

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบ โดยการเติมแป้งถั่วเหลือง

Use of soya bean flour to improve the nutritive value of cassava cracker



ปท.
พ.253๖
254๒

เลขหม.....

เลขทะเบียน.....36260

วัน, เดือน, ปี 20 ก.ค. 2543

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2542

เรื่อง การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบโดยการเติมแป้งถั่วเหลือง
Use of soya bean flour to improve the nutritive value of cassava cracker

ชื่อ-นามสกุล นางสาวนริศรา วาดพนม

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สิริพิชญ์ วงศ์ภูมิ

บทคัดย่อ

แป้งถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง สามารถใช้แก้ปัญหาทางด้านโภชนาการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคขาดโปรตีน ด้วยเหตุผลนี้ จึงได้นำแป้งถั่วเหลืองมาศึกษาเป็นส่วนผสมในการทำข้าวเกรียบ โดยได้ทำการศึกษาปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่เหมาะสม ในการเติมลงในส่วนประกอบของข้าวเกรียบ โดยใช้อัตราส่วนแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 % ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง ผลการศึกษาพบว่า การเติมแป้งถั่วเหลืองจะทำให้ความหนาแน่นของข้าวเกรียบเพิ่มขึ้น ขณะที่การขยายตัวของความหนาจะลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบแป้งมันสำปะหลัง ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 % จะมีความหนาแน่นและการพองตัวที่เหมาะสม มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ปริมาณโปรตีนและเถ้า 5.98 และ 2.67 % ตามลำดับ จากผลการทดลองที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลือจากหลายฝ่ายด้วยกันโดยเฉพาะ อาจารย์ สิริพงษ์ วงศ์ภูมิ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่า ในการให้คำปรึกษา แนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยดีตลอดระยะเวลาการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์ รัตนภรณ์ รุ่งประพันธ์ และ อาจารย์ น้ำอ้อย เนวลีย์ อาจารย์คณะอุตสาหกรรมเกษตร วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี ตลอดจน ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย และคำแนะนำในการทำปัญหาพิเศษ นอกจากนี้ยังได้รับการอำนวยความสะดวกต่าง ๆ จากเจ้าหน้าที่ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร รวมทั้งความช่วยเหลือของเพื่อน ๆ ในการทำการทดลอง ซึ่งเป็นผลให้เกิดความสมบูรณ์ของการทำปัญหาพิเศษเรื่องนี้ จึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่กล่าวมา ณ โอกาสนี้

ความดีของปัญหาพิเศษเล่มนี้ขอมอบให้กับ บิดา มารดา พี่ ๆ ซึ่งให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ และกำลังใจ รวมทั้งครู อาจารย์ ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชา และผู้มีพระคุณทุกท่าน

นริศรา วาดพนม

มีนาคม 2543

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญตารางภาคผนวก	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของปัญหา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ถั่วเหลือง	3
2.2 แป้งถั่วเหลือง	12
2.3 ข้าวเกรียบ	25
3. อุปกรณ์และวิธีการ	30
3.1 วัตถุดิบ	30
3.2 สารเคมี	30
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์	30
3.4 วิธีดำเนินการทดลอง	31
3.5 สถานที่ทำการวิจัย	34
3.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	34
4. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	35
5. สรุปและข้อเสนอแนะ	40
5.1 สรุปผลการทดลอง	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	41
บรรณานุกรม	42
ภาคผนวก ก	45
ภาคผนวก ข	56



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 คุณค่าทางอาหารของถั่วเหลืองเป็นกรัมต่อ 100 กรัม ของส่วนที่ รับประทานได้	5
2 เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของถั่วเหลืองกับเนื้อสัตว์ต่าง ๆ เป็นกรัมของ ส่วนที่รับประทานได้	5
3 อัตราส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นทั้งหมดต่อไนโตรเจนทั้งหมด ในแหล่ง ของโปรตีนต่าง ๆ	12
4 มาตรฐานทางราชการของถั่วเหลือง (Official Standards of soy beans) ของสหรัฐอเมริกา	13
5 มาตรฐานแป้งถั่วเหลือง (Soy Flour Standards) ซึ่งยอมรับโดย Soya Food Research Council	15
6 แสดงปริมาณของอไมโดสและอไมโดเพคตินในแป้งธัญพืช	27
7 ความหนาแน่นของข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและข้าวเกรียบที่ทด แทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %	35
8 การขยายตัวของข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและข้าวเกรียบที่ทดแทน ด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %	36
9 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วย แป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %	37
10 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและข้าวเกรียบที่ ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %	38

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
<p>ก การวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนจากการทดสอบคุณภาพทาง ประสาทสัมผัสด้านสีของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %.....</p>	47
<p>ข การวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนสำหรับการทดสอบคุณภาพทาง ประสาทสัมผัส.....</p>	48
<p>ค วิเคราะห์ความแปรปรวนที่ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี ของ ข้าวเกรียบทั้ง 4 สูตร.....</p>	52
<p>ง คะแนนเฉลี่ยของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลืองต่างกันได้ วิเคราะห์ผลทางสถิติแล้ว</p>	54
<p>จ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของ ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %.....</p>	54
<p>ฉ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของ ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %.....</p>	54
<p>ช ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %.....</p>	55
<p>ซ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน เนื้อสัมผัสของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %.....</p>	55
<p>ฅ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน การยอมรับโดยรวมของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %.....</p>	55

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. ขั้นตอนการทำแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบคิบ ของสถาบันคั่นคว่า และพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.....	19
2. ขั้นตอนการทำแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบคิบ ของโรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูป.....	20
3. ขั้นตอนในการทำแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบสุกของสถาบันคั่นคว่า และพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.....	21
4. ขั้นตอนในการทำแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบสุก โดยวิธี Extruder-cooker processing.....	22
5. ขั้นตอนในการทำแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบสุก โดยวิธี Simple Village Process.....	23
6. ขั้นตอนในการทำแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน (defatted soy flour).....	24
7. สูตรโครงสร้างของอไมโดส	25
8. สูตรโครงสร้างของอไม โลเพคติน	26

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ข้าวเกรียบเป็นอาหารว่างประเภทขบเคี้ยวชนิดหนึ่งที่นิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลายในแถบประเทศทางเอเชีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทย ข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตเพื่อบริโภคได้เองในระดับครัวเรือน หรือผลิตจำหน่ายเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อมได้ โดยใช้วัตถุดิบในประเทศ ส่วนประกอบหลักของข้าวเกรียบไม่ว่าจะเป็นข้าวเกรียบกึ่ง ข้าวเกรียบปลา หรือข้าวเกรียบผลไม้ชนิดต่างๆ คือ แป้งมันสำปะหลัง ส่วนประกอบอย่างอื่นจะมีอยู่บ้างเพียงเล็กน้อย โดยหากเป็นข้าวเกรียบที่เติมเนื้อสัตว์จะเติมลงไปในปริมาณ 10-15 % ของน้ำหนัก แป้งมันสำปะหลัง หรือบางแห่งจะมีแต่เพียงแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว แล้วปรุงแต่งกลิ่นรส โดยผสมสารปรุงรส เช่น การเติมกลิ่นกุ้ง ปลา ฯลฯ ดังนั้นองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบส่วนใหญ่จะเป็นคาร์โบไฮเดรต 97.30 % ไขมัน 0.84 % และโปรตีนมีเพียง 0.55 % เท่านั้น (สมชาย ประภาวัต และคณะ, 2534 : 93-101)

เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากการบริโภคข้าวเกรียบ นอกเหนือจากความอร่อยเพียงอย่างเดียว จึงควรที่จะมีการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบให้สูงขึ้น โดยเฉพาะการเพิ่มสารอาหารโปรตีน ซึ่งมีปริมาณโปรตีนน้อยในข้าวเกรียบทั่วไป (เพลินใจ ดังคณะกุล และคณะ, 2537 : 588) จากการศึกษาพบว่า พืชตระกูลถั่วเป็นอาหารที่สำคัญเพราะมีส่วนประกอบที่เป็นโปรตีนค่อนข้างสูง และมีราคาต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารโปรตีนชนิดอื่น ในบรรดาถั่วเมล็ดแข็งด้วยกันถั่วเหลืองนับว่าเป็นถั่วที่มีโปรตีนสูงสุด (ศิริลักษณ์ สนิทวาลัย, 2522 : 234) ด้วยเหตุนี้ถั่วเหลืองจึงเป็นแหล่งโปรตีนที่น่าสนใจและนำมาใช้

ดังนั้นจึงทำการศึกษาความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการนำแป้งถั่วเหลืองมาเติมลงในส่วนประกอบของข้าวเกรียบ เพื่อปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบให้มีโปรตีนสูงขึ้น อันจะทำให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์อย่างเต็มที่

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนการทำข้าวเกรียบ
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแป้งถั่วเหลืองมาเติมลงในส่วนผสมของข้าวเกรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการนำแป้งถั่วเหลืองมาเติมลงในส่วนผสมของข้าวเกรียบ
4. เพื่อทดสอบคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวเกรียบที่นำแป้งถั่วเหลืองมาเป็นส่วนผสม

1.3 ขอบเขตของปัญหา

1. ศึกษาปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการเติมลงในส่วนประกอบของข้าวเกรียบ โดยใช้อัตราส่วนแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 % ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง
2. ทดสอบคุณภาพของข้าวเกรียบ
 - 2.1 ความหนาแน่น
 - 2.2 การขยายตัว
3. การประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบด้วยวิธี Hedonic Rating Scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 15 คน แล้ววิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Analysis of variation (ANOVA) ที่ความเชื่อมั่น 95 %
4. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ โปรตีน ความชื้น และเถ้า โดยวิธี AOAC, 1990

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
2. เป็นการเพิ่มมูลค่าถั่วเหลืองให้สูงขึ้น และทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่
3. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทดลองไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาและประกอบอาชีพได้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองจัดอยู่ใน Family leguminosae และ Subfamily Papilionodeae มีชื่อวิทยาศาสตร์ที่ใช้เป็นทางการปัจจุบัน คือ *Glycine max* (L.) Merril มีชื่อสามัญเรียกกันต่าง ๆ ไป เช่น Soja bean, Soya bean, Chinese pea, Manchurian bean และ Soybean (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2525 : 1) ถั่วเหลืองเป็นพืชพื้นเมืองของเอเชียตะวันออก (East Asia) และเป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ให้โปรตีนและแคลอรีแก่ร่างกายในปริมาณที่เพียงพอ โดยถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีน ประมาณ 40 % มีปริมาณไขมัน 18 % ถั่วเหลืองจัดเป็นพืชที่มีปริมาณโปรตีนสูง ราคาถูก ปลูกง่ายในประเทศไทย และสามารถส่งเสริมให้มีการปลูกเพิ่มขึ้นได้ จึงทำให้ถั่วเหลืองมีบทบาทสำคัญทางโภชนาการมากขึ้นในปัจจุบัน และในอนาคตถั่วเหลืองจะมีความสำคัญยิ่งขึ้น เพราะอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จะทำให้การผลิตอาหารไม่เพียงพอกับจำนวนของประชากรโลก ประกอบกับการขาดแคลนอาหารของประชาชนในประเทศที่กำลังพัฒนา จึงมีการหาแหล่งอาหารเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอาหารโปรตีน คือ เนื้อสัตว์มีราคาแพง และใช้เวลาในการผลิตนาน เสียค่าใช้จ่ายสูง ทำให้โปรตีนจากถั่วเหลืองมีราคาถูกกว่าโปรตีนที่ได้จากเนื้อสัตว์ เพราะใช้เวลาในการผลิตเร็วมาก และเสียค่าใช้จ่ายน้อย ถั่วเหลืองถูกนำเข้าสู่ประเทศไทย โดยชาวจีนอพยพเป็นผู้นำเข้า ซึ่งอาหารจากถั่วเหลืองที่คนไทยนิยมบริโภค ได้แก่ นมถั่วเหลือง (Soybean milk) เต้าหู้ (Tofu or soybean curd) เต้าฮวย (Soft bean curd) ฟองเต้าหู้ (Yuba) เต้าเจี้ยว (Fermented soybean seed) เต้าหู้ยี้ (Sufu or fermented soybean curd) ซีอิ๊ว (Soy sauce) ซอสปรุงรส (Flavored sauce) และใช้ในอุตสาหกรรมทำน้ำมันถั่วเหลือง (Soybean oil) กากถั่วเหลืองที่สกัดเอาน้ำมันถั่วเหลืองออก แล้วใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ (สมชาย ประภาวัต, 2535 : 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 พันธุ์ถั่วเหลือง

พันธุ์ สจ. 1

พันธุ์ที่มีเมล็ดค่อนข้างเล็ก ชาวบ้านเรียกพันธุ์ดำดำ หรือพันธุ์ยอดสน เมล็ดสีเหลือง ตาสีดำ อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 90-100 วัน เหมาะสำหรับปลูกในฤดูฝน ไม่เหมาะสมที่จะปลูกในแหล่งที่มีโรคราสนิมระบาด มีแหล่งปลูก 4 จังหวัด คือ สระบุรี ชัยนาท กาฬสินธุ์ และเชียงใหม่

พันธุ์ สจ. 2

เมล็ดมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ สจ. 1 ชาวบ้านเรียกพันธุ์ตาแดง เมล็ดสีเหลือง ตาสีน้ำตาลแดง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 100 วัน เหมาะสำหรับปลูกปลายฤดูฝนหรือฤดูแล้ง ไม่เหมาะสมที่จะปลูกในแหล่งที่มีโรคราสนิมระบาด มีแหล่งปลูกอยู่ใน 4 จังหวัด เช่นเดียวกับพันธุ์ สจ. 1

พันธุ์ สจ. 4

เมล็ดมีสีเหลือง ตาสีน้ำตาลอ่อน อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 95 วัน ปลูกได้ดีทั่วไปในฤดูฝนและฤดูแล้ง ขนาดเมล็ดโตกว่าพันธุ์ สจ. 1 และ สจ. 2 เป็นพันธุ์ที่ทนทานโรคราสนิมได้ปานกลาง มีแหล่งปลูกที่จังหวัดน่าน

พันธุ์ สจ. 5

เป็นพันธุ์ที่นักวิจัยของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ค้นพบล่าสุด มีลักษณะคล้ายพันธุ์ สจ. 4 เมล็ดมีขนาดโต คุณภาพดี ปลูกได้ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง แต่ให้ผลผลิตสูงในฤดูฝน มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ ของถั่วเหลือง และเป็นพันธุ์ที่ทนทานต่อโรคราสนิมดีกว่าพันธุ์ สจ. 4 (สมชาย ประภาวัต, 2535 : 12-13 ; สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2527 : 40)

2.1.2 องค์ประกอบของเมล็ดถั่วเหลือง

โปรตีนของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีน 35-40 % ดังแสดงในตารางที่ 1 ส่วนคุณค่าทางอาหารของถั่วเหลืองกับเนื้อสัตว์ต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 คุณค่าทางอาหารของถั่วเหลืองเป็นกรัมต่อ 100 กรัม ของส่วนที่รับประทานได้

องค์ประกอบทางเคมี	ถั่วเหลือง
ความชื้น, %	10.00
พลังงาน (แคลอรี/ 100 กรัม)	418
ไขมัน, %	18.94
โปรตีน, %	36.00
คาร์โบไฮเดรต, %	25.88
เส้นใย, %	4.87
เถ้า, %	4.31

