รหัสโครงการ SUT3-305-55-12-03

รายงานการวิจัย

ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกสำหรับผู้สูงอายุ
(Functional food from fermented soybean powder supplement with konjac for aging people)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3-305-55-12-03

รายงานการวิจัย

ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกสำหรับผู้สูงอายุ
(Functional food from fermented soybean powder supplement with konjac for aging people)

คณะผู้วิจัย
หัวหน้าโครงการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะวรรณ กาสลัก
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร
สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณพ.ศ. 2554
ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กันยายน 2558

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ผู้มอบทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 ที่ทำให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมทั้งขอบคุณหน่วยงานอาคารศูนย์เครื่องมือ 1 และอาคารศูนย์เครื่องมือ 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการวิจัยทดลอง ตลอดจนศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งเป็นแหล่งให้ข้อมูลประกอบงานวิจัยและเอกสารอ้างอิงต่างๆ เพื่อจัดทำรายงานการวิจัยเล่มนี้ให้ลุล่วงสำเร็จไปได้ด้วยดี

ผศ.ดร.ปิยะวรรณ กาสลัก

กันยายน 2558

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)

ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมหลักคือ ถั่วหมักด้วยกล้าเชื้อ *Bacillus subtilis* SB-MYP 1 แล้วเพิ่มเติมบุก ซึ่งเป็นเส้นใยอาหารที่ผู้สูงอายุจำเป็นต้องได้รับ โดยวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก จะเป็นการนำถั่วหมักบดมาคลุกผสมให้เข้ากันกับบุกและส่วนผสมอื่น จากนั้นนำมาผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dryer) จะได้ถั่วหมักผงที่มีส่วนผสมของบุกสูตรสุดท้ายจำนวน 3 สูตร ซึ่งผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุด และมีคุณค่าทางโภชนาการหลากหลาย ได้แก่ แคลเซียม 1,980.25 mg/kg ฟอสฟอรัส 3,463.50 mg/kg ธาตุเหล็ก 39.6 mg/kg และวิตามินบี 12 0.52 µg/100g รวมถึงมีปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 5.92 และ 53.08 ตามลำดับ และมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 25.29 ใยอาหารร้อยละ 7.84 ไขมันร้อยละ 3.89 และความชื้นเท่ากับร้อยละ 3.68 และเมื่อทำการหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยใช้ความชื้นเป็นดัชนีบ่งชี้อายุการเก็บรักษา พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีอายุการเก็บรักษาสูงที่สุดเท่ากับ 311 วัน และเมื่อใช้อะฟลาท็อกซินเป็นดัชนีบ่งชี้อายุการเก็บรักษา พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 มีอายุการเก็บรักษาสูงที่สุด คือเท่ากับ 120 วัน รองลงมาคือสูตรที่ 2 เท่ากับ 101 วัน และสูตรที่ 1 เท่ากับ 81 วัน ทั้งนี้ปริมาณอะฟลาท็อกซินเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก เนื่องจากเป็นดัชนีที่บ่งชี้ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงพิจารณาคุณภาพด้านอื่นเป็นอันดับถัดไป จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้สูงอายุมากมาย โดยเฉพาะแคลเซียม วิตามินบี 12 และธาตุเหล็ก ซึ่งแคลเซียมปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยป้องกันโรคกระดูกพรุน และช่วยในการสร้างกระดูกที่แข็งแรง สำหรับธาตุเหล็กนั้นผู้สูงอายุควรได้ในปริมาณมากเพียงพอเพื่อป้องกันภาวะโลหิตจาง ส่วนวิตามินบี 12 ก็มีความจำเป็นต่อผู้สูงอายุเช่นกัน โดยจะช่วยบำรุงระบบประสาทและสมองให้สามารถทำงานได้อย่างปกติ จึงควรส่งเสริมให้ผู้สูงอายุได้รับสารอาหารเหล่านี้อย่างเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย นอกจากนี้บุกที่เพิ่มเติมลงไปในผลิตภัณฑ์ ยังมีคุณสมบัติช่วยขับถ่ายของเสียหรือสารพิษที่ตกค้างในระบบทางเดินอาหารออกจากร่างกาย ลดแอลดีแอล คอเลสเตอรอล (LDL cholesterol) ลดการดูดซึมไขมันในลำไส้เล็ก จึงเหมาะสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานและไขมันในเลือดสูง การรับประทานผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพร่างกายของผู้สูงอายุ เพื่อการลดปัญหาสุขภาพและภาวะทุพโภชนาการในผู้สูงอายุได้เป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

The functional food product from fermented soybean powder supplemented with konjac composes of two main ingredients fermented soybean from *Bacillus subtilis* SB-MYP 1 as a starter culture and konjac powder, the fiber that the aging people need. Method of the production process was mixing the ground with other ingredients. Fermented soybean powder production was made by mixing and grinding fermented soybean, konjac and other ingredients into 3 final formulas. Then further drum dried to obtain finish products. Formula 2 has been the most accepted by test panels and have a variety of nutritions are as follows calcium 1,980.25 mg/kg, phosphorus 3,463.50 mg/kg, iron 39.6 mg/kg, and 0.52 mg per 100 grams of vitamin B12, including the maximum dietary fiber and carbohydrate of 5.92% and 53.08%, respectively. Furthermore, formula 2 contained the protein 25.29%, dietary fiber 7.84%, fat 3.89%, and moisture 3.68%. Formula 2 has the longest shelf life of 311 days based on the moisture content while formula 3 showed the longest shelf life of 120 days based on aflatoxin quantitative index. The second is formula 2 have 101 days and formula 1 have 81 days. Aflatoxin, a great deal of safety index factors, must be considered first followed by the others quality. Results obtained above dilivered the healthy functional fermented soybean powder supplemented with konjac product for aging people, consisting various nutrients especially calcium, vitamin B12 and iron. Sufficiency of calcium can protect osteoporosis and plays an important role in building stronger bones. In case of iron, aging people should be receive in sufficient amount for hypochromic anemia protection, while vitamin B12 can maintain nervous system, reducing depression, stress, and brain shrinkage. In addition, the konjac added to the product helps the excretory system, reduce LDL cholesterol, reduce fat absorption in small intestine, which is suitable for aging people who gets diabetic and hyperlipidemia. Consequently, the consumption of functional fermented soybean powder supplemented with konjac alter aging people health and malnutrition.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
ข้อตกลงเบื้องต้น	3
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	
แหล่งที่มาของข้อมูล	4
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	7
วิธีวิเคราะห์ข้อมูล	9
บทที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
อภิปรายผล	13
บทที่ 4 บทสรุป	
สรุปผลการวิจัย	24
ข้อเสนอแนะ	25
บรรณานุกรม	26
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	30
ภาคผนวก ข	34
ภาคผนวก ค	37
ภาคผนวก ง	42
ประวัติผู้วิจัย	46

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

สารบัญตาราง หน้า

ตารางที่ 1 การคาดประมาณแนวโน้มของประชากรสูงอายุในประเทศไทย โดยมาตรวัดต่างๆ ทาง ประชากรศาสตร์. พ.ศ. 2513-2593 4-5

ตารางที่ 2 ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกแต่ละสูตร (1) 8

ตารางที่ 3 ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกแต่ละสูตร (2) 8

ตารางที่ 4 ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกแต่ละสูตร (3) 8

ตารางที่ 5 แสดงร้อยละความชื้น (%Moisture) ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกในแต่ละสูตร 15

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกในแต่ละสูตร 16

ตารางที่ 7 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกในแต่ละสูตร 17

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณสารพิษอะฟลาท็อกซินของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกในแต่ละสูตร 19

ตารางที่ 9 ระดับการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total viable bacteria) ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกในแต่ละสูตร 21

ตารางที่ 10 แสดงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกด้วยดัชนีระดับมาตรฐานความชื้นและอะฟลาท็อกซิน 22

ตารางที่ 11 แสดงผลคะแนนรวมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ประเมิน 30 คน 22

ตารางที่ 12 แสดงผลการทดสอบ F-test จากคะแนนที่ผู้ประเมินให้ในแต่ละตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร 22

ตารางที่ 13 แสดงปริมาณสารอาหารหลักผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก 23

ตารางที่ 14 แสดงผลคะแนนในการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ประเมิน 30 คน 38

ตารางที่ 15 หลักเกณฑ์การให้คะแนนการทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่นของถั่วเน่าผง 44

สารบัญภาพ **หน้า**

ภาพที่ 1 แสดงร้อยละความชื้น (% moisture) ตลอดระยะเวลา 3 เดือน ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก 14

ภาพที่ 2 แสดงปริมาณน้ำอิสระ (aw) ตลอดระยะเวลา 3 เดือนของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก 16

ภาพที่ 3 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตลอดระยะเวลา 3 เดือนของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก 17

ภาพที่ 4 แสดงปริมาณสารพิษอะฟลาท็อกซินตลอดระยะเวลา 3 เดือน ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก 19

ภาพที่ 5 ระดับการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total viable bacteria) ตลอดระยะเวลา 3 เดือนในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก 20

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

จากข้อมูลของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข เกี่ยวกับแนวโน้มทางประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทย ชี้ให้เห็นว่าในช่วงเวลากว่า 20 ปีที่ผ่านมา สภาวการณ์ทางประชากรของประเทศไทยได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อัตราการเพิ่มประชากรลดลงจากระดับสูง คือ ประมาณร้อยละ 3.0 ต่อปี ในช่วงปี พ.ศ. 2503 มาสู่ระดับที่ค่อนข้างต่ำ ประมาณร้อยละ 1.1 ต่อปีในปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงอัตราการเพิ่มประชากรนี้ เป็นผลจากการเปลี่ยนทั้งในด้านภาวะการตายและภาวะเจริญพันธุ์ การลดลงของภาวะการตายของประชากรไทย เนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ ส่วนหนึ่งเป็นผลจากการนำเอาวิทยาการทางการแพทย์สมัยใหม่มาใช้ และการดำเนินงานทางด้านการสาธารณสุข ไม่ว่าจะเป็นการขยายบริการทางการแพทย์ เช่น การเพิ่มจำนวนศูนย์บริการสาธารณสุข และโรงพยาบาล ไปยังพื้นที่ต่างๆ ของประเทศ หรือการมีโครงการสาธารณสุขขั้นมูลฐาน และการดำเนินการควบคุมโรคติดต่อที่สำคัญ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางอายุของประชากรเป็นประชากรสูงวัย กล่าวคือทั้งจำนวนและสัดส่วนของประชากรไทยในวัยเด็ก (อายุต่ำกว่า 15 ปี) ลดลง ในขณะที่จำนวนของประชากรในวัยแรงงาน (อายุ 15-29 ปี) ยังคงเพิ่มขึ้น สำหรับประชากรสูงอายุหรือประชากรที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป มีจำนวนและสัดส่วนเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในอนาคต โดยประชากรสูงอายุจะเพิ่มจากประมาณ 5 ล้านคนในปัจจุบัน (ปี 2542) เป็นประมาณ 10 ล้านคนในอีก 20 ปีข้างหน้า วัยสูงอายุเป็นวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านร่างกาย และจิตใจอย่างเห็นได้ชัด สภาพร่างกายเสื่อมลงตามอายุขัย โรคที่มักพบได้บ่อยในผู้สูงอายุ ได้แก่ โรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคหัวใจขาดเลือด โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเลือดสูง โรคข้อเสื่อม โรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร เช่น ท้องอืด ท้องผูก โรคสมองเสื่อม โรคอัลไซเมอร์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามปัญหาหนึ่งที่ไม่ควรมองข้ามคือ ปัญหาทุพโภชนาการ (ขาดสารอาหาร) ในผู้สูงอายุ ซึ่งปัญหาดังกล่าวมีผลมาจากความเสื่อมทางด้านสรีระ โดยเฉพาะระบบการย่อย การดูดซึมอาหารของผู้สูงอายุ และการขาดวิตามินแร่ธาตุ ผู้สูงอายุมีโอกาสที่จะขาดวิตามิน และแร่ธาตุสูง หากบริโภคอาหารไม่เพียงพอ หรือไม่ครบถ้วนตามที่ร่างกายต้องการ การขาดวิตามินและแร่ธาตุบางชนิดยังเกี่ยวพันกับการบริโภคโปรตีนไม่เพียงพอ หรือมีคุณภาพไม่ดีพออีกด้วย การดูแลส่งเสริมภาวะโภชนาการในผู้สูงอายุ จึงต้องคำนึงถึงความต้องการสารอาหาร โดยเน้นความสมดุลของสารอาหารกับร่างกายของแต่ละบุคคล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้สูงอายุมีสุขภาพดี โปรตีนคุณภาพดีจากพืชชนิดหนึ่งคือ โปรตีนจากถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่สำคัญ ช่วยให้ร่างกายได้รับโปรตีนเพิ่มเติมนอกเหนือจากโปรตีนสัตว์ ทั้งยังอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารมากมาย อาทิ คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก ไนอะซิน วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 12 เป็นต้น (กองโภชนาการกรมอนามัย : 2535) ถั่วเหลืองจึงเหมาะกับผู้บริโภคในวัยสูงอายุ เพื่อส่งเสริมภาวะโภชนาการให้ได้รับสารอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการ รวมถึงเหมาะสำหรับผู้ที่นิยมรับประทานอาหารประเภทมังสวิรัติหรือผู้ที่ไม่นิยมรับประทานเนื้อสัตว์และผู้บริโภคทั่วไป ในแง่ของประโยชน์ด้านสุขภาพ ถั่วเหลืองสามารถกระตุ้นการสร้างเซลล์กระดูก ป้องกันการขาดแคลเซียมในกระดูก และบำรุงระบบประสาท นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังมีสารพฤกษเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น isoflavones, phytic acids, saponins และ oligosaccharides การนำถั่วเหลืองมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อบริโภคนั้น มีผลิตภัณฑ์มากมายหลายประเภท ทั้งผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่าน

กระบวนการหมัก เช่น น้ำนมถั่วเหลือง น้ำมันถั่วเหลือง เต้าหู้ และผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการหมัก เช่น ถั่วหมักหรือถั่วเน่า เต้าเจี้ยว เทมเป้ ซีอิ๊ว เป็นต้น กระบวนการหมักจะทำให้คุณค่าทางอาหารและสารที่มีประโยชน์ในกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น isoflavones phytic acids saponins และ oligosaccharides ดังที่กล่าวมาข้างต้นมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น (Karr-Lilienthal และคณะ, 2005) เนื่องจากการทำหน้าที่ของจุลินทรีย์ที่จะไปย่อยแหล่งอาหาร แล้วได้เป็นสารสำคัญในระหว่างกระบวนการหมัก เกิดเป็นกลิ่นรสที่เฉพาะในแต่ละผลิตภัณฑ์และได้สารอาหารที่มีคุณค่าเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ถั่วหมักสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ถั่วหมักผงเพื่อให้สะดวกต่อการนำไปรับประทาน และเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยเมื่อเทียบปริมาณสารอาหารของถั่วหมักแห้งจะมีปริมาณโปรตีน 43.9 กรัม/100 กรัม แคลเซียม 292 กรัม/100 กรัม ธาตุเหล็ก 21 กรัม/100 กรัม ซึ่งมากกว่าถั่วเหลืองดิบ ถั่วเหลืองสุกและถั่วหมักเปียก (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2535) และเพื่อเป็นการเพิ่มคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ถั่วหมักผงให้เหมาะสมต่อการนำไปรับประทานเพื่อส่งเสริมภาวะโภชนาการของผู้สูงอายุ จึงได้มีการเติมบุกลงไปในถั่วหมักด้วย ซึ่งในบุกมีสารโพลิแซคคาไรด์ที่เรียกว่า กลูโคแมนแนน (glucomannans) มีคุณสมบัติเป็นใยอาหาร (dietary fiber) และเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) ซึ่งเป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร จึงช่วยให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น ช่วยขับถ่ายของเสียหรือสารพิษที่ตกค้างในระบบทางเดินอาหารออกจากร่างกายได้ดีขึ้น (Melinda Chua, 2010) ทั้งนี้กลูโคแมนแนนจากบุกจะช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง ช่วยลดคอเลสเตอรอล (cholesterol) ชนิดไม่ดีหรือ LDL cholesterol ได้ (Arvill และ Bodin, 1995; Chen และคณะ, 2003; Gallaher และคณะ, 2002; Salas-Salvado และคณะ, 2008) และบุกยังมีความสามารถในการดูดซับไขมันและน้ำตาลส่วนเกินจากอาหาร โดยไปเคลือบผนังกระเพาะหรือลำไส้ จึงช่วยลดการดูดซับไขมันและน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือด จึงเหมาะสำหรับผู้ที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง เบาหวานและไขมันในเลือดสูง ซึ่งเป็นโรคที่พบมากในผู้สูงอายุ ดังนั้นจากคุณสมบัติของบุกและถั่วเหลืองหมักที่ได้นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกในงานวิจัยนี้ จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีคุณประโยชน์มากมายที่เหมาะแก่การเป็นอาหารเสริมสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุ และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาสุขภาพและภาวะทุพโภชนาการในผู้สูงอายุ เพื่อให้สอดคล้องและเหมาะสมกับชีวิตแบบเศรษฐกิจพอเพียงและการมีคุณภาพชีวิตที่ดีต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกสำหรับผู้สูงอายุ
2. เพื่อศึกษาปริมาณแคลเซียมและธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

