



การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแป้งถั่วมะแฮะมาทดแทนแป้งสาลี
ในการพัฒนาสูตรอาหารว่าง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. ๒๕๔๔

ISBN 974-665-557-4

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright by Mahidol University

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแป้งถั่วมะแฮะมาทดแทนแป้งสาลี
ในการพัฒนาสูตรอาหารว่าง



นางสาวมันทนา แอ้มคลี
ผู้วิจัย



อาจารย์จรัสศักดิ์ พูนผล
M.S. in E.E.

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



อาจารย์สมพงษ์ รงไชย
วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



ดร.อาณัติ นิตธีรรมยง
Ph.D.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



อาจารย์สัญญาชัย สุธันษ์วิหาร
วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



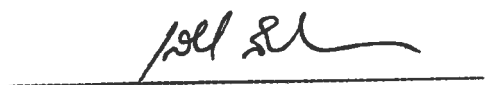
รองศาสตราจารย์รุ่งริต หุตะเจริญ วท.ม.

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี

ที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์



ศาสตราจารย์เลียงชัย ถิ่นถ่อมวงศ์ Ph.D.
คณบดี
บัณฑิตวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแป้งถั่วมะแฮมาทดแทนแป้งสาลี

ในการพัฒนาสูตรอาหารว่าง

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2544



นส.มันทนา แยมคลี่

ผู้วิจัย



อาจารย์จรัสศักดิ์ พูนผล

M.S. in E.E.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



อาจารย์สมพงษ์ ธงไชย

วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ดร. อาณัติ นิตธีรรมขง

Ph.D.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



อาจารย์สัญญาชัย สุตพันธ์วิหาร

วท. ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

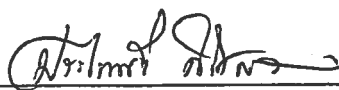


รองศาสตราจารย์อนุชาติ พวงคำลี Ph.D.

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล



รศ.ดร. ประไพศรี ศิริจักรวาล

Ph.D.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ศาสตราจารย์เลียงชัย ถิ่นล้อมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความกรุณาอย่างสูงจากท่าน อาจารย์จิระศักดิ์ พูนผล รองปลัดสำนักนายกรัฐมนตรี ซึ่งเป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ ส่งเสริมสนับสนุน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา อาจารย์สมพงษ์ ธงไชย ดร. อาณัติ นิตยธรรมยง และอาจารย์สัญญาชัย สุนทิพันธ์วิหาร กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ทั้งสามท่าน ได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ รวมทั้งแก้ไขข้อบกพร่อง ตลอดจนตรวจทานเนื้อหาให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ รศ.ดร. ประไพศรี ศิริจักรวาล หัวหน้าฝ่ายมนุษยโภชนาการ สถาบันวิจัยโภชนาการ ที่ได้กรุณาให้ความรู้และคำแนะนำเพิ่มเติมในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยพืชไร่ขอนแก่น จ.ขอนแก่น และคุณวิชัย วัชรเลขะกุล ฝ่ายผลิตพันธุ์พืช สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ ที่กรุณาจัดส่งเมล็ดพันธุ์ ถั่วมะแฮะมาให้ใช้สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ คุณอภิญา จูทางกูร และคุณเบญจา จันทมด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการอ่านค่าสีของถั่วมะแฮะ และให้คำแนะนำเรื่องการกะเทาะเปลือกถั่วมะแฮะ ขอขอบคุณ คุณปราโมทย์ เข้มคลี น้องชายของผู้วิจัย ซึ่งให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้มาโดยตลอด ขอขอบคุณ อาจารย์นุชนารถ อุตสาหพานิช อาจารย์ 2 ระดับ 7 แผนกอาหาร วิทยาลัยอาชีวศึกษาธนบุรี ที่ช่วยทำการทดลองผลิตอาหารว่างทั้ง 3 ชนิด สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ คุณทยา ผลบุญ ที่มีส่วนช่วยในการจัดทำรูปเล่ม จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ชาว ATS รุ่น 1 และเพื่อนร่วมงานที่มีส่วนเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือตลอดมา

ท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ตลอดจนญาติพี่น้อง ที่คอยช่วยเหลือสนับสนุน และให้กำลังใจจนสำเร็จการศึกษา คุณความดีที่จะพึงมีจากการได้รับประโยชน์จากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขออุทิศให้กับสังคมและประเทศชาติสืบไป

มันทนา เข้มคลี

3937697ENAT/M: สาขาวิชา: เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร;

วท.ม. (เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร)

คำสำคัญ : แป้งถั่วมะแฮะ / แป้งสาลี / อาหารว่าง

มันทนา แยมคลี : การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแป้งถั่วมะแฮะมาทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาสูตรอาหารว่าง (FEASIBILITY STUDY ON USING PIGEONPEA FLOUR TO REPLACE WHEAT FLOUR FOR FORMULATION OF SNACK FOODS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : จิระศักดิ์ พูนผล, M.S. in E.E. สมพงษ์ รงไชย, วท.ม. อาณัติ นิตยธรรมยง, Ph.D. สัตยชัย สุตพันธ์วิหาร, วท.ม. 102 หน้า. ISBN 974-665-557-4

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อนำแป้งถั่วมะแฮะมาทดแทนแป้งสาลี ในการพัฒนาสูตรอาหารว่าง ที่ปริมาณต่างๆ กัน คือ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วมะแฮะ ทดลองผลิตอาหารว่างจากแป้งถั่วมะแฮะ 3 ชนิด ได้แก่ ขนมกรอบเค็ม ขนมออาลัว ขนมหัวเราะ โดยศึกษา การยอมรับของผู้บริโภค ด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์และศึกษาด้านต้นทุนการผลิตของ ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด

ผลการวิจัยพบว่า มีความเป็นไปได้ในการนำแป้งถั่วมะแฮะมาทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ที่ใช้แป้งสาลีเป็นวัตถุดิบ จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ขนมกรอบเค็ม พบว่าสูตรที่ 1 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของแป้งสาลี : แป้งถั่วมะแฮะ ที่ร้อยละ 25 : 75 ได้รับการยอมรับสูงสุดและไม่มีแตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์ ขนมออาลัว สูตรที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของแป้งสาลี : แป้งถั่วมะแฮะ ที่ร้อยละ 25 : 75 ได้รับการยอมรับสูงสุด ทั้งด้านสี รสชาติ และความชอบรวม และไม่มีแตกต่างจากสูตรควบคุม และสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะ สูตรที่ 2 ที่มีอัตราส่วนผสมของแป้งร้อยละ 25 : 75 ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด ทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม และไม่มีแตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ทางด้านต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดพบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มทั้ง 4 สูตร มีต้นทุนการผลิตต่อ 1 กิโลกรัม เป็นเงิน 85.29, 83.12, 82.20 และ 79.53 บาท ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ขนมออาลัว ทั้ง 4 สูตร มีต้นทุนการผลิต ต่อ 1 กิโลกรัม เป็นเงิน 35.70, 34.39, 33.46 และ 32.05 บาท ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะทั้ง 4 สูตร มีต้นทุนการผลิต ต่อ 1 กิโลกรัม เป็นเงิน 57.34, 56.70, 55.28 และ 54.20 บาท ตามลำดับ

จากผลการศึกษาผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด มีข้อเสนอแนะว่าควรพัฒนากระบวนการผลิตแป้งถั่วมะแฮะที่ใช้เป็นวัตถุดิบด้วยระบบอุตสาหกรรม จะทำให้แป้งที่ได้แป้งประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้สูงขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับมากขึ้นตามไปด้วย และสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไปสู่กระบวนการผลิตในระดับครัวเรือน ทำให้ชุมชนได้บริโภคอาหารที่มีคุณค่าโปรตีน เป็นการช่วยลดภาวะการขาดสารอาหาร อีกทั้งเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาปลูกถั่วมะแฮะ เพื่อพัฒนาเป็นพืชเศรษฐกิจในอนาคตได้อีกด้วย

3937697 ENAT/M : MAJOR : APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR RESOURCE DEVELOPMENT ;
M.Sc. (APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR RESOURCE DEVELOPMENT)

KEY WORDS : PIGEONPEA FLOUR / WHEAT FLOUR / SNACK FOODS

MONTHANA YAMCLEE : FEASIBILITY STUDY ON USING PIGEONPEA FLOUR TO
REPLACE WHEAT FLOUR FOR FORMULATION OF SNACK FOODS. THESIS ADVISOR :
CHIRASAKDI POONPOL, M.S. in E.E. , SOMPONG THONGCHAI, M.Sc., ANADI NITITHAMAYONG,
Ph.D., SANCHAI SUTIPANWIHAN, M.Sc. 102 P. ISBN 974-665-557-4

The objectives of this research are : 1) to study the use of pigeonpea flour to replace wheat flour (25, 50, 70 and 100 % replacement) in snack foods; 2) to study the physical characteristics of the pigeonpea seed; 3) to study the physical characteristics of the experimental snack foods (Grobkaem, Alour, Hualoa); 4) to study the consumer acceptance of the snack foods; and 5) to study the investment cost of production.

The results of this research showed that pigeonpea flour is an acceptable replacement for wheat flour in the development of products that use wheat flour. The grobkaem recipe 1, with a wheat flour percentage of 75% and pigeonpea flour percentage of 25%, had the highest consumer acceptance and was not significantly different ($P > 0.05$) from the control. Alour recipe 3, with a wheat flour percentage of 25% and pigeonpea flour percentage of 75%, was acceptable in both color and taste and was not significantly different ($P > 0.05$) from the control. Hualoa recipe 1, with a wheat flour percentage of 75% and pigeonpea flour percentage of 25%, had the highest consumer acceptability and was not significantly different ($P > 0.05$) from the control. The production costs of the 3 types of pigeonpea flour of grobkaem 4 recipes were 85.29, 83.12, 82.20 and 79.53 Baht per 1 kilo, respectively, and the costs of Alour 4 recipes were 35.70, 34.39, 33.46 and 32.05 Baht per 1 kilo, respectively, while the cost of Hualoa 4 recipes were 54.34, 56.70, 55.28 and 54.20 Baht per 1 kilo, respectively.

The results of this study suggest that the use of pigeonpea flour will lower production costs, will be acceptable to consumers and produce products with a sufficient nutritional status. As an ingredient in snack foods, pigeonpea flour can make the highest quality products. In addition, the community will receive food that is valuable in term of nutrition which can help decrease malnutrition. Thus, the pigeonpea plant may become economically valuable in the near future.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญตารางภาคผนวก	ญ
สารบัญแผนภูมิ	ฎ
สารบัญภาพ	ฏ
บทที่	
1. บทนำ	i
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 กรอบแนวความคิดในการวิจัย	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.4 สมมติฐานการวิจัย	4
1.5 ขอบเขตการวิจัย	4
1.6 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย	5
1.7 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	5
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
2. ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับถั่วมะแฮะ	8
2.2 รัชชาติ และแป้งที่ใช้เป็นอาหาร	27
2.3 ความสำคัญของผลิตภัณฑ์ถั่วเมล็ดแห้ง	28
2.4 การแปรรูปพืชตระกูลถั่ว	30
2.5 พัฒนาการและความหมายของผลิตภัณฑ์อาหารว่างหรืออาหารขบเคี้ยว	31
2.6 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
3. วิธีการดำเนินการวิจัย	36
3.1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย	36
3.1.1 ขั้นตอนการเตรียมการ	38
3.1.2 ขั้นตอนการออกแบบการวิจัย	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.3 ขั้นตอนการทดลองและบันทึกข้อมูล	44
3.1.4 ขั้นตอนการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล	51
3.2 ประชากรและการสุ่มตัวอย่าง	52
4. ผลการวิจัย	53
4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วมะแฮะ	53
4.2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแป้งถั่วมะแฮะมาทดแทนแป้งสาลี ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่าง	54
4.2.1 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำถั่วมะแฮะมาแปรรูปเป็นแป้ง	54
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด	54
4.2.3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านต้นทุนในการผลิต	60
4.2.4 ผลการคำนวณคุณค่าอาหาร โปรตีนจากผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด	65
5. อภิปรายผลการศึกษา	67
5.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วมะแฮะ	67
5.2 การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแป้งถั่วมะแฮะมาทดแทนแป้งสาลี ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่าง	68
5.2.1 การศึกษาปริมาณแป้งที่ได้จากถั่วมะแฮะเมล็ดแห้ง	68
5.2.2 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส	68
5.2.3 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านต้นทุนการผลิต	70
5.2.4 การคำนวณคุณค่าโปรตีนจากผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด	71
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	72
6.1 สรุปผลการวิจัย	72
6.2 ข้อเสนอแนะ	74
รายการอ้างอิง	75
ภาคผนวก	80
ภาคผนวก ก	80
ภาคผนวก ข ผลวิเคราะห์ทางสถิติ	83
ภาคผนวก ค ภาพประกอบ	95
ประวัติผู้วิจัย	102

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2-1 ผลผลิตเมล็ดแห้ง (ก.ก./ไร่) ของถั่วมะแสะพันธุ์ต่างๆจากมหาวิทยาลัยควีนส์แลนด์	13
ตารางที่ 2-2 ผลผลิตเมล็ดแห้ง (ก.ก./ไร่) ของถั่วมะแสะพันธุ์ต่างๆจาก ICRISAT	13
ตารางที่ 2-3 การไหลพรวนดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดของถั่วมะแสะพันธุ์ QPL 42	14
ตารางที่ 2-4 วันที่ปลูกถั่วมะแสะไม่ไวต่อช่วงแสงที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ปี พ.ศ. 2528	15
ตารางที่ 2-5 ผลผลิตเมล็ดแห้ง(ก.ก./ไร่) เฉลี่ยจากการปลูกถั่วมะแสะ 25 สายพันธุ์	16
ตารางที่ 2-6 ผลของระยะปลูกและความหนาแน่นที่มีผลผลิตเมล็ด (ก.ก./ไร่) ของถั่วมะแสะพันธุ์อายุสั้น ไม่ไวต่อช่วงแสงอายุสั้น	17
ตารางที่ 2-7 ผลของระยะปลูกและความหนาแน่นที่มีต่อผลผลิตเมล็ด (ก.ก./ไร่) ของถั่วมะแสะพันธุ์อายุปานกลางค่อนข้างไวต่อช่วงแสง	17
ตารางที่ 2-8 ผลของระยะปลูกและความหนาแน่นต่อผลผลิต ความสูง และน้ำหนักต้นแห้งของถั่วมะแสะอายุปานกลางพันธุ์ ICPL 270	18
ตารางที่ 2-9 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วมะแสะและกรดอะมิโนที่จำเป็น	21
ตารางที่ 2-10 ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในถั่วมะแสะ	22
ตารางที่ 2-11 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งถั่วมะแสะ	23
ตารางที่ 2-12 Proximate Analysis ของถั่วมะแสะ แป้งถั่วมะแสะ และแป้งสาลี	24
ตารางที่ 2-13 ส่วนต่างๆ ของถั่วมะแสะที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์	27
ตารางที่ 3-1 สูตรขนมหอมเค็มที่ใช้เป็นสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	42
ตารางที่ 3-2 สูตรขนมออาลัวที่เป็นสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	43
ตารางที่ 3-3 สูตรขนมหัวเราะที่ใช้เป็นสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	43
ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ขนมหอมเค็ม	54
ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ขนมออาลัว	56
ตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะ	58
ตารางที่ 4-7 ต้นทุนการผลิต ผลิตภัณฑ์ขนมหอมเค็มสูตรต่างๆ	62
ตารางที่ 4-5 ต้นทุนการผลิต ผลิตภัณฑ์ขนมออาลัวสูตรต่างๆ	63
ตารางที่ 4-6 ต้นทุนการผลิต ผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะสูตรต่างๆ	64

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4-7 ผลการคำนวณคุณค่าทางโปรตีนจากผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็ม	65
ตารางที่ 4-8 ผลการคำนวณคุณค่าทางโปรตีนจากผลิตภัณฑ์ขนมอาลาวี	66
ตารางที่ 4-9 ผลการคำนวณคุณค่าทางโปรตีนจากผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะ	66



สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่	หน้า
1. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมอบเค็มที่สูตรต่างๆ ด้านสี	84
2. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมอบเค็มที่สูตรต่างๆ ด้านกลิ่น	85
3. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมอบเค็มที่สูตรต่างๆ ด้านรสชาติ	86
4. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมอบเค็มที่สูตรต่างๆ ด้านเนื้อสัมผัส	87
5. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมอบเค็มที่สูตรต่างๆ ด้านความชอบรวม	88
6. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมอบลวกที่สูตรต่างๆ ด้านสี	89
7. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมอบลวกที่สูตรต่างๆ ด้านกลิ่น	89
8. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมอบลวกที่สูตรต่างๆ ด้านรสชาติ	89
9. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมอบลวกที่สูตรต่างๆ ด้านเนื้อสัมผัส	90
10. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมอบลวกที่สูตรต่างๆ ด้านความชอบรวม	90
11. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมหั้วเราะที่สูตรต่างๆ ด้านสี	91
12. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมหั้วเราะที่สูตรต่างๆ ด้านกลิ่น	91
13. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมหั้วเราะที่สูตรต่างๆ ด้านรสชาติ	92
14. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมหั้วเราะที่สูตรต่างๆ ด้านเนื้อสัมผัส	93
15. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมหั้วเราะที่สูตรต่างๆ ด้านความชอบรวม	94

สารบัญแผนภูมิ

	หน้า
แผนภูมิที่ 1-1 กรอบแนวความคิดการวิจัย	3
แผนภูมิที่ 3-1 กรอบวิธีการวิจัย	37
แผนภูมิที่ 3-2 เกณฑ์การเตรียมวัตถุดิบเมล็ดถั่วมะแฮะ	39
แผนภูมิที่ 3-3 กรรมวิธีผลิตแป้งถั่วมะแฮะ	40
แผนภูมิที่ 3-4 ขั้นตอนการทดลองทำขนมกรอบเค็ม	45
แผนภูมิที่ 3-5 ขั้นตอนการทดลองทำขนมอาลัว	47
แผนภูมิที่ 3-6 ขั้นตอนการทดลองทำขนมหัวเราะ	49



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ ผ-1 ลักษณะลำต้นของถั่วมะแฮะ	96
ภาพที่ ผ-2 ลักษณะยอด ดอก และเมล็ดของถั่วมะแฮะ	97
ภาพที่ ผ-3 ลักษณะคอก และใบของถั่วมะแฮะ	97
ภาพที่ ผ-4 คัดแยกเมล็ดถั่วที่ไม่สมบูรณ์ด้วยมือ	98
ภาพที่ ผ-5 เมล็ดและเนื้อถั่วมะแฮะ	98
ภาพที่ ผ-6 การวัดขนาดเมล็ดถั่วมะแฮะ	99
ภาพที่ ผ-7 เปรียบเทียบแป้งถั่วมะแฮะกับแป้งสาลี	99
ภาพที่ ผ-8 ผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มที่สูตรต่างๆ	100
ภาพที่ ผ-9 ผลิตภัณฑ์ขนมอาลูว์ที่สูตรต่างๆ	100
ภาพที่ ผ-10 ผลิตภัณฑ์หัวเราะที่สูตรต่างๆ	101



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

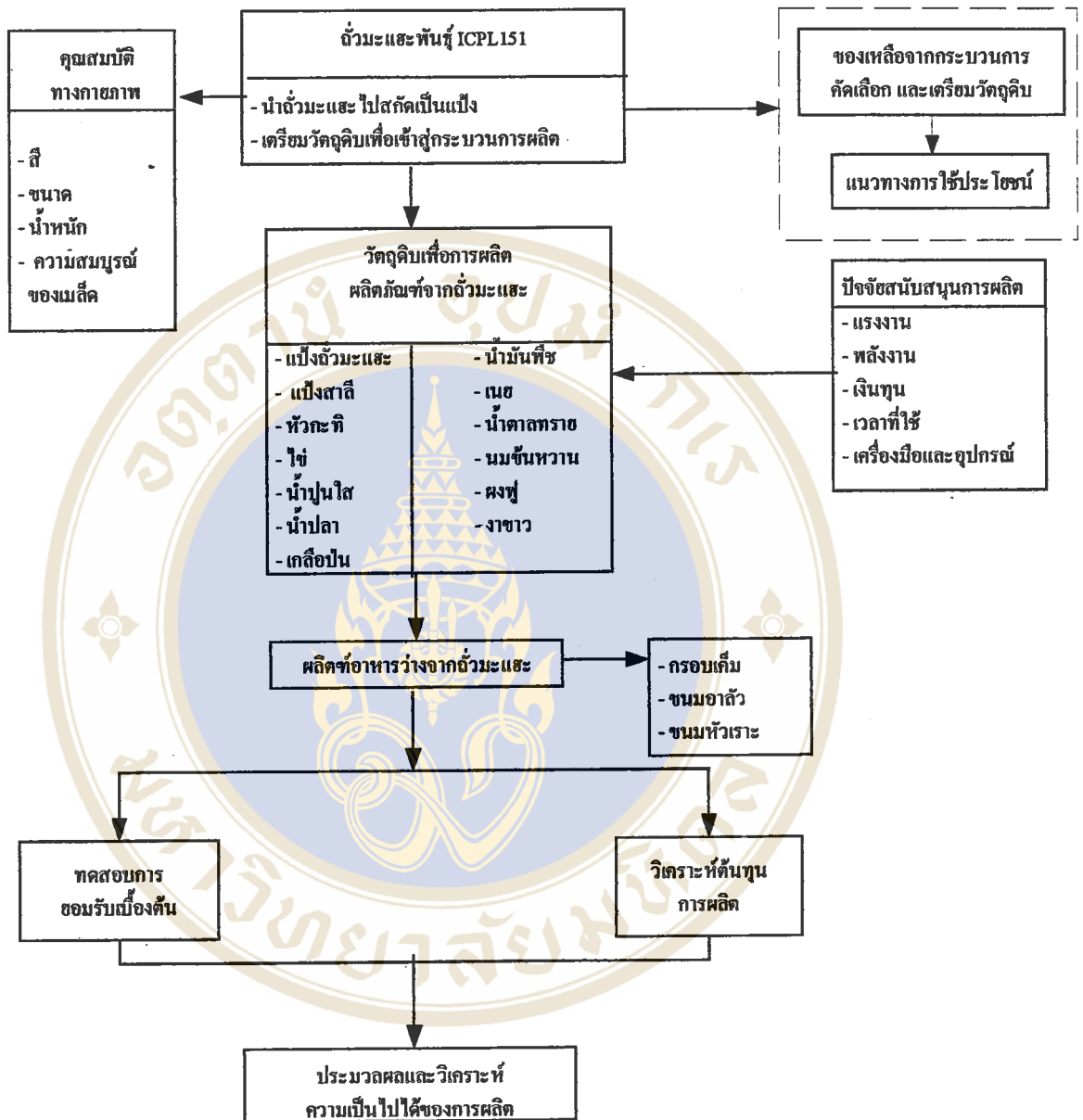
ถั่วมะแสะ (Pigeonpea) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cajanus cajan* เป็นพืชเมืองร้อน หรือ กึ่งร้อน พบเป็นพืชพื้นเมืองของประเทศในเอเชียเขตร้อน ต่อมาได้นำเข้าปลูกในแอฟริกา อเมริกา เขตร้อน บางส่วนของอเมริกากลางและใต้ และประเทศออสเตรเลียแถบเหนือ สามารถขึ้นได้ดีใน แถบอบอุ่น ส่วนใหญ่ใช้เป็นอาหารสัตว์ แต่มีปลูกเพื่อรับประทานเป็นผักอยู่บ้างทางแถบตะวันออก เอเชียเหนือของรัฐนิวเซาท์เวลส์ ถั่วมะแสะเป็นพืชตระกูลถั่วที่สำคัญเป็นที่ 2 ในอินเดีย เป็นอาหาร ประจำของคนส่วนใหญ่ โดยใช้รับประทานเป็นผักหรือในรูปของเมล็ดซึ่งแตกเป็น 2 ซีก ที่เรียกว่า Dhal ถั่วมะแสะเป็นพืชที่ใช้ปลูกเป็นพืชคลุมดิน และให้ผลผลิตต่อไร่ค่อนข้างสูง ประมาณ 725 กิโลกรัมต่อไร่ (1) ซึ่งได้มีการปลูกเป็นการค้าเพื่อเก็บเมล็ดอ่อนบรรจุกระป๋อง เช่น ที่เปอร์โตริโก และครินิแคด เป็นต้น (2) นอกจากนี้ยังมีโรงงานทำผลิตภัณฑ์จากถั่วมะแสะที่ปานามา สาธารณรัฐ โดมินิกัน และบางประเทศตามคาบสมุทรคาริเบียน (3)

ถั่วมะแสะ เป็นพืชตระกูลถั่วที่น่าสนใจ เนื่องจากมีคุณสมบัติสำคัญหลายประการ เช่น สามารถทนความแห้งแล้ง และลมแรง ปลูกได้ง่ายแม้ในดินที่ไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์ จึงเหมาะที่จะปลูก ในทั่วทุกพื้นที่ของประเทศไทย ถั่วมะแสะ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายประการ เช่น ดินใช้ ปลูกเป็นพืชคลุมดิน ทำปุ๋ยพืชสด เป็นอาหารสัตว์ ที่สำคัญคือ เมล็ดของถั่วมะแสะใช้เป็นอาหารของ มนุษย์และสัตว์ ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง คือ มีโปรตีนสูงถึงประมาณร้อยละ 24 และมีส่วน ประกอบหลักคือ แป้ง ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนักเมล็ดแห้ง รวมทั้งคุณค่าทางอาหารอื่นๆ (4) แม้ว่าปริมาณของโปรตีนในถั่วมะแสะจะต่ำกว่าถั่วอื่นๆ เล็กน้อย คือ ถั่วเหลืองมีโปรตีนเฉลี่ย ร้อยละ 34 และถั่วเขียวมีปริมาณโปรตีนอยู่ที่ร้อยละ 25.98 ก็ตาม แต่ปริมาณของกรดอะมิโนที่มี กำมะถันเป็นองค์ประกอบมีสูงกว่าถั่วชนิดอื่น (5) ถั่วมะแสะมีลักษณะคือ ไม่มีกลิ่นที่ไม่ยอมรับ (6) จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับคนไทย เพราะการใช้ประโยชน์ จากพืชตระกูลถั่วเพียงไม่กี่ชนิด ส่งผลให้เกิดความต้องการสูงซึ่งทำให้ถั่วเหล่านั้นมีราคา แพง จนเกิดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ และจำเป็นต้องสั่งเข้าจากต่างประเทศทำให้มีปัญหาเรื่อง ราคา การแก้ปัญหาวัตถุดิบเพื่อการบริโภคจึงเป็นสิ่งจำเป็น

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำถั่วมะแสะเมล็ดแห้งมาแปรรูปเป็นแป้งเพื่อนำมาใช้ทดแทนแป้งสาลี ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารว่าง 3 ชนิด ได้แก่ ขนมกรอบเค็ม ขนมอาลัว ขนมหัวเราะ ซึ่งเป็นอาหารที่เป็นที่รู้จักกันดีของคนไทยอยู่แล้ว การนำแป้งถั่วมะแสะมาทดแทนแป้งสาลี จะเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหาร และลดต้นทุนการผลิตด้วย เพราะแป้งสาลีเป็นวัตถุดิบที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จากสถิติพบว่าการนำเข้าแป้งสาลีของกรมศุลกากรพบว่า ปี พ.ศ. 2542 มีการนำเข้าแป้งสาลีทั้งสิ้น ประมาณ 56,608.53 ตัน คิดเป็นมูลค่า 372,458,999 บาท และระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือน สิงหาคม 2543 กรมศุลกากร รายงานว่ามีการนำเข้าแป้งสาลีไปแล้วประมาณ 27,320.68 ตัน มูลค่าประมาณ 250,176,134 บาท จะเห็นว่าเป็นตัวเลขที่ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งส่งผลให้ประเทศไทยต้องเสียเปรียบดุลการค้ากับประเทศต่างๆ นอกจากนี้ยังช่วยในเรื่องของการนำพืชใหม่มาใช้ให้เกิดประโยชน์ เป็นการแก้ปัญหาเกี่ยวกับภาวะโภชนาการของประเทศไทยและทำให้คนไทยรู้จักประโยชน์ของถั่วมะแสะมากขึ้นซึ่งในอนาคต ถั่วมะแสะอาจกลายเป็นพืชเศรษฐกิจ เช่นเดียวกับถั่วเหลืองและถั่วเขียวที่มีราคาสูงอยู่ในขณะนี้ก็เป็นได้

1.2 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

จากที่มาและความสำคัญของปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา คุณสมบัติทางกายภาพของถั่วมะแสะ ด้านสี ขนาด น้ำหนัก เพื่อคัดเลือกเมล็ดถั่วมะแสะที่ได้คุณภาพ นำไปแปรรูปเป็นแป้งจากนั้นนำแป้งที่ได้มาทดลองผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารว่าง 3 ชนิด ได้แก่ ขนมกรอบเค็ม ขนมอาลัว ขนมหัวเราะ ขนมทั้งสามชนิดนี้ ใช้แป้งสาลีเป็นวัตถุดิบ แต่แป้งสาลีเป็นวัตถุดิบที่มีราคาแพง เพราะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ผู้วิจัยจึงทดลองใช้แป้งถั่วมะแสะทดแทน โดยกำหนดส่วนผสมของแป้งสาลีต่อแป้งถั่วมะแสะในแต่ละสูตรที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เพื่อศึกษาการยอมรับเบื้องต้น ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ถึงต้นทุนในการผลิตอาหารว่างทั้ง 3 ชนิด ดังกรอบแนวความคิดในการวิจัยที่ได้แสดงไว้ในแผนภูมิที่ 1-1



แผนภูมิที่ 1-1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วมะแฮะค้ำน สี ขนาด น้ำหนัก และเปอร์เซ็นต์การเล็ชของเมล็ด

1.3.2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแป้งถั่วมะแฮะ มาทดแทนแป้งสาลี สำหรับผลิตอาหารว่าง

1.4 สมมติฐานการวิจัย

ถั่วมะแฮะสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ผู้บริโภคยอมรับได้

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ศึกษาเฉพาะคุณสมบัติทางกายภาพ ของเมล็ดถั่วมะแฮะที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบ

1.5.1.1 สีของเมล็ด

1.5.1.2 ขนาดของเมล็ด

1.5.1.3 น้ำหนัก / 100เมล็ด

1.5.1.4 เปอร์เซนต์การเล็ชของเมล็ด

1.5.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

แป้งสาลีตราบัวแดง, แป้งถั่วมะแฮะสกัดจากเมล็ดถั่วมะแฮะพันธุ์ ICPL 151 , หัวกะทิ, น้ำมันพืช, เนย, น้ำตาลทราย, น้ำปลา, นมข้นหวาน, ผงฟู, งาขาว, เกลือป่น, ไข่, น้ำปูนใส

1.5.3 ศึกษาทดลองผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากแป้งถั่วมะแฮะในห้องปฏิบัติการอาหารของวิทยาลัยอาชีวศึกษานนบุรี

1.5.4 ผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา คือ ขนมกรอบเค็ม ขนมอาลัว ขนมหัวเราะ

1.5.5 ตัวลักษณะที่ใช้แทนค่าสูตรทดลองของทุกผลิตภัณฑ์ มีดังนี้

TC คือ สูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลีร้อยละ 100

T1 คือ สูตรทดลองที่ใช้แป้งสาลีร้อยละ 75 แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 25

T2 คือ สูตรทดลองที่ใช้แป้งสาลีร้อยละ 50 แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 50

T3 คือ สูตรทดลองที่ใช้แป้งสาลีร้อยละ 25 แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 75

T4 คือ สูตรทดลองที่ใช้แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 100

1.5.6 ศึกษาความเป็นไปได้ของการนำแป้งถั่วมะแสะมาเป็นวัตถุดิบเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างในด้านต่างๆ ได้แก่

- ด้านต้นทุนในการผลิต
- ด้านการยอมรับของผู้บริโภค ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และ

ความชอบรวม

1.5.7 ผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส เป็นกลุ่มผู้ใหญ่วัยทำงาน ซึ่งเป็นอาจารย์และเจ้าหน้าที่ของวิทยาลัยอาชีวศึกษาระบบทวิภาค อายุระหว่าง 25-55 ปี ไม่ระบุเพศ สุ่มโดยบังเอิญ (Accidental Sampling)

1.6 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 ตัวแปรอิสระ

- 1) ชนิดของผลิตภัณฑ์
- 2) อัตราส่วนผสมต่างๆ ของผลิตภัณฑ์

1.6.2 ตัวแปรตาม

- 1) คุณภาพของผลิตภัณฑ์
- 2) การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

1.7 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

“ความเป็นไปได้” หมายถึง ความเป็นไปได้ของการนำแป้งถั่วมะแสะ มาผลิตเป็นอาหารว่าง โดยศึกษาด้านต้นทุนการผลิต และด้านการยอมรับของผู้บริโภค ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม

“คุณสมบัติทางกายภาพของถั่วมะแสะ” หมายถึง สี ขนาด น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์การเสีของเมล็ดถั่วมะแสะ

“คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์” หมายถึง คุณลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์ที่เมื่อสัมผัสสามารถจำแนกได้ถึงความอ่อนนุ่ม หยาบกระด้าง หนืด ร่วน หรือเปราะหักง่าย เป็นต้น

“อาหารว่าง” หมายถึง อาหารระหว่างมื้อ ที่มีไขมันเป็นอาหารหลัก ใช้รับประทานเล่น หรือรับประทานเพื่อเป็นการรองท้อง

“การแปรรูป” หมายถึง การนำวัตถุดิบที่มีอยู่ในธรรมชาติมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ และสามารถเก็บรักษาได้นาน

“การทดสอบชิม” หมายถึง การทบทวน หรือวัดผลจากผู้ที่ถูกกำหนดให้ชิมอาหารหรือผลิตภัณฑ์ที่ทดลอง

“การประเมินทางประสาทสัมผัส” หมายถึง การประเมินคุณค่าของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ความรู้สึกทางด้านจิตใจของผู้ประเมินเป็นเครื่องวัด ได้แก่ ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับทั่วไป

“ลักษณะที่ปรากฏ” หมายถึง รูปร่างและผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เห็นได้ โดยยังไม่ได้มีการสัมผัส

“การยอมรับ” หมายถึง การตกลงใจ การเห็นด้วย หรือการยอมรับทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์ทางด้านต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม

“ต้นทุนการผลิต” หมายถึง ค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในการผลิตอาหารว่างชนิดต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.8.1 สามารถนำถั่วมะแฮะไปใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะผลิตเป็นอาหารบริโภคทั้งในครัวเรือนและอุตสาหกรรม อันจะเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรมีรายได้จากปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจ

1.8.2 อาหารที่ได้มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน พลังงาน แคลเซียม และวิตามิน จากการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร

1.8.3 เป็นแนวทางในการนำแป้งถั่วมะแฮะมาทดแทนแป้งสาลีที่นำเข้าจากต่างประเทศ

1.8.4 เป็นการนำทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ เป็นการนำเมล็ดถั่วมะแฮะไปโม่บดให้เป็นแป้ง จากนั้นนำแป้งที่ได้ไปใช้แทนแป้งสาลี ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างของไทย 3 ชนิด ได้แก่ ขนมกรอบเค็ม ขนมอาถั่ว ขนมหัวเราะ เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการค้นคว้ารวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมุ่งศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับหัวข้อต่อไปนี้

- 2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับถั่วมะแฮะ
- 2.2 รัชชาติ และแป้งที่ใช้เป็นอาหาร
- 2.3 ความสำคัญของผลิตภัณฑ์ถั่วเมล็ดแห้ง
- 2.4 การแปรรูปพืชตระกูลถั่ว
- 2.5 พัฒนาการและความหมายของผลิตภัณฑ์อาหารว่าง หรืออาหารขนมเคี้ยว
- 2.6 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับถั่วมะแสะ

ถั่วมะแสะ (Pigeonpea) เป็นพืชตระกูลถั่ว (Legume) ชนิดหนึ่ง มีชื่อต่างๆดังนี้

ชื่อพื้นเมือง : Arha, Athaki, Tur, Tuvarika

ชื่อสามัญ : Pigeonpea, Redgram, Angolapea, Congobean, No-eye pea, Yellow Dhal

ชื่อพฤกษศาสตร์ : *Cajanus cajan* (L.)