ที่มา : ผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (อ้างโดย สมชาย ประภาวัต, 2535 : 3)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของถั่วเหลืองกับเนื้อสัตว์ต่าง ๆ เป็นกรัมต่อ 100 กรัม ของส่วนที่รับประทานได้

ชนิดอาหาร	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	พลังงาน
	%	%	%	แคลอรี
ปลาช่อน	20.5	3.8	-	116
กุ้ง (น้ำจืด)	19.4	1.7	5.4	115
ปู	19.8	4.0	-	115
เนื้อหมู	14.1	35.0	-	331
เนื้อไก่	20.2	12.6	-	192
เนื้อวัว (Lean)	22.2	6.1	-	144
ถั่วเหลือง	36.5	19.9	22.8	516
ถั่วเขียว	24.4	1.2	72.2	397

ที่มา : รุจิรา สัมมะสุต และคณะ (2521) (อ้างโดย สมชาย ประภาวัต, 2535 : 4)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณจากถั่วเหลืองกับโปรตีนจากอาหารอื่น ๆ ปรากฏว่า ถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีน 1 1/2 เท่าของโปรตีนจากเนยแข็ง 2 เท่าของโปรตีนที่ได้จากไข่หรือแป้งสาลี และ 11 เท่าของโปรตีนที่ได้จากนม สำหรับแป้งถั่วเหลือง 1 กิโลกรัม ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง มีปริมาณโปรตีนเท่ากับเนื้อวัว 2.4 กิโลกรัม หรือไข่ 67 ฟอง หรือนมวัว 13 ลิตร และยังเท่ากับ 4.14 กิโลกรัมของแป้งสาลี โปรตีนจากถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่ราคาถูกที่สุด แต่โปรตีนจากถั่วเหลืองเช่นเดียวกับถั่วอื่น ๆ จะเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพไม่สมบูรณ์ คือ ปริมาณของกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (Sulfur containing amino acid) ที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ กรดอะมิโนเมทธิโอนิน+ซิสตีน (Methionine+Cystein) น้อย แต่มีปริมาณของกรดอะมิโนไลซีน (Lysine) สูง

ไขมันของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองประกอบด้วยไขมัน 17-20 % ซึ่งมีปริมาณไขมันเท่ากับ 2 เท่าของน้ำมันในไข่ 5 เท่าของน้ำมันในนม และ 10 เท่าของน้ำมันในแป้งสาลี น้ำมันถั่วเหลืองมีความสำคัญต่อโภชนาการของมนุษย์ คุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองสูงกว่าน้ำมันที่ได้จากสัตว์ และสูงกว่าน้ำมันเนย องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันถั่วเหลืองมีปริมาณของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ กรด Linoleic 25.0-64.8 % และกรด Linolenic 0.3-12.1 % ในน้ำมันถั่วเหลือง ประกอบด้วยเลคซิทีน 3 % ซึ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อร่างกาย เพื่อให้ร่างกายทำงานปกติ ปริมาณของเลคซิทีนของถั่วเหลืองมีอยู่ในปริมาณที่เพียงพอในอาหารสำหรับมนุษย์ เลคซิทีนมีประโยชน์ต่อร่างกาย คือ ใช้เสริมสร้างประสาท บำรุงต่อมไร้ท่อต่าง ๆ ทำให้ไขมันและคลอเลสเตอรอลที่เกาะอยู่ตามอวัยวะที่สำคัญ ๆ กระจุกกระจายออกไปได้ ช่วยในการดูดซึมและขนส่งไขมันเข้าสู่กระแสโลหิต เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มสมอง และเซลล์ประสาท ช่วยในการรักษาโรคผิวหนัง โรคประสาท โรคหลอดเลือดแข็ง และเสริมสร้างส่วนที่สึกหรอของร่างกายได้ ประโยชน์ในด้านอาหารเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ ใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในการทำขนมปัง ขอบแทนนิง และไอศกรีม

คาร์โบไฮเดรตของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองมีคาร์โบไฮเดรตประมาณ 34 % ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวก galactants, pentosans และ hemicellulose ซึ่งร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย มีรายงานเพียง 40 % ของคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (Total carbohydrate fraction) ซึ่งร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (biological available) ถั่วเหลืองแตกต่างกับพวก legumes ตรงที่ว่ามีแป้ง (Starch) น้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือไม่มีเลย ทำให้ถั่วเหลืองเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับคนที่เป็นโรคเบาหวานอย่างยิ่ง ส่วนน้ำตาลอิสระ (Free sugar) ซึ่งละลายในน้ำ ได้แก่ sucrose raffinose และ stachyose ซึ่งเป็นพวก Disaccharide ($C_{12}H_{22}O_{11}$) Trisaccharide ($C_{16}H_{32}O_{16}$) และ Tetrasaccharide ($C_{24}H_{42}O_{21}$) ตามลำดับมีอยู่ในปริมาณน้อย

วิตามินและแร่ธาตุในถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นอาหารที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ วิตามินที่มีอุดมสมบูรณ์ ได้แก่ Thiamine (B_1) Riboflavin (B_2) Niacin D E และ F จะพบวิตามิน B_2 มากกว่าพืชอื่น และมีมากเกินความต้องการต่อวันในผู้ใหญ่ นอกจากวิตามินแล้วถั่วเหลืองยังประกอบด้วยไบโอติน (Biotin) โคลีน (Choline) และ อินอซิทอล (Inositol) ซึ่งทำหน้าที่คล้ายวิตามินในแง่ของแร่ธาตุต่าง ๆ ถั่วเหลืองอุดมสมบูรณ์ไปด้วยแคลเซียม (Calcium) ฟอสฟอรัส (Phosphorus) เหล็ก (Iron) และโปแตสเซียม (Potassium) สำหรับแคลเซียมนั้นเป็นแร่ธาตุที่สำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่งในการเจริญเติบโตของกระดูกในร่างกาย ร่างกายของคนเราต้องการ โปแตสเซียมในการเสริมกล้ามเนื้อต่าง ๆ และทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรง ธาตุฟอสฟอรัสช่วยในการบำรุงประสาทและสมอง และธาตุเหล็กสำคัญในการบำรุงโลหิต

ส่วนประกอบทางอินทรีย์ส่วนย่อยที่พบในถั่วเหลือง ได้แก่

1. สาร Phenolic acid สารนี้พบในพืชโดยทั่วไป และมีปริมาณไม่มากนัก บทบาทของ Phenolic ในถั่วเหลืองจัดว่ามีความสำคัญ โดยเป็นสารร่วมที่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นในแป้งถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองอื่น ๆ

2. สารที่ให้กลิ่นอื่น ๆ ส่วนใหญ่แล้วจะเกี่ยวข้องกับสารที่ให้กลิ่นในถั่วเหลืองและสารที่เกิดขึ้นในช่วงของการแปรรูปถั่วเหลือง หรืออาจเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของ Natural enzymes เช่น Lipoxidase และยากต่อการแยกออกมาเป็นสารที่แน่ชัด นอกจากนี้ยังมีสารประเภท Minor components ที่อาจรวมตัวกับโปรตีน หรือสารอื่น ๆ ในถั่วเหลืองอีกด้วย

2.1.3 ประโยชน์ของถั่วเหลือง

ในปัจจุบัน ได้มีรายงานว่าถั่วเหลืองสามารถใช้ในการรักษาผู้ป่วยโรคเบาหวาน ผู้ที่ไม่สามารถบริโภคอาหารที่มีแคลโคเลสเตอรอลได้ ผู้ป่วยที่มี คอลเลสเตอรอล สูงและทางด้านโภชนาการ ยังมีประโยชน์ต่อผู้ที่มีความผิดปกติของร่างกายและของโรคต่าง ๆ

บทบาทของถั่วเหลืองทางการแพทย์

1. ผู้ป่วยเป็นโรค Lactose intolerance

อาหารถั่วและอาหารที่เป็นนมเนยที่ทำจากถั่วเหลืองสามารถใช้แทนผลิตภัณฑ์สำหรับผู้ป่วยเป็น Lactose intolerance ซึ่งเป็นสภาวะที่ผู้ป่วยไม่สามารถย่อยน้ำตาลหรือผลิตภัณฑ์จากนมได้ สภาวะนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการขาด β -galactosidase ซึ่งเป็น Enzyme ที่สามารถจะย่อย Lactose จากถั่วได้ (Bolinand Dowis) ดังนั้นในกรณีของผู้ป่วยที่เป็น Lactose intolerance ถ้าผู้บริโภคบริโภคอาหารที่มี Lactose อยู่ซึ่งไม่สามารถย่อยผ่านช่วงลำไส้เล็กได้และจะผ่านไปสู่ลำไส้ใหญ่ จึงจะถูกย่อยโดย Colonic ทำให้เกิดกรดและ CO_2 เป็นสาเหตุให้เกิดแก๊สหรือท้องอืดและท้องเสียได้ ประมาณ 60% ของชาวอินเดียป่วยด้วย Lactose intolerance และเผชิญกับปัญหาเหล่านี้หลังจากดื่มนมหรือผลิตภัณฑ์นม พวกเขาจึงไม่สามารถจะบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ทางโภชนาการจากนมและผลิตภัณฑ์จากนมได้ อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีสำหรับการผลิตนมที่มี Lactose ต่ำหรือไม่มี Lactose นั้นเคยถูกพัฒนาโดยผู้วิจัยหลายคน แต่ไม่ค่อยได้รับผลทางการค้าเหมือนอย่างในอินเดีย ซึ่งค้นพบว่าถั่วเหลืองไม่มี Lactose ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากถั่วเหลืองสามารถที่จะบริโภคได้เหมือนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปราศจาก Lactose สำหรับผู้ที่เป็น Lactose intolerance

2. โรคเบาหวาน

โรคเบาหวานมีสาเหตุเนื่องจากความบกพร่องของฮอร์โมนอินซูลิน ซึ่งเป็นโรคที่ติดอันดับ 1 ใน 5 ของอินเดีย ผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานจะมีระดับอินซูลินไม่เพียงพอกลูโคสจึงไม่สามารถเข้าสู่เซลล์ได้ เนื่องจากเกิดเมตาบอลิซึมเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงทำให้มีกลูโคสในเลือดเพิ่มขึ้น โดยระดับของกลูโคสที่ 160-180 mg/ml สามารถจะตรวจพบได้ในปัสสาวะ สภาวะเช่นนี้เรียกว่า Glucosuria ซึ่งเป็นผลมาจากความผิดปกติของการเกิดเมตาบอลิซึม ด้วยเหตุนี้เองกลูโคสในเลือดมีความสำคัญ ซึ่งสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน และผู้ควบคุมระดับของกลูโคสในเลือดให้น้อยลง ในคนปกติและในผู้ป่วยโรคเบาหวานหลังจากฉีดอาหารชนิดต่าง ๆ กันที่มีคาร์โบไฮเดรตและพลังงานไม่เท่ากัน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกลูโคสในสายเลือดตอบสนองต่ออาหารที่ต่างกัน กล่าวคือ องค์ประกอบของอาหาร ความสามารถในการย่อยได้ขององค์ประกอบในอาหาร รูปร่างของไฟเบอร์ของอาหาร ลักษณะทางกายภาพของอาหาร (วัตถุดิบที่ใช้ทำอาหาร) และการกระทำปฏิบัติขององค์ประกอบในอาหาร เป็นต้น โปรตีน แป้ง การทดลองดำเนินไปเรื่อย ๆ เพื่อหาอาหารในอุดมคติหรืออาหารที่ปราศจากกลูโคส (หรือแป้งที่มีโปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุสูง) เพื่อช่วยคำนวณและทดแทนปฏิกิริยาเมตาบอลิซึมและความต้องการของร่างกายของผู้ป่วย จากเหตุนี้ถั่วเหลือง จึงเหมาะสมที่สุดที่จะเป็นอาหารของผู้ป่วยโรคเบาหวาน Lo et al (อ้างโดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซุณห์ ห่อวโนทยาน และคณะ, 2539:5) ประสบความสำเร็จในการสาธิตการลดระดับกลูโคสในเลือด หลังจากใส่ไฟเบอร์จากถั่วเหลืองแทนในอาหาร พบว่า สามารถลดระดับกลูโคสในเลือดโดยใช้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นไป อย่างน้อยที่สุดปฏิกิริยาในทางที่ดีของอาหารจากถั่วเหลืองในการลดระดับกลูโคสในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานและองค์ประกอบที่สมดุลด้านโภชนาการทำให้ถั่วเหลืองเป็นตัวเลือกในอุดมคติ

3. Hypocholesterolemic effect

มีการศึกษาอย่างกว้างขวางว่าโปรตีนถั่วเหลืองสามารถทำให้เกิดคลอเลสเตอรอลในระดับต่ำ ผู้นำด้านนี้มีการเปิดเผยและสัมมนาแก่โรงพยาบาลต่าง ๆ ในการศึกษาผู้ป่วยที่มีระดับคลอเลสเตอรอลในซีรัม 23 % ลดระดับ Triglyceride ในซีรัมของผู้ป่วย Hypocholesterolemic เมื่อพวกเขาลดอาหารอย่างรวดเร็วโดยการบริโภคโปรตีนถั่วเหลืองสกัดแทนเคซีน การลดลงของคลอเลสเตอรอล พบว่า 17 % ใน LDL fraction และ HDL fraction ไม่แสดงการลดลง การค้นคว้าทำนองเดียวกันถูกค้นพบโดย Carroll et al (อ้างโดย ซุณห์ ห่อวโนทยาน และคณะ, 2539: 5-6) ได้ทำการเปลี่ยนโปรตีนจากสัตว์ด้วยโปรตีนถั่วเหลืองที่มีไขมันต่ำในอาหารของผู้ป่วย พบว่า คลอเลสเตอรอลลดลงอย่างเห็นได้ชัด

ผลการวิจัย mechanism ของปฏิกิริยาของโปรตีนในการเปรียบเทียบโปรตีนจากสัตว์ถูกวางไว้ในระดับและหน้าที่ ดังนี้

1. อาหารโปรตีนถั่วเหลืองในการเปรียบเทียบกับเคซีนปรับปรุงปฏิกิริยาของคลอเลสเตอรอล VLDL
2. สารดูดซับไขมันจากลำไส้เล็กจะทำได้เร็วกว่า
3. ลดระดับคลอเลสเตอรอลแบบชีวภาพ
4. การจับ Fecal Cholesterol จะมากขึ้น
5. มีฮอร์โมนระหว่างปฏิกิริยาของ Cholesterolemic รวมอยู่ด้วยกับอาหารโปรตีนบางชนิด พบว่าอินซูลินเพิ่มขึ้นหลังจากบริโภคโปรตีนถั่วเหลือง ปฏิกิริยาของโปรตีนต่อเมตาโบลิซึมของคลอเลสเตอรอลยังไม่ชัดเจน แต่การแยกตัวของมันเองอาจจะมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์คลอเลสเตอรอลของไลโปโปรตีน พบว่า ระดับอินซูลินเพิ่มขึ้นแต่ขณะเดียวกันสังเกตว่า Plasma thyroxin และ Thyroid stimulation hormone ก็เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจะมีผลต่อระดับคลอเลสเตอรอลที่ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การลดระดับพลังงาน

การใช้โปรตีนถั่วเหลืองแทนโปรตีนจากสัตว์สามารถลดระดับแคลอรีได้ (เมื่อปริมาณโปรตีนเท่ากัน) โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นและโปรตีนสกัด มีรายงานว่าสามารถให้พลังงาน 330 K Cal/100 gm ในแง่โปรตีนถั่วเหลืองใช้เป็นแหล่งลดแคลอรีในอาหารได้

