สำนักวิทยบริการ
สถาบันราชภัฏเพชรบุรี

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

หมูยอมังสวิรัติสูตรพริกแกง

โดย

นางสาวทิพากร ยี่ตัน

นางสาวมาราตรี สวัสดี

ห้องบัณฑิตศึกษา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันราชภัฏเพชรบุรี

พ.ศ. 2545

ล11.5
เลขหมู่ ท485ฟห

เลขทะเบียน 00678

...18../.ม.ค../.47...

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันราชภัฏเพชรบุรี

วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)

ปริญญาตรี

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**

(สาขา) **(โปรแกรมวิชา)**

เรื่อง : หมูยอมังสวิรัติสูตรพริกแกง

นามผู้วิจัย : นางสาวทิพากร ยี่ตัน

นางสาวมาราตรี สวัสดี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา..... **วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....**

(นางสาวกัญญา รัชตชัยยศ)

ประธานโปรแกรมวิชา.....วันที่ 19 เดือน ส.ค. พ.ศ. ๖๑

(นางสาวอรอนงค์ ศรีพวาทกุล)

คณบดี.....วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

(ผศ. จรัณย์ พิริยะนนท์)

หัวข้อปัญหาพิเศษ หมูยอมังสวิรัติสูตรพริกแกง
ผู้ทำการทดลอง นางสาวทิพากร ยี่ตัน
นางสาวมาราตรี สวัสดี
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กัญญา รัชตชัยยศ
โปรแกรมวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะ เทคโนโลยีการเกษตร
สถาบัน สถาบันราชภัฏเพชรบุรี
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

สูตรหมูยอมังสวิรัติที่เหมาะสมคือใช้แป้งกลูเตนร้อยละ 90 ต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 10 พริกแกงร้อยละ 5 ถั่วฝักยาวร้อยละ 5 และจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสมีคะแนนทางด้านคุณลักษณะของ สี กลิ่นรส รสชาติ ความยืดหยุ่น และความชอบรวมเท่ากับ 3.33 3.10 , 2.90 , 3.03 และ 2.96 ตามลำดับ (เมื่อ 1 คะแนนคือไม่ชอบที่สุดและ 5 คือชอบมากที่สุด) ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง เท่ากับ 47.7 , 18.56 และ 14.40 ตามลำดับ มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 38.75 ปริมาณเยื่อใยร้อยละ 1.1 ค่า a_w เท่ากับ 0.767 ทางด้านจุลินทรีย์โดยการตรวจจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อราปรากฏว่าไม่พบและจากการศึกษาอายุการเก็บรักษาหมูยอมังสวิรัติตลอดระยะเวลา 1 เดือนโดยเก็บในถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีนซึ่งเก็บรักษา 2 สภาพเมื่อเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าเก็บในสภาพสุญญากาศเก็บได้นานกว่าโดยสุญญากาศเก็บได้นานถึง 20 วัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์กัญญา รัชตชัยยศ และท่านอาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารเป็นอย่างสูง ที่กรุณาแนะนำให้คำปรึกษา และช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นให้ผ่านพ้นไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ เพื่อน ๆ ทุกคน และผู้มีอุปการคุณทุกท่านที่คอยให้การสนับสนุนมาเป็นอย่างดีที่ทำให้งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จได้

ทิพากร ยี่ตัน

มาราตรี สวัสดี

18 สิงหาคม 2545

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	19
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	25
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ	35
บรรณานุกรม	36
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	37
ภาคผนวก ข	40
ภาคผนวก ค	44
ภาคผนวก ง	46
ภาคผนวก จ	48

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียระหว่างอาหารมังสวิรัติกับอาหารที่มีส่วนประกอบจากเนื้อสัตว์	4
2	องค์ประกอบและปริมาณของ Isolate soy Protein (ISP)	8
3	ส่วนประกอบของกรดอะมิโนกลูเตน ไกลอะดินและกลูเตนิน	15
4	การกระจายการผลิตและการใช้ประโยชน์ของวิเตลกลูเตนในประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่นและออสเตรเลีย	17
5	การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของหมูยอมังสวิรัติศึกษาปริมาณแป้งกลูเตนต่อโปรตีนถั่วเหลืองที่อัตราร้อยละ 90:10 , 80:20 , 70:30 และ 60:40	26
6	ค่าสีของหมูยอมังสวิรัติที่มีปริมาณแป้งกลูเตนต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่อัตราร้อยละ 90:10 , 80:20, 70:30 และ 60:40	26
7	การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของหมูยอมังสวิรัติศึกษาปริมาณพริกแกงที่อัตรร้อยละ 5 , 10 และ 15	27
8	ค่าสีของหมูยอมังสวิรัติที่มีการเติมปริมาณพริกแกงในอัตราร้อยละ 5 , 10 และ 15	28
9	การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของหมูยอมังสวิรัติที่มีถั่วฝักยาวในปริมาณต่าง ๆ	28
10	ค่าสีของหมูยอมังสวิรัติที่มีการเติมถั่วฝักยาวในอัตราร้อยละ 5 , 10 และ 15	29
11	การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของหมูยอมังสวิรัติทเกบรักษาแบบสภาพปกติและเก็บรักษาแบบสุญญากาศ	31
12	ค่าสีของหมูยอมังสวิรัติขณะทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน	32
13	ค่า a_w ของหมูยอมังสวิรัติระหว่างการเก็บรักษา 1 เดือน	33
14	ปริมาณจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลาทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน	34

สารบัญภาพ

ภาพที่

		หน้า
1	กระบวนการผลิตถั่วเหลือง	6
2	ขั้นตอนการผลิต Isolated Soy Prtein (ISP)	10
3	คุณสมบัติและองค์ประกอบของโปรตีนในแป้งสาลี	13
4	แสดงส่วนประกอบของโด	14
5	แสดงส่วนต่าง ๆ ของสตาร์ชหลังตกตะกอน	14

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

อาหารมังสวิรัติ (Vagetarian food) หมายถึง อาหารที่ไม่มีเนื้อสัตว์เป็นองค์ประกอบ กล่าวคืออาหารที่ใช้พืชผักผลไม้เป็นหลักในการประกอบอาหาร เช่น ถั่วเหลือง ข้าวกล้อง เป็นต้น และใช้เครื่องปรุงรสจากพืชในปัจจุบันมีผู้นิยมบริโภคอาหารมังสวิรัติกันทั้งในประเทศไทย และต่างประเทศ เหตุผลที่ทำให้ความนิยมในการบริโภคเพิ่มขึ้นเป็นเพราะมีการตื่นตัวทางสุขภาพ โดยพยายามเลือกสรรอาหารที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกายเป็นหลัก ด้วยเล็งเห็นว่าเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ไม่ใช่อาหารธรรมชาติที่เหมาะกับสรีระของมนุษย์อย่างแท้จริง เนื้อสัตว์ที่รับประทานเข้าไปจะถูกย่อยไม่หมด ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้เพียงร้อยละ 67 เท่านั้น ส่วนอีกร้อยละ 33 ตกค้างอยู่ในลำไส้ซึ่งจะถูกแบคทีเรียย่อยสลายกลายเป็น สารอินดอลหรือโพแตสเซียมอินดอลซัลเฟตอันอาจจะนำไปสู่การเกิดโรคมะเร็ง

นอกจากนี้ยังมีสารอื่น ๆ ที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีน เช่น ยูเรีย กรดยูริกและครีเอทินิน ตกค้างอยู่ในร่างกายเพื่อหลีกเลี่ยงไขมันและเนื้อสัตว์ซึ่งก่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพร่างกายโดยเฉพาะผู้ป่วยทางอายุรกรรม เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคไตรกลีเซอร์ไรด์ และโรคโคเลสเตอรอลในเลือด โรคเบาหวาน โรคหัวใจ และโรคมะเร็ง นอกจากนี้อาหารจากพืชยังมีกากใยอาหารสูงกว่าเนื้อสัตว์ ซึ่งมีผลช่วยในการขับถ่ายหรือช่วยภาวะท้องผูกและยังมีไขมัน โคเลสเตอรอลต่ำอีกด้วย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าถั่วเหลืองเป็นพืชที่ให้คุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะมีสารโปรตีนสูงถึงร้อยละ 34 ซึ่งมากกว่าโปรตีนที่ได้จากเนื้อหมู 2 เท่า เพียงแต่คุณภาพของโปรตีนไม่เพียงพอจึงมีการนำโปรตีนจากข้าวสาลีหรือกลูเตนมาผสมเข้าด้วย แม้ว่า กลูเตนจะมีกรดอะมิโนไลซีนต่ำแต่มีกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสูงเมื่อนำไปใช้ร่วมกับโปรตีนจากถั่วเหลืองซึ่งมีกรดอะมิโนสูงแต่มีกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่ำจึงมีผลทำให้ได้รับปริมาณโปรตีนครบถ้วนและมีคุณค่าทางอาหารเหมาะต่อผู้บริโภค (ไพโรจน์ และคณะ , 2540)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาสูตรหมูยอมังสวิรัติสูตรพริกแกง
2. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ขอบเขตของงานวิจัย

ในการวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์หมูยอมังสวิรัติจะแบ่งการวิจัยออกเป็น 3 ตอน โดยมีส่วนผสมหลักเป็นแป้งกลูเตน (Gluten) โปรตีนจากถั่วเหลือง ถั่วฝักยาว พริกแกง และ เครื่องปรุงต่าง ๆ เติมลงไปในสูตรที่กำหนดของการผลิตหมูยอมังสวิรัติ ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างกลูเตนจากแป้งสาลีและโปรตีนจากถั่วเหลือง

ตอนที่ 2 ศึกษาปริมาณพริกแกงและปริมาณถั่วฝักยาวของผลิตภัณฑ์หมูยอมังสวิรัติและการยอมรับของ ผู้บริโภค

ตอนที่ 3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของหมูยอมังสวิรัติ และการยอมรับของผู้บริโภค

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภค เพื่อหลีกเลี่ยงการบริโภคเนื้อสัตว์
2. เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ
3. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์หมูยอมังสวิรัติให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

อาหารมังสวิรัติในปัจจุบันได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นทั้งในและต่างประเทศ เดิมมีเพียงกลุ่มคนที่เคร่งในศาสนา เช่น ศาสนาพุทธ, ศาสนาคริสต์ บางนิกาย ฯลฯ ที่นิยมรับประทานอาหารมังสวิรัติ ในปัจจุบันการสื่อสารได้พัฒนาขึ้น ทำให้คนได้รับความรู้ทางด้านสุขภาพมาก และยังมีการผลิตพืชผักปลอดสารพิษ ทำให้ผู้บริโภคสนใจอาหารที่ทำจากพืชผักมากขึ้น เนื่องจากมีสารพิษตกค้างน้อยกว่าอาหารจากสัตว์ นอกจากนั้นยังมีกลุ่มผู้บริโภค ที่นับถือศาสนาพุทธแต่ไม่เคร่งมากนัก ซึ่งมีจำนวนมากพอสมควรที่หันมาบริโภคอาหารเหล่านี้เป็นครั้งคราว เช่น ช่วงเทศกาลเจ หรือช่วงเข้าพรรษา หรือบางท่านก็รับประทานทุกวันพระ เพราะเชื่อว่าเป็นการทำบุญ ละเว้นจากการฆ่าสัตว์ อย่างน้อยสัปดาห์ละวัน

วัตถุดิบที่สำคัญซึ่งใช้ในการพัฒนาอาหารมังสวิรัติที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และหาได้ในประเทศได้แก่ ถั่วเหลือง กากถั่วเหลือง ที่เหลือจากสกัดน้ำมัน โปรตีนจากข้าวสาลีหรือกลูเตน โปรตีนจากข้าวโพดและถั่วลิสงเป็นต้น และพบว่าถั่วเหลือง ข้าวสาลีและข้าวโพดมีปริมาณโปรตีน 40-45 , 8-16 และ 9-12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองใช้เป็นอาหารกึ่งสำเร็จรูปได้หลายชนิด เช่น เต้าหู้ เนื้อเทียม โปรตีนของถั่วเหลืองยังใช้ได้ดีในการผสม ไส้กรอก เพื่อเชื่อมโครงสร้างหรือมีหน้าที่เป็นสารเชื่อมระหว่างน้ำกับน้ำมัน (emulsifier) ใช้โปรตีนจากถั่วเหลือง ถั่วลิสง งา และถั่วชนิดต่าง ๆ ในการทดลองทำเนื้อเทียมโดยสเตอริไรซ์ภายใต้ ความดันสูง พบว่าผลิตภัณฑ์มีความเหนียวที่พอเหมาะ สีจาง และชวนรับประทาน นอกจากนั้นยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ทั้งปริมาณและคุณภาพของกรดอะมิโนที่จำเป็น ปริมาณวิตามินบี ซึ่งมักจะขาดในอาหารมังสวิรัติ และปริมาณแร่ธาตุที่ครบถ้วนได้พัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม โดยใช้ส่วนผสมของแป้งสาลี แป้งถั่วเหลือง และโปรตีนจากผัก โดยใช้เครื่องอัดพอง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถใช้เป็นส่วนผสมที่ดีของซุปผง และอาหารแห้งอื่น ๆได้พัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมพองกรองโดยใช้ส่วนผสมของน้ำมันพืช โปรตีนผัก และโปรตีนนมกล่าวว่าในประเทศญี่ปุ่นผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมซึ่งทำจากโปรตีนของข้าวสาลีหรือกลูเตนมีหลายรูปแบบด้วยกัน เช่น เป็นผง เป็นก้อน เป็นแผ่น กึ่งเหลว-กึ่งแข็ง มีลักษณะคล้ายเนื้อมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากโปรตีนของถั่วเหลืองเพราะมีความคงทนสูงแต่โปรตีนจากกลูเตนมีข้อจำกัดในการใช้ปรุงอาหาร เพราะมีลักษณะเหนียวมาก ต้องเสียเวลาประกอบอาหารนาน โดยเฉพาะในสภาวะการปัจจุบัน ซึ่งแม่บ้านมีเวลาจำกัดดังนั้นกลูเตนจึงเหมาะกับผู้ผลิตอาหารแปรรูปเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปรับประทานได้สะดวก (อรุณี และคณะ, 2534)

จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ หากจะเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย ระหว่างอาหารมังสวิรัติกับอาหารที่มีส่วนประกอบจากเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียระหว่างอาหารมังสวิรัติกับอาหารที่มีส่วนประกอบจากเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์

อาหารมังสวิรัติ	อาหารจากเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์
1. สารอาหาร	
โปรตีน - มีคุณภาพด้อย (incomplete protein)	- คุณภาพสมบูรณ์ (complete protein)
ไขมัน - unsaturated fatty acid	- ส่วนใหญ่เป็น saturated fatty acid
วิตามิน - ขาด บี 12 และวิตามินดี แต่มีวิตามินเอ อี ซี บี 2 และแคโรทินอยด์ ซึ่งเป็น antioxidant vitaminสามารถขจัด free radicals อันเป็นสาเหตุให้เกิดโรคมะเร็งบางชนิด	- บางชนิดขาดวิตามินเอ วิตามินซี
แร่ธาตุ - เหล็ก (non heme-iron) ดูดซึมได้น้อย	- เหล็ก (hem-iron) ดูดซึมได้มากกว่า
ใยอาหาร - มีปริมาณมาก	- ไม่มี
2. เกิดผลดีต่อสุขภาพ	
- โคเลสเตอรอลในเลือดต่ำลง	- อาหารบางชนิดมีโคเลสเตอรอลสูง เช่น ไข่แดง เครื่องในสัตว์ อาหารไข่แดง เครื่องในสัตว์ อาหารทะเลชนิดต่าง ๆ นำไปสู่การเกิดอุบัติการของโรคหัวใจขาดเลือดได้
- ลดอุบัติการของโรคบางชนิด เช่น โรคหัวใจ โรคมะเร็ง ภาวะความดันโลหิตสูง ไตอักเสบ โรคแพ้อาการ และโรคเบาหวานได้	
3. สิ่งที่ปนเปื้อน สารตกค้าง เชื้อโรค	
- ยาฆ่าแมลงชนิดต่าง ๆ	- โรคติดต่อบางชนิดเช่น วัณโรค พยาธิใบไม้ในตับ พยาธิตัวจี๊ดที่มีในสัตว์สามารถติดมาถึงผู้ที่บริโภคได้
- สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาผลผลิต	- วัคซีนหรือเซรุ่มที่ฉีดให้กับสัตว์เพื่อเร่งการเจริญเติบโต และทำให้สัตว์มีเนื้อนุ่ม เกิดโทษต่อผู้บริโภคได้

ที่มา : เพลินใจ , 2541

ความเป็นมาของหมูยอ

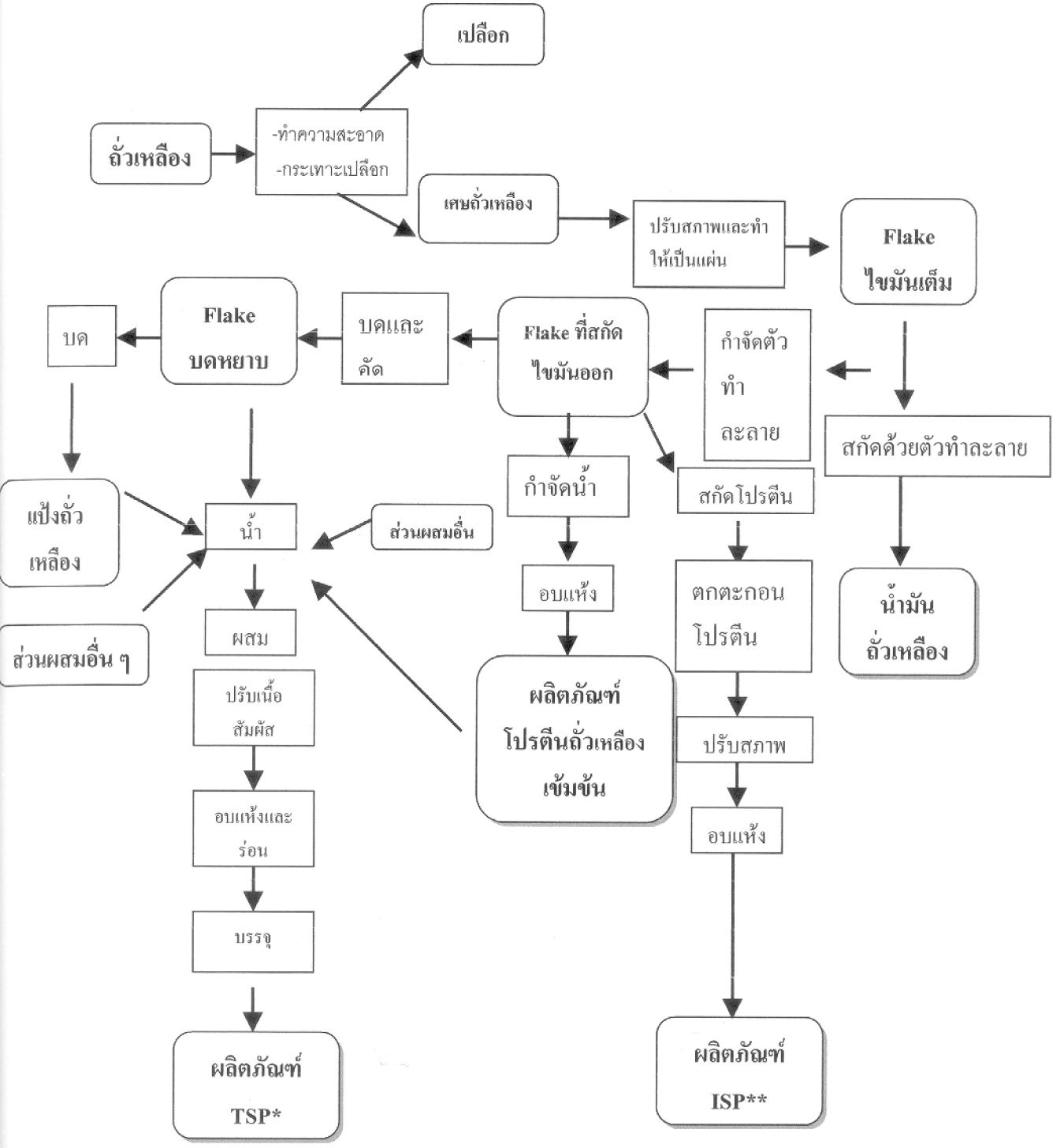
หมูยอ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อหมู มันหมู จนเป็นเนื้อเดียวกัน การบรรจุในวัสดุห่อหุ้มให้แน่น ต้มหรือนึ่ง ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก เนื้อหมู มันหมู และเครื่องปรุงรส ส่วนประกอบอื่นอาจมีได้โปรตีนนมหรือโปรตีนจากพืช เช่น จากถั่วเหลือง และแป้งมันสำปะหลัง (มอก.ที่ 1346-2539)

ส่วนผสมของหมูยอมังสวิรัติ

ในการผลิตผลิตภัณฑ์หมูยอมังสวิรัติสูตรพริกแกงยังมีส่วนประกอบที่สำคัญอื่นๆที่มีผลต่อการผลิตหมูยอมังสวิรัติสูตรพริกแกงดังรายละเอียด ต่อไปนี้

1. แป้งถั่วเหลือง (Soy Protein)

โปรตีนจากถั่วเหลืองสามารถนำมาใช้ได้ใน 3 รูปแบบ ได้แก่ ใช้ในรูปแป้งถั่วเหลือง (Soy flour) โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (Soy concentrate) และ Isolated soy protein (ISP) นอกจากนั้นแล้วยังสามารถจำแนกได้ในรูปของ Soy grits และ Textured soy products (TSP) รายละเอียดและกระบวนการผลิตโปรตีนถั่วเหลือง ดังภาพที่ 1 โดยที่ ISP จะประกอบไปด้วยโปรตีนมากกว่าร้อยละ 90 และนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อที่มีไขมันต่ำ เช่น หมูยอ เป็นต้น โดยสามารถใช้ในส่วนผสมเพื่อทดแทนไขมันได้ถึงร้อยละ 2 การใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองมักมีปัญหาในเรื่องของกลิ่นซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะมีลักษณะคล้ายกลิ่นถั่ว (Beany) และมีรสขมเล็กน้อยมักจะปรากฏอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากโปรตีนถั่วเหลือง โดยเกิดจากการรวมตัวของสารประกอบที่ไม่ระเหยกับกรดไขมันที่ถูกเติมออกซิเจนได้เป็นฟอสฟาติดิลโคลีน ซึ่งจะไปจับกับโปรตีนในถั่วเหลืองเป็นผลให้เกิดรสขมขึ้น ในระหว่างการเกิดออกซิเดชั่นส่วนกลิ่นถั่วเป็นผลมาจากการเสื่อมสลายของกรดไขมันลิโนเลนิค โดยปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้เป็นสารประกอบเอซิลไวนิคคีโตนแต่การใช้ Isolate soy protein ซึ่งมีการสกัดเอาคาร์โบไฮเดรต และไขมันออกแล้ว จึงทำให้ปัญหาเรื่องกลิ่นลดลง และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตโปรตีนถั่วเหลือง

ที่มา : สุทัศน์ , 2540

หมายเหตุ * TSP = Textured Soy Product

** ISP = Isolated Soy Protein

1.1 แป้งถั่วเหลือง (Soy Flour)

แป้งถั่วเหลืองผลิตโดยการบดเมล็ดถั่วเหลืองให้แตก และทำการคัดแยกเอาส่วนของกากถั่วเหลืองออกก่อนหลังจากนั้นแยกเอาน้ำมันถั่วเหลืองออก ก็จะเหลือส่วนของแป้งถั่วเหลืองซึ่งมีปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่างร้อยละ 40-54 ขนาดของแป้งมีขนาดใหญ่จะเรียกว่า Soy grits และสามารถจำแนกแป้งถั่วเหลืองได้หลายรูปแบบ ขึ้นกับชนิดและปริมาณน้ำมันที่มีอยู่ในแป้งถั่วเหลือง รวมทั้งกรรมวิธีการผลิต เช่น Full fat flours , Defatted flours , Refatted flours , High-enzyme flours และ Lecitinated flours เป็นต้น ในแต่ละประเภทก็จะมีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันออกไป และนิยมนำไปใช้ในอุตสาหกรรมขนมอบต่าง ๆ รวมทั้งใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อบด แต่การนำเอาแป้งถั่วเหลืองมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ จะเกิดปัญหาในเรื่องของกลิ่นซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะของถั่วเหลือง รวมทั้งมีรสขม นอกจากนั้นแล้วยังมีปัญหาในเรื่องระบบการย่อยของร่างกาย ร่างกายไม่สามารถย่อยน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในถั่วเหลือง

1.2 โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (Soy Protein Concentrates)

การผลิตโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น คือ การนำเอาถั่วเหลืองที่ผ่านการเอาเปลือกออกและได้สกัดเอาน้ำมันออกแล้ว มาผ่านกระบวนการที่ทำให้ส่วนของโปรตีนเข้มข้นขึ้น ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ Acid leaching และการสกัดด้วย Aqueous alcohol (ร้อยละ 60-70) โดยการทำให้โปรตีนอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำก่อน อาจจะใช้วิธีการให้ความร้อน การสกัดด้วยอัลกอฮอล์ หรือปรับความเป็นกรดเป็นด่างของระบบให้มีค่าเท่ากับจุดประจุสมดุล (Isoelectric point) ที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 4.5 หลังจากนั้นนำมาสกัดด้วยน้ำเพื่อกำจัดเอาส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนต่าง ๆ และส่วนของโปรตีนออกและนำโปรตีนที่ได้มาทำให้เข้มข้นขึ้น จนกระทั่งได้ปริมาณโปรตีนร้อยละ 70 ขึ้นไป นิยมนำเอาโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นไปใช้ในอุตสาหกรรมขนมอบและอุตสาหกรรมเนื้อต่าง ๆ โดยใช้เป็นตัวอุ้มน้ำหรือดูดความชื้น (Moisture sorption) และใช้เป็นอีมัลซิไฟเออร์ นอกจากนั้นยังนิยมใช้ในเครื่องดื่มประเภทโปรตีนสูง (High-protein drink) เป็นต้น

1.3 Isolated Soy Protein (ISP)

Isolated Soy Protein หรือ Soybean Protein Isolates เป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนถั่วเหลืองรูปแบบหนึ่ง ได้จากการนำโปรตีนถั่วเหลืองมาทำให้บริสุทธิ์มากยิ่งขึ้น จนมีปริมาณโปรตีนมากกว่าร้อยละ 90 ขึ้นไป