Family : Leguminosae

Sub-Family : Phaseoleae

Genus : Cajanus

สำหรับชื่อภาษาไทยเรียกแตกต่างกันออกไปตามท้องถิ่น กล่าวคือ ภาษากลาง เรียกว่า ถั่วมะแสะ หรือถั่วแม่คาย ภาคเหนือ เรียกว่า ถั่วมะแสะ และภาคใต้ เรียกว่า ถั่วแรด (7) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียกว่า ถั่วมะแสะ หรือ ถั่วแสะ (8)

2.1.1 ประวัติของถั่วมะแสะและถิ่นกำเนิด

ถั่วมะแสะเป็นพืชเมืองร้อนหรือกึ่งร้อน ที่ปลูกทั่วไปในทวีปแอฟริกาเขตร้อน หมู่เกาะอินเดียตะวันตก บางส่วนของอเมริกากลางและใต้ ตอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย หมู่เกาะฮาวาย และมอริเชียส และแพร่หลายมากที่สุดในประเทศอินเดีย (9) ปัจจุบันยังเป็นที่สงสัยว่า ถั่วมะแสะมีถิ่นกำเนิดในอินเดียหรือในแอฟริกา อย่างไรก็ตาม Purselove (2) เชื่อว่า ถั่วมะแสะน่าจะเป็นพืชพื้นเมืองของแอฟริกา เพราะมีพันธุ์ป่าและที่ขึ้นเองตามธรรมชาติอยู่ทั่วไป รวมทั้งมีผู้ค้นพบเมล็ดในหลุมฝังศพของชาวอียิปต์ และมีการปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ตั้งแต่สมัย 2000 ปีก่อนคริสตกาล ซึ่งความเห็นนี้สอดคล้องกับบันทึกของนักพฤกษศาสตร์ในสมัยก่อนๆ หลายคนคือ การพบถั่วมะแสะขึ้นเป็นพืชป่าอยู่ทางแถบตอนเหนือของแม่น้ำไนล์ เป็นพืชปลูกและพืชป่าตามบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศแองโกลา แอฟริกาตะวันตก จีน เวียดนาม ลาว และเขมร ระดับความสูงที่ถั่วมะแสะสามารถเจริญเติบโตได้คือ สูงสุด 2,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล ตามรายงานการพบถั่วมะแสะที่ขึ้นอยู่บนภูเขา มาเกถึง ในเกาะชวาตอนกลาง (9) การแพร่กระจายโดยมนุษย์เท่าที่มีหลักฐานคือ การนำไปยังหมู่เกาะอินเดียตะวันตกในสมัยค้าทาส แล้วแพร่ไปจนถึงประเทศบราซิล บริติชกัวนา และอเมริกาแถบอบอุ่นในเวลาต่อมา สำหรับอินเดียซึ่งเป็นศูนย์กลางการแพร่กระจายและมีพันธุ์มากที่สุดในขณะนี้นั้นสันนิษฐานว่าได้รับถั่วมะแสะมาตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ ส่วนการปลูกในออสเตรเลียเริ่มเมื่อ 80 กว่าปีที่ผ่านมาและสามารถขึ้นได้ดีในแถบอบอุ่น ส่วนใหญ่ใช้เป็นอาหารสัตว์ แต่มีการปลูกเพื่อรับประทานเป็นผักอยู่บ้างทางแถบตะวันออกเฉียงเหนือของรัฐนิวเซาท์เวลส์

การปลูกถั่วมะแสะในประเทศไทยไม่ปรากฏหลักฐานว่ามีมาแต่เมื่อใด แต่พบว่ามีถั่วมะแสะปลูกอยู่ทั่วไปตามหัวไร่ปลายนาทุกฎมภาคของประเทศ ส่วนใหญ่บริโภคฝักสดเป็นผัก และระหว่างปี พ.ศ. 2526-2531 กรมวิชาการเกษตรได้ร่วมมือกับ The Australian Centre International Agriculture Research (ACIAR) ประเทศออสเตรเลีย ได้มีการนำถั่วมะแสะพันธุ์สำหรับใช้เมล็ดเข้ามาศึกษาเพื่อคัดเลือกหาพันธุ์ที่เหมาะสมกับท้องถิ่นและให้ผลผลิตสูง วิจัยการเพิ่มผลผลิตและมีการปลูกเป็นพื้นที่ใหญ่ประมาณ 2,000 ไร่ อยู่ในภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดตาก แพร่ อุดรดิตถ์ น่าน เชียงใหม่ พะเยา และลำปาง ได้ผลผลิตประมาณปีละ 1,000 ไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดอุดรธานี เป็นการปลูกหมุนเวียนกับอ้อย เพื่อไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด (10) ในระหว่างปี พ.ศ. 2526-2531 การใช้ปุ๋ยและการอารักขาพืชที่เหมาะสม และจากปี พ.ศ.2534-2536 ได้ร่วมมือกับสถาบันวิจัยพืชนานาชาติในเขตร้อนกึ่งแห้งแล้ง (ICRISAT) ศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกถั่วมะแสะในสภาพแวดล้อมต่างๆ ของประเทศไทยทั้งด้านพันธุ์ เขตกรรมและการปลูกในสภาพไร่ เพื่อหาแนวทางพัฒนาเป็นพืชเศรษฐกิจต่อไป

2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของถั่วมะแสะ

จากการสำรวจของสถาบันการเกษตรแห่งรัฐปูชา ประเทศอินเดีย พบว่าถั่วมะแสะมีมากถึง 107 ชนิด ซึ่งความแตกต่างกันในลักษณะทรงต้น ความสูง อายุเก็บเกี่ยว สีเมล็ด ขนาดเมล็ดและฝัก ถั่วมะแสะพันธุ์ป่าอยู่ใน genus *Atylosia* ส่วนพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ที่ใช้ปลูกทั่วไปอยู่ใน genus *Cajanus* ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภท คือ พืชยืนต้น ซึ่งมีอายุมากกว่า 1 ปี และพืชล้มลุก ซึ่งสามารถนำมาปลูกเป็นพืชไร่ได้ (11),(12) ถั่วมะแสะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทเช่นกัน คือ arhar (*C. cajan* var. *bicolor* D.C.) ได้แก่ พวงขึ้นต้น ทรงพุ่มใหญ่ อายุยาว ดอกสีเหลือง ฝักสีเขียว มี 4-5 เมล็ดต่อฝัก และ tur (*C. cajan* var. *flavus* D.C.) เป็นพวงต้นเล็ก อายุเก็บเกี่ยวสั้น ดอกสีเหลือง ฝักสีอ่อน มี 2-3 เมล็ดต่อฝัก

ถั่วมะแสะเป็นทั้งไม้พุ่มล้มลุก และ ขึ้นต้น มีมากมายหลายพันธุ์ ลักษณะจึงแตกต่างกันทั้ง ความสูง อายุเก็บเกี่ยว ตลอดจนสี ขนาด รูปร่างของฝักและเมล็ดลักษณะต่างๆ ของต้นถั่วมะแสะนั้น Pathak (9) ได้บรรยายไว้อย่างละเอียดและสรุปได้ดังนี้

“ลำต้น” มีความสูงระหว่าง 2-12 ฟุต ค้างตรง ช่วงกว้างของทรงพุ่มขึ้นอยู่กับองศาของมุมระหว่างกิ่งแขนง (secondary branches) กับลำต้น (main stem) คือถ้าทำมุมกัน 60-70 องศา ทรงพุ่มจะมีลักษณะเป็นพุ่มแผ่ (spreading form) แต่ถ้าทำมุมแคบ 30-40 องศา ทรงพุ่มจะช่ชูคูด (erect form) อย่างไรก็ตามแม้ต้นจะรับน้ำหนักมากเนื่องจากมีฝักคอกเพียงใด กิ่งของถั่วมะแสะจะไม่เอนราบลง ความสูงและรูปทรงของพุ่มแม้จะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมซึ่งมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต แต่เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ใช้ในการพิจารณาจำแนกพันธุ์

“ใบ” เป็นใบประกอบ (compound leaves) แบบ trifoliate มีใบย่อย 3 ใบ ลักษณะใบย่อยยาวรี เป็นรูปคล้ายใบหอก (lanceolate) ปลายใบแหลม (acute) ขอบใบเรียบ (entire) มีขนละเอียดหนาแน่นใต้ใบ และมีจุดต่อมน้ำมันทั่วไป แต่มองเห็นไม่ชัด ความยาว ขนาด สี และรูปร่างใบของแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน

“ดอก” เป็นช่อแบบ corymbose racemes เกิดตรงซอกระหว่างก้านใบกับกิ่งหรือลำต้น ขนาดช่อดอกแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ก้านช่อดอกมีความยาวตั้งแต่ 3-10 เซนติเมตร ดอกส่วนใหญ่มีสีเหลืองหรือเหลืองส้ม ด้านหลังมีเส้นสีเหลือง แดง ม่วงแก่หรือมีสีม่วงกระจายอยู่ ความยาวของดอกประมาณ 2.8-2.9 เซนติเมตร

“ฝัก” มีลักษณะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ทั้ง ความยาว ความกว้าง และ สี มีความยาวตั้งแต่ 5.5-10 เซนติเมตร กว้าง 0.6-0.9 เซนติเมตร และก้านฝักยาว 1-1.5 เซนติเมตร ถั่วมะแสะบางพันธุ์มีฝักกว้าง โค้งงอ ปลายชี้ลง แต่ส่วนใหญ่มีฝักตั้งตรง สีของฝักมีทั้งสีเขียว เขียวลายน้ำตาล หรือ ม่วง และดำ หรือ ดำอมม่วง

“เมล็ด” แตกต่างกันไปตามพันธุ์ทั้ง ขนาด รูปร่างและสีของเชื้อหุ้มเมล็ด ขนาดของเมล็ดแบ่งได้ 3 ขนาดคือ ใหญ่ กลางและเล็ก ส่วนรูปร่าง อาจจำแนกได้คือ กลม รูปไข่ รูปไต หรือค่อนข้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เชื้อหุ้มเมล็ดมีสีขาว ขาวหม่น น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ น้ำตาลจุดดำ และดำอมชมพู ขนาด รูปร่าง และสีเมล็ด เป็นลักษณะเฉพาะประจำพันธุ์ เมล็ดถั่วมะแสะไม่มีการพักตัว (dormancy) หลังเก็บเกี่ยวแล้วสามารถนำไปปลูกได้ทันทีเมล็ดมีการงอกแบบ hypogeal สามารถงอกได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิระหว่าง 19-43 องศาเซลเซียส (13) การเจริญเติบโตค่อนข้างช้าในระยะแรก และเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วหลังงอก 4 สัปดาห์

“ราก” ระบบรากของถั่วมะแสะ มีความสัมพันธ์กับลักษณะของทรงต้น เช่น พันธุ์ที่มีทรงต้นสูงชะลูด จะมีรากขาวและข้งลึก แตกต่างจากพันธุ์ที่มีทรงพุ่มแตกแขนงมาก จะมีระบบรากคืบและแผ่ขยายออกไปรอบต้นมากกว่า ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมรากของถั่วมะแสะทุกพันธุ์จะมีปมไรโซเบียม (nodules) อยู่เป็นกระจุกจำนวนมากน้อยแตกต่างกันตามชนิดของพันธุ์และดินที่ปลูก เพื่อทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจนจากอากาศ

2.1.3 ชนิดพันธุ์ของถั่วมะแสะ

ถั่วมะแสะเป็นพืชผสมตัวเอง (self pollination) แต่มีการผสมข้ามพันธุ์ (cross pollination) เกิดขึ้นค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นปัญหาในการรักษาพันธุ์ให้บริสุทธิ์ (14) เฟอร์เร็นด์การผสมข้ามจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ปลูก เช่น ที่เมือง Badnapur ประเทศอินเดีย พบการผสมข้ามเกิดขึ้นเพียง 2.9 เฟอร์เร็นด์ แต่ประเทศเคนยา ในแหล่งที่มีประชากรถั่วมะแสะในแปลงหนาแน่น มีการผสมข้ามสูงถึง 94.5 เฟอร์เร็นด์ (15)

พันธุ์มะแสะ มีมากมายหลายพันธุ์ทั่วโลก ตั้งแต่ต้นเล็กพันธุ์เบา จนถึงต้นโตพันธุ์หนักอายุ ยืน โดยเฉพาะที่สถาบัน ICRI SAT (Hyderabad) ประเทศอินเดียมีอยู่ถึง 8,000 สายพันธุ์ แต่สำหรับที่ ใช้ปลูกกันในทางภาคเหนือของไทยเรามีเพียงชนิดเดียว เป็นพันธุ์ดั้งเดิมที่เข้าใจว่าเขานำมาจาก ประเทศพม่า และอินเดีย ตามลำดับ เป็นพันธุ์ที่มีดอกสีเหลือง เมล็ดเล็กและแข็ง สีนํ้าตาล ทนแล้ง ทน โรคและแมลงได้ดี

โดยธรรมชาติ ถัวมะแสะเป็นพืชที่มีความไวต่อช่วงแสง ออกดอกในช่วงวันสั้น ถ้าปลูก คิดฤดูต้นจะสูงและอายุเก็บเกี่ยวยาวนาน ปัจจุบันมีการปรับปรุงและคัดเลือกพันธุ์ให้มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะปลูกเพื่อผลิตเมล็ดเป็นการค้า คือต้นเตี้ย ช่อดอกคก และเป็นกระจุกที่ขอด เพื่อสะดวกในการ เก็บเกี่ยว ไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวสั้น ให้ผลผลิตเมล็ดสูง ด้านทานต่อโรคมดแมลง เมล็ดมีสีสวย และพันธุ์ที่เหมาะสมจะใช้บริโภคสดและบรรจุกระป๋อง (12) พันธุ์กรรมที่ควบคุมลักษณะไวต่อช่วงแสง ควบคุมโดยยีนเพียงคู่เดียว การปรับปรุงพันธุ์ได้ศึกษาและคัดเลือกพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสง โดยปลูกถัวมะแสะทั้งพันธุ์หนักและพันธุ์เบาทุกเดือนตลอดปีเพื่อศึกษาการออกดอกพบว่าพันธุ์เบาไวต่อช่วงแสง น้อยกว่าพันธุ์หนัก (16,17) ที่มหาวิทยาลัยเวสท์อินดีสได้ผลิตสายพันธุ์ต้นเตี้ย ช่อดอกเป็นกระจุก ออกดอกพร้อมกันทำให้ฝักแก่พร้อมกันและสะดวกในการเก็บเกี่ยวสายพันธุ์เหล่านี้ยังมีความไวต่อ ช่วงแสงเล็กน้อย คือ สามารถออกดอกในช่วงวันยาวได้มากกว่าพันธุ์ดั้งเดิม ดังนั้นระยะเวลาการปลูก จึงมีผลต่อการเจริญเติบโตและการออกดอก ในประเทศเปอร์โตริโกและทรินิแดด ได้คัดเลือกสาย พันธุ์เบา ต้นเตี้ยสำหรับผลิตเมล็ดสดเพื่อบรรจุกระป๋อง และประเทศอินเดียได้ทำการปรับปรุงพันธุ์ ตลอดมาอย่างต่อเนื่อง เพราะใช้ประโยชน์จากเมล็ดถัวมะแสะในปริมาณมาก โดยได้คัดเลือกพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรคเหี่ยวซึ่งเป็นโรคที่ระบาดรุนแรงและทำความเสียหายแก่ ถัวมะแสะมาก ปรากฏ ผลสำเร็จในการคัดเลือกพันธุ์ต้านทานโรคได้ 2 พันธุ์ และได้้นำออกเผยแพร่สู่เกษตรกรแล้ว (1)

สถาบันเกษตรเขตร้อนนานาชาติ (IITA) ประเทศไนจีเรีย ได้ศึกษาและคัดเลือกพันธุ์ตาม โครงการปรับปรุงพืชตระกูลถั่วที่ใช้เมล็ด ได้ถัวมะแสะพันธุ์เบา มีอายุเก็บเกี่ยว 130-150 วัน ลำต้นสูง 120-150 เซนติเมตร และไม่ไวต่อช่วงแสง ภายหลังจากทดสอบผลผลิตในสภาพแวดล้อมต่างๆกัน พบ ว่ามี 2-3 สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง (18)

ถัวมะแสะสามารถใช้โถกกลบเป็นปุ๋ยพืชสดในไร่สับปะรดและกล้วย กับใช้เป็นพืชอาหาร สัตว์ในประเทศออสเตรเลีย ในปี ค.ศ. 1969 มหาวิทยาลัยควีนส์แลนด์มีโครงการปลูกถัวมะแสะในฤดู แล้งเพื่อเป็นอาหารสัตว์ และในขณะที่เดียวกันมีการพัฒนาปรับปรุงคัดเลือกพันธุ์เพื่อให้ผลผลิตเมล็ดสูง สำหรับใช้ปลูกในพื้นที่ว่างเปล่า (19)

ในประเทศไทย พันธุ์ที่มีการปลูกอยู่ทั่วไปเป็นพันธุ์พื้นเมือง มีลักษณะต้นสูง ไวต่อช่วง แสง ออกดอกและติดฝักไม้พร้อมกัน ไม่เหมาะที่จะปลูกเป็นการค้า เพราะอายุยาวนานไป ไม่สะดวก

ในการเก็บเกี่ยว และผลผลิตต่ำ (20) และได้มีการศึกษาการปลูกถั่วมะสะโดยการนำเข้าจากประเทศไนจีเรียและอินเดีย เพื่อศึกษาลักษณะและคัดเลือกพันธุ์ (21)

ในปี พ.ศ. 2526 สถาบันวิจัยพืชไร่ ได้นำถั่วมะสะพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมาแล้วในต่างประเทศ (ICRISAT และมหาวิทยาลัยควีนส์แลนด์) มาปลูกในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ขอนแก่นและอุบลราชธานี ภาคเหนือที่เชียงใหม่ ภาคตะวันออกที่ระยอง และภาคใต้ที่สงขลา พบว่า แต่ละพันธุ์มีการปรับตัวและให้ผลผลิตแตกต่างกันในแต่ละท้องที่ พันธุ์ที่นำมาจากมหาวิทยาลัยควีนส์แลนด์ เป็นพันธุ์อายุสั้นมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 130 วัน สามารถปรับตัวได้ดีและให้ผลผลิตสูงในทุกท้องที่ เช่น พันธุ์ QPL 17, CV.HUNT, QPL42, QPL130, QPL58 และ QPL702 ให้ผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย 250 กิโลกรัมต่อไร่ โดยที่เก็บเกี่ยวเพียงครั้งเดียว (ตารางที่ 2-1) ส่วนพันธุ์จาก ICRISAT ได้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่า 250 กรัมต่อไร่ ได้แก่พันธุ์ ICPL151, ICPL83009, ICPL86008 และ ICPL8302 (ตารางที่ 2-2) พันธุ์ที่นำมาศึกษานี้ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์อายุสั้น มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 130 วัน และการทดลองปลูกพันธุ์อายุสั้นพิเศษ สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 90-110 วัน แต่ให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์อายุสั้นปกติ นอกจากนี้ยังมีพันธุ์อายุปานกลาง ซึ่งเหมาะที่จะใช้เป็นพืชสด มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 180 วันขึ้นไป แต่ส่วนใหญ่ยังมีความไวต่อช่วงแสง ทำให้ฤดูปลูกมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมาก

ถั่วมะสะพันธุ์ ICPL 151 เป็นพันธุ์ที่ผู้วิจัยนำมาใช้สำหรับการทดลองครั้งนี้ โดยได้ติดต่อบริษัทวิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น และจากฝ่ายผลิตพันธุ์พืช สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 อ.แรมริม จ. เชียงใหม่ ซึ่งถั่วพันธุ์นี้ปรกติใช้เป็นพันธุ์ตรวจสอบเนื่องจากให้ผลผลิตสูง จากรายงานผลการทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น โดยวิมลรัตน์ สุกรินทร์ และมณฑิรา โสมภีร์ (22) สรุปว่าเมื่อนำถั่วพันธุ์นี้มาปลูกในแปลงทดลองย่อย 1.2x4 เมตร ปลูกระยะ 30x10 เซนติเมตร จำนวนถั่ว 1 ต้นต่อหลุม พื้นที่เก็บเกี่ยว 0.6x3.6 เมตร ถั่วจะออกดอก 50% 60 วัน หลังปลูก ความสูงเมื่อออกดอกเฉลี่ย 104.9 เซนติเมตร มีน้ำหนักเมล็ด 10.08 กรัมต่อ 100 เมล็ด เมล็ดที่แก่ได้ที่จะมีสีน้ำตาลครีม ให้ผลผลิตต้นแห้ง 1.74 ต้นต่อไร่ และให้ผลผลิตเมล็ด 357.1 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง สำหรับสายพันธุ์อื่นเมื่อนำมาเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะปลูก ต่างก็ให้ผลผลิตไม่ต่างจากพันธุ์นี้มากนัก โดยการทดลองคัดเลือกสายพันธุ์ส่วนใหญ่มุ่งเพื่อการพัฒนาให้เป็นพืชเศรษฐกิจ และพัฒนาการใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง เช่น การนำไปใช้เป็นพืชสด ส่วนการใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น ใช้ในการบริโภคหรือเป็นอาหารสัตว์ ส่วนใหญ่ยังอยู่ในขั้นศึกษาทดลอง ผู้วิจัยจึงเห็นเป็นโอกาสที่ดี ที่จะนำถั่วพันธุ์นี้ มาทดลองทำอาหารเพื่อการบริโภคสำหรับคนไทยในอนาคต

ตารางที่ 2-1 ผลผลิตเมล็ดแห้ง ของถั่วมะแฮะอายุต้นพันธุ์ต่างๆ จากมหาวิทยาลัยควีนส์แลนด์ ระหว่างปี พ.ศ. 2526-2531

พันธุ์	พ.ศ.2527	พ.ศ.2528	พ.ศ.2529	พ.ศ.2530	พ.ศ.2531	เฉลี่ย (กก./ไร่)
	1 แปลง	4 แปลง	1 แปลง	2 แปลง	4 แปลง	
QPL58	446	278	257	213	-	298
QPL130	364	329	230	-	-	308
QPL42	320	241	288	196	234	256
QPL17	330	219	285	229	-	266
CV.HUNT	342	260	230	-	-	277
QPL702	-	-	287	227	385	300

ที่มา: (19)

ตารางที่ 2-2 ผลผลิตเมล็ดแห้ง ของถั่วมะแฮะอายุต้นพันธุ์ต่างๆ จาก ICRI SAT ระหว่างปี พ.ศ. 2529-2531

พันธุ์	พ.ศ.2529	พ.ศ.2530	พ.ศ.2531	เฉลี่ย (กก./ไร่)
	2 แปลง	1 แปลง	3 แปลง	
ICPL 151	227	280	-	253
ICPL 83024	365	382	248	331
ICPL 83009	-	370	272	321
ICPL 86008	-	426	262	344

ที่มา: (17)

2.1.4 ขั้นตอนการปลูก การเก็บเกี่ยว และบำรุงรักษา

2.1.4.1 ดิน และการเตรียมดิน

ถั่วมะแสะขึ้นได้ในดินทุกชนิดที่ระบายน้ำดี เนื่องจากถั่วมะแสะไม่ทนต่อสภาพน้ำขัง เจริญเติบโตได้ดีที่สุดในดินที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ระหว่าง 5.5 ถึง 7.0 ดินที่ขาดธาตุฟอสฟอรัสและดินที่มีธาตุแมงกานีสมากเกินไปจะทำให้ถั่วมะแสะมีอาการเหลืองซีด ไม่เจริญเติบโต (21) โดยธรรมชาติถั่วมะแสะจะเจริญเติบโตในช่วง 1-2 เดือนแรก ดังนั้นจึงต้องเตรียมดินให้ดีเพื่อป้องกันวัชพืชที่จะขึ้นแข่งกันในระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยการไถและพรวน เพื่อกำจัดวัชพืชก่อนปลูก การไถลึกหรือตื้น ไม่มีผลต่อผลผลิตของถั่วมะแสะ Khan and Mathur (23) ได้ทดลองปลูกถั่วมะแสะ โดยการไถด้วยแทรกเตอร์และไถด้วยแรงสัตว์ที่ให้ความลึกต่างกัน คือ 4-5 นิ้ว และ 9-10 นิ้ว ตามลำดับ พบว่าผลผลิตไม่แตกต่างกันแต่อย่างใด และในทำนองเดียวกันวิมลรัตน์ และคณะ (24) ได้ศึกษาการเตรียมดินปลูกถั่วมะแสะ โดยการไถลึกระดับต่างๆ กัน คือ ไม่ไถแต่พ่นยากำจัดวัชพืชแล้วเปิดร่องปลูกเปรียบเทียบกับการไถลึก 15 และ 25 เซนติเมตร ปรากฏว่าได้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน คือ ดินที่ไม่ได้ไถให้ผลผลิตถั่วมะแสะ 425 กก./ไร่ ดินที่ไถลึก 15 ซม. ให้ผลผลิต 472 กก./ไร่ ส่วนดินไถลึก 25 ซม. ให้ผลผลิต 471 กก./ไร่ (ตารางที่ 2-3)

ตารางที่ 2-3 การไถพรวนดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดของ ถั่วมะแสะพันธุ์ QPL 42 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ระหว่างปี พ.ศ. 2529-2531

วิธีการ	ความสูง (ซ.ม.) เมื่อ ออกดอก 50%	น้ำหนักต้นแห้ง เมื่อ 130 วัน (กรัม/5 ต้น)	ผลผลิต (กก./ไร่)
1. ไม่ไถ	151	110	425
2. ไถลึก 15 ซม.	158	126	472
3. ไถลึก 25 ซม.	155	110	471

ที่มา: (24)

2.1.4.2 ฤดูปลูก

ถั่วมะแสะเป็นพืชที่ไวต่อช่วงแสง ดังนั้นระยะเวลาการปลูกจึงมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต ทั้งความสูงและอายุการออกดอก Hammerton (25) ได้ทดลองปลูกถั่วมะแสะพันธุ์เดี่ยว 2 พันธุ์ที่มีคุณสมบัติไวต่อช่วงแสง โดยแบ่งการปลูกเป็น 3 ระยะ ในเดือนพฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม พบว่าวันปลูกมีอิทธิพลต่อความสูงและการแตกกิ่ง Abrams and Julia (26) ทดลองปลูกในประเทศ

เปอร์โตริโกพบว่าเวลาปลูกมีอิทธิพลต่อวันออกดอก จำนวนฝักต่อต้นและผลผลิตฝักสด ปัจจุบันนี้มีการปรับปรุงพันธุ์ให้ไม่ไวต่อช่วงแสง หรือกึ่งไวต่อช่วงแสง (intermediate photo sensitive) ซึ่งการเจริญเติบโต และการออกดอกจนถึงฝักแก่จะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของดินฟ้าอากาศ และคุณสมบัติไวต่อช่วงแสงของแต่ละพันธุ์ ผลการทดลองที่ Red Land Bay รัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย พบว่าถั่วมะแสะพันธุ์หนักควรปลูกในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนมกราคม ส่วนพันธุ์เบาควรปลูกให้เร็วขึ้นและไม่ควรช้ากว่าเดือนธันวาคม (27) ส่วนในเปอร์โตริโก และทรินิแดด พบว่าการปลูกช่วงต้นเดือนเมษายน พฤษภาคม และมีถุนายน ได้ผลไม่แตกต่างกัน (25,26) ดังนั้นจะเห็นว่าดินฟ้าอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกระจายของน้ำฝนในประเทศเขตร้อน มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมาก ฤดูปลูกจึงแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ

วิลรัตน์ และคณะ (28) ได้ศึกษาระยะเวลาปลูกที่เหมาะสมของถั่วมะแสะพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสงและมีอายุเก็บเกี่ยวสั้นพบว่า ที่ขอนแก่นและอุบลราชธานี ช่วงปลูกที่เหมาะสมอยู่ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม ที่ระยองอยู่ในเดือนพฤษภาคม ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าช่วงระยะอื่นๆ และที่เชียงใหม่ควรปลูกในช่วงต้นเดือนมิถุนายน จึงจะได้ผลผลิตสูง ส่วนในภาคใต้ Theera และคณะ (29) ทดลองปลูกที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พบว่า ช่วงที่เหมาะสม คือ เดือนกันยายน ดังนั้นจะเห็นว่าฤดูปลูกที่เหมาะสม แตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่และสภาพแวดล้อม (ตารางที่ 2-4)

ตารางที่ 2-4 วันที่ปลูกถั่วมะแสะไม่ไวต่อช่วงแสงที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นในแต่ละสถานที่ ปี พ.ศ. 2528

ครั้งที่ปลูก	วันปลูก				
	ขอนแก่น	อุบลราชธานี	เชียงใหม่	ระยอง	สงขลา
1	17 มิ.ย.	10 มิ.ย.	28 พ.ค.	28 พ.ค.	14 ก.ย.
2	17 ก.ค.	12 ก.ค.	19 มิ.ย.	5 ก.ค.	12 ต.ค.
3	16 ส.ค.	19 ส.ค.	25 ก.ค.	20 ต.ค.	22 ธ.ค.

ที่มา: (28)

ตารางที่ 2-5 ผลผลิตเมล็ดแห้ง เจลลี่จากการปลูกถั่วมะแสะ 25 สายพันธุ์ ในแต่ละสถานที่ ปี พ.ศ. 2528

ครั้งที่ปลูก	ผลผลิต (กก./ไร่)				
	ขอนแก่น	อุบลราชธานี	เชียงใหม่	ระยอง	สงขลา
1	191	290	426	200	262
2	224	282	620	151	190
3	141	210	250	-	89

ที่มา: (27)

2.1.4.3 ระยะปลูกและความหนาแน่น

ระยะปลูกถั่วมะแสะและปริมาณเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ต่อพื้นที่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของพันธุ์และวัตถุประสงค์ของการปลูก ต้นถั่วมะแสะมีการปรับตัวได้ดี เช่น ปลูกห่างจะแตกกิ่งก้านมาก ช่อดอกจะกระจายแต่ให้ผลผลิตต่ำ Hammerton (25) ได้ทดลองปลูกถั่วมะแสะ 2 พันธุ์ ในประเทศทรินิแดด ให้มีความหนาแน่นต่างกันระหว่าง 1-5 ต้นต่อตารางเมตร พบว่าการปลูกห่างให้ผลผลิตต่อต้นเพิ่มขึ้น แต่ผลผลิตต่อพื้นที่กลับลดลง งานนี้สอดคล้องกับผลการทดลองในประเทศเปอร์โตริโกของ Abrams และ Julia (26) แต่ระยะปลูกหรือความหนาแน่นของจำนวนต้นต่อพื้นที่ ไม่มีผลกระทบต่ออายุออกดอก อายุเก็บเกี่ยว และองค์ประกอบผลผลิต (เมล็ดต่อฝักและขนาดเมล็ด) Gooding (1) ทดลองปลูกถั่วมะแสะให้มีความหนาแน่นตั้งแต่ 1,465 - 5,576 ต้นต่อไร่ โดยปลูกเป็นหลุม จำนวน 1-4 ต้นต่อหลุม ได้ผลผลิตเมล็ดใกล้เคียงกัน ประมาณ 424 กิโลกรัมต่อไร่ การปลูกถั่วมะแสะจะได้ผลผลิตสูงเมื่อใช้ระยะปลูกและความหนาแน่นที่เหมาะสม การปลูกถี่เกินไปจะได้ผลผลิตลดลง เพราะมีเปอร์เซ็นต์ต้นตายก่อนการเก็บเกี่ยวสูง และทำให้ปริมาณฝักต่อต้นลดลง (28) ส่วน Hammerton (25) รายงานว่า ถ้าปลูกแน่นเกินไป ทำให้เกิดโรคราสนิม (rust) และใบร่วงเป็นเหตุให้ได้ผลผลิตต่ำ ทางด้านประเทศออสเตรเลียได้แนะนำว่าควรปลูกโดยใช้เมล็ดพันธุ์อัตรา 6-12 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ หรือมีความหนาแน่น 50,000 - 100,000 ต้นต่อเฮกตาร์ ทำให้ได้ผลผลิตสูง ส่วนถั่วมะแสะพันธุ์บาควรมีความหนาแน่น 300,000 - 400,000 ต้นต่อเฮกตาร์ จะให้ผลผลิตสูง ส่วนวิลลิตัน และคมะ (30) ได้ศึกษาระยะปลูกที่เหมาะสมของถั่วมะแสะอายุสั้น โดยใช้ความหนาแน่น 53,000 - 106,000 ต้นต่อไร่ ปรากฏว่าได้ผลผลิตเมล็ดไม่แตกต่างกัน ส่วนพันธุ์อายุปานกลางไม่ไวต่อช่วงแสง พบว่าการปลูกระยะ 50 x 40 เซนติเมตรหรืออัตรา 16,000 - 32,000 ต้นต่อไร่ ให้ผลผลิตเมล็ดสูงกว่าอัตราอื่นๆ (ตารางที่ 2-6 และ 2-7) แต่ถ้าต้องการปลูกเป็นปุ๋ยพืชสด ควรใช้พันธุ์อายุปานกลางถึงพันธุ์หนัก ปลูกระยะ 80 x

40 เซนติเมตร หรืออัตรา 10,000 - 16,000 ต้นต่อไร่เพื่อความสะดวกในการปลูกและดูแลรักษา ทำให้ได้ผลผลิตต้นแห้งต่อพื้นที่สูงดังแสดงในตารางที่ 2-8 (31) อย่างไรก็ตามการปลูกควรพิจารณาถึงลักษณะพื้นที่และความอุดมสมบูรณ์ของดินประกอบด้วย

ตารางที่ 2-6 ผลของระยะปลูกและความหนาแน่นที่มีต่อผลผลิตเมล็ด ของถั่วมะแฮะพันธุ์อายุสั้นไม่ไวต่อช่วงแสง เก็บเกี่ยวเมื่ออายุประมาณ 130 วัน ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ปี พ.ศ. 2528

พันธุ์	ระยะปลูก (ซม. x ซม. x ต้น x หลุม)				เฉลี่ย
	และความหนาแน่น (ต้น/ไร่)				
	30x10x1 (53,000)	30x10x2 (106,000)	30x20x1 (8,000)	30x20x2 (53,000)	
CV.HUNT	158	177	124	153	153
QPL 42	202	206	160	200	192
เฉลี่ย	180	192	142	176	-
ที่มา: (30)					

ตารางที่ 2-7 ผลของระยะปลูกและความหนาแน่นที่มีต่อผลผลิตเมล็ด ของถั่วมะแฮะพันธุ์อายุปานกลางค่อนข้างไวต่อช่วงแสง ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ปี พ.ศ. 2528

พันธุ์	ระยะปลูก (ซม. x ซม. x ต้น x หลุม)				เฉลี่ย
	และความหนาแน่น (ต้น/ไร่)				
	50x20x1 (16,000)	50x20x2 (32,000)	50x40x1 (8,000)	50x40x2 (16,000)	
CV.ROYES	137.1	166.1	111.3	161.2	143.9
ICPL 265	211.9	218.2	169.2	239.6	209.7
เฉลี่ย	174.5	192.1	140.2	200.4	
ที่มา: (30)					

ตารางที่ 2-8 ผลของระยะปลูกและความหนาแน่นต่อผลผลิต ความสูงและน้ำหนักต้นแห้งของถั่ว
มะแสะอายุปานกลางพันธุ์ ICPL 270 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ปี พ.ศ. 2531

ระยะปลูก (ชม. x ชม. x ต้น x หลุม)	ความหนาแน่น (ต้น/ไร่)	ผลผลิตเมล็ด (กก./ไร่)	ความสูง (ชม.)	น้ำหนักต้นแห้ง (ต้น/ไร่)
50x20x1	16,000	353	218	3.86
50x40x2	16,000	363	229	4.06
60x20x1	13,000	365	224	4.32
60x40x2	13,000	369	227	4.35
80x20x1	10,000	361	236	3.68
80x40x2	10,000	347	233	4.56

ที่มา: (31)

2.1.4.4 การเก็บเกี่ยวและผลผลิต

ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม คือ ระยะที่ฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และเมื่อเข่าจะมีเสียงดัง ในพวกไม่ทอดยอด (determinate) การออกดอกและติดฝักเป็นกระจุกที่ยอด สามารถเก็บเกี่ยวได้พร้อมกัน โดยการตัดต้นให้สูงจากพื้นประมาณ 30 เซนติเมตร ฟังแคะให้ใบร่วงแล้วใช้ไม้ตีให้เมล็ดหลุดจากฝัก หรือใช้เครื่องนวด ส่วนพวกทอดยอด (indeterminate) ฝักจะทยอยแก่ หรือแก่ไม่พร้อมกัน ถ้าเก็บเกี่ยวครั้งเดียวทำให้ได้ผลผลิตต่ำ ดังนั้น ควรเก็บเกี่ยวมากกว่า 1 ครั้งโดยการรูดฝัก ถ้าดินมีความชื้นเพียงพอ ต้นตอสามารถแตกกิ่งและเจริญเติบโตให้ผลผลิตได้อีก

โดยทั่วไปผลผลิตของพันธุ์อายุสั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งของประเทศอินเดียจะได้อผลผลิต 0.7 ตันต่อเฮกตาร์ แต่ในระบบปลูกพืชส่วนใหญ่เป็นการปลูกพืชร่วมกับพืชอื่น เช่น ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ในเขตที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว สภาพอากาศค่อนข้างแห้งแล้ง และได้ผลผลิตต่ำกว่า 0.5 ตันต่อเฮกตาร์ ส่วนพันธุ์หนักให้ผลผลิตสูง กล่าวคือเฉลี่ย 1 ตันต่อเฮกตาร์ จากการศึกษาถึงศักยภาพในการผลิตในสภาพที่เหมาะสมและมีความชื้นเพียงพอ ปรากฏว่าวัชพืชและแมลงศัตรูพืชของพันธุ์อายุปานกลาง จะให้ผลผลิตสูงถึง 3-4 ตันต่อเฮกตาร์ สำหรับพันธุ์อายุสั้น ให้ผลผลิต 3 ตันต่อเฮกตาร์ เมื่อปลูกพืชไร่และเก็บเกี่ยวเพียงครั้งเดียว แต่ถ้านเก็บเกี่ยวโดยการปลิดฝัก 3 ครั้งในระยะเวลา 8 เดือน จะให้ผลผลิตสูงถึง 6 ตันต่อเฮกตาร์

ในปี พ.ศ.2515 ผลผลิตเมล็ดเฉลี่ยของโลก 665 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ แต่ภายหลังจากที่ ICRISAT ได้ปรับปรุงพันธุ์ให้มีอายุที่สั้นลง สามารถปลูกเป็นพืชเดี่ยวเหมือนพืชไร่ทั่วไปโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ได้ผลผลิตเฉลี่ย 1.5-2.0 ตันต่อเฮกตาร์ โดยได้จากการเก็บเกี่ยวเพียง

ครั้งเดียว (32) การศึกษาถึงการไว้ดอที่ Hyderabad ประเทศอินเดีย พบว่า การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ของพันธุ์อายุสั้นให้ผลผลิตใกล้เคียงกับการเก็บเกี่ยวครั้งแรก คือ 600 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ พันธุ์อายุปานกลางให้ผลผลิตจากต้นต่อ 640 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ในขณะที่ปลูกได้ผลผลิต 1,300 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ส่วนที่รัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ผลผลิตจากต้นต่อ หรือจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 สูงมากถึง 3.2 ต้นต่อเฮกตาร์ สำหรับในบ้านเราเนื่องจากปลูกกันเป็นรายย่อยส่วนใหญ่ไว้เพื่อบริโภคในครัวเรือนและเก็บเมล็ดไว้ทำพันธุ์ในปีต่อไปเท่านั้น จึงไม่สามารถบอกได้ว่ามีผลผลิตมากน้อยเพียงใด

2.1.4.5 การกะเทาะเมล็ดและการเก็บรักษา

ฝักที่เก็บมาแล้ว ควรตากให้แห้งบนลานตาก ให้มีความชื้นในเมล็ดต่ำกว่า 10% เพื่อป้องกันเชื้อราในโรงเก็บ การเก็บเกี่ยวที่ค่อนข้างเร็วอาจช่วยลดความแข็งแรงของเมล็ดได้ ทำให้สะดวกในการปรุงอาหาร

ฝักที่แห้งสามารถกะเทาะได้โดยง่ายด้วยเครื่องมือหรือเครื่องจักร แต่ควรระมัดระวังอย่าให้เมล็ดแตก อัตราน้ำหนักเมล็ดต่อน้ำหนักฝัก โดยทั่วไปจะอยู่ราว 50-60%

เนื่องจากถั่วมะแสะ มักจะถูกทำลายโดยด้วงปีกแข็ง เช่นเดียวกับพืชตระกูลถั่วอื่นๆ เช่น ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ดังนั้น การเก็บรักษาจึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษหากเป็นไปได้ ควรอบด้วยสารเคมีเพื่อกำจัดแมลงเหล่านั้น วิธีที่ดีที่สุดคืออบด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยใช้อัตราส่วน 400-900 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ 1,000 ตารางฟุต ใช้เวลาอบ 24 - 36 ชั่วโมง

2.1.4.6 โรคที่สำคัญ

ถั่วมะแสะจะถูกทำลายโดยเชื้อสาเหตุมากกว่า 100 ชนิด (33) ซึ่งประกอบด้วยเชื้อราแบบที่เรีย ไล่คือเนฟอย และสิ่งมีชีวิตที่คล้ายมาโครพลาสมา แต่มีเพียงไม่กี่ชนิดที่ทำให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรง (34) โรคที่สำคัญของถั่วมะแสะ ได้แก่

1) โรคเหี่ยว เกิดจากเชื้อ *Fusarium udum* พบว่าอยู่ทั่วไปในเขตร้อนชื้น เข้าทำลายตั้งแต่ระยะต้นอ่อนเป็นต้นไป ต้นที่ถูกทำลายพบฝอยสีน้ำตาลและมีเส้นใยสีขาวที่โคนใกล้ผิวดิน เมื่อโรคลุกลามไปทั้งต้น ทำให้เกิดอาการเหี่ยวอย่างรุนแรง และต้นตายในที่สุด การป้องกันกำจัดทำได้โดยการปลูกพืชหมุนเวียน หรือใช้พันธุ์ต้านทานซึ่งมีถั่วมะแสะหลายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรคนี้นี้ในระดับหนึ่ง เช่น BDN-1, ICPL270, ICPL227, ICPL304 และ ICPL7035 โดยส่วนใหญ่จะเป็นพันธุ์อายุปานกลาง

2) โรค blight เกิดจากเชื้อ *Phytophthora drechsleri* sp. *Cajani* ระบาดรุนแรงกับพันธุ์อายุสั้น ในสภาพดินที่มีการระบายน้ำไม่ดี มีน้ำขัง การป้องกันกำจัดทำได้โดยระบายน้ำออกจากแปลง และคลุมขาป้องกันเชื้อราก่อนปลูก

3) โรครากปม เกิดจากไส้เดือนฝอย *Meloidogyne* spp. พบประมาณ 5 ชนิดที่เข้าทำลายราก ถั่วมะแฮะที่สำคัญมี 2 ชนิดคือ *M. incognita* และ *M. javanica* ซึ่งเป็นพวกที่ชอบอากาศร้อน โดยเฉพาะในเขตที่มีช่วงฤดูร้อนยาวนานและช่วงฤดูหนาวสั้น ผลผลิตจะลดลงเนื่องจากโรครากปมจาก ไส้เดือนฝอยประมาณ 8-35 เปอร์เซ็นต์ (35) อาการที่พบคือ ต้นถั่วจะชะงักการเจริญเติบโต ใบซีด ขนาดใบเล็กกลง และความแข็งแรงของพืชจะลดลง (36)

2.1.5 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วมะแฮะ

จากการวิเคราะห์ของกองโภชนาการ กรมอนามัย ปรากฏผลว่า ในส่วนเมล็ดแก่ ฝัก และ เมล็ดอ่อนรวมกัน และส่วนของเมล็ดอ่อน มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 63.4%, 24.5% และ 21.5% ตามลำดับ (37) แป้ง (Starch) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกายจะพบว่ามีอยู่ในช่วงร้อยละ 39.0-58.9 ในแป้งจะประกอบด้วย อมิโลสร้อยละ 26.5-38.6 และอมิโลเพคตินร้อยละ 70.0-73.0 (38)

นอกจากคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสารอาหารที่มีมากที่สุดในถั่วมะแฮะแล้ว ยังมีโปรตีนซึ่งเป็นสารอาหารที่มีมากรองลงมา โดยทั่วไปจะมีประมาณ 20% แต่โปรตีนในถั่วชนิดนี้มีกรดอะมิโนที่จำเป็นบางตัว เช่น เมทไธโอนิน (methionine) ทริปโตฟาน (tryptophan) และไลซีน (lysine) (39) สำหรับปริมาณไขมันในถั่วมะแฮะจะอยู่ในช่วงร้อยละ 0.6-3.8 ส่วนปริมาณกรดไขมันจะประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 71.8 มากกว่ากรดไขมันหลักคือ กรดลิโนเลอิก ซึ่งมีอยู่ร้อยละ 56.3 (40) นอกจากนี้ยังมีปริมาณใยอาหารอยู่ในช่วงร้อยละ 1.2-8.1 ซึ่งจะมีส่วนประกอบของเฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส อีกทั้งมีสารลิกนิน และเพคติน ซึ่งเป็นสารที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติในการหุงต้มด้วย องค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้ดังแสดงใน(ตารางที่ 2-9)

ตารางที่ 2-9 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วมะแฮะและกรดอะมิโนที่จำเป็น

องค์ประกอบ	% (w/w)
Dry matter	88.3
Crude protein	20.4
Gross energy (Kcal/kg)	4158.6
Digestible energy (Kcal/kg)	3689.0
Metabolizable energy (Kcal/kg)	3397.8
Crude fibre	7.5
Acid detergent fibre	9.3
Neutral-detergent fibre	13.7
Hemicellulose	4.4
Ether extract	1.4
Ash	1.3
Tannin	0.43
Trypsin-inhibitor activity (unit mg ⁻¹)	26.0
Essential amino acids	
Lysine	1.18
Methionine	0.16
Cystine	0.35
Threonine	0.80
Tryptophan	0.15
Isoleucine	0.78
Leucine	1.45
Histidine	0.67
Phenylalanine	1.71
Tyrosine	0.55
Valine	0.84

ที่มา: (41)

ถั่วมะแฮะยังประกอบด้วยแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม เหล็ก ซัลเฟอร์ และ โปแตสเซียม ดังแสดงในตารางที่ 2-10 ปริมาณโปแตสเซียมที่สูงถึง 1,104 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม มีประโยชน์สำหรับผู้ที่ต้องควบคุมความดันและปริมาณซัลเฟอร์ เนื่องจากมีการขับถ่ายโปแตสเซียมออกนอกร่างกายมากเกินไป และตารางที่ 2-10 จะเห็นว่า ถั่วมะแฮะยังเป็นแหล่งวิตามินที่ละลายน้ำ และวิตามินที่จำเป็น เช่น ไธอามีน ไรโบฟลาวิน ไนอะซิน และโคลีน เป็นต้น

ตารางที่ 2-10 ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในถั่วมะแฮะ

แร่ธาตุ/วิตามิน	ช่วง	ค่าเฉลี่ย
แร่ธาตุ (มิลลิกรัม/100กรัม)		
แคลเซียม	57.0-276	166.50
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	131.8-600	365.90
ฟอสฟอรัสไฟดิน	153.0-236	194.50
แมกนีเซียม	16.0-300	158
เหล็ก	3.5-16.6	10.10
โซเดียม	-	28.50
โปแตสเซียม	-	1,104
ทองแดง	-	1.25
ซัลเฟอร์	-	177
คลอรีน	-	5
วิตามิน(มิลลิกรัม/100กรัม)		
ไรอะมิน	0.45-0.80	0.63
ไรโบฟลาวิน	0.13-0.19	0.16
ไนอะซิน	2.90-3.22	3.10
กรดโฟลิก	-	0.10
โคลีน	-	18.30
แคโรทีน(ไมโครกรัม/100 กรัม)	66.0-132	99

ที่มา: (42)

2.1.6 ส่วนประกอบทางเคมีของแป้งจากถั่วมะแฮะ

จากรายงานของ Srinivasa Rao P.(42) ได้วิเคราะห์หาปริมาณแป้ง (Starch) ในถั่วมะแฮะ โดยใช้วิธีของ McCready *et al.*, (43) โดยการหาปริมาณแบบ Colorimetric method โดยหลักการของ sugar-anthrone-sulfuric acid reaction พบว่าถั่วมะแฮะมีปริมาณแป้งอยู่ร้อยละ 48.2 ซึ่งในแป้งนี้จะประกอบด้วยอะมิโลส (amylose) ซึ่งวัดโดยวิธี Colorimetric method กับ ไอโอดีนเท่ากับร้อยละ 38.56 และ 35.01 ตามลำดับ นอกจากนี้ Patel (44) ได้ศึกษาวัดค่า specific rotation ของแป้งถั่วมะแฮะพบว่า

มีค่าร้อยละ 202.4 เช่นเดียวกับ Sharma and Pant, (45) ก็ได้หาปริมาณแป้ง และ soluble sugar โดยใช้ anthrone reagent จากถั่วมะแสะ 6 พันธุ์ ซึ่งก็พบว่า มีปริมาณแป้งอยู่ระหว่างร้อยละ 53.59 และ soluble sugar ร้อยละ 2.4 (น้ำหนักแห้ง) สำหรับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งถั่วมะแสะจากห้องปฏิบัติการของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถั่วมะแสะมีปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 7.89 โปรตีน ร้อยละ 23.80 ไขมันร้อยละ 1.71 เถ้าร้อยละ 2.77 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 62.35 มีรายละเอียดคั่งแสดงตามตารางที่ 2-11 และนอกจากนี้ยังได้มีการวิเคราะห์เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี ของถั่วมะแสะทั้งเมล็ด แป้งถั่วมะแสะและแป้งสาลี คั่ง 2 แสดงใน ตารางที่ 2-12

ตารางที่ 2-11 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งถั่วมะแสะ (Pigeonpea flour) เป็นกรัม ต่อ 100 กรัม ของ ส่วนที่รับประทานได้

องค์ประกอบทางเคมี	แป้งถั่วมะแสะ (Pigeonpea flour)
ความชื้น, %	7.89
โปรตีน, %	23.80
ไขมัน, %	1.71
เถ้า, %	2.77
คาร์โบไฮเดรต, %	62.35
พลังงาน, แคลอรี/100กรัม	360

ที่มา: (43)

ตารางที่ 2-12 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของถั่วมะแฮะทั้งเม็ด แป้งถั่วมะแฮะ และแป้งสาลี (เป็นกรัมต่อ 100 กรัม ของส่วนที่รับประทานได้)

	ถั่วมะแฮะทั้งเม็ด	แป้งถั่วมะแฮะ	แป้งสาลี
ความชื้น	10.41	6.08	10.29
โปรตีน	16.45	23.78	12.54
ไขมัน	1.25	1.37	1.38
เถ้า	3.46	2.93	0.72
เส้นใย	9.07	2.25	0.11
คาร์โบไฮเดรต	59.36	63.59	74.96

ที่มา : (43)

2.1.7 ภาวะการตลาด และคุณค่าทางเศรษฐกิจ

เมื่อปี ค.ศ.1967 ทั่วโลกผลิตถั่วมะแฮะได้ประมาณ 1.21 ล้านตัน และผลิตเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมาอยู่เป็นอันดับสองในบรรดาถั่วอาหารทั้งหมด เมื่อประมาณ 30 ปีมาแล้ว ตรีนิแคด (Trinidad) นำเข้าถั่วมะแฮะปีละประมาณ 68,000 ตัน ต่อมาได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกมากขึ้น และเริ่มตั้งโรงงานทำถั่วมะแฮะบรรจุกระป๋องมาได้สัปดาห์ โดยรัฐบาลเป็นเจ้าของ และเริ่มรับซื้อถั่วสดจากเกษตรกรกิโลกรัมละ 22.2 เซนต์ และบางครั้งราคาขึ้นสูงถึง 79.2 เซนต์ แต่เกษตรกรของตรีนิแคดสามารถปลูกถั่วมะแฮะได้คนละประมาณ 25 ไร่ หรือต่ำกว่า เนื่องจากประสบปัญหาเรื่องแรงงาน เพราะ 70% ของต้นทุนการผลิตจะเป็นค่าแรงงาน สาเหตุมาจากระยะเวลาการเก็บเกี่ยว จะตรงกับการตัดอ้อยและเก็บยาสูบปริมาณการบริโภคของประชากรตรีนิแคดเพิ่มขึ้นถึง 4 เท่า เมื่อเทียบกับ 10 ปี ก่อน ในเปอร์โตริโกอุตสาหกรรมบรรจุกระป๋องของถั่วมะแฮะเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วมากจนสามารถรับซื้อผลผลิตจากเกษตรกรได้ถึง 85% ของทั้งหมด ในปี ค.ศ.1970 มีรายได้มากกว่า 3 ล้านดอลลาร์ ตลาดใหญ่ของถั่วมะแฮะบรรจุกระป๋องจากเปอร์โตริโก คือ นิวเจอร์ซีย์และชิคาโก ในสหรัฐอเมริกา มีผู้นำไปปลูกเป็นพืชอาหารสัตว์ สามารถให้น้ำหนักสด 4-6 ตันต่อไร่ และปลูกได้ 2 ครั้ง ในสาขาปลูกครั้งแรกในสถานทดลองเมื่อประมาณ 75 ปีมาแล้ว ปัจจุบันมีปลูกอยู่มากกว่า 25,000 ไร่ ใช้ทำเป็นอาหารสัตว์ส่วนใหญ่ ในอุกานดา เมื่อ 15 ปีก่อนมีพื้นที่ปลูกประมาณ 32,000 ไร่ ปัจจุบันเนื้อที่ปลูกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนก้าวขึ้นอยู่เป็นอันดับสองของโลก สำหรับประเทศไทยแม้จะมีการปลูกกันมาช้านาน แต่ปริมาณการผลิต และความต้องการใช้ในท้องถิ่นไม่แน่นอนโดย โครงการเอกชน และภาครัฐบาลที่ปฏิบัติงานพัฒนาบนที่สูง รับซื้อจากเกษตรกรในราคา กิโลกรัมละ 10 บาท (46) นอกจากนี้ยังมีบริษัทเอกชนในจังหวัดเชียงราย รับซื้อถั่วมะแฮะในราคา กิโลกรัมละ 5 บาท เพื่อส่งออกไป

ประเทศตะวันออกกลาง และมีการซื้อขายในตลาดท้องถิ่นจังหวัด อุตรดิตถ์ กิโลกรัมละ 15 บาท เพื่อปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดปรับสภาพดินในไร่อ้อย จึงน่าจะเป็นโอกาสดีของเกษตรกรในการปลูกถั่วมะแฮะเพื่อเพิ่มรายได้

2.1.8 การใช้ประโยชน์จากถั่วมะแฮะ (7)

1) ใช้เป็นอาหาร ในประเทศไทย อินโดนีเซีย อินเดีย นิยมใช้ฝักที่ยังอ่อนมารับประทานเป็นผัก สำหรับเมล็ดมีการนำมาใช้ประโยชน์หลายอย่าง เช่นเพาะ เป็นถั่วงอก ในอินโดนีเซียเอาเมล็ดมาแช่น้ำ ทอดหรืออบรับประทาน หรือใช้ผสมกับมะพร้าวหรืออาหารอื่นๆ ในอินเดียจะนำเมล็ดมาแยกส่วนเปลือก (seed coat) ออก เช่นการตากแดดแล้วนำเมล็ดไปสีกด้วยมือหรือเครื่องสี จากการนำไปประกอบอาหารพบว่า เมล็ดที่มีสีอ่อน เล็ก แต่มีโปรตีนสูงของถั่วมะแฮะชนิดต้นเล็ก ใช้เวลาในการปรุงอาหารน้อยกว่าเมล็ดใหญ่สีเข้มที่มาจากถั่วมะแฮะพันธุ์หนัก ในเปอร์โตริโก ถั่วมะแฮะสดราคาสูงกว่าเมล็ดแห้ง 2 เท่า และชนิดสดเป็นที่นิยมมากกว่า เพราะรสชาติดีกว่า อุดสาหกรรมอาหารของถั่วมะแฮะนั้น ในหลายประเทศมีการบรรจุกระป๋องทั้งเมล็ดสด เมล็ดแห้ง และแช่แข็งฝักสด

ความสำคัญและคุณค่าทางอาหารของถั่วมะแฮะ ได้รับการทดลองและตีพิมพ์ในวารสารของ The Caribbean Food and Nutrition Institute ว่า ถั่วมะแฮะมีโปรตีนสูงประมาณ 19-28% โปรตีนที่สำคัญที่สุดคือ globulin และ cajanin มีสาร anitmetabolites น้อยกว่าถั่วเหลือง มี amino acids ที่สำคัญ เช่น arginine 6.7% lysine 7% leucine 7.6% glutamic acid 19.2% ส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดมีดังต่อไปนี้

	เมล็ดอ่อน	เมล็ดแห้ง
น้ำ	67.4%	10.1%
โปรตีน	7.0%	19.2%
คาร์โบไฮเดรต	20.2%	57.2%
ไขมัน	0.6%	1.5%
เยื่อใย	3.5%	8.1%
เถ้า	1.3%	3.8%

ที่มา : (7)

2) ใช้เป็นอาหารสัตว์ ถั่วมะแฮะสามารถใช้คั้นสดๆ เป็นอาหารสัตว์ได้เป็นอย่างดี ชาวเปอร์โตริโกใช้ฝักที่แกะเมล็ดออกแล้วผสมน้ำเกลือให้วัว ในฮาวายถั่วมะแฮะปลูกไว้เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ใช้ในรูปของหญ้าหมัก หรือป่นเป็นอาหาร เมล็ด ดอก และตา ใช้เลี้ยง เป็ด ไก่ ไก่วง นกพิราบ และ

กระต่าย จากผลการทดลองในสวาทพบว่า คุณค่าโปรตีนของถั่วมะแสะนั้นเท่ากับ alfalfa แต่สามารถให้ผลผลิตสำหรับเป็นอาหารสัตว์ได้มากกว่า 10 เท่า crude protein ของถั่วมะแสะหมักแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส เท่ากับ 71.5% ในอินเดียส่วนเปลือกของเมล็ดที่สีออกมา น้ำหนัก ประมาณ 10% ของทั้งหมด ใช้สำหรับเลี้ยงวัวนม รวมทั้งส่วนที่เป็นผงและเมล็ดที่แตกก็เช่นเดียวกันแต่ขายได้ราคาสูงกว่า

3) ใช้เป็นยาสามัญประจำบ้าน ในอินเดียใช้ใบอ่อนของถั่วมะแสะเขียวเพื่อรักษาผลในปาก ชาวอินโดนีเซียใช้ใบอ่อนมาทำให้เหล็กปิดลงไปบนแผล ประชาชนในบางประเทศเชื่อว่า การรับประทานใบแห้งของถั่วมะแสะซึ่งนำมาป็น 3 ซ้อน โด๊ะทุกวันจะสามารถแก้ไขปัญหาร่องการเป็นโรคนี้ได้ดี หรือ น้ำที่ได้จากใบก็ใช้รับประทานรักษาโรคคิซ่าน ในอาร์เจนตินาใช้ใบถั่วมะแสะ 20-40 กรัม ต้มในน้ำ 1 ลิตรประมาณ 20 นาที ใช้รักษาโรคผิวหนังได้เป็นอย่างดี หลายๆประเทศยังใช้ถั่วมะแสะเป็นยาต่างๆ อีกมาก เช่น เป็นน้ำยาขี้วันปาก แก้โรคตับ ไต โรคนิวมอนีซ นอกจากนี้รากของถั่วมะแสะยังมีขายอยู่ตามร้านขายยาจีน หนูชอบรากถั่วชนิดนี้มาก จึงสามารถใช้เป็นเหยื่อล่อผสมกับยาเบื่อได้เป็นอย่างดี

4) ประโยชน์อื่นๆ มีรายงานขัดแย้งกันในการใช้ถั่วมะแสะเลี้ยงผึ้ง Krauss รายงานจากสวาทในปี 1932 ว่า ถั่วมะแสะเป็นแหล่งของน้ำผึ้ง และผึ้งชอบพืชที่มีดอกมากๆ แต่ Ordext Ros ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับพืชที่ผึ้งชอบมากในละตินอเมริกา รายงานว่าดอกถั่วมะแสะมีต่อมน้ำหวานน้อย ผึ้งไม่ชอบ และ Sarodar Singh ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับถั่วต่างๆ ในอินเดียรายงานว่า ถั่วมะแสะปลูกในเนื้อที่มากมายในอินเดีย แต่ผึ้งไปหาน้ำหวานน้อยมาก ในภาคใต้ของมาดากัสกา ปลูกถั่วมะแสะเพื่อใช้เลี้ยงไหมชนิดหนึ่งที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Buocoras cajani* ในทางเหนือของเบงกอล และอัสสัม ใช้ถั่วมะแสะเลี้ยงครั้งมาเกือบร้อยปีแล้ว โดยการคอยตัดไม้ให้ดอกออก ซึ่งจะใช้ถั่วมะแสะเลี้ยงครั้งไปได้หลายปี ต้นแห้งสามารถนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงได้ จากคุณสมบัติที่ปลูกใหม่ดี จึงใช้เป็นส่วนผสมของดินปืน นอกจากนี้ส่วนกิ่งก้านที่ตรงเล็ก ยังนำมาสานทำตะกร้า ทำภาชนะบรรทุกสิ่งของบนแกวียน หรือแม้แต่ถุงหลังคา