5. การป้องกันมะเร็ง

ปัจจุบัน Messiva และ Messiva (อ้างโดย ชูณหิ ห่อวโนทยานและคณะ, 2539 : 7) ได้รายงานไว้ว่า การเพิ่มอาหารถั่วเหลืองมีบทบาทในการป้องกันโรคมะเร็ง เขาพบว่า 5 % ของถั่วเหลืองในอาหารสามารถยับยั้งการเกิดมะเร็งด้านมในหนู ด้วยเหตุนี้อาจเป็นไปได้ว่าคุณสมบัติ Anti-oxidant ของ isoflavone ที่มีอยู่ในถั่วเหลือง

คุณค่าทางโภชนาการ

โปรตีนนับเป็นสารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการหลักในถั่วเหลือง เมื่อเปรียบเทียบกับธัญพืชอื่น ๆ ปริมาณโปรตีนที่ถั่วเหลืองให้ออกมานั้นระยะเวลาต่อการปลูก 1 ช่วง และพื้นที่ปลูก 2.5 ไร่ พบว่าถั่วเหลืองให้โปรตีนสูงมากโดยที่สามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนให้มนุษย์ซึ่งมีกิจกรรมปานกลางได้เป็นระยะเวลายาวนานถึงประมาณ 2,220 วัน ขณะที่แบ่งสถิติให้โปรตีน 875 วัน ข้าวโพด 250 วัน และเนื้อสัตว์ที่เป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงวัวจะให้เนื้อออกมามีคิดเป็นปริมาณที่บริโภคตามความต้องการของร่างกายได้ 70 วัน เป็นต้น

1. ความต้องการด้านสารอาหารโปรตีนของร่างกาย

โปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นสำหรับชีวิตมนุษย์ แหล่งอาหารที่ให้สารอาหารโปรตีน โดยทั่วไปแล้ว ได้แก่ อาหารประเภทเนื้อสัตว์ทุกชนิด ไข่ น้านม ส่วนโปรตีนจากพืชจากสาหร่ายและพวก Single cell protein อื่น ๆ นับเป็นแหล่งโปรตีนใหม่ที่ถูกนำมาใช้ในบทบาทของอาหารมนุษย์มากขึ้น เป็นสำคัญ ถ้าดับความต้องการของสารอาหารโปรตีนมีอัตราความต้องการสูงสุดในช่วงแรกเกิด เด็กอ่อน เด็กโต วัยรุ่น และผู้ใหญ่ ตามลำดับ นอกจากนี้ความต้องการของโปรตีนยังขึ้นอยู่กับสภาพทางกายภาพของแต่ละคนด้วย เช่น ในมารดากำลังตั้งครรภ์ก็ต้องเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในการสร้างขนาดของทารกในครรภ์ เป็นต้น

2. ความต้องการด้านกรดอะมิโนของร่างกาย

โปรตีนในถั่วเหลืองก็เช่นเดียวกับโปรตีนที่พบในแหล่งของอาหารทั่ว ๆ ไป คือ ประกอบด้วยกรดอะมิโน (Amino acid) ชนิดต่าง ๆ ปริมาณของกรดอะมิโนของโปรตีนจากถั่วเหลืองอาจแตกต่างจากโปรตีนจากแหล่งอื่น ๆ อันมีผลทำให้คุณภาพ (Quality) ของโปรตีนและประโยชน์ต่อร่างกายมีความแตกต่างกันด้วย นักวิทยาศาสตร์จึงได้ทำการทดลองและจัดแยกประเภท ถึงความสำคัญ และจำเป็นต่อการใช้งานของกรดอะมิโน 2 ประเภท คือ กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Essential amino acid) หรือเป็นกรดอะมิโนที่จะต้องบริโภคเข้าไปในรูปของอาหาร เพราะร่างกายต้องนำไปใช้งานในขบวนการสร้างหรือรักษาสมดุลของไนโตรเจนในร่างกาย และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย (Non-essential amino acid) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่สามารถสร้างหรือผลิตขึ้นมาได้จากขบวนการทางเคมีของร่างกาย เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของปฏิกิริยาการสร้างสมเป็นโปรตีนต่าง ๆ ชนิดของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายนั้น ได้แก่ Isoleucine, Leucine, Lysine, Methionine, Threonine, Tryptophan และ Valine สำหรับ Methionine และ Phenylalanine นั้นจะถูกนำไปใช้สร้างเป็นกรดอะมิโนชนิดที่เรียกว่า Cystine และ Tyrosine ตามลำดับได้ ฉะนั้นทำให้ความต้องการของกรดอะมิโนทั้งสองตัวนี้เป็นไปได้ครบถ้วนส่วนหนึ่ง โดยที่มีกรดอะมิโนของ Cystine และ Tyrosine ที่มีอยู่ในอาหาร ถั่วเหลืองมีส่วนประกอบของกรดอะมิโนแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ ของถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่รู้จัก ดังในตารางที่ 3 และพบว่าปริมาณของกรดอะมิโนที่มี sulfur เป็นส่วนประกอบ ซึ่งได้แก่ Methionine และ Cystine มีค่าจำกัดโดยมีอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ ทำให้เป็นตัวจำกัดคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนจากถั่วเหลือง ซึ่งปัญหาในเรื่องนี้สามารถที่จะแก้ไขได้โดยการให้ความรู้ ความเข้าใจเกิดขึ้นแก่ผู้บริโภค การบริโภคโปรตีนจากถั่วเหลืองร่วมกับโปรตีนจากแหล่งอื่น ๆ เช่น ข้าว โปรตีนจากงา จากมะพร้าว จากรั้วพืชอื่น ๆ ซึ่งก็จะให้กรดอะมิโนที่ยังขาดอยู่ทำให้เสริมซึ่งกันและกันเป็นผลให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารที่บริโภคสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น(พิชัย สราธรรมย์, 2528 : 256 ;สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2527 : 27 – 32)

ตารางที่ 3 อัตราส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นทั้งหมดต่อไนโตรเจนทั้งหมด ในแหล่งของโปรตีนต่าง ๆ

แหล่งโปรตีน	E/T Ratio (Gm/Gm Total Nitrogen)
โปรตีนจากไข่ทั้งลูก (Whole egg Protein)	3.22
นมวัว (Cow's milk)	3.20
เนื้อวัว (Beef muscle)	2.79
เนื้อปลา (Fish)	2.66
แป้งถั่วเหลือง (Soy Flour)	2.58
เมล็ดงา (Sesame seed)	2.47
เมล็ดฝ้าย (Cotton seed)	2.15
แป้งถั่วลิสง (Peanut flour)	2.08
แป้งสาลี (White wheat flour)	2.02

ที่มา: พิชัย สราวุธรัมย์, 2528 : 260

2.2 แป้งถั่วเหลือง (Soy flour)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ทำจากถั่วเหลือง ใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง สามารถใช้แก้ปัญหาทางด้านโภชนาการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคขาดสารโปรตีน ได้แก่ ประชากรของโลกที่ยากจนและมีรายได้น้อยได้เป็นอย่างดี แป้งถั่วเหลืองสามารถแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ ๆ ได้ 2 ชนิด คือ แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน (defatted soy flour) และแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม (full fat soy flour)

แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน (defatted soy flour)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากกากถั่วเหลือง ซึ่งบีบหรือสกัดเอาไขมันออกแล้ว จากถั่วเหลืองที่คัดเลือก เมล็ดไม่เสีย มีสีเหลือง สะอาด และเอาเปลือกออกแล้ว ซึ่งคุณภาพของเมล็ดถั่วเหลืองเป็นไปตาม U.S. Grain Standards Act ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 มาตรฐานทางราชการของถั่วเหลือง (Official Standards for soy beans) ของ
สหรัฐอเมริกา

ชั้น คุณภาพ	น้ำหนักขั้นต่ำที่ใช้ ในการทดลองต่อ บุเชล (ปอนด์)	ปริมาณสูงสุดที่ให้มีได้					สิ่งแปลก ปลอม	เมล็ดสีน้ำตาลหรือเปลี่ยน เป็นเหลืองเขียว %
		ความชื้น %	เมล็ดผ่า ซีก %	เมล็ดที่เสียหาย ทั้งหมด %	เสียหาย โดย ความ ร้อน %			
1	56	13.0	10	2.0	0.2	1.0	1.0	
2	54	14.0	20	3.0	0.5	2.0	2.0	
3*	52	16.0	30	5.0	1.0	3.0	5.0	
4**	49	18.0	40	8.0	3.0	5.0	10.0	

* ถั่วเหลืองซึ่งมีจุดสีม่วงหรือรอยเป็นสนิม ให้ชั้นไม่เกินชั้น 3

** ถั่วเหลืองเก็บไว้ถูกแดด ลม ให้อยู่ในชั้นคุณภาพไม่เกินชั้น 4

ที่มา : Soybean Digest Blue Book Issue, March 1970, 30, p. 50 (อ้างโดย สมชาย ประภาวัต,
2535 : 18)

แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม (full fat soy flour)

เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งทำจากถั่วเหลืองที่แยกเอาเปลือกออกแล้ว โดยที่ไม่ได้บีบหรือสกัดเอา
ไขมันออก และยังคงไว้ซึ่งส่วนประกอบต่าง ๆ ดั้งเดิมของเมล็ดถั่วเหลืองอยู่

ถั่วเหลืองที่ใช้ทำแป้งถั่วเหลืองทั้ง 2 ชนิด จะต้องผ่านขั้นตอนการทำความสะอาด และ
แยกเอาสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ออกให้หมด คำว่า “flour” โดยทั่วไปหมายถึง สิ่งที่ถูกบดให้
ละเอียดเพียงพอที่จะร่อนให้ผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช (mesh) ถั่วเหลืองบดหยาบ (Soy grits)
มีขนาดของส่วนที่บดมีขนาดใหญ่กว่า flour ซึ่งได้แบ่งขนาดส่วนที่บดตาม U.S. Standards
Screens

ขนาดหยาบ (Coarses) ตะแกรง No.10 ถึง 20

ขนาดกลาง (Medium) ตะแกรง No.20 ถึง 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดละเอียด (Fine) ตะแกรง No 40 ถึง 80

ชนิดของแป้งถั่วเหลือง หรือถั่วเหลืองบดหยาบ (Soy flour or soy grits) ที่มีจำหน่ายในทางการค้าของสหรัฐอเมริกา มี 5 ชนิด คือ

1. ถั่วเหลืองพร่องไขมัน (Defatted soy flour) เป็นแป้งถั่วเหลืองซึ่งผลิตจากถั่วเหลืองที่สกัดเอาน้ำมันออกแล้ว ด้วยเฮกเซน (hexane) และมีน้ำมันเหลืออยู่ต่ำกว่า 2.0 %
2. แป้งถั่วเหลืองไขมันต่ำ (Low-fat soy flour) เป็นแป้งถั่วเหลืองซึ่งผลิตจากถั่วเหลืองที่ได้แยกเอาน้ำมันออกเป็นบางส่วน หรืออาจมีการเติมน้ำมันถั่วเหลืองกลับลงไป แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน (Defatted soy flour) ในระดับที่มีปริมาณอยู่ในช่วง 5-10 %
3. แป้งถั่วเหลืองไขมันสูง (High-fat soy flour) เป็นแป้งถั่วเหลืองที่ได้จากการเติมน้ำมันถั่วเหลืองกลับลงไป แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน (Defatted soy flour) ให้ปริมาณน้ำมันอยู่ในช่วง 15 %
4. แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม (Full-fat soy flour) เป็นแป้งถั่วเหลืองที่มีปริมาณน้ำมันเท่ากับปริมาณน้ำมันในถั่วเหลืองดิบ ซึ่งอยู่ในช่วง 18-20 %
5. แป้งถั่วเหลืองเลคซิทีน (Lecithinated soy flour) เป็นแป้งถั่วเหลืองไขมันต่ำ หรือ แป้งถั่วเหลืองไขมันสูง ที่ได้จากการเติมเลคซิทีน (Lecithin) ลงไปในแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน ที่ระดับให้ปริมาณเลคซิทีน 15 %

ครรชนีละลายของโปรตีน (Protein Solubility Index ; PSI)

ครรชนีละลายของโปรตีน หรือความสามารถในการกระจายของโปรตีน (dispersibility) หมายถึง ร้อยละของโปรตีนทั้งหมดที่สามารถละลายในน้ำภายใต้สภาวะมาตรฐาน (Standardized conditions) ค่า PSI ของผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนที่ดิบจากถั่วเหลืองที่ยังไม่ผ่านความร้อนหรือแปรรูปด้วยความร้อน (raw, unprocessed soy protein products) อยู่ในช่วง 80-100 % และของผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อนโดยการคั่ว (toasted soy protein products) อยู่ในช่วง 0-20 % ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 มาตรฐานแป้งถั่วเหลือง (Soy Flour Standards) ซึ่งยอมรับโดย Soya Food Research Council

	แป้งถั่วเหลือง ไขมันเต็ม (Full- fat soy flour)	แป้งถั่วเหลืองไขมันต่ำ (Low-fat soy flour)	ถั่วเหลืองพร่อง ไขมัน (Defatted soy flour)
โปรตีน (Nx6.25)*	40.0 % ^{ขั้นต่ำ}	45.0 % ^{ขั้นต่ำ}	50.0 % ^{ขั้นต่ำ}
โปรตีน (Nx5.7)*	36.5 % ^{ขั้นต่ำ}	41.0 % ^{ขั้นต่ำ}	45.0 % ^{ขั้นต่ำ}
ไขมัน (สกัดด้วยฮีเทอร์)	18.0 % ^{ขั้นสูง}	4.5 % ^{ขั้นต่ำ} 9.0 % ^{ขั้นสูง}	2.0 % ^{ขั้นสูง}
เส้นใย*	3.0 % ^{ขั้นสูง}	3.3 % ^{ขั้นสูง}	3.5 % ^{ขั้นสูง}
ความชื้น	8.0 % ^{ขั้นสูง}	8.0 % ^{ขั้นสูง}	8.0 % ^{ขั้นสูง}
เถ้า*	5.5 % ^{ขั้นสูง}	6.5 % ^{ขั้นสูง}	6.5 % ^{ขั้นสูง}

± ตะแกรง -97 % ผ่านตะแกรงเบอร์ 100 ซึ่งเป็นตะแกรงมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับแป้งถั่วเหลืองทั้ง 3 ชนิด

* น้ำหนักแห้ง (Moisture free basis)

ที่มา : Soybean Digerst Blue Book Issue, March 1970,30, p. 51 (อ้างโดย สมชาย ประภาวัต, 2535 : 19)

ปฏิกิริยาของเอนไซม์ (Enzyme activity)

ถั่วเหลืองดิบ (Raw soybeans) ประกอบไปด้วยเอนไซม์หลายตัว ซึ่งปฏิกิริยา (active enzymes) เป็นต้นว่า lipoxidase, urease, diastase, protease และ lipase พวกเอนไซม์สองตัวแรกมีความสำคัญในเชิงพาณิชย์ (Commercial importance) เพราะเอนไซม์ lipoxidase มีปฏิกิริยาในการฟอกสีพวกแคโรทีน (Carotene-bleaching activity) และเอนไซม์ urease มีความสามารถที่จะปล่อยแอมโมเนีย (ammonia) จากยูเรีย (urea) การควบคุมความร้อนที่ใช้ในการแปรรูปถั่วเหลืองสามารถหยุดปฏิกิริยาหรือทำลายเอนไซม์ไปหนึ่งชนิดหรือมากกว่านั้น ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีเอนไซม์ที่มีปฏิกิริยาเต็ม (Fully enzyme activitive) เอนไซม์ที่มีปฏิกิริยาบางส่วน (Partially enzyme active) หรือผลิตภัณฑ์ซึ่งมีเอนไซม์ซึ่งถูกหยุดปฏิกิริยาทั้งหมด (Totally enzyme inactive)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครรชนีของสี (Color Index)

แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน (Defatted soy flour) มีค่า PSI อยู่ในช่วง 80-100 % มีสีเกือบเป็นสีขาว เมื่อใช้ความร้อนชื้น (moisture heat) จะทำให้ค่าของ PSI และปฏิกิริยาของเอนไซม์ลดลง และสีจะเปลี่ยนไปในทางที่เข้มขึ้น ซึ่งถ้าผลิตภัณฑ์ถูกคั่วหรือปิ้งสีจะเปลี่ยนจากสีครีมไปเป็นสีน้ำตาลอมเหลือง (golden brown) และค่า PSI มีค่าต่ำลงมากคืออยู่ในระหว่างช่วง 0-20 %

ขนาดของผง (Particle size)

ขนาดของผงแป้งมีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งอัตราการดูดน้ำ (rate of hydration) ความจุในการดูดน้ำ (absorption capacity) และกลิ่นรส (flavor) และคุณสมบัติอื่น ๆ ของแป้ง (flour) มีความเกี่ยวข้องกับขนาดของเม็ดผงหรือลักษณะที่เป็นเม็ดของแป้ง การลดลงของ bulk density และสีของแป้งจะจางลง ถ้าขนาดของผงแป้งมีขนาดเล็ก

คุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนในแป้งถั่วเหลือง (Nutritive value of protein in soy flour)

แป้งถั่วเหลืองที่เตรียมโดยการใช้การให้ความร้อนที่เหมาะสม เมื่อนำไปเลี้ยงหนูทดลองที่อยู่ในระยะหย่านม (weaning rats) โดยให้มีปริมาณโปรตีน 10 % ในอาหารทดลอง (diet) จะให้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของโปรตีน Protein Efficiency Ratio (PER) เท่ากับ 2.0 หรือมากกว่านี้ (ในขณะที่อัตรา PER ของ Casein ซึ่งเป็นอาหารควบคุมเท่ากับ 2.5) ค่า Net Protein Utilization (NPU) ต้องไม่น้อยกว่า 60 แป้งถั่วเหลืองซึ่งได้ผ่านความร้อนต่ำ หรือได้รับความร้อนน้อย (Low or mid heat treatment) จะมีค่า PSI สูงเท่ากับ 70-95 และมีค่าของ PER ต่ำ (1.2-1.5) เนื่องจากการให้ความร้อนต่ำหรือให้ความร้อนน้อย ไม่เพียงพอที่จะทำลายพวก antinutritional factors (Trypsin inhibitors และ hemagglutinin เป็นต้น) ที่มีอยู่ในแป้งถั่วเหลืองได้

แบคทีเรียในแป้งถั่วเหลือง (Bacteriological properties of soy flours)

ถั่วเหลืองมีสารอาหารที่ดีที่สุด (excellent nutrient) ซึ่งเหมาะสมในการเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ของแบคทีเรียในระหว่างขั้นตอนในการทำแป้งถั่วเหลือง โดยการใช้ไอน้ำและมีความชื้นเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของการทำ ซึ่งทำให้แบคทีเรียสามารถแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็วในขั้นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน lines ของการผลิตซึ่งมีพวกแบ็งั้วเหลืองติดอยู่ การเปลี่ยนแปลงในเรื่องกลิ่น (off-odors) และรสชาติอันไม่พึงประสงค์ (undesirable flavors) เกิดขึ้นได้เมื่อปริมาณของแบคทีเรีย (bacterial count) ในแบ็งั้วเหลืองสูงมาก มีแบคทีเรียสองแบบซึ่งเกิดขึ้นในแบ็งั้วเหลือง ได้แก่ แบคทีเรียที่ทำให้เกิด “ropiness” ใน dough ของขนมปัง ทำให้มีปัญหาเกิดขึ้นในอุตสาหกรรม การทำขนมอบ (baking industry) ส่วนแบคทีเรียที่สอง ได้แก่ พวกแบคทีเรียที่ทนทานต่อความร้อน (thermophilic bacteria) ซึ่งทำให้เกิดการเน่าเสียในผลิตภัณฑ์ที่มีแบ็งั้วเหลืองเป็นส่วน ประกอบ ดังนั้น เพื่อให้แบ็งั้วเหลืองที่ผลิตออกมามีคุณภาพดี ก็ต้องมีการควบคุมคุณภาพ และ วิเคราะห์หาปริมาณของแบคทีเรียในแบ็งั้วเหลือง โดยต้องทำเป็นงานประจำ และให้อยู่ในมาตรฐานเชิงพาณิชย์ของแบ็งั้วเหลืองและถั่วเหลืองบดหยาบ (Soy flours and grits)

สารพิษอื่น ๆ ในถั่วเหลือง (Extraneous toxic factors)

1. ยาฆ่าเชื้อรา (Fungicides) ถั่วเหลืองที่ใช้ในการแปรรูปทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น แแบ็งั้วเหลืองต้องปราศจากยาฆ่าเชื้อราที่เป็นสารพิษ หรือยาฆ่าแบคทีเรียที่เป็นพิษ
2. แอฟลาท็อกซิน (Aflatoxin) ภายใต้อาณัติของซึ่งถั่วเหลืองที่เก็บเกี่ยวแล้วและเมล็ด ถั่วเหลืองมีความชื้นเกิน 13 % จะต้องพิจารณาความเป็นไปได้ในการปนเปื้อนของสาร แอฟลาท็อกซิน ถั่วเหลืองที่มีปริมาณแอฟลาท็อกซินที่ระดับ 0.03 ppm หรือสูงกว่านี้ไม่เหมาะสมที่จะเป็นอาหารเพื่อบริโภคสำหรับมนุษย์

ภาชนะบรรจุ (Packing)

แบ็งั้วเหลืองจะถูกบรรจุในภาชนะบรรจุเป็นคันว่า บรรจุอยู่ในถุงซึ่งเป็น multiwall kraft bags ซึ่งด้านในมีโพลีเอทิลีนเคลือบอยู่ เพื่อให้เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้นานระหว่างที่มีการขนส่งและ รักษาความแห้ง ความสะอาดให้ถูกหลักสุขาภิบาล และลดการปนเปื้อน (Contamination) ให้น้อย ที่สุด ควรมีการใช้สารซึ่งไม่เป็นพิษเพื่อไล่แมลงที่ขึ้นภายนอกของถุงบรรจุแบ็งั้วเหลือง ผนังปากถุงให้แน่นเพื่อป้องกันไม่ให้แมลงเข้าไปในถุงได้ ในการขนส่งทางทะเล ถุงดังกล่าวควรห่อหุ้มด้วยกระดาษอีกชั้นหนึ่ง

การทำแบ็งั้วเหลือง

1. แแบ็งั้วเหลืองไขมันเต็ม (Full fat soy flour)

- 1.1 แแบ็งั้วเหลืองไขมันเต็มแบบดิบ (Raw full fat soy flour)

เป็นแบ็งั้วเหลืองที่ทำจากถั่วเหลือง โดยไม่ผ่านความร้อน โดยการต้มในไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรืออบไอน้ำ หรือคั่วให้สุก ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2

1.2 แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มแบบสุก (Cooked full fat soy flour)

เป็นแป้งถั่วเหลืองที่ทำจากถั่วเหลืองที่คัดคุณภาพแล้ว ซึ่งผ่านความร้อน เพื่อทำให้สุก โดยการต้มในน้ำหรือไอน้ำ หรือคั่วให้สุก ก่อนที่จะทำให้เป็นแป้งถั่วเหลือง ซึ่งมีวิธีการทำคือ

วิธีที่ 1 เป็นวิธีดั้งเดิมของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งวิธีการผลิตแสดงไว้ในภาพที่ 3

วิธีที่ 2 Extruder-cooker processing เป็นวิธีทำแป้งถั่วเหลือง ซึ่งพัฒนาขึ้นมาโดย Mustakas et al (อ้างโดยสมชาย ประภาวัต, 2535 : 31) ด้วยความช่วยเหลือขององค์การยูนิเซฟ (UNICEF) ใช้สำหรับประเทศที่กำลังพัฒนา โดยใช้ Wenger extruder ดังแสดงในภาพที่ 4

วิธีที่ 3 Simple Village Process เป็นวิธีการทำแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบสุก โดยวิธีง่าย ๆ แบบชาวบ้าน ซึ่งพัฒนาโดย Northern Utilization Research and Development Division Agricultural Research Service ของ USDA ซึ่งวิธีการดังแสดงในภาพที่ 5

2. แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน (Defatted soy flour)

เป็นถั่วเหลืองซึ่งทำจากถั่วเหลืองที่คัดคุณภาพแล้ว โดยจะทำความสะอาด กะเทาะเปลือก แยกเอาเปลือกออก นำมาบดหยาบ อบไอน้ำ และทำเป็นแผ่น ทำการสกัดน้ำมันออก นำมาบดละเอียดเป็นผงผ่านตะแกรงเบอร์ 100 หรือ 140 ไมครอน แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 45-52 % และมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 0.5-3.0 % ขั้นตอนการทำดังแสดงในภาพที่ 6 (สมชาย ประภาวัต, 2535 : 16-46 ; สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2527 : 75-77)

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบคิบ ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



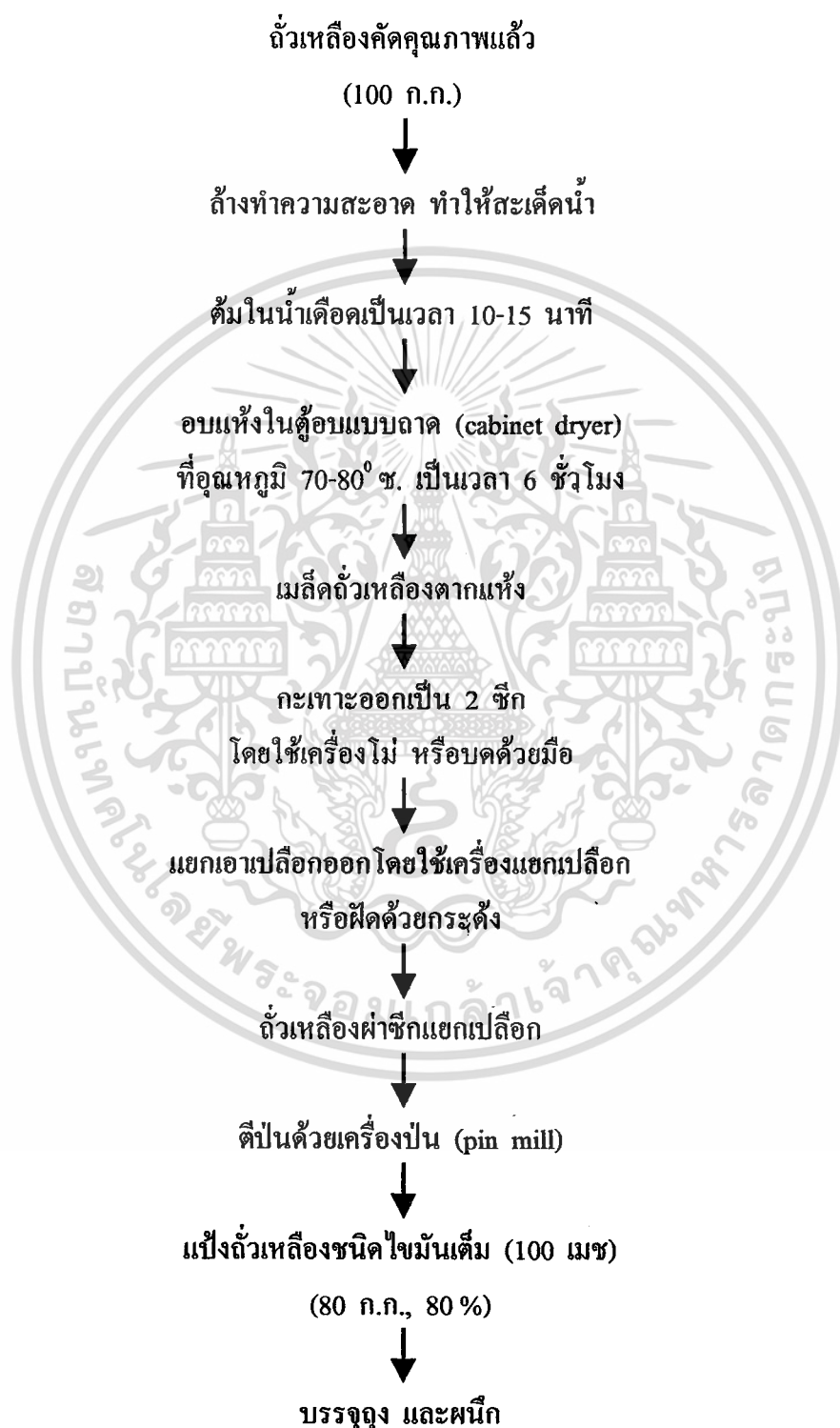
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทำแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบดิบ ของโรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 ขั้นตอนในการทำแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบสุก ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4 ขั้นตอนในการทำแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบสุก โดยวิธี Extruder-cooker processing

ถั่วเหลืองคัดคุณภาพและผ่านการทำความสะอาดแบบแห้ง



กะเทาะเป็น 2 ซีก และแยกเอาเปลือกออก



บดให้เป็นแผ่น หรืออบคหยาบ ๆ



ปรับให้ความชื้น 18 % โดยการอบไอน้ำ

อุณหภูมิ 200-212^o ฟ.



ผสมให้เข้ากันในเครื่องผสม
พร้อมกับพ่นไอน้ำโดยตรง



ผ่านเข้าเครื่องอัด (extruder)

เป็นเวลา 1.0-1.5 นาที

อุณหภูมิ 250-290^o ฟ.



ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอัดแล้ว



อบแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบสายพาน

ตอนแรก ตอนที่สอง และสาม ใช้อุณหภูมิ 110-120^o ซ.