ขอบเขตของการวิจัย

หมักถั่วเหลืองด้วยกล้าเชื้อ *Bacillus subtilis* SB-MYP 1 ระยะเวลา 3-4 วัน จากนั้นนำถั่วหมักที่ได้มาบด คลุกผสมให้เข้ากันกับบุกและส่วนผสมอื่น นำมาผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dryer) จะได้ถั่วหมักผงที่มีส่วนผสมของบุก นำผลิตภัณฑ์ถั่วหมักผงที่มีส่วนผสมของบุก มาทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (Acceptance test) โดยวิธีการใช้สเกลแบบ 9- point hedonic scaling มีระดับการให้คะแนน 9 ระดับ กับผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร ได้แก่ ปริมาณของแคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) ธาตุเหล็ก (Fe) วิตามินบี 12 โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร และทำการทดสอบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยเก็บรักษาถั่วหมักผงที่มีส่วนผสมของบุกในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 เดือน ตรวจวัดคุณภาพ

ทางด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน และคุณภาพด้านจุลินทรีย์ โดยตรวจนับปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด จุลินทรีย์ก่อโรค 4 ชนิด ได้แก่ *Bacillus cereus* *Staphylococcus aureus* *Escherichia coli* *Salmonella* spp. รวมถึงยีสต์และรา ในช่วงการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 1 2 3 เดือนที่ 1 2 และ 3 นำผลการตรวจวัดที่ได้ไปคำนวณหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์โดยใช้ปริมาณความชื้นและปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินเป็นดัชนีคุณภาพ

ข้อตกลงเบื้องต้น

ไม่มี

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

เป็นการเพิ่มทางเลือกในการรับประทานอาหารให้ได้รับสารอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายของผู้บริโภคในวัยสูงอายุ ด้วยการแปรรูปถั่วหมักให้เป็นผงที่มีสารอาหารสูงกว่าถั่วหมักสด ทั้งยังมีคุณประโยชน์จากบุกที่เพิ่มเติมลงไปในถั่วหมัก ได้เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกที่มีปริมาณโปรตีนสูง มีวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายสำหรับผู้สูงอายุ และสามารถนำผลงานวิจัยที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการถ่ายทอดอบรมให้ความรู้ต่อผู้บริโภค และชุมชนท้องถิ่นให้ตระหนักถึงความสำคัญและประโยชน์ที่ได้จากการบริโภคถั่วหมักหรือสารอาหารที่คัดแยกได้จากถั่วหมัก เพื่อเสริมสร้างสุขภาพร่างกาย ทั้งยังมีคุณภาพที่ดีและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

<u>หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์</u>

กลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายอาหารเพื่อสุขภาพ ผู้บริโภคที่สนใจเรื่องการดูแลสุขภาพและหน่วยงานของรัฐและเอกชน ที่เกี่ยวข้อง เช่น องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

แหล่งที่มาของข้อมูล

ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้วิถีชีวิตของประชากรเปลี่ยนแปลงไป มีผลทำให้ประชากรวัยสูงอายุมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งในประเทศไทยมีแนวโน้มประชากรกลุ่มผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้น จากข้อมูลของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางอายุเป็นประชากรสูงวัย พบว่าในช่วง 20-30 ปีที่ผ่านมามีจำนวนและสัดส่วนของประชากรไทยในวัยเด็ก (อายุต่ำกว่า 15 ปี) ลดลง ในขณะที่จำนวนของประชากรในวัยแรงงาน (อายุ 15-29 ปี) ยังคงเพิ่มขึ้น สำหรับประชากรสูงอายุหรือประชากรที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป มีจำนวนและสัดส่วนเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในอนาคตจากตารางที่ 1 กล่าวคือ ประชากรสูงอายุจะเพิ่มจากประมาณ 5 ล้านคนในปัจจุบันเป็นประมาณ 10 ล้านคนในอีก 20 ปีข้างหน้า และเป็นที่น่าสังเกตว่าอัตราเพิ่มของประชากรสูงอายุ จะเร็วกว่าประชากรโดยรวมทั้งหมด ดังจะเห็นได้จาก ระหว่างปี 2523 ถึงปี 2533 ประชากรสูงอายุจะเพิ่มเป็นร้อยละ 47 แต่เมื่อเปรียบเทียบการเพิ่มระหว่างปี 2523 ไปจนถึงปี 2563 จะพบว่าประชากรสูงอายุ จะเพิ่มสูงถึงกว่าร้อยละ 300 (วิพรรณ, 2542)

ตารางที่ 1 : การคาดประมาณแนวโน้มของประชากรสูงอายุในประเทศไทย โดยมาตรวัดต่างๆ ทางประชากรศาสตร์. พ.ศ. 2513-2593

มาตรวัด	2513	2523	2533	2543	2553	2563	2573	2583	2593
1) จำนวนประชากร (พันคน)									
รวม	35,745	46,718	55,558	60,495	64,568	67,798	70,735	72,678	72,969
60+	1,175	2,527	3,719	5,245	6,955	10,207	14,897	18,861	20,489
65+	1,1077	1,649	2,413	3,501	4,758	6,755	10,220	14,023	15,860
70+	616	922	1,477	2,142	3,097	4,141	6,482	9,512	11,637
75+	313	484	803	1,149	1,729	2,367	3,600	5,532	7,475
2) แนวโน้มการเพิ่มประชากรจาก ปี 2523 (ร้อยละ)									
รวม	-	-	19.0	29.5	38.2	45.1	51.4	55.6	56.2
60+	-	-	47.2	107.6	175.2	303.9	489.5	646.4	710.8
75+	-	-	65.9	137.4	257.2	389.0	643.8	1403.0	1444.4
3) สัดส่วนประชากรวัยเด็กและวัยสูงอายุ									
< 15	46.2	40.0	31.8	25.2	21.6	20.1	19.0	18.7	18.6

ตารางที่ 1 : การคาดประมาณแนวโน้มของประชากรสูงอายุในประเทศไทย โดยมาตรวัดต่างๆ ทางประชากรศาสตร์. พ.ศ. 2513-2593 (ต่อ)

มาตรวัด	2513	2523	2533	2543	2553	2563	2573	2583	2593
60+	4.8	5.4	6.7	8.7	10.8	15.1	21.1	26.0	28.1
65+	3.0	3.5	4.3	5.8	7.4	10.0	14.4	19.3	21.7
4) อัตราส่วนพึ่งพิงวัยสูงอายุ									
รวม	9.8	9.9	10.9	13.1	15.9	23.2	35.1	46.9	52.7
ชาย	9.0	4.5	4.9	5.8	7.1	10.4	15.9	21.3	23.8
หญิง	10.6	5.4	6.0	7.3	8.9	12.9	19.2	25.7	28.8
5) อัตราส่วนพึ่งพิงรวม	104.1	83.2	62.7	51.1	47.9	54.2	66.8	80.8	87.5

ที่มา : Napaporn Chayovan, 1998. Calculated from data provided in United Nations, 1996 World Population Prospects the 1996 Revision and The Sex and Age Distribution of the World Populations, the 1996 Revision.

จากการที่แนวโน้มของผู้สูงอายุเพิ่มปริมาณมากขึ้น จึงต้องมีแนวทางการดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุ เนื่องจากเป็นวัยที่มีแนวโน้มในการเกิดปัญหาด้านสุขภาพ โดยเฉพาะการเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรัง หลายๆ โรคพร้อมกัน โรคที่มักพบได้บ่อยในผู้สูงอายุ ได้แก่ โรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคหัวใจขาดเลือด โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเลือดสูง โรคข้อเสื่อมหรือโรคกระดูกพรุน โรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร โรคทางประสาทตา โรคสมองเสื่อม รวมถึงอาการวิตกกังวล ทำให้นอนไม่หลับ เป็นต้น เนื่องจากวัยสูงอายุเป็นวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด ทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ เศรษฐกิจและสังคม อาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับผู้สูงอายุ เพราะหากผู้สูงอายุได้รับสารอาหารไม่เพียงพอหรือได้รับมากเกินไป อาจมีผลซ้ำเติมอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกาย ซึ่งมีแนวโน้มจะเสื่อมอยู่แล้วให้เสื่อมยิ่งขึ้น การดูแลส่งเสริมภาวะโภชนาการในผู้สูงอายุ จึงต้องคำนึงถึงความต้องการสารอาหาร โดยเน้นความสมดุลของสารอาหารกับร่างกายของแต่ละบุคคล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้สูงอายุมีสุขภาพดี

พืชตระกูลถั่วเป็นพืชที่นิยมบริโภคกันมากในปัจจุบัน ชนิดที่นิยมนำมาบริโภค ได้แก่ ถั่วเหลือง ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่รับประทานอาหารเจ หรืออาหารประเภทมังสวิรัติ เพื่อให้ได้รับสารอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย โดยเฉพาะโปรตีนและสารอาหารอื่นๆที่จำเป็นต่อร่างกาย ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่สำคัญ และอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารมากมาย อาทิ คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก ไนอะซิน วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 12 เป็นต้น (กองโภชนาการกรมอนามัย : 2535) ถั่วเหลืองสามารถกระตุ้นการสร้างเซลล์กระดูก ป้องกันการขาดแคลเซียมในกระดูก และบำรุงระบบประสาท นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังมีสารพฤกษเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น isoflavones phytic acids saponins และ oligosaccharides สารที่มีประโยชน์เหล่านี้จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นได้ด้วยกระบวนการหมัก (Karr-Lilienthal และคณะ, 2005) ถั่วเหลืองหมักด้วยกล้าเชื้อ

Bacillus subtilis SB-MYP 1 เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มีประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการสูง จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ากล้าเชื้อ *Bacillus subtilis* SB-MYP 1 มีคุณสมบัติในการช่วยลดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ของถั่วเหลืองหมัก และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองหมัก ได้แก่ วิตามินบี 12 แคลเซียม ฟอสฟอรัส และธาตุเหล็ก กล้าเชื้อ *Bacillus subtilis* SB-MYP 1 มีบทบาทสำคัญในการทำผลิตภัณฑ์ถั่วหมัก โดยเป็นจุลินทรีย์ที่จัดอยู่ในกลุ่ม แกรมบวก รูปแท่งตรง มี flagella แบบ peritrichous เจริญได้ดีที่ pH 5.5-8.5 ในสภาวะที่มีอากาศ (aerobes) หรือมีอากาศเล็กน้อย (facultative anaerobes) สร้าง catalase มี endospore ที่ทำให้มีคุณสมบัติในการทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่ดีได้ ไม่ทำให้เกิดโรค บทบาทสำคัญของกล้าเชื้อนี้ในการหมักคือ การปล่อยเอนไซม์โปรติเอสและอะไมเลสออกมาย่อยโปรตีน ซึ่งจะช่วยปรับปรุงองค์ประกอบที่ย่อยได้ยากให้อยู่ในรูปที่ย่อยได้ง่ายและเป็นประโยชน์มากขึ้น (Feng et al., 2007) นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Aspergillus* spp. และสารพิษที่สร้างขึ้นได้อีกด้วย (Petchkongkaew et al., 2008) ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกสำหรับผู้สูงอายุ จะมีการเติมบุกลงไปเพื่อช่วยส่งเสริมคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุ โดยบุก (konjac) เป็นพืชในจีนัส *Amorphophallus* มีการนำมาใช้ในการผลิตอาหารอย่างแพร่หลาย เดิมมีการใช้ในผลิตภัณฑ์เจลลี่และอาหารเส้น (noodles) ในประเทศญี่ปุ่นและไต้หวัน และปัจจุบันได้มีการบริโภคเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ที่ช่วยเสริมสร้าง serum cholesterol และระดับของ blood glucose (Doi, 1995; Chen et al., 2003) ทั้งนี้บุกมีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณค่าทางอาหารที่น่าสนใจอย่างมาก โดยมีองค์ประกอบที่เป็นสารโพลิแซคคาไรด์ เรียกว่ากลูโคแมนแนน (glucomannans) ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Al-Ghazzewi et al., 2007) และด้วยคุณสมบัติของบุกที่เป็นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) และเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) ซึ่งเป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร ช่วยให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น ช่วยขับถ่ายของเสียหรือสารพิษที่ตกค้างในระบบทางเดินอาหารออกจากร่างกายได้ดีขึ้น (Melinda Chua, 2010) นอกจากนี้ Konjac glucomannan ยังช่วยในการเคลื่อนของลำไส้ (Bowel movement) และเป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ (colonicmicroflora) เรียกว่าเป็นพรีไบโอติก ดังที่กล่าวมาข้างต้น (Chen et al., 2006; 2008) และจากการศึกษาของ Chen และคณะ (2010) ยังพบว่า Konjac glucomannan ช่วยป้องกันความเสี่ยงจากการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในหนูทดลองได้ และบุกยังมีความสามารถในการดูดซับไขมันและน้ำตาลส่วนเกินจากอาหาร และจะเคลือบผนังกระเพาะหรือลำไส้ ลดการดูดซับไขมันและน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือด จึงเหมาะสำหรับผู้ที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง เบาหวานและไขมันในเลือดสูง ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการบริโภคบุกมีผลดีต่อสุขภาพของผู้สูงอายุ จึงได้นำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาสุขภาพและภาวะทุพโภชนาการในผู้สูงอายุ ซึ่งจะทำให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดีและคงไว้ซึ่งภาวะสุขภาพที่ดี

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตอนที่ 1 การหมักถั่วเหลือง

1. **การเตรียมกล้าเชื้อ *Bacillus subtilis* SB-MYP1**

นำ *Bacillus subtilis* SB-MYP1 ไป streak บนอาหาร nutrient agar (NA) นำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เก็บโคโลนีเดี่ยวไปใส่ในอาหาร nutrient broth (NB) ที่บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพูโดยใช้ห่วงเขี่ยเชื้อ นำไปบ่มและเขย่าที่ 180 รอบ/นาที ณ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำไป centrifuge ที่ 10000xg อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นเอาส่วนที่ตกตะกอนไปเจือจางด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% เทียบความขุ่นกับ McFarland No.1 (3.0×10^8 cfu/ml)

2. **การเตรียมถั่วเหลืองและการหมักด้วยกล้าเชื้อ *Bacillus subtilis* SB-MYP1**

ล้างถั่วเหลืองด้วยน้ำสะอาด จากนั้นแช่น้ำทิ้งไว้ประมาณหนึ่งคืน นำถั่วเหลืองไปให้ความร้อนด้วยหม้อนึ่งความดันไอ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที รอให้อุณหภูมิลดลงที่ 35-37 องศาเซลเซียส แล้วเติมเชื้อ *Bacillus subtilis* SB-MYP 1 เตรียมไว้แล้วดังข้างต้นลงในถั่วเหลืองอัตราส่วน กล้าเชื้อ 1 มิลลิลิตร ต่อถั่วเหลืองสุก 500 กรัม นำไปหมักที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดอาหาร (ยี่ห้อ KENWOOD รุ่น A920)

ตอนที่ 2 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกสำหรับผู้สูงอายุ

ออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยใช้ถั่วเหลืองที่หมักด้วยกล้าเชื้อ *Bacillus subtilis* SB-MYP 1 เป็นส่วนผสมหลักในการผลิต และเพิ่มเติมส่วนผสมอื่น เช่น บุก ซูโครส เกลือ เป็นต้น

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 1

มีส่วนผสม ได้แก่ ถั่วหมัก บุก ซูโครส ฟรุกโตสไซรัป เกลือ และน้ำเปล่า ดังตารางที่ 2 นำไปผสมให้เข้ากัน แล้วให้ความร้อนเพื่อทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dryer) โดยกำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องดังนี้

- ระยะห่างของลูกกลิ้ง 3 มิลลิเมตร
- ระยะห่างของลูกกลิ้งกับใบมีด 1 มิลลิเมตร (โดยประมาณ)
- อุณหภูมิ 120-130 องศาเซลเซียส
- ความเร็วรอบ 0.54 รอบ/นาที

ตารางที่ 2 : ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกแต่ละสูตร (1)

สูตรที่	ร้อยละของส่วนผสม					
	ถั่วหมัก	บุก	ซูโครส	ฟรุกโตสไซรัป	เกลือ	น้ำ
1	75	3	9	3	3	7
2	75	2	8	5	4	6
3	75	1	7	7	5	5
4	75	2	14	-	3	6

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 2

มีส่วนผสม ได้แก่ ถั่วหมัก บุก ซูโครส เกลือ งาขาว งาดำ และน้ำ ดังตารางที่ 3 นำไปผสมให้เข้ากัน แล้วให้ความร้อนเพื่อทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dryer) โดยกำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องเช่นเดียวกับการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 1

ตารางที่ 3 : ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกแต่ละสูตร (2)

สูตรที่	ร้อยละของส่วนผสม						
	ถั่วหมัก	บุก	ซูโครส	เกลือ	งาขาว	งาดำ	น้ำ
1	52	2	-	-	-	-	46
2	46	2	10	0.8	-	-	41.2
3	48	10	-	-	-	-	42
4	45	1	10	0.5	2	1	40.5
5	45	2	8	0.8	2	1	41.2
6	44	2	10	0.5	2	1	40.5

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 3

มีส่วนผสม ได้แก่ ถั่วหมัก บุก ซูโครส เกลือ และน้ำ ดังตารางที่ 4 นำไปผสมให้เข้ากัน แล้วให้ความร้อนเพื่อทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) โดยกำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องเช่นเดียวกับการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 1

ตารางที่ 4 : ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกแต่ละสูตร (3)

สูตรที่	ร้อยละของส่วนผสม				
	ถั่วหมัก	บุก	ซูโครส	เกลือ	น้ำ
1	52	2	-	-	46
2	46	2	10	0.8	41.2
3	48	10	-	-	42

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

1. **วิเคราะห์หาค่าความชื้น**

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกประมาณ 1 กรัม ทำการวัดค่าความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้น รุ่น Precisa HA 300

2. **วิธีวิเคราะห์หาปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (A_w)**

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกประมาณ 1 กรัม ทำการวัดค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่องวิเคราะห์ Aw รุ่น Aw-CX3 TE

3. **วิธีวิเคราะห์สารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin)**

เก็บตัวอย่าง 1 กิโลกรัม นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่น (blender) ชั่งตัวอย่างที่ปั่นละเอียด 20 กรัม นำมาวิเคราะห์หาสารอะฟลาทอกซินด้วยวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) รายละเอียดวิธีทดสอบดังภาคผนวก

