ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง การพัฒนาคุณภาพโปรตีนในเทมเป้

(The Development of Protein Qualities in Tempeh)

โดย นางสาวศุภร วนาอินทรานุช

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก...

.....ชอบ ลงชื่อ..... ...17/มี.ค./32... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(นางสาวพอใจ ลิ้มพันธ์อุดม)

....30/มี.ค./32... กรรมการของภาควิชา

(นางอนงค์ วรอุไร)

..../...../... กรรมการของภาควิชา

(นางสาวรุ่งนภา พงษ์สวัสดิ์มานิต)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(นางสาวเยาวลักษณ์ สุรพันธศิษย์)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ ...30... เดือน .....มี.ค..... พ.ศ. ...32...

ปพ.
ส7147
2531

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว.698

ปัญหาพิเศษ (45497)

เรื่อง

การพัฒนาคุณภาพโปรตีนในเทมเป้

(The Development of Protein Qualities in Tempeh)

T096980

โดย

นางสาวศุภร วนาอินทรายุธ

เสนอ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2532

ปพ.
ศ741ก
2532

ฉบหมู่.....
ลขทะเบียน.....96980
วัน เดือน ปี.....- 5 JUN 2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

เทมเป้ (Tempeh or tempe) เป็นอาหารหมัก (Fermented food) ที่นิยมทำจากถั่วเหลือง แต่เนื่องจากว่าคุณภาพโปรตีนในถั่วเหลืองยังมีปริมาณ Methionine ต่ำ จึงมีการนำธัญพืชลงไปผสม เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณ methionine ให้สูงขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บดเสี้ยวเพราะหางาย สะดวกต่อการหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำ Tempeh และมีปริมาณ Methionine สูงด้วย เราเรียกการทำเทมเป้ลักษณะนี้ว่า Mixed Tempeh จากการวิจัยได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบอาหารของถั่วเหลืองและเทมเป้จากถั่วเหลืองพบว่าปริมาณ Protein, Crude fiber, Ash และ Reducing sugar ในเทมเป้สูงขึ้น จากนั้นจึงศึกษาสภาวะในการเตรียมตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บดเสี้ยวโดยใช้การต้มและการนึ่งเป็นตัวแปร พบว่า เมื่อนำข้าวโพดมาต้มจนเกือบแล้วต้มต่ออีก 10 นาที แช่น้ำทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง แล้วนำมานึ่งในรังถึง 10 นาที มีการเจริญดีที่สุด เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบอาหารของ Tempeh จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บดเสี้ยวแล้วเปรียบเทียบกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บดเสี้ยวปรากฏว่า มีปริมาณ Protein, crude fiber, Reducing sugar มากกว่า หลังจากนั้นจึงนำมาศึกษาหาอัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อข้าวโพดอาหารสัตว์บดเสี้ยวในอัตราส่วน 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10 พบว่าอัตราส่วน 80:20 มีการเจริญดีที่สุด และมีปริมาณ Protein สูงด้วย ซึ่งการเตรียมถั่วเหลืองสามารถทำได้โดยนำถั่วเหลืองไปล้างแล้วคัดเมล็ดลีบออกเสีย จากนั้นนำไปต้ม 30 นาที แช่ค้างคืน ปลอกเปลือกถั่วออกให้หมด จึงนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ นึ่งประมาณ 30 นาที จึงใส่หัวเชื้อ Laru ลงไป ส่วนการศึกษาโดยใช้เวลาและปริมาณหัวเชื้อเป็นตัวแปรใน Mixed Tempeh พบว่า ที่ 0.05 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีการเจริญดีที่สุด จึงนำไปวิเคราะห์ปริมาณ Essential Amino Acid ปรากฏว่า Mixed Tempeh มีปริมาณ Methionine, Valine, Leucine, Phenylalanine, Tryptophane Lysine, Isoleucine สูงกว่า Tempeh จากถั่วเหลือง โดยคิดเทียบเป็น mg ต่อกรัมของโปรตีน สำหรับการศึกษา การทำ Mixed Tempeh มาผสมในขนมปังแซนวิช พบว่า การเพิ่มปริมาณโปรตีนโดยใช้ผง Mixed Tempeh ซึ่งเตรียมได้โดยนำ Mixed Tempeh ที่บ่มใน Petridish ไปหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 1 x 1 x 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นจึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปนึ่ง 30 นาที แล้วอยู่ที่ 70 °C ประมาณ 24 ชั่วโมง ให้แห้งแล้วจึงนำมาบด พบว่า
ในอัตราส่วนของ Mixed Tempeh ต่อแป้งสาลี ไม่มากกว่า 10 เปอร์เซนต์ ยังเป็นที่ยอมรับ
อยู่ ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารสูงขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความเกื้อกูลจากท่านอาจารย์วราวุฒิ ครูส่งและท่านอาจารย์พอใจ สิ้มพันธ์อุดมที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและให้คำแนะนำตลอดจนคำอธิบายหลายประการ ตลอดจนเพื่อน พี่ และน้องในภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรที่ได้ให้ความช่วยเหลือในระหว่างการทดลอง จึงขอบคุณมา ณ ที่นี้

สุดท้ายนี้ต้องกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ความกรุณาสนับสนุนให้กำลังใจตลอดเวลาที่ศึกษาเล่าเรียนมาและท่านอาจารย์วรรณา ตั้งเจริญชัยที่กรุณาช่วยจัดการทุนในการวิจัยในการวิเคราะห์กรดอะมิโน

นางสาวศุภร วนาอินทรายุธ

17 มีนาคม 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

	หน้า
สารบาญตาราง	1
สารบาญภาพ	3
คำนำ	5
การตรวจเอกสาร	7
อุปกรณ์และวิธีการ	22
อุปกรณ์	22
ขั้นตอนการวิจัย	25
ผลการทดลอง	28
วิจารณ์ผลการทดลอง	47
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก	61
ภาคผนวก ก	62
ภาคผนวก ข	63
ภาคผนวก ค	64
ภาคผนวก ง	65
ภาคผนวก จ	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบโดยประมาณในส่วนต่าง ๆ ของถั่วเหลือง	16
2	ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นที่ร่างกายต้องการในแต่ละวัน เปรียบเทียบกับกรดอะมิโนที่จำเป็นในโปรตีนถั่วเหลือง	17
3	ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น (mg) ในถั่วเหลือง และข้าวโพด 100กรัม ต่อปริมาณโปรตีน 1 กรัม	18
4	องค์ประกอบอาหารของข้าวโพด	19
5	ผลการวิเคราะห์ proximate analysis, reducing sugar ,pH และ acidity ของถั่วเหลือง ข้าวโพดและ tempeh จากถั่วเหลือง	29
6	ลักษณะการเจริญของtempehจากข้าวโพด	30
7	ผลการวิเคราะห์ proximate analysis, reducing sugar, pH และ acidity ของผง tempeh จากข้าวโพดอาหารสัตว์บดเสี้ยว	32
8	ลักษณะการเจริญเติบโตของ mixed tempeh ที่อัตราส่วนต่าง ๆ	33
9	ผลการวิเคราะห์ proximate analysis, reducing sugar, pH และ acidity ของmixed tempeh ในอัตราส่วนต่าง ๆ	34
10	ลักษณะการเจริญเติบโตของ mixed tempeh ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน	35
11	ผลการวิเคราะห์ pH ของ mixed tempeh ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	ผลการวิเคราะห์หา acidity ของ mixed tempeh ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน	39
13	ผลการวิเคราะห์ reducing sugar ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน	41
14	ผลการวิเคราะห์ proximate analysis ของ mixed tempeh ที่ 24 ชั่วโมง ปริมาณหัวเชื้อ 0.05 เปอร์เซนต์	43
15	ผลการวิเคราะห์ essential amino acid ของเทมเป้จากถั่วเหลืองและ mixed tempeh ในอัตราส่วนเวลาและปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสม	44
16	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของการผสม mixed tempeh ลงในขนมปังแซนวิช	45
17	ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างขนมปังแซนวิชที่ผสมผง mixed tempeh ในอัตราส่วนต่าง ๆ	46
ตารางผนวกที่		
1	ผลจากการวิเคราะห์ protein ในตัวอย่าง corn tempeh	80
2	ผลจากการคำนวณทางสถิติของ protein ใน corn tempeh โดยใช้ simple randomized Experiment	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงภาคตัดขวางของถั่วเหลืองซึ่งอบด้วยไอน้ำ	8
2	แสดงภาคตัดขวางของ Tempeh ที่หมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง	8
3	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของ Pantothenic acid และไวตามิน บี6	11
4	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของ Thiamineและ riboflavin ในระหว่างการหมักของ Tempeh	11
5	แสดงภาคตัดขวางของถั่วเหลือง	15
6	แสดงลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าวโพด	19
7	แสดงโครงสร้างของ Rhizopus Olizosporus	20
8	แสดงถั่วเหลือง , soybean tempeh และที่บดเป็นผงแล้ว	28
9	แสดงลักษณะของเทมเป้ที่ได้จากข้าวโพด	31
10	แสดง mixed tempeh และผง mixed tempeh ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน	33
11	แสดง mixed tempeh และผง mixed tempeh ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน	36
12	แสดง pH ของ mixed tempehที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	แสดงผลการวิเคราะห์ acidity ของ mixed tempeh ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน	40
14	แสดงผลการวิเคราะห์ reducing sugar ของ mixed tempeh ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน	42
15	แสดงลักษณะของขนมปังแซนวิชที่ได้จากการผสม mixed tempeh ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน	45
ภาพผนวกที่		
1	แสดงเครื่องมือวิเคราะห์หา Protein แบบ Kjeldehl method	63
2	แสดงเครื่องมือวิเคราะห์หาไขมันแบบ Soxhlet	70
3	แสดงตู้อบแบบ Hot air oven	71
4	แสดงเครื่องมือวัด pH	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

เทมเป้(Tempeh หรือTempe.) เป็นอาหารหมัก (Fermented Food) ที่นิยมทำจากถั่วเหลืองได้จากการหมักด้วยเชื้อรา Rhizopus ซึ่งนิยมใช้ Rhizopus Oligosporus เนื่องจากเจริญเติบโตง่ายในสภาวะร้อนชื้น เทมเป้เป็นอาหารที่นิยมรับประทานในประเทศอินโดนีเซีย ลักษณะของเทมเป้มีลักษณะคล้าย Cake คือ มีลักษณะเป็นแผ่นหนา ๆ ของถั่วซึ่งอัดกันแน่นด้วยMycelium สีขาวของเชื้อรา ซึ่งในการนำถั่วเหลืองมาหมักด้วยเชื้อรานั้นเพื่อให้มีกลิ่นรส ลักษณะเนื้อ คุณค่าทางอาหารและการย่อยดีขึ้น ถึงแม้ว่าถั่วเหลืองจะมีโปรตีนและสารอาหารอื่น ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามินสูงก็ตาม แต่ก็มีเพียงบางส่วนของโปรตีนและสารอาหารอื่น ๆ เท่านั้นที่ร่างกายสามารถใช้ได้ โดยที่ระหว่างการหมักเทมเป้ด้วยเชื้อรา Rhizopus Oligosporus ในระยะสั้น ๆ จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในถั่วเหลืองโดยสามารถนำโปรตีน และสารอาหารอื่น ๆ มาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น และยังทำให้กลิ่นถั่ว(aroma) ดีขึ้น โดยกลิ่นถั่วมาจากสารประกอบพวก Carbonyl compound เช่น Hexanol และ Pentanol ซึ่งพวก Carbonyl compound เหล่านี้จะถูกทำลายโดยการหมักด้วยเชื้อ Rhizopus Oligosporus นอกจากนี้ยังทำให้รสชาติ (flavor) และลักษณะเนื้อ (texture) ดีขึ้น ดังนั้น หากมีการขยายการนำ Tempeh จากอุตสาหกรรมภายในบ้าน มาเป็นอุตสาหกรรมใหญ่ ๆ เพื่อจะได้เพิ่มผลผลิตทางด้านอาหารโปรตีนให้มากขึ้น เพราะทุกวันนี้อาหารจากแหล่งต่าง ๆ เช่น เนื้อสัตว์ มีแนวโน้มลดลงและราคาสูงขึ้นเรื่อย ๆ ด้วยเหตุนี้ เทมเป้จึงเหมาะสำหรับนำมาแก้ไขปัญหาการขาดแคลนโปรตีนของประเทศไทยได้ดี ซึ่งจะเป็นการวางรากฐานทางโภชนาการระยะยาวไปในตัวอีกด้วย นอกจากนี้ ถั่วเหลืองในประเทศไทยเป็นพืชที่มีมานานแล้วและมีจำนวนมาก แต่เนื่องจากโปรตีนที่ได้จากถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่มีปริมาณ methionine ต่ำอยู่ซึ่งเป็น essential amino acid ตัวหนึ่งจึงได้นำข้าวโพดซึ่งเป็นธัญพืชที่มีปริมาณ methionine สูง และหาง่าย รวมทั้งหาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อราได้ง่าย (วราวุฒิ ครุส่ง, 2530) เมื่อนำมาผสมกับถั่วเหลืองก่อนจึงนำมาหมักด้วยเชื้อรา ซึ่งเราเรียกเทมเป้ลักษณะนี้ว่า "Mixed Tempeh"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาถึง

1. การผลิต tempeh ที่มีปริมาณ methionine สูงขึ้น
2. สภาวะที่เหมาะสมในการทำ "Mixed Tempeh"
3. การนำ mixed tempeh เพิ่มโปรตีนในขนมปังแซนวิช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

เทมเป้ (Tempe or Tempeh) เป็นอาหารหลักของอินโดนีเซีย (Indonesia) นิวกีนี (New Goinea) และซูรินาม (Sorinam) มานานแล้ว แต่ยังไม่เป็นที่รู้จักหรือแพร่หลายในประเทศอื่น ๆ ในแถบตะวันออก แม้ว่าจะมีการผลิต Tempeh บ้างในฮอลแลนด์ (Holland) ในบางประเทศ มีการผลิต tempeh โดยใช้เนื้อมะพร้าวแห้งแทนถั่วเหลืองที่เรียกว่า Tempeh bongrek (bongrek = copra) แต่ที่ทำจากถั่วเห ลืองเรียกว่า Tempeh Kedelee (Kedelee. soybean)

เรื่องเกี่ยวกับ tempeh ในตอนเริ่มแรกมีเพียง 2 ฉบับเท่านั้น คือ Stahel 1946 และ Van Veen and Schacfer1950 Stahel ซึ่งเป็นผู้อำนวยการของ The Agricultural Experiment Station Paramaribo, Suriman ได้เล่าถึงว่า ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 อเมริกาได้ส่งถั่วเหลืองไปให้ชาวยุโรป และ ชาวอินโดนีเซีย ซึ่งอยู่บนเกาะนิวกีนี และพวกเขาก็ได้นำถั่วเหลืองนี้มาทำ tempeh ก่อนแล้วค่อยรับประทาน และพบว่าเป็นอาหารมีรสอร่อย หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 Van Veen พบว่า tempeh มีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น และจะย่อยได้ง่ายกว่าถั่วเหลืองที่สุกเฉย ๆ และการเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผลมาจากเชื้อรา Strain Rhizopus ซึ่งขึ้นบนถั่ว และในสมัยนั้นก็ได้นำ Tempeh นี้ไว้เลี้ยงพวกนักโทษ ซึ่งทำให้พวกนักโทษมีชีวิตรอดอยู่ได้ ทั้ง stahel and Van Veen and Schacfer กล่าวว่า Rhizopus ที่ใช้ทำ Tempeh คือ Rhizopus Oryzae Geerligs ส่วน Burkill (1935) กล่าวว่าจุลินทรีย์ที่ใช้คือ Aspergillus Cryzae

เทมเป้ในการวิจัยนี้ได้จากการนำถั่วเหลืองมาทำให้สุกดังรูปที่ 1 และ 2 เชื้อรา Rhizopus Oligosporus เป็นเวลา 24–30 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20–40° C จนเกิดสีขาวขึ้น ยึดถั่วเหลืองไว้เป็นแผ่นเดียวกัน โดยไม่มีสปอร์สีดำเลย ก็จะได้เทมเป้ที่พร้อมจะนำมารับประทานโดยอาจจะนำมาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ แล้วนำมาทอด หรืออบให้แห้งบดเป็นผงใส่ลงในขนมปัง คุกกี้ หรือเค็กก็ได้ โดยที่เทมเป้นั้นมีคุณค่าแก่ผู้บริโภคหลายประการดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 1 Hydrated steamed soybeans x 500.

รูปที่ 1 แสดงภาคตัดขวางของถั่วเหลืองซึ่งอบด้วยไอน้ำ

Tempeh 24 hours Tempeh 72 hours

รูปที่ 2 แสดงภาคตัดขวาง [illegible] Tempeh ที่หมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและ 72 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เทมเป้มีโปรตีนสูงทั้งคุณภาพและปริมาณ โดยในถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนอยู่สูง เมื่อหมักเป็นเทมเป้แล้วโปรตีนยังคงสูงเหมือนเดิม และคุณภาพโปรตีนในเทมเป้ก็จะสูงขึ้น โดยโปรตีนหลังการหมักจะมีค่าสัมประสิทธิ์ของความสามารถในการย่อย (Digestibility Coefficient) สูง แสดงว่าร่างกายสามารถย่อยโปรตีนจากเทมเป้ได้ดีโดยธรรมชาติของถั่ว ถั่วมีสาร Antiphysiological factors หลายชนิด เช่น trypsin inhibitors, amylase inhibitor และ hemagglutinins สาร trypsin inhibitors สามารถป้องกันการย่อยของโปรตีนจากถั่วได้ inhibitors ในถั่วนั้นมีอยู่ 2 ชนิดคือ ชนิดที่ความร้อนทำลายได้ง่าย เรียกว่า "True Trypsin inhibitors" และสารที่ทนความร้อนได้ดี เช่น พวก tannin หรือ polyphenal compounds โปรตีนชนิดที่ละลายน้ำได้จะถูกย่อยได้ยากกว่าชนิดที่ไม่ละลายน้ำ (Hulse et at., 1977) โปรตีนส่วนนี้มีผลทำให้การย่อยของโปรตีนชนิดอื่น ๆ ลดน้อยลงด้วย เมื่อรับประทานพร้อมกัน เช่น การรับประทานถั่วพร้อมกับน้ำที่ใช้ต้มจะมีการย่อยน้อยกว่า การรับประทานถั่วต้มเพียงอย่างเดียว และความร้อนที่ใช้ทำลาย trypsin inhibitors ยังสามารถเพิ่มกรดอะมิโนบางชนิดได้ด้วย โดยเฉพาะเมทไธโอนีน และซีสเตอีน ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของ trypsin inhibitors แต่การใช้ความร้อนจะต้องมีความระมัดระวังในเรื่องอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ ถ้าใช้ความร้อนสูงเกินไปจะมีผลทำให้การย่อยลดน้อยลง ทั้งนี้เพราะกรดอะมิโนบางตัว เช่น lysine จะรวมตัวกับสารประกอบอื่น ๆ ในอาหาร เกิดเป็นสารประกอบที่ย่อยไม่ได้ ดังนั้น แฟคเตอร์ที่ควบคุมการย่อยของโปรตีนจากถั่วนั้นมีอยู่ 4 ประการ คือ ธรรมชาติของถั่ว การเก็บ การใช้ความร้อน และ อัตราความเร็วของการย่อย จากการที่เทมเป้มี essential amino acid ทั้ง 8 ตัว ซึ่งร่างกายของคนเราไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้ ดังนั้น จึงเรียเทมเป้ได้ว่า "Complete Proteins" นอกจากนี้แล้วในโปรตีนของถั่วเหลืองมีไลซีนในปริมาณสูงแต่มี methionine ต่ำในขณะที่เมล็ดธัญญพืชมีไลซีนในปริมาณต่ำ แต่มี methionine สูง ดังนั้น เราจึงสามารถใช้ถั่วเหลืองผสมกับเมล็ดธัญญพืชเพื่อทำเทมเป้ จะทำให้คุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะปริมาณไลซีนสูงขึ้นด้วย ในการทำเทมเป้ลักษณะนี้ เรียกว่า "Mixed Tempeh"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เทมเป้เป็นแหล่งของวิตามิน B 12 จากการศึกษาพบว่า เทมเป้จะมีวิตามิน B 12 เท่ากับ 150 นาโนกรัมต่อถั่วเหลือง 1 กรัม (วิตามิน B 12 นี้เกิดขึ้นจากกิจกรรมของแบคทีเรีย Klebsiella pneumoniae ซึ่งเจริญขึ้นในระหว่างการหมักเทมเป้ที่ใช้น้ำจากลำคลองในการผลิต) วิตามิน B 12 นี้จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ เพราะใช้ในการสร้างเม็ดเลือดแดง และยังป้องกันโรคโลหิตจาง (penicious anemia) อีกด้วย

นอกจากนี้ Riboflavin, Vitamin B 6, Nicotinic acid และ Pantothenic a จะเพิ่มขึ้นในระหว่าง fermentation โดยเฉพาะในเวลา 48–72 ชั่วโมง (ดังแสดงในรูปที่ 3) ส่วนปริมาณ Thiamine จะเพิ่มขึ้นในระหว่างการหมักในช่วง 24 ชั่วโมงแรก หลังจากนั้น มันจะลดลง เชื้อจะใช้ Thiamine ประมาณ 1 ใน 3 ในการเจริญเติบโตของเชื้อ (ดังแสดงในรูปที่ 4)

3. เทมเป้มีปริมาณไขมันต่ำ (Low in saturated Fats) แต่ในขณะเดียวกันก็มี lecithin รวมกับ essential polyunsaturated เช่น linoleic acid และ linolenic acid ในปริมาณมาก ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวผสมที่เรียกว่า emulsifier และกำจัดการสะสมคลอเรสเตอรอล และกรดไขมันชนิดอื่น ๆ ตามอวัยวะและกระแสโลหิต

4. เทมเป้เป็นตัวลดคลอเรสเตอรอล (A cholesterol Reducer) อย่างที่ทราบกันดีว่า คลอเรสเตอรอลเป็นสาเหตุของ Coronary heart diseases ซึ่งในปีหนึ่ง ๆ จะมีคนตายด้วยโรคนี้ปริมาณมากทีเดียว แต่ในอาหารพวก tempeh เป็นอาหารที่ไม่มีคลอเรสเตอรอล ดังนั้นจึงเหมาะสมอย่างยิ่งในการบริโภค

5. เทมเป้มีสารปฏิชีวนะ(autibiotic) จากการศึกษาของ Wang et al., (1969, 1972) พบว่า เชื้อราที่ใช้ในการทำเทมเป้สามารถผลิต heat - stable antibacterial sgent ซึ่งทำหน้าที่คล้ายสารปฏิชีวนะ เช่น เพนนิซิลิน เป็นต้น มีผลทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค โดยเฉพาะพวกแบคทีเรียแกรมบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

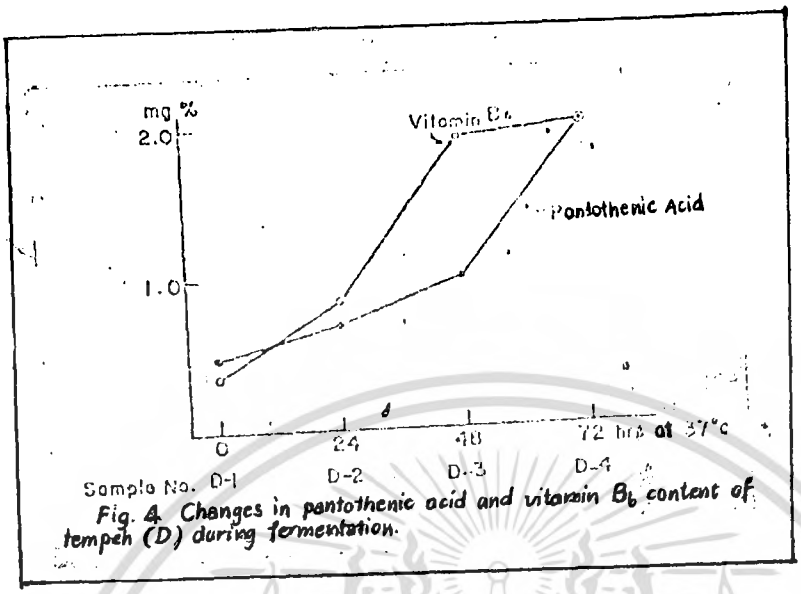


Fig. 4 Changes in pantothenic acid and vitamin B_6 content of tempeh (D) during fermentation.

รูปที่ 3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของ Pantothenic acid และวิตามิน บี 6 (Vitamin B 6)ในระหว่างการหมักของ tempeh

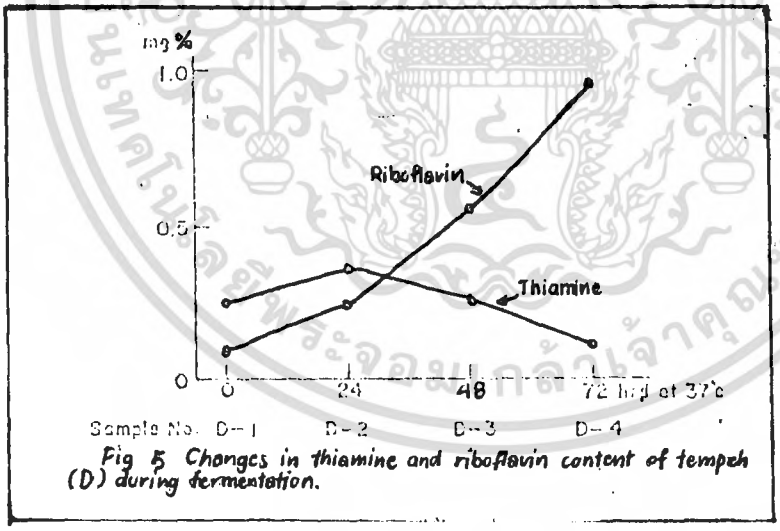


Fig 5 Changes in thiamine and riboflavin content of tempeh (D) during fermentation.

รูปที่ 4 กราฟของการเปลี่ยนแปลงของ Thiamine และ riboflavin ในระหว่างการหมัก tempeh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เทมเป้ปราศจากสารเคมีตกค้าง (Free of Chemical toxins) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อ ปลา และสัตว์ปีก พบว่า มียาฆ่าแมลงติดอยู่กับเนื้อเยื่อสูงกว่าในเมล็ดพืชถึง 20 เท่า ส่วนในอาหารนมก็พบมากกว่า 4–5 เท่าเช่นกัน อย่างไรก็ตาม สารพิษที่ติดอยู่ในเนื้อสัตว์ นอกจากยาฆ่าแมลงแล้วยังอาจมียาฆ่าวัชพืชและโลหะหนัก ในเทมเป้ที่บริโภคพบว่า ปราศจากสารพิษที่จะเป็นอันตราย

7. เทมเป้มีเส้นใย (fiber) มาก ซึ่งจะช่วยกระตุ้นและทำความสะอาดทางเดินอาหารโดยเฉพาะลำไส้เล็ก และลำไส้ใหญ่ ซึ่งจะส่งผลให้ระบบการย่อยอาหารดำเนินได้ตามปกติ

ในปัจจุบันนี้ในประเทศอินโดนีเซีย ได้มีการใช้เทมเป้ในการจัดการควบคุมเกี่ยวกับโรคอหิวาต์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เด็กทารกอายุต่ำกว่า 5 ขวด มีอัตราการตายสูงมาก แต่หลังจากใช้เทมเป้เป็นอาหารเสริมให้แก่เด็กทารก พบว่า สามารถป้องกันและควบคุมโรคอหิวาต์ได้ (Mahmud et al., 1985) นอกจากนี้แล้วยังมีการใช้เทมเป้ เพื่องป้องกันโรคขาดสารอาหาร (malnutrition) ในเด็กทารก เป็นต้น ในประเทศสหรัฐอเมริกา และ แคนาดา นิยมใช้เทมเป้เป็นอาหารโปรตีนสำหรับผู้บริโภคอาหารมังสะวิรัติอย่างแพร่หลายอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเตรียมเทมเป้จากถั่วเหลืองทำได้โดย

นำถั่วเหลืองมาล้าง

↓ ล้างและกำจัดเมล็ดเสียออก

ต้มประมาณ 30 นาที

↓

แช่น้ำค้างคืน (เป็นการปรับ pH โดยเพิ่มกรด lactic จากจุลินทรีย์ พวก lacto bacillus เพื่อให้เชื้อรา Rhizopus

↓

ปลอกเปลือก (เพื่อให้เชื้อราเจริญได้ เนื่องจาก เปลือกมี wax อยู่จึงป้องกันเชื้อราเจริญได้)

↓

หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวโดย 1 เมล็ดหั่นประมาณ 3 ชิ้น

↓

นึ่งประมาณ 30 นาที (เพื่อเป็นการฆ่าเชื้อที่ปะปนมา)

↓

ทำให้เย็นและแห้ง (ระวัง : ถ้าหากไม่แห้งจะมี Bacteria ขึ้นเชื้อราจะเจริญไม่ได้)

↓

ใส่ laru [1] ลงไปประมาณ 0.03 เปอร์เซนต์

↓

บ่มที่อุณหภูมิห้องประมาณ 24 hrs. โดยบ่มใน petridish

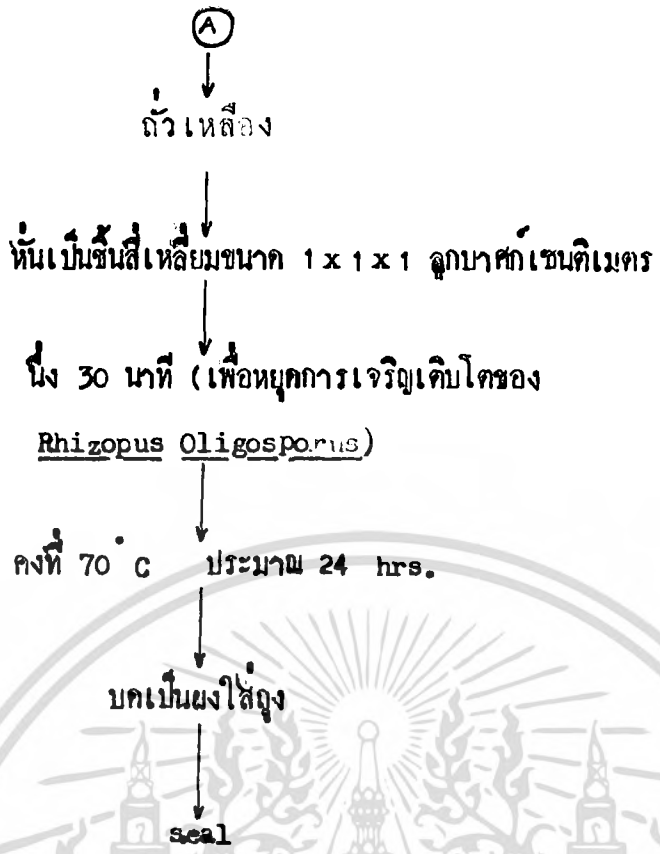
↓

(A)

---

[1] มีอธิบายรายละเอียดในภาคผนวก ก.

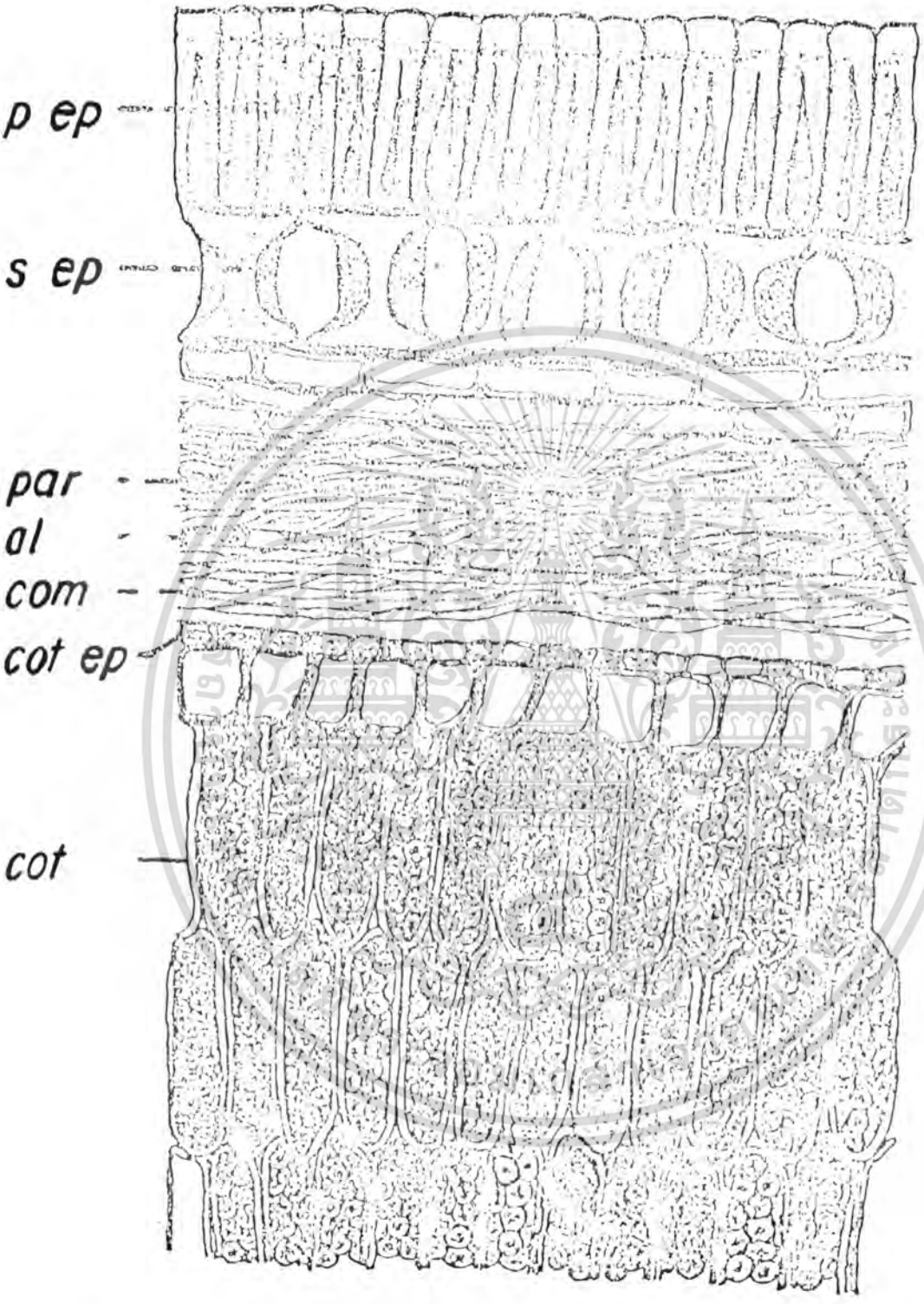
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก็จะได้ผง tempeh เก็บไว้ผสมลงใน Bakery เช่น คุ๊กกี้ , ขนมปัง, เพื่อเพิ่มโปรตีน ถ้าหากจะไม่บดเป็นผงก็สามารถนำ tempeh ถั่วเหลืองที่ได้มาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ แล้วทอดรับประทานเลยก็ได้

ถั่วเหลืองเป็นพืชพื้นเมืองของประเทศ แถบเอเชีย และได้ใช้เป็นอาหารนับศตวรรษแล้ว มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ Glycine max (L.)merill ถั่วเหลืองมีรูปร่าง ขนาด และสีแตกต่างกันไปตามพันธุ์ เช่น เป็นเมล็ดแบนสีเหลือง น้ำตาล หรือเขียว ในการทดลองนี้นำถั่วเหลืองพันธุ์สระบุรีมาใช้ ซึ่งมีสีเหลืองเมล็ดค่อนข้างกลม ถ้านำมาผ่าตามขวาง (รูปที่ 5) จะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วนคือ เปลือก (Hull) และ Cotyledon ส่วนของ Hull ประกอบด้วย palisade cells, hourglass cell, parenchyma cells, aleurone cells และ Compressed cells of endosperm ส่วนผิวของ Cotyledon ปกคลุมด้วย epidermis และส่วนในคือ elongated palisade like cells ซึ่งเต็มไปด้วย protein และน้ำมัน เมื่อนำมาส่องดูด้วยกล้องอีเลคตรอน จะพบส่วนของ protein อยู่ใน protein bodies (PB) ส่วนน้ำมันจะอยู่ในโครงสร้างเล็ก ๆ ที่เรียกว่า Spherosomes ซึ่งกระจายอยู่ระหว่าง protein bodies โครงสร้างของถั่วเหลืองมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 แสดงภาคตัดขวางของถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hull 8 เปอร์เซนต์ Cotyledon 90 เปอร์เซนต์ Hypecotyl & plumele 2 เปอร์เซนต์ โดยส่วนประกอบโดยประมาณในส่วนต่าง ๆ ของถั่วเหลืองมีดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบโดยประมาณในส่วนต่าง ๆ ของถั่วเหลือง

Fraction	Protein (Nx 6.25) %	Fat %	Carbohydrates %	Ash %
Whole bean	40	21	34	4.9
Cotyledon	43	23	29	5.0
Hull	8.8	1	86	4.3
Hypocotyl	41	11	43	4.4

ที่มา : Smith, A.K.J.J. Rackis, C.W. Hessentine, M. Smith, D.J.Robbins and A.N. Boorh (1964)