องค์ประกอบของ ISP

AAFCO (Association of American Feed Control Officials, Inc.)ได้ให้คำจำกัดความของ ISP ว่า "Soy Protein Isolate เป็นส่วนของโปรตีนที่แยกได้จากถั่วเหลืองที่ผ่านการเอาเปลือกออกแล้ว โดยแยกเอาส่วนที่ไม่ใช่โปรตีนออก และต้องเหลือส่วนที่เป็นโปรตีนอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ต่อน้ำหนักแห้ง" ชนิดและองค์ประกอบของ ISP ที่มีการซื้อขายในปัจจุบัน ยังไม่มีมาตรฐานอย่างเป็นทางการ ส่วนใหญ่ยังคงยึดหลักของ AAFCO และตามมาตรฐานที่กำหนดโดยผู้ผลิตหรือผู้ใช้นั่นเอง องค์ประกอบของ ISP ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบและปริมาณของ Isolated Soy Protein (ISP)

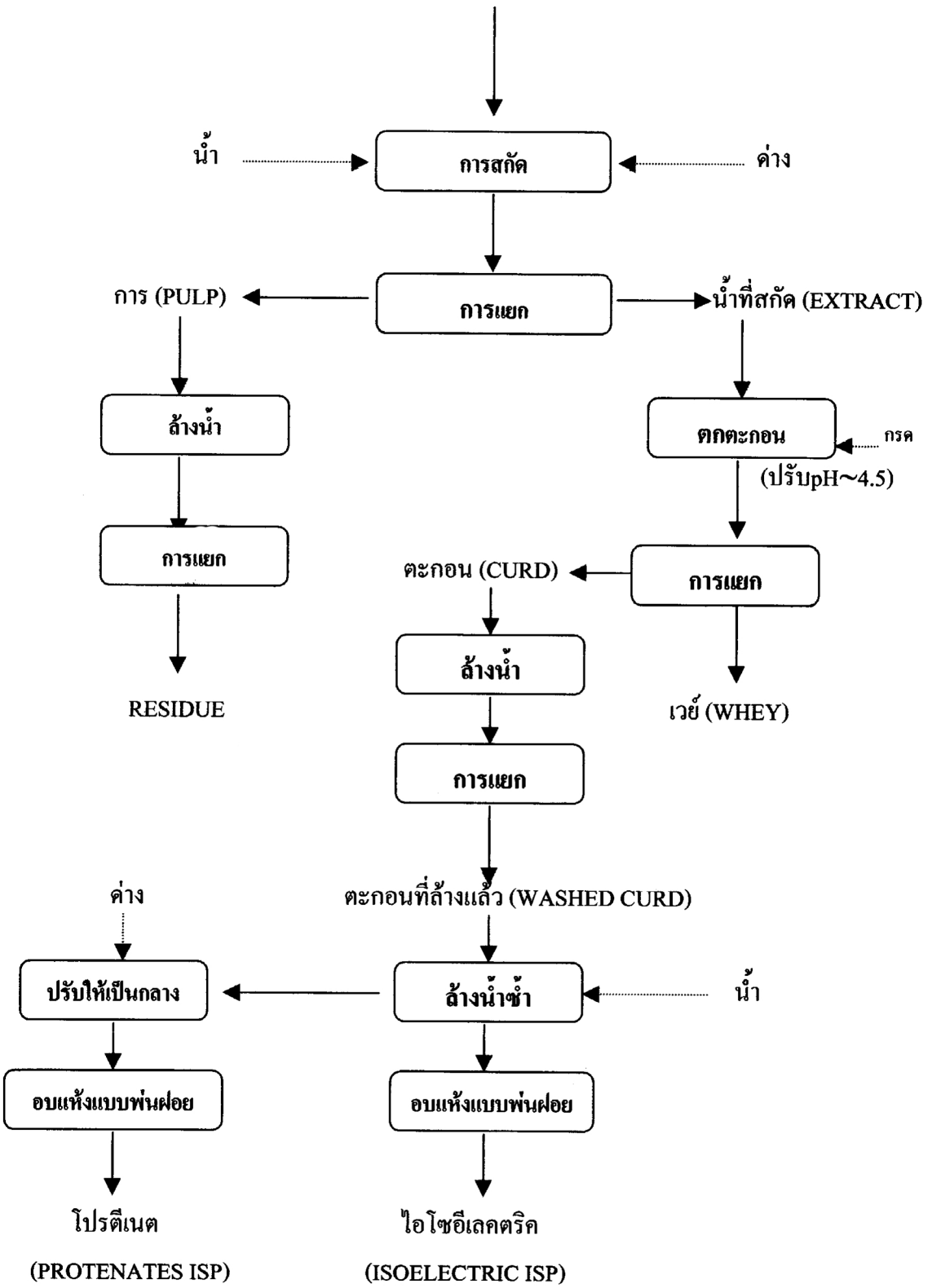
องค์ประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละต่อน้ำหนักแห้ง)
โปรตีน	90
ไขมัน	0.5
เถ้า	4.5
คาร์โบไฮเดรต	0.3

ที่มา : อรอนงค์ , 2538

ขั้นตอนการผลิต

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต คือ แป้งหรือเศษถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดเอาน้ำมันออกแล้ว (Defatted soybean flour or flakes) ซึ่งเป็นส่วนที่มีปริมาณโปรตีนสูง นำมาสกัดแยกเอาส่วนของโปรตีนออก โดยมีหลักการคือ เพื่อให้โปรตีนสามารถละลายอยู่ในน้ำหรือสารละลายที่เป็นกลางหรือด่างอ่อน ๆ ซึ่งมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 8-9 ได้ เพื่อให้ได้ปริมาณโปรตีนสูงสุด ในอุตสาหกรรมจะใช้อัตราส่วนระหว่างของแข็งต่อของเหลว อยู่ในช่วง 1:10 และ 1:20 มีการควบคุมอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปแยกเอาส่วนที่เป็นกากเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำออก ส่วนที่เป็นสารละลายที่สกัดได้นำมาทำการตกตะกอนโปรตีนโดยการใช้กรด เพื่อปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของระบบให้มีค่าเท่ากับ 4.5 ซึ่งเป็นค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่จุดประจุสมดุลของโปรตีนถั่วเหลือง มีผลให้โปรตีนเกิดการตกตะกอนในรูปของ Curd ซึ่งสามารถแยกเอาส่วนของ Curd ออกจากส่วนของน้ำตาล Oligosaccharide ได้ จากนั้นนำมาล้างน้ำ หลาย ๆ ครั้ง โดยอาจทำอยู่ในรูปของไอโซอีเลคตริค (Isoelectric ISP) ซึ่งไม่มีการปรับความเป็นกรดเป็นด่าง มีผลทำให้การละลายต่ำ และมีข้อจำกัดในคุณสมบัติต่อการนำไปใช้ หรือทำอยู่ในรูปของโปรตีเนต (Proteinates, ISP) โดยการนำเอา Isoelectric ISP ที่ได้มาทำการแขวนลอยอีกครั้งหนึ่งในน้ำและ

ปรับสภาพให้เป็นกลาง โดยใช้โซเดียมโปรตีเนส หรือ โพแตสเซียมโปรตีเนต เพื่อทำให้คุณสมบัติการใช้งานต่าง ๆ ของโปรตีนดีขึ้น และมีการละลายน้ำได้ดีขึ้น ส่วนการใช้แคลเซียมโปรตีเนตในการปรับสภาพจะให้ผลน้อยกว่า จากนั้นนำมาทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying) ได้เป็นผลิตภัณฑ์ ISP ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียด สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ ประมาณว่าในการใช้เศษถั่วเหลือง (Soybean flake) 3 ส่วนสามารถนำมาผลิตเป็น ISP ได้เพียง 1 ส่วนเท่านั้น (สุทัศน์, 2540) รายละเอียดของขั้นตอนการผลิตแสดงดังภาพที่ 1 และ 2



ที่มา : สุทัศน์ , 2540

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการผลิต Isolated Soy Protein (ISP)

การนำไปใช้ประโยชน์

1. ผลิตภัณฑ์เนื้อ

ใช้เป็นอีมัลชั่นในผลิตภัณฑ์เนื้อในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อบดหยาบ (Coarseground meat) ผลิตภัณฑ์หมูยอร่วมกับผลิตภัณฑ์ประเภทอื่น ๆ ซึ่ง ISP มีคุณสมบัติเป็นตัวอุ้มน้ำและไขมัน และยังทำให้อีมัลชั่นที่เกิดขึ้นมีความคงตัวดี ปริมาณการใช้ ISP ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอยู่ระหว่างร้อยละ 1 ถึงร้อยละ 4 ในรูปผงแห้ง นอกจากนั้นการใช้ ISP ยังช่วยลดปริมาณการใช้เนื้อในสูตรการผลิตในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้อีกด้วย และ ยังช่วยปรับปรุงคุณสมบัติด้านกลิ่นและรสชาติได้ดีกว่าการใช้โปรตีนถั่วเหลืองชนิดอื่นๆโดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอเตอร์ (Frankfurture - type products) ที่จำหน่ายในอเมริกาพบว่ามี ISP เป็นส่วนผสมถึงร้อยละ 40

2. ผลิตภัณฑ์อาหารทะเล

ISP ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสาน (Binder) ทำให้อีมัลชั่นที่เกิดขึ้นมีความคงตัวและทำให้เกิดเป็นรูปแบบต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์แฮม ไส้กรอกปลา หมูยอ ซูริมิ (Surimi) นอกจากนั้นยังใช้ในผลิตภัณฑ์พื้นบ้านของญี่ปุ่นอีกด้วย ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียวคล้ายกับโปรตีนจากเนื้อปลา

3. ผลิตภัณฑ์จากธัญพืชและผลิตภัณฑ์ขนมอบ ในผลิตภัณฑ์ขนมอบมักจะใช้ ISP

เป็นส่วนผสมร่วมหรือใช้แทนแป้งถั่วเหลืองใช้เป็นแหล่งเสริมโปรตีนให้กับผลิตภัณฑ์พาสต้าและขนมปังชนิดพิเศษ นอกจากนั้นยังใช้เป็นส่วนผสมของเค้กและโดนัทโดยใช้แทนนมผงขาดมันเนย

4. ผลิตภัณฑ์นม

นิยมใช้ ISP ในผลิตภัณฑ์ครีมเทียม ผลิตภัณฑ์ Whippied topping ต่าง ๆ ใช้เป็นสารอีมัลชั่นในการทำครีมเปรี้ยว Cheese dressing และขนมหวานแช่แข็งที่ไม่ใช้นมเป็นส่วนผสม เป็นต้น นอกจากนั้นยังใช้เป็นแหล่งโปรตีนในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าต่าง ๆ ใช้เป็นส่วนผสมสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทโยเกิร์ตขนมหวานแช่แข็ง และเนยแข็ง เป็นต้น

5. สูตรการผลิตอาหารเด็กอ่อน

โดยใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนแทนโปรตีนจากนมในผลิตภัณฑ์อาหารเด็กอ่อน อาหารสำหรับคนป่วยในโรงพยาบาล และอาหารอ่อนสำหรับผู้ป่วยหลังผ่าตัด ทั้งนี้เพราะว่า ISP ไม่มีรสชาติ ปราศจากน้ำตาลและมีเส้นใยอาหารอีกทั้งไม่ทำให้เกิดโรคอ้วน และใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภท Lactose-intolerant babies ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ และผลิตภัณฑ์สำหรับผู้มีปัญหาในเรื่องการย่อยน้ำตาลประเภทไดแซคคาไรด์หรือโมโนแซคคาไรด์

6. ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายเนื้อ (Meat analog)

