บทที่ 4

ผลการทดลอง

<u>คัดเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมูสลี</u>

ในการคัดเลือกพิจารณาวัตถุดิบประเภทธัญชาติ ถั่ว พืชน้ำมัน และผลไม้ทุกชนิดที่ปรากฏในตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม (กรมอนามัย, 2530) ทำการคัดเลือกเชิงคุณภาพโดยคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังข้อ 1 ในบทที่ 3 พบว่ามีวัตถุดิบ 13 ชนิดผ่านการคัดเลือกแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้คือ 1.กลุ่มธัญชาติ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ลูกเดือย 2.กลุ่มถั่วและพืชน้ำมันได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วแดงหลวง ถั่วเหลือง ถั่วลิสง งาขาว มะพร้าว เมล็ดทานตะวัน 3.กลุ่มผลไม้ ได้แก่ กล้วย มะละกอ สับปะรด รายละเอียดการคัดเลือกและผลการคัดเลือก แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การคัดเลือกวัตถุดิบเพื่อนำมาผลิตมูสลี

ชนิดของวัตถุดิบ	คุณค่าทางโภชนาการ	ผลิตได้ในประเทศเป็นปริมาณมาก	ราคาถูก	ความยากง่ายในการหาวัตถุดิบและฤดูกาล	ความคุ้นเคยและมีการบริโภคทั่วไป	ความเหมาะสมในการแปรรูป	ผลการคัดเลือก
1. กลุ่มธัญชาติ							
ข้าว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข้าวโพด	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข้าวฟ่าง	✓	x	✓	x	x	✓	x
ข้าวสาลี	✓	x	✓	x	x	✓	x
ข้าวโอ๊ต	✓	x	✓	x	x	✓	x
ลูกเดือย	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. กลุ่มถั่วและพืชน้ำมัน							
ถั่วเขียว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ถั่วแดงหลวง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ถั่วดำ	✓	x	✓	✓	✓	x	x
ถั่วเหลือง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ถั่วลิสง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
งา	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
มะพร้าว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
เมล็ดทานตะวัน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
เมล็ดแตงโม	✓	x	✓	✓	✓	✓	x

ตารางที่ 1 การคัดเลือกวัตถุดิบเพื่อนำมาผลิตมูสลี (ต่อ)

ชนิดของวัตถุดิบ	คุณค่าทางโภชนาการ	ผลิตได้ในประเทศเป็นปริมาณมาก	ราคาถูก	ความยากง่ายในการหาวัตถุดิบและฤดูกาล	ความคุ้นเคยและมีการบริโภคทั่วไป	ความเหมาะสมในการแปรรูป	ผลการคัดเลือก
เมล็ดฟักทอง	✓	x	✓	✓	✓	✓	x
เมล็ดบัว	✓	x	x	✓	✓	✓	x
เมล็ดมะม่วงหิมพานต์	✓	✓	x	✓	✓	✓	x
เมล็ดอัลมอนด์	✓	x	x	✓	✓	✓	x
3. กลุ่มผลไม้							
กล้วย	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ขนุน	✓	✓	x	x	✓	✓	x
มะละกอ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
สับปะรด	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
องุ่น	✓	x	x	x	✓	x	x
มะเฟือง	✓	x	✓	x	✓	✓	x
มะเขือเทศ	✓	✓	x	x	✓	✓	x

หมายเหตุ ✓ หมายถึง มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่ตั้ง
x หมายถึง ไม่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่ตั้ง

ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปวัตถุดิบ

จากวัตถุดิบที่คัดเลือกได้แต่ละชนิด นำมาหาวิธีการ และภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปโดยพิจารณากระบวนการที่ง่ายและมีความเป็นไปได้สูง ในการแปรรูปให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับ ได้กระบวนการดังนี้คือ การอบแห้งใช้กับข้าวโพดและมะพร้าว การคั่วใช้กับถั่วลิสงและงาขาว การ puff ด้วย fluidized bed drier ใช้กับข้าว ลูกเดือย ถั่วเขียว ถั่วเหลืองและถั่วแดงหลวง กระบวนการและขั้นตอนการแปรรูปข้อ 2 ในบทที่ 3 ได้จากการทดลองเบื้องต้น ซึ่งบางขั้นตอนไม่สามารถเลือกภาวะได้เพราะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเด่นแตกต่างกันหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยแต่มีความสำคัญต่อคุณภาพ จึงแปรภาวะดังกล่าวแล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัส เลือกภาวะที่ได้รับการยอมรับรวมสูงที่สุดไปใช้ในขั้นต่อไป โดยผลการแปรภาวะของวัตถุดิบแต่ละชนิดมีดังนี้ คือ

1. กระบวนการอบแห้ง

1.1 ข้าวโพด

หลังจากทำให้สุกและแยกเมล็ดข้าวโพดออกจากฝักแล้ว ส่วนหนึ่งนำมาผ่านลูกกลิ้งก่อนนำไปอบ อีกส่วนหนึ่งนำไปอบโดยตรง แปรอุณหภูมิเป็น 3 ระดับ คือ 60, 80, 100°C ใช้ตู้อบลมร้อนอบจนกระทั่งความชื้นต่ำกว่า 10 % (wet basis) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับรวม ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2 ระดับคะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ scoring test ของข้าวโพดอบ ที่อุณหภูมิต่างกัน (โดยผ่าน และไม่ผ่านลูกกลิ้งก่อนอบ)

ภาวะ			ระดับคะแนน ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
ก่อนอบ	อุณหภูมิที่อบ(°C)	เวลาที่อบ (ชั่วโมง)	สี (10)	ลักษณะปรากฏ (10)	เนื้อสัมผัส (30)	กลิ่นรส (25)	รสชาติ (25)	การยอมรับรวม(10)
ไม่ผ่านลูกกลิ้งคู่	60	6.0	8.10±1.16	7.18±1.51	19.00±5.18	21.10±2.42	21.50±2.42	7.02±1.48
	80	3.5	6.63±1.49	6.93±1.79	20.30±5.33	20.57±3.10	21.23±2.86	6.75±1.75
	100	2.0	2.23±1.41	4.83±2.67	20.47±4.84	9.40±6.26	14.17±5.25	4.37±1.80
ผ่านลูกกลิ้งคู่	60	6.0	9.17±0.78	8.03±1.17	23.73±4.08	21.53±2.35	21.57±2.39	8.37±1.07
	80	2.5	8.98±1.22	8.38±1.29	24.83±4.27	21.80±2.09	21.70±2.68	8.50±1.62
	100	2.0	4.10±1.70	5.67±2.09	25.97±3.22	15.30±6.18	17.10±4.88	5.50±1.87

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวโพดอบที่อุณหภูมิต่างกัน (โดยผ่านและไม่ผ่านลูกกลิ้งก่อนอบ)

SOV	d.f.	MS					
		สี	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	รสชาติ	การยอมรับรวม
ภาวะก่อนอบ (A)	1	139.57*	49.09*	1090.27*	286.27*	60.09*	89.61*
อุณหภูมิที่อบ (B)	2	521.10*	113.64*	52.85*	1584.47*	1376.84*	148.58*
AB	2	6.30*	1.85	3.91	130.76*	72.31*	1.47
panelist	14	5.43	8.48	80.55	53.40	630.81	7.03
replicate	1	11.00	14.45	12.27	19.34	24.20	2.22
error	159	1.45					

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ factorial randomized complete block ขนาด 2x3 พบว่าภาวะก่อนอบ อุณหภูมิที่ใช้อบ และอิทธิพลร่วมของตัวแปรทั้งสองมีผลต่อความชอบด้านสี กลิ่นรส และรสชาติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 ส่วนลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม อิทธิพลร่วมมีผลอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) จึงแยกวิเคราะห์โดยพิจารณาทีละตัวแปรคือภาวะก่อนอบ และอุณหภูมิที่ใช้อบ ผลแสดงในตารางที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

I 17439828

ตารางที่ 4 ผลของอิทธิพลร่วมการผ่านลูกกลิ้งก่อนอบ และอุณหภูมิการอบต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส และรสชาติของข้าวโพดอบ

ภาวะ		ระดับคะแนน ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
ก่อนอบ	อุณหภูมิที่อบ (°C)	สี (10)	กลิ่นรส (25)	รสชาติ (25)
ไม่ผ่านลูกกลิ้ง	60	$8.10^{b} \pm 1.16$	$21.10^{a,b} \pm 2.62$	$21.50^{a} \pm 2.42$
	80	$6.63^{c} \pm 1.49$	$20.57^{b} \pm 3.10$	$21.23^{a} \pm 2.86$
	100	$2.23^{a} \pm 1.41$	$9.40^{d} \pm 6.26$	$14.17^{c} \pm 5.25$
ผ่านลูกกลิ้ง	60	$9.17^{a} \pm 0.78$	$21.53^{a} \pm 2.35$	$21.57^{a} \pm 2.39$
	80	$8.98^{a} \pm 1.22$	$21.80^{a} \pm 2.09$	$21.70^{a} \pm 2.68$
	100	$4.10^{d} \pm 1.70$	$15.30^{c} \pm 6.18$	$17.10^{b} \pm 4.88$

a,b,c,... อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 ผลของการผ่านลูกกลิ้ง ต่อระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของข้าวโพดอบ

ภาวะก่อนอบ	ระดับคะแนน ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ลักษณะปรากฏ (10)	เนื้อสัมผัส (30)	การยอมรับรวม (10)
ไม่ผ่านลูกกลิ้ง	$6.32^{b} \pm 2.16$	$19.92^{b} \pm 5.16$	$6.04^{b} \pm 2.06$
ผ่านลูกกลิ้ง	$7.36^{a} \pm 1.98$	$24.84^{a} \pm 3.99$	$7.46^{a} \pm 2.08$

a,b อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ผลของอุณหภูมิการอบข้าวโพดต่อระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม

อุณหภูมิที่อบ (°C)	ระดับคะแนน ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ลักษณะปรากฏ (10)	เนื้อสัมผัส (30)	การยอมรับรวม (10)
60	$7.61^{a} \pm 1.41$	$21.37^{b} \pm 5.23$	$7.69^{a} \pm 1.46$
80	$7.65^{a} \pm 1.72$	$22.57^{a} \pm 5.34$	$7.62^{a} \pm 1.90$
100	$5.25^{b} \pm 2.22$	$23.22^{a} \pm 4.94$	$4.93^{b} \pm 1.92$

a,b อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การนำเมล็ดข้าวโพดสุกไปผ่านลูกกลิ้งก่อนอบ มีผลให้ระดับคะแนนทางประสาทสัมผัสทุกลักษณะสูงขึ้น ส่วนอุณหภูมิการอบที่สูงขึ้นทำให้ความชอบด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับรวมลดลง แต่ความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) โดยในด้านสีตัวอย่างที่ได้รับคะแนนสูงได้แก่ข้าวโพดที่ผ่านลูกกลิ้งก่อนอบที่ 60 และ 80°C ตัวอย่างที่ได้รับคะแนนในด้านกลิ่นรสสูงได้แก่ข้าวโพดที่อบที่ 60°C ข้าวโพดที่ผ่านลูกกลิ้งอบที่ 60°C และข้าวโพดที่ผ่านลูกกลิ้งอบที่ 80°C ตัวอย่างที่ได้รับคะแนนในด้านรสชาติสูง ได้แก่ ข้าวโพดที่ผ่านการอบที่ 60 และ 80°C ในด้านเนื้อสัมผัสการอบที่ 80 และ 100°C ได้รับคะแนนสูง ส่วนลักษณะปรากฏและการยอมรับรวมการอบที่ 60 และ 80°C ได้รับคะแนนสูง ซึ่งแต่ละกลุ่มที่กล่าวมาไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่สูงในทุกลักษณะ และการยอมรับรวมที่สูงที่สุด จึงเลือกภาวะผ่านลูกกลิ้งแล้วอบที่ 80°C ไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

1.2 มะพร้าว

เลือกใช้มะพร้าวแก่และมะพร้าวทินทึก หลังจากผ่านกระบวนการดังข้อ 2.1.2 ในบทที่ 3 นำมาอบแห้งโดยแปรอุณหภูมิ 3 ระดับคือ 60,80 และ 100°C นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7-9

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมะพร้าวอบที่อุณหภูมิต่างกัน

ชนิดของมะพร้าว	อุณหภูมิในการอบแห้ง (°C)	เวลาในการอบ (ชั่วโมง)	ระดับคะแนน±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
			สี (10)	เนื้อสัมผัส (30)	กลิ่นรส (30)	รสชาติ (30)	การยอมรับรวม (10)
มะพร้าวแก่	60	5.0	6.19±2.70	22.07±6.04	23.33±4.90	24.60±2.78	7.64±1.50
	80	2.0	7.02±2.35	24.00±3.37	24.20±4.50	24.10±3.50	7.82±1.40
	100	1.5	7.18±2.00	26.13±2.95	23.43±5.87	23.70±3.91	8.06±1.12
มะพร้าวทินทึก	60	5.0	5.68±3.04	21.67±5.80	23.37±5.15	24.17±3.10	7.23±1.56
	80	2.0	7.42±1.68	23.60±5.50	24.70±4.22	25.00±3.51	8.17±1.36
	100	1.5	6.95±2.00	25.03±4.48	24.67±4.77	23.93±4.00	8.27±1.04

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมะพร้าวแก่และมะพร้าวทึนทึกที่อบที่อุณหภูมิต่างกัน

SOV	d.f.	MS				
		สี	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	รสชาติ	การยอมรับรวม
ความแก่ของมะพร้าว(A)	1	0.60	18.05	15.61	2.45	0.11
อุณหภูมิในการอบ (B)	2	29.47*	207.32*	18.60	8.87	8.69*
AB	2	3.19	2.45	5.49	6.67	2.41
panelist	14	21.21	181.10	154.40	62.69	7.56
replicate	1	32.43	4.67	54.45	5.34	1.22
error	159	4.14	10.53	13.58	8.25	1.37

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ factorial randomized complete block ขนาด 2x3 พบว่าความแก่ของมะพร้าว และอิทธิพลร่วมระหว่างความแก่กับอุณหภูมิในการอบไม่มีผลต่อความชอบด้านสี เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ($p>0.05$) ดังนั้นจึงแยกวิเคราะห์ โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิในการอบ ผลแสดงในตารางที่ 9 ส่วนในด้านกลิ่นรส และรสชาติไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 9 ผลของอุณหภูมิการอบมะพร้าว ต่อระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม

อุณหภูมิในการอบ (°C)	ระดับคะแนน ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	สี (10)	เนื้อสัมผัส (30)	การยอมรับรวม (10)
60	$5.94^{b} \pm 2.89$	$21.87^{c} \pm 5.93$	$7.44^{b} \pm 1.54$
80	$7.22^{a} \pm 2.05$	$23.80^{b} \pm 4.56$	$7.99^{a} \pm 1.39$
100	$7.07^{a} \pm 2.01$	$25.58^{a} \pm 3.83$	$8.16^{a} \pm 1.09$

a,b,c อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การอบมะพร้าวที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ความชอบด้านสีและการยอมรับรวมสูงขึ้น แต่ความชอบในด้านเนื้อสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการอบที่ 80 และ 100°C มีคะแนนด้านสี และการยอมรับรวมสูงกว่าการอบที่ 60 °C ในด้านเนื้อสัมผัส การอบที่ 100 °C มีคะแนนสูงกว่าที่ 60 และ 80 °C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาการยอมรับรวมที่สูงสุด ภาวะที่เหมาะสมคือ การอบที่ 100°C และเนื่องจากการใช้มะพร้าวทินทิกอบที่ภาวะนี้ ได้รับการยอมรับรวมมากกว่าการใช้มะพร้าวแก่จึงเลือกใช้มะพร้าวทินทิกในการทดลองขั้นต่อไป

2. กระบวนการคั่ว

2.1 งาขาว

จากการทดลองคั่วงาขาวดังขั้นตอนข้อ 2.2.1 ในบทที่ 3 โดยแปรเวลาคั่วที่อุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลแบบ randomized complete block design ทีละระดับอุณหภูมิ ได้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังแสดงในตารางที่ 10-12

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของงาขาวคั่วที่อุณหภูมิ 135°C ที่ระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลา (นาที)	ระดับคะแนน±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สี (30)	เนื้อสัมผัส (10)	กลิ่นรส (30)	รสชาติ (30)	การยอมรับรวม (10)
8	$22.10^{c} \pm 3.71$	$7.97^{ab} \pm 1.17$	$22.87^{ab} \pm 3.88$	$22.10^{ab} \pm 4.24$	$7.50^{ab} \pm 1.59$
16	$22.80^{bc} \pm 3.89$	$7.42^{b} \pm 1.84$	$20.63^{bc} \pm 5.55$	$21.47^{b} \pm 5.25$	$7.12^{b} \pm 2.02$
24	$24.47^{a} \pm 3.44$	$8.28^{a} \pm 0.92$	$23.60^{a} \pm 4.45$	$23.47^{a} \pm 3.14$	$8.07^{a} \pm 1.14$
32	$23.80^{ab} \pm 2.33$	$7.63^{b} \pm 1.47$	$21.00^{bc} \pm 5.76$	$21.40^{b} \pm 4.26$	$7.20^{b} \pm 1.52$
40	$24.40^{a} \pm 3.44$	$7.88^{ab} \pm 1.46$	$20.13^{c} \pm 7.26$	$21.70^{b} \pm 4.16$	$7.05^{b} \pm 1.57$

a,b,c อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของงาขาวคั่วที่อุณหภูมิ 150°C ที่ระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลา (นาที)	ระดับคะแนน±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สี (30)	เนื้อสัมผัส (10)	กลิ่นรส (30)	รสชาติ (30)	การยอมรับรวม (10)
4	$19.87^{b}\pm4.34$	$7.60^{b}\pm1.76$	$21.50^{ab}\pm4.47$	$20.77^{ab}\pm5.23$	$6.50^{b}\pm2.00$
8	$24.47^{a}\pm2.69$	$8.30^{a}\pm1.10$	$23.37^{a}\pm4.06$	$22.43^{a}\pm3.78$	$7.93^{a}\pm1.12$
12	$24.23^{a}\pm3.25$	$7.60^{b}\pm1.50$	$22.07^{ab}\pm5.20$	$22.83^{a}\pm3.98$	$7.32^{ab}\pm1.64$
16	$23.80^{a}\pm3.45$	$8.28^{a}\pm1.12$	$20.37^{b}\pm7.88$	$19.37^{b}\pm6.60$	$6.67^{b}\pm2.42$

a,b อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของงาขาวคั่วที่อุณหภูมิ 165°C ที่ระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลา (นาที)	ระดับคะแนน±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สี (30)	เนื้อสัมผัส (10)	กลิ่นรส (30)	รสชาติ (30)	การยอมรับรวม (10)
3	$19.82^{c} \pm 4.58$	$7.67^{b} \pm 1.67$	$20.16^{b} \pm 4.73$	$19.95^{b} \pm 4.50$	$6.50^{b} \pm 1.62$
4	$22.92^{b} \pm 2.82$	$8.12^{a,b} \pm 1.23$	$24.03^{a} \pm 3.34$	$24.02^{a} \pm 3.12$	$7.85^{a} \pm 1.19$
5	$23.96^{a,b} \pm 2.02$	$8.54^{a} \pm 1.11$	$21.66^{a,b} \pm 7.00$	$20.02^{b} \pm 4.85$	$7.20^{a,b} \pm 1.75$
6	$24.63^{a} \pm 2.27$	$8.20^{a,b} \pm 1.61$	$23.60^{a} \pm 5.46$	$22.18^{a} \pm 3.94$	$7.77^{a} \pm 1.72$

a,b อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ระยะเวลาการคั่วงาขาวมีผลต่อระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกลักษณะอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสมในการคั่วที่อุณหภูมิต่าง ๆ จากระดับคะแนนการทดสอบในด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และรสชาติที่สูงร่วมกับการยอมรับรวมที่สูงที่สุด จึงเลือกตัวอย่างที่คั่ว 24 นาที 135°C, คั่ว 8 นาทีที่ 150°C และคั่ว 4 นาทีที่ 165°C มาเปรียบเทียบกันเพื่อหาภาวะที่ดีที่สุดโดยทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ ranking test นำผลที่ได้มาเปลี่ยนเป็นระดับคะแนน +0.85, 0 และ -0.85 ตามลำดับการยอมรับรวมที่ 1,2 และ 3 ตามลำดับ (Fisher and Yates, 1942) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติได้ผลดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของงาขาวคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิในการคั่ว (°C)	ระยะเวลาในการคั่ว (นาที)	ระดับคะแนนการยอมรับรวม ns ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
135	24	-0.06±0.66
150	8	0.17±0.64
165	4	-0.11±0.75

ns ข้อมูลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

จากผลการทดลองพบว่าการยอมรับรวมที่มีต่องาขาวคั่ว ที่อุณหภูมิ 135°C 24 นาที, 150°C 8 นาที และ 165°C 4 นาที ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จึงเลือกภาวะการคั่วที่ 150°C 8 นาที ไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป เพราะได้รับระดับคะแนนสูงสุดและลดเวลาการคั่วลงได้ 3 เท่า (24 นาที เหลือ 8 นาที) จากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 15 °C (135 °C เป็น 150 °C) ในขณะที่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิอีก 15°C (150 °C เป็น 165°C) จะลดเวลาลงได้อีกเพียงครึ่งเดียว (8 นาทีเหลือ 4 นาที)

2.2 ถั่วลิสง

จากการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาระยะเวลา และอุณหภูมิในการคั่วถั่วลิสงพบว่าช่วงอุณหภูมิที่เป็นไปได้ คือ 150-180 °C เนื่องจากใช้ระยะเวลาการคั่วไม่นานนักและถั่วสามารถสุกได้โดยที่ยังไม่ไหม้ แต่ระยะเวลาที่เหมาะสมในการคั่วที่อุณหภูมิต่างกันมีความแตกต่างกัน คล้ายกับการคั่วงาขาวคือ เมื่อทราบระดับความสุกที่ผู้ทดสอบชอบก็สามารถหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมได้ โดยเมื่ออุณหภูมิที่ใช้แตกต่างกันระยะเวลาการคั่วก็ต่างกันเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกัน ในการคั่วถั่วลิสงจึงหาระดับความสุกของถั่วที่ผู้ทดสอบชอบโดยทดลองแปรอุณหภูมิและเวลาการคั่วดังตารางที่ 14 และเมื่อนำตัวอย่างที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 14 ระยะเวลาในการคั่วถั่วลิสงที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิในการคั่ว (°C)	ระยะเวลา (นาที)
150	18
160	10
170	10
180	10