4. **การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด** (FDA-BAM (2001))

เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก 25 กรัม ผสมกับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ peptone water 225 มิลลิลิตร ใน stomacher bag ตีบดด้วยเครื่อง stomacher โดยใช้ความเร็วรอบปานกลางเป็นเวลา 60 วินาที ได้ตัวอย่างที่มีความเจือจางในระดับ 10^{-1} และทำการเจือจางเป็นลำดับ จนได้ระดับความเจือจางประมาณ 10^{6} ปิเปตตัวอย่างจากแต่ละระดับความเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ลงบนจานอาหารวุ้น PCA เกลี่ยให้ทั่วผิวหน้าอาหารโดยใช้เทคนิค spread plate ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

1. **การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า** (AOAC Method 900.02 A)

อบ crucible ที่จะใช้ในการวิเคราะห์เถ้าในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมงแล้วทิ้งไว้ 30–45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิในเตาเผาลดลงก่อน นำออกจากเตาเผาแล้วใส่ในตู้ดูดความชื้นปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักของ crucible เปล่าและจดบันทึก จากนั้นชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก 5 – 10 กรัม นำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 - 18 ชั่วโมง และรอจนอุณหภูมิลดลงน้อยกว่า 250 องศาเซลเซียสจากนั้นปิดเตาเผา นำ crucible ออกจากเตาเผาและรีบปิดฝาทันที นำไปใส่ไว้ในตู้ดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องนำมาชั่งและคำนวณปริมาณเถ้า

2. **การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ด้วยการอบแห้งโดยใช้ตู้อบ** (AOAC Method 925.10)

อบ aluminum moisture can ในตู้อบอุณหภูมิ 100 – 130 องศาเซลเซียส นาน 20 – 30 นาที นำไปทำให้เย็นด้วยตู้ดูดความชื้น จากนั้นนำ aluminum moisture can ไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก 5 กรัม ใส่ลงใน aluminum moisture can นำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 100 – 105 องศาเซลเซียสนานประมาณ 2 – 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำออกมาจาก

ตู้อบและปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบซ้ำหลายๆครั้ง จนได้น้ำหนักที่คงที่ ชั่งน้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่ คำนวณหาน้ำหนักของน้ำที่หายไป และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

3. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ด้วยวิธีเคลดาห์ล (AOAC Method 928.08)

การย่อยตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก 0.5 – 1.0 กรัม บนกระดาษกรองและห่อใส่ใน kjeldahl flask เติมสารสำเร็จรูป 5 กรัม จากนั้นเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4) 20 มิลลิลิตร ลงใน kjeldahl flask นำไปย่อยใน kjeldahl digestion apparatus ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสโดยประมาณ ย่อยจนกระทั่งได้สารละลายใส ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำบริสุทธิ์ 75 มิลลิลิตร ลงในหลอดแก้วที่ย่อย จะได้สารละลายใส

การกลั่นตัวอย่าง

กลั่นตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยเครื่อง kjeldahl เติมสารละลายกรดบอริก 50 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร หยด mixed indicator 4-5 หยด นำไปวางรองบน distillate จากเครื่องกลั่นโดยให้ปลายหลอดแก้วจุ่มอยู่ในสารละลายกรดบอริกแล้วนำ Kjeldahl flask ที่มีสารละลายตัวอย่าง มาเติมสารละลายโซดาไฟ (1:1) จำนวน 50 มิลลิลิตร ทำการกลั่น (ประมาณ 1 ชั่วโมง) จนได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปไทเทรต

การไทเทรต

ไทเทรตของเหลวที่กลั่นได้ด้วยกรดเกลือมาตรฐาน โดยสีของสารละลายจะเปลี่ยนจากเขียวเป็นม่วง (purple) คือ จุด end point โดยที่การไทเทรต blank ทำในวิธีการเดียวกัน จากนั่นคำนวณหาปริมาณโปรตีน

4. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน โดย Soxhlet method (AOAC Method 963.15)

บดตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกจากถั่วหมัก 30 กรัม โดยใช้โถบดยา นำ cellulose extraction thimble ออกจากตู้ดูดความชื้น นำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน นำตัวอย่างที่บดแล้ว 2- 3 กรัม ใส่ลงใน thimble จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งและปิดจุกด้วย glass wool และชั่งน้ำหนักอีกครั้ง นำ thimble ใส่ในเครื่อง Soxhlet extractor เติม petroleum ether 350 มิลลิลิตร ลงใน flask โดยใส่ glass boiling beads ลงไป 2-3 ลูก ทำการสกัดประมาณ 6 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำ thimble ออกมาวางในบีกเกอร์ แล้วนำไปใส่ในตู้ดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่ได้

5. การวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารหยาบ (AOAC Method 978.10)

นำกระดาษกรองอบในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่ในตู้ดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักก่อนใช้ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างที่ผ่านการสกัดเอาไขมันออกแล้ว 1±0.001กรัม ใส่บีกเกอร์ทรงสูงขนาด 600 มิลลิลิตร เติม 1.25% กรดซัลฟูริกที่ร้อน 150 มิลลิลิตร (ทำให้ร้อนโดยการอุ่นบน hot plate เพื่อรอการย่อย) ทำการย่อยเป็นเวลา 30 นาที (ตั้งบนไฟอ่อน) กรองตัวอย่างที่ได้ขณะร้อนผ่านกระดาษกรองที่ชั่งน้ำหนักแล้ว เพื่อล้างกรดซัลฟูริกออก จากนั้นล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นที่ทำให้ร้อนจำนวน 3 ครั้ง หรือมากกว่าเพื่อล้างกรดออกให้หมด นำกากที่ได้ใส่ลงในบีกเกอร์ใบเดิม แล้วเติม 1.25% ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 150 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการย่อยตัวอย่างนาน 30 นาที จากนั้นกรอง

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

1. วิเคราะห์หาค่าความชื้น

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกประมาณ 1 กรัม ทำการวัดค่าความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้น รุ่น Precisa HA 300

2. วิธีวิเคราะห์หาปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (A_w)

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกประมาณ 1 กรัม ทำการวัดค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่องวิเคราะห์ Aw รุ่น Aw-CX3 TE

3. วิธีวิเคราะห์สารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin)

เก็บตัวอย่าง 1 กิโลกรัม นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่น (blender) ชั่งตัวอย่างที่ปั่นละเอียด 20 กรัม นำมาวิเคราะห์หาสารอะฟลาทอกซินด้วยวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) รายละเอียดวิธีทดสอบดังภาคผนวก

4. การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (FDA-BAM (2001))

เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก 25 กรัม ผสมกับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ peptone water 225 มิลลิลิตร ใน stomacher bag ตีบดด้วยเครื่อง stomacher โดยใช้ความเร็วรอบปานกลางเป็นเวลา 60 วินาที ได้ตัวอย่างที่มีความเจือจางในระดับ 10^{-1} และทำการเจือจางเป็นลำดับ จนได้ระดับความเจือจางประมาณ 10^{6} ปิเปตตัวอย่างจากแต่ละระดับความเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ลงบนจานอาหารวุ้น PCA เกลี่ยให้ทั่วผิวหน้าอาหารโดยใช้เทคนิค spread plate ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

1. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC Method 900.02 A)

อบ crucible ที่จะใช้ในการวิเคราะห์เถ้าในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมงแล้วทิ้งไว้ 30–45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิในเตาเผาลดลงก่อน นำออกจากเตาเผาแล้วใส่ในตู้ดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักของ crucible เปล่าและจดบันทึก จากนั้นชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก 5 – 10 กรัม นำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 - 18 ชั่วโมง และรอจนอุณหภูมิลดลงน้อยกว่า 250 องศาเซลเซียสจากนั้นปิดเตาเผา นำ crucible ออกจากเตาเผาและรีบปิดฝาทันที นำไปใส่ไว้ในตู้ดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องนำมาชั่งและคำนวณปริมาณเถ้า

2. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ด้วยการอบแห้งโดยใช้ตู้อบ (AOAC Method 925.10)

อบ aluminum moisture can ในตู้อบอุณหภูมิ 100 – 130 องศาเซลเซียส นาน 20 – 30 นาที นำไปทำให้เย็นด้วยตู้ดูดความชื้น จากนั้นนำ aluminum moisture can ไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก 5 กรัม ใส่ลงใน aluminum moisture can นำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 100 – 105 องศาเซลเซียสนานประมาณ 2 – 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำออกมาจาก

ตู้อบและปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบซ้ำหลายๆครั้ง จนได้น้ำหนักที่คงที่ ชั่งน้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่ คำนวณหาน้ำหนักของน้ำที่หายไป และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

3. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ด้วยวิธีเคลดาห์ล (AOAC Method 928.08)

การย่อยตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก 0.5 – 1.0 กรัม บนกระดาษกรองและห่อใส่ใน kjeldahl flask เติมสารสำเร็จรูป 5 กรัม จากนั้นเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4) 20 มิลลิลิตร ลงใน kjeldahl flask นำไปย่อยใน kjeldahl digestion apparatus ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสโดยประมาณ ย่อยจนกระทั่งได้สารละลายใส ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำบริสุทธิ์ 75 มิลลิลิตร ลงในหลอดแก้วที่ย่อย จะได้สารละลายใส

การกลั่นตัวอย่าง

กลั่นตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยเครื่อง kjeldahl เติมสารละลายกรดบอริก 50 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร หยด mixed indicator 4-5 หยด นำไปวางรองบน distillate จากเครื่องกลั่นโดยให้ปลายหลอดแก้วจุ่มอยู่ในสารละลายกรดบอริกแล้วนำ Kjeldahl flask ที่มีสารละลายตัวอย่าง มาเติมสารละลายโซดาไฟ (1:1) จำนวน 50 มิลลิลิตร ทำการกลั่น (ประมาณ 1 ชั่วโมง) จนได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปไทเทรต

การไทเทรต

ไทเทรตของเหลวที่กลั่นได้ด้วยกรดเกลือมาตรฐาน โดยสีของสารละลายจะเปลี่ยนจากเขียวเป็นม่วง (purple) คือ จุด end point โดยที่การไทเทรต blank ทำในวิธีการเดียวกัน จากนั่นคำนวณหาปริมาณโปรตีน

4. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน โดย Soxhlet method (AOAC Method 963.15)

บดตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกจากถั่วหมัก 30 กรัม โดยใช้โถบดยา นำ cellulose extraction thimble ออกจากตู้ดูดความชื้น นำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน นำตัวอย่างที่บดแล้ว 2- 3 กรัม ใส่ลงใน thimble จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งและปิดจุกด้วย glass wool และชั่งน้ำหนักอีกครั้ง นำ thimble ใส่ในเครื่อง Soxhlet extractor เติม petroleum ether 350 มิลลิลิตร ลงใน flask โดยใส่ glass boiling beads ลงไป 2-3 ลูก ทำการสกัดประมาณ 6 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำ thimble ออกมาวางในบีกเกอร์ แล้วนำไปใส่ในตู้ดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่ได้

5. การวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารหยาบ (AOAC Method 978.10)

นำกระดาษกรองอบในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่ในตู้ดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักก่อนใช้ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างที่ผ่านการสกัดเอาไขมันออกแล้ว 1±0.001กรัม ใส่บีกเกอร์ทรงสูงขนาด 600 มิลลิลิตร เติม 1.25% กรดซัลฟูริกที่ร้อน 150 มิลลิลิตร (ทำให้ร้อนโดยการอุ่นบน hot plate เพื่อรอการย่อย) ทำการย่อยเป็นเวลา 30 นาที (ตั้งบนไฟอ่อน) กรองตัวอย่างที่ได้ขณะร้อนผ่านกระดาษกรองที่ชั่งน้ำหนักแล้ว เพื่อล้างกรดซัลฟูริกออก จากนั้นล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นที่ทำให้ร้อนจำนวน 3 ครั้ง หรือมากกว่าเพื่อล้างกรดออกให้หมด นำกากที่ได้ใส่ลงในบีกเกอร์ใบเดิม แล้วเติม 1.25% ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 150 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการย่อยตัวอย่างนาน 30 นาที จากนั้นกรอง

ตัวอย่างที่ย่อยได้ขณะร้อนผ่านกระดาษกรองแผ่นเดิม ล้างด้วยน้ำกลั่นที่ทำให้ร้อนจำนวน 3 ครั้ง หรือมากกว่าเพื่อล้างกรดออกให้หมด ล้างตัวอย่างด้วยเอทานอล 95% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำตัวอย่างที่ย่อยได้พร้อมกระดาษกรองใส่ลงใน crucible อบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ นำออกจากตู้อบ แล้วปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักเผาตัวอย่างที่ผ่านการชั่งน้ำหนักในเครื่องเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสนาน 10 ชั่วโมง นำออกจากตู้และปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้นและชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณ ใยอาหารหยาบ

6. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบี 12 (AOAC (2005), 952.20)

เตรียม stock solution

ชั่งผลึกของสารประกอบวิตามินบี 12 คือ Cyanocobalamin 5 มิลลิกรัม โดยสารประกอบวิตามินบี 12 จะละลายใน 0.05 M Acetate Buffer pH 5.0 ปริมาณ 50 มิลลิลิตร จะได้สารประกอบวิตามินบี 12 ที่มีความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นำไปเก็บไว้ที่มืด อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์

นำสารละลายจากการเก็บตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ลงหลอดทดสอบ เติมสารละลายโพแทสเซียมไซยาไนด์ แอซีเตทบัฟเฟอร์ ปริมาตร 9 มิลลิลิตร (โพแทสเซียมไซยาไนด์ 1 กรัม ในแอซิเตทบัฟเฟอร์ 0.1 โมลาร์ pH 4.6 เขย่าหลอดทดลองด้วยเครื่องผสมทันที แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นและนำไปปั่นด้วยความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสไว้ เพราะระหว่างที่นึ่งฆ่าเชื้ออยู่ cobalamin จะถูกปล่อยออกมาและเปลี่ยนเป็น cyanocobalamin อยู่ในส่วนของส่วนใสด้านบน นำส่วนใสที่ได้ไปวิเคราะห์โดยเจือจางส่วนใสด้วยน้ำกลั่นเพื่อให้ปริมาณวิตามิน บี 12 อยู่ในช่วงที่วิเคราะห์ได้

การไล่อากาศ

นำสารละลายวิตามินบี 12 มาตรฐานและสารละลายตัวอย่างใส่เครื่อง ultrasonic bath เพื่อทำการไล่อากาศ เป็นเวลา 20 นาที

การวิเคราะห์หาวิตามินบี 12

ใช้ syringe ดูดสารละลายของสารประกอบวิตามินบี 12 และสารละลายตัวอย่างตัวอย่างละ 20 ไมโครลิตร ฉีดเข้าเครื่อง HPLC ตามลำดับ บันทึกโครมาโตแกรม นำพื้นที่ใต้พีคของสารละลาย มาตรฐานวิตามินบี 12 มาพล็อตกราฟระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้กราฟ (โดยให้แกน Y เป็นค่าพื้นที่ใต้กราฟและแกน X เป็นความเข้มข้น) แล้วนำพื้นที่ใต้กราฟของสารละลายตัวอย่างมาเทียบกับกราฟมาตรฐาน ก็จะได้ความเข้มข้นหรือปริมาณวิตามินบี 12 ของสารละลายตัวอย่าง โดยทำการฉีดครั้งละ 2 ซ้ำ

สภาวะการวิเคราะห์

คอลัมน์ : Inertsil ODS-3V 5 µm (150x4.6 mm. I.D.)
เฟสเคลื่อนที่ : Acetonitrile/0.05 M Acetate buffer pH 5.0 (10/90)
อัตราการไหล : 1.0 มิลลิลิตร/ นาที
เครื่องวัด : UV 265 nm.

7. การวิเคราะห์แคลเซียม ฟอสฟอรัสและธาตุเหล็ก (Ozden & Erkan, 2007)

การเตรียมตัวอย่างใช้เครื่อง microwave

ทำการย่อยตัวอย่างโดยชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม เติม nitric acid ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ย่อยด้วยเครื่อง microwave นาน 30 นาที หลังจากนั้นเติม hydrogen peroxide ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ย่อยต่อด้วยเครื่อง microwave นาน 30 นาที เทสารละลายที่ได้ลงในขวดปรับปริมาตรแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร

การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP- MS

โดยการวิเคราะห์ธาตุฟอสฟอรัส ใช้ mode no gas ในการวิเคราะห์ ส่วนการวิเคราะห์ธาตุแคลเซียมและธาตุเหล็ก ใช้ mode hydrogen

ตอนที่ 5 การทดสอบหาอายุการเก็บรักษา

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกมาทดสอบหาอายุการเก็บรักษา โดยเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 เดือน ทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ณ เริ่มต้น สัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3 สัปดาห์ที่ 4 เดือนที่ 2 และเดือนที่ 3 โดยคุณภาพที่ทดสอบ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่า a_w ค่า pH ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน จุลินทรีย์ทั้งหมด แล้วทำการคำนวณหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยใช้อันดับปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง และใช้ปริมาณความชื้นและปริมาณอะฟลาทอกซินเป็นดัชนีคุณภาพ (อ้างอิงจากมผช.ถั่วเน่าผง)

ตอนที่ 6 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (Acceptance test) โดยวิธีการใช้สเกลแบบ 9- point hedonic scaling มีระดับการให้คะแนน 9 ระดับ กับผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยนำผลการวิเคราะห์มาหาค่าความแปรปรวน และวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การทดลองหาสูตรของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

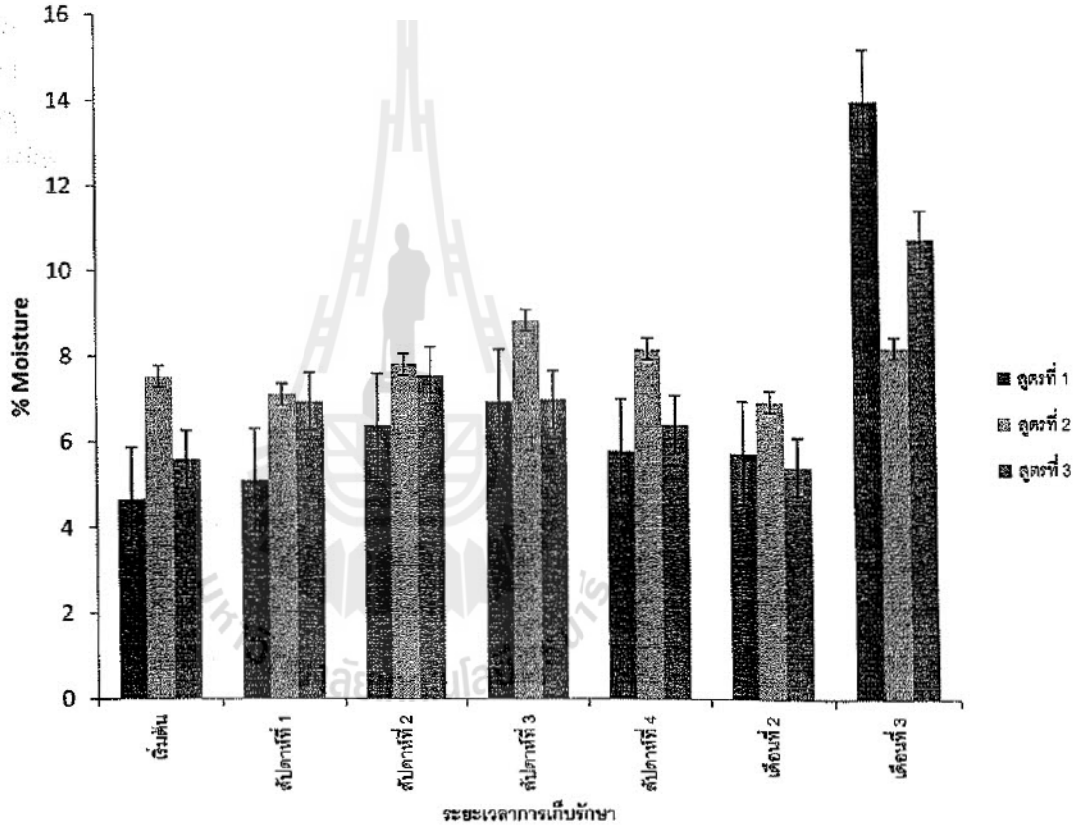
การทดลองหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก เริ่มจากความต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะปรากฏแบบเป็นผงคล้ายคลึงกับผงโรยข้าว เพื่อให้กลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายนั่นคือ กลุ่มผู้สูงอายุ สามารถนำไปรับประทานได้ง่าย และได้รับประโยชน์จากผลิตภัณฑ์อย่างสูงสุด ขั้นตอนแรกเริ่มในการพัฒนาสูตรคือ การทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ โดยมีส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เพิ่มเติมนอกจากถั่วเหลืองหมัก ได้แก่ บุก ซูโครส ฟรุกโตสไซรัป และเกลือ อัตราส่วนดังตารางที่ 2 เมื่อนำไปให้ความร้อนด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dryer) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะไหม้เกรียม และไม่เป็นผงตามต้องการ เนื่องจากมีส่วนประกอบของน้ำตาลสูง ต่อมาได้ทำการปรับปรุงสูตรการผลิต โดยลดปริมาณน้ำตาลและเพิ่มส่วนประกอบอื่น ส่วนประกอบในสูตรที่ปรับปรุง ได้แก่ บุก ซูโครส เกลือ งาขาว และงาดำ โดยปรับเปลี่ยนสัดส่วนของส่วนประกอบทั้งหมดที่กล่าวมาได้เป็น 6 สูตร ดังตารางที่ 3 เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 สูตร จึงนำไปให้ความร้อนด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้สูตรที่ 3 4 5 และ 6 มีลักษณะปรากฏที่ไม่พึงประสงค์ คือ มีลักษณะไหม้ ไม่เป็นผง และมีรสชาติขม ทำให้สามารถเลือกผลิตภัณฑ์สูตรที่มีความเหมาะสมได้ 2 สูตร และเพิ่มอีก 1 สูตรที่มีส่วนผสมของบุกเพิ่มขึ้น โดยมีส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 4 จากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมาทดสอบหาอายุการเก็บรักษาต่อไป

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

การหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก ทำได้โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หลังผ่านการทำแห้งในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ แล้วปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกแบบสุญญากาศ (ยี่ห้อ VAC-STAR รุ่น S225) โดยดึงอากาศออก 50% เก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 เดือน ทดสอบคุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ ณ เริ่มต้น สัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3 สัปดาห์ที่ 4 เดือนที่ 2 และเดือนที่ 3 คุณภาพที่ทดสอบ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่า a_w ค่า pH ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน โดยนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นและปริมาณการปนเปื้อนสารพิษอะฟลาทอกซินเป็นดัชนีสำหรับวิเคราะห์หาอายุการเก็บรักษา อ้างอิงตาม มผช.ถั่วเน่าผง (มผช.1057/2548) ซึ่งมีรายละเอียดและคุณลักษณะที่ต้องการควบคุมที่สำคัญ คือ ปริมาณความชื้น (%moisture) ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก และปริมาณอะฟลาทอกซินต้องไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

การตรวจวิเคราะห์ความชื้นของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือน ดังภาพที่ 1 พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมีค่าร้อยละของความชื้นอยู่ในมาตรฐานกำหนด คือมีร้อยละความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก โดยเมื่อพิจารณาปริมาณความชื้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือน ในสภาวะที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 แต่เป็นปริมาณที่สูงกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 โดยผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 มีปริมาณความชื้นที่การเปลี่ยนแปลงขึ้นลงแตกต่างกันตลอดระยะเวลา 3 เดือน นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่เริ่มต้นไปจนถึงเดือนที่ 3 ยังพบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value = 0.00) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรในแต่ละช่วงเวลาดังตารางที่ 5 โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2

ณ เดือนที่ 3 มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุดแตกต่างจากผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 โดยสูตรที่ 2 มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 8.20 ส่วนสูตรที่ 1 และ 3 มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 13.98 และ 10.75 ตามลำดับ นอกจากนี้จากตารางที่ 5 จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 และ 3 มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นมากขึ้นเรื่อยๆ อย่างรวดเร็ว โดยผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 มีร้อยละของความชื้นเปลี่ยนแปลงจากเวลาเริ่มต้นเท่ากับ 4.67 เป็น 13.98 และผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 มีร้อยละของความชื้นเปลี่ยนแปลงจากเวลาเริ่มต้นเท่ากับ 5.59 เป็น 10.75 แต่ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีการเปลี่ยนแปลงของความชื้นน้อย โดยจากความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 7.52 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือนผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีปริมาณความชื้นเปลี่ยนแปลงไปเป็น 8.20 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรที่เก็บรักษาในสภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25 องศาเซลเซียสในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมีปริมาณความชื้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือนแตกต่างกัน โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด ณ เดือนที่ 3 ทั้งยังมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นน้อยที่สุดอีกด้วย

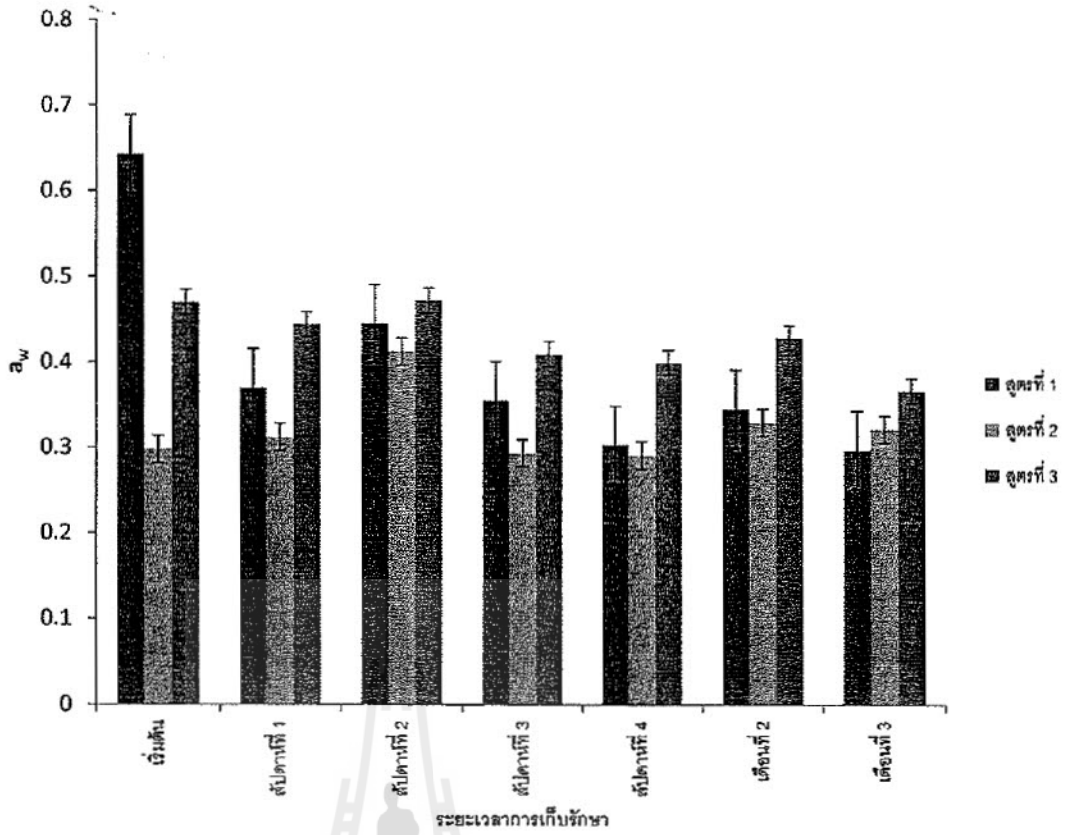


ภาพที่ 1 : แสดงร้อยละความชื้น (% moisture) ตลอดระยะเวลา 3 เดือนของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

ตารางที่ 5 : แสดงร้อยละความชื้น (%Moisture) ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกในแต่ละสูตร

ระยะเวลา	ร้อยละความชื้น (%moisture)			P-value
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	
เริ่มต้น	4.67[a]	7.52[b]	5.59[a]	0.001
สัปดาห์ที่ 1	5.10[a]	7.10[b]	6.93[b]	0.055
สัปดาห์ที่ 2	6.38[a]	7.80[b]	7.54[b]	0.001
สัปดาห์ที่ 3	6.94[a]	8.83[b]	6.97[a]	0.003
สัปดาห์ที่ 4	5.78[a]	8.16[b]	6.40[a]	0.011
เดือนที่ 2	5.74[a]	6.94[b]	5.43[a]	0.014
เดือนที่ 3	13.98[b]	8.20[a]	10.75[a]	0.006

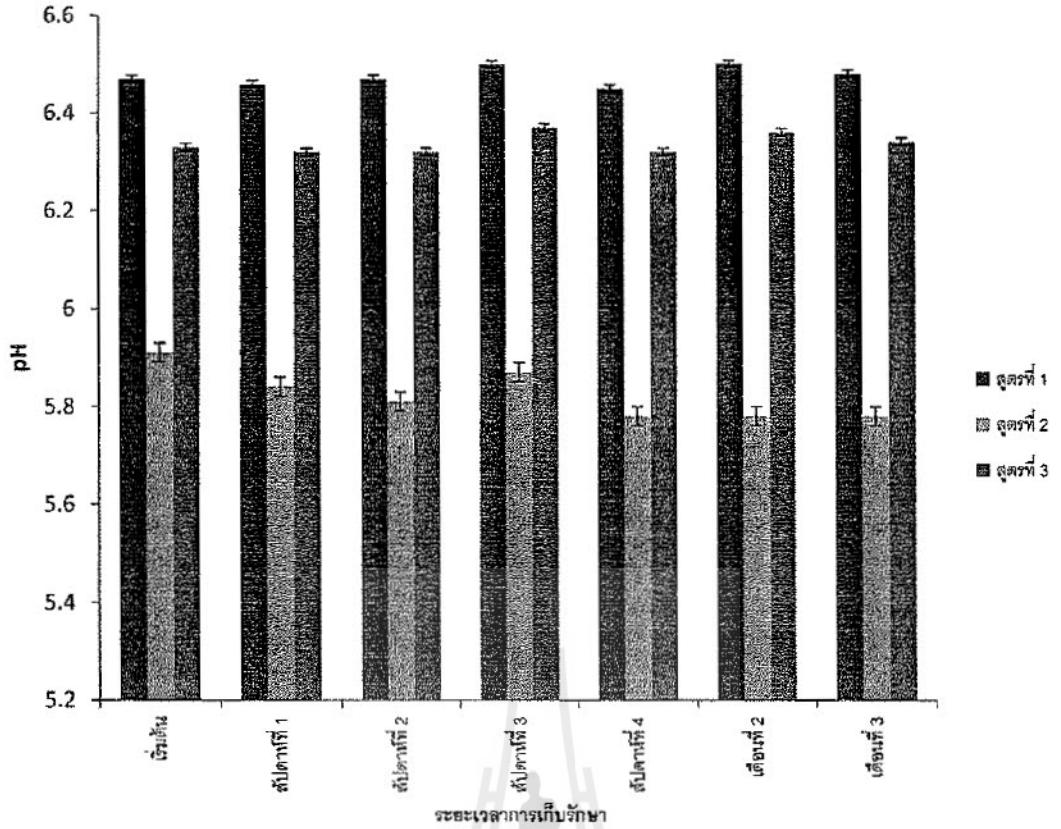
การตรวจวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก ดังภาพที่ 2 เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาวะที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียสโดยเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือน พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมีปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value เท่ากับ 0.00) และจากตารางที่ 6 เมื่อเปรียบเทียบหาความแตกต่างของผลิตภัณฑ์แต่ละสูตร พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมีปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value เท่ากับ 0.00) โดยผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ทั้งนี้การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรในระยะเวลา 3 เดือน ทำให้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำอิสระที่น้อย ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าวิธีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นวิธีการเก็บรักษาที่ทำให้ปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือน ส่วนการตรวจวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (ค่า pH) ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก ดังภาพที่ 3 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่าง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาวะที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือน พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมีค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value เท่ากับ 0.00) (ตารางที่ 7) โดยมีความแตกต่างกันตั้งแต่เวลาเริ่มต้น สัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 ไปจนถึงเดือนที่ 3 ซึ่ง ณ เดือนที่ 3 ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีความเป็นกรด-ด่างน้อยที่สุดคือเท่ากับ 5.78 ส่วนผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 และ 3 มีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.48 และ 6.34 ตามลำดับ



ภาพที่ 2 : แสดงปริมาณน้ำอิสระ (aw) ตลอดระยะเวลา 3 เดือนของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

ตารางที่ 6 : แสดงปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกในแต่ละสูตร

ระยะเวลา	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)			P-value
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	
เริ่มต้น	0.643^{c}	0.298^{a}	0.470^{b}	0.001
สัปดาห์ที่ 1	0.370^{b}	0.312^{a}	0.444^{c}	0.00
สัปดาห์ที่ 2	0.445^{ab}	0.412^{a}	0.472^{b}	0.111
สัปดาห์ที่ 3	0.355^{b}	0.293^{a}	0.409^{c}	0.00
สัปดาห์ที่ 4	0.303^{a}	0.291^{a}	0.399^{b}	0.00
เดือนที่ 2	0.345^{a}	0.329^{a}	0.428^{b}	0.00
เดือนที่ 3	0.297^{a}	0.321^{b}	0.366^{c}	0.00



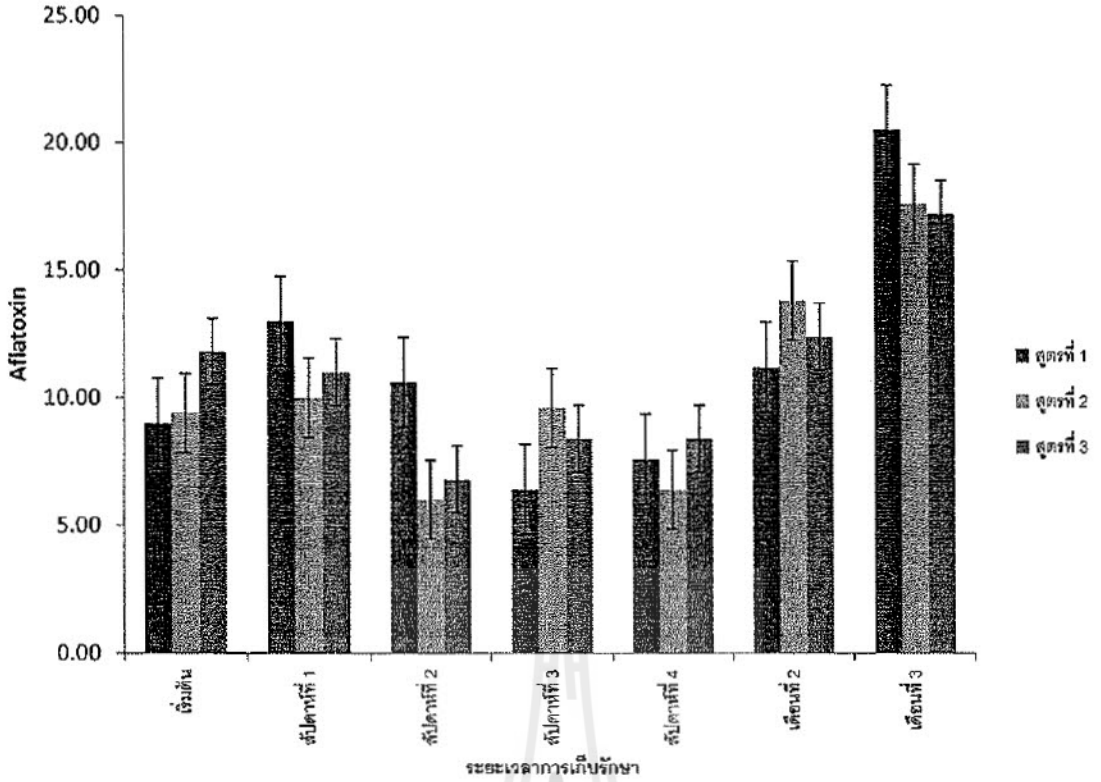
ภาพที่ 3 : แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตลอดระยะเวลา 3 เดือนของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