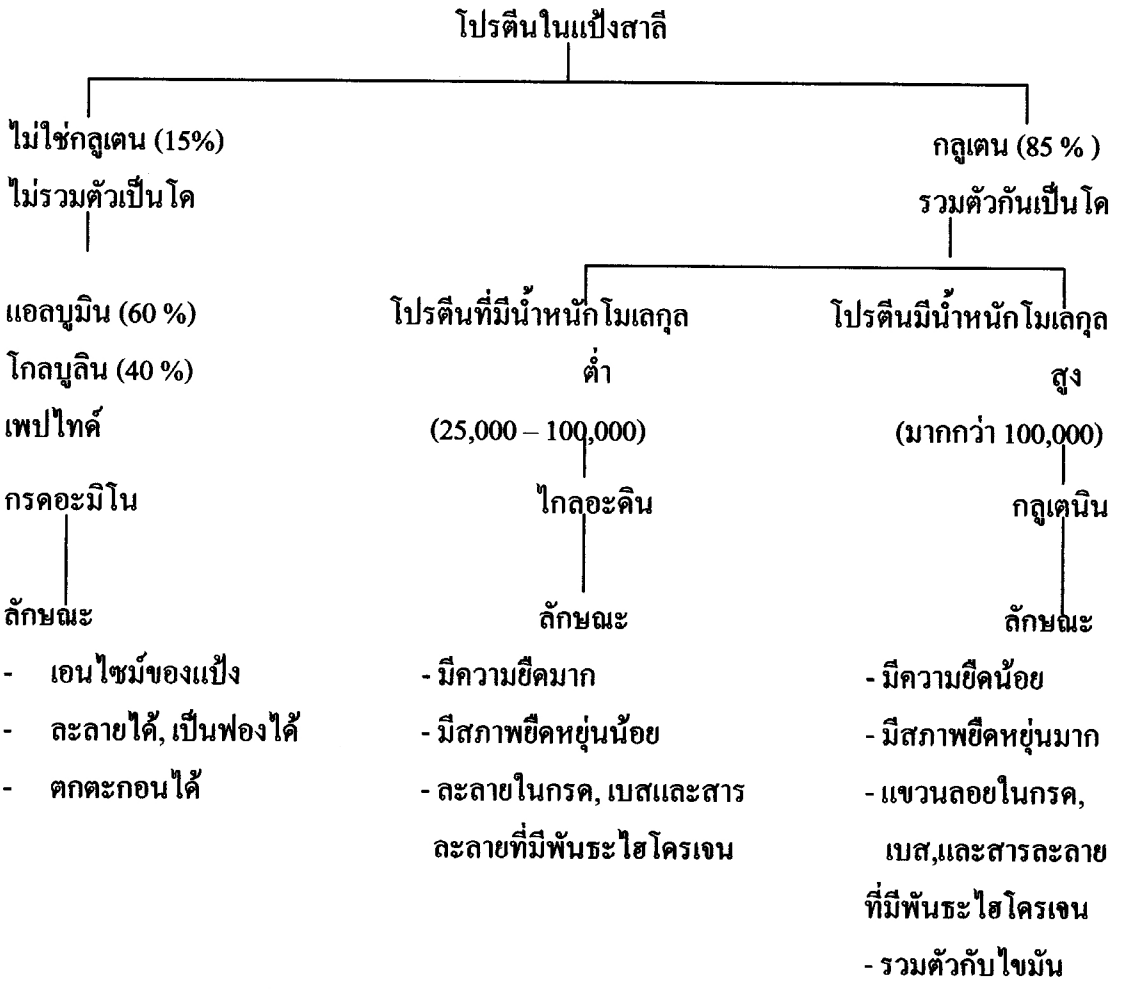
ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะคล้ายเนื้อที่ผลิตจาก ISP และแป้งถั่วเหลือง มักจะใช้ร่วมกับโปรตีนจากแหล่งอื่น ๆ ด้วย เช่น กลูเตนจากข้าวสาลี ไข่ขาว และยีสต์ เป็นต้น อาหารประเภทนี้เหมาะกับผู้บริโภคที่ไม่สามารถรับประทานเนื้อสัตว์ได้โดยเฉพาะกลุ่มผู้บริโภคที่เป็นมังสวิรัติ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและมีจำหน่ายในปัจจุบันมักจะเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเช้า อาหารกลางวัน และอาหารค่ำ

7. ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ

ISP ใช้เป็นส่วนผสมในการทำน้ำผลไม้ในรูปแบบผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้แทนส่วนของ มอลโตเดกซ์ตริน เช่น ผลิตภัณฑ์ Spray-dried ripe banana puree ซึ่งมีการใช้ ISP เป็นส่วนผสมร้อยละ 20 นอกจากนั้นยังใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกอม และขนมหวานต่าง ๆ โดยใช้เป็นสารช่วยขึ้นฟูร่วมกับไข่ขาว ทำให้ความคงตัวของโฟมดีขึ้น

2. แป้งกลูเตน (Gluten)

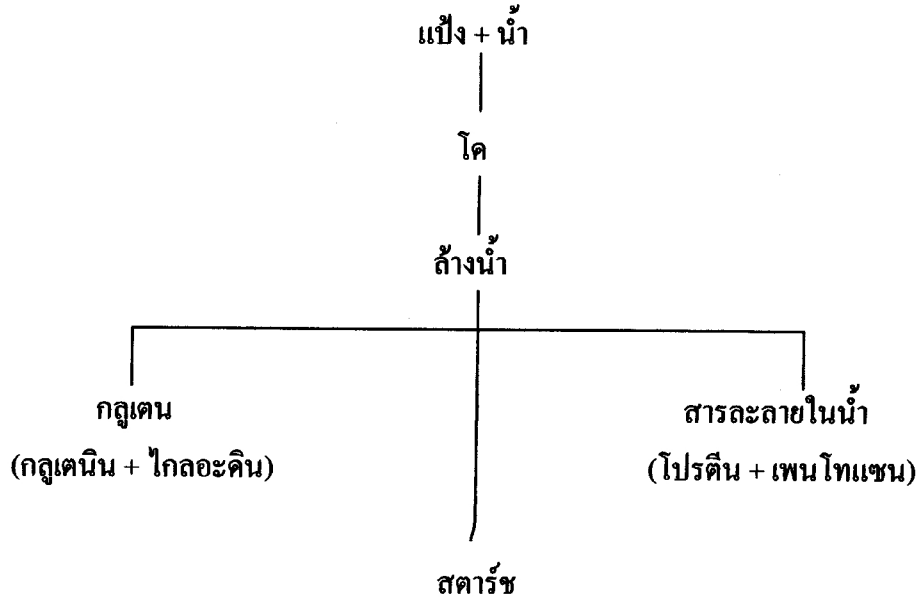
ข้าวสาลีและแป้งสาลีมีองค์ประกอบทางเคมีในส่วนของโปรตีนแตกต่างจากธัญชาติอื่นทั้งในด้านปริมาณและลักษณะโครงสร้างทางกายภาพ โดยข้าวสาลีแต่ละชนิดจะมีเกณฑ์โปรตีนต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของสายพันธุ์และสภาพแวดล้อมของภูมิอากาศและการบำรุงดิน เช่น ข้าวสาลีชนิดอ่อนจะมีโปรตีนในเกณฑ์ต่ำคือร้อยละ 6-12 ข้าวสาลีชนิดแข็งจะมีโปรตีนประมาณร้อยละ 9-18 เมื่อโม่เป็นแป้งจะมีปริมาณลดลงร้อยละ 1 ส่วนลักษณะโครงสร้างของโปรตีนในแป้งมี 2 ส่วนใหญ่คือ ส่วนที่เป็นกลูเตนและส่วนที่ไม่เป็นกลูเตนในโด โดยส่วนที่เป็นกลูเตนจะประกอบด้วยโปรตีนที่ละลายได้ในกรดและด่าง 2 ชนิด คือ ไกลอะดินและกลูเตนินในปริมาณใกล้เคียงกัน รวมเป็นร้อยละ 85 ของโปรตีนในแป้งทั้งหมด ส่วนโปรตีนที่ละลายในน้ำและน้ำเกลือคือแอลบูมินและโกลบูลิน จะเป็นส่วนที่ไม่ใช่กลูเตนกลุ่มของโปรตีนเหล่านี้มีคุณสมบัติและโครงสร้างแตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 3



ที่มา : อรอนงค์ , 2538

ภาพที่ 3. คุณสมบัติและองค์ประกอบของโปรตีนในแป้งสาลี

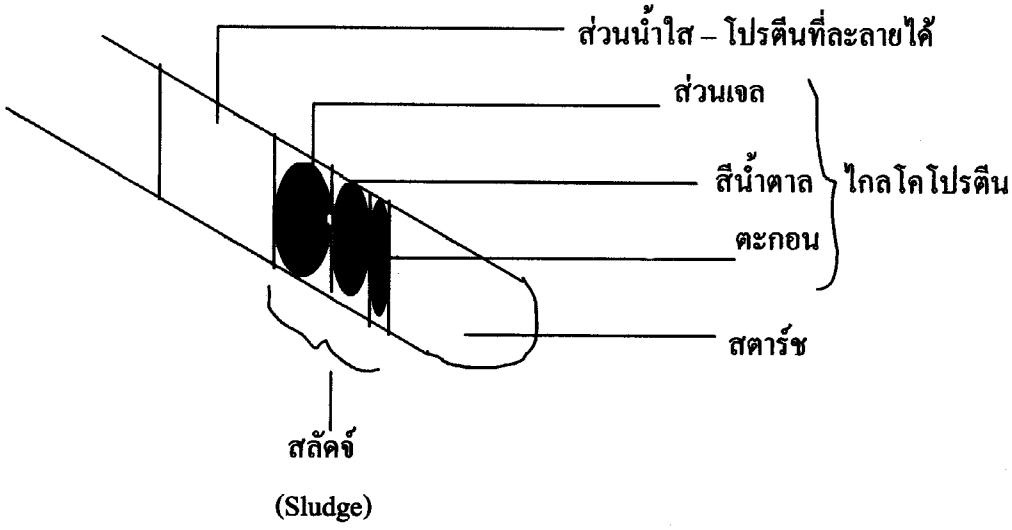
เมื่อนำแป้งผสมกับน้ำในสัดส่วนที่พอเหมาะ แล้วนวดให้เป็นก้อนโดแล้วล้างด้วยน้ำจะแยกส่วนประกอบของโดเป็น 3 ส่วนหลัก คือ กลูเตน สตาร์ช และสารละลายในน้ำ



ที่มา : อรอนงค์ , 2538

ภาพที่ 4 แสดงส่วนประกอบของโด

ส่วนของกลูเตนจะจับกันเป็นก้อนสีเทา เมื่อล้างด้วยน้ำจะทำให้สตาร์ชหลุดออกจากโดรวมกับสารละลายในน้ำและโปรตีนที่มีลักษณะเป็นเจลถ้านำส่วนเหลือจากการแยกกลูเตนออกไปแล้วมาทำการเหวี่ยงให้สตาร์ชตกตะกอนจะแยกส่วนต่าง ๆ ได้ดังนี้



ที่มา : อรอนงค์ , 2538

ภาพที่ 5 แสดงส่วนต่างๆของสตาร์ชหลังตกตะกอน

นำกลูเตนที่สกัดได้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีปรากฏว่ามีสารอาหารอื่นร่วมอยู่ด้วย โดยมีโปรตีนร้อยละ 80 ไขมันร้อยละ 11.6 เถ้าร้อยละ 0.9 และคาร์โบไฮเดรตอีกประมาณร้อยละ 4.9 เมื่อนำกลูเตนนี้มาละลายในแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 จะมีผลให้ส่วนไกลอะดินในกลูเตนละลายและแขวนลอยอยู่ในแอลกอฮอล์นี้ ส่วนที่ไม่ละลายคือกลูเตนินซึ่งจะละลายในสารละลายกรดอ่อนหรือด่างอ่อนแล้วจึงนำแต่ละส่วนคือ กลูเตนไกลอะดิน และกลูเตนินไปหาองค์ประกอบที่เป็นกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ (ดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในกลูเตน, ไกลอะดินและกลูเตนิน (โมลของกรดอะมิโนต่อ 10^5 กรัมโปรตีน)

กรดอะมิโน	กลูเตน	ไกลอะดิน	กลูเตนิน
อาร์จินีน	20	15	20
ฮีสทิดีน	15	15	13
ไลซีน	9	5	13
ทรีโอนีน	21	18	26
เซอรีน	40	38	50
กรดแอสพาร์ติก	22	20	23
กรดกลูทามิก	290	317	278
ไกลซีน	47	25	78
อะลานีน	30	25	34
วาลีน	45	43	41
ลิวซีน	59	62	57
ไอโซลิวซีน	33	37	28
โปรลีน	137	148	114
ไทโรซีน	20	16	25
เฟนีลอะลานีน	32	38	27
ทริปโทแฟน	6	5	8
ซีสทีอีน	14	10	10
เมทิโอนีน	12	12	12
แอมโมเนีย	298	301	240

ที่มา : อรอนงค์, 2538

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าไกลอะดินประกอบด้วยกรดกลูทามิกมากที่สุด (317 โมลกรดอะมิโนต่อ 10^5 กรัมโปรตีน) รองมาคือกลูเตนและกลูเตนินมีกรดกลูทามิกน้อยกว่ากลูเตนเล็กน้อย (290 และ 278 โมลกรดอะมิโน ต่อ 10^5 กรัมโปรตีน ตามลำดับ) รองจากปริมาณกรดกลูทามิกพบโปรลีนมากในทั้ง 3 ส่วนคือ กลูเตน, ไกลอะดิน และกลูเตนิน ที่พบน้อยคือ ไลซีน และทริปโทแฟน

