต่ละชนิดของข้าวยำ

1.2.1.2 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวสวยกึ่งสำเร็จรูป

1.2.1.3 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวสวยและผักอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งและแบบลมร้อน

1.2.1.4 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำอาหารว่างข้าวยำอบแห้ง

1.2.1.5 เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ และ กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ ของส่วนผสมแต่ละชนิดของข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป และข้าวยำอบแห้ง

1.2.2 ขอบเขตการวิจัย

1.2.2.1 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ และกิจกรรมต้านแบคทีเรียของส่วนผสมแต่ละชนิดของข้าวยำ เปรียบเทียบกับข้าวยำที่คลุกผสมแล้ว โดยเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ต่างๆใน จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และ นครศรีธรรมราช ไม่น้อยกว่า 30 ตัวอย่าง

1.2.2.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวสวยกึ่งสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2.3 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวยสวยและผักแห้งแช่แข็ง และศึกษาสมบัติการคืนตัว ตรวจสอบโครงสร้างด้วย Scanning Electron Microscope ตลอดจนคุณค่าทางโภชนาการ และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของข้าวยสวยและผักอบแห้งที่ได้

1.2.2.4 ศึกษาสัดส่วนของส่วนผสมของอาหารว่างข้าวยำอบแห้ง และศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำแห้งโดยใช้คุณค่าทางโภชนาการ กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ และการยอมรับของผู้บริโภคเป็นเกณฑ์

1.2.2.5 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ ของส่วนผสมแต่ละชนิดของข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป ข้าวยำอบแห้ง และข้าวยำทอดกรอบ (ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปของข้าวยำอบแห้ง)ตลอดจนศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ได้

1.2.2.6 6. ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้และคำนวณต้นทุนการผลิต

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย

มีวิธีดำเนินการวิจัยโดยสรุปดังนี้

1.3.1 เก็บตัวอย่างข้าวยำในพื้นที่จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราชจำนวน 48 ตัวอย่าง

1.3.2 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวยำและน้ำบูดูที่เก็บตัวอย่างได้ โดยวิธี A.O.A.C. (2000) จำแนกชนิดและปริมาณของส่วนผสมแต่ละชนิดในข้าวยำที่เก็บตัวอย่างมาได้ และศึกษาโครงสร้างรูพรุนของเมล็ดข้าวก่อนและหลังคลุกกับน้ำบูดูด้วยเครื่อง SEM (Scanning Electron Microscope)

1.3.3 ศึกษากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH°, TBAR และ FRAP และกิจกรรมต้านแบคทีเรียของส่วนผสมแต่ละชนิดของข้าวยำ

1.3.4 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวสวยกึ่งสำเร็จรูป โดยการศึกษาระยะเวลาการแช่ข้าวหอมมะลิ (ข้าวเก่า) เป็นเวลา 0 5 และ 10 นาที วัดปริมาณความชื้น ก่อนนำไปหุงด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า จากนั้นจึงทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60° ซ จนกระทั่งมีปริมาณความชื้นในรูป water activity ไม่เกิน 0.03 เปรียบเทียบกับการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จากนั้นจึงศึกษาการคืนรูปของข้าวโดยการนึ่ง โดยพิจารณาจากค่าความเหนียว ค่าความแข็งของเม็ดข้าว โครงสร้างรูพรุนของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง SEM (Scanning Electron Microscope) และการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค

1.3.5 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตผักแห้งแช่แข็งโดยศึกษาอุณหภูมิแช่แข็งที่ -20 และ -10° ซ และทำแห้งด้วยวิธีเยือกแข็ง จากนั้นตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการ ลักษณะทางกายภาพได้แก่ สี ด้วย colorimeter ความหนาแน่น โครงสร้างรูพรุนของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง SEM (Scanning Electron Microscope) เปรียบเทียบกับการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.6 ศึกษาสัดส่วนผสมของเครื่องข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป และทำการคัดเลือกสัดส่วนเครื่องผสมข้าวยำตามผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค และต้นทุนการผลิต

1.3.7 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำแห้งข้าวยำแห้ง ด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60° ซ จนกระทั่งมีปริมาณความชื้นในรูป water activity ไม่เกิน 0.03 เปรียบเทียบกับการทำแห้งแบบเยือกแข็งจากนั้นจึงนำไปทอดกรอบและพิจารณาค่าความเหนียว ค่าความแข็งของเมล็ดข้าว ค่าความกรอบ คุณค่าทางโภชนาการ กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ โครงสร้างรูพรุนของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง SEM (Scanning Electron Microscope) การทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค และ ต้นทุนการผลิต

1.3.8 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป อาหารว่างข้าวยำอบแห้ง และ อาหารว่างข้าวยำทอดกรอบ ที่ได้ โดยเก็บรักษาในถุงฟอยล์เคลือบพลาสติกพอลิโพรพิลีน เป็นเวลา 3 เดือน โดยเก็บตัวอย่างทุกๆ 2 สัปดาห์ มาตรวจสอบการเปลี่ยนสภาพทางกายภาพ เช่น สี กลิ่น การเจริญของจุลินทรีย์ คุณค่าทางโภชนาการ และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระที่เปลี่ยนแปลง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ 2 ชนิดคือข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป และข้าวยำอบแห้งที่นำมาทอดกรอบเป็นข้าวยำทอดกรอบ จากข้าวยำซึ่งเป็นอาหารถิ่นภาคใต้

1.4.2 ได้กรรมวิธีการผลิต ข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป ข้าวยำอบแห้งและข้าวยำทอดกรอบ

1.4.3 สามารถเพิ่มมูลค่าสมุนไพร และอาหารพื้นบ้านภาคใต้ของไทย

1.4.4 สามารถเพิ่มรายได้จากผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ผลิตจากข้าวยำได้หลายระดับชั้นเช่น ระดับชุมชน (โอทอป) สินค้าของฝาก (Premium souvenir) สินค้าอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออก

1.4.5 ก่อเกิดเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ที่สามารถจดอนุสิทธิบัตรหรือสิทธิบัตรได้ อย่างน้อย 2 เรื่อง

1.4.6 ตีพิมพ์ผลงานในวารสารทางวิชาการทั้งระดับชาติและนานาชาติ และนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ

1.4.7 เผยแพร่ผลงานและถ่ายทอดผลงานผ่านสื่อ เว็บไซท์ และอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

ข้าวยำน้ำบูดู เป็นอาหารที่มีสารอาหารครบทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามินและเกลือแร่ ด้วยประกอบด้วยพืชผักผลไม้สด ปลาป่น กุ้งป่น ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนและไขมัน มะพร้าวขูดคั่วแห้งเป็นแหล่งไขมันและใยอาหาร ตลอดจนน้ำบูดูซึ่งเป็นน้ำปรุงรสของข้าวยำซึ่งได้จากการหมัก

กุ้ง เคย หรือปลา ซึ่งเป็นแหล่งซองเปบไทด์ และอูมามิ ตารางที่ 2.1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของส่วนผสมต่างๆในข้าวยำน้ำบูดู ซึ่งจะเห็นว่าข้าวยำเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง

ตารางที่ 2.1 โภชนาการของส่วนผสมของข้าวยำน้ำบูดู

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	โภชนาการ			
		พลังงาน (Kcal)	คาร์โบไฮเดรต (%)	ไขมัน (%)	โปรตีน (%)
ข้าวสุก	25	920	20.2	0.1250	1.8900
ถั่วงอก	15	5.25	0.99	0.0300	0.5700
ตะไคร้	5	6.30	1.28	0.1050	0.0600
ถั่วพูหั่นฝอย	15	4.35	0.84	0.0450	1.4050
ถั่วฝักยาวหั่นฝอย	20	7.60	1.64	0.0400	0.5600
แตงกวาหั่นหยาบ	20	3.00	0.68	0.0200	0.1800
เนื้อส้มโอ	20	13.40	3.56	0.0400	0.1000
กุ้วแห้งคั่วป่น	10	29.90	0.32	0.3600	5.9040
มะพร้าวคั่ว	5	6.92	0.188	0.7060	0.0700
น้ำบูดู	15	3.40	0.767	0.0064	0.0676
รวม	-	172.12	30.465	1.4774	9.8026

ที่มา: ศรีสมร (2542)

2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของข้าวยำน้ำบูดู

ข้าวยำน้ำบูดูเป็นอาหารที่มีส่วนประกอบเป็นข้าวสวย หรือข้าวสุก ของแห้งป่น น้ำบูดู คลุกเคล้ากับผักหลากหลายชนิด ส่วนประกอบในข้าวยำที่พบได้ทั่วไปมีดังนี้

2.1.1 ข้าวสุก (Cooked rice)

ข้าว (rice)คือ พืชล้มลุกใบเลี้ยงเดี่ยวตระกูลหญ้า (Gramineae) พบได้ในเขตร้อนและเขตอบอุ่น สายพันธุ์ข้าวที่นิยมเพาะปลูกเพื่อการบริโภค มี 2 สายพันธุ์(Linares, 2002) ได้แก่ข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายพันธุ์เอเชีย (Oryzasativa)และข้าวสายพันธุ์แอฟริกา (Oryzaglaberrima) เป็นธัญพืชที่มีความหลากหลายทางสาย พนัธุ์ค่อนข้างสูง มีวงชีวิตสั้นเพียง 3 – 7 เดือน ลำต้นกลม ตั้งตรง ใบเป็นแผ่นแบนเรียวยาวดอกข้าวมี ลักษณะเป็นช่อ เรียกว่า ช่อดอก มีแขนงบนช่อดอกเป็นแบบรวง (panicle) แต่ละแขนงจะมีดอกข้าว เกิดขึ้นบนก้านดอก เฉลี่ย 50 – 500 ดอก (สุพรรณี, 2549) ในเวลาต่อมาดอกข้าวจะพัฒนามาเป็ นเมล็ด ข้าว (rice grain) สำหรับโครงสร้างเมล็ดข้าว มีส่วนประกอบหลัก คือ เปลือกข้าว เมล็ดข้าว ร าข้าว และจมูกข้าว ในส่วนของเปลือกข้าวจะอยชู่ น้ นอกสุดและห่อหุม้ข้าวกลอ้งไว้ถัดมาจะเป็นส่วน ของข้าวกล้อง ซึ่งมีชั้นของรำข้าวเคลือบอยู่ถ้านำข้าวกล้องมาผ่านการขัดสีจะได้ปริมาณรำข้าว 8 – 9% จมูกข้าว 2 – 3% และข้าวสาร 60 – 73% (อรอนงค์, 2550)

สายพันธุ์ข้าวที่นิยมนำมาบริโภคในหลายประเทศทั่วโลก แบ่งออกได้เป็น 2 สายพันธุ์หลัก คือ สายพันธุ์เอเชียและสายพันธุ์แอฟริกา แต่สำหรับสายพันธุ์ที่นิยมเพาะปลูกเพื่อการค้าในตลาดโลก คือ สายพันธุ์เอเชีย (อัมมาร และ วิโรจน์, 2533) ซึ่งสามารถแบ่งตามพื้นที่เพาะปลูกและลักษณะเมล็ดได้เป็น 3 สายพันธุ์ย่อย(subspecies) ดังนี้

1) ข้าวอินดิคา (indica)คือ ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดยาวรีเป็นข้าวที่สามารถปรับตัวเข้ากับ สภาพต่าง ๆ ได้ดี จึงนิยมปลูกในเขตมรสุม ข้าวอินดิคาพันธุ์ที่มีชื่อเสียงในประเทศไทย คือ ข้าวหอมมะลิ (jusmine rice)
2) ข้าวจาปอนิคา (japonica) คือ ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดป้อมกลมรี เป็นข้าวที่ปลูกในเขตอบอุ่น ได้แก่ประเทศจีน ญี่ปุ่น และเกาหลี
3) ข้าวจาวานิคา (javanica)คือข้าวที่มีลักษณะเมล็ดป้อมใหญ่ให้ผลผลิตต่ำกว่าข้าวอินดิคาจึงไม่นิยมเพาะปลูก

ข้าวอินดิคา และ จาปอนิคา สามารถแบ่งประเภทตามสัดส่วนของปริมาณอะไมโลส (amylose) และ อะไมโลเพกติน (amylopectin) ที่เป็นองค์ประกอบของสตาร์ชได้เป็น 2 กลุ่ม (Juliano, 1971) คือ ข้าวเจ้า (non-glutinous rice) และข้าวเหนียว (glutinous rice) ส าหรับข้าวเจ้าคือข้าวที่สตาร์ชมีปริมาณ อะไมโลส ร้อยละ 9 – 33 ได้แก่พันธุ์ดอกมะลิ 105, พันธุ์ปทุมธานี 60, พันธุ์กข7, พันธุ์เหลืองประทิว 123, พันธุ์ขาวดาแห้ง 17, พันธุ์พัทลุง 60, พันธุ์สุพรรณบุรี 1 และพันธุ์สุรินทร์ 1 เป็ นต้น โดยเมล็ด ข้าวสารจะมีสีขาวใส เมื่อหุงสุกจะมีความเหนียวน้อยกว่า ข้าวเหนียว สำหรับข้าวเหนียว สตาร์ชข้าวจะมีปริมาณอะไมโลส 5 – 7% ได้แก่พันธุ์สันป่ าตอง 1, พันธุ์สกลนคร, พันธุ์กข 2, พันธุ์กข 6และ พันธุ์กข 8 เป็นต้น โดยเมล็ดข้าวสารจะมีสีขาวข่นุ เมื่อหุงสุกจะเหนียวติดกัน ในประเทศไทยนิยมเพาะปลูกข้าวอินดิคาทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว โดยข้าวเจ้านิยมเพาะปลูกและบริโภคกันทุกภูมิภาค แต่ข้าวเหนียวจะนิยมเพาะปลูกและบริโภคกันมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.1.1.1 คุณภาพการหุงต้มของข้าว

สมบัติทางเคมีและกายภาพมีความสำคัญต่อการทดสอบและประเมินคุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน เนื่องจากความนิยมในการรับประทานของผู้บริโภคในแต่ละประเทศจะแตกต่างกันไป ขึ้นกับคุณภาพการหุงต้มและลักษณะการรับประทาน เช่นชาวยุโรป จีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ญี่ปุ่น เกาหลี ชอบรับประทานข้าวที่เหนียว นุ่ม และจับกันเป็นก้อน สมบัติทางเคมีและกายภาพที่มีผลต่อการหุงต้มและการรับประทานมีดังนี้

1) ปริมาณอะมิโลส (Amylose content)

สตาร์ชในเมล็ดข้าวมีอะมิโลเพคติน (Amylopectin) เป็นองค์ประกอบหลัก และมี อะมิโลส (Amylose) เป็นองค์ประกอบรอง อัตราส่วนระหว่างอะมิโลสและอะมิโลสเพคตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ข้าวที่มีอะมิโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ ทำให้ข้าวสุกมีลักษณะทึบแสง ไม่ร่วน และข้าวสุกขยายตัวตามปริมาตรได้มากกว่าหรือที่เรียกว่า "หุงขึ้นหม้อ" ส่วนความนุ่มและความเหนียวของข้าวสุกจะขึ้นกับสัดส่วนของอะมิโลเพคตินในสตาร์ช ข้าวเหนียวมักมีอะมิโลเพคตินเกือบทั้งหมด ทำให้ดูดน้ำและขยายตัวได้น้อยกว่าข้าวเจ้า ข้าวสุกที่ได้จะเหนียวนุ่มกว่า สำหรับข้าวเจ้าในประเทศไทยมีส่วนประกอบของสตาร์ชที่มีอะมิโลสอยู่ระหว่าง 12-31% ข้าวที่มีความอ่อนนุ่ม ได้แก่ ข้าวหอมดอกมะลิ 105 มีอะมิโลส 12-16% ซึ่งถือว่าเป็นข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ งามชื่น (2531) ได้แบ่งข้าวตามปริมาณอะมิโลสได้ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ประเภทข้าวที่แบ่งตามปริมาณอะมิโลส

ประเภทข้าว	ปริมาณอะมิโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำมาก	2-9	เหนียวนุ่ม
ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำ	9-20	เหนียวนุ่ม
ข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลาง	20-25	นุ่ม ค่อนข้างเหนียว
ข้าวเจ้าอะมิโลสสูง	25-33	ร่วน แข็ง

ที่มา: ดัดแปลงจาก งามชื่น (2531)

2) ปริมาณโปรตีน (Protein content)

ปริมาณโปรตีนมีผลต่อการดูดน้ำของข้าวในระหว่างหุงต้ม ข้าวที่มีโปรตีนสูงต้องใช้เวลาในการหุงต้มนาน เนื่องจากร่างแหโปรตีนที่อยู่รอบเม็ดสตาร์ชจะเป็นตัวกั้นการดูดซึมน้ำของเม็ดสตาร์ช ข้าวที่มีโปรตีนต่ำ เมื่อหุงสุกจะมีความนุ่มและเกาะตัวกันมากกว่าข้าวที่มีโปรตีนสูง นอกจากนี้โปรตีนยังมีผลต่อคุณภาพด้านสีของข้าวหุงสุก เมื่อหุงสุกแล้วข้าวที่มีโปรตีนสูงจะมีสีคล้ำ เนื่องจากโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโดยทั่วไปมีอยู่ประมาณ 9.8% ซึ่งนับว่าน้อย แต่ก็มีผลกระทบต่อคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานเช่นเดียวกัน ข้าวสุกหรือข้าวสวยไม่ว่าจะเป็นสายพันธุ์ใดก็ตามที่มีปริมาณโปรตีนต่ำจะมีความอ่อนนุ่ม ความเหนียวและมีกลิ่น-รสมากกว่าข้าวที่มีโปรตีนสูง (Juliano et al., 1965)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency)

ความคงตัวของแป้งสุกขึ้นอยู่กับปริมาณอะมิโลสเป็นปัจจัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อแป้งสุกเย็นตัวจะมีความแข็งหรือความคงตัวแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสเท่ากัน พบว่า ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกต่ำ ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกจะนุ่มกว่าข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกสูง การหาค่าความคงตัวของแป้งสุก ต้องอาศัยหลักการทำให้แป้งใสโดยการัมในสารละลายเบส แล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และวัดระยะทางที่แป้งไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ ตารางที่ 2.3 ได้แสดงประเภทของข้าวตามความคงตัวของแป้งสุกที่จำแนกโดยสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute; IRRI, 1972)

ตารางที่ 2.3 ประเภทของข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก

ความคงตัวของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มิลลิเมตร)
แป้งสุกแข็ง	น้อยกว่า 35
แป้งสุกค่อนข้างแข็ง	36-40
แป้งสุกปานกลาง	41-60
แป้งสุกอ่อน	มากกว่า 60

ที่มา: IRRI (1972)

4) ปริมาณความชื้น (Moisture content)

ข้าวที่มีความชื้นต่ำซึ่งส่วนใหญ่เป็นข้าวเก่า จะหุงขึ้นหม้อและมีความร่วนมากกว่าข้าวที่มีความชื้นสูงหรือข้าวใหม่ ข้าวที่มีความชื้นสูงจะเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่ายกว่า ดังนั้นมาตรฐานข้าวของประเทศต่างๆ จึงได้กำหนดระดับความชื้นไว้ด้วย เช่น ประเทศไทยกำหนดความชื้นไม่เกิน 14% และความชื้นอาจสูงถึง 16% สำหรับประเทศที่มีอากาศหนาวเย็น (เครือวัลย์, 2534)

5) อุณหภูมิของแป้งสุก (Gelatinization temperature)

อุณหภูมิของแป้งสุก หมายถึงอุณหภูมิที่ทำให้แป้งกลายเป็นเจลและเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาหุงต้ม โดยทั่วไปใช้เวลา 14-24 นาที เพื่อต้มเม็ดข้าวให้สุก ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงต้องใช้เวลาในการหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ อุณหภูมิแป้งสุกสามารถคาดคะเนได้โดยดูจากการทดสอบค่าการสลายเมล็ดในด่าง ที่เรียกว่า "Alkaline test" ของข้าว โดยสามารถแบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุกเป็น 3 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่างและอุณหภูมิแป้งสุก

อุณหภูมิแป้งสุก (° C)	ประเภทอุณหภูมิของแป้งสุก	ค่าการสลายเมล็ดในด่าง
55-69	ต่ำ	6-7
70-74	ปานกลาง	4-5
74.5-79	สูง	2-3

ที่มา: Juliano et al. (1980)

6) อัตราการขยายตัวของแป้งสุก (Elongation ratio)

ในระหว่างการหุงต้ม เมล็ดข้าวจะขยายตัวโดยรอบ โดยเฉพาะในด้านยาว ในข้าวบางพันธุ์ เมล็ดสามารถขยายตัวได้มาก ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษที่นิยม การที่เมล็ดยืดตัวได้มาก ทำให้เมล็ดข้าวสุก ไม่เหนียวติดกัน สมบัตินี้ช่วยเสริมให้ข้าวนั้นขึ้นหม้อดียิ่งขึ้น (งามชื่น, 2531)

7) กลิ่นหอม (Aroma)

กลิ่นหอมของข้าวหุงสุก หรือข้าวสวย เป็นลักษณะพิเศษที่นิยมของคนไทยและผู้บริโภคบางกลุ่ม มีรายงานว่าข้าวที่มีกลิ่นหอมมี สาร 2-acetyl-1-pyroline มากกว่าข้าวทั่วไป เครือวัลย์ (2534) รายงานว่า พบสารหอมนี้ในข้าวหอมมะลิพันธุ์ต่างๆในปริมาณ 0.04-0.09 µg/g และพบในข้าวกล้องหอมมะลิประมาณ 0.10-0.20 µg/g- -

8) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวในระหว่างการเก็บรักษา

หลังการเก็บเกี่ยวข้าว ภายในเมล็ดข้าวยังคงเกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ ทำให้เกิดผลต่อคุณภาพต่างของเมล็ดข้าวที่เก็บรักษาไว้ในยุ้งฉาง หรือไซโล ซึ่งมักจะเก็บไว้นานข้ามปี เรียกข้าวชนิดนี้ว่า "ข้าวเก่า" คุณภาพด้านการขัดสี ข้าวเมล็ดยาวที่เป็นข้าวเก่า จะมีเมล็ดแกร่งกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ นอกจากนี้การดูดซับน้ำ (Water absorption) ของข้าวเก่าในระหว่างการหุงต้มก็เพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน แต่น้ำข้าวจะมีของแข็งละลายน้ำ (Total soluble solid) น้อยลง ในขณะที่ข้าวเมล็ดสั้นที่เป็นข้าวเก่า เช่น ข้าวจาปอนิกา มาหุงสุก จะมีความเหนียว ความนุ่ม และความเลื่มมันต่ำกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ๆ (เครือวัลย์, 2534)

การจัดแบ่งพันธุ์ข้าวตามคุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน แสดงในตารางที่ 2.5

2.1.2 ส่วนผสมแห้ง (Grounded dried components) ซึ่งเป็นทั้งองค์ประกอบที่เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเป็นเครื่องปรุงรส ได้แก่เนื้อมะพร้าวป่นอบแห้ง กุ้งแห้งป่น เนื้อปลาป่น ปลากรอบ พริกแห้งป่น เป็นต้น

2.1.2.1 เนื้อมะพร้าวอบแห้ง

มะพร้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่จัดอยู่ในวงศ์ Palmae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Cocos nucifera Linn. ชื่อสามัญ Coconut ชื่ออื่นๆ เช่น หมากอูน หมากอู่น มะพร้าว (ทั่วไป) คอส่า (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) มะพร้าว (ภาคใต้) ดุง (ชอง-จันทบุรี) ย่อ (มลายู-ภาคใต้) โพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(กะเหรี่ยง- กาญจนบุรี) เฮ็ดดุง (เพชรบูรณ์) เอี่ยจี้ (จีน) (วิทย์, 2542) มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่ง จึงนิยมปลูกกันทั่วเขตร้อนของโลกรวมทั้งประเทศไทยด้วย (มนตรี, 2536) มะพร้าวมี

ตารางที่ 2.5 พันธุ์ข้าวที่จัดแบ่งตามคุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน

พันธุ์ข้าว	ความยาวเมล็ด (มม.)	อะมิโลส (%)	ระดับอุณหภูมิแป้งสุก	ความคงตัวของแป้งสุก
ข้าวสุกนุ่ม และเหนียว				
ขาวดอกมะลิ	7.4	12-17	ต่ำ	อ่อน
กข 15	7.5	14-17	ต่ำ	อ่อน
กข 21	7.3	17-20	ต่ำ	อ่อน
นาง มล เอส 4	7.8	19-26	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน
ข้าวสุกไม่แข็ง				
ขาวปากหม้อ	7.7	24-46	ปานกลาง	อ่อน
ขาวตาแห้ง 17	7.5	26-28	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน
กข 7	7.2	24-28	ปานกลาง	อ่อน
กข 23	7.3	26-30	ปานกลาง	อ่อน
สุพรรณบุรี 60	7.5	19-26	ต่ำ	ปานกลาง
ข้าวสุกร่วน				
เหลืองใหญ่148	7.3	30-31	ต่ำ	อ่อน-ปานกลาง
น้ำสะกุย 19	7.6	30-31	ต่ำ	อ่อน-ปานกลาง
เหลืองปะทิว 123	7.4	28-32	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน-แข็ง
ตะเภาแก้ว 161	7.5	30-32	ต่ำ	อ่อน
เล็บมือนาง 111	7.6	29-32	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน-แข็ง
ปิ่นแก้ว 56	7.5	29-31	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน
นางพญา 132	7.4	31-32	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน-แข็ง
กู้เมืองหลวง	8.4	28-30	ต่ำ	แข็ง
แก่นจันทร์	7.2	30-31	ต่ำ	อ่อน
กข 1	7.1	29-31	ต่ำ	แข็ง
กข 5	7.2	29	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน
กข 9	7.2	29-31	ต่ำ	แข็ง
กข 11	7.6	29-32	ต่ำ	แข็ง
กข 13	6.9	30-33	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน

ที่มา: งามชื่น (2531)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ต่อมาแพร่หลายไปยังอเมริกาอินเดีย ในประเทศไทยปลูกมากที่จังหวัดชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎ์ธานี

มะพร้าวจะใช้เวลาประมาณ 12 เดือน จึงจะเจริญเป็นผลแก่ ปกติจะเก็บประมาณ 2 เดือนต่อครั้ง โดยการใช้คนปีนขึ้นไป หรือใช้ไม้สอยหรืออาจใช้ลิงขึ้น แล้วแต่ความสะดวก มะพร้าวจะ เก็บเกี่ยวได้ไม่ควรมีอายุต่ำกว่า 11 เดือน (ประสาน, 2527) ถ้าต้องการเก็บมะพร้าวแก่เพื่อใช้ประกอบอาหาร หรือทำมะพร้าวแห้งจะสามารถเก็บมะพร้าวแก่ได้ทุกเดือน (หลังจากผลจากช่อแรกแก่) ผลผลิตที่เก็บแต่ละครั้งจะมาก จึงได้นำมะพร้าวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น เช่นเนื้อมะพร้าวแห้ง เนื้อมะพร้าวสด น้ำมะพร้าวและ กากมะพร้าวที่เหลือจากการสกัดน้ำมัน โดยมีส่วนประกอบทางเคมี โดยประมาณ ดังแสดงในตารางที่ 2.6 ซึ่งจะเห็นได้ว่า เนื้อมะพร้าวสด และเนื้อมะพร้าวแห้งจะมี ไขมันเป็นส่วน ประกอบมากที่สุด ประมาณ 41.6 และ 63.7% ตามลำดับ ในน้ำมะพร้าวนอกจากจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากที่สุดแล้ว ยังมีคาร์โบไฮเดรต (น้ำตาล) เป็นองค์ประกอบถึง 4.0% สำหรับในกากมะพร้าวที่เหลือจากการสกัดน้ำมันออกแล้ว จะยังมีแป้งในส่วนประกอบสูงสุดถึง 40.2%

ตารางที่ 2.6 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อมะพร้าว (แก่) สด / เนื้อมะพร้าวแห้ง / น้ำมะพร้าว/ กากมะพร้าว (กรัม / 100 กรัม)

ส่วนประกอบ	เนื้อมะพร้าวสด	เนื้อมะพร้าวแห้ง	น้ำมะพร้าว	กากมะพร้าว
น้ำ	36.3	6.8	95.4	11.4
โปรตีน	4.5	7.6	0.1	17.7
ไขมัน	41.6	63.7	0.1	14.2
คาร์โบไฮเดรต	13.0	16.1	4.0	40.2
เยื่อใย	3.6	3.8	-	11.0
แร่ธาตุ	1.0	2.0	5.1	5.1

ที่มา: มนตรี (2536)

เนื้อมะพร้าวอบแห้ง หมายถึง เนื้อส่วนที่เป็นสีขาวของผลมะพร้าวแก่ ซึ่งขูดหรือตัดเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วอบให้แห้ง ด้วยลมร้อนเนื้อมะพร้าวอบแห้งแบ่งตามขนาดของชิ้นโดยการร่อนผ่านแร่งแบ่งออกเป็น 5 ชนิด คือ

1) ชิ้นหยาบ (Coarse) ประกอบด้วยชิ้นที่มีขนาดและจำนวนดังต่อไปนี้

1.1) ขนาด 3.35 - 4.76 มิลลิเมตร ไม่มากกว่า 15%ของน้ำหนัก

1.2) ขนาด 2.003- 3.35 มิลลิเมตร ไม่น้อยกว่า 70% ของน้ำหนัก

1.3) ขนาดเล็กกว่า 1.40 มิลลิเมตร ไม่มากกว่า 2.5% ของน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ชิ้นปานกลาง (Medium) ประกอบด้วยชิ้นที่มีขนาดและจำนวนดังต่อไปนี้

2.1) ขนาด 2.00 - 2.80 มิลลิเมตรไม่มากกว่า 15% ของน้ำหนัก

2.2) ขนาด 1.40 - 2.00 มิลลิเมตรไม่น้อยกว่า 70% ของน้ำหนัก

2.3) ขนาดเล็กกว่า 1.00 มิลลิเมตรไม่มากกว่า 2.50% ของน้ำหนัก

3) ชิ้นละเอียด (Fine) ประกอบด้วยชิ้นที่มีขนาด 1.40 - 1.68 มิลลิเมตร ไม่มากกว่า 15% ของน้ำหนัก

4) ชิ้นละเอียดมาก (Super fine) ประกอบด้วยชิ้นที่มีขนาดเล็กกว่า 1.00 มิลลิเมตร

5) ชิ้นพิเศษ (Fancy type) ประกอบด้วยชิ้นที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีรูปร่างแตกต่างจากชิ้นที่กล่าวจากข้อ 1 – 4

: เนื้อมะพร้าวอบแห้งทุกชนิดต้องมีสีขาวตามธรรมชาติ กรอบ ไม่มีกลิ่นหืน กลิ่นอับ รวมทั้งกลิ่นน่ารังเกียจอื่นๆ มีรสหวานตามธรรมชาติ ไม่มีแมลง รา และสิ่งเจือปนอื่นใด (Foreign matter) ปะปนอยู่ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2523)

2.1.2.2 กุ้งแห้ง

ได้จากการนำกุ้งสดหรือเคยสดมาทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น หรืออาจนึ่งให้สุกหรือต้มให้สุกในน้ำเกลือเจือจางก่อนทำให้แห้ง ซึ่งควรต้มในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 3-4% โดยน้ำหนัก ให้สุกพอดีที่จะไม่ทำให้เนื้อกุ้งติดเปลือกหรือหดแห้งเกินไป กุ้งที่ใช้อาจจะแกะเปลือกออกหรือไม่ก็ได้ (มตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

กุ้ง เป็นสัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูกสันหลัง อยู่ในชั้น Crustacea อันดับ Decapoda มีหลายวงศ์ โดยวงศ์ที่นำมาทำกุ้งแห้ง คือ วงศ์ Penaeidae และ Palaemoidae กุ้งเป็นสัตว์ที่หายใจด้วยเหงือก ลำตัวอย่างแบนหรือกลม แบ่งเป็นปล้องๆ ปลือกที่หุ้มท่อนหัวและอกคลุมมาถึงอกปล้องที่ 8 ส่วนใหญ่กรีมีลักษณะแบนข้าง ก้ามและขาอยู่ที่ส่วนหัวและอก มีขา 10 ขา มีทั้งกุ้งน้ำจืดและกุ้งทะเล กุ้งน้ำจืดได้แก่ กุ้งก้ามกราม กุ้งก้ามเกลี้ยง กุ้งตะกาด กุ้งตะเข็บ กุ้งหัวแข็ง กุ้งฝอย กุ้งน้ำเค็มหรือกุ้งทะเลเช่น กุ้งหัวโขน โดยชนิดของกุ้งที่นิยมนำมาทำกุ้งแห้ง คือ กุ้งฝอย หรือกุ้งทะเลที่มีขนาดเล็ก (ปริญญา, 2545)

กุ้งแห้งแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2547) คือ 1) ชนิดมีเปลือก ได้แก่กุ้งแห้งทั้งตัวไม่เอาเปลือกออก โดยต้องมีเปลือกติดกับลำตัว มีส่วนหางติดอยู่ ส่วนหัวจะติดอยู่หรือไม่ก็ได้ 2) ชนิดไม่มีเปลือก ได้แก่ กุ้งแห้งทั้งตัวที่เอาเปลือกออกก่อนทำแห้ง และ 3) ชนิดกะเทาะเปลือก ได้แก่ กุ้งแห้งทั้งตัวที่กะเทาะเปลือกออก หลังจากทำแห้งแล้ว ซึ่งอาจมีเปลือกบางส่วนติดกับลำตัวบางส่วน ลักษระของกุ้งแห้งที่ดี คือ ต้องมีกลิ่น-รสตามธรรมชาติ ไม่มีสิ่งแปลกปลอมอื่นที่ไม่ใช่ส่วนประกอบของกุ้งแห้งปนอยู่ มีสีธรรมชาติ มีความชื้นไม่เกิน 20%โดยน้ำหนัก

การผลิตกุ้งแห้งเพื่อให้ได้คุณภาพดีนั้น ควรใช้กุ้งที่สด ไม่แช่น้ำแข็ง เพราะถ้ากุ้งสดจะทำให้กุ้งมีสีแดง มีรสหวาน มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติ ทุกขั้นตอนของการผลิตจะต้องทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยความสะอาด โดยควรล้างกุ้ง คัดเลือกเศษลูกปลาเล็กๆที่ติดมาออกก่อนทำการต้ม เพราะลูกปลาจะทำให้กุ้งแห้งมีกลิ่นคาว การต้มไม่ควรใส่เกลือมากนัก เพราะจะทำให้กุ้งแห้งมีรสเค็มเกินไป และในขั้นตอนการตากแดด ต้องระวังไม่ให้กุ้งแห้งเกินไปเพราะเนื้อกุ้งจะกรอบ ไม่เหนียว โดยต้องคอยพลิกกุ้งทุกๆครึ่งชั่วโมง เพื่อให้กุ้งแห้งสม่ำเสมอ

กาญจนา (2542) ได้ผลิตกุ้งแห้งให้มีคุณภาพดีดังนี้ ขั้นที่ 1 ล้างกุ้งด้วยน้ำสะอาดให้สะอาด แล้วสะเด็ดน้ำ จากนั้นต้มน้ำเกลือโดยใส่เกลือเม็ด 2-3 กำมือต่อน้ำ 5 ลิตร เมื่อน้ำเดือดจึงใส่กุ้งลงไป ต้มให้สุก รอประมาณ 15-20 นาที แล้วตักขึ้น สะเด็ดน้ำ พักไว้ 20-30 นาที จึงนำไปตากแดด การตากแดดจะตากบนตะแกรงตาข่าย เกลี่ยกุ้งที่ต้มแล้วให้เสมอกัน ใช้เวลาตากแดด 1 วันครึ่ง ระหว่างตากแดดต้องคอยพลิกกุ้งทุกครึ่งชั่วโมง เพื่อให้กุ้งแห้งสม่ำเสมอ เมื่อกุ้งแห้งดีแล้วจึงทำการเอาเปลือกกุ้งออก โดยเอากุ้งแห้งใส่กระสอบแล้วฟาดกับพื้นไม้ เพื่อให้เปลือกกุ้งหลุดออกจากตัวกุ้ง การแยกเปลือกออกจากกุ้งทำโดยการร่อนแยกเปลือก แล้วจึงทำการทุบและร่อนซ้ำ ทำจนกระทั่งแยกเปลือกกุ้งออกจากตัวกุ้งจนหมด ขั้นตอนสุดท้ายคือการคัดขนาดกุ้ง เพื่อแยกเกรดของกุ้งแห้ง

กนกอร และ สมเกียรติ (2535) ได้ศึกษาการผลิตกุ้งแห้งโดยแช่กุ้งต้ม ในสารฆ่าเชื้อ 3 ชนิด คือ กรดแลกติก กรดอะซิติกความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก และ 4% โดยน้ำหนัก และโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ ความเข้มข้น 100 ppm และ 250 ppm นาน 1 และ 5 นาที ตากแห้ง และเก็บรักษานาน 21 วัน พบว่า กุ้งแห้งที่ผ่านการแช่สารฆ่าเชื้อทั้ง 3 ชนิด มีความชื้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 16-25% และสารฆ่าเชื้อ 3 ชนิด สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ต่ำกว่าชุดควบคุม

กุ้งแห้งเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีน กุ้งแห้งที่ทำจากกุ้งทะเลมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 62.40% ในขณะที่กุ้งทะเลสดมีโปรตีน 17.60% ส่วนกุ้งแห้งที่ทำจากกุ้งน้ำจืดมีโปรตีน 46.40% ขณะที่กุ้งน้ำจืดสดมีโปรตีนเพียง 16.20% กุ้งแห้งเป็นอาหารที่มีโปรตีน แคลเซียมและฟอสฟอรัสสูง องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของกุ้งสดและกุ้งแห้ง แสดงในตารางที่ 2.7

2.1.2.3 พริกแห้ง

พริกเป็นพืชในตระกูล Solanaceae ซึ่งอยู่ในตระกูลเดียวกับมะเขือเทศ มันฝรั่งและ ยาสูบ พืชในตระกูลนี้มีอยู่ประมาณ 90 สกุล (genus) 2,000 ชนิด (specie) เป็นพืชล้มลุก ไม้พุ่ม และไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ขึ้นกระจายอยู่ทั่วไป แต่ส่วนใหญ่จะเจริญอยู่ในเขตร้อน สำหรับพริก จัดอยู่ในสกุล *Capsicum* ซึ่งประกอบด้วยพืชชนิดต่างๆประมาณ 20-30 ชนิด (พิทักษ์, 2540) Purseglove et al. (1981) ได้จำแนกพริกพันธุ์ปลูกออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆได้แก่ *C. annuum* , *C. frutescens*, *C. pubescens* , *C. chinense* และ *C. baccatum* การจำแนกพันธุ์พริกในประเทศไทยนิยมจำแนกเป็น 2 ชนิดคือการจำแนกตามความเผ็ดและขนาดของผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของกุ้งสดและกุ้งแห้ง

องค์ประกอบ	ปริมาณแยกตามประเภทของกุ้ง			
	กุ้งทะเลสด	กุ้งทะเลแห้ง	กุ้งน้ำจืดสด	กุ้งน้ำจืดแห้ง
โปรตีน (g)	17.60	62.40	16.20	46.40
ไขมัน (g)	0.90	3.50	1.30	2.90
คาร์โบไฮเดรต (g)	0.90	15.60	0.40	10.90
แคลเซียม (mg)	79.00	236.00	161.00	2,350.00
ฟอสฟอรัส (mg)	184.00	995.00	292.00	625.00
เหล็ก (mg)	1.60	4.60	2.20	20.00
ไทอะมีน (mg)	0.04	0.16	0.04	0.05
ไรโบฟลาวิน (mg)	0.08	0.34	0.13	0.20
ไนอะซิน (mg)	2.30	9.50	0.20	5.70

ที่มา: Institute of Nutrition Mahidol (1998)

สารที่ให้ความเผ็ดของพริกคือสารแคปไซซิน (Capsaicin) ซึ่งความเผ็ดของพริกมี หน่วยเป็น สโควิลล์ (Scoville) โดยความเผ็ดสูงสุดมีค่าเท่ากับ 175,000 สโควิลล์ สามารถแบ่งพริกตามความเผ็ดได้ 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่มีความเผ็ดมากจะเป็นพริกชนิด *Capsicum frutescens* ได้แก่ พันธุ์ตาบาสโก มีความเผ็ดตั้งแต 7,000 – 175,000 สโควิลล์ 2) กลุ่มที่มีความเผ็ดปานกลางซึ่งนิยมใช้สดและแห้งกันมากในตลาด มีการนำไปใช้ทำเครื่องเทศ เป็นพริกชนิด *Capsicum annuum* ได้แก่พริกขี้หนูพริกจินดา พริกซี้ฟ้า พริกมัน พริกพีนธุ์ห้วยสีทน พริกพันธุ์หัวเรือ พริกพันธุ์ช่อ มข. ฯลฯ มีความเผ็ดตั้งแต่ 35,000 – 70,000 สโควิลล์ 3) กลุ่มที่มีความเผ็ดน้อยหรือไม่เผ็ดเป็นพริกชนิด *Capsicum annuum C.* ได้แก่พริกหยวก พริกหวาน มีความเผ็ดน้อยกว่า 35,000 สโควิลล์จนถึงไม่เผ็ดเลยคือ 0 สโควิลล์

ถ้าแบ่งพริกตามขนาด สามารถแบ่งได้ 2 ขนาดคือ 1) พริกใหญ่เป็นพริกที่มีความยาวตั้งแต่ 5 เซนติเมตรขึ้นไป ได้แก่พริกซี้ฟ้า พริกเหลือง พริกมัน พริกบางช้าง พริกมันพิชัย และ พริกเล็กหรือพริกขี้หนู 2) พริกเล็กเป็นพริกที่มีความยาวน้อยกว่า 5 เซนติเมตรลงมาแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ พริกขี้หนูขนาดใหญ่มีขนาด 2-5 เซนติเมตร เช่น พันธุ์ห้วยสีทน 1 พริกจินดา พริกชลบุรี พริกหัวเรือและพริกขี้หนูขนาดเล็ก มีขนาดไม่เกิน 2 เซนติเมตร เช่นพริกขี้หนูสวน พริกขี้หนูหอม พริกกระเหรี่ยงและพริกขี้หนู (พิทักษ์, 2540)

พริกเป็นแหล่งวิตามินเอและบีคอมเพลกในปริมาณสูง (ตารางที่ 2.8) นอกจากองค์ประกอบที่ส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการดังกล่าวแล้วยังมีสารให้สี (pigments) และสารความเผ็ด (capsaicinoids) ซึ่งเป็นสารประกอบหลักที่ใช้กำหนดมาตรฐานสินค้า จากพริกและผลิตภัณฑ์จากพริก (Pearson, 1976)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 คุณค่าทางอาหารโดยเฉลี่ยของพริกสดสีแดงและพริกสดสีเขียวต่อน้ำหนัก 100 กรัม

องค์ประกอบ	พริกสดสีแดง	พริกสดสีเขียว
พลังงาน (kcal)	32.00	15.00
โปรตีน (g)	0.80	1.00
เส้นใย (g)	1.90	1.90
แคลเซียม (mg)	8.00	8.00
เหล็ก (mg)	0.30	0.40
แคโรทีน (μg)	3,840.00	265.00
ไทอะมีน (mg)	0.01	0.01
ไรโบฟลาวิน (mg)	0.03	0.01
ไนอาซิน (mg)	1.30	0.10
วิตามิน เอ (หน่วยสากล)	21,450.00	8,778.00
วิตามิน ซี (mg)	140.00	120.00
วิตามิน อี (mg)	0.80	0.80

ที่มา: Holland et al. (1995)

พริกแห้ง

หมายถึง ผลิตภัณฑ์มาจากพืชสกุลพริก (*Capsicum* sp.) เช่น พริกขี้หนูสวน (*Capsicum frutescens* L.) และพริกอ่อนหรือพริกซี้ฟ้า (*Capsicum annuum* L.) ที่สุก หรือแก่จัดนำมาทำแห้งอาจมีก้านติดอยู่ หรือไม่ก็ได้หรือเป็นพริกสดที่สุกมีสีแดงสม่ำเสมอผ่านการคัดเลือกคุณภาพหรือแตกแดดจนแห้งสนิท (มอก. 456-2526) Pearson (1976) รายงานว่าพริกป่นมีวิตามินเอ ระหว่าง 3,350 - 6,165 หน่วยสากล และในปาปิกาผงมีวิตามินเอระหว่าง 3,350-4,915 หน่วยสากล

คุณลักษณะของพริกแห้งตาม มอก.456 – 2526 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2526) กำหนดไว้ดังนี้

1) ผลมีลักษณะลีบแบนเล็กน้อยและมีสีแสดถึงแดงแก่ภายในผลมีเมล็ดสีเหลือง

2) ผลพริกชนิดเดียวกันต้องมีลักษณะรูปร่างคล้ายคลึงกัน

3) ต้องมีกลิ่น-รส ตามธรรมชาติของพริกไม่มีกลิ่นอับหรือกลิ่นรสแปลกปลอม

4) ต้องไม่มีเชื้อรา แมลง ชิ้นส่วนแมลง หรือมูลสัตว์ที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า

5) ปราศจากข้อบกพร่อง ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1) ผลที่มีตำหนิ ซึ่งหมายถึง พริกแห้งที่มีสีเขียวหรือสีเหลืองอ่อน เนื่องจากผลที่ไม่สุก หรือแก่จัดหรือผลไม่สมบูรณ์หรือผิดปกติเนื่องจากถูกแมลงคุกคามโดยมีตำหนิไม่เกิน 5%

5.2) ผลที่แตกหัก ชนิดผลแล็ก (ความยาวน้อยกว่า 6 เซนติเมตร) มีได้ไม่เกิน 5% ชนิดผลใหญ่ (ความยาวตั้งแต่ 6 เซนติเมตรขึ้นไป) มีได้ไม่เกิน 10% โดยน้ำหนัก

5.3) สิ่งเจือปน หมายถึง ส่วนต่าง ๆของต้นพริกเช่น กิ่งก้าน ใบ เมล็ด หรือ ช่อดอก พริก (ยกเว้นก้านที่ติดมากับผล) และสิ่งอื่น ๆที่ไม่ใช่ส่วนประกอบตามธรรมชาติของพริกโดยมี สิ่งเจือปนได้ไม่เกิน 2% โดยน้ำหนัก

6) ความชื้นไม่เกิน 13%

7) เถ้าทั้งหมดไม่เกิน 8% ของน้ำหนักแห้ง

8) เถ้าที่ไม่ละลายในกรดไม่เกิน 1.25% ของน้ำหนักแห้ง

9) ส่วนที่ไม่ระเหยที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ไม่น้อยกว่า 15% และ12% ของน้ำหนักแห้งของชนิดผลเล็กและผลใหญ่ตามลำดับ

10) กากไม่เกิน 28% ของน้ำหนักแห้ง

11) อฟลาทอกซิลไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง

2.1.3 ผักและสมุนไพร

ผักและสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบในข้าวยำปักษ์ใต้ (ทั้งข้าวยำน้ำบูดู และข้าวยำนครฯ) มีทั้งผักที่หาซื้อได้ทั่วไปในตลาด ที่เรียกว่า "ผักตลาด หรือ ผักจีน" ผักพื้นบ้าน ซึ่งหมายถึงพืชผักที่หาได้ในท้องถิ่นนั้นๆ หรือเพาะปลูกเองภายในสวนหรือบ้าน และ สมุนไพร ซึ่งมักหมายถึงพืชผักที่มีสรรพคุณทางเภสัช

ส่วนต่าง ๆของพืชผักและสมุนไพรที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบในข้าวยำมักเป็นส่วนเป็นส่วนที่มีลักษณะที่สามารถบริโภคได้โดยตรงได้แก่

ใบเพสลาด เช่น ใบชะพลู ใบพาโหม ใบมะกรูด ใบขมิ้น ใบข่า

ใบอ่อนหรือยอด เช่น ยอดใบมะขาม ยอดมะม่วงหิมพานต์ (ยอดใบกาหยู)

ลำต้น เช่น ตะไคร้ กระทือ ข่า

ดอก เช่น ดอกดาหลา ดอกอัญชัน ดอกดาวเรือง ดอกพวงชมพู ดอกเข็ม

ผล เช่น แตงกวา ถั่วฝักยาว มะเขือเปราะ ส้มโอ มะนาว ส้มซ่า

ต้นอ่อน (sprout) เช่น ถั่วงอก ต้นอ่อนเมล็ดทานตะวัน

อย่างไรก็ตามพืชผักที่เป็นส่วนประกอบหลักของข้าวยำที่พบได้ทั่วไปมีเพียงไม่กี่ชนิดดังนี้

2.1.3.1 ถั่วงอก (Mung bean sprout)

ถั่วงอก คือ ต้นอ่อนระยะเริ่มงอกของเมล็ด ระยะเก็บเกี่ยวมี 2 ระยะ คือ เมื่อรากเจริญ 1-2 นิ้ว และระยะที่ใบเลี้ยงคลี่ออก ในประเทศไทยส่วนใหญ่เก็บเกี่ยวถั่วงอกในระยะราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เจริญ ถั่วงอกมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วย วิตามิน แร่ธาตุ โปรตีน ซึ่งอยู่ในรูปที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว (นิพนธ์, 2548) ถั่วงอกทั่วไปที่จำหน่ายในท้องตลาดผลิตมาจากถั่วเขียว เนื่องจากเมล็ดพันธุ์หาได้ง่าย ราคาถูก เพาะได้ง่ายกว่าและเร็วกว่าถั่วชนิดอื่นๆและมีรสหวานกรอบ (คมสัน และ กำพล, 2547) โดยนำมาแปรรูปได้หลายรูปแบบ เช่นเป็นผักเครื่องเคียงกับอาหารหลายชนิด รวมทั้งในข้าวยำปักษ์ใต้ด้วย

ถั่วงอกเป็นอาหารที่ถูกจัดเป็นประเภทผักสดที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีน เกลือแร่ และวิตามิน จากการศึกษาของกองโภชนาการ กระทรวงสาธารณสุข (2516) พบว่าถั่วงอก 100 กรัมมีคุณค่าทางอาหารดังนี้คือ ให้พลังงาน 36.0 Kcal ความชื้น 90.0 กรัม โปรตีน 2.8 กรัม ไขมัน 0.1 กรัม คาร์โบไฮเดรต 5.9 กรัม เยื่อใยหยาบ 0.7 กรัม เถ้า 0.5 กรัม แคลเซียม 27.0 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 85.0 มิลลิกรัม เหล็ก 19.0 กรัม วิตามินเอทั้งหมด 14.00 IU ไทเอมิน 0.07 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.03 มิลลิกรัม ไนอาซิน 1.00 มิลลิกรัม วิตามินซี 19.00 มิลลิกรัม

สิริพร (2546) ได้ศึกษาปริมาณวิตามินซีในถั่วงอกที่เพาะ 2-4 วัน พบว่าถั่วงอกที่เพาะ 2 วันมีปริมาณวิตามินซีเฉลี่ย 29.06 มิลลิกรัมต่อถั่วงอก 100 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณสูงที่สุด และเท่ากับปริมาณวิตามินซี 1 ใน 3 ของความต้องการของร่างกายต่อวัน และมื่อเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีในเถั่วงอกที่ผ่านการแช่น้ำรอจำหน่ายในถั่วงอกอายุ 2 วัน และ 4 วัน พบว่าถั่วงอกที่มีอายุ 2 วันมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าถั่วงอกที่มีอายุ 4 วัน โดยถั่วงอกอายุ 2 วันที่ไม่ผ่านการแช่น้ำมีปริมาณวิตามินซีเฉลี่ย 26.18 มิลลิกรัมต่อถั่วงอก 100 กรัม และถั่วงอกอายุ 4 วันที่ผ่านการแช่น้ำ 8 ชั่วโมงมีปริมาณวิตามินซีเฉลี่ยต่ำที่สุด 6.44 มิลลิกรัมต่อถั่วงอก 100 กรัม

บุณฑม (2540) ได้ศึกษาการอบถั่วงอกด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด พบว่าเมื่ออบแห้งถั่วงอกที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 93 ตามมาตรฐานเปียก ที่อุณหภูมิและเวลาคือ 60° C นาน 12 ชั่วโมง จะได้ถั่วงอกแห้งที่มีความชื้นร้อยละ 8 ตามมาตรฐานเปียก ถั่วงอกอบแห้งมีลักษณะที่ดี มีสีน้ำตาลอ่อน (10 YR 8/4) มีค่า water activity เท่ากับ 0.34 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าที่จุลินทรีย์เจริญได้ เมื่อทำการคืนรูปโดยน้ำไปต้มในน้ำเดือด 4 นาที ถั่วงอกอบแห้งมีอัตราการคืนรูปร้อยละ 69 และมีสีขาว (5 YR 8/1) ซึ่งเป็นสีใกล้เคียงกับถั่วงอกสด

นภัสวรรณ (2554) ได้ศึกษากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของถั่วงอกถั่วเขียวจากถั่วเขียวผิวมันและถั่วเขียวผิวดำที่มีอายุการงอกเท่ากัน พบว่าถั่วงอกจากถั่วเขียวผิวดำมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH° radical scavenging activity กรดแอสคอร์บิค และสารประกอบฟีนอล สูงกว่าถั่วงอกถั่วเขียวผิวดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าถั่วงอกจากถั่วเขียวผิวมันที่เพาะเป็นเวลา 2 วันมีปริมาณกรดแอสคอร์บิก หรือวิตามินซี มากที่สุด

2.1.3.2 ตะไคร้ (Lemongrass)

ตะไคร้ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cymbopogon citratus* Stapf. ตะไคร้มีน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ และ มีสารต้านอนุมูลอิสระ สารซิตรอลในน้ำมันตะไคร้มีสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดี และสารนี้ไม่ถูกทำลายด้วยความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

145233

ตะไคร้เป็นส่วนประกอบหลักของข้าวยำ โดยใช้ส่วนที่เป็นต้นเหนือพื้นดินที่ยังอ่อนมาหั่นCอยบางๆ

ทักษิณา (2547) ได้ศึกษาสภาพการเก็บรักษาตะไคร้สด พบว่า การเก็บรักษาตะไคร้ในถุงพลาสติกพอลีโพรพิลีน หรือพอลีเอทิลลีนที่เจาะรู ที่อุณหภูมิ 10° C สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลและยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 3 สัปดาห์

2.1.3.3 ถั่วฝักยาว (Yard long bean)

ถั่วฝักยาวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna sesguipedails* Koern เป็นผักที่นิยมรับประทานสด การเก็บรักษาถั่วฝักยาวที่อุณหภูมิ 4-7° C สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลและยืดอายุได้นาน 7-10 วัน (สถาบันพืชสวน, 2544) ถั่วฝักยาวที่นิยมรับประทานมี 2 ชนิดคือ ถั่วฝักยาวจีน ซึ่งฝักมีสีเขียว เป็นชนิดที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้ฝักมีลักษณะใหญ่และยาว อีกชนิดหนึ่งคือ ถั่วฝักยาวบ้าน ซึ่งฝักจะมีสีม่วง-แดง ถั่วฝักยาวชนิดนี้มีฝักที่สั้นกว่าถั่วฝักยาวทั่วไป

ส่วนที่นำมาเป็นส่วนประกอบในข้าวยำ ได้แก่ส่วนของฝัก และใบสด แต่นิยมใช้ส่วนที่เป็นฝักมากกว่าใบสด โดยนำมาหั่นบางๆ

2.1.3.4 ใบมะกรูด (Bergamot)

มะกรูดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus hystrix* D.C. เป็นพืชที่ปลูกได้ทั่วไป ใบะกรูดหั่นฝอยถูกนำใช้เป็นส่วนผสมสำคัญในข้าวยำน้ำบูดู ใบมะกรูดและผลมีต่อมน้ำมันหอมระเหยอยู่ทั่วไป ผลและใบมะกรูดจึงมีกลิ่นหอมฉุน น้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดมีปริมาณประมาณร้อยละ 0.08 ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยสาร 1-citronellal ร้อยละ 65.4 (สุรินทร์, 2543) น้ำมันหอมระเหยแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ เทอร์พีน (terpenes) และไม่ใช่เทอร์พีน (non-terpene) หรือ oxygenated compounds โดยเทอร์พีนเป็นสารพวก unsaturated hydrocarbons ซึ่งเป็นสารที่ไม่คงตัว สามารถเกิดปฏิกิริยา photochemical และปฏิกิริยา oxidation ได้ง่าย ทำให้น้ำมันหอมระเหยเสื่อมลงอย่างช้า ๆ โมโนเทอร์พีน (monoterpene, C10) เป็นเทอร์พีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่สุด แบ่งเป็นกลุ่มย่อย 3 กลุ่ม คือ acyclic, monocyclic และ bicyclic เช่น ocimene, di-limonene และ camphene ตามลำดับ sesquiterpenes (C15) เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่มีจุดเดือดสูง เป็นสารประกอบไม่อิ่มตัวประเภท acyclic หรือ cyclic เช่น farnesol และ d-bisabolene ตามลำดับ ส่วน non-terpenes เป็นส่วนที่แสดงถึงลักษณะเฉพาะตัวของกลิ่นน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ สารประกอบอัลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ คีโตน อีเธอร์ กรดคาร์บอกซิลิค และเอสเทอร์ เป็นต้น สารเหล่านี้ได้แก่ geraniol, linalool เป็นต้น ในใบมะกรูด มีสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยจำนวน 22 ชนิด โดยมี citronellal สูงที่สุด 16.10 % และมีส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ β-mycene 9.25% d-limonene 7.75% citronellol 5.24% citronellyl acetate 4.62% isopulegol 4.60% linalol 3.90% เป็นต้น น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากใบมะกรูดมี 1.0-1.2 มิลลิลิตรต่อ 100 กรัมใบสด โดยองค์ประกอบสำคัญในน้ำมันหอมระเหยใบมะกรูดมี citronellal 74.59% sabinene 3.20% และ citrolellol 1.43% (ศิริเพ็ญ และคณะ, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษาใบมะกรูดในถุงพลาสติกพอลีโพรพิลีน พอลีเอทิลลิน ที่เจาะรู ที่อุณหภูมิ 5° C สามารถชลอการเกิดสีน้ำตาลและยืดอายุการเก็บได้นาน 28 วัน (ช่อลดา, 2546)

2.1.3.5 แตงกวา (Cucumber)

แตงกวามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cucumber sativas* L. เป็นพืชในตระกูลเดียวกับแตงโม ฟักทอง น้ำเต้า มะระ และบวบ สามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคในประเทศไทย แตงกว่าเป็นพืชที่มีบทบาทต่อการค้าทั้งในและต่างประเทศ (นายผัก, 2551)

การเก็บรักษาแตงกวาที่ผ่านการล้าง หั่นเป็นชิ้นขนาด 0.25-0.5 นิ้ว และผ่านการอบไอน้ำเป็นเวลา 5 นาทีแล้ว สามารถชลอการเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และลดการนิ่มของชิ้นแตงกวาได้ และหากบรรจุถุงพลาสติกและแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18° C สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน (Cucumber, 2005)

2.1.3.6 ผักพื้นบ้านตามฤดูกาล

เนื่องจากข้าวยำเป็นอาหารที่นิยมรับประทานกันทั่วไปทุกภูมิภาค ดังนั้นนอกจากผักและผลไม้ข้างต้นที่ถูกใช้เป็นส่วนประกอบหลักในข้าวยำแล้ว ยังมีผักพื้นบ้านที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นที่ถูกใช้เป็นส่วนประกอบที่สร้างเอกลักษณ์ให้แก่ข้าวยำในแต่ละท้องถิ่น ผักพืชบ้านที่มักใส่เป็นส่วนประกอบของข้าวยำได้แก่

ผักพื้นบ้านที่ใช้ส่วนดอกเป็นส่วนประกอบของข้าวยำมีหลายชนิดได้แก่ ดอกอัญชัน ดอกดาหลา ดอกดาวเรืองบ้าน ดอกข่า ดอกกระทือ เป็นต้น ดอกดาหลา ดอกข่า และดอกกระทือ เป็นพืชตระกูลเดียวกับข่า นอกจากจะให้สรรพคุณทางด้านสมุนไพรแล้ว กลิ่น-รสที่เผ็ดร้อนและกลิ่นหอมซ่าๆอ่อนๆ ยังช่วยให้ข้าวยำมีรสชาติที่ดี สำหรับดอกอัญชันนั้นนอกจากจะใช้ดอกเป็นส่วนประกอบข้าวยำแล้ว ยังนิยมคั้นน้ำได้น้ำดอกอัญชันสำหรับหุงข้าวสวย เพิ่มความสวยงามน่ารับประทานอีกด้วย ผักพืชบ้านที่ใช้ใบเป็นส่วนประกอบในข้าวยำมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับท้องถิ่น แต่ใบมะกรูดจะเป็นส่วนประกอบหลักที่ต้องมีเสมอในข้าวยำ นอกจากนี้ก็มีใบส้มโอ ใบข่า ใบขมิ้น ใบพาโหม ใบยอ ใบย่านาง ยอดผักหวาน ใบกระถิน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีใบมะขามอ่อน ยอดมะม่วงหิมพานต์ ที่ช่วยให้ข้าวยำมีรสเปรี้ยว

ผักพื้นบ้านที่ใช้ผล มักใส่ลงไปเพื่อปรุงรส เช่นเนื้อส้มโอ น้ำมะนาว น้ำส้มซ่า น้ำส้มจี๊ด ที่ให้รสเปรี้ยว เนื้อสับปะรด ที่ให้รสหวานอมเปรี้ยว เป็นต้น

จากงานวิจัยของวิไลวัลย์ และคณะ (2551) ได้ศึกษาชนิดของข้าวและผักพื้นบ้านในการทำข้าวยำบูดู ในจังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส พบว่า พันธุ์ข้าวเจ้าที่ชาวบ้านในพื้นที่ 3 จังหวัดนี้นิยมปลูกได้แก่พันธุ์เข้มทองและพันธุ์แก่นจันทร์ และข้าวทั้งสองพันธุ์นี้ถูกนำมาใช้บริโภคในท้องถิ่นเกือบทั้งหมด ผักที่ผู้บริโภคข้าวยำชอบเมื่อนำมาเป็นผักหมวดข้าวยำตามคะแนนนิยม 5 อันดับคือ ถั่วฝักยาว (31.70%) ดอกดาหลา (30.20%) ถั่วงอก (28.10%) ตะไคร้ (23.60%) และยอดมะม่วงหิมพานต์ (15.10%) นอกจากนี้ยังมี ใบและเมล็ดกระถิน (15.10%) ใบยอและถั่วพู (อย่างละ 6.00%) ใบพาโหม (5.00%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (Anti-oxidation activity) ของผักผลไม้ที่เป็นส่วนประกอบข้าวยำน้ำบูดู

อนุมูลอิสระ (Free radical) เป็นโมเลกุลหรืออิออนที่มีอิเลคตรอนโดดเดี่ยวอยู่รอบนอก เป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียร และว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี อนุมูลอิสระเป็นสารก่อให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ตัวอย่างของอนุมูลอิสระได้แก่ Superoxide anion Hydroxyl radical เป็นต้น

สารต้านอนุมูลอิสระ หรือแอนตี้ออกซิแดนซ์ หมายถึงสารที่สามารถทำลายอนุมูลอิสระและหยุดยั้งอันตรายที่จะเกิดขึ้น โดยให้อิเลคตรอนแก่อนุมูลอิสระและเสื่อมสลายไปโดยไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย ซ่งโดยปกติร่างกายจะมีกลไกสร้างสารต้านอนุมูลอิสระได้เอง แต่การรับประทานอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระเข้าไปเพิ่มสามารถช่วยให้ร่างกายมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น สารต้านอนุมูลอิสระพบตามธรรมชาติโดยเฉพาะในพืชผัก ผลไม้ (อรชุน, 2539)

2.2 การพัฒนาข้าวยำน้ำบูดูและผลิตภัณฑ์

การพัฒนาข้าวยำน้ำบูดูได้มีการพัฒนาใน 3 รูปแบบ คือ ข้าวยำน้ำบูดูพร้อมรับประทานโดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ การพัฒนาการผลิตภัณฑ์จากข้าวยำ เช่น ข้าวยำทอด และการพัฒนาการผลิตน้ำบูดูโดยการสเตอริไลซ์ กระบวนการพัฒนาข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปในการวิจัยนี้จะประกอบด้วย การพัฒนาข้าวสวยกึ่งสำเร็จรูป การพัฒนาการผลิตผักสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบข้าวยำอบแห้งข้าวยำ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวยำอบแห้งและข้าวยำทอดกรอบซึ่งเป็นของว่างจากข้าวยำน้ำบูดู

2.2.1 ข้าวสวยกึ่งสำเร็จรูป (Semi-instant cooked rice)

ข้าวสวยกึ่งสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปข้าว โดยก่อนการบริโภคต้องทำการหุงต้มหรือคืนรูปโดยใช้เวลาสั้นๆ ลักษณะผลิตภัณฑ์หลังการคืนรูปยังคงมีรสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัสที่ดีใกล้เคียงกับข้าวที่หุงสุกทั่วไป และสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน การแปรรูปข้าวมีหลายวิธี ซึ่ง งามชื่น (2546) ได้จำแนกวิธีการแปรรูปข้าวไว้ดังนี้

2.2.1.1 การแปรรูปโดยการแช่ ต้ม นึ่ง อบแห้ง (Soak-boil-steam-dry) โดยการแช่ข้าวให้มีความชื้นร้อยละ 30 จากนั้นต้มในน้ำเดือดจนได้ความชื้นร้อยละ 50-60 แล้วต้มหรือนึ่งต่อไปให้มีความชื้นร้อยละ 60-70 จึงทำการลดความชื้นลงอย่างระมัดระวังเพื่อคงสภาพรูพรุนของเมล็ดไว้

2.2.1.2 การแปรรูปข้าวโดยการทำให้ข้าวขยายตัว (Expanded and pre-gelatinize rice) โดยการแช่ข้าวสารแล้วนึ่งหรือต้มที่ความดันสูงจนข้าวสุกแล้วจึงลดความชื้น จะได้เมล็ดข้าวใสแข็ง หลังจากนั้นจึงทำให้เมล็ดข้าวพองโดยใช้ความร้อนสูง

2.2.1.3 การแปรรูปข้าวโดยการรีดหรือตำ (Rod ling หรือ bumping treatment) โดยการต้มข้าวให้สุกแล้ว ผ่านกระบวนการตำหรือรีดผ่านลูกกลิ้งให้เมล็ดแบนก่อนลดความชื้น

2.2.1.4 การแปรรูปข้าวโดยการเตรียมข้าวด้วยการผ่านลมร้อนขณะแห้ง (Dry heat treatment) ใช้ลมร้อนเป่าข้าวที่ 65-82° C นาน 10-15 นาที หรือ 272° C นาน 18 วินาที เพื่อให้เมล็ดข้าวเกิดรอยร้าวและเกิดการขยายตัว เพื่อช่วยลดระยะเวลาการหุงต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.5 การแปรรูปโดย การทำให้แห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze drying) โดยการแช่แข็งข้าวสุก แล้วทำให้น้ำในเมล็ดข้าวระเหิดหายไปในสภาพอุณหภูมิต่ำ

2.2.1.6 การแปรรูปข้าวโดยการเตรียมข้าวด้วยการแช่แข็งแล้วละลายน้ำแข็ง (Freeze-thaw process) เป็นการต้มข้าวให้สุกแล้วนำไปแช่แข็ง จากนั้นทำการละลายน้ำแข็ง แล้วนำไปลดความชื้น

วุฒิชัย (2543) ได้ศึกษากระบวนการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องในระดับอุตสาหกรรมโดยไม่ใช้สารเคมี กระบวนการดังกล่าวประกอบด้วยการทำให้ข้าวสุกบางส่วนหรือเม็ดแป้งในเมล็ดข้าวเกิดการเจลาติไนซ์เพียง 75-85% และดูดซับน้ำไว้ 50-55% ด้วยการเกลี่ยข้าวสารเจ้าที่สะอาดบนตะแกรงๆละ 500-600 กรัม ฉีดพ่นด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 80° C - 90° C นาน 10-15 นาที หรือด้วยวิธีต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 80° C - 90° C นาน 5-10 นาที แล้วบรรจุกระป๋องปิดผนึก ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อหรือทำลายจุลินทรีย์ ใช้อุณหภูมิของรีทอดหรือหม้อนึ่งความดันไอที่ 114° C – 116° C เป็นเวลา 30-50 นาที เมล็กข้าวสุกที่ได้มีลักษณะนุ่ม สุกเสมอกัน

วิบูลย์ (2555) ได้ศึกษากรรมวิธีการผลิตข้าวเหนียวนึ่งกึ่งสำเร็จรูปโดยการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน พบว่า ระยะเวลาของการแช่ข้าวเหนียวพันธุ์เขาวงที่เหมาะสมต่อการนำไปนึ่งคือ 60 นาที ปริมาณความชื้นร้อยละ 44 ตามมาตรฐานแห้ง เนื้อของข้าวเหนียวที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงมีค่าความแข็งและความเหนียวสูงสุด และอบแห้งที่อุณหภูมิ 40° C เป็นเวลา 13.5 ชั่วโมง ข้าวเหนียวอบแห้งมีการคืนรูปภายใน 7 นาที และมีค่าความแข็งและความเหนียวสูงที่สุด

2.2.2 การทำแห้งข้าวสวยและผักประกอบข้าวยำ

การทำแห้งเป็นการกำจัดความชื้นออกจากอาหาร เพื่อการถนอมผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา โดยลดปริมาณความชื้นจนถึงระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ และป้องกันการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีอันเนื่องจากเอนไซม์ของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามการลดปริมาณความชื้นในแต่ละวิธีมีผลต่อการเก็บรักษากลิ่นรส และคุณค่าทางอาหาร แตกต่างกัน

ในการเก็บรักษาผักและผลไม้ด้วยวิธีการทำแห้ง จำเป็นต้องคำนึงถึงรูปร่างโครงสร้างของ
ผลิตภัณฑ์นั้นๆ เพื่อให้การกำจัดความชื้นเกิดขึ้นในลักษณะที่ทำลายคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด โดยผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จากกระบวนการทำแห้ง สามารถกลับมีคุณภาพใกล้เคียงกับสภาพเริ่มต้นหลังการเติมน้ำ (rehydration) แล้วกระบวนการทำแห้งนี้ต้องมีการถ่ายเทความร้อนและมวลที่เหมาะสมภายในผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผักและผลไม้แห้งมีคุณภาพเป็นไปตามที่ต้องการ (รุ่งนภา, 2541)

หลักพื้นฐานของการทำแห้ง

น้ำเป็นสิ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการอบแห้งผลิตภัณฑ์ น้ำที่มีอยู่ในอาหาร น้ำอยู่ 3 ประเภทคือ (1) โมเลกุลน้ำที่ยึดกับอิออนิกกรุ๊ป (ionic group) ได้แก่ กลุ่มคาร์บอกซิล (carboxyl group) และอมิโน (amino group) (2) โมเลกุลน้ำที่ยึดกับกลุ่มไฮดรอกซิล (hydroxyl group) และเอไมด์ (amide) (3) น้ำอิสระพบในช่องว่างอินเตอร์สทิเชียล (interstitial pores) ซึ่งแรงคาพิลลารี่และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบที่ละลายอยู่ทำให้ความดันไอลดลงระหว่างกระบวนการอบแห้ง ความยากในการกำจัดความชื้นออกไปจะลดลงตามลำดับ และน้ำจะถูกกำจัดออกไปเป็นความชื้นเพิ่มขึ้นตามลำดับ กล่าวคือน้ำอิสระจะระเหยและกำจัดออกไปในตอนแรก จากนั้นจะเป็นโมเลกุลที่ยึดด้วยพันธะไฮโดรเจน สุดท้ายจะเป็นน้ำที่ยึดเกาะด้วยพันธะอิออนิก ดังนั้นพลังงานที่ต้องใช้ในการกำจัดความชื้นจากน้ำแต่ละชนิด จะใช้ปริมาณพลังงานที่แตกต่างกันในการกำจัดออกไป เนื่องจากความต้องการพลังงานในการกำจัดความชื้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์และชนิดของน้ำ (รุ่งนภา, 2541)

การอบแห้งมีหลายวิธี แต่วิธีที่ใช้ในการวิจัยนี้ มี 2 วิธี ได้แก่

2.2.2.1 การอบแห้งแบบอากาศร้อน (Hot air dryer)

เหมาะกับอาหารที่อยู่ในรูปของแข็งที่ไม่สามารถอบแห้งแบบกองรวมได้ อาหารที่ต้องการอบแห้งต้องเรียงบนถาดซึ่งวางซ้อนกันโดยมีช่องว่างระหว่างถาด เพื่อให้เกิดการไหลเวียนของลมร้อน และการไล่ความชื้นได้อย่างทั่วถึง

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้งด้วยลมร้อนมีหลายประการได้แก่ 1) ธรรมชาติของอาหารหรือวัสดุ อาหารที่มีเนื้อโปร่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าในอาหารที่มีเนื้อแน่น 2) ขนาดและรูปร่างอาหาร 3) ตำแหน่งและลักษณะการวางอาหารในตู้อบ อาหารที่มีการสัมผัสลมร้อนได้มากกว่า จะแห้งได้เร็วกว่า 4) อุณหภูมิและความเร็วของลมร้อน และ 5) ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

การทำแห้งด้วยวิธีนี้มีต้นทุนที่ไม่สูงมาก แหล่งความร้อนของเครื่องอบลมร้อนนี้มีหลายชนิดได้แก่ ไฟฟ้า เชื้อเพลิง และแสงอาทิตย์ แต่การอบแห้งด้วยวิธีนี้ ทำให้เกิดสูญเสียกลิ่นรส คุณค่าทางอาหาร และ การคืนตัวของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก

การทำแห้งด้วยลมร้อนนั้นเมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าอาหารที่เปียกหรือมีความชื้น ความร้อนจะถ่ายเทไปยังผิวของอาหาร และน้ำในอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ (Fellow , 1990)

การทำแห้งที่ใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการทำแห้ง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและมวล ได้แก่ การถ่ายเทความร้อนของอากาศไปยังผิวของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิสูงขึ้น พร้อมทั้งเกิดการระเหยของของเหลวที่ผิว และใต้ผิวของผลิตภัณฑ์ ซึ่งปริมาณการถ่ายเทขึ้นอยู่กับความเข้มข้นหรือปริมาณของสารว่ามีมากน้อยเพียงใด จากลักษณะดังกล่าว ทำให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งที่อุณหภูมิความชื้น ความเร็วลมและทิศทางการไหลของอากาศที่ผ่านผลิตภัณฑ์คงที่ จากการศึกษาของ Barbosa-Canovas and Vega-Mercado (1996) พบว่าการทำให้ด้วยลมร้อนจะมีช่วงของการกำจัดน้ำออกได้ 2 ช่วง คือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง

ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (constant rate period) ในการทำแห้งโดยใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางทำให้แห้ง (drying medium) ที่สภาวะอุณหภูมิและความชื้นคงที่ เมื่อวัตถุที่เปียกชื้นสัมผัสกับอากาศร้อน วัตถุจะปรับอุณหภูมิของวัตถุจนเข้าสู่สภาวะสม่ำเสมอ (steady state)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วผิวหน้าของวัตถุจะชุ่มด้วยของเหลว เมื่ออุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัตถุเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb) ของอากาศร้อน จึงเริ่มเกิดการระเหยของน้ำเป็นไอ และถ่ายเทไปยังกระแสตัวกลาง ทำให้แห้ง ถ้าน้ำยังมีพอเพียงที่จะคลุมผิวหน้าของของแข็งเป็นฟิล์มบางๆ อัตราการอบแห้งในช่วงเวลานี้จะมีค่าคงที่ และการระเหยของน้ำจะเกิดขึ้นได้เสมือนกับไม่มีของแข็งอยู่เลย ปรากฏการณ์นี้จะทำให้อัตราการอบแห้งมีค่าคงที่ เรียกช่วงเวลานี้ว่า ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (constant rate) ในช่วงนี้โครงสร้างของวัตถุจะไม่มีผลต่ออัตราการระเหยของของเหลวที่อยู่บนผิวหน้าของวัตถุเลย ความชื้นจะลดลงเรื่อยๆ ไอน้ำจะระเหยออกจากเนื้อของวัตถุต่อมาเมื่อน้ำไม่พอเพียงที่จะปกคลุมผิวหน้าของของแข็ง พื้นที่ที่เกิดการระเหยลดลงทำให้อัตราการแห้งไม่คงที่อีกต่อไป ความร้อนจะถูกถ่ายเทโดยตรงให้แก่ผิวของของแข็ง นอกจากผิวของของแข็งแห้งแล้วอุณหภูมิที่ผิวของของแข็งจะเริ่มเพิ่มสูงขึ้นด้วย นั่นคือช่วงที่อัตราการอบแห้งคงที่สิ้นสุดลงความชื้นในช่วงสุดท้ายของ constant rate period เรียกว่า ความชื้นวิกฤต (critical moisture content) ในวัตถุชนิดเดียวกันที่ถูกทำภายใต้ภาวะของระบบเดียวกัน อนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะมีค่าความชื้น วิกฤตสูงกว่าสารที่มีอนุภาคขนาดเล็ก

ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (falling rate period) เมื่อช่วง constant rate period สิ้นสุดลง อุณหภูมิของวัตถุจะเริ่มสูงขึ้น ของเหลวที่อยู่ผิวหน้าของวัตถุจะหมดไป ทำให้อัตราการแห้งลดลงอย่างรวดเร็ว และสัมพันธ์กับการลดลงของความชื้น เรียกว่า อัตราการอบแห้งลดลง (falling rate period) การอบแห้งในช่วงนี้พบว่า ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของสารเป็นอย่างมาก จนกระทั่งไม่อาจทำนายได้ด้วยวิธีทางทฤษฎี ทั้งนี้เนื่องจากระนาบที่เกิดการระเหยเป็นไอจะเคลื่อนที่ถอยลึกเข้าไปในชั้นของของแข็ง ไอน้ำที่ระเหยจะแพร่ซึมผ่านชั้นของแข็งไปยังผิวหน้าก่อนแพร่ซึมเข้าไปในกระแสตัวกลาง อุณหภูมิของชั้นของของแข็งแห้งจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ และอุณหภูมิจะลดลงจากผิวนอกที่สัมผัสกับตัวกลางทำความร้อนไปจนถึงตำแหน่งที่เป็นระนาบที่เกิดการระเหยของน้ำ การถ่ายเทของน้ำในของแข็งนี้มีผู้พยายามอธิบายโดยอาศัย ทฤษฎี 2 ทฤษฎี คือ การแพร่ซึม (diffusion) ซึ่งน้ำจะแพร่ซึมมายังระนาบที่เกิดการระเหย และแคปิลลารี (capillary) ซึ่งน้ำจะเกิดการถ่ายเทภายใต้ภาวะของแรงแคปิลลารี (capillary force) อย่างไรก็ตามก็พบว่า ทั้ง 2 ทฤษฎียังไม่อาจทำนายการแห้งผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้อง (Van Arsdel, 1973)

กลไกของการถ่ายเทมวลในอาหารมีผลต่ออัตราการอบแห้ง โดยการเคลื่อนที่ของน้ำภายในจะเกิดขึ้นได้หลายแบบ ดังนี้

1) Liquid diffusion ความชื้นที่ผิวหน้าลดลงต่ำกว่าความชื้นที่เหลืออยู่ภายในอาหารจะทำให้เกิดแรงขับให้การเคลื่อนที่จากภายในมาสู่ผิวหน้าอาหารโดยการแพร่ของน้ำ อัตราการแพร่ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของอาหาร อุณหภูมิ ความแตกต่างของความเข้มข้นภายใน และผิวหน้าอาหาร

2) Vapor diffusion ระหว่างการอบแห้งอาจเกิดการระเหยใต้ผิวหน้าอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอบแห้งที่ใช้เวลานาน โมเลกุลของน้ำจะแพร่ผ่านอาหารออกมาสู่อากาศร้อน การแพร่ของไอนี้เกิดจากความแตกต่างของความดันไอของอาหาร และความดันไอเหนืออาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Capillary flow แรงดึงผิวมีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำในโครงสร้างอาหาร โดย เฉพาะอย่างยิ่งอาหารที่มีรูพรุนน้ำอิสระจะเคลื่อนที่ผ่านแคปิลลารีหรือช่องว่างเล็กๆระหว่างของแข็งด้วย กลไกของแรงดึงผิว เช่นเดียวกับการเคลื่อนที่ของน้ำมันในไส้ตะเกียง โดยแคปิลลารีจะเป็นรูเปิดที่เชื่อมระหว่างน้ำภายในอาหาร และผิวหน้าอาหาร

4) Pressure flow ความแตกต่างระหว่างความดันของอากาศร้อนและโครงสร้างภายในอาหาร ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำได้

5) Thermal flow ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวหน้าอาหารและภายในอาหารอาจจะมีความสำคัญต่อการอบแห้งอาหารในช่วงหลัง ซึ่งช่วยให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำมาสู่ผิวอาหาร

อย่างไรก็ตาม ระหว่างการอบแห้งอาจเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำตั้งแต่หนึ่งกลไกหรือมากกว่า และรายละเอียดของกลไกต่างๆ อาจเปลี่ยนได้ระหว่างการอบแห้ง (Heldman and Hartel, 1996)

2.2.2.2 การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying)

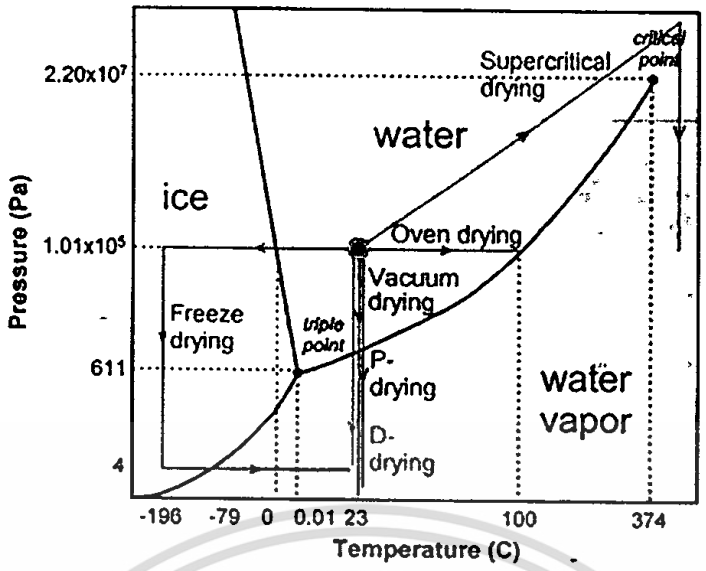
เป็นวิธีการถนอมอาหารที่ช่วยให้อาหารมีอายุการเก็บรักษานานมากกว่าการแช่เย็น และสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้ดีที่สุด กระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการแช่เยือกแข็ง และขั้นตอนการระเหิดน้ำแข็ง

การแช่เยือกแข็ง เป็นการลดอุณหภูมิของวัสดุให้มีอุณหภูมิต่ำกว่า -10° C เพื่อให้น้ำในวัสดุแข็งตัว อาหารที่แช่แข็งนี้สามารถเก็บได้นานในห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิคงที่ที่ -18° C การแช่แข็งช่วยยับยั้งกิจกรรมการเน่าเสียอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ และยับยั้งการทำงานของเอนไCม์และปฏิกิริยาทางชีวเคมีในอาหารด้วย จึงช่วยถนอมคุณภาพของวัสดุได้ดี

การแช่เยือกแข็ง จะทำให้น้ำในวัสดุกลายเป็นน้ำแข็งอย่างรวดเร็ว ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นจึงมีขนาดเล็ก เมื่อทำการระเหิดของแข็งให้เป็นกาC จึงทำให้โครงสร้างและเนื้อสัมผัสของวัสดุไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เป็นวิธีทำแห้งแบบไม่ใช้ความร้อน โดยความชื้นจะถูกกำจัดออก จากวัตถุดิบอาหารผ่านกลไกของการระเหิด (sublimation) มีกระบวนการหลักอยู่2 ขั้นตอน คือการแช่เยือกแข็งให้ความชื้นภายในวัตถุดิบอาหารกลายเป็นน้ำแข็งและทำแห้งวัตถุดิบด้วยการลดความดันให้ต่ำลง เพื่อให้น้ำ เปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นไอน้ำ (Barbosa-Cánovas et al., 2005) ดังภาพที่ 2.1 โดยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง นิยมใช้ในกระบวนการทำแห้งสารที่มีมูลค่า เช่น ยา และสารให้กลิ่นหอม (natural aroma) ได้ (Shahidi and Han, 1993) ซึ่งขั้นตอนการผลิตทั้งหมดไม่มีการสัมผัสกับความร้อน จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่ไวต่อการสลายตัวจากความร้อน และต้องการถนอมคุณค่า ทางโภชนาการให้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด (Barbosa-Cánovas and Vega-Mercado, 1996) แต่มีข้อจำ กัด คือ เป็นวิธีการที่มีค่าใช้จ่ายสูง โดยมีค่าใช้จ่ายสูงกว่า วิธีทำแห้งแบบพ่นฝอยถึง 50 เท่า (Cai and Corke, 2000) ซึ่งเป็นผลมาจากอัตราการทำแห้งที่ช้าและมีการใช้สุญญากาศ (Barbosa-Cánovas et al., 2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แผนผังการเปลี่ยนสถานะของน้ำ

ที่มา: Freeze Drying (2016)

การแช่แข็งเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการรักษาคุณค่าทางอาหาร ดังนั้น กระบวนการทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็งจึงนิยมการแช่แข็งอย่างรวดเร็ว เพราะทำให้อาหารที่ได้มีรูพรุนขนาดเล็กๆและอาหารไม่เสียโครงสร้าง การแช่แข็งอย่างรวดเร็วอาจใช้สารทำความเย็นพวกไนโตรเจนเหลวหรืออะซิโตนกับน้ำแข็งแห้ง (dried ice) ในขณะทำแช่แข็งจะมีน้ำบางส่วนที่ไม่กลายเป็นผลึกน้ำแข็ง ถึงแม้ว่าจะลดลงอุณหภูมิให้ต่ำมากๆก็ตาม น้ำส่วนนี้จะอยู่ในรูป bound water ถ้าดึง bound water ออกด้วยการทำให้เป็นน้ำแข็งหรือด้วยวิธีอื่นใดก็ตาม จะมีผลทำให้โมเลกุลของโปรตีนที่อยู่ใกล้ๆกันรวมกันด้วยแรงดึงดูดไฟฟ้าสถิต (electrostatic force) และทำให้เกิดพันธะอิออนิกขึ้นระหว่างโมเลกุลของโปรตีน ผลคือทำให้อาหารเกิดการหดตัว มีลักษณะเหนียว ดังนั้นการแช่แข็งจึงมีเฉพาะน้ำที่เป็นอิสระ (free water) เท่านั้นที่กลายเป็นน้ำแข็ง ซึ่งน้ำในอาหารส่วนมากจะอยู่ในรูปสารละลาย ซึ่งมีจุดเยือกแข็งต่ำกว่าปกติ โดยเฉพาะถ้าประกอบด้วยน้ำตาล เกลือ หรือความเป็นกรดสูง จะยังมีจุดเยือกแข็งต่ำกว่าปกติคือประมาณ -40° C หลังจากอาหารถูกแช่แข็งแล้ว จะเป็นการกำจัดน้ำเกือบทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารออกไปภายใต้สภาวะที่ควบคุมโดยอาศัยกระบวนการระเหิด ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการลดความดันรอบๆชิ้นอาหารให้ต่ำลง และกระบวนการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ชั้นน้ำแข็ง (freeze core) ในอาหาร โดยที่อุณหภูมิจะต้องไม่สูงกว่า freeze point ของน้ำแข็ง

ในขณะที่กระบวนการทำแห้งเกิดขึ้น น้ำแข็งที่ผิวของชิ้นอาหารจะระเหิดไปก่อนเกิดเป็นชั้นแห้งรอบๆชิ้นอาหาร ตรงใจกลางของอาหารยังคงเป็นน้ำแข็งอยู่ ตามอุดมคติแล้วจะมีการถ่ายเทไอน้ำจากระดับความชื้นเริ่มต้น ในชั้นน้ำแข็งไปยังระดับความชื้นต่ำสุด ในชั้นแห้ง แต่ในความเป็นจริงจะมีส่วนต่อระหว่างน้ำแข็งและชั้นแห้ง ซึ่งเรียกว่า "transition region" หรือ "interface" ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่มีระดับความชื้นต่ำกว่าน้ำแข็งและสูงกว่าชั้นแห้ง ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่แคบมาก ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารมีลักษณะสม่ำเสมอ interface จะลดลงจนถือว่ามีความหนาเป็นศูนย์ ซึ่งทำให้ไม่เกิดความคลาดเคลื่อนมากนัก (พรรณี, 2526)

ในกระบวนการทำแห้งของอาหารเกิดจากการถ่ายเทไอน้ำจากผิวหน้าของแกนแข็งไปยังผิวหน้าของชิ้นอาหารโดยการระเหิดและเกิดเป็นชั้นแห้งของอาหารล้อมรอบส่วนที่เป็นน้ำแข็ง การระเหิดจะเกิดบริเวณน้ำแข็งเท่านั้น ไอน้ำที่ระเหิดต้องซึมผ่านชั้นแห้งออกสู่ภายนอก คือ ผิวของน้ำแข็งจะเคลื่อนเข้าหาศูนย์กลางของอาหารแต่ลักษณะการแห้งนี้อาจไม่สม่ำเสมอเนื่องจาก

1) ความแตกต่างของชั้นแห้งในอาหารที่จะให้ไอน้ำซึ่งเกิดการระเหิดผ่านออกไป อัตราเร็วของการถ่ายเทไอน้ำขึ้นกับแรงดันที่เกิดจากผลต่างของความดันย่อยของไอน้ำระหว่างผิวน้ำแข็งและผิวหน้าของอาหาร และลักษณะโครงสร้างของชั้นแห้ง ถ้าอัตราเร็วของการถ่ายเทไอน้ำที่ตำแหน่งต่าง ๆไม่เท่ากัน จะทำให้ผิวของชั้นน้ำแข็งเคลื่อนถอยเข้าไปได้ไม่เท่ากัน ความแตกต่างของสภาวะการเคลื่อนที่ของไอน้ำภายนอกชิ้นอาหารที่ตำแหน่งต่าง ๆ ก็จะให้ผลเช่นกัน

2) ค่าการนำความร้อน (thermal conductivity) ของชั้นแห้งไม่สม่ำเสมอกัน โดยตลอดและสภาวะการนำความร้อนภายนอกที่แต่ละตำแหน่งไม่เท่ากัน ความดันย่อยของไอน้ำที่ผิวน้ำแข็งซึ่งอยู่ในสมดุลกับอุณหภูมิเหล่านี้ จะแตกต่างกันด้วย มีผลทำให้อัตราเร็วของการถ่ายเทไอน้ำผ่านชั้นแห้งออกไปไม่เท่ากัน

2.2.2.3 ผลของการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของอาหารอบแห้งในด้านต่าง ๆ

ไพบูลย์ (2532) ได้รวบรวมผลของการทำแห้งต่อคุณภาพอาหารไว้ดังนี้

1) ผลการอบแห้งที่มีต่อคุณค่าอาหาร การอบแห้งจะระเหยไล่ความชื้นหรือน้ำออกจากอาหาร และเพิ่มความเข้มข้นขององค์ประกอบของอาหาร เช่น แป้ ง ไขมัน โปรตีน การถนอมอาหารโดยวิธีการอบแห้งจะทำให้คุณภาพอาหารลดลง โดยเฉพาะวิตามินที่ละลายน้ำจะสูญเสียไปกับน้ำ และถ้ามีการลวกหรือการแช่สารเคมีก่อนการอบแห้งเพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไcม์ วิตามินก็จะลดลงอีกโดยเฉพาะอย่างยิ่งการอบแห้งโดยการตากแดด จะส่งผลให้วิตามินลดลงไปมากกว่าการอบแห้งโดยใช้เครื่องมืออบแห้ง เนื่องจากการอบแห้งโดยการตากแดดไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ระหว่างกระบวนการอบแห้ง เช่น ความชื้น อากาศ แสงแดด อุณหภูมิ ส่วนการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งสามารถควบคุมปัจจัยดังกล่าวได้

2) ผลการอบแห้งที่มีต่อโปรตีน อาหารที่มีโปรตีนจะสูญเสียคุณค่าไปมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับวิธีการอบอาหารให้แห้งถ้าใช้เวลานานเกินไป และใช้อุณหภูมิสูงโปรตีนจะเปลี่ยนสภาพและคุณค่าทางโภชนาการจะลดลงแต่ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำเพื่อทำให้อาหารแห้งจะสามารถใช้ประโยชน์จากโปรตีนได้มากกว่า แต่ขึ้นอยู่กับชนิดของโปรตีนด้วย

3) ผลของการอบแห้งที่มีต่อคาร์โบไฮเดรต การทำให้อาหารแห้งมีผลต่ออาหารที่เป็นคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสีซึ่งเกิดจาก non-enzymatic browning หรือ caramelization ซึ่งปฏิกิริยานี้เกิดจากปฏิกิริยาของกรดอะมิโนในอาหารกับน้ำตาลรีดิวซิง (reducing sugar) ทำให้เกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งป้องกันโดยใช้สารเคมี เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไcด์ หรือ โc เดียมเมตาไบซัลไฟต์ การรมควันเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถใช้ควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารได้ แต่อาหารนั้นต้องมีความชื้นต่ำมากๆ อาหารแห้งจะเกิดสีน้ำตาลถ้าอาหารนั้นมีความชื้นประมาณร้อยละ 30

4) ผลของการอบแห้งต่อปริมาณไขมัน ถ้าใช้อุณหภูมิการอบแห้งสูงจะทำให้อาหารที่อบแห้งเกิดการเหม็นหืน ดังนั้นจึงควรใช้อุณหภูมิต่ำหรือใช้สารเคมีบางชนิดป้องกันการเกิด ปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยใช้พวกสารกันหืน เช่น BHT (butylated hydroxyl toluene)

5) ผลของการอบแห้งต่อเม็ดสีในอาหาร อาหารอบแห้งจะมีคุณสมบัติทั้งทางเคมีและกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไป สีของอาหารจะเปลี่ยนไป เม็ดสีพวกแคโรทีนอยด์ และแอนโทไCยานินจะซีดจางลง ถ้าใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลานาน หรือใช้สารอาหารบางชนิดในการอบแห้งเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไCม์ เช่น รมควัน ด้วยกำมะถัน จะทำให้สีของอาหารจางลง ดังนั้นพวกผักและผลไม้จึงมีการตรึงสีก่อนอบแห้ง โดยการลวกน้ำร้อนหรือแช่สารเคมี เช่น สารละลายด่างอ่อน จะไม่ทำให้ผักผลไม้มีสีจางลงหรือมีสีน้ำตาล แต่อาหารจะแข็งกระด้างขึ้น การอบแห้งยังสามารถเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไCม์ นั่นคือ Maillard reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาทางอินทรีย์ที่เกิดจากกรดอะมิโนทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซิงซึ่งจะทำให้เกิดสีน้ำตาล และทำให้กลิ่นรสของอาหารเปลี่ยนไป (กุลยา, 2540)