ตารางที่ 7 : แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกในแต่ละสูตร

ระยะเวลา	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)			P-value
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	
เริ่มต้น	6.47^{c}	5.91^{a}	6.33^{b}	0.00
สัปดาห์ที่ 1	6.46^{c}	5.84^{a}	6.32^{b}	0.00
สัปดาห์ที่ 2	6.47^{c}	5.81^{a}	6.32^{b}	0.00
สัปดาห์ที่ 3	6.50^{c}	5.87^{a}	6.37^{b}	0.00
สัปดาห์ที่ 4	6.45^{c}	5.78^{a}	6.32^{b}	0.00
เดือนที่ 2	6.50^{c}	5.78^{a}	6.36^{b}	0.00
เดือนที่ 3	6.48^{c}	5.78^{a}	6.34^{b}	0.00

สำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก นอกจากปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และค่าความเป็นกรด-ด่างแล้ว คุณภาพสำคัญที่ควรพิจารณาคือ ปริมาณอะฟลาทอกซิน ถือเป็นดัชนีบ่งชี้ความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ โดยปริมาณอะฟลาทอกซินที่มาตรฐานกำหนดคือ ไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (ppb) จากมาตรฐานมผช.ถั่วเน่าผง 1057/2548 หากมีการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินสูงกว่าที่มาตรฐานกำหนด ถือว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ส่งผลให้ความปลอดภัยในการบริโภคผลิตภัณฑ์ลดน้อยลง ทั้งนี้ในการกำหนดปัจจัยที่เป็นดัชนีบ่งชี้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ นอกเหนือจากปัจจัยด้านความชื้นแล้ว จึงได้กำหนดให้ปริมาณอะฟลาทอกซินเป็นดัชนีสำคัญที่บ่งชี้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อีกปัจจัยหนึ่งด้วย จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึงการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกทั้ง 3 สูตรที่เก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ตั้งแต่วันที่เริ่มต้นเก็บรักษาไปจนถึงเดือนที่ 3 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P-value เท่ากับ 0.00) โดยปริมาณอะฟลาทอกซินที่พบในผลิตภัณฑ์มีค่าไม่เกินที่มาตรฐานกำหนด คือไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 ที่เก็บรักษาจนถึงเดือนที่ 3 ที่มีปริมาณอะฟลาทอกซินเกินที่มาตรฐานกำหนด คือมีค่าเท่ากับ 20.50 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ณ เดือนที่ 3 มีปริมาณอะฟลาทอกซินน้อยกว่าและไม่เกินมาตรฐานกำหนด คือมีค่าเท่ากับ 17.60 และ 17.20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้วจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมีปริมาณอะฟลาทอกซินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value เท่ากับ 0.425) ตามตารางที่ 8 และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรในแต่ละช่วงเวลา พบว่าตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงเดือนที่ 3 ผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value เท่ากับ 0.01) จากผลการวิเคราะห์ในภาพที่ 4 และตารางที่ 8 ชี้ให้เห็นว่ากระบวนการผลิตและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกตลอดระยะเวลา 3 เดือนตามวิธีการที่กล่าวมาทำให้ผลิตภัณฑ์มีอะฟลาทอกซินปนเปื้อนน้อยกว่ามาตรฐานกำหนด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



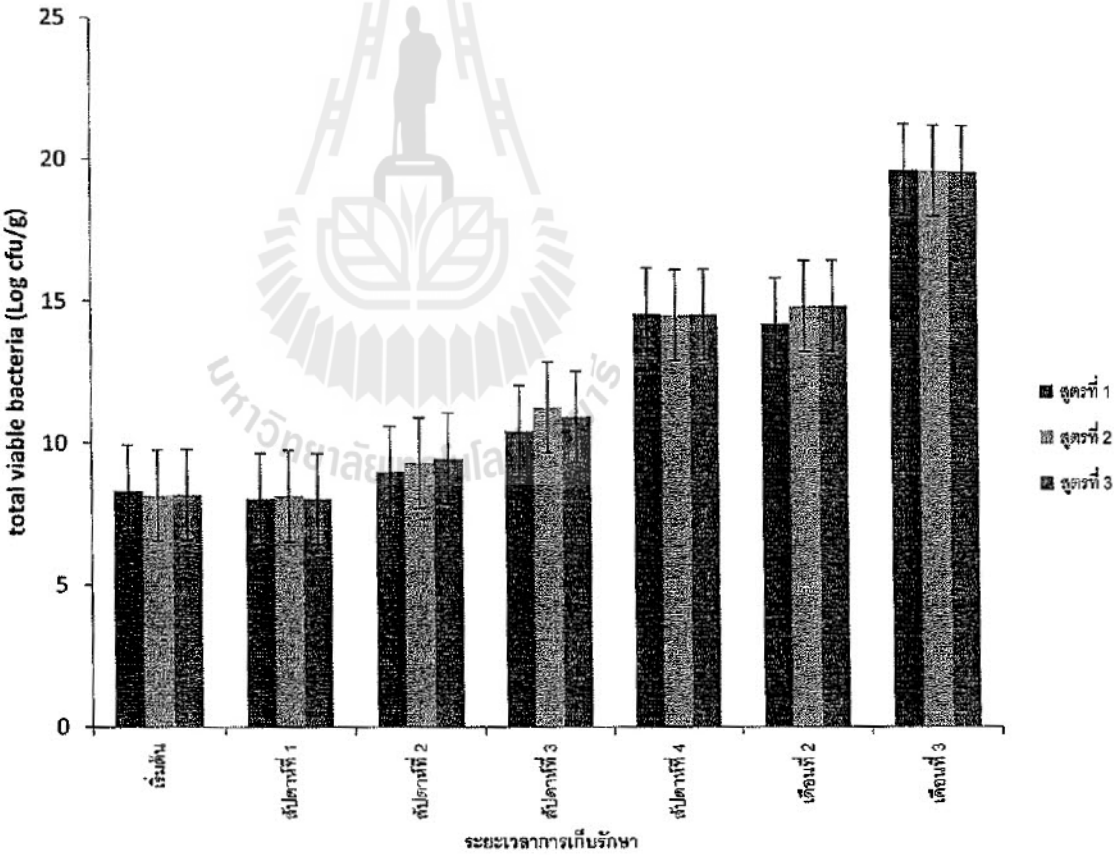
ภาพที่ 4 : แสดงปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินตลอดระยะเวลา 3 เดือนของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

ตารางที่ 8 : แสดงปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกในแต่ละสูตร

ระยะเวลา	ปริมาณอะฟลาทอกซิน (ppb)			P-value
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	
เริ่มต้น	9.00^{a}	9.40^{a}	11.80^{a}	0.142
สัปดาห์ที่ 1	13.00^{a}	10.00^{a}	11.00^{a}	0.464
สัปดาห์ที่ 2	10.60^{b}	6.00^{a}	6.80^{ab}	0.068
สัปดาห์ที่ 3	6.40^{a}	9.60^{b}	8.40^{b}	0.010
สัปดาห์ที่ 4	7.60^{a}	6.40^{a}	8.40^{a}	0.700
เดือนที่ 2	11.20^{a}	13.80^{a}	12.40^{a}	0.291
เดือนที่ 3	20.50^{a}	17.60^{a}	17.20^{a}	0.425

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

การวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก วิเคราะห์จากผลิตภัณฑ์หลังผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ที่เก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยทดสอบคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โดยตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ณ เริ่มต้น สัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3 สัปดาห์ที่ 4 เดือนที่ 2 และเดือนที่ 3 ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 5 และตารางที่ 9 พบว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกทั้ง 3 สูตรมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงกว่าที่มาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 6.00 Log cfu/g) โดย ณ เริ่มต้นผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 8.32 Log cfu/g ซึ่งมีจำนวนสูงที่สุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 และสูตรที่ 2 จำนวนเท่ากับ 8.18 และ 8.14 Log cfu/g ตามลำดับ จนกระทั่งเก็บรักษาไปถึงเดือนที่ 3 ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากเวลาเริ่มต้น โดยผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 มีจำนวนสูงที่สุด คือเท่ากับ 19.56 Log cfu/g รองลงมาคือผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 มีจำนวนเท่ากับ 19.51 Log cfu/g และ 19.48 Log cfu/g ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value เท่ากับ 0.00) และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรดังตารางที่ 9 พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรแต่ละช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value มากกว่า 0.05)



ภาพที่ 5 : ระดับการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total viable bacteria) ตลอดระยะเวลา 3 เดือนในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

ตารางที่ 9 : ระดับการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total viable bacteria) ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกในแต่ละสูตร

ระยะเวลา	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Log cfu/g)			ระดับมาตรฐาน (Log cfu/g)	P-value
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3		
เริ่มต้น	8.32[a]	8.14[a]	8.18[a]	ไม่เกิน 6.00	0.354
สัปดาห์ที่ 1	8.02[a]	8.12[a]	8.02[a]		0.630
สัปดาห์ที่ 2	8.98[a]	9.28[ab]	9.43[b]		0.076
สัปดาห์ที่ 3	10.40[a]	11.23[a]	10.90[a]		0.488
สัปดาห์ที่ 4	14.51[a]	14.47[a]	14.48[a]		0.848
เดือนที่ 2	14.16[a]	14.78[a]	14.78[a]		0.433
เดือนที่ 3	19.56[a]	19.51[a]	19.48[a]		0.197

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์หาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก ทำการวิเคราะห์จากผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์แล้วปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 เดือน จากนั้นทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ณ เริ่มต้น สัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3 สัปดาห์ที่ 4 เดือนที่ 2 และเดือนที่ 3 โดยคุณภาพที่ทดสอบ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แล้วทำการคำนวณหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยใช้อันดับปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง และใช้ปริมาณความชื้นและปริมาณอะฟลาทอกซินเป็นดัชนีคุณภาพอ้างอิงตาม มผช.ถั่วเน่าผง (มผช.1057/2548) ซึ่งมีรายละเอียดและคุณลักษณะที่ต้องการควบคุมที่สำคัญ คือ ปริมาณความชื้น (%moisture) ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก และปริมาณอะฟลาทอกซินต้องไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (ppb) ซึ่งผลการคำนวณอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรแสดงดังตารางที่ 10 จากตารางแสดงให้เห็นว่าเมื่อพิจารณากรณีที่ใช้ความชื้นเป็นดัชนีบ่งชี้อายุการเก็บรักษา พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีอายุการเก็บรักษาสูงที่สุดเท่ากับ 311 วัน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 มีอายุการเก็บรักษาที่น้อยกว่ามาก คือมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 58 และ 75 วัน ทั้งนี้ปัจจัยความชื้นถือเป็นปัจจัยคุณภาพที่มีความสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงแห้งดังเช่นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก เนื่องจากปริมาณความชื้นที่น้อยจะแสดงถึงคุณลักษณะปรากฏที่เป็นลักษณะแห้ง เมื่อปริมาณความชื้นเริ่มต้นมีน้อยและความชื้นตลอดอายุการเก็บรักษาไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น และสำหรับกรณีที่ใช้อะฟลาทอกซินเป็นดัชนีบ่งชี้อายุการเก็บรักษา เนื่องมาจากอะฟลาทอกซินเป็นคุณภาพด้านเคมีที่มีความสำคัญ ส่งผลต่อความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์และถือเป็นปัจจัยที่มีความเสี่ยงสูงหากมีการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์เกินที่มาตรฐานกำหนด ซึ่งจากผลการคำนวณอายุการเก็บรักษาพบว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 มีอายุการเก็บรักษาสูงที่สุด คือเท่ากับ 120 วัน รองลงมาคือสูตรที่ 2 เท่ากับ 101 วัน และสูตรที่ 1 เท่ากับ 81 วัน จะห็นว่าเมื่อใช้อะฟลาทอกซินเป็นดัชนีทำให้ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีอายุการเก็บรักษาที่

น้อยลง ซึ่งน้อยกว่าสูตรที่ 3 อยู่ 19 วัน ซึ่งปริมาณอะฟลาทอกซินเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก เนื่องจากเป็นดัชนีที่บ่งชี้ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงพิจารณาคุณภาพด้านความชื้นเป็นอันดับถัดไป อย่างไรก็ตามการพิจารณาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยคุณภาพทั้งหมดเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและความปลอดภัยสูงสุด

ตารางที่ 10 : แสดงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกด้วยดัชนีระดับมาตรฐานความชื้นและอะฟลาทอกซิน

ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก	อายุการเก็บรักษา (วัน)	
	ดัชนีความชื้น	ดัชนีอะฟลาทอกซิน
สูตร 1	58	81
สูตร 2	311	101
สูตร 3	75	120

ตอนที่ 5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) ของผลิตภัณฑ์ เป็นการทดสอบเพื่อคัดเลือกสูตรของผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ต่อไป โดยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคนั้นจะนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร (ตารางที่ 4) ไปประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale แล้วนำผลคะแนนจากการประเมินที่ได้มาแปลผลทางสถิติ โดยทดสอบ F-test และ Duncan's Multiple Range Test เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางด้านความชอบหรือการยอมรับของผลิตภัณฑ์ในแต่ละสูตร และคัดเลือกผลิตภัณฑ์สูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุดไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 11 : แสดงผลคะแนนรวมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ประเมิน 30 คน

คุณลักษณะ	สูตรที่			ค่ารวมทั้งหมด
	1	2	3	
ความชอบโดยรวม	86	188	95	369

ตารางที่ 12 : แสดงผลการทดสอบ F-test จากคะแนนที่ผู้ประเมินให้ในแต่ละตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร

Source of variation	df	SS	MS	F-value
ตัวอย่าง	2	212.60	106.30	62.44**
ผู้ประเมิน	29	192.77	6.65	3.90**
ความคลาดเคลื่อน	58	98.73	1.70	
รวมทั้งหมด	89	504.10		

จากตารางที่ 11 และ 12 แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างในด้านความชอบของผลิตภัณฑ์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 และทำการทดสอบความแตกต่างของแต่ละตัวอย่างโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกตัวอย่างที่ 2 มีความแตกต่างในด้านการยอมรับของผู้ประเมินอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยมีความแตกต่างจากตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 3 และระหว่างตัวอย่างที่ 3 กับตัวอย่างที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจึงควรคัดเลือกตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกสูตรที่ 2 ไปทำการพัฒนาและวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการต่อไป

ตอนที่ 6 การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

คุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก จะทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 ซึ่งคัดเลือกจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในตอนที่ 5 โดยตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกสูตรที่ 2 มีความแตกต่างจากตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 3 ในด้านการยอมรับของผู้ประเมินอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ต่อมาจึงนำผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุดนี้ไปวิเคราะห์หาสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่คาดว่าจะพบมากในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก และวิตามินบี 12 ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกมีแคลเซียม 1,980.25 mg/kg ฟอสฟอรัส 3,463.50 mg/kg ธาตุเหล็ก 39.6 mg/kg และวิตามินบี 12 0.52 µg/100g และทำการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (protein) ไขมัน (fat) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ใยอาหารหยาบ (fiber) และ เถ้า (ash) ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกสูตรที่ 2 ดังตารางที่ 13 พบว่าปริมาณสารอาหารที่ได้แตกต่างจากสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 5.92 และ 53.08 ตามลำดับ และมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 25.29 ใยอาหารร้อยละ 7.84 ไขมันร้อยละ 3.89 และความชื้นเท่ากับร้อยละ 3.68 แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารมากมายทั้งแคลเซียม ฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก วิตามินบี 12 โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร เป็นต้น จึงสามารถนำมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ช่วยแก้ปัญหาสุขภาพและภาวะทุพโภชนาการในผู้สูงอายุได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 13 : แสดงปริมาณสารอาหารหลักผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์	ความชื้น (%)	ไขมัน (%)	โปรตีน (%)	ใยอาหาร (%)	เถ้า (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)
สูตร 1	4.21^{c}	17.85^{c}	42.75^{b}	8.98^{b}	5.43^{a}	20.78^{a}
สูตร 2	3.68^{b}	3.89^{a}	25.59^{a}	7.84^{a}	5.92^{c}	53.08^{c}
สูตร 3	2.45^{a}	16.64^{b}	42.49^{b}	7.53^{a}	5.75^{b}	25.14^{b}
P-value	0.00	0.00	0.00	0.029	0.00	0.00