90-100^o ซ. และ 30^o ซ. ตามลำดับ (ใช้เวลา 12-18 นาที)



บดละเอียดด้วยเครื่อง pin mill ให้ผ่านตะแกรง 100 เมช



แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบสุก



บรรจุถุง และผนึก

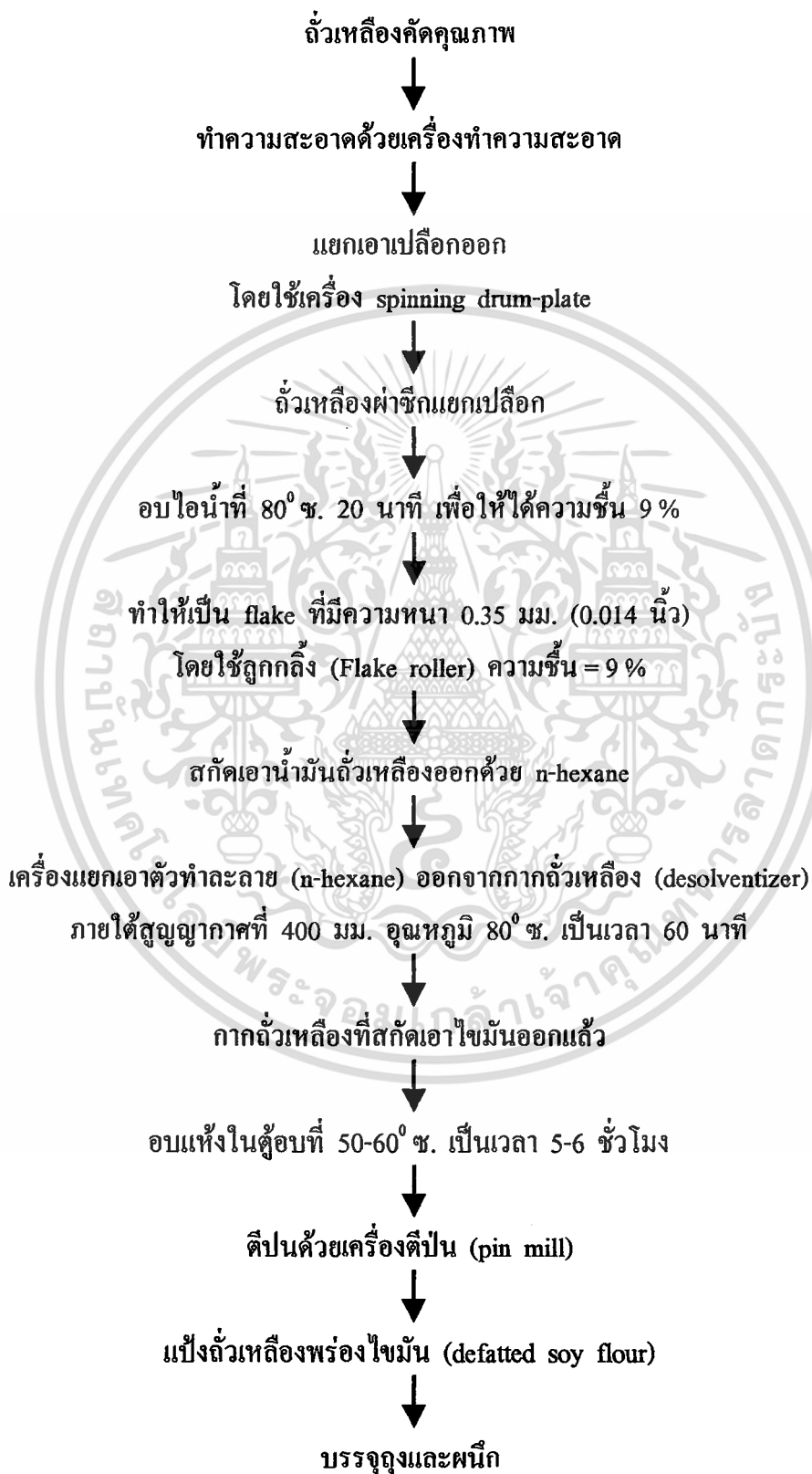
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5 ขั้นตอนในการทำแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบสุก โดยวิธี Simple Village Process



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6 ขั้นตอนในการทำแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน (defatted soy flour)



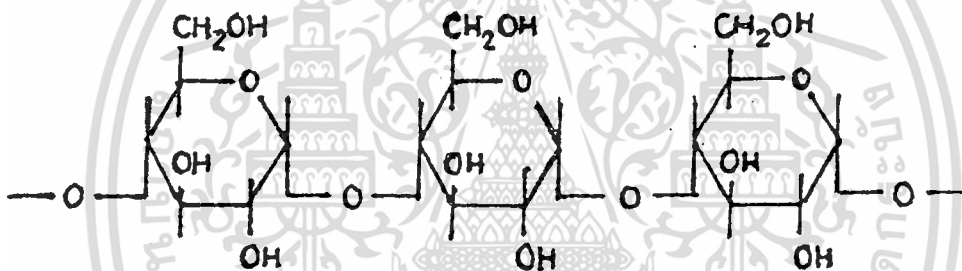
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ข้าวเกรียบ

อาหารว่างโดยมากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งข้าวโพดเป็นหลัก โดยการทำแป้งให้สุก นำมาอบหรือทอดในน้ำมันบริโภค แป้งที่ใช้โดยมากได้จากพวกธัญพืช (Cereals) เช่น แป้งจากข้าวเจ้า ข้าวโพด ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี หรือจากพืชหัวและรากของพืช เช่น มันฝรั่ง มันสำปะหลัง มันเทศ หรือจากถั่ว ได้แก่ defatted soy flour เป็นต้น

แป้ง (Starch) ประกอบด้วยอนุของกลูโคสหลายตัวต่อกันด้วย α -linkage ที่ตำแหน่ง 1, 4 และ 1, 6 แป้งได้ 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. อไมโลส ประกอบด้วย กลูโคสหลายหน่วยต่อกันแบบ α -(1, 4) linkage มีลักษณะเป็นเส้นตรง ดังภาพที่ 7

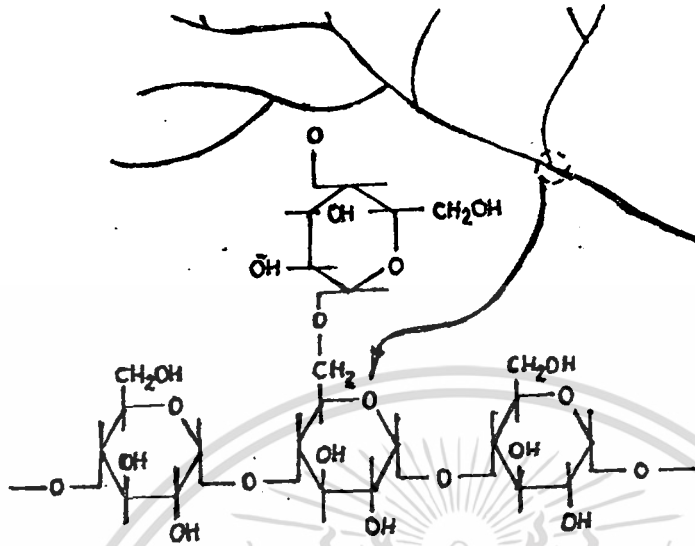


Structure of amylose from corn refiners association

ภาพที่ 7 สูตรโครงสร้างของอไมโลส

ที่มา : นฤตม บุญหลง , 2537 : 1

2. อไมโลเพคติน โครงสร้างประกอบด้วยอนุของกลูโคสหลายตัวต่อกันทั้งแบบ α -(1, 4) และ α -(1, 6) linkage มีลักษณะแยกสาขาเหมือนกิ่งไม้ ดังภาพที่ 8



Structure of amylopectin from corn retiners association

ภาพที่ 8 สูตรโครงสร้างของอไมโลเพคติน

ที่มา : นอุดม บุญหลง, 2537 : 1

ข้อแตกต่างระหว่างอไมโลสและอไมโลเพคติน มีดังต่อไปนี้

อไมโลส

อไมโลเพคติน

- | | |
|--|---|
| 1. ละลายน้ำได้ดีกว่า | 1. ละลายน้ำได้น้อยกว่า |
| 2. เมื่อต้มกับน้ำมีลักษณะข้นน้อยแต่จุ่นมาก | 2. ลักษณะเหนียวข้น ใสกว่า |
| 3. ทำปฏิกิริยากับสารละลายของไอโอดีนให้สีน้ำเงินแก่ | 3. ทำปฏิกิริยากับสารละลายของไอโอดีนให้สีม่วงแดงหรือน้ำตาล |
| 4. โมเลกุลเป็นเส้นตรง | 4. โมเลกุลต่อกันเป็นกิ่งก้าน |
| 5. จับตัวเป็นวุ้นเมื่อต้มและทิ้งให้เย็น | 5. ไม่จับตัวเป็นวุ้น |

ปริมาณของอไมโลสและอไมโลเพคตินในแป้งธัญญาพืช ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณของอไมโลสและอไมโลเพคตินในแป้งธัญญาพืช

ชนิดแป้ง	% อไมโลส	% อไมโลเพคติน
แป้งข้าวโพด	24	76
แป้งข้าวโพดชนิดคัดแปลง	1	99
แป้งข้าวสาลี	25	75
แป้งข้าวเจ้า	18	82
แป้งข้าวเหนียว	1	99
แป้งข้าวฟ่าง	25	75
แป้งข้าวฟ่างชนิดคัดแปลง	1	99

ที่มา : The Starch Industry (J.W. Knight, 1969) (อ้างโดย นฤดม บุญหลง, 2537 : 1)

S. Smith Paul (อ้างโดย นฤดม บุญหลง, 2537 : 2) กล่าวว่า พวก Waxy Corn ไม่มีอไมโลส ส่วนแป้งมันสำปะหลังมีอไมโลสประมาณ 17 % ปกติแป้งจะไม่ละลายในน้ำเย็น เมื่อผสมน้ำตั้งทิ้งไว้แป้งจะตกตะกอน เมื่อคนจะมีลักษณะแขวนลอยดูขุ่นนัวและพองตัวเล็กน้อย เมื่อนำไปทำให้ร้อนจะเกิดการพองตัวเนื่องจากการดูดน้ำจะมากขึ้น ทำให้มีลักษณะขุ่นหนืด ความข้นจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและระยะเวลาจนถึงจุดที่แป้งขุ่น เปลี่ยนลักษณะเป็นใส เรียกจุดนี้ว่า gelatinized ถ้าต้มนานต่อไป ความหนืดจะลดลงแต่เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นความหนืดเพิ่มขึ้น แป้งต่างชนิดกันจะมีจุด gelatinized ต่างกัน

อุส่าห์ เจริญวัฒนา (อ้างโดย นฤดม บุญหลง, 2537 : 3) กล่าวว่า การผสมน้ำลงในแป้ง ถ้าน้ำที่ใช้ผสมแป้งมีน้อยเกินไป แป้งจะจับตัวกันเป็นก้อน เม็ดแป้งที่อยู่ด้านบนก็จะดูดน้ำและพองตัว แต่เม็ดแป้งภายในจะดูดน้ำได้น้อย พองตัวได้น้อยจะเห็นเป็นสีขาวแป้งดิบอยู่ข้างใน เช่น ถิ่นแป้งดิบลงในน้ำร้อน แป้งจะสุกทันทีแล้วจับตัวเป็นก้อนและสีขุ่นขาวอยู่ภายใน ดังนั้นการทำแป้งให้สุกใส จึงควรผสมน้ำเย็นกับแป้งทุกชนิดก่อนนำไปให้ความร้อนจนถึงจุดที่แป้งสุก

S. Smith Paul (อ้างโดย นฤดม บุญหลง, 2537 : 3) กล่าวว่า แป้งที่ไม่มีอไมโลส เช่น Waxy Corn Starch เมื่อทำให้สุกจะมีลักษณะขุ่นและใส แต่สามารถไหลได้ แป้งมันสำปะหลังพอมืออไมโลสบ้าง เมื่อทำให้สุกจะได้แป้งสุกที่นุ่ม ส่วนแป้งที่มีอไมโลสสูง หลังทำให้สุกจะมีลักษณะขุ่นทึบ คงรูปอยู่ตัวดีไม่เหลวและมีความแข็งแรงมากกว่าแป้งสุกที่มีอไมโลสต่ำ

อัตราส่วนของอไมโลสต่ออไมโลเพคติน มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากแป้งที่มีอไมโลเพคตินเกือบทั้งหมด เมื่อนำไปทอดหรืออบจะพองตัว (puff)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดี มีน้ำหนักเบาแต่เปราะ เมื่อมีอไมโลสผสมในแป้งอยู่บ้างจะช่วยให้ความเปราะแตกง่ายขึ้นลดลง แป้งที่มีอไมโลสผสม 5-20 % จะให้คุณสมบัติในด้านความแข็งตามต้องการได้ เพราะว่าอัตราส่วนของ อไมโลเพคตินมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับ degree ของการ puffing โดยตรงและยังมีอิทธิพลต่อการดูดซับน้ำมันระหว่างการทอดด้วย นอกจากนี้การทำให้แป้งเกิด Cross linking ระหว่างโมเลกุลของแป้ง จะทำให้การเพิ่มปริมาณอไมโลสนอกจากจะทำให้ค่า Specific volume ของผลิตภัณฑ์ลดลงแล้วยังทำให้ปริมาณน้ำมันที่จะถูกดูดซับระหว่างการทอดลดลงด้วย

เกรียงศักดิ์ นิติพงษ์สกุล (อ้างโดย นฤดม บุญหลง, 2537 : 4) กล่าวว่า ก่อนแป้งมันสำปะหลัง 100 % เมื่อผสมน้ำทำให้สุกบางส่วนนำมาทอดแล้วปั่นจนได้ลักษณะเป็นท่อนกลมยาว เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว หลังจากนั้นนำไปนึ่งอบด้วยไอน้ำจนแป้งสุกทั่ว ลักษณะที่ได้แป้งสุกจะใส นิ่มมาก แต่เป็นรูปครึ่งวงรี เมื่อดูตามขวาง ถ้าใช้แป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วน 70 : 30 ในการทำข้าวเกรียบ แป้งสุกที่ได้ภายหลังการนึ่งจนสุกจะใสและแข็งเล็กน้อย เป็นรูปทรงดีไม่แผ่แบนเหมือนที่ใช้แป้งมันสำปะหลังล้วน ๆ ลักษณะข้าวเกรียบหลังทอดจะมีรูพรุนขนาดเล็ก ผิวเรียบเนียน มีความกรอบปานกลาง การพองตัวดีและมี fat content ต่ำกว่าสูตรแป้งมันสำปะหลัง : แป้งข้าวเจ้าที่ 90 : 10 และ 80 : 20

อาหารทอดที่ผิวมีปริมาณน้ำมันสูง จะทำให้ผิวมีลักษณะเป็นมันเยิ้ม ลักษณะนี้มักจะต้องใช้วิธี draining บน vibrating screen ตักรยะหนึ่งก่อน หลังจากการทอดประสิทธิภาพจะเร็วขึ้น หากมีการเป่าลมร้อนที่ไม่มีความร้อนผ่านผลิตภัณฑ์ด้วยพร้อมกัน นอกจากนั้นการแยกน้ำมันออกจากผลิตภัณฑ์ อาจทำได้โดยใช้สาร difluorodichloromethane (R-12)

ส่วนผสมที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมันสำปะหลังมีรสชาติ คือ เครื่องเทศ เครื่องเทศจะถูกเติมลงไป ขณะทำการผสมหรือนวดแป้ง ตัวอย่างของเครื่องเทศที่ใช้ เช่น กระเทียม (Garlic) รากผักชี (Coriander root) หอมใหญ่ (Onion) และพริกไทย (Pepper)

กระเทียมในแง่ของการเป็นอาหาร กระเทียมทั้งสดและแห้งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในหมู่ชาวตะวันออก น้ำมันกระเทียมใช้แต่งกลิ่นอาหารได้หลายชนิด รวมทั้งเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์และไม่มีแอลกอฮอล์ แต่งกลิ่นอาหารแช่แข็ง ขนมหวาน ขนมหึง เยลลี่ แต่งกลิ่นน้ำซอส เนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อ น้ำมัน น้ำจิ้ม ฯลฯ

