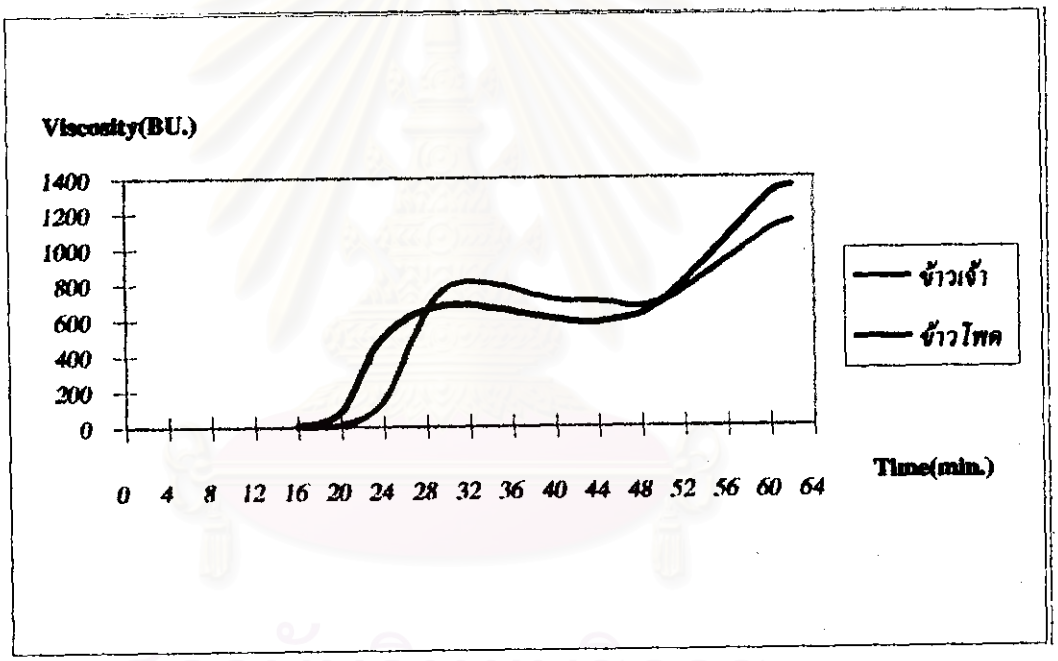
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาสมบัติของวัตถุดิบ

4.1.1 ศึกษาสมบัติด้านความหนืดและอุณหภูมิในการเกิดเจลของ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด แป้งถั่วเหลือง และแป้งลูกเดือย โดยใช้เครื่อง Brabender Visco-Amylograph ผลวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แบบแผนความหนืดและอุณหภูมิในการเกิดเจลของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวโพด

การวิเคราะห์แบบแผนความหนืดและอุณหภูมิในการเกิดเจลของแป้งถั่วเหลือง และแป้งลูกเดือย ไม่ปรากฏผลของการเปลี่ยนแปลงความหนืด เนื่องจากเป็นแป้งที่ผ่านการทำให้สุกจนเม็ดแป้งเกิดเจลแล้ว (รูปแบบแผนความหนืดและอุณหภูมิในการเกิดเจลของแป้งทั้ง 2 ชนิด มีแสดงในภาคผนวก ค)

4.1.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และเส้นใยอาหาร ของแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด แป้งถั่วเหลือง แป้งลูกเดือย และรำสกัด ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมี*ของวัตถุดิบที่ใช้

องค์ประกอบ	ความชื้น (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เถ้า (%)	เส้นใยหยาบ (%)	เส้นใยอาหาร (%)
แป้งข้าวเจ้า	11.70	78.73	8.71	0.23	0.63	Tr.	-
แป้งข้าวโพด	10.96	87.31	1.60	Tr.	0.13	Tr.	-
แป้งลูกเดือย	3.79	70.14	17.11	5.82	1.77	1.37	-
แป้งถั่วเหลือง	4.58	31.77	40.51	18.90	4.24	Tr.	9.00**
รำสกัดไขมัน	8.62	33.00***	17.13	1.70	11.26	4.70	28.29

* ข้อมูลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการทำ 2 ครั้ง

** ข้อมูลของบริษัทดอยคำ

*** คำนวณจากผลต่างระหว่าง 100 กับองค์ประกอบอื่นยกเว้นเส้นใยหยาบ

\- หมายถึงไม่ได้วิเคราะห์

4.1.3 วิเคราะห์สารพิษตกค้างในรำสกัด (AOAC, 1984)

- กลุ่ม carbamate ที่ตรวจได้แก่ MIPC, carbofuran และ carbaryl

ผลการวิเคราะห์ ไม่พบสารในกลุ่ม carbamate

- กลุ่ม organophosphate ที่ตรวจได้แก่ malathion, fenitrothion, monocrotophos methyl-parathion, mevinphos, diazinon, dichlorvos, methamidophos และ dimethoate

ผลการวิเคราะห์ ไม่พบสารในกลุ่ม organophosphate

- กลุ่ม organochlorine ที่ตรวจได้แก่ dieldrin, DDT, heptachlor และ aldrin

ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 2

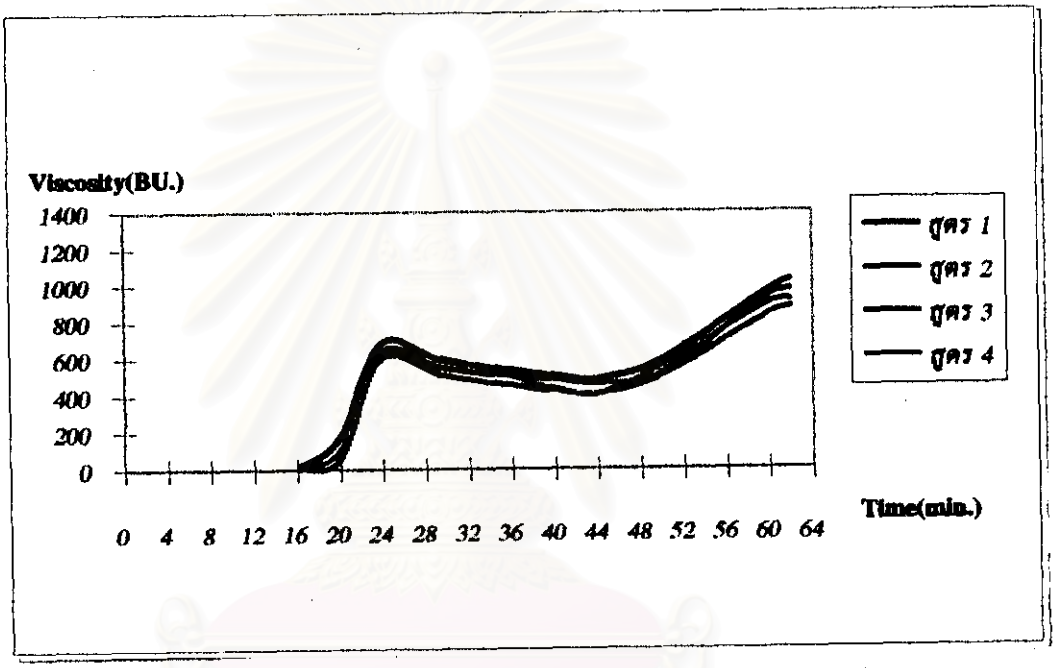
ตารางที่ 2 สารตกค้างในรำสกัดไขมัน

สารตกค้าง	ปริมาณ (ppm)	ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (ppm) ตามข้อกำหนดของFAO/WHO
DDT	0.007	0.1
aldrin	0.001	0.02
heptachlor	0.007	0.02

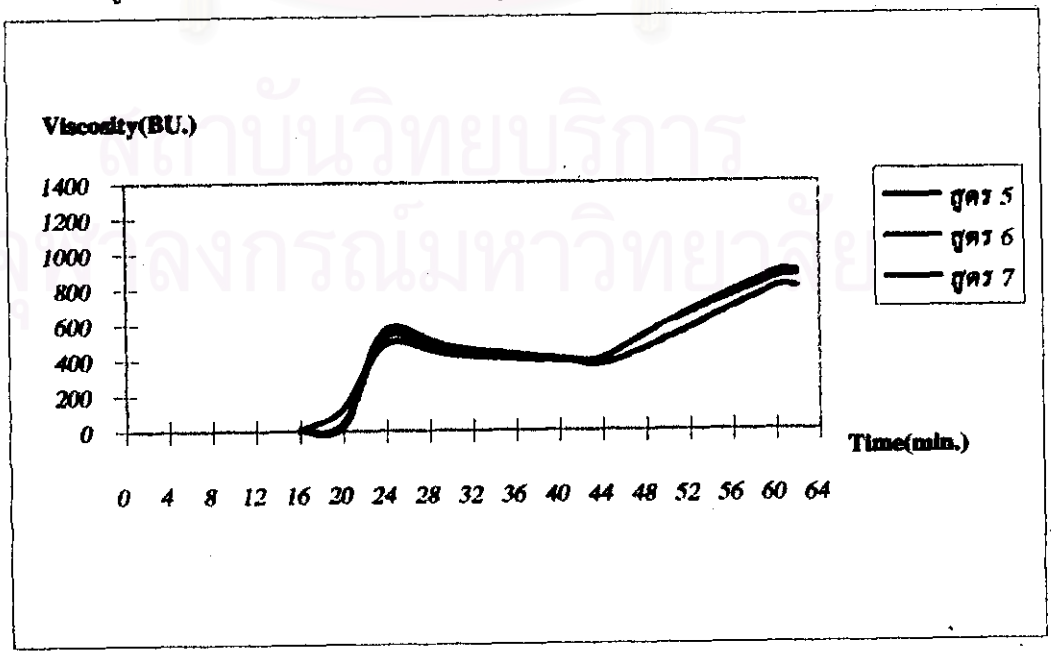
4.2 ศึกษาอัตราส่วนแป้งที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์

เตรียมแป้งผสมทั้ง 7 สูตรตามวิธีในข้อ 3.2 แล้วนำมาศึกษาสมบัติด้านความหนืด อุณหภูมิในการเกิดเจล และเตรียมผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติ

4.2.1 ศึกษาสมบัติด้านความหนืด และอุณหภูมิในการเกิดเจลของแป้งผสมทั้ง 7 สูตร โดยใช้เครื่อง Brabender Visco-Amylograph ผลการวิเคราะห์แสดงในรูป 5-6 และตารางที่ 3



รูปที่ 5 แบบแผนความหนืดและอุณหภูมิในการเกิดเจลของแป้งผสมสูตรที่ 1-4



รูปที่ 6 แบบแผนความหนืดและอุณหภูมิในการเกิดเจลของแป้งผสมสูตรที่ 5-7

ตารางที่ 3 ผลสรุป (จากรูปที่ 5 และ 6) ค่าความหนืด* และอุณหภูมิในการเกิดเจล*ของแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด และแป้งผสมทั้ง 7 สูตร

ชนิดของแป้ง	อุณหภูมิในการเกิดเจล (°C)	ความหนืด (BU.)			
		Peak	95°C	95°C (20นาที)	50°C
แป้งข้าวเจ้า	79.5	840	810	700	1,100
แป้งข้าวโพด	72.5	690	660	600	1,300
แป้งผสมสูตรที่ 1	76.2	680	680	480	1,020
สูตรที่ 2	76.2	650	640	450	970
สูตรที่ 3	77.5	600	500	400	870
สูตรที่ 4	78.7	600	590	420	910
สูตรที่ 5	78.7	560	560	400	870
สูตรที่ 6	77.5	490	480	400	890
สูตรที่ 7	78.7	530	530	370	800

* ข้อมูลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

ผลการศึกษาแบบแผนความหนืดและอุณหภูมิในการเกิดเจลของแป้งผสมทั้ง 7 สูตร พบว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลอยู่ในช่วง 76.2-78.7 °C สำหรับความหนืด พบว่าค่าความหนืดของแป้งผสมทั้ง 7 สูตร จะเพิ่มขึ้นและมีค่าอยู่ระหว่าง 600-680 BU.ในช่วงเพิ่มอุณหภูมิ ขณะที่ช่วงลดอุณหภูมิจะมีความหนืดสูงขึ้น คือมีค่าประมาณ 800-1020 BU.

4.2.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของอาหารเช้าธัญชาติจากแป้งผสมทั้ง 7 สูตร

เตรียมผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติจากแป้งผสมทั้ง 7 สูตรตามวิธีในข้อ 3.2.2 ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาประเมินคุณภาพทางกายภาพ โดยวัดสี water activity ความชื้น bulk density การดูดกลืนน้ำ และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ความสม่ำเสมอของสี และเนื้อสัมผัส ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4--6 และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้ง 7 สูตร มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 7-8

ตารางที่ 4 ค่า L, a และ b จากเครื่องวัดสีของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 7 สูตร

สูตรแป้ง	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L	a	b
1	61.14^{a} ±1.71	-14.22^{b} ±1.01	31.96^{c} ±2.64
2	61.38^{a} ±2.54	-14.76^{b} ±0.69	35.35^{bc} ±0.31
3	61.10^{a} ±0.31	-14.18^{b} ±0.04	36.11^{b} ±0.13
4	54.38^{b} ±2.47	-8.81^{a} ±1.30	37.84^{ab} ±2.52
5	54.96^{b} ±0.19	-8.61^{a} ±0.37	38.87^{ab} ±0.46
6	54.95^{b} ±0.03	-7.47^{a} ±0.30	40.63^{a} ±0.72
7	53.52^{b} ±0.03	-7.29^{a} ±0.33	37.95^{ab} ±0.44

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 ค่า water activity(Aw) ความชื้น bulk density และการดูดกลืนน้ำของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 7 สูตร

สูตรแป้ง	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	Aw^{ns}	ความชื้น^{ns} (%)	bulk density^{ns} (g/ml)	การดูดกลืนน้ำ^{ns} (นน.น้ำ/นน.ตัวอย่าง)
1	0.240 ±0.051	2.76 ± 0.63	0.35 ± 0.06	4.62 ± 0.07
2	0.231 ±0.042	2.86 ± 0.45	0.34 ± 0.06	4.62 ± 0.21
3	0.250 ±0.014	3.42 ± 0.54	0.44 ± 0.06	4.37 ± 0.21
4	0.229 ±0.028	3.29 ± 0.51	0.41 ± 0.04	4.59 ± 0.18
5	0.230 ±0.071	3.23 ± 0.32	0.40 ± 0.07	4.29 ± 0.25
6	0.278 ±0.014	3.65 ± 0.26	0.37 ± 0.04	4.37 ± 0.07
7	0.280 ±0.028	3.30 ± 0.21	0.41 ± 0.03	4.32 ± 0.07

ns ไม่มีความแตกต่าง ($p>0.05$)

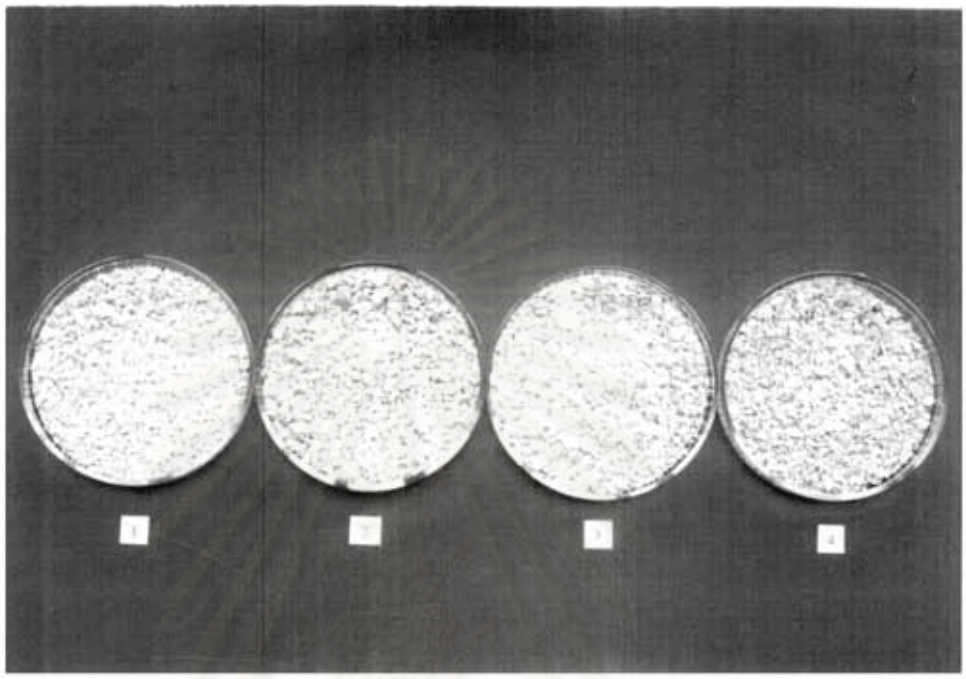
ตารางที่ 6 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ความสม่ำเสมอของสี และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 7 สูตร

สูตรแป้ง	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	สี	ความสม่ำเสมอของสี[ns]	เนื้อสัมผัส[ns]
1	8.35[a]±0.92	7.43±1.01	8.02±1.00
2	7.17[c]±0.99	7.38±0.94	8.04±1.07
3	6.90[cd]±0.97	7.49±1.27	8.15±1.30
4	6.88[cd]±1.27	7.60±1.02	8.03±0.85
5	7.76[b]± 0.99	7.45±1.07	8.14±0.81
6	6.69[d]±1.16	7.58±0.86	8.01±0.89
7	6.05[e]±1.11	7.10±1.18	7.65±1.03

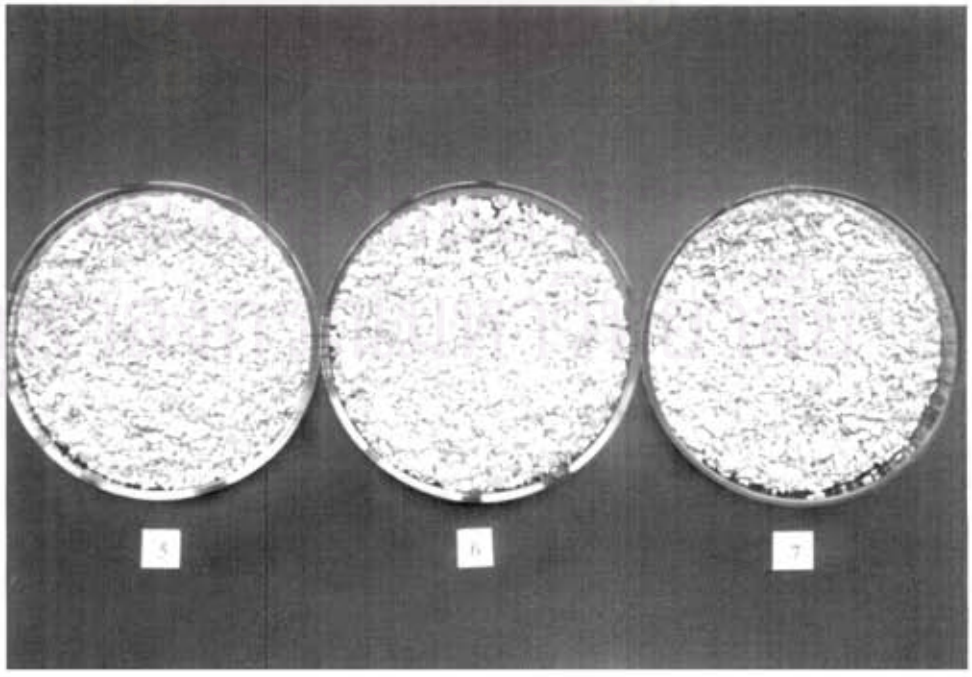
ns ไม่มีความแตกต่าง ($p>0.05$)

a,b,c,d,e ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชที่เตรียมจากส่วนผสมสูตรที่ 1-4



รูปที่ 8 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากส่วนผสมสูตรที่ 5-7

I 20515607

ผลจากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ พบว่าอัตราส่วนของแป้งผสมมีผลต่อ ค่า L, a และ b ($p \leq 0.05$) โดยแป้งสูตรที่ 1-3 มีค่าความสว่าง (L) มากกว่า แต่มีค่าสีแดง (a) น้อยกว่าสูตรที่ 4-7 แป้งสูตรที่ 2, 3, 4, 5 และ 7 มีค่าสีเหลือง (b) ไม่แตกต่างกัน แต่ต่ำกว่าสูตรที่ 6 ($p \leq 0.05$) เมื่อเรียงลำดับค่าสีจากแป้งสูตรที่ 1-7 จะมีค่า L ลดลง a เพิ่มขึ้น และ b เพิ่มขึ้น จากที่กล่าวมาแสดงว่าผลิตภัณฑ์จากแป้งสูตรที่ 1-7 แนวโน้มของสีจะเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้น อิทธิพลจากแป้งผสมไม่มีผลต่อค่า water activity ความชื้น bulk density และการดูดกลืนน้ำ ของผลิตภัณฑ์ ($p > 0.05$)

สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า อัตราส่วนแป้งผสมมีผลต่อลักษณะด้านสี คือผู้ทดสอบประเมินว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 มีสีน้ำตาลเหมาะสมมากที่สุด รองลงมาคือสูตรที่ 5 ส่วนสูตรที่ 2, 3, 4 ไม่ต่างกัน ในขณะที่สูตรที่ 6, 7 มีความเหมาะสมน้อยที่สุดคือมีสีน้ำตาลเข้ม ความสม่ำเสมอของสีผลิตภัณฑ์ทั้ง 7 สูตรไม่ต่างกัน ($p > 0.05$) สำหรับลักษณะเนื้อสัมผัสจากการกัด ผู้ทดสอบประเมินว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้งทั้ง 7 สูตร มีความกรอบ สามารถกัดให้แตกได้ง่าย ไม่ต่างกัน ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าสี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี จึงเลือกแป้งสูตรที่ 1 ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด แป้งถั่วเหลือง และแป้งลูกเดือย 25:35:1:8 และสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด แป้งถั่วเหลือง และแป้งลูกเดือย 45:15:5:4 สำหรับทดลองขั้นต่อไป

4.3 ศึกษาปริมาณรำสกัดที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์

แปรปริมาณรำข้าวในแป้งผสมสูตรที่ 1 และ 5 เป็น 25, 50, 75 และ 100 % ของน้ำหนักแป้งเตรียมอาหารเช้าธัญชาติตามวิธีในข้อ 3.3 ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาวัดสี water activity ความชื้น bulk density การดูดกลืนน้ำ และทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความสากลิ้น และการยอมรับรวม ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 7-11 และ 12-14 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้ง 8 ตัวอย่าง มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 9-10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 ค่า L, a และ b จากเครื่องวัดสี ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแปรปริมาณรำสกัดเป็น 25, 50, 75 และ 100 % ของน้ำหนักแป้ง

สูตรแป้ง	ปริมาณรำข้าว	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L	a	b[ns]
1	25	61.16 ± 2.29	-12.64 ± 1.41	35.58 ± 1.23
	50	57.41 ± 0.59	-10.34 ± 1.83	36.44 ± 1.24
	75	57.41 ± 0.59	-10.34 ± 1.83	35.44 ± 0.61
	100	54.52 ± 0.48	- 8.95 ± 0.89	36.27 ± 1.78
5	25	59.89 ± 2.74	-11.37 ± 2.20	35.73 ± 0.77
	50	58.16 ± 2.38	-11.14 ± 1.48	35.88 ± 0.41
	75	54.72 ± 3.02	- 8.94 ± 0.39	35.84 ± 0.61
	100	54.52 ± 0.11	-10.13 ± 1.57	35.07 ± 1.23

ns ไม่มีความแตกต่าง ($p>0.05$)

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า L, a และ b ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแปรปริมาณรำสกัดเป็น 25, 50, 75 และ 100% ของน้ำหนักแป้ง

SOV	df	MS		
		L	a	b
สูตรแป้ง (A)	1	0.23	0.27	0.54
ปริมาณรำข้าว (B)	3	54.89*	11.40*	0.38
AB	3	1.83	1.75	0.79
error	16	4.17	1.97	1.16

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 9 ค่า water activity (Aw) ปริมาณความชื้น ค่า bulk density และค่าการดูดกลืนน้ำของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแปรปริมาณรำสกัดเป็น 25, 50, 75 และ 100% ของน้ำหนักแป้ง

สูตรแป้ง	ปริมาณรำข้าว	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		Aw^{ns}	ความชื้น^{ns} (%)	bulk density^{ns} (g/ml)	การดูดกลืนน้ำ (นน.น้ำ/นน. ตัวอย่าง)
1	25	0.218 ± 0.086	3.37 ± 0.55	0.410 ± 0.090	4.76 ± 0.45
	50	0.247 ± 0.015	3.54 ± 0.21	0.337 ± 0.141	4.81 ± 0.03
	75	0.227 ± 0.096	3.10 ± 0.83	0.330 ± 0.123	4.27 ± 0.35
	100	0.210 ± 0.072	2.85 ± 0.71	0.369 ± 0.112	4.26 ± 0.09
5	25	0.273 ± 0.016	3.63 ± 0.35	0.409 ± 0.040	4.99 ± 0.05
	50	0.243 ± 0.074	3.43 ± 0.41	0.355 ± 0.114	4.60 ± 0.16
	75	0.232 ± 0.085	3.26 ± 0.84	0.433 ± 0.043	4.37 ± 0.29
	100	0.255 ± 0.118	3.53 ± 1.18	0.413 ± 0.070	4.17 ± 0.46

ns ไม่มีความแตกต่าง ($p>0.05$)

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่า water activity (Aw) ความชื้น bulk density และการดูดกลืนน้ำ ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแปรปริมาณรำสกัดเป็น 25, 50, 75 และ 100% ของน้ำหนักแป้ง

SOV	df	MS			
		Aw	ความชื้น (%)	bulk density (g/ml)	การดูดกลืนน้ำ (นน.น้ำ/นน.ตัวอย่าง)
สูตรแป้ง (A)	1	3.85×10^{-3}	0.37	9.84×10^{-3}	0.22
ปริมาณรำข้าว (B)	3	1.21×10^{-2}	0.18	4.25×10^{-3}	54.89*
AB	3	3.84×10^{-3}	0.16	3.07×10^{-3}	1.83
error	16	9.80×10^{-2}	0.49	9.65×10^{-3}	4.17

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 2 x 4 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณรำข้าวและสูตรแป้ง ไม่มีผลต่อค่า L, a และค่าการดูดกลืนน้ำ ($p>0.05$) จึงแยกวิเคราะห์โดยพิจารณาเฉพาะปริมาณรำ ผลแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่า L, a และการดูดกลืนน้ำของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแปรปริมาณรำข้าวเป็น 25, 50, 75 และ 100 % ของน้ำหนักแป้งโดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณรำ

ปริมาณรำข้าว (%)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L	a	การดูดกลืนน้ำ (นน.น้ำ/นน.ตัวอย่าง)
25	$60.52^{a} \pm 2.36$	$-12.00^{a} \pm 1.79$	$4.88^{a} \pm 0.31$
50	$57.79^{b} \pm 1.61$	$-10.74^{ab} \pm 1.55$	$4.71^{a} \pm 0.16$
75	$54.08^{c} \pm 2.49$	$-8.88^{c} \pm 0.28$	$4.32^{b} \pm 0.29$
100	$54.52^{c} \pm 0.31$	$-9.54^{bc} \pm 1.31$	$4.22^{b} \pm 0.30$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 12 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแปรปริมาณรำสกัดเป็น 25, 50, 75 และ 100 % ของน้ำหนักแป้ง

สูตรแป้ง	ปริมาณรำสกัด	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
		สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความสากลิ้น	การยอมรับรวม
1	25	5.89 ± 1.88	7.64 ± 1.51	8.45 ± 1.04	7.25 ± 1.66	7.72 ± 1.36
	50	7.10 ± 1.37	7.55 ± 1.70	8.12 ± 1.23	6.86 ± 1.57	7.09 ± 1.17
	75	5.70 ± 1.54	6.88 ± 1.23	7.94 ± 1.50	5.83 ± 1.77	5.86 ± 1.57
	100	3.77 ± 1.01	5.69 ± 1.62	7.58 ± 1.80	4.57 ± 1.53	5.13 ± 1.88
5	25	6.70 ± 1.87	7.30 ± 2.00	8.48 ± 1.33	6.99 ± 1.45	7.34 ± 1.61
	50	6.29 ± 1.65	7.61 ± 1.48	7.94 ± 1.44	6.28 ± 1.83	6.72 ± 1.54
	75	6.70 ± 1.82	6.56 ± 1.78	7.25 ± 1.53	5.14 ± 1.27	5.63 ± 1.75
	100	4.51 ± 1.60	4.16 ± 1.46	6.85 ± 1.25	4.13 ± 1.24	3.87 ± 1.29

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแปรปริมาณรำสกัดเป็น 25, 50, 75 และ 100% ของน้ำหนักแป้ง

		MS				
SOV	df	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความสากลิ้น	การยอมรับรวม
สูตรแป้ง(A)	1	6.87	10.21	5.62	8.99	7.72
ปริมาณรำ(B)	3	47.46*	54.07*	10.49*	54.56*	64.00*
AB	3	7.95	2.48	1.28	2.19	1.65
block	17	6.34	4.24	1.72	0.28	1.98
error	119	1.86	2.62	2.01	2.44	2.46

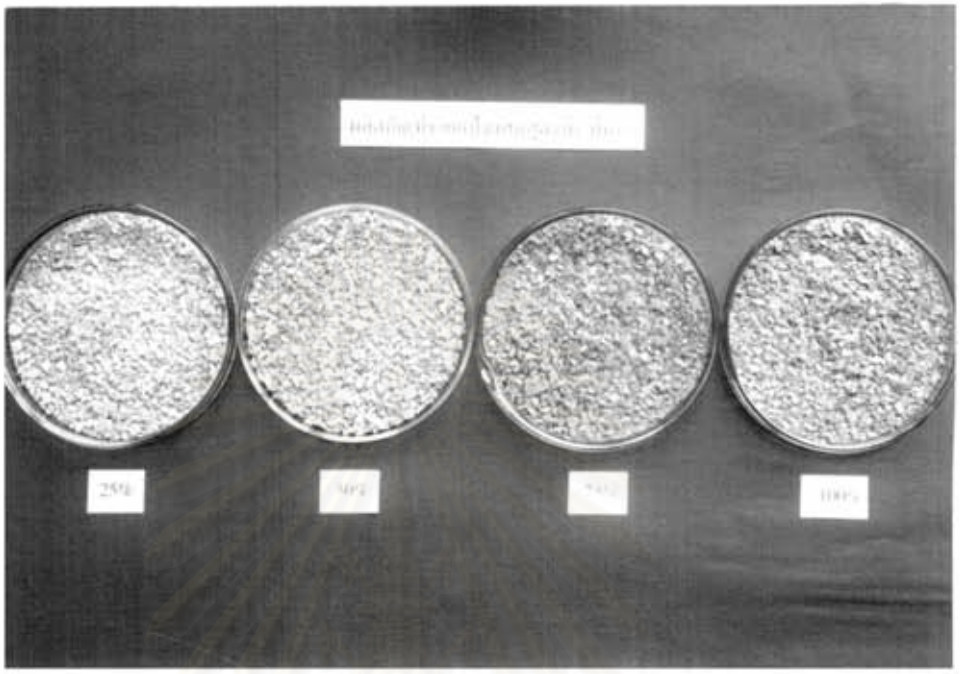
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Asymmetric Factorial Experiment with Complete Block ขนาด 2 x 4 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณรำข้าวและสูตรแป้ง ไม่มีผลต่อคะแนนด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความสากลิ้น และการยอมรับรวม ($p>0.05$) ดังนั้นจึงแยกวิเคราะห์โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณรำสกัด ผลแสดงในตารางที่ 14

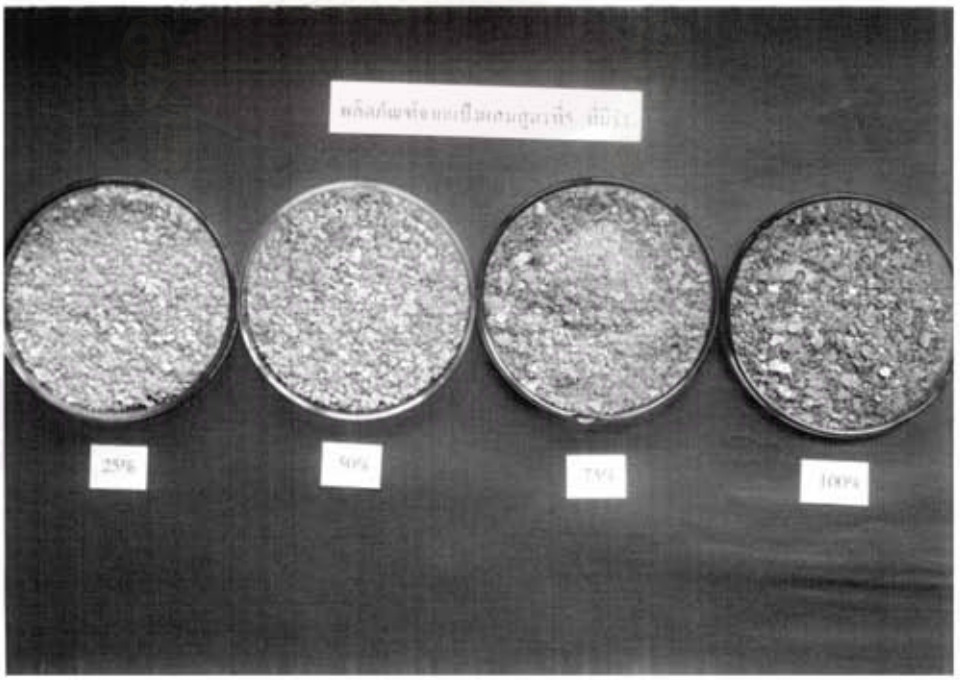
ตารางที่ 14 การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความสากลิ้น และการยอมรับรวมจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแปรปริมาณรำสกัดน้ำมันเป็น 25, 50, 75 และ 100 % ของน้ำหนักแป้ง โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณรำ

	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
ปริมาณรำสกัด(%)	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความสากลิ้น	การยอมรับรวม
25	6.29^{a}±1.88	7.47^{ab}±1.76	8.47^{a}±1.19	7.13^{a}±1.56	7.57^{a}±1.49
50	6.69^{a}±1.51	7.58^{a}±1.59	8.02^{ab}±1.34	6.56^{a}±1.70	6.96^{a}±1.36
75	6.20^{a}±1.68	6.72^{b}±1.50	7.60^{bc}±1.52	5.48^{b}±1.52	5.79^{b}±1.66
100	4.14^{b}±1.54	4.93^{c}±1.54	7.22^{c}±1.53	4.36^{c}±1.39	4.55^{c}±1.59

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 9 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติจากแป้งผสมสูตรที่ 1 ที่แปรปริมาณรำสกัดจาก 25-100% ของปริมาณแป้ง



รูปที่ 10 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติจากแป้งผสมสูตรที่ 5 ที่แปรปริมาณรำสกัดจาก 25-100% ของปริมาณแป้ง

ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสและสมบัติทางกายภาพ พบว่าสูตรแป้งผสมไม่มีผลต่อค่าสี water activity ความชื้น bulk density การดูดกลืนน้ำ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความสากลิ้น และการยอมรับรวม($p>0.05$) ขณะที่ปริมาณรำสกัด มีผลต่อค่า L, a และการดูดกลืนน้ำ ($p\leq0.05$) โดยปริมาณรำเพิ่มขึ้น ค่า L ลดลง a เพิ่มขึ้น หมายถึงผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น เนื่องจากสีแดงมากขึ้น และค่าการดูดกลืนน้ำลดลง โดยสรุปผู้ทดสอบประเมินว่าผลิตภัณฑ์ที่มีรำ 25% คุณภาพดีที่สุด และไม่ต่างจากตัวอย่างที่มีรำ 50% ($p>0.05$)

เมื่อพิจารณาจากค่าสี การดูดกลืนน้ำ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความสากลิ้น และการยอมรับรวม จึงเลือกปริมาณรำข้าว 50% ของน้ำหนักแป้ง ร่วมกับแป้งสูตรที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด แป้งถั่วเหลือง และแป้งลูกเดือย เป็น 25:35:1:8 และสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด แป้งถั่วเหลือง และแป้งลูกเดือย เป็น 45:15:5:4 เพื่อใช้สำหรับทดลองขั้นต่อไป

4.4 ศึกษาปริมาณสารแต่งกลิ่นรสที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์

แปรปริมาณผงโกโก้ในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติสูตรที่ 1 และ 5 เป็น 5, 7 และ 9% ของน้ำหนักแป้ง และน้ำตาลเป็น 20, 24 และ 28% ของน้ำหนักแป้ง เตรียมตัวอย่างตามขั้นตอน 3.4 ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาวัดสี water activity ความชื้น bulk density การดูดกลืนน้ำ และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และการยอมรับรวม ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 15-22 และ 23-26 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้ง 18 ตัวอย่าง มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 11-16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 15 ค่า L, a และ b ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแต่งกลิ่นรสโดยแปรปริมาณผงโกโก้และน้ำตาล

สูตรแป้ง	ปริมาณโกโก้ (%)	ปริมาณน้ำตาล (%)	ค่าเฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
			L	a	b
1	5	20	54.33 ± 0.70	9.70 ± 0.38	21.91 ± 1.19
		24	54.59 ± 0.46	9.66 ± 0.28	22.63 ± 1.10
		28	53.99 ± 0.70	10.45 ± 0.43	23.53 ± 0.48
	7	20	50.80 ± 2.08	11.02 ± 1.16	21.97 ± 1.34
		24	50.63 ± 0.42	11.80 ± 0.47	22.61 ± 0.91
		28	47.86 ± 0.46	12.30 ± 0.44	24.16 ± 0.89
	9	20	47.61 ± 1.28	11.02 ± 0.93	21.05 ± 2.09
		24	46.04 ± 1.37	11.40 ± 0.50	21.05 ± 0.43
		28	46.49 ± 0.65	11.32 ± 0.39	20.97 ± 1.03
5	5	20	53.82 ± 1.70	12.64 ± 2.32	26.16 ± 2.90
		24	54.10 ± 0.62	11.47 ± 1.45	25.50 ± 3.22
		28	54.21 ± 2.12	13.37 ± 1.61	27.16 ± 3.34
	7	20	51.21 ± 1.68	12.88 ± 2.72	24.91 ± 2.06
		24	51.46 ± 1.31	13.17 ± 3.09	25.46 ± 2.32
		28	49.60 ± 1.04	11.17 ± 1.68	22.92 ± 2.61
	9	20	48.51 ± 2.59	12.86 ± 2.65	23.42 ± 0.74
		24	47.92 ± 0.24	12.38 ± 0.63	21.73 ± 1.20
		28	46.32 ± 1.12	14.76 ± 1.53	24.31 ± 2.00

ตารางที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า L, a และ b ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่มีแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแต่งกลิ่นรสโดยแปรปริมาณผงโกโก้และน้ำตาล

		MS		
SOV	df	L	a	b
สูตรแป้ง (A)	1	2.62	30.40*	52.27*
ปริมาณโกโก้ (B)	2	149.06**	4.10	17.78
ปริมาณน้ำตาล (C)	2	5.63	1.70	1.67
AB	2	1.45	2.23	3.38
AC	2	0.19	0.53	1.39
BC	4	2.14	1.08	1.31
ABC	4	0.77	1.57	3.30
error	18	1.77	3.18	7.56

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างสูตรแป้ง ปริมาณผงโกโก้ และปริมาณน้ำตาล ไม่มีผลต่อค่าสี ($p>0.05$) จึงแยกวิเคราะห์ค่า L โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณโกโก้ และแยกวิเคราะห์ค่า a และ b โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของสูตรแป้ง ผลแสดงในตารางที่ 17 และ 18

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่า L ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแปรปริมาณผงโกโก้และน้ำตาล โดยพิจารณาเฉพาะปริมาณโกโก้

ปริมาณโกโก้(%)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
	L
5	54.17^{a}±1.05
7	50.26^{b}±1.16
9	47.14^{c}±1.21

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับอย่างต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่า a และ b ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแปรปริมาณผงโกโก้และน้ำตาล โดยพิจารณาเฉพาะสูตรแป้ง

	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
สูตรแป้ง	a	b
1	10.97^{b}±0.55	22.21^{b}±1.00
5	12.80^{a}±1.96	24.62^{a}±2.89

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับอย่างต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 11 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสมสูตรที่ 1 ที่มีปริมาณผงโกโก้ 5% และแปรปริมาณน้ำตาล 20-28% ของปริมาณแป้ง

รูปที่ 12 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสมสูตรที่ 1 ที่มีปริมาณผงโกโก้ 7% และแปรปริมาณน้ำตาล 20-28% ของปริมาณแป้ง

รูปที่ 13 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสมสูตรที่ 1 ที่มีปริมาณผงโกโก้ 9% และแปรปริมาณน้ำตาล 20-28% ของปริมาณแป้ง

รูปที่ 14 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสมสูตรที่ 5 ที่มีปริมาณผงโกโก้ 5% และแปรปริมาณน้ำตาล 20-28% ของปริมาณแป้ง

รูปที่ 15 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสมสูตรที่ 5 ที่มีปริมาณผงโกโก้ 7% และแปรปริมาณน้ำตาล 20-28% ของปริมาณแป้ง

รูปที่ 16 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสมสูตรที่ 5 ที่มีปริมาณผงโกโก้ 9% และแปรปริมาณน้ำตาล 20-28% ของปริมาณแป้ง

ตารางที่ 19 ค่า water activity (Aw) ความชื้น bulk density และการดูดกลืนน้ำ ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแต่งกลิ่นรสโดยแปรปริมาณผงโกโก้ และน้ำตาล

สูตรแป้ง	ปริมาณโกโก้ (%)	ปริมาณน้ำตาล (%)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
			Aw	ความชื้น (%)	bulk density (g/ml)	การดูดกลืนน้ำ (นน.น้ำ/นน. ตัวอย่าง)
1	5	20	0.276±0.006	2.69 ± 0.29	0.363±0.041	3.93 ± 0.92
		24	0.271±0.016	2.33 ± 0.35	0.341±0.007	4.90 ± 0.22
		28	0.280±0.018	2.36 ± 0.14	0.313±0.004	4.97 ± 0.13
	7	20	0.254±0.003	1.61 ± 0.47	0.297±0.001	4.81 ± 0.30
		24	0.267±0.024	2.50 ± 0.19	0.325±0.016	4.43 ± 0.18
		28	0.295±0.004	2.61 ± 0.17	0.376±0.003	4.25 ± 0.21
	9	20	0.252±0.009	2.13 ± 0.46	0.296±0.018	3.97 ± 0.11
		24	0.252±0.009	2.36 ± 0.45	0.360±0.012	4.00 ± 0.04
		28	0.283±0.006	2.45 ± 0.16	0.359±0.006	4.16 ± 0.07
5	5	20	0.252±0.020	2.22 ± 0.30	0.295±0.062	4.66 ± 0.18
		24	0.281±0.054	2.80 ± 0.14	0.366±0.072	4.16 ± 0.01
		28	0.284±0.023	2.92 ± 0.28	0.345±0.013	5.00 ± 0.39
	7	20	0.259±0.049	2.14 ± 0.42	0.320±0.016	4.27 ± 0.19
		24	0.259±0.018	2.65 ± 0.71	0.321±0.019	4.38 ± 0.62
		28	0.273±0.012	2.72 ± 0.23	0.389±0.033	4.13 ± 0.37
	9	20	0.274±0.020	2.13 ± 0.78	0.322±0.014	3.81 ± 0.35
		24	0.277±0.019	1.99 ± 0.04	0.336±0.034	4.42 ± 0.66
		28	0.296±0.007	2.27 ± 0.03	0.344±0.016	4.48 ± 0.85

ตารางที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า water activity (Aw) ความชื้น bulk density และการดูดกลืนน้ำ ของอาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแต่งกลิ่นรส โดยแปรปริมาณผงโกโก้และน้ำตาล

SOV	df	MS			
		Aw	ความชื้น (%)	bulk density (g/ml)	การดูดกลืนน้ำ (นน.น้ำ/นน.ตัวอย่าง)
สูตรแป้ง(A)	1	6.4×10^{-5}	0.08	7.6×10^{-6}	1.3×10^{-3}
ปริมาณโกโก้(B)	2	1.1×10^{-4}	0.33	1.4×10^{-5}	0.65*
ปริมาณน้ำตาล(C)	2	1.9×10^{-3}*	0.52*	4.6×10^{-3}*	0.20
AB	2	6.6×10^{-4}	0.17	2.2×10^{-4}	0.15
AC	2	8.0×10^{-5}	0.02	2.0×10^{-4}	0.03
BC	4	1.1×10^{-4}	0.17	2.2×10^{-3}	0.31
ABC	4	2.2×10^{-4}	0.20	1.9×10^{-3}	0.34
error	18	5.0×10^{-4}	0.14	1.0×10^{-2}	0.17

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างสูตรแป้ง ปริมาณผงโกโก้ และปริมาณน้ำตาล ไม่มีผลต่อค่า water activity ความชื้น bulk density และการดูดกลืนน้ำ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงแยกวิเคราะห์ค่า water activity ปริมาณความชื้น และ bulk density โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำตาล และแยกวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนน้ำ โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณโกโก้ ผลแสดงในตารางที่ 21 และ 22

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่า water activity (Aw) ความชื้น และ bulk density ของอาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแปรปริมาณผงโกโก้และน้ำตาล โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำตาล

ปริมาณน้ำตาล (%)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	Aw	ความชื้น (%)	bulk density (g/ml)
20	0.261^{b}±0.020	2.15^{b}±0.48	0.316^{b}±0.034
24	0.268^{ab}±0.023	2.44^{ab}±0.39	0.342^{ab}±0.037
28	0.285^{a}±0.013	2.56^{a}±0.27	0.354^{a}±0.028

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับอย่างต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่าการดูดกลืนน้ำ ของอาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแปรปริมาณผงโกโก้และน้ำตาล โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณโกโก้

ปริมาณโกโก้ (%)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
	การดูดกลืนน้ำ (น้ำหนักน้ำ/น้ำหนักตัวอย่าง)
5	4.60^{a}±0.53
7	4.38^{ab}±0.34
9	4.14^{b}±0.43

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับอย่างต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 23 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแต่งกลิ่นรสโดยแปรปริมาณผงโกโก้และน้ำตาล

สูตรแป้ง	ปริมาณโกโก้ (%)	ปริมาณน้ำตาล (%)	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
			สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
1	5	20	7.45 ± 1.31	7.57 ± 1.23	7.92 ± 1.22	7.69 ± 1.33
		24	6.97 ± 1.62	7.50 ± 1.00	7.54 ± 0.67	6.97 ± 1.14
		28	6.86 ± 1.38	7.19 ± 1.06	7.46 ± 0.70	7.27 ± 0.89
	7	20	7.50 ± 1.34	7.02 ± 1.29	7.52 ± 0.77	7.41 ± 0.84
		24	7.16 ± 1.59	7.39 ± 1.51	7.74 ± 0.79	7.53 ± 0.85
		28	7.31 ± 0.78	7.68 ± 0.43	7.91 ± 1.19	7.76 ± 1.13
	9	20	7.57 ± 1.14	7.86 ± 0.81	7.66 ± 1.11	7.11 ± 1.28
		24	7.09 ± 1.38	7.52 ± 0.84	7.61 ± 1.12	7.23 ± 1.23
		28	7.36 ± 1.57	7.31 ± 0.20	7.97 ± 0.54	7.37 ± 0.81
5	5	20	6.41 ± 1.75	6.79 ± 0.96	6.72 ± 0.92	7.10 ± 0.90
		24	7.28 ± 0.94	7.84 ± 0.99	7.58 ± 1.15	7.27 ± 1.32
		28	6.65 ± 1.65	7.06 ± 1.41	7.32 ± 1.28	6.98 ± 1.18
	7	20	7.22 ± 0.96	7.41 ± 0.76	7.73 ± 0.69	6.88 ± 0.76
		24	7.00 ± 1.25	6.92 ± 0.89	7.45 ± 1.17	7.08 ± 1.20
		28	7.50 ± 0.67	7.05 ± 1.05	7.15 ± 0.76	6.72 ± 0.97
	9	20	7.40 ± 1.17	7.80 ± 0.82	6.88 ± 1.32	7.09 ± 1.09
		24	7.81 ± 1.01	7.55 ± 0.73	6.94 ± 1.39	6.85 ± 1.09
		28	7.54 ± 0.82	7.16 ± 1.04	6.98 ± 1.02	7.03 ± 0.84

ns ไม่มีความแตกต่าง ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 24 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแต่งกลิ่นรสโดยแปรปริมาณผงโกโก้และน้ำตาล

		MS			
SOV	df	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
สูตรแป้ง(A)	1	0.12	0.75	0.62	1.22
ปริมาณโกโก้(B)	2	5.29*	1.51	4.58*	5.05*
ปริมาณน้ำตาล(C)	2	0.04	1.19	5.83*	4.47*
AB	2	1.33	0.19	1.36	1.42
AC	2	2.80	0.47	0.55	0.64
BC	4	0.78	1.50	0.33	0.51
ABC	4	0.67	1.08	1.86	0.87
block	11	2.54	2.34	0.59	1.05
error	187	1.59	1.00	1.07	1.14

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างสูตรแป้ง ปริมาณผงโกโก้ และปริมาณน้ำตาล ไม่มีผลต่อคะแนนด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และการยอมรับรวม ($p>0.05$) จึงแยกวิเคราะห์คะแนนสี กลิ่นรส และการยอมรับรวม โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณโกโก้ และแยกวิเคราะห์คะแนนด้านกลิ่นรส และการยอมรับรวม โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำตาล ผลแสดงในตารางที่ 25 และ 26

ตารางที่ 25 การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยสี กลิ่นรส และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแปรปริมาณผงโกโก้และน้ำตาล โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณโกโก้

ปริมาณโกโก้ (%)	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	สี	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
5	6.93^{b}±1.28	7.28^{b}±0.90	7.01^{b}±1.13
7	7.28^{ab}±1.30	7.73^{a}±1.24	7.47^{a}±1.06
9	7.46^{a}±1.15	7.32^{b}±1.00	7.02^{b}± 0.96

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับอย่างต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 26 การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรส และการยอมรับรวม ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร ซึ่งแปรปริมาณผงโกโก้และน้ำตาล โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำตาล

ปริมาณน้ำตาล(%)	คะแนนเฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
20	7.30^{b}±1.01	7.09^{b}±0.97
24	7.77^{a}±1.05	7.45^{a}±1.14
28	7.26^{b}±0.92	6.98^{b}±1.03

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับอย่างต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการเปรียบเทียบค่าสีของของอาหารเช้าธัญชาติทั้ง 2 สูตร พบว่าน้ำตาลไม่มีผลต่อค่า L, a และ b ($p>0.05$) ขณะที่ปริมาณโกโก้มีผลต่อค่า L ($p\leq0.05$) เมื่อโกโก้เพิ่มขึ้น ค่า L ลดลง (หมายถึงผลิตภัณฑ์สีคล้ำลง) สูตรแป้งมีผลต่อค่า a และ b ($p\leq0.05$) โดยแป้งสูตรที่ 5 ที่มีแป้งถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบมากกว่า มีค่า a และ b สูงกว่า (หมายถึงผลิตภัณฑ์สีเข้มขึ้น จากการที่มีสีแดง และสีเหลืองเพิ่มขึ้น)

การเปรียบเทียบค่า water activity ความชื้น bulk density และการดูดกลืนน้ำ พบว่าสูตรแป้งไม่มีผลต่อค่าดังกล่าว ($p>0.05$) ขณะที่ปริมาณโกโก้มีผลต่อการดูดกลืนน้ำ ($p\leq0.05$) โดยเมื่อโกโก้เพิ่มขึ้น ค่าการดูดกลืนน้ำลดลง และปริมาณน้ำตาลมีผลต่อค่า water activity ความชื้น และ bulk density ($p\leq0.05$) โดยน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า water activity ปริมาณความชื้น และ bulk density เพิ่มขึ้น

การเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์พบว่าสูตรแป้งไม่มีผลต่อคะแนนด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และการยอมรับรวม ($p>0.05$) ขณะที่ปริมาณโกโก้มีผลต่อคะแนนสี กลิ่นรส และการยอมรับรวม ($p\leq0.05$) โดยเมื่อโกโก้เพิ่มขึ้นเป็น 7% คะแนนสี กลิ่นรส และการยอมรับรวมเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มโกโก้ขึ้นถึง 9% คะแนนด้านกลิ่นรส และการยอมรับรวมลดลง ส่วนปริมาณน้ำตาลมีผลต่อคะแนนด้านกลิ่นรส และการยอมรับรวม ($p\leq0.05$) โดยเมื่อเพิ่มขึ้นเป็น 24% คะแนนด้านกลิ่นรส และการยอมรับรวมเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเพิ่มเป็น 28%คะแนนด้านกลิ่นรส และการยอมรับรวมลดลง

จากการวัดค่าสี water activity ความชื้น bulk density การดูดกลืนน้ำ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้เลือกโกโก้ 7 % และน้ำตาล 24 % ของน้ำหนักแป้ง สำหรับอาหารเช้าธัญชาติทั้ง 2 สูตร

4.5 วิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติเสริมเส้นใยอาหารจากรำสกัด

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ เส้นใยอาหาร และแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ผลวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 27 และ 28

ตารางที่ 27 องค์ประกอบทางเคมี*ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติเสริมเส้นใยอาหารจากรำสกัดทั้ง 2 สูตร

ผลิตภัณฑ์**	องค์ประกอบ (%)						
	ความชื้น	คาร์โบไฮเดรต***	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เส้นใยหยาบ	เส้นใยอาหาร
สูตรที่ 1	1.05	77.68	8.04	0.90	3.20	0.40	9.13
สูตรที่ 5	1.12	73.30	9.68	1.40	3.70	0.37	10.80

* ข้อมูลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

** ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแป้งผสมสูตรที่ 1 มี แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด แป้งถั่วเหลือง และแป้งลูกเดือย 25:35:1:8 และ สูตรที่ 5 มีอัตราส่วน 45:15:5:4

*** คำนวนจากผลต่างระหว่าง 100กับองค์ประกอบอื่นยกเว้นเส้นใยหยาบ

ตารางที่ 28 จำนวนแบคทีเรีย ยีสต์ และรา* ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติเสริมเส้นใยอาหารจากรำสกัด

ผลิตภัณฑ์**	จำนวนเฉลี่ย (CFU/กรัม)	
	จุลินทรีย์ทั้งหมด	ยีสต์และรา
สูตรที่ 1	400	35
สูตรที่ 5	350	32

* ข้อมูลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

** ผลิตภัณฑ์แป้งผสมสูตรที่ 1 มี แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด แป้งถั่วเหลือง และแป้งลูกเดือย 25:35:1:8 และสูตรที่ 5 มีอัตราส่วน 45:15:5:4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติ

เตรียมอาหารเช้าธัญชาติโดยใช้สูตรและวิธีการผลิตที่สรุปได้จากข้อ 4.4 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์โดยบรรจุในถุง Al foil/PE ภายใต้ความดันบรรยากาศ เก็บที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30°C) ระหว่างเก็บ สุ่มตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ นำมาประเมินคุณภาพทางกายภาพ โดยวัดสี ค่า water activity ความชื้น และการดูดกลืนน้ำ ประเมินคุณภาพทางเคมี โดยวัดค่า TBA และทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 29-37

ตารางที่ 29 ค่า L, a และ b จากเครื่องวัดสี ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติจากที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตรเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0-12 สัปดาห์

เวลาเก็บ (สัปดาห์)	สูตรแป้ง	ค่าเฉลี่ยสี ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L^{ns}	a	b
0	1	51.63 ± 1.82	12.28 ± 0.88	22.57 ± 1.08
	5	52.20 ± 0.45	13.94 ± 1.19	23.56 ± 2.18
2	1	51.21 ± 1.68	13.98 ± 1.07	22.67 ± 0.52
	5	52.17 ± 1.48	13.89 ± 1.25	24.19 ± 0.44
4	1	52.09 ± 0.83	13.35 ± 0.80	23.23 ± 0.87
	5	53.16 ± 1.17	14.59 ± 0.55	24.13 ± 0.17
6	1	51.89 ± 2.41	13.48 ± 1.35	22.35 ± 2.28
	5	52.64 ± 1.03	14.78 ± 0.47	24.03 ± 0.79
8	1	52.44 ± 1.69	12.43 ± 1.04	23.74 ± 1.51
	5	52.91 ± 1.74	14.78 ± 0.56	24.28 ± 1.87
10	1	53.44 ± 0.83	12.29 ± 1.15	22.57 ± 1.44
	5	53.01 ± 2.14	13.22 ± 1.53	24.11 ± 0.38
12	1	53.06 ± 0.46	13.63 ± 1.61	22.31 ± 0.52
	5	52.95 ± 0.97	13.86 ± 1.69	23.44 ± 0.40

ns ไม่มีความแตกต่าง ($p>0.05$)

ตารางที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า L, a และ b ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0-12 สัปดาห์

SOV	df	MS		
		L	a	b
สูตรแป้ง (A)	1	0.75	8.21*	9.87*
เวลาเก็บ (B)	6	1.89	1.00	0.58
AB	6	0.75	0.71	0.17
error	14	2.10	1.33	1.53

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างเวลาเก็บและสูตรแป้ง ไม่มีผลต่อค่า a และ b ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงแยกวิเคราะห์โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของสูตรแป้ง ผลแสดงในตารางที่ 31

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 31 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย water activity (Aw) ความชื้น การดูดกลืนน้ำ และ thiobarbituric acid (TBA) ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตรเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0-12 สัปดาห์ โดยพิจารณาเฉพาะสูตรแป้ง

เวลาเก็บ (สัปดาห์)	สูตรแป้ง	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		Aw	ความชื้น (%)	การดูดกลืนน้ำ[ns] (นน.น้ำ/นน.ตัวอย่าง)	TBA (mg malonaldehyde/kg)
0	1	0.096 ± 0.014	1.05 ± 0.14	4.38 ± 0.28	1.60 ± 0.16
	5	0.091 ± 0.014	1.12 ± 0.06	4.38 ± 0.35	1.68 ± 0.17
2	1	0.126 ± 0.011	1.46 ± 0.20	4.34 ± 0.02	1.60 ± 0.06
	5	0.129 ± 0.016	1.47 ± 0.20	4.39 ± 0.01	1.83 ± 0.17
4	1	0.141 ± 0.018	1.50 ± 0.05	4.42 ± 0.11	1.56 ± 0.11
	5	0.140 ± 0.020	1.58 ± 0.21	4.37 ± 0.05	1.87 ± 0.11
6	1	0.156 ± 0.015	1.53 ± 0.20	4.36 ± 0.02	1.79 ± 0.11
	5	0.135 ± 0.014	1.64 ± 0.22	4.39 ± 0.35	1.95 ± 0.11
8	1	0.164 ± 0.016	1.56 ± 0.21	4.42 ± 0.24	1.91 ± 0.16
	5	0.153 ± 0.021	1.68 ± 0.06	4.40 ± 0.14	2.11 ± 0.11
10	1	0.149 ± 0.014	1.65 ± 0.16	4.45 ± 0.16	2.07 ± 0.27
	5	0.146 ± 0.020	1.72 ± 0.16	4.23 ± 0.01	2.30 ± 0.06
12	1	0.166 ± 0.020	1.61 ± 0.23	4.42 ± 0.28	2.18 ± 0.11
	5	0.150 ± 0.014	1.73 ± 0.16	4.39 ± 0.10	2.41 ± 0.11

ns ไม่มีความแตกต่าง ($p>0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า water activity (Aw) ความชื้น การดูดกลืนน้ำ และ thiobarbituric acid (TBA) ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0-12 สัปดาห์

SOV	df	MS		
		Aw	ความชื้น (%)	TBA (mg malonaldehyde/kg)
สูตรแป้ง (A)	1	4.01×10^{-4}	0.05	0.297*
เวลาเก็บ (B)	6	2.03×10^{-2}*	0.17*	0.258*
AB	6	7.15×10^{-5}	1.42×10^{-3}	0.005
error	14	2.73×10^{-4}	0.03	0.020

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างสูตรแป้งและเวลาเก็บไม่มีผลต่อค่า water activity ความชื้น และ TBA ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงแยกวิเคราะห์โดยพิจารณาอิทธิพลของเวลาเก็บ ผลแสดงในตารางที่ 33

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 33 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย water activity (Aw) ความชื้น และ thiobarbituric acid (TBA) ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0-12 สัปดาห์ โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของเวลาเก็บ

เวลาเก็บ (สัปดาห์)	MS		
	Aw	ความชื้น (%)	TBA (mg malonaldehyde/kg)
0	0.094^{e} ± 0.012	1.09^{b} ± 0.10	1.64^{e} ± 0.14
2	0.128^{b} ± 0.011	1.47^{a} ± 0.16	1.72^{de} ± 0.17
4	0.141^{ab} ± 0.016	1.54^{a} ± 0.13	1.72^{de} ± 0.20
6	0.145^{ab} ± 0.017	1.59^{a} ± 0.19	1.87^{cd} ± 0.13
8	0.158^{a} ± 0.017	1.62^{a} ± 0.14	2.01^{bc} ± 0.16
10	0.148^{ab} ± 0.014	1.68^{a} ± 0.14	2.18^{ab} ± 0.21
12	0.158^{a} ± 0.017	1.67^{a} ± 0.17	2.30^{a} ± 0.16

a, b, c, d และ e ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 34 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย thiobarbituric acid (TBA) ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติจากแป้งผสม 2 สูตร เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0-12 สัปดาห์ โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของสูตรแป้ง

สูตรแป้ง	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
	TBA (mg malonaldehyde/kg)
1	1.82^{b} ± 0.26
5	2.02^{a} ± 0.27

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 35 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0-12 สัปดาห์

เวลาเก็บ (สัปดาห์)	สูตรแป้ง	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		ก่อนเติมนมสด		หลังเติมนมสด	
		สี[ns]	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ[ns]	กลิ่นรส
0	1	7.86 ± 0.60	8.15 ± 0.54	7.62 ± 1.11	7.95 ± 0.72
	5	7.88 ± 0.56	7.93 ± 0.75	7.65 ± 1.26	8.00 ± 0.61
2	1	7.73 ± 0.66	8.06 ± 0.71	7.65 ± 0.51	7.93 ± 0.61
	5	7.76 ± 0.46	7.92 ± 0.83	7.63 ± 1.09	7.93 ± 0.82
4	1	7.76 ± 0.56	7.71 ± 0.66	7.66 ± 0.56	7.91 ± 0.68
	5	7.85 ± 0.56	7.98 ± 0.76	7.63 ± 0.73	7.86 ± 0.77
6	1	7.64 ± 0.65	7.73 ± 0.83	7.62 ± 0.63	7.76 ± 0.82
	5	7.93 ± 0.53	7.92 ± 0.73	7.63 ± 0.79	7.88 ± 0.63
8	1	7.75 ± 0.61	7.67 ± 0.71	7.59 ± 0.73	7.88 ± 0.50
	5	7.81 ± 0.63	7.57 ± 0.66	7.57 ± 0.80	7.56 ± 0.61
10	1	7.71 ± 0.56	7.43 ± 0.65	7.57 ± 0.84	7.49 ± 0.55
	5	7.77 ± 0.51	7.49 ± 0.65	7.57 ± 0.72	7.60 ± 056
12	1	7.76 ± 0.46	7.47 ± 0.63	7.68 ± 0.76	7.49 ± 0.56
	5	7.71 ± 0.55	7.81 ± 0.47	7.52 ± 0.58	7.69 ± 0.55

ns ไม่มีความแตกต่าง ($p>0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0-12 สัปดาห์

SOV	df	MS			
		สี	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส
สูตรแป้ง (A)	1	0.27	0.13	0.04	0.01
เวลาเก็บ (B)	6	0.07	1.35*	0.02	0.83*
AB	6	0.08	0.33	0.03	0.22
block	14	3.15	3.10	4.10	3.21
error	182	0.10	0.28	0.41	0.21

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างสูตรแป้งและเวลาเก็บไม่มีผลต่อคะแนนกลิ่น และกลิ่นรส($p>0.05$) จึงแยกวิเคราะห์โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของเวลาเก็บ ผลแสดงในตารางที่ 37

ตารางที่ 37 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคะแนนด้านกลิ่น และกลิ่นรส ของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติที่เตรียมจากแป้งผสม 2 สูตร เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0-12 สัปดาห์ โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของเวลาเก็บ

เวลาเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	กลิ่น	กลิ่นรส
0	$8.04^{a} \pm 0.64$	$7.98^{a} \pm 0.67$
2	$7.99^{a} \pm 0.77$	$7.93^{a} \pm 0.72$
4	$7.88^{ab} \pm 0.71$	$7.88^{a} \pm 0.73$
6	$7.83^{ab} \pm 0.78$	$7.82^{ab} \pm 0.72$
8	$7.62^{bc} \pm 0.69$	$7.72^{abc} \pm 0.56$
10	$7.46^{c} \pm 0.65$	$7.55^{c} \pm 0.56$
12	$7.64^{bc} \pm 0.55$	$7.59^{bc} \pm 0.56$

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การเปรียบเทียบคะแนนจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติจากแป้งผสม 2 สูตร เก็บที่อุณหภูมิห้องพบว่า สูตรแป้งทั้ง 2 สูตร ไม่มีผลต่อลักษณะด้านสี กลิ่น ลักษณะปรากฏ และกลิ่นรส เมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้นมีผลให้คะแนนด้านกลิ่นและกลิ่นรสลดลง ($p \leq 0.05$) ขณะที่คะแนนด้านสีและลักษณะปรากฏไม่เปลี่ยนแปลง ($p > 0.05$)

จากการเปรียบเทียบค่าสี พบว่าสูตรแป้งไม่มีผลต่อค่า L ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อค่า a และ b ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์จากแป้งสูตรที่ 5 มีค่า a และ b สูงกว่าผลิตภัณฑ์จากแป้งสูตรที่ 1 และเวลาเก็บไม่มีผลต่อค่า L, a และ b ($p > 0.05$) แสดงว่าสีของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนเมื่อเก็บ 12 สัปดาห์

สูตรแป้งไม่มีผลต่อค่า water activity และความชื้น ($p > 0.05$) ขณะที่เวลาเก็บ มีผลทำให้ค่า water activity และความชื้นเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$)

สูตรแป้งมีผลต่อค่า TBA ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์จากแป้งสูตรที่ 5 ซึ่งมีปริมาณไขมัน 1.40% มีค่า TBA สูงกว่าผลิตภัณฑ์จากแป้งสูตรที่ 1 ซึ่งมีไขมัน 0.90% เมื่อพิจารณาเฉพาะเวลาเก็บพบว่าค่า TBA เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้น

ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่าง อาจสรุปได้ว่า สามารถเก็บโดยบรรจุที่ความดันบรรยากาศ ในถุง Al foil/PE ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่างน้อย 12 สัปดาห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย