การพัฒนาผงหุงข้าวสำเร็จรูปเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าวเสาไห้

DEVELOPMENT OF RICE COOKING INSTANT POWDER FOR IMPROVING THE SAO HAI RICE QUALITY

วรรณวิภา โคกครุฑ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การพัฒนาผงหุงข้าวสำเร็จรูปเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าวเสาไห้

วรรณวิภา โคกครุฑ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาผงหุงข้าวสำเร็จรูปเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าวเสาไห้
	Development of Rice Cooking Instant Powder for Improving the Sao Hai Rice Quality
ชื่อ – นามสกุล	นางสาววรรณวิภา โคกครุฑ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, ปร.ด.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนัน ปานสาคร, Ph.D.
ปีการศึกษา	2559

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์สุภา จุฬคุปต์, Ph.D.)

.....กรรมการ
(อาจารย์วินิตชาญ รื่นใจชน, วท.ด.)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนัน ปานสาคร, Ph.D.)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, ปร.ด.)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(อาจารย์จีรวัฒน์ เหรียญอารีย์, คศ.ม.)
วันที่ 14 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาผงหุงข้าวสำเร็จรูปเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าวเสาไห้
ชื่อ – นามสกุล	นางสาววรรณวิภา โคกครุฑ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, ปร.ด.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนัน ปานสาคร, Ph.D.
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลชีววิทยา ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหุง ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และศึกษาต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

วิธีการวิจัย สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ปัจจัยที่ศึกษามี 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ (120 130 และ 140 องศาเซลเซียส) และอัตราในการหมุนของลูกกลิ้ง (1 และ 2 รอบ/นาที) วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD แล้วทำการคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสม หลังจากนั้นนำผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ที่ผลิตจากสภาวะที่เหมาะสม มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว ปัจจัยที่ศึกษามี 3 ปัจจัย คือ ปริมาณผงสำเร็จรูป (ร้อยละ 10 และ 15) เวลาในการแช่ข้าวสาร (20 และ 30 นาที) และวิธีการหุงข้าว (หม้อหุงข้าวไฟฟ้าและลังถึง) วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จากนั้นศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่หุงด้วยผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้ผู้บริโภค จำนวน 100 คน และทดสอบการยอมรับด้านการนำไปใช้ด้วยวิธี Home – use Tests จำนวน 20 ครัวเรือน และศึกษาต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

ผลการวิจัย พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง คือ ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส และอัตราในการหมุนของลูกกลิ้ง 2 รอบ/นาที คุณภาพผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ พบว่า คุณภาพทางกายภาพ ค่า a_w เท่ากับ 0.26 คุณภาพทางเคมี ค่าปริมาณอะไมโลส ร้อยละ 5.81 ค่าปริมาณอะไมโลเพคติน ร้อยละ 94.19 และคุณภาพทางจุลินทรีย์ มีปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์และรา น้อยกว่า 10 CFU/g สภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว คือ ปริมาณผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ร้อยละ 10 เวลาในการแช่ข้าวสารที่ระดับ 30 นาที และหุงข้าวด้วยลังถึง จากศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่หุงด้วยผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าว มีความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบมาก และต้นทุนในการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เท่ากับ 993.11 บาท (1,000 กรัม)

คำสำคัญ: การทำแห้ง ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

Thesis Title	Development of Rice Cooking Instant Powder for Improving the Sao Hai Rice Quality
Name – Surname	Miss Wanvipa Kokkrut
Program	Home Economics Technology
Thesis Advisor	Assistant Professor Orawan Oupathumpanont, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Assistant Professor Sunan Parnsakhorn, Ph.D.
Academic Year	2016

ABSTRACT

This research aimed to study the optimum drying condition for making instant powder; the physical chemical and biological quality of the instant powder; the optimum condition for cooking; the consumers' acceptance and the cost of instant powder production for Sao Hai Rice cooking.

Drum drying was employed under two different factors: the temperature and the rotation to study the optimum drying condition. This was carried out at different temperatures of 120 ^{o}C, 130 ^{o}C and 140 ^{o}C, with different drum rotations at 1 and 2 rpm. The experimental design was Factorial in CRD from which the appropriate experiment result was selected. The efficiency of the appropriate instant powder was then analyzed in terms of its physical and chemical quality along with the microorganism for Sao Hai Rice cooking. Three factors were considered to study the cooking optimum condition i.e. the amount of instant powder (10% and 15%), rice soaking time (20 and 30 minutes), and the cooking method (using rice cooker and steamer pot). The experimental design was Factorial in CRD. A questionnaire was administered to 100 consumers asking for their acceptance on this powder and this was tested by 20 households for Home-use. In addition, its production cost of the instant powder was examined.

It was found that the optimum condition for drum drying was at the temperature of 130 ^{o}C, at 2 rpm. The results of instant powder quality showed that its physical quality of $a_w$was 0.26, amylose chemical quality was 5.81% with 94.19% of amylopectin while the microbial quality of microbial total viable and mold and yeast count was less than 10 CFU/g. The optimum cooking condition was 10% of instant powder for Sao Hai Rice cooking in the 30 minute-soaking time using steamer pot. Moreover, this instant powder was highly accepted by the consumers and its production cost was 993.11 Baht (1,000g).

Keywords: drying, instant powder for Sao Hai rice cooking, drum dryer

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีจากความกรุณาและความอนุเคราะห์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนัน ปานสาคร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ดร. สุภา จุฬคุปต์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร.วินิตชาญ รื่นใจชน ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี และบริษัท จาร์พา เท็คเซ็นเตอร์ จำกัด ที่ให้การสนับสนุนในการใช้ห้องปฏิบัติการ และเครื่องมือในการศึกษาวิจัยและทดสอบงานวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่สนับสนุนกำลังทรัพย์ และให้กำลังใจเป็นอย่างดี และขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการจัดทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

วรรณวิภา โคกครุฑ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ..... (5)

สารบัญ..... (6)

สารบัญตาราง..... (9)

สารบัญรูป..... (10)

บทที่ 1 บทนำ..... 11

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... 11

1.2 วัตถุประสงค์..... 12

1.3 สมมติฐานของการวิจัย..... 13

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 13

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 13

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 14

2.1 ข้าว..... 14

2.2 ข้าวเสาไห้..... 19

2.3 น้ำข้าว..... 22

2.4 การทำแห้ง..... 24

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 39

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย..... 42

3.1 วัตถุดิบ..... 42

3.2 อุปกรณ์..... 42

3.3 วิธีการทดลอง..... 43

3.4 ระยะเวลาในการทดลอง..... 49

3.5 สถานที่ทำการทดลอง..... 49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์ 50

4.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง 50

4.2 การทดสอบคุณภาพผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ 53

4.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว 55

4.4 การสำรวจการยอมรับของผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ 57

4.5 ศึกษาต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ 72

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 74

5.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง 74

5.2 การทดสอบคุณภาพผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ 74

5.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว 74

5.4 การสำรวจการยอมรับของผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ 75

5.5 การศึกษาต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ 76

5.6 ข้อเสนอแนะ 76

บรรณานุกรม 77

ภาคผนวก 81

ภาคผนวก ก วิธีการเตรียมน้ำหุงข้าวสำเร็จรูป 82

ภาคผนวก ข ขั้นตอนการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง 85

ภาคผนวก ค ขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ 87

ภาคผนวก ง แบบสอบถามความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคและแบบสอบถามการทดสอบการยอมรับด้านการนำไปใช้ของผู้บริโภคแบบ Home – use Tests 89

ภาคผนวก จ รายงานผลทดสอบและวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ 100

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ฉ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน..... 102

ภาคผนวก ช หนังสือตอบรับการนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มสธ. ครั้งที่ 6..... 108

ประวัติผู้เขียน..... 110

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสในข้าว	17
ตารางที่ 2.2	การแบ่งประเภทข้าวเจ้าตามความคงตัวแป้งสุก	18
ตารางที่ 2.3	การแบ่งข้าวที่อุณหภูมิแป้งสุก	18
ตารางที่ 3.1	สิ่งทดลองในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง	44
ตารางที่ 3.2	สิ่งทดลองในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว	47
ตารางที่ 4.1	ค่า Water Activity (a_w) และค่าสี L* a* b* ของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้	50
ตารางที่ 4.2	คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ ในผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้	53
ตารางที่ 4.3	ค่าความแข็งของข้าวสวย	55
ตารางที่ 4.4	ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้	56
ตารางที่ 4.5	ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	57
ตารางที่ 4.6	ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ของผู้ตอบแบบสอบถาม	59
ตารางที่ 4.7	ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้	62
ตารางที่ 4.8	ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	65
ตารางที่ 4.9	ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ของผู้ตอบแบบสอบถาม	67
ตารางที่ 4.10	ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้	68
ตารางที่ 4.11	คำนวณต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้	72

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	โครงสร้างของอะไมโลส	15
รูปที่ 2.2	โครงสร้างของอะไมโลเพคติน	16
รูปที่ 2.3	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวเสาไห้	21
รูปที่ 2.4	ผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนแป้งสดจากข้าวเสาไห้	22
รูปที่ 2.5	เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกประเภทต่างๆ	32
รูปที่ 3.1	การเตรียมน้ำหุงข้าวสำเร็จรูป	43
รูปที่ 3.2	น้ำหุงข้าวสำเร็จรูป	43
รูปที่ 3.3	ขั้นตอนการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง	45
รูปที่ 3.4	ขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้	48
รูปที่ 4.1	ค่าดัชนีการละลายน้ำของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้	52
รูปที่ 4.2	ค่าดัชนีการดูดซับน้ำของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้	52

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ข้าวมีบทบาทสำคัญหลายอย่างต่อสังคมไทยตั้งแต่เป็นอาหารไปจนถึงงาน เนื่องจากเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรในหลายพื้นที่โดยพื้นที่ถือครองทางการเกษตรกว่าร้อยละ 50 เป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าว ผลผลิตข้าวกว่าร้อยละ 55 ใช้บริโภคในประเทศ ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 45 ส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศทั่วโลกทั้งในลักษณะข้าวสารและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าว นำรายได้เข้าสู่ประเทศกว่า 210,338 ล้านบาท [1] แต่ปัจจุบันนี้ประเทศไทยประสบกับปัญหาปริมาณข้าวสต็อกที่อยู่ในเกณฑ์สูง ประกอบกับปริมาณการผลิตที่ยังอยู่ในเกณฑ์สูง จึงส่งผลทางจิตวิทยาต่อราคาข้าวในตลาดโลก และส่งผลต่อเนื่องถึงราคาข้าวในประเทศ ทำให้ราคาข้าวตกต่ำ ดังนั้น เพื่อเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นและเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวไทยที่ยังคงค้างอยู่ในสต็อก สามารถทำได้หลายวิธีคือ ในด้านการผลิตก็สามารถบริหารจัดการพื้นที่ปลูกข้าว โดยจัดพื้นที่ทำนาให้เพียงพอ กำหนดเขตปลูกข้าวตามความเหมาะสม ส่งเสริมและสนับสนุนให้แรงจูงใจในการทำเกษตรอินทรีย์ ลดการใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมี ส่งเสริมให้มีการวิจัยพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพ ปรับปรุงพันธุ์ข้าวการค้าให้ตอบสนองปุ๋ยอินทรีย์ ปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้เหมาะสมกับพื้นที่ ตลาด และฤดูกาล สำหรับในด้านการตลาดก็ให้มีการควบคุมการแปรรูปจากข้าวเปลือกเป็นข้าวสารต้องแยกตามสายพันธุ์ วิเคราะห์หาปริมาณความต้องการของผู้บริโภคภายในประเทศ และต่างประเทศ แยกความแตกต่างทางการตลาดของข้าวสารชนิดต่างๆ ตามประเภทของตลาด และสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศนิยมบริโภคข้าวหอมมะลิ เนื่องจากข้าวหอมมะลิเป็นข้าวที่มีคุณภาพสูง มีความหอมและความนุ่มและมีปริมาณอะไมโลส ร้อยละ 10 – 19 ซึ่งปริมาณอะไมโลสเป็นตัวแปร ทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น และทำให้ข้าวนุ่มน้อยลง [2] ส่งผลให้ข้าวหอมมะลิเป็นที่นิยมของผู้บริโภค จึงมีราคาค่อนข้างสูงกว่าข้าวชนิดอื่นในท้องตลาด เช่น ข้าวเสาไห้ ข้าวขาวตาแห้ง เป็นต้น สำหรับข้าวเสาไห้และข้าวขาวตาแห้ง เมื่อนำมาหุงรับประทานแล้วนั้น จะเป็นข้าวที่หุงขึ้นหม้อไม่บูดง่าย และไม่เหนียวติดกัน เนื่องจากข้าวเสาไห้มีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 20 – 25 ทำให้ข้าวเมื่อหุงสุกและจะได้ข้าวสวยที่มีลักษณะทางกายภาพร่วน ค่อนข้างแข็งกระด้าง เมื่อเคี้ยวสามารถสัมผัสได้ถึงเนื้อข้าว [3] กว่าข้าวหอมมะลิ จึงไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคเท่าที่ควร ส่งผลให้ราคา

ข้าวเสาไห้ค่อนข้างต่ำ แต่เนื่องจากการดำรงชีวิตทุกวันนี้มีค่าครองชีพสูงอาจทำให้ผู้มีรายได้ระดับปานกลาง - ต่ำ ไม่สามารถบริโภคข้าวหอมมะลิได้ [4]

ในปัจจุบันมีการแปรรูปข้าวเสาไห้เป็นผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนแป้งสด มีความเหมาะสมที่จะนำมาทำเป็นเส้นขนมจีน ลักษณะเส้น สี ความเหนียวของเส้นขนมจีนมากกว่าข้าวทั่วไป ซึ่งในอนาคตอาจแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เส้นต่างๆ เช่น ก๋วยเตี๋ยว มักกะโรนี สปาเกตตี้ อุด้ง ฯลฯ เนื่องจากเนื้อแป้งของข้าวเสาไห้นี้มีใยสูงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เส้นที่ดีไม่ยุ่ยหรือขาดง่าย ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเสาไห้ และในปัจจุบันการปรับปรุงพันธุ์ข้าวก็มีหลายวิธี อาทิเช่น การปรับปรุงพันธุ์ข้าวทางพันธุกรรมโดยก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกรรมพันธุ์ เพื่อให้ได้ข้าวสายพันธุ์ใหม่ที่ทนทานต้านต่อโรคและแมลง ทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีปัญหา มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงขึ้น และมีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ดี ทั้งนี้เมื่อได้ผลผลิตที่ดีแล้ว ผลผลิตของข้าว แต่ละชนิดพันธุ์เมื่อนำมาประกอบอาหารก็จะให้รสชาติที่แตกต่างกันออกไป [1] ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพของข้าวก็เป็นอีกวิธีที่ง่ายที่สุดในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ข้าวได้ อาทิเช่น ข้าวกึ่งสำเร็จรูปกลิ่นใบเตย ข้าวเคลือบสมุนไพร เป็นต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพของข้าวเสาไห้ ให้มีความนุ่ม น่ารับประทานมากขึ้น โดยคำนึงถึงผู้บริโภคที่มีรายได้ระดับปานกลาง – น้อย ให้สามารถบริโภคข้าวที่มีคุณภาพทางกายภาพที่ดีได้ด้วย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นว่า การพัฒนาผงหุงข้าวสำเร็จรูปเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าวเสาไห้ เพื่อทำให้เมล็ดข้าวเสาไห้ มีความนุ่มขึ้น มีกลิ่นหอมขึ้น เมล็ดข้าวเกาะตัวกันพอสมควร น่ารับประทาน และเพิ่มผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ เพื่อให้กลุ่มผู้บริโภคที่มีรายได้ปานกลาง - น้อย สามารถบริโภคข้าวสวยที่มีลักษณะของข้าวที่นุ่มขึ้น และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเสาไห้ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

1.2.2 เพื่อทดสอบคุณภาพผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้และสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว

1.2.3 เพื่อสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

1.2.4 เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ข้าวเสาไห้ที่หุงด้วยผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้มีคุณลักษณะทางกายภาพที่ดีกว่าข้าวเสาไห้ธรรมดา

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ทดสอบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ และสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว และสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ รวมทั้งศึกษาต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

1.5.2 ได้ทราบถึงคุณภาพผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้และสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว

1.5.3 ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นที่ต้องการและยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเสาไห้

1.5.4 ได้ทราบถึงต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาผงหุงข้าวสำเร็จรูปเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าวเสาไห้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เพื่อทดสอบคุณภาพผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้และสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว เพื่อสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ รวมทั้งเพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยมีการตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังสาระสำคัญต่อไปนี้

2.1 ข้าว

2.2 ข้าวเสาไห้

2.3 น้ำข้าว

2.4 การทำแห้ง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว

2.1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าว [5]

ข้าวเป็นธัญชาติชนิดหนึ่ง ซึ่งได้มาจากเมล็ดของพืชพวกหญ้าในวงศ์ Gramineae มีลำต้นเป็นไม้เนื้ออ่อน เป็นพืชล้มลุกมีอายุหนึ่งปี (Annual Grass) มีใบชนิดใบเลี้ยงเดี่ยว (Monocotyledon) มีรากเป็นระบบฝอย (Fibrous Root System) สามารถเจริญเติบโตได้ในลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างกันทั้งในเขตร้อน (Tropical Zone) และเขตอบอุ่น (Temperate Zone) ตั้งแต่พื้นที่น้ำท่วมสูงไปจนถึงพื้นที่สูงตามไหล่เขา ทำให้เกิดความหลากหลายของข้าวชนิดต่าง ๆ ที่แพร่กระจายไปทั่วโลกอย่างน้อย 23 ชนิด ข้าวมีเพียง 2 ชนิด ที่มนุษย์ปลูกเพื่อบริโภค คือ ข้าวเอเชีย (*Oryza Sativa Linn.*) และข้าวแอฟริกา *(Oryza Glaberrima Steud)* อย่างไรก็ตามสามารถจำแนกชนิดของข้าวตามสภาพพื้นที่และภูมิอากาศของแหล่งปลูกข้าว ได้ดังนี้

2.1.1.1 กลุ่มข้าวอินดิกา ซึ่งเป็นข้าวเมล็ดยาว หรือยาวปานกลาง ปลูกทั่วไปบริเวณเขตร้อน เช่น ไทย อินเดีย และฟิลิปปินส์ เป็นต้น

2.1.1.2 กลุ่มข้าวจาปอนิกา ซึ่งเป็นข้าวเมล็ดสั้น ปลูกทั่วไปบริเวณเขตกึ่งร้อน เขตอบอุ่น และเขตที่มีอากาศเย็น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี และจีนตอนเหนือ เป็นต้น

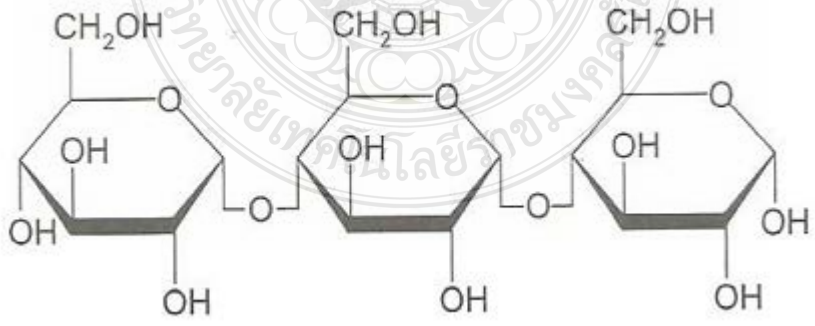
2.1.1.3 กลุ่มข้าวจาวานิกา ซึ่งเป็นข้าวที่มีลักษณะอยู่ระหว่างข้าวอินดิกาและจาปอนิกา เมล็ดสั้น ปลูกทั่วไปบริเวณเส้นศูนย์ เช่น อินโดนีเซีย และพม่า เป็นต้น

ข้าวที่ปลูกกันในประเทศไทย มี 2 ชนิด คือ ข้าวเหนียว และข้าวเจ้า ข้าวเหนียว มีลักษณะเนื้อของเมล็ดข้าวสารสีขาวขุ่น เมื่อนำมานึ่งให้สุกข้าวจะจับตัวกันติดแน่น เหนียวติดมือ เรียกว่า ข้าวเหนียว เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อเมล็ดข้าว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรต ประเภทสตาร์ช (Starch) ประกอบด้วย อะไมโลเพคติน (Amylopectin) เกือบทั้งหมด ร้อยละ 90 – 100 ที่ให้ลักษณะเหนียวแก่ข้าวเหนียว ในขณะที่ข้าวเจ้ามีลักษณะเนื้อของเมล็ดข้าวสารใส เมื่อหุงหรือนึ่งจนสุก ข้าวสุกจะไม่เกาะติดกัน จะร่วน สีขาวขุ่น เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อเมล็ดข้าวที่เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทสตาร์ช (Starch) ที่ประกอบด้วยอะไมโลเพคติน และอะไมโลส ปริมาณอะไมโลเพคติน และอะไมโลส มีผลต่อลักษณะเนื้อข้าวสุก ทำให้มีความร่วน แข็ง หรือนุ่มต่างกัน โดยถ้ามีปริมาณอะไมโลสต่ำ ข้าวสุกจะนุ่ม มีความเหนียว แต่ถ้ามีปริมาณอะไมโลสสูงขึ้น ก็จะมีความร่วน และแข็งเพิ่มขึ้น

2.1.2 องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าว

ในเมล็ดข้าวมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ ประมาณร้อยละ 80 - 90 โดยน้ำหนัก และมีโปรตีน ประมาณร้อยละ 5 - 14 (ข้าวส่วนใหญ่มีโปรตีนร้อยละ 6 - 8) ทำให้ข้าวแต่ละพันธุ์มีคุณภาพข้าวสุกแตกต่างกัน แป้งข้าวมีส่วนประกอบย่อย 2 ส่วน คือ

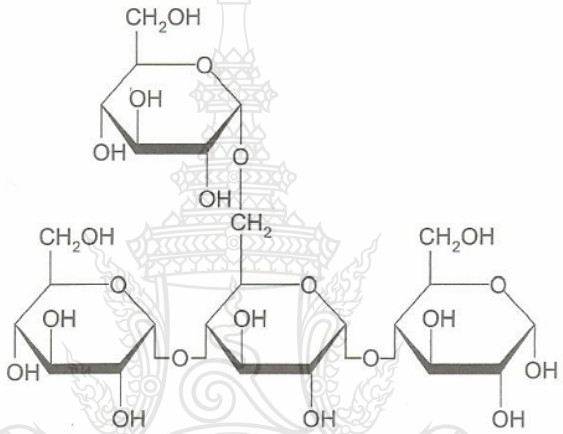
2.1.2.1 อะไมโลส (Amylose) เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (Glucosidic Linkage) ชนิดแอลฟา -1,4 (α -1,4) [6] ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของอะไมโลส
ที่มา : [6]

เมื่อย้อมสีด้วยสารละลายไอโอดีนจะมีสีน้ำเงิน เมื่อทำให้สุกในน้ำเดือดและทำเย็นเกิดการคืนตัวเป็นของแข็ง ทำให้ความสามารถในการละลายน้ำลดลง และมีผลให้ข้าวสุกร่วนและแข็งกระด้างมากขึ้น ในแป้งข้าวจะมีอะไมโลสเป็นส่วนรอง โดยอยู่ปะปนกับอะไมโลเพคติน

2.1.2.2 อะไมโลเพคติน เป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิด α -1,4 และส่วนที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้น มีขนาดโมเลกุล (DP) อยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิด α -1,6 [6] ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน
ที่มา : [6]

เมื่อย้อมสี ด้วยสารละลายไอโอดีนจะเป็นสีน้ำตาลแดง (Red Brown) และเป็นส่วนที่ทำให้ข้าวสุกเหนียวติดกัน [7]

2.1.3 คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าว [8]

คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าว คือ คุณสมบัติต่างๆ ของเมล็ดข้าวที่สามารถมองเห็นด้วยตา หรือชั่ง ตวง วัดได้ ดังนี้

2.1.3.1 ความขาวของข้าวสาร ความขาวของข้าวสารขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับของการสี อายุการเก็บข้าว ข้าวที่เก็บไว้นานมีสีคล้ำกว่าข้าวใหม่ พบว่าข้าวสารที่มีโปรตีนสูงจะมีสีคล้ำกว่าข้าวสารที่มีโปรตีนต่ำ

2.1.3.2 ขนาดและรูปร่าง ข้าวแต่ละพันธุ์มีความกว้าง ความยาว ความหนาและความสั้นหรือการเรียงของเมล็ดข้าวแตกต่างกัน ข้าวสายพันธุ์อินดิกา จะมีรูปร่างเมล็ดเรียว ค่อนข้างสั้น ข้าวสายพันธุ์จาปอนิกามีเมล็ดกว้างและหนา และสายพันธุ์จาวานิกา มีเมล็ดสั้นและกลม

2.1.4 คุณภาพของเมล็ดข้าวทางเคมี

คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี (Chemical Quality of Rice) เป็นคุณสมบัติที่ไม่สามารถพิจารณาจากลักษณะภายนอกได้ จะต้องวิเคราะห์จากคุณภาพทางเคมี เมล็ดข้าวเมื่อนำไปหุงต้มข้าวแต่ละพันธุ์จะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ขึ้นกับองค์ประกอบ [5] ดังนี้

2.1.4.1 ปริมาณอะไมโลส แป้งข้าวจะมีปริมาณอะไมโลเพคตินมากกว่าอะไมโลส แต่โดยทั่วไปมักนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยถืออะไมโลส เป็นหลัก ทั้งนี้อะไมโลสมักมีความหมายว่าส่วนที่เหลือของแป้งเป็นอะไมโลเพคติน อัตราส่วนอะไมโลสและอะไมโลเพคตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณลักษณะแตกต่างกัน ข้าวที่มีอะไมโลสสูง ในระหว่างการหุงต้มจะดูดน้ำได้มากกว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ ปริมาณอะไมโลสทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลง หรือร่วนมากขึ้น ข้าวที่มีอะไมโลสสูงเมื่อหุงต้มสุก จึงร่วนกว่าและแข็งกว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ ข้าวเหนียวเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (ร้อยละ 0 - 2) เมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกจะเหนียวมาก ส่วนข้าวเจ้าเนื่องจากมีจำนวนหลายพันธุ์ เมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกจะแตกต่างกัน ซึ่งแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสในข้าว [7] ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสในข้าว

ประเภทข้าว	ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละ)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0 – 2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้า		
- ข้าวอะไมโลสต่ำ	10 – 19	เหนียว – นุ่ม
- ข้าวอะไมโลสปานกลาง	20 – 25	ค่อนข้างร่วนไม่แข็ง
- ข้าวอะไมโลสสูง	26 - 34	ร่วน แข็ง

ที่มา : [7]

2.1.4.2 ความคงตัวของแป้งสุก (Gel Consistency) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสเท่ากันเมื่อหุงต้มอาจจะมีความแข็งของข้าวสุกแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกันดังนั้น ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน

เมื่อหุงต้มข้าวสุกที่ได้จะมีความนุ่มกว่าข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง ถ้าข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีปริมาณอะไมโลสใกล้เคียงกัน ซึ่งแบ่งประเภทข้าวเจ้าตามความคงตัวแป้งสุก [5] ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การแบ่งประเภทข้าวเจ้าตามความคงตัวแป้งสุก

ประเภทของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มม.)
แข็ง (Hard)	26 – 40
ปานกลาง (Medium)	41 – 60
อ่อน (Solf)	61 –100

ที่มา : [7]

2.1.4.3 อุณหภูมิแป้งสุก (Gelatinization Temperature) เป็นอุณหภูมิที่ทำให้แป้งกลายเป็นเจล อุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้มโดยทั่วไป การหุงต้มข้าวจะใช้เวลา 13 - 24 นาที ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงจะใช้เวลาในการหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ซึ่งการแบ่งข้าวที่อุณหภูมิแป้งสุก [5] ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การแบ่งข้าวที่อุณหภูมิแป้งสุก

อุณหภูมิแป้งสุก (องศาเซลเซียส)	ประเภทอุณหภูมิแป้งสุก	การสลายเมล็ดใน KOH ร้อยละ 1.7
ต่ำกว่า 70	ต่ำ	6-7
70-74	ปานกลาง	4-5
74.5-79	สูง	1-3

ที่มา : [7]

2.1.4.4 อัตราการยืดตัวของข้าวสุกต่อข้าวดิบ (Elongation Ratio) ในระหว่างการหุงต้มเมล็ดข้าวจะขยายตัวโดยรอบโดยเฉพาะด้านยาว ข้าวบางพันธุ์สามารถยืดตัวได้มาก การที่เมล็ดข้าวขยายตัวได้มากทำให้เนื้อภายในโปร่งขึ้น ไม่อัดแน่นและช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น [5]

2.1.4.5 กลิ่นหอม (Aroma) เป็นลักษณะประจำพันธุ์ ข้าวที่มีกลิ่นหอมเนื่องจากภายในเมล็ดมีสาร 2-acetyl-1-pyrroline ในข้าวหอมพันธุ์ต่างๆ จะมีสารนี้ประมาณ 0.04 - 0.09 ไมโครกรัม/กรัม [8]

2.1.4.6 ปริมาณโปรตีน (Protein Content) โปรตีนจะเป็นตัวขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว และมีส่วนทำให้ระยะเวลาการหุงต้มข้าวให้สุกนานขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เมล็ดแกร่งขึ้น ขัดสีออกได้ยาก ข้าวที่มีโปรตีนสูงอาจจะมีสีคล้ำกว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำ ข้าวที่มีโปรตีนสูงจะทำให้ความเหนียวของข้าวลดลงด้วย [7]

2.2 ข้าวเสาไห้

ข้าวเสาไห้มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza Sativa L.* ซึ่งได้มาจากเมล็ดของพืชพวกหญ้าในวงศ์ Gramineae เป็นข้าวพื้นเมืองที่มีการปลูกที่อำเภอเสาไห้มานานแล้ว เล่ากันว่าเจ๊กเชยพ่อค้าข้าวชาวจีนได้นำเอาข้าวจากบ้านสะแกกรัง เมืองอุทัยธานี (บ้านสะแกกรังนี้เดิมเป็นท่าข้าวที่สำคัญในอดีต) มาปลูกที่อำเภอเสาไห้ โดยที่ไม่ทราบพันธุ์ ข้าวที่นำมาปลูกนี้มีคุณภาพการหุงต้มที่ดีเป็นที่ถูกใจของผู้บริโภค ทำให้ชื่อเสียงของข้าวเสาไห้เป็นที่รู้จักกันในเรื่องของคุณภาพข้าวที่ดี แต่เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกไม่ทราบชื่อข้าวพันธุ์นี้ จึงเรียกข้าวพันธุ์นี้ว่า “เจ๊กเชย” ตามชื่อของเจ๊กเชยผู้นำข้าวพันธุ์นี้มาปลูก แต่อย่างไรก็ตามมีบางกระแสก็ว่าข้าวพันธุ์นี้ไม่ได้มาจากที่อื่น แต่เป็นข้าวพันธุ์ท้องถิ่นที่กำเนิดที่เสาไห้มาตั้งแต่ดั้งเดิม ข้าวเสาไห้ตามคำจำกัดความของนักวิชาการ หมายถึง ข้าวขาวที่มีคุณภาพการหุงต้มที่ค่อนข้างร่วน ขึ้นหม้อ และไม่ยุบตัวเมื่อราดแกง เมื่อเคี้ยวสามารถสัมผัสได้ถึงเนื้อข้าว ที่สำคัญคือ ไม่บูดง่าย ลักษณะของข้าวสวยเสาไห้จะมีลักษณะร่วน ไม่เหนียวติดกัน ไม่นุ่ม และมีราคาค่อนข้างต่ำ

นอกจากนี้แทบทุกส่วนของเมล็ดสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลายข้าวเสาไห้สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เส้นได้ดี เนื่องจากเนื้อแป้งของข้าวพันธุ์นี้มีใยสูง ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เส้นที่ดีไม่ยุ่ยหรือขาดง่ายเป็นที่ต้องการของตลาดการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าว [3]

2.2.1 การค้าข้าวเสาไห้

อำเภอเสาไห้มีแม่น้ำป่าสักไหลผ่านเป็นที่ราบอุดมสมบูรณ์ ชาวไทยวนตั้งหมู่บ้านเรียงรายไปตามริมแม่น้ำป่าสัก ในอดีตการค้าข้าวเสาไห้ก็เช่นเดียวกับการค้าข้าวในพื้นที่อื่น คือส่วนใหญ่อยู่ในมือของคนจีน ซึ่งจากการที่เสาไห้ที่เป็นแหล่งรวมผลผลิตข้าว ประกอบกับมีแม่น้ำป่าสักอันเป็นเส้นทางคมนาคมสำคัญ แต่ละปีหลังจากขึ้น 3 ค่ำ เดือน 3 แล้ว ชาวนาจะทำพิธีเปิดยุ้งเพื่อนำข้าวที่เก็บเกี่ยวจากฤดูนาปี ออกแปรรูปเพื่อการบริโภคหรือขายเป็นบางส่วนซึ่งการขาย

จะเป็นไปสองรูปแบบคือผ่านคนกลางที่ออกไปรับซื้อและอีกทางหนึ่งคือตัวชาวนาเองจะบรรทุกยานพาหนะซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเกวียนมาขายโดยตรงให้กับโรงเรียนหรือพ่อค้าข้าวต่างถิ่นที่จอดเรือรับซื้อริมแม่น้ำป่าสัก ดังนั้นผลผลิตข้าวเสาไห้โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวเจ๊กเชย จึงแพร่กระจายสู่ท้องตลาดทั้งรูปข้าวสารและข้าวเปลือก ข้าวเสาไห้ส่วนใหญ่จะไปสู่ตลาดที่สำคัญคือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดปทุมธานี และที่สำคัญคือกรุงเทพมหานคร ซึ่งในสมัยนั้นบริเวณท่าเทเวศร์แถวราชาธิวาส เป็นแหล่งรวมและกระจายข้าวสารสู่ผู้บริโภค ซึ่งข้าวจากเสาไห้เป็นที่รู้จักกันดีในเรื่องของคุณภาพที่โดดเด่นเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคจนถึงปัจจุบัน

ปัจจุบันระบบการค้าได้เปลี่ยนไปโดยเป็นผลจากการปรับปรุงระบบการขนส่งคมนาคม การชลประทาน รวมทั้งเทคโนโลยีการผลิตข้าวเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันในตลาดข้าง อันเป็นผลกระทบต่อคุณภาพข้าวเสาไห้ ที่ต้องใช้พันธุ์ข้าวเจ๊กเชยในการผลิต [3]

2.2.2 แหล่งปลูกข้าวเสาไห้

ข้าวเสาไห้จะอยู่ในพื้นที่ราบลุ่มส่วนใหญ่ในอำเภอเสาไห้ และแนวพื้นที่ติดต่อกับอำเภอเมือง อำเภอหนองแซง อำเภอหนองแค อำเภอวิหารแดง อำเภอบ้านหมอ อำเภอหนองโดน และกิ่งอำเภอดอนพุด จังหวัดสระบุรีที่มีระดับน้ำไม่ลึกหรือที่ดอนเกินไป นั่นคือตำแหน่งพิกัดที่ เส้นรุ้ง 14^0 15' N ถึง 14^0 45' N และเส้นแวงที่ 100^0 30' E ถึง 101^0 10' E พื้นที่ดังกล่าว เป็นดินตะกอนลำน้ำค่อนข้างใหม่ และดินตะกอนลำน้ำไม่ จึงเป็นที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง [3]

2.2.3 การปลูกข้าวเสาไห้

พื้นที่เหมาะสมส่วนใหญ่จะอยู่ในอำเภอเสาไห้และเขตติดต่อกับอำเภอใกล้เคียง ปลูกได้เฉพาะนาปีช่วงเวลาปลูกที่เหมาะสม 15 กรกฎาคม ถึง 15 สิงหาคม โดยมีการปฏิบัติ ดังนี้

2.2.3.1 ใช้เมล็ดพันธุ์ที่บริสุทธิ์ มีความงอกดีเกินร้อยละ 80 หว่านข้าวงอกอัตรา 15 - 20 กิโลกรัม/ไร่ หรือปักดำ

2.2.3.2 เตรียมดินให้สม่ำเสมอ

2.2.3.3 ควรใส่ปุ๋ย 16-16-8 หรือ 12-16-8 หรือ 16-20-0 อัตรา 15-20 กิโลกรัม/ไร่ หลังหว่าน 20 วัน หรือ 1 วัน ก่อนปักดำ ที่ระยะแตกกอและกำเนิดช่อดอก ใส่ปุ๋ย 46-0-0 ครั้งละ 5 กิโลกรัม/ไร่

2.2.3.4 โรคและแมลงที่ควรระวัง คือ โรคใบจุดสีน้ำตาลโรคไหม้คอรวง โรคเมล็ดด่าง หนอนม้วนใบ และหนอนกอ

2.2.3.5 เก็บเกี่ยว เมื่อระยะสุกแก่ (ร้อยละ 80 ของรวง)

จะเห็นได้ว่าในการผลิตข้าวเสาไห้ให้มีคุณภาพเหมือนกับในอดีตที่ผ่านนั้น พันธุ์ข้าวนับว่าเป็นสิ่งสำคัญที่สุด ซึ่งสายพันธุ์ข้าวเจ๊กเชยกาบเขียว ที่มีคุณภาพที่โดดเด่นอีกทั้งผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าข้าวเจ๊กเชยดั้งเดิม น่าจะเป็นสิ่งที่สามารถอนุรักษ์ข้าวเสาไห้ให้เป็นข้าวที่มีคุณภาพสำหรับผู้บริโภค [3]

2.2.4 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ต้นข้าวมีทรงกอแผ่เป็นแนวนอน สีของปล้องสีเหลืองอ่อน สีของแผ่นใบสีม่วงผสมเขียว ความยาวของแผ่นใบ 51.4 เซนติเมตร ความกว้างของแผ่นใบ 1.7 เซนติเมตร สีของกาบใบสีเขียวเส้นม่วง สีของลิ้นใบเส้นม่วง รูปร่างของลิ้นใบมี 2 ยอด ความยาวของลิ้นใบ 21.23 เซนติเมตร สีของหูใบเส้นม่วงมีขนบนแผ่นใบ สีของยอดเกสรเพศเมียเป็นสีขาว สีของยอดดอกและสีของกลีบรองดอกเป็นสีฟาง [9] ดังแสดงในรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวเสาไห้
ที่มา : [3]

2.2.5 ข้อดีและข้อเสียของข้าวสวยเสาไห้

2.2.5.1 ข้อดีของข้าวสวยเสาไห้

ลักษณะของข้าวสวยเสาไห้เมื่อหุงสุกข้าวสวยเสาไห้จะหุงขึ้นหม้อ ไม่บูดง่าย ข้าวสวยเสาไห้จะไม่ยุบตัวเมื่อราดแกง จึงเป็นที่นิยมของร้านข้าวราดแกงและอาหารตามสั่ง เมื่อเคี้ยวจะสามารถสัมผัสรสชาติได้ถึงเนื้อข้าว [3]

2.2.5.2 ข้อเสียของข้าวสวยเสาไห้

ลักษณะของข้าวสวยเสาไห้จะมีลักษณะร่วน ไม่เหนียวติดกัน ไม่มีความนุ่มของเมล็ดข้าว และเมล็ดข้าวสวยเสาไห้มีความแข็งกระด้าง [3]

2.2.6 การแปรรูปข้าวเสาไห้

การแปรรูปข้าวเสาไห้ เป็นผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนแป้งสด มีความเหมาะสมที่จะนำมาทำเป็นเส้นขนมจีน ลักษณะเส้น สี ความเหนียวของเส้นขนมจีนมากกว่าข้าวทั่วไป ซึ่งในอนาคตอาจแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เส้นต่างๆ เช่น ก๋วยเตี๋ยว มักกะโรนี สปาเกตตี้ อุด้ง ฯลฯ เนื่องจากเนื้อแป้งของข้าวเสาไห้นี้มีใยสูงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เส้นที่ดีไม่ยุ่ยหรือขาดง่าย [3] ดังแสดงในรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 ผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนแป้งสดจากข้าวเสาไห้
ที่มา : [10]

2.3 น้ำข้าว

น้ำข้าว หมายถึง น้ำที่ได้จากข้าวเมื่อหุงแล้วเช็ดน้ำหรือตักน้ำออก น้ำข้าวถือเป็นยาในวิถีธรรมชาติตั้งแต่ครั้งโบราณกาล ข้าวนั้นมีคุณสมบัติเป็นทั้งหยินและหยางอย่างสมดุล จึงมีคุณสมบัติเป็นยารักษาโรคได้และบำรุงรักษาร่างกายได้อย่างดี น้ำข้าวมี 2 แบบ ดังนี้

2.3.1 น้ำข้าวที่เกิดจากการหุงข้าวแบบเช็ดน้ำ [11]

น้ำข้าวที่เกิดจากการหุงข้าวแบบเช็ดน้ำ ซึ่งจะต้องใช้หม้อใส่ข้าวสารตั้งบนเตาถ่าน กระบวนการเริ่มต้นโดยล้างหรือซาวข้าวเพื่อขจัดฝุ่นผงและสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ออก จนกระทั่งน้ำล้างข้าวใส แล้วจึงเติมน้ำปริมาณมากลงไป ต้มให้เดือด ในช่วงนี้ต้องหมั่นคนอย่าให้เมล็ดข้าว

ติดก้นหม้อ ต้มจนเมล็ดข้าวเริ่มแตกจนสุกนิ่มไปทั้งเมล็ด หรือเห็นเมล็ดข้าวยังมีไตขุ่นเป็นจุดเล็กๆ อยู่ภายในจึงรินน้ำออก เรียกขั้นตอนนี้ว่า เช็ดน้ำข้าว ทั้งนี้ หม้อที่ใช้หุงข้าวแบบเช็ดน้ำนี้ต้องมีหูสองข้างและฝาหม้อต้องมีหูอยู่ตรงกึ่งกลาง เวลาเช็ดน้ำใช้ไม้ขัดฝาหม้อแทงขัดร้อยหูหม้อและฝาหม้อเอาไว้ จากนั้นเอียงหม้อเทน้ำข้าวออกจนหมด แล้วนำหม้อข้าวไปตั้งไฟอ่อนๆ เพื่อให้น้ำข้าวในหม้อแห้งสนิท เรียกว่า ดงข้าว จนข้าวสุกระอุดี

น้ำข้าวเป็นอาหารอย่างดีสำหรับคนป่วยที่รู้สึกเบื่ออาหาร เพราะเกิดการเสียสมดุลของระบบย่อยอาหาร ส่วนคนปกติที่ไม่ป่วยก็สามารถทานน้ำข้าวได้เช่นกัน เพราะน้ำข้าวมีคุณค่าและสารอาหารมากมายเช่นเดียวกับข้าว อีกทั้งย่อยง่าย ไม่ทำให้ท้องอืด ท้องเสีย และร่างกายสามารถดูดซึมสารอาหารและซ่อมแซมร่างกายส่วนที่สึกหรอได้ทันที คนป่วยจึงสามารถฟื้นตัวได้เร็วขึ้น น้ำข้าวมีวิตามินอีสูง และมีคุณสมบัติเป็นยารสเย็นช่วยบำรุงร่างกาย รวมถึงแก้ร้อนในและใช้ถอนพิษผิดสำแดง และยังใช้แก้อาการปวดท้อง ท้องร่วง และช่วยขับปัสสาวะด้วย โดยเฉพาะเด็กท้องเสีย น้ำข้าวช่วยได้มากเช่นกัน

2.3.2 น้ำข้าวที่เกิดจากการซาวข้าว [11]

น้ำซาวข้าว เป็นน้ำที่ได้จากการล้างข้าวก่อนนำไปหุง ปกติจะล้างข้าวไม่เกิน 1 - 2 ครั้ง เพราะจะทำให้สูญเสียวิตามินที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวอย่าง เช่น วิตามินบี ซึ่งละลายได้ในน้ำ น้ำซาวข้าวมีประโยชน์และมีสารอาหารหลายชนิด ดังนี้

2.3.2.1 วิตามินบี 3 หรือ Niacin ช่วยทำลายพิษหรือท็อกซินจากมลพิษ แอลกอฮอล์ และยาเสพติด

2.3.2.2 วิตามินบี 2 หรือ Riboflavin ป้องกันไขมันอุดตันในเส้นเลือด อันเป็นสาเหตุให้เส้นเลือดแข็งตัว ขจัดไขมันชนิดอิ่มตัวในเส้นเลือด นอกจากนี้ยังช่วยระงับอาการตาแฉะได้ จึงใช้เป็นส่วนประกอบในยาหยอดตา

2.3.2.3 วิตามินบี 1 ช่วยให้การทำงานของสมองระบบประสาท ระบบย่อยหัวใจ และกล้ามเนื้อ ช่วยให้เจริญอาหารและช่วยในการเจริญเติบโตของร่างกาย และมีธาตุเหล็กเป็นส่วนสำคัญในการสร้างเม็ดเลือดแดง

ในปัจจุบันส่วนใหญ่จะนำน้ำข้าวไปใช้ประโยชน์หลายๆ ด้าน เช่น การรักษาสิวบนใบหน้า การรักษาแก้อาการคันศีรษะและผมมัน และสามารถใช้ล้างผัก ผลไม้ เพื่อขจัดสารพิษตกค้างได้ และจะเห็นได้ว่าการนำน้ำข้าวมาใช้ประโยชน์ในทางอาหารน้อยลง ซึ่งในน้ำข้าวจะมีประโยชน์และมีสารอาหารหลายชนิด

2.4 การทำแห้ง

การทำแห้งอาจจัดเป็นวิธีการถนอมอาหารเก่าแก่ที่สุดวิธีหนึ่งมนุษย์ได้สังเกตพบความจริงว่าผลิตผลจากพืชบางชนิด เช่น เมล็ดธัญพืช และถั่วต่างๆ จะแก่และแห้งตามธรรมชาติขณะที่ยังติดอยู่กับกิ่งหรือลำต้น และยังพบว่าผลิตผลที่อยู่ในลักษณะแห้งนี้จะสามารถเก็บไว้ได้นาน จากการลอกเลียนกระบวนการธรรมชาติมนุษย์จึงได้ใช้การตากแห้งเพื่อรักษาผลิตผลอื่นๆ เช่น พืชชนิดอื่นๆ เนื้อสัตว์และปลา สำหรับการใช้เกลือกับผลิตผลนับเป็นวิธีการถนอมอาหารเก่าแก่อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งปกติมักจะทำร่วมกับการทำแห้ง ในขณะที่การรมควันก่อนตากแห้งได้ปฏิบัติในระยะต่อมา [12]

2.4.1 ความหมายของการทำแห้ง [13]

การทำแห้งอาหาร หมายถึง การลดปริมาณน้ำในอาหาร เพื่อลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ลงมาให้อยู่ในระดับต่ำพอที่จะสามารถหยุดยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะก่อให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพและการเน่าเสียของอาหาร และทำให้ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้อยู่ในระดับที่ปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์ ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียคุณภาพนั้นอยู่ในระดับต่ำสุด ดังนั้นการทำแห้งจึงจัดเป็นการถนอมอาหารเนื่องจากช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหารให้เสื่อมเสียได้ยากขึ้น สามารถเก็บได้นานขึ้นที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ โดยทั่วไปผลจากการทำแห้งจะทำให้น้ำหนักและปริมาตรของอาหารลดลง ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและเก็บรักษาและเป็นการแปรรูปอาหารให้อยู่ในรูปที่สะดวกแก่การนำไปใช้ประโยชน์และบริโภค หรือเพื่อพัฒนาให้เป็นรูปแบบใหม่ของผลิตภัณฑ์อาหารแก่ผู้บริโภค ได้แก่ การผลิตอาหารแห้งรูปผง เช่น เครื่องดื่มผง ซุปผง เป็นต้น ดังนั้น การทำแห้งนอกจากจะเป็นการถนอมอาหารแล้ว ยังจัดเป็นการแปรรูปอาหารอีกวิธีหนึ่งด้วย ตามปกติผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากการถนอมและแปรรูป โดยการทำแห้งนั้น จะหมายถึงอาหารที่มีความชื้นต่ำ (Low Moisture Food) ซึ่งโดยทั่วไปมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 25 และมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำกว่า 0.6 และผลิตภัณฑ์อาหารแห้งนั้นสามารถนำมาบริโภคได้เลย เช่น เนื้อแห้ง ปลาแห้ง ผลไม้แห้ง หรือผลิตภัณฑ์อาหารแห้งบางชนิดอาจมีการนำมาทำให้คืนสภาพ (Rehydration) ในน้ำเพื่อให้ดูดน้ำกลับเข้าไปในอาหารก่อนบริโภค เช่น ผักตากแห้ง นมผง ชาผง น้ำผลไม้ผง เป็นต้น การทำแห้งเพื่อลดวอเตอร์แอคทิวิตี้ของอาหาร โดยการดึงหรือลดปริมาณน้ำในอาหารนั้นส่วนใหญ่จะอาศัยความร้อนในการระเหย (Vaporization) น้ำออกจากอาหาร แต่อย่างไรก็ตาม การทำแห้งอาหารมีหลายวิธี โดยอาจจำแนกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การทำแห้งโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Drying) ได้แก่ การตากแดด (Sun Drying) และการทำแห้งแบบตู้อบพลังแสงอาทิตย์ (Solar Drying) อีกประเภทคือการทำแห้งโดยวิธีเชิงกล (Artificial หรือ Mechanical Drying) ซึ่งเป็น

การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบต่างๆ และในการทำแห้งต้องมีการเลือกวิธีการและเครื่องทำแห้งให้เหมาะสม

2.4.2 ข้อดีและข้อเสียของการทำแห้ง

2.4.2.1 ข้อดีของการทำให้อาหารแห้ง [12]

1) น้ำหนักเบา เพราะว่าน้ำหนักประมาณร้อยละ 60 - 90 ของอาหารสด ยกเว้นธัญพืชประกอบด้วยน้ำ และน้ำส่วนนี้เองจะถูกกำจัดออกไปโดยกระบวนการอบแห้งหรือตากแห้ง

2) มีความกระชับ กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งต้องการเนื้อที่น้อยกว่าของอาหารสด อาหารแช่เยือกแข็ง หรืออาหารกระป๋อง โดยเฉพาะถ้าสามารถจัดเก็บในหีบห่อภาชนะ

3) ความคงตัวที่สภาวะการเก็บ ผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งไม่จำเป็นต้องใช้ตู้เย็นในระหว่างการเก็บ แต่มีข้อจำกัดของอุณหภูมิสูงสุดในระหว่างการเก็บ เพื่อจะให้ได้ระยะการเก็บที่นานขึ้น

2.4.2.2 ข้อเสียของการทำให้อาหารแห้ง [14]

1) ความไวต่อความร้อน เนื่องจากอาหารส่วนมากมีความไวต่อความร้อนในระดับหนึ่งและสามารถพัฒนาให้เกิดกลิ่นรสไหม้ขึ้นได้ ถ้าควบคุมสภาวะไม่เหมาะสม

2) เกิดการสูญเสียกลิ่นรสที่ระเหยได้ และเกิดการฟอกสีของผลิตภัณฑ์ได้

3) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ซึ่งรวมถึงการเกิดการแห้งกรอบอันเนื่องจากการหดตัว

4) เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เกิดจากเอนไซม์ ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ยังเกิดการหืนของไขมัน

5) เกิดการเสื่อมเสียอันเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ ถ้าหากว่าอัตราการอบแห้งเริ่มต้นช้าหรือปริมาณความชื้นสุดท้ายมีค่าสูง หรือเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง

2.4.3 ผลกระทบต่ออาหาร [15]

2.4.3.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส

อุณหภูมิและอัตราการทำแห้งมีผลมากต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร โดยทั่วไปการอบแห้งโดยรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิและอัตราการทำแห้งที่ต่ำกว่า ตัวละลายจะเคลื่อนที่จากด้านในของอาหารไปที่ผิวในระหว่างที่น้ำจะถูกกำจัดออกระหว่างการทำแห้ง กลไกและอัตราการเคลื่อนที่มีความจำเพาะสำหรับตัวละลาย

แต่ละชนิดและขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและสภาวะการทำแห้ง การระเหยของน้ำทำให้ตัวละลายที่ผิวอาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น อุณหภูมิที่สูงของอากาศทำให้อาหารโดยเฉพาะ ผลไม้ ปลา และเนื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพอย่างซับซ้อนที่ผิวหน้าอาหารและทำให้ผิวแห้งและแข็งหรือที่เรียกกว่าการเกิดผิวแห้งแข็ง (Case Hardening) ซึ่งจะลดอัตราการทำแห้ง และให้อาหารที่มีผิวหน้าแห้งแต่ภายในชื้น การควบคุมสภาวะการอบแห้งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างด้านในและผิวของอาหารจะช่วยลดเหตุการณ์ดังกล่าวได้

ลักษณะของเนื้อสัมผัสจะเกี่ยวข้องกับความหนาแน่นก่อนการอัด และความยากง่ายในการดูดคืนน้ำ สำหรับอาหารแห้งผงนั้นองค์ประกอบของอาหาร วิธีทำแห้ง และขนาดของผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส การแปรรูปอาหารที่มีไขมันต่ำเช่น น้ำผลไม้ มันฝรั่ง และกาแฟ ให้เป็นผงแห้งทำได้ง่ายกว่านมผงที่มีมันเนยหรือสารสกัดจากเนื้อ การทำให้ผงแห้งเหล่านี้สามารถละลายได้ทันทีที่ทำได้โดยการทำให้เกิดกลุ่มก้อนที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ (Agglomeration) โดยกลุ่มก้อนนี้จะมีจุดสัมผัสกันน้อย ผิวของแต่ละอนุภาคจึงเปียกง่ายเมื่อมีการเติมน้ำใหม่ และผงเหล่านี้จะจมลงใต้ผิวน้ำทำให้กระจายตัวได้ง่ายในของเหลว ลักษณะดังกล่าวเรียกว่า ความสามารถในการเปียก (Wettability) ความสามารถในการจม (Sinkability) ความสามารถในการกระจาย (Dispersibility) และสามารถในการละลาย (Solubility) ตามลำดับ สำหรับผงละลายทันที (Instant) ต้องใช้เวลาสำหรับขั้นตอนทั้ง 4 เป็นเวลาไม่กี่วินาที

2.4.3.2 กลิ่นและรส

ความร้อนนอกจากจะทำให้น้ำระเหยแล้วยังทำให้สารหอมระเหยบางชนิดสูญเสียไป ปริมาณการสูญเสียสารหอมระเหยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเข้มข้นของของแข็งในอาหาร ความดันไอ และความสามารถในการละลายในไอน้ำของสารหอมระเหย สารหอมระเหยที่มีความสามารถในการระเหยและการแทนที่สูงจะเกิดการสูญเสียที่ช่วงแรกของการอบแห้ง มีสารระเหยปริมาณน้อยที่เกิดการสูญเสียในช่วงหลังของการทำแห้ง การควบคุมสภาวะการทำแห้งในแต่ละขั้นตอนจะช่วยลดการสูญเสียให้น้อยที่สุด อาหารให้กลิ่นรสที่มีมูลค่าสูง เช่น สมุนไพร และเครื่องเทศ จะใช้อุณหภูมิในการกำจัดน้ำต่ำ

ปฏิกิริยาออกซิเดชันรงควัตถุ วิตามิน และไขมันในอาหารระหว่างการเก็บรักษาก็เป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียกลิ่น อาหารแห้งซึ่งมีรูอยู่ภายในมากจะทำให้มีก๊าซออกซิเจนมากด้วย อุณหภูมิในการเก็บรักษาและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้จะเป็นตัวกำหนดอัตราการเสื่อมเสียของอาหาร

ปฏิกิริยาออกซิเดชันในนมผงแห้งทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน เนื่องจากการผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นที่ 2 (Secondary Product) รวมทั้ง เดลตา – แลคโตน (δ-lactone) ผักและผลไม้มีปริมาณไขมันเพียงเล็กน้อย แต่ปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันจะทำให้เกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันดีไฮเดรชัน หรือออกซิเดชันและกลายเป็นแอลดีไฮด์ คีโตน และกรดซึ่งทำให้เกิดการเหม็นหืน แคโรทีนในอาหารบางชนิด เช่น แครอท อาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดเบต้า – อิโอโนน (β-ionone) ซึ่งให้กลิ่นดอกไวโอเลต สามารถลดปฏิกิริยาเหล่านี้ได้โดยการบรรจุผลิตภัณฑ์ในสุญญากาศหรือเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำ การกำจัดแสงอัลตราไวโอเลตหรือแสงที่มองเห็นได้ การควบคุมรักษาความชื้นให้ต่ำ การเติมสารสังเคราะห์หรือสารธรรมชาติที่สามารถป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน

มีการเติมเอนไซม์กลูโคสออกซิเดสเพื่อป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหารแห้ง การใช้ถุงซึ่งออกซิเจนสามารถซึมผ่านได้แต่ความชื้นไม่ผ่านโดยมีกลูโคสและเอนไซม์กลูโคสออกซิเดสบรรจุอยู่บนอาหารแห้งในบรรจุภัณฑ์ การกำจัดออกซิเจนออกจากช่องว่างในการบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา การเก็บรักษานมผงภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจนที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 10 นมจะดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้เกิดสุญญากาศย่อยภายในช่องว่างเหนืออาหาร อากาศจะแพร่ออกไปจากอาหารแห้งและถูกกำจัดออกโดยการเติมก๊าซใหม่หลัง 24 ชั่วโมง มีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลไม้เพื่อป้องกันเอนไซม์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และไฮโดรไลซิส ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้กลิ่นเปลี่ยนแปลง

2.4.3.3 สี

การทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะผิวหน้าของอาหาร การสะท้อนแสงและสี การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์เกิดจากความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างการทำแห้ง โดยทั่วไปการทำแห้งที่เวลานานกว่าและอุณหภูมิสูงกว่าทำให้สีเกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาจากเอนไซม์ที่หลงเหลืออยู่ในอาหารทำให้เกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งป้องกันได้โดยการลวกหรือการใช้กรดแอสคอร์บิกหรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อัตราการเกิดสีคล้ำระหว่างการเก็บรักษาผักผลไม้ที่มีซัลเฟอร์ในปริมาณไม่มากนักจะแปรผกผันกับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ อย่างไรก็ตามซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะฟอกแอนโทไซยานินออก ปริมาณซัลเฟอร์ที่ตกค้างอยู่เป็นสาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนสีผักผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษา

อัตราการเกิดสีน้ำตาลในนมหรือผลิตภัณฑ์ผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษาขึ้นอยู่กับค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของอาหารและอุณหภูมิในการเก็บรักษา อัตราการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น

อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิการทำแห้งสูงเมื่อความชื้นของผลิตภัณฑ์สูงกว่า ร้อยละ 4 - 5 และอุณหภูมิการเก็บรักษาเกิน 38 องศาเซลเซียส

2.4.3.4 คุณค่าทางโภชนาการ

รายงานเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการของอาหารแห้งมีความแตกต่างกันมาก เนื่องจากความแตกต่างในเรื่องการเตรียมวัตถุดิบ อุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งและสภาวะในการเก็บรักษา การสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของผักผลไม้มักจะเกิดในขั้นตอนการเตรียมมากกว่าในระหว่างการทำแห้ง

ความสามารถในการละลายน้ำของวิตามินต่างๆ แตกต่างกัน เมื่อเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นวิตามินบางชนิด เช่น ไรโบฟลาวิน อาจเกิดการอิ่มตัวและตกตะกอนในสารละลาย จึงเกิดการสูญเสียน้อย วิตามินชนิดอื่น เช่น วิตามินซี จะละลายน้ำจนกระทั่งความชื้นของอาหารลดลงต่ำมากและเกิดปฏิกิริยากับตัวทำละลายด้วยอัตราเร็วเท่าการทำแห้ง วิตามินซีไวต่อความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชัน

การสูญเสียวิตามินซีสามารถลดได้โดยการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ เวลาสั้น การควบคุมความชื้นและปริมาณออกซิเจนให้ต่ำระหว่างการเก็บรักษา ไทอามินก็ไวต่อความร้อนเช่นกัน แต่วิตามินที่ละลายน้ำได้ชนิดอื่นจะทนทานต่อความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชันมากกว่าและเกิดการสูญเสียระหว่างการทำแห้งไม่เกินร้อยละ 5 - 10 ทั้งนี้ยกเว้นการสูญเสียเนื่องจากการลวก

สารอาหารส่วนใหญ่ที่ละลายได้ในไขมัน เช่น กรดไขมันที่จำเป็นและวิตามิน เอ ดี อี และ เค จะคงอยู่ในส่วนของอาหารแห้ง จึงไม่เข้มข้นระหว่างการทำแห้ง อย่างไรก็ตามน้ำเป็นตัวละลายสำหรับโลหะหนักซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอาหารที่ไม่อิ่มตัว เมื่อกำจัดน้ำออกตัวเร่งนี้จะมีความไวมากขึ้นและเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันให้เร็วขึ้น วิตามินที่ละลายได้ในไขมันเกิดการสูญเสียจากปฏิกิริยากับเปอร์ออกไซด์ที่เกิดจากการออกซิไดซ์ไขมัน การควบคุมความเข้มข้นของออกซิเจนและอุณหภูมิของการเก็บรักษาให้ต่ำและการกำจัดแสงออกไปจะช่วยลดการสูญเสียระหว่างการเก็บรักษาได้

ความสามารถในการย่อย (Digestibility) และค่าทางชีวภาพ (Biological Value) ของโปรตีนในอาหารส่วนใหญ่จะไม่เกิดการเปลี่ยนมากมาย อย่างไรก็ตามโปรตีนในนมจะเกิดการเสียสภาพเป็นบางส่วนในระหว่างการทำแห้งด้วยลูกกลิ้งทำให้ความสามารถในการละลายของนมผงน้อยลง เกิดการจับตัวและขาดความสามารถในการแข็งตัว มีรายงานว่า ค่าทางชีวภาพของโปรตีนนมลดลง ร้อยละ 8 - 30 ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้ง การทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอยจะไม่มีผลต่อค่าทางชีวภาพของโปรตีน คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีนนมจะลดลงเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด

ระหว่างไลซีนและแล็กโตสที่อุณหภูมิและความชื้นสูงประมาณ ร้อยละ 5 ไลซีนจะไวต่อความร้อน และเกิดการสูญเสียในนมพร้อมไขมันเนย ร้อยละ 3 - 10 ในการทำแห้งโดยการฉีดพ่นฝอย ร้อยละ 5 - 40

2.4.4 วิธีการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก (Drum Dryer) [16]

การทำแห้งแบบลูกกลิ้งเป็นวิธีการทำแห้งที่ดีวิธีหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในการทำแห้งอาหารหลายชนิดโดยเฉพาะอาหารที่อยู่ในสภาพของเหลวที่มีความหนืดสูงอยู่ในรูปของ Slurries หรือ Paste และสามารถจับเป็นฟิล์มบางๆ รอบลูกกลิ้งได้จะได้ผลิตภัณฑ์ออกมาลักษณะเป็นแผ่นหรือผง การทำแห้งแบบลูกกลิ้งใช้ทำอาหารแห้งได้ในสภาพบรรยากาศธรรมดาหรืออาจจะอยู่ในสภาพสุญญากาศ ความร้อนได้จากการนำความร้อนจากตัวกลางนำความร้อน เช่น ไฟฟ้า ไอน้ำหรือน้ำร้อน ที่อยู่ภายในลูกกลิ้งผ่านผนังลูกกลิ้งสู่แผ่นฟิล์มบาง ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 1.1 กิโลกรัมไอน้ำต่อ 1 กิโลกรัมน้ำที่ระเหย หรือ 2,500 กิโลจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย ซึ่งสูงกว่าการทำแห้งด้วยความร้อน (Air Drying)

2.4.4.1 หลักการทำแห้งโดยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก [17]

การทำแห้งแบบลูกกลิ้งเป็นการทำแห้งโดยอาศัยวิธีเชิงกลให้หลักการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในชิ้นอาหารทำให้น้ำหรือความชื้นกลายเป็นไอระเหยออกไปจากผิวหน้าของอาหาร มีลักษณะเป็นลูกกลิ้งทรงกระบอกอาหารจะถูกใส่บนช่องว่างของลูกกลิ้งในขณะที่ลูกกลิ้งหมุนไปซึ่งสามารถปรับความเร็วของลูกกลิ้งได้โดยลูกกลิ้งทั้งสองจะหมุนสวนทางกัน ภายในลูกกลิ้งทั้งสองจะมีไอน้ำไหลผ่านเข้าไปเป็นตัวให้ความร้อนแก่อาหาร ความร้อนที่ส่งผ่านในลูกกลิ้งจะถ่ายเทแบบการนำความร้อนไปยังผิวลูกกลิ้งซึ่งหมุนและมีอาหารเหลวเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ติดอยู่เมื่อหมุนครบ 1 รอบ จะแห้งพอดี มีใบมีดคมซึ่งสามารถปรับระยะห่างพอดีจะกรีดเอาอาหารแห้งออก ซึ่งอาหารแห้งที่ได้จะมีสภาพเป็นแผ่นบางๆ หรือเป็นผงทำให้ผลิตอาหารแห้งได้เร็วมีอัตราการทำแห้งสูง การควบคุมความเร็วของลูกกลิ้งและช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งจะขึ้นกับชนิดอาหารและคุณภาพของอาหารแห้งที่ต้องการ การทำแห้งแบบลูกกลิ้งใช้ได้ดีกับวัตถุดิบที่เป็นของเหลวที่มีความข้นหนืดและไหลได้พอสมควรซึ่งอยู่ในรูปของ Slurries หรือ Paste

2.4.4.2 ชนิดของเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก

การแบ่งชนิดของเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง สามารถแบ่งประเภทตามจำนวนลูกกลิ้ง ทิศทางการหมุนของลูกกลิ้ง และลักษณะการป้อนสารให้เครื่องมือเป็นหลัก เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งประเภทต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 แบ่งออกได้ดังนี้

1) เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว (Single Drum Dryer) เป็นเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนที่มีรูปร่างง่ายที่สุด มีวิธีการป้อนอาหารสู่ลูกกลิ้ง 3 วิธี คือ การป้อนสารแบบจุ่ม (Dip Feed) โดยลูกกลิ้งจะจุ่มในรางที่บรรจุสารละลาย เมื่อลูกกลิ้งหมุนสารละลายจะเกาะติดกับผนังลูกกลิ้ง และขูดออกด้วยใบมีดที่ติดตั้งไว้ด้านข้างของลูกกลิ้ง การป้อนสารแบบพุ้ย (Splash Feed) เป็นการพ่นอาหารลงบนลูกกลิ้ง ข้อเสียของทั้งสองวิธีนี้ คือ แผ่นฟิล์มติดบนลูกกลิ้งมีความหนาไม่สม่ำเสมอซึ่งมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งไม่สม่ำเสมอและอาจไหม้ได้จึงมีการปรับปรุงใช้วิธีการป้อนสารแบบป้ายติด (Transfer Roll) ลักษณะของเครื่องอบแห้งประกอบด้วยลูกกลิ้งเดี่ยว 1 ตัว สารละลายอาหารที่ทำแห้งจะป้อนจากด้านล่างโดยการจุ่มหรือใช้ปั๊มสูบส่งขึ้นไป อาหารเหลวที่จะทำให้แห้งจะเคลือบลงบนผิวของลูกกลิ้งที่ร้อนขณะที่ลูกกลิ้งหมุนไปเกือบครบรอบ (ประมาณ 3/4 รอบนับจากจุดป้อนอาหารเหลว) อาหารจะแห้งทันทีและถูกปาดออกจากลูกกลิ้งด้วยใบมีด [16], [18]

2) เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (Double Drum Dryer) เครื่องทำแห้งชนิดนี้อาหารถูกป้อนในช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง (Nip Feed) จากนั้นลูกกลิ้งทั้งสองจะหมุนเข้าหากันเพื่อรีดวัสดุให้เป็นแผ่นฟิล์มบาง และขูดออกด้วยใบมีดทั้งสองข้าง เหมาะในการทำแห้งสารละลายเจือจางและสารละลายที่มีแรงตึงผิวต่ำ เช่น Wetting Agent เนื่องจากถ้าทำแห้งสารละลายดังกล่าวด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว (Sing Drum Dryer) หรือเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งทวิน (Twin Drum Dryer) จะเกิดเป็นแผ่นฟิล์มบางมาก ทำให้ Output Rate ต่ำ สามารถแก้ปัญหาด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (Double Drum Dryer) ซึ่งสามารถปรับความหนาแผ่นฟิล์มได้ เครื่องทำแห้ง ชนิดนี้ไม่เหมาะสมกับสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงเพราะจะต้องมีการติดตั้งปั๊มเพื่อป้อนอาหารสู่เครื่องทำแห้ง หรือในกรณีที่ใช้ความร้อนสูงในการทำแห้งวัสดุอาจจะเดือดบริเวณช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งได้ ข้อเสีย คือ เมื่อใบมีดขูดวัสดุจากผิวลูกกลิ้งแล้วอาจเกิดการสะสมของวัสดุที่บริเวณใบมีดได้ซึ่งควรใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว (Single Drum Dryer) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ลักษณะเครื่องทำแห้งประกอบด้วยลูกกลิ้งคู่ 2 ตัว ขนาดเท่ากันวางคู่กัน มีช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองที่สามารถปรับได้ในระหว่างการทำงานลูกกลิ้งทรงกระบอก 2 ตัว หมุนเข้าหากัน อาหารเหลวจะถูกป้อนอยู่ระหว่างช่องว่างของลูกกลิ้งทั้งสอง ความหนาของแผ่นฟิล์มขึ้นกับคุณสมบัติของอาหารเหลว ผิวหน้าของลูกกลิ้งและระยะช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองตัว อาจทำงานแบบในบรรยากาศธรรมดาหรือในสภาพสุญญากาศก็ได้เช่นกัน [16], [18]

3) เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งทวิน (Twin Drum Dryer) เป็นเครื่องที่นิยมมากที่สุด มีวิธีการป้อนอาหาร 2 วิธี คือ การป้อนสารแบบจุ่ม (Dip Feed) และการป้อนแบบพุ้ย (Splash Feed) เหมาะกับวัสดุที่มีความหนืดสูงเช่นเดียวกับเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว

(Single Drum Dryer) ที่ป้อนอาหารโดยใช้ลูกรีด แต่วัสดุที่ใช้ควรมีปริมาณของแข็งอยู่ระหว่าง ร้อยละ 12 – 40 โดยน้ำหนัก เนื่องจากถ้าทำแห้งวัสดุที่มีปริมาณของแข็งสูงจะทำให้แผ่นฟิล์มมีความหนาไม่สม่ำเสมอ แต่ถ้าทำแห้งวัสดุที่มีปริมาณของแข็งต่ำกว่า ร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก จะได้แผ่นฟิล์มที่บางเกินไปทำให้ขูดวัสดุออกได้ยาก หลักการทำงานคล้ายกับเครื่องทำแห้งลูกกลิ้งคู่ (Double Drum Dryer) แต่ทิศทางการหมุนจะตรงกันข้าม คือ จะหมุนออกจากกัน ช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองจะไม่มีผลต่อความหนาของแผ่นฟิล์ม แต่สามารถปรับได้โดยใช้วิธีการป้อนอาหารแบบจุ่มลงในอาหาร ซึ่งเป็นแบบที่ใช้กัน หากอาหารเหลวไม่สามารถเกาะติดกับลูกกลิ้งได้ต้องใช้วิธีพ่นอาหารเหลวบนด้านบนของลูกกลิ้ง (Top Feed) [16], [18]

อัตราการทำแห้งด้วยลูกกลิ้งทรงกระบอก ขึ้นกับความดันไอน้ำที่เป็นตัวให้ความร้อนความเร็วรอบในการหมุนของลูกกลิ้ง และความหนาของฟิล์มอาหาร สำหรับความหนาของฟิล์มอาหารนั้นจะขึ้นกับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง ปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในอาหารเหลว และแรงตึงผิว ความเร็วในการหมุนของลูกกลิ้งจะต้องช้าลง มิฉะนั้นจะได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่แห้ง การลดแรงตึงผิว จะได้ฟิล์มของอาหารที่มีความหนาลดลง ถ้าฟิล์มอาหารมีลักษณะบางและมีความหนาต่ำ สามารถใช้อุณหภูมิสูงในการทำแห้งโดยไม่เกิดการไหม้ อัตราการทำแห้งจะสูงมากและประหยัดพลังงานความร้อน

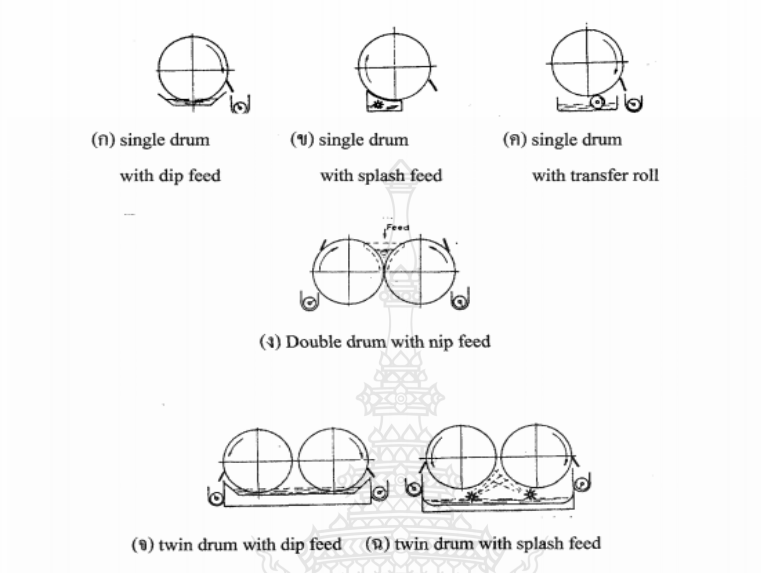
อาหารที่จะทำแห้งด้วยวิธีนี้ ต้องเป็นของเหลวหรือสารแขวนลอยที่สามารถทนอุณหภูมิค่อนข้างสูงได้เป็นระยะเวลาสั้นๆ ประมาณ 2 – 30 วินาที และมีปริมาณของแข็งในของเหลวไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 – 22 ซึ่งจะทำให้การเกาะตัวบนผิวลูกกลิ้งดี มีความชื้นสุดท้ายต่ำโดยไม่เกิดการไหม้

ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งจะมีกลิ่นสุก (Cook Flavor) และมีสีคล้ำ เนื่องจากอุณหภูมิสูง อาหารที่ไม่ทนต่ออุณหภูมิสูง จะเกิดการเสื่อมคุณภาพ การแก้ไขโดยการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำภายใต้ความดันที่ต่ำกว่าบรรยากาศ

อาหารที่มีลักษณะเป็นเทอร์มอพลาสติก เช่น น้ำผลไม้ชนิดต่างๆ เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดลักษณะเหนียวเหนอะ เยิ้ม ไม่เหมาะสมที่จะทำแห้งโดยวิธีนี้ เพราะไหม้ติดผิวของลูกกลิ้งขูดออกได้ยาก

วิธีนี้ใช้ในการทำแห้ง นมผง ซุปผง อาหารเด็ก มันฝรั่งบด และผลิตภัณฑ์อื่นๆ จากมันฝรั่ง แต่ผลิตภัณฑ์นมผงที่ผลิตโดยวิธีนี้ ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่ม เพราะได้รับความร้อนมากเกินไป ละลายน้ำได้น้อย และมีกลิ่นสุก แต่เหมาะสำหรับนำไปใช้เป็น

องค์ประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่ต้องอาศัยคุณสมบัติการละลายที่สูง เช่น เค้ก คุกกี้ และผลิตภัณฑ์ลูกกวาดเป็นต้น เพราะมีต้นทุนต่ำ กำลังการผลิตสูง และสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง [19]



รูปที่ 2.5 เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกประเภทต่างๆ
ที่มา : [16]

2.4.4.3 ส่วนประกอบของเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก [20]

1) โครงสร้างของลูกกลิ้ง ตัวลูกกลิ้งสามารถสร้างด้วยเหล็กหล่อ เหล็กเหนียว เหล็กปลอดสนิม หรือวัสดุอื่นที่มีคุณลักษณะที่เหมาะสมกับสารที่ต้องการการทำแห้ง ลูกกลิ้งที่สร้างด้วยเหล็กมาตรฐานจะสามารถทนความดันได้ถึง 100 psi และอาจจะหนาไม่สม่ำเสมอ ต้องกลึงผิวให้หนาสม่ำเสมอกัน ลูกกลิ้งจะมีระบบกาลักน้ำอยู่ภายในเพื่อป้องกันการสะสมของสารควบแน่น

2) ชุดปรับระยะลูกกลิ้ง การปรับช่องระหว่างลูกกลิ้งจะใช้สกรูเป็นตัวปรับดันให้ลูกกลิ้งตัวหนึ่งเคลื่อนเข้าไปหาลูกกลิ้งอีกตัวหนึ่งที่ตั้งอยู่กับที่ การปรับช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งจะช่วยในการควบคุมความหนาของสารที่จะทำแห้ง สกรูที่ใช้ปรับจะติดอยู่กับแบริ่งที่รองรับเพลาของลูกกลิ้ง ดังนั้นเมื่อปรับสกรูให้เคลื่อนที่แบริ่งก็จะเคลื่อนที่ด้วยเป็นผลให้ลูกกลิ้งเคลื่อนที่ นอกจากนี้วิธีการปรับช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งยังสามารถจะใช้สปริงในการดันลูกกลิ้งเข้าหากัน แต่วิธีนี้จะปรับช่องว่างได้ในช่วงที่ไม่มากนัก

3) ชุดควบคุมความเร็วของลูกกลิ้ง การควบคุมความเร็วของลูกกลิ้งใช้การควบคุมโดยการใช้มอเตอร์เกียร์ชนิดปรับรอบได้ สามารถปรับโดยการหมุนตัวปรับที่ติดอยู่ที่ด้านบนของตัวมอเตอร์ซึ่งจะทำให้สามารถเพิ่มเวลาในการทำแห้งอาหารได้โดยการปรับความเร็วรอบในการหมุนของลูกกลิ้งให้ช้าลงตามความต้องการได้ และถือว่าความเร็วของลูกกลิ้งในการทำแห้งแบบลูกกลิ้งเป็นตัวแปรอีกตัวหนึ่งของการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

4) ชุดควบคุมความร้อนของลูกกลิ้ง ในการทำแห้งแบบลูกกลิ้งโดยทั่วไปจะใช้ไอน้ำเป็นตัวให้ความร้อน ดังนั้นอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งไอน้ำเข้า และนำน้ำคอนเดนเสทออกจากลูกกลิ้งซึ่งในที่นี้ คือ โรตารี่จอยท์ (Rotary Joint) โดยที่อุปกรณ์ตัวนี้จะมีหน้าที่นำไอน้ำเข้าไปในลูกกลิ้งและนำน้ำคอนเดนเสทออกจากลูกกลิ้งเพื่อทำให้ความร้อนในลูกกลิ้งมีค่าคงที่ตลอดเวลาของการทำแห้ง และอุณหภูมิของลูกกลิ้งถือว่าเป็นตัวแปรหนึ่งของการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

5) ตัวกักขังสารละลาย (Endboards) จะช่วยกักขังสารละลายที่ต้องการทำแห้งให้อยู่ในขอบเขตของลูกกลิ้งไม่ให้ไหลออกนอกฟื้นผิวของลูกกลิ้ง Endboard จะตั้งอยู่ที่ปลายทั้งสองข้างของลูกกลิ้งจะใช้ Endboards กับเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่แบบ Nip Feed เท่านั้น โดยปกติ Endboard ทำด้วย Rein Forced Phenolic Resin ซึ่งสามารถลดอัตราการดูดซึมและป้องกันการเน่าบูดของสารที่จะทำแห้งได้ Endboard อยู่บนลูกกลิ้งได้โดยอาศัยแรงดันจากสกรูหรือสปริงที่ติดตั้งอยู่บนโครงของเครื่องทำแห้ง

6) ใบมีด (Knife) เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งมักจะติดตั้งใบมีดขนาดหนาประมาณ 2.4 มิลลิเมตร ทำด้วย High Grade Tool Steel ที่ผ่านการชุบแข็ง (Tempered) มาแล้ว เพื่อให้มีอายุการใช้งานนาน ใบมีดอาจทำด้วยเหล็กปลอดสนิม Phosphor Bronze, Monel Laminalo Fibre หรือ พลาสติก ตามแต่คุณลักษณะของสารที่ทำแห้ง ในกรณีที่ลูกกลิ้งมีขนาดยาวมากกว่า 10 ฟุต จะใช้ใบมีดแบบแยกส่วน ใบมีดอาจติดตั้งอยู่กับที่หรือติดตั้งให้ปรับเปลี่ยนมุมการขูดสารที่จะทำแห้งให้ได้สารที่มีขนาดสม่ำเสมอ

7) ชุดปรับใบมีด (Knife Adjustment) ส่วนนี้จะใช้ Pressure Thumb Screw ขนาดประมาณ 2 นิ้ว เป็นตัวที่ทำให้ใบมีดสัมผัสกับผิวของลูกกลิ้งอย่างสม่ำเสมอตลอดความยาวของลูกกลิ้ง โดยมีความตึงเพียงพอที่จะทำความสะอาดได้ทั่วทั้งผิวลูกกลิ้ง และสามารถปรับใบมีดขึ้นเพื่อลับคมหรือเปลี่ยนได้

8) อุปกรณ์เก็บที่มาจากการทำแห้ง (Vapour Hood) ทำด้วยเหล็กปลอดสนิม พลาสติก หรือ Gaboanized โดย Vapour Hood ใช้สำหรับเก็บและเคลื่อนย้ายไอที่มาจากการทำแห้ง

เมื่อใช้กับไอของสารละลายควรจะมีการให้ความร้อนกับ Hood ด้วย Steam Tracing เพื่อป้องกันการเกิดสารควบแน่น

9) ภาชนะบรรจุอาหารที่จะป้อนและรองรับผลิตภัณฑ์จากลูกกลิ้ง อาจทำมาจากพลาสติก หรือวัสดุอื่น

2.4.4.4 การทำงานของเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก [18]

ลักษณะการทำงานที่สำคัญของเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก คือ อาหารเหลวที่จะทำแห้งจะต้องมีความข้นหนืดพอสมควรที่จะยึดติดบนผิวของลูกกลิ้งได้ในขณะที่ลูกกลิ้งหมุนอาหารเหลวจะถูกป้อนสู่ลูกกลิ้งโดยวิธีพ่น ป้าย จุ่ม หรือถูกใส่ลงบนช่องว่างของลูกกลิ้ง สามารถปรับความเร็วของลูกกลิ้งได้ ภายในลูกกลิ้งจะมีแหล่งกำเนิดผ่านบนลูกกลิ้งสู่อาหารเหลว การควบคุมความเร็วของลูกกลิ้งและช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งจะขึ้นกับชนิดคุณภาพของอาหารแห้งที่ต้องการ โดยทั่วไปเมื่ออาหารเหลวข้นติดไปเป็นฟิล์มบางๆ บนผิวลูกกลิ้งขณะที่ลูกกลิ้งหมุนไป 3/4 รอบ ก็จะแห้งพอดีกับที่ใบมีดกรีดเอาอาหารแห้งออกไป ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งจะมีสภาพเป็นแผ่นบางๆ หรือเป็นผงซึ่งปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการทำแห้ง คุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ความชื้นของผลิตภัณฑ์ขึ้นกับความเร็วในการหมุนรอบ อุณหภูมิบนผิวลูกกลิ้ง ความหนาของอาหารที่เคลือบปริมาณเนื้ออาหารและความหนืดของอาหาร

2.4.4.5 การทำให้คืนรูป [15]

การคืนสู่สภาพเดิม ใช้กับอาหารแห้งและอาหารผง ส่วนการคืนรูปเดิมเมื่อนำมาหุงต้มผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องทำแห้งจะดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำให้แห้งโดยธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะเนื้อสัมผัส การเคลื่อนที่ของตัวละลายและการสูญเสียสารระเหยไม่สามารถเกิดแบบย้อนกลับไปเหมือนเดิมได้ ความร้อนลดระดับการดูดคืนน้ำของแป้งและความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ ทำให้โปรตีนจับตัวกันและลดความสามารถในการอุ้มน้ำ อัตราเร็วและระดับของการดูดคืนน้ำอาจใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของอาหารได้ อาหารที่ทำแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมมากกว่าจะเกิดความเสียหายน้อยกว่าและดูดคืนน้ำได้เร็วกว่าอาหารที่ทำแห้งที่สภาวะที่เหมาะสมน้อยกว่า

2.4.4.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บรักษาอาหารแห้ง

อาหารแห้งจะอยู่ในสภาพที่มีคุณภาพดี ปลอดภัยตามความต้องการของผู้บริโภคเป็นระยะเวลานานเท่าใดในระหว่างการเก็บรักษานั้น จะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ โดยปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นั้น ได้แก่

1) ชนิดและคุณสมบัติของอาหารแห้ง [21]

อาหารแห้งแต่ละชนิดที่มีโครงสร้างองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน จะมีอิทธิพลต่ออายุการเก็บรักษาของอาหารแห้ง กล่าวคือ อาหารแห้งต่างชนิดที่มีองค์ประกอบเคมีต่างกัน สารที่เป็นองค์ประกอบเคมีที่ต่างกันนั้น จะมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของอาหารแห้ง ตัวอย่างเช่น อาหารแห้งประเภทไขมันสูง โดยเฉพาะไขมันไม่อิ่มตัวจะมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันดังกล่าวได้ง่าย โดยเฉพาะเมื่อเก็บไว้ในสภาวะแวดล้อมที่มีออกซิเจนมากพอและมีตัวเร่งการเกิดออกซิเดชัน เช่น แสง ความร้อน เป็นต้น ซึ่งผลของการเกิดออกซิเดชันของไขมันในอาหารแห้งนั้น จะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดี เช่น กลิ่นหืน นอกจากนี้สารประกอบพวกเพอร์ออกไซด์ที่เกิดออกซิเดชัน ยังสามารถทำให้เกิดผลเสียต่ออาหารแห้งในแง่อื่นๆ เช่น ทำให้สีซีดจาง ทำลายวิตามินต่างๆ ได้แก่ วิตามินซี วิตามินเอ วิตามินอี และยังสามารถก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งมีผลต่อเนื่องที่สามารถก่อให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย เช่น โรคมะเร็ง นอกจากนี้อาหารแห้งประเภทที่ประกอบด้วยน้ำตาล และกรดอะมิโนหรือโปรตีนอยู่สูง จะทำให้อาหารแห้งดังกล่าว มีโอกาสเสื่อมเสียคุณภาพได้มากเนื่องจากปฏิกิริยา ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาลและมีการสูญเสียคุณค่าทางอาหารด้วย

นอกจากนี้อาหารแห้งยังมีคุณสมบัติในการดูดน้ำ (Hygroscopicproperty) ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวของอาหารแห้งแต่ละชนิดอาจต่างกันไป ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ความชื้นของอาหารแห้ง องค์ประกอบทางเคมี และโครงสร้างของอาหารแห้ง เป็นต้น ในแง่ความชื้นและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารแห้งนั้น โดยทั่วไปอาหารแห้งทั้งลักษณะเป็นชิ้น และอาหารผงจะมีความชื้นต่ำ เมื่อเก็บไว้ในสภาวะแวดล้อมปกติซึ่งมีความชื้นในบรรยากาศสูงกว่าในอาหารแห้ง จึงทำให้น้ำภายนอกดูดซึมเข้าไปในอาหารได้ โดยเฉพาะอาหารแห้งชนิดที่มีสารที่เป็นองค์ประกอบที่มีความสามารถในการดูดน้ำได้ดี เช่น น้ำตาล ซึ่งจากผลของการดูดซึมน้ำเข้าไปในอาหารแห้งจะทำให้อาหารสามารถเกิดการเสื่อมเสียคุณภาพในแง่ต่างๆ เช่น เนื้อสัมผัสไม่กรอบ รูปร่างหดเหี่ยว เกิดการเกาะกลุ่มเป็นก้อนของอาหารผงประเภทต่างๆ ได้แก่ นมผง กาแฟผง น้ำผลไม้ผง เป็นต้น เมื่ออาหารผงดังกล่าว ดูดซึมน้ำเข้าไปมาก จะทำให้อาหารผงเหนียว สูญเสียคุณภาพความเป็นอาหารผงได้ นอกจากนี้โครงสร้างของอาหารแห้งยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้คุณสมบัติในการดูดน้ำของอาหารแห้งแต่ละชนิดต่างกันไป โดยพบว่า อาหารแห้งที่ทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง อาหารแห้งที่ได้มักมีโครงสร้างเป็นรูพรุนมาก ซึ่งเอื้ออำนวยต่อการดูดน้ำจากความชื้นในบรรยากาศโดยรอบอีกด้วย ดังนั้นเมื่ออาหารผ่านกระบวนการทำแห้งเรียบร้อยแล้ว ควรมีการบรรจุโดยเร็วที่สุดเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการดูดซึมของน้ำเข้าไปในอาหารแห้ง ซึ่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของอาหารแห้ง

2) สภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษาอาหารแห้ง [21]

สภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษาอาหารที่ผ่านการถนอมและแปรรูปด้วยการทำแห้ง เป็นปัจจัยหลักที่สำคัญอีกประการหนึ่งอิทธิพลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ซึ่งสภาวะแวดล้อมที่ควรคำนึงถึงในการเก็บรักษาอาหารแห้ง ได้แก่

(1) ความชื้นสัมพัทธ์และออกซิเจนในบรรยากาศ อาหารที่ได้จากการทำแห้งนั้นจะมีปริมาณความชื้นต่ำ ดังนั้น ถ้าเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศปกติหรือในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งสูง จะเป็นผลให้อาหารแห้งดูดความชื้นจากบรรยากาศโดยรอบ ซึ่งก่อให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารดังกล่าวแล้วข้างต้น นอกจากนี้ก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศของสภาวะแวดล้อมที่รักษาอาหารแห้ง ก็มีผลต่ออายุการเก็บรักษา เนื่องจากออกซิเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอาหารในอาหารแห้ง เช่น การเกิดออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นหืน เกิดการทำลายของคุณค่าทางอาหาร เช่น วิตามินบางชนิด เป็นต้น

(2) อุณหภูมิและแสงในขณะเก็บรักษา โดยทั่วไปถ้าเก็บอาหารแห้งไว้ที่อุณหภูมิสูง จะทำให้คุณภาพของอาหารแห้งเกิดการเสื่อมเสียได้ง่ายขึ้น ทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สั้นลง เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารแห้งนั้นเกิดได้เร็วขึ้น เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เป็นต้น นอกจากนี้ แสงก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารแห้ง

(3) สัตว์ แมลง จุลินทรีย์ และสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ในสภาพที่เก็บรักษาอาหารแห้ง สัตว์ เช่น หนู และแมลงต่างๆ ชอบไปแทะกัดกินอาหารแห้ง ทำให้เกิดความเสียหายแก่อาหารแห้งได้ จุลินทรีย์ดังกล่าวสามารถเจริญได้ ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพ หรือเน่าเสียของอาหารได้ นอกจากนี้สิ่งปนเปื้อนต่างๆ ในบรรยากาศที่เก็บรักษาอาหารแห้ง เช่น ฝุ่นละอองต่างๆ ยังสามารถปนเปื้อนลงในอาหารแห้งทำให้คุณภาพของอาหารแห้งด้อยลงได้

3) การยืดอายุการเก็บรักษาอาหารแห้ง [22]

อาหารแห้งที่ผลิตได้นั้น สามารถเกิดการเสื่อมเสียและเน่าเสียได้ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งนั้น คือ ชนิดและคุณสมบัติของอาหารแห้งแต่ละสภาวะแวดล้อมในขณะเก็บรักษา ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ออกซิเจน อุณหภูมิ แสง สัตว์ แมลง จุลินทรีย์ และสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ดังนั้น เพื่อให้อายุการเก็บรักษาของอาหารแห้งยาวนานขึ้น จำเป็นต้องควบคุมปัจจัยต่างๆ โดยเฉพาะในเรื่องของสภาวะแวดล้อมในขณะเก็บรักษาซึ่งการควบคุมปัจจัยดังกล่าวนั้น สามารถปฏิบัติได้ดังนี้

(1) การใช้ภาชนะบรรจุที่เหมาะสม ภาชนะบรรจุที่ใช้บรรจุอาหารแห้งนั้นมีความสำคัญมาก ต่อการทำให้อายุการเก็บรักษาอาหารแห้งยาวนานขึ้น เนื่องจากภาชนะบรรจุนี้จะทำหน้าที่ป้องกันสภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่มีผลต่อการเสื่อมเสียและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา สภาวะดังกล่าว ได้แก่ ความชื้น ออกซิเจน แสง สัตว์ แมลง จุลินทรีย์และสิ่งปนเปื้อน ดังนั้นภาชนะบรรจุอาหารแห้งควรจะสามารถป้องกันสิ่งต่างๆ ดังกล่าวได้ และควรมีความคงทน ไม่เป็นพิษ และมีราคาพอเหมาะ ภาชนะอาจจะเป็นกล่อง กระเบื้อง ขวดหรือถัง แล้วแต่ประเภทของอาหารแห้ง และปัจจัยอื่นๆ เช่น มูลค่าของอาหารแห้ง ขนาดบรรจุ เป็นต้น วัสดุที่ใช้ในการทำเป็นภาชนะบรรจุนั้น ได้แก่ กระดาษ พลาสติก แก้ว โลหะต่างๆ ตัวอย่างกรณีกล่องทำด้วยกระดาษซึ่งเคลือบด้วยวัสดุที่ป้องกันความชื้นได้ เช่น กระดาษเคลือบไข กระป๋องทำด้วยโลหะ เช่น ดีบุก ขวดทำด้วยแก้ว ถุงพลาสติก ซึ่งมีหลายประเภท ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม

(2) การใช้ก๊าซในการบรรจุ ก๊าซบางชนิดนิยมใช้ร่วมในการบรรจุอาหารแห้งที่ค่อนข้างไวต่อการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากผลของออกซิเจน เช่น อาหารแห้งที่มีไขมันไม่อิ่มตัวอยู่สูงมักมีการเติมก๊าซ เช่น ก๊าซไนโตรเจน บรรจุลงในภาชนะบรรจุทำให้สภาวะแวดล้อมของอาหารภายในภาชนะบรรจุนั้น เป็นสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ จึงเกิดการเสื่อมเสียคุณภาพจากผลของออกซิเดชันได้ยาก ซึ่งทำให้เป็นการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

(3) การใช้ระบบสุญญากาศในการบรรจุ การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ค่อนข้างไวต่อการเปลี่ยนแปลงจากผลของออกซิเจน นอกจากการใช้ก๊าซแล้ว ในขณะบรรจุอาจใช้วิธีการดูดอากาศออก โดยใช้เครื่องบรรจุระบบสุญญากาศ ซึ่งภาชนะบรรจุที่ใช้ต้องสามารถทนต่อความดันที่แตกต่างกัน ระหว่างสภาวะภายนอกและภายในภาชนะบรรจุ

(4) การใช้สารกำจัดออกซิเจน อาหารแห้งบางประเภทอาจใช้สารกำจัดออกซิเจน (Deoxidizer) ซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะที่อากาศสามารถผ่านเข้าออกได้โดยสารในภาชนะบรรจุดังกล่าว จะใส่ลงไปในภาชนะบรรจุอาหารแห้ง ซึ่งควรเป็นภาชนะปิดสนิทก๊าซไม่สามารถผ่านได้ สารดังกล่าว ทำหน้าที่ดึงออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ช่วยลดปริมาณออกซิเจนที่จะทำปฏิกิริยาต่างๆ ในการบรรจุอาหารแห้ง

(5) การใช้สารดูดความชื้น การใช้สารดูดความชื้นบางชนิด เช่น แคลเซียมออกไซด์ (ซิลิกาเจล) ใส่ลงในภาชนะบรรจุเล็กๆ ที่ทำด้วยวัสดุที่ความชื้นสามารถผ่านเข้าออกได้แล้วจึงใส่ภาชนะที่มีสารดูดความชื้นดังกล่าวลงในภาชนะบรรจุที่บรรจุอาหารอีกทีหนึ่ง สารพวกซิลิกาเจลนี้จะช่วยในการดูดความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาอาหารแห้งดังกล่าว นอกจากนี้ยังมีการใช้สารที่

ช่วยป้องกันการเกาะตัวของอาหารผงเนื่องจากความชื้น เช่น แคลเซียมสเตียเรต ซึ่งใช้ใส่ลงไปในอาหารผง เป็นต้น

2.4.5 บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารแห้ง

บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารแห้ง เพื่อให้อาหารแห้ง (Dried Food) ซึ่งผ่านการทำแห้ง (Dryhydration) ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นผง เป็นก้อนหรือเป็นชิ้น มีค่า Water Activity น้อยกว่า 0.6 [23], [24]

2.4.5.1 สมบัติของบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารแห้ง [23], [24]

1) สามารถป้องกันความชื้น (Moisture Barrier) บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารแห้งจะต้องป้องกันการดูดซึมกลับความชื้นจากอากาศรอบๆ คือ ควรมีค่าอัตราการดูดซึมกลับความชื้น (Water Vapor Transmission Rate) ต่ำ ซึ่งค่านี้ขึ้นอยู่กับชนิด และคุณภาพตลอดจนความหนาของวัสดุที่ใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์ อาหารแห้งที่มีส่วนประกอบที่ดูดน้ำได้ดี (Hydroscopic) เช่น น้ำตาล โดยเฉพาะน้ำตาลฟรุกโตส (Fructose) ความชื้นจะเป็นเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารแห้งเน่าเสีย (Food Spoilage) ได้ดังนี้

(1) ทางกายภาพ เช่น การเกาะกันเป็นก้อนสำหรับอาหารผง ทำให้ไม่สามารถไหลได้อย่างเป็นอิสระ หรือมีการเยิ้มของน้ำตาล

(2) ทางเคมี เช่น การเกิดกลิ่นหืน (Rancidity) เพราะน้ำเป็นสาเหตุเริ่มต้นของการเกิดปฏิกิริยา Hydrolysis ทำให้ไตรกลีเซอไรด์ในโมเลกุลของน้ำมัน และไขมัน สลายตัวเป็นกรดไขมันอิสระ โดยเฉพาะกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการเกิดปฏิกิริยา Lipid Oxidation

(3) ทางจุลินทรีย์ น้ำที่ดูดกลับไปในอาหารทำให้มีค่า Water Activity เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าจุลินทรีย์แต่ละประเภท จะมีค่า Water Activity ต่ำที่สุดที่จุลินทรีย์เจริญได้ (Minimum Water Activity) แตกต่างกัน แต่โดยทั่วไปแล้ว หากลดค่า Water Activity ให้ต่ำกว่า 0.6 จะไม่มีจุลินทรีย์ใดเจริญได้

2) สามารถป้องกันอากาศ อากาศโดยเฉพาะออกซิเจน เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น Lipid Oxidation ซึ่งทำให้อาหารเกิดกลิ่นหืน และยังเป็นผลให้อาหารสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะกรดไขมันที่จำเป็น (Essential Fatty Acid) บรรจุภัณฑ์อาหารแห้งที่ดีจะต้องสามารถป้องกันก๊าซออกซิเจนจากสภาวะอากาศรอบๆ ผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุ นอกจากนี้อาจใช้สารดูดซับออกซิเจน (Oxygen Absorber) เพื่อช่วยดูดซับออกซิเจนที่มีอยู่แล้วในบรรจุภัณฑ์ก่อนปิดผนึก และจะซึมผ่านบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

3) มีความทนทานต่อการกดหรือการกระแทก บรรจุภัณฑ์อาหารแห้งที่ดีจะต้องทนต่อการกดและการกระแทกได้ดี ทั้งนี้ เนื่องจากเนื้ออาหารแห้งมักแข็ง เปราะ แตกง่าย และมีส่วนแหลมคมสามารถทิ่มแทงภาชนะบรรจุได้

2.4.5.2 วัสดุบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารแห้ง [25]

วัสดุบรรจุภัณฑ์ (Packaging Material) ที่เหมาะสมสำหรับอาหารแห้ง ได้แก่ โลหะ แก้ว และพลาสติก

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 ฉัตรสิพร นิตย์สุข และคณะ [26] ผลิตภัณฑ์น้ำหุงน้ำข้าวเสาไห้สำเร็จรูป ได้มีการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิต โดยศึกษาระยะเวลาในการต้มน้ำข้าวจากข้าวเหนียวเป็น 2 ระดับ และระยะเวลาในการแช่ข้าวเสาไห้เป็น 2 ระดับ จะได้น้ำข้าวจากข้าวเหนียว 4 สูตรคือ สูตรที่ 1 (15:20) สูตรที่ 2 (15:30) สูตรที่ 3 (20:20) และสูตรที่ 4 (20:30) และใช้วิธีการประเมินคุณลักษณะและความเข้ม โดยการประเมินทางประสาทสัมผัสให้คะแนนแบบการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบพรรณนาเชิงปริมาณ (QDA) เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม และจากการสำรวจพบว่าสูตรที่ 4 (20:30) มีความเหมาะสมที่สุด จึงได้มีการศึกษาคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำหุงข้าวเสาไห้สำเร็จรูปโดยใช้ วิธีการวัดคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory) เพื่อเปรียบเทียบกับข้าวหอมมะลิและข้าวเสาไห้ที่หุงด้วยน้ำธรรมดาและจากการสำรวจพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ยอมรับต่อผลิตภัณฑ์น้ำหุงข้าวเสาไห้สำเร็จรูปว่ามีความแตกต่างจากข้าวเสาไห้ที่หุงด้วยน้ำธรรมดาและมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับข้าวหอมมะลิและผู้บริโภคยอมรับต่อผลิตภัณฑ์คิดเป็นร้อยละ 90 สาเหตุเพราะผู้บริโภคส่วนใหญ่สนใจในความเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ในท้องตลาดและข้าวเสาไห้ที่หุงด้วยผลิตภัณฑ์น้ำหุงน้ำข้าวเสาไห้สำเร็จรูปมีลักษณะที่ดีขึ้นจากข้าวเสาไห้ทั่วไป

2.5.2 อุมาภรณ์ เนตรแหน และคณะ [27] จากการศึกษาวิธีการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูปกลิ่นใบเตย นำข้าวพันธุ์ C85 มาแช่ในน้ำใบเตยที่ความเข้มข้นร้อยละ 10, 20 และ 30 ที่อุณหภูมิ 25 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที นำมานึ่ง 30 นาที และนำข้าวนึ่งเสร็จแล้วมาแช่ในน้ำใบเตย ผลจากการศึกษาความเข้มข้นของน้ำใบเตยพบว่าแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที ความเข้มข้นร้อยละ 30 จะมีสีเขียวมากที่สุด และผลจากการศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ข้าวในน้ำใบเตย คือ แช่ข้าวที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ความเข้มข้นร้อยละ 10 จะมีสีเขียวอ่อนที่สุด แช่ข้าวที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ความเข้มข้นร้อยละ 30 จะมีสีเขียวเข้มมากที่สุด

2.5.3 ดรุณี มูลโรจน์ [28] จากการศึกษาวิธีการผลิตข้าวเคลือบสมุนไพร เป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารโดยการปรับปรุงเมล็ดข้าวทางกายภาพ ด้วยการนำข้าวมาเคลือบด้วยสมุนไพรต่างๆ โดยการใช้สารสกัดจากสมุนไพรแล้วพ่นเคลือบเมล็ดข้าว และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที และสามารถนำไปหุงข้าวตามปกติ

2.5.4 ธารารัตน์ รุ่งเรือง [18] การศึกษาพัฒนาเกล็ดธัญพืชด้วยวิธีการอบแห้งแบบพิมพ์ทองม้วนเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ โดยใช้เกล็ดธัญพืชด้วยวิธีการอบแห้งแบบพิมพ์ทองม้วนที่ความร้อนประมาณ 20 วินาที และตวงของเหลวที่จะเทลงในพิมพ์ โดยจะใช้ประมาณ 5 – 6 กรัม จนได้เกล็ดธัญพืชออกมาเป็นสีเหลือง และวิธีการอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ที่อุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 110 – 115 องศาเซลเซียส ความเร็วของลูกกลิ้งที่ 4.41 รอบต่อนาที ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า เกล็ดธัญพืชที่อบแห้งแบบพิมพ์ทองม้วน มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้เท่ากับ 0.17 มีไขมันร้อยละ 9.22 โปรตีนร้อยละ 31.25 เถ้าร้อยละ 3.56 ทรายร้อยละ 0.28 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 15.76 ส่วนเกล็ดธัญพืชที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแบบลูกกลิ้งคู่ มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้เท่ากับ 0.20 มีไขมันร้อยละ 9.80 โปรตีนร้อยละ 32.99 เถ้าร้อยละ 3.54 ทรายร้อยละ 0.14 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 16.13 ในด้านของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ในการอบแห้งทั้งสองแบบ มีปริมาณ น้อยว่า 30 โคโลนี ต่อ 1 กรัม

2.5.5 ลินีนารถ สระตันติ์ [29] กระบวนการผลิตฟักทองผงและการใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ศึกษาการทำผงโดยวิธีตากแห้งที่ระยะเวลา 1 – 2 วัน และนำมาบดให้เป็นผง และการทำเป็นผงโดยใช้เครื่อง Drum Dryer ที่อุณหภูมิ 130 – 140 องศาเซลเซียส และหมุน 2 - 3 รอบต่อนาที สำหรับวิธีตากแห้งเบต้าแคโรทีน ถูกทำลายมาก เนื่องจากรังสีอุตราไวโอเลตซึ่งเป็นผลทำให้สีซีดด้วย ตามปกติของตากแห้งจะมีสีเป็นธรรมชาติดีกว่าของที่ทำแห้งโดยการอบ นอกจากนี้ยังพบเชื้อราและจุลินทรีย์ค่อนข้างสูง เนื่องจากไม่สามารถทำแห้งได้ภายใน 1 วัน เนื่องจากแสงแดดไม่เพียงพอ ลักษณะเป็นเมือกเล็กน้อย การทำผงโดยวิธีตากแห้งทำให้เบต้าแคโรทีนต่ำมาก แต่การทำเป็นผงโดยใช้เครื่อง Drum Dryer เบต้าแคโรทีนยังคงเหลือมากกว่าวิธีตากแห้ง

2.5.6 Kalogianni *et al.* [30] ศึกษาผลของความเข้มข้นของสตาร์ชที่เหมาะสมในการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง พบว่า เมื่อความเร็วลูกกลิ้งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้นปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าลดลง

2.5.7 Vallous, N.A. *et al.* [31] ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแป้งข้าวโพดด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง พบว่า เมื่อความเร็วของลูกกลิ้งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์

สุดท้ายเพิ่มขึ้น แต่เมื่อความดันไอเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายลดลง ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแป้งข้าวโพดโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง คือ ทำแห้งที่ความดันไอ 7 บาร์ และความเร็วลูกกลิ้ง 4 รอบต่อนาที เพื่อให้ได้แป้งข้าวโพดที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 5

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาผงหุงข้าวสำเร็จรูปเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าวเสาไห้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เพื่อทดสอบคุณภาพผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้และสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว เพื่อสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ รวมทั้งเพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ มีขั้นตอนและวิธีการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ข้าวเหนียวเขี้ยวงู ตราข้าวแสนดี
3.1.2 น้ำสะอาด
3.1.3 ใบเตยหอม
3.1.4 ข้าวสารเสาไห้ ตราข้าวแสนดี

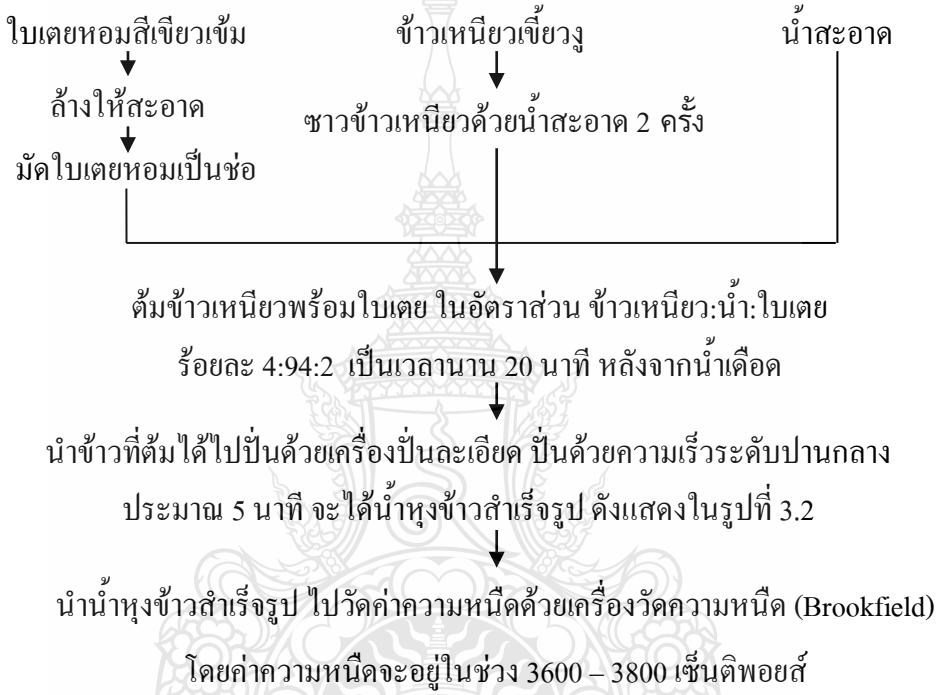
3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องชั่ง 2 กิโลกรัม ยี่ห้อ Camry
3.2.2 อุปกรณ์เครื่องครัว
3.2.3 เครื่องปั่นละเอียด Russell Hobbs รุ่น 19450-56 ขนาด 1.5 ลิตร
3.2.4 เครื่องวัดความหนืด Brookfield รุ่น DV-II+Pro VISCOMETER
3.2.5 เครื่องวัดสี Hunter Lab Colorimeter ยี่ห้อ Lovibond รุ่น SP 60
3.2.6 เครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity) Aqua Lab รุ่น CX3TE
3.2.7 เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัสอาหาร (Texture Analyser)
3.2.8 เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก (Drum dryer)
3.2.9 หม้อหุงข้าว ยี่ห้อ Sharp รุ่น KS11ET 1L ความจุ 1 ลิตร
3.2.10 ลังถึงนึ่งข้าว

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

3.3.1.1 การเตรียมน้ำหุงข้าวสำเร็จรูป ทำการเตรียมน้ำหุงข้าวสำเร็จรูปตามกระบวนการดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การเตรียมน้ำหุงข้าวสำเร็จรูป

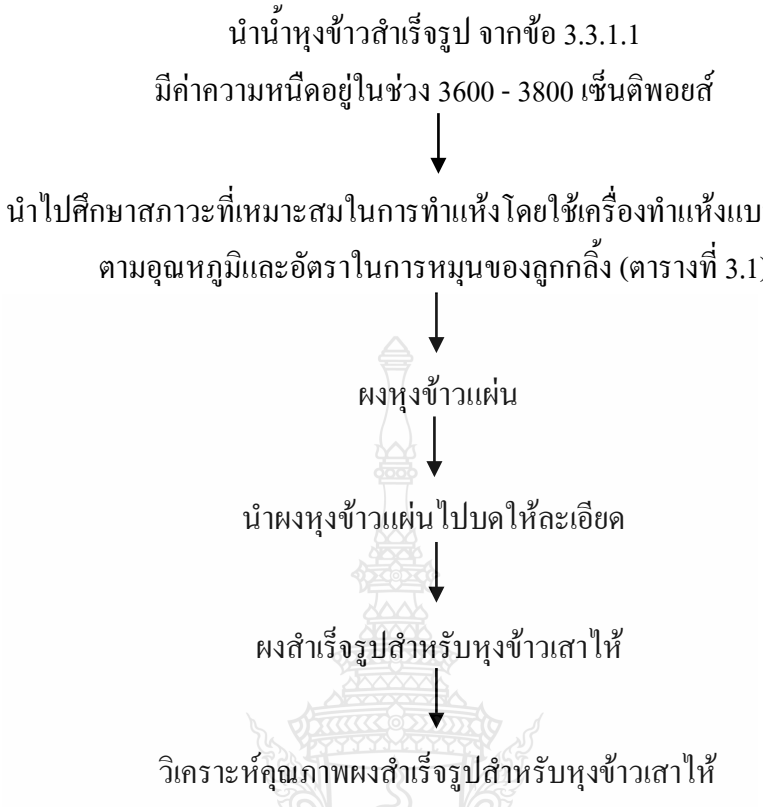
รูปที่ 3.2 น้ำหุงข้าวสำเร็จรูป

3.3.1.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

นำน้ำหุงข้าวสำเร็จรูป จากข้อ 3.3.1.1 มาศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง โดยปัจจัยที่ศึกษา มี 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิที่ระดับ 120 130 และ 140 องศาเซลเซียส และอัตราในการหมุนของลูกกลิ้งที่ระดับ 1 และ 2 รอบ/นาที โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จะได้สิ่งทดลองทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และขั้นตอนการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.3

ตารางที่ 3.1 สิ่งทดลองในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

สิ่งทดลอง	**อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)**	**อัตราในการหมุนของลูกกลิ้ง (ความเร็วรอบ/นาที)**
1	120	1
2	120	2
3	130	1
4	130	2
5	140	1
6	140	2



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

นำผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้มาทำการวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

1) วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity) เป็นอัตราส่วนของความดันไอ (Vapour pressure) ของน้ำในอาหาร (P) ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ (Po) ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน และเป็นค่าที่แสดงระดับพลังงานของน้ำมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา การเสื่อมเสีย และความปลอดภัยของอาหาร โดยอาหารแห้ง (Dried food) จะเป็นอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity) น้อยกว่า 0.6 [32] โดยใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity) Aqua Lab รุ่น CX3TE

2) วัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab Colorimeter) ซึ่งค่า L* แสดงถึงค่าความสว่างและความมืด มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 L* มีค่า 0 หมายถึง สีดำ L* มีค่า 100 หมายถึง สีขาว ค่า a* แสดงค่าสีระหว่างความเป็นสีแดงถึงสีเขียว โดย a* มีค่าบวก หมายถึง สีแดง a* มีค่าลบ หมายถึง สีเขียว ค่า b* แสดงค่าสีระหว่างความเป็นสีเหลืองถึงน้ำเงิน โดย b* มีค่าบวก หมายถึง สีเหลือง b* มีค่าลบ หมายถึง สีน้ำเงิน

3) วิเคราะห์ดัชนีการละลายน้ำ (Water Solubility Index, WSI) และดัชนีการดูดซับน้ำ (Water Absolubility Index, WAI) ดัดแปลงจากวิธีการของ Anderson et al. (1969) โดยชั่งตัวอย่างแป้ง 0.8 กรัม ใส่ลงในหลอดหมุนเหวี่ยงที่มีฝาปิดและทราบน้ำหนักที่แน่นอน เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยคนด้วยแท่งแก้ว และคนทุกๆ 5 นาที เป็นเวลา 30 นาที นำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายใส ที่ได้ทั้งหมดใส่ลงในถ้วยอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำไปอบอุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นลงในโถดูดความชื้น จดบันทึกน้ำหนักไว้ ส่วนที่เหลือข้างล่างหลอดคือตะกอน นำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณค่าดัชนีการละลายน้ำ (Water Solubility Index, WSI) และดัชนีการดูดซับน้ำ (Water Absolubility Index, WAI) ดังนี้

$$\text{ค่า WSI} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งส่วนที่ละลายน้ำ x 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}}$$

$$\text{ค่า WAI} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอนแป้งหลังการหมุนเหวี่ยง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}}$$

จากนั้นคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมโดยพิจารณาจาก ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity) (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 1068/2558 กำหนดให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ต้องไม่เกิน 0.6) [32] สิ่งทดลองที่มีค่าดัชนีการละลายน้ำสูงที่สุด และสิ่งทดลองที่มีค่าดัชนีการดูดซับน้ำต่ำที่สุด

3.3.2 การทดสอบคุณภาพผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

นำผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ที่ผลิตจากกระบวนการที่กำหนด จากข้อ 3.3.1.2 มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์

3.3.2.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1) วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity) โดยใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity) Aqua Lab รุ่น CX3TE

3.3.2.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1) วิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส ตามวิธีการของ Juliano 1971

2) วิเคราะห์ปริมาณอะไมโลเพคติน ตามวิธีการของ Juliano 1971

3.3.2.3 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

1) วิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีการของ (AOAC, 2000)

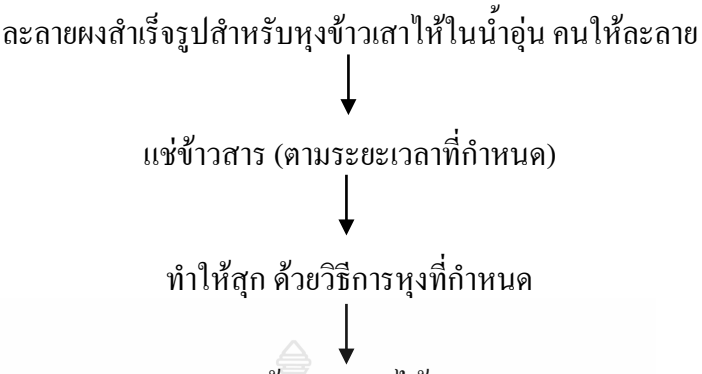
2) วิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา ตามวิธีการของ (AOAC, 2000)

3.3.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว

โดยปัจจัยที่ศึกษา มี 3 ปัจจัย คือ ปริมาณผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ร้อยละ 10 และ 15 (ต่อข้าวเสาไห้ 100 กรัม ต่อน้ำ 400 มิลลิลิตร) เวลาในการแช่ข้าวสารที่ระดับ 20 และ 30 นาที และวิธีการหุงข้าว มี 2 แบบ คือ หม้อหุงข้าวไฟฟ้า และลังถึงนึ่งข้าว ทำการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 8 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.2 สิ่งทดลองในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว ทำการหุงข้าวตามกระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

ตารางที่ 3.2 สิ่งทดลองในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว

สิ่งทดลอง	**ปริมาณผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ (ร้อยละ)/ข้าวเสาไห้(กรัม)/ น้ำ(มิลลิลิตร)**	**เวลาในการแช่ข้าวสาร (นาที)**	**วิธีการหุง**
1	10/100/400	20	หม้อหุงข้าวไฟฟ้า
2	10/100/400	30	หม้อหุงข้าวไฟฟ้า
3	10/100/400	20	ลังถึงนึ่งข้าว
4	10/100/400	30	ลังถึงนึ่งข้าว
5	15/100/400	20	หม้อหุงข้าวไฟฟ้า
6	15/100/400	30	หม้อหุงข้าวไฟฟ้า
7	15/100/400	20	ลังถึงนึ่งข้าว
8	15/100/400	30	ลังถึงนึ่งข้าว



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

นำข้าวสวยเสาไห้ที่ได้ไปวัดค่าความนุ่มโดยเครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัสอาหาร (Texture Analyser) ด้วยวิธีการทดสอบแรงผลักดัน (Extrusion Test) โดยกำหนดความเร็วในการทดสอบ 1.6 มม./วินาที ความเร็วในการทดสอบหลังจากทดสอบ 10 มม./วินาที ระยะทาง 45 มิลลิเมตร หัววัดที่ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร เพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองให้เหลือเพียง 4 สิ่งทดลอง และนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-Point Hedonic Scale ด้านสี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบรวม เป็นผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน และทำการคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากคะแนนสูงสุด

3.3.4 การสำรวจการยอมรับของผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

3.3.4.1 การสำรวจความพึงพอใจจากกลุ่มผู้บริโภค จำนวน 100 คน อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 20 – 50 ปีขึ้นไป ในเขตจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดปทุมธานี โดยการใช้แบบสอบถามความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่หุงโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

3.3.4.2 การทดสอบการยอมรับด้านการนำไปใช้ โดยใช้วิธี Home – use Tests เป็นกลุ่มผู้บริโภคที่อยู่ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดปทุมธานี จำนวน 20 ครัวเรือน

3.3.5 ศึกษาต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

โดยการคำนวณต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ตามวิธีของ [33]

3.4 ระยะเวลาในการทดลอง

เดือนสิงหาคม 2558 - มิถุนายน 2560

3.5 สถานที่ทำการทดลอง

3.5.1 คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.5.2 ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิจารณ์

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาผงหุงข้าวสำเร็จรูปเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าวเสาไห้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เพื่อทดสอบคุณภาพผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้และสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว เพื่อสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ รวมทั้งเพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ มีผลการทดลองและการวิจารณ์ ดังต่อไปนี้

4.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งโดยปัจจัยที่ศึกษา มี 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิที่ระดับ 120 130 และ 140 องศาเซลเซียส และอัตราในการหมุนของลูกกลิ้งที่ระดับ 1 และ 2 รอบ/นาที โดยมีผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่า Water Activity (a_w) และค่าสี L* a* b* ของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

สิ่งทดลอง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)/ อัตราในการหมุนของลูกกลิ้ง (ความเร็วรอบ/นาที)	ค่า a_w	L*	a*	b*
1	120/1	0.19 ± 0.01^{c}	63.97 ± 0.56^{e}	1.56 ± 0.02^{b}	12.42 ± 0.23^{bc}
2	120/2	0.27 ± 0.01^{a}	65.76 ± 1.58^{d}	1.52 ± 0.05^{bc}	12.74 ± 0.29^{b}
3	130/1	0.17 ± 0.01^{d}	74.92 ± 0.24^{b}	1.74 ± 0.03^{a}	14.09 ± 0.18^{a}
4	130/2	0.26 ± 0.01^{ab}	72.82 ± 0.07^{c}	1.70 ± 0.03^{a}	13.79 ± 0.15^{a}
5	140/1	0.18 ± 0.01^{cd}	77.02 ± 0.52^{a}	1.54 ± 0.01^{bc}	12.12 ± 0.04^{cd}
6	140/2	0.25 ± 0.01^{b}	73.86 ± 0.40^{bc}	1.49 ± 0.02^{c}	12.02 ± 0.15^{d}

หมายเหตุ : - ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- ค่าเฉลี่ยที่มีค่ามากที่สุด คือ x^{a} รองลงมาเป็น x^{b}, x^{c}, x^{d},... ตามลำดับ

- ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.1 ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

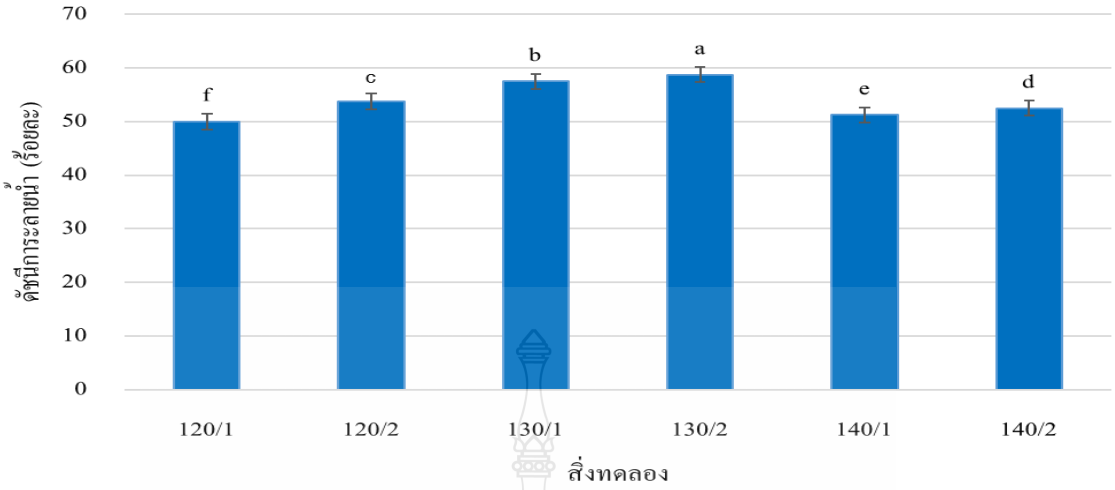
ค่า Water Activity (a_w) ของทั้ง 6 สิ่งทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.17 – 0.27 ซึ่งมีค่า Water Activity (a_w) ต่ำกว่า 0.6 ทุกสิ่งทดลอง และผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้มีลักษณะใกล้เคียงกับข้าวกล้องผงชงดื่ม จึงใช้เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวกล้องผงชงดื่มในการเปรียบเทียบ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ว่าค่า Water Activity (a_w) ต้องไม่เกิน 0.6 เพราะเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากค่า Water Activity (a_w) เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำอิสระที่เชื้อจุลินทรีย์ใช้ในการเจริญ [21]

ค่าความสว่าง (L*) พบว่า สิ่งทดลองทั้ง 6 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ 5 การทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส อัตราในการหมุนของลูกกลิ้ง 1 รอบ/นาที มีค่าความสว่างมากที่สุด คือ 77.02 ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นและอัตราในการหมุนของลูกกลิ้ง 1 รอบ/นาที จะทำให้สารละลายแป้งสัมผัสความร้อนได้นาน ทำให้เกิดการเจลาติไนซ์มากขึ้น การเจลาติไนซ์ทำให้สารละลายแป้งมีความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชุติมา [34] กล่าวว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ค่าความสว่างมากขึ้น เพราะตัวอย่างอาหารสัมผัสกับลูกกลิ้งที่อุณหภูมิที่สูงจึงทำให้เกิดการเจลาติไนซ์และทำให้ตัวอย่างอาหาร มีค่าความสว่างมากขึ้น

ค่า (a*) พบว่า มีค่าเป็น -a ซึ่งมีความเป็นสีเขียว แสดงให้เห็นว่า สิ่งทดลองทั้ง 6 สิ่งทดลองมีความเป็นสีเขียว เนื่องจากผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้มีการใส่ใบเตยเป็นวัตถุดิบ ในใบเตยมีคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นสารสีเขียวทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเขียวอ่อน [35]

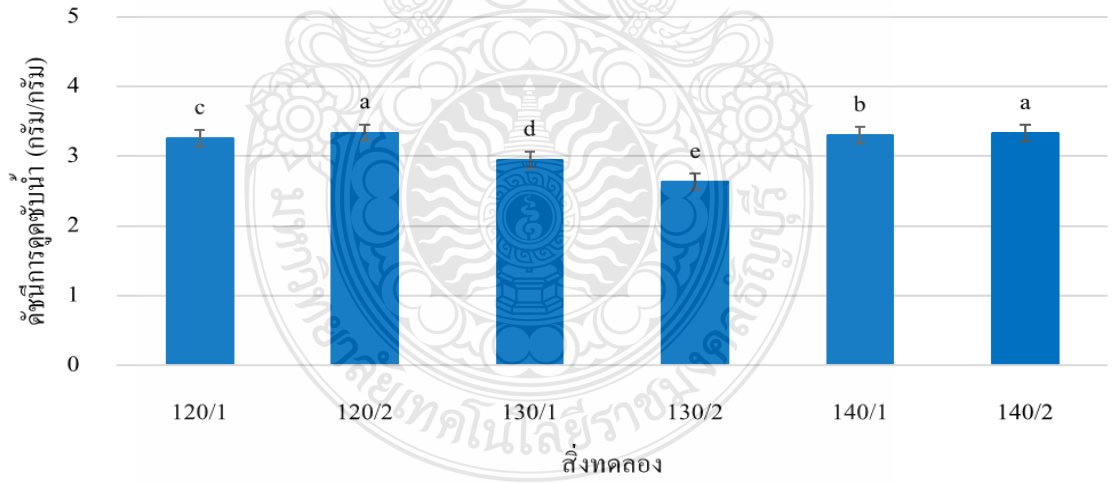
ค่า (b*) พบว่า มีค่าเป็น +b ซึ่งมีความเป็นสีเหลือง แสดงให้เห็นว่า สิ่งทดลองทั้ง 6 สิ่งทดลอง มีความเป็นสีเหลือง เนื่องจากการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้แบบลูกกลิ้งนั้นมีการให้ความร้อน ความร้อนของเครื่องจะทำให้แป้งมีสีที่เข้มขึ้น เพราะในผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้มีสารประกอบของน้ำตาลกลูโคสจากแป้งข้าวซึ่งทำให้เกิดการไหม้จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาคาราเมล ทำให้โมเลกุลของแป้งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล [6]

จากการศึกษาค่าดัชนีการละลายน้ำและดัชนีการดูดซับน้ำของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ผลดังแสดงในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 ค่าดัชนีการละลายน้ำของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

จากรูปที่ 4.1 ค่าดัชนีการละลายน้ำของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ที่ผ่านการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง พบว่า สิ่งทดลองทั้ง 6 สิ่งทดลอง มีค่าดัชนีการละลายน้ำที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และสิ่งทดลองที่ 4 (130 องศาเซลเซียส /2 รอบ/นาที) มีค่าดัชนีการละลายน้ำที่ดีที่สุด



รูปที่ 4.2 ค่าดัชนีการดูดซับน้ำของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

จากรูปที่ 4.2 ค่าดัชนีการดูดซับน้ำของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ที่ผ่านการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง พบว่า สิ่งทดลองทั้ง 6 สิ่งทดลอง มีค่าดัชนีการดูดซับน้ำที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และสิ่งทดลองที่ 4 (130 องศาเซลเซียส /2 รอบ/นาที) มีค่าดัชนีการดูดซับน้ำที่ดีที่สุด

จะเห็นได้ว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 120 เป็น 130 องศาเซลเซียส ค่าดัชนีการละลายน้ำและค่าดัชนีการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น แต่จะลดลงเมื่ออุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับกล้าณรงค์ [6] กล่าวว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นจะมีผลทำให้ค่าดัชนีการละลายน้ำเพิ่มขึ้น แต่ถ้าแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนซ์แล้วให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออกโมเลกุลของอะไมโลสขนาดเล็ก จะกระจัดกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัวโมเลกุลอะไมโลสที่อยู่ใกล้กัน จะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลเกิดเป็นร่างแหสามมิติ โครงสร้างใหม่นี้สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียวคล้ายฟิล์มหรือผลึก เรียกว่าการเกิดรีโทรเกรเดชัน หรือการคืนตัว

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง คือ สิ่งทดลองที่ 4 (130 องศาเซลเซียส /2 รอบ/นาที) เนื่องจากค่าดัชนีการละลายน้ำมีค่าสูงที่สุด และค่าดัชนีการดูดซับน้ำต่ำที่สุด ทำให้เกิดการละลายน้ำได้ดีจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้ดี

4.2 การทดสอบคุณภาพผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

โดยนำผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ที่ทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 รอบ/นาที มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ โดยมีผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ ในผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

คุณภาพ	**ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้**
ด้านกายภาพ	
- ค่า Water Activity (a_w)	0.26
ด้านเคมี	
- ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละ)	5.81
- ปริมาณอะไมโลเพคติน (ร้อยละ)	94.19
ด้านจุลินทรีย์	
- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	<10
- จำนวนยีสต์และรา (CFU/g)	<10

จากตารางที่ 4.2 ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ พบว่า มีค่า Water Activity (a_w) เท่ากับ 0.26 และผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้มีลักษณะใกล้เคียงกับข้าวกล้องผงชงดื่ม จึงใช้เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวกล้องผงชงดื่มในการเปรียบเทียบ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ว่าค่า Water Activity (a_w) ต้องไม่เกิน 0.6 เพราะเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เนื่องจาก ค่า Water Activity (a_w) เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำอิสระที่เชื้อจุลินทรีย์ใช้ในการเจริญ ดังนั้น การลดปริมาณน้ำในอาหารให้เหลือน้อยที่สุด หรือลดค่า Water Activity (a_w) ให้ต่ำสุด จึงเป็นวิธีการถนอมอาหารให้เก็บรักษาได้นาน กระบวนการที่ใช้ลดปริมาณค่า Water Activity (a_w) เช่น การทำแห้ง [21]

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้พบว่า ปริมาณอะไมโลส ร้อยละ 5.81 และปริมาณอะไมโลเพคติน ร้อยละ 94.19 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปิยาภรณ์ [36] กล่าวว่า ปริมาณอะไมโลส ร้อยละ 0 – 6 โดยน้ำหนักแห้ง จัดอยู่ในกลุ่มที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ และปริมาณอะไมโลสต่ำจะทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวสุกนุ่มและเหนียวขึ้น จึงทำให้ปริมาณอะไมโลสนั้นเข้าไปเพิ่มและเคลือบเมล็ดข้าวทำให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพของข้าวเสาไห้ เมื่อโครงสร้างอะไมโลสมีสายยาวพอสมควร เอนไซม์ที่สร้างพันธะกิ่ง (Branching Enayme) จะตัดพันธะ $\alpha - 1,4$ และสร้างพันธะ $\alpha - 1,6$ เกิดเป็นกิ่งก้านของอะไมโลเพคตินในขั้นตอนต่อกิ่งก้านช่วงที่เกิดการต่อสายยาว จะเกิดการเรียงตัวของโมเลกุลเป็นโครงสร้างที่เป็นระเบียบและผลึกควบคู่กันด้วย และเกิดเป็นโมเลกุลเม็ดแป้งที่สมบูรณ์ในขั้นการสร้างเม็ดแป้งโดยใช้เอนไซม์สตาร์ชซินเทสและเอนไซม์ที่สร้างพันธะกิ่ง [6] และเมื่อนำผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ไปหุงข้าว ข้าวสุกจะมีลักษณะนุ่มและเหนียวขึ้น เนื่องจากปริมาณอะไมโลส จะเคลือบและแทรกซึมเกาะที่เมล็ดข้าวเสาไห้ จึงทำให้ข้าวสุกนุ่มและเหนียวขึ้น

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ พบว่า ปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด น้อยกว่า 10 CFU/g และจำนวนยีสต์และรา น้อยกว่า 10 CFU/g และผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้มีลักษณะใกล้เคียงกับข้าวกล้องผงชงดื่ม จึงใช้เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวกล้องผงชงดื่มในการเปรียบเทียบ ซึ่งผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้มีคุณภาพจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวกล้องผงชงดื่ม ซึ่งกำหนดไว้ว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และจำนวนยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า

100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม [30] จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ แสดงให้เห็นว่าผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้มีสุขลักษณะดี ปลอดภัยต่อการบริโภค

4.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว โดยปัจจัยที่ศึกษา มี 3 ปัจจัย คือ ปริมาณผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ร้อยละ 10 และ 15 เวลาในการแช่ข้าวสารที่ระดับ 20 และ 30 นาที และวิธีการหุงข้าว มี 2 แบบ คือ หม้อหุงข้าวไฟฟ้า และลังถึงนึ่งข้าว โดยมีผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าความแข็งของข้าวสวย

สิ่งทดลอง	ความแข็ง (กรัม)
1 (10/20/หม้อ)	$8,824.884 \pm 109.26^{b}$
2 (10/30/หม้อ)	$8,431.995 \pm 86.17^{bc}$
3 (10/20/ลังถึง)	$7,490.497 \pm 589.33^{d}$
4 (10/30/ลังถึง)	$5,543.400 \pm 393.47^{f}$
5 (15/20/หม้อ)	$8,673.050 \pm 247.98^{b}$
6 (15/30/หม้อ)	$6,396.969 \pm 122.22^{e}$
7 (15/20/ลังถึง)	$8,066.808 \pm 161.86^{c}$
8 (15/30/ลังถึง)	$8,491.693 \pm 202.46^{bc}$
9 (ข้าวเสาไห้)	$9,527.011 \pm 252.04^{a}$

หมายเหตุ : - ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- (ปริมาณผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้(ร้อยละ)/เวลาในการแช่ข้าวสาร (นาที)/วิธีการหุง)
- ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.3 พบว่า สิ่งทดลองที่ 4 (10/30/ลังถึง) สิ่งทดลองที่ 6 (15/30/หม้อ) สิ่งทดลองที่ 3 (10/20/ลังถึง) และสิ่งทดลองที่ 7 (15/20/ลังถึง) มีค่าความแข็งน้อย คือ 5,543.400 กรัม 6,396.969 กรัม 7,490.497 กรัม และ 8,066.808 กรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า วิธีการหุงข้าวและระยะเวลาในการแช่ข้าวมีผลต่อความแข็งของเมล็ดข้าว และการศึกษาในครั้งนี้ใช้วิธีการหุงข้าว 2 แบบ คือ หม้อหุงข้าวไฟฟ้า

และลังถึงนึ่งข้าว ซึ่งวิธีการหุงโดยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าจะใส่ปริมาณน้ำเพียงครั้งเดียว ส่วนลังถึงนึ่งข้าวให้ความร้อนโดยตรงและตลอดเวลาและน้ำในลังถึงนึ่งข้าวนั้นจะระเหยขึ้นมาทำให้ข้าวนุ่มมากกว่าหม้อหุงข้าวไฟฟ้า และการแช่ข้าวเสาไห้นั้นใช่ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสอยู่จึงทำให้ผงดังกล่าวเคลือบและแทรกซึมเกาะที่เมล็ดข้าวเสาไห้ จึงทำให้ข้าวเสาไห้มีความเหนียว และมีความนุ่มมากขึ้น สำหรับวิธีการหุงข้าวด้วยลังถึงนึ่งข้าว จะเป็นกลไกการเดือดของน้ำมีอิทธิพลต่อกระบวนการหุงข้าว ข้าวที่ได้จากการหุงในสภาวะน้ำเดือดมีลักษณะนุ่มขึ้นเนื่องจากพื้นที่ผิวของเมล็ดข้าวที่สัมผัสกับน้ำเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้น้ำแพร่เข้าสู่เมล็ดข้าวได้มากขึ้น [37], [38] การหุงข้าวที่อุณหภูมิสูงช่วยเร่งการเกิดเจลาติไนซ์ได้เร็วขึ้น ดังนั้น เมื่อเมล็ดข้าวได้รับความร้อนจากน้ำที่อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้โมเลกุลของแป้งถูกกระทบกระเทือนและพันธะภายในโมเลกุลของแป้งแยกออกจากกันทำให้มีบริเวณที่เกิดพันธะไฮโดรเจนที่รวมตัวกับน้ำได้ซึ่งการซึมข้าวของน้ำทำให้แป้งละลายน้ำได้และเกิดการยึดกันระหว่างเม็ดแป้งเกิดเป็นโครงสร้างของเจลที่มีความยืดหยุ่น และระยะเวลาที่แช่ข้าว เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งของเมล็ดข้าวอีกด้วย [37], [39]

เมื่อนำข้าวสวยเสาไห้ที่ได้ไปวัดค่าความนุ่มด้วยเครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัสอาหาร (Texture Analyser) เพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองให้เหลือเพียง 4 สิ่งทดลอง เพื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 9-Point Hedonic Scale ด้านสี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบรวม เป็นผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน และทำการคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากคะแนนสูงสุด โดยมีผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้

คุณลักษณะ	ปริมาณผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้(ร้อยละ)/เวลาในการแช่ข้าวสาร(นาที)/วิธีการหุง				
	สิ่งทดลองที่ 1 10/20/ลังถึง	สิ่งทดลองที่ 2 10/30/ลังถึง	สิ่งทดลองที่ 3 15/30/หม้อ	สิ่งทดลองที่ 4 15/20/ลังถึง	ข้าวเสาไห้
ลักษณะปรากฏโดยรวม	5.92^{b}	6.86^{a}	5.26^{b}	5.74^{b}	5.80^{b}
การเกาะตัวของเมล็ดข้าว	5.90^{b}	6.84^{a}	5.54^{b}	5.96^{b}	5.50^{b}
กลิ่นโดยรวม	6.30^{a}	6.72^{a}	6.40^{a}	6.56^{a}	5.42^{b}
ความนุ่มของเมล็ดข้าว	6.44^{ab}	7.00^{a}	5.86^{b}	6.52^{ab}	3.90^{c}
ความชอบโดยรวม	6.88^{ab}	7.24^{a}	6.24^{bc}	6.78^{ab}	5.82^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ ในลักษณะปรากฏโดยรวม การเกาะตัวของเมล็ดข้าว กลิ่นโดยรวม ความนุ่มของเมล็ดข้าว และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้บริโภคให้ค่าเฉลี่ยในคุณลักษณะของข้าวสวยเสาไห้ ในสิ่งทดลองที่ 2 (10/30/ลังถึง) มากที่สุด เนื่องจากมีการใช้ระยะเวลาแช่ข้าวนานและวิธีการหุงข้าวด้วยลังถึงนึ่งข้าว ซึ่งระยะเวลาที่แช่ข้าว เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งและความเหนียว ส่วนลังถึงนึ่งข้าวให้ความร้อนโดยตรงและตลอดเวลาและน้ำในลังถึงนึ่งข้าวนั้นจะระเหยขึ้นมาทำให้ข้าวนุ่ม ทำให้ข้าวเสาไห้ที่หุงโดยผงสำเร็จรูปมีลักษณะที่ดีขึ้น [37], [38] ทั้งการเกาะตัวของเมล็ดข้าว กลิ่น และความนุ่มของเมล็ดข้าว

4.4 การสำรวจการยอมรับของผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

4.4.1 ผลการสำรวจความพึงพอใจจากกลุ่มผู้บริโภค

ผลการสำรวจความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่หุงโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยมีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม คือ กลุ่มประชาชนในเขตจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดปทุมธานี จำนวน 100 คน ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน รายงานผลการสำรวจ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	30	30.00
หญิง	70	70.00
รวมทั้งสิ้น	**100**	**100.00**
2. อายุ		
20 - 29 ปี	76	76.00
30 - 39 ปี	10	10.00
40 - 49 ปี	9	9.00
50 ปีขึ้นไป	5	5.00
รวมทั้งสิ้น	**100**	**100.00**

ตารางที่ 4.5 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่	ร้อยละ
3. ระดับการศึกษา		
ประถมศึกษา	9	9.00
มัธยมศึกษาตอนต้น	6	6.00
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	5	5.00
ปวส./อนุปริญญา	6	6.00
ปริญญาตรี	72	72.00
สูงกว่าปริญญาตรี	2	2.00
รวมทั้งสิ้น	**100**	**100.00**
4. อาชีพ		
นักศึกษา/นิสิต	67	67.00
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	7	7.00
พนักงานบริษัทเอกชน	1	1.00
รับจ้างทั่วไป	17	17.00
ธุรกิจส่วนตัว	7	7.00
อื่นๆ (พนักงานมหาวิทยาลัย)	1	1.00
รวมทั้งสิ้น	**100**	**100.00**
5. รายได้ต่อเดือน		
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท	35	35.00
5,001 – 10,000 บาท	42	42.00
10,001 - 15,000 บาท	13	13.00
15,001 – 20,000 บาท	8	8.00
20,001 – 25,000 บาท	2	2.00
มากกว่า 25,000 บาทขึ้นไป	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	**100**	**100.00**

ที่มา : ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่า ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 70 คน คิดเป็นร้อยละ 70.00 มีอายุระหว่าง 20 - 29 ปี จำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 76.00 มีระดับการศึกษาปริญญาตรี จำนวน 72 คน คิดเป็นร้อยละ 72.00 มีอาชีพเป็นนักศึกษา/นิสิต จำนวน 67 คน คิดเป็นร้อยละ 67.00 และมีรายได้ต่อเดือน อยู่ระหว่าง 5,001 - 10,000 บาท จำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 42.00

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวของผู้ตอบแบบสอบถาม รายงานผลการสำรวจ ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์	**ความถี่**	**ร้อยละ**
1. โดยปกติ ท่านเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวพันธุ์ใดมากที่สุด		
ข้าวเสาไห้	87	87.00
ข้าวหอมมะลิ (ข้ามไปตอบข้อ 3)	13	13.00
รวมทั้งสิ้น	**100**	**100.00**
2. เหตุผลที่สำคัญที่สุดที่ท่านบริโภคข้าวเสาไห้เพราะเหตุใด		
ราคาถูก	37	42.53
ความชอบ	19	21.84
สามารถเก็บไว้ได้นาน	14	16.09
ตามค่านิยม	17	19.54
รวมทั้งสิ้น	**87**	**100.00**

ที่มา : ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค

ตารางที่ 4.6 ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ของผู้ตอบแบบสอบถาม (ต่อ)

เหตุผลที่ตัดสินใจ	**$\bar{x} \pm SD$**	**การแปลผลค่าเฉลี่ย**
3. ปัจจัยที่ท่านตัดสินใจเลือกซื้อข้าวสวย โดยพิจารณาจาก (5 = สำคัญมากที่สุด 1= สำคัญน้อยที่สุด)		
ด้านผลิตภัณฑ์		
ดูจากลักษณะภายนอก เช่น สีของเมล็ดข้าวความสะอาด	4.24 ± 0.67	มาก
ความนุ่มของเมล็ดข้าวสวย	4.05 ± 0.74	มาก
รสชาติของข้าวสวย	4.03 ± 0.70	มาก
หุงขึ้นหม้อและไม่บูดง่าย	4.05 ± 0.79	มาก
อายุการเก็บรักษา	4.16 ± 0.76	มาก
กรรมวิธีการผลิต/วิธีการในการหุงข้าว	4.08 ± 0.72	มาก
บรรจุภัณฑ์ที่สะดวกในการนำกลับที่พัก	3.90 ± 0.70	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.07 ± 0.73**	**มาก**
ด้านราคา		
ราคาถูก	4.09 ± 0.84	มาก
ราคาเหมาะสมกับปริมาณ	4.13 ± 0.72	มาก
มีป้ายบอกราคาชัดเจน	3.95 ± 0.81	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.07 ± 0.79**	**มาก**
ด้านบรรจุภัณฑ์		
ขนาดของบรรจุภัณฑ์	3.75 ± 0.78	มาก
ความสะดวกในการใช้งาน	3.98 ± 0.72	มาก
สามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์ด้านในได้	4.02 ± 0.75	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**3.91 ± 0.75**	**มาก**

ตารางที่ 4.6 ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ของผู้ตอบแบบสอบถาม (ต่อ)

เหตุผลที่ตัดสินใจ	**$\bar{x} \pm SD$**	**การแปลผลค่าเฉลี่ย**
3. ปัจจัยที่ท่านตัดสินใจเลือกซื้อข้าวสวย โดยพิจารณาจาก (5 = สำคัญมากที่สุด 1= สำคัญน้อยที่สุด)		
ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย		
ร้านสะดวกซื้อ	4.19 ± 0.72	มาก
ร้านค้าใกล้บ้าน	4.20 ± 0.70	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.20 ± 0.71**	**มาก**
ด้านการส่งเสริมการตลาด		
หาซื้อง่าย	4.40 ± 0.65	มาก
โปรโมชั่นในการจำหน่ายสินค้า	3.91 ± 0.85	มาก
มีการลดราคา	4.11 ± 0.81	มาก
สถานที่ในการวางจำหน่ายสินค้า	4.01 ± 0.70	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.11 ± 0.75**	**มาก**

ที่มา : ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่า ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่รับประทานข้าวเสาไห้ จำนวน 87 คน คิดเป็นร้อยละ 87.00 เหตุผลที่สำคัญที่สุดที่ในการรับประทานข้าวเสาไห้เนื่องจากมีราคาถูก จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 37.00 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวรรณวิชณีย์ [40] กล่าวว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคข้าวธรรมดาหรือข้าวเสาไห้ โดยผู้บริโภคให้เหตุผลว่า การเลือกซื้อข้าวในราคาถูกหรือราคาที่ไม่สูงเกินไปนั้น เนื่องจากมีรายได้ระดับปานกลาง – ต่ำ และผลสำรวจเกี่ยวกับปัจจัยที่ตัดสินใจเลือกซื้อข้าวสวย พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านบรรจุภัณฑ์มากที่สุด โดยค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.20 ± 0.71 4.11 ± 0.75 4.07 ± 0.73 4.07 ± 0.79 3.91 ± 0.75 อยู่ในระดับมาก ตามลำดับ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เป็นข้อมูลที่ใช่เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ รายงานผลการสำรวจ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้	**ความถี่**	**ร้อยละ**
1. จากการที่ท่านได้ชิมข้าวสวยเสาไห้ที่ผ่านขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์มากน้อยเพียงใด		
มากที่สุด	21	21.00
มาก	59	59.00
ปานกลาง	17	17.00
น้อย	2	2.00
น้อยที่สุด	1	1.00
รวมทั้งสิ้น	**100**	**100.00**
2. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวสวยเสาไห้ที่ผ่านขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้เพราะเหตุใด		
กลืนข้าวสวยได้ง่าย	38	38.00
ไม่รู้สึกฝืดคอ	31	31.00
เคี้ยวง่ายขึ้น	31	31.00
รวมทั้งสิ้น	**100**	**100.00**

ตารางที่ 4.7 ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ (ต่อ)

ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้	ความถี่	ร้อยละ
3. หากมีการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ท่านสนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวหรือไม่		
ซื้อแน่นอน	75	75.00
ไม่แน่ใจ	22	22.00
ไม่ซื้อแน่นอน	3	3.00
รวมทั้งสิ้น	**100**	**100.00**
4. หากมีการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ท่านคิดว่าควรวางจำหน่ายสถานที่ใดจึงจะดี		
ร้านสะดวกซื้อ	48	48.00
ร้านขายของชำ	22	22.00
ตลาดสด	9	9.00
ห้างสรรพสินค้า	21	21.00
รวมทั้งสิ้น	**100**	**100.00**
5. เพราะเหตุใดท่านจึงสนใจบริโภคผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้		
ลักษณะของเมล็ดข้าวสวยนุ่มขึ้น	53	53.00
ความแปลกใหม่	38	38.00
ราคาถูก	9	9.00
รวมทั้งสิ้น	**100**	**100.00**

ตารางที่ 4.7 ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้(ต่อ)

ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้	ความถี่	ร้อยละ
6. ขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ดังนี้ 1) ละลายผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ในน้ำอุ่น คนให้ละลายให้หมด 2) แช่ข้าวสาร (ตามระยะเวลาที่กำหนด) 3) ทำให้สุกด้วยวิธีที่กำหนด 4) ข้าวสวยเสาไห้ท่านคิดว่าขั้นตอนข้างต้น ทำให้เกิดความยุ่งยากขึ้นหรือไม่		
ยุ่งยาก	7	7.00
ไม่แน่ใจ	25	25.00
ไม่ยุ่งยาก	68	68.00
รวมทั้งสิ้น	**100**	**100.00**

ที่มา : ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่า ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ส่วนใหญ่ยอมรับผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้อยู่ในระดับชอบมาก จำนวน 59 คน คิดเป็นร้อยละ 59.00 เนื่องจากกลืนข้าวสวยได้ง่ายขึ้น จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 38.00 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของฉัตรสิพร [26] กล่าวว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำหุงข้าวเสาไห้สำเร็จรูป เพราะข้าวเสาไห้ที่หุงด้วยผลิตภัณฑ์น้ำหุงข้าวเสาไห้สำเร็จรูป มีลักษณะที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับข้าวเสาไห้ที่หุงด้วยน้ำธรรมดาในด้านความนุ่ม กลิ่น การเกาะตัว ลักษณะที่ปรากฏ และความชอบโดยรวม ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับข้าวหอมมะลิ อยู่ในระดับความชอบมาก

สำหรับการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ มีผู้บริโภคส่วนใหญ่สนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ จำนวน 75 คน คิดเป็นร้อยละ 75.00 ควรวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ที่ร้านสะดวกซื้อ จำนวน 78 คน คิดเป็นร้อยละ 78.00 ส่วนเหตุผลที่ผู้บริโภคสนใจบริโภคผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เพราะลักษณะของเมล็ดข้าวสวยนุ่มขึ้น จำนวน 53 คน คิดเป็นร้อยละ 53.00 และขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้

ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ส่วนใหญ่ยอมรับขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ จำนวน 68 คน คิดเป็นร้อยละ 68.00

4.4.2 ผลการสำรวจการทดสอบการยอมรับด้านการนำไปใช้ โดยใช้วิธี Home – use Tests

ผลการสำรวจการทดสอบการยอมรับด้านการนำไปใช้ โดยใช้วิธี Home – use Tests ต่อข้าวสวยเสาไห้ที่หุงโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยมีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม คือ เป็นกลุ่มผู้บริโภคที่อยู่ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดปทุมธานี จำนวน 20 ครัวเรือน ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน รายงานผลการสำรวจ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	**ความถี่**	**ร้อยละ**
1. เพศ		
ชาย	4	20.00
หญิง	16	80.00
รวมทั้งสิ้น	**20**	**100.00**
2. อายุ		
20 - 29 ปี	2	10.00
30 - 39 ปี	5	25.00
40 - 49 ปี	6	30.00
50 ปีขึ้นไป	7	35.00
รวมทั้งสิ้น	**20**	**100.00**

ตารางที่ 4.8 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่	ร้อยละ
3. ระดับการศึกษา		
ประถมศึกษา	11	55.00
มัธยมศึกษาตอนต้น	1	5.00
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	5	25.00
ปวส./อนุปริญญา	0	0.00
ปริญญาตรี	3	15.00
สูงกว่าปริญญาตรี	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	**20**	**100.00**
4. อาชีพ		
นักศึกษา/นิสิต	0	0.00
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	1	5.00
พนักงานบริษัทเอกชน	0	0.00
รับจ้างทั่วไป	14	70.00
ธุรกิจส่วนตัว	3	15.00
อื่นๆ (ทำนา, แม่บ้าน)	2	10.00
รวมทั้งสิ้น	**20**	**100.00**
5. รายได้ต่อเดือน		
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท	4	20.00
5,001 - 10,000 บาท	12	60.00
10,001 - 15,000 บาท	2	10.00
15,001 - 20,000 บาท	0	0.00
20,001 - 25,000 บาท	0	0.00
มากกว่า 25,000 บาทขึ้นไป	2	10.00
รวมทั้งสิ้น	**20**	**100.00**

ที่มา : ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่า ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 มีอายุระหว่าง 50 ปีขึ้นไป จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 35.00 มีระดับการศึกษาประถมศึกษา จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 55.00 มีอาชีพรับจ้างทั่วไป จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 70.00 และมีรายได้ต่อเดือน อยู่ระหว่าง 5,001 - 10,000 บาท จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวของผู้ตอบแบบสอบถาม รายงานผลการสำรวจ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์	**ความถี่**	**ร้อยละ**
1. โดยปกติ ท่านเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวพันธุ์ใดมากที่สุด		
ข้าวเสาไห้	20	100.00
ข้าวหอมมะลิ (ข้ามไปตอบข้อ 3)	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	**20**	**100.00**
2. เหตุผลที่สำคัญที่สุดที่ท่านบริโภคข้าวเสาไห้เพราะเหตุใด		
ราคาถูก	15	75.00
ความชอบ	1	5.00
สามารถเก็บไว้ได้นาน	4	20.00
ตามค่านิยม	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	**20**	**100.00**

ที่มา : ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่า ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่รับประทานข้าวเสาไห้ จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 เหตุผลที่สำคัญที่สุดที่ในการรับประทานข้าวเสาไห้เนื่องจากมีราคาถูก จำนวน 15 คน

คิดเป็นร้อยละ 75.00 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวรรณวิชณีย์ [40] กล่าวว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคข้าวธรรมดาหรือข้าวเสาไห้ โดยผู้บริโภคให้เหตุผลว่า การเลือกซื้อข้าวในราคาถูกหรือราคาที่ไม่สูงเกินไปนั้น เนื่องจากมีรายได้ระดับปานกลาง – ต่ำ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เป็นข้อมูลที่ใช่เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ รายงานผลการสำรวจ ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

การทดสอบความชอบของผู้บริโภค	**$\bar{x} \pm SD$**	**การแปลผลค่าเฉลี่ย**
<u>ก่อนการทดสอบ</u> กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจาก (9 = ชอบมากที่สุด 1= ไม่ชอบมากที่สุด) ที่ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์		
คุณลักษณะ		
ลักษณะของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้	7.45 ± 0.89	ชอบปานกลาง
บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์	7.60 ± 0.75	ชอบมาก
ความชอบโดยรวม	7.80 ± 0.52	ชอบมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**7.62 ± 0.72**	**ชอบมาก**

ที่มา : ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.10 การทดสอบความชอบของผู้บริโภค พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความชอบคุณลักษณะความชอบโดยรวม และบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ โดยค่าเฉลี่ยรวม 7.80 ± 0.52 7.60 ± 0.75 อยู่ในระดับชอบมาก รองลงมา คือ ลักษณะของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยค่าเฉลี่ยรวม 7.45 ± 0.89 อยู่ในระดับชอบปานกลาง

ตารางที่ 4.10 ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ (ต่อ)

การทดสอบความชอบของผู้บริโภค	$\bar{x} \pm SD$	**การแปลผลค่าเฉลี่ย**
<u>หลังการทดสอบ</u> กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจาก (9 = ชอบมากที่สุด 1= ไม่ชอบมากที่สุด) ที่ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์ หลังจากที่ท่านได้ชิมข้าวสวยเสาไห้ที่ผ่านขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้		
คุณลักษณะ		
ลักษณะปรากฏโดยรวม	7.65 ± 0.89	ชอบมาก
การเกาะตัวของเมล็ดข้าว	8.35 ± 0.59	ชอบมาก
กลิ่นโดยรวม	7.45 ± 0.76	ชอบปานกลาง
ความนุ่มของเมล็ดข้าว	8.20 ± 0.41	ชอบมาก
ความชอบโดยรวม	7.95 ± 0.39	ชอบมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**7.92 ± 0.72**	**ชอบมาก**

ที่มา : ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.10 การทดสอบความชอบของผู้บริโภค พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความชอบคุณลักษณะด้านการเกาะตัวของเมล็ดข้าว ความนุ่มของเมล็ดข้าว ความชอบโดยรวม และลักษณะปรากฏโดยรวม โดยค่าเฉลี่ยรวม 8.35 ± 0.59 8.20 ± 0.41 7.95 ± 0.397.65 ± 0.89 อยู่ในระดับชอบมาก รองลงมา คือ กลิ่นของข้าว โดยค่าเฉลี่ยรวม 7.45 ± 0.76 อยู่ในระดับชอบปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของฉัตรสิพร [26] กล่าวว่า ข้าวเสาไห้ที่หุงด้วยผลิตภัณฑ์น้ำหุงข้าวเสาไห้สำเร็จรูปลักษณะที่ดีขึ้น ในด้านการเกาะตัว ความนุ่ม ความชอบโดยรวม และลักษณะปรากฏโดยรวม อยู่ในระดับความชอบมาก

ตารางที่ 4.10 ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้(ต่อ)

ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้	ความถี่	ร้อยละ
1. จากการที่ท่านได้ชิมข้าวสวยเสาไห้ที่ผ่านขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์มากน้อยเพียงใด		
มากที่สุด	6	30.00
มาก	12	60.00
ปานกลาง	2	10.00
น้อย	0	0.00
น้อยที่สุด	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	**20**	**100.00**
2. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวสวยเสาไห้ที่ผ่านขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้เพราะเหตุใด		
กลืนข้าวสวยได้ง่าย	12	60.00
ไม่รู้สึกฝืดคอ	5	25.00
เคี้ยวง่ายขึ้น	3	15.00
รวมทั้งสิ้น	**20**	**100.00**
3. หากมีการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ท่านสนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวหรือไม่		
ซื้อแน่นอน	18	90.00
ไม่แน่ใจ	2	10.00
ไม่ซื้อแน่นอน	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	**20**	**100.00**

ที่มา : ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค

ตารางที่ 4.10 ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้(ต่อ)

ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้	ความถี่	ร้อยละ
4. หากมีการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ท่านคิดว่าควรวางจำหน่ายสถานที่ใดจึงจะดี		
ร้านสะดวกซื้อ	5	25.00
ร้านขายของชำ	13	65.00
ตลาดสด	1	5.00
ห้างสรรพสินค้า	1	5.00
รวมทั้งสิ้น	**20**	**100.00**
5. เพราะเหตุใดท่านจึงสนใจบริโภคผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้		
ลักษณะของเมล็ดข้าวสวยนุ่มขึ้น	18	90.00
ความแปลกใหม่	2	10.00
ราคาถูก	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	**20**	**100.00**
6. ขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ดังนี้ 1) ละลายผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ในน้ำอุ่นคนให้ละลายให้หมด 2) แช่ข้าวสาร (ตามระยะเวลาที่กำหนด) 3) ทำให้สุกด้วยวิธีที่กำหนด 4) ข้าวสวยเสาไห้ท่านคิดว่าขั้นตอนข้างต้น ทำให้เกิดความยุ่งยากขึ้นหรือไม่		
ยุ่งยาก	4	20.00
ไม่แน่ใจ	0	0.00
ไม่ยุ่งยาก	16	80.00
รวมทั้งสิ้น	**20**	**100.00**

ที่มา : ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่า ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ส่วนใหญ่ยอมรับผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ อยู่ในระดับชอบมาก จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 เนื่องจากกลืนข้าวสวยได้ง่ายขึ้น จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของฉัตรสิพร [26] กล่าวว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำหุงข้าวเสาไห้สำเร็จรูป เพราะข้าวเสาไห้ที่หุงด้วยผลิตภัณฑ์น้ำหุงข้าวเสาไห้สำเร็จรูป มีลักษณะที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับข้าวเสาไห้ที่หุงด้วยน้ำธรรมดาในด้านความนุ่ม กลิ่น การเกาะตัว ลักษณะที่ปรากฏ และความชอบโดยรวม ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับข้าวหอมมะลิ อยู่ในระดับความชอบมาก

สำหรับการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ มีผู้บริโภคส่วนใหญ่สนใจ จะซื้อผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 90.00 ควรวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ที่ร้านขายของชำ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 65.00 ส่วนเหตุผลที่ผู้บริโภคสนใจบริโภคผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เพราะลักษณะของเมล็ดข้าวสวยนุ่มขึ้น จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 90.00 และขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ส่วนใหญ่ยอมรับขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00

4.5 ศึกษาต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

เมื่อได้สูตรผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ที่เหมาะสมแล้ว จึงได้คำนวณราคาต้นทุนของผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 คำนวณต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

รายการ	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ราคา	ราคา/หน่วย
ข้าวเหนียว	75	30 บาท / 1 กิโลกรัม	2.25 บาท
ใบเตย	30	20 บาท / 1 กิโลกรัม	0.60 บาท
ค่าเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง	4,000	733.33 บาท / 1 สูตร	733.33 บาท
รวม			735.64 บาท

ที่มา : [33]

การคำนวณต้นทุน

ราคารวมต้นทุนวัตถุดิบ 735.64 บาท

คิดค่าโสหุ้ย ร้อยละ 35 ของราคาวัตถุดิบ $\frac{735.64 \times 35}{100}$ = 257.47 บาท

ต้นทุนวัตถุดิบ + ค่าโสหุ้ย = 735.64 + 257.47 = 993.11 บาท

= 993.11 บาท

น้ำหุงข้าวเสาไห้สำเร็จรูปที่ได้ 4,000 กรัม จะได้ผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ 1,000 กรัม ต้นทุนในการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เท่ากับ 993.11 บาท ทั้งนี้ ในกระบวนการทำแห้งมีการเช่าเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง จึงทำให้มีราคาต้นทุนสูง ซึ่งในอนาคตมีเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งผลิตเอง จะทำให้ต้นทุนในการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ลดลงได้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาผงหุงข้าวสำเร็จรูปเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าวเสาไห้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เพื่อทดสอบคุณภาพผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้และสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว เพื่อสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ รวมทั้งเพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ สามารถสรุปผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

5.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง คือ ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส และอัตราในการหมุนของลูกกลิ้ง 2 รอบ/นาที

5.2 การทดสอบคุณภาพผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

จากการทดสอบคุณภาพผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ พบว่า คุณภาพทางกายภาพ ค่า a_w เท่ากับ 0.26 คุณภาพทางเคมี ค่าปริมาณอะไมโลส ร้อยละ 5.81 ค่าปริมาณอะไมโลเพคติน ร้อยละ 94.19 และคุณภาพทางจุลินทรีย์ มีปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์และราน้อยกว่า 10 CFU/g

5.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหุงข้าว ด้วยการนำข้าวสวยเสาไห้ที่ได้ไปวัดค่าความนุ่มด้วยเครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัสอาหาร (Texture Analyser) เพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองให้เหลือเพียง 4 สิ่งทดลอง พบว่า สิ่งทดลองที่ 4 (10/30/ลังถึง) สิ่งทดลองที่ 6 (15/30/หม้อ) สิ่งทดลองที่ 3 (10/20/ลังถึง) และสิ่งทดลองที่ 7 (15/20/ลังถึง) มีค่าความแข็งน้อย คือ 5,543.400 กรัม 6,396.969 กรัม 7,490.497 กรัม และ 8,066.808 กรัม ลำดับ และนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส และใช้วิธี 9-Point Hedonic Scale ด้านสี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบรวม เป็นผู้ทดสอบชิม จำนวน 50 คน

พบว่า ผู้บริโภคให้ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะต่อข้าวสวยเสาไห้ ในสิ่งทดลองที่ 2 คือ ปริมาณผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ร้อยละ 10 เวลาในการแช่ข้าวสารที่ระดับ 30 นาที และวิธีการหุงข้าวด้วยลังถึงนึ่งข้าว

5.4 การสำรวจการยอมรับของผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

5.4.1 จากการสำรวจความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ จำนวน 100 คน อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 20 – 50 ปีขึ้นไป ในเขตจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดปทุมธานี ผลการสำรวจ พบว่า การที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวเสาไห้เนื่องจากมีราคาถูก และเหตุผลที่ตัดสินใจซื้อข้าวสวย คือ ความสะอาดของเมล็ดข้าว ความนุ่มของเมล็ดข้าวสวย รสชาติของข้าวสวย หุงขึ้นหม้อและไม่บูดง่าย อายุการเก็บรักษา กรรมวิธีการผลิต/วิธีการในการหุงข้าว บรรจุภัณฑ์ที่สะดวกในการนำกลับที่พัก และสามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์ด้านในได้ ส่วนด้านช่องทางการจัดจำหน่าย เช่น ร้านสะดวกซื้อ และร้านค้าใกล้บ้าน ตลอดจนมีการจัดโปรโมชั่นในการจำหน่ายสินค้า และมีการลดราคา

ผู้ตอบแบบสอบถาม มีความพึงพอใจและยอมรับผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เนื่องจากกลืนข้าวสวยได้ง่ายขึ้น สำหรับการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ มีผู้บริโภคส่วนใหญ่สนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ควรวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ที่ร้านสะดวกซื้อ ส่วนเหตุผลที่ผู้บริโภคสนใจบริโภคผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เพราะลักษณะของเมล็ดข้าวสวยนุ่ม และส่วนใหญ่ยอมรับขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

5.4.2 จากสำรวจการทดสอบการยอมรับด้านการนำไปใช้ โดยใช้วิธี Home – use Tests จำนวน 20 ครัวเรือน อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 20 – 50 ปีขึ้นไป ในเขตจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดปทุมธานี ผลการสำรวจ พบว่า ส่วนใหญ่รับประทานข้าวเสาไห้ เหตุผลที่สำคัญที่สุดที่ในการรับประทานข้าวเสาไห้เนื่องจากมีราคาถูก และผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่ยอมรับผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้อยู่ในระดับชอบมาก เนื่องจากกลืนข้าวสวยได้ง่ายขึ้น สำหรับการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้มีผู้บริโภคส่วนใหญ่สนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ควรวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ที่ร้านขายของชำ ส่วนเหตุผลที่ผู้บริโภคสนใจบริโภคผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้เพราะลักษณะของเมล็ดข้าวสวยนุ่มขึ้น และส่วนใหญ่ยอมรับขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

5.5 การศึกษาต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

จากการศึกษาต้นทุนการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ พบว่า ต้นทุนในการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เท่ากับ 993.11 บาท (1,000 กรัม)

5.6 ข้อเสนอแนะ

5.6.1 ควรศึกษาวิธีการในการผลิตผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้เสริมสมุนไพร

5.6.2 ควรมีการพัฒนาขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

บรรณานุกรม

[1] กู้เกียรติ สร้อยทอง, การส่งเสริมการเกษตรเพื่อการพัฒนาการผลิตข้าว, สำนักส่งเสริมการผลิตข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552.

[2] กรมวิชาการเกษตร, "ข้าวขาวดอกมะลิ 105", เคหการเกษตร, ปีที่ 30, ฉบับที่ 11, หน้า 227 – 230, 2549.

[3] ลือชัย อารยะรังสฤษฏ์ และอัญชลี ประเสริฐศักดิ์, "เจ๊กเชยกาบเขียว ข้าวเสาไห้คุณภาพดี", น.ส.พ. กสิกร, ปีที่ 79, ฉบับที่ 4, หน้า 9 – 13, 2549.

[4] นิพนธ์ พัวพงศกร และคณะ, โครงการ "อุปสงค์การบริโภคข้าวของไทย", มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, 2556.

[5] อรอนงค์ นัยวิกุล, ข้าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.

[6] กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, เทคโนโลยีแป้ง, พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : มหาลัยเกษตรศาสตร์, 2550.

[7] นางสาวจารุวรรณ บางแวก, คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย, กรมวิชาการเกษตรและสำนักงานเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม, 2547.

[8] เคลือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข, คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรรูปเมล็ด, กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยข้าวปทุม สถาบันวิจัยข้าว กรมการเกษตร, 2534.

[9] ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี, ลักษณะและคุณค่าพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทย, ห้างหุ้นส่วนจำกัด พิมพ์งาม, 2549 .

[10] นิตยา รื่นสุข วาสนา อินแถลง วารินทร์ ศรีถัด และสุวณี เส็งหะพันธุ์, "การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวเสาไห้พันธุ์เจ๊กเชย 1 เป็นผลิตภัณฑ์เส้น ", ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี, ปีที่ 4 (ฉบับที่ 14), 2553.

[11] Big spoon, ประโยชน์ล้นเหลือของน้ำข้าว น้ำซาวข้าว (ออนไลน์), (24 เมษายน 2554), สืบค้นจาก http://perfectdish.blogspot.com/2011/04/blog-post_24.html (27 กรกฎาคม 2558)

[12] ชมพู่ ยิ้มโต, การถนอมอาหาร, กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2550.

[13] สุโขทัยธรรมาธิราช มหาวิทยาลัย, การถนอมอาหารและการแปรรูปอาหาร หน่วยที่ 1-7, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2539.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[14] พรพล รมย์นุกูล, การถนอมอาหาร, กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์, 2545.

[15] วิไล รังสาดทอง, เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร, กรุงเทพฯ: บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, 2543.

[16] นฤดี พงศ์กิจวิทูร, "ปัจจัยการผลิตกล้วยหอมผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน", กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2542.

[17] ศศธร ธรรมภาณ, "การพัฒนาขนมกล้วยผงกึ่งสำเร็จรูป", กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544.

[18] ธารารัตน์ รุ่งเรือง และวิฑูรย์ แซ่เอี้ยว, "การพัฒนาเกล็ดธัญพืชด้วยวิธีการอบแห้งแบบพิมพ์ทองม้วนเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่", เพชรบุรี : สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, 2547.

[19] อรพิน ชัยประสพ, การถนอมอาหาร, (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2548.

[20] อรัญญา พรหมทอง และธีรชัย อุดมอิทธพงศ์, "การศึกษาเปรียบเทียบอุปกรณ์อบแห้งสำหรับสารชีวภาพ", กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี, 2534.

[21] นิธิยา รัตนาปนนท์, หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น, กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2544.

[22] สุวรรณา ศรีสวัสดิ์ และคณะ, เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร 4, กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2552.

[23] คำนาย อภิปรัชญาสกุล, สินค้าและบรรจุภัณฑ์, บริษัท โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด, 2557.

[24] ก่อเกียรติ วิริยะกิจพัฒนา และเตชา อัศวสิทธิถาวร, การบรรจุภัณฑ์, หจก. ซี แอนท์ เอ็น บุ๊ค, 2546.

[25] ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, บรรจุภัณฑ์อาหาร, กรุงเทพฯ : บริษัท แพคเมาส์ จำกัด, 2541.

[26] ฉัตรสิพร นิตย์สุข และวัลภา เมืองนิล, "ผลิตภัณฑ์น้ำหุงข้าวเสาไห้สำเร็จรูป", แผนงานพิเศษ, ภาควิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2557.

[27] อุมาภรณ์ เนตรแหน และวรรณา ภูสันต์, "ข้าวกึ่งสำเร็จรูปกลิ่นใบเตย", คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์, 2551.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[28] ดรุณี มูลโรจน์, “ข้าวเคลือบสมุนไพร”, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, อุตรดิตถ์, 2544.

[29] ลินีนารถ สระตันติ์, นวลพรรณ ณ ระนอง, สุขใจ โสมะฐิติ และดุษณี เดโชวิบูลย์, “กระบวนการผลิตฟักทองผงและการใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ”, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง, 2529.

[30] Kalogianni, E.P., V.A. Xynogalos, T.D. Karapantsios and M. Kostoglon, Effect of feed concentration on the production of pregelatinized starch in a double drum dryer. Lebensm.-Wiaa. u.-Technol 35: 703-714. 2002.

[31] Vallous, N.A., M.A. Gavrielidou, T.D. Karapantsios and M. Kostoglou, Performance of a double drum dryer for producing progelatinized maize starches. J. Food Engineering 51: 171-183. 2002.

[32] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2558). ข้าวกล้องผงชงดื่ม. สืบค้นเมื่อ 24 ตุลาคม 2558, จาก http://app.tisi.go.th/otop/otop.html.

[33] จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงค์, การวิเคราะห์ต้นทุนอุตสาหกรรมและการจัดการทำงบประมาณ, พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557.

[34] ชุติมา อนุเทศ. “การเปรียบเทียบคุณภาพผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปจากตะไคร้ (Cymbopogon citratus Stapf.) ที่ได้จากการทำแห้งแบบลูกกลิ้งและแบบโฟม-แมท”, วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยนเรศวร,พิษณุโลก, 2551.

[35] พนอจิต นิติสุข อรนุช สีหามาลา ศุภชัย ภูลายดอก และนิรันดร์ นิติสุข, “การผลิตผงย่านางเพื่อประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร”, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, นครราชสีมา, 2558.

[36] ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล, “การศึกษาสมบัติทางเคมี ทางกายภาพของแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวกับแป้งข้าวหอมมะลิ และนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้ก”, สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2554.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[37] อาลักษณ์ ทิพยรัตน์ และพงษ์ธร ลีละยุทธสุนทร, “อิทธิพลของอุณหภูมิและความดันในการหุงข้าวหอมมะลิต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพและโครงสร้างของข้าวในระหว่างการหุง”, ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2548.

[38] Bhattacharya, K. R. and Sowbhagya, C. M., Water uptake by rice during cooking. Cereal Science Today. 16 (12) : 420-424. 1971.

[39] สุชาดา เลาหศิลป์สมจิตร์, “การศึกษาสูตรการผสมระหว่างข้าวจ้าวขาวดอกมะลิ 105 กับข้าวจ้าวขาวชัยนาท 1 และสภาวะการหุงข้าวผสมให้ได้ข้าวหุงสุกที่มีคุณภาพเหมาะสมในการบริโภค” สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2546.

[40] วรรณวิชณีย์ ทองอินทราช, “พฤติกรรมการบริโภคข้าวของประชาชนในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช”, สาขาวิชาบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 2548.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
วิธีการเตรียมน้ำหุงข้าวสำเร็จรูป

วิธีการเตรียมน้ำหุงข้าวสำเร็จรูป

1. นำใบเตยหอมสีเขียวเข้ม ล้างให้สะอาด มัดใบเตยหอมเป็นช่อ และซาวข้าวเหนียวด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง ดังรูปที่ ก.1

(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ ก.1 วิธีการเตรียมน้ำหุงข้าวสำเร็จรูป (ก) นำใบเตยหอมสีเขียวเข้ม ล้างให้สะอาด (ข) มัดใบเตยหอมเป็นช่อ (ค) ซาวข้าวเหนียวด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง

2. ต้มข้าวเหนียวพร้อมใบเตย ในอัตราส่วน ข้าวเหนียว:น้ำ:ใบเตย ร้อยละ 4:94:2 เป็นเวลานาน 20 นาที หลังจากน้ำเดือด และนำข้าวที่ต้มได้ไปปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียด ปั่นด้วยความเร็วระดับปานกลาง ประมาณ 5 นาที จะได้น้ำหุงข้าวสำเร็จรูป และนำไปวัดค่าความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield) โดยค่าความหนืดจะอยู่ในช่วง 3600 – 3800 เซ็นติพอยส์ ดังรูปที่ ก.2

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

(จ)

รูปที่ ก.2 ขั้นตอนการผลิตน้ำหุงข้าวสำเร็จรูป (ก) ต้มข้าวเหนียวพร้อมใบเตย (ข) ต้มข้าวเหนียวพร้อมใบเตย ในอัตราส่วน ข้าวเหนียว:น้ำ:ใบเตย ร้อยละ 4:94:2 (ค) นำข้าวที่ต้มได้ไปปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียด ปั่นด้วยความเร็วระดับปานกลาง ประมาณ 5 นาที (ง) น้ำหุงข้าวสำเร็จรูป (จ) วัดค่าความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield) โดยค่าความหนืดจะอยู่ในช่วง 3600 – 3800 เซ็นติพอยส์

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

ขั้นตอนการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

1. นำน้ำหุงข้าวสำเร็จรูป มีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 3600 - 3800 เซ็นติพอยส์ และนำไปศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ตามอุณหภูมิและอัตราในการหมุนของลูกกลิ้งที่กำหนด จะได้ผงหุงข้าวแผ่น และนำผงหุงข้าวแผ่นไปบดให้ละเอียด จะได้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ดังรูปที่ ข.1

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

รูปที่ ข.1 ขั้นตอนการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (ก) น้ำหุงข้าวสำเร็จรูป (ข) นำไปศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ตามอุณหภูมิและอัตราในการหมุนของลูกกลิ้งที่กำหนด (ค) จะได้ผงหุงข้าวแผ่น (ง) นำผงหุงข้าวแผ่นไปบดให้ละเอียด จะได้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

ภาคผนวก ค
ขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

ขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

1. ละลายผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ในน้ำอุ่น คนให้ละลาย และแช่ข้าวสาร (ตามระยะเวลาที่กำหนด) ทำให้สุก ด้วยวิธีการหุงที่กำหนด จะได้ข้าวสวยเสาไห้ ดังรูปที่ ค.1

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

(จ)

รูปที่ ค.1 ขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ (ก) ละลายผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ในน้ำอุ่น คนให้ละลาย (ข) แช่ข้าวสาร (ตามระยะเวลาที่กำหนด) (ค) ทำให้สุกด้วยวิธีการหุงด้วยหม้อหุงข้าว (ง) ทำให้สุก ด้วยวิธีการหุงลังถึงนึ่งข้าว (จ) ข้าวเสาไห้

ภาคผนวก ง

แบบสอบถามความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภค และแบบสอบถามการทดสอบการยอมรับด้านการนำไปใช้ของผู้บริโภค แบบ Home – use Tests

ชุดที่ ☐

แบบสอบถาม
ความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภค

เรื่อง ความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่หุงโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามชุดนี้เป็นการสำรวจความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่หุงโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาผงหุงข้าวสำเร็จรูปเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าวเสาไห้ ของนางสาววรรณวิภา โคกครุฑ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยี คหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านกรุณาตอบแบบสอบถามให้ครบสมบูรณ์ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ และข้อมูลนี้ใช้ประกอบการศึกษาในวิทยานิพนธ์เท่านั้น โดยแบบสอบถามชุดนี้ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

ขอขอบพระคุณอย่างยิ่ง ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ณ โอกาสนี้

นางสาววรรณวิภา โคกครุฑ
ผู้ดำเนินการทำวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำแนะนำ : กรุณาตอบแบบสอบถาม โดย ☑ ที่ตรงกับคำตอบ และความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

1.1 เพศ A

☐ ชาย ☐ หญิง ☐

1.2 อายุ B

☐ 20 - 29 ปี ☐ 30 - 39 ปี ☐

☐ 40 - 49 ปี ☐ 50 ปีขึ้นไป

1.3 ระดับการศึกษา C

☐ ประถมศึกษา ☐ มัธยมศึกษาตอนต้น ☐

☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ ปวช. ☐ ปวส./อนุปริญญา

☐ ปริญญาตรี ☐ สูงกว่าปริญญาตรี

1.4 อาชีพ D

☐ นักศึกษา/นิสิต ☐ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ ☐

☐ พนักงานบริษัทเอกชน ☐ รับจ้างทั่วไป

☐ ธุรกิจส่วนตัว ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

1.5 รายได้/เดือน E

☐ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5,000บาท ☐ 5,001 – 10,000 บาท ☐

☐ 10,001 - 15,000 บาท ☐ 15,001 – 20,000 บาท

☐ 20,001 – 25,000 บาท ☐ มากกว่า 25,000 บาทขึ้นไป

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวของผู้ตอบแบบสอบถาม

2.1 โดยปกติ ท่านเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวพันธุ์ใดมากที่สุด F