จะเห็นได้ว่า ส่วนต่างๆ ของถั่วมะแสะ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด ดังผลสรุปแสดงในตารางที่ 2-13 ดังนี้

ตารางที่ 2-13 ส่วนต่างๆของถั่วมะแฮะที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์

ส่วนต่างๆ ของถั่วมะแฮะ	การใช้ประโยชน์
ราก	ใช้เป็นเชื้อล่อผสมกับขี้เถ้าหรือขี้วัว
ลำต้น	ใช้ปลูกเป็นพืชคลุมดิน ทำปุ๋ยพืชสด เป็นอาหารสัตว์ ส่วนต้นแห้ง ใช้เป็นเชื้อเพลิง ประเภทถ่านฟืน
ใบอ่อน	ใช้เลี้ยงเป็นยารักษาแผลในปาก หรือเอามาตำให้แหลกปิดลงบนแผล
ใบแห้ง	รับประทานแก้โรคนิว โรคคิซ่าน
กิ่ง, ก้าน	นำมาสานภาชนะ เช่น ตะกร้า และใช้มุงหลังคาที่พักอาศัย
ใบแก่	ใช้เลี้ยงไหม เลี้ยงครั่ง
ดอก	ใช้เป็นอาหารสัตว์
เมล็ดแห้ง	ใช้เป็นอาหารสัตว์ เพาะเป็นถั่วงอก ทอดหรืออบ
เมล็ดสด	บรรจุกระป๋อง
ฝักอ่อน	รับประทานเป็นผัก
เปลือกของเมล็ด	ใช้เลี้ยงสัตว์

ที่มา : (7)

2.2 ธัญชาติ และแป้งที่ใช้เป็นอาหาร (47)

ธัญชาติ หมายถึง เมล็ดพืชวงศ์หญ้า เป็นคำรวมเรียกข้าวต่างๆ เช่น ข้าวเปลือก ข้าวสาลี ลูกเดือย ข้าวแดง ข้าวฟ่าง

ธัญญาหาร หมายถึง ผลิตภัณฑ์จากธัญชาติที่บริโภคเป็นอาหาร

แป้ง หมายถึง สิ่งที่บดเป็นผงละเอียด ได้จากเมล็ดพืช ผลไม้และรากไม้ ที่ใช้เป็นอาหาร ดังนั้นแป้งที่ใช้เป็นอาหารได้ จะบดมาจากธัญพืช ถั่วเมล็ดแห้ง หรือพืชหัว โดยการบดชนิดแป้งตามชื่อของพืชที่บดไว้ เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวสาลี แป้งถั่วเขียว แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น

รัฐชาติและแป้งมีความสัมพันธ์กันอย่างมาก เนื่องจากมนุษย์ได้พัฒนาการแปรรูปรัฐชาติชนิดต่างๆ โดยการบดให้เป็นแป้งก่อน แล้วจึงนำแป้งมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ มากมาย ให้เป็นอาหารหลัก อาหารว่าง และอาหารหวาน เช่น แป้งข้าวเจ้า นำมาทำเส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ และก๋วยจั๊บ แป้งข้าวโพด นำไปทำเป็น คอร์นเฟลก (อาหารเช้าสำเร็จรูป) แป้งถั่วเขียวนำไปทำเป็นวุ้นเส้น และแป้งมันสำปะหลัง นำมาทำเป็นข้าวเกรียบ ขนมลอดช่อง ส่วนแป้งสาลีก็มีการนำมาใช้ประโยชน์มากมาย ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาของแป้งสาลี

แป้งสาลี ได้จากการนำเมล็ดข้าวสาลี มาแปรรูปให้เป็นแป้งเพื่อนำมาทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น ขนมห้าง ขนมหัก กูกี้ และแครกเกอร์ เนื่องจากเมล็ดข้าวสาลีเป็นร่องขั้วทำให้ข้าวทั้งเมล็ดยาก จึงไม่นิยมขั้วฝีมเมล็ดเหมือนข้าวแต่จะนำมาไม่แยกเปลือกนอกออก แล้วบดเนื้อเมล็ดให้เป็นแป้ง มีสี่ขั้นตอนหลักคือ

- 1.) การทำความสะอาด เพื่อแยกสิ่งเจือปนออก
- 2.) การปรับสภาพความชื้นของเมล็ด เพื่อให้ข้าวสาลีมีความชื้นที่เหมาะสมเมื่อเข้าเครื่อง
ไม่แยกเปลือกออกจากแป้งได้ง่าย
- 3.) การไม่ข้าวสาลี เพื่อแยกเปลือกออกจากเนื้อเมล็ดและ บดเนื้อเมล็ดให้ละเอียดเป็นแป้งที่มีขนาดสม่ำเสมอ
- 4.) การบรรจุ นำแป้งที่ไม่ได้ มาบรรจุลงถังแป้งขนาดใหญ่ซึ่งติดตั้งบนรถพิเศษเพื่อส่งโรงงานหรือบรรจุถุงพลาสติก ขนาด 20-25 กิโลกรัม เก็บไว้ในโกดัง รอการถยังร้านและโรงงานขนาดย่อยต่อไป

ปัจจุบันประเทศไทยจำเป็นต้องนำเข้า ข้าวสาลี แป้งสาลี เข้ามาจากต่างประเทศ เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ปีละมาก ๆ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องค้นหาพืชใหม่ ๆ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันมาทดแทน โดยเฉพาะพืชจำพวกถั่วเมล็ดแห้งต่างๆ เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วมะแฮะ เป็นต้น

2.3 ความสำคัญของผลิตภัณฑ์ถั่วเมล็ดแห้ง

ผลิตภัณฑ์ถั่วเมล็ดแห้งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากการแปรรูปถั่วเมล็ดแห้งซึ่งเป็นผลผลิตของพืชตระกูลถั่วชนิดหนึ่ง พืชตระกูลถั่วที่ใช้เมล็ดเพื่อการบริโภคมีหลายชนิด โดยเมล็ดที่นิยมนำมาใช้เป็นเมล็ดถั่วที่แก่จากฝักที่ตากแห้งแล้ว เรียกกันในทางอาหารว่า “ถั่วเมล็ดแห้ง” ผลิตภัณฑ์ถั่วเมล็ดแห้ง มีการผลิตมาเป็นเวลาช้านาน มีการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายเพื่อการบริโภคภายในครัวเรือนและในเชิงธุรกิจ เนื่องจากเป็นอาหารพื้นบ้านที่นิยมบริโภคในหลายประเทศ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำ สามารถนำไปใช้ประโยชน์

ต่อเนื่องในอุตสาหกรรมประเภทอื่น และเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีบทบาททางการค้าระหว่างประเทศ (48)

ผลิตภัณฑ์ถั่วเมล็ดแห้งเป็นอาหารพื้นบ้านที่รู้จักกันดีในหลายประเทศ โดยเฉพาะในแถบเอเชีย เช่น จีน อินเดีย ไทย ผลิตภัณฑ์ที่รู้จักกันโดยทั่วไป เช่น ผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลือง เต้าหู้ วุ้นเส้น ถั่วลิสงทอด คั่ว หรืออบ รวมถึงการนำมาใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ในการประกอบอาหารชนิดต่างๆ ประเทศอินเดียจัดเป็นประเทศผู้ผลิตถั่วเมล็ดแห้งที่มีผลผลิตสูงเนื่องจากมีประชากรจำนวนมากและประชากรส่วนใหญ่ไม่บริโภคเนื้อสัตว์ อาหารโปรตีนเกือบทั้งหมดได้จากถั่วเมล็ดแห้งชนิดต่างๆ ความแพร่หลายของผลิตภัณฑ์ถั่วเมล็ดแห้งเนื่องมาจากถั่วเมล็ดแห้งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่าย เป็นพืชที่มีอายุสั้น บางชนิดสามารถเก็บเกี่ยวได้ภายใน 60-70 วัน สามารถทนความแห้งแล้งได้ดี จึงสามารถปลูกได้ทั่วไปเกือบตลอดทั้งปี และสามารถปลูกได้ในหลายรูปแบบ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ถั่วเมล็ดแห้งเป็นอาหารพื้นบ้านที่ได้รับความนิยมแพร่หลาย เป็นช่องทางให้เกิดธุรกิจการผลิตและจำหน่ายในครัวเรือนจำนวนมาก เช่น การผลิตน้ำมันถั่วเหลืองเพื่อจำหน่ายวันต่อวันในตลาดหรือใส่รถเข็นเร่ขายไปตามหมู่บ้าน การผลิตถั่วลิสงอบเนย หรือทอดคลุกกับเครื่องปรุงรสต่างๆ ส่งไปจำหน่ายตามร้านค้า เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ถั่วเมล็ดแห้งจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ มีการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ในทางโภชนาการบ่อยครั้ง เช่นการผลิตเป็นอาหารเสริมสำหรับทารกหรือหญิงมีครรภ์ หรือผู้ต้องการอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง หรือการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพหรือการใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนเนื้อสัตว์ ซึ่งมีแนวโน้มเป็นธุรกิจที่ได้รับความนิยมมากขึ้นถั่วเมล็ดแห้งประกอบด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์หลายชนิด ได้แก่

- โปรตีน ถั่วเมล็ดแห้งมีโปรตีนประมาณร้อยละ 20-34 นับว่าสูงกว่าพืชชนิดอื่นและเนื้อสัตว์หลายชนิด ในน้ำหนัก 100 กรัม ถั่วเหลืองมีโปรตีน 34.0 กรัม ถั่วเขียว 23.4 กรัม ถั่วลิสง 29.7 กรัม ถั่วมะแฮะ 24 กรัม ด้วยเหตุนี้ถั่วเมล็ดแห้งจึงจัดเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูง

- ไขมัน ถั่วเมล็ดแห้งโดยทั่วไปมีไขมันต่ำประมาณร้อยละ 1-2 ยกเว้นถั่วลิสงที่ไขมันร้อยละ 38.7 และถั่วเหลืองร้อยละ 18.7 ไขมันของถั่วลิสงและถั่วเหลืองประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวถึงร้อยละ 85 ที่เหลือร้อยละ 15 เป็นกรดไขมันอิ่มตัว และพบว่ามีกรดไขมันที่จำเป็นคือ “กรดลิโนลอลิก” ในปริมาณสูงกว่าเนื้อสัตว์ และชันชุนาติ ซึ่งกรดไขมันนี้จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของทารกและเด็ก ช่วยลดระดับ คอเลสเตอรอลในเลือด ช่วยบำรุงเนื้อเยื่อผิวหนัง ด้วยเหตุนี้เมื่อพิจารณาคุณภาพทางโภชนาการของไขมันแล้ว จัดได้ว่าไขมันในถั่วเมล็ดแห้งมีคุณภาพที่ดี

- คาร์โบไฮเดรต ถั่วเมล็ดแห้งประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ โดยประมาณร้อยละ 60 เป็นสตาร์ช (Starch) และร้อยละ 3-6 เป็นใยอาหาร ถั่วเมล็ดแห้งสามารถนำมา

ใช้ประโยชน์ในการให้พลังงาน และการให้ใยอาหารที่ช่วยในระบบการขับถ่าย การลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด และลดความเสี่ยงของการเป็นโรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่

- แกลีโอลินและวิตามิน แกลีโอลินมีหลายชนิด เช่น โพลีฟีนอล ฟอสฟอรัส แคลเซียม โซเดียม นอกจากนี้ถั่วเมล็ดแห้งจัดเป็นแหล่งที่ดีของวิตามินที่ละลายในน้ำ เช่น โทอะมิน ไบโอฟลาวิน ไนอะซิน ส่วนวิตามินที่มีน้อย ได้แก่ วิตามินซีและวิตามินที่ละลายในไขมัน

นอกจากนี้ เมื่อศึกษาค่าใช้จ่ายในการผลิตอาหารโปรตีนสำหรับมนุษย์แล้ว จะพบว่าการผลิตโปรตีนจากถั่วเมล็ดแห้งมีต้นทุนต่ำกว่าการผลิตโปรตีนจากเนื้อสัตว์และพืชชนิดอื่น การผลิตโปรตีน 1 กิโลกรัมจากถั่วเหลืองมีต้นทุนเท่ากับ 0.31 เหรียญสหรัฐอเมริกา หรือคิดเป็นเงินไทยเท่ากับ 12.09 บาทต่ำกว่าข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี ข้าวโพด นมผง เนื้อไก่ เนื้อหมู และเนื้อวัวตามลำดับ ด้วยเหตุนี้ผลิตภัณฑ์ถั่วเมล็ดแห้งจึงมีข้อได้เปรียบในเรื่องต้นทุนที่จะทำให้มีโอกาสแข่งขันในเชิงธุรกิจในอนาคต ซึ่งปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในการบริโภคผลิตภัณฑ์ถั่วเมล็ดแห้งมากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติทางโภชนาการที่ได้กล่าวมาแล้ว ตลาดผลิตภัณฑ์ถั่วเมล็ดแห้งจึงมีแนวโน้มที่จะขยายตัวมากขึ้น การส่งออกผลิตภัณฑ์ถั่วเมล็ดแห้งที่ผ่านมาของไทยส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเมล็ด เนื่องจากวัตถุดิบภายในประเทศมีไม่เพียงพอ หรือมีคุณภาพไม่เหมาะสม หรือมีราคาสูงเกินไป สำหรับการบริโภคเป็นผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้การผลิตส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีง่าย ๆ ที่ยังไม่มีประสิทธิภาพมากนัก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีคุณภาพไม่ดีพอ ส่วนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่มีจำกัดเฉพาะผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น น้ำมันถั่วเหลือง ซีอิ๊ว วุ้นเส้น ซึ่งส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ มีเพียงบางชนิดที่ส่งออกแต่ยังมีมูลค่าน้อย ด้วยเหตุนี้หากมีการพัฒนาเรื่องวัตถุดิบ เทคโนโลยีการผลิต การควบคุมคุณภาพ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสม โอกาสในการขยายตัวยังมีมาก เนื่องจากวัตถุดิบภายในประเทศมีไม่เพียงพอ ทำให้ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศหลายชนิด เช่น การนำเข้าเมล็ดถั่วเหลือง กากถั่วเหลือง น้ำมันถั่วเหลืองหรือแม้แต่วุ้นเส้นและ ถั่วลิสงปรุงแต่งยังพบว่ามี การนำเข้าด้วย จะเห็นได้ว่า ถั่วเมล็ดแห้ง เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญในเชิงธุรกิจและวัฒนธรรมการบริโภคของชาวเอเชีย และมีแนวโน้มที่จะได้รับความสนใจมากขึ้นทั้งจากผู้ที่ไม่ต้องการบริโภคเนื้อสัตว์ หรือผู้ที่ต้องการอาหารเพื่อสุขภาพ

2.4 การแปรรูปพืชตระกูลถั่ว

การแปรรูปขั้นต้นจัดเป็นกระบวนการแรกในการเปลี่ยนสภาพผลิตผลทางการเกษตรที่เก็บเกี่ยวมาเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นต้น ซึ่งยังไม่สามารถนำมาบริโภคได้โดยตรง แต่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปหรือการใช้ประโยชน์อื่นต่อไป การแปรรูปขั้นต้นช่วยอำนวยความสะดวกในการจัด

เตรียมและเก็บรักษาวัตถุดิบให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม ช่วยลดขั้นตอนและความยุ่งยากของโรงงานอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ ที่สามารถนำผลิตภัณฑ์ขั้นต้นไปแปรรูปในระดับสูงได้โดยตรงไม่ต้องเสียเวลา การแปรรูปขั้นต้นของถั่วอาจมองไม่เห็นเป็นกิจการแพร่หลายชัดเจนเท่ากับการแปรรูปขั้นต้นของธัญชาติ เช่น การสีข้าวสารเจ้าหรือการโม่ข้าวสาลีเป็นแป้ง นอกจากนี้การแปรรูปขั้นต้นของถั่วมีลักษณะแตกต่างไปตามชนิดของถั่ว ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์การแปรรูปขั้นต้น เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทแป้ง ถั่วงอก ถั่วลิสงกะเทาะเปลือก ถั่วลิสงคั่วแล้วตากหรืออบแห้ง ซึ่งมีกรรมวิธีในการผลิตแตกต่างกัน ถั่วเมล็ดแห้งยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้อีกหลายชนิด การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ นั้น มีวิธีการและขั้นตอนที่แตกต่างกัน บางชนิดอาจใช้วิธีการหลายอย่างผสมผสานกัน (49)

2.5 พัฒนาการและความหมายของผลิตภัณฑ์อาหารว่างหรืออาหารขบเคี้ยว

ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวนับว่ามีบทบาทในวิถีการดำรงชีวิตของผู้บริโภครุ่นใหม่เป็นอย่างยิ่งดังจะสังเกตเห็นได้ว่า มีการจัดวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวในร้านค้าทั่วไปจำนวนมากและมีผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เข้าสู่ท้องตลาดอยู่ตลอดเวลา เทคโนโลยีการผลิตอาหารขบเคี้ยว เป็นกระบวนการที่ประยุกต์มาจากเทคโนโลยีการผลิตอาหารประเภทอื่น ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว (Snack food) พัฒนามาจากอาหารที่รับประทานระหว่างมื้อที่เรียกกันว่า อาหารว่าง การรับประทานอาหารว่างมีเหตุผลแตกต่างกันในแต่ละคน บางคนรับประทานด้วยเคี้ยวขบที่เป็นการพักผ่อนในครอบครัวหรือในห้องนอน เป็นการใช้ออกาสในการพบปะพูดคุยเพื่อเพิ่มความใกล้ชิดสนิทสนม บางคนใช้เป็นโอกาสเพื่อกิจกรรมทางสังคมในการต้อนรับผู้คนที่สังคมตามความจำเป็นของหน้าที่การงานหรือธุรกิจ บางคนใช้เป็นเวลาเพื่อการพักผ่อน บางคนรับประทานด้วยเหตุผลในเชิงสุขภาพเพื่อให้ได้รับประทานอาหารมากขึ้น อาหารใดก็ตามที่นำมารับประทานระหว่างมื้ออาหารจะเรียกว่า อาหารว่าง ดังนั้น อาหารว่างจึงมีหลากหลายชนิด โดยมากจะเป็นอาหารที่เตรียมได้ง่ายไม่มีส่วนประกอบมากมาย และปริมาณการบริโภคในแต่ละครั้งไม่มาก ตัวอย่างของอาหารที่นิยม เช่น ขนมปังหรือคุกกี้กับน้ำชา ขนมเค้กกับกาแฟ แขนคั่วขนาดเล็กกับชาหรือกาแฟ ต่อมามีการพัฒนาอาหารชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น น้ำผลไม้ เครื่องดื่มนมปั่น ถั่วอบหรือทอด มันฝรั่งทอด ข้าวโพดคั่ว สำหรับอาหารไทยที่นับว่าเป็นอาหารพื้นบ้านหลายชนิด เช่น สาเก ไล่หนู ข้าวเกรียบปากหม้อ ปอเปี๊ยะทอด กระทงทอง เมี่ยงคำ ข้าวต้มมัด ข้าวเกรียบทอด ทองม้วน นางเล็ด รวมไปถึงอาหารประเภทขนมจีบ ซาลาเปา หมูสะเต๊ะ ที่ประยุกต์มาจากอาหารของชาติอื่นและประเภทที่เป็นอาหารหวาน เช่น เต้าส่วน วุ้น ตะโก้ ขนมหม้อแกง ทองหยิบ ฟอยทอง สังขยา พักทอง เป็นต้น การพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารว่างในระดับสากล ได้เริ่มกันอย่างจริงจังเมื่อหลังสงครามโลก ครั้งที่ 2 มีการนำ

เทคโนโลยีต่างๆ มาใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต พัฒนาส่วนผสมที่ใช้ปรุงรส และรูปแบบของผลิตภัณฑ์อาหาร ทำให้อาหารว่างน่ารับประทานและสะดวกมากยิ่งขึ้น มีการพัฒนาการผลิตแบบต่อเนื่อง แทนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง เพื่อช่วยให้การผลิตเป็นไปอย่างรวดเร็วและสามารถผลิตอาหารได้เป็นจำนวนมาก การพัฒนาการบรรจุหีบห่อที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์เก็บรักษาได้นานขึ้นและมีคุณภาพดี

อาหารว่างได้พัฒนาอย่างกว้างขวาง มีหลายรูปแบบ หลายลักษณะ มีทั้งประเภทเป็นอาหาร เป็นเครื่องดื่ม มีทั้งประเภทร้อน ประเภทเย็น และมีการพัฒนาที่ทำให้สามารถรับประทานได้ง่ายขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับวิถีการดำเนินชีวิตของผู้บริโภคที่ไม่มีเวลาในการจัดเตรียมอาหารมากนักหรือแม้แต่การใช้เวลาในการรับประทาน อาหารว่างหลายชนิดที่ได้พัฒนารูปแบบที่เหมาะสมจึงสามารถเข้าสู่ความต้องการของผู้บริโภคได้ง่าย ก่อให้เกิดพฤติกรรมในการรับประทานอาหารที่ไม่เป็นเวลาที่น่าพอใจ จนยากที่จะกำหนดว่าเป็นอาหารว่างในช่วงเวลาใด เพราะมีการรับประทานในทุกโอกาสตามแต่ผู้บริโภคแต่ละคนต้องการ จากพฤติกรรมผู้บริโภคอาหารจุกจิก ดังกล่าว ทำให้เกิดการพัฒนากลยุทธ์จากอาหารว่างที่ใช้รับประทานทั่วไปให้มีลักษณะเฉพาะ ที่สะดวกต่อการบริโภคมากขึ้นในทุกโอกาสไม่ต้องเสียเวลาจัดเตรียม การจะเรียกว่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างอาจก่อให้เกิดความสับสน เพราะไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภค การรับประทานมิใช่รับประทานเฉพาะในเวลาอาหารว่างเท่านั้น แต่มีการรับประทานในเวลาต่างๆ กัน และยังมีอาหารว่างอื่นอีกหลายชนิดที่ยังไม่ได้พัฒนารูปแบบที่เหมาะสมที่จะจัดอยู่ในอาหารกลุ่มใหม่นี้ เรียกผลิตภัณฑ์กลุ่มใหม่นี้ว่า “ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว” เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวพัฒนามาจากอาหารว่างที่ใช้รับประทานระหว่างมือและอาหารว่างหลายชนิดที่มีรูปแบบที่เหมาะสมสามารถจัดเป็นกลุ่มอาหารขบเคี้ยวได้ด้วยเช่นกัน เช่นผลิตภัณฑ์ประเภทมันฝรั่งทอด ข้าวโพดคั่ว ถั่วทอด หรือที่เป็นอาหารไทย เช่นข้าวเกรียบ ทองม้วน เป็นต้น ส่วนอาหารว่างบางชนิดที่รูปแบบเดิมยังไม่เหมาะสม ก็ได้มีความพยายามในการพัฒนากระบวนการผลิตและรูปแบบให้เหมาะสมยิ่งขึ้น เช่น การพัฒนาขนมเค้กที่เดิมต้องผลิตใหม่ๆ ร้อนๆ มาเป็นชนิดที่สามารถเก็บรักษาได้ บรรจุในห่อขนาดเล็กที่สามารถพกติดตัวนำไปรับประทานได้ในโอกาสต่างๆ กัน หรืออาหารไทยบางชนิดที่สามารถเก็บรักษาได้นาน เช่นขนมกรอบเค็ม ขนมอาลัว ขนมหัวเราะ ซึ่งเป็นอาหารว่างที่ผลิตจากแป้งสาลีซึ่งเป็นวัตถุดิบดั้งเดิม การใช้วัตถุดิบทดแทน ที่มีอยู่ในธรรมชาติ ราคาถูก และมีคุณค่าทางโภชนาการ มาทดแทนสิ่งที่มีราคาสูงกว่า เป็นทางเลือกหนึ่งของการพัฒนาผลิตภัณฑ์



2.6 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขบวนการแปรรูปเป็นจุดสำคัญของการวิจัยคั้นคว่ำ และพัฒนาในด้านอาหาร เพราะอาหารแปรรูป หรืออาหารสำเร็จรูป กำลังเป็นที่ต้องการของมนุษย์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การคั้นคว่ำวิจัยอาหารชนิดใหม่ โดยการหาแหล่งโปรตีนจากพืชที่มนุษย์ใช้เป็นอาหารได้ ด้วยการสกัด หรือแปรรูปให้ได้คุณค่า กลิ่นรส เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค รวมทั้งราคาต้นทุนที่ถูกกว่าแหล่งโปรตีนจากเนื้อสัตว์ จึงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค รวมทั้งราคาต้นทุนที่ถูกกว่าแหล่งโปรตีนจากเนื้อสัตว์ จึงเป็นความพยายามที่ไม่หยุดนิ่งของมนุษย์ดังจะเห็นได้จากผลการวิจัย

สมชาย ประภาวัต (50) ได้ทดลองใช้แป้งถั่วมะแสะ (pigeon pea flour) ทำคุกกี้ ผลปรากฏว่าต้องใช้แป้งถั่วมะแสะผสมกับแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 10 จึงจะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในด้านสี, กลิ่น, รส และความกรอบ แม้จะเก็บได้นานถึง 45 วัน

วิเชียร วรพุทธพร (51) ได้ทดลองนำแป้งถั่วมะแสะมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ซำหริ่ม ปรากฏว่าซำหริ่มจากแป้งถั่วมะแสะพันธุ์ต่างๆ เป็นที่พอใจและยอมรับเช่นเดียวกับซำหริ่มที่ทำจากแป้งถั่วเขียว

สมชาย ประภาวัต (52) ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดแป้งจากถั่วมะแสะพันธุ์ต่างๆ เปรียบเทียบกับถั่วเขียว พบว่าวิธีที่เหมาะสมคือ วิธีไม่เปียก (wet milling) คุณสมบัติของแป้งถั่วมะแสะมีอุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature) สูงกว่าถั่วเขียวแต่ในด้านความหนืดของแป้ง เมื่อได้รับการต้มแล้วแป้งถั่วเขียวจะหนืดสูงกว่า และการพองตัวของแป้งถั่วมะแสะเป็นแบบ restricted swelling เช่นเดียวกับแป้งถั่วเขียว

วิเชียร วรพุทธพร (53) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของถั่วมะแสะ และทดลองผลิตวุ้นเส้นจากถั่วมะแสะ และเปรียบเทียบการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับวุ้นเส้นจากแป้งถั่วเขียวจากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า คุณภาพทั่วไปของวุ้นเส้นจากแป้งถั่วมะแสะ มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับวุ้นเส้นจากแป้งถั่วเขียว

นิรมล ล้อสุริยนต์ (54) ได้นำถั่วมะแสะมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่น ผลปรากฏว่า ผู้บริโภคชอบกลิ่นรสโกโก้มากที่สุด และส่วนใหญ่ชอบรับประทานร่วมกับนมสดรสหวาน เมื่อพิจารณาการยอมรับพบว่า ผู้บริโภค ร้อยละ 81 ชอบรับประทานชนิดนี้

อภิรดี สัจจงกล (55) ได้ทดลองหาปริมาณสูงสุดของแป้งถั่วมะแสะ (พันธุ์ ICPL 151) เพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตบะหมี่ ผลปรากฏว่าบะหมี่ที่ใช้แป้งถั่วมะแสะจะทำให้บะหมี่มีสีคล้ำ และมีสีค่อนข้างแดง เมื่อทดลองชิมพบว่าสามารถใช้แป้งถั่วมะแสะทดแทนได้เพียงร้อยละ 10

และการใช้ CMC จะช่วยทำให้เส้นขนมปังได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส ทั้งด้านสี รสชาติ ลักษณะปรากฏเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

นิรมล ปัญญาบุษยกุล (56) ทดลองใช้แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟอน ที่ปริมาณต่างๆ ได้แก่ 10 15 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองพบว่าผู้ชิมยอมรับเค้กชิฟฟอนที่มีแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันในสูตร 15 เปอร์เซ็นต์มากที่สุด

เนตรนภิส วัฒนสุชาติ พะยอม อัดฉวีบุลย์กุล และบุญมา นิยมวิทย์ (57) ศึกษาการใช้ประโยชน์แป้งเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษโปรตีนสูง ในการทำผลิตภัณฑ์ เบเกอรี่ 8 ชนิด ได้แก่ เค้กบัตเตอร์เค้กชิฟฟอน โดนัทเค้ก และอื่นๆ โดยเติมในปริมาณร้อยละ 5 ถึง 20 ของน้ำแป้งสาลี และเปรียบเทียบตัวอย่างมาตรฐาน ผลการทดสอบโดยวิธีประสาทสัมผัสแบบการให้คะแนน 1-9 พบว่า เค้กบัตเตอร์คูกี้บัตเตอร์ และบราวนี่ สามารถเติมในระดับสูง ถึงร้อยละ 20 ได้รับคะแนนคุณลักษณะต่างๆ และการยอมรับสูงกว่า 6 ขึ้นไป (6 = ชอบเล็กน้อย) ขณะที่คูกี้ข้าวโอ๊ต ได้รับการยอมรับเมื่อเติมร้อยละ 15 เนื่องจากขนมปังและพายคริสต์ มีส่วนผสมของแป้งในสัดส่วนที่สูง ทำให้การยอมรับอยู่ในปริมาณที่ต่ำหรือเพียงร้อยละ 5 เท่านั้น

ญานิสรา รัตอาภา และคณะ (58) ทดลองทำแป้งกล้วยน้ำว้าและกล้วยหักมุก โดยศึกษาผลของความร้อนในการนึ่งกล้วยที่อุณหภูมิ 250°F เพื่อช่วยในการปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ได้ง่าย และจากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยทั้ง 2 ชนิด พบว่า แป้งกล้วยน้ำว้า มีคุณสมบัติการพองตัว และการเกิดเจลใกล้เคียงกับสตาร์ทซ์ข้าวเจ้า และแป้งกล้วยหักมุกมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ สตาร์ทซ์ข้าวเหนียว การประกอบอาหารจากกล้วยพบว่า เมื่อใช้แป้งกล้วยน้ำว้าเป็น 25% ของแป้งทั้งหมดในขนมกล้วย และแป้งกล้วยหักมุกเป็น 25% ของแป้งทั้งหมดในขนมเหนียว ขนมกล้วยแปบ การประกอบอาหารจากแป้งกล้วยพบว่า เมื่อใช้แป้งกล้วยน้ำว้าเป็น 25% ของแป้งทั้งหมดในขนมเหนียว ขนมกล้วยแปบ และขนมต้มขาวนี้ ผู้ชิมชอบและยอมรับแต่ข้าวคั่ว และขนมกล้วยที่ใส่แป้งกล้วยน้ำว้านี้ ผู้ชิมไม่ชอบ

ศิวาพร ศิวเวช และคณะ (59) ได้ทดลองทำคูกี้จากแป้งข้าวฟ่างผสมแป้งสาลีโดยเสริมแป้งถั่วเหลือง งา และปลาป่น เพื่อเพิ่มโปรตีน ปรากฏว่าคูกี้ที่มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 10-12% และเมื่อนำไปทดสอบคุณภาพโดยประสาทสัมผัส พบว่าเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เมื่อนำตัวอย่างคูกี้ เสริมโปรตีนไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโน พบว่ากรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายมีปริมาณเพิ่มขึ้น

สมยศ จรรยาวิลาส และคณะ (60) ได้ศึกษาขบวนการทำแป้งข้าวโพด โดยเริ่มตั้งแต่การศึกษาผลของการแช่ข้าวโพดในด่าง ก่อนที่จะลวกเปลือกและแยกคั้นอ่อน เปรียบเทียบผลของการทำ

แป้งข้าวโพดแบบเปียกและแบบแห้งต่อคุณภาพของแป้งที่ได้ จากนั้นนำแป้งข้าวโพดไปทำอาหารว่าง (คอร์นชิพ) โดยเติมแป้งมันสำปะหลังในสัดส่วนต่างๆ กัน ในส่วนผสม เพื่อนำคอร์นชิพที่ได้ไปทอด และทำการทดสอบการยอมรับโดยการชิมพบว่า เมื่อเติมแป้งมันสำปะหลัง 15% จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความกรอบมากที่สุด

ณรงค์ นิยมวิทย์ และคณะ (61) ทดลองใช้แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพนำมาทำขนมชั้น โดยมีแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพร้อยละ 15 30 45 และ 60 ผลการวิจัยพบว่า ขนมชั้นที่เตรียมจากแป้งผสมที่มีแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ 2 หรือ 4 ชั่วโมง ร้อยละ 15 และ 30 และแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ 6 ชั่วโมง ร้อยละ 15 เป็นที่ยอมรับของผู้ชิมมาก ขนมชั้นที่ได้มีลักษณะใส ลอกเป็นชั้นได้ง่าย และมีค่า Young's Modulus ระหว่าง 2.93-3.63



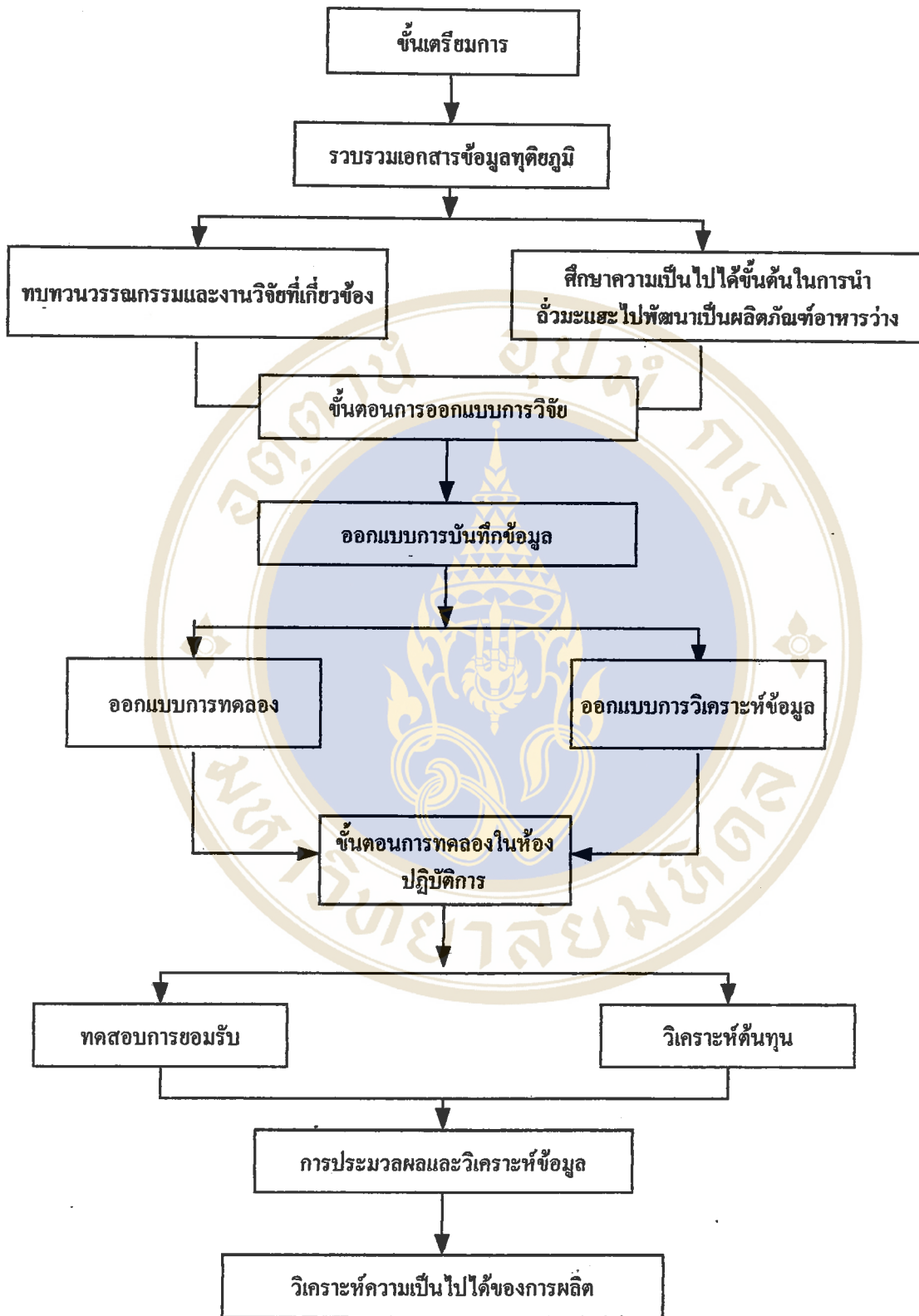
บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยการนำถั่วมะแสะพันธุ์ ICPL 151 จากสถาบันวิจัยพืชไร่ขอนแก่น จ.ขอนแก่น มาเป็นวัตถุดิบหลักร่วมกับส่วนประกอบอื่นๆ ในการทำผลิตภัณฑ์อาหารว่าง 3 ชนิดได้แก่ กรอบเค็ม ขนมอาลัว ขนมหัวเราะ โดยการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วมะแสะ ด้านขนาด น้ำหนัก สี และความสมบูรณ์ของเมล็ด จากนั้นนำถั่วมะแสะที่คัดเลือกแล้ว ไปโม่บดให้เป็นแป้ง แป้งที่ได้นำไปใช้แทนแป้งสาลีในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน เพื่อหาการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผู้ทดสอบชิม จากนั้นวิเคราะห์หาต้นทุนในการผลิต

3.1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

- 3.1.1 ขั้นตอนการเตรียมการ
- 3.1.2 ขั้นตอนการออกแบบการวิจัย
- 3.1.3 ขั้นตอนการทดลองและบันทึกข้อมูล
- 3.1.4 ขั้นตอนการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล



แผนภูมิที่ 3-1 กรอบวิธีการวิจัย

3.1.1 ขั้นตอนการเตรียมการ

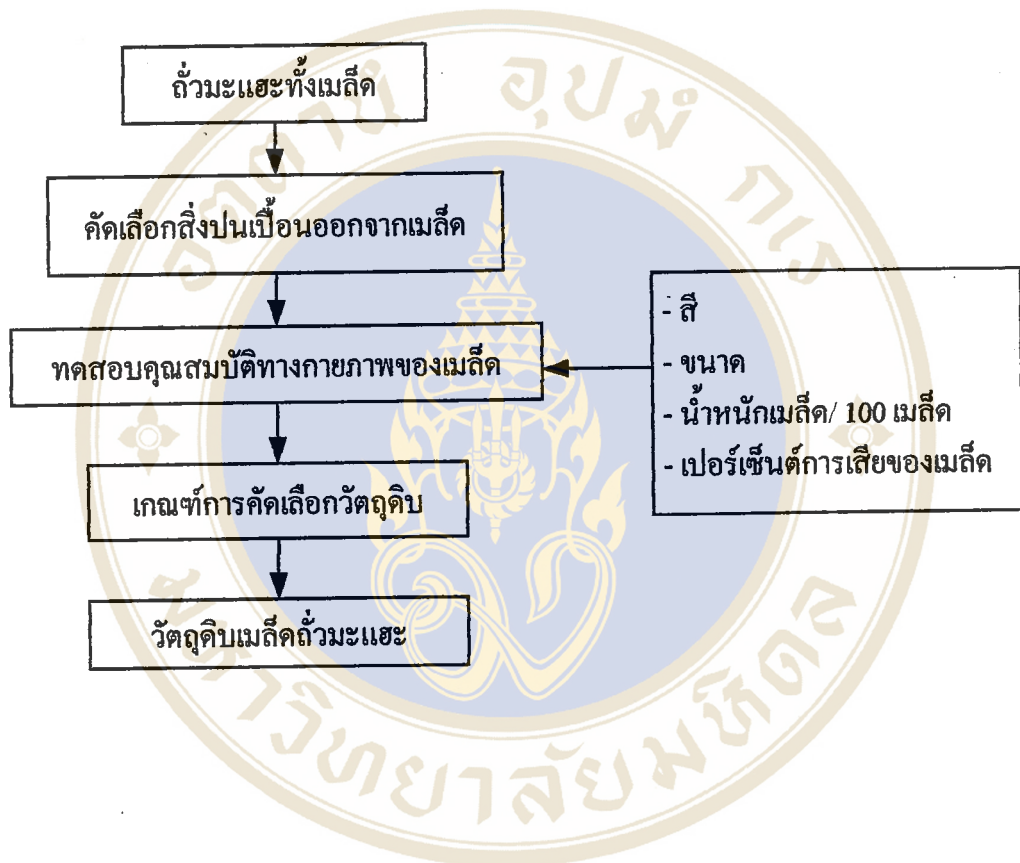
3.1.1.1 การศึกษาหาข้อมูลเบื้องต้นและทบทวนวรรณกรรม เป็นการค้นหาข้อมูลทุติยภูมิ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษาทั้งหมดที่สามารถค้นคว้าได้ เช่น ลักษณะทั่วไปของถั่วมะแสะ คุณค่าทางอาหารของถั่วมะแสะ ประโยชน์ของถั่วมะแสะ คุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุดิบส่วนประกอบ ขั้นตอนการทำอาหารว่างทั้ง 3 ชนิด ตลอดจนเศรษฐศาสตร์การลงทุน โดยค้นหาจากห้องสมุดหรือ หน่วยงานราชการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และจากการสอบถามนักวิชาการด้านต่างๆ

3.1.1.2 ศึกษาขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์อาหารว่างชนิดต่างๆ ได้แก่ ขนมกรอบเค็ม ขนมอาลัว ขนมหัวเราะ จากสูตรดั้งเดิมที่ทำจากแป้งสาลี ทั้งจากข้อมูลทุติยภูมิและจากการสอบถามผู้ผลิต เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบการวิจัย

3.1.1.3 การเตรียมวัตถุดิบเมล็ดถั่วมะแสะ เพื่อนำไปโม่บดให้เป็นแป้ง สำหรับการศึกษาตลอดโครงการ ในการทดลองครั้งนี้ ใช้ถั่วมะแสะพันธุ์ ICPL 151 จากศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น และจากฝ่ายผลิตพันธุ์พืช สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดใหญ่ และให้ผลผลิตสูง

3.1.1.4 การคัดเลือกวัตถุดิบเมล็ดถั่วมะแสะ มีวิธีพิจารณากำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกดังนี้ (ดูแผนภูมิที่ 3-2 ประกอบ)

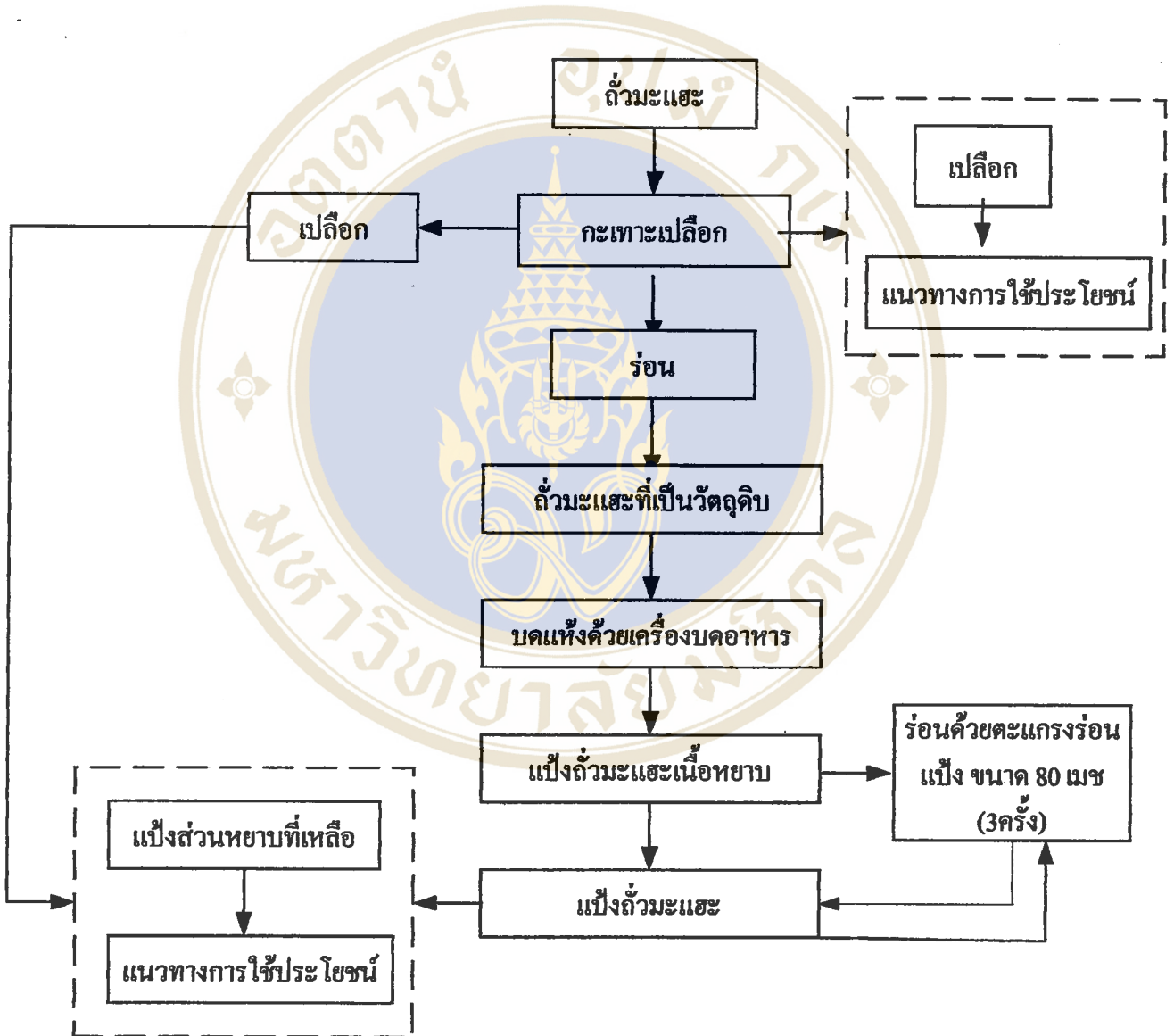
- 1) คัดแยกสิ่งปนเปื้อน เช่น เศษหิน ดิน ทราย และฝุ่นละออง ออกจากเมล็ดถั่วมะแสะ
- 2) คัดเลือกเฉพาะเมล็ดที่มีความสมบูรณ์ เลือกเมล็ดที่เสีย เช่น เล็กลีบ ฝ่อ หรือมีหนอนแมลงเจาะ ทั้ง วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเมล็ด
- 3) คัดเลือกเมล็ดที่แก่จัด โดยเทียบสีกับ Munsell Book of Color
- 4) ชั่งน้ำหนักเมล็ด/100 เมล็ด



แผนภูมิที่ 3-2 เกณฑ์การเตรียมวัตถุดิบเมล็ดถั่วมะแฮะ

3.1.1.5 การเตรียมแป้งจากถั่วมะแฮะ

นำถั่วมะแฮะที่ผ่านการคัดเลือกสิ่งปนเปื้อนออกหมดแล้ว ชั่งน้ำหนักที่ 10 กิโลกรัม นำไปกะเทาะเปลือกด้วยไม้หิน ฝัดด้วยกระด้งเพื่อแยกเปลือกออก ชั่งน้ำหนักเนื้อถั่วได้ 8 กิโลกรัม จากนั้นบดแห้งด้วยเครื่องบดอาหาร ร้อนด้วยตะแกรงร้อนแป้งขนาด 80 เมช 3 ครั้ง ได้แป้งถั่วมะแฮะ 6.5 กิโลกรัม ดังแผนภูมิที่ 3-3



แผนภูมิที่ 3-3 กระบวนการผลิตแป้งถั่วมะแฮะ

3.1.1.6 การคัดเลือกวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสม ได้แก่ แป้งสาลี น้ำมันพืช เนย นมข้นหวาน น้ำตาลทราย เกลือป่น ฯลฯ โดยการซื้อวัตถุดิบเพียงครั้งเดียวให้เพียงพอสำหรับการวิจัยตลอดโครงการ จากห้างสรรพสินค้าบิ๊กซี สาขาบางใหญ่ มีเกณฑ์ในการพิจารณาตัดสินใจ เลือกซื้อดังนี้

- 1) บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทก่อนนำมาใช้
- 2) มีฉลากระบุ ผู้ผลิตสินค้า ส่วนประกอบ วันผลิต และวันหมดอายุ
- 3) เครื่องหมายรับประกันคุณภาพสินค้า จากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) หรือ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.)

3.1.1.7 การเตรียมอุปกรณ์ในการผลิตอาหารว่าง

- 1) เครื่องบดอาหาร moulinex ขนาด 300 วัตต์
- 2) ถ้วยตวง, ช้อนตวง
- 3) เครื่องชั่งระบบตัวเลข
- 4) เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ
- 5) ตะแกรงร้อนทำความสะอาดและคัดเลือกเมล็ดถั่วมะพร้าวขนาด 16 เมช
- 6) ตะแกรงร้อนแป้งขนาด 80 เมช
- 7) หม้อกวนสมเดนเลส ขนาด 1030 วัตต์
- 8) กะทะเหล็ก
- 9) เตาแก๊ส
- 10) ไม้หั่น

3.1.1.8 เตรียมแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบประเมินผลแบบ Hedonic Rating Scale (7- points) โดยคะแนนสูงสุด = 7 หมายถึง ชอบมาก, 4 หมายถึง รู้สึกเฉยๆ และคะแนนต่ำสุด = 1 หมายถึง ไม่ชอบมาก

3.1.1.9 เตรียมสร้าง Master Sheet เพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.1.2 ขั้นตอนการออกแบบการวิจัย

3.1.2.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วมะพร้าว ค้าน สี ขนาด น้ำหนัก ความสมบูรณ์ของเมล็ด

- 1) ตรวจสอบวัดสีของเปลือกถั่วมะพร้าว โดยใช้วิธีการเทียบสีกับ Munsell Book

- 2) ตรวจสอบวัสดุของเนื้อเมล็ดถั่วมะแสะ โดยใช้ Muncell Book
- 3) คัดเลือกขนาดของเมล็ดถั่วมะแสะ โดยใช้ ตะแกรงขนาด 16 เมช เพื่อร่อน เศษหิน ดิน ทราย ฟูน ออก วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเมล็ดจากจำนวนถั่วทั้งหมด 10 เมล็ด ด้วยเครื่องมือ เวอร์เนียร์ คาลิเปอร์ นำค่าที่ได้มารวมกัน และหารหาค่าเฉลี่ยของถั่วทั้งหมด
- 4) นับจำนวนเมล็ดถั่วมะแสะ 100 เมล็ด ชั่งน้ำหนักทำ 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเมล็ดต่อ 100 เมล็ด
- 5) ตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ด โดยคัดเลือกเมล็ดที่เสียทิ้ง เช่น เล็ก ถีบ ฟ่อ หรือมีหนอนแมลงเจาะ ด้วยมือ

3.1.2.2 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่เป็นสูตรดั้งเดิมของการทำงานนมรอบเต็ม ขนมอาถัว ขนมหัวเราะ เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตอาหารว่างทั้ง 3 ชนิด ได้คัดเลือกสูตรอาหารว่าง ของอาจารย์ศรีสมร คงพันธุ์ ซึ่งเป็นสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ใช้สอนตามสถาบันการศึกษาทั่วไป ที่เปิดสอนด้านอาหารและโภชนาการ ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

ตารางที่ 3-1 สูตรขนมรอบเต็มที่ใช้เป็นสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ส่วนประกอบ	ปริมาณ	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ
แป้งสาลี	2 ถ้วย	200	20
ไข่เป็ด	1 ฟอง	55	5.5
น้ำมันพืช	1/2 ถ้วย	120	12
น้ำตาล	4 ช้อนโต๊ะ	50	5.0
น้ำตาลปีบ	150 กรัม	150	15
เกลือ	1 ช้อนชา	4	0.4
พริกไทย	1 ช้อนชา	8	0.8
กระเทียมโขลก	2 ช้อนชา	2	0.2
น้ำมันสำหรับทอด	2 ถ้วย	400	40
น้ำ(ส่วนผสมทำน้ำเชื่อม)	2 ช้อนโต๊ะ	25	2.5

ตารางที่ 3-2 สูตรขนมอาลาวีที่เป็นสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ส่วนประกอบ	ปริมาณ	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ
แป้งสาลี	2 ถ้วย	200	20
น้ำลอยดอกมะลิ	¾ ถ้วย	168	16.8
กะทิ	1 ¼ ถ้วย	280	28
น้ำตาลทราย	1 ¼ ถ้วย	225	22.5
สีผสมอาหาร	2-3 หยด	-	-

ตารางที่ 3-3 สูตรขนมหัวเราะที่ใช้เป็นสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ส่วนประกอบ	ปริมาณ	น้ำหนัก(กรัม)	ร้อยละ
แป้งสาลี	2 ถ้วย	200	20
ผงฟู	1 ช้อนชา	4	0.4
เกลือป่น	½ ช้อนชา	2	0.2
ไข่ไก่	1 ฟอง	50	5.0
น้ำตาลทราย	¾ ถ้วย	150	15
เนย	1 ช้อนโต๊ะ	15	1.5
น้ำ	3 ช้อนโต๊ะ	37.5	3.75
งาขาวคั่ว	¼ ถ้วย	25	2.5
น้ำมันสำหรับทอด	3 ถ้วย	600	60

3.1.2.3 การปรับปรุงสูตร ใช้ค่าร้อยละเป็นอัตรามาตรฐานกำหนดปริมาณแป้งถั่วและที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักแทนแป้งสาลีที่เป็นสูตรดั้งเดิมจาก 100 เปอร์เซ็นต์ ค่อยๆลดปริมาณลงสูตรละ 25 เปอร์เซ็นต์ ถ้าใช้แป้งสาลี 75 เปอร์เซ็นต์ ก็จะแทนที่ด้วยแป้งถั่วและ 25 เปอร์เซ็นต์ ถดลงไปจนกระทั่งใช้แป้งถั่วและล้วน 100 เปอร์เซ็นต์ นำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่าง รวม 3 ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ละ 4 สูตร ซึ่งทดลองจากระบบการผลิตจริง โดยใช้แบบสอบถามกับผู้ทดสอบชิม ผลิตภัณฑ์ วางแผนการตลาดในขั้นตอนที่ 3 นี้

3.1.3 ขั้นตอนการทดลองและบันทึกข้อมูล

3.1.3.1 การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแป้งถั่วมะแสะ มาทำผลิตภัณฑ์อาหารว่างทดลองนำแป้งถั่วมะแสะมาทำผลิตภัณฑ์อาหารว่างชนิดต่างๆ 3 ชนิด โดยแต่ละชนิดจะทำการทดลอง 4 สูตร โดยมีสูตรดั้งเดิมเป็นสูตรควบคุม (Control) อีกหนึ่งสูตร รวมเป็น 5 สูตร เพื่อหาการยอมรับโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านรสชาติ กลิ่น สี เนื้อสัมผัส และการยอมรับทั่วไป ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการผลิตแต่ละผลิตภัณฑ์ดังนี้

ผลิตภัณฑ์ชนิดที่ 1 การทำผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มจากแป้งถั่วมะแสะ

โดยการทดลองทำเพื่อศึกษาหาปริมาณแป้งถั่วมะแสะที่เหมาะสม ในการทำผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มจากแป้งถั่วมะแสะ 4 สูตร โดยมีสูตรดั้งเดิมเป็นสูตรควบคุม 1 สูตรทดลอง 3 ซ้ำ (ดังแผนภูมิที่ 3-4) ซึ่งมีวิธีการศึกษาดังนี้

1) การเตรียมแป้งถั่วมะแสะ โดยการนำถั่วมะแสะพันธุ์ ICPL 151 ที่ได้จากสถาบันวิจัยพืชไร่ขอนแก่น มาคัดทำความสะอาดและกะเทาะเปลือก จากนั้นนำไปป่นด้วยเครื่องบดอาหารได้แป้งที่มีลักษณะหยาบ นำไปร่อนด้วยตะแกรงร่อนแป้ง จนกระทั่งได้แป้งที่มีลักษณะ ป่น ละเอียด เนียนมือ (ดังแผนภูมิที่ 3-3)

2) ผสมแป้งสาลีกับแป้งถั่วมะแสะ เกลือ ไข่ น้ำปูนใส และ กะทิวนวดให้เข้ากันจนแป้งนิ่มดี คลึงออกเป็นแผ่นบางๆ ตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็กๆ ขนาด 1 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 0.13 นิ้ว

3) นำแป้งไปทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ตักขึ้นพักให้สะเด็ดน้ำมัน

4) โขลกรากผักชี พริกไทย กระเทียม ให้ละเอียด ผัดกับน้ำมันให้หอม ใส่น้ำตาล น้ำน้ำปลา เคี่ยวพอเหนียว ใส่น้ำมันที่ทอดแล้วลงคลุกให้ทั่ว ตักขึ้นพักไว้ให้เย็น เก็บในภาชนะที่มีฝาปิดสนิท

5) ในการทดลองนี้ ทำเพื่อศึกษาปริมาณแป้งถั่วมะแสะที่เหมาะสมในการนำมาทำผลิตภัณฑ์กรอบเค็ม ที่ปริมาณต่างๆ 5 สูตร คือ

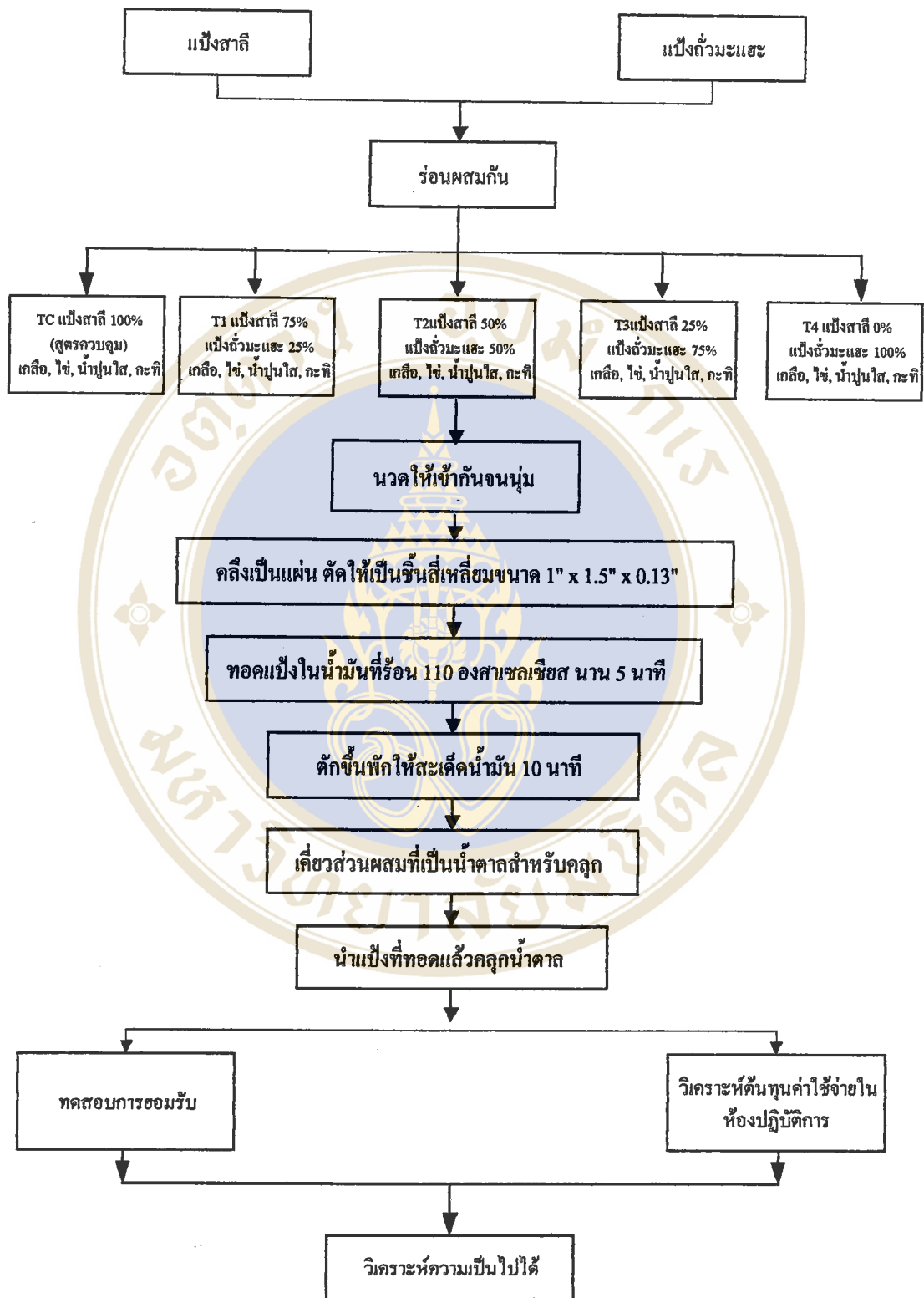
5.1) Treatment C ใช้แป้งสาลีปริมาณร้อยละ 100 เป็นสูตรควบคุม (TC)

5.2) Treatment 1.1 ใช้แป้งถั่วมะแสะปริมาณร้อยละ 25 แป้งสาลีปริมาณร้อยละ 75 (T1)

5.3) Treatment 1.2 ใช้แป้งถั่วมะแสะปริมาณร้อยละ 50 แป้งสาลีปริมาณร้อยละ 50 (T2)

5.4) Treatment 1.3 ใช้แป้งถั่วมะแสะปริมาณร้อยละ 75 แป้งสาลีปริมาณร้อยละ 25 (T3)

5.5) Treatment 1.4 ใช้แป้งถั่วมะแสะปริมาณร้อยละ 100 (T4)



แผนภูมิที่ 3-4 ขั้นตอนการทดลองทำกรอบเค็มจากแป้งถั่วมะพร้าว (Treatment 1)

ผลิตภัณฑ์ชนิดที่ 2 การทำผลิตภัณฑ์ขนมอาถั่วจากแป้งถั่วมะแฮะ

โดยการทดลองทำเพื่อการศึกษาปริมาณแป้งถั่วมะแฮะที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอาถั่วจากแป้งถั่วมะแฮะ 4 สูตร โดยมีสูตรดั้งเดิมเป็นสูตรควบคุม 1 สูตร ทดลอง 3 จำ (ดังแผนภูมิที่ 3-6) โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

1) ผสมแป้งสาลี แป้งถั่วมะแฮะลงในอ่าง ใส่น้ำตาลทรายเคล้าให้เข้ากัน ใส่วัตถุที่ละเอียด น้อยขนาดจนน้ำตาลละลาย แล้วใส่กะทิที่เหลือจนหมด คนให้เข้ากันดี แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง

2) แบ่งส่วนผสมในข้อ 1 ลงในกระทะ ยกขึ้นตั้งไฟค่อนข้างอ่อน (ประมาณ 80 องศาเซลเซียส) กวนเร็วๆ แรงๆ ไปทางเดียวกัน จนแป้งสุกไม่ขุ่น ใส่อัตตามต้องการ ยกลงทิ้งไว้ให้อุ่น ประมาณ 50 องศาเซลเซียส

3) ใช้หัวบีบรูปวง เป็นแบบกันหอย บีบแป้งเป็นรูปหยดน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ฐาน 1.5 เซนติเมตร ความสูงขึ้นอยู่กับน้ำหนักมือ ลงในถาดที่ปูด้วยใบตอง ผึ่งแดด 3 แดด ประมาณ 18 ชั่วโมงให้ส่วนผิวนอกขึ้นเกร็ดขาวนวลเก็บใส่ภาชนะ ไม่ให้อากาศเข้า

4) ในการทดลองนี้ทำเพื่อหาปริมาณแป้งถั่วมะแฮะที่เหมาะสมในการนำมาทำผลิตภัณฑ์ขนมอาถั่ว เพื่อทดแทนแป้งสาลี จากแป้งถั่วมะแฮะที่ปริมาณต่างๆ 5 สูตรดังนี้

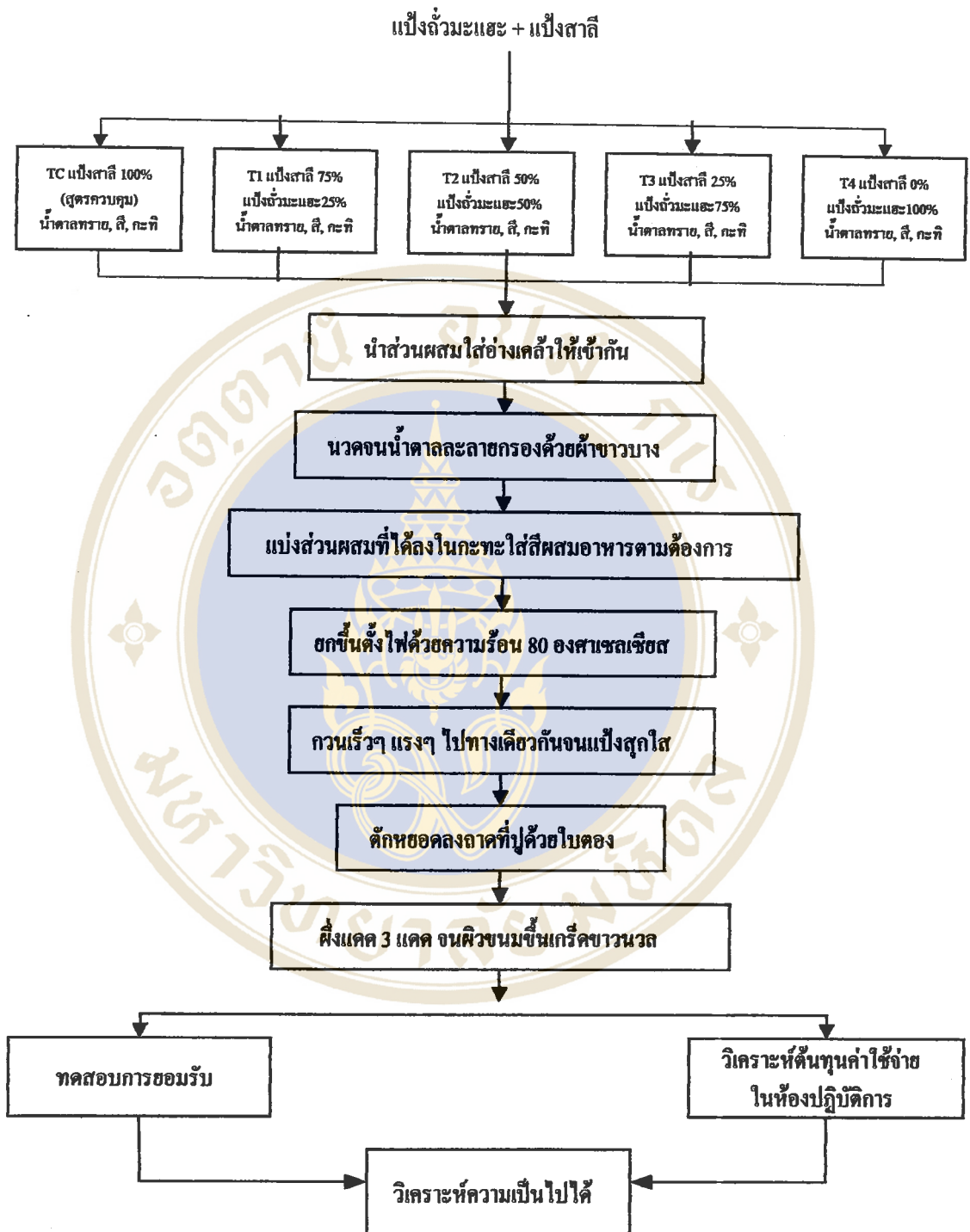
4.1) Treatment C ใช้แป้งสาลีปริมาณร้อยละ 100 เป็นสูตรควบคุม (TC)

4.2) Treatment 2.1 ใช้แป้งถั่วมะแฮะปริมาณร้อยละ 25 แป้งสาลีปริมาณร้อยละ 75 (T1)

4.3) Treatment 2.2 ใช้แป้งถั่วมะแฮะปริมาณร้อยละ 50 แป้งสาลีปริมาณร้อยละ 50 (T2)

4.4) Treatment 2.3 ใช้แป้งถั่วมะแฮะปริมาณร้อยละ 75 แป้งสาลีปริมาณร้อยละ 25 (T3)

4.5) Treatment 2.4 ใช้แป้งถั่วมะแฮะปริมาณร้อยละ 100 (T4)

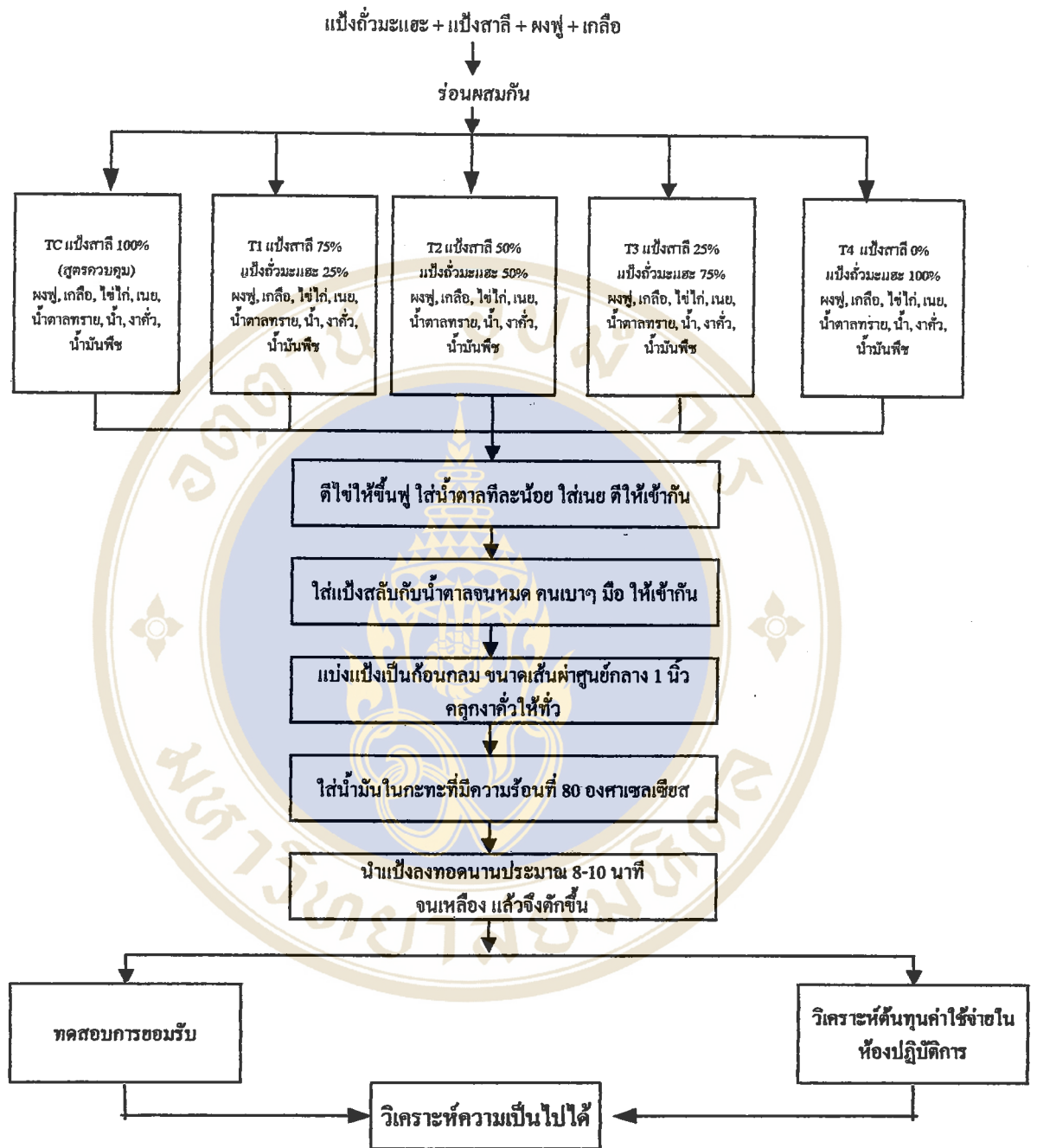


แผนภูมิที่ 3-5 ขั้นตอนการทดลองทำขนมอาลาวี (Treatment 2)

ผลิตภัณฑ์ชนิดที่ 3 การทำผลิตภัณฑ์ขมนหัวเราะจากแป้งถั่วมะแฮะ

โดยการทดลองทำเพื่อศึกษาปริมาณแป้งถั่วมะแฮะที่เหมาะสม ในการทำผลิตภัณฑ์ขมนหัวเราะจากแป้งถั่วมะแฮะ 4 สูตร โดยมีสูตรดั้งเดิมเป็นสูตรควบคุม 1 สูตร ทดลอง 3 ซ้ำ (ดังแผนภูมิที่ 3-6) โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

- 1) ผสมแป้งสาลี เกลือ ผงฟู เข้าด้วยกัน ร่อนประมาณ 2 ครั้ง
- 2) ตีไข่ให้ขึ้นฟู ใส่น้ำตาลที่ละเอียดจนหมด ใส่น้ำแล้วตีต่อ ไข่ให้เข้ากัน
- 3) ใส่น้ำมันลงกับน้ำจนหมด คนเบาๆมือให้เข้ากันดี แบ่งแป้งเป็นก้อนกลม ให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว
- 4) ใส่น้ำมันลงในกระทะ ตั้งไฟที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นำแป้งที่ปั้นเป็นก้อนกลมคลุกกับงาตัวจนทั่วก่อนแป้ง
- 5) ใส่น้ำมันลงทอดในน้ำมัน ใช้ไม้กลี้อกลับ ปรมาทอดประมาณ 8-10 นาที เมื่อสุกเหลืองดีจึงตักขึ้น
- 6) ในการทดลองนี้ ทำเพื่อหาปริมาณแป้งถั่วมะแฮะที่เหมาะสมในการนำมาทำผลิตภัณฑ์ขมนหัวเราะ เพื่อทดแทนแป้งสาลี จากแป้งถั่วมะแฮะที่ปริมาณต่างๆ 5 สูตร ดังนี้
 - 6.1) Treatment TC ใช้แป้งสาลีปริมาณร้อยละ 100 เป็นสูตรควบคุม (TC)
 - 6.2) Treatment 3.1 ใช้แป้งถั่วมะแฮะปริมาณร้อยละ 25 แป้งสาลีปริมาณร้อยละ 75 (T1)
 - 6.3) Treatment 3.2 ใช้แป้งถั่วมะแฮะปริมาณร้อยละ 50 แป้งสาลีปริมาณร้อยละ 50 (T2)
 - 6.4) Treatment 3.3 ใช้แป้งถั่วมะแฮะปริมาณร้อยละ 75 แป้งสาลีปริมาณร้อยละ 25 (T3)
 - 6.5) Treatment 3.4 ใช้แป้งถั่วมะแฮะปริมาณร้อยละ 100 (T4)



แผนภูมิที่ 3-6 ขั้นตอนการทดลองทำขนมหัวเราะ (Treatment 3)

3.1.3.2 การศึกษาการยอมรับในผลิตภัณฑ์

ทำการวัดผลโดยใช้ผู้ทดสอบชิม ชิมผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด ทำการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ ละ 60 คน (ซ้ำละ 20 คน ชิม 3 ซ้ำ) เพื่อประเมินคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ใช้ 7 point hedonic scale เป็นเครื่องมือวัด แล้วนำคะแนนที่ได้ไปหาการยอมรับทางด้านสถิติของผลิตภัณฑ์ ใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) คะแนนที่ได้จากการทดสอบนำมาหาค่าความแปรปรวนด้วยตาราง ANOVA และวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติระหว่างตัวอย่าง โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

3.1.3.3 ขั้นตอนการเก็บและบันทึกข้อมูล

การเก็บข้อมูล ทำการเก็บข้อมูลจากระบบการผลิตจริง โดยการทดลองนำถั่วมะสะมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่าง 3 ชนิด แล้วนำไปทดสอบชิมเพื่อหาการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด โดยนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อให้ทราบว่า การนำแป้งถั่วมะสะมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างด้วยวิธีการใดใน 4 วิธีที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด มีความเหมาะสมที่สุด แล้วทำการบันทึกข้อมูล

การเก็บข้อมูลปริมาณแป้งถั่วมะสะที่เหมาะสม โดยนำแป้งถั่วมะสะมาทดแทนแป้งสาลีสูตรคั้งเคิม ใช้ปริมาณแป้งสาลีที่ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นสูตรควบคุมจากนั้นค่อยๆ ลดลงทีละ 25 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละสูตรซึ่งมีทั้งหมด 4 สูตร ใน 3 ผลิตภัณฑ์ แล้วนำไปทดสอบชิม เพื่อหาการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ ขนมอบเคิม ขนมอบลาว ขนมอบหั่วเราะ นำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาการยอมรับของผู้บริโภค แล้วทำการบันทึกข้อมูล

การเก็บข้อมูลแรงงานที่ใช้ในการผลิต ทำการเก็บข้อมูลจากระบบการผลิตจริงตลอดเวลาที่ทำการทดลอง โดยใช้การคำนวณเวลา(ชั่วโมง) การทำงานที่ใช้ตลอดกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จ ได้เป็นผลิตภัณฑ์ออกมา แล้วทำการบันทึกข้อมูล

การเก็บข้อมูล เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต ทำการเก็บข้อมูลจากระบบการผลิตจริงตลอดเวลาที่ทำการทดลอง โดยจะทำการสำรวจตั้งแต่วันที่เริ่มต้นจนถึงวันเวลาสุดท้าย ที่ทำผลิตภัณฑ์สำเร็จ ทำการบันทึกข้อมูล

การเก็บข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงและการใช้ไฟฟ้า ทำการเก็บข้อมูลจากการผลิตจริงตลอดเวลาที่ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ในการผลิตแต่ละผลิตภัณฑ์แล้วคำนวณหาจำนวนค่าใช้จ่ายแล้วบันทึกข้อมูล

$$\text{พลังงานไฟฟ้า(หน่วย)} = \text{กำลังไฟฟ้า(กิโลวัตต์)} \times \text{เวลาที่ใช้(ชั่วโมง)}$$

โดยใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 1 (ที่อยู่อาศัย) ของการไฟฟ้านครหลวง

3.1.4 ขั้นตอนการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล

3.1.4.1 การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วมะแฮะได้แก่

1) ตรวจสอบวัดสีของเปลือกเมล็ด สีของเนื้อเมล็ด และสีของแป้งถั่วมะแฮะ โดยวิธีเทียบสีกับ Munsell Book

2) ตรวจสอบคัดเลือกขนาดของถั่วมะแฮะโดยใช้ตะแกรงขนาด 16 เมช เพื่อร่อนเศษหิน ดิน ทราย ออก วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเมล็ดโดยสุ่มคำนวณจากถั่วจำนวน 10 เมล็ด วัดขนาดเมล็ดด้วยเครื่องมือ เวอร์เนียร์ คาร์ลิปเปอร์

3) ตรวจสอบน้ำหนักเมล็ดถั่วมะแฮะต่อ 100 เมล็ด โดยการชั่งน้ำหนัก

4) ตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ด โดยคัดเลือกเมล็ดที่เสียหาย เช่น เล็กฝิบ ฝ่อ หรือมีหนอนแมลงเจาะ ด้วยมือ

3.1.4.2 การวิเคราะห์เชิงสถิติ โดยนำคะแนนที่ได้จากการชิมทางประสาทสัมผัส คำนวณ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด วิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้ ANOVA หาค่าความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.1.4.3 วิเคราะห์ต้นทุนการผลิต โดยวิเคราะห์หาต้นทุนที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิดดังนี้

1) การคิดค่าวัตถุดิบ วัตถุดิบหลักคือถั่วมะแฮะ จากศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น และสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 เชียงใหม่ ราคา กิโลกรัมละ 5 บาท นำไปแปรรูปเป็นแป้ง ราคา กิโลกรัมละ 18.80 บาท แป้งสาลี กิโลกรัมละ 34 บาท น้ำตาลทราย กิโลกรัมละ 12.50 บาท น้ำตาลปี๊บ กิโลกรัมละ 20 บาท น้ำมันปาล์มราคา กิโลกรัมละ 29 บาท เกลือราคา กิโลกรัมละ 9 บาท กะทิ กิโลกรัมละ 25 บาท มาการีน กิโลกรัมละ 85 บาท งา กิโลกรัมละ 27 บาท ไข่ไก่ฟองละ 2 บาท น้ำสะอาดแกลลอนละ 10 บาท

2) การคิดค่าไฟฟ้า การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า 2 ชนิด คือเครื่องบดไฟฟ้าขนาด 300 วัตต์ และกะทะไฟฟ้าขนาด 1030 วัตต์ การคิดค่าไฟฟ้าคิดจากปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตขนมอาลัวทั้ง 4 สูตรในห้องปฏิบัติการ คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง กรุงเทพมหานคร เดือน ธันวาคม 2543 อัตรา 2.98 บาทต่อหน่วยไฟฟ้า

3) การคิดค่าเชื้อเพลิง คิดค่าแก๊สรวมตลอดการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด โดยใช้เกณฑ์ราคาท้องตลาด ณ วันทดลอง จังหวัดกรุงเทพมหานคร เดือน ธันวาคม 2543 ราคา

4) การคิดค่าแรง คิดตามแรงงานขั้นต่ำตามประกาศกระทรวงแรงงาน และสวัสดิการสังคมในเขตกรุงเทพมหานคร คือ 165 บาท/วัน หรือ 20.63 บาท/ชั่วโมง นำมาคิดค่าแรงในการผลิตอาหารว่างทั้ง 3 ชนิด

3.2 ประชากรและการสุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้กลุ่มประชากรที่เป็นเจ้าหน้าที่ และอาจารย์ของ วิทยาลัยอาชีวศึกษาธนบุรี ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ใหญ่วัยทำงาน มีช่วงอายุระหว่าง 25-55 ปี ไม่ระบุเพศ จำนวน 180 คน เป็นผู้ทดสอบชิมโดยใช้วิธีการสุ่ม แบบบังเอิญ จัดผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ละ 60 คน แบ่งเป็น 3 ซ้ำๆ ละ 20 คน ทำการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม สเกลที่ใช้คือ สเกลความชอบ 7 จุด (7 – point Hedonic Scale) ให้ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบมากที่สุด และ 7 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด

3.2.2 คุณลักษณะของผู้ทดสอบชิมประกอบด้วย

- 1) เพศชาย ร้อยละ 41 มีช่วงอายุระหว่าง 28-46 ปี
- 2) เพศหญิง ร้อยละ 59 มีช่วงอายุระหว่าง 25-55 ปี
- 3) ผู้ทดสอบชิมรู้จัก และเคยรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารทั้ง 3 ชนิดนี้

3.2.3 การทดลองครั้งนี้ใช้แผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) คะแนนที่ได้จากการทดสอบนำมาหาค่าความแปรปรวนโดยใช้ตาราง ANOVA วิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติระหว่างตัวอย่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2.4 วิธีการสุ่มตัวอย่าง ทำการสุ่มตัวอย่างจากราง Table of Random Number และสุ่มลำดับการเสนอตัวอย่างเพื่อทดสอบการชิมจากราง Table of Random Number Permutation of nine

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วมะแสะ และนำมาแปรรูปให้เป็นแป้งสำหรับนำไปใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนแป้งสาลี ในการทดลองผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารว่าง 3 ชนิด ได้แก่ ขนมกรอบเค็ม ขนมอ้าว ขนมหัวเราะ ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผู้ทดสอบชิม เพื่อวิเคราะห์หาต้นทุนการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วมะแสะ

4.1.1 ผลการคัดเลือกขนาดของเมล็ดถั่วมะแสะ โดยการคัดแยกเศษหินก้อนใหญ่ และเศษฝักด้วยมือแล้วนำไปร่อนในตะแกรงขนาด 16 เมช เพื่อแยกเศษหิน ดิน ทราช และฝุ่นละอองอีกครั้ง เมล็ดถั่วมะแสะที่มีความสมบูรณ์จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 4.5 – 5.3 มิลลิเมตร

4.1.2 ผลการศึกษาน้ำหนักเมล็ดถั่วมะแสะ โดยการต้อนับเมล็ดถั่วมะแสะ 100 เมล็ด จำนวน 3 ครั้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ได้น้ำหนักเฉลี่ยที่ 10.17 กรัม

4.1.3 ผลการศึกษาสีของถั่วมะแสะพันธุ์ ICPL 151 โดยคัดเลือกเมล็ดที่แก่จัดเมื่อนำไปเทียบกับ Munsell Book พบว่า

- 1) ถั่วมะแสะทั้งเปลือกมีค่าสีเท่ากับ 7.5 YR 4/6 หรือสีน้ำตาลอมแดง
- 2) เนื้อถั่วมะแสะด้านในมีค่าสีเท่ากับ 2.5 YR 8.5/6 หรือสีเหลืองอ่อน
- 3) เนื้อถั่วมะแสะด้านนอกมีค่าสีเท่ากับ 2.5 YR 8/10 หรือสีเหลืองค่อนข้างเข้ม

4.1.4 ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การเสีของเมล็ด โดยการนับเมล็ด 100 เมล็ด แล้วคัดแยกเอาเมล็ดเสีย เช่น สิบเล็ก ฝ่อ หรือมีหนอนแมลงเจาะ ออกให้หมด จะได้ปริมาณถั่วเมล็ดดี : ปริมาณถั่วเมล็ดเสีย โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 92 : 8

4.2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแป้งถั่วมะแฮะมาทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่าง

4.2.1 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำถั่วมะแฮะเมล็ดแห้งมาแปรรูปให้เป็นแป้ง โดยการนำถั่วมะแฮะทั้งเปลือกที่น้ำหนัก 10 กิโลกรัม ไปโม่ผ่าซีกด้วยโม่หิน แยกเอาเปลือกออก โดยฝัดด้วยกระด้ง ได้เนื้อถั่วที่น้ำหนัก 8 กิโลกรัม นำเนื้อถั่วที่ได้ไปบดแห้งด้วยเครื่องบดอาหาร แล้วร่อนด้วยตะแกรกร่อนแป้งขนาด 80 เมช จำนวน 3 ครั้ง ได้แป้งถั่วมะแฮะ 6.5 กิโลกรัม เมื่อนำไปเทียบสีกับ Munsell Book พบว่าแป้งของถั่วมะแฮะมีค่าสีเท่ากับ 5Y 9/2 หรือมีสีเหลืองออกนวล

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด โดยใช้แป้งถั่วมะแฮะทดแทนแป้งสาลี ผลการศึกษาผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดมีดังนี้

ผลิตภัณฑ์ที่ 1 ขนมกรอบเค็ม

ศึกษาการใช้แป้งถั่วมะแฮะเพื่อทดแทนแป้งสาลี ที่ปริมาณร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ในด้านต่าง ๆ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็ม

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็ม				
	TC	T1	T2	T3	T4
สี	5.82 ^a	6.12 ^a	5.38 ^b	5.42 ^b	5.17 ^b
กลิ่น	5.55 ^a	5.37 ^a	4.55 ^b	4.82 ^b	4.48 ^b
รสชาติ	5.62 ^a	5.52 ^a	4.67 ^b	4.83 ^b	4.55 ^b
เนื้อสัมผัส	5.53 ^a	5.38 ^a	4.63 ^b	4.57 ^b	4.43 ^b
ความชอบรวม	5.85 ^a	5.72 ^a	4.88 ^b	4.82 ^b	4.50 ^b

หมายเหตุ 1) ออกแบบการทดลองแบบ CRD นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ ANOVA และหาความแตกต่างด้วย DMRT

2) ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

3) สัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสูตรทดลองของทุกผลิตภัณฑ์มีดังนี้

TC คือ สูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลีร้อยละ 100

T1 คือ สูตรทดลองที่ใช้แป้งสาลีร้อยละ 75 แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 25

T2 คือ สูตรทดลองที่ใช้แป้งสาลีร้อยละ 50 แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 50

T3 คือ สูตรทดลองที่ใช้แป้งสาลีร้อยละ 25 แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 75

T4 คือ สูตรทดลองที่ใช้แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 100

จากตารางที่ 4-1 เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มแต่ละสูตร พบว่ามีคะแนนการยอมรับด้านต่างๆดังนี้

ด้านสี

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการยอมรับด้านสี ของผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มทุกสูตรพบว่า สูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 25 (T1) มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 50 (T2) ร้อยละ 75 (T3) และร้อยละ 100 (T4) โดยสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 25 (T1) ได้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นสูงสุด และสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 100 (T4) ได้คะแนนการยอมรับต่ำสุด

ด้านกลิ่น

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น ของผลิตภัณฑ์ของขนมกรอบเค็มทุกสูตรพบว่า สูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 25 (T1) มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอื่นๆ โดยสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 25 (T1) ได้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นสูงสุด และสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 100 (T4) ได้คะแนนการยอมรับต่ำสุด

ด้านรสชาติ

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับด้านรสชาติ ของผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มทุกสูตรพบว่า สูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 25 (T1) มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติกับสูตรอื่นๆ โดยสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 (T1) ได้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติสูงสุด และสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะแสะร้อยละ 100 (T4) ได้คะแนนการยอมรับต่ำสุด

ด้านเนื้อสัมผัส

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มทุกสูตรพบว่า สูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 (T1) มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอื่นๆ โดยสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 (T1) ได้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงสุด และสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะแสะร้อยละ 100 (T4) ได้คะแนนการยอมรับต่ำสุด

ด้านความชอบรวม

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มทุกสูตรพบว่า สูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 (T1) ได้คะแนนการยอมรับสูงสุดคือมีคะแนนเฉลี่ย 5.72 และสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะแสะร้อยละ 100 (T4) ได้รับการยอมรับต่ำสุดคือมีคะแนนเฉลี่ย 4.50

ผลิตภัณฑ์ที่ 2 ขนมอาลัว

ศึกษาการใช้แป้งถั่วมะแสะเพื่อทดแทนแป้งสาลีในปริมาณต่าง ๆ กัน ที่ระดับร้อยละ 25 50 75 และ 100 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ในด้านต่าง ๆ ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ขนมอาลัว

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์ขนมอาลัว				
	TC	T1	T2	T3	T4
สี	5.73 ^a	5.63 ^a	5.42 ^a	5.83 ^a	5.68 ^a
กลิ่น	5.42 ^a	5.37 ^a	5.27 ^a	5.25 ^a	5.18 ^a
รสชาติ	5.47 ^a	5.47 ^a	5.18 ^a	5.50 ^a	5.43 ^a
เนื้อสัมผัส	5.35 ^a	5.48 ^a	4.90 ^b	5.43 ^a	5.38 ^a
ความชอบรวม	5.58 ^a	5.45 ^a	5.25 ^a	5.52 ^a	5.40 ^a

- หมายเหตุ 1) ออกแบบการทดลองแบบ CRD นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ ANOVA และหาความแตกต่างด้วย DMRT
- 2) ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

จากตารางที่ 4-2 เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลิตภัณฑ์ขนมอาถั่วแต่ละสูตรพบว่า มีคะแนนการยอมรับด้านต่างๆ ดังนี้

ด้านสี

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับด้านสี ของผลิตภัณฑ์ขนมอาถั่วทุกสูตรพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะพร้าวร้อยละ 75 (T3) ได้รับการยอมรับด้านสีสูงสุด คือมีคะแนนเฉลี่ย 5.83 และสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะพร้าวร้อยละ 50 (T2) ได้รับการยอมรับต่ำสุด คือมีคะแนนเฉลี่ย 5.42

ด้านกลิ่น

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ขนมอาถั่วทุกสูตรพบว่า สูตรที่ผสมแป้งถั่วมะพร้าวร้อยละ 25 (T1) ได้รับการยอมรับสูงสุด คือมีคะแนนเฉลี่ย 5.37 และสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะพร้าวร้อยละ 100 (T4) ได้รับการยอมรับต่ำสุด คือมีคะแนนเฉลี่ย 5.18 และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ด้านรสชาติ

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ขนมอาถั่วทุกสูตรพบว่า สูตรที่ผสมแป้งถั่วมะพร้าวร้อยละ 75 (T3) ได้รับการยอมรับสูงสุด คือมีคะแนนเฉลี่ย 5.50 และสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะพร้าวร้อยละ 50 (T2) ได้รับการยอมรับต่ำสุด คือมีคะแนนเฉลี่ย 5.18 และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ด้านเนื้อสัมผัส

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า สูตรที่ผสมแป้งถั่วมะพร้าวร้อยละ 25 (T1), 75 (T3) และ 100 (T4) ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่สูตรที่มีส่วนผสมแป้งถั่วมะพร้าวร้อยละ 50 (T2) มีความแตกต่างจากสูตรควบคุม และ

สูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 25 (T1), 75 (T3) และ 100 (T4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 25 (T1) ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุด

ด้านความชอบรวม

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ขนมอาถั่วทุกสูตร พบว่า สูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 75 (T3) ได้รับการยอมรับสูงสุด คือมีคะแนนเฉลี่ย 5.52 และสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 50 (T2) ได้รับการยอมรับต่ำสุดคือมีคะแนนเฉลี่ย 5.25 และทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลิตภัณฑ์ที่ 3 ขนมหัวเราะ

ศึกษาการใช้แป้งถั่วมะแฮะเพื่อทดแทนแป้งสาลีในปริมาณต่าง ๆ กัน ที่ระดับร้อยละ 25 50 75 และ 100 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ในด้านต่าง ๆ ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะ

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะ				
	TC	T1	T2	T3	T4
สี	6.05 ^a	5.73 ^a	5.90 ^a	5.67 ^a	5.60 ^a
กลิ่น	5.42 ^a	5.42 ^a	5.13 ^{ab}	4.93 ^{bc}	4.53 ^c
รสชาติ	5.58 ^a	5.33 ^a	5.32 ^a	4.82 ^b	4.53 ^b
เนื้อสัมผัส	5.08 ^a	4.63 ^b	4.53 ^{bc}	4.43 ^c	4.13 ^d
ความชอบรวม	5.83 ^a	5.42 ^{ab}	5.38 ^{ab}	5.07 ^b	4.92 ^b

- หมายเหตุ 1) ออกแบบการทดลองแบบ CRD นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ ANOVA และหาความแตกต่างด้วย DMRT
- 2) ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

จากตารางที่ 4-3 เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ ของผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะแต่ละสูตรพบว่า มีคะแนนการยอมรับด้านต่างๆ ดังนี้

ด้านสี

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับด้านสี ของผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะทุกสูตรพบว่า ไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 50 (T2) ได้คะแนนการยอมรับสูงสุด และสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะแสะร้อยละ 100 (T4) ได้คะแนนการยอมรับต่ำสุด

ด้านกลิ่น

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะทุกสูตรพบว่า คะแนนเฉลี่ยการยอมรับด้านกลิ่นของสูตรควบคุม และสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 (T1) ได้รับการยอมรับแตกต่างจากสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะแสะร้อยละ 75 (T3) และสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะแสะร้อยละ 100 (T4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่ไม่แตกต่างจากสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะแสะร้อยละ 50 (T2) และสูตรนี้มีความแตกต่างกับสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะแสะร้อยละ 100 (T4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ด้านรสชาติ

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่าสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 (T1) และร้อยละ 50 (T2) มีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม แต่แตกต่างจากสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 75 (T3) และร้อยละ 100 (T4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 (T1) ได้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติสูงสุด เฉลี่ยเท่ากับ 5.33 และสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 100 (T4) ได้รับการยอมรับด้านรสชาติต่ำสุด เฉลี่ยเท่ากับ 4.53

ด้านเนื้อสัมผัส

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า สูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะทุกสูตรได้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างจากสูตรควบคุม ส่วนสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 (T1) ได้รับคะแนนการยอมรับแตกต่างจากสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 75 (T3) และร้อยละ 100 (T4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่ไม่แตกต่าง

ต่างจากสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 50 (T2) และสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 50 (T2) และร้อยละ 75 (T3) มีความแตกต่างจากสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 100 (T4) ที่ระดับความเชื่อมั่นเดียวกัน โดยสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 (T1) ได้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงสุด เฉลี่ยเท่ากับ 4.63 และสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 100 (T4) ได้คะแนนการยอมรับต่ำสุด เฉลี่ยกับ 4.13

ด้านความชอบรวม

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่าสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 (T1) และร้อยละ 50 (T2) ไม่มีความแตกต่างจากสูตรควบคุม ส่วนสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 75 (T3) และร้อยละ 100 (T4) มีความแตกต่างจากสูตรควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 (T1) ได้รับคะแนนการยอมรับด้านความชอบรวมสูงสุด เฉลี่ยเท่ากับ 5.42 และสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 100 (T4) ได้รับการยอมรับด้านความชอบรวมต่ำสุด เฉลี่ยเท่ากับ 4.92