บทที่ 4
บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

การทดลองหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก ทำให้ได้สูตรสุดท้ายที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์จำนวน 3 สูตร โดยมีวิธีการผลิตคือ นำถั่วหมักบดมาผสมกับส่วนผสมอื่น ได้แก่ บุก ซูโครส เกลือ และน้ำ แล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dryer) จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงแห้ง แล้วนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 และ 3 จึงถือว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 เป็นสูตรของผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมที่จะนำไปศึกษาคุณค่าทางโภชนาการต่อไป โดยคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกจะได้จากถั่วหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อ *Bacillus subtilis* SB-MYP 1 และได้จากการเติมบุกที่เป็นเส้นใยอาหาร (Dietary fiber) เมื่อวิเคราะห์แล้วพบว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีแคลเซียม 1,980.25 mg/kg ฟอสฟอรัส 3,463.50 mg/kg ธาตุเหล็ก 39.6 mg/kg และวิตามินบี 12 0.52 µg/100g รวมถึงมีปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 5.92 และ 53.08 ตามลำดับ จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสารอาหารต่าง ๆ เหมาะสมต่อการส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุ โดยมีทั้งแร่ธาตุและวิตามิน ในผลิตภัณฑ์จะมีแร่ธาตุที่สำคัญคือ แคลเซียมในปริมาณสูง ซึ่งจะช่วยป้องกันโรคกระดูกพรุนที่มักเกิดขึ้นในวัยสูงอายุ เนื่องจากวัยสูงอายุเป็นช่วงที่มีการดึงแคลเซียมออกจากกระดูกมากขึ้น ทำให้มวลกระดูกลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากแคลเซียมแล้วในผลิตภัณฑ์ยังมีธาตุเหล็ก ที่จะช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง ทั้งยังช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ในส่วนของวิตามินบี 12 จะช่วยบำรุงระบบประสาทและสมอง ผู้สูงอายุส่วนมากมักขาดวิตามินบี 12 จะส่งผลให้ระบบประสาทและสมองเกิดความผิดปกติในการทำงาน เช่น เกิดอาการหลงลืม ความจำเสื่อม ร่างกายของผู้สูงอายุจึงควรได้รับสารอาหารเหล่านี้อย่างเพียงพอ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีการเติมบุกเป็นส่วนผสมเพิ่มเติมจำนวนร้อยละ 2 ซึ่งบุกเป็นเส้นใยอาหารที่ไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในร่างกายมนุษย์ ขยายตัวเพิ่มขึ้นได้ 30-40 เท่า เมื่อรับประทานเข้าไปจึงช่วยให้อิ่มเร็วแม้จะมีปริมาณน้อย และช่วยลดระยะเวลาที่อาหารเคลื่อนผ่านระบบทางเดินอาหาร (transit time) จึงทำให้การดูดซึมไขมันในลำไส้เล็กลดลง นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยลดแอลดีแอล คอเลสเตอรอล (LDL cholesterol) ช่วยให้ขับถ่ายได้สะดวก ยับยั้งการดูดซึมกลูโคสในทางเดินอาหาร ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกจึงเหมาะเป็นอาหารสำหรับผู้สูงอายุทั่วไป รวมทั้งผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคต่าง ๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคไขมันในเลือดสูง เป็นต้น

สำหรับอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เมื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 เดือน ทำการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพื่อหาอายุการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณความชื้นและปริมาณอะฟลาทอกซินเป็นดัชนีคุณภาพ อ้างอิงตาม มผช.ถั่วเน่าผง (มผช.1057/2548) เมื่อพิจารณากรณีที่ใช้ความชื้นเป็นดัชนีบ่งชี้อายุการเก็บรักษา พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 311 วัน และสำหรับกรณีที่ใช้อะฟลาทอกซินเป็นดัชนีบ่งชี้อายุการเก็บรักษา พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 120 วัน ซึ่งการพิจารณาอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ควรพิจารณาปริมาณอะฟลาทอกซินเป็นอันดับแรกแล้วจึงพิจารณาปัจจัยคุณภาพด้านอื่นเป็นอันดับถัดไป เนื่องจากหากมีการปนเปื้อนอะฟลาทอกซินในปริมาณสูงกว่ามาตรฐานกำหนด คือเกินกว่า 20

ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม จะส่งผลให้ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ลดน้อยลง ส่วนปัจจัยถัดมาคือ ความชื้น ถือเป็นปัจจัยคุณภาพที่มีความสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงแห้งดังเช่นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก ซึ่งปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร มีปริมาณไม่เกินมาตรฐานกำหนด คือมีร้อยละความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนักตลอดระยะเวลา 3 เดือน โดยปริมาณความชื้นผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แสดงถึงลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่เมื่อเก็บรักษาไว้จะยังคงมีลักษณะแห้งไม่เกาะกันเป็นก้อน ถือเป็นลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ และสำหรับปัจจัยของปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 โดยผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร ที่เก็บเป็นระยะเวลา 3 เดือนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำอิสระที่น้อย ปริมาณน้ำอิสระในอาหารจะส่งผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะกลุ่มของเชื้อราที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน หากมีปริมาณน้ำอิสระสูงจะไปส่งเสริมให้เกิดการเจริญของเชื้อราจนเกิดการสร้างสารพิษขึ้นได้ ซึ่งในผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่า 0.70 ถือเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อรา ดังนั้นในการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินในผลิตภัณฑ์จึงพบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินอยู่ในระดับที่ไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกที่ได้จึงถือว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ทั้งนี้การพิจารณาอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมควรพิจารณาปัจจัยคุณภาพด้านอื่นร่วมด้วย เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและความปลอดภัยสูงสุด

ข้อเสนอแนะ

ผลงานวิจัยแสดงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เสริมบุกเพื่อกลุ่มผู้บริโภคที่สูงอายุ พิจารณาจากข้อมูลทางโภชนาการและรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับการบริโภคที่เหมาะสมตามวัย รวมถึงมาตรฐานคุณภาพและความปลอดภัย จึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่งในการผลิตเชิงพาณิชย์ ตามศักยภาพของผู้ประกอบการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2542). ผู้สูงอายุในประเทศไทย : แนวโน้ม คุณลักษณะ และปัญหา. กิจกรรมส่งเสริมสุขภาพ และเครือข่ายผู้สูงอายุ.

กองโภชนาการ กรมอนามัย. (2530). ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กิน. องค์การทหารผ่านศึก.

กองโภชนาการ กรมอนามัย. (2535). ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย.องค์การทหารผ่านศึก.

ชมภูนุช เผื่อนพิภพ และปรัชญา แพมงคล. (2554). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการ "เครื่องดื่มน้ำมะนาวผสมใยอาหารแบบพาสเจอร์ไรส". เครือข่ายวิจัยอุดมศึกษาภาคกลางตอนล่าง.

ทิพวัลย์ สุกุมลนันทน์. (2548). พันธุ์บุกในประเทศไทย. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จ.เชียงใหม่.

อภิรดี อุทัยรัตนกิจ. (2550). สารเคลือบผิวรับประทานได้จากผงบุกและการประยุกต์ใช้. โรงแรมเอเชีย. กรุงเทพฯ.

Abdulmnem A. Elamir. (2008). Effects of konjac glucomannan hydrolysates on the gut microflora of mice. Nutrition & Food Science. Vol. 38 No. 5, pp. 422-429.

Al-Ghazzewi, F.H., Khanna, S., Tester, R.F. and Piggott, J. (2007). The potential use of konjac glucomannan hydrolysate as a prebiotic. Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol. 87. pp. 1758-66.

Arvill, A., & Bodin, L. (1995). Effect of short-term ingestion of konjac glucomannan on serum cholesterol in healthy men. American Journal of Clinical Nutrition, 61, 585–589.

Chaiyasut, C., Kumar, T., Tipduangta, P., and Rungseevijitprapa, W. (2010).Isoflavone content and antioxidant activity of Thai fermented soybean and its capsule formulation. Afri.J. Biotech. 9: 4120-4126.

Chen, H. L., Sheu, W. H. H., Tai, T. S., Liaw, Y. P., & Chen, Y. C. (2003). Konjac supplement alleviated hypercholesterolemia and hyperglycemia in type 2 diabetic subjects: a randomized double-blind trial. Journal of the American College of Nutrition, 22, 36–42.

Chen, H.-L.; Cheng, H.-C.; Liu, Y.-J.; Liu, S.-Y.; Wu, W.-T. (2006). Konjac acts as a natural laxative by increasing stool bulk and improving colonic ecology in healthy adults. Nutrition. 22. 1112-1119.

Chen, H.-L.; Cheng, H.-C.; Wu, W.-T.; Liu, Y.-J.; Liu, S.-Y. (2008). Supplementation of konjac glucomannan into a low-fiber Chinese diet promoted bowel movement and improved colonic ecology in constipated adults: a placebo-controlled, diet-controlled trial. J. Am. Coll. Nutr. 27. 102-108.

Chen, H.-L.; Lin, Y.-M.; Wang, Y.-C. (2010). Comparative effects of cellulose and soluble fibers (pectin, konjac glucomannan, inulin) on fecal water toxicity toward Caco-2 cells, fecal bacteria enzymes, bile acid, and short-chain fatty acids. J. Agric. Food Chem. (DOI: 10.1021/jf102127k).

Doi, K. (1995). Effect of konjac fibre (glucomannan) on glucose and lipids. Eur. J. Clin. Nutr. 49, s190-s197.

Farage Hashmi, Al-Ghazzewi, Sheila Khanna, Richard Frank Tester and John Piggott. (2007 The potential use of hydrolysed konjac glucomannan as a prebiotic. J Sci Food Agric87:1758–1766.

Feng, J., Liu, X., Xu, Z.R., Lu, Y.P., and Liu, Y.Y. (2007). Effect of fermented soybean meal on intestinal morphology and digestive enzyme activities in weaned piglets. Dig Dis Sci. 52:1845-1850.

Gallaher, D. D., Gallaher, C. M., Mahrt, G. J., Carr, T. P., Hollingshead, C. H., Hesslink, R., & Wise, J. (2002). A glucomannan and chitosan fiber supplement decreases plasma cholesterol and increases cholesterol excretion in overweight normocholesterolemic humans. Journal of the American College of Nutrition, 21, 428–433.

Izumi Takao, Shigeyoshi Fuji, Asako Ishii, Li-Kun Han, Toshio Kumao, Kazuto Ozaki, Atsushi Asakawa. (2006). Effects of Mannoologosaccharides from Coffee Mannan on Fat Storage in Mice Fed a High Fat Diet. Journal of Health Science. 52: 333-337.

Jeongmi Lee. (2012). Determination of bioactive compounds in fermented soybean products using GC/MS and further investigation of correlation of their bioactivities. Journal of Chromatography.880; 42– 49.

JoyceKeithley,DNSc ,RN ,FAAN,BarbaraSwanson,DNSc ,RN,ACR N. (2005). Glucomannan and obesity: a critical review. Alternative therapies. Nov/Dec. Vol. 11. No.6.

Kao, W.T. and Lin, K.W. (2006). Quality of Reduced-Fat Frankfurter Modified by Konjac–Starch Mixed Gels. JOURNAL OF FOOD SCIENCE. S326. Vol. 71. Nr. 4.

Karr-Lilienthal, L.K., Kadzere, C.T., Grieshop, C.M., Fahey Jr., G.C. (2005). Chemical and nutritional properties of soybean carbohydrates as related to nonruminants: A review. Livestock Production Science. 97: 1–12.

Kuo-Wei Lin, Hsien-Yi Huang. (2003). Konjac/gellan gum mixed gels improve the quality of reduced-fat frankfurters. Meat Science. 65: 749–755.

Marcello Duranti. (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties.Fitoterapia 77: 67–82.

Michael L. Connolly, Julie A. Lovegrove, Kieran M. Tuohy. (2010). Konjac glucomannan hydrolysate beneficially modulates bacterial composition and activity within the faecal microbiota. JOURNAL OF FUNCTIONAL FOODS. 2: 219–224.

Melinda Chua, Timothy C. Baldwin, Trevor J. Hocking, Kelvin Chan. (2010). Traditional uses and potential health benefits of Amorphophallus konjac K. Koch ex N.E.Br. Journal of Ethnopharmacology. 128: 268–278.

Napaporn Chayovan. (1997). Persistence and Change in the Living Arrangements and Support of Thai Elderly. Population Studies Center. No. 97-42.

NuntiyaPahumunto.(2009). Nutrition and Flavor of Natural Fermented Soybean Curd (Sufu). Master of Science in Microbiology Prince of Songkla University.

Petchkongkaew, A., Taillandier, P., Gasaluck, P., and Lebrihi1, A. (2008). Isolation of *Bacillus* spp. from Thai fermented soybean (Thua-nao): screening for aflatoxin B1 and ochratoxinA detoxification. Journal of Applied Microbiology. 104: 1495-1502.

Peter J. Jones. (2002). Clinical nutrition: 7. Functional foods — more than just nutrition. CMAJ JUNE 11; 166 (12).

Salas-Salvado´, J., Farre´s, X., Luque, X., Narejos, S., Borrell, M., Basora, J., Anguera, A., Torres, F., & Bullo´, M. (2008). Fiber in obesity-study group effect of two doses of a mixture of soluble fibres on body weight and metabolic variables in overweight or obese patients: a randomised trial.British Journal of Nutrition, 99, 1380–1387.

Vladimir Vuksan, John L., Sievenpiper, Robin Owen, RD, Jeffery, A. Swilley, Peter Spadafora, David J.A. Jenkins, Edward Vidgen, Furio Brighenti, Robert G. Josse, Lawrence A. Leiter, Zheng Xu, Renato Novokmet. (2000). Beneficial Effects of Viscous Dietary Fiber From Konjac-Mannan in Subject With the Insulin Resistance Syndrome. DIABETES CARE, VOLUME 23, NUMBER 1.

Ying-qing Zhang, Bi-jun Xie, Xin Gan. (2005). Advance in the applications of konjac glucomannan and its derivatives. Carbohydrate Polymers. 60: 27–31.

Yu-Ling Lee, Joan-Hwa Yang, Jeng-Leun Mau. (2008). Antioxidant properties of water extracts fromMonascusfermented soybeans.Food Chemistry. 106: 1128–1137.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การวิเคราะห์สารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) ด้วยวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

<u>การทดสอบหาสารอะฟลาทอกซินด้วยชุดตรวจสอบสำเร็จรูป DOA-Aflatoxin ELISA Test KIT</u>

เป็นวิธีการวิเคราะห์ทาง Immunoassay ในรูปแบบการแข่งขันแบบตรง (Direct competitive Enzyme – Linked Immunosorbent Assay) โดยสารอะฟลาทอกซินจะถูกสกัดออกมาจากตัวอย่างที่บดละเอียดด้วยสารละลายเมธานอล อะฟลาทอกซินในสารสกัดที่กรองได้ ซึ่งเรียกว่าสารพิษอิสระ (free toxin) ในการที่จะไปเกาะจับกับแอนตีบอดี (Antibody) ที่ถูกเคลือบไว้ที่ก้นหลุมทดสอบ (Microtitration plate) หลังจากบ่มไว้ประมาณ 30 นาที ส่วนของสารพิษที่ผูกติดกับเอ็นไซม์ชี้บอกที่เกาะจับกับแอนตีบอดีในหลุมทดสอบ สามารถประเมินได้โดยการเติม substrate ที่จะทำปฏิกิริยาเฉพาะกับเอ็นไซม์ชี้บอกเกิดเป็นสี ความเข้มของสีที่เกิดขึ้นจากผลของปฏิกิริยาระหว่างเอ็นไซม์กับ substrate สามารถอ่านได้ด้วยสายตาเปรียบเทียบกับสีที่เกิดขึ้นในหลุมทดสอบของสารพิษมาตรฐานระดับต่างๆ หลุมทดสอบใดมีปริมาณสารพิษอิสระน้อยจะเกิดสีเข้ม ถ้ามีสารพิษอิสระมากจะเกิดสีจางตามลำดับ

การอ่านผลเป็นปริมาณสารพิษ (quantitative result) สามารถทำได้โดยอ่านความเข้มของสีในหลุมทดสอบ ด้วยเครื่อง MicroELISA Reader ความเข้มข้นของสีที่เพิ่มขึ้น จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปฏิกิริยาและมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามเป็นสัดส่วนกับปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนในตัวอย่างนั้นๆ

วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารอะฟลาทอกซินด้วย DOA-Aflatoxin ELISA Test KIT

1. **การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์**

<u>การเตรียม washing buffer</u>

นำ washing buffer มาเจือจางเป็น 0.01 M PBS-T โดยเติมน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร สำหรับนำไปใช้ในการเจือจางสารสกัดตัวอย่าง และใช้ล้าง MicroELISA plate

<u>การเตรียม enzyme conjugate</u>

เติม conjugate buffer 1 มิลลิลิตร ลงไปในหลอดทดลองที่มีเอ็นไซม์คอนจูเกต เข่ยาเล็กน้อยให้เป็นเนื้อเดียวกัน หรือกลับหลอดขึ้นลงให้เข้ากัน

2. **วิธีการเตรียมตัวอย่าง (Sample preparation)**

สุ่มตัวอย่างผลิตผลทางการเกษตร ทำการบดตัวอย่างให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น (blender) ปั่นให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน

3. **วิธีการสกัดสารพิษจากตัวอย่าง**

3.1 ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วปริมาณ 20 กรัม ใส่ใน flask

3.2 เติม 100 มิลลิลิตร ของ 70% เมทธานอล ลงใน flask (อัตราส่วนของตัวอย่าง ต่อ 70% เมทธานอล = 1.5)

3.3 ปิดปาก flask ด้วยจุกยาง แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที

4. การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์
   4.1 นำตัวอย่างที่ปั่นหรือเขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5-10 นาที
   4.2 นำส่วนใสมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4
   4.3 เก็บส่วนใสที่กรองได้ไว้ในหลอดแก้วที่สะอาดปิดสนิท (สารสกัดที่กรองได้นี้จะมีความเข้มข้นเป็น 1:5 เท่า)
   4.4 ทำการเจือจางสารสกัดเป็น 1:20 เท่า โดยใช้สารละลาย 0.01 M PBST ก่อนนำไปวิเคราะห์ โดยเจือจางในอัตราส่วน 1:3 (สารสกัดตัวอย่าง 1 มิลลิลตร + สารละลาย 0.01M PBST 3 มิลลิลิตร)
5. ขั้นตอนการวิเคราะห์
   5.1 วางแผนการใช้หลุมทดสอบในแต่ละ stripe
   5.2 ปิเปตสารพิษแอฟลาทอกซินมาตรฐาน ระดับความเข้มข้นต่างๆ (0, 0.2, 0.5, 1 และ 2 ng/ml) ปริมาณ 50 ไมโครลิตรผ่หลุมทดสอบ/ความเข้มข้น และหยดสารสกัดตัวอย่างที่เจือจางเป็น 1:20 แล้ว ปริมาณ 50 ไมโครลิตร ลงในหลุมทดสอบที่เหลือ
   5.3 หยดเอ็นไซม์คอนจูเกต (AFB_1-HRP conjugate) ที่เจือจางใน conjugate Buffer แล้ว ปริมาณ 50 ไมโครลิตร/หลุมทดสอบ ตามลงไปทุกหลุม เขย่าเล็กน้อย แล้วบ่มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลาประมาณ 20-30 นาที
   5.4 หลังจากครบเวลาการบ่มแล้ว เทสารในหลุมทดสอบทิ้งโดยการคว่ำหลุม
   5.5 ล้างหลุมทดสอบ โดยเติม washing buffer (PBS-T) ลงในหลุมให้เต็มทุกหลุม แล้วคว่ำทิ้ง ทำการล้างอย่างน้อย 3 ครั้ง
   5.6 คว่ำหลุมทดสอบบนกระดาษซับแล้วเคาะให้แห้ง
   5.7 หยด substrate ปริมาณ 100 ไมโครลิตร ลงในหลุมทดสอบทุกหลุม แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 5 – 10 นาที
   5.8 หยุดปฏิกิริยาโดยเติม stopping solution (0.5 M Phosphoric acid) ปริมาณ 100 ไมโครลิตร และอ่านค่าความเข้มข้นของสีด้วย MicroELISA Reader ที่ช่วงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร โดยอ่านปฏิกิริยา ภายใน 60 นาทีหลังจากหยุดปฏิกิริยา

การอ่านผลเชิงเชิงปริมาณ (Quantitative Result)

อ่าน MicroELISA Reader ที่ช่วงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร เรียกว่าค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance Value) นำค่าการดูดกลืนแสงของสารพิษมาตรฐานระดับความเข้มข้นต่างๆ สร้างกราฟมาตรฐาน (standard curve) บนกระดาษกราฟ semilogarithmic มีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

1. คำนวณค่าเฉลี่ยของค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง หรือสารพิษมาตรฐานที่ระดับต่างๆ (B) และค่าการดูดกลืนแสงของสารพิษมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้น 0 ppb (B_0)
2. คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสง (% maximal binding) ของสารพิษมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น และของตัวอย่างดังนี้

$$\%\ \text{maximal binding} = \frac{B}{B_0} \times 100$$

3. นำค่าเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสง (B/B_0) ของสารพิษมาตรฐานทุกความเข้มข้นมาพล็อตกราฟ โดยให้ค่าการดูดกลืนแสงเป็นแกน y และให้ค่าความเข้มข้นของสารพิษมาตรฐานเป็นแกน X บนกราฟมาตรฐาน (Standard curve)
4. นำค่าเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสง (B/B_0) ของแต่ละตัวอย่างมาพล็อตลงบนกราฟมาตรฐานบนแกน Y แล้วลากเส้นตรงขนานกับแกน X มาตัดเส้น standard curve จากนั้นลากเส้นตรงจากจุดตัดลงมาที่แกน X แล้วนำค่าที่ได้บนแกน X คูณด้วย 20 (dilution factor) ได้เป็นค่าความเข้มข้นของสารพิษในตัวอย่างเป็นปริมาณ ppb (µg/kg หรือ ng/kg)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข
การทดสอบหาอายุการเก็บรักษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<u>ารคำนวณหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์</u>

- **ตัวอย่างการคำนวณหาอายุการเก็บรักษาของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก**

โดยใช้ปริมาณความชื้นและปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินเป็นดัชนีคุณภาพดังนี้

(1.) ใช้ปริมาณความชื้นเป็นดัชนีคุณภาพ

<u>First order reaction</u> :

จากสูตร $$k = \frac{\ln Q_0 - \ln Q}{t}$$

เมื่อ Q = ค่าคุณภาพที่เหลือหลังเวลา t

Q_0 = ค่าคุณภาพเริ่มต้น

t = ระยะเวลาที่ใช้

k = ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา

- หาค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (k) ของผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2

ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ปริมาณความชื้นเริ่มต้น เท่ากับร้อยละ 7.52

ปริมาณความชื้นเดือนที่ 3 เท่ากับร้อยละ 8.20

แทนค่า $$k = \frac{\ln (7.52) - \ln (8.20)}{84 \text{ day}}$$

$$= -0.00103 \text{ day}^{-1}$$

- หาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2

กำหนดให้การเสื่อมเสียมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

จากสูตร $$t_s = \frac{\ln Q_0 - \ln Q_e}{k}$$

เมื่อ t_s = อายุการเก็บ

Q_e = ค่าคุณภาพเมื่อเวลาของอายุการเก็บ

แทนค่า $$t_s = \frac{\ln (7.52) - \ln (10.00)}{-0.00103 \text{ day}^{-1}}$$

$$= 271 \text{ day}$$

(2.) ใช้ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินเป็นดัชนีคุณภาพ

<u>First order reaction</u> :

จากสูตร $$k = \frac{\ln Q_0 - \ln Q}{t}$$

เมื่อ Q = ค่าคุณภาพที่เหลือหลังเวลา t
Q_0 = ค่าคุณภาพเริ่มต้น
t = ระยะเวลาที่ใช้
k = ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา

- หาค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (k) ของผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2

ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
ปริมาณความชื้นเริ่มต้น เท่ากับร้อยละ 7.52
ปริมาณความชื้นเตือนที่ 3 เท่ากับร้อยละ 8.20

แทนค่า $$k = \frac{\ln (9.40) - \ln (17.60)}{84 \text{ day}}$$

$$= -0.0075 \text{ day}^{-1}$$

- หาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2

กำหนดให้การเสื่อมเสียมีปริมาณอะฟลาทอกซินไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

จากสูตร $$t_s = \frac{\ln Q_0 - \ln Q_e}{k}$$

เมื่อ t_s = อายุการเก็บ
Q_e = ค่าคุณภาพเมื่อเวลาของอายุการเก็บ

แทนค่า $$t_s = \frac{\ln (9.40) - \ln (20.00)}{-0.0075 \text{ day}^{-1}}$$

$$= 101 \text{ day}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค
การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแบบสเกล (9-point hedonic scaling) ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุก

ตารางที่ 14 : แสดงผลคะแนนในการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ประเมิน 30 คน

ผู้ประเมิน	สิ่งทดลองที่			รวม
	1	2	3	
1	2	9	3	14
2	1	1	1	3
3	2	6	4	12
4	1	9	4	14
5	1	3	2	6
6	1	6	1	8
7	4	7	3	14
8	2	4	2	8
9	2	8	3	13
10	1	6	2	9
11	1	7	2	10
12	1	7	4	12
13	7	9	6	22
14	1	7	1	9
15	6	8	7	21
16	1	5	3	9
17	6	7	3	16
18	7	8	7	22
19	2	5	2	9
20	4	7	5	16
21	3	7	5	15
22	6	7	2	15
23	2	6	3	11
24	2	3	1	6
25	5	4	2	11
26	4	6	3	13
27	4	6	4	14
28	3	7	4	14
29	1	7	4	12
30	3	6	2	11
รวม	86	188	95	369

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน

Correction factor = (ค่ารวมทั้งหมด)^2/หน่วยทั้งหมดที่ทำให้เกิดค่ารวมทั้งหมด

(ค่าปรับ) = $(369)^2/90$ = 1,512.9

Sample SS = (ผลรวมของค่ารวมของแต่ละตัวอย่างยกกำลังสอง)/(หน่วยที่ทำให้เกิดค่ารวมของแต่ละตัวอย่าง) – ค่าปรับ

= $[(86^2 + 95^2 + 188^2)/30] - 1,512.9$

= 212.60

Panelists SS = (ผลรวมของค่ารวมของผู้ทดสอบชิมแต่ละท่านยกกำลังสอง)/(หน่วยที่ทำให้เกิดค่ารวมของผู้ชิมแต่ละท่าน) – ค่าปรับ

= $[(14^2 + 3^2 + 12^2 + ... + 11^2)/3] - 1,512.9$

= 192.77

Total SS = (ผลรวมของค่าการประเมินในแต่ละตัวอย่างของแต่ละผู้ทดสอบชิมยกกำลังสอง) – ค่าปรับ

= $(2^2 + 1^2 + 2^2 + ... + 11^2) - 1,512.9$

= 504.1

Error SS = Total SS – SS Sample – SS panelists

= 504.1 – 212.60 – 192.77

= 98.73

นำค่าที่ได้ไปทดสอบ F-test ผลที่ได้แสดงดังตารางข้างล่าง

Source of variation	df	SS	MS	F-value
ตัวอย่าง	2	212.60	106.30	62.44**
ผู้ประเมิน	29	192.77	6.65	3.90**
ความคลาดเคลื่อน	58	98.73	1.70	
รวมทั้งหมด	89	504.10		

แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างในด้านความชอบของผลิตภัณฑ์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ดังนั้นการทดสอบว่าตัวอย่างใดที่มีความแตกต่างจึงต้องทำการทดสอบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ดังนี้

สิ่งทดลองที่		1	2	3
คะแนนของตัวอย่าง	=	86	188	95
ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง	=	คะแนนของตัวอย่าง/จำนวนของผู้ทดสอบชิม		
	=	2.87	6.27	3.17

ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างถูกนำมาเรียงจากมากไปหาน้อยใหม่ดังนี้

ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง	=	สิ่งทดลองที่ 2	สิ่งทดลองที่ 3	สิ่งทดลองที่ 1
		6.27	3.17	2.87

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of sample mean)

$$SE = \sqrt{\text{MS error / Number of judgements for each sample}}$$

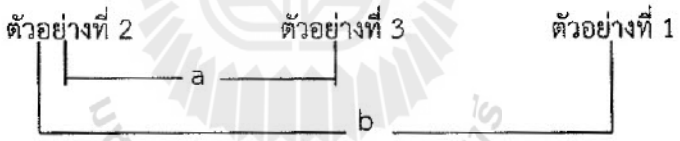
$$= \sqrt{(1.70/30)} = 0.24$$

ค่า "shortest significant range" สำหรับค่าเฉลี่ย 2 ค่า 3 ค่าสามารถหาได้จากการหาค่าของ "Studentized range ; rp" มาก่อนจากตารางสถิติ (Significant studentized ranges for 5% and 1% New Multiple range Test) สำหรับที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และร้อยละ 99 ตามลำดับ

ในกรณีนี้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะได้ค่า rpจากตารางสถิติ (Significant studentized ranges for 5% and 1% New Multiple range Test) ที่ df 60 เมื่อได้ค่า rpแล้วนำค่าดังกล่าวมาคูณด้วยค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of sample mean) จะได้ค่า "shortest significant range; rp" ดังแสดง

	5%		1%	
P	2	3	2	3
rp	2.83	2.96	3.76	3.92
Rp	0.68	0.71	0.90	0.94

ในการเปรียบเทียบหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่างกับค่า shortest significant range สามารถกระทำได้ง่ายและควรเป็นระบบโดยการเปรียบเทียบ ทั้งนี้วิธีการวิเคราะห์ของ shortest significant range มีดังนี้



ช่วง (Range) a = 2

b = 3

การเปรียบเทียบระหว่าง

ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 2 – ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 3 = 6.27 – 3.17 = 3.1 > 0.71

ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 2 – ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 1 = 6.27 – 2.87 = 3.4 > 0.68

ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 3 – ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 1 = 3.17 – 2.87 = 0.3 < 0.68

จากข้อนี้สรุปว่า ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 2 มีความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

และการเปรียบเทียบระหว่าง

ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 2 – ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 3 = 6.27 – 3.17 = 3.1 > 0.94

ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 2 – ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 1 = 6.27 – 2.87 = 3.4 > 0.90

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 3 – ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 1 = 3.17 – 2.87 = 0.3 < 0.90

จากข้อนี้สรุปว่า ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 2 มีความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 1
a	b	

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกตัวอย่างที่ 2 มีความแตกต่างในด้านการยอมรับของผู้ทดสอบชิมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยมีความแตกต่างจากตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 3 และระหว่างตัวอย่างที่ 3 กับตัวอย่างที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจึงควรคัดเลือกตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากถั่วเหลืองหมักผงผสมบุกสูตรที่ 2 ไปทำการพัฒนาและวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถั่วเน่าผง
(มผช. 1057/2548)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมถั่วเน่าที่อยู่ในลักษณะเป็นผงบรรจุในภาชนะบรรจุ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ถั่วเน่าผง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำถั่วเหลืองมาแช่น้ำแล้วนึ่งให้สุก หมักทิ้ งไว้จนเป็นยางและเปลี่ยนสี นำไปทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ หรือแหล่งพลังงานอื่น แล้วบดเป็นผง หรืออาจนำถั่วเน่าแผ่นมาบดเป็นผง

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นผงแห้ง ไม่เกาะกัน

3.2 สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของถั่วเน่าผง

3.3 กลิ่น

ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของถั่วเน่าผง ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นไหม้ เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 8.1 แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนนจากผู้ ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.4 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

3.5 ความชื้น

ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

3.6 อะฟลาทอกซิน

ต้องไม่เกิน ๒๐ ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

4. สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษณะในการทำถั่วเน่าผง ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุถั่วเน่าผงในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

5.2 น้ำหนักสุทธิของถั่วเน่าผงในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุถั่วเน่าผงทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน

(1) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ถั่วเน่าผง ถั่วเน่าบด

(2) ส่วนประกอบที่สำคัญ

(3) น้ำหนักสุทธิ

(4) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า"ควรบริโภคก่อน(วัน เดือน ปี)"

(5) ข้อแนะนำในการบริโภคและการเก็บรักษา

(6) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในกรณี ที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้ น

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่นในที่นี้ หมายถึง ถั่ วเน่าผงที่ทำในระยะเวลาเดียวกั น

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.4 ข้อ 5. และข้อ 6. จึงจะถือว่าถั่วเน่าผงรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่น ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 7.2.1 แล้ว จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ถึงข้อ 3.3 จึงจะถือว่าถั่วเน่าผงรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความชื้นและอะฟลาทอกซิน ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 200 กรั ม กรณีตั วอย่ างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่ มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.5 และข้อ 3.6 จึงจะถือว่าถั่วเน่าผงรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำ าหนด

7.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างถั่วเน่าผงต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 และข้อ 7.2.3 ทุกข้อ จึงจะถือว่าถั่วเน่าผงรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

8. การทดสอบ

8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่น

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบถั่วเน่าผงอย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 เทตัวอย่างถั่วเน่าผงลงในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและดม

8.1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 15

ตารางที่ 15 : หลักเกณฑ์การให้คะแนนการทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่นของถั่วเน่าผง (ข้อ 8.1.3)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน(คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องเป็นผง แห้ง ไม่เกาะกัน	4	3	2	1
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของถั่วเน่าผง	4	3	2	1
กลิ่น	กลิ่นต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของถั่วเน่าผง ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นไหม้	4	3	2	1

8.2 การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

8.3 การทดสอบความชื้นและอะฟลาทอกซิน

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.4 การทดสอบน้ำหนักสุทธิ

ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

ภาคผนวก ก. สุขลักษณะ (ข้อ 4.1)

ก.1 สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.1.1สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.1.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีฝุ่าขังแฉะและสกปรก

ก.1.1.2 อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน มากผิดปกติ

ก.1.1.3 ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.1.2 อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.1.2.1 พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.1.2.2 แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.1.2.3 พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.2.1 ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.2.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.3 การควบคุมกระบวนการทำ

ก.3.1 วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.3.2การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.4 การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.4.1 น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่ องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.4.2 มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.4.3 มี การกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ ง อย่ างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.4.4 สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำเพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.5 บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้ สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขา และเมื่อมือสกปรก

ประวัติผู้วิจัย

<u>หัวหน้าโครงการ</u>

นางปิยะวรรณ กาสลัก

นางปิยะวรรณ กาสลัก เกิดเมื่อวันที่ 12 เดือนมีนาคม พ.ศ.2502 ณ จังหวัดนครราชสีมา ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ สังกัดสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วท.บ. (ชีววิทยา)จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2523 จบการศึกษาระดับปริญญาโท (Biotechnology and Biochemistry) จาก Mie University ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี พ.ศ. 2536 และจบการศึกษาระดับปริญญาเอก (Applied Sciences and Biotechnology) จาก Mie University ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี พ.ศ. 2539

นางปิยะวรรณ กาสลัก ได้มีผลงานทางวิชาการดังต่อไปนี้

Gasaluck, P., Lumprai, S. and Chaiwat, K. 2012. Microbial and heavy metal contamination monitoring of ready-to eat food in Nakhon Ratchasima province. International Journal of Food, Nutrition and Public Health Vol.5No. 1/2/3

Thitikorn, M. and Gasaluck, P. 2011. Effect of freeze drying and maltodextrin on Poly glutamic acid production ability of *Bacillus subtilis* starter powder. In Proceeding International Food Conference "Life Improvement through Food Technology" Surabaya, October 28th-29th pp. 80-85

Natthida, C. and Gasaluck, P. 2011. Bacteriocin production and its crude characterization of lactic acid bacteria isolates from pickled Garcinia schomburgkiana pierre.Asian Journal of Food and Agro-Industry. 4(01), 54-64

Natthida, C. and Gasaluck, P. 2010. Bacteriocin production and its crude characterization of Lactic acid bacteria isolates from pickled Garcinia schomburgkiana Pierre. In Proceeding of 12th Food Innovation Asia Conference on Indigenous Food Research and Development to Global Market). BITEC, Bangkok, Thailand. June 17-18, pp. 640-649

Natthida, C. and Gasaluck, P. 2010. Morphological changes of *Bacillus cereus* TISTR 687 cells induced by crude bacteriocin producing *Lactococcus lactis* ssp. lactis 1. In Proceeding of 22nd Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology (TSB): International Conference on Biotechnology for Healthy Living. Prince of Songkla University, Trang Campos, Thailand. October 20-22.