☐ ข้าวเสาไห้ ☐ ข้าวหอมมะลิ (ข้ามไปตอบข้อ 2.3) ☐

2.2 เหตุผลที่สำคัญที่สุดที่ท่านบริโภคข้าวเสาไห้ เพราะเหตุใด G

☐ ราคาถูก ☐ ความชอบ ☐

☐ สามารถเก็บไว้ได้นาน ☐ ตามค่านิยม

2.3 ปัจจัยที่ท่านตัดสินใจเลือกซื้อข้าวสวย โดยพิจารณาจาก (5 = สำคัญมากที่สุด 1= สำคัญน้อยที่สุด)

เหตุผลที่ตัดสินใจ	ระดับความสำคัญ					
	5	4	3	2	1	
ด้านผลิตภัณฑ์						H
- ดูจากลักษณะภายนอก เช่น สีของเมล็ดข้าว ความสะอาด						H1
- ความนุ่มของเมล็ดข้าวสวย						H2
- รสชาติของข้าวสวย						H3
- หุงขึ้นหม้อและไม่บูดง่าย						H4
- อายุการเก็บรักษา						H5
- กรรมวิธีการผลิต/วิธีการในการหุงข้าว						H6
- บรรจุภัณฑ์ที่สะดวกในการนำกลับที่พัก						H7
ด้านราคา						I
- ราคาถูก						I1
- ราคาเหมาะสมกับปริมาณ						I2
- มีป้ายบอกราคาชัดเจน						I3
ด้านบรรจุภัณฑ์						J
- ขนาดของบรรจุภัณฑ์						J1
- ความสะดวกในการใช้งาน						J2
- สามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์ด้านในได้						J3
ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย						K
- ร้านสะดวกซื้อ						K1
- ร้านค้าใกล้บ้าน						K2
ด้านการส่งเสริมการตลาด						L
- หาซื้อง่าย						L1
- โปรโมชั่นในการจำหน่ายสินค้า						L2
- มีการลดราคา						L3
- สถานที่ในการวางจำหน่ายสินค้า						L4

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

<u>ข้อมูล</u>

ข้าวเสาไห้เมื่อนำมาหุงรับประทานแล้วนั้น จะเป็นข้าวที่หุงขึ้นหม้อ และไม่เหนียวติดกัน เนื่องจากข้าวเสาไห้มีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 20 –25 ซึ่งปริมาณอะไมโลสเป็นตัวแปรทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น จึงทำให้ข้าวเสาไห้เมื่อหุงสุกจะได้ข้าวสวยที่มีลักษณะทางกายภาพร่วนค่อนข้างแข็งกระด้างกว่าข้าวหอมมะลิ

ปัจจุบันการปรับปรุงคุณภาพข้าวก็มีหลายวิธี อาทิเช่น การปรับปรุงคุณภาพข้าวทางพันธุกรรมโดยก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกรรมพันธุ์เพื่อต้านต่อโรคและแมลง มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงขึ้น และมีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ดี ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพของข้าวก็เป็นอีกวิธีที่ง่ายที่สุดในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ข้าวได้ อาทิเช่น ข้าวกึ่งสำเร็จรูปกลิ่นใบเตย ข้าวเคลือบสมุนไพร เป็นต้น ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการพัฒนาผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เพื่อทำให้เมล็ดข้าวเสาไห้ มีความนุ่มขึ้น มีกลิ่นหอมขึ้น เมล็ดข้าวเกาะตัวกันพอสมควร น่ารับประทาน และเพิ่มผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ เพื่อให้กลุ่มผู้บริโภคที่มีรายได้ปานกลาง - น้อย สามารถบริโภคข้าวสวยที่มีลักษณะของข้าวที่นุ่มขึ้นคล้ายกับข้าวหอมมะลิ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเสาไห้ด้วย

3.1 จากการที่ท่านได้ชิมข้าวสวยเสาไห้ที่ผ่านขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์มากน้อยเพียงใด M

☐ มากที่สุด ☐ มาก ☐

☐ ปานกลาง ☐ น้อย

☐ น้อยที่สุด

3.2 ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวสวยเสาไห้ที่ผ่านขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เพราะเหตุใด N

☐ กลืนข้าวสวยได้ง่าย ☐ ไม่รู้สึกฝืดคอ ☐

☐ เคี้ยวง่ายขึ้น

3.3 หากมีการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ท่านสนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวหรือไม่ O

☐ ซื้อแน่นอน ☐ ไม่แน่ใจ ☐

☐ ไม่ซื้อแน่นอน

3.4 หากมีการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ท่านคิดว่าควรวางจำหน่าย สถานที่ใดจึงจะดี P

☐ ร้านสะดวกซื้อ ☐ ร้านขายของชำ

☐ ตลาดสด ☐ ห้างสรรพสินค้า

3.5 เพราะเหตุใดท่านจึงสนใจบริโภคผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ Q

☐ ลักษณะของเมล็ดข้าวสวยนุ่มขึ้น ☐ ความแปลกใหม่

☐ ราคาถูก

3.6 ขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ดังนี้ 1) ละลายผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ในน้ำอุ่น คนให้ละลาย 2) แช่ข้าวสาร (ตามระยะเวลาที่กำหนด) 3) ทำให้สุกด้วยหม้อหุงข้าว 4) ข้าวสวยเสาไห้ ท่านคิดว่าขั้นตอนข้างต้น ทำให้เกิดความยุ่งยากขึ้นหรือไม่ R

☐ ยุ่งยาก ☐ ไม่แน่ใจ

☐ ไม่ยุ่งยาก

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

ชุดที่ [ ]

แบบสอบถาม

การทดสอบการยอมรับด้านการนำไปใช้ของผู้บริโภค แบบ Home – use Tests

เรื่อง ความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่หุงโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ข้าวสารเสาไห้ (ปริมาณ 200 กรัม)

2. ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ (ปริมาณ 20 กรัม)

3. แบบสอบถาม (จำนวน 1 ชุด)

แบบสอบถามชุดนี้เป็นการสำรวจความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่หุงโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาผงหุงข้าวสำเร็จรูปเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าวเสาไห้ ของนางสาววรรณวิภา โคกครุฑ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยี คหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านกรุณาตอบแบบสอบถามให้ครบสมบูรณ์ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ และข้อมูลนี้ใช้ประกอบการศึกษาในวิทยานิพนธ์เท่านั้น โดยแบบสอบถามชุดนี้ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

ขอขอบพระคุณอย่างยิ่ง ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ณ โอกาสนี้

นางสาววรรณวิภา โคกครุฑ

ผู้ดำเนินการทำวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำแนะนำ : กรุณาตอบแบบสอบถาม โดย ☑ ที่ตรงกับคำตอบ และความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

1.1 เพศ A

☐ ชาย ☐ หญิง ☐

1.2 อายุ B

☐ 20 - 29 ปี ☐ 30 - 39 ปี ☐

☐ 40 - 49 ปี ☐ 50 ปีขึ้นไป

1.3 ระดับการศึกษา C

☐ ประถมศึกษา ☐ มัธยมศึกษาตอนต้น ☐

☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ ปวช. ☐ ปวส./อนุปริญญา

☐ ปริญญาตรี ☐ สูงกว่าปริญญาตรี

1.4 อาชีพ D

☐ นักศึกษา/นิสิต ☐ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ ☐

☐ พนักงานบริษัทเอกชน ☐ รับจ้างทั่วไป

☐ ธุรกิจส่วนตัว ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

1.5 รายได้/เดือน E

☐ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท ☐ 5,001 – 10,000 บาท ☐

☐ 10,001 - 15,000 บาท ☐ 15,001 – 20,000 บาท

☐ 20,001 – 25,000 บาท ☐ มากกว่า 25,000 บาทขึ้นไป

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวของผู้ตอบแบบสอบถาม

2.1 โดยปกติ ท่านเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวพันธุ์ใดมากที่สุด F

☐ ข้าวเสาไห้ ☐ ข้าวหอมมะลิ (ข้ามไปตอบข้อ 3.1) ☐

2.2 เหตุผลที่สำคัญที่สุดที่ท่านบริโภคข้าวเสาไห้ เพราะเหตุใด G

☐ ราคาถูก ☐ ความชอบ ☐

☐ สามารถเก็บไว้ได้นาน ☐ ตามค่านิยม

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวสวยเสาไห้ที่ใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

<u>ข้อมูล</u>

ข้าวเสาไห้เมื่อนำมาหุงรับประทานแล้วนั้น จะเป็นข้าวที่หุงขึ้นหม้อ และไม่เหนียวติดกัน เนื่องจากข้าวเสาไห้มีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 20 –25 ซึ่งปริมาณอะไมโลสเป็นตัวแปรทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น จึงทำให้ข้าวเสาไห้เมื่อหุงสุกจะได้ข้าวสวยที่มีลักษณะทางกายภาพร่วนค่อนข้างแข็งกระด้างกว่าข้าวหอมมะลิ

ปัจจุบันการปรับปรุงคุณภาพข้าวก็มีหลายวิธี อาทิเช่น การปรับปรุงคุณภาพข้าวทางพันธุกรรมโดยก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกรรมพันธุ์เพื่อต้านต่อโรคและแมลง มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงขึ้น และมีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ดี ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพของข้าวก็เป็นอีกวิธีที่ง่ายที่สุดในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ข้าวได้ อาทิเช่น ข้าวกึ่งสำเร็จรูปกลิ่นใบเตย ข้าวเคลือบสมุนไพร เป็นต้น ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการพัฒนาผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เพื่อทำให้เมล็ดข้าวเสาไห้ มีความนุ่มขึ้น มีกลิ่นหอมขึ้น เมล็ดข้าวเกาะตัวกันพอสมควร น่ารับประทาน และเพิ่มผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ เพื่อให้กลุ่มผู้บริโภคที่มีรายได้ปานกลาง – น้อย สามารถบริโภคข้าวสวยที่มีลักษณะของข้าวที่นุ่มขึ้นคล้ายกับข้าวหอมมะลิ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเสาไห้ด้วย

3.1 <u>ก่อนการทดสอบ</u> กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจาก (9 = ชอบมากที่สุด 1= ไม่ชอบมากที่สุด) ที่ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์

คุณลักษณะ	**คะแนนความชอบ**									H
	9	**8**	**7**	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**	
ลักษณะของผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้										☐ H1
บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์										☐ H2
ความชอบโดยรวม										☐ H3

3.2 <u>หลังการทดสอบ</u> กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจาก (9 = ชอบมากที่สุด 1= ไม่ชอบมากที่สุด) ที่ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์ หลังจากที่ท่านได้ชิมข้าวสวยเสาไห้ที่ผ่านขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้

คุณลักษณะ	**คะแนนความชอบ**									
	9	**8**	**7**	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**	I
ลักษณะปรากฏโดยรวม										I1
การเกาะตัวของเมล็ดข้าว										I2
กลิ่นโดยรวม										I3
ความนุ่มของเมล็ดข้าว										I4
ความชอบโดยรวม										I5

3.3 จากการที่ท่านได้ชิมข้าวสวยเสาไห้ที่ผ่านขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์มากน้อยเพียงใด J

☐ มากที่สุด ☐ มาก

☐ ปานกลาง ☐ น้อย

☐ น้อยที่สุด

3.4 ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวสวยเสาไห้ที่ผ่านขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ เพราะเหตุใด K

☐ กลืนข้าวสวยได้ง่าย ☐ ไม่รู้สึกฝืดคอ

☐ เคี้ยวง่ายขึ้น

3.5 หากมีการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ท่านสนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวหรือไม่ L

☐ ซื้อแน่นอน ☐ ไม่แน่ใจ

☐ ไม่ซื้อแน่นอน

3.6 หากมีการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ท่านคิดว่าควรวางจำหน่ายสถานที่ใดจึงจะดี M

☐ ร้านสะดวกซื้อ ☐ ร้านขายของชำ

☐ ตลาดสด ☐ ห้างสรรพสินค้า

3.7 เพราะเหตุใดท่านจึงสนใจบริโภคผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ N

☐ ลักษณะของเมล็ดข้าวสวยนุ่มขึ้น ☐ ความแปลกใหม่

☐ ราคาถูก

3.8 ขั้นตอนการหุงข้าวโดยใช้ผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ ดังนี้ 1) ละลายผงสำเร็จรูปสำหรับหุงข้าวเสาไห้ในน้ำอุ่น คนให้ละลาย 2) แช่ข้าวสาร (ตามระยะเวลาที่กำหนด) 3) ทำให้สุกด้วยหม้อหุงข้าว 4) ข้าวสวยเสาไห้ ท่านคิดว่าขั้นตอนข้างต้น ทำให้เกิดความยุ่งยากขึ้นหรือไม่ O

☐ ยุ่งยาก ☐ ไม่แน่ใจ

☐ ไม่ยุ่งยาก

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

ภาคผนวก จ

รายงานผลทดสอบและวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

วว.TISTR

รายงานผลที่ I 082/59 ที่ ฝ่ายวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์
ให้แก่
คุณวรรณวิภา โคกครุฑ

การทดสอบ / วิเคราะห์ ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่าง

วิธีทดสอบ / วิเคราะห์ ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

ภาวะการทดสอบ / วิเคราะห์ : อุณหภูมิ 30 และ 37 °C* ความชื้นสัมพัทธ์ - %

วันที่ทดสอบ / วิเคราะห์ 27 มิถุนายน 2559

ผลการทดสอบ / วิเคราะห์

ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่าง:
ผงหุงข้าวสวยเสาไห้สำเร็จรูป** วันที่ผลิต 2 มีนาคม 2559

ชื่อตัวอย่าง	จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (CFU/g)	จำนวนยีสต์ทั้งหมด (CFU/g)	จำนวนราทั้งหมด (CFU/g)
ผงหุงข้าวสวยเสาไห้สำเร็จรูป** วันที่ผลิต 2 มีนาคม 2559	<10	<10	<10

หมายเหตุ: * ทดสอบการเจริญของแบคทีเรียที่อุณหภูมิ 37 °C และทดสอบการเจริญของยีสต์และราที่อุณหภูมิ 30 °C
** ตัวอย่างเป็นผง ขนาดบรรจุ 100 กรัม บรรจุในถุงพลาสติก

ผู้ทดสอบ / วิเคราะห์ นายวรวุฒิ ระกิติ

ผู้ตรวจสอบ (2) (นางสาวภูษิตา วรรณิสสร)

ผู้ตรวจสอบ (1) (นางสาวฉัตรฤดี สุวรรณชาติ)

ผู้รับรอง (นายบัณฑิต ฝั่งสินธุ์)
ผู้อำนวยการฝ่ายวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
วันที่ 7 ก.ค. 2559

วว.TISTR

ผลการทดสอบ หรือ วิเคราะห์นี้ รับรองผลเฉพาะตัวอย่าง หรือ รายการที่ได้ระบุไว้เท่านั้น การแก้ไขรายงานนี้ถือเป็นความผิดทางกฎหมาย
การนำรายงานนี้ไปโฆษณา คัดถ่ายหรือการนำผลบางส่วน ไปเผยแพร่ต่อสาธารณะต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้ว่าการ วว.

แก้ไขครั้งที่ : 1 แบบฟอร์มประกาศใช้วันที่ 22 ตุลาคม 2555 FM-BSD-WI-10-02 (ไทย)

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.)
35 หมู่ 3 เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
โทร. (66) 0 2577 9000 อัตโนมัติ 90 สาย
โทรสาร (66) 0 2577 9009 E - Mail : tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

วิสัยทัศน์ : เป็นองค์กรชั้นนำระดับอาเซียนในด้านวิจัย พัฒนา และบริการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม

ภาคผนวก ฉ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
ข้าวกล้องผงชงดื่ม

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมข้าวกล้องผงชงดื่มชนิดไม่ผสมน้ำตาลและชนิดผสมน้ำตาล บรรจุในภาชนะบรรจุ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ข้าวกล้องผงชงดื่ม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำข้าวที่มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ *Oryza sativa* Linn. มากะเทาะเอาเปลือกออกแล้วหรือที่เรียกกันว่า “ข้าวกล้อง” ที่อยู่ในสภาพดี มาล้างให้สะอาด นำไปคั่วหรืออบให้สุก บดให้ละเอียด อาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น น้ำตาล เกลือ นมผง โกโก้ ธัญชาติบดแป้งดัดแปร

3. ชนิด

3.1 ข้าวกล้องผงชงดื่ม แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

3.1.1 ข้าวกล้องผงชงดื่มชนิดไม่ผสมน้ำตาล

3.1.2 ข้าวกล้องผงชงดื่มชนิดผสมน้ำตาล

4. คุณลักษณะที่ต้องการ

4.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นผง แห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.2 สี

ต้องมีสีตามธรรมชาติของข้าวกล้องผงชงดื่มและส่วนประกอบที่ใช้

4.3 กลิ่น

ต้องมีกลิ่นดีตามธรรมชาติของข้าวกล้องผงชงดื่มและส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน

4.4 กลิ่นรส

ลายละลายในน้ำเดือดต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของข้าวกล้องผงชงดื่มและส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นรสเปรี้ยวบูด เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 9.1 แล้ว ต้องไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

4.5 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.6 วอเตอร์แอกทิวิตี

ต้องไม่เกิน 0.6 การทดสอบให้ใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอกทิวิตีที่ควบคุมอุณหภูมิที่ (25 ± 2) องศาเซลเซียส

หมายเหตุ วอเตอร์แอกทิวิตี เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำอิสระที่เชื้อจุลินทรีย์ใช้ในการเจริญเติบโต

4.7 วัตถุเจือปนอาหาร

4.7.1 ห้ามใช้สีสังเคราะห์และวัตถุกันเสียทุกชนิด เว้นแต่กรณีที่ติดมากับวัตถุดิบให้เป็นไปตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

4.7.2 หากมีการใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาล ให้ใช้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนดการทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

4.8 จุลินทรีย์

4.8.1 จุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4.8.2 แซลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

4.8.3 สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4.8.4 บาซิลลัส ซีเรียส ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4.8.5 คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4.8.6 โคลิฟอร์ม โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร

4.8.7 เอสเชอริเชีย โคไล ต้องไม่พบในตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร

4.8.8 ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือ BAM (U.S.FDA) หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

5. สุขลักษณะ

5.1 สุขลักษณะในการทำข้าวกล้องผงชงดื่มให้เป็นไปตามคำแนะนำ และสถานประกอบการต้องได้รับอนุญาตจากกระทรวงสาธารณสุข

6. การบรรจุ

6.1 ให้บรรจุข้าวกล้องผงชงดื่มในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันสิ่งปนเปื้อนจากภายนอกได้ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6.2 น้ำหนักสุทธิของข้าวกล้องผงชงดื่มในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก การทดสอบให้ใช้เครื่องชั่งน้ำหนักที่เหมาะสม

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่ภาชนะบรรจุข้าวกล้องผงชงดื่มทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์ (ตาม มผช.) หรือชื่อที่สื่อความหมายตาม มผช. เช่น ข้าวกล้องผง เครื่องดื่มข้าวกล้อง

(2) ชนิด

(3) ส่วนประกอบที่สำคัญ เป็นร้อยละของน้ำหนักโดยประมาณและเรียงจากมากไปน้อย

(4) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

(5) น้ำหนักสุทธิ เป็นมิลลิกรัมหรือกรัม

(6) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”

(7) ข้อแนะนำในการบริโภคและการเก็บรักษา เช่น ควรเก็บไว้ในที่แห้ง

(8) กรณีที่มีการใช่ส่วนประกอบของอาหาร ซึ่งเป็นสารก่อภูมิแพ้ เช่น มีนมเป็นส่วนประกอบให้แสดงข้อความว่า “ข้อมูลสำหรับผู้แพ้อาหาร : มีนม”

(9) เลขสารระบบอาหาร

(10) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ข้าวกล้องผงชงดื่มชนิดเดียวกัน ที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกันในระยะเวลาเดียวกัน

8.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

8.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่น กลิ่นรส สิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วย ภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4.1 ถึงข้อ 4.5 ข้อ 6. และข้อ 7. ทุกรายการ จึงจะถือว่าข้าวกล้องผงชงดื่มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

8.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวอเตอร์แอทิวีตีและวัตถุเจือปนอาหาร ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4.6 และข้อ 4.7 ทุกรายการ จึงจะถือว่าข้าวกล้องผงชงดื่มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

8.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอใช้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4.8 จึงจะถือว่าข้าวกล้องผงชงดื่มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

8.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างข้าวกล้องผงชงดื่มต้องเป็นไปตามข้อ 8.2.1 ข้อ 8.2.2 และข้อม 8.2.3 ทุกข้อ จึงจะถือว่าข้าวกล้องผงชงดื่มรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

9. การทดสอบ

9.1 การทดสอบสี กลิ่น และกลิ่นรส

9.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบข้าวกล้องผงชงดื่ม อย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

9.1.2 เทตัวอย่างข้าวกล้องผงชงดื่มลงในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบสีและกลิ่นโดยการตรวจพินิจและดม

9.1.3 เทตัวอย่างข้าวกล้องผงชงดื่มลงในภาชนะที่เหมาะสม เติมน้ำเดือดตามปริมาณที่ระบุไว้ที่ฉลาก ปิดฝา ทิ้งไว้ 30 วินาที หรือปฏิบัติตามที่ฉลากกำหนด ตรวจสอบกลิ่นรสทันทีโดยการชิม

9.1.4 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์การให้คะแนนในการทดสอบสี กลิ่น และกลิ่นรส (ข้อ 9.1.4)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	ระดับการตัดสิน	คะแนนที่ได้รับ
สี	สีดีตามธรรมชาติของข้าวกล้องผงชงดื่มและส่วนประกอบที่ใช้	3
	สีพอใช้ใกล้เคียงกับสีตามธรรมชาติของข้าวกล้องผงชงดื่มและส่วนประกอบที่ใช้	2
	สีผิดปกติหรือมีการเปลี่ยนสี	1
กลิ่น	กลิ่นดีตามธรรมชาติของข้าวกล้องผงชงดื่มและส่วนประกอบที่ใช้	3
	กลิ่นพอใช้ใกล้เคียงกับกลิ่นตามธรรมชาติของข้าวกล้องผงชงดื่มและส่วนประกอบที่ใช้	2
	กลิ่นผิดปกติหรือมีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน	1
กลิ่นรส	กลิ่นรสสารละลายของข้าวกล้องผงชงดื่มและส่วนประกอบที่ใช้เข้มข้นดี	3
	กลิ่นรสสารละลายของข้าวกล้องผงชงดื่มและส่วนประกอบที่ใช้น้อย	2
	กลิ่นรสสารละลายผิดปกติหรือมีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นรสเปรี้ยวบูด	1

ภาคผนวก ช
หนังสือตอบรับการนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มสธ. ครั้งที่ 6

ที่ ศธ 0522.14(04)/1097

สำนักบัณฑิตศึกษา
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี 11120

4 ตุลาคม 2559

เรื่อง ตอบรับการนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มสธ. ครั้งที่ 6

เรียน นางสาววรรณวิภา โคกครุฑ

ตามที่ท่านได้สมัครเข้าร่วมการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มสธ. ครั้งที่ 6 ในวันที่ 25 พฤศจิกายน 2559 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช โดยส่งผลงาน **เรื่อง การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงหุงข้าวสวยเสาไห้สำเร็จรูป โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง** นั้น คณะกรรมการจัดการประชุมฯ ได้พิจารณาบทความของท่านเรียบร้อยแล้ว ขอแจ้งผลการพิจารณา ดังนี้

*ผลงานของท่าน ได้รับการตอบรับให้นำเสนอผลงานวิจัยในรูปแบบ**โปสเตอร์** (Poster Presentation) หมายเลขโปสเตอร์ของท่านคือ P-ST 013 กรุณาอ้างอิงหมายเลขโปสเตอร์ทุกครั้งที่ติดต่อกับคณะกรรมการฯ* และส่งแบบตอบรับการนำเสนอผลงานเพื่อยืนยันการเข้าร่วมเสนอผลงานภายในวันที่ 14 ตุลาคม 2559 เพื่อคณะกรรมการจะได้ดำเนินการจัดตารางการนำเสนอ

ทั้งนี้ท่านสามารถตรวจสอบกำหนดการประชุมได้ที่ http://grad-research.stou.ac.th และหากท่านต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อที่นางสุพัตรา ทีนาคะ โทร 0 2504 7568-9

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลภา สบายยิ่ง)
ผู้อำนวยการสำนักบัณฑิตศึกษา

หมายเหตุ คำอธิบายสำหรับผู้นำเสนอแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation)

1. ให้ผู้นำเสนอจัดเตรียมโปสเตอร์ขนาด กว้าง 90 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร โดยติดโปสเตอร์ในวันนำเสนอผลงานตามหมายเลขบอร์ดที่กำหนด
2. ในวันนำเสนอขอให้ผู้นำเสนอลงนามที่โต๊ะลงทะเบียนฝ่ายวิชาการเพื่อยืนยันการนำเสนอ สามารถตรวจสอบวันและเวลาที่นำเสนอผลงานได้ทาง http://grad-research.stou.ac.th
3. การนำเสนอผลงานต้องยืนประจำที่โปสเตอร์ในเวลาที่กำหนด 1 ชั่วโมง

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาววรรณวิภา โคกครุฑ
วัน เดือน ปีเกิด	22 พฤษภาคม 2534
ที่อยู่	เลขที่ 5/1 หมู่ที่ 4 ตำบลหน้าโคก อำเภอผักไห่
	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13120
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคหกรรมศาสตร์
	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ประวัติการทำงาน	ปี พ.ศ. 2556 – 2557 นักโภชนาการ (ครัวปิยะ) โรงพยาบาลราชธานี
	ปี พ.ศ. 2557 – ปัจจุบัน เจ้าหน้าที่ประสานความร่วมมือและพัฒนาเครือข่าย
	ประจำจังหวัดพระนครศรีอยุธยา กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
เบอร์โทรศัพท์	091 – 7246858
อีเมล์	wanvipa_k@mail.rmutt.ac.th