จะเห็นว่า Whole bean มีโปรตีนถึง 40 เปอร์เซนต์ รองลงมาคือ Carbphydrate มี 34 เปอร์เซนต์ ส่วนไขมันมี 21 เปอร์เซนต์ ความแตกต่างของส่วนประกอบเหล่านี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ดินที่เพาะปลูกและสภาพดินฟ้าอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นที่ร่างกายต้องการในแต่ละวัน เปรียบเทียบกับกรดอะมิโนที่จำเป็นในโปรตีนถั่วเหลือง

Amino acid	1957 FAO Provisional Pattern Tryptophane = 1	Soybean Protein tryptophane = 1
Iscleucine	3.0	3.8
leucine	3.4	5.8
lysine	3.0	5.2
Methionine	1.4	1.2
Phenylalanine	2.0	3.8
Threonine	2.0	3.2
Tryptophane	1.0	1.0
Valine	3.0	4.0

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าปริมาณ methionine ของถั่วเหลืองต่ำกว่าที่ร่างกายต้องการ จึงควรนำธัญญพืชมาผสมเพราะธัญญพืชมีปริมาณ methionine สูงและเลือกข้าวโพด เนื่องจากหาง่ายและเหมาะสมต่อการเจริญ (วราวุฒิ ครุส่ง, 2530) รวมทั้ง มีปริมาณ methionine สูงด้วย (อประกอบจากตารางที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96980

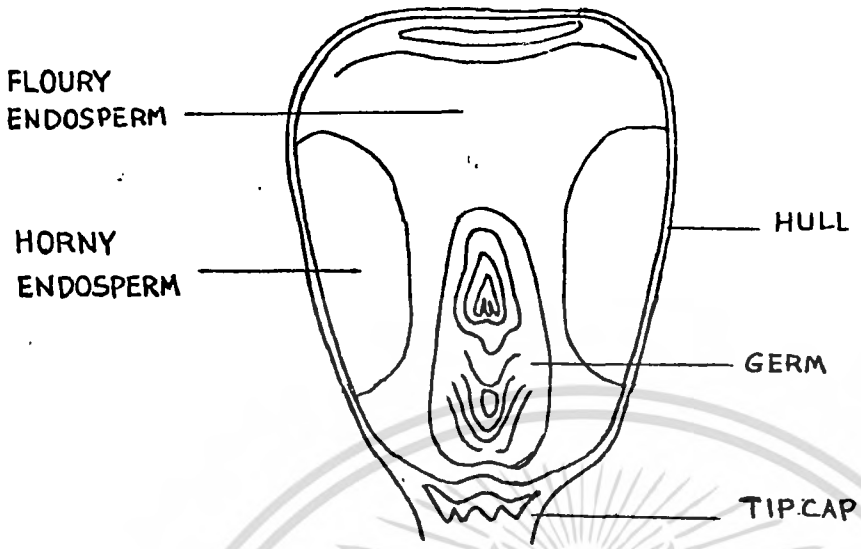
ตารางที่ 3 ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น (mg) ในถั่วเหลืองและข้าวโพด 100 กรัมต่อปริมาณโปรตีน 1 กรัม

Food		Protein (g/100g)	Isoleucine	leucine	lysine	Methionine	Phenylalanine	Threonine	Tryptophane	Valine
Thai	English									
ถั่วเหลือง	Soybean, seed	34.6	37.08	73.67	59.08	7.75	38.06	41.53	15.17	50.40
ข้าวโพดเหลือง, เมล็ดแห้ง	Corn, yellow seed dried	10.3	36.40	116.80	25.04	11.84	38.15	20.09	3.01	38.83

ที่มา : ตารางแสดงคุณค่าทางอาหารโดย 100 กรัม

ข้าวโพดเป็นธัญพืชชนิดหนึ่ง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Zea may L. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์เป็นcaryopsis คือ มีเมล็ดเดี่ยวในผลและเปลือกของผลกับเปลือกของเมล็ดเชื่อมติดต่อกัน รูปร่าง ขนาด โครงสร้างและองค์ประกอบของข้าวโพดแตกต่างกันตามลักษณะทางกรรมพันธุ์ ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บดเสี้ยวที่มีขายในร้านขายอาหารสัตว์ที่หน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ เมล็ดข้าวโพดเมื่อแก่เต็มที่แล้วประกอบด้วย 4 ส่วนใหญ่ คือ ส่วนเปลือก(pericarp,hull of bran) ส่วนต้นอ่อนหรือจมูกข้าวโพด(germ or embryo) ส่วนเนื้อ(endosperm) ส่วนปลายหมวก (tip cap) โครงสร้างของเมล็ดข้าวโพดดังรูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 ลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าวโพด

องค์ประกอบอาหารส่วนใหญ่ของข้าวโพด คือ แป้ง (Starch) โปรตีน (Protein) และไขมัน (lipid) และมีส่วนกากน้ำตาล เกลือแร่ และ วิตามินอีกเล็กน้อย ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 องค์ประกอบอาหารของข้าวโพด

องค์ประกอบ	ข้าวโพดอเมริกัน %	ข้าวโพดไทย %
ความชื้น	11.0	11.3
คาร์โบไฮเดรต	72.0	65.0
โปรตีน	10.0	9.24
ไขมัน	4.4	4.6
สารเยื่อใย	2.2	1.33
เกลือแร่	1.2	–

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

◦ Rhizopus ซึ่งอยู่ใน class Phycomycetes subclass Zygomycetes ordermucorales genus Rhizopus Species Oligosporusและมีลักษณะเฉพาะดังนี้

1. เส้นใยไม่มีผนังกั้น (non septate)

2. มสโตลอน (stolon)และตรงโคนถ้าน้อยสปอร์จะพบลักษณะคล้ายรากเรียก Rhizoid เกิดตรงจุดเฉพาะที่เส้นใยสัมผัสกับอาหารที่มีผิวแห้ง และเกาะติดกับอาหารอย่างหนาแน่นและแข็งแรงมาก (ยาวหลายเซนติเมตร)

3. ไม่มีอับสปอร์ขนาดเล็ก (sporangiole)

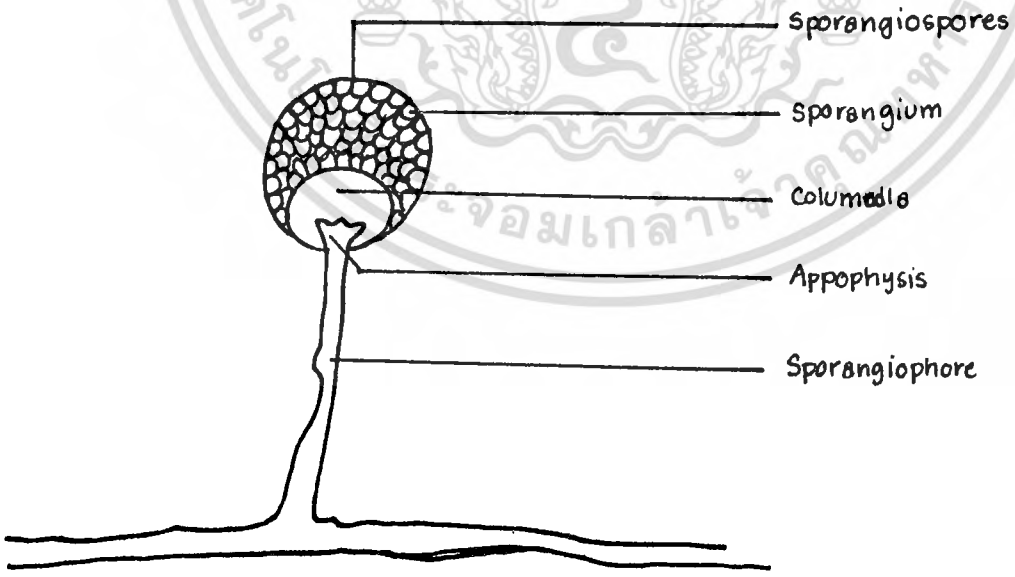
4. เส้นใยคล้ายปุยฝ้าย แผ่กระจายเต็มภาชนะ

5. มีคอลัมเนลลา (Columnella) รูปทรงครึ่งวงกลม เป็นส่วนปลายของสปอร์ทรงกิโอฟลอร์ที่ติดกับอับสปอร์ และมีฐานของคอลัมนูลลา รูปร่างคล้ายถ้วยเรียก Apophysis

6. อับสปอร์มีสีเข้มดำ

7. สปอร์แรงกิโอฟลอร์เกิดตรงข้อ (node) เช่นเดียวกับ Rhizoid

โครงสร้างของ Rhizopus Oligosperusดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงโครงสร้างของ Rhizopus Oligosporus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเชื้อราพวกนี้ แหล่งพลังงานของมันแหล่งแรกคือ lipid materials จึงเป็นการดีเพราะเทมเป้ที่ได้ออกมาจะมีปริมาณไขมันต่ำลง ส่วนแหล่งไนโตรเจนคือ ammonic salts และ amino acids บางตัวเช่น proline, glycine, aspartic acid, leucine สำหรับพวกน้ำตาล เช่น glucose, fructose, galactose เป็นแหล่ง carbon source เหมือนกัน สำหรับ emzyme ที่พบในราพวกนี้ ได้แก่ amylase (มากที่สุด) รองลงมาคือ protease กับ pectinase มีบ้างเล็กน้อย

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา

1. การปะปนของเชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ (Contamination)
2. ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (pH)
3. ออกซิเจน (Oxygen)
4. ความชื้น (Humidity)
5. อุณหภูมิ (Temperature)
6. การกะเปลือก (Dehulling)

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่า เทมเป้เป็นอาหารที่ทำได้ง่ายและเหมาะที่จะนำมาทำเป็นอาหารพื้นบ้าน นอกจากนี้ยังเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูงชนิดหนึ่ง ซึ่งนับเป็นประโยชน์แก่บ้านเรามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ
   - ถั่วเหลืองพันธุ์สระบุรี (ตลาดหัวตะเข้)
   - หัวเชื้อ "Laru"
   - ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ขายหน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ

2. ภาชนะบรรจุ
   - Petridish
   - ถุงพลาสติก

3. อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

   ตอนที่ 1 – 4
   - ถาด
   - มีด
   - เขียง
   - กาละมัง
   - หม้อ
   - รังถึง
   - ผ้าขาวบาง
   - เครื่องชั่งน้ำหนักแบบหยาบ, เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง
   - ตู้อบ (hot air oven)
   - เครื่องบด

   ตอนที่ 5 – amino acid analyser

   ตอนที่ 6 เพิ่ม
   - mixer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พาย
- เครื่องรีดทำขนมปัง
- เครื่องหั่นขนมปัง
- ตู้อบขนมปัง
- ถุงมือ
- tong
- แปรงทาอาหาร
- ตะแกรง
- พิมพ์ขนมปังแซนวิช

ขั้นตอนการวิจัย

ในการทดลองนี้ได้ใช้หัวเชื้อที่เป็นผลที่ได้จากการเตรียม โดยใช้ข้าวนึ่งทิ้งให้เย็นแล้วถ่ายสปอร์ของเชื้อรา Rhizopus Oligosporus ซึ่งเรียกว่า "Laru" (วราวุฒิ ครุส่ง, 2529)[1] ซึ่งสะดวกและนำมาประยุกต์ใช้กับการหมักพื้นบ้านได้ ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 6 ขั้นตอน โดยผลจากการวิเคราะห์จะคิดต่อน้ำหนักแห้ง (dry basis) ทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาองค์ประกอบอาหารของวัตถุดิบ และ tempeh จากถั่วเหลือง

1.1 การทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้

1.1.1 ถั่วเหลือง

1.1.2 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บดเสี้ยว

1.1.3 เทมเป้จากถั่วเหลือง

1.2 การวิเคราะห์

1.2.1 ตรวจสอบ proximate analysis (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข.)

1.2.2 ตรวจสอบประมาณน้ำตาลรีดิวส์, acidity และ pH (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวโพดอาหารสัตว์บดเลี้ยว

2.1 การทดลอง

ตัวแปรที่สำคัญ คือ

2.1.1 เวลาในการต้ม

- ต้มจนเดือดแล้วปิดไฟทันที
- ต้มจนเดือดแล้วต้มต่อ 5 นาที
- ต้มจนเดือดแล้วต้มต่อ 10 นาที

2.1.2 เวลาในการนึ่งในรังถึง 5, 10, 20 นาที

การเตรียมข้าวโพดอาหารเลี้ยงสัตว์บดเลี้ยวสำหรับการหมัก ทำได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใส่ Laru ลงไปประมาณ 0.03 เปอร์เซนต์
คลุกให้เข้ากันประมาณ 10 นาที

↓

บ่มที่ 20-40 °C ประมาณ 24 ชั่วโมง
โดยบ่มใน petridish

↓

Corn tempeh

↓

หั่นขนาด 1 x 1 x 1 ซ.ม.^{3}

↓

นึ่ง 30 นาที

↓

อบที่ 20 °C 24 ชั่วโมง
(ถ้าอบที่อุณหภูมิสูงเท่านี้ protein จะถูก
แต่ถ้าอบที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ tempeh ก็จะไม่แห้ง)

↓

บดเป็นผงใส่ถุง

↓

seal

2.2 <u>การวิเคราะห์</u> นำตัวอย่างที่มีการเจริญดีมาทำการวิเคราะห์ ดังนี้

2.2.1 moisture content หลังจากบ่มไว้ 24 ชั่วโมง

2.2.2 ตรวจสอบ proximate analysis (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข.)

2.2.3 ตรวจสอบประมาณน้ำตาลรีดิวส์acidity และ pH (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถั่วเหลืองและข้าวโพดอาหารเลี้ยงสัตว์ในการทำ tempeh

3.1 การทดลอง

ตัวแปรที่จะศึกษา อัตราส่วนของถั่วเหลืองและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บดเสี้ยว

50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10

โดยการเตรียมถั่วเหลืองได้จากที่ วราวุฒิ ครุส่ง เคยนำมาก่อน (มีในภาคตรวจเอกสาร) และการเตรียมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บดเสี้ยวได้จากสภาวะที่เหมาะสมจากตอนที่ 1

3.2 การวิเคราะห์

3.2.1 ตรวจสอบ proximate analysis (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข.)

3.2.2 ตรวจสอบปริมาณ reducing sugar,acidity และ pH (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข.)

3.2.3 ตรวจสอบ moisture content หลังจากบ่มไว้ 24 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาเวลาและปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสมในการทำ mixed tempeh

4.1 การทดลอง

ตัวแปรที่จะศึกษา

4.1.1 เวลา 0, 12, 24, 30, 36, 72 ชั่วโมง

4.1.2 ปริมาณหัวเชื้อ 0.01%, 0.03%, 0.05%, 0.01%, 1%

การเตรียมถั่วเหลืองและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ก็ใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมจากตอนที่ 3 และมีวิธีการเตรียมเหมือนเดิม

4.2 การวิเคราะห์

4.2.1 ตรวจสอบปริมาณ reducing sugar,acidity และ pH (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 นำตัวอย่างที่มีการเจริญดีมาตรวจสอบ proximate analysis (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข.)

ขั้นตอนที่ 5 ศึกษาปริมาณ essential amino acid โดยใช้ amino acid analysis

5.1 การทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้

5.1.1 เทมเป้ที่ได้จากถั่วเหลือง

5.1.2 เทมเป้ที่ได้จากถั่วเหลืองและข้าวโพดอาหารสัตว์บดเสี้ยว

5.2 การวิเคราะห์

โดยใช้ amino acid analyser วิเคราะห์หา isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, Threonine, Tryptophane, Valine

ขั้นตอนที่ 6 ศึกษาอัตราส่วนของ mixed tempeh ที่เหมาะสมในการผสมลงในขนมปังแซนวิช

6.1 การทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา อัตราส่วนของ mixed tempeh ในขนมปังแซนวิช (สูตรทำขนมปังแซนวิชมีรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก จ)

0%, 5%, 10%, 15% (โดยคิดเทียบอัตราน้ำหนักแป้งสาลี)

ผง mixed tempeh ที่ใช้ทำเป็นผงเทมเป้ที่มีอัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อข้าวโพดอาหารสัตว์เลี้ยงที่เหมาะสมในเวลาและปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสมจากขั้นตอนที่ 4

6.2 การวิเคราะห์

6.2.1 ตรวจสอบ sensory evaluation เพื่อทดสอบการยอมรับ โดยใช้ semi-trained panelist 15 คน

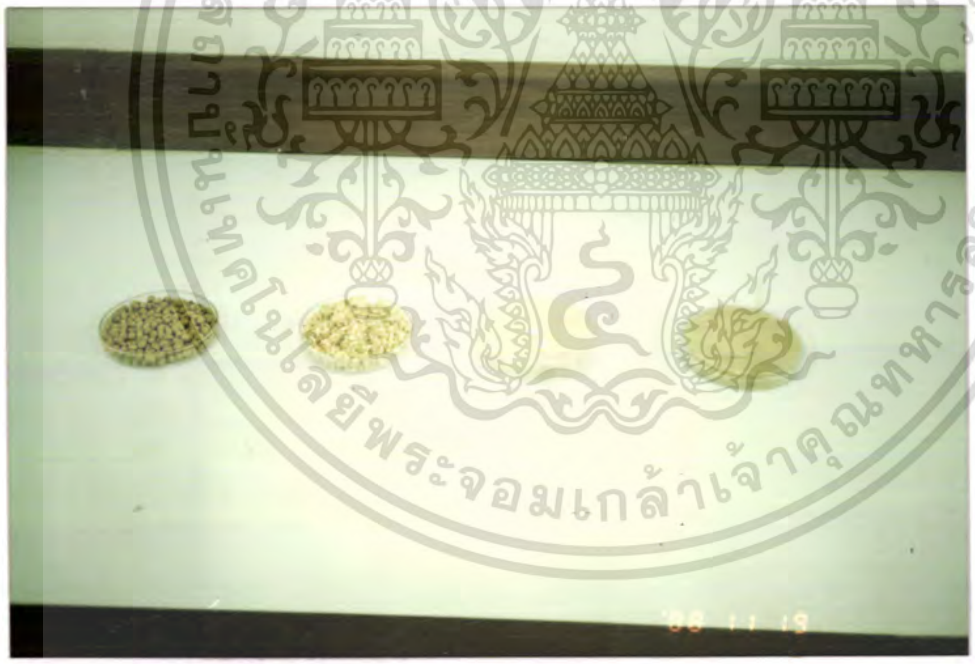
6.2.2 นำตัวอย่างที่ได้รับการยอมรับมาตรวจสอบ proximate analysis (มีรายละเอียดในภาคผนวก ข.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> ผลการศึกษาองค์ประกอบอาหารของวัตถุดิบและ tempeh จากถั่วเหลือง

ในการทดลองนี้ทราบสภาวะที่เหมาะสมของการหมักถั่วเหลือง เพื่อนำมาทำเป็น tempeh แล้ว และเพื่อใช้เปรียบเทียบผล จึงมีการตรวจวิเคราะห์วัตถุดิบ และ tempeh โดยที่การทดลองทั้งหมดทำการวิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำละ 2 ครั้ง แล้วนำผลเฉลี่ยมาเสนอเป็นข้อมูลและตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์นั้น ได้จากตัวอย่างที่บดเป็นผงแล้ว โดยที่ผลจากการวิเคราะห์ตลอดการทดลองนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักแห้ง (มีรายละเอียดการคำนวณอยู่ในภาคผนวก ข.) ลักษณะของเทมเป้ที่ได้จากถั่วเหลืองดังแสดงในรูปที่ 8



<u>รูปที่ 8</u> แสดงถั่วเหลือง,soybean tempeh และที่บดเป็นผงแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ prorimate analysis, reducing sugar pH และ acidity ของถั่วเหลือง ข้าวโพด และ tempeh จากถั่วเหลือง

ตัวอย่าง	Carbohydrate	Protein	Lipid	Moisture-content*	Crude fiber	Ash	Acidity	pH	reducing sugar
ถั่วเหลือง	34.87	34.36	18.37	8.35	6.42	5.81	0.54	6.97	10.00
เทมเป้จากถั่วเหลือง	31.73	36.02	16.28	70.61	9.75	6.12	0.84	5.86	16.10
ข้าวโพด	84.10	4.3	6.84	7.10	2.56	2.13	0.04	7.97	35.00

* เป็นผลของ moisture content ที่หาจากการบ่ม tempeh 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาอบแห้ง ตลอดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวโพดอาหารสัตว์บดเลี้ยว

2.1 ลักษณะการเจริญ

ตารางที่ 6 ลักษณะการเจริญของ tempeh จากข้าวโพด

สภาวะต่าง ๆ ในการเตรียมตัวอย่าง		ลักษณะการเจริญ
1.ต้มข้าวโพดจนเดือดแล้วผึ่งไฟแช่ทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง	ก. นึ่งในรังถึง 5 นาที	++
	ข. นึ่งในรังถึง 10 นาที	++
	ค. นึ่งในรังถึง 20 นาที	++
2.ต้มข้าวโพดจนเดือดแล้วต้มต่อ 5 นาที แช่ทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง	ก. นึ่งในรังถึง 5 นาที	+++
	ข. นึ่งในรังถึง 10 นาที	+++
	ค. นึ่งในรังถึง 20 นาที	++++
3.ต้มข้าวโพดจนเดือดแล้วต้มต่อ 10 นาที แช่ทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง	ก. นึ่งในรังถึง 5 นาที	++++
	ข. นึ่งในรังถึง 10 นาที	++++
	ค. นึ่งในรังถึง 20 นาที	++++

หมายเหตุ 3 ค. มีสปอร์เกิดขึ้นและมีลักษณะเบียด

++++ เจริญดีมาก

+++ เจริญดี

++ เจริญได้พอสมควร

+ เจริญเล็กน้อย

ลักษณะของเทมเป้ที่ได้จากข้าวโพด แสดงดังในรูปที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 9 แสดงลักษณะของเทมเป้ที่ได้จากข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การวิเคราะห์

นำตัวอย่างที่มีการเจริญของเส้นใยดีมาทำการวิเคราะห์โดยเลือกตัวอย่าง 2ค, 3ก และ 3 ข. แต่ไม่เลือก 3 ค. เนื่องจากมีสปอร์เกิดขึ้น

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ prexiture analysis, reducing sugar, pH และ acidity ของผง tempeh จากข้าวโพดอาหารสัตว์บดเสี้ยว

ตัวอย่าง	Carbohydrate	Protein	Lipid	Moisture content*	Crude fiber	Ash	Acidity	pH	reducing sugar
2 ค.	80.33	6.64[a]	6.64	80.02	4.76	1.71	0.68	3.78	41.10
3 ก.	80.35	6.50[a]	6.40	83.62	4.97	1.62	1.38	3.72	42.10
3 ข.	80.12	7.02[b]	6.83	85.21	4.27	1.66	0.89	3.58	43.20

* moisture content ก่อนนำมาอบแห้ง

หมายเหตุ – ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (มีรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ค.)

– การเตรียมตัวอย่างต่างกันดังตารางที่ 6

ขั้นตอนที่ 3 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถั่วเหลืองและข้าวโพดอาหารสัตว์เลี้ยง จากขั้นตอนที่ 2 เลือกสภาวะในการเตรียมข้าวโพดอาหารสัตว์เลี้ยงแบบ 3 ข. เนื่องจากมีการเจริญดีและมีปริมาณโปรตีนสูงแตกต่างจากสภาวะอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญสูง

3.1 ลักษณะการเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ลักษณะการเจริญเติบโตของ mixed tempeh ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

mixed tempeh % ข้าวโพดที่เติมลงไป	ลักษณะการเจริญ
10	+++
20	++++
30	+++
40	+
50	++

หมายเหตุ

++++	เจริญดีมาก
+++	เจริญดี
++	เจริญได้พอสมควร
+	เจริญเล็กน้อย

ลักษณะของ mixed tempeh ในอัตราส่วนต่าง ๆ กันของถั่วเหลืองต่อข้าวโพด อาหารเลี้ยงสัตว์เสี้ยว แสดงดังรูปที่ 10

เอกสารนี้ [illegible] ชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 10 แสดง mixed tempeh และผง mixed tempeh ในอัตราส่วนต่างๆกัน

3.2 การวิเคราะห์

ตารางที่ 9: ผลการวิเคราะห์ proximate analysis, reducing sugar, pH และ acidity ของ mixed tempeh ในอัตราส่วนต่าง ๆ

%ข้าวโพดที่เติมลงไป	Carbohydrate	Protein	Lipid	moisture content*	crode fiber	Ash	Acidity	pH	reducing sugar
10	48.54	24.22[a]	16.97	63.58	5.89	4.58	0.42	7.09	19.20
20	48.96	24.18[a]	16.67	63.01	6.19	4.29	0.30	6.00	20.40
30	52.44	23.25[ab]	16.21	64.05	5.66	3.41	0.40	7.07	28.00
40	53.36	22.14[c]	15.95	65.71	5.37	3.12	0.88	6.12	31.10
50	58.37	20.40[d]	14.19	66.60	5.12	3.01	0.55	6.98	35.00

* moisture content ก่อนนำมาอบแห้ง

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์ จะได้ว่า

เปอร์เซนต์ข้าวโพดที่เติมลงไป	10[a]	20[ab]	30[abc]	40[c]	50[d]
	24.22	24.18	23.25	22.14	20.90

ขั้นตอนที่ 4 ผลการศึกษาเวลาและปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสมในการทำ mixed tempeh

จากขั้นตอนที่ 3 เลือกอัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อข้าวโพดอาหารเลี้ยงสัตว์ 4:1 เนื่องจากมีการเจริญดี และมีปริมาณ protein สูงพอๆ กันเมื่อเติมข้าวโพดลงไปเพียง 10 เปอร์เซนต์ ซึ่งเป็นปริมาณข้าวโพดที่เติมลงไปน้อยที่สุด

4.1 ลักษณะการเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ลักษณะการเจริญเติบโตของ mixed tempeh ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน

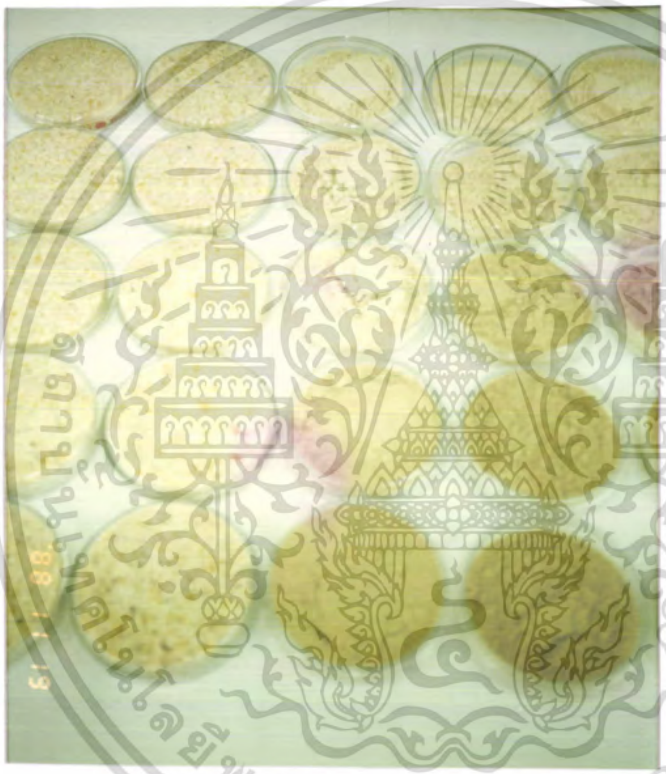
ปริมาณหัวเชื้อ / เวลา (ชม.)	0.01%	0.03%	0.05%	0.10%	1.00%
0	-	-	-	-	-
12	++	++	++	++	++
24	+++	++++	+++++	+++++	+++++[a]
30	++++	+++++[a]	++++[a]	++++[a]	+++[b]
36	+++++[a]	++++[b]	+++[b]	++[b]	+[c]
72	+++[b]	++[c]	+[c]	+[c]	+[c]

หมายเหตุ

+++++	มีการเจริญดีมาก
++++	มีการเจริญดี
+++	มีการเจริญพอสมควร
++	มีการเจริญเล็กน้อย
+	มีการเจริญน้อยมาก
a	เริ่มมีสปอร์เกิดขึ้น
b	มีกลิ่นเหม็นมาก
c	เน่า

ลักษณะของ mixed tempeh ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 แสดง mixed tempeh และผง mixed tempeh ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

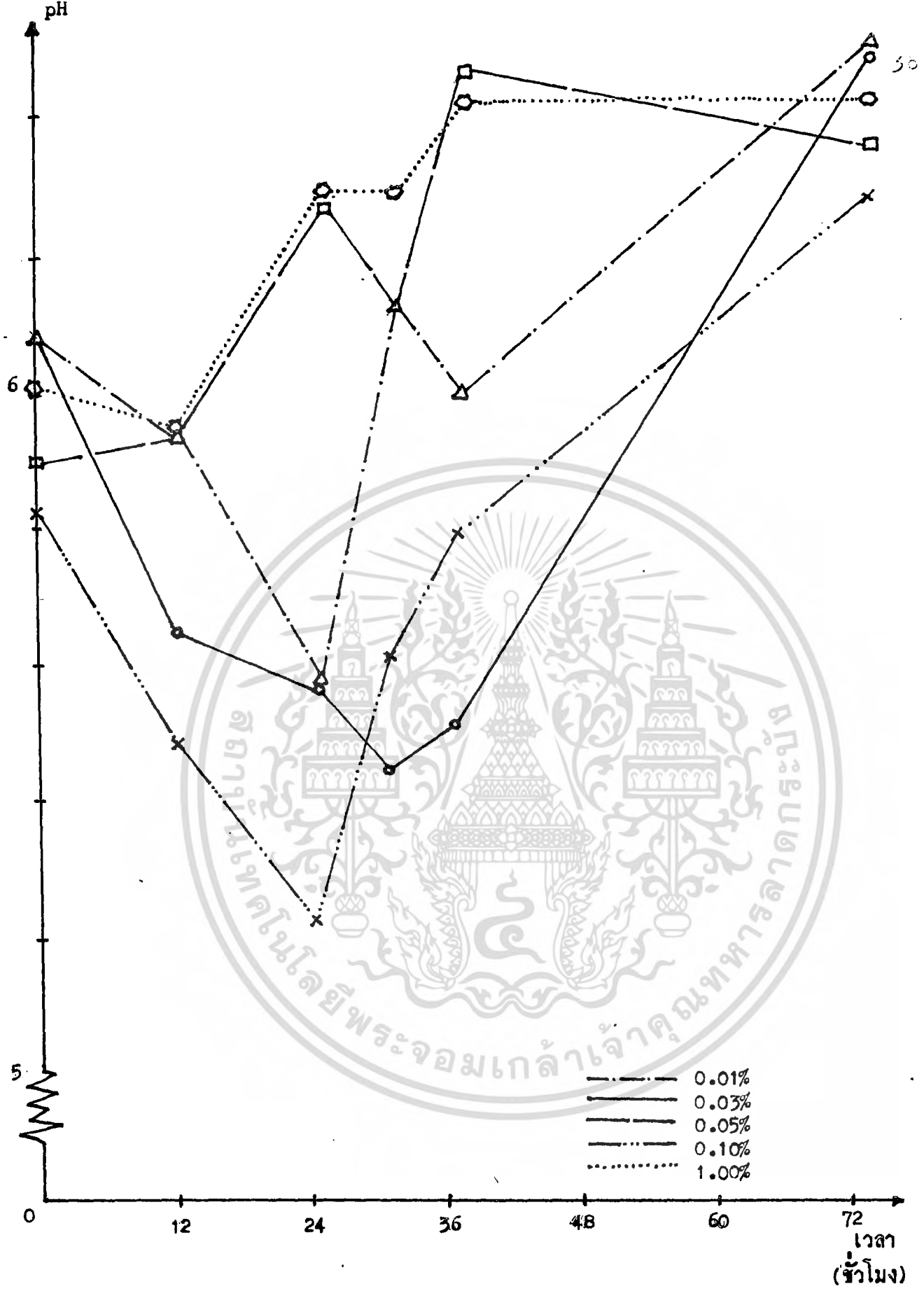
4.2 การวิเคราะห์

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ pH ของ mixed tempeh ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน

ปริมาณหัวเชื้อ / เวลา(ชม.)	0.01%	0.03%	0.05%	0.10%	1.00%
0	6.09^{a}	6.09^{a}	5.90^{a}	5.83^{a}	6.02^{a}
12	5.99^{a}	5.65^{b}	5.96^{ab}	5.48^{b}	5.91^{a}
24	5.58^{b}	5.57^{b}	6.28^{bc}	5.22^{b}	6.30^{ab}
30	6.14^{a}	5.44^{b}	6.15^{abc}	5.60^{ab}	6.30^{ab}
36	6.04^{a}	5.51^{b}	6.46^{c}	5.80^{ab}	6.45^{b}
72	6.52^{c}	8.45^{a}	6.38^{c}	6.30^{c}	6.44^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 แสดง pH ของ mixed tempeh ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน

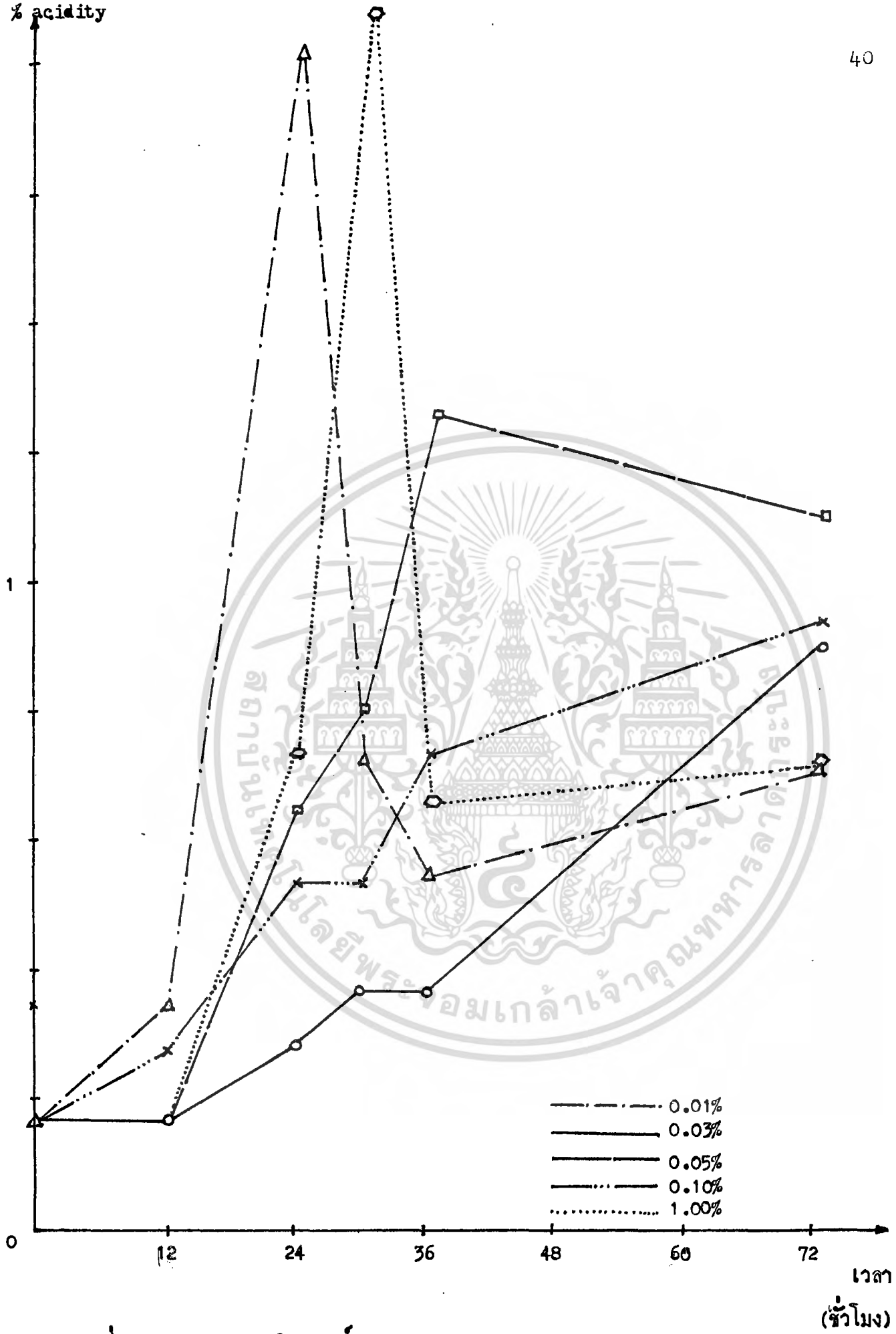
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์หา acidity ของ mixed tempeh ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน

ปริมาณหัวเชื้อ / เวลา (ชม.)	0.01%	0.03%	0.05%	0.10%	1.00%
0	0.18^{a}	0.18^{a}	0.18^{a}	0.36^{a}	0.18^{a}
12	0.36^{a}	0.18^{a}	0.18^{a}	0.27^{a}	0.18^{a}
24	1.80^{b}	0.27^{c}	0.63^{b}	0.54^{a}	0.72^{b}
30	0.72^{c}	0.36^{a}	0.81^{b}	0.54^{ab}	1.89^{c}
36	0.54^{c}	0.36^{a}	1.26^{c}	0.72^{b}	0.63^{b}
72	0.72^{c}	0.90^{b}	1.16^{c}	0.89^{b}	0.72^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ acidity ของ mixed tempeh ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน

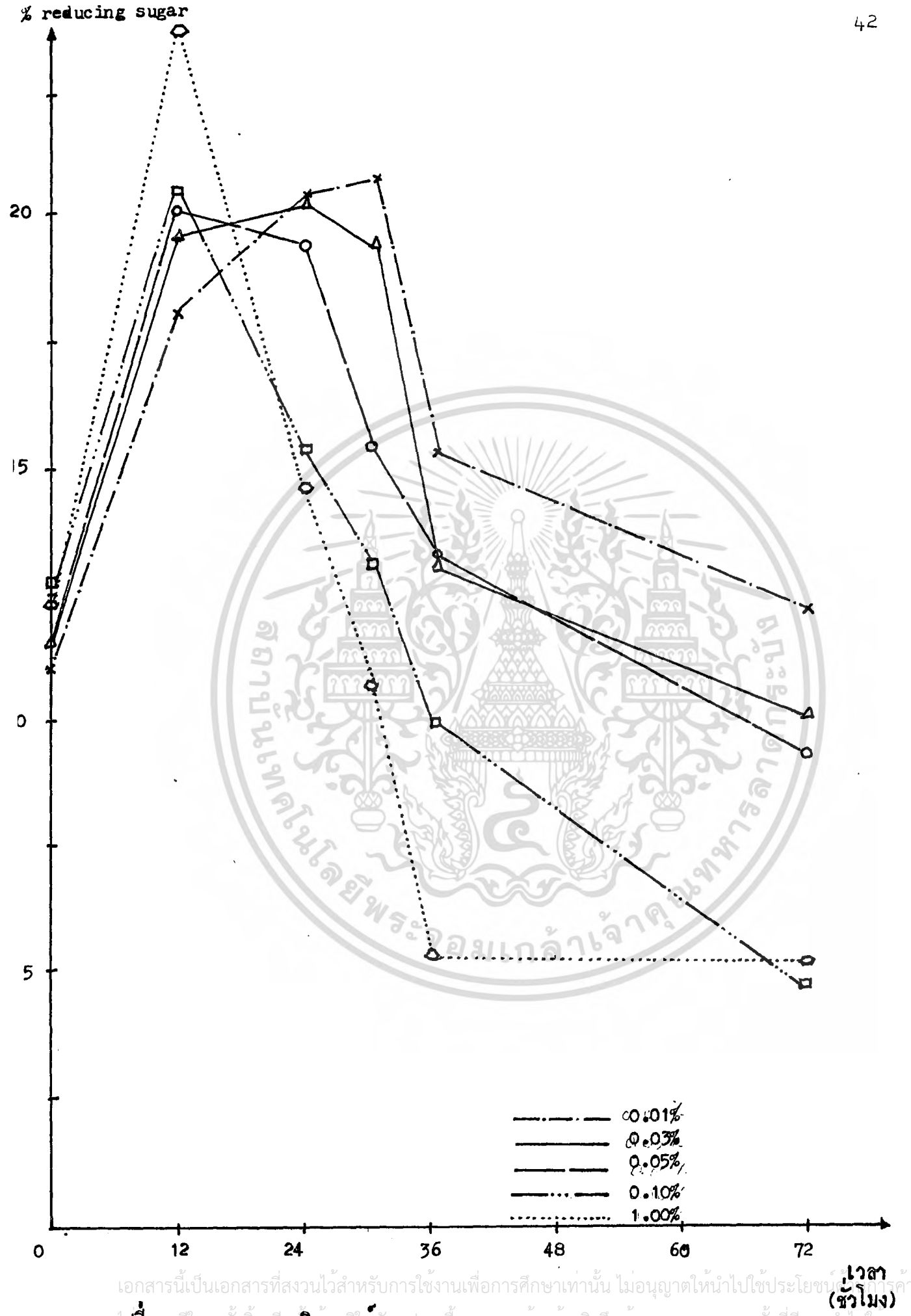
ลิขสิทธิ์เป็นของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ reducing sugar ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน

ปริมาณหัวเชื้อ / เวลา (ชม.)	0.01%	0.03%	0.05%	0.10%	1.00%
0	12.20^{a}	13.40^{a}	13.40^{a}	13.00^{a}	12.00^{a}
12	18.10^{b}	19.50^{b}	20.50^{b}	21.00^{b}	24.10^{b}
24	21.20^{c}	20.10^{b}	18.70^{c}	15.10^{c}	14.40^{c}
30	22.10^{d}	18.20^{d}	15.20^{d}	13.50^{a}	10.30^{d}
36	15.20^{c}	13.10^{a}	12.80^{a}	9.90^{d}	5.20^{c}
72	12.30^{a}	10.20^{c}	9.10^{c}	4.10^{c}	5.10^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์ reducing sugar ของ mixed tempeh ที่เวลาและปริมาณหัวเชื้อต่าง ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเลือกตัวอย่าง mixed tempeh ที่ใช้ปริมาณหัวเชื้อ 0.05 เปอร์เซนต์ และ ใช้เวลาบ่ม 24 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากการเจริญดีและเวลา 24 ชั่วโมงเป็นเวลาที่เร็วที่สุด และเป็นเวลาที่เหมาะสมรวมถึงสะดวกในการบ่มเพราะใช้เวลาข้ามคืน ที่เลือกปริมาณหัวเชื้อ 0.05 เปอร์เซนต์ เนื่องจากประหยัดกว่า 0.1 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์ proximate analysis ของ mixed tempeh ที่ 24 ชั่วโมงใช้ปริมาณหัวเชื้อ 0.05 เปอร์เซนต์

การวิเคราะห์	mixed tempeh
protein	25.80
Lipid	16.11
Crude fiber	6.19
Ash	9.29
Carbohydrate	26.61
moisture content*	70.12

* moisture content ก่อนนำมาอบแห้ง

ขั้นตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ essential amino acid โดย amino acid analyser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 ผลจากการวิเคราะห์หา .essential amino acid ของเทมเป้จาก ถั่วเหลืองและ mixed tempeh ในอัตราส่วนเวลาและปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสม

	Soybean tempeh	mixed tempeh
total protein	36 %	24 %
Isoleucine	86.67	89.50
Leucine	136.36	147.50
Lysine	95.15	112.00
Methionine	35.75	37.20
Phenylalanine	100.30	101.00
Threonine	76.67	75.50
Tryptophane	20.15	23.81
Valine	77.58	86.00

หมายเหตุ หน่วยเป็น mg/ gm protein
จากการวิเคราะห์ของหน่วยวิจัยของโรงพยาบาลราชวิถี

ขั้นตอนที่ 6 ผลการศึกษาอัตราส่วนของ mixed tempeh ที่เหมาะสมในการผสมลงในขนมปังแซนวิช

6.1 sensory evaluation

จากการได้ mixed tempeh ที่อัตราส่วนเวลาและปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสมแล้วจึงนำมาผสมในขนมปังแซนวิช หลังทดสอบการยอมรับโดยการชิม แล้วนำผลการชิมไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Varience, Aov) แบบ simple randomized esperiment และ Duncan's New Multiple Range test (DMRT) ซึ่งแบบทดสอบการชิมมีแสดงรายละเอียดอยู่ในตารางภาคผนวก ง. จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส 15 คน ได้ผลเฉลี่ยดังตารางที่ 16.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของการผสม mixed tempeh ลงในขนมปังแซนวิช

% mixed tempeh ที่ผสมลงในขนมปัง	คะแนนเฉลี่ย								
	ลักษณะผิวภายนอก			ลักษณะภายใน			กลิ่น	รส	การยอมรับ
	สีผิว	ลักษณะผิว	ความนุ่ม	สี	เกรน	เนื้อสัมผัส			
0	4.10^{a}	4.01^{a}	4.11^{a}	3.25^{a}	3.42^{a}	4.01^{a}	3.73^{a}	3.69^{a}	4.33^{a}
5	3.42^{ab}	3.24^{ab}	3.44^{a}	2.99^{a}	3.12^{a}	3.50^{ab}	3.10^{ab}	3.42^{a}	3.80^{b}
10	2.73^{ab}	2.60^{ab}	2.73^{a}	2.85^{ab}	2.73^{a}	2.92^{ab}	2.91^{ab}	2.99^{a}	2.93^{b}
15	2.27^{b}	2.33^{b}	2.66^{a}	2.06^{b}	2.47^{b}	2.47^{b}	2.33^{b}	2.40^{a}	1.87^{c}

หมายเหตุ – ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลักษณะของขนมปังแซนวิชที่ได้จากการผสม mixed tempeh ในอัตราส่วนต่าง ๆ กันดังแสดงในรูปที่ 15

รูปที่ 15 แสดงลักษณะของขนมปังแซนวิชที่ได้จากการผสม mixed tempeh ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การวิเคราะห์

นำตัวอย่างที่เป็นที่ยอมรับมาทำการวิเคราะห์ proximate analysis ซึ่งก็คือ ตัวอย่างที่ผสม mixed tempeh ลงไป 0%, 5%, 10%

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างขนมปังแซนวิชที่ผสมของ mixed tempeh ในอัตราส่วนต่าง ๆ

%mixed tempeh ที่เติมลงไป	Carbohydrate	Protein	Lipid	moisture content*	Crode fiber	Ash
0	17.53	13.42[a]	4.01	38.23	1.93	3.10
5	75.06	14.12[a]	5.12	39.58	1.64	3.21
10	72.50	15.10[a]	7.42	42.04	1.51	3.43

* เป็น moisture content ที่หาก่อนนำขนมปังแซนวิชไปอบแห้งบดเป็นผง

หมายเหตุ – ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. <u>การศึกษาองค์ประกอบอาหารของวัตถุดิบและ tempeh จากถั่วเหลือง</u>

ในประเทศไทยเรานั้นนิยมบริโภคถั่วเหลืองในรูป น้ำนมถั่วเหลือง, เต้าหู้, เต้าเจี้ยว และมีการนำถั่วเหลืองมาสกัดเป็นน้ำมันถั่วเหลือง จะเห็นได้ว่าถั่วเหลืองมีประโยชน์มาก ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูงและปัจจุบันก็ได้มีการทำ tempeh เข้ามาบริโภค เนื่องจากโปรตีนที่ได้จาก tempeh เป็นโปรตีนที่ย่อยง่าย ร่างกายสามารถใช้ได้มากขึ้น จึงน่าจะได้รับการสนับสนุนให้มีการบริโภคมากขึ้น ในการวิจัยที่ได้พยายามคุณภาพของโปรตีนของ tempeh ให้ดีขึ้นดังได้กล่าวมาแล้ว จึงได้มีการวิเคราะห์องค์ประกอบอาหารของวัตถุดิบ (ในที่นี้ใช้ถั่วเหลืองและข้าวโพดอาหารสัตว์บดเสี้ยว) เพื่อจะนำมาเป็น "mixed tempeh" เนื่องจากจะนำมาเปรียบเทียบผลดูว่า องค์ประกอบอาหารต่าง ๆ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อนำไปหมักเป็นเทมเป้แล้ว

จากผลการวิเคราะห์ถั่วเหลืองและ tempeh ที่นำจากถั่วเหลือง จะพบว่าปริมาณโปรตีนและน้ำตาลรีดิวส์ สูงขึ้น และปริมาณคาร์โบไฮเดรต และไขมันลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อราใช้ย่อยสารอาหารอื่น ๆ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตและไขมันแล้วนำมาสร้างเป็นโปรตีน เนื่องจากว่าแหล่ง carbon source ของเชื้อราพวกนี้คือ น้ำตาล จึงต้องมีการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตจากรูปแป้งเป็นน้ำตาลโดย เอนไซม์ที่มีอยู่ในรา เช่น amylase ซึ่งเป็น enzyme ที่พบมากที่สุดอยู่ในรา นอกจากนี้สารอาหารคาร์โบไฮเดรตในถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นพวก Starchyose และ Arafinose จะต้องหมักก่อนจึงใช้ได้ โดยแหล่งพลังงานแหล่งแรกของเชื้อราก็คือ Lipid Material ดังนั้น เทมเป้จึงเหมาะสมในการบริโภคเมื่อต้องการโปรตีนแต่ลดไขมัน นอกจากนี้พบว่าสารเยื่อใย (Crude fiber) และเถ้า (Ash) จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยกระตุ้นและทำความสะอาดทางเดินอาหารโดยเฉพาะลำไส้ใหญ่และลำไส้เล็ก ซึ่งจะส่งผลให้ระบบการย่อยอาหารเป็นไปตามปกติ ซึ่งเป็นเพราะ mycelium ของเชื้อรา นอกจากนี้ในการเตรียมถั่วเหลืองยังมีการใช้ความร้อนซึ่งเป็นการทำลายเอนไซม์ที่ยับยั้งการใช้โปรตีนของถั่วเหลืองด้วย ในการหมักนั้นจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

lactic acid bacteria เกิดขึ้นจึงทำให้ lactic acid มีมากขึ้นและ pH ลดลงซึ่งเป็นวิธีป้องกันการระบาดของเชื้ออื่น ๆ ด้วยโดยมี Rhizopus Oligoporus ก็สามารถสร้าง antibacteria agent ได้โดยช่วยยับยั้งแบคทีเรียไปในตัว และเนื่องจากเชื้อราชนิดนี้เจริญได้รวดเร็วมาก เพราะฉะนั้นการเจริญของแบคทีเรียเป็นไปได้น้อย แต่อย่างไรก็ตามถ้าควบคุมไม่ดีพอมีแบคทีเรียมาก แบคทีเรียก็อาจจะเจริญได้เช่นกัน

2. การศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทำ mixed tempeh

2.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวโพดอาหารสัตว์บดเสี้ยว

ในการวิจัยนี้เลือกข้าวโพดอาหารสัตว์บดเสี้ยวเพราะหาง่าย และเป็นพืชเศรษฐกิจที่ประเทศไทยมีมาก ราคาถูก และเมื่อบดเสี้ยวแล้วทำให้มีขนาดพอ ๆ กับถั่วเหลืองเมื่อหั่นเป็นชิ้นจึงทำให้เชื้อขึ้นสม่ำเสมอ สาเหตุที่ศึกษาตัวแปร 2 ตัวนี้ เนื่องจากความสุกของเมล็ดข้าวโพด ความชื้นและเวลาในการหมักเชื้อ มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา ซึ่งหากมีการปนเปื้อนจากแบคทีเรียในระหว่างการหมัก จะทำให้เกิดกลิ่นเน่าเหม็นและมีน้ำเหลว ๆ แยกขึ้นออกจากตาถั่ว ซึ่งแสดงว่า tempeh นั้นเสีย บางครั้งถ้ามีเชื้อราชนิดอื่น ตกลงไปจะทำให้ tempeh มีสีดำของ mycelium ของเชื้อราชนิดอื่น ๆ และมีสปอร์สีดำเกิดขึ้นเต็มไปหมดและอาจมีสีอื่น ๆ ก็ได้ แล้วแต่ชนิดของเชื้อราที่ปนลงไป

จากการค้นคว้าพบว่าการดูดน้ำของเมล็ดข้าวโพดจะรวดเร็วในช่วง 1–3 ชั่วโมง หลังจากนั้นการดูดน้ำก็ช้าลง ดังนั้นจึงไม่ค่อยมีประโยชน์ถ้าจะแช่นาน ๆ (สุพจน์ เฟื่องฟูมาศ, พรปรีดา วนาภิชิต และ พร รุ่งแจ้ง, 2525) ดังนั้น จึงใช้เวลาในการแช่ข้าวโพดเพียง 3 ชั่วโมง ผลจากการวิเคราะห์ tempeh ที่ทำจากข้าวโพดและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บดเสี้ยว (ที่ได้จากการทดลองขั้นที่ 1) พบว่าปริมาณ protein,crude fiber และ reducing sugar มากขึ้น ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตลดลง ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุเดิมดังได้กล่าวมาแล้ว ส่วน Ash ที่ลดลงอาจเป็นเพราะแร่ธาตุต่าง ๆ หรืออนินทรีย์สารต่าง ๆ มีน้อยลง ซึ่งได้แก่ กำมะถัน และ ฟอสฟอรัส โดยเชื้อรานำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตและสร้างสารอาหารอื่น ๆ สำหรับ Acidity มีมากขึ้นเมื่อเทียบกับข้าวโพด เพราะว่าเมื่อนำมาหมักจะมี lactic acid bacteria เจริญสร้างกรดแลคติกออกมา และ pH ก็ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าตัวแปรที่เลือกมาทั้ง 2 ตัวคือ การต้ม และ การนึ่ง มีผลต่อการทำ tempeh โดยที่การต้มจะมีผลต่อการเจริญเติบโตมาก เพราะการต้มเป็นการทำให้แป้งสุก (gelatinized) เชื้อราสามารถใช้แป้งในการเจริญเติบโตได้ดี ส่วนการนึ่งเป็นการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ก่อนการหมัก ซึ่งมีผลต่อการหมัก tempeh หากนึ่งไม่ดีก็ทำให้เสียได้ เนื่องจากเชื้ออื่นปนเปื้อนมากจนเชื้อราเจริญได้ไม่ดีเท่าที่ควร ในการเปรียบเทียบผลของการต้มและการนึ่งข้าวโพดในการทำ tempeh นั้นพบว่า ที่การต้มข้าวโพดจนเดือดแล้วต้มต่อ 10 นาทีแช่ทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง แล้วนำไปนึ่งในรังถึง 10 นาที มีปริมาณโปรตีน และ reducing sugar สูงสุด เนื่องจากแป้งในข้าวโพดถูก gelatinized พอดีเหมาะแก่การเจริญเติบโตของเชื้อรา และ Antiphysiological factors ในถั่วเหลืองถูกทำลายไป โดยเฉพาะพวกที่ถูกทำลายด้วยความร้อนได้ง่าย เช่น Trypsin inhibitor สามารถถูกทำลายเมื่อต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15-20 นาที ซึ่งเป็นตัวยับยั้งการใช้ protein ในถั่วเหลือง เมื่อเชื้อเจริญดีก็มีการย่อยแป้งเป็นน้ำตาลได้มากขึ้น และโปรตีนก็เพิ่มขึ้นเล็กน้อย สาเหตุจากการที่เชื้อสามารถใช้สารอาหารอื่น ๆ เปลี่ยนเป็นโปรตีนได้ ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต ไขมัน สารเยื่อใย และเถ้ามีปริมาณค่อนข้างคงที่ เนื่องจากทำจากวัตถุดิบ (ข้าวโพดอาหารสัตว์บดเสี้ยว) เดียวกัน ส่วน acidity ของตัวอย่าง 3 ก. คือ ต้มข้าวโพดจนเดือดแล้วต้มต่อ 10 นาที แช่ทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง ซึ่งนำมานึ่ง 5 นาที พบว่ามีค่ามากกว่าตัวอย่างอื่น ๆ เพราะมี lactic acid มาก แสดงว่ามี lactic acid bacteria มาก นอกนั้นค่า pH และ acidity ค่อนข้างคงที่

2.2 <u>การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถั่วเหลืองและข้าวโพดอาหารเลี้ยงสัตว์บดเสี้ยว</u>

ในการวิจัยเลือกอัตราส่วน 50 : 50 เป็นอัตราเริ่มต้นแล้วค่อย ๆ ลดปริมาณข้าวโพดอาหารเลี้ยงสัตว์บดเสี้ยวให้น้อยลง เนื่องจาก หากผสมข้าวโพดมากเกินไป โปรตีนจะลดน้อยลงมากเกินไป และไม่เหมาะต่อการเจริญของเชื้อด้วย จากการวิจัยพบว่าอัตราส่วนของข้าวโพดอาหารสัตว์บดเสี้ยวต่อถั่วเหลืองมีผลต่อการเจริญของเชื้อรา โดยที่เมื่อมีข้าวโพดปริมาณมากขึ้นแนวโน้มในการเจริญเติบโตจะลดน้อยลง และจากผลการวิเคราะห์จะเห็นว่าปริมาณโปรตีนจะลดน้อยลง เมื่อมีการเติมข้าวโพดมากลงไป แต่ปริมาณโปรตีนที่เติมลงไป 10 เปอร์เซนต์ และ 20 เปอร์เซนต์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากลักษณะการเจริญจึงเลือกการเติมข้าวโพดลงไป 20 เปอร์เซนต์ ส่วนคาร์โบไฮเดรตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากข้าวโพดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง ไขมันมีแนวโน้มลดลงเพราะนำมาใช้ในการเจริญเติบโตของเชื้อรา และข้าวโพดมีไขมันน้อยกว่าถั่วเหลือง ปริมาณเถ้าและสารเยื่อใยก็ลดน้อยลงตามอัตราส่วนของข้าวโพดที่เติมลงไป เพราะข้าวโพดอาหารสัตว์บดเสี้ยวมี crude fiber และ pH ต่ำ ส่วน acidity เกือบคงที่ แสดงว่าอัตราส่วนของข้าวโพดอาหารสัตว์บดเสี้ยวและถั่วเหลืองไม่มีผลต่อการเจริญของ lactic acid bacteria ปริมาณ reducing sugar มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากการเติมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บดเสี้ยวมากเพราะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บดเสี้ยวมีปริมาณ reducing sugar มากอยู่แล้ว

2.3 <u>การศึกษาเวลาและปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสมในการทำ mixed tempeh</u>

จากการศึกษาเวลาและปริมาณหัวเชื้อในการทำ mixed tempeh ตามที่กำหนดไว้ในการวิจัยนี้ ก็เพราะว่าต้องการดูการเปลี่ยนแปลงในช่วงต้นของการหมักและปกติการหมักถ้าเกิน 72 ชั่วโมง tempeh ก็เน่าเสียแล้ว และ Steinteraus และผู้ร่วมงาน (1967) กล่าวไว้ว่าปริมาณของ lysine และ Methionine ก็ลดน้อยลง หากทำการหมัก tempeh นานเกินไป นอกจากนี้ wang และ Hesseltine (1965) ได้ศึกษา extracellular proteolytic enzyme ของ <u>R. Oligosporus</u> พบว่ามี 2 ชนิด ซึ่งจะให้ activity สูงสุดที่ 50–55 ° C และจะมีปริมาณสูงสุดเมื่อใช้เวลา 72–92 ชั่วโมง ดังนั้น ถ้าหมักนานเกิน 72 ชั่วโมงจะเกิดกลิ่น ammonia เนื่องจากโปรตีนถูกย่อยเป็น NH_3 แล้วนั่นเอง ส่วนปริมาณหัวเชื้อนั้นปกติใช้ 0.03 เปอร์เซนต์ ก็ขึ้นแล้ว ถ้าหากใช้ปริมาณน้อยไปก็จะไม่ขึ้นเส้นใย หากใช้ปริมาณมากเกินไปก็เป็นการสิ้นเปลือง

พบว่าตัวแปรที่ศึกษาทั้ง 2 ตัว คือ เวลาและปริมาณหัวเชื้อมีผลต่อการเจริญเติบโตของ mixed tempeh เมื่อใช้ปริมาณหัวเชื้อมาก ๆ ก็ทำให้ต้องใช้เวลานานในการเจริญของเชื้อรา ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเชื้อที่ใส่ลงไปน้อยทำให้เชื้อเจริญไปได้ช้า ๆ และหากใส่น้อยเกินไป อาจทำให้เน่าได้ เพราะเชื้อน้อยเกินไปเชื้ออื่นเจริญแทนหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ acidity, pH, reducing sugar พบว่า acidity มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่เวลา 12–36 ชั่วโมงแล้วลดลงแสดงว่า lactic acid bacteria สร้างกรดแลคติกในช่วงนี้ ส่วนมีบางตัวอย่างที่ปริมาณ lactic acid เพิ่มขึ้นในช่วงหลัง เพราะว่า lactic acid bacteria ในช่วงต้นมีปริมาณน้อย ดังนั้นจึงเจริญเติบโตก่อนในช่วง 12–36 ชั่วโมง แล้วจึงผลิตกรดแลคติกออกมาในช่วงหลัง และก็มีแนวโน้มลดลงที่ 12–36 ชั่วโมงเช่นกัน เพราะปริมาณกรดแลคติกมาก pH ก็ลดลงแต่ไม่มากนัก และค่า pH ที่วัดออกมาอาจมีความผิดพลาดเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องวัดpH เป็นระบบ digital เมื่อเกิดการสั่นสะเทือนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าได้ง่าย ส่วน reducing sugar มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ 0 ถึง 20 ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงเจริญเติบโตของเชื้อ แสดงว่าเชื้อย่อยแป้งเป็นน้ำตาลได้สูง เมื่อผ่าน 20 ชั่วโมงแล้ว จะมีการใช้น้ำตาลในการเจริญเติบโต โดยที่ปริมาณหัวเชื้อมาก ๆ จะใช้เวลาในการเจริญเติบโตสั้นกว่า

เมื่อพิจารณาถึงการเจริญของเชื้อพบว่าที่ 0.05 เปอร์เซนต์ 24 ชั่วโมง เจริญดี เนื่องจากใช้เวลาสั้นที่สุด และปริมาณหัวเชื้อน้อยที่สุดในเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการประหยัด เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบอาหารพบว่าปริมาณโปรตีน ไขมัน และ คาร์โบไฮเดรตต่างจาก mixed tempeh ในขั้นตอนที่ 3 คือ 0.03 เปอร์เซนต์ 24 ชั่วโมงเล็กน้อย เนื่องจากมีการเจริญเติบโตของเชื้อดีกว่า ดังนั้นจึงสามารถใช้ไขมัน คาร์โบไฮเดรตได้มากกว่าและสังเคราะห์โปรตีนได้มากขึ้นเล็กน้อย ปริมาณ crude fiber, Ash คงที่ เพราะ ที่วัตถุดิบเดิม

3. ลักษณะที่ตรวจสอบ

ในการวิเคราะห์ Praximate analysis เพื่อดูองค์ประกอบอาหาร ซึ่งได้แก่ carbohydrate, ไขมัน, โปรตีน, crude fiber, Ash และ moisture content ส่วนการวิเคราะห์ reducing sugar เพื่อดูว่าการใช้เอนไซม์อะไมเลอร์ในการย่อยแป้งเป็นน้ำตาลเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตมากน้อยเพียงใด ถ้าหากมีการย่อยมากก็เหลือน้ำตาลในปริมาณมาก ซึ่งเราจะวิเคราะห์ปริมาณ reducing sugar ที่เหลือ การวิเคราะห์ acidity เป็นการหา lactic acid bacteria ที่เจริญ ถ้ามีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญมากก็สร้างกรดแลคติกได้มากก็มี acidity สูง ส่วนการวิเคราะห์ pH นั้นก็เพื่อดูว่านอกจากกรดแลคติกแล้วยังมีกรดอื่นอีกมากน้อยเพียงใด ถ้าหากมีกรดอื่นมาก pH ก็จะไม่เปลี่ยนแปลงตาม acidity

นอกจากนี้ ยังมีการตรวจสอบ amino acid analyser เพื่อดูว่าคุณภาพโปรตีนใน mixed tempeh ดีขึ้นอย่างไร โดยพิจารณาที่ปริมาณ methionine เป็นพิเศษ ในการทดสอบ sensory evaluation ก็เป็นทดสอบการยอมรับในผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เมื่อเติม mixed tempeh ลงไปเพื่อเพิ่มโปรตีนและทดสอบสีผิว กลิ่น รส ลักษณะเนื้อสัมผัส เกรน ซึ่งเป็นการทดสอบทางประสาทสัมผัส

4. <u>การศึกษาอัตราส่วนของ mixed tempeh ที่เหมาะสมในการผสมลงในขนมปังแซนวิช</u>

การผสม mixed tempeh เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณโปรตีน ซึ่งในการวิจัยนี้เลือกขนมปังแซนวิช เนื่องจากสามารถรับรู้กลิ่น และรสชาติของ mixed tempeh ได้ง่ายโดยที่เลือกอัตราส่วนดังกล่าวเนื่องจาก ถ้าหากเติมผง mixed tempeh ลงไปในขนมปังแซนวิชมากกว่า 15 เปอร์เซนต์ จะทำให้ขนมปังแซนวิชไม่ขึ้น เมื่อพิจารณาการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ปรากฏว่าผง mixed tempeh ที่เติมลงไปในขนมปังแซนวิชมีผลต่อสีผิว ลักษณะผิวสีภายในของขนมปังแซนวิช เนื้อสัมผัสภายใน เกรน และกลิ่น

สำหรับทางด้านสี เนื่องจาก mixed tempeh มีโปรตีนสูงจึงเกิด brawning reaction ได้ง่ายซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่าง amino acid กับน้ำตาล ส่วนทางด้านเนื้อสัมผัสนั้น เนื่องจาก mixed tempeh มีคุณสมบัติในการสร้างกลูเตนได้น้อยกว่าแป้งสาลีทำให้ลักษณะเนื้อออกมาไม่ดีเหมือนทำจากแป้งสาลี และมีผลต่อเกรนด้วยเช่นกัน ส่วนกลิ่นจาก mixed tempeh ก็เป็นกลิ่นอาหารหมักซึ่งยังเป็นปัญหาในการบริโภคอยู่ สามารถลดได้ถ้าหากทำขนมปังใส่กลิ่นสังเคราะห์อื่น ๆ

ดังนั้น เทมเป้น่าจะเป็นอาหารที่เหมาะสมกับประเทศไทยได้ ทั้งนี้เพราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การผลิตทำได้ง่ายไม่จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือ และค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำ

2. อุณหภูมิในประเทศไทยเหมาะสมสำหรับทำเทมเป้ได้ตลอดปี

3. การหมักใช้เวลาสั้น ๆ เพียง 24 ชั่วโมงก็สามารถรับประทานได้

4. เทมเป้มีรสชาติและกลิ่นที่ดี สามารถนำมาประกอบเป็นอาหารไทยให้ได้รสชาติที่อร่อย ถูกรสนิยมของคนไทยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. จากการตรวจสอบองค์ประกอบอาหารของถั่วเหลืองและเทมเป้จากถั่วเหลือง พบว่าปริมาณ protein, crude fiber, Ash, Acidity, reducing sugar เพิ่มขึ้นส่วนปริมาณไขมัน คาร์โบไฮเดรต และ pH ลดลง

2. สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างข้าวโพดอาหารเลี้ยงสัตว์บดเสี้ยวในการทำ tempeh คือ ต้มข้าวโพดจนเดือดแล้วต้มต่อ 10 นาที จึงนำมานึ่งในรังถึง 10 นาที เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าสภาวะอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และมีการเจริญดี โดยที่ปริมาณ crude fiber, reducing sugar,acidity ก็สูงกว่าด้วย ส่วนไขมัน คาร์โบไฮเดรต และ Ash ลดลง

3. เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบอาหารของข้าวโพดอาหารสัตว์บดเสี้ยวกับเทมเป้จากข้าวโพดพบว่ามีปริมาณโปรตีน สารเยื่อใย Acidity และ reducing sugar มากกว่า

4. อัตราส่วนที่เหมาะสมของถั่วเหลืองต่อข้าวโพดอาหารเลี้ยงสัตว์บดเสี้ยวก็คือ 80 :20 โดยจะพบว่ามีการเจริญดีกว่าและมีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างจาก mixed tempeh ที่เติมข้าวโพดลงไปเพียง 10 เปอร์เซนต์ ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต , reducing sugar และโปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

5. เวลาและปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสมในการทำ mixed tempeh คือที่ 24 ชั่วโมง 0.05 เปอร์เซนต์ ซึ่งมีการเจริญดี โดยพบว่าในระหว่างการหมักมี pH คงที่ acidity สูงในช่วง 12–36 ชั่วโมง ส่วน reducing sugar มีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วง 0–20 ชั่วโมง การวิเคราะห์ proximate analysis จะมีค่าใกล้เคียงกับ mixed tempeh ที่ใช้ 0.03 เปอร์เซนต์ 24 ชั่วโมง แต่มีปริมาณ protein ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต สูงกว่าเล็กน้อย สามารถสรุปสภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการทำ mixed tempeh ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การวิเคราะห์ essential amino acid ในเทมเป้จากถั่วเหลือง และ mixed tempeh ที่อัตราส่วน เวลา และปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสมพบว่า mixed tempeh มีแนวโน้มของ Isoltucine, leucine, Lysine, Methionine, Phenylalanine Tryred yempeh Valineสูงกว่า แต่มี threonine ต่ำกว่า Tempeh ... จากถั่วเหลือง แต่ก็ยังเป็นปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย

7. อัตราส่วนของ mixed tempeh ที่เหมาะสมในการผสมลงในขนมปังแซนวิช คือไม่เกิน 10 เปอร์เซนต์ ซึ่งยังเป็นที่ยอมรับอยู่จากการทดสอบโดยใช้ hedonic (5) scale พบว่า สี และลักษณะเนื้อทั้งภายในและภายนอก เกรน และ กลิ่น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 95 เปอร์เซนต์ ตั้งแต่ 0 เปอร์เซนต์ ถึง 10 เปอร์เซนต์ ส่วนความนุ่มของผิวภายนอก รส ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ตั้งแต่ 0 เปอร์เซนต์ถึง 15 เปอร์เซนต์ ส่วนการยอมรับนั้นที่ 5 เปอร์เซนต์ และ 10 เปอร์เซนต์ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 95 เปอร์เซนต์

จากนั้นนำตัวอย่างขนมปังแซนวิชที่ผสม mixed tempeh ลงไป 0 ถึง 10 เปอร์เซนต์ มาวิเคราะห์ prozimate analysis พบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า สูงขึ้น ส่วนคาร์โบไฮเดรต crude fiber มีแนวโน้มลดลง

สำหรับข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยที่จะทำต่อไปมีดังนี้

1. การหมักถั่วเหลืองและข้าวโพดเพื่อเป็น mixed tempeh นี้มีผลต่อการลด Alfatoxin ในถั่วเหลืองและข้าวโพดหรือไม่ ซึ่งการตรวจสอบ Alfatoxin ทางเคมีนั้นมีหลายวิธีโดยแยกส่วนที่เป็น fat ออกทั่วไปโดยใช้ hexane Petrolium ether แล้วจึงสกัดแยก Alfatoxin ออกจากอาหารโดยใช้ Chloroform ตกตะกอน lead acetate แล้วกรองจึงนำสารนั้นไประเหยภายใต้สูญญากาศและอุณหภูมิต่ำจนความเข้มข้นสูงขึ้นแล้วหยดบน TLC ผ่านผลภายใต้อุลตราไวโอเลต (UV) หรือใช้วิธีตาม A.O.A.C. 11 th edition

2. สามารถกำจัดกลิ่นถั่วที่พบในเทมเป้ได้โดยการแช่น้ำร้อนแล้วตามด้วยแช่ใน $NaHCO_3$ ได้หรือไม่ ซึ่งเป็นวิธีการกำจัดกลิ่น ดังที่พบในน้ำนมถั่วเหลือง (ลูกจันทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภัครัชพันธ์, 2524)

3. อายุการเก็บ(Shelf-life) ของผล mixed tempeh เก็บไว้ได้นาน เท่าใด จึงไม่เกิดการเน่าเสีย โดยมีกลิ่น ammonia ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ. ตารางแสดงคุณค่าอาหารของไทยใน 100 กรัม. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2523. การย่อยโปรตีนจากพืชตระกูลถั่ว. อาหาร 12 (1) : 38-41.

พอใจ ลิ้มพันธ์อุดม. 2531. เอกสารประกอบการสอนวิชาสถิติและการควบคุมคุณภาพ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มัณฑนา ร่วมรักษ์, วิภา คำดา, ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ. 2519. ผลของวิธีการผลิตต่อคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง(The Effects of Verious Preparation Methods on the Testure and Nutritional Value of Soymilk). สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เยื่นใจ วิสุวัต. 2519. ความสำคัญในการใช้เชื้อ Rhizobium เพิ่มผลผลิตให้แก่ถั่วเหลือง. วารสารวิทยาศาสตร์ 9 (2) : 171-177.

ลาวัณย์ ไกรเดช. 2519. เทมเป้และผลผลิตที่เลียนแบบเทมเป้(Tempeh and Tempeh-like Product). วารสารอาหาร 8 (3) : 21-27.

ลูกจันทร์ ภัครัชพันธุ์. 2524. การใช้สารเคมีในการกำจัดกลิ่นถั่วในน้ำนมถั่วเหลือง. ข่าวงานวิจัยและเทคโนโลยี 3 (11) : 25-27.

วราวุฒิ ครูสิ่ง. 2530. เรามารู้จักเทมเป้กันดีกว่า. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วิมลศรี เทวะผลิน. 2519. การวิเคราะห์คุณภาพของเมล็ดถั่วเหลือง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 9 (2) : 129-134.

วัณะ วีระไวทยะ. 2516. แอฟลาท็อกซินในอาหารไทย. โภชนาการสาร 7 (3) : 15-17.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุพจน์ เฟื่องฟูมาศ, พรปรีดา วนาภิชิต, พร รุ่งแจ้ง. 2525. การดูดน้ำในเมล็ดข้าวโพด. วารสารอาหาร 8 (4) : 22-41.

Chananyah Kronenberg. 1981. Tempeh Today. Soyfood summer 1981. 32-44.

Chong Tai Kim. 1992. Solubilization of Soybean Tempeh Constituents During Fermentation. Cereal Chem 49 (2) : 208-211.

Endang S.M. Suprapto, Evits Boes, L. Broto S.kerdono. 1985. Alfatoxin in Tempe. Proceeding of Workship on Food Technology Kesearch and Development. 25 (27) : 92-94.

Hesseltine, C.W. 1965, A Millennium of fungi; food and ferinentation Mycologia. 57 : 154-163.

J.J. Ellis, C.W. Hesseltine. 1983. Maintaining stock Cultures of Rhizopus Oligosporus for Tempeh making. Soyfood 1983. 29-31.

Murata, Kiku, Ikeata, Hider, and Miyamoto, Tijiro : Study on the Nutritional Value of Tempeh. Journal of Food Science (April 2480). 265-270.

Richard Leviton. 1982. Soy Delis. Soyfood 1982. 38-41.

Rollafson, P.A.; and Anneke Talens. Change in Some 8-Vitamins during Molding of Soybean by Rhizopus Oligosporus in the Production of Tempeh kedlee. Journal of Food Science 29 (March) : 224-226.

Smith, A.K.T.J. Rackis, C.W. Messentine, M. Smith, D.J. Robbins and A.N. Boorh. 1964. Tempeh : Nutritive Value in Relation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

to Processing. Cereal Chems, 41 : 173.

Travis Burgeson. 1982. Pacific Tempeh. Soyfood Winter 1982. 27-38.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

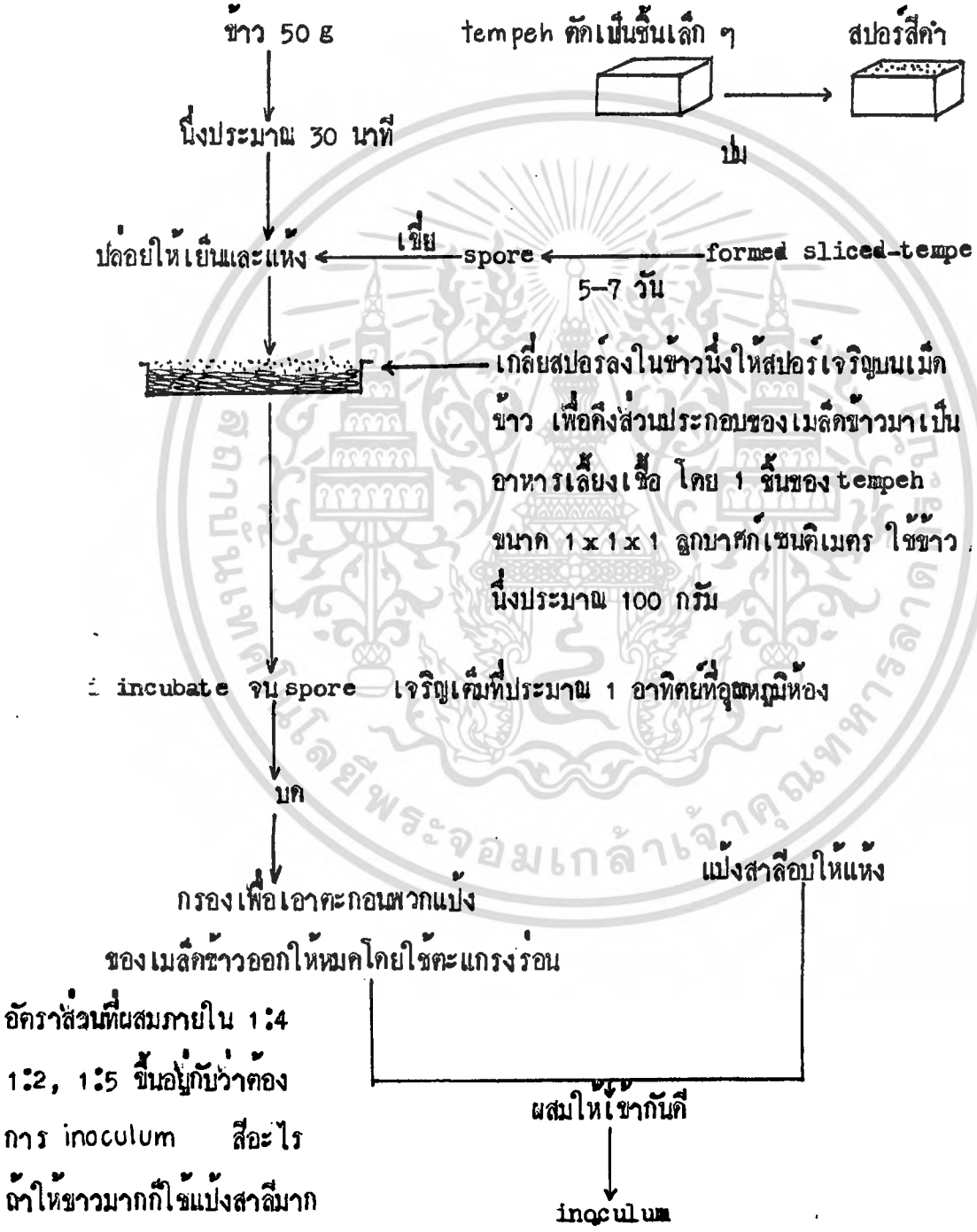
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

- การเตรียมหัวเชื้อ (Laru)

สามารทำได้ตามแผนภาพข้างล่างนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

– การวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์ proximate analysis

ก. การวิเคราะห์หา crude protein

สารเคมีและวิธีการเตรียม

1. กรดซัลฟุริคเข้มข้น (Conc. H_2SO_4 93-98%) reagent grade
2. ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst mixture)

ผสม Copper sulfate 7 กรัม กับ Potassium sulfate 10 กรัม

3. ซิ้นสังกะสี (Zinc granules)
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 45 เปอร์เซนต์

โดยการละลาย NaOH (commercial grade) 450 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร การผสมในแต่ละครั้งควรกระทำเป็นปริมาณมาก ๆ และผสมในภาชนะพลาสติกขนาดใหญ่ โดยการเติมน้ำและเกร็ด NaOH ที่จะน้อยสลับกันไป คนให้เข้ากันด้วยนึ่งแก้วในแต่ละครั้งที่เติม NaOH จนกระทั่งเข้ากันดีแล้วทิ้งไว้ค้างคืน เพื่อให้สารละลายเย็นลง แล้วเทเก็บไว้ในขวดพลาสติก (polyethylene storage bottle)

5. สารละลายกรดบอริค 4 เปอร์เซนต์ (HBO_3 40 กรัมในน้ำ 1000 ml)
6. Indicator

ก. Methyl red 3 ส่วนผสมกับ methylene blue 2 ส่วน

เตรียม Methyl red โดยละลาย Methyl red 1 กรัมใน NaOH 0.1N 37 ml และน้ำ 1 ลิตร

เตรียม Methylene blue โดยละลาย Methylene blue1 กรัมในน้ำ 1 ลิตร

ข. bromocresol green ผสมกับ Methyl red ในอัตราส่วน 5:1

เตรียม bromocresol green โดยละลายสารนี้ 0.1 กรัม ในแอลกอฮอล์ 96 เปอร์เซนต์ 100 ml.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตรียม Methyl red โดยละลายสารนี้ 1 กรัมในแอลกอฮอล์ 96 เปอร์เซนต์ จำนวน 100

7. สารละลายมาตรฐาน กรดซัลฟุริค 0.1 N

วิธีการเตรียม

1) เตรียมกรดซัลฟุริคให้เข้มข้นประมาณ 0.1 N หรือมากกว่า เล็กน้อยโดยตรง Conc. H_2SO_4 98 % ด้วยกระบอกตวงมา 3 ml.

2) เติมน้ำกลั่นลงไป Volumetric flask ขนาด 1000 ml ประมาณครึ่งขวด แล้วเทกรดลงไปปรับให้ได้ 1000 ml โดยดูให้ใต้ท้องน้ำตรงกับขีดของขวดปิดจุกแล้วเขย่าให้เข้ากัน จะได้ความเข้มข้น 0.1 N โดยประมาณซึ่งยังไม่แท้จริง

3) เตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ที่เข้มข้น 0.1 N โดยชั่งสาร Na_2CO_3 ใส่กระจกนาฬิกาโดยประมาณ 6-7 กรัม นำไปอบในตู้อบ 100° C ประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออกแล้วทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้น 10 นาที ชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 5.3 กรัม นำไปเทลงใน Volumetric flask ขนาด 1000 ml เติมน้ำกลั่นอุ่น ๆ ที่ต้มไล่ CO_2 ออกแล้วลงในฟลาสที่ใส่ Na_2CO_3 ไว้ จะได้ Na_2CO_3 ที่มีความเข้มข้น 0.1 N มาตรฐาน

4) วิธีการหาความเข้มข้นที่แท้จริงของกรดซัลฟุริคที่เตรียมไว้

ใช้ฟลาสที่สะอาดขนาด 250 ml เติมสารละลาย Na_2CO_3 ที่ pipette มาลงไป 25 ml หยดสารสี methyl orange ลงไป 2-3 หยด จะได้สารละลายสีเหลืองนำไปไตเตรทกับกรดซัลฟุริค โดยเทกรดซัลฟุริคลงใน Burette ขนาด 50 ml เพื่อหา end point ซึ่งจะได้สีชมพูเหลือง อ่านค่าปริมาตรของกรดซัลฟุริคที่ใช้สมมุติให้เป็น V_2

นำค่าที่อ่านได้ไปคำนวณหา N โดยใช้สูตร

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

สมมุติว่า Na_2CO_3 เป็นสารละลายที่ 1 และ H_2SO_4 เป็นสารละลายที่ 2

$$\therefore N_2 = \frac{0.1 \times 25}{V_2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าได้ความเข้มข้นเกิน 0.1 N ก็ต้องเจือจางลงโดยการเติมน้ำกลั่นลงไป และนำไปไตเตรทอีกครั้ง จนค่อยจะได้ความเข้มที่ต้องการ ถ้าได้ความเข้มข้นต่ำไป ก็หยดกรดซัลฟูริคอีกสัก 1 หยดลงไปแล้วกระทำต่อไป

8. สารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N

วิธีการเตรียม

1) เตรียมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N โดยชั่ง NaOH (AR grade) มา 4.5 กรัม เอาไปเจือจางในน้ำกลั่นซึ่งต้มไล่ CO_2 ออกแล้ว ให้ได้ปริมาตร 1000 ml จะได้สารละลายเข้มข้น 0.1 N โดยประมาณ

2) เตรียม Acid potassium phthalate 0.1 N มาตรฐานโดยชั่ง Potassium hydrogen phthalate 20.42 กรัมให้แน่นอน ละลายในน้ำกลั่นที่ไล่ CO_2 ออกแล้วปรับให้ได้ 1000 ml

3) ใช้ปิเปตดูด Acid potassium phthalate 25 ml ใส่ลงในฟลาส หยดสารสี phenolphthatein 2-3 หยด จะได้สารละลายที่ไม่มีสีนำไปไตเตรทด้วยด่างที่เตรียมไว้ จนได้ end point สีชมพูม่วง

4) อ่านค่าปริมาตรของด่างที่ใช้นำไปคำนวณหา N โดยใช้สูตรดังกล่าวมาข้างต้น

อุปกรณ์

1. Kjeldahl flask 500 ml.
2. Burette
3. เครื่องย่อย (Digestion apparatus) พร้อมเครื่องดูดควัน
4. เครื่องกลั่น (Distillation apparatus) พร้อมอ่างทำน้ำเย็น เพื่อหมุนเวียนน้ำเย็นเข้าสู่ Condenser
5. Erlenmeyer flask 500 ml.
6. Volunmetric flask 1000 ml.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กระบอกพลาสติกขนาด 5 ลิตร

8. Pipette

วิธีการวิเคราะห์แบบใช้การไตเตรทโดยตรง Macro Method

1. ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 1–2 กรัมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนห่อด้วยกระดาษกรอง (ที่ปราศจากไนโตรเจน) ใส่ลงใน Kjeldahl flask

2. เติม catalyst mixture 10 g แล้วรินกรดซัลฟุริคเข้มข้น 25 ml ลงใน

3. นำ flask ไปต้มบนเครื่องย่อยเปิด heater และเครื่องดูดควันในครั้งแรกควรใช้ความร้อนต่ำประมาณ 5 นาที แล้วจึงเร่งให้มีความร้อนสูงขึ้น ต้มจนได้สารละลายสีฟ้าใส ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ขณะย่อยควรหมั่นหมุน flask ไปรอบ ๆ เพื่อให้อาหารถูกย่อยอย่างทั่วถึงปิดสวิทช์เตาให้ความร้อน ปล่อย flask ไว้ให้เย็นและให้แน่ใจว่าควันหมดแล้วจึงปิดเครื่องดูดควันและนำ flask ออกจากเตาทิ้งไว้ให้เย็นต่อไปบนที่วาง

4. เปิดเครื่องกลั่นเพื่อให้น้ำเย็นไหลผ่าน condenser และเปิดเตาให้ความร้อนของเครื่องกลั่นไว้ก่อนเพื่อให้มีความร้อนพอเพียงในขณะที่การกลั่นเริ่มต้น เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของสารละลายที่ใช้ดักเก็บแอมโมเนีย

5. ใช้ pipette ดูดกรดบอริค 4 เปอร์เซนต์ 100 ml ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 ml หยดสารสี bromcresel green ผสมกับ methyl red 2–3 หยดจะได้สารละลายสีชมพู นำไปวางใต้เครื่องกลั่น โดยให้ปลายหลอดนำกลั่นของ condenser จุ่มอยู่ในสารละลาย

6. เติมน้ำกลั่น 300 ml ลงใน Kjeldahl flask ที่เย็นแล้วนั้น เขย่าให้สารที่อาจตกผลึกละลายให้เข้ากันแล้วค่อย ๆ รินสารละลาย NaOH 45 เปอร์เซนต์ จำนวน 100 ml ให้ไหลไหลตามด้านข้างของ flask ใส่ชิ้นสังกะสีลงไป 2–3 ชิ้น เพื่อเร่งปฏิกิริยาเมื่อใส่สังกะสีแล้วรีบนำ flask ต่อเข้ากับเครื่องกลั่นทันที

7. ทำการกลั่นประมาณ 10 นาที ไอออนของ copper จะให้สีน้ำเงินเข้มแก่ copper ammonium complex ซึ่งแสดงร่วม NaOH เพียงพอที่จะ Neutralize

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HBO_3 ที่เหลืออยู่แล้วปลดปล่อย Ammonia ออกมาได้อย่างสมบูรณ์เมื่อแน่ใจว่าจับการได้หมดแล้ว จึงสังเกตได้ค่าของเหลวใน Erlenmeyer flask เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 200 ml หรือทดสอบด้วยกระดาษ litmus สีแดง ถ้าหมดก๊าซแล้วจะไม่เปลี่ยนสีจึงค่อยลดฟลาสลงให้ปลายหลอดนำก๊าซ อยู่เหนือระดับสารละลาย ชะปลายหลอดนำก๊าซด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย ซึ่งสารละลายจะมีสีเขียว นำ flask ที่กักเก็บ Ammonia นั้นออกจากเครดเฟอนำไปไตเตรทต่อไป

8. นำ flask ใบใหม่ที่ใส่น้ำกลั่น 100 ml ไปวางใต้เครื่องกลั่นแทนแล้วปิดเครื่องปล่อยให้ Kjelolahl flask เย็นลง จนกระทั่งน้ำกลั่นไหลย้อนกลับไปยัง Kjeldahl flask

9. นำสารละลายใน flask ที่ใช้เก็บ Ammonia ในข้อ (7) ไปไตเตรทกับกรดซัลฟุริคมาตรฐาน 0.1 N จนได้ end point เป็นสีชมพู อ่านประมาณกรดที่ใช้สมมุติให้เป็น V_2

10. ทำ blanke ด้วยวิธีการดังกล่าวข้างต้น แต่ไม่ได้ใส่ตัวอย่างอาหาร หาจำนวนกรดซัลฟุริค 0.1 N ทั้งหมดที่ใช้ไตเตรทสมมุติให้เป็น V_1

คำนวณหา % Protein ทั้งหมดโดยใช้สูตร

$$\% \text{ crude protein} = 1.4\ (V_2 - V_1) \times N \times 5.7$$

โดย $V_2 - V_1$ ก็คือ ปริมาณของ Ammonia นั่นเอง

โดยทั่วไป V_1 มักมีค่าประมาณ 0-0.1 ml

และ N = ความเข้มข้นเป็น normal ของ H_2SO_4

W = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 แสดงเครื่องมือวิเคราะห์หา protein แบบ kjeldahl method

ข. การวิเคราะห์หาไขมัน (Crude fat)

สารเคมี – Acetone

อุปกรณ์

- เครื่องมือสกัดไขมันแบบ soxhlet extractor
- thimble
- beaker 250 c.c.
- กระดาษกรอง
- โคลถูดความชื้นและตู้อบ
- tong
- can

วิธีการ

1) ตัวอย่างนำมาวิเคราะห์ไขมันสามารถใช้ตัวอย่างที่อ่านค่าการวิเคราะห์หาความเป็นมาแล้ว โดยใช้ตัวอย่างประมาณ 2 กรัม

2) นำกระดาษกรองไปอบประมาณ 1 ชั่วโมงที่ 90 °c ให้แห้งชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) นำตัวอย่างมาห่อด้วยกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักแล้วและใส่ลงใน thimble

4) ใส่ลงในเครื่องมือสกัดไขมันออกจากตัวอย่างมีชื่อว่า soxhlet extractor นำ thimble ที่บรรจุตัวอย่างแล้วใส่ลงใน extraction tube และประกอบ extraction tube เข้ากับ soxhlet flask

5) ตวง aectone200 ml เทลงใน sexllet flask

6) การสกัดจำเป็นต้องใช้ความร้อนแก่ soxhlet flask ซึ่งอาจใช้ water baht หรือ heating mantle ก็ได้ โดยจะต้องปรับระดับความร้อนจน aectone ระเหยเป็นไอและควบแน่นหยดลงบนตัวอย่างอย่างต่อเนื่องกัน (โดยปรับที่เครื่องประมาณเลข 5) สกัดไขมันนาน 16 ชั่วโมง

7) นำเอา acetone ที่ละลายไขมันที่สกัดได้ไปใส่เอาaectone ออกภายในเครื่อง

8) นำไขมันที่หยดได้เทใส่ใน can ที่อบแห้งรู้น้ำหนักที่แน่นอนแล้ว โดยอบประมาณ 1 ชั่วโมง ที่ 100 °C และจากนั้นอบนาน 30 นาที ที่ 100 °C รอให้เย็นใน desicator ประมาณ 45 นาที ก่อนนำไปชั่ง ไขมันที่ได้คือ crude fats

การคำนวณ

$$\% \text{ ไขมัน (crude fat)} = \frac{C - D}{A} \times 100$$

เมื่อ A เป็นน้ำหนักของตัวอย่างแห้ง (g)

C เป็นน้ำหนักของ can รวมกับน้ำมันที่สกัดได้

D เป็นน้ำหนักของ can

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2 แสดงเครื่องมือวิเคราะห์หาไขมันแบบ soxhlet

ค. การวิเคราะห์หา Moisture content

อุปกรณ์ – moisture can

– ตู้อบแห้ง (Hot air oven)

– โหลดูดความร้อน (Desicator)

– คีมคีบ (tong)

วิธีการ

1) นำ moisture can เข้าอบที่ 100 °C นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบโดยต้องเปิดฝาอบด้วย แล้วใส่โหลดูดความชื้น 45 นาทีแล้วนำมาชั่งจนได้น้ำหนักแน่นอน

2) ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการวิเคราะห์ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ประมาณ 2 กรัม ใส่ลงใน moisture can ที่หาบน้ำหนักแน่นอนนั้น

3) นำเข้าอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงโดยเปิดฝาอบ (เป็นอาหารพวกเมล็ดธัญญพืช)

4) นำ moisture can ออกจากตู้อบทิ้งไว้ให้เย็นในโหลดูดความชื้น 45 นาที เมื่อเย็นแล้วรีบนำไปชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) นำ moisture can เข้าอบในตู้อบจนได้น้ำหนักคงที่ ทำเช่นเดียวกับข้อ 3 และ 4 ถ้าคงที่แล้วแสดงว่าน้ำได้ระเหยออกจากตัวอย่างไปหมดแล้ว

การคำนวณ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{a - b}{w} \times 100$$

a = น้ำหนัก moisture can ที่อบแล้วรวมกับน้ำหนักตัวอย่างก่อนการอบ

b = น้ำหนัก moisture can และตัวอย่างภายหลังการอบ

w = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์ก่อนการอบ

รูปที่ 3 แสดงตู้อบแบบ hot air oven

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. การวิเคราะห์หา Crude fiber

สารเคมีและวิธีการเตรียม

1. กรดกำมะถันเข้มข้น 1.25 เปอร์เซนต์หรือ 0.255 N (H_2SO_4 1.25 กรัม/ 100 ml)

วิธีเตรียม ใช้กรดกำมะถันเข้มข้นชนิด Laboratory grade ที่มีความถ่วงจำเพาะ 1.84

ถ้าเป็นกรดที่มีความบริสุทธิ์ 98.1 เปอร์เซนต์ให้ไปเปิดกรดกำมะถัน 6.93 ml นำมาละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

ถ้าเป็นกรดที่มีความบริสุทธิ์ 96 เปอร์เซนต์ ให้ไปเปิดกรดกำมะถัน 7.09 ml นำมาละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

2. ด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25 เปอร์เซนต์ หรือ 0.313 N (NaOH 1.25 กรัม/100 ml)

วิธีเตรียม ใช้ NaOH ชนิด AR grade ที่ไม่มีหรือเกือบไม่มี Na_2CO_3 อยู่ ถ้าเป็นด่างที่มีความบริสุทธิ์ 99 เปอร์เซนต์ให้ชั่งมา 12.6 กรัม (ต้องชั่งอย่างรวดเร็ว เพราะ NaOH ดูดความชื้นเร็วมาก) แล้วละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

3. asbestos ชนิด long fiber gooch grade สำหรับกรองกาก

วิธีเตรียม นำ asbestos ไปต้มกับด่าง NaOH เข้มข้น 5 เปอร์เซนต์ เป็นเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยน้ำร้อน ทำให้แห้งแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 600-700 °ซ. เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4. แอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซนต์ (Methanol หรือ ethanol)

อุปกรณ์

1. เครื่องย่อยพร้อมด้วย beaker ขนาด 600 ml
2. filtering device พร้อม filtering flask

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Gooch crucible

4. Bucher funnel

5. ผ้าลินินที่มีเส้นด้าย 45 เส้นต่อนิ้ว สำหรับการกรองกาก

6. desiccator

วิธีการ

1. นำตัวอย่างอาหารภายหลังที่ได้วิเคราะห์หาไขมันเสร็จเรียบร้อยแล้ว มาชั่งให้ได้น้ำหนัก 2–3 กรัม แล้วใส่ลงใน beaker ขนาด 600 ml ชนิดทรงกระบอกสูง

2. ถ้าอาหารที่จะวิเคราะห์มีเปอร์เซนต์แป้งสูงหรือละเอียดมาก ๆ ให้ใส่ asbestos ที่เตรียมไว้ 0.5 กรัม แล้วเติมกรดกำมะถันที่มีความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซนต์ จำนวน 200 ml ซึ่งได้ต้มจนเดือดมาแล้วลงใน beaker ถ้าอาหารมีฟองมากหรือต้มแล้วกระโดดมากให้หยด antiform 1 หยด และ bumping chip 2–3 ชิ้นลงไปด้วยนำไปต้มบนเครื่องย่อยหาเยื่อใยที่มี condensor เพื่อควบคุมความเข้มข้นให้คงที่เป็นเวลา 30 นาที

3. นำสารละลายออกจากเครื่องย่อยแล้วกรองตะกอนด้วยผ้าลินินบน Buchner funnel ที่ต่อกับ filtering flask โดยอาศัย suction pump ช่วย ล้างตะกอนที่ได้ด้วยน้ำร้อนจนหมดกรด

4. ถ่ายตะกอนกลับคืนลงไป beaker เติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25 เปอร์เซนต์ จำนวน 200 ml ที่ได้ต้มจนเดือดมาแล้วรีบนำกลับคืนเครื่องย่อย แล้วต้มให้เดือดเป็นเวลานาน 30 นาที

5. นำสารละลายออกจากเครื่องย่อย แล้วกรองเช่นเดียวกับวิธีการล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนจนหมดด่าง

6. ถ่ายตะกอนที่ย่อยเสร็จเรียบร้อยแล้วใส่ลงใน gooch crucible ที่มี asbestor รองไว้ พยายามชุดตะกอนด้วยช้อนและ spatula จากผ้าให้หมดเท่าที่จะกระทำได้ และระวังอย่าให้ตะกอนหรือตกหล่นได้ เสร็จแล้วล้างด้วยแอลกอฮอล์เพราะประมาณ 15 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. นำ gooch crucible ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100° ซ. เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

8. นำออกมาทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งจนได้น้ำหนักคงที่

9. นำไปเผาในเตาอบที่อุณหภูมิ 600° ซ. เป็นเวลา 30 นาที หรือจนกระทั่งสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในตะกอนถูกเผาให้หมด แล้วนำออกมาทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งให้ได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่หายไปก็คือ น้ำหนักของเยื่อใยที่มีอยู่ในอาหารนั่นเอง

การคำนวณ

$$P = \frac{(a - b)}{w} \times 100$$

P = เปอร์เซนต์ของเยื่อใย

a = น้ำหนัก crucible กับน้ำหนักจากที่ย่อยก่อนการเผา

b = น้ำหนัก crucible กับน้ำหนักเถ้าภายหลังการเผา

w = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้วิเคราะห์

จ. การวิเคราะห์หาเถ้า (Ash)

อุปกรณ์

- เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace)
- ถ้วยกระเบื้อง (Parcelain crucibles)
- โหลดูดความชื้น (Desicator)
- ตู้ดูดควัน (Fume hood)
- คีมคีบ

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องที่สะอาดและแห้งในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600° C เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นย้ายถ้วยกระเบื้องจากเตาเผาไปไว้ในโหลดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็นเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักที่แน่นอน การชั่งควรกระทำด้วยความรวดเร็วเพื่อป้องกันการดูดซึมความชื้น (ก่อนเอาถ้วยออกจากเตาอบ ควรรอให้อุณหภูมิต่ำลงถึง 100° C ก่อน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชั่งตัวอย่างอาหารให้ได้น้ำหนัก 2-3 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักแล้วนั้นตัวอย่างที่ใช้นี้ ปกติจะเป็นตัวอย่างแห้งที่ได้จากการวิเคราะห์หาความชื้น

3. นำตัวอย่างอาหารนี้ไปเผาในตู้ดูดควัน ให้หมดควันเสียก่อนแล้วจึงนำเข้าไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิไว้ที่ 600° C เผาจนกระทั่งได้เถ้าเป็นสีขาวหรือสีเทาอ่อน ปกติใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง

4. ใช้คีมคีบถ้วยกระเบื้องจากเตาเผา ไปทิ้งให้เย็นใน desicator แล้วชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องที่มีเถ้าอยู่นั้นโดยละเอียด

วิธีการคำนวณ

$$\% \text{ เถ้า ทั้งหมดในอาหาร} = \frac{(b - a)}{w} \times 100$$

เมื่อ a = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง

b = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักเถ้าภายหลังการเผา

w = น้ำหนักของตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

ฉ. การวิเคราะห์หาคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

สามารถหาได้โดย

$$\% \text{ carbohydrate} = 100 - (\%MC + \%Prot + \%Cf + \%Ash + \%fat)$$

2. การวิเคราะห์หา total acidity

สารเคมี - phenolphathalein

- 0.1 N NaOH

อุปกรณ์

- Burette 50 ml
- pipet 25 ml, 1 ml.
- flask 250 ml
- stand พร้อมตัวหนีบ
- กระบอกตวง 100 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารมา 5 กรัม เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 ml แล้วนำไปต้มพออุ่น ๆ พร้อมกับแช่เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน

2. ดึงส่วนใส ๆ มา 50 ml ใส่ลงใน flask แล้วใส่ 1 ml phenolphathalein โดยใช้ pipet 1 ml.

3. ไตเตรทกับ 0.1 N. NaOH ที่บรรจุอยู่ใน Burrette จนได้สารละลายสีชมพูอ่อนคือ จุดยุติ

4. ทำ blank โดยใช้วิธีการเดียวกับข้อ 1-3 แต่ไม่ใส่ตัวอย่าง

การคำนวณ

1 ml 0.1 N NaOH = 0.009 g lactic a

sample (ml) - blank = X ml

∴ ปริมาณ lactic = 0.009 x gm = g

กรด y gm มาจาก 50 ml

ใน 100 ml มาจาก 2 x y = z g

กรด z gm มาจาก sample 5 กรัม

∴ ถ้า sample 100 g = 20 z

3. การวิเคราะห์หา pH

อุปกรณ์ - pH meter

- flask

วิธีการ 1. เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการหา total acidity

2. นำส่วนใส ๆ มาหา pH โดยใช้ pH meter บันทึกค่าได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4 แสดงเครื่องมือวัด pH

4. การวิเคราะห์หา reducing sugar

โดยวิธีการ Lane and Eynon (AOAC, 1975)

สารเคมีและการเตรียม

1. เตรียมสารละลายน้ำตาลกลูโคส 0.5 เปอร์เซนต์ โดยละลายน้ำตาลกลูโคสจำนวน 5 กรัมในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ใน volumetric flask ขนาด 1 ลิตร เขย่าให้น้ำตาลกลูโคสละลายแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

2. เตรียมสารละลาย Fehling solution A, B

เตรียม Fehling solution A โดยละลาย copper sulphate ($CuSO_4$) 69.278 กรัม ด้วยน้ำกลั่นใน volumetric flask ขนาด 1 ลิตร จากนั้นปรับปริมาตรให้เต็ม 1 ลิตร Fehling solution B เตรียมโดยละลาย sodium potassium tartrate 346 กรัมด้วยน้ำกลั่น แล้วเติม sodium hydroride 100 กรัม เขย่าให้ละลายหมดแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์

1. Volumetric flask 1000 ml
2. แท่งแก้ว
3. Beaker 250 ml
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง
5. fat plate
6. glass beed
7. tong
8. pipette 10 ml., 1 ml.
9. Rirrette 50 ml.
10. stand

วิธีการวิเคราะห์

1. หาค่า standardize ของสารละลายน้ำตาลกลูโคส 0.5 เปอร์เซนต์ ดูด Fehling solution A, B อย่างละ 5 ml ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วเติมลูกแก้ว (glass bead) 3-4 เม็ด ป้องกันการเดือดมากเวลาไตเตรท ใช้เวลาในการทำไตเตรทไม่เกิน 5 นาที สารละลาย Fehling solution จะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีแดงอิฐ หยด methylene blue เป็น indicator 3 หยด ไตเตรทต่อไปจนเป็นสีแดงอิฐเหมือนเดิม ปริมาตรของสารละลายกลูโคสที่ใช้ไปถึงค่า standardize ซึ่งจะมีค่า 1.0 ± 0.1

2. ปิเปตตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร (กรณีตัวอย่างมีเปอร์เซนต์น้ำตาลสูงมากให้ทำการเจือจางตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นแล้วดูดมา 1 ml) ปิเปต Fehling A, B เติมลงไป อย่างละ 5 ml เขย่าให้เข้ากันเติมลูกแก้ว 3-4 เม็ดนำไปไตเตรทกับสารละลายกลูโคส 0.5 เปอร์เซนต์ เริ่มทำการไตเตรทเมื่อสารละลายตัวอย่างเริ่มเดือดใช้เวลาไม่เกิน 5 นาที สารละลายตัวอย่างจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีน้ำตาลแดงอิฐ จากนั้นหยอด methylene blue 3 หยด ไตเตรทต่อไป

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง นั่นคือ end point

วิธีการคำนวณ

เปอร์เซนต์น้ำตาลรีดิวส์ = A - B

เมื่อ A คือ ปริมาตรจากการ standardize สารละลายกลูโคส 0.5 เปอร์เซนต์

B คือ ปริมาตรของสารละลายกลูโคส 0.5 เปอร์เซนต์ ที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง

5. การคำนวณผลต่อน้ำหนักแห้ง

เช่น ผง tempeh จากถั่วเหลืองมีความชื้น 2.21 มีปริมาณโปรตีน 35.22 เปอร์เซนต์ ดังนั้น

$$\% \text{ ปริมาณโปรตีนต่อน้ำหนักแห้ง} = \frac{35.22 \times 100}{(100 - 2.21)} = 36.02$$

ใช้วิธีการคำนวณเช่นเดียวกันกับตัวอย่างอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

analysis of varience

จากผลการวิเคราะห์ Protein ในตัวอย่าง tempeh ข้าวโพดได้ผลดังตาราง

สภาวะที่	2ค.	3ก.	3ข.
$\bar{x}$	6.67	6.50	7.02

ใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range test (D.M.R.T.) ใช้เปรียบเทียบตัวกลาง

จัดอันดับใหม่

treatment	3ก.[1]	2ค.[2]	3ข.[3]
$\bar{x}$	6.50	6.64	7.02

หา residual Error MS. จากการใช้ simple Randomized Experiment จากผลการวิเคราะห์ protein ในตัวอย่าง tempeh ข้าวโพดได้ผลดังแสดงในตารางผนวกที่ 1

ตารางผนวกที่ 1 ผลจากการวิเคราะห์ protein ในตัวอย่าง corn tempeh

ครั้งที่ \ treatment	2ค.	3ก.	3ข.
1	6.50	6.56	7.02
2	6.50	6.85	7.02

40.45

จากการคำนวณได้ผลดังแสดงในตารางผนวกที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 ผลจากการคำนวณทางสถิติของ protein ให้ corn tempeh โดยใช้ simple randomized Experiment

Sov.	SS	df	MS	Fcal	F_{table} 95%	F_{table} 99%
treatment	0.27	2	0.14	14	9.55	30.82
residual	0.04	3	0.01			
total	0.32	5				

C.F. = 272.7

∴ ได้ residual error MS = 0.01

df = 3

r = 2

$$\therefore \bar{Sx} = \sqrt{\frac{0.01}{2}} = 0.07$$

จากตาราง SSR สำหรับ 3 means df = 3

$SSR_{0.05}$	4.5	4.5
$SSR_{0.01}$	8.26	8.50
LSR =	SSR . $\bar{Sx}$	
$LSR_{0.05}$	0.315	0.315
$LSR_{0.01}$	0.578	0.595

เปรียบเทียบได้โดย

t = 3	$t_3 - t_1$	7.02 - 6.50 = 0.52
	$t_3 - t_2$	7.02 - 6.64 = 0.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$t = 2 \qquad t_2 - t_1 \quad 6.64 - 6.50 \quad = \quad 0.14$

ถ้าผลที่ออกมามากกว่า LSR แสดงว่าแตกต่าง ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า

t_3 กับ t_1 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสูง

t_3 กับ t_2 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสูง

t_2 กับ t_1 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อ _____ เพศ _____ อายุ _____

วันที่ _____

ผลิตภัณฑ์ ขนมปังแซนวิช

ชั้นปีที่ _____ เวลา _____

กรุณาให้คะแนนผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนวิชต่อไปนี้ ตามลักษณะต่าง ๆ ที่มีไว้ในตาราง โดยมีคะแนน 5 ระดับ ดังอธิบายข้างล่าง คะแนนสูงสุด คือ 5 และ คะแนนต่ำสุด คือ 1

ระดับคะแนน 5 ดีมาก

ระดับคะแนน 4 ดี

ระดับคะแนน 3 เกือบดี

ระดับคะแนน 2 พอใช้

ระดับคะแนน 1 ใช้ไม่ได้

ระดับคะแนน 2 ยังยอมรับอยู่

รหัส	ลักษณะผิวภายนอก			ลักษณะภายใน			กลิ่นและรส		การยอมรับ
	สีผิว	ลักษณะผิว	ความนุ่ม	สี	เกรน	เนื้อสัมผัส	กลิ่น	รส	

ข้อเสนอแนะ _____

_____

ขอบคุณมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

สูตรทำขนมปังแซนวิช

ขนมปังแซนวิชเครื่องรีด

ส่วนผสม	เปอร์เซนต์	ส่วนที่ผลิต
แป้งตราห่าน	100	1000 กรัม
ยีสต์	1.5	15 กรัม
น้ำตาลทราย	8	80 กรัม
เกลือ	2	20 กรัม
น้ำ	57	570 กรัม
นมผง	4	40 กรัม
เอ็มเพล็กซ	0.5	5 กรัม
สารเสริมคุณภาพ	0.4 (2 ชั่วโมง)	4 กรัม
เนยขาว	6	60 กรัม
ซานิลลาผง	0.2 (2 ชั่วโมง)	5 กรัม
น้ำหนักรวม	179.6	1,799 กรัม

วิธีทำ

1. ผสมแป้งห่าน ยีสต์ นมผง เอ็มเพล็กซ และสารเสริมคุณภาพให้เข้ากันดี
2. ละลายน้ำตาล เกลือในน้ำ เทลงในส่วนผสมของแป้ง นวดพอเข้ากัน
3. เติมเนยขาว นวดชนิดจนเกือบเนียน นำมารีดด้วยเครื่องรีดขัดจนเนียน
4. ตัดแป้งน้ำหนัก คลึงนำรูปร่าง ใส่พิมพ์ที่ทาเนยขาวแล้ว
5. หมักให้ขึ้นจนเกือบเต็มที่ นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 400° F ประมาณ 30 นาที

น้ำหนักโด (กรัม) = 0.25 x ปริมาตรของพิมพ์

= 0.25 x น้ำหนักน้ำเติมพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้