4.2.3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านต้นทุนในการผลิต

4.2.3.1 ผลการศึกษาต้นทุนการผลิตแป้งถั่วมะแสะ คัดต้นทุนการผลิตจากถั่วมะแสะเมล็ดแห้งของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ราคา กิโลกรัมละ 5 บาท จำนวน 10 กิโลกรัม เป็นเงิน 50 บาท ค่าแรงงานคิดจากค่าแรงงานขั้นต่ำตามประกาศของกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคมในเขตกรุงเทพมหานคร มีอัตราค่าแรงงานวันละ 165 บาท หรือเฉลี่ยชั่วโมงละ 20.63 บาท มีค่าแรงที่ต้องศึกษาดังนี้

- ค่าแรงคัดแยกสิ่งปนเปื้อนเมล็ดถั่วมะแสะจำนวน 10 กิโลกรัม ไม่กะเทาะเปลือก แล้วฝัดส่วนเปลือกออกใช้เวลา 3 ชั่วโมง จำนวนแรงงาน 1 คน เป็นเงิน 61.89 บาท
- ค่าแรงจากการนำถั่วมะแสะที่กะเทาะเปลือกแล้วมาป่นให้เป็นแป้ง ใช้เวลา 30 นาที จำนวนแรงงาน 1 คน เป็นเงิน 10.32 บาท
- ได้แป้งถั่วมะแสะ 6.50 กิโลกรัม รวมเป็นค่าแรงทั้งสิ้น 72.21 บาท แป้งถั่วมะแสะจะมีต้นทุนการผลิตกิโลกรัมละ 18.80 บาท

4.2.3.2 ผลการศึกษาต้นทุนการผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด ตลอดจนขบวนการศึกษา โดยพิจารณาจากค่าแรง ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าแก๊ส และค่าวัสดุดิบ มีดังนี้

- 1) ค่าแรงงานคิดจากค่าแรงขั้นต่ำตามประกาศของกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคมในเขตกรุงเทพมหานคร วันละ 165 บาท มีค่าแรงงานในการผลิตคือ

- แร่งงานที่ใช้ในการผลิตขนมกรอบเค็มทุกสูตรใช้เวลาเท่ากัน คือ สูตรละ 1 ชั่วโมง จำนวนแรงงาน 1 คน เป็นเงิน 20.63 บาท

- แร่งงานที่ใช้ในการผลิตขนมออาลัวทุกสูตรใช้เวลาเท่ากัน คือ สูตรละ 25 นาที จำนวนแรงงาน 1 คน เป็นเงิน 8.60 บาท

- แร่งงานที่ใช้ในการผลิตขนมหัวเราะทุกสูตรใช้เวลาเท่ากัน คือ สูตรละ 55 นาที จำนวนแรงงาน 1 คน เป็นเงิน 18.91 บาท

2) ค่าไฟฟ้า ค่าไฟฟ้าที่คำนวณประกอบด้วย ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการปั่นเมล็ดถั่วให้เป็นแป้ง และค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการกวนผลิตภัณฑ์ขนมออาลัว ซึ่งคิดตามอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ประเภทที่อยู่อาศัยในอัตรา 2.98 บาทต่อหน่วย มีรายละเอียดของค่าใช้จ่ายดังนี้

- ค่าปั่นเนื้อถั่วมะแสะให้เป็นแป้ง ใช้เครื่องบดไฟฟ้าขนาด 300 วัตต์ ปั่นถั่ว 1 กิโลกรัม ใช้เวลา 3.75 นาที ปั่นถั่วทั้งหมด 8 กิโลกรัม รวมใช้เวลา 30 นาที คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้า 0.44 บาท

- ค่ากวนส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ขนมออาลัว ใช้หม้อกวนแสดขนาด 1030 วัตต์ ใช้เวลาในการกวน 15 นาที ต่อผลิตภัณฑ์ 1 สูตร คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้า 0.77 บาท ต่อ 1 สูตร

3) ค่าน้ำ ค่าน้ำที่คำนวณประกอบด้วย ค่าน้ำในส่วนผสม และน้ำที่ใช้ล้างอุปกรณ์ ซึ่งคิดตามอัตราค่าน้ำประปาของการประปานครหลวง ประเภทที่อยู่อาศัยในอัตรา 9.51 บาทต่อหน่วย มีรายละเอียดของค่าใช้จ่ายดังนี้

- ปริมาณน้ำที่ใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อาหารว่าง 3 ชนิด คิดเป็น 1.50 ลิตร เป็นเงิน 1.50 บาท

- ปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับล้างอุปกรณ์คิดเป็น 20 ลิตร เท่ากันทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ เป็นเงิน 5 บาท ต่อผลิตภัณฑ์

4) ค่าแก๊ส คิดตามราคา ณ จังหวัดกรุงเทพมหานคร เดือนธันวาคม 2543 ราคา 11.33 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งการเตรียมผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ใช้ค่าแก๊สต่างกัน

- ขนมกรอบเค็ม ใช้แก๊สทอดสูตรละ 10 นาที รวม 5 สูตร เป็นเงิน 1.05 บาท

ใช้แก๊สเคี้ยวน้ำตาลสูตรละ 15 นาที รวม 5 สูตร เป็นเงิน 1.57 บาท

- ขนมหัวเราะ ใช้แก๊ส 1.50 กิโลกรัม รวม 5 สูตร เป็นเงิน 17 บาท

5) ค่าวัตถุดิบ วัตถุดิบที่นำมาคำนวณค่าใช้จ่าย ได้แก่ แป้งสาลีกิโลกรัมละ 34 บาท น้ำตาลทราย กิโลกรัมละ 12.50 บาท น้ำตาลปี๊ป กิโลกรัมละ 20 บาท น้ำมันปาล์ม กิโลกรัมละ 29 บาท เกลือ กิโลกรัมละ 9 บาท กะทิ กิโลกรัมละ 25 บาท มาการีน กิโลกรัมละ 85 บาท งา กิโลกรัม 27 บาท ไข่ไก่ ฟองละ 2 บาท น้ำสะอาด แกลลอนละ 10 บาท

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ขนมกรอบเค็ม ขนมอาลัว ขนมหัวเราะ มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4-4, 4-5, 4-6 จากตารางที่ 4-4 พบว่าต้นทุนการผลิตขนมกรอบเค็มสูตรควบคุมต่อกิโลกรัมเป็นเงิน 89.82 บาท สำหรับขนมกรอบเค็มทั้ง 4 สูตร มีต้นทุนใกล้เคียงกัน คือสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 มีราคาต่อกิโลกรัมเท่ากับ 85.29, 83.12, 82.20 และ 79.53 บาท ตามลำดับ จากตารางที่ 4-5 พบว่า ต้นทุนการผลิตขนมอาลัว สูตรควบคุม ต่อ 1 กิโลกรัม เป็นเงิน 37.56 บาท สำหรับขนมอาลัวทั้ง 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 มีราคาต่อ 1 กิโลกรัมเท่ากับ 35.70, 34.39, 33.46 และ 32.05 บาท ตามลำดับ และจากตารางที่ 4-6 พบว่า ต้นทุนการผลิตขนมหัวเราะสูตรควบคุมต่อ 1 กิโลกรัม เป็นเงิน 58.85 บาท สำหรับขนมหัวเราะทั้ง 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 มีราคาต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัม เป็นเงิน 57.34, 56.70, 55.28 และ 54.20 บาท ตามลำดับ ตารางที่ 4-4 ต้นทุนการผลิต ผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มสูตรต่าง ๆ

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	TC (0%)	T1 (25%)	T2 (50%)	T3 (75%)	T4 (100%)
ค่าแรงงาน	20.63	20.63	20.63	20.63	20.63
ค่าแก๊ส	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
ค่าน้ำ	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
แป้งสาลี	6.80	5.10	3.40	1.70	-
แป้งถั่วมะฮะ	-	0.94	1.88	2.82	3.76
ไข่เป็ด	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
น้ำมันพืช	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48
น้ำตาลปีบ	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
กะทิ	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
พริกไทย	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
กระเทียม	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
ต้นทุนรวม (บาท)	40.42	39.66	38.90	38.14	37.38
ผลิตภัณฑ์ที่ได้ (กรัม)	450	465	468	464	470
ต้นทุนโดยประมาณ (บาท)	40.50	39.50	39.00	38.25	37.50
ต้นทุนการผลิต (บาท/กิโลกรัม)	89.82	85.29	83.12	82.20	79.53



ตารางที่ 4-5 ต้นทุนการผลิต ผลิตภัณฑ์ขนมอาลั้วสูตรต่าง ๆ

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	TC (0%)	T1 (25%)	T2 (50%)	T3 (75%)	T4 (100%)
ค่าแรงงาน	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60
ค่าไฟฟ้า	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
แป้งสาลี	6.80	5.10	3.40	1.70	-
แป้งถั่วมะแฮะ	-	0.94	1.88	2.82	3.76
น้ำตาลทราย	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
กะทิ	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
น้ำเปล่า	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
ต้นทุนรวม (บาท)	23.36	22.60	21.84	21.08	20.32
ผลิตภัณฑ์ที่ได้ (กรัม)	622	633	635	630	634
ต้นทุนโดยประมาณ (บาท)	23.50	22.75	22.00	21.25	20.50
ต้นทุนการผลิต (บาท/กิโลกรัม)	37.56	35.70	34.39	33.46	32.05

ตารางที่ 4-6 ต้นทุนการผลิต ผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะสูตรต่าง ๆ

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	TC (0%)	T1 (25%)	T2 (50%)	T3 (75%)	T4 (100%)
ค่าแรงงาน	18.91	18.91	18.91	18.91	18.91
ค่าแก๊ส	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40
แป้งสาลี	6.80	5.10	3.40	1.70	-
แป้งถั่วมะแฮะ	-	0.94	1.88	2.82	3.76
ไข่ไก่	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
น้ำตาลทราย	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
เนย	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
งา	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
น้ำมันพืช	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48
ต้นทุนรวม (บาท)	38.43	37.67	36.91	36.15	35.39
ผลิตภัณฑ์ที่ได้ (กรัม)	653	657	651	654	653
ต้นทุนโดยประมาณ (บาท)	38.50	37.75	37.00	36.25	35.50
ต้นทุนการผลิต (บาท/กิโลกรัม)	58.85	57.34	56.70	55.28	54.20

4.2.4 ผลการคำนวณคุณค่าอาหารโปรตีนจากผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด

จากปริมาณ โปรตีนของแป้งสาลี และแป้งถั่วมะแฮะ (เป็นกรัมต่อ 100 กรัม ของส่วนที่รับประทานได้) พบว่า แป้งสาลีมีปริมาณ โปรตีนร้อยละ 11 และแป้งถั่วมะแฮะมีปริมาณ โปรตีนร้อยละ 23.78 ดังตารางที่ 2-12 เมื่อนำผลิตภัณฑ์อาหารว่าง ทั้ง 3 ชนิด ไปคำนวณคุณค่าทางโปรตีน จะปรากฏผลตามตารางที่ 4-7, 4-8, 4-9

ตารางที่ 4-7 ผลการคำนวณคุณค่าโปรตีนจากผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็ม

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณโปรตีน ต่อ 200 กรัม	ผลิตภัณฑ์ที่ได้ (กรัม)	จำนวนชิ้น ของผลิตภัณฑ์	ปริมาณโปรตีน ต่อ 1 ชิ้น	ปริมาณโปรตีน ต่อ 1 หน่วยบริโภค (30กรัม)
สูตรควบคุม (IC)	22.00	450	113	0.20	1.4
สูตร T1	28.39	465	116	0.24	1.68
สูตร T2	34.78	468	117	0.30	2.10
สูตร T3	41.17	464	116	0.35	2.45
สูตร T4	47.56	470	118	0.40	2.8

หมายเหตุ - ขนมกรอบเค็ม 100 กรัมเฉลี่ย = 25 ชิ้น

- คำนวณปริมาณ โปรตีนต่อ 200 กรัมจากน้ำหนักแป้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตจริง
- การรับประทานอาหารว่างต่อ 1 หน่วยบริโภคจะมีน้ำหนักประมาณ 30 กรัม ซึ่งเท่ากับขนมกรอบเค็มจำนวน 7 ชิ้น

ตารางที่ 4-8 ผลการคำนวณคุณค่าโปรตีนจากผลิตภัณฑ์ขนมอาลาว

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณโปรตีน ต่อ 200 กรัม	ผลิตภัณฑ์ที่ได้ (กรัม)	จำนวนชิ้น ของผลิตภัณฑ์	ปริมาณโปรตีน ต่อ 1 ชิ้น	ปริมาณโปรตีน ต่อ 1 หน่วยบริโภค (30กรัม)
สูตรควบคุม (TC)	22.00	622	205	0.11	1.10
สูตร T1	28.39	633	209	0.14	1.40
สูตร T2	34.78	635	210	0.17	1.70
สูตร T3	41.17	630	208	0.20	2.00
สูตร T4	47.56	634	209	0.23	2.30

หมายเหตุ - ขนมอาลาว 100 กรัมเฉลี่ย = 33 ชิ้น

- คำนวณปริมาณโปรตีนต่อ 200 กรัมจากน้ำหนักแป้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตจริง
- การรับประทานอาหารว่างต่อ 1 หน่วยบริโภคจะมีน้ำหนักประมาณ 30 กรัม ซึ่งเท่ากับขนมอาลาวจำนวน 10 ชิ้น

ตารางที่ 4-9 ผลการคำนวณคุณค่าโปรตีนจากผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะ

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณโปรตีน ต่อ 200 กรัม	ผลิตภัณฑ์ที่ได้ (กรัม)	จำนวนชิ้น ของผลิตภัณฑ์	ปริมาณโปรตีน ต่อ 1 ชิ้น	ปริมาณโปรตีน ต่อ 1 หน่วยบริโภค (30กรัม)
สูตรควบคุม (TC)	22.00	653	72	0.31	0.93
สูตร T1	28.39	657	72	0.39	1.17
สูตร T2	34.78	651	72	0.48	1.44
สูตร T3	41.17	654	72	0.57	1.71
สูตร T4	47.56	653	72	0.66	1.98

หมายเหตุ - ขนมหัวเราะ 100 กรัมเฉลี่ย = 11 ชิ้น

- คำนวณปริมาณโปรตีนต่อ 200 กรัมจากน้ำหนักแป้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตจริง
- การรับประทานอาหารว่างต่อ 1 หน่วยบริโภคจะมีน้ำหนักประมาณ 30 กรัม ซึ่งเท่ากับขนมหัวเราะจำนวน 3 ชิ้น

บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากแป้งถั่วมะแสะ ผลการศึกษา พบว่า ส่วนสำคัญที่เป็นข้อบ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ในการศึกษาคือ คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วมะแสะ คุณสมบัติของเนื้อแป้ง การยอมรับทางประสาทสัมผัส และต้นทุนการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ จากการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ นำมาอภิปรายผลเป็นประเด็นหลักดังนี้

5.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วมะแสะ

5.1.1 จากผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของถั่วมะแสะพันธุ์ ICPL 151 ที่นำมาใช้สำหรับการทดลองครั้งนี้ ทางด้านขนาดพบว่า ถั่วมะแสะที่ผ่านการคัดเลือกแล้วจำนวน 10 เมล็ด วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้วยเครื่องมือ เวอร์เนีย คาลิเปอร์ จะได้ถั่วที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 4.5-5.3 มิลลิเมตร ซึ่งเมล็ดของถั่วมะแสะจะมีขนาดไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ที่นำมาใช้ศึกษา สำหรับพันธุ์ ICPL 151 จะมีขนาดเมล็ดใหญ่เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ใช้ตรวจสอบ

5.1.2 จากผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้านน้ำหนักของถั่วมะแสะ เมื่อนับจำนวนที่ 100 เมล็ด 3 ครั้ง นำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าเฉลี่ยต่อ 100 เมล็ด จะได้น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยอยู่ที่ 10.17 กรัม ทั้งนี้ น้ำหนักของเมล็ดขึ้นอยู่กับพันธุ์ที่ศึกษา จะเห็นได้จากงานวิจัยของ สุวรรณีย์ (62) ที่เมื่อนำถั่วมะแสะพันธุ์พื้นเมืองมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เพื่อผลิตนํ้านมถั่วมะแสะ จะได้น้ำหนักเฉลี่ยต่อ 100 เมล็ดอยู่ที่ 8.9 กรัม

5.1.3 จากผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้านสีของถั่วมะแสะ เมื่อนำไปเทียบกับ Munsell Book พบว่าถั่วมะแสะทั้งเปลือกมีค่าสีเท่ากับ 7.5 YR 4/6 หรือมีสีน้ำตาลอมแดง เนื้อถั่วมะแสะทั้งเปลือกมีค่าสีเท่ากับ 2.5 YR 8.5/6 หรือมีสีเหลืองอ่อน และเนื้อถั่วมะแสะด้านนอกมีค่าสีเท่ากับ 2.5 YR 8/10 หรือมีสีเหลืองค่อนข้างเข้ม ซึ่งต่างจากงานวิจัยของ สุวรรณีย์ (62) ที่ใช้ถั่วมะแสะพันธุ์พื้นเมือง เมื่อนำถั่วมะแสะไปเทียบค่าสี จะเท่ากับ 5 Y 9/4 หรือมีสีเหลืองจาง จะเห็นว่าสีของถั่วมะแสะมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ที่นำมาใช้ศึกษา

5.1.4 จากผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การเสียหายของเมล็ดโดยการนับเมล็ดจำนวน 100 เมล็ด แล้วคัดแยกเมล็ดเสียหายออก จะได้ปริมาณถั่วเมล็ดดี : ถั่วเมล็ดเสีย อยู่ที่ 92 : 8 สำหรับปริมาณการเสียหายของเมล็ดมีผลสืบเนื่องมาจาก การดูแลรักษาหลังการเก็บเกี่ยว ถ้ามีการตากหรืออบให้แห้ง เก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสมปริมาณการเสียหายของเมล็ดจะน้อยลง

5.2 การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแป้งถั่วมะแสะมาทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่าง

5.2.1 จากผลการศึกษาปริมาณแป้งที่ได้จากถั่วมะแสะเมล็ดแห้ง เมื่อนำถั่วมะแสะทั้งเปลือกหนัก 10 กิโลกรัม ไปกะเทาะเปลือกด้วยโม้หิน ฝัดเอาเปลือกออก ได้เนื้อถั่วที่น้ำหนัก 8 กิโลกรัม นำไปบดแห้งด้วยเครื่องบดอาหาร ได้แป้งถั่วมะแสะ 6.5 กิโลกรัม มีส่วนที่หายไป 3.5 กิโลกรัม คือส่วนที่เป็นเปลือก และแป้งส่วนหยาบ เนื่องจากการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ถ้าพัฒนากระบวนการผลิตเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรม คาดว่าจะได้ปริมาณแป้งมากขึ้น สำหรับสีของแป้งถั่วมะแสะเมื่อเทียบกับ Munsell Book มีค่าเท่ากับ 5 Y 9/2 หรือมีสีเหลืองนวล และผลการวิเคราะห์คุณค่าโปรตีนตามตารางที่ 2-12 พบว่า แป้งถั่วมะแสะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งสาลีคือร้อยละ 23.78 ส่วนแป้งสาลีมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 12.54 ซึ่งเป็นข้อดีสำหรับนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่น

5.2.2 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส

5.2.2.1 ขนมอบเค็ม

จากผลการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมอบเค็มทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม โดยใช้คุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เป็นปัจจัยในการพิจารณาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมอบเค็มสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 ได้รับการยอมรับทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 50, 75 และ 100 มีค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับแตกต่างจากสูตรควบคุมทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ที่เป็นเช่นนี้เพราะถั่วมะแสะเป็นถั่วประเภทที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง แต่มีปริมาณไขมันต่ำ จึงมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผู้ทดสอบชิมมีความรู้สึกได้ถึงความแข็งกระด้างและความหยาบของเนื้อแป้ง และถั่วมะแสะมีกลิ่นถั่วที่ผู้บริโภครับรู้ได้ การใช้แป้งถั่วมะแสะเป็นวัตถุดิบหลัก อาจมีกลิ่นของถั่วที่ผู้บริโภคไม่คุ้นเคย ทำให้มีผลต่อคะแนนความชอบในผลิตภัณฑ์

การทดลองหาสูตรที่เหมาะสมที่ผู้บริโภครับประทานทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มในสูตรต่าง ๆ พบว่า สูตรที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 ได้รับการยอมรับมากที่สุด เนื่องจากเนื้อแป้งมีลักษณะค่อนข้างนุ่ม และไม่ปรากฏกลิ่นของถั่วมะแสะ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มสูตรที่ 1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็ม

5.2.2.2 ขนมอาลัว

จากผลการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมอาลัว ทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม โดยใช้คุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เป็นปัจจัยในการพิจารณาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม โดยสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 75 ได้รับการยอมรับด้านสี รสชาติ และความชอบรวมสูงสุด ที่เป็นเช่นนี้เพราะ ขนมอาลัวที่เป็นสูตรดั้งเดิมมีรสชาติดหวานจัด แต่ขนมอาลัวที่ใช้แป้งถั่วมะแสะเป็นวัตถุดิบมีความมันของเนื้อแป้ง และมีความหอมของเนื้อถั่ว ผู้บริโภคที่ไม่ชอบรสหวานจัดจึงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วมะแสะในปริมาณสูง

การทดลองหาสูตรที่เหมาะสมที่ผู้บริโภครับประทานทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวในสูตรต่าง ๆ พบว่าทุกสูตรสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไปได้ เพราะเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4-5 จะเห็นว่า เมื่อลดปริมาณแป้งสาลีลงในแต่ละสูตร ปริมาณต้นทุนจะลดลงตามไปด้วย ในขณะที่ชั่งกันคุณค่าโปรตีนจะเพิ่มขึ้นตามลำดับในแต่ละสูตร ดังปรากฏตามตารางที่ 4-8

5.2.2.3 ขนมหัวเราะ

จากผลการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะ ทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม โดยใช้คุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เป็นปัจจัยในการพิจารณาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ พบว่าคะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพราะขนมหัวเราะทุกสูตรเมื่อนำไปทอดจะมีสีใกล้เคียงกันมากจนมองไม่เห็นความแตกต่าง ส่วนกลิ่นของขนมหัวเราะสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 และสูตรควบคุมได้รับการยอมรับแตกต่างจากสูตรที่ใช้แป้งถั่วมะแสะร้อยละ 75 และ 100 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 95 ได้คะแนนการยอมรับสูงสุด และสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 100 ได้คะแนนการยอมรับต่ำสุด ที่เป็นเช่นนี้เพราะแป้งถั่วมะแสะ มีกลิ่นถั่วที่ผู้บริโภคไม่คุ้นเคย ด้านรสชาติของขนมหัวเราะสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 และ 50

มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม แต่แตกต่างจากสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 โดยได้คะแนนการยอมรับสูงสุด และสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะ ร้อยละ 100 ได้รับคะแนนการยอมรับต่ำสุด ทั้งนี้อาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากกลิ่นที่ทำให้ผู้บริโภคไม่ชอบ ด้านเนื้อสัมผัส พบว่าขนมหัวเราะทั้ง 4 สูตร ได้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสต่างจากสูตรควบคุม โดยสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 ได้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงสุด และสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะ ร้อยละ 100 ได้คะแนนการยอมรับต่ำสุด ซึ่งมีสาเหตุจากเนื้อของแป้งถั่วมะแสะที่ค่อนข้างแข็งและร่วน ด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์นั้น สูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 และ 50 ไม่มีความแตกต่างจากสูตรควบคุม แต่สูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 75 และ 100 มีความแตกต่างจากสูตรควบคุมแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้ง 4 สูตร โดยสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะ ร้อยละ 25 ได้คะแนนการยอมรับสูงสุด และสูตรที่ผสมแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 100 ได้คะแนนการยอมรับต่ำสุด เพราะผู้ชิมไม่เคยชินกับกลิ่นถั่วจากแป้ง และรับรู้ได้ถึงเนื้อสัมผัสที่ยังแข็งและร่วน

การทดลองสูตรที่เหมาะสมที่ผู้บริโภคยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะในสูตรต่างๆ พบว่า สูตรที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วมะแสะร้อยละ 25 และ 50 ได้รับการยอมรับมากที่สุดและได้รับการยอมรับรองลงมา เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อแป้งที่นุ่ม และกลิ่นถั่วที่ไม่รุนแรง ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะ สูตรที่ 1 และ 2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะ

5.2.3 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านต้นทุนการผลิต

ต้นทุนในการผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ขนมกรอบเค็ม ขนมอาถั่ว ขนมหัวเราะที่น้ำหนักแป้ง 200 กรัม ทั้ง 4 สูตร ในระดับห้องปฏิบัติการพบว่า มีค่าใกล้เคียงกันตามระดับการเพิ่มอัตราส่วนผสมแป้งถั่วมะแสะ กล่าวคือ ขนมกรอบเค็ม สูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 39.50, 39.00, 38.25 และ 37.50 บาท ตามลำดับ ขนมอาถั่ว สูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 22.75, 22.00, 21.25 และ 20.50 บาท ตามลำดับ และขนมหัวเราะสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 37.75, 37.00, 36.25 และ 35.50 ตามลำดับ นอกจากนี้ที่ปริมาณการเพิ่มแป้งถั่วมะแสะมากขึ้น พบว่า ต้นทุนจะค่อยๆ ลดลง ที่เป็นเช่นนี้เพราะแป้งถั่วมะแสะมีต้นทุนต่ำกว่าแป้งสาลี แต่เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตในแต่ละผลิตภัณฑ์จะเห็นว่า มีราคาค่อนข้างสูง ที่เป็นเช่นนี้เพราะเป็นการทดลองผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีปริมาณการผลิตน้อย วัตถุดิบที่ใช้เป็นราคาซื้อปลีก ถ้ามีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมที่มีปริมาณมากๆ คาดว่า ราคาค่าต้นทุนการผลิตอาจลดลง

ความเป็นไปได้ในการนำแป้งถั่วมะแฮะมาทดแทนแป้งสาลี พบว่า ขนมกรอบเค็ม มีความเหมาะสมของการใช้แป้งสาลี : แป้งถั่วมะแฮะที่อัตราส่วน 75 : 25 ขนมอาลัวทุกสูตร มีความเหมาะสม ส่วนขนมหัวเราะมีความเหมาะสมของการใช้แป้งสาลี : แป้งถั่วมะแฮะที่อัตราส่วน 75 : 25 และ 50 : 50 โดยพิจารณาจากการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในอนาคตพบว่า อัตราส่วนของแป้งสาลี : แป้งถั่วมะแฮะ ผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็ม ที่อัตราส่วน 25 : 75 มีความเป็นไปได้มากที่สุด ขนมอาลัว มีความเป็นไปได้ทุกสูตร ส่วนขนมหัวเราะที่อัตราส่วน 75 : 25 และ 50 : 50 มีความเป็นไปได้มากที่สุด เพราะทุกผลิตภัณฑ์มีต้นทุนต่ำกว่าสูตรควบคุม

5.2.4 การคำนวณคุณค่าโปรตีนจากผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด

จากผลการคำนวณคุณค่าโปรตีนของผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ขนมกรอบเค็ม ขนมอาลัว และขนมหัวเราะ โดยการคำนวณปริมาณโปรตีนต่อ 200 กรัม จากน้ำหนักแป้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตจริงพบว่า ปริมาณโปรตีนของทุกผลิตภัณฑ์และทุกสูตรจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากแป้งถั่วมะแฮะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งสาลี ตามตารางที่ 2-12 ดังนั้นเมื่อรับประทานอาหารว่างต่อ 1 หน่วยบริโภค ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 30 กรัม จะได้คุณค่าอาหาร โปรตีนที่มีปริมาณมากกว่าสูตรควบคุม

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองนำแป้งถั่วมะแฮะมาทดแทนแป้งสาลี ในการผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารว่าง 3 ชนิด ได้แก่ ขนมกรอบเค็ม ขนมอาลัว ขนมหัวเราะ สรุปได้ว่า มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาสูตร การผลิตอาหารว่าง และพบว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาด้านความเป็นไปได้ คือ ด้านวัตถุดิบ ส่วนประกอบ ด้านกระบวนการผลิต การยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม รวมถึงต้นทุนการผลิต ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดในห้องปฏิบัติการ

6.1.1 จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของถั่วมะแฮะ พบว่าถั่วมะแฮะแต่ละสายพันธุ์ มีขนาดไม่เท่ากัน สำหรับพันธุ์ที่นำมาใช้ในการศึกษาคั้งนี้คือ พันธุ์ ICPL 151 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ใช้ ตรวจสอบจะมีขนาดเมล็ดที่ใหญ่กว่าพันธุ์อื่นๆ โดยเฉพาะพันธุ์พื้นเมือง ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์ สำหรับนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ควรเลือกสายพันธุ์ถั่วมะแฮะที่ปรับปรุงแล้ว เพราะจะมี ผลต่อปริมาณการเพิ่มขึ้นของการผลิตแป้งถั่วมะแฮะและรวมถึงคุณภาพของแป้งที่ผลิตได้

6.1.2 สรุปผลศึกษาความเป็นไปได้ด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ขนมกรอบเค็ม ขนมอาลัว ขนมหัวเราะ ผู้วิจัยเลือกผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มสูตรที่ 1 โดยมีอัตรา ส่วนผสมของแป้งสาลี : แป้งถั่วมะแฮะที่ 75 : 25 เลือกผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวสูตรที่ 3 โดยมีอัตรา ส่วนผสมของแป้งสาลี : แป้งถั่วมะแฮะที่ 25 : 75 และเลือกผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะสูตรที่ 1 ซึ่งมี อัตราส่วนผสมของแป้งสาลี : แป้งถั่วมะแฮะที่ 25 : 75 โดยมีเหตุผลประกอบดังนี้

1) สีและกลิ่น

สีของผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็ม ขนมอาลัว ขนมหัวเราะ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติจากสูตรควบคุม เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคยอมรับได้ ทุกสูตรและทุกผลิตภัณฑ์

กลิ่นของผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มจะมีกลิ่นของถั่วค่อนข้างชัดเจนในสูตรที่ 4 และมีการยอมรับในระดับต่ำสุด สำหรับขนมอาลัว การยอมรับด้านกลิ่นของทุกสูตรไม่มีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนขนมหัวเราะก็เช่นกัน คือ ทุกสูตรได้รับการยอมรับด้านกลิ่นไม่แตกต่างกัน

2) รสชาติ

รสชาติของผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มสูตรที่ 1 ได้รับการยอมรับไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากสูตรควบคุม ส่วนรสชาติของผลิตภัณฑ์ขนมอาถั่วทุกสูตรได้รับการยอมรับไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับรสชาติของผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะสูตรที่ 1 และ 2 ได้รับการยอมรับไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3) เนื้อสัมผัส

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์ ขนมกรอบเค็ม สูตรที่ 1 ได้รับการยอมรับไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ส่วนผลิตภัณฑ์ขนมอาถั่ว ทุกสูตรยกเว้น สูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะ ทุกสูตรมีความแตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่เป็นเช่นนี้เพราะผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะ ใช้การทอดด้วยน้ำมัน หลังการทอดเสร็จใหม่ เนื้อแป้งจะนุ่มละเอียดและหอม แต่เมื่อค้ำคินและนำไปทดสอบชิม แป้งของผลิตภัณฑ์เมื่อโดนลมและอากาศจะมีลักษณะแข็งและร่วน ควรแก้ไขด้วยการเพิ่มปริมาณส่วนผสม ได้แก่ น้ำ น้ำตาล และเนยจะช่วยให้เนื้อแป้งขยายตัว และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะละเอียดและอ่อนนุ่มขึ้น

4) การยอมรับผลิตภัณฑ์

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มสูตรที่ 1 เพราะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ขนมอาถั่วสูตรที่ 3 มากที่สุด จากการสอบถามทราบว่า สาเหตุที่ชอบเนื่องจากรสชาติของผลิตภัณฑ์ไม่หวานจัด แป้งมีความมัน และมีกลิ่นหอมของถั่ว ส่วนผลิตภัณฑ์ขนมหัวเราะพบว่าผู้บริโภคชอบสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 เพราะคุณลักษณะใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ส่วนสูตรอื่นๆ ถ้ามีการเพิ่มส่วนผสม เช่น น้ำ น้ำตาลทราย เนย จะช่วยปรับปรุงด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

6.1.3 สรุปผลการศึกษาด้านต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด

1) ต้นทุนการผลิตแป้งถั่วมะแสะ ใช้ถั่วมะแสะเมล็ดแห้ง 10 กิโลกรัม ราคา กิโลกรัมละ 5 บาท ได้แป้งถั่วมะแสะ 6.50 กิโลกรัม ใช้แรงงานจำนวน 1 คน คัดแยกสิ่งปนเปื้อนจากเมล็ดถั่ว กะเทาะเปลือกถั่วและป่นให้เป็นแป้ง คิดเป็นค่าแรงทั้งสิ้น 72.21 บาท แป้งถั่วมะแสะจะมีต้นทุนการผลิต กิโลกรัมละ 18.80 บาท

2) ต้นทุนการผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด ในห้องปฏิบัติการมีดังนี้

- ผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็ม สูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีต้นทุนการผลิต กิโลกรัมละ 85.29 83.12 82.20 และ 79.53 บาท

- ผลผลิตก้นขนมอ้าว สูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีต้นทุนการผลิตกิโลกรัมละ 35.70, 34.39, 33.46 และ 32.05 บาท
- ผลผลิตก้นขนมหัวเราะ สูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีต้นทุนการผลิตกิโลกรัมละ 57.34, 56.70, 55.28 และ 54.20 บาท

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

- 1) ถั่วมะแสะที่นำมาใช้พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ควรมีการคัดเลือกสายพันธุ์ เพราะจะทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพดีตามไปด้วย
- 2) เมล็ดถั่วมะแสะที่นำมาใช้พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ควรอบหรือตากให้แห้ง ก่อนเพื่อป้องกันความชื้น แผลง และง่ายต่อการกะเทาะเปลือก
- 3) เมล็ดถั่วมะแสะมีคุณค่าอาหารสูง โดยเฉพาะ โปรตีน จึงควรนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ช่วยเสริมโปรตีน ให้กับผู้ที่ขาดสารอาหาร
- 4) แป้งถั่วมะแสะมีราคาต้นทุนต่ำกว่าแป้งสาลี ควรใช้แป้งถั่วมะแสะเป็นวัตถุดิบทดแทนในผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งสาลี เช่น ขนมห้าง ขนมหัก หรือคุกกี้ โดยพัฒนาส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ ให้ได้รับการยอมรับมากขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นการแต่งกลิ่นหรือสี ให้นำรับประทานขึ้น

6.2.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- 1) การนำถั่วมะแสะมาแปรรูปให้เป็นแป้ง ควรใช้กระบวนการผลิตในระบบอุตสาหกรรม เพราะจะทำให้ได้ปริมาณและคุณสมบัติของแป้งสูงขึ้น
- 2) ควรพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิดนี้ ให้เข้าสู่ระบบอุตสาหกรรมเพื่อสร้างรายได้ให้กับท้องถิ่น
- 3) ผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด ควรพัฒนาคุณค่าโภชนาการ โดยนำผลที่ได้จากการทดลอง ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างชนิดอื่นให้โปรตีนสูง
- 4) ควรพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั้ง 3 ชนิด จากระดับห้องปฏิบัติการ ไปสู่ระบบอุตสาหกรรม หรือเพิ่มปริมาณการผลิตให้สูงขึ้น เพื่อให้มีต้นทุนการผลิตต่ำลง

รายการอ้างอิง

1. Gooding HJ. The Agronomic Aspects of Pigeonpea. Field Crop. Abst. 1962 ; 15 (1) :1-5.
2. Purseglove JW. Tropical Crops : Dicotyledons. London: Longmans Green and Co. Ltd ; 1968.
3. Pichinat MA. Survey of the Food Legume Situation in Latin America *In* Potentials of Field Beans and Other Legumes in Latin America. Series Seminars No. 2 . Columbia. Feb. 26 – Mar., 1973.
4. พันัส บูรณศิลป์. การศึกษาเรื่องถั่วมะแสะ. กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ; 2520.
5. Vicira C. Plant Introduction and Germplasm of *Phaseolus Vulgaris* and Other Food Legumes: In Potential of Field Beans and Other Food Legumes in Latin America [Series Seminars No. 2] E. Cali. Columbia. Feb. 26-Mar. 1, 1973 ; (2) : 251.
6. สมชาย ประภาวัต, อุดม กาญจนปกรณชัย. เปรียบเทียบการยอมรับชำหริ่ม ที่ทำจากแป้งถั่วเขียว และแป้งถั่วมะแสะ. อาหาร 2521 ; 10 (4) : 253-7.
7. อ่ำพล เสนาณรงค์. เบ็ดเตล็ดกสิกรรม : ถั่วมะแสะ. กสิกร 2518 ; 48 (6) : 465-7.
8. สุวิทย์ เลาหศิริวงศ์. ถั่วมะแสะพืชที่น่าสนใจในอีสาน. แก่นเกษตร 2520 ; 5 (1) : 33-40.
9. Pathak GN. Red gram : Pulse Crop of India. New Dehli : Indian Council of Agriculture Research ; 1970.
10. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. ถั่วมะแสะ. ขอนแก่น : 2540.
11. Johnson RM. , and Raymond WD. The chemical composition of some Tropical food Plants II Pigeonpea and Cowpea. Trop. Sci 1964 ; 6 (2) : 63-67.
12. de Jabrun PLM, Byth DE, Wallis ES. Imbition by, and the effects of temperature on germination of nature seed of pigeonpea (*Cajanus cajan*) Patancheru : Proceedings of International Workshop of Pigeonpea ICRISAT/ICAR Vol.2 ; 1981.
13. Sharma D, Green JM. Perspective of pigeonpea and ICRISAT&breeding program. Hyderabad : Proceedings of International Workshop on Grain Legumes ; 1975.
14. ICRISAT. Annual Report ICRISAT 1980. Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics ; 1980.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

15. Onim JFM. Pigeonpea Improvement research in Kenya. Patancheru: Proceedings of International Workshop on Pigeonpea ICRISAT/ICAR Vol.1 ; 1981.
16. ICRISAT. Annual Report ICRISAT 1975. Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics; 1975.
17. _____. Annual Report ICRISAT 1976. Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics; 1976.
18. Nangju D, Rachie KO, Singh TP, Akinpelu MA. Preliminary results of the Pigeonpea uniform cultivar trial. Grain Legume improvement program International Institute of Tropical Agriculture ; 1975. [Technical Report]
19. Wallis ES. Pigeonpea a new crop for Queensland. Department of Agriculture of Queensland ; 1975. [Advisory Leaflet No.UQ1]
20. พันัส บูรณศิลป์. การศึกษาและคัดเลือกพันธุ์ถั่วมะแฮะ. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ; 2522.
21. อ่ำพล เสนาณรงค์. เม็ดเคล็ดคกสีกรรม : ถั่วมะแฮะ. กสิกร 2519 ; 49 (2) : 174-77.
22. วิมลรัตน์ สุกรินทร์, มณฑิธร โสมภีร์. การเปรียบเทียบเบื้องต้นพันธุ์ถั่วมะแฮะอายุสั้นพิเศษ. ศูนย์วิจัยพืชไร่ ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร ; 2538.
23. Khan AR, Mathur BP. Studies on tillage XIII effect of variation in the depth of phosphate application on the yield of pigeonpea. Indian J. Agric Sci. 1962; 32(1):35-38
24. วิมลรัตน์ สุกรินทร์, สงบภัย นามไพศาลสถิตย์, มณฑิธร โสมภีร์. การศึกษา การเตรียมดิน และการให้น้ำที่มีผลต่อผลผลิตถั่วมะแฮะพันธุ์ QPL 42 ในรายงานผลการวิจัยปี 2529 พืชเศรษฐกิจ. ศูนย์วิจัยพืชไร่ ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร; 2529.
25. Hammerton JL. A spacing planting date trial with *Cajanus cajan* (L.) Millsp. Trop. Agric (Trinidad) 1971; 48(4):341-50.
26. Abrams R , Julia FJ. Effect of planting time, plant population and raw spacing on yield and other characteristics of Pigeonpeas, *Cajanus cajan* (L.) Millsp. J. Agric. Univ. Puerto Rico 1973; 57(4) : 275-85.
27. Akinola JO, Whiteman PC. Agronomic studies on Pigeonpea *Cajanus cajan* (L.) Millsp. II Responses to sowing density. Australian Journal of Agricultural Reseach 1975 ;

รายการอ้างอิง (ต่อ)

- 26 (1) : 57-66.
28. วิมลรัตน์ สุกรินทร์ และคณะ. การศึกษาหาระยะเวลาปลูกที่เหมาะสมของถั่วมะแสะ ในรายงานผลการวิจัย ปี 2528 พืชเศรษฐกิจ. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร ; 2528.
29. Theera Eksomtramage, Kritsanapongse Luksanaphonkin, Piti Sripana. Thailand the Annual Report Meeting : Pigeonpea. Khon Kaen : January 20-21; 1986
30. วิมลรัตน์ สุกรินทร์, สงบภัย นามไพศาลสถิตย์, มณเฑียร โสมภีร์. การศึกษาระยะปลูกต่างๆ กัน ที่มีผลต่อผลผลิตถั่วมะแสะพันธุ์ไวแสงและไม่ไวแสง ในรายงานผลการวิจัยปี 2528 พืชเศรษฐกิจ. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร; 2528.
31. วิมลรัตน์ สุกรินทร์, มณเฑียร โสมภีร์. การศึกษาระยะการปลูกที่เหมาะสมของถั่วมะแสะพันธุ์ ICPL 270 ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตในรายงานผลการวิจัยปี 2531 พืชเศรษฐกิจ. ศูนย์วิจัยพืชไร่ ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร ; 2531.
32. Sheldrake AR, Narayanan A. Growth development and nutrient uptake in pigeonpea (*C. cajan*). Journal of Agricultural Science 1979 ; (92) : 513-26.
33. Nene YL, Sheila VK, Sharma SB. A world list of chickpea (*Cicer arietinum L.*) and pigeonpea (*Cajanus cajan L.*) pathogens. Legumes Pathology Progress Report 7 ; 1989.
34. Kannaiyan J, Nene YL. Efficiency of metalaxyl for control of phytophthora blight of Pigeonpea. India Phytopathology 1984 ; (37) : 506-10.
35. Bridge JC. Nematodes in Pest Control in Tropical Grain Legume Center for Overseas. London : Pest Research ; 1981.
36. Reddy MV, Nene YL. Estimation of yield loss in Pigeonpea due to sterility mosaic *In* Proceeding of the International workshop on Pigeonpea Volumn2. Patacheru ICRISAT ; 1980.
37. กองโภชนาการ กรมอนามัย. ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การเภสัชกรรม ; 2521.
38. Chavan JK, Kadam SS, Salunkhe DK. Pigeonpea *In* World Legume Nutrition Chemistry Processing Technology and Utilization. 1989 ; (2) : 68-85.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

39. Gupa VP, Kapoor AC. Chemical evaluation of protein quality of various grain legumes. *Indian J. Agric. Sci.* 1980 ; 50 (5) : 393-98.
40. Mahadevappa VG, Raina PL. Nature of some Indian legume lipids. *J. Agric. Food Chem* 1978 ; 26 : 1241-43.
41. Visitpanion T, Baheoham ES, Norton BW. Nutritional value of chick pea (*Cicer arietinum*) and Pigeonpea (*Cajanus cajan*) meals for growing pigs and rats. *J. Agric. Res.* 1985 ; 36 : 327-35.
42. Srinivasa RP. Nature of Carbohydrates in Pulse. *J. Agric Food Chem.* 1976 ; 24 (5) : 958-61.
43. McCready RM, Guggolz J, Silviara W, Owene KS. Determiration of starch and amylose in vegetable. *Anal. Hem.* 1985 ; 22 (9) : 1156-58.
44. Patel RD, Patel BP, Patel RS. Specific Rotation of Cereal and Legume Starches. *Cereal Chem.* 1960 ; 37 (4) : 500-502.
45. Sharma SM, Pant RC. Starch, Soluble Sugars and Amylolytic Enzymes in Germinating Pigeonpea (*Cajanus cajan L.*) Seeds. *Indian J. Plant Physiol* 1979 ; 22 (3) : 219-25.
46. สนั่น เพ็ญโร และพิทักษ์ อินทะพันธ์. ถั่วมะแสะ (Pigeonpea) รายงานประจำปี 2534 กรมพัฒนาที่ดิน. 2534.
47. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์. เอกสารสอนชุดวิชาอาหารและโภชนาการ หน่วยที่ 1-7. กรุงเทพมหานคร : 2541.
48. _____ . สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์. เอกสารสอนชุดวิชาผลิตภัณฑ์อาหาร หน่วยที่ 1-7. กรุงเทพมหานคร : 2541.
49. อรอนงค์ นัยวิกุล. เมล็ดถั่ว พืชหัวและผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2540.
50. สมชาย ประภาวัต. การใช้ประโยชน์ของถั่วมะแสะในการทำคูกี้. *อาหาร* 2522 ; 11 (22) : 136-40.
51. วิเชียร วรพุทธพร. ศึกษาการทำวุ้นเส้นและซำหริ่มจากแป้งถั่วมะแสะพันธุ์ต่างๆ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์] กรุงเทพมหานคร : 2525.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

52. สมชาย ประภาวัต. ศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการสกัดแป้งจากถั่วมะแฮะพันธุ์ต่างๆ และถั่วเขียว. อาหาร 2528 ; 15 (14) : 255-84.
53. วิเชียร วรพุทธพร. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของแป้งถั่วมะแฮะ และการนำไปใช้ทำวุ้นเส้น. อาหาร 2531 ; 18 (4) : 255-58.
54. นิรมล ลือสุริยนต์. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากถั่วมะแฮะ. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์] กรุงเทพมหานคร : 2536.
55. อภिरดี ศัจจงกล และอัครวุฒิจามเกษมทรัพย์. บะหมี่ถั่วมะแฮะ. [ปัญหาพิเศษทางเทคโนโลยีอาหาร สาขาเทคโนโลยีอาหาร]. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น ; 2538.
56. นิรมล ปัญญาบุศยกุล, การใช้แป้งถั่วเหลืองพร้อมไขมันทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในเค้กชิฟฟอน. อาหาร 2542 ; 29 (3) : 180-86.
57. เนตรนภิส วัฒนสุชาติ และคณะ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ โดยใช้แป้งเมล็ดฝ้ายโปรตีนสูง. อาหาร 2538 ; 25 (1) : 24-33.
58. ญานิสรา รัตอากาศ และคณะ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากแป้งกล้วย. อาหาร 2536 ; 23 (3) : 197-208.
59. ศิวาพร ศิวเวช และคณะ. การศึกษาการใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวฟ่างในการทำคุกกี้ อาหาร ; 12 (3) : 257-71.
60. สมยศ จรรยาวิลาส และคณะ. การพัฒนากรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากข้าวโพด. อาหาร 2533 ; 20 (1) : 36-43.
61. ณรงค์ นิยมวิทย์ และคณะ. การเตรียมแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ. อาหาร 2533 ; 20 (2) : 105-114.
62. สุวรรณีย์ พัฒนาพงศ์ชัย. ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตน้มนมถั่วมะแฮะ. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร มหาวิทยาลัยมหิดล]. กรุงเทพมหานคร : 2544.



แบบทดสอบชิม ผลิตภัณฑ์

สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

ชื่อ.....นามสกุล.....เพศ.....อายุ.....ปี
วันที่ประเมิน.....เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....No.....

คำชี้แจง กรุณาประเมินตัวอย่างอาหารต่อไปนี้ และให้ระดับความชอบและไม่ชอบต่อผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่าง โดยการเขียนตัวเลข ลงในช่องที่กำหนดให้ ตามระดับความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตามที่ท่านตรวจพบ ซึ่งมีระดับความชอบดังนี้

7 หมายถึง ชอบมาก

3 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย

6 หมายถึง ชอบปานกลาง

2 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง

5 หมายถึง ชอบเล็กน้อย

1 หมายถึง ไม่ชอบมาก

4 หมายถึง รู้สึกเฉยๆ

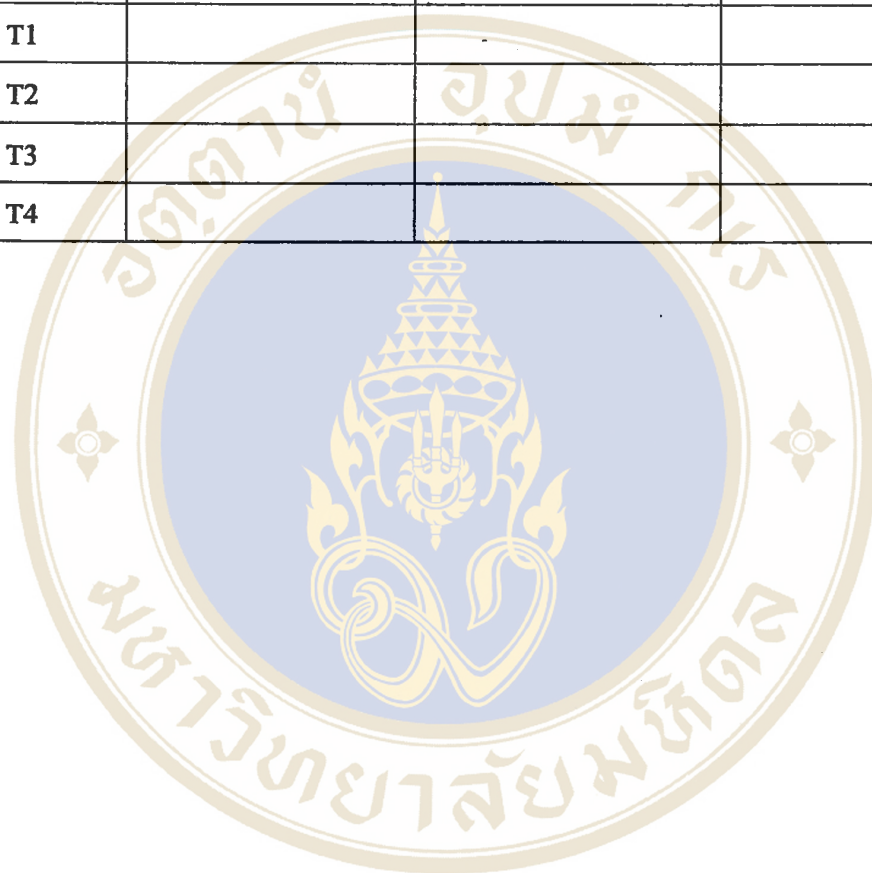
รหัส	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม

หมายเหตุ กลิ่น หมายถึง กลิ่นของตัวอย่างที่ได้รับ เมื่อตัวอย่างอยู่ในปาก

เนื้อสัมผัส หมายถึง ความหนาบ และความละเอียดของเนื้อตัวอย่าง

ตัวอย่าง การจัดชิมผลิตภัณฑ์อาหารว่างแต่ละสูตร

ผลิตภัณฑ์ (สูตร)	ซ้ำ / จำนวนผู้ทดสอบชิม		
	1 / 20 คน	2 / 20 คน	3 / 20 คน
TC			
T1			
T2			
T3			
T4			





จากการทดลองได้กำหนดสัญลักษณ์ของแต่ละสูตรทดลองดังนี้

TC = สูตรควบคุม แป้งสาลีร้อยละ 100

T1 = สิ่งทดลองสูตรที่ 1 แป้งสาลีร้อยละ 75 แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 25

T2 = สิ่งทดลองสูตรที่ 2 แป้งสาลีร้อยละ 50 แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 50

T3 = สิ่งทดลองสูตรที่ 3 แป้งสาลีร้อยละ 25 แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 75

T4 = สิ่งทดลองสูตรที่ 4 แป้งถั่วมะแฮะร้อยละ 100

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมกรอบเค็มที่สูตรต่างๆ ด้านสี

SOV	df	ss	ms	F	F _{0.05}	F _{0.01}
Treatment	4	1.741	0.435	9.292	3.48	5.99
Error	10	0.468	0.047	-	-	-
Total	14	2.209	0.158	-	-	-

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ของผลิตภัณฑ์ ขนมกรอบเค็มที่สูตรต่างๆ ด้านสี

T1	TC	T3	T2	T4
6.12	5.82	5.42	5.38	5.17

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมอบเค็มที่สูตรต่างๆ ด้านกลิ่น

SOV	df	ss	ms	F	F _{0.05}	F _{0.01}
Treatment	4	2.787	0.697	8.656	3.45	5.99
Error	10	0.805	0.080	-	-	-
Total	14	3.592	0.257	-	-	-

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ของผลผลิตภัณฑ์กรอบเค็มที่สูตรต่างๆ ด้านกลิ่น

T1	TC	T3	T2	T4
5.55	5.37	4.82	4.55	4.48

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตกัญชง ขนบกรอบเค็มที่สูตรต่างๆ ด้านรสชาติ

SOV	df	ss	ms	F	F _{0.05}	F _{0.01}
Treatment	4	2.946	0.736	7.738	3.48	5.99
Error	10	0.952	0.095	-	-	-
Total	14	3.897	0.278	-	-	-

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ของผลผลิตกัญชงกรอบเค็มที่สูตรต่างๆ ด้านรสชาติ

T1	TC	T3	T2	T4
5.62	5.52	4.82	4.67	4.55

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตกัญชง ขนมกรอบเค็มที่สูตรต่างๆ ด้านเนื้อสัมผัส

SOV	df	ss	ms	F	F _{0.05}	F _{0.01}
Treatment	4	3.103	0.776	15.259	3.45	5.99
Error	10	0.508	0.051	-	-	-
Total	14	3.166	0.258	-	-	-

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ของผลผลิตกัญชงกรอบเค็มที่สูตรต่างๆ ด้านเนื้อสัมผัส

T1	TC	T3	T2	T4
5.53	5.38	4.63	4.57	4.43

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตกัญชา ขนมกรอบเค็มที่สูตรต่างๆ ด้านการยอมรับรวม

SOV	df	ss	ms	F	F _{0.05}	F _{0.01}
Treatment	4	4.247	1.062	8.328	3.48	5.99
Error	10	1.275	0.127	-	-	-
Total	14	5.522	0.394	-	-	-

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ของผลผลิตกัญชากรอบเค็มที่สูตรต่างๆ ด้านการยอมรับรวม

T1	TC	T3	T2	T4
5.85	5.72	4.88	4.82	4.50

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมอบาล์มที่สูตรต่างๆ ด้านสี

SOV	df	ss	ms	F	F _{0.05}	F _{0.01}
Treatment	4	0.288	0.072	0.600	3.48	5.99
Error	10	1.198	0.120	-	-	-
Total	14	1.486	0.106	-	-	-

ตารางผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมอบาล์มที่สูตรต่างๆ ด้านกลิ่น

SOV	df	ss	ms	F	F _{0.05}	F _{0.01}
Treatment	4	0.106	0.026	0.285	3.48	5.99
Error	10	0.927	0.093	-	-	-
Total	14	1.032	0.074	-	-	-

ตารางผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมอบาล์มที่สูตรต่างๆ ด้านรสชาติ

SOV	df	ss	ms	F	F _{0.05}	F _{0.01}
Treatment	4	0.199	0.050	0.274	3.48	5.99
Error	10	1.817	0.182	-	-	-
Total	14	2.016	0.144	-	-	-

ตารางผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตกัญชง ขนมวลัวที่สูตรต่างๆ ด้านเนื้อ
สัมพัทธ์

SOV	df	ss	ms	F	F _{0.05}	F _{0.01}
Treatment	4	2.787	0.697	8.656	3.45	5.99
Error	10	0.805	0.080	-	-	-
Total	14	3.592	0.257	-	-	-

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ของผลผลิตกัญชงขนมวลัวที่สูตรต่างๆ ด้านเนื้อ
สัมพัทธ์

T1	TC	T3	T2	T4
5.35	5.48	4.9	5.43	5.38

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บน
เส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรง
เดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตกัญชง ขนมวลัวที่สูตรต่างๆ ด้านความ
ชอบรวม

SOV	df	ss	ms	F	F _{0.05}	F _{0.01}
Treatment	4	0.193	0.048	0.715	3.48	5.99
Error	10	0.673	0.067	-	-	-
Total	14	0.866	0.062	-	-	-

ตารางผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมหั้วเราะที่สูตรต่างๆ ด้านถึ

SOV	df	ss	ms	F	F _{0.05}	F _{0.01}
Treatment	4	0.403	0.101	1.411	3.48	5.99
Error	10	0.713	0.071	-	-	-
Total	14	1.116	0.080	-	-	-

ตารางผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ ขนมหั้วเราะที่สูตรต่างๆ ด้านกลิ่น

SOV	df	ss	ms	F	F _{0.05}	F _{0.01}
Treatment	4	1.649	0.412	8.356	3.48	5.99
Error	10	0.493	0.049	-	-	-
Total	14	2.142	0.153	-	-	-

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ของผลผลิตภัณฑ์ ขนมหั้วเราะที่สูตรต่างๆ ด้านกลิ่น

T1	TC	T3	T2	T4
5.42	5.42	5.13	4.93	4.53

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณ์ ขนมห้วเราะที่สุตรต่างๆ ด้านรสชาดี

SOV	df	ss	ms	F	F _{0.05}	F _{0.01}
Treatment	4	2.205	0.551	12.721	3.48	5.99
Error	10	0.433	0.043	-	-	-
Total	14	2.638	0.188	-	-	-

การเปรียบเทียบความแตกต่าระหว่างค่าเฉลี่ย ของผลผลิตภัณ์ ขนมห้วเราะที่สุตรต่างๆ ด้านรสชาดี

T1	TC	T3	T2	T4
5.58	5.33	5.32	4.82	4.53

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)



ตารางผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตกัมมันต์ ขนมหั่วเราะที่สุกต่าง ๆ ด้านเนื้อสัมผัส

SOV	df	ss	ms	F	F _{0.05}	F _{0.01}
Treatment	4	2.787	0.697	8.656	3.45	5.99
Error	10	0.805	0.080	-	-	-
Total	14	3.592	0.257	-	-	-

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ของผลผลิตกัมมันต์ ขนมหั่วเราะที่สุกต่าง ๆ รสชาติ

T1	TC	T3	T2	T4
5.08	4.63	4.53	4.43	4.13

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตกัญชง ขนมหั่วเราะที่สูตรต่างๆ ด้านความชอบรวม

SOV	df	ss	ms	F	F _{0.05}	F _{0.01}
Treatment	4	1.511	0.378	3.983	3.48	5.99
Error	10	0.948	0.095	-	-	-
Total	14	2.459	0.176	-	-	-

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ของผลผลิตกัญชง ขนมหั่วเราะที่สูตรต่างๆ ด้านความชอบรวม

T1	TC	T3	T2	T4
5.83	5.42	5.38	5.07	4.92

หมายเหตุ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)





ภาพที่ ผ-1 ลักษณะลำต้นของถั่วมะแฮะ



ภาพที่ ๘-2 ลักษณะยอด ดอก และเมล็ดของถั่วมะแฮะ



ภาพที่ ๘-3 ลักษณะดอกและใบของถั่วมะแฮะ



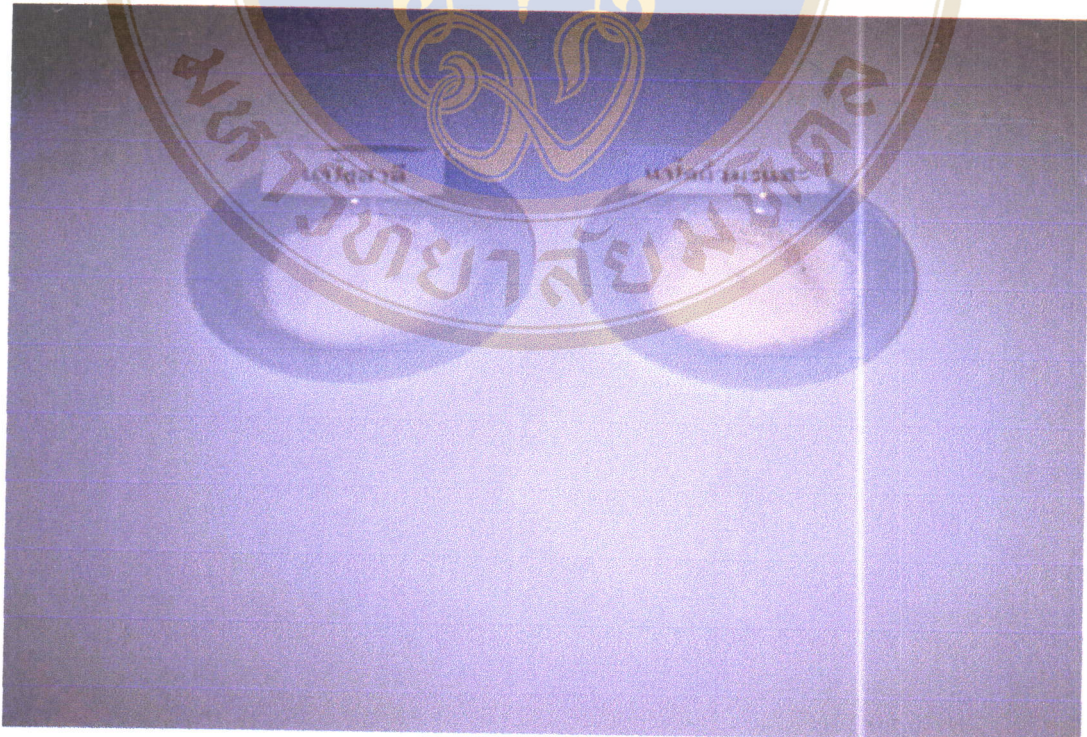
❖ ภาพที่ ผ-4 คัดแยกเมล็ดถั่วที่ไม่สมบูรณ์ด้วยมือ ❖



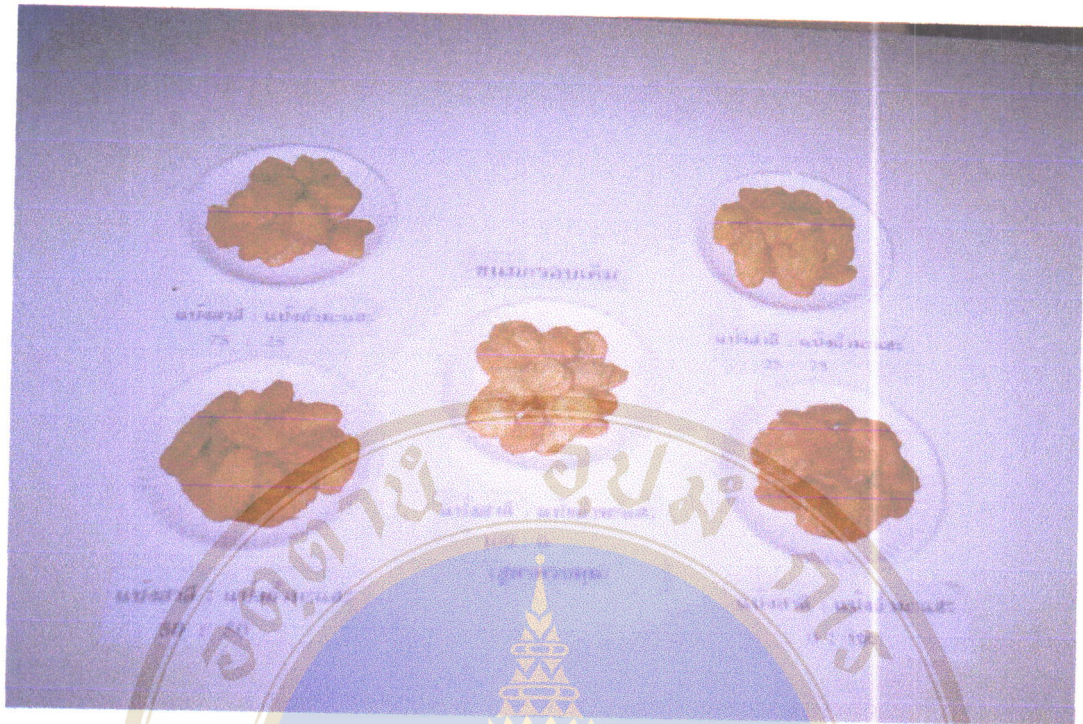
ภาพที่ ผ-5 เมล็ดและเนื้อของถั่วมะแฮะ



ภาพที่ ผ-6 การวัดขนาดเมล็ดถั่วมะแฮะ



ภาพที่ ผ-7 เปรียบเทียบแป้งถั่วมะแฮะกับแป้งสาลี



ภาพที่ ๘-8 ผลิตภัณฑ์ขนมกรอบเค็มที่สูตรต่าง ๆ



ภาพที่ ๘-9 ผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวที่สูตรต่าง ๆ



ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ	นางสาวมันทนา แยมคลี่
วัน เดือน ปีเกิด	9 มกราคม 2502
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น, พ.ศ. 2520-2524 อักษรศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ. 2539-2544 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการพัฒนาทรัพยากร พ.ศ. 2525-ปัจจุบัน วิทยาลัยอาชีวศึกษารenburg ตำแหน่ง : อาจารย์ 2 ระดับ 7
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	