พะยอม ต้นคิ้วฉ่ำ (อ้างโดย นฤดม บุญหลง, 2537 : 5) กล่าวว่า ในตะวันตก ผลกระเทียมและน้ำกระเทียมมีการขายกันในร้านขายอาหารเพื่อสุขภาพ (Health food store) ใช้แต่งกลิ่นอาหาร มีรสเผ็ดร้อน นิยมใส่อาหารที่ปรุงแล้ว แต่งกลิ่นเครื่องดื่ม เหล้า ลูกกวาด อาหารประเภทเนื้อ เนยแข็ง ช่วยถนอมอาหารพวกเนื้อ

B. Smith Oak (อ้างโดย นฤดม บุญหลง, 2537 : 5) กล่าวว่า นอกจากนี้การเพิ่มรสชาติข้าวเกรียบอาจทำได้โดย การเติม flavors ลงในน้ำมันที่ใช้ทอด ซึ่งใช้ในรูป Emulsion หรืออาจเติมเป็นผงคลุกเคล้าภายหลังทอด กลิ่นรสที่ใช้กัน เช่น meat flavors, barbecue flavors, pissa flavors รวมทั้งกลิ่นรสต่าง ๆ ตามแต่ท้องถิ่น เช่น chili flavors, curry flavors และอื่น ๆ

ภาชนะที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ ซึ่งจัดเป็น (Snack food) ที่มีความกรอบ มีไขมัน และคุณค่าความชื้นได้ง่าย ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมตามหลักการควรมีคุณสมบัติต่อไปนี้

1. สามารถป้องกันการซึมผ่านของน้ำและอากาศ เพื่อให้ข้าวเกรียบมีความกรอบ ไขมัน และที่ต้องป้องกันอากาศเพื่อป้องกันการเกิดการหืนของไขมัน
2. สามารถป้องกันแสงได้ เพราะแสงเป็นตัวกระตุ้นการเกิดออกซิเดชันของไขมัน
3. สามารถป้องกันการซึมผ่านของไขมัน เพราะถ้าไม่สามารถป้องกันได้ ภายนอกภาชนะบรรจุจะมีไขมันซึมสกปรก สีที่ใช้กับภาชนะอาจหลุดลอก ละลายมากับไขมัน
4. อาจมีความจำเป็นที่ภาชนะจะต้องสามารถป้องกันแรงกระทบกระแทก กรณีที่เป็นของราคาแพง
5. ภาชนะที่ใช้ควรมีความสวยงามดึงดูดผู้ซื้อและพยายามให้มีราคาต่ำ

บทที่ 3

อุปกรณ์ และวิธีการ

3.1 วัดฤดูบิ

1. แป้งมันสำปะหลัง
2. แป้งถั่วเหลือง
3. งา
4. เกลือ
5. พริกไทย
6. น้ำมันพืช
7. กระทียม
8. น้ำ

3.2 สารเคมี

1. คะตะลิสต์ผสม
2. กรดกำมะถัน
3. กรดเกลือ
4. กรดซัลฟูริก
5. เมทริลเรด อินดิเคเตอร์
6. โซเดียมไฮดรอกไซด์
7. กรดบอริก
8. อินดิเคเตอร์ผสม
9. แอลกอฮอล์
10. ฟีนอล์ฟทาลิน

3.3 เครื่องมือ และอุปกรณ์

1. เตาแก๊ส

2. ตั้งตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กะละมัง
4. มีด
5. ตู้อบ
6. ถาด
7. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
8. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
9. ถุงพลาสติก
10. ทัพพี
11. จาน
12. แก้ว
13. บีกเกอร์
14. โถดูดความชื้น
15. จานกระเบื้อง
16. เต้าเผา
17. ปิเปต
18. บิวเรต
19. moisture can
20. กะทะ
21. กระจกกรองเบอร์ 40
22. erlenmeyer flask
23. ผ้าขาวบาง
24. เครื่องสไลด์

3.4 วิธีดำเนินการทดลอง

1. การเตรียมข้าวเกรียบผสมแป้งถั่วเหลือง โดยใช้อัตราส่วนของแป้งถั่วเหลืองในปริมาณ 10 15 20 และ 25 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด คัดแปลงจากสูตรการทำข้าวเกรียบเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ (เพลินใจ ตั้งคณะกุล และคณะ, 2537 : 587 – 592)

1.1 ผสมแป้งมันสำปะหลัง และแป้งถั่วเหลือง เดิมเกลือ 2.5% พริกไทย 2.5% และ กระเทียม 7.5% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 คลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน เติมน้ำเดือดจำนวนพอประมาณลงไป เพื่อให้ทำ
ให้แป้งสุก

1.3 นวดส่วนผสมต่อไป เพื่อให้เนื้อแป้งและเครื่องเทศผสมเข้ากันดี ลักษณะแป้งที่
ผสมกันดีกับเครื่องเทศจะต้องไม่เหลวและ เพราะเติมน้ำมากเกินไปหรือน้ำน้อยเกินไป ทำให้แป้ง
แตก่วนไม่เกาะกัน ส่วนผสมที่ดีจะต้องไม่เหนียวติดเครื่องมือ หรือเมื่อนำมาปั้นนวดด้วยมือ

1.4 นำส่วนผสมแป้งที่นวดได้ที่แล้ว มาคลึงด้วยมือ ลักษณะของส่วนผสมแป้งที่ดี จะ
ต้องนวดคลึงง่ายไม่เหลวหรือเหนียวติดมือ สามารถปั้นเป็นรูปทรงกระบอกและอยู่ตัว ขนาดที่ปั้นมี
เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 7 นิ้ว

1.5 นำส่วนผสมที่ปั้นเป็นทรงกระบอกแล้ว ไปนึ่งด้วยไอน้ำประมาณ 45 นาที หรือจน
แป้งสุก

1.6 นำส่วนผสมแป้งรูปทรงกระบอกที่ทำให้สุกแล้ว นำมาผึ่งลม ให้ผิวหน้าแห้ง
หมาดๆ จับแล้วไม่เหนียวติดมือ เก็บไว้ในถุงพลาสติกปิดปากถุงให้แน่น นำไปแช่ตู้เย็น 1 คืน

1.7 นำมาตัดเป็นแผ่น ๆ ความหนา 1 – 2 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องสไลด์

1.8 คลี่แผ่นข้าวเกรียบที่สไลด์ได้บนตะแกรง นำไปอบในตู้อบ อุณหภูมิ 60 °ซ เวลา 3

ชั่วโมง

1.9 เก็บแผ่นข้าวเกรียบที่แห้งแล้วใส่ถุงพลาสติก ผูกปากถุงเพื่อกันอากาศเข้า

Mixed well cassava flour with soya bean flour added 2.5 % salt, 2.5 % pepper and 7.5 % ground

garlic by weight of total flour

added boiling water

Mixed and kneaded until the homogeneous and smooth dough was obtained

Formed into long cylinder shape

(diameter 1 inch , and 6 – 7 inches. long)

Steamed for 45 minutes

Keaped in refrigerator , overnight

Sliced into thin pieces (1 – 2 m m. thickness)

Dried by tray dryer 60 °C , 3 hrs.

Packed in plastic bag

Figure 1 flow chart for the production of cassava cracker

ที่มา : คัดแปลงจากสูตรการทำข้าวเกรียบเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ(เพลินใจ ตั้งคณะกุล และคณะ,
2537 : 589)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทดสอบคุณภาพของข้าวเกรียบ

2.1 ความหนาแน่น (Bulk density) ทอดข้าวเกรียบในน้ำมันพืชอุณหภูมิประมาณ 150 °ซ นานประมาณ 5 วินาที แล้วนำมาหาปริมาตรการแทนที่เมล็ดงา ซึ่งน้ำหนักข้าวเกรียบคำนวณความหนาแน่นโดยใช้สูตร

$$\text{Bulk density (gm / 100 ml)} = \frac{\text{Weight after frying (gm)}}{\text{Volume after frying (ml)}} \times 100$$

2.2 การขยายตัว (Expansion) วัดความหนาของข้าวเกรียบ (มิลลิเมตร) ก่อนและหลังทอดน้ำมันที่อุณหภูมิ 150 °ซ โดยใช้ไมโครมิเตอร์ วัดความหนาที่ตำแหน่งต่าง ๆ รอบ ๆ แผ่นข้าวเกรียบ 4 ตำแหน่ง ใช้ค่าเฉลี่ยตัวอย่างละ 5 แผ่น จากนั้นคำนวณโดยใช้สูตร (Yu S.Y.,1981 : 51-58)

$$\% \text{ Expansion} = \frac{\text{Thickness after puffing} - \text{Thickness before puffing}}{\text{Thickness before puffing}} \times 100$$

2.3 ประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic Rating Scale โดยใช้ผู้ทดสอบ 15 คน แล้ววิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Analysis of variation (ANOVA) ที่ความเชื่อมั่น 95 %

2.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ความชื้น และเถ้า โดยวิธี AOAC, 1990

3.5 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

3.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

เดือนกันยายน 2542 – เดือนกุมภาพันธ์ 2543

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การศึกษารูปแบบปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบ โดยการทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน 10 15 20 และ 25% โดยทดสอบคุณภาพของข้าวเกรียบด้านความหนาแน่น การขยายตัว การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 7 ความหนาแน่นของข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง และข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25%

ตัวอย่าง	ความหนาแน่น กรัม/100 มิลลิเมตร
ข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง	8.12
ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 %	11.29
ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 15%	11.37
ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 20%	13.97
ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 25%	15.35

ผลการศึกษาในตารางที่ 7 พบว่าปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่ทดแทนในส่วนผสมของข้าวเกรียบจะทำให้ความหนาแน่นของข้าวเกรียบเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 25 % มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาคือข้าวเกรียบที่เติมแป้งถั่วเหลือง 20 15 10 % และข้าวเกรียบที่เติมแป้งมันสำปะหลัง จะมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 15.35 13.97 11.29 และ 8.12 กรัม/100 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในแนวทางเดียวกับการศึกษาของ เพลินใจ ดั่งคณะกุล และคณะ (2537 : 587-592) ที่พบว่าข้าวเกรียบที่เติมแป้งเม็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษมากขึ้น จะมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น และผลการศึกษาของ ดวงใจ ทิระบาล และ นงนุช รักสกุลไทย (2533 : 11-17) ที่พบว่าข้าวเกรียบปลาที่มีปริมาณปลาเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของข้าวเกรียบจะเพิ่มขึ้น อธิบายได้ว่า เกิดจากการที่โปรตีนไปจับกับแป้งทำให้แป้งไม่ขยายตัว (Yu S.Y., 1981 : 51-58)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 การขยายตัวของข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วย แป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %

ตัวอย่าง	การขยายตัว (%)
ข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง	145.97
ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 %	145.31
ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 15 %	134.84
ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 20 %	121.33
ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 25 %	95.14

ผลการศึกษาในตารางที่ 8 การขยายตัวของข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 % พบว่าการขยายตัวของความหนาของข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลังมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 % มีค่าการขยายตัวเท่ากับ 145.97 145.31 134.84 121.33 และ 95.14 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลังซึ่งมีค่าการขยายตัวมากกว่า ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 25 % เป็น 50.83 % เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ เพลินใจ ตั้งคณะกุล และคณะ (2537 : 587-592) ที่พบว่าข้าวเกรียบที่เติมแป้งเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษเพิ่มขึ้น จะมีการขยายตัวลดลง และผลการศึกษาของ ดวงใจ ทิระบาด และ นงนุช รักสกุลไทย (2533 : 11-17) ที่พบว่าข้าวเกรียบปลาที่มีปริมาณปลามากขึ้นการขยายตัวจะลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะการที่โปรตีนไปจับกับแป้ง ทำให้แป้งไม่ขยายตัว (Yu S.Y., 1981 : 51-58) เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีคุณสมบัติทำให้ข้าวเกรียบเกิดการพองตัว ซึ่งมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของข้าวเกรียบ ดังนั้นเมื่อปริมาณของแป้งมันสำปะหลังลดลง การขยายตัวของข้าวเกรียบจึงลดลงด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าการขยายตัวของข้าวเกรียบ มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของข้าวเกรียบ โดยพบว่า ถ้าความหนาแน่นสูงอัตราขยายตัวจะต่ำ ในทางตรงกันข้ามถ้าความหนาแน่นต่ำอัตราขยายตัวจะสูง

จากการรายงานของ อภิขญา ชูบัณฑิตกุล (2542:10) ได้กล่าวว่า น้ำมันที่ใช้ในกระบวนการทอดอาหารขบเคี้ยวประเภททอด จะทำให้ผลิตภัณฑ์ทอดเกิดการพองตัว ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์จะพองตัวได้มากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้

ตารางที่ 9 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %

ตัวอย่าง	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ โดยรวม
A ¹	7.10 ^{a,2}	6.76 ^a	6.90 ^{ab}	7.10 ^a	7.13 ^a
B	7.10 ^a	6.56 ^a	6.46 ^b	6.10 ^b	6.53 ^a
C	7.26 ^a	6.53 ^a	6.83 ^{ab}	6.76 ^{ab}	7.13 ^a
D	7.30 ^a	7.10 ^a	7.10 ^a	6.83 ^{ab}	6.90 ^a

¹ตัวอย่าง

A = ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 %

B = ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 15 %

C = ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 20 %

D = ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 25 %

²คะแนนเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P > 0.05$)

ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 % โดยใช้ผู้ทดสอบ 15 คน ทำการทดสอบ 2 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P > 0.05$)

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบทั้ง 4 สูตร เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่าทางด้านสี กลิ่น และการยอมรับโดยรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P > 0.05$) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากผู้ทดสอบมีความชอบแตกต่างกัน หรือ ผู้ทดสอบขาดความรู้ความชำนาญในการแยกแยะลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบทั้ง 4 สูตร ด้านสีอาจเป็นเพราะแต่ละสูตรนั้น ใช้ปริมาณแป้งถั่วเหลืองไม่แตกต่างกันมากนักทำให้สีของข้าวเกรียบไม่แตกต่างกัน ส่วนด้านกลิ่น นั้นอาจเนื่องมาจากเครื่องเทศที่ใช้คือ กระเทียมและพริกไทย ซึ่งใช้ในปริมาณที่เท่ากันในแต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร ทำให้ข้าวเกรียบทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันด้านกลิ่น ตรงกันข้ามกับรสชาติและเนื้อสัมผัส พบว่ามีความแตกต่างกัน โดยรสชาติของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 25 % มีคะแนนการยอมรับสูงสุด รองลงมาคือ ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 20 และ 25 % ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้าวเกรียบทั้ง 4 สูตร พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$) สาเหตุที่รสชาติมีความแตกต่างกัน ทั้งที่ใช้ส่วนประกอบของเครื่องปรุงเท่ากันทุกสูตร ทั้งนี้คงเป็นเพราะปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่เติมลงไปในแต่ละสูตร ทำให้ไปมีผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ ด้านเนื้อสัมผัส(ความกรอบ) ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 % มีคะแนนการยอมรับสูงสุด รองลงมาคือ ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 25 20 และ 15 % ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ข้าวเกรียบทั้ง 4 สูตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$) โดยข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 % มีเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด ซึ่งได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด และมีเนื้อสัมผัสที่กรอบ มีการพองตัวดีที่สุด เช่นเดียวกับผลการศึกษาของเพลินใจ ดังคณะกุล และคณะ(2537:587-592) ที่พบว่า ข้าวเกรียบที่เติมแป้งเมล็ดฝ้ายไว้ต่อมพิษมากขึ้นจะมีความกรอบแข็งมากขึ้น การพองตัวจะน้อยลง

ตารางที่ 10 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและข้าวเกรียบที่เติมแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %

ตัวอย่าง	โปรตีน (%)	เถ้า (%)	ความชื้น (%)
ข้าวเกรียบที่ใช้มันสำปะหลัง	0.39	2.15	5.90
ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 %	5.98	2.67	5.62
ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 15 %	6.90	2.83	7.10
ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 20 %	8.31	3.10	7.74
ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 25 %	11.17	3.21	6.67

จากการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง และข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25% ในตารางที่ 10 ผลปรากฏว่า

โปรตีน พบว่าข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 25% มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด รองลงมา คือ ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 20 15 10 % และข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำปะหลัง มี ปริมาณโปรตีน 11.17 8.31 6.90 5.98 และ 0.39 % ตามลำดับ ทั้งนี้ตรงกับความเป็นจริงที่ว่าถั่วเหลืองมีโปรตีนสูง เมื่อเติมลงไปในส่วนประกอบของอาหารจะเป็นการเพิ่มโปรตีนให้กับอาหารได้

สมชาย ประภาวัต (2535:6) กล่าวว่า แป้งถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง สามารถแก้ปัญหาด้านโภชนาการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคขาดโปรตีนและแคลอรีให้แก่ประชากรของโลกที่ยากจนและมีรายได้น้อยได้เป็นอย่างดี แป้งถั่วเหลืองจะให้โปรตีนสูงสามารถใช้แป้งถั่วเหลืองเพิ่มปริมาณโปรตีนในอาหารได้

ถ้ำ พบว่า ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 25 % มีปริมาณถ้ำสูงสุด รองลงมาคือ ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 20 15 10 % และข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง มีปริมาณถ้ำ 3.21 3.10 2.83 2.67 และ 2.15 % ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะถั่วเหลืองเป็นอาหารซึ่งอุดมสมบูรณ์ไปด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ในแง่ของแร่ธาตุต่างๆ ถั่วเหลืองจะอุดมสมบูรณ์ไปด้วยแคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็กและโปแตสเซียม (สมชาย ประภาวัต,2535:8) จึงทำให้ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลืองมากขึ้นจะมีปริมาณถ้ำมากขึ้นด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณถ้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีน โดยพบว่าถ้ำมีปริมาณโปรตีนสูง ปริมาณถ้ำก็จะสูงไปด้วย

ความชื้น พบว่าข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 20% มีความชื้นสูงสุด รองลงมาคือ ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 15 25% ข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง และข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10% มีปริมาณความชื้น 7.74 7.10 6.67 5.90 และ 5.62% ตามลำดับ สาเหตุที่มีความชื้นแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อนวดส่วนผสมให้เข้ากันนั้นไม่เท่ากัน เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งถั่วเหลืองขึ้น น้ำที่ใช้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย และในการนึ่งแป้งให้สุกด้วยไอน้ำนั้นใช้เวลาไม่เท่ากัน โดยข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลืองปริมาณสูงจะใช้เวลามากกว่าในการทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลืองปริมาณต่ำ ในการอบข้าวเกรียบ ให้แห้งนั้น โดยการวางเรียงข้าวเกรียบในแต่ละชั้นของตู้อบ ซึ่งอาจเป็นได้ว่าข้าวเกรียบสูตรที่อยู่ใกล้ตำแหน่งที่ให้ความร้อนนั้น ความชื้นจะถูกกระเหยออกมากกว่า ทั้งที่ใช้เวลาในการอบเท่ากัน

อภิขญา ชูบัณฑิตกุล (2542 : 5) กล่าวว่า การทำแห้งของข้าวเกรียบนั้นทำได้โดยวิธีการตากแดดหรือการอบที่อุณหภูมิ 45-75 °ซ จนกระทั่งความร้อนในแป้งเหลืออยู่ 6-12 % ความชื้นที่เหมาะสมควรเป็น 8% แต่สำหรับข้าวเกรียบที่ขายทั่วไปมีความชื้น 11 - 15 % ซึ่งจะพบว่าข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันปะหลังและข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลืองนั้นมีความชื้นที่เหมาะสม คือไม่เกิน 8 %

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบโดยการเติมแป้งถั่วเหลืองเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแป้งถั่วเหลืองมาเติมลงในส่วนผสมของข้าวเกรียบแล้วทดสอบคุณภาพ และการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวเกรียบที่นำแป้งถั่วเหลืองมาเป็นส่วนผสม โดยใช้อัตราส่วนแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 % สามารถสรุปได้ดังนี้

การทดแทนแป้งถั่วเหลืองในส่วนผสมของข้าวเกรียบในปริมาณ 10 15 20 และ 25 % จะมีผลต่อความหนาแน่นและการขยายตัวของข้าวเกรียบ โดยเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งถั่วเหลืองขึ้น ความหนาแน่นของข้าวเกรียบจะเพิ่มขึ้นในทางตรงกันข้าม การขยายตัวของข้าวเกรียบจะลดลง ซึ่งการขยายตัวและความหนาแน่นนี้ จะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเกรียบ คือ ข้าวเกรียบที่มีความหนาแน่นต่ำการขยายตัวสูง จะเป็นข้าวเกรียบที่มีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค พบว่าข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 % จะทำให้มีความหนาแน่นต่ำและการขยายตัวดีที่สุดจากข้าวเกรียบทั้ง 4 สูตร

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ค้าน สี กลิ่น และการยอมรับโดยรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่านรสชาติ และเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 % จะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบพบว่า การใช้แป้งถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมในข้าวเกรียบนั้น เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งถั่วเหลืองขึ้น ปริมาณโปรตีนและเถ้าก็จะเพิ่มตามไปด้วย โดยข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 25 % จะพบว่ามีปริมาณเถ้าและโปรตีนสูงที่สุด และความชื้นของข้าวเกรียบอยู่ในระดับที่เหมาะสม คือ ไม่เกิน 8 %

จากการใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนแป้งมันสำปะหลังในส่วนผสมของข้าวเกรียบ พบว่าสามารถปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบได้ โดยข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วย แป้งถั่วเหลือง 10 % จะมีความหนาแน่นและการพองตัวที่เหมาะสม มีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดี และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ปริมาณโปรตีน และเถ้า 5.98 และ 2.67 %

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการพัฒนาสูตรหรือปรับอัตราส่วนผสมในการทำข้าวเกรียบที่เค็มส่วนผสมของแป้งถั่วเหลืองเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น หรือนำไปผสมกับแหล่งโปรตีนชนิดอื่นที่มีมากและราคาถูกเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต และได้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่ดี มีความแปลกใหม่กว่าข้าวเกรียบในท้องตลาดทั่ว ๆ ไป จนสามารถแข่งขันกับข้าวเกรียบชนิดอื่นได้ต่อไปในอนาคต

2. ควรมีการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องที่ทำให้การทดลองอย่างละเอียด

3. ควรมีการวางแผนการทดลอง ก่อนที่จะทำการทดลองจริงทุกครั้ง เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

4. ในการนึ่งแป้งด้วยไอน้ำจะทำให้แป้งสุกยุบตัวลงมา เนื่องจากน้ำหนักตัวของแป้งเอง กดทับระหว่างการนึ่ง และแป้งสุกขณะนั้นมีความอ่อนตัว จึงไม่สามารถรักษารูปทรงไว้ได้ กลิ่นและรสของเครื่องเทศสูญหายไปกับไอน้ำเป็นจำนวนมาก จึงควรทำให้แป้งสุกด้วยวิธีอื่น เช่น การนำไปต้มในน้ำเดือด เพื่อรักษารูปร่างของแป้งเอาไว้

5. การสไลด์ท่อนข้าวเกรียบแช่แข็งจะต้องรีบทำอย่างรวดเร็ว เพราะน้ำจากอากาศจะมาควบแน่นที่ผิวหน้าที่เย็นของข้าวเกรียบ ทำให้แป้งละลายออกมาเหนียวติดเครื่องมือ สไลด์

6. การทอดข้าวเกรียบ หลังจากท่ข้าวเกรียบพองตัวเต็มที่แล้วภายใน 1-2 วินาที ถ้าไม่รีบช้อนขึ้นจากน้ำมัน ข้าวเกรียบจะเริ่มไหม้เกรียมและมีกลิ่นรสขม

บรรณานุกรม

กานดา สุจรรยา. 2541. การสกัดเพคตินโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก. กรุงเทพฯ ฯ : ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 25 น.

กัญญา ทองนำ. 2541. การศึกษาปริมาณน้ำตาล กรด และเพคตินในการทำแยมหม่อน. กรุงเทพฯ ฯ : ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 43 น.

ครุศาสตร์อุตสาหกรรม ,ภาควิชา. 2540. คู่มือการทำปัญหาพิเศษ. กรุงเทพฯ ฯ : คณะครุศาสตร์-อุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 60 น.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร . 2540. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร . พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .504 น.

คันควัวและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, สถาบัน. 2527. ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย . กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 150 น.

ชุนท์ ห่อวโนทยาน เรชา ศรีสมบูรณ์ และ สุพัตรา กาญจนโนภาส . 2539. การศึกษากกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมในการทำโยเกิร์ตจากถั่วเหลือง. กรุงเทพฯ ฯ : ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 98 น.

ดวงใจ ทิระบาล และนงนุช รักสกุลไทย. 2533. “ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวเกรียบปลา” อาหาร. ปีที่ 10 ฉบับที่ 1. น. 11-17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นฤตม บุญหลง . 2537. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเพื่อเป็นอาหาร และอาหารสัตว์ :
ข้าวเกรียบ . กรุงเทพฯ ฯ : งานวิจัย ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ . คณะอุตสาหกรรมเกษตร.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 30 น.
- ปิยรัตน์ จินดารนสาร . 2541 . การศึกษาโยเกิร์ตพร้อมดื่มเพื่อสุขภาพรสแครอท . กรุงเทพฯ ฯ :
ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอม-
เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 48 น.
- พิชัย สราญรมย์ .2528 . ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับถั่วเหลืองสำหรับการศึกษาระดับปริญญาตรี.
กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 478 น.
- เพลินใจ ดังคณะกุล สมจิต อ่อนเหม และ ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์ . 2537 . “ การปรับปรุงคุณค่า
ทางโภชนาการของข้าวเกรียบโดยการเติมแป้งเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ ” วิทยาศาสตร์
เกษตรศาสตร์ . ปีที่ 28 ฉบับที่ 4 (ตุลาคม - ธันวาคม) . น. 587-592.
- ลักขณา รุจนะ ไกรกานต์ และนิธิยา รัตนปานนท์ .2533 .หลักการวิเคราะห์อาหาร.เชียงใหม่ : ภาควิชา
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
270 น.
- วิชาการเกษตร, กรม. 2523. เอกสารวิชาการเล่มที่ 3 ถั่วเหลือง . กรุงเทพฯ ฯ : วุฒิจการพิมพ์ . 68 น.
- วันเพ็ญ จิตรเจริญ . 2539. หลักการวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. ลำปาง :
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตลำปาง. 109 น.
- _____ . 2540. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร เล่ม 2. ลำปาง: สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
วิทยาเขตลำปาง. 127 น.
- ศิริลักษณ์ สิ้นรวาลย์. 2525. ทฤษฎีอาหาร เล่ม 2. นนทบุรี: วราวุฒิจการพิมพ์ . 270 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....2522. ทฤษฎีอาหาร เล่ม 3หลักการทดลองอาหาร. นนทบุรี : วราวุฒิกการพิมพ์.

257 น.

สมชาย ประภาวัต วันเพ็ญ มีสมญา และเพลินใจ ดังคณะกุล. 2534. “การทำข้าวเกรียบเสริมโปรตีนด้วยแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มและแป้งถั่วลิสงพองไขมัน” วารสารวิชาการเกษตร. ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 . น. 93-101.

สมชาย ประภาวัต.2535. เทคโนโลยีการทำแป้งถั่วเหลืองจากถั่วเหลือง . กรุงเทพฯ ฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 60 น.

สิริวรรณ เสาวภิกษิต และนารินทร์ จูติวิริยะ. 2539. การสกัดโปรตีนโกลบูลินจากถั่วเหลือง . กรุงเทพฯ ฯ : ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 38 น.

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. 2525. เอกสารวิชาการชุดพืชศาสตร์ที่ 3 เรื่อง ถั่วเหลือง. กรุงเทพฯ ฯ : โรงพิมพ์สามเจริญพานิช. 73 น.

สุโขทัยธรรมาริธา,มหาวิทยาลัย. 2529. เอกสารประกอบการสอนชุดวิชาอาหารและโภชนาการ หน่วยที่ 1-7. กรุงเทพฯ ฯ : นวกนก. 476 น.

อภิขญา ชุบัณจิตกุล. 2542. ข้าวเกรียบหอมแดง. กรุงเทพฯ ฯ : ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 47 น.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists . 15th ed., Association of Official Analytical Chemists , Inc., Arlington, Virginia. 1298 p.

Yu S.Y.,1981. “Production and acceptability testing of fish crackers (keropok ‘) prepared by the extrusion method” J Food technol. 16: pp. 51-58.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบคุณภาพอาหารโดยวิธีประสาทสัมผัส

ชื่อ.....วันที่.....