วิธีการสกัดกลูเตนในทางการค้า เนื่องจากกลูเตนมีลักษณะพิเศษดังกล่าวแล้ว จึงได้มีผู้คิดค้นในการสกัดกลูเตนแยกจากสตาร์ชในแป้งสาลีมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่าง ๆ โดยวิธีที่เก่าแก่ที่สุดคือ Martin process เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1835 จนถึงปัจจุบันก็ยังมีการใช้อยู่ โดยมีหลักการผสมแป้งกับน้ำให้เป็นโดที่เหนียว แล้วล้างก้อนโดด้วยน้ำเพื่อแยกสตาร์ชออกจากกลูเตน นำสตาร์ชที่ปนมากับน้ำเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกสตาร์ชบริสุทธิ์ นำมาทำแห้งแล้วบดให้เป็นผง ส่วนกลูเตนที่แยกได้นำมาทำเป็นชิ้นเล็ก ๆ ทำให้แห้งด้วยไอน้ำร้อนหรือด้วยระบบสุญญากาศ หรืออาจนำกลูเตนไปผสมกับกดแอซีติกหรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ แล้วผ่านเข้าเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งร้อน (drum dryer) แล้วจึงบดส่วนที่แห้งนี้ให้เป็นผงละเอียดเรียกว่า วิเตลกลูเตน (vital gluten) ถ้าใช้แป้งเคลียร์ชั้นที่ 1 หรือ 2 (โปรตีนร้อยละ 15) จะสกัดได้สตาร์ชอย่างดี (มีโปรตีนเหลือเพียงร้อยละ 0.25) สตาร์ชคุณภาพต่ำร้อยละ 8 (มีโปรตีนปนร้อยละ 2-4) และกลูเตนร้อยละ 15 (มีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 80) นอกจากวิธีนี้แล้วในปัจจุบันได้มีการคิดค้นวิธีการสกัดกลูเตนออกจากทั้งเมล็ดและแป้งข้าวสาลีอีกหลายวิธี ทั้งแบบที่ใช้สารเคมีและไม่ใช้สารเคมีในที่นี้ขอยกตัวอย่างวิธีใหม่เรียกว่า Raisio process ซึ่งสามารถสกัดกลูเตนได้จากข้าวสาลีบดและแป้งสาลีร่วมกันโดยมีหลักการและขั้นตอน เริ่มจากน้ำอุ่นจะเข้าไปผสมกับแป้งหรือข้าวสาลีบดเป็นส่วนผสมข้นผ่านไปส่วนล้างแยกสตาร์ชออกจากกลูเตนด้วยเครื่องเหวี่ยงเป็นลำดับจนได้กลูเตน สตาร์ชอย่างดี (A-starch) และสตาร์ชคุณภาพรอง (B-starch) นอกจากนี้ยังมีส่วนที่ละลายได้ในน้ำล้างซึ่งจะผ่านเข้าเครื่องระเหยน้ำออก แล้วนำส่วนที่ได้ไปใช้เป็นอาหารสัตว์ต่อไป (อรอนงค์, 2538)

กลูเตนที่ได้จากการสกัดนี้จะมีคุณสมบัติทางเคมีกายภาพแตกต่างกันตามลักษณะและวิธีการสกัด ถ้าใช้สารเคมีในการสกัดจะให้คุณสมบัติที่แตกต่างกันมากกว่าที่ใช้น้ำในการสกัดและกลูเตนที่ดีเหมาะในอุตสาหกรรมอาหารควรเป็นแบบที่สกัดด้วยน้ำคือวิเตลกลูเตนเท่านั้น

คุณสมบัติของวิเตลกลูเตนที่มีผลต่อลักษณะผลิตภัณฑ์อาหารคือการละลาย การพองตัว ความหนืดข้น การเกิดฟองและการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ซึ่งสัมผัสกับสภาพความเป็นกรด-เบส อุณหภูมิ และ ionic strength ของอาหาร ซึ่งโดยทั่วไปวิเตลกลูเตนจะละลายได้น้อยมาก พองตัวได้ดีและจะพองมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วนความหนืดข้นของวิเตลกลูเตนจะมีมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น

สำหรับประเทศที่มีการผลิตและการใช้วิเตลกลูเตนมากคือ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่นและออสเตรเลีย โดยออสเตรเลียผลิตมากที่สุด และใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรีมากที่สุด รองลงมาคือสหรัฐอเมริกา ส่วนประเทศญี่ปุ่นใช้กลูเตนในอาหารประเภทเนื้อปรุงสำเร็จมาก (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 การกระจายการผลิตและการใช้ประโยชน์ของวิเตลกลูเตนในประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่นและออสเตรเลีย

การผลิตและการใช้ประโยชน์	สหรัฐอเมริกา	ญี่ปุ่น	ออสเตรเลีย
การผลิตทั้งหมด ล้านกิโลกรัม	20	20	35
การใช้ประโยชน์ %			
อุตสาหกรรมเบเกอรี	69		75
อาหารเช้าสำเร็จรูป	12		10
อาหารสัตว์เลี้ยง	8		5
Meat analogs	4	30	
Processed meat	1	50	10
Hydrolyzed gluten		20	
อาหารชนิดอื่น ๆ	6		

ที่มา : อรอนงค์ , 2538

ความต้องการใช้กลูเตนจากข้าวสาลีรวมทั้งการใช้โปรตีนจากพืชอื่น ๆ ในอาหารจะค่อย ๆ เพิ่มมากขึ้นในอัตราการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 8 ต่อปี นอกจากนี้ยังอาจดัดแปรใช้ในอุตสาหกรรมอื่นจากคุณสมบัติของการเกาะเกี่ยว ยึดเหนี่ยวกันเหนียวแน่นและการทำให้เป็นฟิล์มได้ จึงอาจปรับปรุงให้ใช้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรุณีและคณะ (2534) ได้ทำการศึกษาแนวโน้มการบริโภคและทิศทางของตลาดอาหารมังสวิรัติพบว่า อาหารมังสวิรัติในปัจจุบันได้รับความนิยมมากทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากการสื่อสารต่าง ๆ ช่วยให้ผู้บริโภคทราบข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ (49.35 %) จึงหันมาสนใจอาหารประเภทนี้นอกจากนั้นยังเชื่อว่าได้ทำบุญด้วย (ร้อยละ 42.38) ผลจากการสอบถามผู้บริโภคจากร้านอาหารมังสวิรัติเขตกรุงเทพฯ และเชียงใหม่ พบว่าผู้บริโภคทั้งสองเขตชอบอาหารหลักมังสวิรัติประเภทผัด (ร้อยละ 26.10) และแกง (ร้อยละ 25.50) อาหารจะมีรูปลักษณ์อย่างไรก็ได้ แต่ไม่ควรมีกลิ่นเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคสนใจจะชิมได้แก่ หมูยอเทียม (ร้อยละ 16.02) หมูหยองเทียม (ร้อยละ13) และแหนมเทียม (ร้อยละ 13.18) ส่วนอาหารว่างชอบประเภททอด (ร้อยละ 34.11) รสจืดหรือหวาน และสนใจจะชิมโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง (ร้อยละ 32.03) ข้อมูลจากผู้ประกอบการส่วนใหญ่ใช้โปรตีนถั่วเหลือง และโปรตีนแป้งสาลีแทนเนื้อสัตว์ และประมาณการณ์ว่าอาหารมังสวิรัติจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคต

ไพโรจน์ และคณะ(2541) ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาสูตรการผลิตไส้กรอกเทียม พบว่าส่วนผสมหลักที่มีผลต่อคุณภาพของไส้กรอกเทียม ได้แก่ โปรตีนกลูเตน (Gluten) โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Isolate Soy Protein) เนยขาว แป้งข้าวโพด เกลือ และสารละลายเออริโธรซินความเข้มข้น ร้อยละ 1 เมื่อนำส่วนผสมหลักที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของไส้กรอกเทียมมาปรับปรุงทำให้ปริมาณของส่วนผสมหลักที่เหมาะสม ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนกลูเตน 800 กรัม โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 200 กรัม เนยขาว 20 กรัม แป้งข้าวโพด 30 กรัม เกลือ 20 กรัม และ สารละลายเออริโธรซิน ความเข้มข้นร้อยละ 1 จำนวน 6.4 มิลลิลิตร เมื่อได้สูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไส้กรอกเทียมแล้ว จึงได้ทำการศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการต้มไส้กรอกเทียมผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการต้มไส้กรอกเทียมคือที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 40 นาที

สุทัศน์ (2540) ได้ทำการศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตแหนมมังสวิรัติที่เหมาะสม พบว่าสูตรการผลิตแหนมมังสวิรัติที่เหมาะสม ซึ่งได้รับการพิจารณาแล้วประกอบด้วยส่วนผสมหลัก ได้แก่ กลูเตน ร้อยละ 65 ร่วมกับ ISP ร้อยละ 5 และเจลแป้งบุกร้อยละ 30

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.1 วัตถุดิบ

- โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Isolate soy protein)
- แป้งกลูเตน (Gluten)
- เกลือ
- น้ำตาลทรายขาว
- พริกไทยป่น
- ถั่วฝักยาว
- พริกแกงมังสวิรัติ
- น้ำ

1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตหมูยอมังสวิรัติ

- เครื่องชั่ง
- ถ้วย
- ภาชนะสแตนเลส
- หม้อต้ม
- พิมพ์หมูยอ

1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์หมูยอมังสวิรัติ

1.3.1 อุปกรณ์ตรวจคุณภาพทางกายภาพ

- เครื่องวัดสี (Hunter color lab)
- เครื่องวัด A_w (Water activity meter)

1.3.2 อุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพทางเคมี

- เครื่องย่อยโปรตีนและชุดกลั่น
- ชุดวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย

1.3.3 อุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์

- หม้อนึ่งความดัน (autoclave)

- ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Incubator)
- ตู้อบฆ่าเชื้อ (Hot - air oven)
- เครื่องตีปั่นอาหาร (stomacher)
- ถุงสำหรับใช้กับเครื่องตีปั่นอาหาร
- อาหารเลี้ยงเชื้อ
- ตะเกียง
- เครื่องชั่ง
- ปิเปตขนาด 1 , 10 มล.
- จานเพาะเชื้อ
- เครื่องแก้วอื่น ๆ เช่น บีกเกอร์ กระบอกตวง แท่งแก้ว ฯลฯ

1.3.4 อุปกรณ์การตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ถาด
- ถ้วยชิม
- แก้วน้ำ
- ทิชชู
- ไม้จิ้ม
- แบบสอบถาม

สำนักวิทยบริการฯ
สถาบันราชภัฏเพชรบุรี

2. วิธีการดำเนินการทดลอง

2.1 ศึกษาสูตรพื้นฐานของหมูยอมังสวิรัติ
(ดัดแปลงมาจาก ไพโรจน์ , 2540)

ส่วนประกอบ

วัตถุดิบ

แป้งกลูเตน (Gluten)	800	กรัม
โปรตีนถั่วเหลือง (Isolated Soy Protein ,ISP)	200	กรัม

ส่วนผสม

เกลือ	ร้อยละ 2	ของน้ำหนักวัตถุดิบ
น้ำตาลทรายขาว	ร้อยละ 3	ของน้ำหนักวัตถุดิบ
พริกไทยป่น	ร้อยละ 0.4	ของน้ำหนักวัตถุดิบ
* น้ำ		

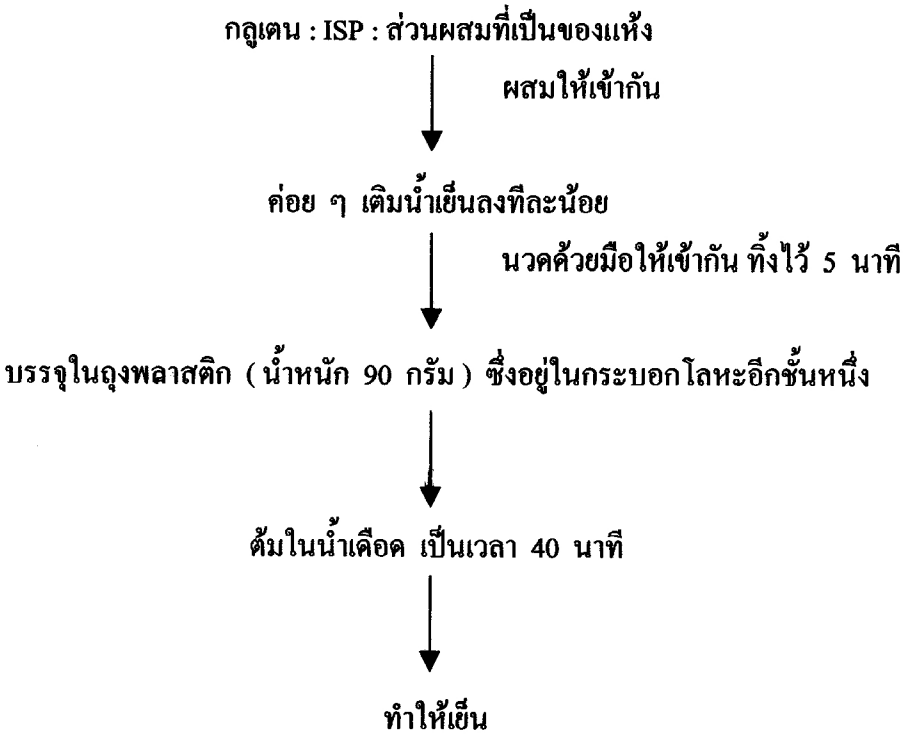
หมายเหตุ

ใช้โปรตีนกลูเตนต่อน้ำในอัตราส่วน	1 ต่อ 1.4
ใช้โปรตีนถั่วเหลืองต่อน้ำในอัตราส่วน	1 ต่อ 3.6

00678

2. 2 กรรมวิธีการผลิตหมูยอมังสวิรัติ

ผสมโปรตีนกลูเตน โปรตีนถั่วเหลือง เกลือ น้ำตาลทรายขาว และพริกไทยป่น ในภาชนะสแตนเลส จากนั้นค่อย ๆ เติมน้ำเย็นลงไป นวดด้วยมือผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที บรรจุลงในพิมพ์หมูยอขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร นำมาต้มในน้ำเดือด 40 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็น



3. ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างโปรตีนกลูเตนและโปรตีนถั่วเหลืองสกัด

โดยใช้ในอัตราส่วนระหว่างโปรตีนกลูเตนและโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ร้อยละ 90 :10 80 : 20 , 70 : 30 และ 60 : 40 และทำการวิเคราะห์ตามหัวข้อ 7.1 และ 7.2