Petchkongkaew, A., Taillandier,P., Gasaluck, P., and Lebrihi, A. 2008. Isolation of *Bacillus* spp. from Thai Fermented Soybean (Thua-nao): Screening for Aflatoxin B1 and Ochratoxin A detoxification. Journal of Applied Microbiology Vol.104 (No.5) 1495- 1502 (8)

Oonmetta-aree, J., Suzuki, T., Gasaluck, P., and Eumkeb, G. 2006. Antimicrobial Properties and Action of Galangal (Alpinia galanga Linn.) on *Staphylococcus aureus*. LWT Food Science and Technology (39) 1214-1220

Thongbai, B., Gasaluck, P., and Waites, W. M. 2006. Morphological changes of temperature- and pH-stressed Salmonella following exposure to cetylpyridinium chloride and nisin. LWT - Food Science and Technology. (39) 1180-1188

Thongbai, B., Waites, W. M. and Gasaluck, P. 2005. The susceptibility of Bioluminescent *Salmonella typhimurium* Contaminating Chicken Carcases to Cetylpyridinium Cholide and Nisin. Kasetsart Journal: Natural Science October-December 2005. Vol. 39 No. 4 (622-632)

Gasaluck, P. 1999. The Development of the Curricula of Food Technology of Suranaree University of Technology (SUT). In Proceedings of the International Workshop on University Education, Research and in Asia-Pacific Region, Mie University Press, April 6 and 7

Gasaluck, P., Yokoyama, K., Kimura, T. and Sugahara, I. 1996. The occurrence of *Bacillus cereus* in Local Thai Traditional Foods. J. Antibact. Antifung. Agents Vol 24. No. 5 (349-356)

Gasaluck, P., Yokoyama, K., Kimura, T. and Sugahara, I. 1996. Some Chemical and Microbiological Properties of Thai Fish Sauce and Paste. J. Antibact. Antifung. Agents Vol 24. No. 6, (385-390)

Chinzei, Y., Gasaluck, P., et al. 1995. "A Study of Three Endemic Diseases in Rural Areas of Northeast Thailand." International Scientific Research Program (Grant No. 04041057), Mie University, School of Medicine.

Gasaluck, P. 1994. "Thai Fermented Fish Sauce." In Proceedings of the International Seafood Research Meeting of Mie University, Mie Academic Press, September 30.

Hibasami, H., Midorikawa, Y., Gasaluck, P., Tsukada, T., Shirakawa, S., Yoshimura, H., Imai, M., Nakashima, K. 1992. Growth Inhibition of Canida By 15- Deoxyspergualin, an Immunosuppressive Agent Used In Experiment Organ Transplantation. Letters in Applied Microbiology. Vol 14 (81-83)

Hibasami, H., Midorigawa, Y., Gasaluck, P., Yoshimura, H., Masuji, A., Takaji, S., Nakasahima, K., Imai M. 1991. Bactericidal Effect of 15-Deoxyspergualin, on *Staphylococcus aureus*. J. Chemotherapy Vol. 37 (202-205)

Midorigawa, Y., Hibasami, H., Gasaluck, P., Yoshimura, H., Masuji, A., Nakashima, K. and Imai, M. 1991. Evaluation of the Antimicrobial Activity of Methyglyoxal Bis (Guanylhydrazone) Analogdes, The Inhibitors for Polyamine Biosynthetic pathway. J. Applied. Bacteriol Vol 70 (291-293)

Gasaluck, P., Midorigawa, Y., Imai, M. and Yoshimura, H. 1990. Enteropathogenic E.coli (ETEC) Isolation in Northeast Thailand and Their Resistance to Antibiotics. Mie Medical Journal Vol 40 (3):379-384.

Thongrajai, P., Chanarat, P., Kulapongs, P., Chanarat, N., Gasaluck, P. and Kaewpila, S. 1988. Epidermiological Assessment of Anti-HIV I Anti-bodies in Thailand, Sounteast Asian J.Trop.Med.Pub.Hith Vol 19. No. 4 Dec.

Thongrajai, P., Chanarat, P., Kulapongs, P., Chanarat, N. and Gasaluck, P. 1988. Seroepidemiology of Anti-HIV I Antibodies. In Thailand, Srinagarind Hospital Medicine Vol 3. No. 4, Oct-Dec.

Thongrajai, P., Gasaluck, P. et al. 1986. Detection of Anti-Rota Virus Secretory IgA by ELISA. The Second Annual Meeting on Faculty of Medicine Khon Kaen University.

Thongrajai, P., Gasaluck, P. et al., 1986. Diarrhoea in Children in Rural Thailand. 1986. A Full research report to the USAID Department of Microbiogy Faculty of Medicine Khon Kaen University.

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย การศึกษาอายุการเก็บของขนมถั่วอบเทียน 2552

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย การใช้ไนซินในการยับยั้งการงอกของสปอร์ *Clostridium* spp. ที่คัดแยกมาจากชิ้นปลาที่บรรจุในสภาวะการปรับเปลี่ยนบรรยากาศ

นางปิยะวรรณ กาสลัก ผู้ร่วมโครงการวิจัยการวิจัย สถานการณ์ความปลอดภัยด้านผักและผลไม้กรณีตลาดนัด-รถเร่ (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง) 2548

นางปิยะวรรณ กาสลัก ผู้ร่วมโครงการวิจัย โครงการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในโรงฆ่าสุกร การขนส่งจากโรงฆ่าไปยัง จุดจำหน่าย และแหล่งจำหน่ายเนื้อสุกร ในเขตจังหวัดนครราชสีมาและอุบลราชธานี 2552

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย โครงการ "การยืดอายุการเก็บรักษาขนมถั่วกวนอบเทียน" 2553

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย โครงการ "การพัฒนากุนเชียงไขมันต่ำ" 2553

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย โครงการเรื่อง "การศึกษาผลการเติม แคลเซียมเบนโทไนต์ ในอาหารสัตว์ต่อการดูดซับสารพิษจากเชื้อรา" 2553

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย : โครงการเรื่อง "สารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากการหมักผลเชอร์รี่เปรี้ยว (*Prunus cerasus* L.)" 2553

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย : โครงการเรื่อง "การเฝ้าระวังการปนเปื้อนจุลินทรีย์และโลหะหนักในอาหารสำเร็จรูป เพื่อจำหน่ายในเขตจังหวัดนครราชสีมา" 2553

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย : โครงการเรื่อง "การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ถั่วหมัก โดยการใช้ *Bacillus subtilis* เป็นกล้าเชื้อในการหมัก" 2553

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการ: การจัดทำระบบ GMP สำหรับน้ำปรุงรสผัดหมี่ 2555

ที่อยู่ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
จังหวัด นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 0-4422 - 4270 โทรสาร 0-4422 – 4387
Email address: piyawan@sut.ac.th

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ เกิดเมื่อวันที่ 7เดือน กันยายน พ.ศ. 2508 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วท.บ. (พยาบาล) จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2530 จบการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร จาก Dalhousie University ประเทศแคนาดา เมื่อปี พ.ศ. 2543 และจบการศึกษาระดับปริญญาเอก วท.ด. (เทคโนโลยีอาหาร) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุนารี เมื่อปี พ.ศ. 2549

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ ได้มีผลงานางวิชาการดังต่อไปนี้

Singthong, J., Oonsivilai, R., Oonmetta-aree., and Ningsanond, S. 2014. Bioactive compounds and encapsulation of Yanang (Tiliacora Triandra) leaves. African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines. Vol. 931-932: 76 – 84.

Chaicharoenaudomrung, N., Oonsivilai, A., Oonsivilai, R. 2014. Chlorophylls contents in Echinocactus grusonii extract. Advanced Materials Research. Vol. 931-932: 1507-1511.

Samruan, W., Gasaluck, P., and Oonsivilai, R. 2014. Total phenolics and flavonoid contents of soybean fermentation by *Bacillus subtilis* SB-MYP-1. Advanced Materials Research. Vol. 931-932: 1587 – 1591.

Chirinang, P., Oonsivilai, R., and Kulrattanarak, T. 2014. Ultrasound assisted extraction for preparation dietary fiber from cassava pulp. Advanced Materials Research. Vol. 931-932: 1502 -1506.

Samruan, W. Oonsivilai, A., and Oonsivilai, R. 2012. Soybean and fermented soybean extract antioxidant activities. World Academy of Science, Engineering and Technology Journal. 72: 1169-1172

Oonsivilai, R., Oonsivilai, A., and Piwondee, A. 2012. Effect of Rang Chuet Extract on Rat Liver Xenobiotic-Metabolizing Enzyme. World Academy of Science, Engineering and Technology Journal.. 72: 1142-1144.

Singthong j., R. Oonsivilai, J. Oonmetta-aree, S. Ningsanond. 2012. Phytochemical profiles, antioxidant activity, and cytotoxicity of Cissampelos pareira (Krueo Ma Noy) extract on Caco-2 cells. The 14th Food Innovation Asia Conference 2012. BITEC, Bangna, Bangkok, June 14-15, Poster Presentation.

Posridee, K., Sripa, B., Jitsomboon, B. and Oonsivilai, R. 2012. The Sub-chronic oral toxicity study of Rang Chute extracts. IFT Annual Meeting 2012, Las Vegas, USA, June 23-29, Poster Presentation.

Oonsivilai, R., Singthong, J. Oonmetta-aree, J., and Ningsanond, S. 2012. Bioactivity, antioxidant activity, and cytotoxicity of Yanang, Kreu-Ma Noy, and Rang Chuet extracts. IFT Annual Meeting 2012, Las Vegas, USA, June 23-29, Poster Presentation.

Oonsivilai, R., Chanphuak, C., Srisutor, P., Kulrattanarak, T., Sutheerawattananond, M.,

and Oonsivilai, A. 2011. Dietary Fiber Prepared from Cassava byproduct. World Academy of Science, Engineering and Technology Journal. 60: 1120-1123.

Oonsivilai, R., Manatwiyangkool, J. and Oonsivilai, A. 2011. Extraction Condition of Phaseolus vulgaris. . World Academy of Science, Engineering and Technology Journal. 60: 382-385.

Singthong, J. **Oonsivilai,** R., Oonmetta-aree., and Ningsanond, S. 2011. Phytochemical profile, antioxidant activity and cytotoxicity of Tiliacora triandra (Colebr.) Diels. (Yanang) extracts on Caco-2-cells. The 5th Thailand Congress of Nutrition 2011. September 5-7. Oral Presentation.

Posridee, K., Sripa, B. Jitsomboon, B., and **Oonsivilai, R. 2011. Acute oral toxicity study of *Thunbergia laurifolia* Linn. Extracts. Asean Food Conference 2011. June, 16-18.

Manatwiyangkool, J. **Oonsivilai, R. 2011. Modification of method for phaseolamin extraction from white kidney beans (Phaseolus vulgaris.). Asean Food Conference 2011. June, 16-18.

**Posridee, K., Sripa, B. Jitsomboon, B., and Oonsivilai, R. The acute oral toxicity determination (LD50) of Rang Chute extract. 3rd SUT Graduate Conference. November 21-23, 2010.

Manatwiyangkool, J. **Oonsivilai, R. 2010. Phaseolamin in white kidney beans (Phaseolus vulgaris.). 4th Thailand Congress of Nutrition. Sep, 5-7.EX-P-11(P33).

****R. Oonsivilai,** N. Chaijareonudomroung, Y. Huantanom., and A. Oonsivilai. 2010. Extraction condition of *Echinocactus grusonii*. World Academy of Science, Engineering and Technology Journal. 70: 366: 369.

****Oonsivilai,** R. and Oonsivilai, A. 2010. Differential evolution application in temperature profile of fermenting. WSEAS TRANSACTION on SYSTEMS. Issue. ISSN: 1109-2777. Issue 6(9): 618-628.

****Oonsivilai,** R. and Oonsivilai, A. 2010. Temperature profiling during fermenting processing differential evolution. Proceeding of the 9th WSEAS International conference on energy and environment. February 23-25, Cambridge, London

Oonsivilai, A. and **Oonsivilai, R. 2009. A genetic algorithm application in natural cheese products. WSEAS TRANSACTIONS on SYSTEMS. Issue 1, Vol 8, January, ISSN : 1109 – 2777, pp: 44 – 54.

****Oonsivilai,** R and Oonsivilai, A. 2008. Apply a genetic algorithm to natural cheese product. Proceeding of the 8th WSEAS International conference on applied computer science (ACS'08). ISSN 1790 – 5109, pp: 269 – 274.

Oonsivilai, A. and **Oonsivilai, R. 2008 Parameter Estimation of Frequency Response Twin-Screw Food Extrusion Process using Genetic Algorithm. WSEAS TRANSACTIONS on SYSTEMS. Issue 7 Volume 7, July, ISSN: 1109 – 2777

**Oonsivilai, R. and Oonsivilai, A. 2008. Genetic Algorithm Approach to Twin-Screw Food Extrusion Process Frequency Domain Parameter Estimation. Proceeding of the 7th WSEAS International Conference on Applied Computer & Applied Computational Science (ACACOS' 08), Hangzhou, China, April 6-8. pp: 645 – 650.

Oonsivilai, R., Ferruzzi, M.G., and Ningsanond, S. 2007. Antioxidant activity and Cytotoxicity of Rang Chuet (Thunbergia laurifolia Lindl.) Extracts. As. J. Food Ag-Ind. 1(02): pp 116 – 128.

**Oonsivilai, R. and Oonsivilai, A. 2007. Probabilistic neural network for β-glucan suspensions. Proceeding of the 7th WSEAS International Conference on Simulation, Modeling and Optimization, Beijing, China, September 15-17.

**Oonsivilai, R. and Oonsivilai, A. 2007. Probabilistic neural network for β-glucan suspensions. Proceeding of the 7th WSEAS International Conference on Simulation, Modeling and Optimization, Beijing, China, September 15-17.

Oonsivilai, R., Ferruzzi, M.G., and Ningsanond, S. 2007. Antioxidant activity and Cytotoxicity of Rang Chuet (*Thunbergia laurifolia* Lindl.) Extracts. Presented at FoSTAT 2007. BITEC, June 14-15, Bangkok, Thailand.

Oonsivilai, R., Cheng, C., Bomser, J.A., Ferruzzi, M.G., and Ningsanond, S. 2007. Phytochemical profiling and detoxification properties of *Thunbergia Laurifolia* Lindl (Rang Chuet) extracts. Journal of Ethnopharmacology 114: 300– 306.

Oonsivilai, R., Cheng, C., Ningsanond, S., Bomser, J.A. and Ferruzzi, M.G. 2006. Induction of quinone reductase activity in murine hepatoma cells by extracts of *Thunbergia Laurifolia* Lindl. *FASEB Journal*. Vol. 20, no. 4, Part 1: A154

Speers, R. A., Patelakis, S.J.J., A. T. Paulson, and **Oonsivilai, R.** 2004. Shear rate during brewing operations. MBAA TQ vol. 41, no. 3, pp. 241-247.

Oonsivilai, R., Speers, R.A. and Paulson, A.T. 2000. Effects of pH, maltose and ethanol on the physical properties of model beta-glucan suspensions. Presented at IOB 2000, Institute of Brewing, Asia-Pacific Section 26th Convention, Mar. 19-24, Singapore, SGP.

Oonsivilai, R. Patelakis, S.J.J., Speers, R.A., and Paulson, A.T. 1999. Rheological and filtration properties of beta-glucan polymers in the brewing process. CIFST Annual Meeting, Presentation #OR-12, June 6-9, Kelowna, BC.

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของถั่วเหลืองและถั่วขาวที่ผ่านการหมัก 2556

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการ การเตรียมสารสกัดอุดมด้วยวิตามินซีจากหัวไชเท้า ทุนวิจัย สกว. 2550

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจี่ยวกู้หลาน ทุนวิจัย SUT-UBI

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการ iTAP: การเตรียมโรงงานเพื่อขอการรับรองระบบ GMP

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการ iTAP: การพัฒนาผลิตภัณฑ์สาหร่ายเส้นแก้ว

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการ UBI: การยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์สาหร่ายเส้นแก้ว

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการ iTAP: โครงการการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาล้างเครื่องซักผ้า

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการ การศึกษาการปรับแต่งกระบวนการหมักเบียร์ที่เหมาะสมโดยใช้ profile ของอุณหภูมิเป็นตัวกำหนด

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการ UBI: การพัฒนาผลิตภัณฑ์เคอรี่พัฟฟ์

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการ UBI: การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มสุกี้

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการ ฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของสารสกัดรางจืด ย่านางและ เครือหมาน้อย

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการ การศึกษาพิษกึ่งระยะยาวของสารสกัดรางจืด

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการ iTAP: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเห็ดกึ่งสำเร็จรูป

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการ การสกัดฤทธิ์ทางชีวภาพ และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของไกลโคไซด์จากกระบองเพชรและลีลาวดี

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการ การเตรียมสารสกัดน้ำมันเมล็ดทับทิมด้วยวิธีสกัดเย็น

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ ผู้เชี่ยวชาญโครงการ iTAP : การผลิตเครื่องดื่มเชิงหน้าที่จากสารสกัดที่ได้จากธรรมชาติ

นางรัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ หัวหน้าโครงการ การประยุกต์ใช้ neural network สำหรับหาค่าความเข้มข้นวิกฤตในสารละลาย beta-glucan แหล่งทุน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทุนวิจัยอาจารย์ใหม่ 2543

ที่อยู่ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัด นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 0-4422 - 4232 โทรสาร 0-4422 – 4387
Email address: roonsivi@sut.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี