บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสม

ตารางที่ 7 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ		115 ^{0}C	121 ^{0}C
เวลาในการให้ความร้อน		35 นาที	25 นาที
เวลาในการฆ่าเชื้อ(F_0)		7 นาที	10 นาที
การยอมรับของผู้บริโภค	ลักษณะปรากฏ	7.00 ^{a}±0.74	7.30 ^{a}±0.80
	สี	7.03 ^{b}±0.80	7.20 ^{a}±0.90
	กลิ่น	7.03 ^{a}±1.12	7.00 ^{a}±1.10
	ความเค็ม	6.36 ^{a}±1.50	6.60 ^{a}±1.40
	ความหวาน	6.70 ^{b}±1.10	7.10 ^{a}±0.70
	เนื้อสัมผัส	6.70 ^{a}±1.40	6.60 ^{a}±1.50
	รสชาติโดยรวม	7.00 ^{a}±1.20	7.00 ^{a}±1.00
	ความชอบโดยรวม	7.03 ^{a}±1.10	7.10 ^{a}±0.90

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวเลขข้างหลัง ± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

จากผลการทดสอบการฆ่าเชื้อของทั้ง 2 สภาวะพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้เมื่อนำมาทดสอบผลการยอมรับของผู้บริโภคผลปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ยกเว้นแต่ค่าสีและความหวานของผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกัน คือที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที และเวลาในการฆ่าเชื้อ 10 นาที จะได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่า ที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลาของกระบวนการ 35 นาที และเวลาในการฆ่าเชื้อ 7 นาที ซึ่งประหยัดเวลาและมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อที่ดีกว่า จึงเลือกสภาวะกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส เวลาของกระบวนการ 25 นาที เป็นกระบวนการในการผลิตข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

จากการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อ 115 องศาเซลเซียส และ 121 องศาเซลเซียส โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่ใช้การชิมและให้คะแนนในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความเค็ม ความหวาน เนื้อสัมผัส รสชาติโดยรวม ความชอบโดยรวม ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิการฆ่าเชื้อได้ผลดังนี้

ลักษณะปรากฏ จากตารางที่ 7 พบว่า ลักษณะปรากฏของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

สี จากตารางที่7 พบว่า สีของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

กลิ่น จากตารางที่7 พบว่า กลิ่นของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

ความเค็ม จากตารางที่7 พบว่า ความเค็ม ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

ความหวาน จากตารางที่ 7 พบว่าความหวาน ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

เนื้อสัมผัส จากตารางที่ 7 พบว่าเนื้อสัมผัส ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

รสชาติโดยรวมจากตารางที่ 7 พบว่ารสชาติโดยรวมของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

ความชอบโดยรวม จากตารางที่ 7 พบว่า ความชอบโดยรวมของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดย

การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

สรุปได้ว่า ผลจากการทดสอบ ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้เมื่อนำมาทดสอบผลของการยอมรับของผู้บริโภคผลปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ยกเว้นแต่ค่าสีและความหวาน เนื่องจากอุณหภูมิในกระบวนการที่สูงกว่าทำให้การแตกตัวของกะทิดีกว่าจึงมีลักษณะปรากฏของสีขาวที่ดีกว่า ส่งผลให้ความรู้สึกถึงความหวานมีมากขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของสีของกะทิ

ลักษณะทางเคมีของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง พบว่า มีความชื้น 14.1% โปรตีน 0.53% ไขมัน 11.5% เถ้า 0.7% เยื่อใย 1.27% และคาร์โบไฮเดรต 71.9% ซึ่งปัจจัยหลักที่ส่งผลถึงองค์ประกอบของข้าวเหนียวมูนบรรจุกระป๋อง คือ ข้าวเหนียวและน้ำกะทิที่มีส่วนประกอบของโปรตีน 1-2% และไขมัน 22% ซึ่งส่งผลต่อสัดส่วนของความชื้นและคาร์โบไฮเดรตของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

องค์ประกอบทางเคมี	**เปอร์เซ็นต์** [1)]
ความชื้น	14.1
ไขมัน	11.5
โปรตีน	0.53
เถ้า	0.70
เส้นใย	1.27
คาร์โบไฮเดรต [2)]	71.9

หมายเหตุ [1)] ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

[2)] คาร์โบไฮเดรต = 100- (% ความชื้น + % ไขมัน + % โปรตีน+ % เถ้า+ % เยื่อใย)

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ

1. ค่าสี วัดโดยใช้วิธีของ Hunter ด้วยเครื่อง Colorimeter

ตารางที่ 9 ค่าสีหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ

เก็บรักษา	L	a	b	L/b
0 เดือน	49.06	-5.73	3.89	12.63
1 เดือน	53.74	-4.26	4.86	11.67
3 เดือน	62.32	-3.4	5.69	11.24
6 เดือน	60.66	-4.94	7.23	8.41

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 6 ครั้ง

ในการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์จะทำการวิเคราะห์ ค่า L และ ค่า b เป็นหลัก เพราะกะทิเมื่อมีความขาวและใส จะมีค่า L จะสูง และเมื่อเก็บไว้นานๆหรือมีการให้ความร้อนโปรตีนในกะทิจะเกิดการเสียสภาพ จับตัวกันเป็นก้อน กะทิจึงมีสีเหลืองมากขึ้น จึงทำการวิเคราะห์ค่า b เป็นหลักด้วย

ดังนั้นการทดลองนี้จึงทำการวิเคราะห์ค่า L และ b เป็นหลัก โดยนำมาหารกัน ซึ่งค่าL/b ของกะทิตามธรรมชาติจะอยู่ที่ 16.07 จากการเก็บข้อมูลพบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ (L/b) จะมีค่าลดลงตามลำดับ คือ ผลิตภัณฑ์จะมีค่าความสว่างจะลดลงและมีลักษณะสีเหลืองปรากฏมากขึ้น เนื่องจากเกิดการเสียสภาพของโปรตีนอันเนื่องมาจากการให้ความร้อนของกระบวนการ และการจับตัวกันเป็นก้อนเมื่อเก็บเอาไว้เป็นระยะเวลานาน

2. วัดค่าเนื้อสัมผัสโดยเครื่อง Texture Analysis

ตารางที่ 10 ค่าความแข็งเมื่อวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ

อายุการเก็บรักษา	0 เดือน	1 เดือน	3 เดือน	6 เดือน
Force(N)	142.73	275.35	511.5	437.9

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 6 ครั้ง

การทดสอบค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง พบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อสัมผัสจะมีค่าความแข็งมากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นเมล็ดข้าวเหนียวจะเกิดการคืนตัวโดยมีการสานกันเป็นร่างแหเกิดการยึดเหนี่ยวที่มากขึ้นและโมเลกุลของน้ำที่อยู่ภายในเมล็ดจะเกิดการระเหยออกมา เพื่อเป็นการปรับสมดุลภายในกระป๋อง ทำให้ค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความแข็งมากขึ้น

ศึกษาอายุการเก็บรักษา (Shelf Life) ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ในการศึกษาอายุการเก็บรักษา ได้ทำการศึกษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เพื่อทำการทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบว่าผู้ทดสอบยอมรับผลิตภัณฑ์กี่วัน

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

การยอมรับของผู้บริโภค	สัปดาห์ที่			
	1	2	3	4
ลักษณะปรากฏ	6.80 ^{a} ±1.01	6.47 ^{a} ±0.90	6.08 ^{a} ±0.99	-
สี	6.80 ^{a} ±0.67	6.47 ^{a} ±0.97	5.85 ^{a} ±1.27	-
กลิ่น	7.13 ^{a} ±0.81	6.40 ^{b} ±0.83	6.62 ^{a} ±1.09	-
ความเค็ม	6.20 ^{a} ±0.69	5.73 ^{b} ±1.12	5.92 ^{a} ±1.47	-
ความหวาน	6.93 ^{a} ±0.88	6.80 ^{a} ±0.53	6.38 ^{a} ±0.72	-
เนื้อสัมผัส	7.07 ^{a} ±0.76	6.67 ^{a} ±0.80	6.23 ^{a} ±0.83	-
รสชาติโดยรวม	7.13 ^{a} ±0.94	6.53 ^{a} ±0.70	6.54 ^{a} ±1.03	-
ความชอบโดยรวม	7.41 ^{a} ±0.84	6.80 ^{a} ±0.75	6.54 ^{a} ±0.88	-
การยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวเลขข้างหลัง ± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านอายุการเก็บรักษา (Shelf Life) ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องพบว่าผลิตภัณฑ์เมื่อนำมาทดสอบผลของการยอมรับของผู้ทดสอบปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)โดยผู้ทดสอบสามารถยอมรับได้ตั้งแต่สัปดาห์ที่1ถึงสัปดาห์ที่3เนื่องจากสัปดาห์ที่4ผู้ทดสอบไม่สามารถยอมรับได้เพราะผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียโดยเกิดการแยกชั้นระหว่างข้าวเหนียวกับน้ำกะทิผู้ทดสอบจึงไม่สามารถยอมรับผลิตภัณฑ์ได้

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

การยอมรับของผู้บริโภค	**สัปดาห์ที่**		
	1	**2**	**3**
ลักษณะปรากฏ	7.00 [a] ±0.97	6.67 [a] ±1.00	-
สี	6.67 [a] ±0.99	6.67 [a] ±0.98	-
กลิ่น	6.67 [a] ±0.98	7.20 [a] ±0.80	-
ความเค็ม	5.93 [a] ±1.54	5.80 [a] ±1.32	-
ความหวาน	6.73 [a] ±0.89	6.53 [a] ±0.92	-
เนื้อสัมผัส	6.73 [a] ±0.73	6.67 [a] ±0.80	-
รสชาติโดยรวม	7.20 [a] ±0.77	6.53 [a] ±0.92	-
ความชอบโดยรวม	7.20 [a] ±0.86	6.67 [a] ±0.90	-
การยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวเลขข้างหลัง ± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านอายุการเก็บรักษา (Shelf Life) ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เมื่อนำมาทดสอบผลของการยอมรับของผู้ทดสอบปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)โดยผู้ทดสอบสามารถยอมรับได้ตั้งแต่สัปดาห์ที่1ถึงสัปดาห์ที่2 เนื่องจากสัปดาห์ที่3 ผู้ทดสอบไม่สามารถยอมรับได้เพราะผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียโดยเกิดการแยกชั้นระหว่างข้าวเหนียวกับน้ำกะทิผู้ทดสอบจึงไม่สามารถยอมรับ

ผลิตภัณฑ์ได้เมื่อนำมาคำนวณอายุการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบสามารยอมรับผลิตภัณฑ์ได้ที่ 48 วัน ผลการยอมรับของผู้ทดสอบพบว่าลักษณะปรากฏ สี ความหวาน และเนื้อสัมผัส มีแนวโน้มที่จะลดลง เนื่องด้วยการเปลี่ยนแปลงค่าความเสื่อมของแป้งส่งผลให้คุณสมบัติในหลายๆด้านลดลง ส่วนค่าความเค็ม กลิ่น และรสชาติโดยรวมจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก เพราะไม่ใช่ผลข้างเคียงจากการเสื่อมของแป้ง ดังนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ควรป้องกันความเสื่อมของแป้งโดยลดปริมาณน้ำในระบบให้น้อยลงและให้เมล็ดข้าวแยกตัวกันมากขึ้นหรือมีการเคลือบสาร เพื่อป้องกันการเกิดการสานกันของโมเลกุลแป้ง

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาหลังการฆ่าเชื้อของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

จากผลการทดลอง พบว่าข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ F_o10 นาที นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ที่มีอายุการเก็บรักษา 0 วัน 1 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือน ทำการตรวจเชื้อได้ผลดังนี้

ตารางที่ 13 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาหลังการฆ่าเชื้อของข้าวเหนียวมูน สำเร็จรูปบรรจุ กระป๋อง

ผลการวิเคราะห์	เก็บรักษา			
	0 เดือน	1เดือน	3 เดือน	6 เดือน
Clostridium botulinum	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Bacillus cereus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Bacillus stearothermophillus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ในการศึกษาเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส และ 121 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ 115 องศาเซลเซียส เวลาในการฆ่าเชื้อ (F_0) 7 นาที ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส เวลาในการฆ่าเชื้อ (F_0) 10 นาที เมื่อนำมาประเมินโดยคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ 9- Point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (Untrained Panelist) ผลความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีผลต่อข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส มากว่า อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือก อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส มาผลิตข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง เนื่องจากในกระบวนการแปรรูป อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ซึ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อดีกว่า อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส จากการศึกษาผลการยอมรับของผู้บริโภคต่อการเปลี่ยนแปลงของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และ 55องศาเซลเซียสเมื่อนำมาประเมินโดยคุณภาพทางประสาทแบบ 9- Point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (Untrained Panelist) จะเห็นได้ว่า เมื่อเก็บรักษาข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องเป็นเวลานานขึ้น คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องมีแนวโน้มลดลง ดังนั้น จึงสอดคล้องกับการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสและค่าสีเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้นและมีสีที่เข้มขึ้น

ดังนั้น จากผลการศึกษากระบวนการผลิตข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที เวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (F_0) 10 นาที สามารถใช้ในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องได้ และปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์

เอกสารอ้างอิง

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. (2534) **คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด.** ศูนย์วิจัยข้าวปทุม สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพ ฯ. 51 หน้า

งามชื่น คงเสรี.(2531) **คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง** สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. หน้า94-101.

งามชื่น คงเสรี.(2540) **คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง** สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร,กรุงเทพฯ. หน้า94-101

งามชื่น คงเสรี. (2540) **การทำผลิตภัณฑ์ข้าว.** วารสารจาร์พา ปีที่ 4 ฉบับที่ 39 (2540) หน้า 25-28.

ชาญ มงคล. (2536) **เรื่องข้าว.** ตำราเอกสารวิชาการ ฉบับที่ 63 ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศน์ กรมการฝึกครู

ชุติมา เลิศลักษมี.(2539) **การศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต.ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

ประพาส วีระแพทย์. (2536) **การศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์.(2538)**จุลชีววิทยาของอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารคณะอุตสาหกรรมการเกษตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ.(2541) **บรรจุภัณฑ์อาหาร**. บริษัท แพคเมทส์ จำกัด กรุงเทพ ฯ. หน้า360

ทิพาพา อยู่วิทยา. (2536) “ **สาระน่ารู้เกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดการกำหนด-กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน**” วารสารอาหาร ปีที่ 23 ฉบับที่ 1(2536)หน้า46-53.

ภัทรชนก ธีรธิติ,รัชนี ศรีสรรณวิทย์ และ สุวรรณี จิตตินรเศรษฐ์. (2536) **ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป**. ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิตภาคอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันชัย สิทธินุ่น.(2546) **วิศวกรรมอาหาร1**.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

วราวุฒิ ครูส่ง. (2539)**การถนอมอาหารและการแปรรูปอาหาร.**มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช . กรุงเทพฯ.หน้า 90

วุฒิชัย นาครักษา. (2535) **เทคโนโลยีธัญพืช**. ภาคอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 198 หน้า.

สุวรรณ รัตนโชตินันท์ และ สิริพร โตมา. (2537) **ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปเสริมไอโอดีน**. ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาคอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2532) **เคมีทางธัญญาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 148 หน้า.

Alstrand,D.V.,and ?O.F. Ecklund.(1952)**The Mechanic and Inter Pretation of Heat Penetration Test in Canned Foods.** Journal of food Technology. 6: 185-189

Adair,C.B.,H.M.Beachell,T.H.Johnst,J.R.Thysell,V.E.Green,B.D.Webb and J.G. Atkins

Batcher,O.M.,K.F. Helmintollrr and E.h. Dawson.(1958) **"Development and Application of Methods for Evaluation Cooking and Quality of Rice"** Journal of Rice .59 :4-8,32

Association Official Analytical Chemists (AOAC).(1995) **Official Method of Analysis**. Washington DC.

Bean,M.M.,Esser,C.A.and Nishita,K.D. (1984) **Some Physicochemical and food Application Characteristics of California Waxy rice Varieties**. Cereal Chemistry.61(6):475-480.

Birch G.G and Priestly R.J.(1973) **Degree of Gelatinisation of Cooked Rice**. Journal of Die Starke. 25(3):98-100.

Buttery, R.G., O. Juliano and L.C. Ling. (1983)**Identification of rice aroma compound 2-acetyl-1- pyrroline in pandan leaves**. Chem. Ind. (London).20:478

Demont,J.I. and Burns,E.E. (1968) **Effect of certain variable on canned riced quality**. Journal of Food Technology.22(2):1186-118

Desikachar, H.S.R (1956) **Changes leading to improve culinary properties of rice on storage**. Cereal Chen.33:324-328

Desikachar, H.S.R. and Subrahmanyan.(1959) **Expansion of new and old rice during cooking**.Cereal chemistry.36(4):385-391

Gerdes,d.l. and Burns,E.E.(1982)**Techniques for canning instant parboiled rice**. Journal of Food Scinece.47(5):1734-1735

Gutterson,M.(1972) Cereal Products.In:**Food canning techniques**. Noyes Date Coreratio, New Jersey U.S.A.p.221-223

Ferrel,R.E.,Kester,E.B.and Pence,J.W.(1960) **Use of emulsifier and emulsified oil to reduce cohesion in canned white rice**. Journal of Food Technology.14(2):102-105

Jowitt,R.(1974)The **Terminology of Food Texture. Journal of Texture Studies**.5:351-358

Juliano,B.O.**Asimplified Assay for Milled-Rice Amylose**. Journal of Cereal Science Today. 6: 334-338,340-360

Juliano, B.O. (1972) **The Rice Caryopsis and Its Composition**, In D.F. Houston (ed.). Rice : Chemistry and Technology. Amer. Ass. Cereal Chem.,Inc.,st.Paul.Minnesota.

Juliano, B.O., and C.M., Perez, A.B., C., Brecknridge, T.D.,Castilo, N.H., Chouhury. N.,Konggeree, B., Laignelet,F.E..,Merca,C.M.,Paule,and B.D., Webb. (1980**) Repost of the international Cooperative Testing on the Gel Consistency of Milled Rice**. 29 : 233-237

Luh,B.S. and Y. Liu.(1980) **Canning Freezing and Freeze drying**. In:Rice:Production and Utilzation. AVI,:590-594

Metal Box. (1982) **Heat processing in Canned Food**. Customer Information Bullentin. 2:1-11

Muanmai,A.(1994) **Effect of the aging and hardening process on the quality of glutinous rice** cracker.M.Thai.Thesis No.AE 94-18,Asean Institute of technology,Bangkok

Nagarathnamma , K. and Siddappa. (1965) **Canning of rice**. Journal of Food Sience and Technology.2(4):128-131.

Pomeranz,y. (1987)**Modern Cereal Science and Technology**. VCH Publ.,Inc.,New York. 486 p.

Rudledge,j.E.and Islam,M.N.(1973) **Canning and pH stability of epichlorohydrin treated parboiled rice**. Journal of Agricultural and Food Chemistry.21(3):458-460

Sharp, R.N. Sharp C.Q. and Kattan ,A.A. (1981) **A new method for thermally processed canned rice.** Journal of Food Technology. 35(5):75-77.

Sharp, R.N. and Kattan,J.A. (1982) **Safety and sensory evaluation of Canned rice.** Journal of food Science.47(4):1123-1126.

Stumbo,C.R. (1973) **Thermobacteriology in Food Processing**. 2 nd ed. Academic Press. : 10 – 13 , 112 - 113.

Verity,N.S., and Allen, R.C.(1964) **Method of Canned rice**. U.S. Patent.3,132,30.

Yonan-Malek, M. (1943) **Method and control system for treating and canning rice**. U.S. Patent.2,334,665.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

การคำนวณกระบวนการใช้ความร้อนในอาหารกระป๋อง (thermal process calculations for canned foods)

การคำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการเก็บรักษาอาหารนั้น เป็นการนำข้อมูลของความร้อนที่ทำลายเชื้อและข้อมูลที่เกี่ยวกับการแผ่กระจายความร้อนเข้าไปในภาชนะบรรจุอาหารมารวมกัน

$$\log (F_T / F_0) = (250\text{-}T) / z$$

$$F_0 = T_T (10)^{(T-250)/Z} \quad (2)$$

กำหนดให้ $$L = 10^{(T-250)/Z} \quad (3)$$

เมื่อ L = ค่าลิตัลลิตี้

ค่าลิตัลลิตี้นี้จะเป็นเวลาที่เทียบเท่ากับผลจากการให้ความร้อนที่ 250 ^{O}F เป็นเวลา 1 นาที เมื่อให้ความร้อนที่ T สมการที่ (3) สามารถใช้หาค่าลิตัลลิตี้ที่อุณหภูมิต่างๆ

หรือจากสมการ (1) จะได้

$$F_T / F_0 = 10^{(T-250)/Z} = TDT_T/1 \quad (1)$$

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส

นาที	Can Temp. (^{O}F)	ค่าที่ได้จากการคำนวณ F_0	นาที	Can Temp. (^{O}F)	ค่าที่ได้จากการคำนวณ F_0
0	130.00		23	239.54	0.26
1	144.14		24	239.54	0.26
2	200.66		25	239.54	0.26
3	211.82		26	239.54	0.26
4	220.82	0.01	27	239.54	0.26
5	227.66	0.02	28	239.54	0.26
6	231.44	0.06	29	239.54	0.26
7	232.52	0.09	30	239.54	0.26
8	232.52	0.11	31	239.54	0.26
9	232.54	0.11	32	239.54	0.26
10	233.6	0.10	33	239.54	0.26
11	233.96	0.12	34	239.54	0.26
12	236.48	0.13	35	239.54	0.26
13	238.64	0.18			
14	239.54	0.23			
15	239.54	0.26			
16	239.54	0.26			
17	239.54	0.26			
18	239.54	0.26			
19	239.54	026			
20	239.54	0.26			
21	239.54	0.26			
22	239.54	0.26			
ค่าเฉลี่ย รวมเวลาที่ในการฆ่าเชื้อ					**6.67**

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส

นาที	Can Temp. (^{O}F)	ค่าที่ได้จากการคำนวณ F_0	นาที	Can Temp. (^{O}F)	ค่าที่ได้จากการคำนวณ F_0
0	132.10		23	249.8	0.97
1	146.84		24	249.8	0.97
2	170.96		25	249.8	0.97
3	190.58				
4	200.84				
5	210.92	0.01			
6	218.48	0.02			
7	224.78	0.04			
8	227.30	0.05			
9	229.46	0.07			
10	229.82	0.08			
11	234.14	0.13			
12	234.14	0.13			
13	236.12	0.17			
14	238.64	0.23			
15	239.54	0.26			
16	241.52	0.34			
17	244.94	0.52			
18	247.10	0.69			
19	247.28	0.71			
20	248.18	0.79			
21	250.34	1.04			
22	249.8	0.97			
ค่าเฉลี่ย รวมเวลาที่ในการฆ่าเชื้อ					**9.19**

ภาคผนวก ข

การคำนวณอายุการเก็บรักษา (Shelf Life)

วิธีการคำนวณหาอายุการเก็บรักษา

จากการคำนวณอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส ได้ดังนี้

Q10 = 21/14 =1.5

สูตรหาอายุ $f2=f1\ (1.5)^{(delta)/10}$

f1 = 14 ที่อุณหภูมิสูงที่สุด (55 องศาเซลเซียส)

delta = 55-25 = 30

$f2 = 14\ (1.5)^3$

f2 = 47.25 วัน หรือ = 48 วัน

ภาคผนวก ค
วิธีการวิเคราะห์การตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์

วิธีการตรวจวิเคราะห์

1) การตรวจวิเคราะห์ *Clostridium botulinum* ใช้วิธีของ FDA Method (Bacterogical analytical manual (1995))

1.1) เตรียมตัวอย่างอาหารเจือจาง 1:10 โดยชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ลงในสารละลายเจือจาง 225 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่องปั่น

1.2) ปิเปตสารละลาย 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อคุกมีทมีเดียม (Cook meat medium) ทำทั้งหมด 3 หลอด

1.3) เติมวุ้น 2 เปอร์เซ็นต์ เททับบนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.4) นำหลอดทดลองไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96- 120 ชั่วโมงถ้ามี *Clostridium botulinum* จะมีก๊าซเกิดขึ้นและดันวุ้น

2) การตรวจวิเคราะห์ *Bacillus cereus*

2.1) เตรียมตัวอย่างอาหารเจือจาง 1:10 โดยชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม (โดยปราศจากเชื้อ) ถ่ายตัวอย่างอาหารที่ชั่งแล้วใส่ในถุงพลาสติกทนร้อน ซึ่งบรรจุ 0.85% NaCl ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ผสมตัวอย่างอาหารให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่น

2.2) ทำ serial dilution เจือจางตัวอย่างอาหารด้วย 0.85% NaCl ปริมาตร 9 มิลลิลิตร จนได้ความเจือจางระดับ 1:100, 1:1,000 , 1:10,000

2.3) ใช้ตัวอย่างอาหารระดับความเจือจาง1:100, 1:1,000 , 1:10,000 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร spread บนอาหาร phenol red egg yolk polymyxin agar ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ

2.4) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง

2.5) ถ้ามีเชื้อ *Bacillus cereus* จะปรากฏตะกอนสีขาวอยู่รอบโคโลนี

3) การตรวจวิเคราะห์ *Bacillus stearothermophillus* ใช้วิธีของ FDA Method (Bacterogical analytical manual (1995))

3.1) เตรียมตัวอย่างอาหารเจือจาง 1:10 โดยชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ลงในสารละลายเจือจาง 225 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่องปั่น

3.2) ปิเปตสารละลาย 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อบรอมครีซอลเพอร์เพิลเดกซ์โตรสบรอท (Bromcresol purple dextrose broth) ทำจำนวน 3 หลอด

3.3) นำหลอดทดลองไปบ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ถ้ามีเชื้อ *Bacillus stearothermophillus* จะมีกรดเกิดขึ้นและเปลี่ยนสีอาหารเลี้ยงเชื้อจากสีม่วงเป็นสีเหลือง

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

การวิเคราะห์ค่าสี

การวัดค่าสี ด้วยระบบฮันเตอร์ (Hunter color systm) โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Hand colorimeter) ซึ่งจะประกอบด้วยตัวแปรของค้าสี 3 ตัวแปร คือ ค่าสี L , a , b

L เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

a เป็นค่าที่บ่งบอกความเป็นสีแดงและสีเขียว เมื่อ a มีค่าบวกให้ค่าสีทางสีแดง ถ้า a มีค่าลบให้ค่าสีทางสีเขียว

b เป็นค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน เมื่อ b มีค่าเป็นบวกให้ค่าสีทางสีเหลือง แต่ถ้า b มีค่าเป็นลบให้ค่าทางสีน้ำเงิน (Baker et al., 1988 อ้างอิงในนัยวิท เฉลิมนนท์,2538)

วิธีการทดสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส

การศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyser) รุ่น TA – XT2i ขนาดรับน้ำหนัก 5 กิโลกรัม และอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

ตารางผนวกที่ 3 สภาวะก่อนทำการวิเคราะห์โดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

TA – XT2i Setting Mode	Measure force in Compression
Option	Measure force in Compression
Pre-Test Speed	0.5 mm/s
Test Speed	0.5 mm/s
Post-Test Speed	10.0 mm/s
Distance	15.0 mm
Trigger Type	Auto 25 g
Data Acquistion Rate	200 pps

ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างใช้ตามวิธีของ AOAC (1990) ข้อ 945.38

วิธีการ

บดตัวอย่างด้วยเครื่องบดอาหารเป็นเวลา 30 วินาที เพื่อให้มีอนุภาคขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร

วิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบของอาหาร (Proximate Analysis)

1. **การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture)**

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ตามวิธี AOAC (1990) ข้อ 930.15

อุปกรณ์

1.ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain Dish)ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตร

2. ตู้อบลมร้อน (Hot air Oven)

3. โถดูดความชื้น (Desiccator)

4. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

1. อบถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain Dish)ในตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)ที่อุณหภูมิ 135± 2 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) และชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วย

2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างประมาณ 4 กรัม ใส่ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain Dish) ที่อบแล้ว

3. นำไปอบในตู้ลมร้อน (Hot air Oven) ที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำออกจากตู้อบ จากนั้นปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

4. นำเข้าไปในตู้อบอีกครั้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำเช่นเดียวกับข้อ 3 ถ้าน้ำหนักที่ได้แตกต่างกันไม่เกิน 0.005 กรัม หรือ 0.5 % ถือว่าน้ำหนักคงที่ สามารถนำค่าที่ได้ไปคำนวณได้ทันที แต้ถ้าน้ำหนักแตกต่างกันมากกง่า 0.005 กรัม หรือ 0.5 % ให้นำไปอบต่อ แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง จนกว่าน้ำหนักจะคงที่

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}) - (\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}} \times 100$$

2. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Protein) ตามวิธี AOAC (1990) ข้อ 979.09

การวิเคราะห์ปริมาณของโปรตีนในอาหารโดยวิธี Kjeldahl Method เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบในอาหาร แล้วจึงนำมาคำณวนหาเป็นปริมาณโปรตีน

หลักการของ Kjeldahl Method ประกอบด้วยการย่อย (Digestion) การกลั่น (Distillation) และการไทเทรต (Titration)

- ขั้นที่1 ตัวอย่างอาหารจะถูกย่อยด้วย H_2SO_4 เข้มข้น เกิดปฏิกิริยา Oxidation ของสารประกอบอินทรีย์ ในขั้นแรกจะเห็นเป็นสีดำไหม้ของสารอินทรีย์ เมื่อย่อยต่อไปจะได้ควันสีขาวของ SO_2CO_2 เมื่อการย่อยสิ้นสุดลง ไนโตรเจนสารประกอบอินทรีย์จะอยู่ในรูปของ $(NH_4)_2SO_4$ (C , P , S , H ถูก Oxidize เป็น Oxides)

ในระบบการย่อย จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเติม Catalyst เพื่อช่วยให้ย่อยเร็วขึ้น และสมบูรณ์ที่นิยมใช้ก็คือ Mix Catalyst ที่ประกอบด้วย K_2SO_4 , $CuSO_4 . 5H_2O$

- ขั้นที่2 เป็นการกลั่นโดย $(NH_4)2SO_4$ ที่ได้จากการย่อยในขั้นที่ 1 จะทำปฏิกิริยากับ NaOH เข้มข้น และมากเกินพอ ได้ก๊าซNH_3 การกลั่นจะใช้วิธี steam distillation เพื่อไล่ NH_3 ให้หมดแล้วจับก๊าซ NH_3 ด้วยกรด Boric (เรียก Receiver) เพื่อนำไปทำขั้นที่3 การ titrate

$$(NH_4)2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4+2$$

$$NH_3 + 2H_2O \longrightarrow NH_4OH$$

$$NH_4OH + H_3BO_3 \longrightarrow NH_4\ H_3BO_3 + H_2O$$

เมื่อสิ้นสุดการกลั่น ไนโตรเจนจะอยู่ในรูปแบบ (Receiver นอกจากจะใช้ 2% แล้ว บางครั้งอาจใช้แต่ไม่นิยม เพราะว่ามีการ Ionize 2 ครั้ง)

- ขั้นที่ 3 การ Titrate ใช้ 0.5 N H_2SO_4 หรือใช้ 0.25N HCL ก็ได้

ถ้าใช้ 0.5 N H_2SO_4

$$2\ NH_4\ H_3BO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)2SO_4 + 2H_3BO_3$$

ถ้าใช้ 0.25N HCL

$$NH_4\ H_3BO_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl + H_3BO$$

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การย่อย (Digestor)
2. หลอดย่อยโปรตีน (Digestion Tube)
3. Tube Stand
4. Kjeldahl Steam Distillation Unit
5. Buret
6. Erlenmeyer Flask
7. Glass Bead

สารเคมี

1. Mix Catalyst ประกอบด้วย Potassium Sulfate (K_2SO_4 ,$CuSO_4 . 5H_2O$ 2 กรัม และ Selenium Nigrum 2 กรัม)
2. 0.1N HCl
3. H_2SO_4 เข้มข้น
4. NaOH 32%
5. กรด Boric 2 %
6. Octanol

วิธีการวิเคราะห์

1.ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างประมาณ 1 กรัม เติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร ลงใน Digestion Tube

2. เติม Mix Catalyst 2 เม็ด ประมาณ 8กรัม, กรดซัลฟิวริคเข้มข้น 15 มิลลิลิตร , Octanol 2 -3หยด ผสมให้เข้ากัน และใส่ Gass Bead 2 -3 เม็ดใหญ่

3.ทำการ Preheat Digestion Box ก่อนประมาณ 550 องศาเซลเซียส นานประมาณ 15 นาที แล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 420 องศาเซลเซียส

4. นำ Digestion Tube เข้าเครื่องย่อย (Digestor) ประมาณ 30-45 นาที จนได้สารละลายใส แล้วทิ้งให้เย็น

5. นำ Digestion Tube เข้าเครื่อง Distillator และเครื่องนี้จะทำการเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 มิลลิลิตร ตั้งเวลา 4 นาที

6. เมื่อเกิดก๊าซ NH_3 จะถูกจับด้วยกรด Boric 2 % เมื่อเติม Indicator ไว้แล้วจะได้สารละลายสีเขียว

7. นำสารละลายที่ได้มาไทเทรตด้วย 0.1N HCl จนถึงจุดยุติ จะได้สารละลายสีชมพู

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} = \frac{(S-B) \times N \times 1.4007}{A}$$

เมื่อ A = น้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง

B = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ Titrate กับ Blank (ml)

S = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ Titrate กับ ตัวอย่าง (ml)

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ Titrate (N)

$$\text{ปริมาณโปรตีน(\%)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} \times 6.25$$

เมื่อ 6.25 = Conversion Factor for Meat

3. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash) ตามวิธี AOAC (1990) ข้อ 979.05

อุปกรณ์

1. Crucible and Lid
2. โถดูดความชื้น (Desiccator)
3. Furnace
4. Electroburner
5. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

1. อบ Crucible ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ของตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ ประมาณ 4-6 กรัม ใส่ Crucible แล้วนำไปเผาบน Electroburner เผาจนหมดควัน

3. นำไปเผาใน Furnace ที่อุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีขาวทั้งหมด (ถ้าไม่ขาวให้หยดน้ำกลั่นลงไปเล็กน้อย แล้วเผาต่อให้ขาว)

4. ปิดฝา Crucible ให้เย็นลงใน Desiccator แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{(A-B)}{C} \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนักที่แน่นอนและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

B = น้ำหนักที่แน่นอนของ (กรัม)

C = น้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง (กรัม)

4. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธี AOAC (1990) ข้อ920.39

สารเคมี

Petrolium Ether

อุปกรณ์

1.ชุดสกัดไขมัน (Soxtech)

2. Thimble

3. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)

4. โถดูดความชื้น (Desiccator)

วิธีวิเคราะห์

1. อบ Extraction Beaker ที่100 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทำให้เย็นใน Desiccator ชั่งน้ำหนัก

2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ลงใน Thimble

3. ใส่ Thimble ลงใน Extraction Beaker เติม Petrolium Ether ประมาณ 50 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าชุดสกัดไขมัน

4. เมื่อครบเวลาตามที่กำหนดแล้ว นำ Thimble ออกจาก Extraction Beaker แล้วนำ Extraction Beaker มาอบใน Hot Air Oven ที่ 100 องศาเซลเซียส จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) แล้วชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน(\%)} = \frac{(A-B)}{C} \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนัก Extraction Beaker หลังอบ

B = น้ำหนักที่แน่นอนของ (กรัม)

C = น้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง (กรัม)

5.การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารรวม (Dietary Fiber) ตามวิธี AOAC (2000)

สารเคมี

1. Ethanol 95% (v/v)
2. Ethanol 78% (v/v)
3. Acetone
4. Phosphate Buffer (0.08 M) , pH 6.0
5. Termamyl (Heat – Stable,α-Amylase No.A3306,Sigma Chemical Co ,เก็บในตู้เย็น
6. Protease No.P3910, Sigma Chemical Co ,เก็บในตู้เย็น
7. Amyloglucosidase No.A9913, Sigma Chemical Co ,เก็บในตู้เย็น
8. Cilite No.C8656, Sigma Chemical Co
9. สารละลาย NaOH เข้มข้น 0.2575 N
10. สารละลาย HCL เข้มข้น 0.325 N

วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่างโดยอบแห้งที่อุณหภูมิ105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13 ชั่งโมง (อบค้างคืน) บดให้ละเอียด แล้วทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น (Desiccator) ถ้าตัวอย่างมีไขมันมากกว่าร้อยละ 10 ต้องสกัดไขมันออกโดยใช้ปิโตเลียมอีเธอร์ ในอัตราส่วน 25 มิลลิลิตร ต่ออาหารแห้ง 1 กรัม โดยสกัด 3 ครั้งก่อนบด

2. ชั่งตัวอย่างแห้ง 1 กรัม ให้รู้น้ำหนักที่แน่นอน (ชั่งละเอียดถึง 0.1 มิลลิกรัม) โดยน้ำหนักของตัวอย่าง 2 ซ้ำ ต้องไม่ต่างกันเกิน 20 มิลลิกรัม และทำ Blank ควบคู่กันไปด้วย

3. ใส่ตัวอย่างในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย Phosphate Buffer 50 มิลลิลิตร เติม Termamyl 0.1 มิลลิลิตร ปิดบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟลอยด์แล้วต้มใน Water Bath อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เขย่าบีกเกอร์ทุก 5 นาที

4. ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับ pH เป็น 7.540 ± 2 ด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.2575 N 10 มิลลิลิตร แล้วเติม Protease 5 มิลลิกรัม ปิดบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟลอยด์แล้วต้มใน Water Bath อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เขย่าบีกเกอร์ทุก 5 นาที

5. ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับ pH เป็น 4.0-4.6 ด้วยสารละลาย HCl 0.325 N 10 มิลลิลิตร แล้วเติม Amyloglucosidase 0.3 มิลลิลิตร ปิดบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟลอยด์แล้วต้มใน Water Bath อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เขย่าบีกเกอร์ทุก 5 นาที

6. เติม Ethanol 95% 20 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ลงในบีกเกอร์ตัวอย่างที่ย่อยด้วยเอนไซม์ แล้ว เพื่อตกตะก่อนส่วนที่เป็น Soluble Dietary Fiber ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที

7. ชั่ง Crucible ที่ใส่ Cilite ให้รู้น้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นล้างด้วย Ethanol 78% ต่อ Crucible กับเครื่องปั๊ม (Suction) แล้วถ่ายสารที่ย่อยได้จากข้อ 6 ลงกรอง เป็นเวลา 30 นาที

8. ล้าง Residue ด้วย Ethanol 78% 20 มิลลิลิตร 3 ครั้ง Ethanol 95% 20 มิลลิลิตร 2 ครั้ง และ Acetone 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง

9. อบ Residue ที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 16 ชั่วโมง (อบค้างคืน) แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนักให้รู้น้ำหนักที่แน่นอน หักลบน้ำหนัก Crucible และ Cilite ออกเมื่อคำนวณน้ำหนัก Residue ที่ได้

10. หาน้ำหนัก ปริมาณโปรตีน และปริมาณเถ้าตัวอย่าง เพื่อนำมาหักลบออกจากน้ำหนัก Residue ที่ได้ จึงจะได้ปริมาณเส้นใยอาหารรวม (Total Dietary Fiber)

การคำนวณ

B = Blank (มิลลิลิตร)

= น้ำหนักของ Residue – P_B

เมื่อน้ำหนักของ Residue = ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก Residue (มิลลิลิตร) 2 ซ้ำจากการทำ Blank

P_B = น้ำหนักของโปรตีน (มิลลิกรัม)

A_B = น้ำหนักของเถ้า (มิลลิกรัม)

% TDF = [(น้ำหนักของ Residue – P – A- B) /น้ำหนักตัวอย่าง X 100]

เมื่อ น้ำหนักของ Residue = ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวอย่าง 2 ซ้ำ

P = น้ำหนักของโปรตีน (มิลลิกรัม) จากตัวอย่าง

A = น้ำหนักของเถ้า (มิลลิกรัม) จากตัวอย่าง

น้ำหนักตัวอย่าง = ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิกรัม) 2 ซ้ำ

6. การคำนวณคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรต% = 100 – (% โปรตีน +% ไขมัน +% เส้นใย+ % ความชื้น+% เถ้า)

ภาคผนวก ฉ
การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

แบบประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบ 9 - Point hedonic scale

ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....ลำดับที่.....

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนตามความชอบของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

9 – ชอบมากที่สุด	6 – ชอบเล็กน้อย	3 - ไม่ชอบปานกลาง
8 – ชอบมาก	5 – บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	2 - ไม่ชอบมาก
7 – ชอบปานกลาง	4 – ไม่ชอบเล็กน้อย	1 – ไม่ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	.....	.....
คุณลักษณะ		
ลักษณะปรากฏ	.....	.....
สี	.....	.....
กลิ่น	.....	.....
ความเค็ม	.....	.....
ความหวาน	.....	.....
เนื้อสัมผัส	.....	.....
รสชาติโดยรวม	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

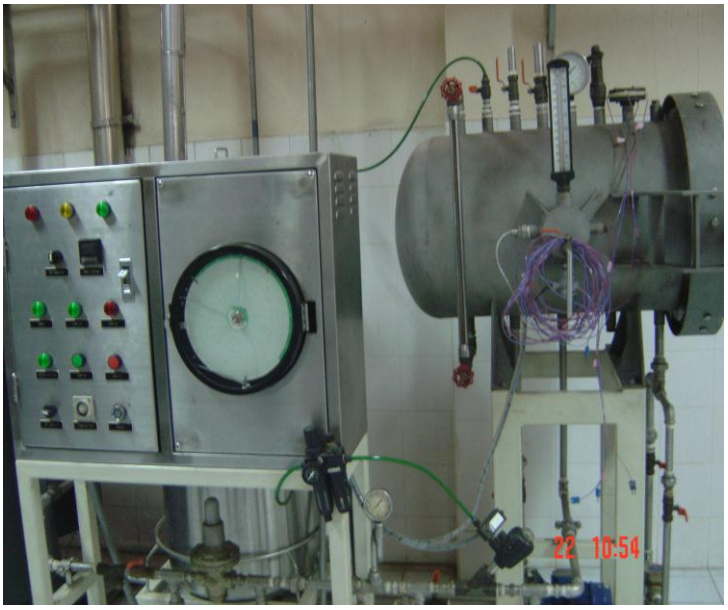
.....

การยอมรับ

1 **2**	**3** **4** **5**	**6** **7**	**8** **9**
ไม่ยอมรับมากที่สุด	ไม่ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับมากที่สุด

ภาคผนวก ช
อุปกรณ์ในการทดลอง

ภาพผนวกที่ 1 เครื่องไล่อากาศ (Exhauster)



ภาพผนวกที่ 2 เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler)

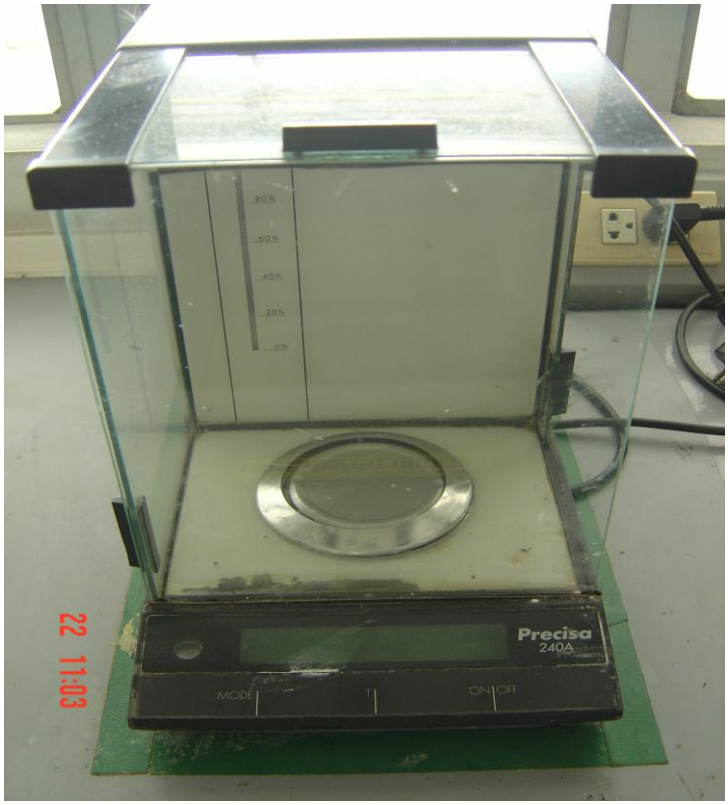
ภาพผนวกที่ 3 เครื่องฆ่าเชื้อด้วยความดันไอน้ำ (Retort)

ภาพผนวกที่ 4 เครื่องปิดฝากระป๋อง (Seamer)

ภาพผนวกที่ 5 แสดงลักษณะการลวกฆ่าเชื้อกระป๋อง

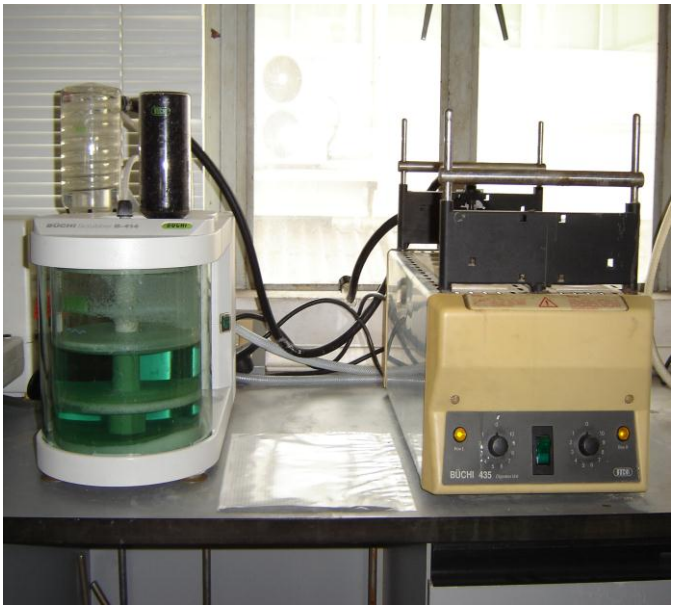
ภาพผนวกที่ 6 แสดงลักษณะการบรรจุข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ภาพผนวกที่ 7 เครื่องเทอร์โมคับเปิล (Thermocouple)



ภาพผนวกที่ 8 เครื่องชั่งแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Anylytical Balance) Precisa รุ่น 240-A ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

ภาพผนวกที่ 9 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)

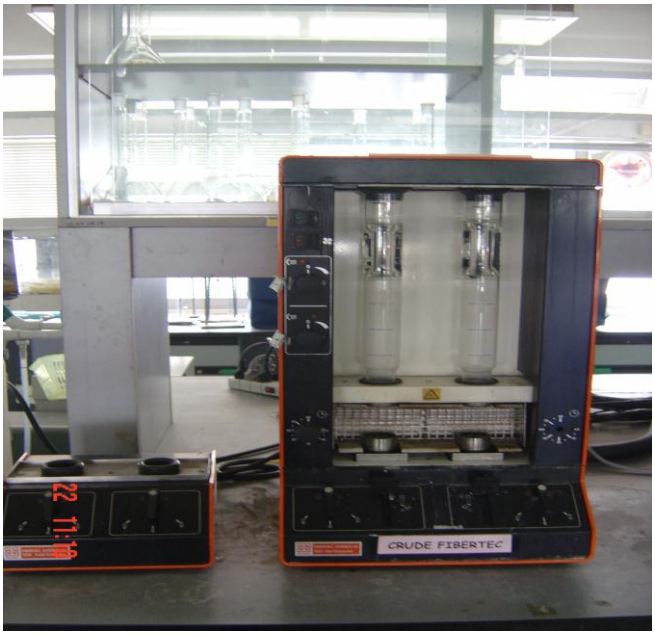


ภาพผนวกที่ 10 เครื่องย่อยโปรตีน (Buchi digestion unit B-435 / Switzerland)

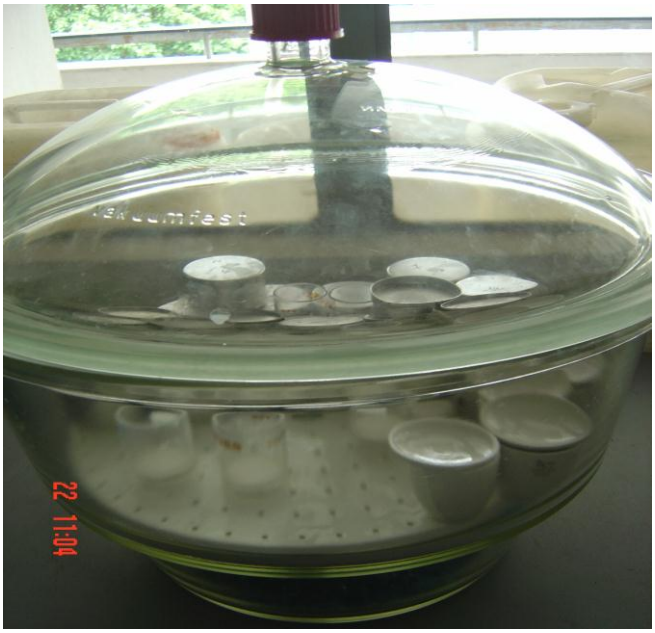
ภาพผนวกที่ 11 เครื่องกลั่นโปรตีน (Buchi digestion unit B-323 / Switzerland)

ภาพผนวกที่ 12 เครื่อง 2050 Soxtech Extration Unit

ภาพผนวกที่ 13 เครื่องวิเคราะห์เถ้า (Furnace 6000 Thermlyne / USA)



ภาพผนวกที่ 14 เครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร (Fibertec system M2 / Sweden)



ภาพผนวกที่ 15 โถดูดความชื้น

ภาพผนวกที่ 16 เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture Analysis Tax-T2i/U.K)

ภาพผนวกที่ 17 เครื่องวัดค่าสี (Hunter color system)

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ นายณรงค์พันธุ์ นามสกุล รัตนปนัดดา อายุ 33 ปี
   (ภาษาอังกฤษ) Narongphan Rattanapanadda หมายเลขบัตรประชาชน 5 7299 99002 25 5
2. ประวัติการศึกษา (โดยย่อ)

ปริญญาโท	วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต	จุฬาฯ
ปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	จุฬาฯ

3. ประวัติการทำงาน (โดยย่อ)

Technical Service	Thai Parkering Co.,Ltd.
Supervisor	Teijin Thailand Co.,Ltd.

4. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์วิชาวิศวกรรมอาหารและวิชาหลักการวิเคราะห์อาหาร
5. สังกัด โปรแกรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
6. สถานที่ติดต่อ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
7. เลขที่ 295 ถนน ราชสีมา แขวง ราชสีมา เขต ดุสิต จังหวัด กรุงเทพ
   โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) ๐๒-๒๔๔๕๖๖๖ (บ้าน) ๐๒-๔๔๘๔๗๕๔
   (มือถือ) ๐๘๑-๓๕๖๗๒๕๘ E-mail Address nrp447@yahoo.com
8. ผลงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
   - วิจัยและพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ของสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์...เรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้กระเจี๊ยบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรพุแค...อ.เฉลิมพระเกียรติ...จ.สระบุรี
9. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ (สามารถตอบได้มากกว่า 1 สาขา)
   วิศวกรรมอาหาร หลักการวิเคราะห์อาหาร
10. ภาระงานในปัจจุบัน
    10.1 งานประจำ
    อาจารย์วิชาวิศวกรรมอาหารและวิชาหลักการวิเคราะห์
    10.2 งานวิจัยที่รับผิดชอบในปัจจุบัน
    - การใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS)ในการหาความชื้นและโปรตีนของแป้งสาลี
    - โครงการประปาปลอดภัย มั่นใจสวนดุสิต