4. ศึกษาปริมาณพริกแกงที่เหมาะสม

นำอัตราส่วนระหว่างโปรตีนกลูเตนต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดจากข้อ 3 ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาศึกษาปริมาณพริกแกงที่เหมาะสม โดยใช้พริกแกงในอัตราส่วนร้อยละ 5 , 10 และ 15 ของน้ำหนักวัตถุดิบตามลำดับ จากนั้นทำการวิเคราห์ตามหัวข้อ 7.1 และ 7.2

5. ศึกษาปริมาณถั่วฝักยาวที่เหมาะสม

นำอัตราส่วนจากข้อ 4 ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาศึกษาปริมาณถั่วฝักยาวที่เหมาะสม โดยใช้ถั่วฝักยาวที่สับเป็นชิ้นเล็ก ๆ ในอัตราส่วนร้อยละ 5 , 10 และ 15 ของน้ำหนักวัตถุดิบตามลำดับจากนั้นทำการวิเคราะห์ตามข้อ 7.1 และ 7.2 และนำสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาทำการวิเคราะห์ตามข้อ 7.3.1 และ 7.3.2

6. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ศึกษาอายุการเก็บหมูยอมังสวิรัติของสูตรที่ได้คะแนนการยอมรับมากที่สุดในข้อที่ 5 โดยทำการเปรียบเทียบสภาวะการบรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีนในสภาพบรรยากาศปกติและสภาพสุญญากาศโดยเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสนำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ ทุก 5 วันเป็นเวลา 1 เดือน โดยทำการวิเคราะห์ตามข้อ 7.1 , 7.2 , 7.3.3 และ 7.4

7. การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

7.1 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory evaluation) ใช้ระบบการให้คะแนนความชอบ (5 – point hedonic scale) และใช้วางแผนการทดสอบแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completed Block Design , RCBD) โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance , ANOVA) โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan' new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาโปรแกรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารจำนวน 30 คน

7.2 การประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่

การประเมินคุณภาพทางด้านสีด้วยเครื่อง Hunter lab Digital Color รุ่น A60 – 1010 – 615 Mannal Version 1.0

7.3 การประเมินคุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่

7.3.1 ปริมาณโปรตีนเครื่อง Protien and nitrogen Analyzer รุ่น Distillation Unit B – 324 ของบริษัท B.U.C.H.I

7.3.2 ปริมาณเยื่อใยโดยใช้เครื่องสกัดเยื่อใย ของบริษัท VELP Scientification

7.3.3 ตรวจสอบค่า a_w (Water activity) ด้วยเครื่องวัดค่า a_w ยี่ห้อ Rotaric รุ่น Awquick

7.4 การประเมินคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

7.4.1 ตรวจสอบจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี Pour plate

7.4.2 ตรวจสอบเชื้อยีสต์และรา

ระยะเวลาการดำเนินการทดลอง

กิจกรรม/ขั้นตอนการดำเนินงาน	เดือน 2544 -2545						
	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค
1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	←	→					
2. จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์		←	→				
3. ทำการทดลอง				←	→	→	→
4. เก็บรวบรวมข้อมูล		←	→				
5. วิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผล						←	→
6. เขียนรายงานการวิจัย						←	→
7. พิมพ์เข้าเล่ม						←	→

สถานที่ ห้องแปรรูปและห้องวิเคราะห์อาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏเพชรบุรี

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากตารางที่ 5 การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งกลูเตนต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดพบว่าสีและกลิ่นของทุกสูตรมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการใช้ปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพิ่มมากขึ้นและแป้งกลูเตนน้อยลงทางด้านสีได้รับการยอมรับที่สูตรร้อยละ 60 : 40 เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อนและมีสีอ่อนกว่าสูตรอื่น ๆ แต่ทางด้านกลิ่นจะทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีกลิ่นถั่วเหลืองซึ่งสูตรอัตราร้อยละ 90 : 10 ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดเพราะผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นอ่อนกว่าสูตรอื่น ๆ เนื่องจากมีการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดในปริมาณน้อยกว่าสูตรอื่น ๆ

ทางด้านรสชาติพบว่าสูตรร้อยละ 80 : 20 และ 70 : 30 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าทุกสูตรผู้ทดสอบยอมรับด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ในระดับที่ต่ำเนื่องจากมีรสชาติจืด

ความยืดหยุ่นของสูตรร้อยละ 90 : 10 , 80 : 20 ต่างจากสูตรร้อยละ 70 : 30 และ 60 : 40 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือ สูตรร้อยละ 90 : 10 ทั้งนี้เนื่องจากในสูตรการผลิตมีปริมาณแป้งกลูเตนเป็นส่วนผสมมากที่สุด ซึ่งแป้งกลูเตนนั้นมีคุณสมบัติพิเศษอย่างหนึ่งคือแป้งกลูเตนจะมีลักษณะที่เหนียวและยืดหยุ่นคล้ายสปริง (สุทัศน์, 2540) ส่วนสูตรร้อยละ 70 : 30 และ 60 : 40 ผู้ทดสอบยอมรับในระดับต่ำเพราะลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ค่อนข้างแฉะ ฉีกขาดง่าย

ส่วนความชอบโดยรวมของหมูยอมังสวิรัติพบว่าสูตรร้อยละ 90 : 10 และ 80 : 20 ต่างจากสูตรร้อยละ 60 : 40 และ 70 : 30 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นคะแนนการยอมรับมีแนวโน้มลดลงเนื่องผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นมีกลิ่นเหม็นของถั่วเหลืองแรงขึ้น

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส จึงได้เลือกหมูยอมังสวิรัติที่มีปริมาณแป้งกลูเตนต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 90 : 10 เป็นสูตรที่ดีเพราะผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่มีกลิ่นถั่วซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากโปรตีนถั่วเหลือง โดยเป็นผลมาจากการเสื่อมสลายของกรด ไขมันลิโนเลนิคโดยปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้เป็นสารประกอบเอซิลไวนิลคีโตน (สุทัศน์, 2540) และการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 10 จะประหยัดต้นทุนในการผลิตเนื่องจากมีการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดในปริมาณน้อยที่สุด

ตารางที่ 5 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของหมูยอมังสวิรัติ ศึกษาปริมาณ แป้งกลูเตนต่อโปรตีนถั่วเหลืองที่อัตราร้อยละ 90 : 10 , 80 : 20 , 70 : 30 และ 60 : 40

Glu : ISP (ร้อยละ)	คุณลักษณะ				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความยืดหยุ่น	ความชอบรวม
90 : 10	2.90[a]	2.63[a]	2.41[ab]	3.03[a]	2.87[a]
80 : 20	3.12[a]	2.43[a]	2.54[a]	2.96[a]	2.87[a]
70 : 30	3.06[a]	2.50[a]	1.93[c]	1.83[c]	2.16[b]
60 : 40	3.19[a]	2.43[a]	2.16[bc]	2.41[b]	2.32[b]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากการวัดค่าสีโดย Hunter color meter พบว่าค่าความสว่างของสูตร 60 : 40 , 70 : 30 ต่างจาก 80 : 20 , 90 : 10 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อแป้งกลูเตนมีปริมาณลดโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพิ่มขึ้นจึงทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์นั้นสว่างขึ้นส่วนค่าของสีแดงมีแนวโน้มสูงขึ้นโดยที่สูตรร้อยละ 70 : 30 มีค่าความเป็นสีแดงมากกว่าสูตรอื่นๆคือ 22.39 ส่วนด้านของค่าสีเหลืองสูตรร้อยละ 90 : 10 และ 60 : 40 ต่างจาก 70 : 30 , 80 : 20 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) คือค่าความเป็นสีเหลืองนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณแป้งกลูเตน

ตารางที่ 6 ค่าสีของหมูยอมังสวิรัติที่มีปริมาณแป้งกลูเตนต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่อัตราร้อยละ 90 : 10 , 80 : 20 , 70 : 30 และ 60 : 40

GLU : ISP (ร้อยละ)	ค่าสี		
	L*	a*	b*
90 : 10	52.45[b]	21.39[b]	16.20[b]
80 : 20	52.49[b]	21.77[b]	17.01[a]
70 : 30	52.66[a]	22.39[a]	17.27[a]
60 : 40	53.07[a]	21.34[b]	16.32[b]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

L* คือ ความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0 – 100 (0 = สีดำ , 100 = สีขาว)

a* คือ สีแดงเมื่อมีค่าเป็นบวก , สีเขียวเมื่อมีค่าเป็นลบ

b* คือ สีเหลืองเมื่อมีค่าเป็นบวก , สีน้ำเงินเมื่อมีค่าเป็นลบ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของหมูยอมังสวิรัติที่มีการใช้แป้งกลูเตนต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 90 : 10 พริกแกงร้อยละ 5 , 10 และ 15 ตามลำดับ พบว่าปริมาณพริกแกงของทุกสูตรที่เติมลงในหมูยอมังสวิรัติมีผลทำให้การยอมรับด้านความยืดหยุ่นและความชอบรวมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กลิ่นและรสชาติของสูตรร้อยละ 10 และ 15 แตกต่างจากสูตรร้อยละ 0 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ส่วนสีของสูตรร้อยละ 0 แตกต่างจากสูตรร้อยละ 15 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และจากการทดสอบได้ทำการเลือกสูตรหมูยอมังสวิรัติที่มีปริมาณพริกแกงร้อยละ 5 เป็นสูตรที่ดีเนื่องจากปริมาณของพริกแกงที่เติมลงไปนั้นสามารถช่วยดับกลิ่นถั่วได้แต่ถ้าใส่ปริมาณพริกแกงมากเกินไปผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีกลิ่นของเครื่องเทศมากเกินไป และจะประหยัดต้นทุนในการผลิตเนื่องจากใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าสูตรอื่น ๆ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของหมูยอมังสวิรัติ ศึกษาปริมาณพริกแกงที่อัตราร้อยละ 5 , 10 และ 15

พริกแกง (ร้อยละ)	คุณลักษณะ				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความยืดหยุ่น	ความชอบรวม
0	3.22^{a}	2.38^{b}	2.19^{b}	2.74^{a}	2.64^{a}
5	3.16^{ab}	2.45^{ab}	2.45^{ab}	2.77^{a}	2.54^{a}
10	2.77^{ab}	2.70^{a}	2.61^{a}	2.77^{a}	2.67^{a}
15	2.51^{c}	2.74^{a}	2.70^{a}	2.74^{a}	2.74^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ค่าความสว่างของหมูยอมังสวิรัติที่เติมพริกแกงสูตรร้อยละ 0 ต่างจากสูตรร้อยละ 5 และแตกต่างจากสูตรร้อยละ 10 และ 15 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และจะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณพริกแกงเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความสว่างน้อยลง ค่าสีแดงสูตรร้อยละ 15 ต่างจากสูตรร้อยละ 0 , 5 และ 15 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยค่าสีแดงจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณพริกแกง ส่วนค่าสีเหลืองสูตรร้อยละ 0 ต่างจากสูตรร้อยละ 5 และแตกต่างจากสูตรร้อยละ 10 และ 15 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าค่าสีเหลืองลดลง (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ค่าสีของหมูยอมังสวิรัติที่มีการเติมปริมาณพริกแกงในอัตราร้อยละ 5 , 10 และ 15

พริกแกง (ร้อยละ)	ค่าสี		
	L*	a*	b*
0	52.70[a]	21.12[a]	17.64[a]
5	51.92[b]	21.13[a]	17.20[b]
10	51.17[c]	20.99[a]	16.69[c]
15	50.85[c]	20.71[b]	16.54[c]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ($P \leq 0.05$)

L* คือ ความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0 – 100 (0 = สีดำ , 100 = สีขาว)

a* คือ สีแดงเมื่อมีค่าเป็นบวก , สีเขียวเมื่อมีค่าเป็นลบ

b* คือ สีเหลืองเมื่อมีค่าเป็นบวก , สีน้ำเงินเมื่อมีค่าเป็นลบ

จากตารางที่ 9 การศึกษาปริมาณถั่วฝักยาวพบว่าสี กลิ่น รสชาติ และความยืดหยุ่นของทุกสูตรมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่ความชอบรวมสูตรร้อยละ 5 และ 15 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งจะเห็นได้ว่าถ้าปริมาณถั่วฝักยาวเพิ่มขึ้นผู้ทดสอบจะยอมรับน้อยลงเนื่องจากปริมาณถั่วที่เพิ่มขึ้นนั้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูพรุนมากขึ้นมีการฉีกขาดได้ง่ายขึ้น

ตารางที่ 9 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของหมูยอมังสวิรัติ ที่มีถั่วฝักยาวในปริมาณต่าง ๆ