6) ผลของการอบแห้งต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารที่แข็ง เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพ ลักษณะและการจัดการเบื้องต้น เช่น การเติมแคลเซียมคลอไรด์ในน้ำที่ใช้ลวก ชนิดและลักษณะการลดขนาดและการปอกเปลือก ล้วนมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ที่นำมาดูดคืนน้ำใหม่ในอาหารที่ผ่านการลวกอาจเกิดการสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัส เนื่องจากการเกิดเจลของแป้ง การตกผลึกของเCลลูโลส การเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างการทำแห้ง ส่วนต่างๆ ของอาหารทำให้เกิดความเครียดภายใน ปัจจัยเหล่านี้จะอัดและเปลี่ยนแปลงรูปร่างของอาหารที่ค่อนข้างแข็งทำให้อาหารมีลักษณะเหี่ยวย่น อาหารจะดูดกลืนความชื้นอีกครั้งในระหว่างการดูดคืนน้ำอย่างช้าๆแต่จะไม่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นเหมือนวัตถุดิบเดิม ความกรอบของอาหารอบแห้งที่ทำจากธัญพืชเป็นฟังก์ชั่นกับค่า a_w ที่ค่า a_w 0.4-0.5 ทำให้ขนมปังกรอบสูญเสียความกรอบ รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่มีธัญพืชเป็นองค์ประกอบก็จะสูญเสียความกรอบที่ช่วงค่า a_w นี้ด้วย สำหรับความแข็ง พบว่า อาหารประเภทกึ่งแห้งจะมีค่า a_w วิกฤตอยู่ในช่วงประมาณ 0.5-0.6 (ไพบูลย์, 2532)

7) ผลของการอบแห้งต่อเอนไซม์ เอนไซม์จะหยุดกิจกรรมเมื่อใช้ความร้อนถึงอุณหภูมิ 100° C เป็นเวลา 1 นาที แต่ถ้าใช้ความร้อนในกระบวนการอบแห้ง (dehydration) ปฏิกิริยาของเอนไซม์จะทนทานถึง 204 ° C ดังนั้นในกระบวนการอบแห้ง จึงต้องลวกน้ำร้อนก่อนหรือใช้สารเคมีเพื่อยับยั้ง ปฏิกิริยาของเอนไซม์ในอาหารที่จะนำไปอบแห้ง นอกจากนี้ปฏิกิริยาของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับปริมาณ ความชื้นของอาหาร ถ้าความชื้นในอาหารลดลงปฏิกิริยาก็ลดลงด้วย แต่อัตราเร็วของปฏิกิริยาขึ้นอยู่ กับความเข้มข้นของเอนไซม์และอาหาร ถ้าความชื้นลดลงต่ำกว่า 1% ปฏิกิริยาของเอนไซม์จะไม่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ผลของการอบแห้งต่อกลิ่นรส ความร้อนนอกจากจะทำให้น้ำระเหยแล้ว ยังทำให้สารหอมระเหยบางชนิดสูญเสียไปปริมาณการสูญเสียสารหอมระเหยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และความเข้มข้นของของแข็งในอาหาร ความดันไอ และความสามารถในการละลายในไอน้ำของสารหอมระเหย สารหอมระเหยที่มีความสามารถในการระเหย และการแทนที่สูงจะเกิดการสูญเสียในช่วงแรกของการอบแห้ง มีสารระเหยปริมาณน้อยที่เกิดการสูญเสียช่วงหลังของการทำแห้ง การควบคุมสภาวะการทำแห้งในแต่ละขั้นตอนจะช่วยลดการสูญเสียให้น้อยที่สุด อาหารให้กลิ่นรสที่มีมูลค่าสูง เช่น สมุนไพร และเครื่องเทศ จะใช้อุณหภูมิในการกำจัดน้ำต่ำ ปฏิกิริยาออกซิเดชันของรงควัตถุ วิตามิน และไขมันในอาหารระหว่างการเก็บรักษาก็เป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียกลิ่น อาหารแห้งซึ่งมีรูอยู่มากจะทำให้มีก๊าซออกซิเจนอยู่มากด้วย อุณหูมิในการเก็บรักษาและค่าวอเตอร์แอคติวิตี (water activity; a_w) จะเป็นตัวกำหนดอัตราการเสื่อมเสียของอาหาร ปฏิกิริยาออกซิเดชันของนมผงแห้งทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน ส่วนผักและผลไม้เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันจะทำให้เกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน ดีไฮเดรชัน หรือออกซิเดชันและกลายเป็นแอลดีไฮด์ คีโตน และกรดซึ่งทำให้เกิดการเหม็นหืน สามารถลดปฏิกิริยาเหล่านี้ได้โดยการบรรจุผลิตภัณฑ์ในสุญญากาศ หรือเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำ การทำจัดแสงอุลตร้าไวเลดการรักษาความชื้นให้ต่ำ และเดิมสารที่สามารถป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน อัตราการเกิดสีน้ำตาลในนมหรือผลิตภัณฑ์ผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษานั้น ขึ้นอยู่กับค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของอาหาร และอุณหภูมิการเก็บรักษา อัตราการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิการทำแห้งสูง เมื่อความชื้นของผลิตภัณฑ์สูงกว่า 4-5% และอุณหภูมิการเก็บรักษาเกิน 38° C

9) ผลของการอบแห้งต่อการดูดคืนน้ำ การดูดคืนน้ำไม่ใช่ปฏิกิริยาย้อนกลับของการทำแห้ง การเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะเนื้อสัมผัส การเคลื่อนที่ของตัวละลายและการสูญเสียสารระเหยไม่สามารถเกิดการย้อนกลับไปเหมือนเดิมได้ ความร้อนลดระดับการดูดคืนน้ำของแป้ งและความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ ทำให้โปรตีนจับตัวกัน และลดความสามารถในการอุ้มน้ำ อัตราเร็วและระดับของการดูดคืนน้ำอาจใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของอาหารได้ อาหารที่ทำแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมมากกว่าจะเกิดความเสียหายน้อยกว่า และดูดคืนน้ำได้เร็วกว่าอาหารที่ทำแห้งที่สภาวะที่เหมาะสมน้อยกว่า (วิไล, 2546)

10) ผลของการอบแห้งต่อจุลินทรีย์ แม้ว่าจุลินทรีย์บางชนิดได้ถูกทำลายระหว่างการทำแห้ง แต่โดยทั่วไปแล้วการทำแห้งไม่มีผลต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ และการสูญเสียของอาหารแห้งมักมีจุลินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการเน่าเสียของอาหารแห้งคือ ยีสต์ และรา เนื่องจากต้องการปริมาณน้ำ (a_w) ในปริมาณน้ำ โดยทั่วไปอาหารที่มี a_w ช่วง 0.80-0.85 จะเสียภายใน 1-2 สัปดาห์ โดยมีราเป็นสาเหตุ ต่ถ้าอาหารมี a_w ต่ำกว่า 0.75 จะมีผลทำให้เกิดการเน่าเสียจะเกิดช้า และหากอาหารมี a_w 0.65 การเน่าเสียแทบจะไม่เกิดขึ้นเลย สามารถเก็บอาหารนี้ได้นานมากกว่า 2 ปี ดังนั้นถ้าต้องการเก็บอาหารแห้งไว้นานๆ ควรทำแห้งอาหารจนมี a_w อยู่ระหว่าง 0.65-0.70 (ไพบูลย์, 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะได้ผลิตภัณฑ์หลังอบที่มีสภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ก่อนทำแห้งมาก คือ สามารถรักษากลิ่น สี และรูปร่าง ให้ใกล้เคียงกับก่อนทำแห้งได้ดีกว่าการทำแห้งแบบใช้ลมร้อน ดังนั้นจึงมีการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและวิธีการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ความแตกต่างระหว่างการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน

การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	การอบแห้งโดยใช้ลมร้อน
1.ได้ผลดีสำหรับอาหารส่วนใหญ่ แต่การใช้จำกัดอยู่ที่อาหารที่อบแห้งด้วยวิธีอื่นยาก	1. ให้ผลดีกับอาหารแห้งง่าย เช่นผัก เมล็ดพืช
2. ให้ผลดีกับเนื้อสุกหรือสด	2. โดยทั่วไปไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์เนื้อ
3. ลดความดันให้ต่ำลง	3. ความดันบรรยากาศ
4. อาศัยการระเหิดของน้ำแข็ง	4. อาศัยการระเหยน้ำจากผิวของอาหาร
5. มีการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายน้อยที่สุด	5. เกิดการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายและอาจเกิดเปลือกแข็ง แรงเค้นในอาหารทำให้เกิดความเสียหายของโครงสร้างและเกิดการหดตัว
6. เกิดการกำจัดน้ำขึ้นอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์	6. เกิดการกำจัดน้ำอย่างช้าๆ และไม่สมบูรณ์
7. กลิ่น-รสมักไม่เปลี่ยน	7. กลิ่น-รสมักผิดปกติ
8. สีไม่ค่อยเปลี่ยน	8. สีมักคล้ำลง
9. คุณค่าทางอาหารเปลี่ยนแปลงน้อยมาก	9. คุณค่าทางโภชนาการลดลง

ที่มา: วิไล (2543)

Yang and Atallah (1985) ได้อบแห้งบูลเบอรี่จนเหลือความชื้นร้อยละ 16-25 ด้วยวิธีการอบแห้งที่แตกต่างกัน 4 วิธีคือ การอบแห้งแบบเยือกแข็ง สูญญากาศ อากาศพาความร้อน และไมโครเวฟร่วมกับอากาศพาความร้อน พบว่า การอบแห้งแบบเยือกแข็งและสูญญากาศทำให้สีของบูลเบอรี่เปลี่ยนแปลงน้อยกว่าแบบพาความร้อนและไมโครเวฟร่วมกับอากาศพาความร้อน

Krokido et al. (1998) พบว่าทั้งอุณหภูมิและความชื้นไม่มีผลต่อค่าความมืดและสว่างของแอปเปิ้ล กล้วย แครอท และมันฝรั่ง และมีผลต่อโทนสีแดง-เขียว และโทนเหลือง-น้ำเงินของผักผลไม้ที่อบแห้งแบบอากาศพาความร้อนแบบสูญญากาศ ซึ่งสีจะเปลี่ยนมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและความชื้นสัมพัทธ์ลดลง

Balladin and Headley (1999) ได้ทำการทดลองอบแห้งกลีบดอกกุหลาบเป็นเวลา 2 วันที่อุณหภูมิ 30° C หรือใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อบเป็นเวลา 16 ชั่วโมง เพื่อให้ถึงวามชื้นสมดุล ผลการทดลองพบว่า กลีบดอกกุหลาบมีความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 65.7% และ 25.2% ตามลำดับ การทดสอบหาคุณสมบัติทางชีวเคมีของกลีบดอกกุหลาบ คือ การหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณรงควัตถุสีแดงที่อยู่ภายในกลีบกุหลาบ (pelargonidin) ซึ่งพบว่าปริมาณรงควัตถุนี้จะลดลงเป็น 2.5 เท่าของกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้ง โดยสาร pelargonidin ethanoic ที่สกัดได้นั้นจะเป็นตัวที่แสดงค่าความเป็นกรดเบส โดยมีค่า K_a เท่ากับ $1x10^{-4}$ mol^{-1} และค่า pH ณ จุดสุดท้ายมีค่าเท่ากับ 4 และเมื่อซับด้วยกระดาษกรอง แล้วทิ้งไว้ให้แห้งภายในเวลา 5 นาทีจะมีคุณสมบัติในการเป็นอินดิเคเตอร์ด้วย

Chen et al. (2000) ได้อบแห้งแบบเยือกแข็งดอกกุหลาบและดอกคาร์เนชั่นสีแดงและสีชมพู พบว่าที่อุณหภูมิต่ำจะให้สีใกล้เคียงกับสีของดอกไม้สด ในขณะที่อุณหภูมิสูงทำให้ความชื้นลดลง กลีบและก้านมีความแข็งแรงมากขึ้น แต่สีของดอกเปลี่ยนไปมาก และยังพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อดอกไม้มากกว่าเวลาในการแช่เยือกแข็ง

Ramesh (2003) ได้อบแห้งข้าวหุงสุกแบบสองขั้นตอน โดยใช้ลมร้อนร่วมกับไวโบรฟลูอิไดซ์เบด โดยข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 300% และอบแห้งในขั้นตอนแรก ให้เหลือความชื้อร้อยละ 122 แล้วทำการอบแห้งขั้นตอนที่สอง จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 6.4 พบว่าอัตราการระเหยน้ำมีผลต่อรูพรุนของเมล็ดข้าวซึ่งอาจส่งผลให้ไม่สามารถคืนรูปได้อย่างสมบูรณ์

Kwok et al. (2004) ได้ศึกษาผลกระทบของวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง การทำแห้งด้วยไมโครเวฟสุญญากาศ (vacuum-microwave drying) และการทำแห้งแบบลมร้อน ที่มีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินจาก Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt. cv. Thiessen and Smoky) ซึ่งผลการศึกษาพบว่า หลังการทำแห้งปริมาณแอนโทไซยานินจะลดลง 22.57% 53.46% และ 87.61% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งสามารถลดการสูญเสียแอนโทไซยานินได้ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในระหว่าง การเก็บรักษาของเมทิลลิโนลีเอต (methyl linoleate) ที่ห่อหุ้มด้วยกัมอราบิก โดยใช้วิธีทำแห้งแบบลมร้อน และวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง Minemoto et al. (1997) พบว่าเมทิลลิโนลีเอตที่ถูกห่อหุ้ม โดยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะถูกออกซิไดซ์ช้ากว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่า วิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชันกับสารแกนได้ดีกว่า

Puspitowati and Driscoll (2007) ได้ผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูปโดยวิธีทำแห้งแบบเยือกแข็ง ที่อุณหภูมิ -20° C ใช้เวลา 5 ชั่วโมง โดยได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสหลังการคืนตัวดีกว่าที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธีอื่น และสามารถเกิดการคืนรูปได้ดีกว่า และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนาแน่นต่ำ หดตัวน้อย มีความพรุนสูง รสชาติดี และยังคงรักษากลิ่นหอมไว้ได้

Luangmalawat et al. (2008) พบว่าการอบแห้งข้าวเจ้าหอมมะลิหุงสุกด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 80 100 และ 120° C จนมีความชื้นสุดท้าย 10% และ 7% ในแต่ละอุณหภูมิ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอัตราการคืนรูปไม่แตกต่างกัน

วิวัฒน์ (2536) ได้ศึกษาผลของอัตราการแช่แข็งที่มีต่อคุณภาพของมะละกอและหน่อไม้ฝรั่งที่แช่แข็งแบบรวดเร็วและแบบช้าพบว่าอาหารแช่แข็งที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงด้านสีและน้ำหนักที่สูญเสียหลังการละลายไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณัฐพงศ์ (2557) ศึกษาสภาวะการผลิตไมโครแคปซูลแอนโทไซยานินจากรำข้าวเหนียวดำ โดยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอยและแช่เยือกแข็งที่มีต่อสมบัติและความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาของไมโครแคปซูลแอนโทไซยานินที่ผลิตได้และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการผลิตทั้ง 2 วิธีการศึกษาจะใช้รำข้าวเหนียวดำ พันธุ์กำดอยสะเก็ดเป็นวัตถุดิบในการเตรียมสารสกัดแอนโทไCยานิน การสกัดแอนโทไซยานินโดยผันแปรความเข้มข้นของตัว ทำละลายเอทานอล ปริมาณกรดอัตราส่วนของดวัถูกละลายต่อดวัทา ละลายอุณหภูมิและเวลา เพื่อหา สภาวะการสกดัที่ใหป้ ริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย เอทานอลความเข้มข้น 70% ที่ปรับสภาพความเป็นกรดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความ เข้มข้น 1 นอร์มอล และใช้อัตราส่วนของตัวถูกละลายต่อตัวทำละลาย 1 : 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) สกัดที่อุณหภูมิ 30° C เป็นเวลา 90 นาที คือ สภาวะการสกัดที่ให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด (2817.04 ± 67.50 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง) สภาวะการสกัดนี้จะใช้สำหรับเตรียมสารสกัด แอนโทไซยานินความเข้มข้น 5 °บริกซ์เพื่อใช้เป็นสารแกน ส่วนของข้าวขาวที่เหลือจากการขัดสีจะ ถูกนำมาผลิตเป็นสารห่อหุ้ม โดยการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสชนิดทนร้อน (Termamyl®) เพื่อผลิตเป็นมอลโตเดกซ์ตรินจากแป้งข้าวเหนียวดำที่มีค่าสมมูลเดกซ์โตรส (DE) แตกต่างกัน คือ 10, 20 และ 30 (MD-10, MD-20 และ MD-30 ตามลำดับ) สำหรับการผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย จะทำการศึกษาปัจจัยการผลิต 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (140, 160 และ 180° C) และชนิดของมอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่าสมมูลเดกซ์โตรสแตกต่างกัน (MD-10, MD-20 และ MD-30) ผลการศึกษาพบว่าปฏิสัมพันธ์ของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ากับค่าสมมูลเดกซ์โตรสมีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้น ค่า a_w พารามิเตอร์สีชนิดต่างๆ ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการกระจาย ความสามารถในการเปียก ปริมาณแอนโทไซยานินที่พื้นผิว ประสิทธิภาพการห่อหุ้ม และกิจกรรมการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH°) ในขณะที่ปริมาณผลผลิต ความหนาแน่นรวม ค่ามุมกอง ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และศักยภาพการรีดิวซ์ได้รับอิทธิพลจากผลของปัจจัยการผลิตหลัก ผลการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าการผลิตโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าสูงกว่าจะได้ไมโครแคปซูลที่มีขนาดใหญ่และมีพื้นผิวที่เรียบกว่า ในขณะที่ MD-20 คือ สารห่อหุ้มที่ทำให้ไมโครแคปซูลที่ผลิตได้ มีสัดส่วนของอนุภาคที่มีพื้นผิวเรียบมากที่สุด สภาวะการผลิตโดยใช้ MD-20 ร่วมกับทำแห้งด้วยอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 180° C คือ สภาวะที่ดีที่สุดในการศึกษานี้ ซึ่งให้ไมโครแคปซูลแอนโทไCยานินที่มีคุณภาพดีที่สุด สำหรับการผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ไมโครแคปซูลแฮนโทไCยานินถูกผลิตโดยใช้สารห่อหุ้ม 3 ชนิด คือ MD-10, MD-20 และ MD-30 ผลการศึกษาพบว่า MD-20 คือ สารห่อหุ้มที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ผลการทดสอบสมบัติด้านต่าง ๆ ที่ดีสุด สำหรับผลการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาโดยใช้ SEM พบว่า ไมโครแคป- ซูลที่ผลิตได้มีลักษณะโครงสร้างที่ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของไมโครแคปซูลที่ผลิตได้จากทั้ง 2 วิธี พบว่า วิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับสารที่ไวต่อการสลายตัวทางความร้อน ซึ่งไมโครแคปซูลที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะมีคุณสมบัติโดยรวมเหนือกว่าวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย ยกเว้นเพียงปริมาณความชื้นและค่า a_w ซึ่งการผลิตด้วยวิธีทาแห้งแบบพ่นฝอยจะสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำจัดความชื้นและลดค่า a_w ได้มากกว่า การศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานินในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิ (4, 25 และ 45° C) ที่ใช้เก็บรักษา ส่งผลให้เกิดการสูญเสียปริมาณแอนโทไซยานินมากขึ้น โดยอุณหภูมิเก็บรักษาที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษานี้ คือ 4 องศาเซลเซียส สำหรับวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย ไมโครแคปซูลแอนโทไซยานินที่ผลิตโดยใช้ MD-10 ร่วมกับทำแห้งด้วยอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 180° C คือ ไมโครแคปซูลที่มีความคงตัวในระหว่างเก็บรักษามากที่สุด โดยมีค่าคงที่ปฏิกิริยาการสลายตัวต่ำสุด (0.0017 วัน-1) และมีค่าครึ่งชีวิตสูงสุด (407.73 วัน) สำหรับวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ไมโครแคปซูลแอนโทไซยานินที่ผลิตโดยใช้ MD-10 คือ ไมโครแคปซูลที่มีความคงตัวในระหว่างเก็บรักษามากที่สุด โดยมีค่าคงที่ปฏิกิริยาการสลายตัวต่ำสุด (0.0034 วัน-1) และมีค่าครึ่งชีวิตสูงสุด (203.87 วัน) โดยรวมแล้ว การผลิตไมโครแคปซูลด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอยสามารถลดการสลายตัวของแอนโทไซยานินในระหว่างเก็บรักษาได้ดีกว่าการผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

พีรพล (2551) ได้ศึกษาการทำให้แห้งแบบแช่เยือกแขงของน้ำผึ้งผสมมอลโทเด็กซ์ทรินโดยหาสูตรการผลิตน้ำผึ้งผงโดยผสมมอลโทเด็กซ์ทรินที่มีค่า dextrose equivalent (DE) 2 ระดับ คือ DE 11 และ 18 ในอัตราส่วน 30, 40 และ 50% ของปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำผึ้ง ได้วิเคราะห์ คุณภาพทางเคมี (water activity ความชื้น ลักษณะ sorption isotherm) คุณภาพทางกายภาพ (สี ความสามารถในการละลาย glass transition temperature (Tg) และ ความสามารถในการไหล และ ทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า water activity ความชื้น ลักษณะ sorption isotherm ความสามารถในการละลาย และสมบัติทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างน้ำผึ้งผงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) การผสมมอลโทเด็กซ์ทริน DE 18 ในอัตรา 50% ในสูตรการผลิตน้ำผึ้งผงทำให้ตัวอย่างมีค่า Tg เท่ากบั 61.8±0.9° C เมื่อใช้มอลโทเด็กซ์ทริน DE 11 ปริมาณ 50% ทำให้ได้ค่าความสามารถในการไหลของน้ำผึ้งผงสูงที่สุด (43.5±1.5o) อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($p \leq 0.05$) แต่มีค่า Tg ต่ำกว่าการใชมอลโทเด็กซ์ทริน DE 18 ในอัตราส่วนเดียวกัน ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในการทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็งของน้ำผึ้งผสมมอลโทเด็กซ์ทริน คือ ใช้มอลโทเด็กซ์ทริน DE 18 ปริมาณ 50% ซึ่งมีจำนวนแบคทเรียทั้งหมด และ จำนวนยีสต์และราน้อยกว่า 10 cfu/g จำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3.0 MPN/g ปริมาณ reducing sugar, acidity และปริมาณ hydroxymethylfurfural เท่ากับ 51 mg, 35 milliequivalent/kg และ 8.3 mg/kg ตามลำดับ และตรวจไม่พบสารหนูหรือตะกั่ว

จันทิมา (2559) ได้ศึกษาการอบแห้งข้าวสุกแบบ 2 ขั้นตอนในกระบวนการผลิตข้าวกึ่งสาเร็จรูป ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี โดยศึกษาวิธีการอบแห้งและอุณหภูมิในการอบแห้งข้าวสุก โดยทาการอบแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 90° C ความดัน 80 มิลลิบาร์ ในขั้นตอนแรก แล้วเปรียบเทียบการอบแห้งในขั้นตอนที่สองระหว่างการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดและเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70° C โดยพิจารณาผลต่อค่าการหดตัว ระดับการเกิดเจลาติไนเCชัน อัตราการดูดน้ำคืน เนื้อสัมผัส และค่าสี จากผลการศึกษา พบว่าการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 ด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดมีระดับการเกิดเจลาติไนเซชันสูงกว่าและมีค่าการหดตัวต่ากว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด พิจารณาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งข้าว พบว่าที่ 50° C มีระดับเจลาติไนเCชันและค่าการหดตัวสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70° C ตามลำดับ ค่าความแข็งและค่าความขาวของข้าวกึ่งสาเร็จรูปหลังการคืนตัว สำหรับการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดมีค่าต่ากว่าข้าวที่อบแห้งด้วยเครื่องแบบถาด ซึ่งผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการอบแห้งข้าวกึ่งสาเร็จรูปในขั้นตอนที่สองด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดทำให้ข้าวมีคุณภาพดี จึงเป็นทางเลือกในกระบวนการอบแห้งข้าวกึ่งสาเร็จรูปในระดับอุตสาหกรรมได้อีกวิธีหนึ่ง

2.2.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างประเภทขบเคี้ยว

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวหรืออาหารว่างเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันทั่วไปในระหว่างมื้อของอาหาร และความนิยมดังกล่าวได้มีเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด มีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบและใช้กรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันไป จากความนิยม ในการบริโภคขนมขบเคี้ยวที่เพิ่มมากขึ้นบวกกับความเจริญของเทคโนโลยี จึงทำให้มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงการผลิตจากระดับครัวเรือนมาเป็นระดับอุตสาหกรรม ซึ่งทำให้ชนิดและรูปแบบของ ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายมากขึ้น รวมทั้งการแข่งขันทางการตลาดก็สูงขึ้นด้วย จากการรวบรวมความหมายของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว (snack) หรืออาหารขบเคี้ยว (snack food) ของ Blenford (1982); Tettweiler (1991); ธงชัย (2535); เพ็ญขวัญ และทัศนีย์ (2541) สรุปได้ว่า ขนมขบเคี้ยวควรมีลักษณะพื้นฐานดังนี้ มีลักษณะรูปร่างขนาดเล็ก อาจเป็นของ หวานหรือของคาว โดยที่ผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการแปรรูปมาแล้วพร้อมบริโภคได้ทันทีหรือมีการ เตรียมเพียงเล็กน้อย บริโภคขณะร้อนหรือเย็นในรูปของแข็งหรือของเหลวก็ได้ ใช้รับประทานเป็น อาหารว่างหรือโอกาสต่างๆ ตามที่ผู้บริโภคต้องการ ซึ่งจะทำให้เกิดความพึงพอใจและประทังความหิวในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ได้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นาน 6 สัปดาห์โดยไม่ต้องอาศัยความเย็น นอกจากอาหารที่ประกอบภายในครัวเรือนแล้วอาหารขบเคี้ยวส่วนใหญ่ยังมีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ขนมขบเคี้ยวมีการพัฒนารูปแบบและรสชาติใหม่ๆ ออกสู่ตลาดอยู่ตลอดเวลา เพื่อขยาย ฐานการตลาดให้กว้างขวางขึ้น เนื่องจากสภาพการแข่งขันในปัจจุบันที่รุนแรง ภาวะการตลาดของ ขนมขบเคี้ยวภายในประเทศ และต่างประเทศ ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวในประเทศไทยมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งบริษัทศูนย์วิจัยไทยพาณิชย์จำกัด (2543) ได้จำแนกประเภทของขนมขบเคี้ยวที่มีในตลาดส่วนใหญ่เป็น 7 ประเภท หลักได้แก่ 1) มันฝรั่งทอด/ อบเนย ทั้งชนิดแผ่นและแท่ง (stick) 2) ปลาเส้น ปลาแผ่น ปรุงรสต่างๆ 3) ขนมขึ้นรปู ได้แก่ ขนมอบกรอบที่ผลิตจากวัตถุดิบประเภทแป้ง อาทิแป้งข้าวโพด และส่วนผสมอื่น ขึ้นรูปเพื่อให้มีรูปร่างต่างๆกัน 4) ถั่วประเภทต่างๆ 5) ขาวเกรียบ (กุ้ง ปลาและอื่นๆ) 6) ข้าวโพดอบเนย และ 7) ปลาหมึกปรุงรส

กรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยว ในปัจจุบันมีการผลิตขนมขบเคี้ยวได้หลายวิธีซึ่ง Blenford (1982) ได้แบ่งกรรมวิธีการ ผลิตขนมขบเคี้ยวทั่วไปเป็น 7 วิธี คือ การทอด (frying)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่าง (roasting) การพองตัว (expanding) การทำให้อยู่ในรูปผงที่ละลายได้ทันที (instanting) เอ็กซ์ทรูชัน (extrusion) การอบ (baking) และการหมัก (fermentation) ส่วน Reilly and Man (1989) ได้แบ่งขนมขบเคี้ยวออกเป็น 4 กลุ่ม ตามกลุ่มเทคโนโลยีที่ใช้ในการการแปรรูปผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 คือ Deep-fat fried กลุ่มนี้ ได้แก่ มันฝรั่งทอดกรอบ และมันฝรั่งแท่ง และถือได้ว่าเป็นธุรกิจส่วนใหญ่ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

กลุ่มที่ 2 คือ Quick fried แผ่นเพลเลต (pellet) มีการทำให้สุกบางส่วน ซึ่งได้จากมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่ง และ/หรือธัญชาติอื่นๆ นำมาทอดที่อุณหภูมิสูง (เช่น ประมาณ 200° C) เป็นเวลาสั้นๆ (10 -15 วินาที) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความพองและเนื้อสัมผัสเบา

กลุ่มที่ 3 คือ Extrusion Cooked ส่วนผสมของมันฝรั่งและธัญชาติที่อยู่ในลักษณะเป็นผง นำไปเอ็กซ์ทรูดผ่านหน้าไดของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ ที่อุณหภูมิและความดันสูง เพื่อให้ได้เอ็กซ์ทรูเดด ที่ พองด้วยการทอดในภายหลัง จากนั้นทำการเคลือบด้วยน้ำมันและกลิ่นรส ผลิตภัณฑ์ที่วางขายในตลาดเป็นจำนวนมากอยู่ในกลุ่มนี้ และสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปร่าง ลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสแตกต่างกัน

กลุ่มที่ 4 คือ Roasted ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้มักเป็นพวกถั่วต่างๆ (nuts) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในรูปถั่วลิสงคั่ว

สำหรับงานวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างขบเคี้ยวข้าวยำปักษ์ใต้กึ่งสำเร็จรูปนี้ ได้เลือกกรรมวิธีการ ผลิตโดยใช้กระบวนการทอด ในการทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารว่างขบเคี้ยวข้าวยำปักษ์ใต้กึ่งสำเร็จรูปสุก ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมระดับครัวเรือนได้ ซึ่งวิธีการทอดมีหลายวิธีและมีปัจจัยที่ส่งผลต่อขนมขบเคี้ยวหลายประการ ดังนี้

การทอดแบบน้ำมันท่วมชิ้นอาหาร (deep-fat frying) การทอดแบบน้ำมันท่วมชิ้นอาหารหรือ deep-fat frying เป็นกรรมวิธีการแปรรูป ผลิตภัณฑ์อาหารและขนมขบเคี้ยวที่ได้รับความนิยม และใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในระดับ ครัวเรือนและระดับอุตสากรรม ในการทอดแบบ deep-fat frying อาหารจะจมอยู่ในน้ำมันหรือ ไขมันที่มีอุณหภูมิสูง Moreira et al. (1999) กล่าวว่าน้ำมันขณะทอดส่วนใหญ่จะมีอุณหภูมิ 150° C – 190° C ความร้อนจากน้ำมันจะทำให้น้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ระเหยเป็นไอ และ เคลื่อนออกมาที่ผิวของผลิตภัณฑ์และออกไปยังผิวหน้าของน้ำมัน ขณะเดียวกันน้ำมันก็จะถูกดูด ซับเข้าไปในผลิตภัณฑ์ด้วยการแทนที่น้ำที่ระเหยออกไปกลายเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น คุณภาพของน้ำมันหรือไขมันที่ใช้ในการทอดจึงมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการทอด

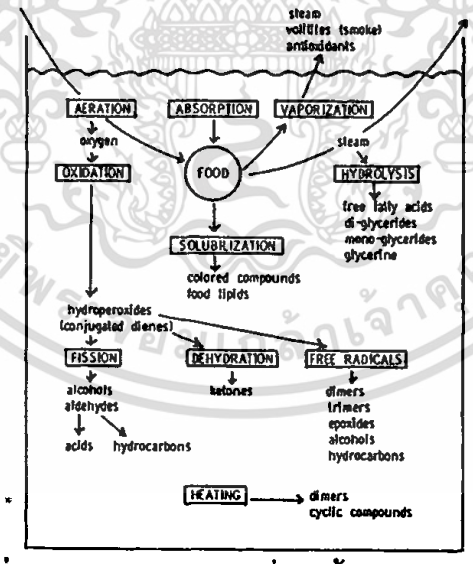
น้ำมันและไขมันที่ใช้ในการทอด

กรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวแบบทอด (deep fat frying) นั้นน้ำมันที่ใช้ในการทอดจะมี คณสมบัติที่แตกต่างจากน้ำมันที่ใช้เป็นชอทเทนนิ่ง (shortening) หรือใช้ในการเคลือบ (coating) คือจะ ต้องมีจุดเกิดควัน (smoking point) ที่สูง และมีความคงตัวต่อการเกิดไฮโดรไลซิส (hydrolysis) และการเกิดออกซิเดชัน (oxidation) ที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Matz, 1991) ในงานวิจัยนี้ได้ เลือกน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปาล์มมาใช้ในกระบวนการทอดผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้กึ่งสำเร็จรูป เนื่องจากมีคณสมบัติที่ดีดังต่อไปนี้

น้ำมันปาล์ม (palm oil) เป็นน้ำมันที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเนื่องจากไม่มีกลิ่นที่อุณหภูมิ ห้อง มีความคงทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูงและมีคุณค่าทางโภชนาการเนื่องจากมี องค์ประกอบของกรดไขมัน (50% unsaturated no trans acid) มีราคาถูก และมีสีที่ดี (favorable light) เมื่อเทียบกับน้ำมันชนิดอื่นๆ สมบัติในการทอดที่ดีของน้ำมันปาล์มคือ มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปานกลาง มี linolenic acid และ tocopherol (380 – 890 ppm) ซึ่งเป็นสารกันหืนธรรมชาติทำให้ น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่มีประสิทธิภาพ (Hui, 1996) ในระหว่างกระบวนการทอดน้ำมันจะเกิดการเสื่อมเสีย และมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ซับซ้อนเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันกับอาหารระหว่างการทอด ปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทอดส่งผลต่อคุณภาพของน้ำมัน แสดงดังภาพที่ 2.2 โดยปฏิกิริยาทางเคมีหลักๆ ที่เกิดขึ้นกับน้ำมันระหว่างการทอดคือ 1) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) เป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนที่มีในอากาศกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันหรือไขมันเกิดเป็นอนุมูลเพอร์ออกไซด์ที่ไม่เสถียรจะสลายตัวให้สารประกอบแอลดีไฮด์หรือคีโตน ซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้และทำให้มีกลิ่นเหม็นหืน และ 2) ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (hydrolysis) เมื่ออาหารถูกนำไปทอดในน้ำมันที่ร้อน ไอน้ำที่ออกจากอาหารจะทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระที่ทำให้มีกลิ่นรสคล้ายสบู่เกิดขึ้น



ภาพที่ 2.2 ปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทอด

ที่มา: Moreira et al. (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลต่อขนมขบเคี้ยวที่ผ่านกระบวนการทอด

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการทอดซึ่งจะส่งผลคุณภาพของขนมขบเคี้ยวคือ สภาวะในการทอด โดยธงชัย (2535) กล่าวว่าสภาวะในการทอดจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะได้มาก โดยการทอดจะทำให้เกิดการพองตัวของแป้ง (starch gel) ขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ ของผลิตภัณฑ์การพองตัวขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่างคือ ความดัน และความต้านทาน ความดันเกิดจากการให้พลังงาน เข้าไปในอาหารจะโดยวิธีใดก็ตาม เนื่องจากน้ำที่แทรกอยู่ในอาหารเกิดการขยายตัว ดันให้เนื้ออาหารเป็นโพรงหรือรูพรุน เพื่อให้ความชื้นหลุดออกจากเนื้ออาหารได้ ในขณะเดียวกันก็จะเกิดแรงต้าน หรือแรงยึดไม่ให้น้ำขยายตัวหรือหลุดไป ถ้าใช้พลังงานพอเหมาะจะทำให้ เกิดความดันเท่ากับความต้านทาน การพองตัวที่ได้จะมีการพองตัวสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นอาหาร ทำให้ความชื้นที่เหลืออยู่พอเหมาะที่จะทำให้มีความกรอบพอเหมาะพอดี มีโครงสร้างเนื้อสัมผัสดีไปด้วย แต่ถ้าความดันน้อยกว่าความต้านทาน ลักษณะเนื้อสัมผัสจะไม่ดีมีรูพรุนไม่สม่ำเสมอ ส่วนที่ไม่มีรูพรุนก็จะแห้ง ปัจจัยในการทอดที่ส่งผลต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวมีหลายประการ เช่น คุณภาพของ น้ำมัน ความชื้นเริ่มต้น อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทอด ขนาด และองค์ประกอบของอาหาร ได้แก่อัตราส่วนของแอมิโลสต่อแอมิโลเพคติน ปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น การดูดซับน้ำมันหรือการอมน้ำมันของผลิตภัณฑ์สีและเนื้อสัมผัส เป็นต้น

คุณภาพของน้ำมัน

ในระหว่างการทอดน้ำมันจะถูกดูดซับเข้าไปในผลิตภัณฑ์ ด้วยการแทนที่น้ำที่ระเหยออกไปกลายเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ดังนั้นคุณภาพของน้ำมันหรือไขมันที่ใช้ในการทอดจึงมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการทอด น้ำมันที่ได้รับความร้อนเป็นเวลานาน หรือใช้ทอดหลายๆ ครั้ง น้ำมันจะเกิดการเสื่อมเสียดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (Moreira et al., 1999) จากการทดลองของ Moreia et al. (1997) พบว่า tortilla chips ที่ทอดในน้ำมันที่ผ่านการใช้มาแล้วมีผลทำให้มีน้ำมันปริมาณมาก สะสมอยู่ที่ผิวหน้าของตัวอย่างมากกว่า tortilla chips ที่ทอดในน้ำมันใหม่

อุณหภูมิและเวลาในการทอด

สาเหตุการอมน้ำมันมาจากอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการทอด การทอดที่ใช้อุณหภูมิต่ำปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ก็จะต่ำด้วย ในขณะที่การเพิ่มเวลาในการทอดจะทำให้ ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ขนาดของชิ้นอาหารก็มีผลต่อการอมน้ำมัน โดยตัวอย่างที่มีความหนาเพิ่มขึ้นการอมน้ำมันจะลดลง ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองของ Krokida et al. (2000) ซึ่งศึกษาผลของอุณหภูมิเวลาที่ใช้ในการทอด และขนาดของชิ้นมันฝรั่งที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมัน ระหว่างกระบวนการทอด พบว่าปริมาณน้ำมันจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเพิ่มระยะ เวลาในการทอด ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำมันจะเกิดขึ้นในช่วง 10 วินาทีแรกของการทอด หลังจากนั้นเมื่อทอดต่อไปปริมาณน้ำมันก็จะคงที่ และพบว่าการใช้อุณหภูมิในการทอดสูงจะทำให้ ผลิตภัณฑ์มีการดูดซับน้ำมันได้มากกว่าการทอดที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ชิ้นมันฝรั่งที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร จะมีการดูดซับน้ำมันได้มากกว่าชิ้นมันฝรั่งที่มีความหนา 10 และ 15 มิลลิเมตร ตามลำดับ อุณหภูมิและเวลาในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทอด นอกจากจะเป็นสาเหตุของการอมน้ำมันแล้ว ยังมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ด้วย จากการศึกษาของ Krokida et al. (2001) พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิใน การทอดสูง (190° C) จะทำให้ค่าความสว่าง (lightness) มีค่าต่ำกว่าการใช้อุณหภูมิ ในการทอดต่ำ (150° C และ 170° C) ในขณะที่ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) มีค่าสูงกว่า และพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทอดจะทำให้ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความสว่างจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรกหลังจากนั้นจะคงที่ นอกจากนี้ Moreira et al. (1999) กล่าวว่า เฟรนฟรายด์แช่แข็งที่ใช้ระยะเวลาใน การทอดนานเกินไปจะทำให้มีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้นและไม่เป็นที่ยอมรับ

ความชื้นเริ่มต้น

ความชื้นของส่วนผสมของวัตถุดิบมีผลต่อความหนาแน่นของขนมขบเคี้ยว การเกิดเจลของแป้งและการพองตัว ความชื้นได้จากน้ำที่ใช้เป็นส่วนผสม และน้ำจากองค์ประกอบของวัตถุดิบจะมีผลต่อการแตกตัวของเม็ดแป้งมาก ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Hnāt et al., 1997) ถ้าใช้น้ำมันมากเกินไปไปเม็ดแป้งจะแตกตัวมากให้เจลที่เหนียว ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้ปริมาณน้ำมันน้อยเกินไป แป้งจะพองตัวน้อยไม่สุกและจะไม่เกิดเจลมากนัก เมื่อนำไปทอดจะไม่พองตัว โดยแป้งชนิดต่างๆมีความสามารถในการพองตัว และการดูดน้ำไม่เท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อใสสวนผสมอื่นที่มีความชื้นสูงลงไปด้วย ปริมาณน้ำที่ใช้จะลดลงแต่จะลดลงเท่าใดขึ้นอยู่กับชนิดของส่วนผสมนั้น (พรรณี, 2530) ความชื้นเริ่มต้นมีผลต่อการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ ดังจะเห็นได้จาก การ ทดลองของของ Moreia et al. (1997) ที่ศึกษาปัจจัยในการเพิ่มขึ้นของน้ำมันในผลิตภัณฑ์ tortilla chips ในกระบวนการทอดแบบ deep-fat frying โดยศึกษาสภาวะที่แตกต่างกันในการทอด พบว่า ตัวอย่างมีความชื้นเริ่มต้นที่สูงจะมีการดูดซับน้ำมันปริมาณสูงด้วย และพบว่าปริมาณน้ำมันสุดท้ายกับปริมาณน้ำที่เคลื่อนที่ออกจากตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ให้ในการทอด

ขนาดของชิ้นอาหาร

ขนาดของชิ้นอาหารที่มีขนาดเล็กมีแนวโน้มที่จะอมน้ำมันได้สูง ซึ่งจะเห็นได้จาก ผลการทดลองของ Moreia et al. (1997) ที่ศึกษาปัจจัยในการเพิ่มขึ้นของน้ำมันในผลิตภัณฑ์ tortilla chips ในกระบวนการทอดแบบ deep-fat frying พบว่าขนาดของตัวอย่างมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างที่มีขนาดเล็กจะมีการดูดซับน้ำมันปริมาณสูง และให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับ Krokida et al. (2000) ซึ่งได้ศึกษาผลของขนาดของชิ้นมันฝรั่งต่อการดูดซับน้ำมันพบว่าชิ้นมันฝรั่งที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร จะมีการดูดซับน้ำมันได้มากกว่าชิ้นมันฝรั่ง ที่มี่ ความหนา 10 และ 15 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขนาดของชิ้นอาหารนอกจากจะมีผลต่อการดูดซับน้ำมันแล้วยังมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ด้วย จากการทดลองของ Krokida et al. (2001) พบว่าเมื่อ ใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการทอดที่เท่ากัน มันฝรั่งที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร จะมีค่าความสว่างน้อยกว่ามันฝรั่งที่มีความหนา 10 และ 15 มิลลิเมตร แต่มีค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) สูงกว่า

อัตราส่วนของแอมิโลสต่อแอมิโลเพกทิน

อัตราส่วนของแอมิโลสต่อแอมิโลเพกทิน มีผลต่ออัตราการพองตัวโดยปริมาตร และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว กล่าวคือ แอมิโลเพกทินจะช่วยให้พองตัว มีน้ำหนักเบา ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอมิโลส ถ้ามีมากจะลดการพองตัว หรือทำให้ปริมาตรจำเพาะลดลง แต่จะไปลดน้ำมันระหว่างทอด ดังนั้นผลิตภัณฑ์อาหารว่างแต่ละชนิดจะต้องมีปริมาณแอมิโลสและแอมิโลเพกทินในแป้งในอัตราส่วนที่เหมาะสมแตกต่างกันไป แป้งที่มีแอมิโลส 5 – 20% จะให้คุณสมบัติตามต้องการ คือ มีการพองตัวดีแต่ไม่ดูดซับน้ำมันมากเกินไป ในกรณีที่วัตถุดิบมีปริมาณแอมิโลสมากกว่า 50% นฤดม (2528) กล่าวว่าจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแน่นพองตัวได้ยาก แข็งกรอบ และมีความกรอบอยู่ได้นาน ถ้าเม็ดแป้งที่มีแอมิโลเพกทินสูง การแตกตัวอย่างง่ายดายให้เจลที่เหนอะหนะและยืดออกได้ดี เมื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจะ พองตัวออกได้มาก แต่เก็บได้ไม่นานเมื่อสัมผัสกับอากาศจะอ่อนตัว ไม่กรอบ และยังมีผลถึงการ ดูดซับน้ำมันในการทอดด้วยคือการพองตัวยิ่งมากการดูดน้ำมันจะเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ Chinnaswamy and Hanna (1988) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมิโลส 0 – 70%) กับคุณสมบัติในการพองตัวของสตาร์ชข้าวโพดในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน ผลการศึกษาพบ ว่าอัตราการพองตัวของสตาร์ชจะเพิ่มขึ้นจาก 8 เป็น 16.4 เมื่อปริมาณแอมิโลสเพิ่มจาก 0% เป็น 50% (โดยน้ำหนักแห้ง) หลังจากนั้นอัตราการพองตัว จะลดลง และนอกจากนี้ปริมาณแอมิโลสที่สูงขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นลดลง ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้น

2.3 อายุการเก็บรักษา

อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งต่อการวางแผนการจำหน่าย ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อผู้บริโภค อายุการเก็บสามารถเข้าใจและแปลความหมายได้หลายแบบ ในแง่ผู้บริโภค มักหมายถึงระยะเวลาที่อาหารที่สามารถเก็บไว้ที่บ้านก่อนที่อาหารนั้นจะเสียไป ผู้ค้าปลีกอาจให้ความสนใจถึงระยะเวลาที่สินค้าจะสามารถวางจำหน่ายบนชั้นวาง (Man, 2002) ในระหว่างการผลิตและการเก็บรักษา อาหารจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในด้านต่าง ๆ ซึ่งขึ้นกับสภาวะในการผลิตและการเก็บรักษา สำหรับการเก็บรักษาในช่วงระยะเวลาหนึ่งนั้น คุณภาพบางประการ ของอาหารอาจถึงจุดที่ไม่เป็นที่ยอม รับ ทำให้ไม่เหมาะสมสำหรับการบริโภคอีกต่อไป ระยะเวลาที่จุดนี้ เรียกว่า วันหมดอายุ (Singh, 1994) การกำหนดอายุการเก็บของอาหารนั้น อาจกำหนดได้จาก 1) ข้อมูลที่มีการตีพิมพ์ 2) เทียบเคียงกับผลิตภัณฑ์เดียวกันในท้องตลาด 3) ใช้ข้อมูลจากผู้บริโภคที่ร้องเรียน 4) การทดสอบในสภาวะเร่ง (Accelerated shelf-life testing; ASLT) (Singh andCadwallader, 2004) สาเหตุของการเสื่อมคุณภาพของอาหารเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ ซึ่งอาจเกิดจากการเคลื่อนย้ายที่ไม่เหมาะสมในระหว่างการเก็บเกี่ยว การแปรรูปและการกระจายสินค้า การเก็บอาหารแห้งในที่ที่มีความชื้นสูงอาจทำให้อาหารดูดความชื้นและแข็งเป็นก้อนได้ การเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ ปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยเฉพาะการเกิดออกซิเดชันของไขมันและน้ำมัน จะส่งผลต่อกลิ่นรส เมื่อกลิ่น-รสเกิดขึ้นมากพอผู้บริโภคจะรับรู้ได้ว่าเกิดการหืนขึ้น ในขณะเดียวกัน อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นยังก่อให้เกิดปฏิกิริยาที่ไม่พึงประสงค์อื่นๆ เช่น การสูญเสียไวตามิน การเปลี่ยนสี การเสื่อมสภาพของโปรตีน และการเกิดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตาลที่ไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ เป็นต้น นอกจากนี้ การเปลี่ยนทางด้านจุลินทรีย์ สามารถทำให้เกิดการเน่าเสีย ก่อให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ และอาจก่อให้เกิดอันตรายในบางกรณี (Singh, 1994)

คุณภาพและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

ปัจจัยที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของอาหารมีหลายประการ โดย Bourne (1982) ได้กล่าวถึงปัจจั ยคุณภาพที่สำคัญของอาหารดังนี้คือ 1) ลักษณะปรากฏ รวมถึง สีรูปร่าง ความมันวาว และอื่นๆ 2) กลิ่น-รส รวมถึงรสชาติและกลิ่น 3) เนื้อสัมผัส และ 4) คุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส เกี่ยวข้องกับปัจจัยการยอมรับทางประสาทสัมผัส เนื่องจาก สามารถรับรู้ได้โดยตรงด้วยการสัมผัส ในขณะที่คุณค่าทางโภชนาการไม่สามารถอธิบายได้ด้วย ประสาทสัมผัสโดยทั่วไปโรงงานจะควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารทอดโดยใช้ลักษณะปรากฏ และกลิ่น-รสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งคุณลักษณะของคุณภาพดังกล่าวสามารถตรวจสอบได้ด้วยการวัด คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่มีความสัมพันธ์กัน คุณสมบัติที่ใช้ในการตรวจวัดคุณภาพโดยรวมของ ผลิตภัณฑ์อาหารทอดประกอบด้วย 1) ปริมาณความชื้นทั้งหมด 2) สี 3) ปริมาณน้ำมัน 4) กลิ่นรส 5) เนื้อสัมผัส 6) ปริมาณผลผลิตที่ได้ 7) คุณค่าทางโภชนาการ 8) ความคงตัวของอายุการเก็บ ซึ่งผู้บริโภคหรือโรงงานผู้ผลิตอาหารทอดจะคำนึงถึงคุณลักษณะคุณภาพที่แตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์เช่น ผู้บริโภคมันฝรั่งทอดกรอบ ชอบผลิตภัณฑ์ที่ความกรอบ มีผิวสีสีทอง (เหลือง) และไม่อมน้ำมัน ดังนั้น คุณภาพที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญคือข้อที่ 2, 3, 4 และ 5 ในขณะที่ผู้ผลิตจะให้ความสำคัญกับผลผลิตที่ได้และความคงตัวของกลิ่น-รสขณะเก็บรักษา (ข้อ 6 และ 8)

"เนื้อสัมผัส" เป็นลักษณะที่สำคัญที่จะบ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเภททอดหรือขนมขบเคี้ยว ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสจะประกอบด้วยการรับรู้ทางกายภาพต่างๆ หรือกลุ่มของลักษณะทางกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นผลมาจากโครงสร้างขององค์ประกอบของอาหาร ซึ่งรับรู้ได้ด้วยการสัมผัส และมีความสัมพันธ์กับการเสียรูป การทำให้แตกหัก และการไหลของอาหารภายใต้แรง ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้สามารถวัดค่าได้ด้วยเทอมของมวล เวลา และระยะทาง โดยวิธีการที่ใช้วัดค่าเนื้อสัมผัสสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีใหญ่ๆ คือ 1) วิธีการวัดค่าพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์ (fundamental measurement) 2) วิธีการประยุกต์ (empirical measurement) และ 3) วิธีการเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ (imitative measurement) ลักษณะเนื้อสัมผัสที่สำคัญที่สุดที่จะบ่งบอกถึงคุณภาพของขนมขบเคี้ยวคือความกรอบ โดย Moreira et al. (1999) กล่าวว่าขนมขบเคี้ยวจะมีคุณภาพที่ดีและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เมื่อลักษณะเนื้อยังคงแน่นและกรอบ ความกรอบเป็นสิ่งที่สำคัญมากเพราะจะนำไปสู่ความพอใจ เมื่อได้บริโภค และจะส่งผลให้เกิดการบริโภคในครั้งต่อไป โดยอาหารที่กรอบจะต้องเนื้อแน่น และ แตกง่ายทันที่ทำให้ผิดรูปร่าง และเกิดเสียงเมื่อเคี้ยว (crunchy sound) การวัดค่าความกรอบมีหลายวิธี เช่นวิธีการประเมินทางประสาทสัมผัส การวัดค่าทางกล และวิธีการบันทึกคลื่นเสียง เป็นต้น สำหรับการบ่งบอกความกรอบของผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคการประเมินทางประสาทสัมผัส นั้น Roudaut et al. (2002) กล่าวว่าโดยทั่วไปจะประเมินโดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน มาก ประมาณ 20 – 50 คน วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้อีกเทคนิคหนึ่งคือ การประเมินโดย ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนซึ่งจะมีผู้ที่ทดสอบประมาณ 10 คน

การเสื่อมเสียคุณภาพของขนมขบเคี้ยว

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ผลิตได้เมื่อเก็บไว้ระยะเวลาหนึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์กระบวนการเสื่อมเสียหลัก 2 กระบวนการที่อาจเกิดขึ้นพร้อม กันคือ การสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัสเนื่องจากการดูดซับความชื้น และอีกกระบวนการหนึ่งคือการเกิดกลิ่นเหม็นหืนซึ่งต้องการออกซิเจนและอาจเกิดจากแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สำหรับการเสื่อมเสียคุณภาพ ทางด้านเนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยว ปาริฉัตร (2545) ได้อธิบายโครงสร้าง และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส ของอาหารไว้ดังนี้ คือ องค์ประกอบของอาหารเป็นสารประเภทไบโอพอลิ เมอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ เป็นสารที่มีโครงสร้างที่เป็นระเบียบ (crystalline structure) และ โครงสร้างไม่มีระเบียบ (amorphous structure) โครงสร้างทั้ง 2 นี้สามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้ตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและระดับความชื้น เมื่ออุณหภูมิของอาหารอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (Tg) อาหารจะเปราะและแตกง่าย Tg เป็นอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลของวัสดุซึ่ง เป็นของแข็งซึ่งมีความหนืดสูงมากคล้ายแก้ว (glass) หรือมีค่ามอดุลัสสูง เป็นวัสดุที่มีความแข็งลดลงและยืดหยุ่นมากขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุให้สูงกว่า Tg วัสดุจะยังเป็นของแข็งที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูป ร่างได้ง่ายขึ้น แต่ไม่สามารถไหลได้เหมือนของเหลว มีลักษณะเหนียวคล้ายหนัง หรือเป็นยาง (rubbery) และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุจนกระทั่งสูงกว่าอุณหภูมิหลอมเหลว (Tm) วัสดุจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับของเหลว (liquid like) เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงลดลง ดังนั้นหากปล่อยให้อาหารมีความชื้นเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาจะทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยวคือความชื้น และค่า water activity (aw) โดย Bourne (1987) กล่าวว่า ค่า a_w มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผั สของอาหาร ความสัมพันธุ์ระหว่างค่า a_w หรือปริมาณความชื้น และสมบัติทางกลิ่น หรือ ลักษณะเนื้อสัมผัสของวัสดุอาหารมีความซับซ้อนมาก นอกจากน้ำจะมีคุณสมบัติในการเป็น plasticizer Chang et al. (2000) ยังกล่าวว่ามีเหตุผลที่เป็นไปได้สามารถทำหน้าที่ได้ทั้ง plasticizer หรือ non-plasticizer ได้ ในระบบพอลิเมอร์ของอาหารที่มีความชื้น Moreira et al. (1999) กล่าวว่า ปริมาณความชื้น (moisture content) มีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวโดยทำให้โครงสร้าง starch/protein matrix เกิดพลาสติกไซซิ่ง (plasticizing) และนิ่ม ทำให้แรงกลของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป ความกรอบลดลง ธัญพืชแห้งจะมีความกรอบเมื่ออยู่ในสภาวะกระจก (glassy state) แต่การเกิดพลาสติกไซเซชัน (plasticization) จากปริมาณน้ำหรืออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จะทำให้วัสดุเปลี่ยนสถานะเป็นรับเบอรี่ (rubbery state) ซึ่งเป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะชื้น ไม่กรอบ (soggy) Katz and Labuza (1981) ได้ทำการศึกษาความกรอบของขนมขบเคี้ยวโดยทั่วไปที่ทำจากแป้ง โดยทดสอบด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส และการใช้เครื่องมือ พบว่าความกรอบจะลดลง เมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้นและผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะไม่ถูกยอมรับเมื่อมีค่า a_w 0.35 - 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเสื่อมเสียคุณภาพจากการเหม็นหืน

Perkins (1996) อธิบายการเปลี่ยนแปลงคุณภาพจากการหืนได้การเหม็นหืนในอาหาร ไว้ว่าสามารถเกิดได้ 3 ทาง ได้แก่ 1) Hydrolytic rancidity เกิดจากการที่ไขมันแตกตัวออก (fat spliting) การเกิดปฏิกิริยานี้ต้องมีน้ำเข้าไป เกี่ยวข้องด้วย และอาจมีเอนไซม์ย่อยไขมัน (lipolytic enzyme) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งมักมีอยู่แล้วในอาหารนั้นตามธรรมชาติหรืออาจเกิดขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์สร้างขึ้นมา การหืนลักษณะนี้ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระในปริมาณที่สูงขึ้นกว่าปกติจึงทำให้มีกลิ่นคล้ายสบู่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ วิธีป้องกันกำจัดความหืนนี้คือการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ (refining) และการทำลายเอนไซม์นั้นเสีย 2) Ketonic rancidity เกิดจากจุลินทรีย์โดยตรงทำให้เกิดปฏิกิริยา β-oxidation ในไขมัน และผล จากการหืนแบบนี้จะได้สารประกอบคีโตน การหืนแบบนี้มักเกิดในน้ำมันมะพร้าวที่ขึ้นรา มีความชื้น และสารอาหารพวกไนโตรเจนเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อการเจริญของราด้วย เมื่อเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวจะได้สารประกอบ methyl – amyl ketone นอกจากนี้ยังพบว่ามีเกิดกับผลิตภัณฑ์นมด้วย การหืนนี้พบน้อยมากในอาหารที่ผ่านการแปรรูปและมีการบรรจุในภาชนะที่ดี ถูกต้องและมีสุขลักษณะที่ดี การป้องกันการหืนแบบนี้จึงทำได้โดยกำจัดความชื้น และสารประกอบไนโตรเจน (Perkins, 1996) 3) Oxidative rancidity เป็นปัญหาหลักของผลิตภัณฑ์อาหารทอด และเป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมเสียของอาหาร (Jonnalagadda et al., 2001) บางครั้งเรียกว่าออโตออกซิเดชัน (autoxidation) เป็นการหืนที่เกิดขึ้นจากไขมันสัมผัสกับออกซิเจนโดยตรง หรืออาจจะเกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมี (photochemical reaction) หรือโดยสารบางอย่างที่เติมลงในน้ำมัน ไขมันที่จะเกิดการหืนแบบนี้ได้อย่างรวดเร็วมักเป็นพวกที่มีพันธะคู่ในกรดไขมัน (unsaturated fatty acid) ซึ่งปฏิกิริยาแบบนี้เป็นแบบลูกโซ่ซึ่งจะอธิบายได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นเริ่มต้นซึ่งได้อนุมูลอิสระ (R°) เกิดขึ้นแล้วอนุมูลอิสระนี้จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นอนุมูลเพอร์ออกซี (peroxy radical, ROO°) แล้วจะทำปฏิกิริยาต่อตรงพันธะคู่ของกรดไขมันอีก เกิดเป็นไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide, ROOH) คือเกิด peroxide bridge ตรงพันธะคู่ ดังสมการ คือ

Initiation $\quad RH \longrightarrow R^\circ$

Propagation $\quad R^\circ + O_2 \longrightarrow ROO^\circ$

$\quad ROO^\circ + RH \longrightarrow ROOH + R^\circ$

Termination $\quad R^\circ + R^\circ \longrightarrow$ nonradial product

ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาในขั้นตอนที่ได้ ROO° และ ROOH นี้จะเป็นขั้นตอนที่เรียกว่า propagation โดยทั่วไปไฮโดรเพอร์ออกไซด์จะไม่มีกลิ่น-รสเลย แต่จะไม่คงตัวมักสลายให้สารประกอบแอลดีไฮด์คีโตนพอลิเมอร์ลิพอเพอร์ออกไซด์และอนุมูลอิสระ สารเหล่านี้จะกลับเข้าไปก่อให้เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องได้อีกด้วยซึ่งเป็นการเกิดปฏิกิริยาในขั้นสุดท้าย (Perkins, 1996) การเหม็นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว เกิดเป็นสารเพอร์ออกไซด์ ซึ่งจะสลายตัวไปเป็นสารที่ระเหยง่าย มีกลิ่นเหม็นหืน และมักทำให้วิตามินที่ละลาย ในไขมันถูกทำลายด้วย ในขณะที่มีการพัฒนากลิ่น-รสแปลกปลอม (off – flavor) ในอาหารเหม็นหืน การเกิดอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(free radicals) ในระหว่างกระบวนการ autocatalytic ทำให้เกิด ปฏิกิริยาอื่นที่ไม่ต้องการด้วย เช่น การสูญเสียวิตามิน การเปลี่ยนสี การเหม็นหืนแบบนี้อาจป้องกันได้โดยไม่ให้อาหารสัมผัสกับอากาศ ซึ่งทำได้โดยการเก็บที่อุณหภูมิต่ำหรือเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท หรือมีการเติมสารกันหืน (antioxidant) ลงไป (รุ่งนภา, 2540) การยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารขึ้นอยู่กับการเสื่อมเสียที่เกิดขึ้น และ oxidative rancidity เป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมเสีย กลิ่นเหม็นหืนเกิดขึ้นเนื่องจากการเกิดออกซิเดชันของไขมันทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ และเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของอาหารด้วย โดยไขมันที่ถูกออกซิไดซ์มากๆจะทำให้เกิดสารพิษ (toxic) การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสเป็นวิธีหนึ่ง ที่ใช้ในการบอกปริมาณการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์จากการเกิดออกซิเดชันได้ แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ไม่เหมาะสำหรับการวิเคราะห์เป็นประจำ ดังนั้นจึงต้องมีการคิดวิธีการวิเคราะห์ทางกายภาพ และเคมี (Jonnalagadda et al., 2001)

2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

การทดสอบผู้บริโภค(consumer testing) หมายถึง การทดสอบผลิตภัณฑ์โดยการใช้ผู้บริโภคที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน ซึ่งเป็นหรือกำลังจะเป็นผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์เหล่านั้นจะถูกประเมินจากลักษณะปรากฏ รสชาติ กลิ่น การสัมผัส และการได้ยิน (ASTM, 1979) ส่วนการประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) คือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อวัด วิเคราะห์และแปลความ ขณะที่รับความรู้สึกสัมผัสโดยการเห็น การได้ยิน การได้กลิ่น การชิมรส และการสัมผัส (Stone and Sidel, 2004) คำจำกัดความนี้ได้เป็นที่ยอมรับและรับรองโดยคณะกรรมการประเมินทางประสาทสัมผัสในองค์กรวิชาชีพต่างๆ เช่น The Institute of Food Technologists (IFT) และ The American Society for Testing and Materials หรือ ASTM (สุจินดา, 2547) การทดสอบผู้บริโภคเป็นหนึ่งในกิจกรรมที่สำคัญยิ่งในการประเมินความรู้สึกของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค (Meiselman 1994)

ในการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้มีหลายงานวิจัยที่ใช้การทดสอบผู้บริโภคในการประเมินการสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา (Hough, et al., 2002) Kilcast (2000) ระบุว่าการทดสอบผู้บริโภคเป็นการประเมินความชอบโดยตรง ซึ่งสามารถใช้ในการประเมินอายุการเก็บรักษาโดยวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดคือ การให้คะแนนความชอบ 9 คะแนน หรือ 9 – point hedonic scale (ASTM 1996) ซึ่งพัฒนาโดย Peryam and Pilgrim (1957) โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 5 =บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ และ 9 = ชอบมากที่สุด

Grosso and Resurreccion (2002) ได้ใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบของผู้ทดสอบน้อยกว่า 5 ถือว่าผลิตภัณฑ์นั้นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค หรือเป็นจุดที่สิ้นสุดอายุการเก็บในการประเมินอายุการเก็บรักษาของถั่วลิสงเคลือบและถั่วลิสงคั่ว ส่วน Lee and Resurreccion (2006) ได้ใช้คะแนนความชอบที่ต่ำกว่า 5 เช่นกัน ในการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อถั่งลิสงคั่ว ในการเก็บที่อุณหภูมิและสภาวะต่างๆ นอกจากนี้ ยังมีอีกหลายงานวิจัยที่ใช้คะแนนความชอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยกว่า 5 เป็นจุดสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา (Labuza and Schmidl, 1985; Labuza and Schmidl, 1988)

การทดสอบแบบ 5-point hedonic scale เป็นการทดสอบแบบ hedonic scale ที่ใช้ระดับคะแนน 1-5 ในการวัดความพึงพอใจของผู้บริโภคแต่ละคนที่มีต่อตัวอย่างที่ทำการทดสอบออกมาเป็นคะแนน เป็นวิธีการทดสอบการยอมรับตัวอย่าง โดยตัวอย่างจะถูกเสนอพร้อมกัน 1-4 ตัวอย่าง ผู้ทดสอบต้องบันทึกระดับของความชอบหรือความพึงพอใจที่มีต่อตัวอย่างๆ แบบทดสอบต้องอธิบายค่าของคะแนนที่กำหนด การทดสอบจะได้ผลที่น่าเชื่อถือถ้าหากผู้ทดสอบทำการตัดสินใจทันที โดยไม่ให้มีเวลาในการตัดสินใจ (ไพโรจน์, 2542) โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 3 =บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ และ 5 = ชอบที่สุด และคะแนนความชอบที่น้อยกว่า 3 เป็นจุดสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 สารเคมีและน้ำยาเคมีที่ใช้ในการทดลอง เป็นเกรดการวิเคราะห์ (Analytical grade)

3.1.2 อาหารเลี้ยง (culture media) ยี่ห้อ Hemedia, India

3.1.2 ข้าวหอมมะลิ 100% ชนิดข้าวเก่า

3.1.3 ข้าวหอมมะลิ 100% ชนิดข้าวใหม่

3.1.4 น้ำบูดูสายบุรี

3.1.5 ผักสด: ถั่วฝักยาว ตะไคร้ ใบมะกรูด ข่า ขิง ซื้อจากตลาดจำหน่ายสินค้าสดทั่วไป

3.1.6 เครื่องปรุงรส เครื่องเทศ: น้ำตาลทราย น้ำตาลมะพร้าว เกลือป่น น้ำมันหอย ซื้อจากร้านจำหน่ายสินค้าทั่วไป

3.1.7 มอลโตเดกซ์ตริน ชนิด Food grade

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.1 ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ OTTO รุ่น CO-702A, Taiwan

3.2.2 เครื่องปั่นผสมอาหาร ยี่ห้อ Sharp รุ่น EM-22A, Japan

3.2.3 Refrigerated centrifuge ยี่ห้อ Sigma รุ่น 6K15, Germany

3.2.4 หม้อทอดไฟฟ้า ยี่ห้อ OTTO รุ่น DF-375, Taiwan

3.2.5 หม้อหุงข้าวไฟฟ้า ยี่ห้อ PANASONIC รุ่น SR-ZX185, Japan

3.2.6 เครื่องวัดสีระบบ Hunter ยี่ห้อ Juki รุ่น JP7100, Japan

3.2.7 เครื่องทดสอบเนื้อสัมผัส Texture Analyzer รุ่น TA-XToi, England

3.2.8 เครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง Freeze dryer ยี่ห้อ EYELA รุ่น FDU-2100, Japan

3.2.9 Scanning Electron Microscope ยี่ห้อ SEM-JEOL รุ่น JSM 5600 LV, USA

3.2.10 UV-Vis Spectrophotometer ยี่ห้อ Thermo Fisher Scientific รุ่น GENESYS 10S UV-Vis, USA

3.2.11ตู้อบลมร้อนสำหรับวัดความชื้น ยี่ห้อ MEMMERT รุ่น memmert-UNE/UFE, Germany

3.2.12 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) ยี่ห้อ Memmert รุ่น IF30, Germany

3.2.13 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ water activity meter; AquaLab LITE, USA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดลอง

3.3.1 ชนิดและปริมาณส่วนผสมในข้าวยำปักษ์ใต้และคุณค่าโภชนาการ

3.3.1.1 การเก็บตัวอย่าง

ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างข้าวยำที่จำหน่ายในสถานที่ต่างๆจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และ นครศรีธรรมราช โดยทำการเก็บตัวอย่าง 3 ช่วงเวลาของรอบปีได้แก่ ช่วงวันที่ 25-30 มีนาคม 2558 (ฤดูร้อน) วันที่ 14-19 มิถุนายน 2558 (ฤดูฝน) และ วันที่ 30 กันยายน- 2 ตุลาคม 2558 (ฤดูฝน) ได้ตัวอย่างข้าวยำปักษ์ใต้ 48 ตัวอย่าง (ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 พื้นที่เก็บตัวอย่างและจำนวนตัวอย่างข้าวยำปักษ์ใต้

ครั้งที่ / วัน-เดือน-ปี	พื้นที่การเก็บตัวอย่าง/จำนวนตัวอย่าง		
	จ.ชุมพร	จ.สุราษฎร์ธานี	จ.นครศรีธรรมราช
1/ 25-30 มีค. 58 (ฤดูร้อน)	ตลาดปะทิว/ 2, ตลาดสดชุมพร/ 1, ตลาดละแม/1	ตลาดเทศบาลสุราษฎร์ /2, ตลาดไดมอนด์ /1, ตลาดริมเขื่อน /2, ตลาดขุนสดทะเล/ 1)	ตลาดเทศบาลนครฯ/ 1, ตลาดวัดพระธาตุ/ 2, ตลาดขนอม/ 1, ตลาดท่าศาลา/ 1
2/ 14.-19 มิ.ย 58 (ฤดูฝน)	ตลาดนัดปะทิว1, ตลาดละแม/1, ตลาดสวี / 1	ตลาดเทศบาลสุราษฎร์/ 1, ตลาดไดมอนด์/ 2, ตลาดสำเภาทอง /2, ตลาดขุนสดทะเล /1, ตลาดเคียนซา 1	ตลาดเทศบาลนครฯ/ 1, ตลาดวัดพระธาตุ /3, ตลาดขนอม/ 1, ตลาดชะอวด/ 1, ตลาดท่าศาลา/ 1)
3/ 30 ก.ย.- 2 ต.ค. 58 (ฤดูฝน)	ตลาดชุมพร/1, ตลาดละแม/ 1, ตลาดหลังสวน/ 1	ตลาดเทศบาลสุราษฎร์/1, ตลาดไดมอนด์ /1,ตลาดขุนสดทะเล/ 1, ตลาดเทศบาลพุนพิน/ 1, ตลาดถนนคนเดินริมคลองฉวางนาสาร/ 1	ตลาดอ.พระพรหม /1, ตลาดวัดพระธาตุ /2, ตลาดสิชล/ 1, ตลาดทุ่งสง/ 1, ตลาดท่าศาลา/ 2, ตลาดจุฬาภรณ์/ 1
รวมตัวอย่าง	10	18	20
รวมจำนวนตัวอย่างทั้งหมด		48	

3.3.1.2 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอลทั้งหมด และ กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ ของผักสมุนไพรแต่ละชนิดของข้าวยำ และของข้าวยำคลุกสำเร็จ

1) การศึกษาชนิดและปริมาณผักในข้าวยำและศึกษากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอลทั้งหมด

ตัวอย่างข้าวยำปักษ์ใต้ 48 ตัวอย่างที่เก็บตัวอย่างจากตลาดสด และร้านอาหารในจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช (ตารางที่ 3.1) ถูกนำมาชั่งน้ำหนักแล้วทำคัดแยกและชั่งน้ำหนักผักและเครื่องปรุง จากนั้นรวบรวมผักชนิดเดียวกันเข้าด้วยกัน แล้วแบ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกเป็น 2 ส่วนๆละหนึ่งนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งแห้ง (aw ไม่เกิน 0.15) จากนั้นนำผักแต่ละชนิดมาสกัด โดยชั่งน้ำหนักผักมา 10 กรัม ผสมกับสารละลายเอทานอลเจือจาง (95%เอทานอล และน้ำกลั่นในอัตราส่วนโดยปริมาตรเท่า 1:1) ที่แช่เย็นปริมาตร 100 มล. ปั่นผสมด้วยเครื่องผสมอาหาร ด้วยความเร็วเบอร์ 2 เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นกรองแยกตะกอนหยาบด้วยผ้าขาวบาง นำส่วนที่กรองได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Refrigerated centrifuge) ความเร็ว 8000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส บรรจุส่วนใสในขวดสีชาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเพื่อรอการวิเคราะห์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ตามวิธีของ Biju et al. (2014) ศึกษากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของผักสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบในข้าวยำ ด้วยวิธี DPPH° scavenging assay วิธี ferric reducing / anti-oxidative power (FRAP) และวิธี radical cation decolorization assay (ABTS)

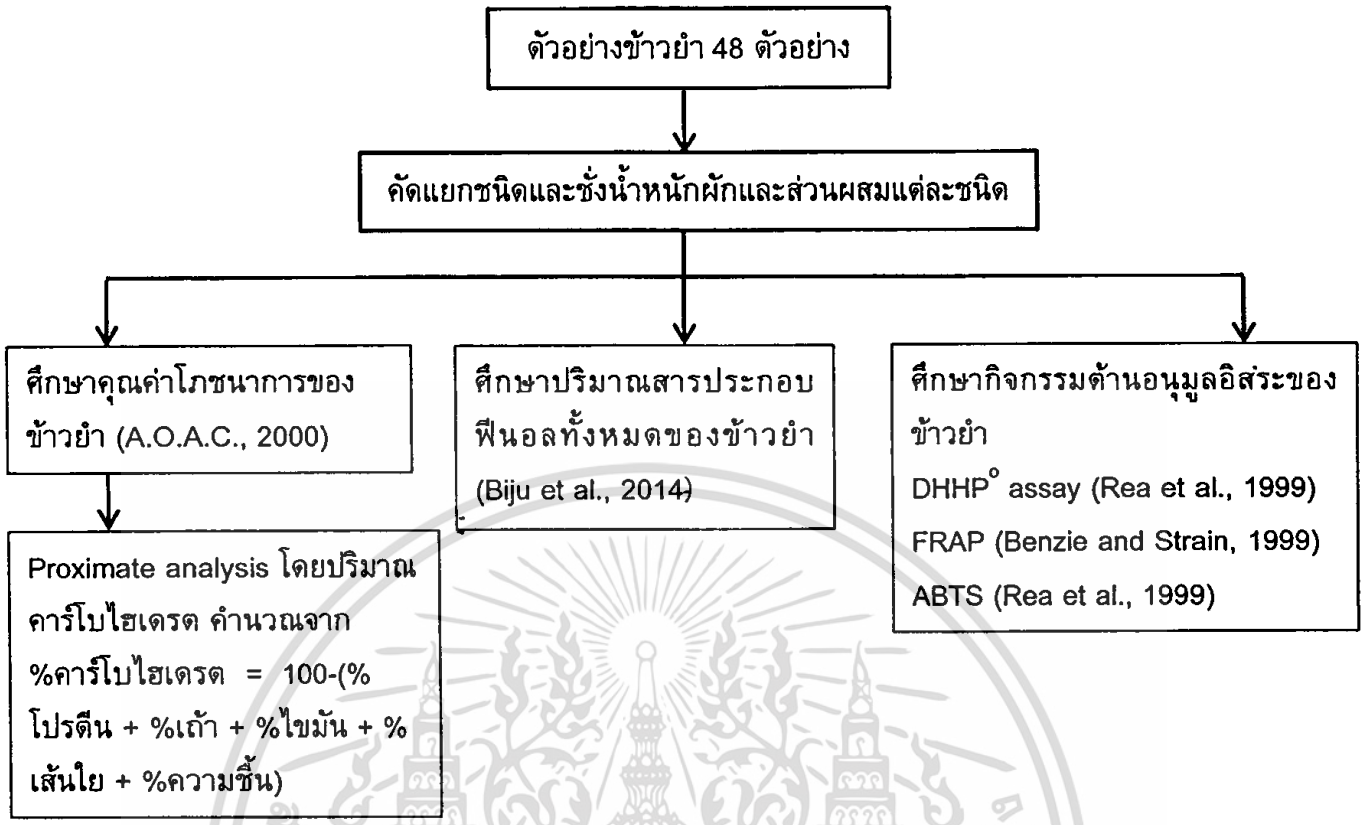
2) การศึกษากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอลทั้งหมดและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวยำคลุกสำเร็จ

คลุกส่วนผสมตัวอย่างข้าวยำปักษ์ใต้ที่เก็บมาได้แต่ละตัวอย่าง แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 100 กรัม ผสมกับสารละลายเอทานอลเจือจาง (95%เอทานอล และน้ำกลั่นในอัตราส่วนโดยปริมาตรเท่า 1:1) ที่แช่เย็นปริมาตร 600 มล. ปั่นผสมด้วยเครื่องผสมอาหาร ด้วยความเร็วเบอร์ 2 เป็นเวลา 1 นาที Aจากนั้นกรองแตกตะกอนหยาบด้วยผ้าขาวบาง นำส่วนที่กรองได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง ด้วยความเร็ว 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส บรรจุส่วนใสในขวดสีชาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเพื่อรอการวิเคราะห์กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH° free radical scavenging activity ตามวิธีของ Rea et al. (1990) (ภาคผนวก ก1) วิธี ferric reducing / antioxidative power (FRAP) ตามวิธีของ Benzie and Strain (1999) (ภาคผนวก ก2), และ ABTS radical cation decolorization assay ตามวิธีของ Rea et al. (1999) (ภาคผนวก ก3) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอลทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-ciocalteau micro method ตามวิธีของ Biju et al. (2014) (ภาคผนวก ก4) โดยปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอลทั้งหมดจะถูกรายงานในรูปของ mg of gallic acid (Sigma, USA) equivalent ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และ ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ (Proximate analysis)โดยการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และเส้นใย ตามวิธีของ A.O.A.C. (2000) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตคำนวณได้จาก

$$\%\text{คาร์โบไฮเดรต} = 100-(\%\text{โปรตีน} + \%\text{เถ้า} + \%\text{ไขมัน} + \%\text{เส้นใย} + \%\text{ความชื้น})$$

ขั้นตอนและวิธีการทดลองโดยสรุปแสดงในภาพที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาคุณค่าโภชนาการและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของข้าวยำปักษ์ใต้โดยสรุป

3) การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำผลการวิเคราะห์ทางเคมีที่ได้จากการออกแบบการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3.2 ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวสวยสำเร็จรูปแห้ง

ในการศึกษานี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 การทดลอง คือ ทำการทดลองเพื่อหาชนิดของข้าวสารที่เหมาะสำหรับการผลิตข้าวสวยที่เหมาะสมต่อการทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็งเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยวิธีอบลมร้อน โดยพิจารณาจากความสามารถในการคืนตัว สี และความแข็งของเมล็ดข้าวสวยอบแห้ง และ ศึกษาคุณภาพลักษณะของผักที่ประกอบในข้าวยำที่อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

3.3.2.1 ศึกษาชนิดของข้าวสารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวสวยอบแห้ง

ทำการศึกษาปัจจัยที่ศึกษาสภาวะในการผลิตข้าวสวยจากข้าวสาร 2 ชนิด และการอบแห้ง 2 วิธี คือ การอบแห้งแบบถาดในตู้อบลมร้อน และการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การเตรียมข้าวสวย

ล้างข้าวสาร 600 กรัม (ข้าวหอมมะลิ ชนิดข้าวเก่า และ ข้าวหอมมะลิ ชนิดข้าวใหม่) ด้วยน้ำให้สะอาด ไม่มีฝุ่นผง 2 ครั้ง แล้วใส่กระชอนให้สะเด็ดน้ำ ใส่ลงในหม้อหุงข้าว เติมน้ำสะอาด 720 มิลลิลิตรสำหรับข้าวเก่า และ 680 มิลลิตรสำหรับข้าวใหม่ ทำการหุงด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า จนแล้วเสร็จตามโปรแกรมของหม้อหุงข้าว ซึ่งใช้เวลา 30 นาที เมื่อหุงเสร็จแล้ว นำข้าวสวยที่ได้มาเกลี่ยบนถาด เพื่อระบายความร้อน ทิ้งให้เย็นจนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง (29-32° C)

2) การอบแห้งข้าวสวย

แบ่งข้าวสวยที่เย็นแล้วงออกเป็น 2 ส่วนส่วนที่ 1 นำไปทำแห้งแบบถาดในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 140° C จนกระทั่งมีความชื้น 7-8% (d.b) เก็บตัวอย่างทุกๆ 5 นาทีไปวิเคราะห์ทางกายภาพ ส่วนที่ 2 นำไปทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze drying) โดยนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -80°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงทำแห้งด้วยการระเหิดน้ำแข็งออกด้วยเครื่อง Freeze dryer ซึ่งใช้เวลา 24 ชั่วโมง

3) การวิเคราะห์ทางกายภาพของเมล็ดข้าวสวยอบแห้ง

นำข้าวสวยอบแห้งที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 2 วิธีมาวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสีระบบ Hunter ทดสอบความสามารถในการคืนรูป ตามวิธีในภาคผนวก ก ทดสอบเนื้อสัมผัสของข้าวสวยคืนรูปได้แก่การวัดค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความเหนียว (Stickiness) ด้วยเครื่องทดสอบเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ด้วยหัววัด (Probe) แบบแผ่นราบ (Compression probe) และตรวจดูลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าวสวยอบแห้งด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) และทำการศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าสี ค่าความแข็ง ค่าความเหนียว และความสามารถในการคืนตัว ทางสถิติแบบ Duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 16.0 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกชนิดของข้าวสาร และลักษณะการอบแห้งข้าวสวย

3.3.2.2 ศึกษาคุณภาพลักษณะของผักที่ประกอบในข้าวยำที่อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ทำการคัดเลือกผักที่เป็นผักประกอบหลักในข้าวยำน้ำบูดูเพื่อนำมาอบแห้งด้วยวิธีทำแห้งแช่เยือกแข็ง โดยการใช้แบบสอบถามจากผู้บริโภคในจังหวัดต่างๆจำนวน 200 คน แล้วทำการคัดเลือกผักประกอบหลักในข้าวยำปักษ์ใต้ จากผลการสำรวจพบว่าผักที่ต้องมีในข้าวยำปักษ์ใต้ขาดไม่ได้คือ ถั่วฝักยาวหั่นฝอย ตะไคร้หั่นฝอย (ร้อยละ 100) และ ใบมะกรูดหั่นฝอย (ร้อยละ 94.3) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงคัดเลือกผักประกอบข้าวยำปักษ์ใต้ 3 ชนิด คือ ถั่วฝักยาว ตะไคร้ และ ใบมะกรูด มาทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล้างถั่วฝักยาว ตะไคร้บ้านที่แกะเปลือกชั้นนอกออกแล้ว และใบมะกรูดให้สะอาด สะเด็ดน้ำ และหั่นตามขวางให้เป็นแผ่นบางโดยหั่นถั่วฝักยาวให้มีความหนาประมาณ 1-2 มิลลิเมตร จำนวน 500 กรัม หั่นตะไคร้บ้านให้หนาประมาณ 1 มิลลิเมตรและเลือดเอาส่วนที่แก่(มีสีม่วง) จำนวน 500 กรัม และหั่นใบมะกรูดที่ไม่อ่อนไม่แก่ตาขาวงให้เป็นเส้นหนาประมาณ 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 200 กรัม จากนั้นนำไปบรรจุถุงพลาสติก ปิดผนึก และแช่แข็งที่อุณหภูมิ -80° C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไประเหิดน้ำแข็งด้วยเครื่อง Freeze dryer จนกระทั่งแห้ง (ความชื้น 6-8% d.b.) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำผักอบแห้งทั้ง 3 ชนิดนี้ไปศึกษาคุณภาพลักษณะดังนี้

1) ทดสอบความสามารถในการคืนรูป ตามวิธีในภาคผนวก ก

2) ตรวจดูลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าวสวยอบแห้งด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

3) การประเมินทางประสาทสัมผัสของผักคืนรูปโดยผู้ประเมินที่รับการฝึกแล้ว จำนวน 10 คน ทำการประเมินทางประสาทสัมผัส 4 ด้าน ได้แก่ คุณภาพสีกลิ่น ความสด-กรอบ และ รสชาติโดยเปรียบเทียบกับผักสดที่ไม่ผ่านการแช่แข็ง ด้วยแบบทดสอบแบบ Hedonic scale ให้คะแนนการยอมรับ 5 points (ไพโรจน์, 2545)

4) วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสีระบบ Hunter และ ศึกษากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของผักอบแห้ง ด้วยวิธี DPPH° free radical scavenging activity ตามวิธีของ Rea et al. (1990) (ภาคผนวก ก1) วิธี ferric reducing / antioxidative power (FRAP) ตามวิธีของ Benzie and Strain (1999) (ภาคผนวก ก2), และ ABTS radical cation decolorization assay ตามวิธีของ Rea et al. (1999) (ภาคผนวก ก3) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอลทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-ciocalteau micro method ตามวิธีของ Biju et al. (2014) (ภาคผนวก ก4)

จากนั้นจึงศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าสี และความสามารถในการคืนตัว ทางสถิติด้วย ANOVA ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากข้าวยำปักษ์ใต้

ทำการศึกษาพัฒนาอาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้แบบอบแห้งกึ่งสำเร็จและสูตรซอสน้ำบูดู 2 รสชาติ คือรสหวาน และรสเผ็ด ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.1 สูตรอาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องนำไปอบหรือทอดก่อนรับประทาน ในการศึกษาครั้งนี้ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จ ประกอบด้วยข้าวสวย ถั่วฝักยาวหั่นบาง ตะไคร้สับหยาบ ใบมะกรูดสับหยาบ เนื้อมะพร้าวขูดอบ (อบที่ 100° C นาน 3 ชั่วโมง ด้วยตู้อบไฟฟ้า กุ้งแห้งที่ล้างสะอาดบดละเอียด โดยมีอัตราส่วนโดยน้ำหนักตามตารางที่ 3.2 ซึ่งพัฒนาจากอัตราส่วนผสมของข้าวยำปักษ์ใต้ที่ได้จากการสำรวจในการทดลองที่ 3.3.1.2 คือสูตรที่ A000 ในตารางที่ 3.2

นำส่วนผสมของข้าวยำในอัตราส่วนต่างๆมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน และปั้นเป็นก้อนให้แต่ละก้อนมีน้ำหนักประมาณ 20 กรัม แล้วกดให้เป็นแผ่นบางให้มีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปอบในตู้อบไฟฟ้า อุณหภูมิ 140° C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งมีความชื้น 6-8% d.b. โดยจะทำการกลับด้านทุกๆ 0.5 ชั่วโมง

นำผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่ได้ทำมาการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแบบ scoring test 5 ระดับ (ภาคผนวก ค2) โดยผู้ทดสอบที่ฝึกแล้วจำนวน 10 คน ประเมินลักษณะด้านเนื้อสัมผัส สี และกลิ่น โดยเสิร์ฟครั้งละ 4 ตัวอย่าง แล้วทำการศึกษาความค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงที่สุด ไปศึกษาขั้นต่อไป

3.3.4.2 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบอาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

นำส่วนผสมของข้าวยำในอัตราส่วนที่ได้รับการยอมรับสูงที่สุดมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน และปั้นเป็นก้อนให้แต่ละก้อนมีน้ำหนักประมาณ 20 กรัม แล้วกดให้เป็นแผ่นบางให้มีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปอบในตู้อบไฟฟ้า อุณหภูมิ 60, 70 และ 80° C จนกระทั่งมีความชื้น 6-8% d.b. เก็บตัวอย่างทุกๆ 1 ชั่วโมงมาวัดความชื้น โดยจะทำการกลับด้านทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 15 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก วาธิณี, 2555)

นำผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่ได้ทำมาการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแบบ hedonic scale 5 ระดับ (ภาคผนวก ค4) ประเมินลักษณะด้านเนื้อสัมผัส สี กลิ่น ความชอบโดยรวม และประเมินทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณาด้านเนื้อสัมผัส สี และกลิ่น (ภาคผนวก ค3) โดยผู้ทดสอบที่ฝึกแล้วจำนวน 10 คน 3 ครั้ง จากนั้นทำการศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แล้วคัดเลือกอุณหภูมิที่การอบที่ให้อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่ได้รับการยอมรับสูงสุด มาทำการศึกษาขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการวิเคราะห์ในระดับห้องปฏิบัติการได้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าความแข็ง (Hardness) ด้วยเครื่องทดสอบเนื้อสัมผัส ด้วยหัววัด (Probe) แบบแผ่นราบ (Compression probe) และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปก่อนและหลังอบแห้ง

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนโดยน้ำหนักของส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป

สูตรที่	ข้าว	ผัก (กรัม)			มะพร้าว	กุ้ง	เครื่องปรุงรส (กรัม)			รวม
	สวย (กรัม)	ถั่วฝักยาว	ตะไคร้	ใบมะกรูด	ขูดอบ (กรัม)	แห้งป่น	เกลือป่น	น้ำตาลทราย	น้ำมันหอย	(กรัม)
A000	1000	100	50	20	70	20	2	25	40	1,327
A001	1000	100	100	20	100	20	2	25	40	1,407
A002	1000	100	80	20	100	20	2	25	40	1,387
A003	1000	100	50	20	100	20	2	25	40	1,357
A004	1000	150	100	20	100	20	2	25	40	1,337
A005	1000	200	100	20	100	20	2	25	40	1,507
A006	1000	30	100	20	100	20	2	25	40	1,387
A007	1000	100	100	10	100	20	2	25	40	1,397
A008	1000	100	100	30	100	20	2	25	40	1,417
A009	1000	100	100	20	200	20	2	25	40	1,607
A010	1000	100	100	20	50	20	2	25	40	1,357

3.3.4.3 การศึกษาอุณหภูมิทอดผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

เตรียมอาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปตามผลที่ได้ในข้อ 3.3.4.1 และ 3.3.4.2 ทำมาการทอดแบบ deep frying ด้วยน้ำมันปาล์มโอเลอินในหม้อทอดไฟฟ้า อุณหภูมิน้ำมันสำหรับทอด 200° C, และ 220° C ทอดจนกระทั่งผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งลอยในน้ำมัน แล้วตักขึ้นจากน้ำมัน วางให้สะเด็ดน้ำมันบนกระดาษซับ ทิ้งให้เย็น วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาเปรียบเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาก่อนอบ เพื่อหาค่าส่วนขยาย ตามสมการที่ 3.1 แล้วบรรจุถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ ถุงละ 5-6 ชิ้น นำไปทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส และการศึกษาขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% \text{ การขยายตัว} = \frac{(V_B - V_A) * 100}{V_B} \quad \text{..... 3.1}$$

เมื่อ V = ปริมาตรของชิ้นข้าวยำทอดกรอบ (มม.^{3})

$$= \pi r^2 H$$

H = ความหนาของผลิตภัณฑ์ (มม.)

r = ความยาวของเส้นผ่านศูนย์ของชิ้นผลิตภัณฑ์หารสอง

จากนั้นนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งที่ทอดแล้วไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale แบบ 5 points กับผู้บริโภคจำนวน 200 คน และทำการศึกษาความค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 16.0 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ทำการคัดเลือกนำผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่ให้ผลการยอมรับสูงที่สุดมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ วัดวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสีระบบ Hunter และวัดค่าความแข็ง (Hardness) ด้วยเครื่องทดสอบเนื้อสัมผัส ด้วยหัววัด (Probe) แบบแผ่นราบ (Compression probe) และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ

3.3.5 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวยำปักษ์ใต้กึ่งสำเร็จรูป และผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

ทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ต่างๆในภาชนะบรรจุต่างๆ และเก็บรักษาที่สภาวะต่างๆ ดังนี้

3.3.5.1 บรรจุผลิตภัณฑ์ข้าวสวยอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 100 กรัม ในถุงอลูมิเนียมฟอลย์ขนาด 500 กรัม ปิดผนึก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน เก็บตัวอย่างทุก 2 เดือน มาตรวจวัดการเจริญเติบโตของเชื้อรา วัดค่า water activity และ วัดค่าสี

3.3.5.2 บรรจุผลิตภัณฑ์ถั่วฝักยาวหั่นอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 50 กรัม ในถุงอลูมิเนียมฟอลย์ขนาด 100 กรัม ปิดผนึก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน เก็บตัวอย่างทุก 2 เดือนมาตรวจวัดการเจริญเติบโตของเชื้อรา วัดค่า water activity วัดค่าสี และ ค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH$^{\circ}$ (ภาคผนวก ก1)

3.3.5.3 บรรจุผลิตภัณฑ์ตะไคร้หั่นบาง และใบมะกรูดหั่นฝอยที่อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 50 กรัม และ 10 กรัม ในถุงอลูมิเนียมฟอลย์ขนาด 100 กรัม ปิดผนึก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน เก็บตัวอย่างทุก 2 เดือนมาตรวจวัดการเจริญเติบโตของเชื้อราบนอาหาร PDA วัดค่า water activity วัดค่าสี ค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH$^{\circ}$ (ภาคผนวก ก1) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบการได้รับกลิ่น โดยการดมกลิ่นของผู้ทดสอบจำนวน 10 คน ด้วยแบบประเมินเชิงพรรณมีสเกล (ภาคผนวก ค1)

3.3.6 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ได้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

บรรจุผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ได้กึ่งสำเร็จรูป ในถุงพลาสติก ถุงละ 5 ชิ้น ปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน เก็บตัวอย่างทุกเดือนมาตรวจวัดการเจริญเติบโตของเชื้อรา วัดค่า water activity วัดค่าสี ค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี TBARS (ภาคผนวก ก1) และ ทดสอบการได้รับกลิ่นผิดปกติ โดยการดมกลิ่นของผู้ทดสอบจำนวน 10 คนด้วยแบบประเมินความพึงพอใจแบบ Hedonic scale 5 ระดับ (ภาคผนวก ค4)

3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

3.4.1 ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

นำผลการวิเคราะห์ทางเคมีที่ได้จากการออกแบบการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ANOVA และศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติแบบ Duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 16.0 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.4.2 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค

3.4.2.1 การประเมินทางประสาทสัมผัส

การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวยำที่ได้ ได้ออกแบบการทดลองแบบ RCBD โดยผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกแล้วจำนวน 10 คน จำนวน 3 ครั้ง โดยทิ้งระยะเวลาห่างกันไม่น้อยกว่า 30 วัน โดยใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก ค) เป็นเครื่องมือในการประเมิน จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของผลการประเมินที่ได้มาเปรียบเทียบกันด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.4.2.2 การประเมินการยอมรับของผู้บริโภค

การประเมินยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวยำที่ได้ ได้ออกแบบการทดลองแบบ RCBD โดยใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก ค) เป็นเครื่องมือในการประเมิน ผู้ทดสอบเป็นผู้บริโภคทั่วไปในจังหวัดต่างๆ จำนวน 200 คน จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของผลการประเมินที่ได้มาเปรียบเทียบกันด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ชนิดและปริมาณส่วนผสมในข้าวยำปักษ์ใต้และคุณค่าโภชนาการ

จากการคัดแยกและชั่งน้ำหนักชนิดผักและส่วนผสมในข้าวยำน้ำบูดูจำนวน 37 ตัวอย่าง และข้าวยำเมืองนคร 11 ตัวอย่าง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย แสดงในตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าข้าวยำมีส่วนผสมของข้าวสวย 40-56% และผักที่นิยมใส่ในข้าวยำเป็นจำนวนตามลำดับมากไปน้อยได้แก่ ถั่วงอก ถั่วฝักยาว แตงกวา ตะไคร้ ใบมะกรูด ตามลำดับ และมีผักพื้นบ้านได้แก่ ใบยอ ใบย่านาง ดอกดาหลา ใบย่านพาโหม ใบชะพลู ดอกอัญชัน ซึ่งนิยมใส่ตามบางชนิดตามฤดูกาลเพื่อเพิ่มรสชาติ คุณค่าโภชนาการ และความน่ารับประทานซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวยำ

นอกจากผักสดแล้ว ส่วนผสมที่เป็นอาหารแห้งที่นิยมใส่ในข้าวยำได้แก่เนื้อมะพร้าวขูดคั่ว เนื้อกุ้งแห้งป่น ซึ่งในบางท้องถิ่นเช่นข้าวยำในตลาดเคียนซา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ใส่เนื้อปลาแห้งป่นแทนกุ้งแห้งป่น และบางท้องถิ่นเช่น ข้าวยำที่เก็บตัวอย่างจากตลาดขนอมใส่ปลาตัวเล็กทอดกรอบ

ตารางที่ 4.1 ชนิดและปริมาณของส่วนผสมในข้าวยำปักษ์ใต้

ชนิดของผักและส่วนผสม	ปริมาณ (%) โดยน้ำหนัก	ชนิดของผักและส่วนผสม	ปริมาณ (%) โดยน้ำหนัก
ข้าวสวย	40-56%	เนื้อส้มโอ	1%
ถั่วงอก	5.0-8.2%	เนื้อมะม่วงขูดฝอย	2-3.5%
ตะไคร้หั่นฝอย	2.0-2.5%	อื่นๆ ได้แก่ ใบย่านาง ชะพลู ใบพาโหม ใบและดอกดาหลา ดอกอัญชัน	0-5%
ใบมะกรูดหั่นฝอย	0.5-1.06%	กุ้งแห้งป่น/เนื้อปลาป่น	3-5%
ถั่วฝักยาวหั่นฝอย	6-10%	เนื้อมะพร้าวขูดคั่ว	4-7%
แตงกวาหั่นชิ้นบาง	4-7%	พริกแห้งคั่วป่น	1-1.7%
ใบยอหั่นฝอย	0-3%	น้ำบูดู	20-34%
มะนาว	0.5-1 ผล	เครื่องแกงเผ็ด	0.2-0.5%

ข้าวยำน้ำบูดูจะใส่พริกแห้งป่นเป็นเครื่องปรุงให้รสเผ็ด ขณะที่ข้าวยำเมืองนครนิยมใส่เครื่องแกงเผ็ดเป็นส่วนผสมโดยคลุกเคล้ากับข้าวสวยก่อนคลุกผสมกับผักสดและเครื่องปรุงแห้ง ข้าวยำชนิดนี้จะไม่รับประทานกับน้ำบูดู สำหรับเครื่องปรุงรสที่ให้รสเปรี้ยวนิยมใช้มะนาว โดยนิยมหั่นเป็นชิ้น หรือ ใส่เป็นผลมาให้ ผู้บริโภคจะบีบใส่ลงในข้าวยำก่อนรับประทาน นอกจากนี้ยังนิยมใส่เนื้อส้มโอ มะม่วงขูดฝอย ซึ่งเป็นไปตามฤดูกาล ข้าวยำน้ำบูดูมีรสหวานเล็กน้อยและรสชาติกลมกล่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าข้าวยำนคร ข้าวยำนครนิยมรสเค็มกว่า และเผ็ด ไม่นิยมใส่มะนาว แต่อาจใส่ส้มโอที่มีรสเปรี้ยวอมหวาน หรือมะม่วงขูดฝอยที่มีรสเปรี้ยว-มัน เพื่อลดรสเค็มและเผ็ด

สำหรับส่วนผสมที่เป็นของแห้งของข้าวยำน้ำบูดูและข้าวยำนครฯ ไม่แตกต่างกัน คือ ประกอบด้วยกุ้งแห้งป่น หรือเนื้อปลาแห้งป่น หรือปลากรอบ 3-5% เนื้อมะพร้าวขูดคั่ว 4-7% พริกป่นหรือเครื่องแกง 1-1.7% และ 0.2-0.5% ตามลำดับ ข้าวยำน้ำบูดูใส่น้ำบูดู 8-15% โดยน้ำหนัก

4.2 กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของผักในข้าวยำปักษ์ใต้

กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักในข้าวยำปักษ์ใต้ (โดยน้ำหนักเปียก)ในแต่ละท้องถิ่น ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH° และ FRAP พบว่าตะไคร้บ้าน และ ใบมะกรูดมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าถั่วฝักยาว และถั่วงอกตามลำดับ ค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ABTS assay พบว่าค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของ ตะไคร้บ้าน ถั่วฝักยาว และใบมะกรูด แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) และมีค่าน้อยกว่าค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของถั่วงอกอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จากการทดลองพบว่าใบมะกรูดมีปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอลสูงกว่าถั่วฝักยาว ตะไคร้บ้าน และถั่วงอกตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

จากการวิเคราะห์กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH° โดยน้ำหนักแห้ง พบว่าใบมะกรูดและตะไคร้บ้านมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าถั่วฝักยาว และถั่วงอก ตามลำดับ และถั่วงอกมีค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ตามวิธี ABTS ต่ำกว่าตะไคร้บ้าน ใบมะกรูดและถั่วฝักยาว อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ผลการศึกษาปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอลทั้งหมด พบว่าใบมะกรูดมีปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด (ตารางที่ 4.3) และมีค่าใกล้เคียงกับผลงานวิจัยของ ศรีสมร (2542)

จากผลการทดลองที่ได้ทำให้ทราบว่าความแตกต่างของกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของผักอบแห้งเป็นไปในลักษณะเดียวกับของผักสด

ตารางที่ 4.2 กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอล (wet basis) ในผักที่เป็นส่วนผสมในข้าวยำปักษ์ใต้

การวิเคราะห์	Standard agent	ชนิดของผักและสมุนไพร			
		ตะไคร้บ้าน	ใบมะกรูด	ถั่วฝักยาว	ถั่วงอก
DPPH°	Ascorbic acid	6.40±2.58^{a}	7.12±1.25^{a}	4.28±2.08^{b}	0.56±0.13^{c}
FRAP	Fe^{2+}	4.93±0.58^{a}	5.41±0.82^{a}	4.53±0.12^{a}	1.38±0.28^{b}
	Ascorbic acid	5.09±0.48^{a}	4.94±0.27^{a}	4.91±0.58^{a}	1.25±0.17^{b}
TBARS	Ascorbic acid	6.26±1.43^{b}	6.76±4.30^{b}	6.53±0.35^{b}	15.01±2.13^{a}
Total polyphenol	Gallic acid	1.04±0.13^{b}	11.20±1.08^{a}	1.53±0.28^{b}	0.83±0.14^{c}

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอล (dried basis) ในผักที่เป็นส่วนผสมในข้าวยำปักษ์ใต้

การวิเคราะห์	Standard agent	ชนิดของผักและสมุนไพร			
		ตะไคร้บ้าน	ใบมะกรูด	ถั่วฝักยาว	ถั่วงอก
DPPH°	Ascorbic acid	20.65±2.78^{b}	13.08±1.25^{c}	54.73±2.08^{a}	5.56±3.25^{d}
FRAP	Fe^{2+}	21.04±1.18^{c}	13.21±1.02^{d}	49.53±3.65^{a}	34.08±0.35^{b}
	Ascorbic acid	17.09±1.55^{c}	14.01±1.57^{d}	40.27±2.58^{a}	23.50±1.23^{b}
TBARS	Ascorbic acid	22.86±0.43^{b}	23.06±0.03^{b}	75.32±2.65^{b}	115.61±26.03^{a}
Total polyphenol	Gallic acid	3.56±0.02^{b}	31.12±5.18^{a}	12.18±2.04^{b}	17.98±1.28^{c}

หมายเหตุ อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

4.3 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวยำปักษ์ใต้

จากผลการตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนการของตัวอย่างข้าวยำน้ำบูดู 37 ตัวอย่าง และข้าวยำนครฯ 11 ตัวอย่าง พบว่าข้าวยำน้ำบูดูมีความชื้น 55.0-65.40% โปรตีน 19.4-21.2% ไขมัน 4.51-5.80% เส้นใย (Fiber) 3.43-4.60% และ คาร์โบไฮเดรต 6.91-15.16% ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะปริมาณโปรตีนของข้าวยำปักษ์ใต้สูงกว่าข้าวยำสูตรมาตรฐานของ ศรีสมร (2542) และข้าวยำสูตรที่ปรับปรุงโดย Komonmanee (2009).

ผลการศึกษาแคลอรี่ พบว่าข้าวยำนครมีแคลอรี่น้อยกว่าข้าวยำน้ำบูดู เนื่องจากข้าวยำนครไม่ผสมน้ำบูดูที่มีน้ำตาลจึงทำให้ข้าวยำนครมีแคลอรี่ต่ำกว่าข้าวยำน้ำบูดู ส่วนข้าวยำน้ำบูดูที่เก็บตัวอย่างได้จากจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีแคลอรี่ต่ำที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างข้าวยำจังหวัดชุมพร และจากจังหวัดนครศรีธรรมราช ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากข้าวยำน้ำบูดูที่เก็บตัวอย่างจากจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีส่วนผสมที่เป็นข้าวสวยและน้ำบูดูน้อยกว่า (ตารางที่ 4.4)

จากผลการศึกษาจะเห็นว่าข้าวยำปักษ์ใต้เป็นอาหารท้องถิ่นที่มีปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอลสูง และมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ และคุณค่าทางโภชนาการอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นข้าวยำปักษ์ใต้จึงเป็นอาหารที่มีคุณค่าและถือได้ว่าเป็นอาหารเพื่อสุขภาพอีกชนิดหนึ่ง ที่น่าจะได้รับการพัฒนาเป็นอาหารที่สามารถบริโภคได้อย่างแพร่หลาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวยำน้ำบูดูกึ่งสำเร็จรูปในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวยำปักษ์ใต้

Nutrition	Content (per 100 gram)		
	Chumphon	Surat Thani	Nakon Sri Thammarat
Protein (g)	21.16±0.54[a]	19.41±0.43[a]	19.65±2.45[a]
Fat (g)	5.80±0.32[a]	4.51±0.43[b]	5.78±2.43[a]
Fiber (g)	4.60±0.31[a]	3.43±0.48[c]	3.75±0.43[b]
Ash (mg)	274.22±4.34[b]	340.56±7.20[a]	260.64±10.56[b]
Moisture (g)	55.03±4.30[b]	65.40±4.89[a]	55.40±3.54[b]
Carbohydrate (g)	13.14±2.10[b]	6.91±0.48[c]	15.16±4.21[a]
Calories (cal) ข้าวยำน้ำบูดู	118.81±1.32[b]	64.62±1.56[c]	132.76±0.48[a]
Calories (cal) ข้าวยำนคร	-	-	60.04±1.1

หมายเหตุ อักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

4.4 ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวสวยสำเร็จรูปแห้ง

4.4.1 ศึกษาชนิดของข้าวสารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวสวยอบแห้ง

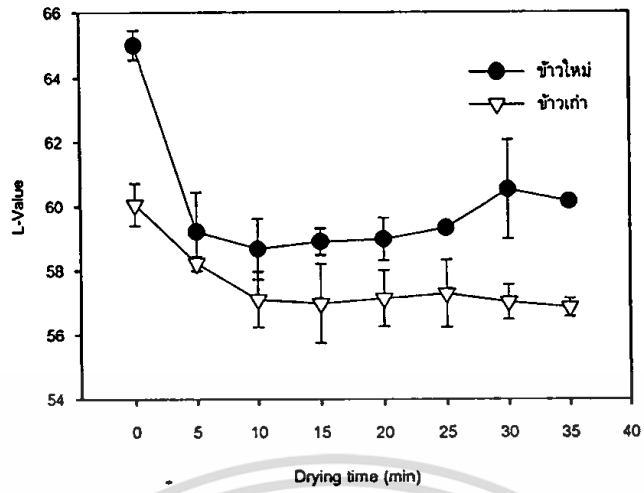
ผลจากการศึกษาวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของข้าวสวยอบแห้ง ข้าวสวยอบแห้งคืนรูป ที่คืนรูปของข้าวสวยอบแห้งด้วยวิธีอบลมร้อน และ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งของข้าวสารหอมมะลิ ชนิดข้าวเก่า และของข้าวสารหอมมะลิชนิดข้าวใหม่ มีดังนี้

4.4.1.1 ค่าสี

คุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งมีความสำคัญอีกอย่างหนึ่ง การวัดค่าสี สามารถวัดได้ในรูปของ L*a*b ซึ่งค่า L เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสว่าง ค่า a บอกถึงค่าสีเขียวหรือสีแดง และ ค่า b บอกถึงค่าสีเหลืองหรือน้ำเงิน ข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่จะได้มีสีขาว เมื่อนำไปวัดค่าสี จะได้ค่า L*a*b อยู่ระหว่าง L* = 65 ถึง 73, a* = -1.84 ถึง -2.4 และ b* = 8.75 ถึง 8.1 ขณะที่ข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่ามีสีค่อนข้างขาว โดยมีสีเหลืองอ่อนมากกว่าข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่ เมื่อวัดค่าสีของข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่า พบว่ามีค่า L* = 60 ถึง 69, a* = -1.65 ถึง -2.6 และ b* = 7.89 ถึง 8.7

เมื่อนำข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่า และข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่ที่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 140° C เป็นเวลาต่างๆ มาวัดค่าสี L*a*b เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าสี พบว่าข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่า และข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่ที่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 140° C มีการเปลี่ยนแปลงดังภาพที่ 4.1 ภาพที่ 4.2 ภาพที่ 4.3 ตามลำดับ

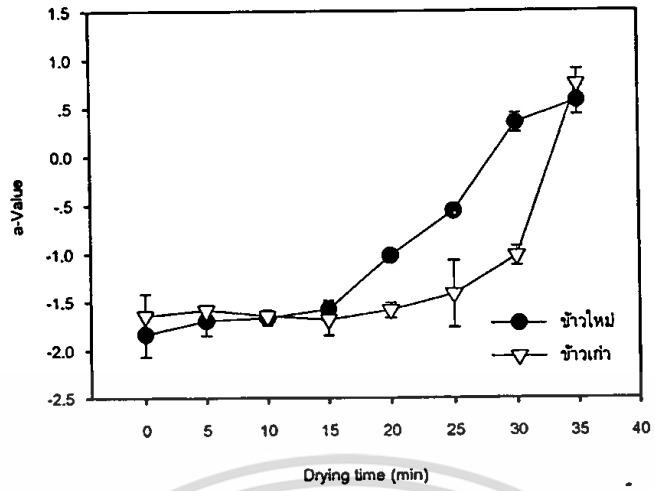
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงของค่า L* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าและชนิดใหม่ที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 140° C

ภาพที่ 4.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า L* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าและชนิดใหม่ที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 140° C พบว่า การอบแห้งมีผลต่อค่า L* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าและชนิดใหม่ โดยค่าสีของข้าวสวยทั้ง 2 ชนิดมีค่า L* ลดลงอย่างชัดเจนใน 5 นาทีแรกของการอบ โดยการอบแห้งมีผลต่าค่า L* ของข้าวสวยอบแห้งของข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่มากกว่าของข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าอย่างชัดเจน จากภาพที่ 4.1 จะเห็นว่าหลังจากอบนาน 5 นาที ค่า L* ของข้าวสวยอบแห้งของข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่ามีการเปลี่ยนแปลงลดลงเพียงเล็กน้อย ขณะที่ ค่า L* ของข้าวสวยอบแห้งของข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่า อย่างไรก็ตามพบว่า ค่า L* ของข้าวสวยอบแห้งของข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่ยังคงมีค่าสูงกว่า ค่า L* ของข้าวสวยอบแห้งของข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่า ตลอดระยะเวลาการอบแห้ง ซึ่งเมื่อทำการอบแห้งนาน 35 นาที ค่า L* ของข้าวสวยอบแห้งของข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่า และ ค่า L* ของข้าวสวยอบแห้งของข้าวสวยที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่ มีค่าเท่ากับ 60.16±0.13 และ 56.68±0.286 ตามลำดับ

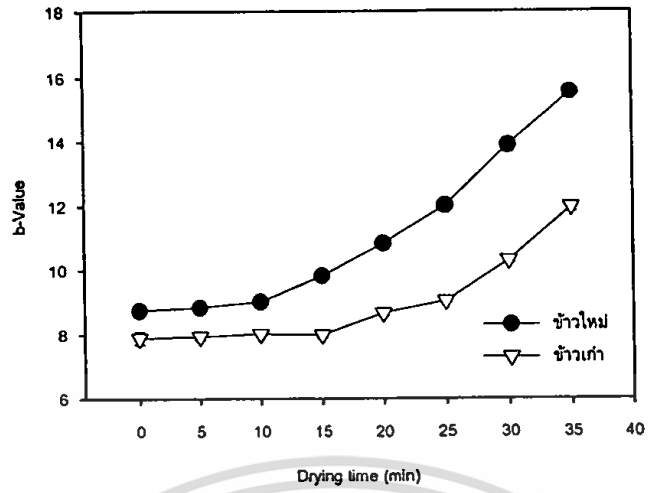
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของค่า a* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าและชนิดใหม่ที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 140° C

ภาพที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า a* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าและชนิดใหม่ที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 140° C จะเห็นว่า การอบแห้งมีผลต่อค่า a* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าและชนิดใหม่อย่างช้าๆใน 15 นาทีแรกของการอบแห้ง ซึ่งค่า a* ของข้าวสวยอบแห้งทั้ง 2 ชนิดเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเท่านั้น แต่การอบแห้งมีผลต่อ ค่า a* เมื่ออบแห้งนานกว่า 15 นาที โดยค่า a* ของข้าวสวยทั้ง 2 ชนิดมีค่า a เพิ่มขึ้น การอบแห้งนานกว่า 15 นาที มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่ มากกว่าของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่า ซึ่งจากภาพที่ 4.2 จะเห็นว่าค่า a* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดการอบแห้ง ขณะที่ค่า a* ของของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังการอบแห้งนาน 30 นาที และพบว่า ค่า a* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่ มีค่าสูงกว่า ค่า a* ข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าตลอดระยะเวลาการอบแห้งนาน 30 นาที แต่หากอบแห้งนานกว่า 30 นาที ข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าจะมีค่า a* สูงกว่า ข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่ ซึ่งจากการทดลองพบว่าค่า a* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่และข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าที่อบแห้งนาน 35 นาที มีค่าเท่ากับ 0.58±0.15 และ 0.75±0.15 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของค่า b* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าและชนิดใหม่ที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 140° C

ภาพที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า b* หรือค่าสีเหลืองของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าและชนิดใหม่ที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 140° C จะเห็นว่า การอบแห้งมีผลต่อค่า b* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้จากการหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าและชนิดใหม่เช่นเดียวกับค่าสีแดง หรือค่า a* โดย ค่า b* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังการอบแห้งนาน 10 นาที ขณะที่ค่า b* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าเพิ่มขึ้นช้ากว่า โดยค่า b* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังการอบแห้งนาน 20 นาที จากภาพที่ 3 จะเห็นว่าค่า b* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่มีค่าสูงกว่าค่า b* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าตลอดระยะเวลาการอบแห้ง จากการทดลองพบว่าค่า b* ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่และข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าที่อบแห้งนาน 35 นาที มีค่าเท่ากับ 15.54±0.135 และ 11.97±0.15 ตามลำดับ

จากผลการทดลองจะพบว่า การอบแห้งมีผลต่อค่าสี L*a*b ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่มากกว่าของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่า โดยหลังจากอบแห้งข้าวสวยที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่และข้าวสวยที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 140° C นาน 35 นาที พบว่าข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่มีค่าความสว่าง และมีสีเหลืองมากกว่าข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่า แต่ข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่า มีสีเขียว (ค่า a*) มากกว่าของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาค่าสีของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่และข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าที่อบแห้งด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) ที่จุดเยือกแข็ง -80° C พบว่าค่าความสว่าง (L*) และ ค่าสีเหลือง (b*) ของข้าวสวยอบแห้งทั้งสองชนิดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยค่าสีของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่มีค่าความสว่างมากกว่าของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่ สำหรับค่า a* หรือค่าสีแดงของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าที่อบแห้งด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งทั้งสองชนิดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 4.5

การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีผลต่อความสว่างของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่อย่างมีนัยสำคัญ แต่ผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a* และ ค่า b* อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) โดยหลังการทำแห้งข้าวสวยข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) คือเพิ่มขึ้นจาก 65.00±0.03 เป็น 67.96±0.01 และพบว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี L*a*b ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 4.5

เนื่องจากข้าวสวยที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่ก่อนการทำแห้งมีค่าความสว่างมากกว่าข้าวสวยที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าก่อนทำแห้ง ดังนั้นข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่จึงมีค่าความสว่าง และ ค่า b* (สีเหลือง) มากกว่าข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่า และในทำนองเดียวกันเนื่องจากข้าวสวยที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่ก่อนการทำแห้งมีค่า a* (สีแดง) น้อยกว่าข้าวสวยที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าก่อนทำแห้ง ดังนั้นข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่จึงมีสีแดงน้อยกว่าข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าด้วย

เนื่องจากค่าสีของข้าวสวยที่หุงได้จากข้าวหอมมะลิชนิดข้าวเก่าได้รับผลกระทบจากการอบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 140° C และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งน้อยกว่าข้าวสวยที่หุงได้จากข้าวหอมมะลิชนิดข้าวใหม่ ดังนั้นในการศึกษาโครงสร้างของเมล็ดข้าวอบแห้งจึงเลือกศึกษาเมล็ดข้าวอบแห้งที่ได้จากข้าวสวยที่ได้จากข้าวหอมมะลิชนิดข้าวเก่าและข้าวที่ใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวยำจึงเลือกใช้ข้าวหอมมะลิชนิดข้าวเก่าเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าสี L*a*b ของข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่และข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าก่อนและหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Samples	Colors in Hunter's System		
	L*	a*	b*
ข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่ก่อนทำแห้ง	65.00±0.03[b]	-1.84±0.23[a]	8.75±0.03[a]
ข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดใหม่หลังทำแห้ง	67.96±0.01[a]	-1.86±0.12[a]	8.86±0.21[a]
ข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าก่อนทำแห้ง	60.05±0.656[c]	-1.65±0.23[a]	7.89±0.2[b]
ข้าวสวยอบแห้งที่ได้การหุงข้าวหอมมะลิชนิดเก่าหลังทำแห้ง	61.34±0.23[c]	-1.63±0.02[a]	7.65±0.10[b]

หมายเหตุ อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

4.4.1.2 โครงสร้างพื้นผิวและรอยหักของเมล็ดข้าวสวยอบแห้ง

การอบแห้งด้วยลมร้อนนั้นเมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าอาหารที่เปียกหรือมีความชื้น ความร้อนจะถ่ายเทไปยังผิวของอาหาร และน้ำในอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิสูงขึ้น พร้อมทั้งเกิดการระเหยของของเหลวที่ผิว และได้ผิวของผลิตภัณฑ์ ซึ่งปริมาณการถ่ายเทขึ้นอยู่กับความเข้มข้นหรือปริมาณของสารว่ามีมากน้อยเพียงใด จากลักษณะดังกล่าว ทำให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งที่อุณหภูมิความชื้น ความเร็วลม และทิศทางการไหลของอากาศที่ผ่านผลิตภัณฑ์คงที่ (Fellow, 1990) การเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างการทำแห้ง ส่วนต่างๆ ของอาหารทำให้เกิดความเครียดภายในปัจจัยเหล่านี้จะอัดและเปลี่ยนแปลงรูปร่างของอาหารที่ค่อนข้างแข็งทำให้อาหารมีลักษณะเหี่ยวย่น เนื่องจากเมื่อเซลล์ผ่านกระบวนการบางกระบวนการเช่น การลวก จะทำให้ผนังเซลล์มีลักษณะการยอมให้ซึมผ่านได้ง่ายขึ้น ทำให้ความเด่งดึงของเซลล์หายไป (ไพบูลย์, 2532; Van Arsdel, 1973)

อุณหภูมิและอัตราการทำแห้งมีผลมากต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร โดยทั่วไปการทำแห้งโดยรวดเร็วที่อุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิและอัตราการทำแห้งที่ต่ำกว่า ตัวทำละลายจะเคลื่อนที่จากภายในของอาหารไปที่ผิว ระหว่าง

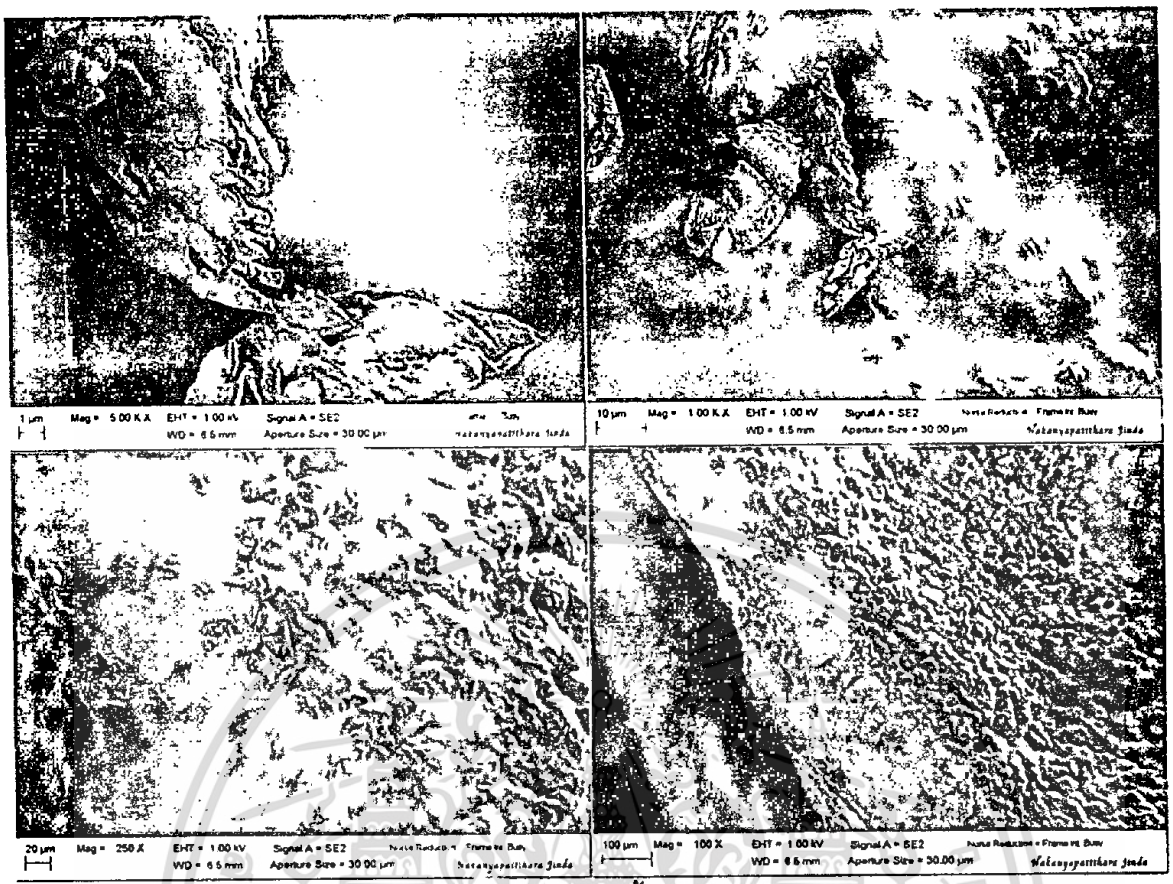
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่น้ำจะถูกกำจัดออกระหว่างการทำแห้ง กลไกและอัตราการเคลื่อนที่มีความจำเพาะสำหรับตัวทำละลายแต่ละชนิดและขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและสภาวะการทำแห้ง การระเหยน้ำทำให้ตัวทำละลายที่ผิวอาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น อุณหภูมิที่สูงของอากาศทำให้อาหารโดยเฉพาะผลไม้ ปลา และเนื้อ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพอย่างซับซ้อนที่ผิวหน้าอาหาร ทำให้ผิวอาหารแห้งแข็งหรือที่เรียกว่า การเกิดผิวแห้งแข็ง (case hardening) ซึ่งเป็นปัจจัยที่จะไปลดอัตราการทำแห้งและทำให้อาหารมีผิวหน้าแห้งแต่ภายในชื้น การควบคุมสภาวะการอบแห้งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นภายในและที่ผิวของอาหาร จะช่วยลดการเกิดผิวหน้าแห้งได้ดังกล่าวได้

จากการศึกษาลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าวสวยอบแห้งที่อบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 140° C นาน 35 นาที และ เมล็ดข้าวสวยที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) โดยภาพแสดงพื้นผิวรอยหักของข้าวสวยอบแห้งที่อบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 140° C นาน 35 นาที แสดงดังภาพที่ 4.4 และภาพแสดงพื้นผิวรอยหักของข้าวสวยอบแห้งที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง แสดงดังภาพที่ 4.6 ซึ่งจะเห็นว่าผิวของเมล็ดข้าวสวยที่อบแห้งด้วยลมร้อนมีลักษณะเป็นเจล และมองเห็นสภาพที่เป็นเซลล์ไม่ชัดเจน และลักษณะของรอยหักมีลักษณะขรุขระมากกว่าของข้าวสวยที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง รอยพื้นผิวและรอยหักของเมล็ดมีลักษณะเรียบมากกว่า ทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำ และการคืนรูปของข้าวสวยอบแห้งด้วยลมร้อนน้อยกว่าข้าวสวยที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ภาพที่ 4.6 แสดงโครงสร้างพื้นผิวและรอยหักของข้าวสวยที่หุงจากข้าวสารตราน้ำเต้าที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ข้าวสารตราน้ำเต้าเป็นข้าวเจ้าที่มีปริมาณอมิโลสสูงกว่าข้าวหอมมะลิ เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะแข็งร่วน ขณะที่ข้าวสวยหอมมะลิมีลักษณะนุ่มเหนียวกว่า เนื่องจากข้าวสวยจากข้าวสารตราน้ำเต้ามีความคงตัวของเจลสูง แต่ข้าวสวยหอมมะละมีความคงตัวของเจลต่ำกว่า จากภาพที่ 4.5 และ 4.6 จะเห็นว่าข้าวสวยจากข้าวตราน้ำเต้า มีความเป็นเจลมากกว่าทำให้เกิดชั้นที่แห้งมากกว่า แต่ปริมาณรูพรุนเนื่องจากการระเหิดของน้ำแข็งน้อยกว่าของของข้าวสวยหอมมะลิ และขนาดของรูพรุนมีขอบขนาดใหญ่ ลักษณะขอบรูพรุนไม่เรียบ ขณะที่ขนาดของรูพรุนของข้าวสวยหอมมะลิมีขนาดเล็ก ปริมาณมาก และขอบรูพรุนเรียบมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

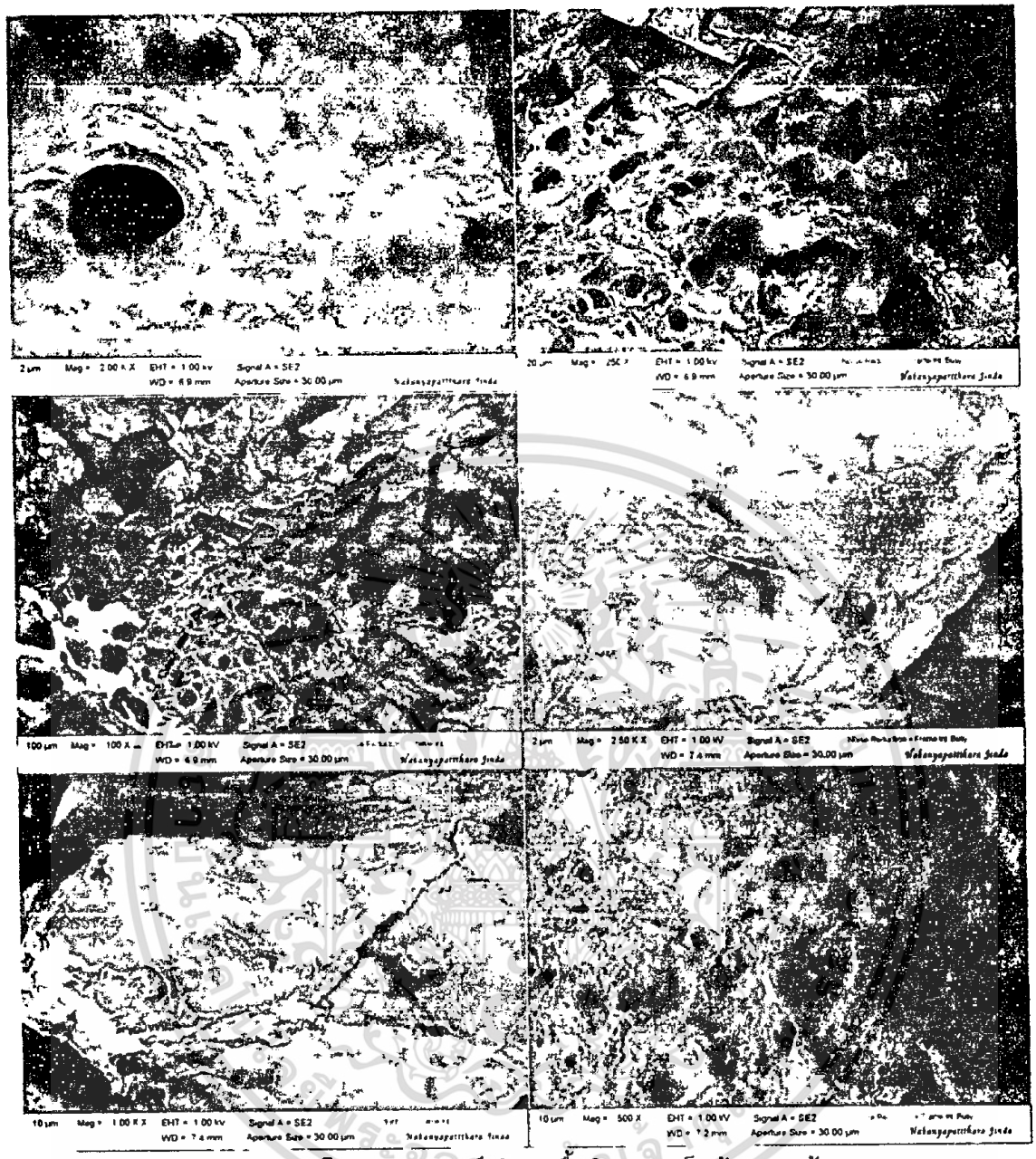


ลักษณะโครงสร้างเซลล์บริเวณพื้นผิวของเมล็ดข้าวอบแห้ง

ลักษณะโครงสร้างเซลล์บริเวณรอยหักของเมล็ดข้าวอบแห้ง

ภาพที่ 4.4 พื้นผิวรอยหักของข้าวสวยอบแห้งที่หุงจากข้าวสารหอมมะลิชนิดข้าวเก่าที่อบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 140° C นาน 35 นาที

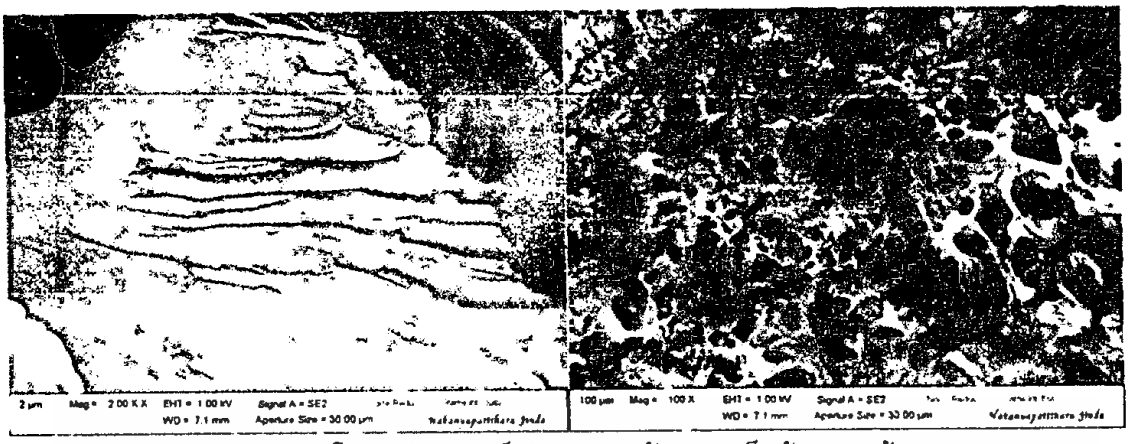
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลักษณะโครงสร้างเซลล์บริเวณพื้นผิวของเมล็ดข้าวอบแห้ง

ภาพที่ 4.5 พื้นผิวรอยหักของข้าวสวยอบแห้งที่หุงจากข้าวสารตราน้ำเต้าที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลักษณะโครงสร้างเซลล์บริเวณรอยหักของเมล็ดข้าวอบแห้ง

ภาพที่ 4.5 พื้นผิวรอยหักของข้าวสวยอบแห้งที่หุงจากข้าวสารดราน้ำเต้าที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (ต่อ)

4.4.1.3 ผลการทดสอบการคืนรูปของข้าวสวยอบแห้ง

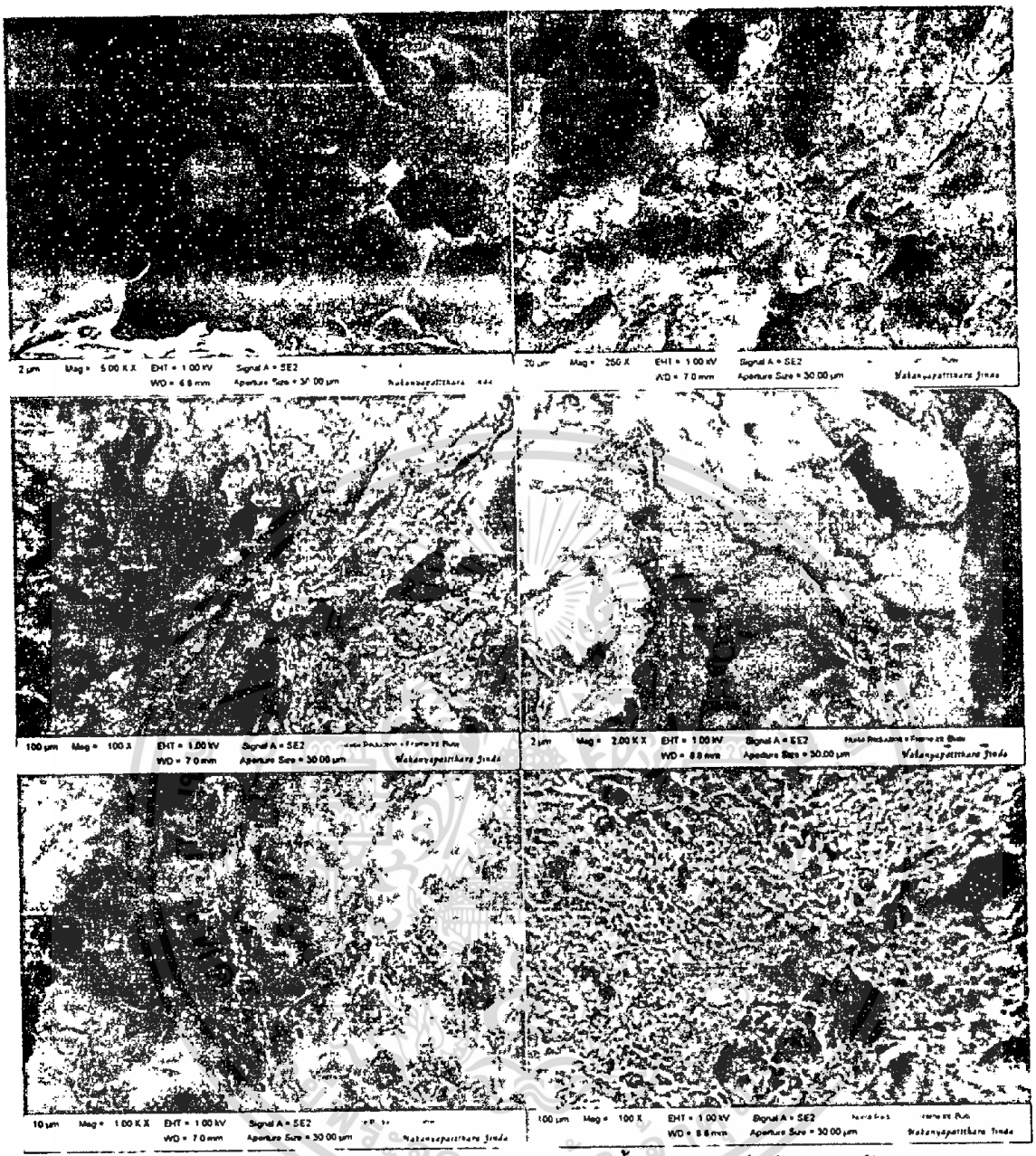
ในการศึกษาการคืนรูปของข้าวสวยอบแห้งที่มีความชื้นประมาณ 6-8% d.b. มาทดสอบการคืนรูปด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 98-100° C โดยแช่เมล็ดข้าวสวยอบแห้งในน้ำร้อนปริมาณมากเกินพอเป็นเวลา 7 นาที ตามวิธีของพยุงศักดิ์ (2546) พบว่าปริมาณข้าวสวยหอมมะลิอบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 140° C ร้อยละ 98.80±2.76 สามารถคืนรูปได้ ปริมาณข้าวสวยหอมมะลิ และข้าวสวยดราน้ำเต้าที่ทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง ร้อยละ 100±1.67 และ ร้อยละ 100±4.02 สามารถคืนรูปได้ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 การคืนรูปของข้าวสวยหอมมะลิอบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 140°C และข้าวสวยหอมมะลิและข้าวสวยดราน้ำเต้าที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ชนิดข้าวสวยอบแห้ง	ร้อยละการคืนรูป
ข้าวสวยหอมมะลิข้าวเก่าอบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 140° C	98.80±2.76[b]
ข้าวสวยหอมมะลิข้าวเก่าที่ทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง	100.00±1.67[a]
ข้าวสวยดราน้ำเต้าที่ทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง	100.00±4.02[a]

หมายเหตุ อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

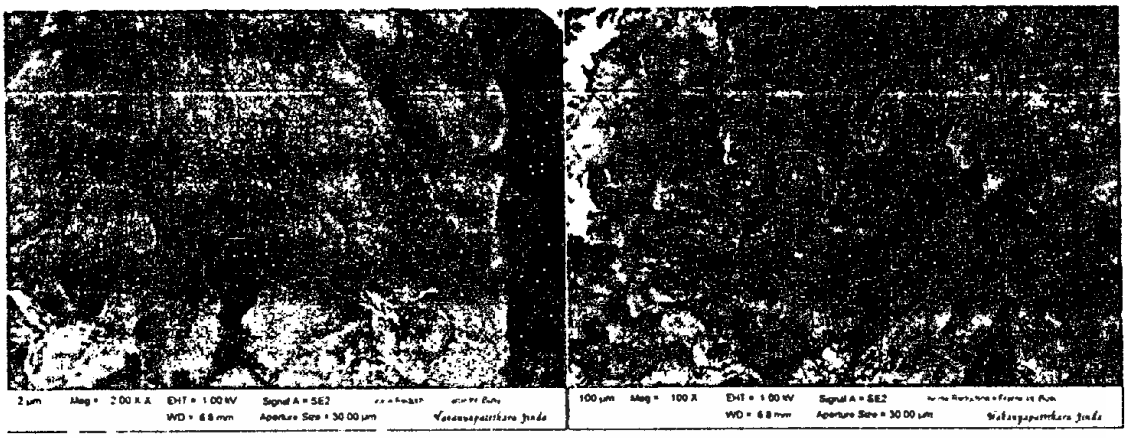
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลักษณะโครงสร้างเซลล์บริเวณพื้นผิวของเมล็ดข้าวอบแห้ง

ภาพที่ 4.6 พื้นผิวและรอยหักของข้าวสวยอบแห้งที่หุงจากข้าวสารหอมมะลิชนิดข้าวเก่าที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลักษณะโครงสร้างเซลล์บริเวณรอยหักของเมล็ดข้าวอบแห้ง

ภาพที่ 4.6 พื้นผิวและรอยหักของข้าวสวยอบแห้งที่หุงจากข้าวสารหอมมะลิชนิดข้าวเก่าที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (ต่อ)

จากผลการศึกษาจะเห็นว่าปริมาณข้าวสวยหอมมะลิ และข้าวสวยตราน้ำเต้าที่ทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็งสามารถคืนรูปได้ทั้งหมด

4.4.1.4 ผลการทดสอบสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยอบแห้ง

จากการศึกษาความแข็ง (Hardness) และความเหนียว (Stcikiness) ของข้าวสวยอบแห้งคืนรูปทั้ง 3 ชนิด ให้ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4.7 ซึ่งพบว่า Hardness ของข้าวสวยอบแห้งคืนรูปทุกชนิดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ สำหรับผลการวัดค่า Stickiness พบว่าข้าวหอมมะลิข้าวเก่าอบลมร้อน และ ข้าวหอมมะลิข้าวเก่าทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่า Stickiness แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่ารูปแบบการทำแห้งข้าวสวยมีไม่ผลต่อค่า Stickiness ของข้าวสวยอบแห้งคืนรูป แต่ปัจจัยที่มีผลต่อต่อค่า Stickiness ของข้าวสวยอบแห้งคืนรูปอย่างมีนัยสำคัญคือ ชนิดของข้าวที่นำมาหุงสุก ซึ่งจากตารางที่ 4.7 จะเห็นว่าค่า Stickiness ของข้าวหอมมะลิข้าวเก่าอบลมร้อน และ ข้าวหอมมะลิข้าวเก่าทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่าสูงกว่าของข้าวตราน้ำเต้าที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.7 ค่า Hardness และ Stickiness ของข้าวสวยอบแห้งคืนรูป

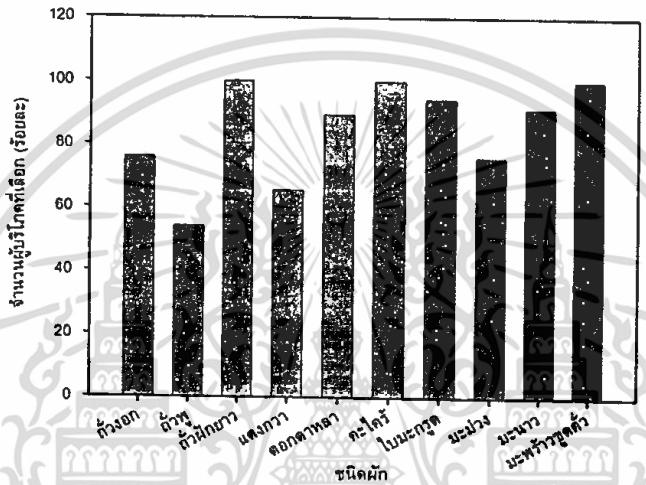
สมบัติเนื้อสัมผัส	ชนิดของข้าวสวยอบแห้ง		
	ข้าวหอมมะลิข้าวเก่าอบลมร้อน	ข้าวหอมมะลิข้าวเก่าทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	ข้าวตราน้ำเต้าทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง
Hardness (N)	112.29±3.0[a]	100.45±1.24[a]	106.56±2.35[a]
Stickiness (N)	35.58±2.67[a]	37.03±0.58[a]	27.43±3.45[b]

หมายเหตุ อักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ชนิดของผักประกอบสำหรับการผลิตข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป

จากการคัดเลือกชนิดของผักที่จะนำมาทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเพื่อเป็นผักประกอบข้าวยำน้ำบูดูกึ่งสำเร็จรูปโดยการสอบถามจากผู้บริโภคในจังหวัดกระบี่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี ภูเก็ต พัทลุง นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี ขอนแก่น สกลนคร เชียงใหม่ น่าน แพร่ พิษณุโลก จันทบุรี นนทบุรี ปทุมธานี และ กรุงเทพฯ จำนวน 200 คน ด้วยแบบสอบถาม พบว่าจำนวนผู้บริโภคร้อยละ 100 คิดว่าผักประกอบข้าวยำน้ำบูดูที่ต้องมีในข้าวยำน้ำบูดูคือ ถั่วฝักยาว ตะไคร้ และมะพร้าวขูดขั่ว และผู้บริโภคจำนวนร้อยละ 94.3 คิดว่าผักประกอบข้าวยำน้ำบูดูที่ต้องมีในข้าวยำน้ำบูดูคือ มะกรูดหั่นฝอย ดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 ชนิดของผักประกอบที่ผู้บริโภคคิดว่าต้องมีในข้าวยำน้ำบูดู

ดังนั้นในการศึกษานี้จึงคัดเลือกผักประกอบข้าวยำปักษ์ใต้ 3 ชนิด คือ ถั่วฝักยาว ตะไคร้ และ ใบมะกรูด มาทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -80° C และทำการศึกษาความสามารถในการคืนรูป ค่าสีเปรียบเทียบกับผักสดก่อนทำแห้ง วัดค่า Hardness ผักอบแห้งคืนรูป ศึกษาโครงสร้างพื้นผิวของผักที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และวัดกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของผักแห้งเปรียบเทียบกับผักสดก่อนการทำแห้ง ซึ่งได้ผลการศึกษาดังนี้

4.5.1 การคืนรูปและลักษณะโครงสร้างของพื้นผิวของผักประกอบข้าวยำน้ำบูดูที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

หลังจากแช่ถั่วฝักยาวหั่นอบแห้ง ตะไคร้หั่นบางอบแห้ง และใบมะกรูดหั่นฝอยอบแห้งในน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 96-100° C ในปริมาณมากเกินพอ นาน 7 นาที เป็นจำนวน 5 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย พบว่าใบมะกรูดหั่นฝอยสามารถคืนตัวได้ร้อยละ 98.8±1.23 รองลงมาคือถั่วฝักยาวหั่นอบแห้งที่สามารถคืนตัวได้ร้อยละ 95.4±0.34 สำหรับตะไคร้หั่นบางอบแห้งคืนรูปได้น้อยที่สุด คือ คืนรูปร้อยละ 87.6±0.56 สำหรับคุณภาพกลิ่นของใบมะกรูดอบแห้งพบว่าใบมะกรูดหั่นฝอยอบแห้งมีกลิ่นหอมแรงมากกว่าใบมะกรูดสดมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อตรวจลักษณะโครงสร้างพื้นผิวของถั่วฝักยาวหั่นฝอยอบแห้ง ตะไคร้หั่นบางอบแห้ง และใบมะกรูดหั่นฝอยอบแห้งด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่งกราด (SEM) พบว่าถั่วฝักยาวหั่นฝอยอบแห้ง ตะไคร้หั่นบางอบแห้ง และใบมะกรูดหั่นฝอยอบแห้งมีลักษณะพื้นผิว และลักษณะโครงสร้างของรอยหักดังแสดงในภาพที่ 4.8 ภาพที่ 4.9 และ ภาพที่ 4.10 ตามลำดับ

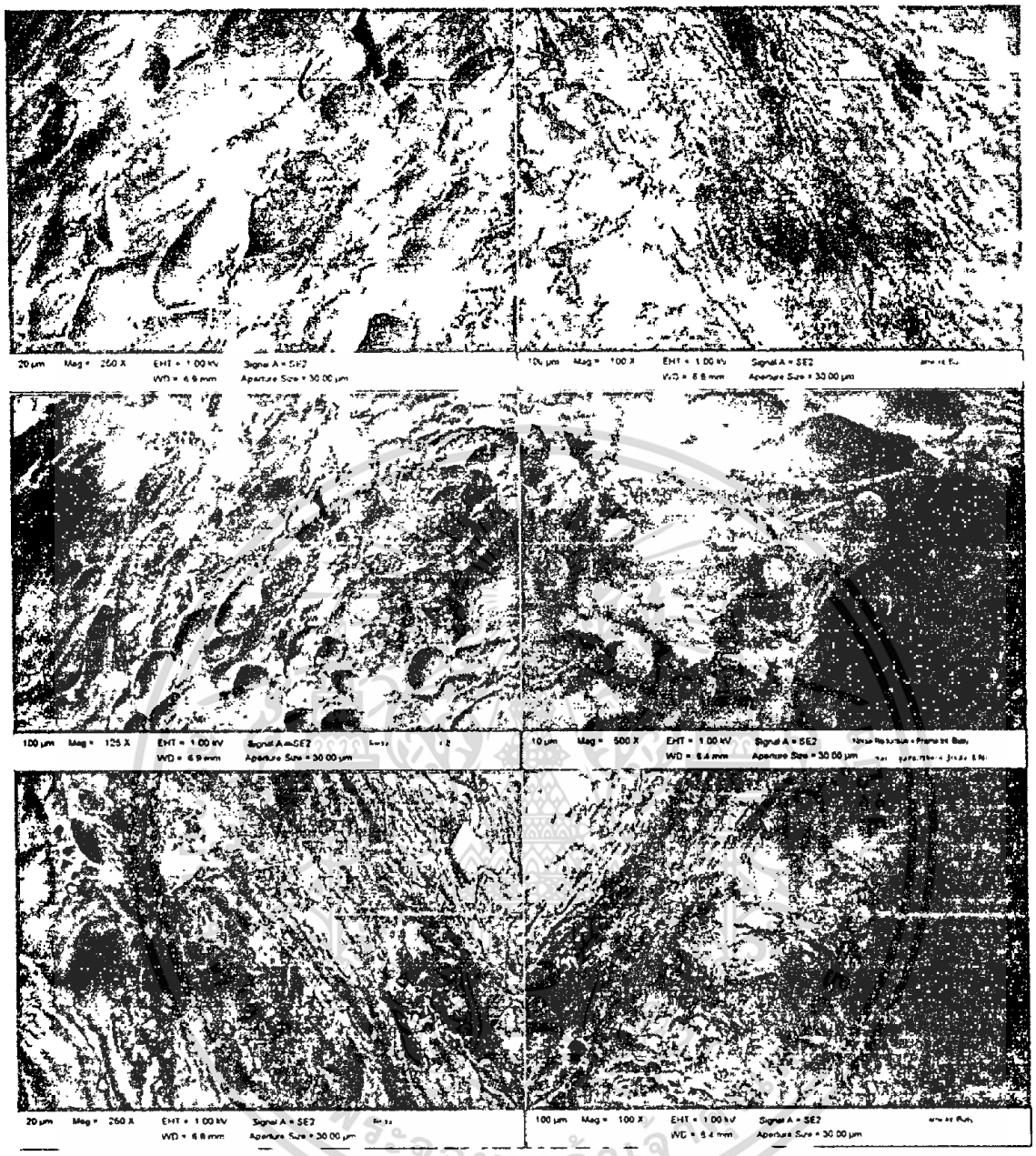
เนื่องจากการทำแห้งโดยการอบแห้งมีผลต่อการเหี่ยวย่นของเซลล์พืช เนื่องจากการเคลื่อนที่ของของเหลว การกระจายตัวใหม่ของตัวถูกละลาย ทำให้โครงสร้างอาหารเปลี่ยน และถ้าเนื้อเยื่อพืชถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง มักจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สามารถคืนรูปได้ ซึ่งจะแตกต่างการการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่เป็นกระบวนการทำแห้งที่ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติการคืนรูปของผักเนื่องจากการแช่เยือกแข็งจะทำให้เกิดรูช่องว่างอันเนื่องจากผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดเล็ก เมื่อระเหิดน้ำแข็งแลวเซลล์พืชยังคงมีลักษณะที่มองเห็นเป็นเซลล์ และเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ ดังภาพที่ 4.8-4.10 จึงมีคุณสมบัติในการคืนรูปที่ดีและรวดเร็ว และให้ลักษณะใกล้เคียงของสดมากที่สุด (ไพบูลย์, 2532)

4.5.2 การยอมรับของผู้บริโภคของผักแห้งแบบคืนรูป

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของถั่วฝักยาวหั่นบาง ตะไคร้หั่นบาง และใบมะกรูดหั่นฝอยที่ทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแห้งและทำให้คืนรูปแล้ว โดยผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกแล้วจำนวน 10 คน ทำการประเมินทางประสาทสัมผัส 4 ด้าน ได้แก่ คุณภาพสี กลิ่น ความสด-กรอบ และ รสชาติโดยเปรียบเทียบกับถั่วฝักยาวหั่นบาง ตะไคร้หั่นบาง และใบมะกรูดหั่นฝอย โดยใช้แบบทดสอบแบบ Hedonic scale ให้คะแนนการยอมรับ 5 points (ไพโรจน์, 2545) ตามภาคผนวกที่ ค2 แสดงในตารางที่ 4.8-4.10

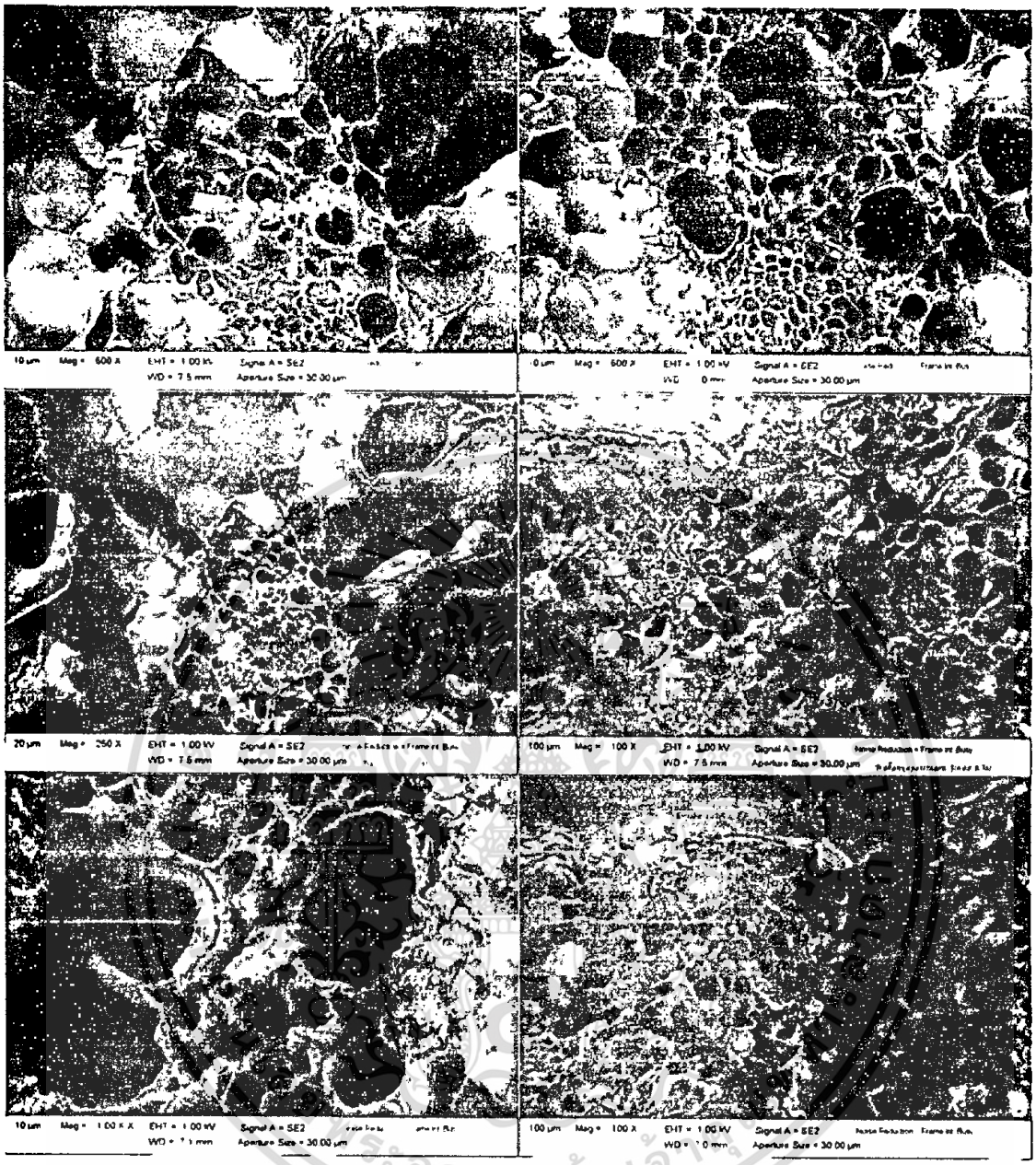
จากตารางที่ 4.8-4.10 จะเห็นว่าคะแนนการยอมรับด้านสี ความสด-กรอบ รสชาติของถั่วฝักยาวหั่นบาง ตะไคร้หั่นบาง และใบมะกรูดหั่นฝอยที่ทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแห้งแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับถั่วฝักยาวหั่นบาง ตะไคร้หั่นบาง และใบมะกรูดหั่นฝอยที่เป็นผักสด สำหรับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น พบว่ากลิ่นของใบมะกรูดฝอยอบแห้งได้รับการยอมรับสูงกว่าของใบมะกรูดสดอย่างมีนัยสำคัญ โดยคะแนนการยอมรับของใบมะกรูดอบแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 4.37±0.15 ขณะที่คะแนนการยอมรับของกลิ่นของใบมะกรูดหั่นฝอยสดเฉลี่ย 3.43±0.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



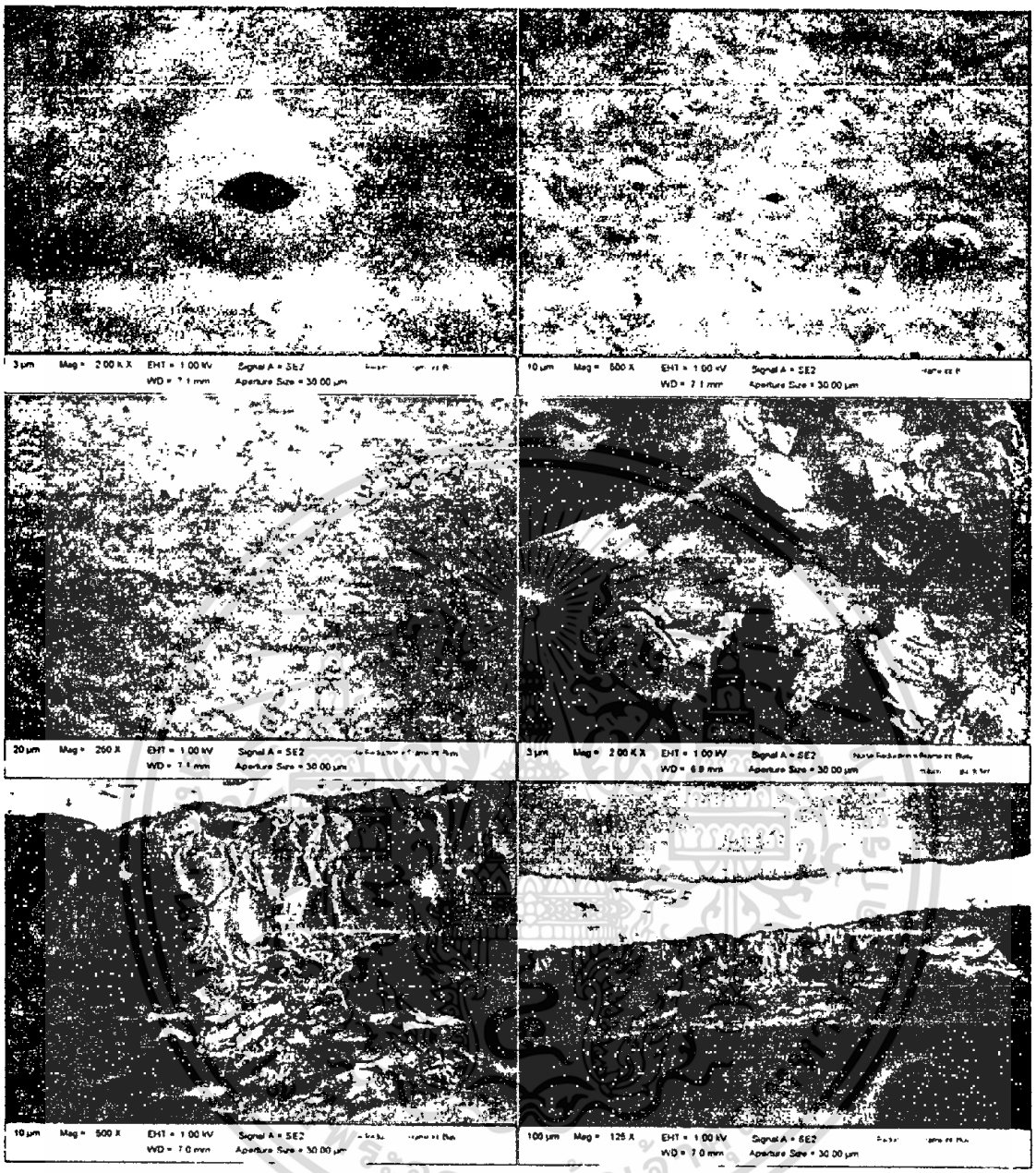
ภาพที่ 4.8 ลักษณะพื้นผิว และลักษณะโครงสร้างของรอยหักของถั่วฝักยาวหั่นบางอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 ลักษณะพื้นผิว และลักษณะโครงสร้างของรอยหักของตะไคร้หั่นบางอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 ลักษณะพื้นผิวและลักษณะโครงสร้างของรอยหักของใบมะกรูดหั่นฝอยอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของถั่วฝักยาวหั่นบางที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งคืนรูป

ผักทดสอบ	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	ความสด-กรอบ	รสชาติ
ถั่วฝักยาวหั่นบางสด	4.03±0.25[a]	3.27±0.29	3.97±0.15	3.77±0.23[a]
ถั่วฝักยาวหั่นแห้งคืนรูป	4.23±0.32[a]	3.27±0.06	3.97±0.21	3.73±0.31[a]

หมายเหตุ อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

ตารางที่ 4.9 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของตะไคร้หั่นบางที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งคืนรูป

ผักทดสอบ	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	ความสด-กรอบ	รสชาติ
ตะไคร้หั่นบางสด	4.57±0.40[a]	3.63±0.23[b]	3.93±0.25[a]	3.97±0.06[a]
ตะไคร้หั่นบางแห้งคืนรูป	4.60±0.26[a]	4.60±0.20[a]	3.77±0.12[a]	3.87±0.12[a]

หมายเหตุ อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

ตารางที่ 4.10 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของใบมะกรูดหั่นฝอยที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งคืนรูป

ผักทดสอบ	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	ความสด-กรอบ	รสชาติ
ใบมะกรูดหั่นฝอยสด	4.47±0.06[a]	3.43±0.31[b]	4.23±0.29[a]	4.33±0.38[a]
ใบมะกรูดหั่นฝอยแห้งคืนรูป	4.70±0.17[a]	4.37±0.15[a]	3.63±0.40[a]	4.53±0.21[a]

หมายเหตุ อักษรตัวยกที่เหมือนกันแสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสี และ กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของผักแห้งแบบคืนรูป

ตารางที่ 4.11-4.13 แสดงค่าสี L*a* b และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (DPPH°) ของถั่วฝักยาวหั่นบาง ตะไคร้หั่นบาง และใบมะกรูดหั่นฝอยที่ทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแห้งที่ทำให้คืนรูปแล้ว เปรียบเทียบกับค่าที่ได้ก่อนการทำแห้ง พบว่าค่าสี L*a*b ของถั่วฝักยาวหั่นบางอบแห้ง ตะไคร้หั่นบางอบแห้ง และใบมะกรูดหั่นฝอยอบแห้งที่คืนรูปแล้วมีความแตกต่างกับค่าสีของผักก่อนอบแห้งอย่างไม่มีนัยสำคัญ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีประสิทธิภาพ ช่วยคงสีของผักไว้ได้ใกล้เคียงผักสดได้ดีกว่าการอบแห้งใบมะกรูดแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบในการศึกษาของวิชญวดี (2550)

ค่าสีที่วัดหลังจากการดูดน้ำกลับคืนของถั่วฝักยาวอบแห้ง และใบมะกรูดอบแห้งมีความแตกต่างจากถั่วฝักยาวสดและใบมะกรูดสดอย่างไม่มีนัยสำคัญนั้น แสดงว่าในระหว่างการทำแห้งมีการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์น้อย โดยทั่วไปการทำแห้งด้วยอุณหภูมิสูงจะมีผลทำให้สีเกิดการเปลี่ยนแปลงมาก เนื่องจากเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์โดยกระบวนการ Pheophytinisation ทำให้เกิด Pyrophophytin และคลอโรพลาสต์ได้รับความเสียหาย เมื่อนำไปคืนรูปในกระบวนการคืนรูปโดยการแช่น้ำร้อน หรือโดยการต้มจะทำให้น้ำแทรกเข้าไปภายในเซลล์และช่องว่างระหว่างเซลล์ ทำให้คลอโรฟิลล์เริ่มบวม และคลอโรฟิลล์ที่อยู่ในคลอโรพลาสต์แพร่ออกมาจากเซลล์และกระจายอยู่ในน้ำต้ม สีผักคืนรูปจึงมีสีเปลี่ยนแปลงมาก

คลอโรฟิลล์ในพืชประกอบด้วยคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี โดยคลอโรฟิลล์เอ ซึ่งมีความเป็นสีน้ำเงิน-เขียว มีความเสถียรน้อยกว่าคลอโรฟิลล์บี ที่มีความเป็นสีเหลือง-เขียว เนื่องจากคลอโรฟิลล์เอมีความไวต่อความร้อนมากกว่าคลอโรฟิลล์บี (Kidmose et al., 2002) ดังนั้นในระหว่างการให้ความร้อนสีของพืชจะเปลี่ยนจากสีเขียวอมน้ำเงินของคลอโรฟิลล์ไปเป็นสีเขียวน้ำตาล (olive-brown) ของ Pheophytin นอกจากนี้หากทำแห้งที่อุณหภูมิสูงเกินไป คลอโรฟิลล์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็น Pheophytin อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการสูญเสียลักษณะสีเขียว และการที่โครงสร้างของคลอโรฟิลล์ถูกทำลายจึงไม่สามารถปกคลุมสารแคโรทีนอยด์ที่มีอยู่ภายในได้ ดังนั้นพืชเมื่อผ่านความร้อนส่วนใหญ่แสดงลักษณะที่ออกไปทางสีเหลือง-เขียวมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ค่าสีและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของถั่วฝักยาวหั่นบางที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งคืนรูป

ผักทดสอบ	ค่าสี			% Anti-oxidant activity (DPPH°)
	L	a	b	
ถั่วฝักยาวหั่นบางสด	46.08±0.05	-8.10±0.05	18.92±0.01	4.28±2.23[b]
ถั่วฝักยาวหั่นบางแห้งคืนรูป[2]	47.51±0.00	-7.95±0.08	19.12±0.07	4.75±1.11[a]
น้ำที่เหลือจากการคืนรูปถั่วฝักยาวอบแห้ง				ND

หมายเหตุ 1.อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05); 2.วิเคราะห์% Anti-oxidant activity (DPPH°) โดยน้ำหนักเปียก

3. ND = ไม่สามารถตรวจวัดได้

ตารางที่ 4.12 ค่าสีและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของตะไคร้หั่นบางที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งคืนรูป

ผักทดสอบ	ค่าสี			% Anti-oxidant activity (DPPH°)
	L	a	b	
ตะไคร้หั่นบางสด	51.57±0.25	-1.80±0.29	10.94±0.15	6.47±2.55[a]
ตะไคร้บางแห้งคืนรูป[2]	51.80±0.32	-1.72±0.06	11.03±0.21	4.36±2.43[b]
น้ำที่เหลือจากการคืนรูปตะไคร้อบแห้ง				12.93±2.45

หมายเหตุ 1.อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

2.วิเคราะห์% Anti-oxidant activity (DPPH°) โดยน้ำหนักเปียก

ตารางที่ 4.13 ค่าสีและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของใบมะกรูดหั่นฝอยที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งคืนรูป

ผักทดสอบ	ค่าสี[1]			% Anti-oxidant activity (DPPH°)
	L	a	b	
ใบมะกรูดหั่นฝอยสด	43.58±2.64	-13.40±0.92	27.17±3.19	7.27±1.23[a]
ใบมะกรูดหั่นฝอยแห้งคืนรูป[2]	43.67±1.61	-12.84±0.40	27.53±1.75	6.02±2.34[b]
น้ำที่เหลือจากการคืนรูปใบมะกรูดอบแห้ง				5.84±1.04

หมายเหตุ 1.อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

2.วิเคราะห์% Anti-oxidant activity (DPPH°) โดยน้ำหนักเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ พบว่าถั่วฝักยาวหั่นบางอบแห้งคืนรูปมีค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระมากกว่าถั่วฝักยาวหั่นบางสดอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.11) ขณะที่ตะไคร้หั่นบางอบแห้งคืนรูป และ ใบมะกรูดอบแห้งคืนรูปมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อวิเคราะห์กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในน้ำที่เหลือจากการทำคืนรูปของตะไคร้หั่นบางอบแห้ง และ ใบมะกรูดหั่นฝอยอบแห้ง พบว่ามีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 12.93±2.45 และ 5.84±1.04 ตามลำดับ แสดงว่าในขณะที่แช่ตะไคร้หั่นบางอบแห้ง และ ใบมะกรูดหั่นฝอยอบแห้งเพื่อทำการคืนรูปได้มีการสูญเสียสารต้านอนุมูลอิสระไปกับน้ำที่ใช้แช่ ดังนั้นในการคืนรูปผักประกอบข้าวยำอบแห้งจึงควรคืนรูปโดยการผสมน้ำร้อนให้ปริมาณน้ำพอดีกับการคืนรูปของผักอบแห้ง

4.6 ผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากข้าวยำปักษ์ใต้

4.6.1 ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

4.6.1.1 อัตราส่วนองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป

ในการศึกษาผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปนี้ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้อบแห้งข้าวยำสูตรต่างๆที่มีต่อคุณภาพด้านสีของอาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปสูตรและอุณหภูมิอบที่ให้ค่าสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส ที่ยอมรับได้โดยทำการคัดเลือกจากผลการประเมินของผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกแล้วจำนวน 10 คน โดย แล้วทำการคัดเลือกตัวอย่างอาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปสูตรที่มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด มาทำการมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ วัดวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสีระบบ Hunter วัดค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความกรอบ ด้วยเครื่องทดสอบเนื้อสัมผัส ด้วยหัววัด (Probe) แบบแผ่นราบ (Compression probe) และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ และนำไปศึกษาในการทดลองขั้นต่อไป ซึ่งผลการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้อบแห้งข้าวยำสูตรต่างๆที่มีต่อคุณภาพด้านสีของอาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปสูตร มีดังนี้

<u>ตะไคร้หั่นบาง</u>

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ Scoring test ของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่อบที่อุณหภูมิต่างๆ โดยผู้ทดสอบที่ฝึกแล้วจำนวน 10 คน จำนวน 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกันไม่น้อยกว่า 30 วัน โดยผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของสูตรที่มีตะไคร้หั่นฝอยแตกต่างกันดังตารางที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14.4 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของสูตรผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่มีปริมาณตะไคร้แตกต่างกัน

สูตรที่	ปริมาณตะไคร้ (กรัมต่อส่วนผสม 100 กรัม)	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส			
		เนื้อสัมผัส	สี	กลิ่น	ความชอบโดยรวม
A000	3.77	3.10±0.200	3.57±0.153^{ab}	2.90±0.200	2.97±0.231^{b}
A001	7.11	3.30±0.200	3.70±0.265^{a}	3.27±0.551	3.70±0.100^{a}
A002	5.77	3.37±0.153	3.57±0.153^{ab}	2.93±0.153	3.27±0.473^{ab}
A003	3.70	3.30±0.100	3.03±0.513^{b}	2.67±0.252	2.80±0.173^{b}

หมายเหตุ อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

ผลการประเมินพบว่าผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปทั้ง 4 สูตรที่มีตะไคร้ 3.7-7.11% โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมดมีเนื้อสัมผัสและกลิ่นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) สูตรที่มีตะไคร้ 7.11% (A001) ให้ผลการยอมรับด้านสีมากกว่าสูตรอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญโดยมีคะแนนการยอมรับ 3.70±0.265 ซึ่งสอดคล้องกับผลการยอมรับด้านความชอบโดยรวมที่สูตรที่มีตะไคร้ 7.11% มีคะแนนการยอมรับมากกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้จากผลการประเมินทำให้ทราบว่าปริมาณตะไคร้ 3.7-7.11% โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมดไม่มีผลต่อการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสและกลิ่นของผลิตภัณฑ์ จากคะแนนการยอมรับด้านสี และความชอบโดยรวมแสดงว่าผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตรที่เหมาะสมคือสูตร A001 ที่มีปริมาณตะไคร้ 7.11% โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด

ถั่วฝักยาวหั่นบาง

ถั่วฝักยาวเป็นผักประกอบข้าวยำที่ให้ความรู้สึกกรุบกรอบ เพิ่มสีสรรให้น่ารับประทาน และเป็นส่วนที่เพิ่มเนื้อข้าวยำให้ดูมีปริมาตรมากขึ้น และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ถั่วฝักยาวจะถูกหั่นบางๆ ใส่ลงไปในข้าวยำ เนื่องจากเป็นผักที่มีน้ำน้อย หากใส่มากเกินไปจะทำให้ส่วนผสมข้าวยำร่วนไม่เกาะกันเป็นก้อน และหากใส่น้อยเกินไปจะทำให้คุณค่าโภชนาการน้อยลง ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปได้แปรผันปริมาณถั่วฝักยาวหั่นบางดังตารางที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14.5 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของสูตรผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่มีปริมาณถั่วฝักยาวแตกต่างกัน

สูตรที่	ปริมาณถั่วฝักยาว (กรัมต่อส่วนผสม 100 กรัม)	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส			
		เนื้อสัมผัส	สี	กลิ่น	ความชอบโดยรวม
A001	7.11	3.30 ± 0.20^{bc}	3.70 ± 0.27^{a}	3.27 ± 0.55	3.70 ± 0.10^{a}
A004	11.22	3.87 ± 0.40^{ab}	3.63 ± 0.25^{a}	3.03 ± 0.15	2.97 ± 0.12^{b}
A005	13.27	2.87 ± 0.46^{c}	3.63 ± 0.75^{a}	3.00 ± 0.17	2.63 ± 0.23^{c}
A006	5.77	4.37 ± 0.06^{a}	2.27 ± 0.23^{c}	3.03 ± 0.31	2.37 ± 0.06^{d}

หมายเหตุ อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของสูตรผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่มีปริมาณถั่วฝักยาวแตกต่างกันโดยผู้ทดสอบที่ฝึกแล้วจำนวน 10 คน 3 ครั้ง พบว่าผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A001 ได้รับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส สี และความชอบโดยรวมสูงสุด ส่วนผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A006 ได้รับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่าผลิตภัณฑ์สูตรA001 และ A005 ที่มีถั่วฝักยาว 7.11% และ 13.27% ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) เนื่องจากในสูตร A006 มีถั่วฝักยาวเพียง 5.77% จึงทำให้เนื้อถั่วฝักยาวอยู่ในเนื้อข้าวไม่หลุดออกจากเนื้อข้าวเมื่ออบแห้งแล้วและเนื้อข้าวเกาะกันเป็นแผ่นสม่ำเสมอ

ถั่วฝักยาวหั่นบางที่ใส่ในผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปนั้นนอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการแล้ว หากใส่ในปริมาณที่เหมาะสมยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสีสรรน่ารับประทาน จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสีพบว่าการยอมรับด้านสีที่สื่อถึงความน่ารับประทานของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่มีถั่วฝักยาว 7.11-13.27% มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่หากใส่ในปริมาณน้อยลงจะมีค่าการยอมรับด้านสีน้อยลงเช่นกัน อย่างไรก็ตามแม้ว่าค่าการยอมรับด้านสีของอาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A001 A004 A005 จะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่คะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A001 มีค่ามากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบโดยรวมที่ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A001 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณถั่วฝักยาว 5.77-13.27% โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมดไม่ทำให้เกิดความแตกต่างของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นพบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปมีปริมาณถั่วฝักยาวมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากถั่วฝักยาวที่มีปริมาณมากอาจทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปกลิ่นเหม็นเขียว (Green odor) ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคะแนนการยอมรับโดยรวมแสดงว่าผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตรที่เหมาะสมคือสูตร A001 ที่มีปริมาณถั่วฝักยาว 7.11% โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด

<u>ใบมะกรูดหั่นฝอย</u>

ใบมะกรูดหั่นฝอยในข้าวยำนอกจากจะช่วยให้ข้าวยำมีกลิ่นหอมจากน้ำมันหอมระเหยในใบมะกรูด ซึ่งช่วยกระตุ้นการอยากรับประทานแล้ว สรรพคุณของน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดยังช่วยต้านอนุมูลอิสระ ต้านการเติบโตของจุลินทรีย์ ช่วยขับลมในกระเพาะอาหาร ทำให้การย่อยอาหารมีประสิทธิภาพดีขึ้น (ณกัญภัทร, 2549; 2555) ตารางที่ 14.6 แสดงผลการประเมินผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปหั่นฝอยในปริมาณที่แตกต่างกัน ระหว่าง 0.7-2.1% โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่มีใบมะกรูดหั่นฝอย 0.72% (A007) โดยน้ำหนักของส่วนผสมมีคะแนนการยอมรับสูงที่สุดคือ 3.77±0.15 คะแนน ซึ่งสูงกว่าของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่มีใบมะกรูดหั่นฝอย 2.12% (A008) อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่คะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A008 ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ส่วนของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A001 และ A007 ที่มีใบมะกรูดหั่นฝอย 1.42% และ 0.72% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ และพบว่าเมื่อใส่ใบมะกรูดหั่นฝอยมากเกินไปจะทำให้คะแนนการยอมรับด้านสีลดลง ทั้งนี้จากเหตุผลของผู้ทดสอบบางท่านระบุว่าการใส่ใบมะกรูดมากเกินไปจะทำให้มีแต่สีเขียวไม่น่ารับประทาน

สำหรับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น พบว่าผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A008 ที่มีใบมะกรูดหั่นฝอย 2.12% มีคะแนนการยอมรับสูงที่สุด คือ 3.80±0.26 คะแนน แต่สูงกว่าอย่างไม่มีนัยสำคัญกับผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A001 ที่มีใบมะกรูดหั่นฝอย 1.42%

ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A008 ที่มีใบมะกรูดหั่นฝอย 2.12% มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด แต่สูงกว่าอย่างไม่มีนัยสำคัญกับผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A001 ที่มีใบมะกรูดหั่นฝอย 1.42% เช่นเดียวกับผลการประเมินด้านกลิ่น ซึ่งจะเห็นว่ากลิ่น เป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินความชอบโดยรวม แม้ว่าการใส่ใบมะกรูดมากจะทำให้คะแนนการยอมรับด้านสี และเนื้อสัมผัสลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14.16 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของสูตรผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่มีปริมาณใบมะกรูดหั่นฝอยแตกต่างกัน

สูตรที่	ปริมาณใบมะกรูดหั่นฝอย (กรัมต่อส่วนผสม 100 กรัม)	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส			
		เนื้อสัมผัส	สี	กลิ่น	ความชอบโดยรวม
A001	1.42	3.30±0.20^{b}	3.70±0.27^{a}	3.27±0.55^{ab}	3.70±0.10^{a}
A007	0.72	3.77±0.15^{a}	3.40±0.20^{a}	2.53±0.65^{b}	2.73±0.15^{b}
A008	2.12	3.23±0.29^{b}	2.90±0.00^{b}	3.80±0.26^{a}	3.87±0.32^{a}

หมายเหตุ อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

จากคะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่น และความยอมโดยรวม แสดงว่าปริมาณใบมะกรูดหั่นฝอยที่เหมาะสม คือ 1.42% โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด

มะพร้าวขูดอบแห้ง

เนื้อมะพร้าวขูดอบแห้ง หรือเนื้อมะพร้าวคั่ว เป็นส่วนผสมแห้งสำคัญในข้าวยำทั้งข้าวยำนครฯ และข้าวยำน้ำบูดู ซึ่งนอกจากจะให้กลิ่นหอมเฉพาะของข้าวยำแล้ว น้ำมัน และ เยื่อใยในเนื้อมะพร้าวยังเป็นแหล่งพลังงาน และ เยื่อใยด้วย (ศรีสมร, 2542) การใส่เนื้อมะพร้าวขูดคั่วมักพบในข้าวยำปักษ์ใต้ในบางพื้นที่ของประเทศไทย ประเทศเวียดนาม และ อินโดนีเซียส่วนข้าวยำในประมาเลเซีย สิงคโปร์ และ ฟิลิปปินส์ ไม่นิยมใส่เนื้อมะพร้าว (ณกัญภัทร, 2559)

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของสูตรผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่มีปริมาณเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้ง 3.68%-12.45% โดยน้ำหนักแห้ง จะเห็นว่าคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A001 และ A009 ที่มีเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้ง 7.11% และ 12.45% ตามลำดับมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ และมีคะแนนน้อยกว่าของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A010 ซึ่งมีเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้ง 3.68% แสดงว่าปริมาณเนื้อมะพร้าวขูดมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป จากการสอบถามผู้ทดสอบด้วยแบบสอบถามเชิงพรรณา (ภาคผนวก ค4) ตามวิธีที่อธิบายโดย ไพโรจน์ (2542) พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่มีเนื้อมะพร้าวขูด 7.11% และ 12.45% โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด (สูตร A001 และ สูตร A009) มีความกรอบร่วนในระดับกรอบร่วนน้อย และ กรอบร่วน ตามลำดับ และความเหนียวเกาะเป็นแผ่นในระดับเหนียว และ ระดับเหนียวน้อยตามลำดับ ส่วนของ สูตร A010 ซึ่งมีเนื้อมะพร้าวขูดเพียง 3.68% โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด มีความกรอบร่วนในระดับกรอบร่วนน้อยมาก และความเหนียวเกาะเป็นแผ่นในระดับเหนียวมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14.17 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของสูตรผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่มีปริมาณเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้งแตกต่างกัน

สูตรที่	ปริมาณเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้ง (กรัมต่อส่วนผสม 100 กรัม)	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส			
		เนื้อสัมผัส	สี	กลิ่น	ความชอบโดยรวม
A001	7.11	3.30±0.20^{b}	3.70±0.27^{a}	3.27±0.55^{a}	3.70±0.10^{a}
A009	12.45	3.30±0.10^{b}	3.40±0.20^{a}	3.57±0.06^{a}	3.67±0.38^{a}
A010	3.68	3.80±0.26^{a}	3.00±0.17^{b}	2.43±0.06^{b}	2.50±0.10^{b}

หมายเหตุ อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

สำหรับผลการประเมินด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวม พบว่าผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A001 และ A009 มีคะแนนการยอมรับแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีคะแนนการยอมรับสูงกว่าของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A010 อย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ดังนั้นจากคะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่น และความยอมโดยรวม แสดงว่าปริมาณเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้งที่เหมาะสม คือ 7.11%-12.45% โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด โดยสูตรที่มีเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้ง 12.45% (A009) มีคะแนนการยอมรับสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปทั้ง 11 สูตร ที่แสดงในตารางที่ 14.8

จากตารางที่ 14.8 แม้ว่าผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A006 มีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุด แต่มีคะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวมต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A001 มีคะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวมสูงแต่มีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสต่ำ เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A009 ซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A001 และ A009 มีคะแนนการยอมรับทุกด้านแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ดังนั้นจึงคัดเลือกผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A001 และ A009 ซึ่งมีองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 4.19 ความแตกต่างของ 2 สูตรนี้คือปริมาณเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้ง สูตร A001 มีเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้ง 7.11% โดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ขณะที่สูตร A009 มีเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้ง 12.45% โดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป

ตัวอย่างสูตร	คะแนนการยอมรับด้าน			
	เนื้อสัมผัส	สี/ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	ความชอบโดยรวม
A000	3.10±0.20^{de}	3.57±0.15^{abc}	2.90±0.20^{de}	2.97±0.23^{cd}
A001	3.30±0.20^{de}	3.70±0.27^{a}	3.27±0.55^{abcd}	3.70±0.10^{ab}
A002	3.37±0.15^{cd}	3.57±0.15^{abc}	2.93±0.15^{de}	3.27±0.47^{bc}
A003	3.30±0.10^{de}	3.03±0.51^{bcd}	2.67±0.25^{de}	2.80±0.17^{de}
A004	3.87±0.40^{b}	3.63±0.25^{ab}	3.03±0.15^{bcde}	2.97±0.12^{cd}
A005	2.87±0.46^{e}	3.63±0.75^{ab}	3.00±0.17^{bcde}	2.63±0.23^{de}
A006	4.37±0.06^{a}	2.27±0.23^{e}	3.03±0.31^{bcde}	2.37±0.06^{e}
A007	3.77±0.15^{bc}	3.40±0.20^{abcd}	2.53±0.65^{e}	2.73±0.15^{de}
A008	3.23±0.29^{de}	2.90±0.00^{d}	3.80±0.26^{a}	3.87±0.32^{a}
A009	3.30±0.10^{de}	3.40±0.20^{abcd}	3.57±0.06^{ab}	3.67±0.38^{ab}
A010	3.80±0.26^{b}	3.00±0.17^{cd}	2.43±0.06^{e}	2.50±0.10^{de}

หมายเหตุ อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

ตารางที่ 4.19 อัตราส่วนโดยน้ำหนักของส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป สูตร A001 และ A009

สูตรที่	ข้าวสวย (กรัม)	ผัก (กรัม)			มะพร้าวขูดอบ (กรัม)	กุ้งแห้งป่น	เครื่องปรุงรส (กรัม)	รวม (กรัม)	จำนวนชิ้น (ชิ้น)
		ถั่วฝักยาว	ตะไคร้	ใบมะกรูด					
A001	1000	100	100	20	100	20	เกลือป่น 2 กรัม	1,407	70
A009					200		น้ำตาลทราย 25 กรัม น้ำมันหอย 40 กรัม	1,607	77

เมื่อทำเป็นชิ้นขนาดที่มีน้ำหนัก 20 กรัม สูตร A001 จะได้จำนวน 70 ชิ้น และ สูตร A009 ได้จำนวน 77 ชิ้น ซึ่งไม่ได้แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นจึงเลือกผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปสูตร A001 ในการศึกษาขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.1.2 ผลของอุณหภูมิทำแห้งของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป

เมื่ออบแห้งข้าวยำสูตร A001 ที่อุณหภูมิ 60 ° C, 70 ° C และ 80 ° C และบันทึกเวลาที่ใช้ในการอบแห้งจนกระทั่งความชื้นในชิ้นผลิตภัณฑ์อยู่ระหว่าง 6-8% โดยน้ำหนัก พบว่า เวลาที่ใช้ในการอบแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่อุณหภูมิอบแห้ง 60 ° C ใช้เวลาผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป 3.68± 0.32 ชั่วโมง โดยใช้เวลาสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ที่อุณหภูมิอบแห้ง 80 ° C ใช้เวลาทำให้แห้งผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป 2.60± 0.23 ชั่วโมง และ ที่อุณหภูมิอบแห้ง 80 ° C ใช้เวลาทำให้แห้งผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป 1.25± 0.30 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ($P\leq0.05$) สำหรับผลการประเมินด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้านเนื้อสัมผัส (กรอบ-เปราะ แข็ง เหนียว) ด้านสี-ลักษณะปรากฏ ด้านกลิ่น และด้านความชอบโดยรวม และ ผลการวัดค่าความแข็งด้วยเครื่องวัด Texture analysis กิจกรรมด้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังอบแห้ง แสดงในตารางที่ 4.20 และ 4.21 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.20 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่อบแห้งอุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิอบแห้ง	คะแนนการยอมรับของตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป			
	ความแข็ง	สี	กลิ่น	ความชอบโดยรวม
60 ° C	3.97±0.34[a]	3.22±0.07[b]	3.53±0.21[b]	3.30±0.10[a]
70 ° C	3.78±0.22[a]	3.85±0.19[a]	3.57±0.06[b]	3.44±0.60[a]
80 ° C	4.13±0.21[a]	3.40±0.24[b]	4.16±0.18[a]	3.78±0.33[a]

หมายเหตุ อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

จากตารางที่ 4.20 จะเห็นว่าอุณหภูมิการอบแห้ง 60° C- 80° C ไม่มีผลต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์ และความชอบโดยรวม แต่มีผลต่อสีและ กลิ่น ผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 80° C มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่คะแนนการยอมรับด้านสีน้อยกว่าผลิตภัรฑ์ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70° C และมีคะแนนแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับของผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 60° C จากผลการประเมินจะเห็นว่าคะแนนผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความแข็ง และความชอบโดยรวมแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งที่ อุณหภูมิ 80° C มีคะแนนการยอมรับด้านความแข็งและความชอบโดยรวมสูงที่สุด คือ 4.13±0.21 คะแนน และ 3.78±0.33 คะแนน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาค่าความแข็ง ความชื้นสุดท้าย และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่อบด้วยอุณหภูมิ 60° C 70° C และ 80° C จะพบว่าผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่อบด้วยอุณหภูมิ 80° C มีค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญและมีความแข็งจากการวัดด้วยเครื่อง texture analyzer มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยมีความชื้นสุดท้าย 5.89±0.48% โดยน้ำหนัก เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่อบด้วยอุณหภูมิ 60° C พบว่ามีความชื้นสุดท้ายค่า 8.46±0.50% โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นความชื้นที่ค่อนข้างสูงสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้ง มีค่าความแข็งค่อนข้างน้อย แต่ด้วยการอบแห้งที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก จึงยังคงรักษากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระไว้ได้มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ แต่ด้วยความชื้นสุดท้ายในผลิตภัณฑ์ค่อนข้างสูง ดังนั้นอุณหภูมิอบแห้งที่ 60° C จึงไม่เหมาะสม เมื่อพิจารณาผลการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่อบที่อุณหภูมิ 70° C พบว่า ความชื้นสุดท้ายในผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 6.70±0.16% โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์อบแห้ง และมีค่าความแข็งอยู่ระดับที่น่าพึงพอใจ และ ชิ้นผลิตภัณฑ์ยังคงมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ 4.84±0.57% จากผลการวิเคราะห์และผลการประเมินทางประสาทสัมผัสแสดงว่าอุณหภูมิการอบแห้งที่เหมาะสม คือ 70° C ซึ่งจะใช้เวลาในการอบนาน 1.25± 0.30 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.21 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปก่อนและหลังอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ

ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่อุณหภูมิ	ความแข็ง (Hardness) (นิวตัน)	ความชื้นสุดท้าย (% w/w)	กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (%)
ก่อนอบ	-	45.69±1.62	7.39±0.96[a]
60° C	4.27±0.36[c]	8.46±0.50[a]	6.03±0.42[b]
70° C	6.50±0.46[b]	6.70±0.16[b]	4.84±0.57[c]
80° C	8.05±0.49[a]	5.89±0.48[c]	2.90±0.51[d]

หมายเหตุ อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

4.6.1.2 ผลของอุณหภูมิทอดต่อคุณภาพด้านสี และความกรอบของอาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

จากการทอดผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปสูตร A001 ในน้ำมันปาล์มโอเลอิน ที่อุณหภูมิ 200° C, และ 220° C พบว่า ถ้าใช้อุณหภูมิการทอด 200 ° C จะใช้เวลาทอด 32.55±0.45 วินาที ขณะที่ ถ้าทอดที่ อุณหภูมิการทอด 220 ° C จะใช้เวลา 20.33±0.20 วินาที เมื่อเปรียบเทียบเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของชิ้นผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการทอด พบว่ามีการขยายตัวเล็กน้อย โดยการขยายตัวของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำที่ทอดภายใต้ความร้อนทั้ง 2 อุณหภูมิ มีแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำทอดที่อุณหภูมิ 220° C จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีอ่อนกว่า โดยเมื่อวัดค่าสี L*a* b พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำที่ทอดในน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 200° C มีค่า L หรือค่าความสว่าง เท่ากับ 24.91± 0.03 ซึ่งมากกว่าของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำที่ทอดในน้ำมันอุณหภูมิ 220° C ที่มีค่าความสว่างเท่ากับ 23.62±0.34 และมีค่าสีแดง คือ ค่า a เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.22 ของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำที่ทอดในน้ำมันอุณหภูมิ 220° C มีค่าความแข็งมากกว่าที่ทอดในน้ำมันอุณหภูมิ 200° C อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำที่ทอดในน้ำมันอุณหภูมิ 220° C มีค่าความกรอบมากกว่าโดยมีค่าความกรอบเฉลี่ยเท่ากับ 2.35±0.07 นิวตัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ จากการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น และ ความกรอบ โดยผู้ทดสอบที่ฝึกแล้วจำนวน 10 คน แสดงดังตารางที่ 4.23 จะเห็นว่า ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำที่ทอดในน้ำมันอุณหภูมิ 220° C ได้รับการยอมรับด้านสี กลิ่น และความกรอบมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นอุณหภูมิของน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 220° C

ตารางที่ 4.22 ค่าสี L*a*b ของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำทอดที่อุณหภูมิ 200° C และอุณหภูมิ 220° C

อาหารว่างข้าวยำทอดที่	% การขยายตัว	ค่าสี		
		L*	a*	b*
อุณหภูมิ 200° C	26.67±1.15[b]	24.91±0.03[a]	4.81±0.05[a]	3.58±0.24[a]
อุณหภูมิ 220° C	31.33±4.16[a]	23.62±0.34[b]	2.51±0.43[b]	2.57±0.01[b]

หมายเหตุ อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

ตารางที่ 4.23 ค่าความกรอบและการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น และ ความกรอบ ของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำทอดที่อุณหภูมิ 200° C และอุณหภูมิ 220° C

อาหารว่างข้าวยำทอดที่	ค่าความกรอบ (Newton)	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน		
		สี	กลิ่น	ความกรอบ
อุณหภูมิ 200° C	2.67±0.11[a]	4.12±0.13[b]	4.43±0.19[b]	3.55±0.19[b]
อุณหภูมิ 220° C	2.35±0.07[b]	4.44±0.11[a]	4.70±0.12[a]	4.37±0.17[a]

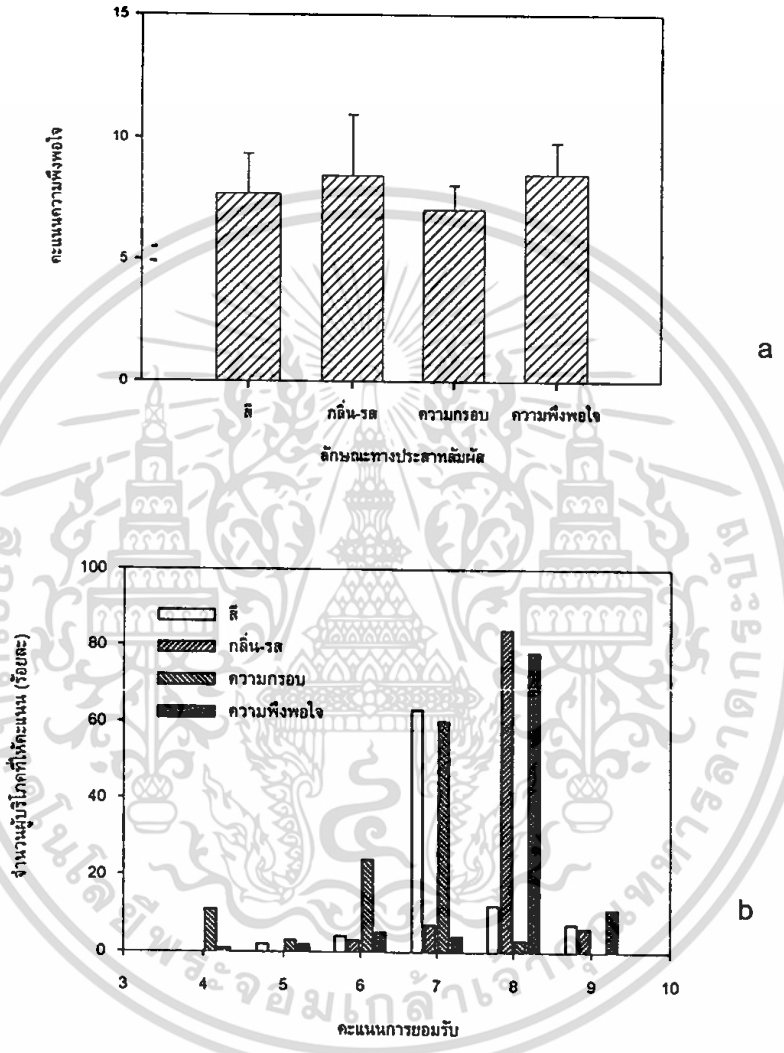
หมายเหตุ อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

4.6.1.3 การยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้ของผู้บริโภค

จากการประเมินความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้ทอดด้านสี กลิ่น-รส ความกรอบ และความพึงพอใจโดยรวมของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 200 คน พบว่า คะแนนความพึงพอใจด้านสีสูงสุดเฉลี่ย 7.67 คะแนน โดยมีผู้พึงพอใจด้านสีที่ให้คะแนนสูงกว่า 7 คะแนน ร้อยละ 82 คะแนนด้านความพึงพอใจด้านกลิ่น-รสสูงสุดเฉลี่ย 8.43 คะแนน โดยมีผู้พึงพอใจด้านกลิ่นรสที่ให้คะแนน 8 คะแนนขึ้นไป ร้อยละ 90 และ คะแนนด้านความกรอบสูงสุดเฉลี่ย 7.04 คะแนน โดยมีผู้พึงพอใจด้านกลิ่นรสที่ให้คะแนน 7 คะแนนขึ้นไป ร้อยละ 63 ผู้บริโภคให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คะแนนความพึงพอใจโดยรวม 8.48 คะแนน โดยมีผู้พึงพอใจให้คะแนน 8 คะแนนขึ้นไป ร้อยละ 90 ดังภาพที่ 4.11 จากการสอบถามด้านความน่าสนใจของผลิตภัณฑ์ พบว่ามีผู้บริโภคร้อยละ 93 หรือจำนวน 186 คน บอกว่าความน่าสนใจคือเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของผักและเป็นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนามาจากอาหารพื้นบ้าน และมีรสชาติกล่อมกล่อม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้มีแนวโน้มได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคได้ดี



ภาพที่ 4.11 ผลการประเมินความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น-รส ความกรอบ และความพึงพอใจของผู้บริโภค (a) และ จำนวนผู้บริโภคที่ให้คะแนนลักษณะสัมผัสแต่ละด้าน (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวยำปักษ์ใต้กึ่งสำเร็จรูป

4.7.1 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวยำปักษ์ใต้กึ่งสำเร็จรูป

จากการเก็บรักษาข้าวสวยหอมมะลิอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งในถุงอลูมิเนียมฟอลย์ ขนาด ปิดผนึก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ผลการเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโตของเชื้อรา วัดค่า water activity และ วัดค่าสี เป็นเวลา 12 เดือน แสดงดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ค่าสี ค่า water activity (a_w) และ ปริมาณสปอร์ของเชื้อรา ในระหว่างการเก็บรักษาข้าวสวยหอมมะลิอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

เดือนที่	ค่าสี			a_w	Mold
	L*	a*	b*		
0	60.34±0.23	-1.63±0.02	7.65±0.02	0.32±0.03	ND
2	60.32±0.30	-1.63±0.02	7.64±0.20	0.31±0.20	ND
4	60.36±0.23	-1.62±0.01	7.60±0.03	0.31±0.01	ND
6	60.19±0.23	-1.63±0.01	7.63±0.21	0.31±0,15	ND
8	60.32±0.42	-1.62±0.13	7.66±0.20	0.32±0.20	ND
10	60.21±0.35	-1.63±0.04	7.68±0.10	0.32±0.03	ND
12	60.10±0.02	-1.64±0.15	7.83±0.10	0.33±0.03	ND

หมายเหตุ ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

จากตารางที่ 4.24 จะเห็นว่าค่าสี L a และ b ของข้าวสวยหอมมะลิอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (ภาคผนวก ข) เนื่องจากเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่สัมผัสแสง และไม่มีการซึมผ่านของอากาศ อย่างไรก็ ตามค่าความสว่างของข้าวสวยอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีแนวโน้มลดลง ขณะที่ค่าสีเหลืองแสดงแนวโน้มเพิ่มขึ้น หลังจากมีอายุการเก็บรักษา 1 ปี นอกจากนี้ในการตรวจสอบการเจริญของเชื้อรา ผลการตรวจสอบพบว่าตรวจไม่พบการเจริญของเชื้อราในข้าวสวยอบแห้งทั้งในระหว่างการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษานาน 1 ปี ทั้งนี้เนื่องจาก ค่า water activity (a_w) ในข้าวสวยอบแห้งตลอดเวลาการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เนื่องจากในการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งนั้นทำให้เซลล์ของเมล็ดข้าวลักษณะมีขนาดเล็กและเป็นระเบียบจึงทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยมีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.31-0.33 ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา

จากการเก็บรักษาถั่วฝักยาวหั่นบางอบแห้ง ตะไคร้หั่นบางอบแห้ง ใบมะกรูดหั่นฝอยอบแห้ง ที่เก็บในถุงอลูมิเนียมฟอลย์ ปิดผนึก ที่อุณหภูมิห้อง และเก็บตัวอย่างทุก 2 เดือน มาตรวจวัดการเจริญเติบโตของเชื้อราบนอาหาร PDA วัดค่า water activity วัดค่าสี ค่ากิจกรรมต้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH° เป็นเวลา 12 เดือน แสดงดังตารางที่ 4.25-4.27 ตามลำดับ ภาพหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือนแสดงดัง ภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.25 ค่าสี ค่า water activity (a_w) และ ปริมาณสปอร์ของเชื้อรา ในระหว่างการเก็บรักษาถั่ว

ฝักยาวหั่นบางแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

เดือนที่	ค่าสี			a_w	Mold
	L*	a*	b*		
0	47.54±0.30	-8.10±0.06	18.92±0.15	0.30±0.33	ND
2	47.32±0.35	-8.03±0.02	18.94±0.50	0.34±0.22	ND
4	47.60±0.13	-7.92±0.11	18.94±0.43	0.32±0.36	ND
6	47.59±0.25	-8.05±0.13	19.13±0.20	0.33±0.27	ND
8	47.52±0.67	-8.02±0.57	18.98±0.05	0.34±0.23	ND
10	47.42±0.36	-7.93±0.14	19.00±0.15	0.36±0.43	ND
12	47.15±0.20	-7.94±0.33	19.13±0.34	0.35±0.18	ND

หมายเหตุ ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 4.26 ค่าสี ค่า water activity (a_w) และ ปริมาณสปอร์ของเชื้อรา ในระหว่างการเก็บรักษาตะไคร้หั่นบางแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

เดือนที่	ค่าสี			a_w	Mold
	L*	a*	b*		
0	51.57±0.23	-1.80±0.01	10.94±0.01	0.33±0.13	ND
2	51.50±0.30	-1.80±0.12	10.93±0.02	0.31±0.20	ND
4	51.06±0.20	-1.82±0.01	10.94±0.02	0.31±0.11	ND
6	50.99±0.25	-1.83±0.01	10.96±0.01	0.36±0.15	ND
8	50.92±0.20	-1.83±0.03	10.86±0.05	0.34±0.17	ND
10	50.91±0.35	-1.84±0.04	10.88±0.02	0.32±0.08	ND
12	50.90±0.24	-1.84±0.15	10.86±0.01	0.33±0.12	ND

หมายเหตุ ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 ค่าสี ค่า water activity (a_w) และ ปริมาณสปอร์ของเชื้อรา ในระหว่างการเก็บรักษาใบมะกรูดหั่นฝอยแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

เดือนที่	ค่าสี			a_w	Mold
	L*	a*	b*		
0	43.34±0.63	-13.40±0.11	27.24±0.22	0.22±0.03	ND
2	43.62±0.30	-13.38±0.11	27.48±0.20	0.21±0.20	ND
4	43.20±0.20	-13.36±0.10	27.50±0.31	0.21±0.01	ND
6	42.91±0.45	-13.32±0.01	27.53±0.18	0.23±0,15	ND
8	42.52±0.12	-13.39±0.27	27.54±0.10	0.24±0.20	ND
10	42.31±0.04	-13.36±0.24	27.63±0.15	0.22±0.03	ND
12	42.82±0.52	-13.34±0.24	27.76±0.11	0.23±0.03	ND

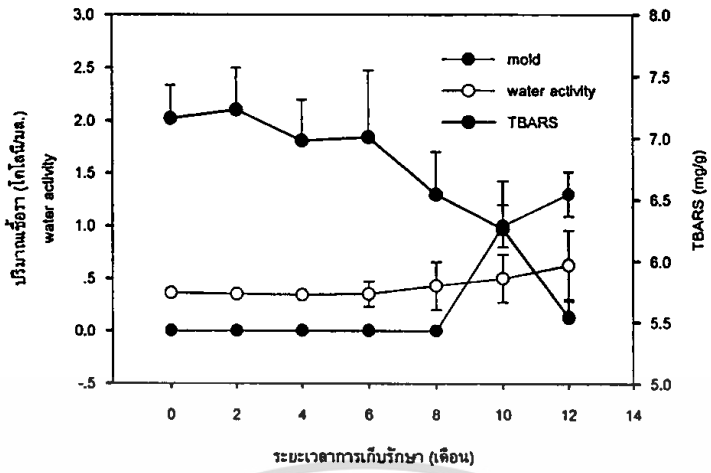
ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

จากผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาข้าวสวยหอมมะลิ ถั่วฝักยาวหั่นบาง ตะไคร้หั่นบาง และใบมะกรูดหั่นฝอยที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้รับการสัมผัสแสง และไม่มีการซึมผ่านของอากาศจึงช่วยลดการเปลี่ยนแปลงของสี และกลิ่นของผลิตภัณฑ์ การนอกจากนี้การที่ไม่มีอากาศซึมผ่านให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับอากาศยังช่วยป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเพิ่มขึ้นจากการซึมผ่านของความชื้นในอากาศและป้องกันไม่ให้ภายในภาชนะบรรจุมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ และการที่ไม่มีอากาศซึมผ่านยังช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นและปฏิกิริยาทางเคมีของผลิตภัณฑ์ และรักษากิจกรรมทางชีวภาพ เช่น กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ได้

4.7.2 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ได้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

เนื่องจากในการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารว่างส่วนใหญ่มักต้องแสดงให้เห็นผลิตภัรฑ์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์หลายชนิดจึงบรรจุในถุงพลาสติกใส หรือกล่องพลาสติกใส ดังนั้นในการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ได้กึ่งสำเร็จรูปจึงบรรจุในถุงพลาสติกถุงละ 5 ชิ้น ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ดังภาพ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน โดยตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของ ค่า water activity (a_w) ค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี TBARS และ การเจริญเติบโตของเชื้อราทุก 2 เดือน ผลการทดสอบแสดงในภาพที่ 4.12 และภาพผลิตภัณฑ์หลังเก็บรักษานาน 6 เดือน แสดงในภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่า water activity (a_w) ค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (TBARS) และการเจริญเติบโตของเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

จากผลการตรวจวัดค่า a_w พบว่าในช่วง 6 เดือนแรก a_w แทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่หลังจากนั้นค่า a_w จึงเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เช่นเดียวกับการเจริญของเชื้อราที่ตรวจไม่พบสปอร์เชื้อราใน 8 เดือนแรก หลังจากนั้นจึงเริ่มพบการเจริญของเชื้อรา เมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นเท่ากับ 0.45 ซึ่งในอาหารที่มีความชื้นต่ำ ($a_w \leq 0.65$) จะเป็นช่วงที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกิดจากเอนไซม์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์จะเริ่มปรากฏเมื่อผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ตั้งแต่ 0.3 และจะเกิดอย่างรวดเร็วเมื่อมีค่า a_w ตั้งแต่ 0.6 (ไพบูลย์, 2532) การเปลี่ยนแปลงนี้อาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป เพราะเมื่อพิจารณาค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ จะเห็นว่าค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างชัดเจนหลังการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน 6 เดือน ผลจากการเกิดปฏิกิริยาทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ซึ่งในเดือนที่ 10 และ 12 ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปมีค่า a_w เท่ากับ 0.50 และ 0.63 ตามลำดับ โดยในเดือนที่ 12 ตรวจพบการเจริญของสปอร์เชื้อรามากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบอายุการเก็บรักษาข้าวสวยหอมมะลิแห้ง ถั่วฝักยาวหั่นบางแห้ง ตะไคร้หั่นบางแห้ง และใบมะกรูดหั่นบางแห้ง กับอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป พบว่า ข้าวสวยหอมมะลิแห้ง ถั่วฝักยาวหั่นบางแห้ง ตะไคร้หั่นบางแห้ง และใบมะกรูดหั่นบางแห้ง มีการเปลี่ยนแปลงค่า a_w เล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 เดือน แม้ว่าจะเก็บในสภาวะที่ไม่เป็นสุญญากาศ แต่ด้วยการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และปฏิกิริยาทั้งที่ที่เกิดขึ้นจากเอนไซม์และไม่เกิดจากเอนไซม์ได้น้อย อายุการเก็บรักษาจึงนานกว่า 12 เดือน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่า ซึ่งในการศึกษานี้มีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 เดือน ทั้งที่บรรจุแบบสุญญากาศ ทั้งนี้เนื่องจากการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปในถุงพลาสติกโปร่งใส นั้นไม่ได้ช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชั่น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปยังประกอบส่วนประกอบที่อุดมด้วยไขมัน โปรตีน และเกลือแร่ เช่นเนื้อมะพร้าว กุ้งแห้ง และเครื่องปรุงรสต่างๆ จึงทำให้เกิดการออกซิเดชั่นได้ง่ายโดยเฉพาะไขมันที่ แม้ว่าผลิตภัณฑ์มีค่า a_wต่ำกว่า 0.3 ก็ยังสามารถเกิดออกซิเดชั่นของไขมันได้ ดังนั้นจากผลการศึกษาจึงสามารถบอกได้ว่าไม่ควรใช้ถุงพลาสติกโปรงใสในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปเพื่อ ยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

จากการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และ ความแข็ง ของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่มีอายุการเก็บรักษา 1 2 3 4 5 และ 6 เดือน โดยผู้ทดสอบที่ฝึกแล้วจำนวน 10 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 ผลประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และ ความแข็ง ของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่มีอายุการเก็บรักษา 1 2 3 4 5 และ 6 เดือน

อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ (เดือน)	คะแนนประมินทางประสาทสัมผัสด้าน		
	สี	กลิ่น	ความแข็ง
1	4.11±0.56	4.06±0.02[a]	4.42±0.35
2	4.23±0.78	3.97±0.30[a]	4.30±0.25
3	4.20±0.46	3.67±0.67[b]	4.33±0.56
4	4.14±0.78	3.65±0.33[b]	4.29±0.33
5	4.16±0.64	3.45±0.04[b]	4.16±0.66
6	4.18±0.50	2.42±0.45[c]	4.06±1.20

หมายเหตุ อักษรตัวยกที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

จากคะแนนการยอมรับ 5 ระดับเรียงลำดับจากไม่ดี (1 คะแนน) จนถึง ดีที่สุด (5 คะแนน) ของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และความแข็ง ของผู้ทดสอบ พบว่าลักษณะสีของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปมีการเปลี่ยนแปลงน้อยแม้ว่าจะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานานถึง 6 เดือน ซึ่งจะเห็นว่าคะแนนการประเมินด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษา 1-6 เดือนมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ และมีคะแนนเฉลี่ยระดับดี คือมากกว่า 4 คะแนนตลอดอายุการเก็บรักษานาน 6 เดือน ในขณะที่ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์คุณภาพของกลิ่นลดลง จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น พบว่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษานาน 6 เดือนมีคะแนนเฉลี่ย 2.42±0.45 ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ในระดับไม่ดี นั่นหมายถึง ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นผิดปกติ ผู้ประเมินที่ให้คะแนนด้านกลิ่นต่ำกว่า 3 คะแนน ได้ให้เหตุผลว่า ผลิตภัณฑ์เริ่มมีกลิ่นเหม็นหืน และกลิ่นอับ ซึ่งผลการทดสอบทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่า a_w ค่ากิจกรรมด้านอนุมูลอิสระ และการเจริญของสปอร์ของเชื้อรา

จากผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ได้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่บรรจุแบบสุญญากาศในถุงพลาสติก โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บรักษาได้นาน 5 เดือน โดยยังคงมีลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส (ความแข็ง) ที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาชนิดของผักที่นิยมใส่ในข้าวยำปักษ์ใต้และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของข้าวยำปักษ์ใต้ โดยสำรวจและเก็บตัวอย่างข้าวยำที่จำหน่ายในจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช จากนั้นทำการแยกผักแต่ละชนิดและชั่งน้ำหนัก และศึกษากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างข้าวยำน้ำบูดูด้วยวิธี DPPH° scavenging assay และ FRAP ผลการศึกษาพบว่าตะไคร้บ้านและใบมะกรูดมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าในถั่วฝักยาว และ ถั่วงอก ตามลำดับ และพบว่าค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระทีวิเคราะห์ด้วยวิธี ABTS ของตะไคร้บ้าน ใบมะกรูด และถั่วฝักยาวแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่น้อยกว่าของถั่วงอกอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอลทั้งหมดของใบมะกรูดสูงกว่าของตะไคร้บ้าน ถั่วฝักยาวและ ถั่วงอก ข้าวยำนคร (ข้าวยำที่ผสมเครื่องแกงเผ็ด)มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าข้าวยำน้ำบูดู ข้าวยำปักษ์ใต้ประกอบด้วย ข้าวสวย ถั่วงอกสด ตะไคร้บ้าน ใบมะกรูดหั่นบาง ถั่วฝักยาวหั่นฝอย แตงกวาหั่นบาง ใบยอหั่นฝอย ผักพื้นบ้านอื่นๆ (ใบย่านาง ใบพาโหม ดอกดาหลา) มะนาว และ ส้มโอ โดยนิยมใส่ถั่วฝักยาว และถั่วงอกในปริมาณมากที่สุด รองลงมาได้แก่ แตงกวา ตะไคร้ ใบมะกรูด ดอกดาหลา ส้มโอ และมะนาว ตามลำดับ สำหรับสำหรับผักพื้นบ้านที่นิยมใส่ในข้าวยำมากที่สุดได้แก่ ดอกดาหลาและส้มโอ ส่วนผสมที่เป็นผงแห้งประกอบด้วยกุ้งแห้งป่น หรือปลาป่น มะพร้าวขูดคั่ว และ พริกแห้งป่น เครื่องปรุงรสได้แก่น้ำบูดู หรือเครื่องแกงเผ็ด ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวยำน้ำบูดู พบว่า มีความชื้นร้อยละ 55.0-65.40 โปรตีนร้อยละ 19.4-21.2 ไขมันร้อยละ 4.51-5.80 เส้นใย (Fiber) ร้อยละ 3.43-4.60 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 6.91-15.16 และพบว่าข้าวยำนครให้พลังงานต่ำกว่าข้าวยำน้ำบูดู

จากการศึกษากรรมวิธีการทำแห้ง และชนิดของข้าวสารที่นำมาหุงเป็นข้าวสวย พบว่าข้าวสวยที่ทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็งมีความสามารถในการคืนรูปที่ดีกว่า อีกทั้งมีเมื่อคืนรูปแล้วมีค่าสี L* a* b* ค่าความแข็ง ตลอดจนคะแนนการยอมรับที่ดีกว่าข้าวสวยที่ทำแห้งด้วยลมร้อน และพบว่าข้าวหอมมะลิที่เป็นข้าวเก่าที่จะให้คุณภาพด้านสี ความแข็ง ความสามารถในการคืนรูป และ คะแนนการยอมรับ ด้านสี ความแข็ง ที่ดีกว่าข้าวหอมมะลิที่เป็นข้าวใหม่ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของข้าวสวยเก่าที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่หุงจากข้าวสารที่มีปริมาณอะมิโลสสูง คือข้าวสารดราน้ำเต้าที่เมื่อหุงแล้วมีลักษณะร่วน แข็ง และข้าวสวยที่หุงจากข้าวสารที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำกว่า คือข้าวหอมมะลิ พบว่าข้าวหอมมะลิคืนรูปมีความสามารถในการคืนรูป คุณภาพสี ความแข็ง และคะแนนการยอมรับที่ดีกว่าข้าวสวยดราน้ำเต้าคืนรูป และเมื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างพื้นผิว และรอยหักของข้าวสวยหอมมะลิ (เก่า)อบแห้งด้วยลมร้อน ข้าวสวยหอมมะลิ (เก่า)ที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ข้าวสวยดราน้ำเต้าที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าพื้นผิวของข้าวสวยหอมมะลิ (เก่า) ที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีสภาพความเป็นเจลน้อยกว่า จึงทำให้เกิดรูพรุนได้มากกว่า ขนาดรูพรุนมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดที่ไม่แตกต่างกันมากนัก และมีขนาดเล็ก กระจายทั่วผิว นอกจากนี้พบว่าการเกิดชั้นแห้งน้อยกว่าอีกด้วย

จากการทำแห้งถั่วฝักยาวหั่นบาง ใบมะกรูดหั่นบาง และใบมะกรูดหั่นฝอยแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าผักทั้ง 3 ชนิดมีความสามารถในการคืนรูปที่ดี หลังการคืนรูปยังคงมีค่าคุณภาพสี กิจกรรมด้านอนุมูลอิสระ มีความแตกต่างจากก่อนทำแห้งอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) รวมทั้งมีคะแนนการยอมรับแบบ 5- Hedonic scale ด้านสี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเฉลี่ย สูงกว่า 3 คะแนน ในทุกด้าน

ผลการศึกษาสูตรของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้กึ่งสำเร็จรูป พบว่า สูตรที่ประกอบด้วยข้าวสวย 1000 กรัม ถั่วฝักยาวหั่นหยาบ 100 กรัม ตะไคร้หั่นบาง 100 กรัม ใบมะกรูดหั่นหยาบ 20 กรัม เนื้อมะพร้าวขูดอบแห้ง 100 กรัม กุ้งแห้งป่น 20 กรัม เกลือป่น 2 กรัม น้ำตาลทราย 25 กรัม และ น้ำมันหอย 40 กรัม เมื่อทำเป็นชิ้นหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร ขนาด 20 กรัม จะได้จำนวน 70 ชิ้น โดยอุณหภูมิอบแห้งที่เหมาะ คือ 70° C หลังการอบแห้งผลิตภัณฑ์มีความชื้นสุดท้าย กิจกรรมด้านอนุมูลอิสระ และค่าความแข็ง เท่ากับ 6.70±0.16% 4.84±0.57% และ 6.50±0.46 นิวตัน ตามลำดับ นอกจากนี้ มีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส สี กลิ่น และคะแนนการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 3.78±0.22 3.85±0.19 3.57±0.06 และ 3.44±0.60 ตามลำดับ

อุณหภูมิของน้ำมันปาล์มโอเลอินที่เหมาะสมต่อการทอดแบบ deep fry คือ 220° C เมื่อทอดที่อุณหภูมินี้ผลิตภัณฑ์มีการขยายตัว 31.33±4.16% มีค่าสี L* a* b* เท่ากับ 23.62±0.34 2.51±0.43 2.57±0.01 ตามลำดับ และมีค่าความกรอบ 2.3±0.07 นิวตัน ผลิตภัณฑ์ที่ทอดที่อุณหภูมินี้มีคะแนนการยอมรับของผู้ชิมที่ฝึกแล้ว 10 คน โดยทดสอบการยอมรับด้านสี กลิ่น และความกรอบ เท่ากับ 4.41±0.11 คะแนน 4.70±0.12 คะแนน และ 4.37±0.17 คะแนน ตามลำดับ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ทอดแล้วไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 200 คน พบว่า มีคะแนนความพึงพอใจด้านสี กลิ่น-รส และ ความกรอบ 7.67 คะแนน 8.43 คะแนน และ 7.04 คะแนน ตามลำดับ

จากผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาข้าวสวยแห้ง ถั่วฝักยาวหั่นบาง ตะไคร้หั่นบาง และใบมะกรูดหั่นฝอย ที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่ามีอายุเก็บรักษาได้นานกว่า 12 เดือน สำหรับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้กึ่งสำเร็จรูปในถุงพลาสติก แบบสุญญากาศนั้น พบว่า สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 5 เดือน เท่านั้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าอายุการเก็บรักษายังเป็นไปตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยว แต่เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานจึงควรบรรจุในภาชนะที่ไม่ใช่ถุงพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ผลผลิต (Output)

6.1 ผลงานบทความตีพิมพ์ จำนวน 3 เรื่อง

6.1 Nakanyapatthara Jinda. 2016. Anti-oxidant capacity and nutrition value of rice and vegetable salad (Koa Yum Boo Doo). *In* The Proceeding of The 6th International Conference on Natural Product for Health and Beauty (NATPRO6), January 21-23, 2016. Khon Khaen, Thailand. p. 262-265.

6.2 ณกัญภัทร จินดา. 2559. ผักพื้นบ้านและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในข้าวยำน้ำบูดู. นำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ ใน การประชุมระดับชาติ "การประชุมใหญ่โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา ครั้งที่ 4 (HERP CONGRESS IV), 8 – 10 กุมภาพันธ์ 2559, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, จังหวัดอุบลราชธานี, ประเทศไทย.

6.3 ณกัญภัทร จินดา. 2559. กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของผักในข้าวยำปักษ์ใต้และคุณค่าทางโภชนาการ. ตีพิมพ์ในหนังสือรวมบทความวิจัยฉบับเต็ม ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 1, 19-21 พฤษภาคม 2559 ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์, จ.ชุมพร.

6.2 การจดอนุสิทธิบัตร จำนวน 1 เรื่อง

6.2.1 อยู่ระหว่างการเตรียมเอกสารยื่นขอจดอนุสิทธิบัตร เรื่อง ข้าวยำกรอบ

6.3 หนังสือ จำนวน 1 เรื่อง

6.3.1 หนังสือ 1 เรื่อง เรื่อง ข้าวยำวัฒนธรรมร่วมแห่งอุษาเนย์

6.4 สื่อการเรียนการสอน เช่น VDO คู่มือการสอน เป็นต้น จำนวน - เล่ม

6.5 การเผยแพร่ผลงานในสิ่งพิมพ์ต่างๆ เช่น หนังสือพิมพ์ นิตยสาร เป็นต้น จำนวน - เรื่อง/เล่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

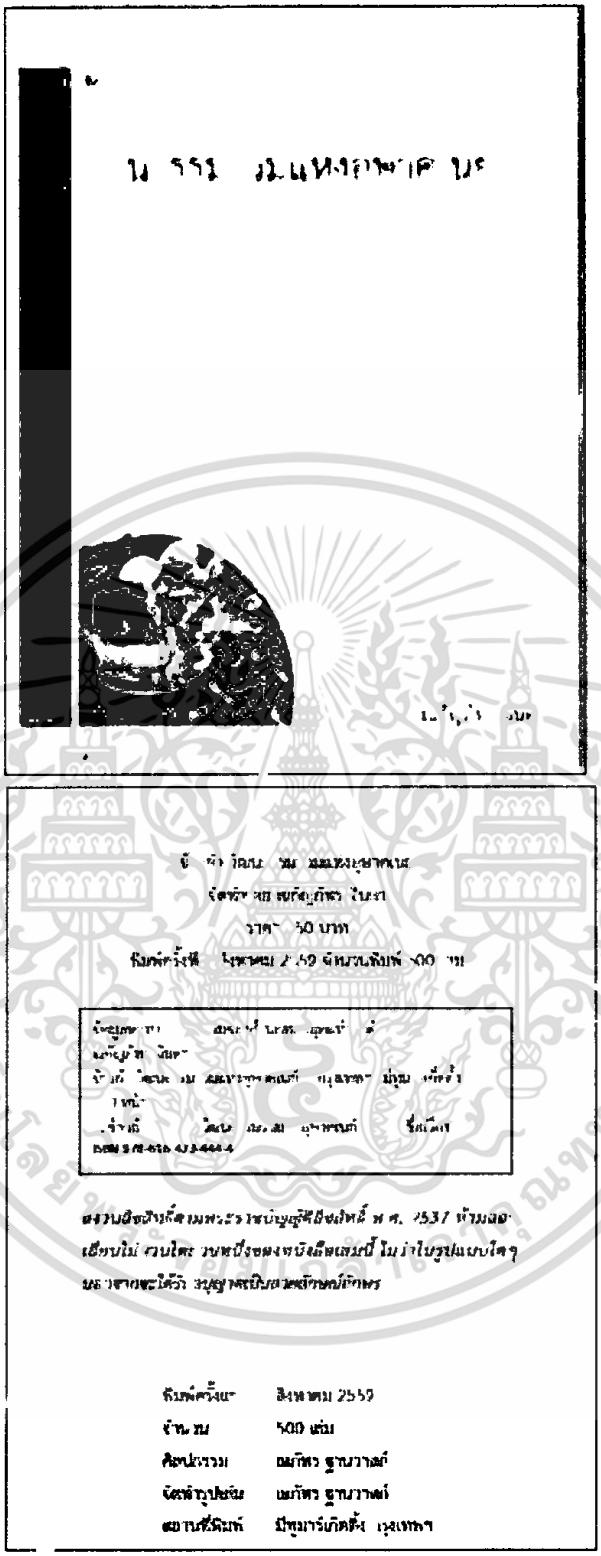
6.6 ผลงานวิชาการที่ถ่ายทอดสู่สังคม ภาคการผลิตหรือภาคบริการ ซึ่งให้ผลเกิดประโยชน์เชิงประจักษ์ (มีการนำไปผลิต/ขาย/ก่อให้เกิดรายได้ หรือมีการนำไปประยุกต์ใช้โดยภาคธุรกิจหรือบุคคลทั่วไป) จำนวน - เรื่อง

6.7 ผลงานเชิงสาธารณะ (เน้นประโยชน์ต่อสังคม ชุมชน ท้องถิ่น)จำนวน 2 เรื่อง

6.7.1 เผยแพร่บทความวิจัย เรื่อง Anti-oxidant capacity and nutrition value of rice andvegetable salad (Koa Yum Boo Doo). *In* The Proceeding of The 6th International Conference on Natural Product for Health and Beauty (NATPRO6), January 21-23, 2016. Khon Khaen, Thailand. p. 262-265. ใน www.researchgate.com

6.7. 2 เผยแพร่บทความวิจัย เรื่อง กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของผักในข้าวยำปักษ์ใต้และคุณค่าทางโภชนาการ. ตีพิมพ์ในหนังสือรวมบทความวิจัยฉบับเต็ม ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 1, 19-21 พฤษภาคม 2559 ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์, จ.ชุมพร. ใน www.researchgate.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6.1 ปกหน้า และปกใน หนังสือ เรื่อง ข้าวยำ วัฒนธรรมร่วมแห่งอุษาคเนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The 6th International Conference on Natural Products for Health and Beauty (NATPRO6)
January 21-23, 2016
Organized by Khon Kaen University

Anti-oxidation capacity and nutrition value of rice and vegetable salad (Khoa Yum Pak Tai)

Nakanyapatthara Jinda*

Division of Biotechnology, Department of Science and Liberal Arts, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon campus, Chumphon Province, 86160 Thailand

*nakanyapatthara@yahoo.com phone +66-0815644280 fax +66-77506425

ABSTRACT

Antioxidant activity and phenolic compound of 20 samples of rice and vegetable salad with Boo Doo dressing (Khoa Yum Pak Tai) collected from Chumphon, Surat Thani and Nakon Srithammarat were determined. The results showed that the antioxidant activity determined by DPPH[D] and FRAP assay of lemongrass and kaffir lime leaf were higher than that of yard long bean and mungbean sprouts, respectively. The values determined by ABTS assay of lemongrass, yard long bean and kaffir lime leaf were not significantly ($P > 0.05$), but significantly less than that of mungbean sprouts ($P \leq 0.05$). The total phenol content of kaffir lime leaf was higher than that of lemongrass, yard long bean, and mungbean sprouts. Rice cooked with noni leave juice presented higher antioxidant activity and total phenol content. The composition of Khoa Yum samples was studied. They composed of cooked rice 40-56%, 5.0-8.2% mungbean sprouts, 2.0-2.5% sliced lemongrass, 1.0-1.56% sliced kaffir lime leaf, 6-10% sliced yard long bean, 4-7% sliced cucumber, 0-3% noni leaf, 0-5% sliced others (Wildbetal Leafbush, *Paederia scandens* (Lour.) Merr. (Pa Hom)leaf, Torch ginger flower and leaf), 0.5-1 fruit of lime, and 1% pomelo. The dried powder ingredients consisted of 4-5% grind dried shrimp, 4% grind dried coconut, and 1-1.5% grind dried chili and 8% Boo Doo sauce. Their nutrition values were 19.4-21.2% protein, 4.51-5.80% fat, 3.43-4.60% Fiber, 55.0-65.40% moisture, and 6.91-15.16% carbohydrate.

Keywords: Antioxidant capacity, nutrition value, rice and vegetable salad, Koa Yum Pak Tai

ภาพที่ 6.2 บทคัดย่อ บทความวิจัยที่นำเสนอในที่ประชุมวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานสรุปการเงิน ประจำปีงบประมาณ 2558

รหัสโครงการ สกอ.-2558A11862023

โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ชื่อมหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ (ไทย) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวยำกึ่งสำเร็จรูป

(อังกฤษ) The Development of Instant Rice and vegetable Salad (Koa Yum) Products

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) ณกัญภัทร จินดา

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2557 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2559

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2557 ถึงวันที่ กันยายน 2558

รายจ่าย

หมวด	งบประมาณรวมทั้งโครงการ (บาท)	ค่าใช้จ่าย งวดปัจจุบัน	คงเหลือ (หรือเกิน)
1. ค่าตอบแทน			
2. ค่าจ้าง			
3. ค่าวัสดุ	120,000.-	120,000.-	0.-
4. ค่าใช้สอยอื่นๆ (โปรดระบุเป็นข้อย่อย)	130,000.-	130,000.-	0.-
รวม	**250,000.-**	**250,000.-**	**0.-**

จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินคงเหลือ

จำนวนเงินที่ได้รับ	250,000.-	บาท	
งวดที่ 1	150,000.-	บาท	เมื่อ 23 เมษายน 2558
งวดที่ 2	100,000.-	บาท	เมื่อ 6 กรกฎาคม 2558
รวม	**250,000.-**	บาท	

ผศ.ดร.ณกัญภัทร จินดา
ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน
30 / ก.ย. /2559

นางสาวจีระนัย แก้วบังตู
ลงนามเจ้าหน้าที่การเงินโครงการ
30 / ก.ย. /2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กนกอร อินทราพิเชฐ และ สมเกียรติ เอี้ยวเหล็ก. 2535. การใช้สารฆ่าเชื้อเพื่อผลิตกุ้งแห้ง. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กุลยา จันทร์อรุณ. 2540. กรรมวิธีการลิตผักและผลไม้อบแห้ง. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม. พิษณุโลก.

กาญจนา ตราด. 2542. กุ้งแห้งคุณภาพเยี่ยมไร้สารพิษ 100%. นิตยสารเส้นทางเศรษฐี. 5(50):44-46.

คมสัน หุตะแพทย์ และ กำพล กาหลง. 2547. สารพัดวิธีเพาะถั่วเขียว:คู่มือพึ่งตนเอง, มูลนิธิศูนย์เพื่อการพัฒนา, กรุงเทพฯ,.60 น.

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2534. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. ศูนย์วิจัยข้าวประทุม สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 51 น..

งามชื่น คงเสรี. 2546. ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว. ม.ป.ท. กรมวิชาการเกษตร.

งามชื่น คงเสรี. 2531. คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง. สถาบันข้าว กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 94-101.

จันทิมา ภูงามเงิน ชนิต ชนะปาลพันธุ์ ภัทลียา จักรสิงห์โต สายฝน สีกานนท์ และ ธีรวรรณ สุวรรณ์. 2559. การพัฒนากระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ข้าวกึ่งสาเร็จรูป: ผลของวิธีการและอุณหภูมิอบแห้ง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ง 21 (2):47-60.

ช่อลดา อดุลเดชา. 2546. ผลของภาชนะบรรจุต่อคุณภาพของใบมะกรูด. ปัญหาพิเศษ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. 40 น.

ณกัญภัทร จินดา. 2559. ข้าวยำ วัฒนธรรมร่วมอุษาคเนย์. พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์มาร์เก็ตดิ้ง ดินแดง กรุงเทพฯ, 100 น.

ณกัญภัทร จินดา. 2555. เอกสารประกอบการสอนเรื่อง Medical Plants. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

ณกัญภัทร จินดา. 2549. เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีน้ำมันหอมระเหย. โครงการจัดตั้งภาควิชาเทคโนโลยีกระบวนการทางฟิสิกส์เคมี คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

ณัฐพงศ์ กันหา. 2557. การผลิตไมโครแคปซูลแอนโทไซยานินจากรำข้าวเหนียวดำโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอยและแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นภัสวรรณ เลี่ยมนิมิตร. 2554. การเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ คุณค่าทางโภชนาการและชนิดของบรรุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาของถั่วงอกถั่วเหลือง ถั่วเขียวผิวมันและผิวดำที่ระยะการเจริญแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิพนธ์ ไชยมงคล. 2548. ถั่วงอก. ระบบข้อมูลพืชผัก สาขาพืชผัก ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ทักษิณา ปาละประทิ. 2547. ผลของอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพและการเก็บรักษาของใบมะกรูด พริก และตะไคร้. เชียงใหม่. 47 น.

ธงชัย สุวรรณสิชณน์. 2535. การพฒนาอาหารขบเคี้ยวจากแป้งถั่งลิสงไขมันต่ำผสมแป้งมันสำปะหลังชนิดพรีเจลาติไนซ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรงเทพฯ . 221 น.

นฤดม บุญ-หลง. 2528. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเพื่อเป็นอาหารและอาหารสัตว์: ข้าวเกรียบ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญถม สุภาพันธ์. 2540. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถั่วงอกอบแห้ง. วิทยานิพนธ์ สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

บริษัท ศูนย์วิจัยไทยพานิชย์ จำกัด. 2543. มันฝรั่งแผ่น: ขนมขบเคี้ยวยอดฮิต ปี 2000. วารสารวิจัยการตลาด, ประจำเดือนเมษายน – มิถุนายน. แหล่งที่มา: http://www.scb.co.th/~scbri/mkthai/mk00q2t.html, 23 กันยายน 2558.

ปริญญา หงส์ทอง. 2545. เรื่องของกุ้ง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: web/10000/science/10000-3052.html. 12 กรกฎาคม 2559.

ประสาน ยิ้มอ่อน. 2527. มะพร้าว : ถั่วลิสง. วิทยาลัยครูเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์, ปทุมธานี. 30 น..

ปาริฉัตร หงสประภาส. 2545. เคมีกายภาพของอาหาร คอลลอยด์อิมัลชัน และเจล. พิมพ์ ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

มนตรี เพ็ชรทองคำ. 2536. พืชเศรษฐกิจ.พิมพ์ครั้งที่2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.149 – 189.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต.. 2541. วิศวกรรมแปรรูปอาหาร : หน่วยปฏิบัติการในอุตสาหกรรม. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรม. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 272 น.

รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. 2540. เอกสารคำสอน: การประเมินอายุการเก็บของอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รองรัตน์ รัตนธรรมวัฒน์. 2546. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งเผือก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วาธิณี อินทรพงษ์นุวัฒน์. 2555. การปรับปรุงกระบวนการผลิตหลักของการผลิตข้าวแตนของกลุ่มแม่บ้านเกษตรสันทรายหลวง. วิทยานิพนธ์ สาขาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

วิชญาวดี ศรีนุเคราะห์. 2550. การทำแห้งใบมะกรูดโดยเครื่องทำแห้งแบบลมร้อนและเครื่องทำแห้งแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบ. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิบูลย์ พันธุ์สะอาด. 2555. กรรมวิธีการผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. มหาสารคาม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิวัฒน์ ดันเถียร. 2536. การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายเวลาการแช่แข็งผักและผลไม้. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ.

วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม. 2542. พจนานุกรม สมุนไพรไทย.พิมพ์ครั้งที่5. โรงพิมพ์อักษรพิทยา, กรุงเทพฯ. 619-622.

วิไล รังสาดทอง. 2546. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. พิมพ์ครั้งที่ 3. บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชัน จำกัด. กรุงเทพฯ. 500 น..

วิไล รังสาดทอง. 2543. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. น. 349-357. สำนักพิมพ์เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชัน. กรุงเทพฯ.

วิไลวัลย์ อินทรไชยมาศ พรสวรรค์ เพชรัตน์ ฉันทนา รุ่งพิทักษ์ไชย ซารีนา สือแม และ ฐิตินันท์ สุวรรณพรรค. 2551. การใช้ผักพื้นบ้านในการทำข้าวยำบูดู. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 3(1): 19-29.

วุฒิชัย นาครักษา. 2543. กระบวนการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง (Canned white rice) ในระดับอุตสาหกรรม. ประเทศไทย. สิทธิบัตรไทยเลขที่ 9584.

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. กรรมวิธีแปรรูปอาหาร (Food Processing). พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์ โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพมหานคร, 302 น.

พรรณี วงศ์ไกรศรีทอง. 2530. การผลิตข้าวเกรียบปลาโดยใช้เครื่องรีดแผ่น. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พรรณี ลิขิตวรรณการ. 2526. การทำแห้งในสภาพแช่แข็งของกุ้งและเห็ดหอม. วิทยาศาสตร-มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิทักษ์ เทพสมบูรณ์. 2540. การปลูกพริก. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 72น.

พีรพล เปรมประสพโชค. 2551. การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งของน้ำผึ้ง. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และ ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ. 2541. ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว, น. 215 – 269. ใน คณะกรรมการกลุ่มผลิตชุดวิชาผลิตภัณฑ์อาหาร, ผู้รวบรวม. เอกสารการสอนชุด วิชาผลิตภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2542. การวางแผนและการวิเคราะห์ด้านประสาทสัมผัส. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน กุ้งแห้ง (มผช. 309/2547). กรุงเทพมหานคร.

ศิริเพ็ญ จริเกษม ศิรินันท์ ทับทิมเทศ ธัญวรัตน์ การสงคราม อุบล ฤกษ์อำ และจรัส ทิสยากร. 2548. น้ำมันหอมระเหยไทย (Thai Essential Oil). สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. น. 9-69.

ศรีสมร คงพันธุ์. 2542. ข้าวยำจานเดียวครบถ้วน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

http://www.geocities.com/pummelos/2002. (7 ตุลาคม 2557).

สิริพร ลาวัลย์. 2546. ปริมาณวิตามินซีในถั่วงอก. วารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 22(1):19-26.

สถาบันวิจัยพืชสวน. 2544. รายงานประจำปี 2543-2544. กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพ. 160 น.

สุจินดา ศรีวัฒนะ. 2547. *เทคโนโลยีผู้บริโภค*. ใน นิธิยา รัตนาปนนท์ และ ไพโรจน์ วิริยจารี (บก.), เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร (น. 119 – 134), เชียงใหม่: Trio Advertising & Media Co., Ltd.

สุพรรณี พรมเทพ. 2549. การชักนำการกลายพันธุ์ข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* var. indica) โดยการประยุกต์ลำไอออนพลังงานต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาชีววิทยา). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุรินทร์ ไตรติลานน. 2543. มะกรูดพืชที่คนไทยรู้จักมานาน. กสิกร. 6:639-640.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2526. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พริกแห้ง มอก. 456–2526.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเนื้อมะพร้าวอบแห้ง. มอก. 320 - 2522 .

อัมมาร สยามวาลา และ วิโรจน์ณ ระนอง. 2533. ประมวลความรู้ เรื่องข้าว. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

อรชุน เลียววัฒนาวงศ์. 2539. ต้านมะเร็งด้วยเบต้า แคโรทีน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. รวมทรรศน์ จำกัด. 215 น.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. ข้าว: วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

AOAC. 2002. Official Method of American Association of Official Analytical Chemists. AOAC. Washington D.C.

ASTM Committee E-18. 1979. ASTM manual on consumer sensory evaluation, ASTM special technical publication 682. E. E. Schaefer, ed. Philadelphia: American Society for Testing and Materials. 28-30.

Balladin, D.A. and O. Headley. 1999. Solar drying of rose (Rose sp.) petals. Renewable Energy, 18: 249-255.

Barbosa-Cánovas, G.V., E. Ortega-Rivas, P. Juliano, H. and Yan. 2005. Food powders physical properties, processing and functionality. Plenum, New York.

Barbosa-Canovas, G.V. and H. Vega-Mercado. 1996. Dehydratation of Foods. Chapman & Hall, New York.

Blenford, D.E. 1982. What is a snack? Food flavourings , Ingredients processing and Packageings 4 (11): 30 - 37.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bourne, M.C. 1987. Effect of water activity on textural properties of food, pp. 75 – 99. In Rockland L.B. and L.R. Beuchat. Water activity: Theory and Applications to Food. Marcel Dekker, New York

Bourne, M.C. 1982. Food Texture and Viscosity. Academic Press, New York.

Cai, Y.Z. and H. Croke. 2000. Production and properties of spray-dried *Amaranthus betacyanin* pigments. Journal of food science, 65 (6), 1248 – 1252.

Chang, Y.P., P.B. Cheah and C.C. Seow. 2000. Variations in flexural and compressive fracture behavior of a brittle cellular food (dried bread) in response to moisture sorption. J. Texture studies 31: 525 – 540.

Chen, C. 2000. Factors which effect equilibrium relative humidity of agricultural product. Transactions of the American Society Agricultural Engineering. 43:673-683.

Chinnaswamy, R. and M.A. Hanna. 1988. Relationship between amylose content and Extrusion – expansion properties of corn starches. Cereal Chem. 65 (2): 138 – 143.

Cucumber. 2005. [Online]. http://www. Skyliner anchorganicproducelideas.html. (7October 2014).

Fellow, P. J. 1990. Food Processing Technology : Principal and Practice. 2nd edition, Ellis Horwood, West Susex.

Freeze Drying. 2016. [online]. http://www.freezedryinc.com/page.php.?id=30 (19 สิงหาคม 2559)

Grosso, N. R. and A. V. A. Resurreccion. 2002. Predicting consumer acceptance ratings of cracker-coated and roasted peanuts from descriptive analysis and hexanal measurements.*J Food Sci*, 67:1530-1537.

Heldman, D.R. and R. W. Hartel. 1996. Principles of Food Processing. Chapman & Hall Inc. New York.

Hnat, D.L., H. Levine and L. slade. 1997. Production of Chip – Like Durum Wheat Snack. U.S. Patent. 5695804.

Holland, B., A.A. Wlech, I.D. Unwin, D.H. Buss, A.A. Paul and D.A.T. Southgate. 1995. The composition of food. Clay Ltd., Cambridge.

Hough, G., R. H. Sanchez, P. Garbarini de, R. G. Sanchez, V. S. Calderon, A. Gimenez and Gambaro. 2002. Consumer acceptability versus trained sensory panel scores of powdered milk shelf life defects. *Journal of Dairy Science*, 85: 2075-2080.

Hui, Y.H. 1996. Bailey's Industrial Oil and Fat Products Vol.2 Edible Oil and Fat Products Oil and Oil Seed. 5 th ed. A Wiley inter science publication.

Institute of Nutrition Mahidol. 1998. Food Composition Database of Inmucal Program.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mahidol University.

International Rice Research Institute. 1972. Rep. 1971-1972. Los Banos, Phillipins. 738 p.

Jonnalagadda, P.R., R.V. Bhat, R.V. Sudershan and A.N. Naidu. 2001. Suitability of chemical parameters in setting quality standards for deep - fried snacks. Food Ouality and Preference 12: 223 – 228.

Juliano, B.O., C.M. Prez, C. AB. Breckenridge, T.D. Castilo, N.H. Chouhury, N. Konggeree, B. Laignelet, F.E. Merca, C.M. Paule, and B.D. Webb. 1980. Report of the international Cooperative Testing on the Gel Consistency of Milled rice. Rice. 29:233-237.

Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. Cereal Science Today. 16 (10), 334– 340.

Juliano, B.O., L.U. Onate, and A.M. Del mundo. 1965. Relation of starch composition protein content and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice. Food Technology. 19;1006-1011.

Kate, E.E. and T.P. Labuza. 1981. Effect of water activity on the sensory crispness mechanical deformation of snack food products. J. Food Sci. 46: 403 – 409.

Kidmose, U, M. Edelenbos, NØrbaek, and L.P.Christensen. 2002. Color in vegetable. *In* MacDougall DB, editor. Colour in Food Improving Quality. Cambridge: Woodhead Pub. 378 p.

Kilcast, D. 2000. Sensory evaluation methods for shelf-life assessment In *The stability and shelf-life of food*. CRC Press England.

Krokida, M.K. and C.Philippopoulos. 2005. Rehydration of dehydrated foods. Drying Technology. 23(4):799-830.

Krokida, M.K., V. Oreopoulou, Z.B. Maroulis and D. Marinos - Kouris. 2001. Colour changes during deep fat frying. J. Food Eng. 48: 219 – 225.

Krokida, M.K., V. Oreopoulou and Z.B. Maroulis. 2000. Water loss and oil uptake as a function of frying time. J. Food Eng. 44: 39 – 46.

Kwok, B.H.L., C. Hu,, T. Durance, and D. D. Kitts. 2004. Dehydration techniques affect phytochemical contents and free radical scavenging activities of Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). Journal of Food Science, 69 (3), SNQ122 – SNQ126.

Labuza, T.P., and M. K. Schmidl. 1985. Accelerated Shelf Life Testing of Food Products. Food Technol, 39(9): 57-62.

_____. 1988. Use of Sensory Data in the Shelf Life Testing of Foods: Principles and Graphical Methods for Evaluation. *Cereal Foods World*, 33 (2):

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

193-206.

Lee, C. M. and A. V. A. Resurreccion. 2006. Consumer acceptance of roasted peanuts affected by storage temperature and humidity conditions. Lebensm.-Wiss. U.-Technol. 39: 872- 882.

Luangmalawat, P. 2008. Effect of temperature on drying characteristics and quality of cooked rice. LWT. 4:716-723.

Man, D. 2002. *Food Industry Briefing Series: Shelf Life.* Blackwell Science Ltd.Oxford. 112 pp.

Matz, S.A. 1991. The Chemistry and Technology of Cereal as Food and Feed. 2nd ed. An AVI Book Published, New York.

Meiselman, H. L. 1994. A measurement scheme for developing institutional products. In *Measurement of food preferences.* London. Chapman & Hall. p 3.

Minemoto, Y., S. Adachi, and R. Matsuno. 1997. Comparison of oxidation of menthyl linoleate encapsulated with gum arabic by hot-air-drying and freeze drying. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 45: 4530 – 4534.

Moreira, R.G., X. Sun and y. Chen. 1997. Factor effecting oil uptake in tortilla chip in deep–fat frying. J. Food Eng. 31(4): 485 - 498.

Moreira G.R., M.E. Castell-Perez and M.A. Berrufet. 1999. Deep - Fat Frying: Fundamentals and Applications. Aspen Publishers,Inc.,Gaithersburg, Maryland.

Pearson, D. 1976. The Chemical Analysis of Foods. 7th ed., Churchill, London. 575 p.

Perkins, E.G. 1996. Volatile odor and flavor component formed in deep frying, pp 43 – 48. In Perkins, E.G. and M.D. Erickson (eds.). Deep frying : Chemistry, Nutrition and Practical Applications. AOCS Press.

Peryam, D.R. and F.J. Pilgrim. 1957. Hedonic scale method of measuring food preferences. FoodTechnol. 11(9): 9 –14.

Purseglove, J.W., E.G. Brown, C.L. Green and S.R.J. Robbins. 1981. Chillies: *Capsicum* spp., Spices. Vol1. Tropical Agricultural Series, Longman Publ. CO. Inc. New York. 439 p.

Puspitowati, S. and R.H. Driscoll. 2007. Hydration kinetics of instant rice by freeze drying. International Journal of Food Property. 10(3):445-453.

Ramesh, M.N. 2003. Moisture transfer properties of cooked rice during drying. Lebensm. WissU-Technol. 36:245-255.

Reilly, A. and C.M.D. Man. 1989. Potato crisps and savoury snacks, pp. 202 – 215. In Man, C.M.D. and A.A. Jones. Shelf Life Evaluation of Foods. Chapman & Hall, Glasgow.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Roudaut, G., C. Dacremont, B. Valles Pamies, B. Colas and M. Le Meste. 2002. Crispness: a critical review on sensory and matherial science approaches. Trens in Food Sci. & Tech. 13: 217 – 227.

Shahidi, F. and X. Q. Han. 1993. Encapsulation of food ingredients. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 33: 501 – 547.

Singh, R.P. 1994. Scientific principles of shelf life evaluation. In *Shelf life evaluation of food* . p 3-26. Edited by Man, C.M.D. and Jones, A.A. Chapman & Hall. Glosgow. 321 pp.

Singh, T. K. and K.R. Cadwallader. 2004. Ways of measuring shelf-life and spoilage. P. 165-183. In *Understanding and Measuring the Shelf-life of Food*. Edited by Steele, R. CRC Press. Woodhead publishing limited. Cambridge. England. 407 pp.

Stone, H. and J. L. Sidel. 2004. *Sensory evaluation practices, 3rd ed.* Boston. Elsevier Academic Press, Inc. 377 p.

Tettweiler, P. 1991. Snack foods worldwide. Food Technol. 45 (2): 58 - 60.

Van Arsdel, W. B. 1973. Food Dehydration. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut. 1 : 331.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ทางเคมี

1. การวิเคราะห์กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (DPPH°) ตามวิธีของ Rea et al. (1990)

สารเคมี

1. 0.004% DPPH เตรียมโดยชั่ง DPPH ปริมาณ 0.01 กรัม ละลายในethanol ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

ละลายตัวอย่างที่ต้องการทดสอบที่ความเข้มข้น 50, 200, 500 และ 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยชั่งสารสกัดจำนวน 0.05, 0.2, 0.5 และ 1 มิลลิกรัม มาละลาย ethanol ใส่ลงใน volumetric flask และปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร ด้วย ethanol จากนั้นนำสารละลายที่เตรียมไว้ในแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 50 ไมโครลิตร เติมลงใน 0.0004% DPPH ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำสารละลายตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรเทียบกับ blank บันทึกผล นำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การทำปฏิกิริยากับ free radical DPPH (% scavenging effect) ดังสมการ

$$\% \text{ scavenging effect} = [(A_{blank} - A_{sample})/ A_{blank}] \times 100$$

เมื่อ Ablank คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารควบคุม (ประกอบด้วยสารละลายทั้งหมดยกเว้นสารสกัดที่ต้องการทดสอบ)

Asample คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ต้องการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) ตามวิธีของ Benzie and Strain (1999)

สารเคมี

1. FRAP reagent ประกอบด้วย 300 mM acetate buffer pH 3.6, 10 mM TPTZ (ใน 40 mM HCl) และ 20 mM $FeCl_3.6H_2O$ ในอัตราส่วน 10:1:1 ซึ่งFRAP reagent นี้ ต้องเตรียมใหม่ก่อนใช้
2. สารละลายมาตรฐาน ใช้ $FeSO_4.7H_2O$ และ ascorbic acid เป็นสารละลายมาตรฐาน โดยใช้ Fe^{2+} ความเข้มข้น 100, 200, 500, 1000 และ 3000 µM และ ascorbic acid ความเข้มข้น 100, 200, 500, และ 1000 µM

วิธีวิเคราะห์

ผสม FRAP reagent: สารละลายตัวอย่าง (เตรียมที่ความเข้มข้นต่างๆ) เป็น 300 µL:10 µL ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 4 นาที ที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 610 nm นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาทำlinear-regression และนำผลไปเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน

3. การวิเคราะห์กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (ABTS) ตามวิธีของ Rea et al. (1999)

สารเคมี

1. 20% trichloroacetic acid เตรียมโดยชั่ง trichloroacetic acid 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่นใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร
2. 0.67% thiobarbituric acid เตรียมโดย ชั่งสาร 0.67 กรัม ละลายใน sodium hydroxide 0.1 N
   ปริมาตร 50.25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างที่ต้องการทดสอบใส่หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร จำนวน 0.5 กรัม เติม 20% trichloroacetic acid ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ 0.67% thiobarbituric acid ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ผสม
ให้เข้ากัน ทิ้งไว้ในน้ำเดือด 10 นาที ยกขึ้นมาตั้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที นาน 20 นาที นำส่วนใสวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร โดยบันทึกผลเป็นค่าการดูดกลืนแสงเปรียบเทียบกับสารตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

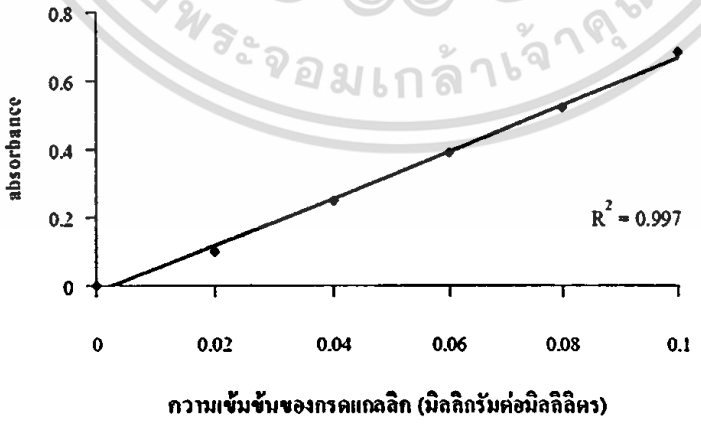
4. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบพอลีฟีนอลทั้งหมด ตามวิธีของ Biju et al. (2014))

สารเคมี

1. folin-ciocalteu phenol 20% sodium carbonate เตรียมโดยชั่ง Na2CO3 20 กรัม แลวละลายในน้ำกลั่น ใสลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตรและปรับปริมาตรเปน 100 มิลลิลิตร
2. สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิคเตรียมโดยละลาย $C_7H_6O_5$จำนวน 0.001, 0.002, 0.003, 0.004, 0.005 และ 0.006 กรัม แลวละลายในน้ำกลั่น ใสลงใน volumetric flask และปรับปริมาตรเปน 100 มิลลิลิตร จะได working solution ความเข่มข่น 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 มิลลิกรัมตอมิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

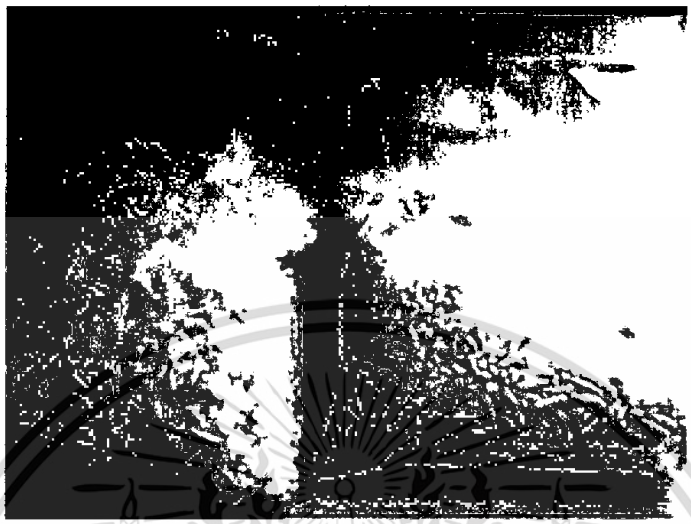
ละลายสารสกัดที่ตองการทดสอบที่ความเขมขน 10 มิลลิกรัมตอมิลลิลิตร โดยชั่งสารสกัดจำนวน 0.1 กรัม มาละลาย ethanol ใสลงใน volumetric flask และปรับปริมาตรเปน 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำสาร สกัดที่เตรียมไวปริมาตร 1 มิลลิลิตร มาเติมดวยน้ำกลั่น ปริมาตร 7.9 มิลลิลิตร folin-ciocalteu phenol ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และ 20% sodium carbonate ผสมใหเขากันทันทีเตรียมหลอด blank โดยใชน้ำกลั่นแทนตัวอยาง เติม 10% folin-ciocalteu phenol reagent และ20% sodium carbomate เชนเดียวกับ ตัวอยางตั้งทิ้งไวที่อุณหภูมิหองนาน 2 ชั่วโมง นำสารละลายที่สกัดไดไปวัดคาการดูดกลืนแสงดวย เครื่อง spectrophotometer เทียบกับ blank โดยวัดคาการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร แลวนำคาที่ไดมาคำนวณหาปริมาณ phenolic compounds โดยเทียบผลกับกราฟของสารละลาย มาตรฐานกรดแกลลิคความเขมข่น 10-60 มิลลิกรัมตอมิลลิลิตร (ภาพที่ ก.4.4)



ภาพที่ 4.1 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

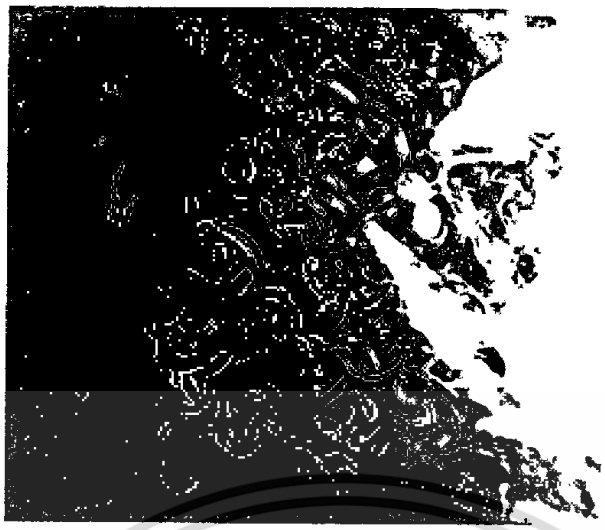
ภาคผนวก ข
ภาพผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ



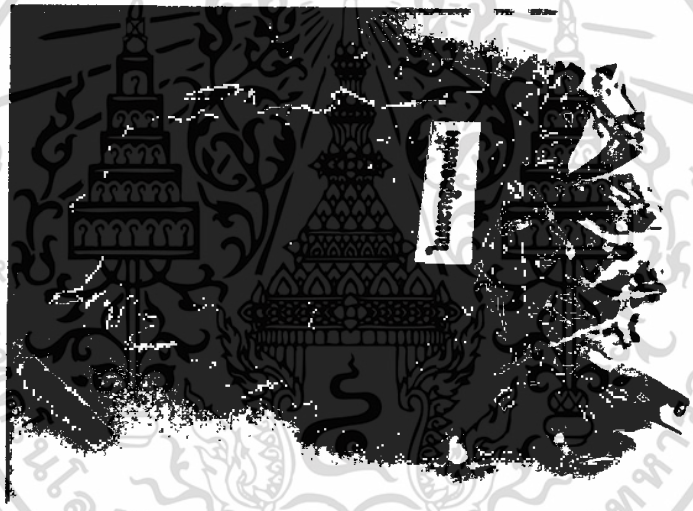
ภาพที่ 1 ข้าวสวยหอมมะลิ (เก่า) (ซ้าย) และ ข้าวสวยตราน้ำเต้า (ขวา) ที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีอายุการเก็บรักษามากกว่า 12 เดือน

ภาพที่ 2 ถั่วฝักยาวหั่นบางที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่มีอายุการเก็บรักษามากกว่า 12 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

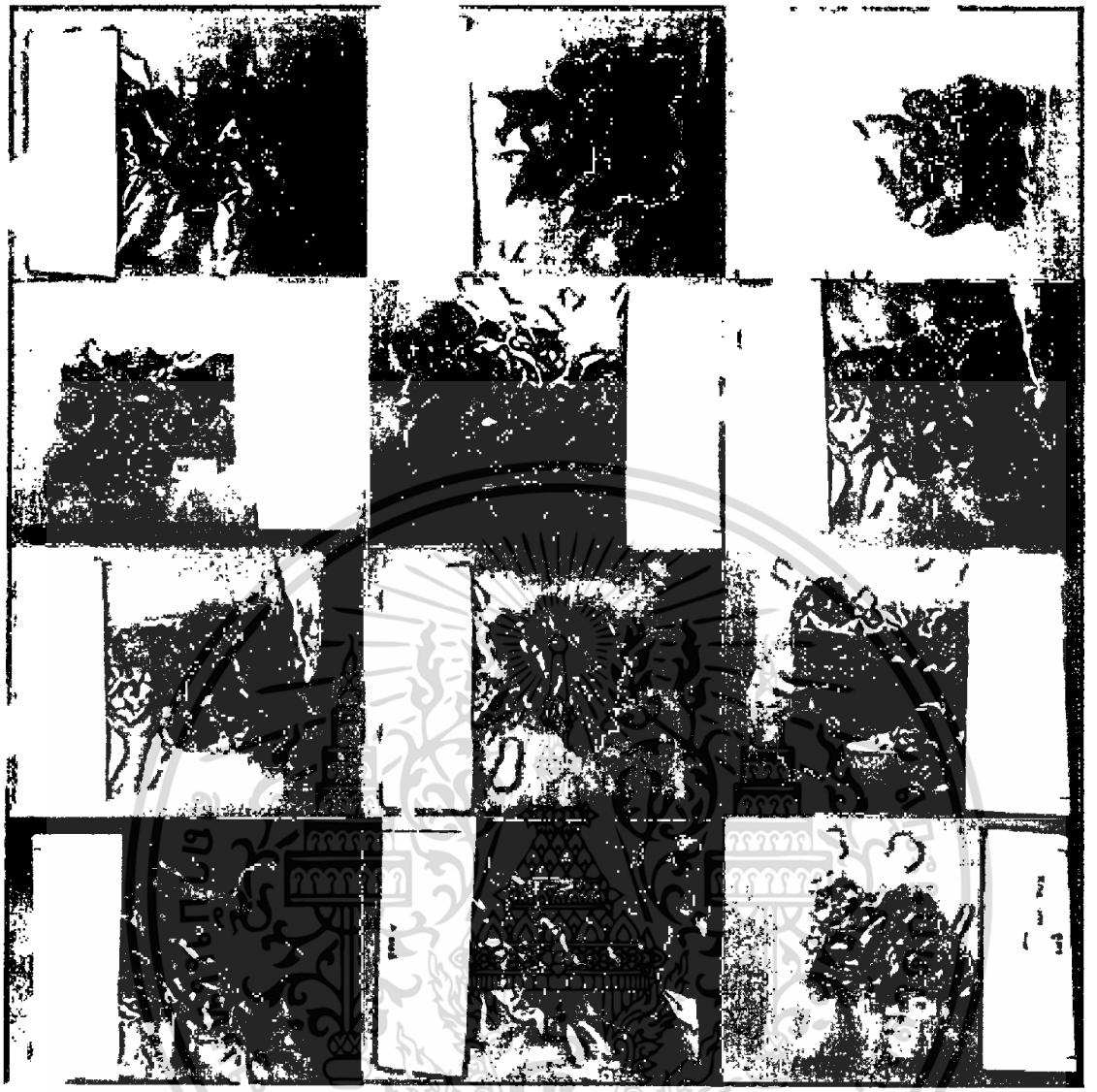


ภาพที่ 3 ตะไคร้หั่นบางที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่มีอายุการเก็บรักษามากกว่า 12 เดือน



ภาพที่ 4 ใบมะกรูดหั่นฝอยที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่มีอายุการเก็บรักษามากกว่า 12 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำปักษ์ใต้อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปแบบต่างๆที่มีอายุการเก็บรักษา 5 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบประเมินทางประสาทสัมผัส และแบบประเมินการยอมรับ

1. แบบประเมินสำหรับการทดสอบกลิ่นของตะไคร้อบแห้งและใบมะกรูดอบแห้ง

แบบการยอมรับแบบ scoring

ชื่อผู้ทดสอบ..... .....ชุดที่ทำการทดสอบ.....

วันที่ทดสอบ.....

โปรดประเมินผลิตภัณฑ์ตัวอย่างต่อไปนี้ "ผักอบแห้ง" สำหรับเนื้อสัมผัส (Texture) สี (color) และกลิ่น (Odor) โปรดให้คะแนนลงในช่องที่แสดงถึงความรู้สึกของม่านในการยอมรับผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ทดสอบ โปรดให้คำเสนอแนะด้วย

คะแนนการยอมรับ 1= ไม่ชอบมาก

2= ชอบ

3 = เฉยๆ

4= ชอบ

5 = ชอบมาก

ลักษณะ	ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างรหัส					
	432	115	547	275	986	367
เนื้อสัมผัส						
สี						
กลิ่น						

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.แบบทดสอบในแบบ Scoring Test

ชื่อผู้ทดสอบ..... ชุดที่ทำการทดสอบ.....

วันที่ทดสอบ.....

โปรดประเมินผลิตภัณฑ์ตัวอย่างต่อไปนี้ "ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป" ในด้านเนื้อสัมผัส (Texture) สี (Color) และ กลิ่น (Odor) โปรดใส่ตัวเลข 1-5 ที่แสดงถึงจุดที่สามารถอธิบายความรู้สึกของท่าน โดย ตัวเลข 1 = ไม่ดีมาก

2 = ไม่ดี

3 = ปานกลาง

4 = ดี

5 = ดีมาก

ลักษณะ	รหัส 815	รหัส 564	รหัส 768	รหัส 235
เนื้อสัมผัส (Texture)				
สี (Color)				
กลิ่น (Odor)				
เหตุผล				

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบสอบถามลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำกึ่งสำเร็จรูปที่มีปริมาณเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้งแตกต่างกัน

แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ..... ชุดที่ทำการทดสอบ.....
วันที่ทดสอบ.....

โปรดประเมินผลิตภัณฑ์ตัวอย่างต่อไปนี้ ในด้านเนื้อสัมผัส (Texture) โดยทำเครื่องหมายลงในจุดที่ท่านคิดว่าเหมาะสมต่อการอธิบายลักษณะนั้นๆของตัวอย่าง และขอขอบพระเป็นอย่างยิ่งมา ณ ที่นี้

ผลิตภัณฑ์ 432

ความกรอบร่วน

กรอบร่วนมาก กรอบร่วน ปานกลาง กรอบร่วนน้อย ไม่กรอบร่วน

ความเหนียวเกาะเป็นแผ่น

เหนียวน้อยมาก เหนียวน้อย ค่อนข้างเหนียว เหนียว เหนียวมาก

ผลิตภัณฑ์ 768

ความกรอบร่วน

กรอบร่วนมาก กรอบร่วน ปานกลาง กรอบร่วนน้อย ไม่กรอบร่วน

ความเหนียวเกาะเป็นแผ่น

เหนียวน้อยมาก เหนียวน้อย ค่อนข้างเหนียว เหนียว เหนียวมาก

ผลิตภัณฑ์ 762

ความกรอบร่วน

กรอบร่วนมาก กรอบร่วน ปานกลาง กรอบร่วนน้อย ไม่กรอบร่วน

ความเหนียวเกาะเป็นแผ่น

เหนียวน้อยมาก เหนียวน้อย ค่อนข้างเหนียว เหนียว เหนียวมาก

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.แบบทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคทั่วไปใน

แบบทดสอบแบบ Hedonic scale 5 ระดับ

เพศผู้ทดสอบ..... อายุผู้ทดสอบ.....
วันที่ทดสอบ.....จังหวัด.....
โปรดประเมินผลิตภัณฑ์ตัวอย่างต่อไปนี้ "ผลิตภัณฑ์อาหารว่างข้าวยำอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป" ในด้านเนื้อสัมผัส (Texture) สี (Color) กลิ่น (Odor) และ ความชอบโดยรวม โปรดใส่ตัวเลข 1-5 ที่แสดงถึงจุดที่สามารถอธิบายความรู้สึกของท่าน โดย ตัวเลข 1 = ไม่ดีมาก

2 = ไม่ดี

3 = ปานกลาง

4 = ดี

5 = ดีมาก

ลักษณะ	รหัส 213	รหัส 498	รหัส 308	รหัส 910
เนื้อสัมผัส (Texture)				
สี (Color)				
กลิ่น (Odor)				
ความชอบโดยรวม				
เหตุผล				

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัวหัวหน้าโครงการวิจัย

1. นางสาวณกัญภัทร (ชื่อเดิม จันทนา) จินดา

Miss Nakanyapatthara (Jantana) Jinda

2. เลขหมายประจำตัวประชาชน 4 1020 00015 94 0

3. ตำแหน่งวิชาการปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาพื้นฐานทั่วไป
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร

4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ
ภาควิชาพื้นฐานทั่วไป สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
โทร. 077-506-410 มือถือ 0-81564-4280
E-mail: nakanyapatthara@yahoo.com; kjnakany@kmitl.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2530-2534	วิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
พ.ศ. 2534-2537	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
พ.ศ. 2541-2547	วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต(เทคโนโลยีชีวภาพ) นานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (สนับสนุนทุนการศึกษาโดยทุนพัฒนาอาจารย์ ทบวงมหาวิทยาลัย)
ประกาศนียบัตร	Certificate of Biodegradation and Bioremediation, USEPA, Washington, DC. Grant supported by USAID: 1999.

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

เทคโนโลยีน้ำมันพืชและการดัดแปรน้ำมันพืชสำหรับอุตสาหกรรมที่มิใช่อาหาร และ ไบโอดีเซล การสกัดและประยุกต์ใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชสำหรับผลิตภัณฑ์เวชสำอาง และผลิตภัณฑ์อาหาร เทคโนโลยีเอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย:

7.1.1 การพัฒนาสมบัติด้านการควบคุมวัชพืชและสัตว์รบกวนของฟิล์มคลุมดินจากยางพาราและพอลีแลคติกแอซิด (งบประมาณ 2555 แหล่งทุน วช.)

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย:

7.2.1 การคัดเลือกและศึกษาแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์ไลเปสจากผลปาล์มน้ำมันเสีย (พ.ศ.2542 แหล่งทุน โครงการส่งเสริมการวิจัยเพื่อพัฒนาสถาบันอุดมศึกษาเอกชนทบวงมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย)

7.2.2 การผลิตไบโอดีเซลจากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมันพืชเศรษฐกิจแบบต่อเนื่องด้วยวิธีทางชีวภาพ (2548-2549 แหล่งทุน: วช. ผ่าน สวพ. มก.)

7.2.3 การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากดาวเรืองด้วยเอนไซม์เซลลูเลส (2548-2549 แหล่งทุน: คณะอุตสาหกรรมเกษตร.มก.)

7.2.4 การสกัดสารออกฤทธิ์จากดาวเรืองด้วยเอนไซม์และการใช้ประโยชน์ (2549-2550 แหล่งทุน: วช. ผ่าน สวพ.มก.)

7.2.5 การเพิ่มปริมาณไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันสบู่ดำดิบด้วยเอนไซม์ไลเปสสำหรับไบโอดีเซล (2548 แหล่งทุน: กระทรวงพลังงาน ผ่าน KU Biodiesel)

7.2.6 การสกัดสารออกฤทธิ์จากสบู่ดำและการใช้ประโยชน์ (2550 แหล่งทุน: กระทรวงพลังงาน ผ่าน KU Biodiesel)

7.2.7 การผลิตครีมนวดผสมสมุนไพรยับยั้งแบคทีเรียสาเหตุโรคเต้านมอักเสบในโคนม (2550-2551 แหล่งทุน: บริษัทเอกชน)

7.2.8 Prevention from fungi on wood chip by chemical and natural preservatives (2007 แหล่งทุน: บริษัทเอกชน)

7.2.9 การใช้สารสกัดสบู่ดำยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคแบบฉวยโอกาสในคน (2551 แหล่งทุน:
วช. ผ่าน KU Biodiesel งบจัดสรรของ สวพ.มก.)

7.2.10 การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากรำข้าวสังข์หยดและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (2551 แหล่งทุน ศูนย์วิทยบริการ มก. กระบี่)

7.2.11 การสกัดสารหอมและการใช้ประโยชน์สารหอมจากดอกทุเรียน (2008 แหล่งทุน IRPUS, สกว.)

7.2.12 สารสกัดและทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพจากผักเหมียงและการใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (2551 แหล่งทุน: วช. ผ่าน สวพ.มก.)

7.2.13 การทำสารต้านอนุมูลอิสระจากน้ำมันปาล์มให้บริสุทธิ์และการใช้ประโยชน์ (2552-2553 แหล่งทุน: วช. ผ่าน สวพ.มก.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.14 การสกัดและทำบริสุทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระจากน้ำมันปาล์มดิบสำหรับเครื่องสำอาง (2552-2554 แหล่งทุน ศูนย์วิทยบริการ มก. กระบี่)

7.2.15 ผลของการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระต่อสมบัติทางเคมีของน้ำมันปาล์มเพื่อผลิตไบโอดีเซล (2552 แหล่งทุน: วช. ผ่าน สวพ.มก.)

7.2.16 ผลของสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้จากน้ำมันปาล์มดิบต่อสมบัติความคงทนต่อความร้อนของไบโอ ดีเซลจากน้ำมันปาล์ม (2552-2553 แหล่งทุน ศูนย์วิทยบริการ มก. กระบี่)

7.2.17 การพัฒนาการสกัดคาโรทีนอยด์จากดาวเรืองด้วยเอนไซม์ตรึงบนขี้เถ้าแกลบ (2552 แหล่งทุน: วช. ผ่าน สวพ.มก.)

7.2.18 การสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านเอนไซม์ไทโรซิเนสจากใบดาหลา (2553 แหล่งทุน เอกชน)

7.2.19 การแยกและคัดเลือกแบคทีเรียผลิตพอลิเมอร์ชีวภาพ พอลิอัลคาโนเอต (PHAs) จากของเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม (2553แหล่งทุน เอกชน)

7.2.20 การแยกและคัดเลือกแบคทีเรียผลิตเอนไซม์ไลเปส จากน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม (2553 แหล่งทุน เอกชน)

7.2.21 ผลของการใช้สารสกัดใบสบู่ดำต่อการต้านกิจกรรมของยุงลาย (2553 แหล่งทุน: วช. ผ่าน KU Biodiesel)

7.2.22 การผลิตเพคตินจากเปลือกกล้วยน้าว้าเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร (2011 แหล่งทุน: เอกชน)

7.2.23 การเก็บ รักษากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดมะรุมด้วยการห่อหุ้มด้วยอัลจีเนตร่วมกับไคโตแซน (2011 แหล่งทุน: เอกชน)

7.2.24 ผลของเส้นใยขัดฟันจากพอลิแลคติกแอซิดเคลือบสารสกัดจากใบฝรั่งต่อ *Streptococcus mutans* และ *Streptococus sanguinis* (2011 แหล่งทุน: เอกชน)

7.2.25 การพัฒนาเม็ดสีธรรมชาติจากเปลือกเงาะและเปลือกแก้วมังกรสำหรับพลาสติกชีวภาพ (2556 แหล่งทุน: วช. ผ่าน สวพ.มก.)

7.2.26 20 การใช้สารสกัดข่าในพลาสติกย่อยสลายได้จากพอลิแลคติกเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์สำหรับ ผลิตภัณฑอาหารทะเลแช่แข็ง (2012 แหล่งทุน: เอกชน และ วช. ผ่าน สวพ.มก.)

7.2.27 การสกัดแทนนินจากเปลือกเงาะและการประยุกต์ใช้ในถุงพลาสติกชีวภาพจากพอลิแลคติก (2012 แหล่งทุน: เอกชน และ วช. ผ่าน สวพ.มก.)

7.3 ผู้ร่วมโครงการวิจัย

7.3.1 องค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ต้านจุลชีพจากสารสกัดสบู่ดำ (2548-2550 แหล่งทุน: สกว. ผ่าน คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3.2 การจัดการพืชพลังงานแบบครบวงจรในพื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามัน (2552-2554 แหล่งทุน: สวพ. มก)

7.3.3 การจัดการลำต้นปาล์มน้ำมันแบบไร้ของเสีย (2554 แหล่งทุน: สวพ. มก)

7.3.4 การศึกษาการดกแต่งผ้าไหมด้วยสมุนไพรไทยโดยสารประกอบเชิงซ้อนเบต้าไซโคลเด็กซ์ตริน (2554 แหล่งทุน: สวพ. มก)

8. ผลงานวิจัย

Special problem and Dissertations

1. ปัญหาพิเศษ ระดับปริญญาตรี เรื่อง การหมักเทมเป้ด้วยเชื้อจุลินทรีย์ผสมในถาด
2. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท เรื่อง การหมักโกโก้ด้วยจุลินทรีย์ที่คัดเลือกได้
3. Ph.D. Dissertation: Characterization and immobilization of lipase from Pseudomonas sp. KLB1; modification of crude palm oil by acidolysis reaction

Publications

1. Bhumibhamon, O. and **J. Jinda**. 1996. Cocoa Fermentation I: Identification and metabolites study of natural cocoa fermentation microorganisms. Kasetsart J. (Nat. Sci.). 30:64-73.
2. Bhumibhamon, O. and **J. Jinda**. 1997. Cocoa Fermentation II: Effect of enzyme pectinase on natural cocoa fermentation. Kasetsart J. (Nat. Sci.). 31:206-212.
3. Bhumibhamon, O. and J. Jinda. 1997. Cocoa Fermentation III: Improvement of cocoa fermentation by inoculated with selected mixed culture in laboratory and farm trial. Kasetsart J. (Nat. Sci.). 31:327-341.
4. Bhumibhamon, O. and **J. Jinda**. 1997. Cocoa Fermentation IV: Chemical properties and Sensory evaluation in Mix-culture fermented Cocoa. Kasetsart J. (Nat. Sci.). 31:491-428.
5. **Jinda, J.** 2002. Selection and study on lipase-producing bacteria from rotten oil palm fruit. Research Report. Private University Division. Commission on Higher Education. Bangkok. Thailand.
6. Bhumibhamon, O., **J. Jinda** and S. Fungthong. 2003. Isolation and characterization of *Pseudomonas* sp. KLB1 lipase from high fat wastewater. Kasetsart J. (Nat. Sci.). 37:176-185.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. **Jinda, J.,** O. Bhumibhamon, W. Vanichsriratana, and A. Engkakul. 2003. Sol-gel of rice husk ash: Entrapment of alkaliphilic lipase from *Pseudomonas* sp. KLB1. Kasetsart J. (Nat. Sci.). 37:186-196.
8. **Jinda, N.** 2005. Lipase I: Source and Industrial Utilization. J. of UTCC. 24(3):20-34.
9. **Jinda, N.** and S. Phunthong. 2006. Lipase: production and physico-chemicals properties. J. of UTCC. 26(2):114-131.
10. Jinda, N. and T. Paniticharoenwong. 2016. The isolation and screening of polyhydroxylalkanoates producing bacterial from waste water and soil from palm oil manufacturing plant. Journal of Biotechnology **14**(1A): 547-555.

Presentation

1. Bhumibhamon, O., **J. Jinda.** 1993. Production of Cocoa to Earning Income for Farmer. In the 50th Annual Kasetsart Uiniversity Symposium (1- 5 February 1993), Kasetsart Uiniversity, Bangkok.
2. Bhumibhamon, O., **J. Jinda**, B. Laepet, and P. Naka. 1997. Cocoa Fermentation III: Improvement of cocoa fermentation by inoculated with selected mixed culture in laboratory and farm trial, p.269. In Abstracts on The proceedings of the 35th Kasetsart University Annual Conference (Subject: Agro-Industry). Kasetsart University, Bangkok.
3. Bhumibhamon, O., B. Laepet, **J. Jinda**, and P. Naka. 1997. Cocoa Fermentation IV: Evaluation on quality of mixed culture fermentation of cocoa. p.270. Proceedings of the 35th Kasetsart University Annual Conference (Subject: Agro-Industry). Kasetsart University, Bangkok.
4. Bhumibhamon, O., P. Naka, **J. Jinda,** and B. Laepet. 1998. Improvement of Cocoa Fermentation by Mixed Culture. p. Proceedings of 36nd Kasetsart University Annual Conference (Subject: Agro-Industry). Kasetsart University, Bangkok.
5. Bhumibhamon, O., P. Naka, **J. Jinda,** and B. Laepet. 1999. Improvement of Cocoa Fermentation by Mixed Micro-organisms. *In* the 1st Symposium on Technology to ANDAMAN (19-21 December 1999). Krabi. Thailand.
6. Bhumibhamon, O. and **J. Jinda**. 2003. Hydrolysis characteristics of alkaline lipase from *Pseudomonas* sp. KLB1. p. 209-218. Proceedings of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

41st Kasetsart University Annual Conference (Subject: Agro-Industry). Kasetsart University, Bangkok.

7. **Jinda, J.,** O. Bhumibhamon, W. Vanichsriratana, A. Ingkakul, and S. Pakpan. 2003. Feasibility of *Mucor Javanicus* lipase catalyzed replacement in triacylglycerol of crude palm oil with oleic acid, pp. 516-526. Proceedings of the 5th Agro-Industrial Conference THAIFEX & THAIMEX 2003 on Innovation of Health Food Products (Subject:Food Biotechnology/ Fermentation). July 30-31, 2003. King Mongkung Institute of Technology Ladkrabang, BITECH, Bangkok.
8. Bhumibhamon, O., **J. Jinda**, W. Vanichsriratana, and A. Ingkakul. 2003. The catalysis of the lipase from *Pseudomonas* sp. KLB1 for the acidolysis of crude palm oil and oleic acid. p.205. Proceedings of Symposium on The BioThailand 2003: Technology for Life (Subject: Enzyme and protein technology). Pattaya. Thailand.
9. **Jinda, N.** 2005. Effect of Ammonium Sulphate Concentration on the Immobilization of *Candida rugosa* and *Mucor javanicus* Lipase. p.152. Proceedings of the 1st International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products proceeding: oral presentation. March 22-25, 2005. Khon Kaen. Thailand.
10. **Jinda, N.** and T. Inpuk. 2005. Silica Content in Husk and Husk Ash from Variety Rice. p. 152. Proceeding of the 1st Conference on Research for North Eastern Part of Thailand. September 1-2, 2005. Mahasarakham University. Mahasarakham, Thailand.
11. **Jinda, N.** 2005. Effect of oil palm leaf ash and extract on the activity of lipase from *Mucor javanicus*. p.109. Proceedings of the 31st Congress on Science and technology of Thailand. October 18-20, 2005. Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima. Thailand.
12. **Jinda, N.,** O. Bhumibhamon, and A. Ingkakul. 2005. Immobilization of *Pseudomonas* sp. KLB1 Lipase on Rice Husk Ash and on Rice Husk Ash Xerogel. p. 156. Proceedings of International Symposium on The BioThailand 2005: Innovative Biotechnology (Subject: Enzyme and protein technology). November 2-5, 2005. Queen Sirikit National Convention Center. Bangkok. Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. **Jinda, N.,** N. Chantrarak, and S. Chunhakan. 2006. Antimicrobial Extract from *Jatropha curcus* L. In Kasetsart Symposium "On Research Road, Kasetsart University". January 27- February 4, 2006. Kasetsart University. Bangkok. Thailand.

14. **Jinda, N.,** and C. Chaipattanapuk. 2006.Extraction of Xanthophyll Carotenoids and Pyretrin from Marigold by Cellulase. In The 7th National Seminar on Pharmaceutical Biotechnology "Innovation: Applications of Nanotechnology in Pharmaceuticals, Cosmetics and Natural Products". 9- 11 August 2006. Chaing Mai University, Chaing-Mai, Thailand.

15. **Jinda, N.,** P. Chunhapimon, and C. Chaipattanapruk. 2007. Xanthophylls from marigold by cellulose and lipase extraction. p.90. Proceedings of the 2nd International Conference on Fermentation Technology for Value ed Agricultural Products proceeding: Poster presentation. May 23-26, 2007. Khon Kaen. Thailand.

16. เกสรี วารีรัตนนุกูล, จันจิรา จันทร์โฉม, พรพรรณ ศรีพงษ์พันธุ์กุล, และ ณกัญ ภัทร จินดา .2550. ไดรกลีเซอไรด์และสมบัติไบโอดีเซลบางประการจากน้ำมันเมล็ด สบู่ดำดิบ. โปสเตอร์หมายเลข P05. ใน การประชุมวิชาการสบู่ดำแห่งชาติครั้งที่ 1. 29-30 พฤษภาคม 2550. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

17. **Jinda, N.,** N. Chantrarak, and P. Chunhapimol. 2007. Antimicrobial activity of *Jatropha curcus* extract. P. 379. Proceeding of The 21st Pacific Science Congress, PSC "Diversity and Change:Challenges and Opportunities for Managing Natural and Social Systems in Asia-Pacific"Proceeding: Poster No. 4-8-4. 12-18 June 2007. Okinawa Convention Center, Okinawa, Japan.

18. Chunhakant, S., **N. Jinda,** and W. Chavasiri. 2007. Antibacterial Activity of The Extracts from *Jatropha curcas* Linn. Proceeding of The 5th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology. p. 77. Nov. 1-3, 2007 .Khon Kaen University, Nong Khai Campus, Nong Khai, Thailand.

19. Chunhakant,S., **N. Jinda,** and W. Chavasiri. 2007. Antibacterial Activity of The Extract from The Leaves of *Jatropha curcas* Agaist Livestok

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dermatosis. Proceeding of The 12th Biological Sciences Graduate Congress. P. University of Malaya, 17-19 December 2007. Malaysia.

20. **Jinda, N.**, S. Ngamprasit, C. Chanchom, P. Sripongpankul, K. Wareeratananukul, and T. Mulika. 2008. Oil and Fatty acid content, Triacylglycerol Distribution, and Its Methyl Ester Produced by Methanolysis Catalyzed by Lipase. Proceeding of The BIT's 1st Annual World Congress of ibio-2008, p. 278.. May 18-21, 2008. Hangzhou, China.
21. Naiyana Rattanapiboon and Nakanyapatthara Jinda. 2012. Antioxidants in rice bran oil from Sangyod breeding rice and application in cream-gel. Poster presentation in The 4th International Conference on Natural Products for Health and Beauty "Future Trends in Health Products: Safety and Effectiveness for All" November 28-30, 2012. Chiang Mai Orchid Hotel, Chiang Mai, Thailand.
22. กมลภัทร ติยวณางค์กุล และ ณกัญภัทร จินดา. 2556. กิจกรรมต้านการเจริญของแบคทีเรียก่อให้เกิดคราบพลัคของสารสกัดจากใบฝรั่งกิมจู. น. 3 ใน รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติของมหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรฒ ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรฒ. กรุงเทพฯ.
23. Watcharaporn Sripor and Nakanyapatthara Jinda. 2013. Antibacterial activity of Alpinia galangal essential oil on food-borne bacteria from frozen seafood. Poster presentation In The Interconference : The 15th Foon Innovation Asia Conference, 13th-14th June 2013, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand.
24. Charinton Molee and Nakanyapatthara Jinda. 2013. Rambutan tannin extraction for biopolymer dye. Poster presentation In The Interconference : The 15th Food Innovation Asia Conference, 13th-14th June 2013, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand.
25. Nakanyapatthara Jinda, Araya Ananpongsuka, and Thanida Mulika. 2014. The effect of the extract from *jatropha curcus* leaf on chikungunya and larvae of *Aedes aegypti.* Poster presentation In TSB International Forum 2014, September 16-19, 2014. BITEC, Bangkok, Thailand.
26. Nakanyapatthara Jinda and Naiyana Rattanapiboon. 2014. Antioxidants in oil from sangyod rice bran and its application in cream-gel. Poster

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

presentation (P35) In The 2014 Oils and Fats International Congress (OFIC) "Global Oils & Fats :Addressing Major Challenges" , 5th-7th November, 2014. Kualalumpur Convention Center, Malaysia.

27. Nakanyapatthara Jinda, Jiraporn Khongkapan and Phattharamat Katcharone 2015. Effect of some grilled foods on the antioxidant activity of papaya salad (Som Tum). Poster presentation In The 25th Taksin University National Conference "Thai research: A vision of futurity". 10th -12th June, 2015. Taksin University, Songkla, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้