จงทดสอบคุณภาพด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (Texture) และการยอมรับโดยรวมของ
ข้าวเกรียบแต่ละตัวอย่าง โดยให้คะแนนตามความชอบ – ไม่ชอบ ดังนี้

ชอบมากที่สุด	.....	9
ชอบมาก	.....	8
ชอบปานกลาง	.....	7
ชอบเล็กน้อย	.....	6
ชอบและไม่ชอบเท่าๆกัน	.....	5
ไม่ชอบเล็กน้อย	.....	4
ไม่ชอบปานกลาง	.....	3
ไม่ชอบมาก	.....	2
ไม่ชอบมากที่สุด	.....	1

ตัวอย่างเลขที่	คะแนน				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ โดยรวม
438					
587					
325					
723					

ข้อเสนอแนะ.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก การวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้าน สี ของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %

ผู้ทดสอบ	ตัวอย่างอาหาร				ผลรวม
	A	B	C	D	
1	7	7.5	7.5	7	29
2	6	7	7.5	8	28.5
3	7	7	6.5	8	28.5
4	7	7	7	8	29
5	8.5	7	7	6.5	29
6	7	8	7	7	29
7	6.5	6	6	6.5	25
8	5	5	6.5	7	23.5
9	7.5	6.5	7	6.5	27.5
10	7.5	7	7.5	8	30
11	6.5	6.5	7.5	7.5	28
12	7.5	7.5	8.5	7.5	31
13	7.5	7.5	7.5	7	29.5
14	7.5	8.5	8	7.5	31.5
15	8.5	8.5	8	8	33
ผลรวม	106.5	106.5	109	110	432
ค่าเฉลี่ย	7.10	7.10	7.26	7.30	

- A = ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 %
 B = ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 15 %
 C = ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 20%
 D = ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 25%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ๖ การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนสำหรับการทดสอบคุณภาพทาง
ประสาทสัมพัทธ์

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F_{cal}	$F_{0.05}$
Sample	t-1	$\left(\frac{\sum X_i^2}{r} \right) - C.T.$	SS Sample/d.f.Sample		
Judge	r-1	$\left(\frac{\sum X_j^2}{t} \right) - C.T.$	SS Sample/d.f.Judge		
Error	(tr-1)-(r-1)-(t-1)	SS Sample- SSTotal-SSJudge	SS Sample/d.f. Error		
Total	(tr-1)	$\sum_{ij} X_{ij}^2 - C.T.$			

X_{ij} = เป็นค่าสังเกตที่ j ในตัวอย่างที่ i
 $i = 1, 2, \dots, t \quad j = 1, 2, \dots, r$
 X_i = เป็นผลรวมของตัวอย่างที่ i
 t = จำนวนตัวอย่าง
 r = จำนวนซ้ำในแต่ละตัวอย่าง

1. การคำนวณหา C.T. (Correction Term)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\left(\sum_{ij} X_{ij} \right)^2}{rt} \\
 &= \frac{(432)^2}{60} \\
 \text{C.T.} &= 3110.4
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การคำนวณหา SS (Sum of Square)

2.1 SS Sample

$$\begin{aligned}
 \text{SS Sample} &= \left(\frac{\sum_i X_i^2}{r} \right) - \text{C.T.} \\
 &= \frac{(106.5^2 + \dots + 110^2)}{15} - 3110.4 \\
 &= 0.63
 \end{aligned}$$

2.2 SS Judge (The Judge of Sum Square)

$$\begin{aligned}
 \text{SS Judge} &= \left(\frac{\sum_j X_j^2}{t} \right) - \text{C.T.} \\
 &= \left(\frac{29^2 + \dots + 33^2}{4} \right) - 3110.4 \\
 &= 312.962 - 3110.4 \\
 &= 19.22
 \end{aligned}$$

2.3 SS Total (The Total of Sum Square)

$$\begin{aligned}
 \text{SS Total} &= \sum_{ij} X_{ij}^2 - \text{C.T.} \\
 &= (7^2 + \dots + 8^2) - 3110.4 \\
 &= 34.1
 \end{aligned}$$

2.4 SS Error (Error of Sum Square)

$$\begin{aligned}
 \text{SS Error} &= \text{SS Total} - \text{SS Sample} - \text{SS Judge} \\
 &= 34.1 - 19.22 - 0.63 \\
 &= 14.24
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การคำนวณหาค่า d.f. (Degree of Freedom)

3.1 d.f. Sample

$$\begin{aligned} \text{d.f. Sample} &= t-1 \\ &= 4-1 \\ &= 3 \end{aligned}$$

3.2 d.f. Judge

$$\begin{aligned} \text{d.f. Judge} &= r-1 \\ &= 15-1 \\ &= 14 \end{aligned}$$

3.3 d.f. Total

$$\begin{aligned} \text{d.f. Total} &= tr-1 \\ &= 60-1 \\ &= 59 \end{aligned}$$

3.4 d.f. Error

$$\begin{aligned} \text{d.f. Error} &= \text{d.f. Total} - \text{d.f. Judge} - \text{d.f. Sample} \\ &= 59-14-3 \\ &= 42 \end{aligned}$$

4. การคำนวณหา MS (Mean Square)

4.1 MS Sample

$$\begin{aligned} \text{MS Sample} &= \frac{\text{SSSample}}{\text{d.f.Sample}} \\ &= \frac{0.63}{3} \\ &= 0.21 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 MS Judge

$$\begin{aligned}
 \text{MS Judge} &= \frac{\text{SSJudge}}{\text{d.f. Judge}} \\
 &= \frac{19.22}{14} \\
 &= 1.37
 \end{aligned}$$

4.3 MS Error

$$\begin{aligned}
 \text{MS Error} &= \frac{\text{SSError}}{\text{d.f. Error}} \\
 &= \frac{14.24}{42} \\
 &= 0.33
 \end{aligned}$$

5. หาค่า F (Variance Ratio)

5.1 หาค่า F ของ Sample

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{MSSample}}{\text{MSError}} \\
 &= \frac{0.21}{0.33} \\
 &= 0.63
 \end{aligned}$$

5.2 หาค่า F ของ Judge

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{MSJudge}}{\text{MSError}} \\
 &= \frac{1.37}{0.33} \\
 &= 4.15
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค วิเคราะห์ความแปรปรวนที่ทดสอบทางประสาธสัมพันธ์ด้านสีของ
ข้าวเกรียบทั้ง 4 สูตร

Source of Variation	d.f.	SS	MS	F _{Cal}	F _{0.05}
Sample	3	0.63	0.21	0.63 ^{ns}	2.84
Judge	14	19.22	1.37	4.15*	2.00
Error	42	14.24	0.33		
Total	59	34.1			

6. นำค่า F ไปพิจารณาหาค่า P โดยเปิดตาราง 5 % Point for The Distribution of F

6.1 พิจารณาระดับความแตกต่างของ Sample (% Significant Difference Level of Sample)

$$\begin{aligned}
 F_{cal, \text{ Sample}} &= 6.50 \\
 F_{\text{Table}, 0.05} &= \text{ที่ d.f. Sample} = 3 \\
 &\quad \text{d.f. Error} = 42 \\
 &= 2.84
 \end{aligned}$$

$$\therefore F_{cal} < F_{\text{table}}, 0.05$$

จากการคำนวณ F sample ที่คำนวณได้ 0.63 มีค่าน้อยกว่า F ในตารางที่ระดับ P = 0.05 แสดงว่าตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6.2 พิจารณาระดับความแตกต่างของ Judge

$$\begin{aligned}
 F_{cal, \text{ Judge}} &= 4.15 \\
 F_{\text{table}, 0.05} &= \text{ที่ d.f. Judge} = 14 \\
 &\quad \text{d.f. Error} = 42 \\
 &= 2.00
 \end{aligned}$$

$$\therefore F_{cal} > F_{\text{table}}, 0.05$$

จากการคำนวณ F_{cal}, Judge ที่กำหนดได้ 4.15 มีค่ามากกว่าค่า F ในตารางที่ระดับ P = 0.05 ได้ 2.00 แสดงว่า Judge มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. พิจารณาความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่ระดับ $P = 0.05$ โดยใช้ Turkey's test จากค่าเฉลี่ย

A	B	C	D
7.10	7.10	7.26	7.30

เรียงลำดับ

D	C	B	A
7.30	7.26	7.10	7.10

7.1 หาค่า Standard Error (SE)

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{\text{MSError}}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{0.33}{15}} \\
 &= 0.14
 \end{aligned}$$

7.2 เปิดตาราง Significant Studentized Range at the 5 % Level หาค่า Significant Studentized Range (SSR) ที่ $t = 4$ ค่า d.f. Error = 42 จากการเปิดตารางค่าที่ได้ = 3.79

7.3 คำนวณค่า LSD (Least Significant Difference) ค่าความแตกต่างระหว่างตัวอย่างต่ำสุด

$$\begin{aligned}
 \text{LSD} &= \text{SE} \times \text{SSR} \\
 &= 0.14 \times 3.79 \\
 &= 0.53
 \end{aligned}$$

7.4 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างกับค่า LSD ค่าความแตกต่างให้เรียงจากค่าสูงสุด ถ้าสูงกว่าค่า LSD แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (Significant) และต่ำกว่า LSD แสดงว่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ

$$D - C = 7.30 - 7.26 = 0.04 < 0.53 \quad \text{ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ}$$

$$D - B = 7.30 - 7.10 = 0.20 < 0.53 \quad \text{ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$D - A = 7.30 - 7.10 = 0.20 < 0.53 \quad \text{ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ}$$

$$C - B = 7.26 - 7.10 = 0.16 < 0.53 \quad \text{ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ}$$

$$C - A = 7.26 - 7.10 = 0.16 < 0.53 \quad \text{ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ}$$

$$B - A = 7.10 - 7.10 = 0 < 0.53 \quad \text{ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ}$$

ตารางภาคผนวกที่ ง คะแนนเฉลี่ยของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลืองต่างกันได้ผลวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว

D	C	B	A
7.30 ^a	7.26 ^a	7.10 ^a	7.10 ^a

ตารางภาคผนวกที่ จ ผลวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %

Source of Variation	d.f.	SS	MS	F _{Cal}	F _{0.05}
Sample	3	0.63	0.21	0.63 ^{ns}	2.84
Judge	14	19.22	1.37	4.15*	2.00
Error	42	14.24	0.33		
Total	59	35.1			

ตารางภาคผนวกที่ ฉ ผลวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %

Source of Variation	d.f.	SS	MS	F _{Cal}	F _{0.05}
Sample	3	3.05	1.01	2.90*	2.84
Judge	14	15.93	1.13	3.22*	2.00
Error	42	14.77	0.35		
Total	59	33.75			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ๗ ผลวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของ
ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %

Source of Variation	d.f.	SS	MS	F _{Cal}	F _{0.05}
Sample	3	3.15	1.05	3.08*	2.84
Judge	14	26.60	1.90	5.58*	2.00
Error	42	14.67	0.34		
Total	59	44.67			

ตารางภาคผนวกที่ ๘ ผลวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของ
ข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %

Source of Variation	d.f.	SS	MS	F _{Cal}	F _{0.05}
Sample	3	8.13	2.71	2.97*	2.84
Judge	14	40.1	2.86	3.14*	2.00
Error	42	38.37	0.91		
Total	59	88.6			

ตารางภาคผนวกที่ ๙ ผลวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับ
โดยรวม ของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง 10 15 20 และ 25 %

Source of Variation	d.f.	SS	MS	F _{Cal}	F _{0.05}
Sample	3	3.57	1.19	1.80 ^{ns}	2.84
Judge	14	20.48	1.46	2.21*	2.00
Error	42	27.87	0.66		
Total	59	51.92			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

1.1 สารเคมี

1. คะตะลิสต์ผสม (โปตัสเซียมซัลเฟตปราศจากน้ำ 100 กรัม, คอปเปอร์ซัลเฟต 7 กรัม)

2. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (con. H_2SO_4 , 93-98 %)

3. เมทิลเรด อินดิเคเตอร์

4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40%

5. สารละลายกรดกำมะถัน (H_2SO_4 0.1 N)

6. สารละลายกรดบอริกเข้มข้น 3%

7. อินดิเคเตอร์ผสม

7.1 เตรียม 0.1 % Bromocresol green ใน 95 % แอลกอฮอล์ และ 0.1 % เมทิลเรดใน 95 % แอลกอฮอล์

7.2 ผสม 10 มิลลิลิตร Bromocresol green กับ 2 มิลลิลิตร เมทิลเรด จะได้สารละลายสีชมพู เมื่อหยดลงใน 3 % กรดบอริก จะให้สารสีชมพู ในสภาพที่เป็นด่างจะให้สีฟ้าเขียว คือ ในขณะที่ 3 % กรดบอริกจับกับแอมโมเนีย และเมื่อไตเตรทด้วย Std. H_2SO_4 จะได้สีชมพู

1.2 วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารที่บดละเอียดแล้วประมาณ 0.2-1 กรัม ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณโปรตีนในตัวอย่างชนิดนั้น ๆ ใส่ใน digestion tube

2. ชั่งกะตะลิสต์ผสม 10 กรัม ใส่ใน digestion tube ที่มีตัวอย่างอาหาร

3. ใส่ con. H_2SO_4 ใส่ใน digestion tube โดยใส่ tube ละประมาณ 15-20 มิลลิลิตร ขึ้นอยู่กับปริมาณตัวอย่างที่ใช้

4. นำไปย่อยบน digestion block ที่เปิดรอไว้ก่อน 15 นาที โดยใช้ฝาครอบดูดไอกรด ครอบบนปาก digestion tube แล้วเปิดตัวดูดไอกรด (scrubber) พอประมาณ

5. ย่อยตัวอย่างบนเตาจนได้สารละลายในหลอดใส จึงยกหลอดย่อยออกจากเตาพร้อมปิดเตา และวางให้สารละลายในหลอดเย็น ดึงตัวดูดไอกรดออก

ข้อควรระวัง เวลายกหลอดย่อยลงระวังอย่าให้สายยางดูดไอกรดพับ เพราะจะทำให้ไอกรดไม่ถูกปล่อยออกไป

6. เมื่อสารละลายในหลอดย่อยเย็น นำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่น โดยจะมีการเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

7. นำ flask ที่บรรจุ 3 % กรดบอริก 70-100 มิลลิลิตร กับอินดิเคเตอร์ผสม 2-3 หยด ไปต่อกับเครื่องกลั่น โดยให้ปลาย condensor จุ่มลงในสารละลายใน flask เพื่อจับกับแอมโมเนียที่จะออกมาขณะกลั่น จนได้สารละลายใน flask ประมาณ 150 มิลลิลิตร โดยระยะเวลาในการกลั่นประมาณ 5 นาที

8. นำสารละลายที่ได้ใน flask ไปไทเทรตกับ Std. H_2SO_4 0.1 N จนหมดต่าง คือ สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู จดปริมาตรสารละลายกรดกำมะถัน 0.1 N ที่ใช้ แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณโปรตีน

1.3 คำนวณปริมาณ โปรตีน (%)

$$\% \text{ Nitrogen} = \frac{(V_2 - V_1)N \times 1.4}{W}$$

N = ความเข้มข้นของ Std. H_2SO_4

V_1 = ปริมาตรของ Std. H_2SO_4 ที่ใช้ในการไทเทรต blank

V_2 = ปริมาตรของ Std. H_2SO_4 ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง

w = น้ำหนักตัวอย่าง

$$\% \text{ Protein} = \% \text{ Nitrogen} \times \text{Empirical factor}$$

2 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

2.1 อุปกรณ์

1. งานแพลตตินัมหรืองานกระเบื้อง (Crucible)
2. เตาเผา (Muffle Furnace)
3. โถดูดความชื้น (Desiccator)

2.2 วิธีการ

1. เตรียมงานสำหรับใส่ตัวอย่างอาหาร เขียนหมายเลขไว้ที่ตัวงานเพื่อป้องกันการผิดพลาด

2. เตาเผาแพลตตินัมหรืองานกระเบื้องซิลิกาที่อุณหภูมิ 550 °C นาน 1 ชั่วโมง นำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักของงานเปล่า

3. ชั่งตัวอย่างอาหารให้ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2-5 กรัม ใส่ลงในงานสำหรับหาเถ้าหากตัวอย่างเป็นของเหลว นำไปทำให้แห้งบนหม้อต้มน้ำที่ปรับอุณหภูมิได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ประกอบการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เผยแพร่เอกสารไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำตัวอย่างอาหารไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 500-550 °ซ จนกระทั่งได้ถ้ำสีขาว ไม่มีส่วนที่เป็นสีค้ำเหลืออยู่ (ระยะเวลาที่ใช้เผาขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณตัวอย่าง) นำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักถ้ำ

2.3 คำนวณปริมาณถ้ำ (ร้อยละ)

$$(\% \text{ Total Ash}) = \frac{\text{น้ำหนักของถ้ำ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

3. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

3.1 อุปกรณ์

1. จานโลหะหรือจานกระเบื้องเคลือบ (porcelain dish) หรือกระป๋องสำหรับหาความชื้น (moisture can)
2. ตู้อบร้อน หรือ ตู้อบสูญญากาศ
3. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. โถดูดความชื้น

3.2 วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารให้ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 5-10 กรัม ใส่ลงในกระป๋องโลหะ (aluminium can) พร้อมฝาที่ผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักแน่นอน
2. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100-105 °ซ นานประมาณ 3 ชั่วโมง เปิดฝาชะอบ จากนั้นนำจานโลหะออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น
3. ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปอบซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จนได้น้ำหนักคงที่

3.3 การคำนวณปริมาณความชื้น (%)

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(A - B) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

$$A = \text{น้ำหนัก aluminium can} + \text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}$$

$$B = \text{น้ำหนัก aluminium can} + \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้