ถั่วฝักยาว (ร้อยละ)	คุณลักษณะ				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความยืดหยุ่น	ความชอบรวม
0	3.16[a]	2.83[a]	3.00[a]	3.03[a]	3.03[ab]
5	3.00[a]	3.00[a]	3.06[a]	3.03[a]	3.22[a]
10	3.09[a]	2.83[a]	3.09[a]	3.25[a]	3.06[ab]
15	3.14[a]	2.88[a]	2.77[a]	2.96[a]	2.81[b]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ค่าความสว่างของหมูยอมังสวิรัติที่เติมถั่วฝักยาวสูตรร้อยละ 5 และ 10 ต่างจากสูตรร้อยละ 0 และ 15 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณถั่วเพิ่มขึ้น ด้านค่าสีแดงสูตรร้อยละ 5 แตกต่างจากสูตรร้อยละ 10 และ 15 และแตกต่างจากสูตรร้อยละ 0 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยสูตรร้อยละ 5 มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 21.48 และมีแนวโน้มว่าจะลดลงเมื่อปริมาณถั่วมากขึ้น ส่วนค่าสีเหลืองสูตรร้อยละ 0 และ 10 ต่างจากสูตรร้อยละ 5 และ 15 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าสูตรร้อยละ 5 มีค่าสีเหลืองมากที่สุดและมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณถั่วเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ค่าสีของหมูยอมังสวิรัติที่มีการเติมปริมาณถั่วฝักยาวในอัตราร้อยละ 5 , 10 และ 15

ถั่วฝักยาว (ร้อยละ)	ค่าสี		
	L*	a*	b*
0	51.83^{c}	20.82^{c}	16.98^{b}
5	60.22^{a}	21.48^{a}	17.44^{a}
10	59.75^{a}	21.24^{b}	16.99^{b}
15	51.83^{b}	21.08^{b}	16.66^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ($P \leq 0.05$)

L* คือ ความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0 – 100 (0 = สีดำ , 100 = สีขาว)

a* คือ สีแดงเมื่อมีค่าเป็นบวก , สีเขียวเมื่อมีค่าเป็นลบ

b* คือ สีเหลืองเมื่อมีค่าเป็นบวก , สีน้ำเงินเมื่อมีค่าเป็นลบ

หมูยอมังวิรัติที่มีปริมาณแป้งกลูเตนต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 90 : 10 พริกแกงร้อยละ 5 และถั่วฝักยาวร้อยละ 5 ได้คะแนนจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่นรสชาติ ความยืดหยุ่น และความชอบรวม คือ 3.33 , 3.10 , 2.90 , 3.03 และ 2.96 ตามลำดับ ทางด้านกายภาพโดยการใช้เครื่อง Water activity วัดค่า a_w ซึ่งเท่ากับ 0.767 และจากการวิเคราะห์โดยเครื่อง Hunter color meter วัดค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองได้เท่ากับ 47.7 , 18.56 และ 14.4 ตามลำดับปริมาณโปรตีนและเยื่อใยร้อยละ 38.75 และ ร้อยละ 1.1 โดยน้ำหนักตามลำดับและทางด้านจุลินทรีย์ผลการตรวจปรากฏว่าไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อรา

การทดสอบผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีนซึ่งเก็บรักษาแบบสภาพปกติและสุญญากาศ พบว่า วันที่ 5 - 10 วันของทั้ง 2 สภาวะการเก็บให้ผลทางด้านคะแนนสี กลิ่นรส รสชาติ ความยืดหยุ่น และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ส่วนตั้งแต่วันที่ 15 จนถึง วันที่ 20 ทั้งสองสภาวะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) คือจะมีความแตกต่างกันทางด้านสี รสชาติ ความยืดหยุ่น และความชอบรวมซึ่งจะเห็นได้ว่าสีมีแนวโน้มเข้มขึ้นซึ่งจะเห็นได้ชัดสำหรับหมูยอมังสวิรัติที่เก็บแบบสภาพปกติ ด้านรสชาติอาจมีความแตกต่างกันเนื่องจากเครื่องเทศในพริกแกงและถั่วฝักยาวที่เติมลงในหมูยอมังสวิรัตินั้นทำให้มีรสชาติเปลี่ยนไปและอาจเป็นเพราะการเก็บในสภาพแตกต่างกันการเสื่อมเสียจึงต่างกัน ด้านความยืดหยุ่นถ้ามีการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นความยืดหยุ่นจะน้อยลงเพราะปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์น้อยลงนั่นเองความชอบรวมจะเห็นได้ว่าหมูยอมังสวิรัติที่เก็บรักษาแบบสุญญากาศจะได้รับการยอมรับมากกว่าการเก็บแบบปกติเนื่องจากตัวผลิตภัณฑ์ยังคงใกล้เคียงกับหมูยอมังสวิรัติที่ผลิตเสร็จใหม่ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของหมูยอมังสวิรัติที่เก็บรักษาแบบสภาพปกติและเก็บรักษาแบบสุญญากาศ

วันที่	คุณลักษณะ	ค่าคะแนนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของหมูยอมังสวิรัติ	
		เก็บรักษาแบบสภาพปกติ	เก็บรักษาแบบสุญญากาศ
5	สี	3.06[a]	3.33[a]
	กลิ่น	2.86[a]	3.10[a]
	รสชาติ	2.83[a]	3.00[a]
	ความยืดหยุ่น	2.93[a]	3.00[a]
	ความชอบรวม	2.73[a]	3.00[a]
10	สี	3.00[a]	3.16[a]
	กลิ่น	2.66[a]	2.83[a]
	รสชาติ	2.66[a]	2.90[a]
	ความยืดหยุ่น	2.83[a]	2.83[a]
	ความชอบรวม	2.90[a]	3.06[a]
15	สี	2.66[b]	3.16[a]
	กลิ่น	2.56[a]	2.66[a]
	รสชาติ	2.43[b]	2.83[a]
	ความยืดหยุ่น	2.46[b]	3.00[a]
	ความชอบรวม	2.46[b]	3.06[a]
20	สี	2.53[b]	3.10[a]
	กลิ่น	2.46[a]	2.66[a]
	รสชาติ	2.36[a]	2.66[a]
	ความยืดหยุ่น	2.33[a]	2.76[a]
	ความชอบรวม	2.40[b]	2.73[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 12 พบว่า วันที่ 5 – 15 ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และ ค่าสีเหลืองของหมูยอมังสวิรัติทั้งการเก็บรักษาในสภาพปกติและสุญญากาศมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และตั้งแต่วันที่ 20 ถึงวันที่ 30 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตลอดระยะเวลา 1 เดือน ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง มีแนวโน้มลดลง เป็นผลเนื่องมาจากการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ลดลงโดยเฉพาะ

เมื่อมีการเก็บรักษาแบบสภาวะปกติจะมีแนวโน้มลดลงมากกว่าการเก็บแบบสุญญากาศ จึงทำให้สีของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงคือมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นและแห้งมากขึ้น

ตารางที่ 12 ค่าสีของหมูยอมังสวิรัติขณะทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน

วันที่	ค่าสี	ค่าคะแนนสีของหมูยอมังสวิรัติ	
		เก็บรักษาแบบสภาพปกติ	เก็บรักษาแบบสุญญากาศ
5	L*	47.37[a]	47.44[a]
	a*	18.29[a]	18.25[a]
	b*	14.20[a]	14.40[a]
10	L*	45.95[a]	45.96[a]
	a*	15.11[a]	15.94[a]
	b*	12.60[a]	13.45[a]
15	L*	44.70[a]	44.55[a]
	a*	14.44[a]	14.89[a]
	b*	11.84[a]	12.36[a]
20	L*	42.53[a]	14.86[a]
	a*	44.26[b]	14.79[a]
	b*	11.22[b]	12.41[a]
25	L*	41.02	44.40[a]
	a*	14.11[b]	45.53[a]
	b*	10.89[b]	12.94[a]
30	L*	40.72[b]	42.68[a]
	a*	11.66[b]	12.77[a]
	b*	10.40[b]	1265[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ($P \leq 0.05$)

L* คือ ความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0 – 100 (0 = สีดำ , 100 = สีขาว)

a* คือ สีแดงเมื่อมีค่าเป็นบวก , สีเขียวเมื่อมีค่าเป็นลบ

b* คือ สีเหลืองเมื่อมีค่าเป็นบวก , สีน้ำเงินเมื่อมีค่าเป็นลบ

จากการวัดค่า a_w ของหมูยอมังสวิรัติตลอดอายุการเก็บรักษา 1 เดือนที่เก็บในสภาวะปกติ พบว่า ค่า A_w อยู่ในช่วง 0.709 – 0.797 และ ที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ ค่า a_w อยู่ในช่วง 0.791 – 0.712 ซึ่งการเก็บทั้ง 2 ลักษณะ ค่า a_w มีแนวโน้มที่ลดลงถ้าระยะเวลาการเก็บมากขึ้น เนื่องจากถุงโพลีเอทธิลีนอาจจะสามารถปล่อยให้อากาศผ่านเข้าและออกได้ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w คือค่าของ a_w มีค่าลดลงไปมาก (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ค่า A_w ของหมูยอมังสวิรัติระหว่างการเก็บรักษา 1 เดือน

วันที่	ค่า a_w ของหมูยอมังสวิรัติ	
	เก็บรักษาแบบสภาพปกติ	เก็บรักษาแบบสภาพสุญญากาศ
5	0.797	0.791
10	0.766	0.740
15	0.758	0.733
20	0.718	0.719
25	0.712	0.718
30	0.709	0.712

ปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบมีจำนวนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นแต่เนื่องจากขณะนี้ยังไม่มีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหมูยอมังสวิรัติจึงต้องอ้างอิงมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่ทำจากธัญพืชคือ มาตรฐานของบะหมี่ เส้นหมี่ ที่มีข้อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานด้านจุลชีววิทยาตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉ. 39 / 2522 และ ฉ. 28 / 2528) กำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 3×10^4 โคโลนีต่อกรัมและเชื้อราไม่เกิน 100 โคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม

จากตารางที่ 13 พบว่าที่อายุการเก็บ 5 หมูยอมังสวิรัติที่เก็บรักษาที่สภาวะปกติและสุญญากาศมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจะยังไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดหมูยอมังสวิรัติที่เก็บในสภาพสุญญากาศจะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าที่เก็บในสภาพปกติเนื่องจากผลอาจเกิดจากจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศไม่เจริญในสภาพสุญญากาศจึงทำให้มีจุลินทรีย์ทั้งหมดในปริมาณต่ำกว่าที่เก็บในสภาพปกติ นอกจากนี้ผลการตรวจเชื้อรา พบว่า ตรวจไม่พบเนื่องจากสภาพการเก็บรักษาและองค์ประกอบของหมูยอมังสวิรัติ ทั้งนี้คือ ค่า A_w ของหมูยอมังสวิรัตินั้นมีค่าอยู่ในช่วง 0.704 – 0.797 ซึ่งน้ำในผลิตภัณฑ์ ดังกล่าวนั้นมีเชื้อราไม่สามารถที่จะเจริญได้ เพราะเชื้อราจะเจริญได้ดีในช่วง A_w ต่ำกว่า 0.6 (สุวิมล, 2544)

ตารางที่ 14 ปริมาณจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลาทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน

วันที่	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)		เชื้อรา (CFU/g)	
	สภาวะปกติ	สุญญากาศ	สภาวะปกติ	สุญญากาศ
5	< 250	< 250	ไม่พบ	ไม่พบ
10	< 250	< 250	ไม่พบ	ไม่พบ
15	7.3×10^3	4×10^2	ไม่พบ	ไม่พบ
20	2.5×10^4	9×10^3	ไม่พบ	ไม่พบ
25	6.4×10^5	3.3×10^4	ไม่พบ	ไม่พบ
30	3.5×10^6	4.8×10^4	ไม่พบ	ไม่พบ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ

จากการศึกษาสูตรการผลิตหมูยอมังสวิรัติ พบว่า ปริมาณแป้งกลูเตนร้อยละ 90 โปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 10 พริกแกงร้อยละ 5 ถั่วฝักยาวร้อยละ 5 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม

การเก็บรักษาหมูยอมังสวิรัติตลอดระยะเวลา 1 เดือน โดยเก็บในถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีน ซึ่งเก็บในสภาวะปกติและสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสพบว่าการเก็บแบบสุญญากาศสามารถเก็บได้นานกว่าสภาพปกติ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาอัตราส่วนของแป้งกลูเตนและโปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับส่วนผสมอื่น เพราะเนื่องจากเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นั้นยังคงมีความแข็งดังนั้นจึงควรจะมีการนำเจลแป้งบุกเข้ามาช่วยให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น
2. ควรมีการนำเครื่องเทศมาใช้เป็นส่วนผสมเนื่องจากผลิตภัณฑ์หมูยอมังสวิรัตินั้นมีกลิ่นเหม็นของถั่วเหลือง เครื่องเทศจะสามารถช่วยดับกลิ่นได้
3. ควรมีแปรผันปริมาณเกลือให้เพิ่มขึ้นเพราะเกลือจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและช่วยเพิ่มรสชาติให้ดีขึ้น

บรรณานุกรม

จิราภา พงษ์จันตา 2541 . **กลูเตน (Gluten) โปรตีนจากข้าวสาลีและจาการใช้ประโยชน์** . สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและฝึกอบบนมทางการเกษตรลำปาง .

ปฏิวัติ จันทร์แสง และ สิรินันท์ ผลแก้ว . 2541 . **การใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดในการพัฒนาคุณภาพของคุณภาพของหมูยอ**. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เพลินใจ ตังคณะกุล . 2541 . **หลักสูตรการทำอาหารมังสวิรัติ** . สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

ไพโรจน์ วิริยจารี และคณะ . 2540 . **การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเทียม**. รายงานการวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ .

มาตรฐานผลิภัณฑ์อุตสาหกรรมหมูยอ **มอก. 1346 – 2539** สำนักงานมาตรบานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพมหานคร .

สุทัศน์ สุระวัง . 2540 . **การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมมังสวิรัติ** . วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

สุวิมล กีรติพิบูล .2544. **ระบบประกันคุณภาพด้านความปลอดภัยของอาหาร HACCP** . สำนักพิมพ์ ส. ส . ท เขตวัฒนา กรุงเทพ .

อรอนงค์ นัยวิกุล . 2538 . **เคมีทางธัญญาหาร** . ภาควิชาและเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

อรุณี อภิชาติสรางกูร และคณะ .2534 . **รายงานโครงการวิจัยศึกษาแนวโน้มและศักยภาพในการผลิตอาหารมังสวิรัติในเชิงพานิชย์** . ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

ประกาศสาธารณสุขฉบับที่ 39 / 2522 และ ฉบับที่ 28 / 2528

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์หาค่าสี

หาค่าสีของหมูยอมังสวิรัติโดยใช้เครื่อง Hunter Lab Digital Colour

วิธีวัดสี

1. เปิดเครื่องโดยการกดสวิตซ์ที่มีรูป (✓)
2. เลือก Standardize โดยวางแผ่นมาตรฐานบนเครื่อง (สีดำ) แล้วกดสัญลักษณ์ (✓) ทำการจดรายละเอียด
3. วางแผ่นสีขาวโดยให้จุดบนแผ่นอยู่ตรงหน้าเครื่อง แล้วกดสัญลักษณ์ (✓) หน้าจอจะมีข้อมูลขึ้นพร้อมที่จะทำการวัดได้ ดูค่าจากเครื่องว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าที่อยู่ในแผ่นสีขาวหรือไม่
4. กดสัญลักษณ์ (✓) แล้วเลือก Select setup แล้วกดสัญลักษณ์ (✓)
5. เลือก Daylight colour แล้วกดสัญลักษณ์ (✓)
6. วางตัวอย่างแล้วกดสัญลักษณ์ () จะได้ค่าที่ต้องการออกมากดเครื่องหมาย (✓) จะได้ค่าอื่น ๆต่อไป

การวัดค่า Water activity

1. เมื่อทำการเตรียมตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว (อุณหภูมิของตัวจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิเครื่องทดสอบ)
2. เลื่อนฝาครอบเครื่องทดสอบออก
3. วางถ้วยตัวอย่างลงในช่องสำหรับวางตัวอย่าง
4. วางฝาครอบเครื่องทดสอบบนช่องวางตัวอย่างจนแน่ใจว่าสนิท (มีสัญญาณไฟสีแดงจะกระพริบ)
5. เมื่อทำการวางตัวอย่างลงในช่องสำหรับวางตัวอย่างเสร็จเรียบร้อยแล้ว
6. ให้กด Enter บนเครื่อง Aw Quick เพื่อทำการวัดค่า a_w (มีสัญญาณไฟสีเขียวกระพริบแสดงว่าพร้อมที่จะทำงาน)
7. เมื่อเครื่อง Aw Quick ทำการวัดเสร็จเรียบร้อยแล้วไฟสีเขียวจะหยุดกระพริบและมีเสียงร้องเตือน 2 ครั้ง

8. เครื่องจะแสดงผลบนหน้าจอ
9. สามบันทัดสุดท้ายจะแสดงค่า Water activity ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิระหว่างทำการวัด และเวลาเป็นชั่วโมง นาที
10. ถ้าอุณหภูมิไม่คงที่ในระหว่างการวัดจะมีเสียงเตือนและมีไฟสีแดงกระพริบให้กด Enter อีกครั้ง
11. เวลาออกจากโปรแกรมให้กด Enter
12. เครื่อง Aw Quick พร้อมที่จะทำการวัดตัวอย่างอื่นต่อไป

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ทางเคมี

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์หาโปรตีน

โดยใช้เครื่อง Protein and nitrogen Analyzer

1. วิธีใช้เครื่องมือวิเคราะห์โปรตีน

ส่วนประกอบของเครื่องย่อยโปรตีน

1. Digestion Unit B – 426
2. Scrubber B – 414
3. Control Unit B – 436
4. Kjeldahl B – 324

2. ขั้นตอนการใช้เครื่อง Digestion Unit

เครื่องย่อยสาร (Digestion Unit) ให้ความร้อนสูงสุด 650 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจตั้งอุณหภูมิที่ตัวเครื่องหรือ อาจใช้คู่กับ Control Unit เป็นตัวควบคุมความร้อนโดยมี Scrubber เป็นตัวดูดไอกรดเนื่องจากการย่อยโปรตีน โดยตั้งอุณหภูมิดังนี้

1. กด Select unit เลือก unit 1
2. ตั้งเวลาเป็นนาทีและอุณหภูมิเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยกด select เพื่อเลื่อน cursor
3. ตั้งเวลาให้ wait เป็นศูนย์ กด select เพื่อเลือกเปอร์เซ็นต์ความร้อนเป็น 100% กด select ตั้งเวลา 10 นาที
4. กด select เพื่อเลือกเปอร์เซ็นต์ความร้อนและเวลาตามความต้องการ กด start

3. ขั้นตอนการใช้เครื่อง Scrubber

1. เปิดสวิตซ์เครื่อง
2. การเตรียมสารละลายอิ่มตัวของโซเดียมคาร์บอเนต หรือ wash solution ใน scrubber เพื่อดูดไอกรดจากการ digestion ละลาย $Na_2 CO_3$ (Lab grade) 600 กรัม ในน้ำกลั่นอุ่น 2.8 ลิตร หรือละลาย $Na_2 CO_3$ 10 H_2O 1.62 กิโลกรัม ในน้ำกลั่นอุ่น ๆ 1.8 ลิตร
3. เติมอินดิเคเตอร์โบโมไธมอลบลู ประมาณ 100 มิลลิกรัมต่อสารละลาย $Na_2 CO_3$ 3 ลิตร ช่วงการเปลี่ยน pH 6.0-7.6 จากน้ำเงินเป็นเหลืองส้ม

4. ขั้นตอนการใช้เครื่อง Kjeldahl BUCHI Distillation Unit B-324

1. เปิดสวิตซ์ด้านหลังเครื่อง
2. เลือก Preheating โดยใช้ลูกศรเลื่อนขึ้นหรือลง เพื่อการ warm เครื่องแก้ว

3. เลือก Distillation เพื่อเข้า menu ดังตัวเลือกข้างล่าง เลือกว่าในการกลั่นต้องการน้ำ NaOH H_3BO_3 เวลาในการกลั่น อุณหภูมิการกลั่น (Stream %) และการระบายน้ำ (aspin) ถ้าทิ้งสารตัวอย่างให้เลือก sam ถ้าไม่ทิ้งให้เลือก off เมื่อเลือกเสร็จกด start

4. สารที่กลั่นได้จะลงใน flask โดยมีกรด H_2BO_3 เป็นตัวจับไนโตรเจน

5. เลือก Cleaning กด Start เมื่อทำการกลั่นเสร็จ

การวิเคราะห์หาเยื่อใย

สารเคมีที่ใช้

1. กรดซัลฟูริก 1.25 %
2. โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.25 %
3. n – octanal เป็น antifoam

วิธีวิเคราะห์

1. ใช้ตัวอย่างที่ได้จากการหาความชื้นแล้ว หรือผ่านการอบในตู้อบอุณหภูมิ 105° C จนน้ำหนักคงที่ แล้วทำให้เย็นใน dessicator
2. ชั่งน้ำหนักแน่นอนของตัวอย่างที่บดแล้ว 1 +/- 0.001 กรัม
3. เติม 1.25 % กรดซัลฟูริกที่ร้อน 150 มล. (ทำให้ร้อนโดยการอุ่นบน Hot plate เพื่อลดเวลาในการย่อย)
4. เติม 3- 5 หยดของ n – octanal
5. ทำการย่อยเป็นเวลา 30 นาที
6. กดปุ่ม Vaccum เพื่อถ่ายกรดซัลฟูริกออก
7. ล้างตัวอย่างด้วย deionzed water ที่ทำให้ร้อน 30 มล. จำนวน 3 ครั้ง โดยกดปุ่ม Compressed air เพื่อกวนตัวอย่างให้กระจาย
8. หลังจากน้ำสุดท้ายแล้วเติม 150 มล. ของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.25 % แล้วเติม 3 – 5 หยดของ n – octanal
9. ทำการย่อยเป็นเวลา 30 นาที
10. ทำการกรองแล้วล้างตัวอย่างเหมือน ข้อ 7
11. หลังจากล้างด้วยน้ำกลั่นครั้งสุดท้ายแล้ว ให้ล้างด้วย acetone 25 มล. พร้อมทั้งกดปุ่ม compressed air เพื่อกวนตัวอย่างให้กระจายด้วย

12. นำ crucible ออกจากเครื่อง แล้วชั่งน้ำหนักหลังจากอบที่อุณหภูมิ 105 $^{\circ}$C นาน 1 ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ น้ำหนักของตัวอย่างที่ได้นี้จะเป็นน้ำหนักของ crucible fiber + ash content (F1)
13. นำไปหาเถ้า โดยนำตัวอย่างที่เหลือจากการหาเยื่อใย ไปเผาใน Muffle ที่อุณหภูมิ 500 $^{\circ}$C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ผลต่างของน้ำหนักที่ได้นี้กับน้ำหนักที่ได้ในข้อที่ 12 จะเป็นค่า Crude fiber content (F2)

$$\% \text{ Crude fiber} = \frac{F1 - F2}{F0} \times 100$$

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์จุลินทรีย์

โดยใช้วิธีของกองโภชนา กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

วิธีการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยวิธี pour plate หรือ SPC

1.1 ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างอาหารเหลว 25 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ที่บรรจุเปปโตนวอเตอร์ (peptone water) 0.1 จำนวน 225 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้ความเจือจาง 10-1 แล้วทำให้เจือจางต่อจนได้ความเจือจางถึง 10-5 โดยในแต่ละครั้งที่ทำการเจือจางให้เปลี่ยนปิเปตใหม่

1.2 ใช้ปิเปตดูดอาหารแต่ละความเจือจางปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเลี้ยงเชื้อความเจือจางละ 2 จาน (Duplicate plate) จนครบทุกความเจือจาง

1.3 เทอาหารเพลทเคาท์อาก้า (Plate count agar, PCA) ที่หลอมเหลวไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเลี้ยงเชื้อที่ใส่ตัวอย่างในข้อ 2 จำนวนประมาณ 15-20 มิลลิลิตร ทำให้เชื้อกระจายให้ทั่วจานเลี้ยงเชื้อโดยการหมุนจานเลี้ยงเชื้อตามเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง ทวนเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง เคลื่อนไปข้างหน้าและข้างหลัง 5 ครั้ง เคลื่อนไปซ้ายขวา 5 ครั้ง

1.4 ตั้งจานเลี้ยงเชื้อไว้จนจานอาหารแข็งตัว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิห้องนาน 24-48 เซนติเมตร นับจำนวนโคโลนีจากความเจือจางที่มีเชื้อขึ้นประมาณ 30-300 โคโลนีต่อจาน (หาค่าเฉลี่ยจาก 2 จาน) แล้วคำนวณหาจำนวนเซลต่อมิลลิลิตร

การวิเคราะห์หาเชื้อรา

ชั่งตัวอย่าง 25 กรัมละลายใน Dilute solution มิลลิลิตรเขย่าขวดเพื่อให้ตัวอย่างกระจายโดยทั่ว ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เจือจางแล้ว จำนวน 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อ 5 จาน acidified PDA (อาหาร PDA 100 มล. ให้เติม 10 % Tatraric 1 มล.) บ่มที่ 30 – 32 องศาเซลเซียสนาน 3 – 5 วันนับจำนวนรายงานผลต่ออาหาร 10 กรัม

ภาคผนวก ง
แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

รายงานการทดสอบการให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale

ตัวอย่าง หมูยอมังสวิรัติสูตรพริกแกง

วันที่.....

ชื่อ..... **เวลา**.....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา พร้อมให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างหมูยอมังสวิรัติ และบ้วนปากระหว่างแต่ละตัวอย่างในการทดสอบชิม

ระดับคะแนน	1	=	ไม่ชอบมากที่สุด
	2	=	ไม่ชอบ
	3	=	เฉย ๆ
	4	=	ชอบ
	5	=	ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	_____	_____	_____	_____
สี	_____	_____	_____	_____
กลิ่น	_____	_____	_____	_____
รสชาติ	_____	_____	_____	_____
ความยืดหยุ่น	_____	_____	_____	_____
การยอมรับรวม	_____	_____	_____	_____

ข้อเสนอแนะ

_____

_____

_____

_____

_____

ภาคผนวก จ
ต้นทุนการผลิต
หมูยอมังสวิรัติสูตรพริกแกง

ภาคผนวก จ

ต้นทุนการผลิตหมูยอมังสวิรัติ

แป้งกลูเตน	กิโลกรัมละ	100	บาท
โปรตีนถั่วเหลืองสกัด	กิโลกรัมละ	170	บาท
เกลือ	เป็นเงิน	1	บาท
น้ำตาล	กิโลกรัมละ	13.50	บาท
พริกไทยป่น	เป็นเงิน	15	บาท
พริกแกง	กิโลกรัมละ	40	บาท
ถั่วฝักยาว	กิโลกรัมละ	15	บาท
น้ำ	เป็นเงิน	7	บาท

- แป้งกลูเตน 1 กิโลกรัมได้หมูยอมังสวิรัติประมาณ 3 กิโลกรัม