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของถั่วลิสงที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิในการคั่ว (°C)	ระยะเวลาในการคั่ว (นาที)	ระดับคะแนน±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
		สี (20)	เนื้อสัมผัส (30)	กลิ่นรส (30)	รสชาติ (20)	การยอมรับรวม (10)
150	18	$15.90^{a} \pm 3.31$	$25.10^{a} \pm 4.48$	$25.43^{a} \pm 3.71$	$17.88^{a} \pm 3.07$	$8.22^{a} \pm 1.40$
160	10	$12.53^{c} \pm 4.46$	$22.60^{b} \pm 4.00$	$22.93^{b} \pm 4.02$	$16.57^{ab} \pm 3.52$	$6.57^{c} \pm 1.38$
170	10	$15.10^{ab} \pm 3.09$	$25.37^{a} \pm 4.54$	$23.40^{ab} \pm 5.88$	$16.57^{ab} \pm 4.17$	$7.52^{ab} \pm 1.54$
180	10	$14.03^{bc} \pm 4.50$	$25.10^{a} \pm 4.32$	$23.03^{ab} \pm 6.33$	$14.87^{b} \pm 5.09$	$6.95^{bc} \pm 1.95$

a,b,c อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองพบว่า การคั่วถั่วลิสงที่ 150°C 18 นาที ได้รับการยอมรับรวมสูงที่สุด และไม่แตกต่างจากการคั่วที่ 170°C 10 นาที และเมื่อพิจารณาในด้านอื่น ๆ ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน ($p>0.05$) ในด้านสี การคั่วที่ 160°C 10 นาที และ 180°C 10 นาที มีระดับคะแนนต่ำและไม่แตกต่างกันเนื่องจากถั่วคั่วที่ 160°C สีค่อนข้างซีดขาว และที่ 180°C สีน้ำตาลค่อนข้างเข้มทำให้ผู้ทดสอบชอบน้อยลง ในด้านเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสถั่วคั่วที่ 160°C ได้รับระดับคะแนนต่ำที่สุด เพราะกรอบน้อยกว่าและกลิ่นรสค่อนข้างอ่อน ส่วนในด้านรสชาติถั่วคั่วที่ 180°C ขมเล็กน้อย จึงได้รับระดับคะแนนต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากลักษณะที่กล่าวมามีผลให้การยอมรับรวมของตัวอย่างถั่วคั่วที่ 160°C และ 180°C ต่ำ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในการทดลองขั้นต่อไปเลือกภาวะการคั่วที่ 150°C 18 นาที ไปใช้ เนื่องจากได้รับคะแนนทุกลักษณะการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูง และได้รับคะแนนการยอมรับรวมสูงที่สุด

3. กระบวนการ puff

จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าอุณหภูมิและเวลามีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการ puff โดย hot-air puffing ขณะเดียวกันความชื้นของวัตถุดิบก่อนการ puff ก็มีความสำคัญคือจะต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ศึกษาผลของความชื้น แต่ปรับความชื้นของวัตถุดิบแต่ละชนิดก่อน puff ให้คงที่ ซึ่งมีค่าดังข้อ 2.3 ในบทที่ 3 และหาเวลาที่เหมาะสมในการ puff ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยแปรเวลาในการ puff ที่อุณหภูมิคงที่ทีละอุณหภูมิ เลือกเวลาที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับรวมสูงที่สุด (ในขั้นนี้ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึก 2-3 คน และไม่แสดงผลการทดลอง) ไปใช้ในการทดลองแปรอุณหภูมิการ puff

3.1 ข้าว

เลือกใช้ข้าวเม่าข้าวเจ้าซึ่งมีสีขาว และไม่ใส่เกลือมา puff ที่อุณหภูมิ 200-300°C โดยแปรเป็น 5 ระดับ หาเวลาที่เหมาะสมในการ puff ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 16 และเมื่อนำตัวอย่างที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ผลดังตารางที่ 17

ตารางที่ 16 เวลาที่เหมาะสมต่อการ puff ข้าวเม่าที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิในการ puff (°C)	เวลาที่เหมาะสม (วินาที)
200	10
225	9
250	8
275	7
300	5

ตารางที่ 17 ระดับคะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ scoring test ของข้าวเม่าที่ puff ที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิในการ puff (°C)	ระดับคะแนน ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สี (10)	เนื้อสัมผัส (40)	กลิ่นรส (25)	รสชาติ (25)	การยอมรับรวม (10)
200	$7.93^{b} \pm 1.44$	$25.57^{c} \pm 7.00$	$19.57^{ab} \pm 1.75$	$18.07^{bc} \pm 3.10$	$5.90^{c} \pm 1.88$
225	$8.60^{a} \pm 0.73$	$30.63^{ab} \pm 7.45$	$20.60^{a} \pm 2.04$	$19.57^{a} \pm 3.27$	$7.28^{ab} \pm 1.33$
250	$8.20^{ab} \pm 0.90$	$32.13^{ab} \pm 5.94$	$20.50^{a} \pm 3.76$	$19.30^{ab} \pm 3.45$	$7.40^{a} \pm 1.45$
275	$6.82^{c} \pm 1.29$	$32.67^{a} \pm 6.63$	$18.23^{b} \pm 4.59$	$16.87^{c} \pm 4.36$	$6.57^{bc} \pm 1.59$
300	$7.03^{c} \pm 1.19$	$29.67^{b} \pm 6.75$	$18.50^{b} \pm 4.30$	$18.03^{bc} \pm 4.23$	$6.70^{ab} \pm 1.00$

a,b,c อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ randomized complete block design พบว่าอุณหภูมิในการ puff ข้าวเม่ามีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกลักษณะอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ผ่านการ puff ที่ 225 และ 250°C ได้รับคะแนนการยอมรับด้านสี รสชาติ และการยอมรับรวมสูง ในด้านเนื้อสัมผัสตัวอย่างที่ได้รับคะแนนสูง ได้แก่ ข้าวเม่าที่ puff ที่ 225, 250 และ 275°C ในด้านกลิ่นรสข้าวเม่าที่ puff ที่ 200, 225 และ 250°C ได้รับคะแนนสูง ซึ่งแต่ละกลุ่มที่กล่าวมาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และเมื่อพิจารณาการยอมรับรวมสูงที่สุดจึงเลือกภาวะการ puff ข้าวเม่าที่ 250°C 8 นาที ไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.2 ลูกเดือย

เลือกใช้ลูกเดือยข้าวเหนียวมาทำการทดลอง เนื่องจากมีจำหน่ายทั่วไป นำมาผ่านขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการ puff ดังข้อ 2.3.2 ในบทที่ 3 จากนั้นหาเวลาที่เหมาะสมในการ puff ที่อุณหภูมิต่างๆได้ผลดังตารางที่ 18 นำตัวอย่างที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ผลดังตารางที่ 19

ตารางที่ 18 เวลาที่เหมาะสมต่อการ puff ลูกเดือยที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิในการ puff (°C)	เวลาที่เหมาะสม (วินาที)
200	180
225	120
250	90
275	45
300	45

ตารางที่ 19 ระดับคะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ scoring test ของลูกเดือยที่ผ่านการ puff ที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิในการ puff (°C)	ระดับคะแนน±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สี (10)	เนื้อสัมผัส (40)	กลิ่นรส ns (30)	รสชาติ ns (20)	การยอมรับรวม (10)
200	8.28^{a} ±1.38	27.23^{ab}±8.75	25.00±2.62	16.07±2.46	6.94^{ab}±1.70
225	8.13^{a} ±1.02	26.67^{ab}±9.17	24.77±3.68	15.80±2.47	6.82^{ab}±1.73
250	7.80^{ab}±1.60	29.20^{a} ±8.67	26.03±2.65	16.07±2.77	7.31^{a} ±1.57
275	7.37^{b} ±1.54	25.83^{b} ±9.67	25.60±2.98	15.90±2.57	6.55^{b} ±1.80
300	7.73^{ab}±0.96	25.20^{b} ±7.73	24.80±3.40	15.87±2.73	6.52^{b} ±1.39

a,b อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากผลการทดลอง puff ลูกเดือยที่อุณหภูมิต่าง ๆ กันพบว่า การทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ในด้านกลิ่นรส และรสชาติไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ในด้านสีลูกเดือยที่ผ่านการ puff ที่ 200, 225, 250 และ 300°C ได้รับคะแนนสูงและไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ด้านเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมลูกเดือยที่ผ่านการ puff ที่ 200,225 และ 250°C ได้รับคะแนนสูงและไม่แตกต่างกัน($p > 0.05$)

และเมื่ออุณหภูมิการ puff สูงขึ้นระดับคะแนนเนื้อสัมผัสลดลง มีผลให้การยอมรับรวมลดลงไปด้วย ($p \leq 0.05$) เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงใช้เวลาในการ puff สั้น ลูกเดือยยังพองไม่เต็มที่ทำให้แข็ง แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาการ puff มากขึ้นลูกเดือยจะไหม้ ทำให้สีกลิ่นรส และรสชาติด้อยลง ในการทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกภาวะการ puff ลูกเดือยที่ 250°C 90 วินาที ไปใช้เนื่องจากได้รับการยอมรับรวมสูงที่สุดและระดับคะแนนลักษณะอื่น ๆ ก็สูงเช่นเดียวกัน

3.3 ถั่วเขียว

จากการทดลองเลือกใช้ถั่วเขียวซีกนำมาผ่านขั้นตอนการแปรรูปดังข้อ 2.3.3 ในบทที่ 3 และหาเวลาที่เหมาะสมในการ puff ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 20 นำตัวอย่างที่ได้มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ผลดังตารางที่ 21

ตารางที่ 20 เวลาที่เหมาะสมในการ puff ถั่วเขียวซีกที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิในการ puff (°C)	เวลาที่เหมาะสม (วินาที)
200	70
225	50
250	40
275	30
300	20

ตารางที่ 21 ระดับคะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ scoring test ของถั่วเขียวซีกที่ผ่านการ puff ที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิในการ puff (°C)	ระดับคะแนน±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สี ns (10)	เนื้อสัมผัส (40)	กลิ่นรส ns (30)	รสชาติ ns (20)	การยอมรับรวม (10)
200	8.55±1.04	35.03^{a} ±3.69	26.30±2.61	17.07±1.81	8.27^{a} ±1.12
225	8.63±1.07	34.47^{a} ±3.85	26.33±2.43	17.10±1.90	8.03^{ab} ±1.35
250	8.47±0.88	33.13^{ab} ±5.06	25.33±3.16	17.03±1.60	7.71^{bc} ±0.09
275	8.77±0.99	32.43^{ab} ±5.21	25.90±3.27	17.20±1.04	7.85^{abc} ±1.04
300	8.37±1.33	31.01^{c} ±3.77	25.76±2.45	16.95±1.78	7.37^{c} ±1.21

a,b,c อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าอุณหภูมิการ puff ไม่มีผลต่อสี กลิ่นรส และรสชาติอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่การเพิ่มอุณหภูมิการ puffทำให้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มีผลให้การยอมรับรวมลดลงเช่นเดียวกัน โดยตัวอย่างที่ได้รับคะแนนสูงได้แก่ถั่วเขียวซีกที่ผ่านการ puff ที่ 200,225, 250 และ 275°C แต่เนื่องจากการ puff ที่ 200 °C ได้รับการยอมรับรวมสูงที่สุด จึงเลือกใช้ภาวะนี้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.4 ถั่วเหลือง

จากการทดลองหาเวลาในการ puff ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้ผลดังตารางที่ 22 และเมื่อนำตัวอย่างที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 23

ตารางที่ 22 เวลาที่เหมาะสมในการ puff ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิในการ puff (°C)	เวลาที่เหมาะสม (วินาที)
200	60
225	60
250	60
275	45
300	45

ตารางที่ 23 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของถั่วเหลืองที่ผ่านการ puff ที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิในการ puff (°C)	ระดับคะแนน±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สี (10)	เนื้อสัมผัส (40)	กลิ่นรส (30)	รสชาติ (20)	การยอมรับรวม (10)
200	$8.80^{a} \pm 0.83$	$27.40^{b} \pm 5.96$	$23.87^{a} \pm 3.24$	$16.17^{a} \pm 2.13$	$7.02^{a} \pm 1.34$
225	$8.73^{ab} \pm 0.81$	$29.50^{ab} \pm 5.59$	$23.53^{a} \pm 4.68$	$16.40^{a} \pm 2.51$	$7.39^{a} \pm 1.21$
250	$8.30^{b} \pm 0.90$	$31.03^{a} \pm 5.08$	$24.33^{a} \pm 4.40$	$16.90^{a} \pm 1.30$	$7.15^{a} \pm 1.70$
275	$8.45^{ab} \pm 0.95$	$31.40^{a} \pm 4.52$	$24.10^{a} \pm 5.23$	$16.53^{a} \pm 2.17$	$7.17^{a} \pm 1.81$
300	$7.27^{c} \pm 1.00$	$31.20^{a} \pm 5.52$	$18.07^{b} \pm 6.85$	$14.10^{b} \pm 3.84$	$6.16^{b} \pm 1.63$

a,b,c อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า อุณหภูมิการ puff มีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิการ puff ที่เพิ่มขึ้นทำให้คะแนนด้านสีลดลงเพราะบริเวณขอบใบเลี้ยงและต้นอ่อนของถั่วเหลืองมีสีเข้มขึ้นจากการไหม้ แต่ในด้านเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการ puff ที่ 300°C ระดับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ลดลงเนื่องจากเมล็ดถั่วไหม้เล็กน้อย และเมื่อพิจารณาอุณหภูมิการ puff ที่

200, 225, 250 และ 275°C พบว่าทุกลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทดสอบมีระดับคะแนนใกล้เคียงกันแต่การ puff ที่ 225°C 60 วินาที ได้รับการยอมรับรวมสูงที่สุดจึงเลือกใช้ภาวะนี้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.5 ถั่วแดงหลวง

จากการ puff ถั่วแดงหลวงสุกทั้งเมล็ด พบว่า เมื่อนำไปอบแห้งลดความชื้นแล้วผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสแข็งมากจนไม่สามารถเคี้ยวได้ จึงทดลองลดขนาดของเมล็ดก่อน puff โดยหั่นตามความยาวเมล็ดหนา 1-2 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้เนื้อสัมผัสดีขึ้นมาก ในการทดลองนี้จึงลดขนาดเมล็ดถั่วแดงหลวงก่อนนำไป puff จากการทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการ puff ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้ผลดังตารางที่ 24 และเมื่อนำตัวอย่างที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ผลดังตารางที่ 25

ตารางที่ 24 เวลาที่เหมาะสมในการ puff ถั่วแดงหลวงที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิในการ puff (°C)	เวลาที่เหมาะสม (วินาที)
150	180
175	100
200	60
225	30
250	20

ตารางที่ 25 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของถั่วแดงหลวงที่ผ่านการ puff ที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิในการ puff (°C)	ระดับคะแนน±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สี ns (10)	เนื้อสัมผัส (40)	กลิ่นรส (30)	รสชาติ (20)	การยอมรับรวม (10)
150	8.53±1.18	29.53^{a}±5.62	25.83^{a} ±2.78	17.80^{a} ±1.91	7.76^{a}±1.06
175	8.55±0.97	31.60^{a}±5.00	25.97^{a} ±1.89	17.40^{ab}±1.65	8.16^{a}±0.95
200	8.75±0.90	30.73^{a}±4.88	25.27^{ab}±3.48	17.30^{ab}±1.42	7.93^{a}±0.96
225	8.67±0.84	26.67^{b}±5.79	25.37^{ab}±2.79	17.30^{ab}±1.39	7.11^{b}±0.97
250	8.73±0.81	23.43^{c}±4.79	24.53^{b} ±2.86	16.83^{b} ±1.44	6.62^{c}±1.24

a,b,c อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อเนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับรวมคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นระดับคะแนนจะลดลง ($p \leq 0.05$) ในด้านเนื้อสัมผัสที่อุณหภูมิสูงขึ้นระดับคะแนนลดลงเนื่องจากใช้เวลาในการ puff สั้น ทำให้ถั่วแดงหลวงที่ได้พองไม่เต็มที่จึงแข็งขึ้น แต่ถ้าเพิ่มเวลาในการ puff ก็จะทำให้บริเวณ

ปลายและขอบของชิ้นถั่วที่มีขนาดเล็กไหม้ ทำให้สี กลิ่นรส และรสชาติด้อยลง จากผลการทดลองที่ได้ภาวะที่ได้รับการยอมรับรวมสูงที่สุดคือ puffที่ 175°C 100 วินาที จึงเลือกใช้ภาวะนี้ในการทดลองขั้นต่อไป

จากภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปวัตถุดิบที่เลือกได้แล้ว นำวัตถุดิบที่ผ่านการแปรรูปมาวิเคราะห์ค่าความชื้นและ water activity ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ความชื้นและ water activity ของส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตมูสลี

ชนิดของส่วนผสม	ความชื้น (% wet basis)	water activity
1.ข้าวโพดอบ	6.44±0.20	0.579
2.มะพร้าวอบ	1.11±0.10	0.553
3.งาขาวคั่ว	0.72±0.09	0.515
4.ถั่วลิสงคั่ว	0.92±0.07	0.523
5.ข้าวพอง	2.95±0.08	<0.400
6.ลูกเดือย	3.19±0.09	0.439
7.ถั่วเขียวซีก	7.84±0.09	0.563
8.ถั่วเหลือง	4.45±0.07	0.458
9.ถั่วแดงหลวง	6.03±0.15	0.554
10.เมล็ดทานตะวันอบ	0.58±0.14	0.547
11.สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง	4.90±0.01	0.600
12.มะละกอแช่อิ่มอบแห้ง	3.77±0.08	0.599
13.กล้วยอบแห้ง	7.30±0.08	0.582

ศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตมูสลี

1. คำนวณราคาวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของมูสลี

จากการคำนวณราคาวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของมูสลีหลังจากผ่านกระบวนการแปรรูปแล้ว ได้ผลดังตารางที่ 27

2. รวบรวมและประเมินคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของมูสลี

จากการรวบรวม และประเมินคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุที่เป็นส่วนผสมของมูสลี (กรมอนามัย, 2530, 2533; Paul and Southgate, 1979; Holland *et al.*, 1992) ได้ผลแสดงดังตารางที่ 28

3. สร้างส่วนผสมของมูสลี

จากการสร้างส่วนผสมของมูสลีดังข้อ 3.3 ในบทที่ 3ได้ส่วนผสม 3 แบบ ดังตารางที่ 29 ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการและราคาดังตารางที่ 30

ตารางที่ 27 yield และราคาวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของมูสลี

ชนิดของวัตถุดิบ	ราคาก่อนการแปรรูป (บาท/100g)	% yield	ราคาหลังการแปรรูป (บาท/100g)
1. ข้าวพอง	2.0	89.13±0.62	2.24
2. ข้าวโพด	1.7	25.68±1.10	6.26
3. ลูกเดือย	3.6	86.30±1.61	4.17
4. ถั่วเขียวซีก	1.8	83.15±1.68	2.16
5. ถั่วแดงหลวง	2.2	66.36±1.51	3.32
6. ถั่วเหลือง	1.4	75.64±0.57	1.85
7. ถั่วลิสง	3.0	91.12±0.06	3.29
8. งาขาว	3.0	95.22±0.86	3.15
9. มะพร้าว	2.2	40.36±1.46	5.45
10. เมล็ดทานตะวัน	-	-	9.00*
11. กล้วยอบแห้ง	5.0	76.92±2.95	6.50
12. มะละกอแช่อิ่มอบแห้ง	-	-	6.00**
13. สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง	-	-	6.00**

หมายเหตุ ราคาหลังการแปรรูปเป็นราคาที่คิดเฉพาะวัตถุดิบไม่รวม operation cost

* หมายถึง ราคาต้นทุนจากโรงงานผลิต

** หมายถึง ราคาขายส่งจากโรงงานผลิต

ตารางที่ 28 คุณค่าทางอาหารของวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของมูสลี (ต่อส่วนที่กินได้ 100 กรัม) (กรมอนามัย, 2530, 2533; Paul and Southgate, 1979; Holland et al., 1992)

สารอาหาร	ชนิดของวัตถุดิบ						
	ข้าวพอง	ข้าวโพด	ลูกเดือย	ถั่วเขียว	ถั่วแดงหลวง	ถั่วเหลือง	ถั่วลิสง
Energy(Cal)	389	374	348	356	359	428	589
Fat(g)	2.0	3.8	7.6	1.0	1.3	18.8	49.1
Carbohydrate(g)	83.9	78.3	73.9	64.6	67.1	35.5	16.1
Crude fibre(g)	0.7	2.0	0.9	4.3	5.1	5.2	2.2
Protein(g)	8.9	9.8	13.7	24.4	21.7	36.2	29.9
Ca(mg)	16	8	52	125	92	240	47
P(mg)	262	231	169	340	264	588	419
Fe(mg)	3.0	0.8	0.8	5.7	7.4	8.9	1.9
Vit A(I.U.)	-	866	-	130	18	85	129
Vit B_1(mg)	0.24	0.52	0.47	0.66	0.449	1.17	0.25
Vit B_2(mg)	0.04	0.30	0.11	0.22	0.19	0.33	0.15
Niacin(mg)	-	3.0	2.6	2.4	2.1	2.3	15.2
Ile(mg)	323	318	591	1060	641	1293	860
Leu(mg)	608	1145	1809	1878	1078	2490	1771
Lys(mg)	294	245	342	1628	1202	2354	1371
Met & Cys(mg)	367	320	299	210	266	831	607
Phe & Tyr(mg)	537	571	796	1572	1013	2582	2518
Thr(mg)	351	363	399	977	760	1519	872
Trp(mg)	119	29	93	294	146	526	322
Val(mg)	415	381	693	1497	874	1805	1451
Moisture(g)	3.0	6.4	3.2	7.8	6.0	4.5	0.9
ราคา(บาท/100g)	2.42	6.62	4.17	2.16	3.32	1.85	3.29

ตารางที่ 28 คุณค่าทางอาหารของวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของมูสลี (ต่อส่วนที่กินได้ 100 กรัม) (ต่อ)

สารอาหาร	ชนิดของวัตถุดิบ					
	งาขาว	มะพร้าว	เมล็ดทานตะวัน	กล้วย	มะละกอ	สับปะรด
Energy(Cal)	634	505	532	346	344	342
Fat(g)	54.3	28.0	35.6	0.1	0.1	0.3
Carbohydrate(g)	15.2	60.7	41.9	83.4	95.1	84.6
Crude fibre(g)	3.1	4.6	4.0	0.9	0.3	0.5
Protein(g)	21.0	7.1	18.1	2.9	0.4	0.7
Ca(mg)	673	51	100	16	68	17
P(mg)	694	275	687	109	25	12
Fe(mg)	17.1	3.6	6.3	1.7	3.0	0.5
Vit A(I.U.)	-	-	26	1254	1183	58
Vit B_1(mg)	0.53	0.36	1.66	0.07	-	-
Vit B_2(mg)	0.11	0.20	0.08	0.14	-	-
Niacin(mg)	-	4.6	2.6	-	0.1	-
Ile(mg)	555	186	851	81	-	-
Leu(mg)	1067	379	1158	130	-	-
Lys(mg)	422	259	579	104	-	-
Met & Cys(mg)	584	239	605	35	-	-
Phe & Tyr(mg)	1140	407	1245	142	-	-
Thr(mg)	641	197	608	104	-	-
Trp(mg)	281	49	229	52	-	-
Val(mg)	796	277	904	107	-	-
Moisture(g)	0.7	1.1	0.6	7.3	4.0	5.2
ราคา(บาท/100g)	3.15	5.45	9.00	6.50	6.00	6.00

หมายเหตุ - หมายถึง ยังไม่มีการรายงานหรือเป็นตัวเลขที่น่าสงสัย

ตารางที่ 29 ส่วนประกอบของมูสลีที่ได้จากการสร้างส่วนผสมด้วยวิธีการต่างๆ

ชนิดของส่วนประกอบ	ปริมาณของส่วนประกอบ(%)		
	ส่วนผสมที่ 1	ส่วนผสมที่ 2	ส่วนผสมที่ 3
1. ข้าวพอง	0	0	7.7
2. ข้าวโพด	30.4	30	7.7
3. ลูกเดือย	0	0	7.7
4. ถั่วเขียวซีก	31.3	10	7.7
5. ถั่วแดงหลวง	0	10	7.7
6. ถั่วเหลือง	7.2	0	7.7
7. ถั่วลิสง	0	10	7.7
8. งาขาว	0	0	7.7
9. มะพร้าว	21.1	10	7.7
10. เมล็ดทานตะวัน	0	10	7.7
11. กล้วย	10	6.7	7.7
12. มะละกอ	0	6.7	7.7
13. สับปะรด	0	6.7	7.7

หมายเหตุ ส่วนผสมที่ 1 สร้างจากโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อให้ได้คุณค่าทางโภชนาการตามต้องการ (ภาคผนวก ค)

ส่วนผสมที่ 2 สร้างจากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของวัตถุดิบที่แปรรูปแล้วได้คะแนนการยอมรับรวมมากกว่า 8 คะแนน (เป็นระดับคะแนนที่แสดงว่าผู้ทดสอบชอบมาก) ร่วมกับอัตราส่วนของธัญชาติ ถั่วและผลไม้ ที่ให้คุณค่าทางโภชนาการดังภาคผนวก ค

ส่วนผสมที่ 3 สร้างจากการใช้วัตถุดิบทุกชนิดที่ผ่านการแปรรูป ในอัตราส่วนเท่าๆกัน

ตารางที่ 30 คุณค่าทางโภชนาการ และราคาของมูสลีที่ได้จากการสร้างส่วนผสมด้วยวิธีการต่าง ๆ (คำนวณโดยใช้ค่าจากตารางที่ 28)

สารอาหาร	คุณค่าทางโภชนาการ ต่อมูสลี 100 กรัม		
	ส่วนผสมที่ 1	ส่วนผสมที่ 2	ส่วนผสมที่ 3
1.Energy(Cal)	397	415	427
2.Fat(g)	8.7	12.7	15.5
3.Carbohydrate(g)	67.7	66.0	61.6
4.Crude fibre(g)	3.4	2.7	2.6
5.Protein(g)	15.0	13.3	15.0
6.Ca(mg)	71	51	116
7.P(mg)	288	278	314
8.Fe(mg)	3.6	3.1	4.7
9.Vit. A(I.U.)	436	457	288
10.Vit. B_1(mg)	0.5	0.5	0.5
11.Vit. B_2(mg)	0.24	0.18	0.14
12.Niacin(mg)	1.8	3.6	2.7
13.Ile(mg)	568	461	520
14.Leu(mg)	1207	979	993
15.Lys(mg)	817	584	677
16.Met&Cys(mg)	277	291	336
17.Phe&Tyr(mg)	951	856	963
18.Thr(mg)	577	457	522
19.Trp(mg)	154	116	165
20.Val(mg)	783	622	708
ราคา(บาท)	4.62	5.54	4.60

เมื่อนำมูสลีที่ได้มาประเมินผลทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ scaling test (คะแนนเต็ม 10) ของมูสลีที่ได้จากการสร้างส่วนผสมด้วยวิธีการต่าง ๆ

ส่วนผสมที่	ระดับคะแนนเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	สี	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส^{ns}	รสชาติ^{ns}	การยอมรับรวม^{ns}
1	8.43^{a}±0.90	8.80^{a}±0.81	8.45^{a}±0.85	8.01±1.25	8.39±0.99	8.23±1.02
2	8.14^{a}±0.66	8.27^{a}±0.68	8.36^{a}±1.25	8.25±1.08	8.55±1.05	8.43±1.15
3	7.19^{b}±1.04	7.34^{b}±1.17	7.49^{b}±0.99	7.96±1.56	8.01±1.40	7.87±1.29

a,b อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า มูสลีที่ผลิตขึ้นทั้ง 3 ส่วนผสมไม่มีความแตกต่างในด้านกลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนในด้านสี ลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัส มูสลีที่ประกอบด้วยวัตถุดิบทุกชนิดในอัตราส่วนเท่า ๆ กัน (ส่วนผสมที่ 3) ได้รับระดับคะแนนต่ำกว่ามูสลีที่ได้จากการสร้างส่วนผสมด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (ส่วนผสมที่ 1) และสูตรที่ใช้การประเมินทางประสาทสัมผัสของวัตถุดิบที่แปรรูป (ส่วนผสมที่ 2) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และ

เมื่อพิจารณาส่วนประกอบที่แตกต่างกันของมูสลีทั้งสามส่วนผสม ร่วมกับข้อเสนอแนะของผู้ทดสอบเพื่อปรับปรุงมูสลีส่วนผสมที่ 3 ให้ได้รับคะแนนด้านสี ลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสดีขึ้น โดยยังคงคุณค่าทางโภชนาการดังภาคผนวก ค และประกอบด้วยวัตถุดิบทุกชนิดที่ทำการศึกษาเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาขั้นต่อไป ได้มูสลีที่มีส่วนผสมดังตารางที่ 32 ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการและราคาดังตารางที่ 33

ในการปรับปรุงส่วนผสมที่ 3 ผู้ทดสอบชิมเสนอแนะให้ลดปริมาณข้าวพอง ถั่วเหลือง งาขาวและมะพร้าวลง เนื่องจากข้าวพองมีรสจืด ถั่วเหลืองมีกลิ่นเฉพาะตัวที่ผู้ทดสอบไม่ชอบ งาขาวมีกลิ่นแรง และมะพร้าวมันเกินไป แต่การลดปริมาณถั่วเหลือง งาขาวและมะพร้าวทำให้ปริมาณไขมันในส่วนผสมลดลง จึงเพิ่มปริมาณถั่วลิสงและเมล็ดทานตะวันเล็กน้อยเพื่อเพิ่มปริมาณไขมัน ส่วนข้าวโพดเพิ่มปริมาณมากขึ้นเนื่องจากผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูง ช่วยให้สีของมูสลีดีขึ้น และทดแทนปริมาณข้าวพองที่ลดลง ส่วนถั่วเขียวซีกและถั่วแดงหลวงเพิ่มปริมาณเล็กน้อย เพราะผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูงเช่นเดียวกับข้าวโพด แต่ถ้าเพิ่มเป็นปริมาณมากจะทำให้มูสลีมีปริมาณถั่วมากเกินไปและอาจมีผลให้โปรตีนขาดความสมดุลเพราะถั่วมี methionine ต่ำ ในขณะที่ธัญชาติมี lysine ต่ำ สำหรับลูกเดือยและผลไม้ลดและเพิ่มปริมาณเล็กน้อยเพราะลูกเดือยมีเนื้อสัมผัสแข็งการใส่ในปริมาณมากอาจทำให้ความชอบลดลง และปริมาณที่ใส่ยังไม่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านเนื้อสัมผัสกับมูสลี ส่วนผลไม้ช่วยเพิ่มรสชาติให้กับมูสลีจึงคงปริมาณที่ค่อนข้างสูงไว้

ตารางที่ 32 ส่วนผสมของมูสลีที่ได้จากการปรับปรุงให้มีวัตถุดิบทุกชนิดที่ทำการศึกษาและเป็นไปตามความต้องการของผู้ทดสอบ

ชนิดของส่วนผสม	ปริมาณของส่วนผสม(%)
1.ข้าวพอง	4
2.ข้าวโพด	15
3.ลูกเดือย	8
4.ถั่วเขียวซีก	10
5.ถั่วแดงหลวง	10
6.ถั่วเหลือง	5
7.ถั่วลิสง	10
8.งาขาว	3
9.มะพร้าว	5
10.เมล็ดทานตะวัน	10
11.กล้วย	6.7
12.มะละกอ	6.7
13.สับปะรด	6.7

ตารางที่ 33 คุณค่าทางโภชนาการ และราคาของมูสลีที่ได้จากการปรับปรุงส่วนผสมให้มีวัตถุดิบทุกชนิดที่ทำการศึกษา (คำนวณโดยใช้ค่าจากตารางที่ 28)

สารอาหาร	คุณค่าทางโภชนาการ ต่อมูสลี 100 กรัม
1.Energy (Cal)	417
2.Fat (g)	14.0
3.Carbohydrate (g)	62.8
4.Crude fibre (g)	2.7
5.Protein (g)	15.4
6.Ca (mg)	84
7.P (mg)	303
8.Fe (mg)	3.9
9.Vit A (I.U.)	331
10.Vit B_1 (mg)	0.5
11.Vit B_2 (mg)	0.16
12.Niacin (mg)	3.2
13.Ile (mg)	545
14.Leu (mg)	1089
15.Lys (mg)	704
16.Met & Cys (mg)	329
17.Phe & Tyr (mg)	999
18.Thr (mg)	534
19.Trp (mg)	156
20.Val (mg)	737
ราคา (บาท)	4.89

4. เปรียบเทียบมูสลีที่ผลิตได้กับมูสลีทางการค้า

เมื่อนำมูสลีที่ได้จากการปรับปรุงส่วนผสมมาเปรียบเทียบกับมูสลีทางการค้า ได้ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสดังตารางที่ 34

ตารางที่ 34 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ scaling test (คะแนนเต็ม 10) ของมูสลีที่ได้จากการปรับปรุงส่วนผสมและ natural muesli ทางการค้า

ชนิดของมูสลี	ระดับคะแนนเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	สี	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	รสชาติ	การยอมรับรวม
1.ทางการค้า	$5.94^{b} \pm 2.22$	$6.35^{b} \pm 1.94$	$7.21^{b} \pm 1.41$	$6.91^{b} \pm 2.10$	$6.89^{b} \pm 2.44$	$6.87^{b} \pm 2.02$
2.ส่วนผสมที่ปรับปรุง	$8.45^{a} \pm 1.07$	$8.37^{a} \pm 1.02$	$8.35^{a} \pm 0.77$	$8.55^{a} \pm 0.67$	$8.61^{a} \pm 0.79$	$8.73^{a} \pm 0.52$

a,b อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ randomized complete block พบว่าระดับคะแนนด้านสี ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับรวมของมูสลีที่ผลิตได้สูงกว่ามูสลีทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

5. ประเมินปริมาณที่เหมาะสมของมูสลีในการรับประทาน

จากการประเมินปริมาณที่เหมาะสมของมูสลีในการรับประทานเป็นอาหารเช้าพร้อมกับนม ในอัตราส่วนมูสลี 1 กรัม ต่อ นม 4 มิลลิลิตร ได้ผลดังนี้

ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	38 $\pm$ 1	กรัม
มัธยฐาน	40	กรัม
ฐานนิยม	40	กรัม
ค่าต่ำสุด	20	กรัม
ค่าสูงสุด	70	กรัม

จากผลการประเมินพบว่า มัธยฐาน และฐานนิยมของปริมาณมูสลีมีค่า 40 กรัม และค่าเฉลี่ยก็มีค่าใกล้เคียง 40 กรัม ดังนั้นปริมาณที่เหมาะสมของมูสลีที่ผลิตได้ในการรับประทานเป็นอาหารเช้าพร้อมกับนมจึงมีค่า 40 กรัม (ปริมาณนี้ทดสอบกับนิสิตปริญญาโทส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ถือว่าทำงานหนักปานกลาง)

6. วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของมูสลีที่ผลิตได้

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของมูสลีที่ผลิตได้ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 35

ตารางที่ 35 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของมูสลีที่ผลิตได้ (ต่อมูสลี 100 กรัม)

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย	วิธีวิเคราะห์
ความชื้น (กรัม)	5.49	drying
โปรตีน (กรัม)	20.50	macro-Kjeldahl
ไขมัน (กรัม)	16.90	ether extraction
เถ้า (กรัม)	2.15	dry ash
ใยอาหาร (กรัม)	8.27	enzymatic gravimetric
วิตามินเอ (ไมโครกรัม)	0	HPLC
บี1 (มิลลิกรัม)	0.42	microbiological assay
บี2 (มิลลิกรัม)	0.13	microbiological assay
ไนอาซิน (มิลลิกรัม)	3.71	microbiological assay
แร่ธาตุ เหล็ก (มิลลิกรัม)	2.50	atomic absorption
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	65.19	atomic absorption
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	278.31	gravimetric
โปแตสเซียม (มิลลิกรัม)	487.85	flame photometry
โซเดียม (มิลลิกรัม)	23.02	flame photometry
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	46.69	calculation
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	420.86	calculation

หมายเหตุ ปริมาณโปรตีน = ปริมาณไนโตรเจน x 6.25

7. วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์

จากผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์พบว่ามีจำนวน 700 โคโลนี/กรัม และตรวจไม่พบยีสต์และรา ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2526; 2530)

<u>ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์</u>

1. อายุการเก็บของมูสลีที่ผลิตได้

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส การวิเคราะห์ความชื้น และ water activity ของมูสลีที่เก็บในภาวะต่างกันได้ผลดังตารางที่ 36-44 และรูปที่ 12-15

ตารางที่ 36 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale ของมูสลี ที่บรรจุในถุง laminated foil และถุง OPP/PE เก็บที่ 45 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 48 % เป็นเวลา 28 วัน

เวลาเก็บ (วัน)	ชนิดบรรจุภัณฑ์	ระดับคะแนน±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
		สี	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	รสชาติ	การยอมรับรวม
0	1	4.70±0.44	4.73±0.57	4.97±0.64	4.80±0.65	4.73±1.06	4.98±0.90
	2	4.70±0.44	4.73±0.57	4.97±0.64	4.80±0.65	4.73±1.06	4.98±0.90
7	1	4.07±0.97	4.67±0.47	4.90±0.45	4.40±0.95	4.67±0.87	4.48±0.79
	2	4.17±0.87	4.60±0.49	4.32±0.78	4.60±0.49	4.57±0.70	4.42±0.53
14	1	3.72±1.18	3.97±1.01	4.47±1.02	3.83±1.41	4.27±0.83	3.90±1.13
	2	3.47±1.09	3.83±0.85	4.50±1.28	3.93±1.06	4.23±0.87	3.50±0.93
21	1	3.60±0.88	3.97±0.94	4.17±1.18	3.37±1.89	3.50±1.25	3.23±0.95
	2	3.47±1.45	3.93±0.93	4.13±1.53	3.20±1.38	3.33±1.58	3.27±1.18
28	1	3.27±0.93	3.82±0.97	4.27±1.18	3.06±1.30	3.00±1.15	2.82±0.94
	2	3.43±1.05	3.75±0.84	4.20±1.26	3.05±1.28	2.95±1.33	2.99±1.10

หมายเหตุ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 1 หมายถึง laminated foil

2 หมายถึง OPP/PE

ตารางที่ 37 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมูสลีที่บรรจุในถุง laminated foil และถุง OPP/PE เก็บที่ 45 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 48 % เป็นเวลา 28 วัน

SOV	d.f.	MS					
		สี	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	รสชาติ	การยอมรับรวม
เวลาเก็บ (A)	4	9.07*	5.97*	3.17*	16.92*	17.76*	21.87*
บรรจุภัณฑ์ (B)	1	0.02	0.14	0.63	0.02	0.18	0.10
AB	4	0.22	0.02	0.49	0.14	0.03	0.33
panelist	14	2.76	2.12	3.07	3.53	2.86	2.19
error	126	0.71	0.51	0.97	1.01	1.13	0.83

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ factorial randomized complete block ขนาด 5x2 พบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และอิทธิพลร่วมมีผลต่อสี ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับรวมอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงแยกพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของเวลาเก็บ ผลแสดงในตารางที่ 38

ตารางที่ 38 ผลของระยะเวลาเก็บต่อระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale ของมูสลีที่บรรจุในถุง laminated foil และถุง OPP/PE เก็บที่ 45°C ความชื้นสัมพัทธ์ 48 % เป็นเวลา 28 วัน

เวลาเก็บ (วัน)	ระดับคะแนน±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	สี	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	รสชาติ	การยอมรับรวม
0	$4.70^{a} \pm 0.44$	$4.73^{a} \pm 0.57$	$4.97^{a} \pm 0.64$	$4.80^{a} \pm 0.65$	$4.73^{a} \pm 1.06$	$4.98^{a} \pm 0.90$
7	$4.12^{b} \pm 0.94$	$4.63^{a} \pm 0.48$	$4.61^{b} \pm 0.70$	$4.50^{b} \pm 0.76$	$4.62^{a} \pm 0.79$	$4.45^{b} \pm 0.67$
14	$3.59^{c} \pm 1.14$	$3.90^{b} \pm 0.93$	$4.48^{b} \pm 1.16$	$3.88^{c} \pm 1.25$	$4.25^{b} \pm 0.85$	$3.70^{c} \pm 1.05$
21	$3.53^{cd} \pm 1.02$	$3.95^{b} \pm 0.93$	$4.15^{c} \pm 1.37$	$3.28^{d} \pm 1.29$	$3.42^{c} \pm 1.43$	$3.25^{d} \pm 1.07$
28	$3.35^{d} \pm 0.99$	$3.79^{b} \pm 0.91$	$4.23^{c} \pm 1.22$	$3.06^{d} \pm 1.29$	$2.98^{d} \pm 1.24$	$2.90^{a} \pm 1.02$

a,b,c,... อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 39 ผลการวิเคราะห์ความชื้น และ water activity ของมูสลีที่บรรจุในถุง laminated foil และถุง OPP/PE เก็บที่ 45°C ความชื้นสัมพัทธ์ 48 % เป็นเวลา 42 วัน

เวลาเก็บ (วัน)	ชนิดบรรจุภัณฑ์	ความชื้น (% wet basis)	water activity
0	1	$5.49^{g}\pm0.02$	$0.500^{i}\pm0.002$
	2	$5.49^{g}\pm0.02$	$0.500^{i}\pm0.002$
7	1	$5.25^{i}\pm0.06$	$0.550^{e}\pm0.004$
	2	$5.88^{b}\pm0.01$	$0.516^{h}\pm0.003$
14	1	$5.55^{f}\pm0.03$	$0.558^{c}\pm0.005$
	2	$5.78^{d}\pm0.07$	$0.530^{f}\pm0.002$
21	1	$6.06^{a}\pm0.02$	$0.562^{b}\pm0.002$
	2	$5.64^{e}\pm0.03$	$0.526^{g}\pm0.002$
28	1	$5.82^{c}\pm0.07$	$0.562^{b}\pm0.007$
	2	$4.92^{l}\pm0.01$	$0.568^{a}\pm0.004$
35	1	$5.76^{d}\pm0.01$	$0.553^{de}\pm0.005$
	2	$5.18^{j}\pm0.05$	$0.554^{d}\pm0.004$
42	1	$5.44^{h}\pm0.07$	$0.564^{b}\pm0.006$
	2	$4.99^{k}\pm0.05$	$0.552^{de}\pm0.001$

a,b,c,.. อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

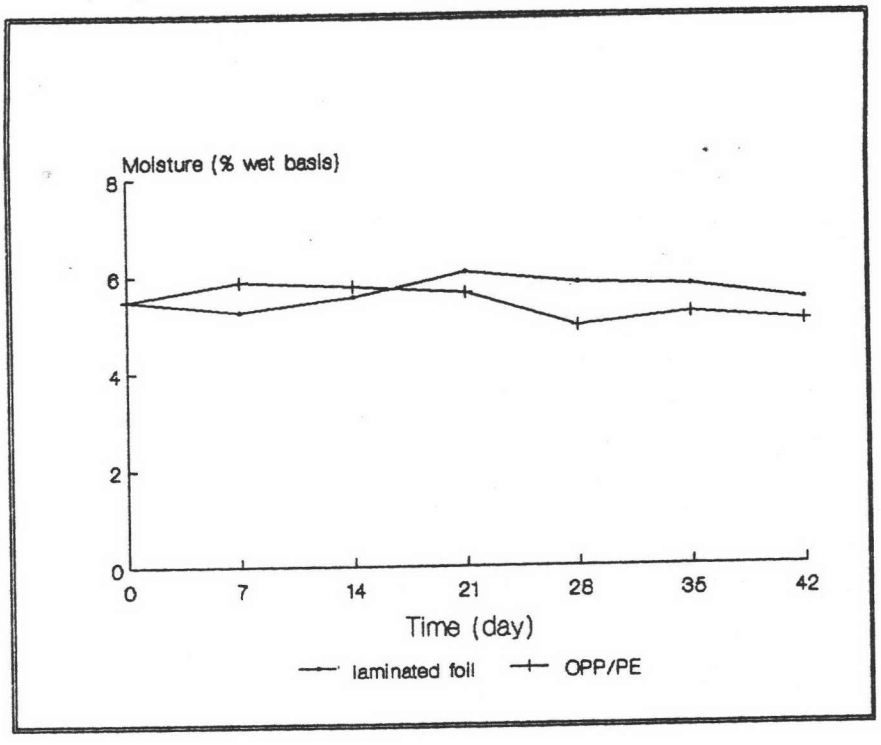
หมายเหตุ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 1 หมายถึง laminated foil

2 หมายถึง OPP/PE

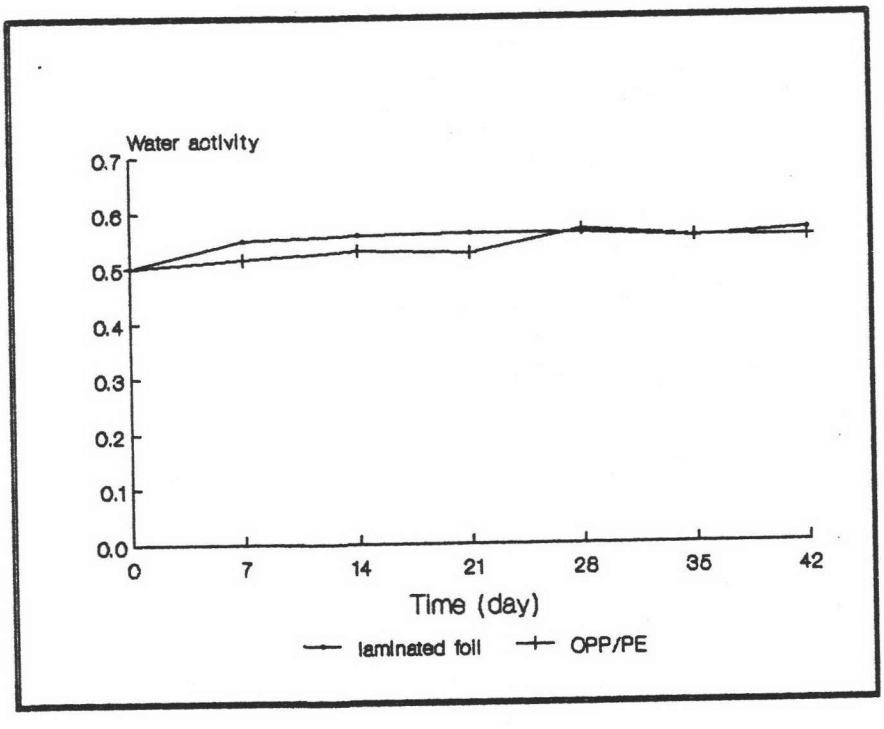
ตารางที่ 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความชื้นและ water activity ของมูสลีที่บรรจุในถุง laminated foil และถุง OPP/PE เก็บที่ 45°C ความชื้นสัมพัทธ์ 48 % เป็นเวลา 42 วัน

SOV	d.f.	MS	
		ความชื้น	water activity
เวลาเก็บ (A)	6	0.17 *	1.9×10^{-3} *
บรรจุภัณฑ์ (B)	1	0.32 *	1.5×10^{-3} *
AB	6	0.28 *	3.1×10^{-4} *
error	14	3.8×10^{-3}	2.9×10^{-5}

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 12 ผลของอิทธิพลร่วมของเวลาเก็บและบรรจุภัณฑ์ต่อค่าความชื้นของมูสลีที่บรรจุในถุง laminated foil และถุง OPP/PE เก็บที่ 45°C ความชื้นสัมพัทธ์ 48% เป็นเวลา 42 วัน



รูปที่ 13 ผลของอิทธิพลร่วมของเวลาเก็บและบรรจุภัณฑ์ต่อ water activity ของมูสลีที่บรรจุในถุง laminated foil และถุง OPP/PE เก็บที่ 45°C ความชื้นสัมพัทธ์ 48 % เป็นเวลา 42 วัน

จากการเก็บมูสลีที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 28 วัน ในถุง laminated foil และถุง OPP/PE พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส (เทียบกับตัวอย่างควบคุม) ทุกลักษณะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และที่ระยะเวลาการเก็บ 28 วัน ระดับคะแนนด้านรสชาติและการยอมรับรวมต่ำกว่า 3 ซึ่งแสดงว่าผู้ทดสอบชิมแยกความแตกต่างของตัวอย่างที่ทดสอบและตัวอย่างควบคุมได้ว่าแตกต่างปานกลางถึงแตกต่างมาก (ดังข้อ 4.1.1 ในบทที่ 3)

จากการวิเคราะห์ค่าความชื้นและ water activity พบว่าระยะเวลาการเก็บ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ และอิทธิพลร่วมมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการบรรจุมูสลีที่ผลิตได้ในถุง OPP/PE จะทำให้ความชื้น และ water activity ต่ำกว่าการบรรจุในถุง laminated foil และเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ความชื้นมีแนวโน้มลดลง ขณะที่ water activity เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 41 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale ของมูสลี ที่บรรจุในถุง laminated foil และถุง OPP/PE เก็บที่ 55 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 28 % เป็นเวลา 10 วัน

เวลาเก็บ (วัน)	ชนิดบรรจุภัณฑ์	ระดับคะแนน±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
		สี	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	รสชาติ	การยอมรับรวม
0	1	5.07±0.25	5.07±0.25	5.00±0.00	5.00±0.63	5.20±0.65	5.30±0.73
	2	5.07±0.25	5.07±0.25	5.00±0.00	5.00±0.63	5.20±0.65	5.30±0.73
3	1	4.43±0.79	4.27±0.85	4.37±1.10	4.80±0.83	4.80±0.98	4.70±1.15
	2	4.30±1.02	4.20±1.05	4.53±0.72	4.60±1.02	4.73±1.00	4.87±1.02
5	1	4.03±1.22	4.23±1.11	4.30±1.12	4.83±0.62	4.87±0.62	4.60±0.71
	2	4.30±0.77	4.83±0.81	4.33±0.92	4.60±0.71	4.80±0.54	4.33±0.94
7	1	3.67±1.19	4.27±0.85	4.87±1.02	4.47±1.09	5.07±1.18	4.73±1.06
	2	4.20±1.33	4.67±1.01	4.47±1.09	4.66±0.94	4.93±0.77	4.63±1.01
10	1	2.77±0.95	4.20±0.91	4.07±1.00	3.33±1.14	3.47±1.08	3.27±1.06
	2	3.03±0.97	3.43±1.01	4.07±1.18	3.17±1.18	3.27±1.24	3.17±1.06

หมายเหตุ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 1 หมายถึง laminated foil
2 หมายถึง OPP/PE

ตารางที่ 42 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมูสลีที่บรรจุในถุง laminated foil และถุง OPP/PE เก็บที่ 55°C ความชื้นสัมพัทธ์ 28 % เป็นเวลา 10 วัน

SOV	d.f.	MS					
		สี	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	รสชาติ	การยอมรับรวม
เวลาเก็บ (A)	4	18.58*	12.29*	3.76*	14.17*	15.88*	18.01*
บรรจุภัณฑ์ (B)	1	1.31	2.04	0.06	0.24	0.33	0.14
AB	4	0.51	0.58	0.34	0.24	0.04	0.19
panelist	14	3.43	2.85	1.52	2.59	3.08	2.70
error	126	0.67	0.57	0.83	0.69	0.63	0.80

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และอิทธิพลร่วมไม่มีผลต่อสี ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จึงแยกวิเคราะห์เฉพาะอิทธิพลของเวลาเก็บ ผลแสดงในตารางที่ 43

ตารางที่ 43 ผลของระยะเวลาเก็บต่อระดับคะแนนการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale ของมูสลี ที่บรรจุในถุง laminated foil และถุง OPP/PE เก็บที่ 55°C ความชื้นสัมพัทธ์ 28 % เป็นเวลา 10 วัน

เวลาเก็บ (วัน)	ระดับคะแนน±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	สี	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	รสชาติ	การยอมรับรวม
0	$5.07^{a}\pm0.25$	$5.07^{a}\pm0.25$	$5.00^{a}\pm0.00$	$5.00^{a}\pm0.63$	$5.20^{a}\pm0.65$	$5.30^{a}\pm0.73$
3	$4.37^{b}\pm0.90$	$4.23^{c}\pm0.96$	$4.45^{c}\pm0.93$	$4.70^{b}\pm0.94$	$4.77^{c}\pm0.99$	$4.78^{b}\pm1.09$
5	$4.17^{c}\pm1.03$	$4.53^{b}\pm1.02$	$4.32^{c}\pm1.03$	$4.72^{b}\pm0.68$	$4.83^{bc}\pm0.58$	$4.47^{c}\pm0.85$
7	$3.93^{d}\pm1.29$	$4.47^{b}\pm0.96$	$4.67^{b}\pm1.07$	$4.57^{b}\pm1.02$	$5.00^{d}\pm1.00$	$4.68^{b}\pm1.04$
10	$2.90^{e}\pm0.97$	$3.32^{d}\pm0.97$	$4.07^{d}\pm1.09$	$3.25^{c}\pm1.16$	$3.37^{e}\pm1.07$	$3.22^{d}\pm1.06$

a,b,c,.. อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 44 ผลการวิเคราะห์ความชื้นและ water activity ของมูสลีที่บรรจุในถุง laminated foil และถุง OPP/PE เก็บที่ 55 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 28 % เป็นเวลา 14 วัน

เวลาเก็บ (วัน)	ชนิดบรรจุภัณฑ์	ความชื้น (% wet basis)	water activity
0	1	$5.49^{cd} \pm 0.02$	$0.500^{d} \pm 0.002$
	2	$5.49^{cd} \pm 0.02$	$0.500^{d} \pm 0.002$
3	1	$6.02^{b} \pm 0.04$	$0.536^{c} \pm 0.004$
	2	$6.10^{ab} \pm 0.06$	$0.522^{d} \pm 0.003$
5	1	$5.04^{e} \pm 0.06$	$0.556^{b} \pm 0.007$
	2	$6.28^{a} \pm 0.03$	$0.515^{e} \pm 0.002$
7	1	$5.28^{d} \pm 0.04$	$0.570^{a} \pm 0.004$
	2	$5.34^{d} \pm 0.05$	$0.489^{h} \pm 0.004$
10	1	$6.00^{b} \pm 0.03$	$0.555^{b} \pm 0.006$
	2	$5.16^{c} \pm 0.10$	$0.504^{f} \pm 0.007$
12	1	$6.32^{a} \pm 0.05$	$0.569^{a} \pm 0.004$
	2	$4.36^{f} \pm 0.06$	$0.502^{fg} \pm 0.006$
14	1	$5.58^{c} \pm 0.02$	$0.568^{a} \pm 0.001$
	2	$4.16^{f} \pm 0.01$	$0.491^{h} \pm 0.006$

a,b,c,.. อักษรต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

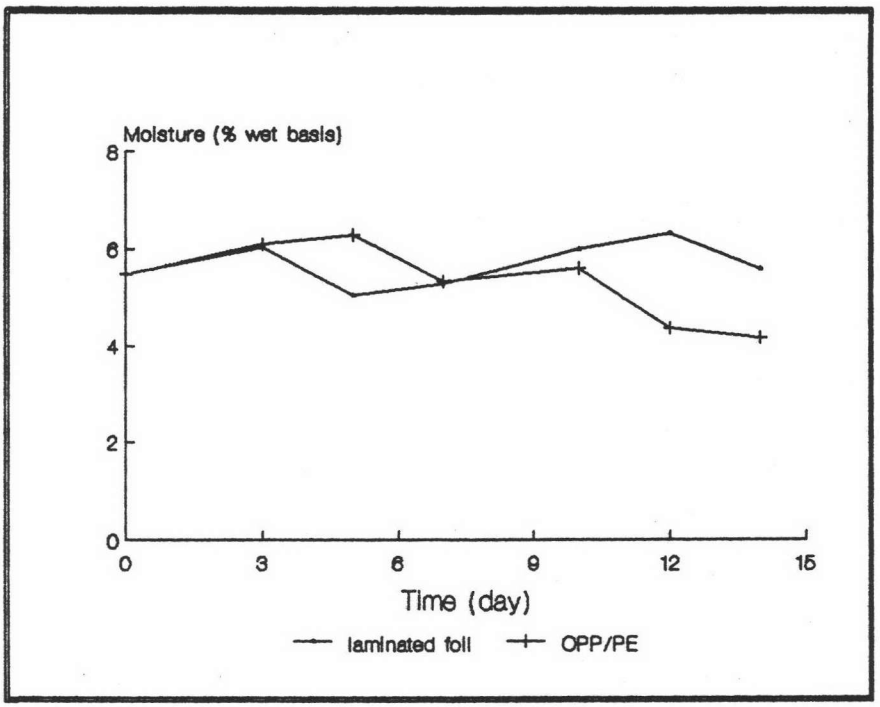
หมายเหตุ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 1 หมายถึง laminated foil

2 หมายถึง OPP/PE

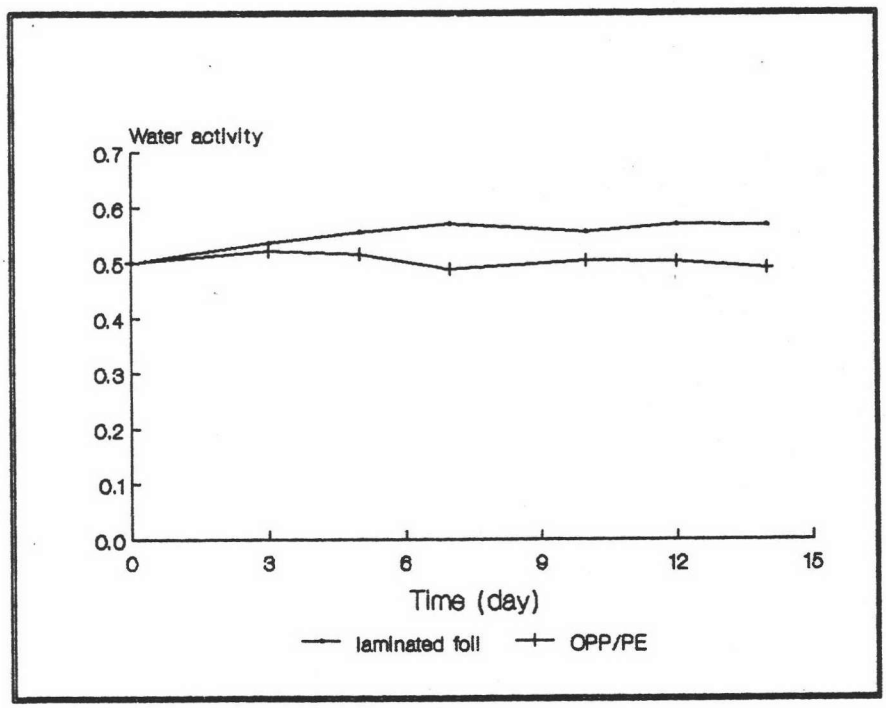
ตารางที่ 45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความชื้นและ water activity ของมูสลีที่บรรจุในถุง laminated foil และถุง OPP/PE เก็บที่ 55°C ความชื้นสัมพัทธ์ 28 % เป็นเวลา 14 วัน

SOV	d.f.	MS	
		ความชื้น	water activity
เวลาเก็บ (A)	6	0.59 *	6.2×10^{-4} *
บรรจุภัณฑ์ (B)	1	0.82 *	1.5×10^{-2} *
AB	6	1.12 *	9.7×10^{-4} *
error	14	0.15	4.2×10^{-5}

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 14 ผลของอิทธิพลร่วมของเวลาเก็บและบรรจุภัณฑ์ต่อค่าความชื้นของมูสลีที่บรรจุในถุง laminated foil และถุง OPP/PE เก็บที่ 55°C ความชื้นสัมพัทธ์ 28% เป็นเวลา 14 วัน



รูปที่ 15 ผลของอิทธิพลร่วมของเวลาเก็บและบรรจุภัณฑ์ต่อค่า water activity ของมูสลีที่บรรจุในถุง laminated foil และถุง OPP/PE เก็บที่ 55 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 28 % เป็นเวลา 14 วัน

จากการทดลองเก็บมูสลีที่ผลิตได้ที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 10 วัน โดยบรรจุในถุง laminated foil และถุง OPP/PE เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของระยะเวลาเก็บ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกลักษณะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และที่ระยะเวลาการเก็บ 10 วัน ระดับคะแนนด้านสีต่ำกว่า 3 ซึ่งแสดงว่าผู้ทดสอบชิมแยกความแตกต่างของตัวอย่างที่ทำการทดสอบและตัวอย่างควบคุมได้ว่าแตกต่างในระดับปานกลางถึงมาก (ดังข้อ 4.1.1 บทที่ 3)

ในด้านความชื้น และ water activity พบว่า ระยะเวลาการเก็บ ชนิดของบรรจุภัณฑ์และอิทธิพลร่วมมีผลอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมูสลีที่บรรจุในถุง OPP/PE มีระดับความชื้น และ water activity ต่ำกว่าตัวอย่างที่บรรจุในถุง laminated foil ($p \leq 0.05$) และเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ความชื้นมีแนวโน้มลดลงขณะที่ water activity เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$)

จากการทดลอง ถ้าพิจารณาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยถือเกณฑ์ระดับความแตกต่างปานกลางขึ้นไปเป็นจุดวิกฤต (hedonic scale point ต่ำกว่า 3) จะสามารถประมาณอายุการเก็บได้ดังนี้ คือ ที่ 45 °C ระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์ที่นานที่สุด โดยยังมีระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกลักษณะสูงกว่า 3 คือ 21 วัน และ ที่ 55 °C 7 วัน หาค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้จาก

$$f_2 = f_1 Q_{10}^{\Delta/10} \qquad \text{(Labuza, 1985)} \quad \text{—(A)}$$

โดยที่ f_1 คือ อายุการเก็บที่อุณหภูมิสูง (T_1)

f_2 คือ อายุการเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (T_2)

Q_{10} คือ อายุการเก็บที่ T / อายุการเก็บที่ T+10 °C

Δ คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง T_1 และ T_2 (°C)

ดังนั้น จากการทดลอง $Q_{10} = 21/7 = 3$

จากสมการ (A) ประมาณอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

- อายุการเก็บที่ 25 °C (อุณหภูมิเฉลี่ยในประเทศ) = $3^{(45-25)/10}$ x 21 วัน

= 189 วัน

หรือประมาณ 6 เดือน

- อายุการเก็บที่ 20 °C (อุณหภูมิเฉลี่ยในห้างสรรพสินค้า) = $3^{(45-20)/10}$ x 21 วัน

= 327 วัน

หรือประมาณ 10 เดือน

2. อายุการเก็บของส่วนผสมมูสลี

ตารางที่ 46 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของส่วนผสมมูสลีที่แยกบรรจุใส่ถุง laminated foil เก็บที่ 45°C ความชื้นสัมพัทธ์ 48 % เป็นเวลา 35 วัน และที่ 55°C ความชื้นสัมพัทธ์ 28% เป็นเวลา 10 วัน

ชนิดของส่วนผสม	เก็บที่ 45°C 35 วัน		เก็บที่ 55°C 10 วัน	
	ยอมรับ (%)	ไม่ยอมรับ(%)	ยอมรับ (%)	ไม่ยอมรับ(%)
1. ข้าวพอง	60	40	67	33
2. ข้าวโพด	0	100	0	100
3. ลูกเดือย	53	47	67	33
4. ถั่วเขียวซีก	100	0	100	0
5. ถั่งแดงหลวง	100	0	100	0
6. ถั่วเหลือง	67	33	80	20
7. ถั่วลิสง	80	20	93	7
8. งาขาว	60	40	60	40
9. มะพร้าว	93	7	87	13
10. เมล็ดทานตะวัน	66	33	80	20
11. กล้วยอบแห้ง	0	100	0	100
12. มะละกอแช่อิ่มอบแห้ง	100	0	100	0
13. สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง	73	27	87	13

หมายเหตุ แปลงจำนวนคนที่ยอมรับและไม่ยอมรับโดยเทียบเป็น 100%

ตารางที่ 47 water activity ก่อนเก็บ และความชื้นก่อนและหลังเก็บของส่วนผสมมูสลีที่แยกบรรจุใส่ถุง laminated foil เก็บที่ 45°C ความชื้นสัมพัทธ์ 48 % เป็นเวลา 35 วัน และที่ 55°C ความชื้นสัมพัทธ์ 28 % เป็นเวลา 10 วัน

ชนิดของส่วนผสม	water activity ก่อนเก็บ	ความชื้น (%wet basis) ก่อนเก็บ	ความชื้น (% wet basis)	
			เก็บที่ 45°C 35 วัน	เก็บที่ 55°C 10 วัน
1. ข้าวพอง	<0.400	3.07±0.12	2.78±0.01	2.68±0.14
2. ข้าวโพด	0.616±0.012	6.16±0.06	6.02±0.08	5.76±0.08
3. ลูกเดือย	0.414±0.002	2.90±0.01	1.24±0.00	1.38±0.05
4. ถั่วเขียวซีก	0.462±0.003	6.16±0.06	5.27±0.06	3.98±0.10
5. ถั่งแดงหลวง	0.416±0.006	3.75±0.04	2.99±0.02	3.08±0.04
6. ถั่วเหลือง	0.518±0.010	4.52±0.04	3.46±0.14	3.70±0.04
7. ถั่วลิสง	0.534±0.012	1.04±0.08	0.78±0.14	0.74±0.07
8. งาขาว	0.491±0.012	0.56±0.05	0.50±0.04	0.48±0.06
9. มะพร้าว	0.523±0.005	1.11±0.05	0.87±0.03	0.76±0.04
10. เมล็ดทานตะวัน	0.547±0.000	0.58±0.14	0.52±0.10	0.50±0.08
11. กล้วยอบแห้ง	0.582±0.001	7.30±0.10	7.40±0.08	7.37±0.10
12. มะละกอแช่อิ่มอบแห้ง	0.612±0.012	3.69±0.04	3.07±0.10	2.72±0.12
13. สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง	0.600±0.004	4.95±0.12	3.26±0.06	3.34±0.09

จากการทดลองเก็บวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบของมูสลีโดยบรรจุในถุง laminated foil เก็บที่อุณหภูมิ 45°C ความชื้นสัมพัทธ์ 48% เป็นเวลา 35 วัน และที่ 55 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 28% เป็นเวลา 10 วัน เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าวัตถุดิบที่มีแนวโน้มเก็บได้นานเรียงจากมากไปน้อยคือถั่วแดงหลวง ถั่วเขียวซีก มะละกอแช่อิ่มอบแห้ง มะพร้าว ถั่วลิสง สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวัน ข้าวพอง งาขาว ลูกเดือย กล้วยอบแห้ง และข้าวโพด ตามลำดับ โดยการไม่ยอมรับในข้าวโพด กล้วยและสับปะรด เกิดจากการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์เป็นสีน้ำตาลเข้ม ส่วนตัวอย่างอื่นๆ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสและรสชาติ ในด้านความชื้น พบว่าการเก็บที่ภาวะ 45 และ 55°C ทำให้ระดับความชื้นลดลง โดยการเก็บที่ 55 °C มีการสูญเสียความชื้นมากกว่าการเก็บที่ 45 °C เล็กน้อย