บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 สมบัติของแป้งข้าวเจ้า

4.1.1 องค์ประกอบของแป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวเจ้าที่ใช้ในการทดลองนี้คือ แป้งข้าวเจ้าตราช้างสามเศียร ของบริษัท ชอเฮง จำกัด ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบมีดังแสดงในตารางที่ 4.1

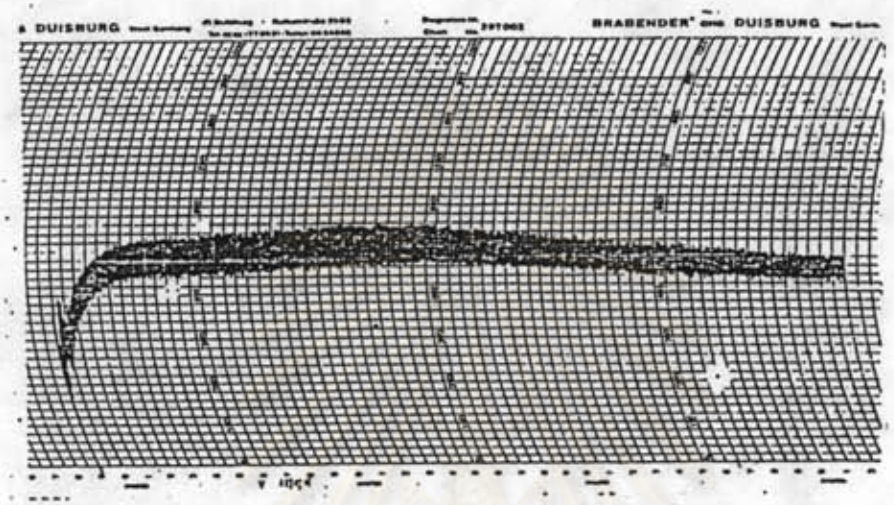
ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบของแป้งข้าวเจ้าที่ใช้ในการทดลอง

องค์ประกอบ	ปริมาณ(ร้อยละ)
ความชื้น	11.50 - 12.50
โปรตีน	5.50 - 6.50
ไขมัน	0.30 - 0.80
เถ้า	0.15 - 0.30
คาร์โบไฮเดรท	87.55 - 79.90
pH	5.5 - 6.5

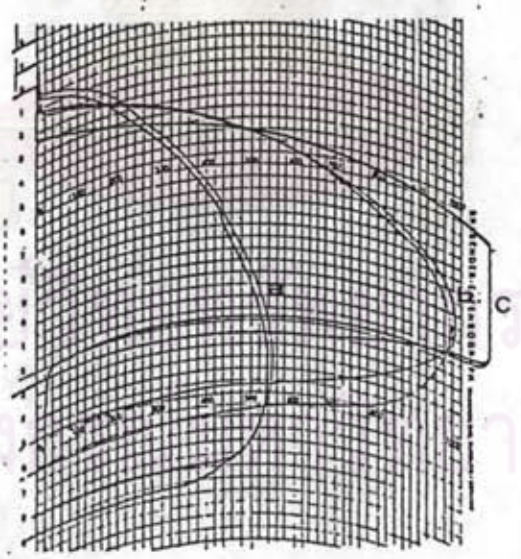
4.1.2 สมบัติของแป้งข้าวเจ้าในการเกิดก้อนแป้งผสม

เปรียบเทียบสมบัติในการเกิดก้อนแป้งผสมของแป้งข้าวเจ้ากับแป้งสาลีชนิดทำขนมปัง(โปรตีนร้อยละ 13.5) และแป้งสาลีชนิดเอนกประสงค์(โปรตีนร้อยละ 10.0) โดยใช้เครื่อง Brabender Farinograph และ Brabender Extensigraph ผลการทดลองมีดังแสดงใน รูปที่ 4.1 - 4.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 ก Farinograph ของแป้งสาลีชนิดทำขนมปัง

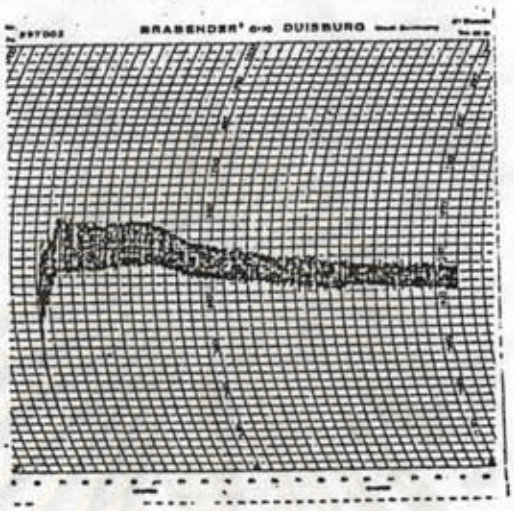


รูปที่ 4.1 ข Extensigraph ของแป้งสาลีชนิดทำขนมปัง

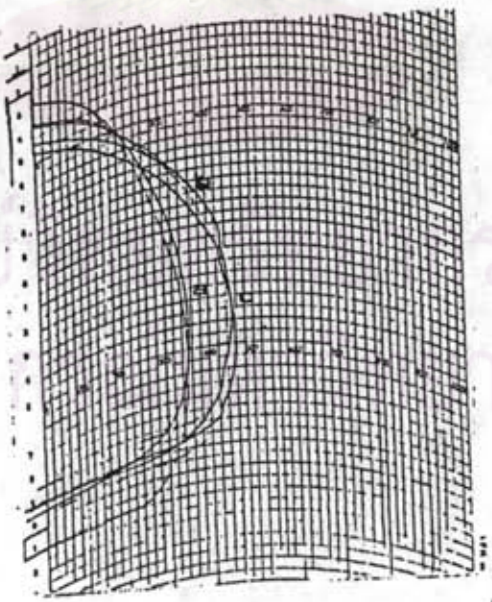
a - extensigraph ที่ 45 นาที

b - extensigraph ที่ 90 นาที

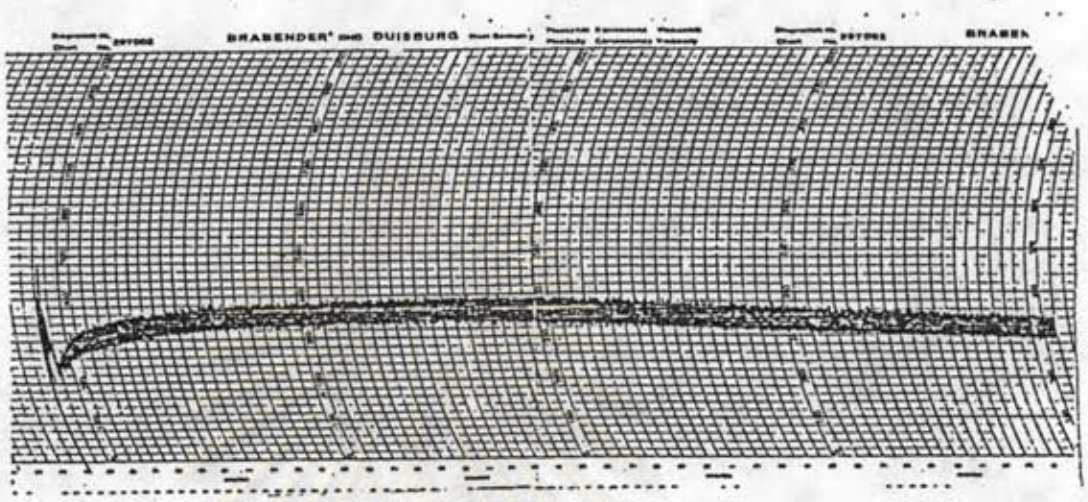
c - extensigraph ที่ 135 นาที



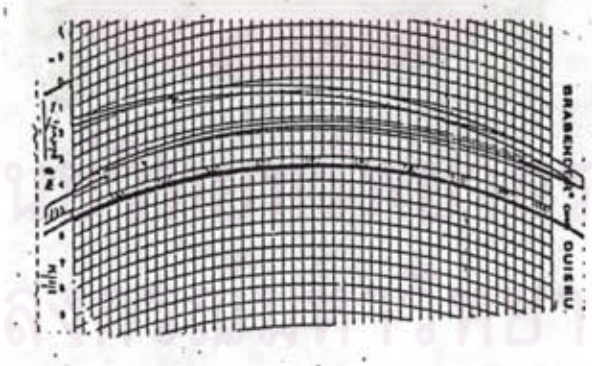
รูปที่ 4.2 ก Farinograph ของแป้งสาลีชนิดเอนกประสงค์



รูปที่ 4.2 ข Extensigraph ของแป้งสาลีชนิดเอนกประสงค์



รูปที่ 4.3 ก Farinograph ของแป้งข้าวเจ้า



รูปที่ 4.3 ข Extensigraph ของแป้งข้าวเจ้า

4.1.3 แบบแผนความหนืดจากเครื่อง Brabender Amylograph

เปรียบเทียบแบบแผนความหนืดของแป้งข้าวเจ้ากับแป้งสาลีชนิดทำขนมปังและแป้งสาลีชนิดเอนกประสงค์ ที่ความเข้มข้นของแป้งร้อยละ 7.0 (โดยน้ำหนักแห้ง) ผลการทดลองมีดังแสดงในรูปที่ 4.4

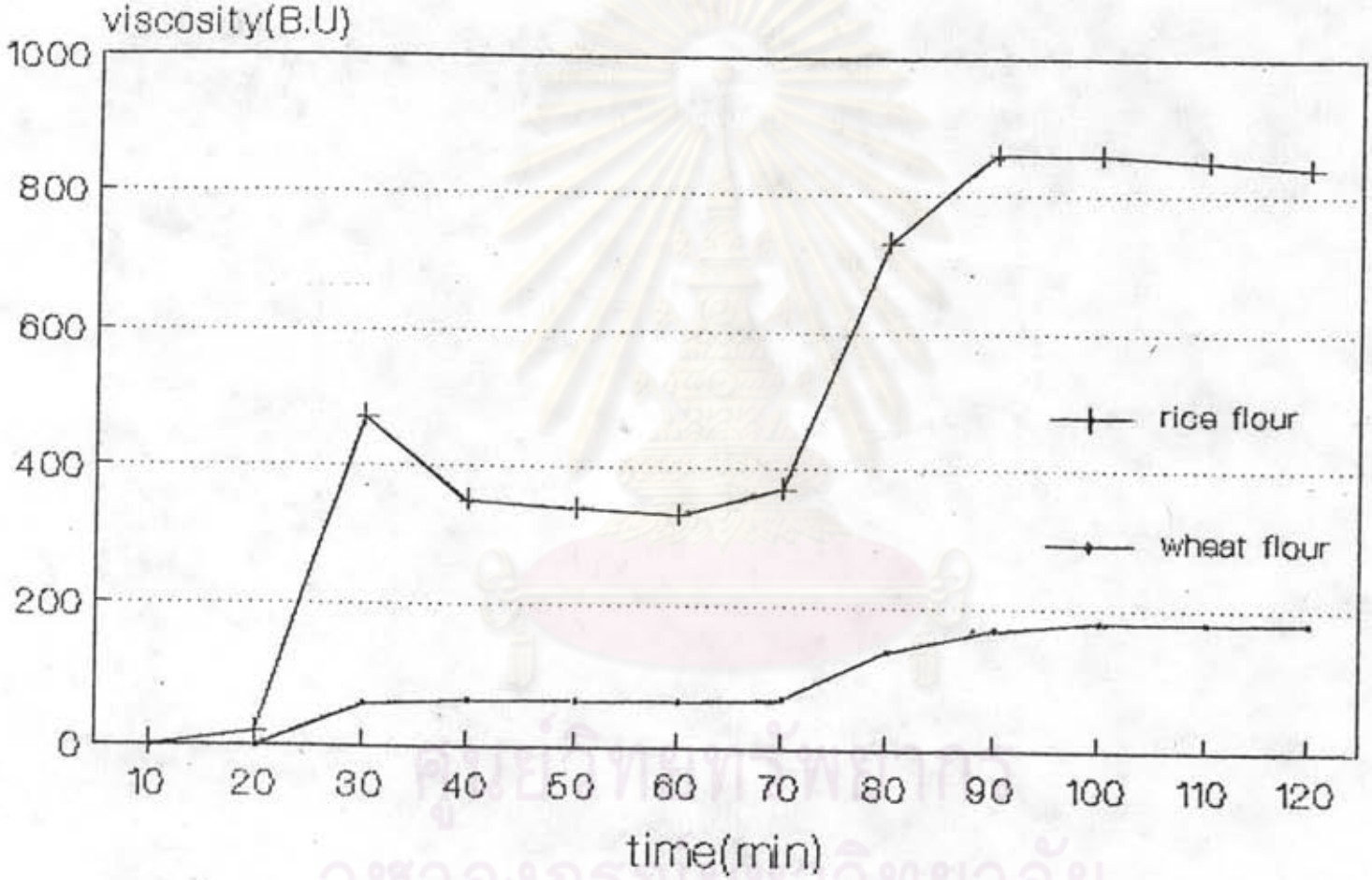
4.2 <u>ชนิดของสารเชื่อมที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังแป้งข้าวเจ้า</u>

4.2.1 สมบัติของแป้งข้าวเจ้าผสมสารเชื่อมในการเกิดก้อนแป้งผสม

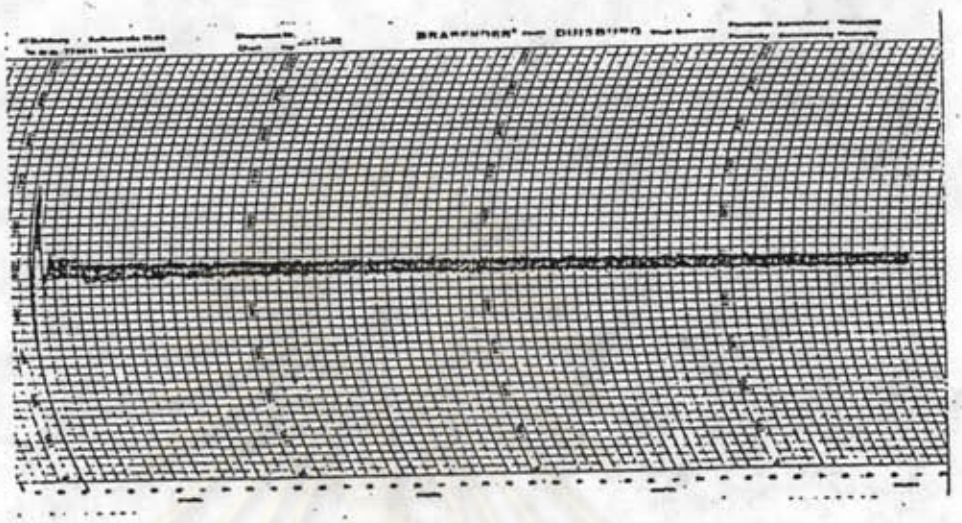
ลักษณะ Farinograph และ Extensigraph ของแป้งข้าวเจ้าผสมสารเชื่อมแต่ละชนิดในปริมาณร้อยละ 3.0 ของน้ำหนักแป้ง มีดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

จาก Farinograph สามารถประเมินความสามารถในการดูดซึมน้ำของแป้ง (water absorption) เวลาในการเกิดเป็นก้อนแป้งผสม(dough development time) เสถียรภาพของก้อนแป้งผสม(dough stability) เวลาที่ก้อนแป้งผสมมีความกลมกลืนน้อยกว่า 500 B.U (departure time) และดัชนีความทนทานต่อการผสม(mixing tolerance index) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

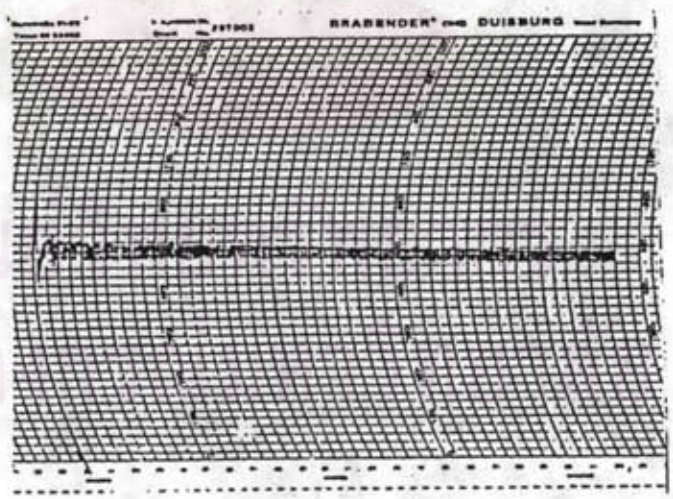
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



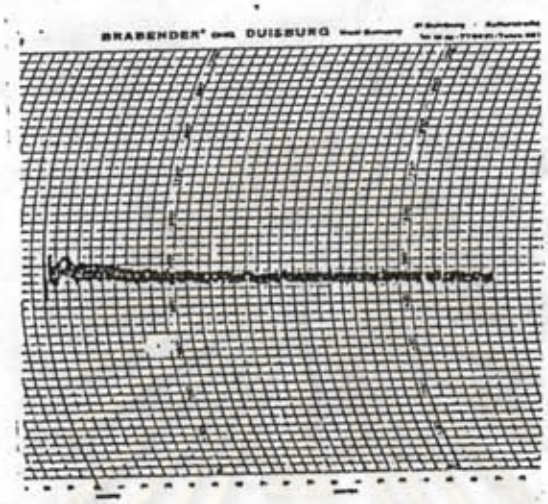
รูปที่ 4.4 แบบแผนความหนืดของแป้งข้าวเจ้า แป้งสาลีชนิดทำขนมปัง และแป้งสาลีชนิดเอนกประสงค์



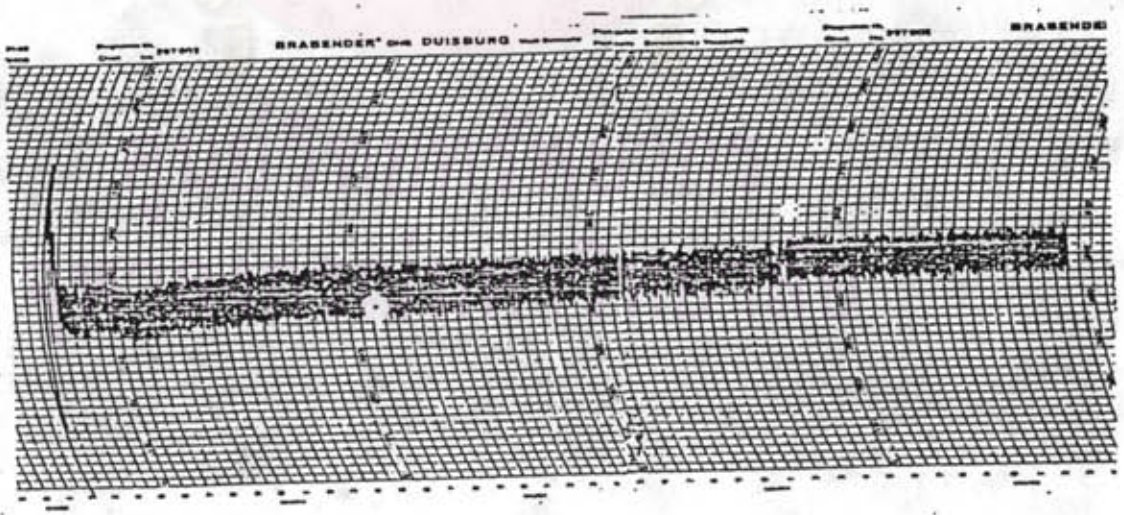
รูปที่ 4.5 ก Farinograph ของแป้งข้าวเจ้าผสม E4M



รูปที่ 4.5 ข Farinograph ของแป้งข้าวเจ้าผสม K4M

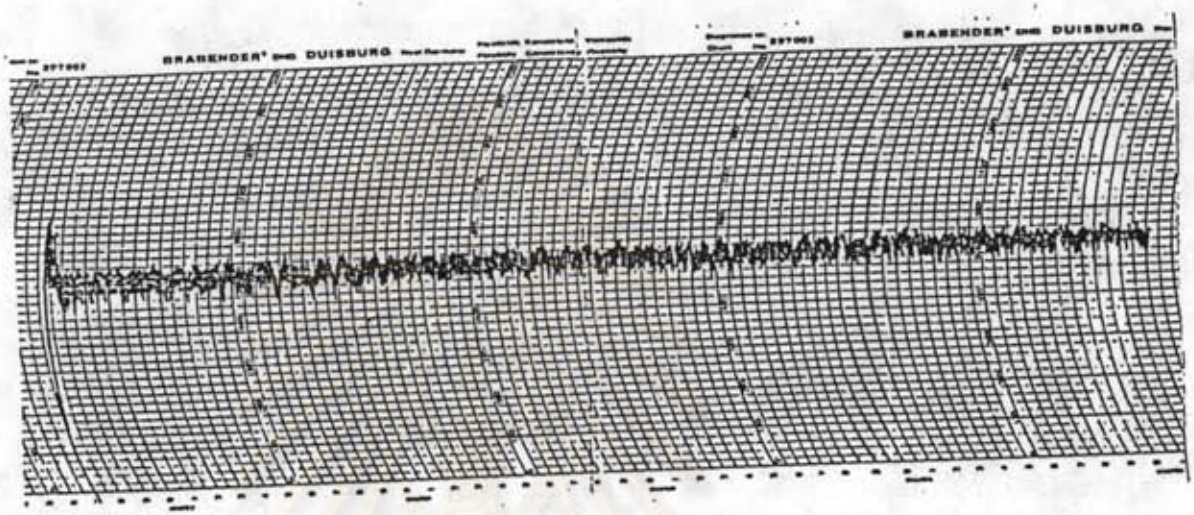


รูปที่ 4.5 ค Farinograph ของแป้งข้าวเจ้าผสม K100M

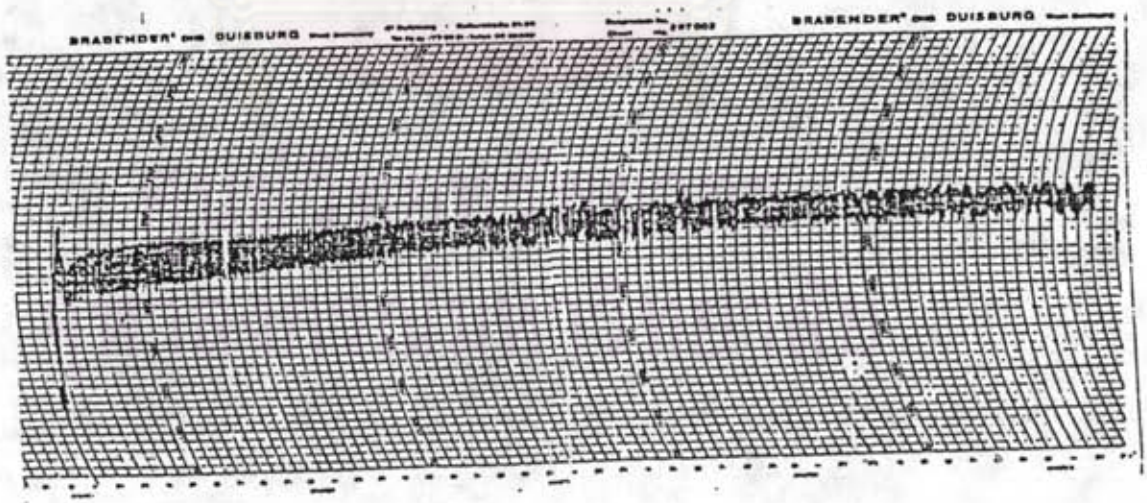


รูปที่ 4.5 ง Farinograph ของแป้งข้าวเจ้าผสม A4M

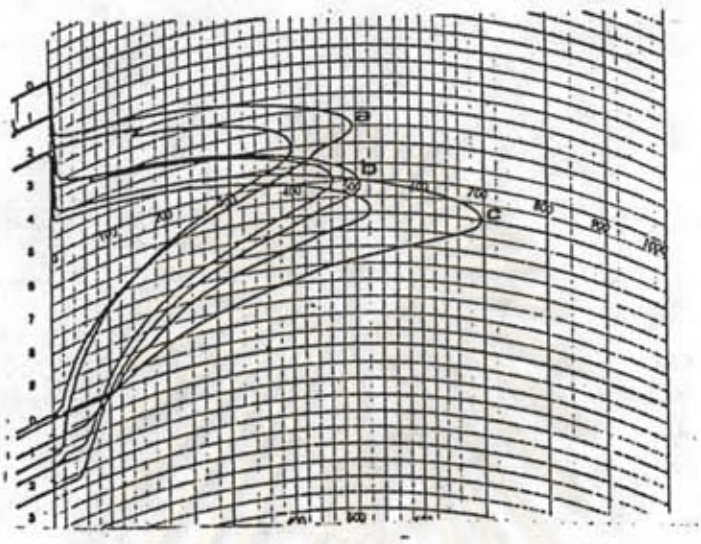
I17U9824



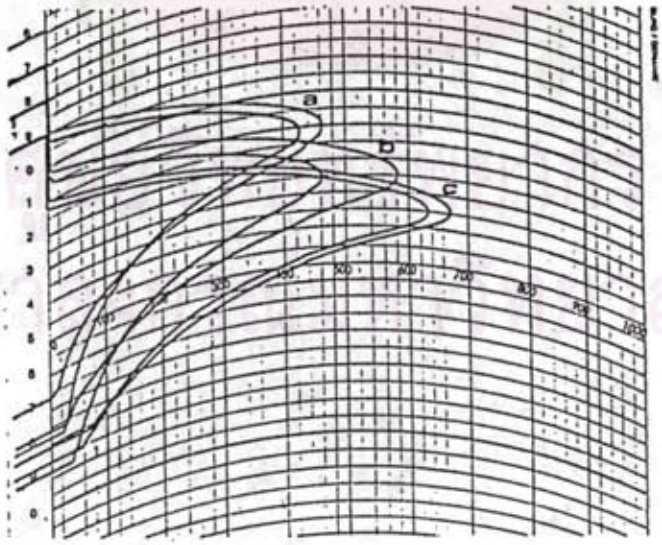
รูปที่ 4.5 จ Farinograph ของแป้งข้าวเจ้าผสม CMC



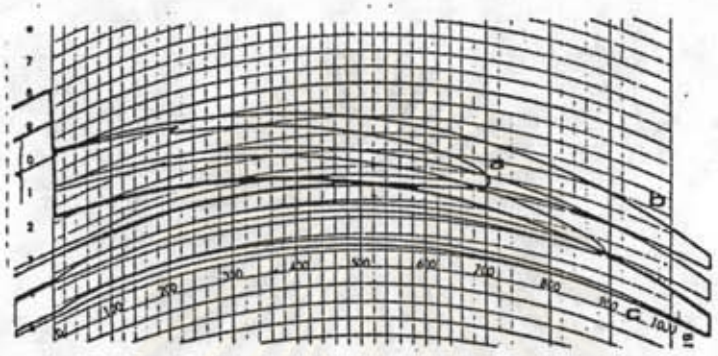
รูปที่ 4.5 ฉ Farinograph ของแป้งข้าวเจ้าผสม ALG



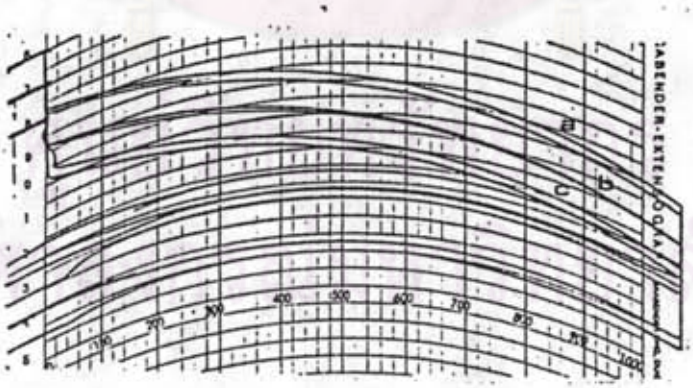
รูปที่ 4.6 ก Extensigraph ของแป้งข้าวเจ้าผสม E4M



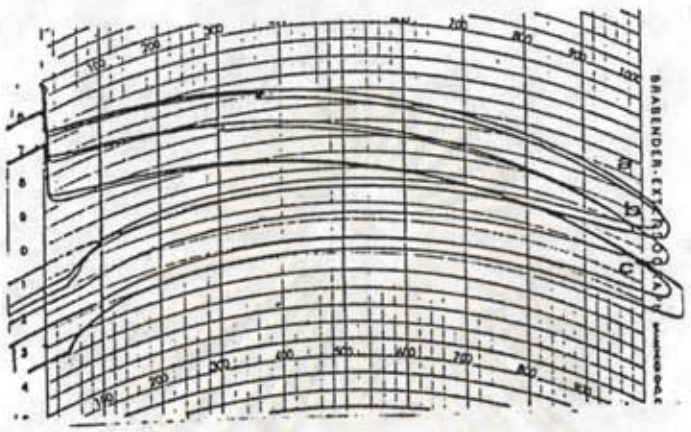
รูปที่ 4.6 ข Extensigraph ของแป้งข้าวเจ้าผสม K4M



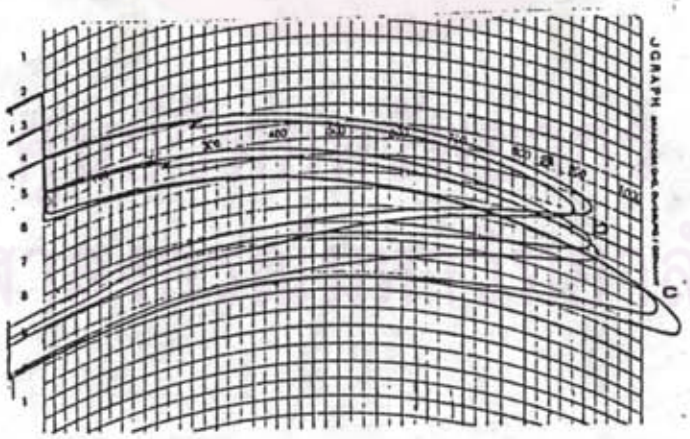
รูปที่ 4.6 ค Extensigraph ของแป้งข้าวเจ้าผสม K100M



รูปที่ 4.6 ง Extensigraph ของแป้งข้าวเจ้าผสม A4M



รูปที่ 4.6 จ Extensigraph ของแป้งข้าวเจ้าผสม CMC



รูปที่ 4.6 ฉ Extensigraph ของแป้งข้าวเจ้าผสม ALG

ตารางที่ 4.2 ค่าต่างๆที่อ่านได้จาก Farinograph

ชนิดแป้ง	WA (%)	DDT (min)	DS (min)	DT (min)	MTI (B.U)
แป้งสาลีชนิดทำขนมปัง	66.2	15.8	25.0	27.5	20
แป้งสาลีชนิดเอนกประสงค์	60.1	4.1	9.5	10.0	70
แป้งข้าวเจ้า	69.1	0.5	อ่านค่าไม่ได้		200
แป้งข้าวเจ้า + E4M	74.4	1.0	36.5	36.8	220
แป้งข้าวเจ้า + K4M	75.5	0	12.7	13.0	200
แป้งข้าวเจ้า + K100M	76.9	0	3.0	3.0	140
แป้งข้าวเจ้า + A4M	69.3	0.8	อ่านค่าไม่ได้		250
แป้งข้าวเจ้า + CMC	71.2	1.0	อ่านค่าไม่ได้		160
แป้งข้าวเจ้า + ALG	69.4	1.5	อ่านค่าไม่ได้		120

หมายเหตุ WA = water absorption

DDT = dough development time

DS = dough stability

DT = departure time

MTI = mixing tolerance index

- เนื่องจากความกลมกลืนสูงสุดของแป้งข้าวเจ้ามีค่าน้อยกว่า 500 B.U จึงไม่สามารถอ่านค่า DS และ DT ได้ ส่วนแป้งข้าวเจ้าผสม A4M CMC และALG อ่านค่า DS และ DT ไม่ได้เนื่องจากก้อนแป้งผสมมีความกลมกลืนสูงขึ้นเรื่อยๆ

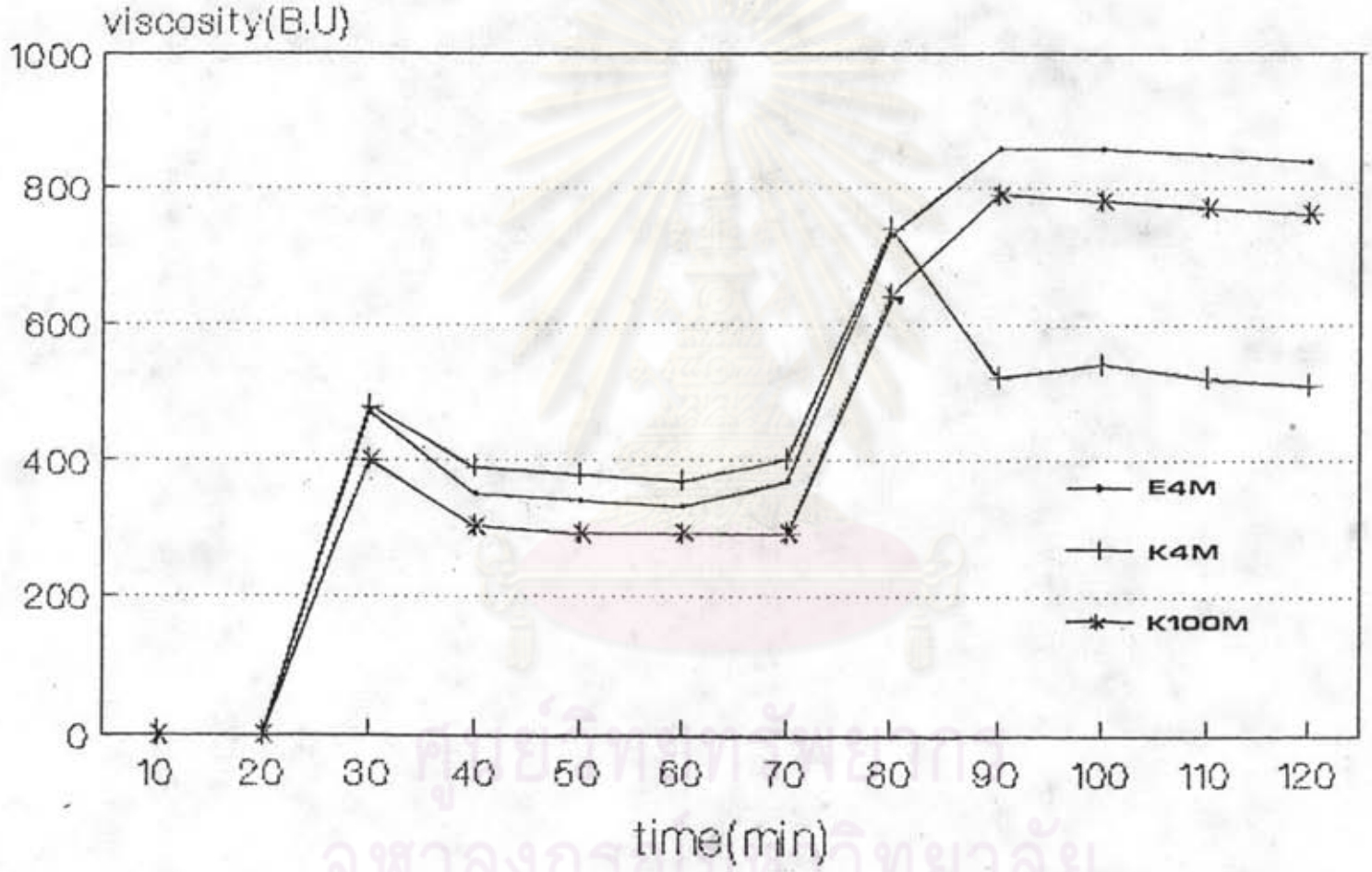
จาก Extensigraph สามารถประเมินค่า extensibility และ resistance to extension ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าต่างๆที่อ่านได้จาก Extensigraph

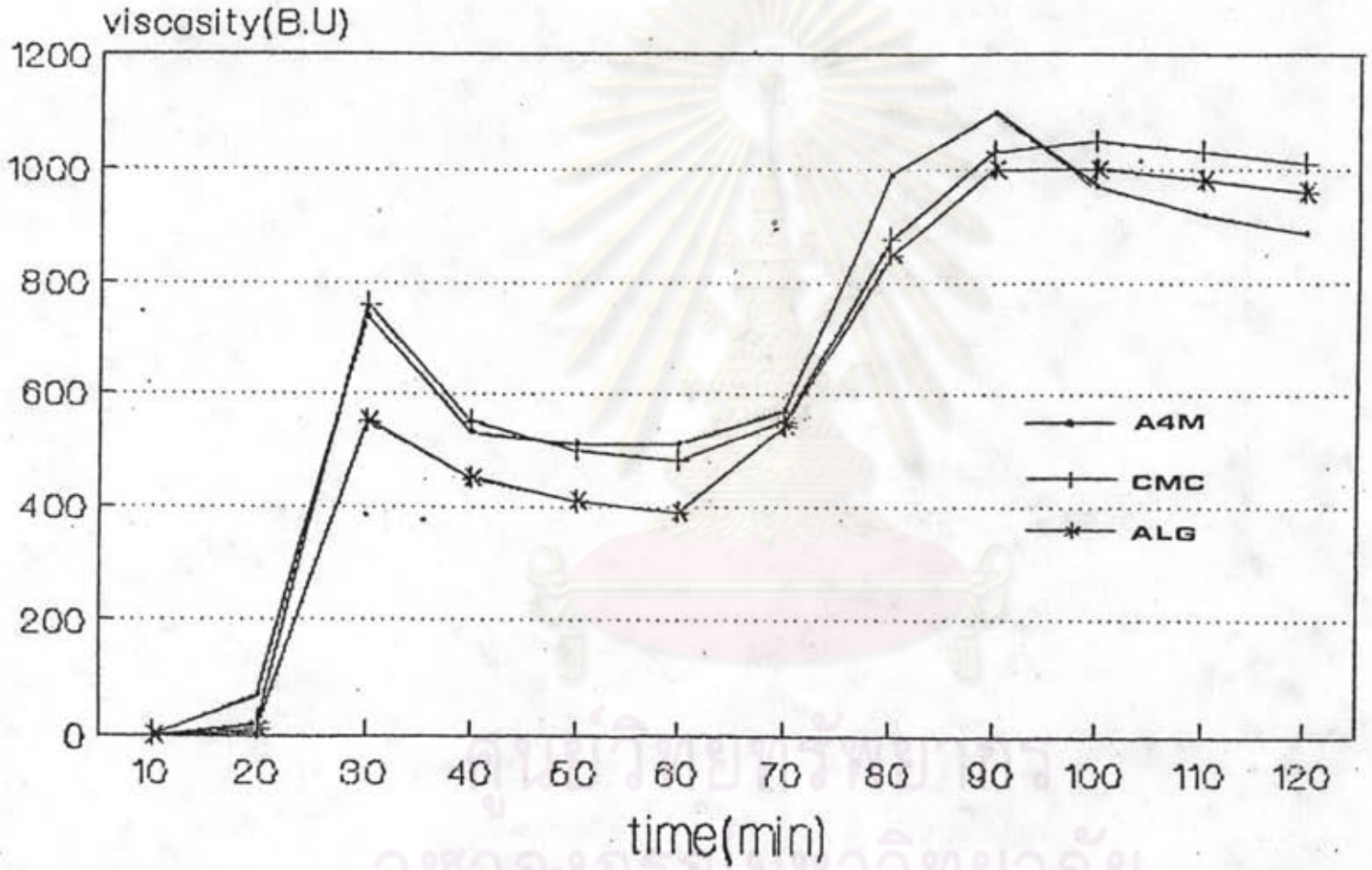
ชนิดแป้ง	resistance to extension (B.U)			extensibility (mm)		
	45 นาที	90 นาที	135 นาที	45 นาที	90 นาที	135 นาที
แป้งสาลีชนิดทำขนมปัง	540	980	>1000	205	165	125
แป้งสาลีชนิดเอนกประสงค์	350	450	450	220	180	173
แป้งข้าวเจ้า	>1000	>1000	>1000	45	43	41
แป้งข้าวเจ้า+E4M	445	485	610	107	111	90
แป้งข้าวเจ้า+K4M	445	475	650	130	130	93
แป้งข้าวเจ้า+K100M	900	>1000	>1000	50	47	47
แป้งข้าวเจ้า+A4M	>1000	>1000	>1000	60	55	60
แป้งข้าวเจ้า+CMC	>1000	>1000	>1000	64	53	60
แป้งข้าวเจ้า+ALG	900	920	>1000	67	63	59

4.2.2 แบบแผนความหนืดจากเครื่อง Brabender Amylograph

ลักษณะ Amylograph ของแป้งข้าวเจ้าผสมสารเชื่อม 6 ชนิดคือ E4M K4M K100M A4M CMC และALG ในปริมาณร้อยละ 3.0 ของน้ำหนักแป้งแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ได้แก่ แป้งข้าวเจ้าผสม E4M K4M และ K100M ซึ่งมีความหนืดที่ 95 °ซ ต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งคือ แป้งข้าวเจ้าผสม A4M CMC และALG ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 แบบแผนความหนืดของแป้งข้าวเจ้าผสม E4M K4M และ K100M ร้อยละ 3.0 ของน้ำหนักแป้ง



รูปที่ 4.8 แบบแผนความหนืดของแป้งข้าวเจ้าผสม A4M CMC และ ALG ร้อยละ 3.0 ของน้ำหนักแป้ง

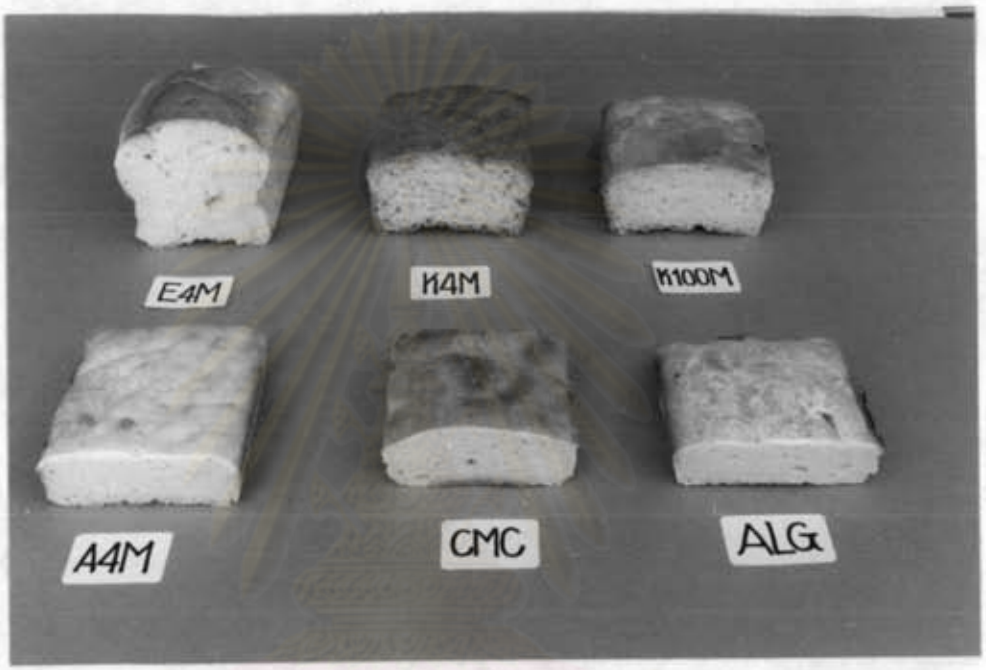
จากกราฟสามารถอ่านค่าอุณหภูมิในการเกิดเจล และความหนืดที่อุณหภูมิต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 อุณหภูมิในการเกิดเจลและช่วงความหนืดของแป้งชนิดต่างๆจากเครื่อง Brabender Amylograph ความเข้มข้นร้อยละ 7.0 (โดยน้ำหนักแห้ง)

ชนิดของแป้ง	อุณหภูมิในการเกิดเจล (°ซ)	ความหนืด (B.U)				
		Peak	95 °ซ	95 °ซ 30 นาที	50 °ซ	50 °ซ 30 นาที
แป้งสาลี	80.0	68	65	65	170	180
แป้งข้าวเจ้า	78.0	500	420	310	850	800
แป้งข้าวเจ้า+E4M	84.5	470	470	330	860	840
แป้งข้าวเจ้า+K4M	84.5	480	470	370	1020	1000
แป้งข้าวเจ้า+K100M	80.0	400	370	290	790	760
แป้งข้าวเจ้า+A4M	68.0	860	740	510	1100	890
แป้งข้าวเจ้า+CMC	75.5	760	760	475	1030	1000
แป้งข้าวเจ้า+ALG	80.0	560	530	390	1000	960

4.2.3 ลักษณะขนมปังที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าผสมสารเชื่อม

เมื่อนำแป้งข้าวเจ้าผสมสารเชื่อมชนิดต่างๆในปริมาณร้อยละ 3.0 ของน้ำหนักแป้งมาผลิตขนมปัง จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 4.9 และลักษณะเซลอากาศแสดงดังในรูปที่ 4.10



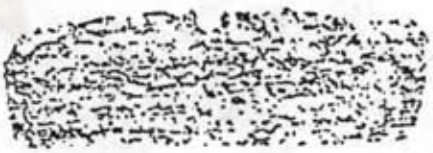
รูปที่ 4.9 ลักษณะทั่วไปขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสมสารเชื่อมชนิดต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E4M

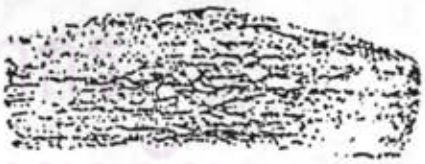
K4M

K100M



A4M

CMC



ALG

รูปที่ 4.10 ภาพตัดขวางแสดงลักษณะเซลอากาศของขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสมสารเชื่อมชนิดต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลของชนิดของสารเชื่อมที่มีต่อน้ำหนักหลังอบ ปริมาตร ปริมาตรจำเพาะของขนมปังแป้งข้าวเจ้า มีดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 น้ำหนักหลังอบ ปริมาตร และปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสมสารเชื่อมชนิดต่างๆ

ชนิดสารเชื่อม	น้ำหนักหลังอบ(W) (กรัม)			ปริมาตร(V) (ลบ.ซม.)			ปริมาตรจำเพาะ(V/W) (ลบ.ซม./กรัม)			
	W_1	W_2	W_3	V_1	V_2	V_3	V_1/W_1	V_2/W_2	V_3/W_3	เฉลี่ย[1]
E4M	185.39	184.81	183.00	750	760	780	4.05	4.11	4.26	4.76[a]
K4M	194.86	187.50	194.05	540	580	630	2.77	3.09	3.25	3.30[b]
K100M	194.80	189.87	192.77	490	470	610	2.52	2.48	3.16	2.72[b]
A4M	193.67	187.15	180.00	300	300	350	1.55	1.60	1.94	1.70[c]
CMC	203.70	196.35	189.33	240	250	270	1.18	1.27	1.43	1.29[c]
ALG	196.02	191.40	187.21	290	270	315	1.48	1.41	1.68	1.52[c]

[1] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาตรจำเพาะขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสมสารเชื่อมชนิดต่างๆ

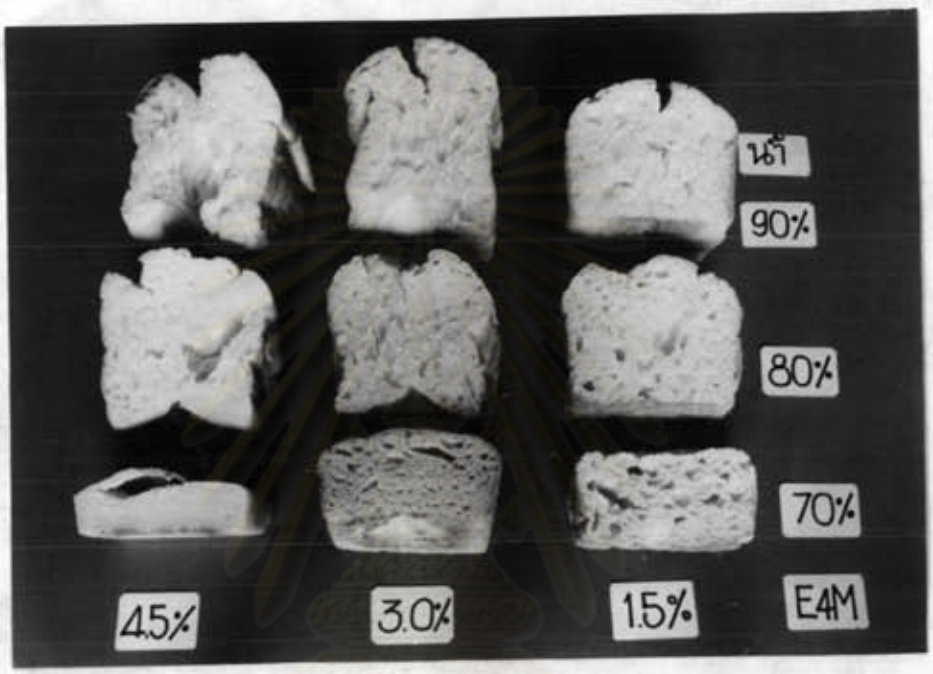
SOV	df	SS	MS	Fคำนวณ	Fจากตาราง
ชนิดสารเชื่อม	5	18.0698	3.6140	72.8291*	3.11
Error	12	0.5955	0.0496		
Total	17	18.6653			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

4.3 ปริมาณสารเชื่อมและปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังแป้งข้าวเจ้า

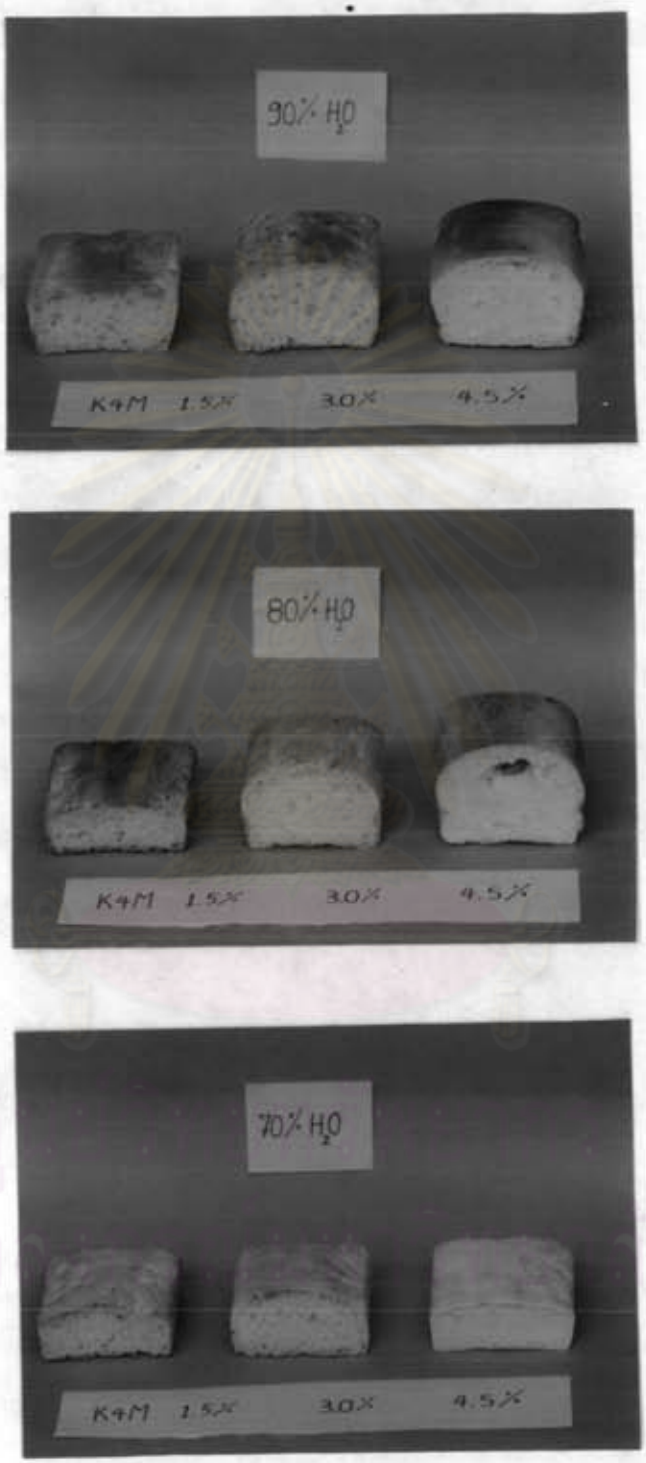
จากข้อ 4.2 เลือก E4M และ K4M มาศึกษาปริมาณสารเชื่อมและปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังแป้งข้าวเจ้า โดยแปรปริมาณสารเชื่อมเป็น 3 ระดับคือร้อยละ 1.5 3.0 และ 4.5 ของน้ำหนักแป้ง และแปรปริมาณน้ำเป็น 3 ระดับคือร้อยละ 70 80 และ 90 ของน้ำหนักแป้งผลการทดลองได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะทั่วไป และลักษณะเซลอากาศดังรูปที่ 4.11 - 4.14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

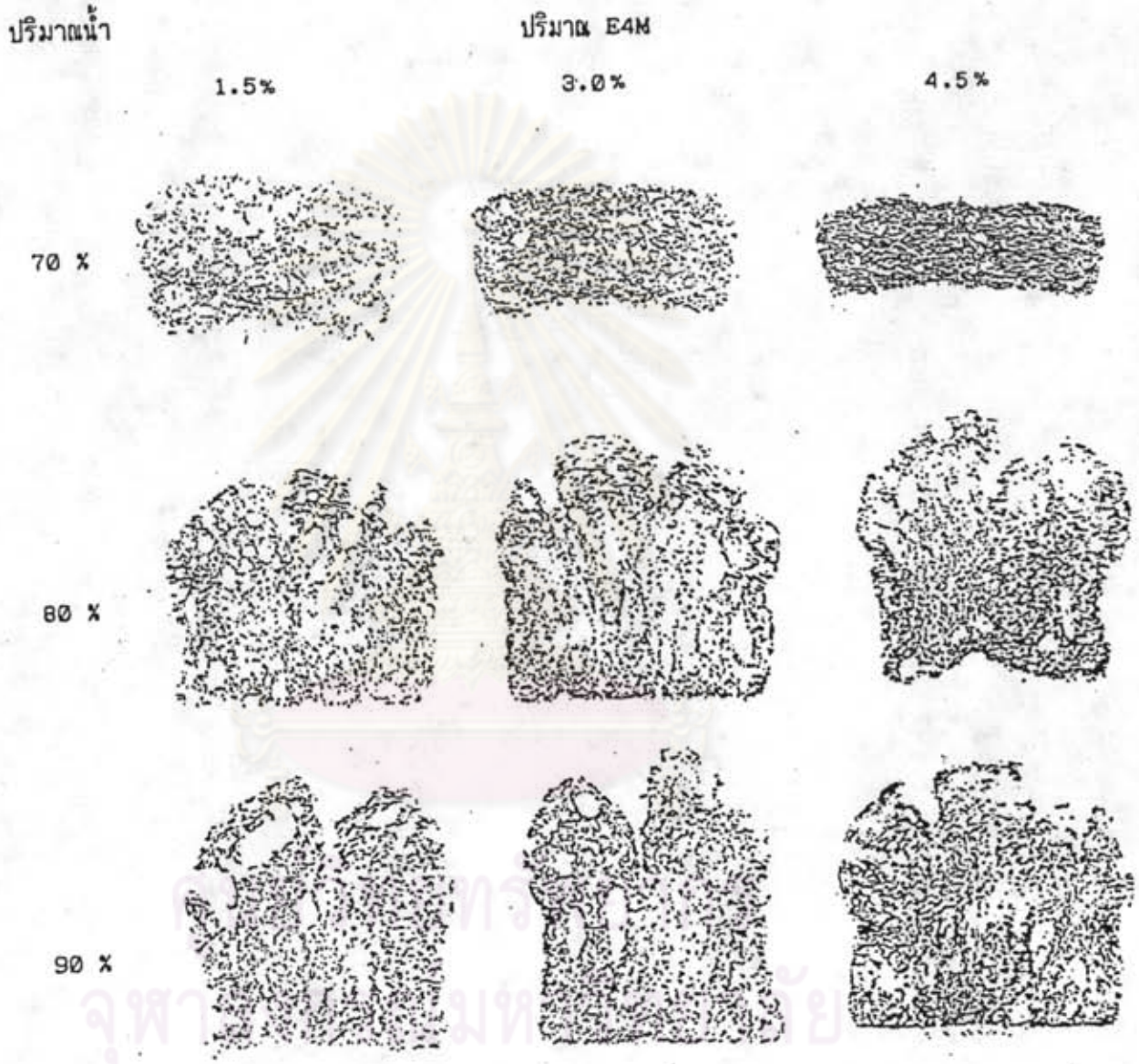


รูปที่ 4.11 ลักษณะทั่วไปขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสม E4M และน้ำที่ปริมาณต่างๆ

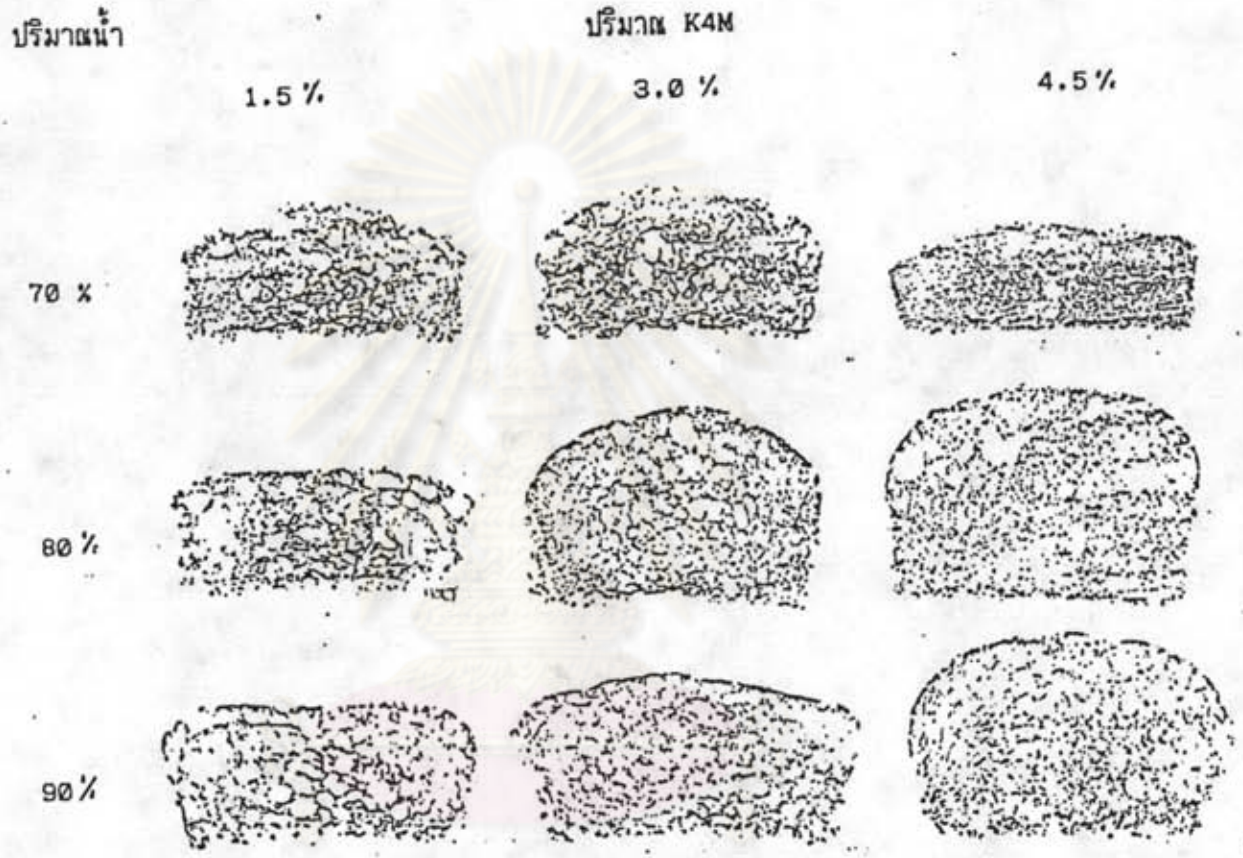
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.12 ลักษณะทั่วไป และลักษณะเซลอากาศขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสม K4M และน้ำที่ปริมาณต่างๆ



รูปที่ 4.13 ภาพตัดขวางแสดงลักษณะเซลอากาศของขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสม E4M และน้ำที่ปริมาณต่างๆ



รูปที่ 4.14 ภาพตัดขวางแสดงลักษณะเซลอากาศของขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสม K4M และน้ำที่ปริมาณต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้มีแสดงในตารางที่ 4.7 - 4.10 รูปที่ 4.15 และ 4.16 ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.11 - 4.14

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักหลังอบ ปริมาตร และปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสม E4M และน้ำที่ปริมาณต่างๆ

ปริมาณE4M (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ปริมาณน้ำ	น้ำหนักหลังอบ(W) (กรัม)		ปริมาตร(V) (ลบ.ซม.)		ปริมาตรจำเพาะ(V/W) (ลบ.ซม./กรัม)		
		W_1	W_2	V_1	V_2	V_1/W_1	V_2/W_2	เฉลี่ย[1]
1.5	70	187.86	186.18	540	610	2.87	3.28	3.08[b]
1.5	80	178.80	176.84	800	810	4.47	4.58	4.53[c]
1.5	90	179.56	175.11	800	860	4.46	4.91	4.69[c]
3.0	70	187.37	187.90	510	490	2.72	2.61	2.67[b]
3.0	80	174.31	176.00	880	900	5.05	5.11	5.08[c]
3.0	90	177.82	177.21	810	890	4.56	5.02	4.79[c]
4.5	70	192.46	191.46	390	270	2.03	1.41	1.72[a]
4.5	80	179.13	179.93	790	920	4.41	5.11	4.76[c]
4.5	90	173.09	171.52	900	1000	5.20	5.83	5.52[d]

[1] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

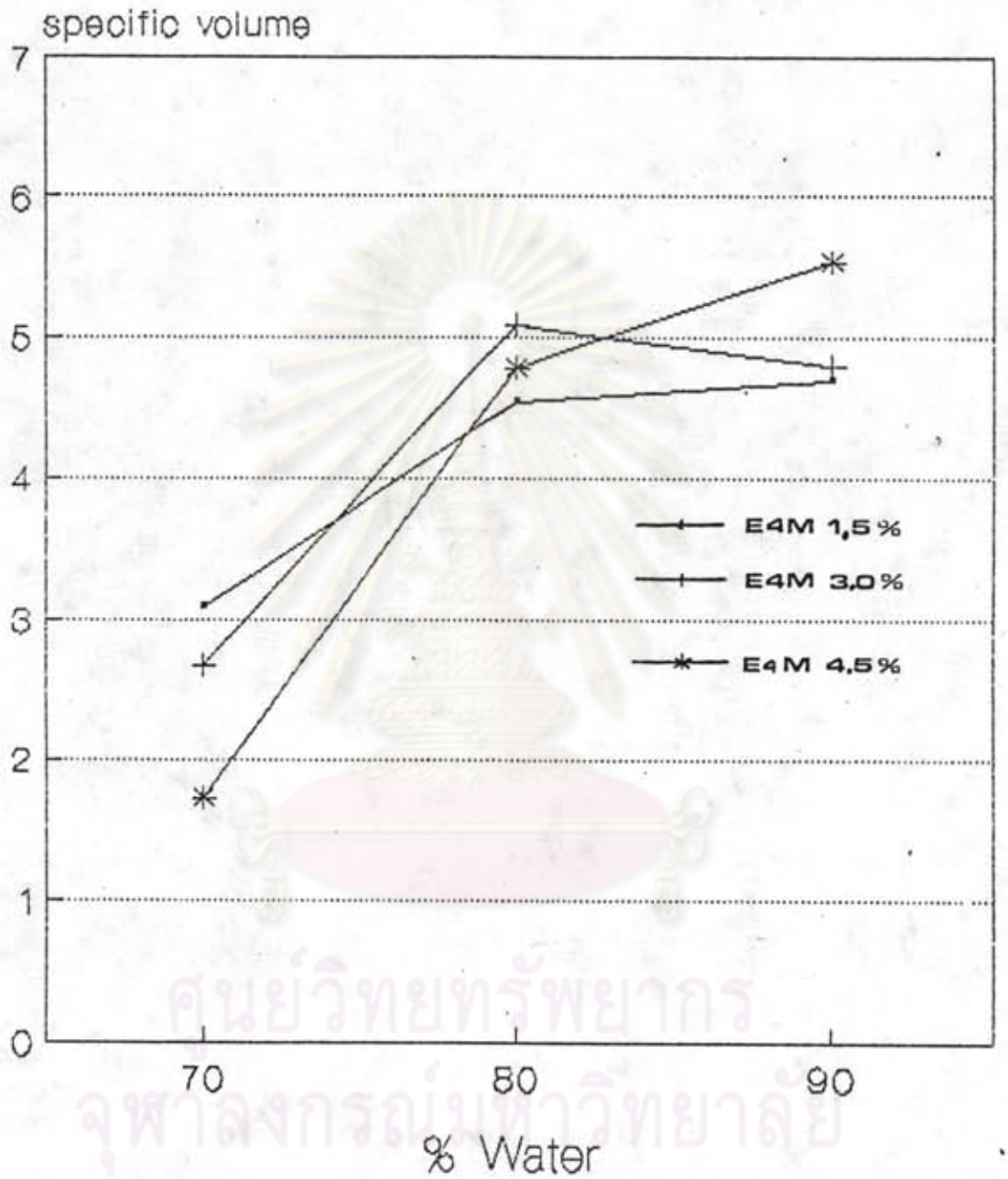
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาตรจำเพาะขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสม E4M และน้ำที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	SS	MS	Fคำนวณ	Fจากตาราง
ปริมาณE4M(A)	2	0.0974	0.0487	0.4658	4.26
ปริมาณน้ำ(B)	2	23.2823	11.6412	111.3817*	4.26
AB	4	2.9615	0.7404	7.0839*	3.63
Error	9	0.9406	0.1045		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.15 ผลของปริมาณน้ำต่อปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสม E4M ร้อยละ 1.5 3.0 และ 4.5 ของน้ำหนักแป้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 น้ำหนักหลังอบ ปริมาตร และปริมาตรจำเพาะของขนมปังแป้งข้าวเจ้าผสม K4M และน้ำที่ปริมาณต่างๆ

ปริมาณK4M (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ปริมาณน้ำ	น้ำหนักหลังอบ(W) (กรัม)		ปริมาตร(V) (ลบ.ซม.)		ปริมาตรจำเพาะ(V/W) (ลบ.ซม./กรัม)		
		W_1	W_2	V_1	V_2	V_1/W_1	V_2/W_2	เฉลี่ย[1]
1.5	70	186.10	192.00	440	480	2.36	2.50	2.43[b]
1.5	80	185.35	191.07	480	495	2.59	2.60	2.60[b]
1.5	90	189.66	181.63	540	655	2.85	3.45	3.15[c]
3.0	70	188.40	197.34	365	490	1.94	2.48	2.21[b]
3.0	80	193.72	191.57	660	660	3.42	3.45	3.44[c]
3.0	90	189.08	193.80	585	640	3.09	3.30	3.20[c]
4.5	70	194.43	195.06	325	290	1.67	1.50	1.59[a]
4.5	80	195.40	197.48	780	680	3.99	3.44	3.72[c]
4.5	90	193.66	195.31	720	780	3.72	3.99	3.86[d]

[1] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

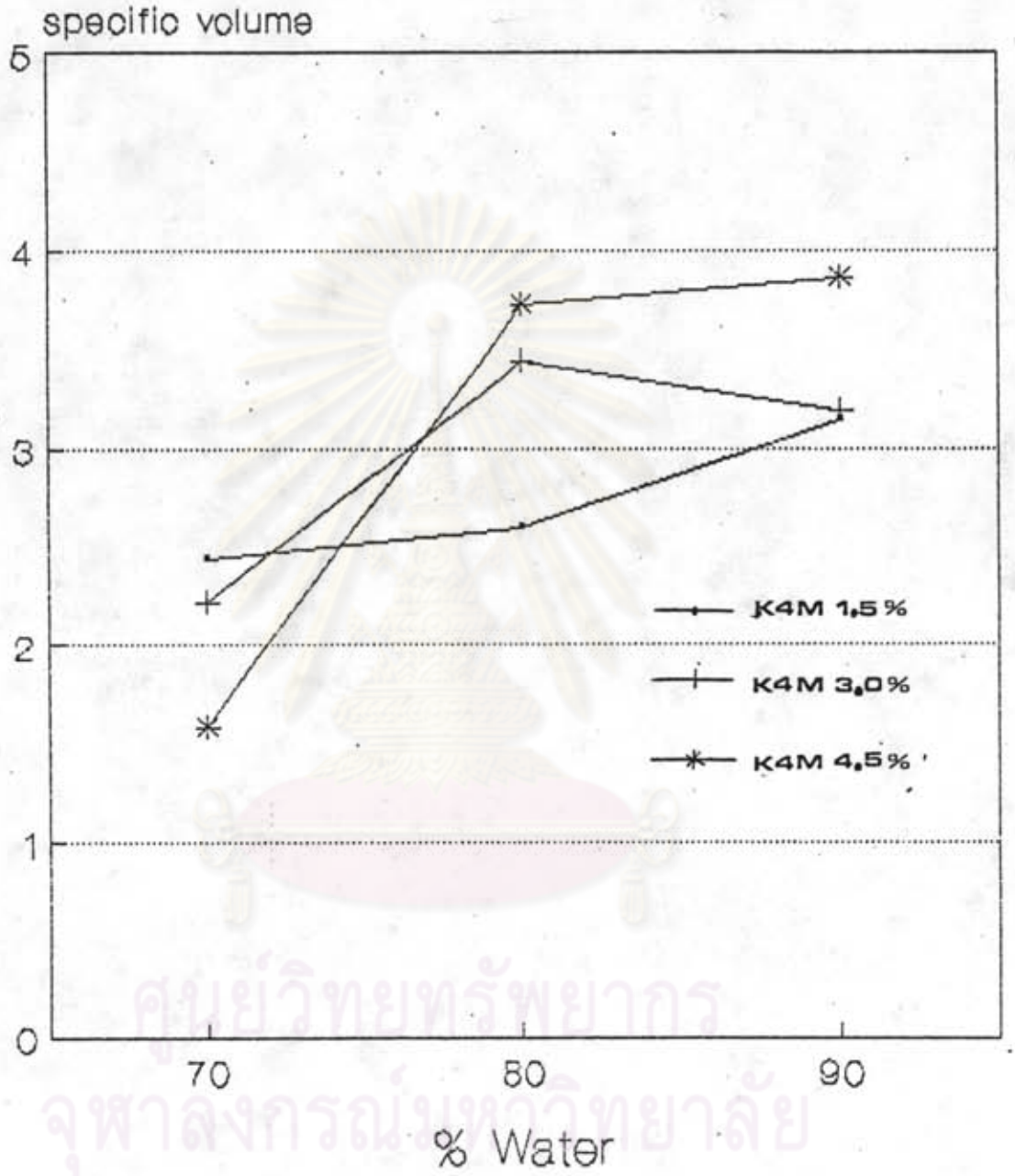
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาตรจำเพาะขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสม K4M และน้ำที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	SS	MS	Fคำนวณ	Fจากตาราง
ปริมาณK4M(A)	2	0.3337	0.1669	2.6803	4.26
ปริมาณน้ำ(B)	2	6.3107	3.1553	50.6846*	4.26
AB	4	2.4170	0.6043	9.7062*	3.63
Error	9	0.5603	0.0623		

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.16 ผลของปริมาณน้ำต่อปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสม K4M ร้อยละ 1.5 3.0 และ 4.5 ของน้ำหนักแป้ง

ตารางที่ 4.11 คะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสม E4M และน้ำที่ปริมาณต่างๆ

ปริมาณ E4M (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ปริมาณน้ำ	ลักษณะทั่วไป		ลักษณะเนื้อขนมปัง		เนื้อสัมผัสจากการชิม	
		คะแนน (10)	การยอมรับ	คะแนน (10)	การยอมรับ	คะแนน (10)	การยอมรับ
1.5	70	0.40	ใช้ไม่ได้	0.87	ใช้ไม่ได้	0.27	ใช้ไม่ได้
1.5	80	1.77	ใช้ไม่ได้	3.43	เกือบใช้ได้	2.77	เกือบใช้ได้
1.5	90	2.00	เกือบใช้ได้	5.60	ยอมรับได้	5.30	เกือบใช้ได้
3.0	70	1.20	ใช้ไม่ได้	0.63	ใช้ไม่ได้	0.33	ใช้ไม่ได้
3.0	80	1.60	ใช้ไม่ได้	5.67	ยอมรับได้	5.47	เกือบใช้ได้
3.0	90	1.86	เกือบใช้ได้	5.53	ยอมรับได้	6.50	ยอมรับได้
4.5	70	0.30	ใช้ไม่ได้	0.07	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้
4.5	80	1.13	ใช้ไม่ได้	5.03	ยอมรับได้	4.97	เกือบใช้ได้
4.5	90	1.60	ใช้ไม่ได้	5.80	ยอมรับได้	6.27	ยอมรับได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสม E4M และน้ำที่ปริมาณต่างๆ

SOV	ค่า F จากการคำนวณ		
	ลักษณะทั่วไป	ลักษณะเนื้อขนมปัง	เนื้อสัมผัสจากการชิม
ปริมาณE4M(A)	0.9851	4.4870*	20.4569*
ปริมาณน้ำ(B)	4.9027*	257.8878*	386.5006*
AB	0.3496	6.9401*	7.7316*

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 คะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสม K4M และน้ำที่ปริมาณต่างๆ

ปริมาณ K4M (ร้อยละของน้ำหนักแป้ง)	ปริมาณน้ำ	ลักษณะทั่วไป		ลักษณะเนื้อขนมปัง		เนื้อสัมผัสจากการชิม	
		คะแนน (10)	การยอมรับ	คะแนน (10)	การยอมรับ	คะแนน (10)	การยอมรับ
1.5	70	0.00	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้
1.5	80	0.00	ใช้ไม่ได้	0.20	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้
1.5	90	0.20	ใช้ไม่ได้	1.10	ใช้ไม่ได้	0.40	ใช้ไม่ได้
3.0	70	3.60	เกือบใช้ได้	2.30	เกือบใช้ได้	2.90	เกือบใช้ได้
3.0	80	2.90	เกือบใช้ได้	2.50	เกือบใช้ได้	1.90	เกือบใช้ได้
3.0	90	3.90	เกือบใช้ได้	3.40	เกือบใช้ได้	3.30	เกือบใช้ได้
4.5	70	0.00	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้
4.5	80	6.90	ยอมรับได้	5.60	ยอมรับได้	5.70	ยอมรับได้
4.5	90	5.50	ยอมรับได้	5.90	ยอมรับได้	7.70	ยอมรับได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

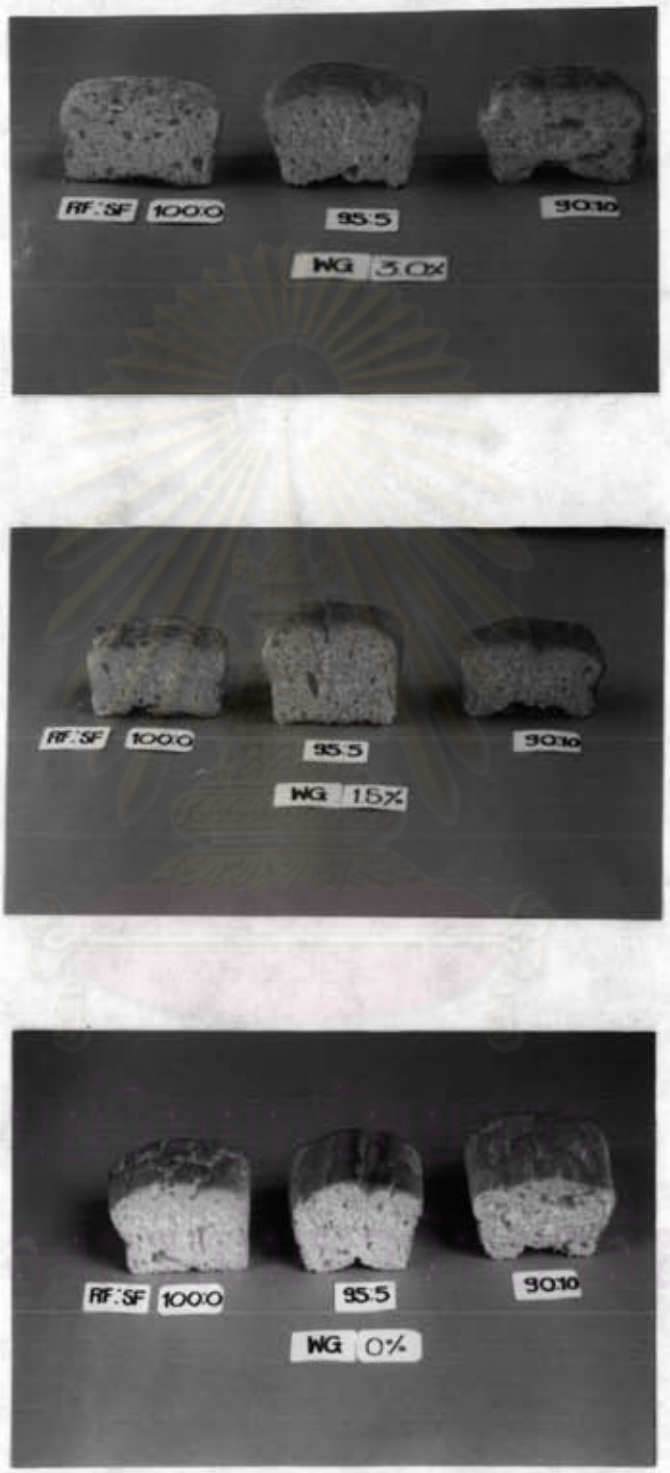
ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสม K4M และน้ำที่ปริมาณต่างๆ

SOV	ค่า F จากการคำนวณ		
	ลักษณะทั่วไป	ลักษณะเนื้อขนมปัง	เนื้อสัมผัสจากการชิม
ปริมาณK4M(A)	118.2447*	70.0681*	140.2790*
ปริมาณน้ำ(B)	42.2706*	45.5731*	38.1851*
AB	35.2192*	22.3351*	51.7765*

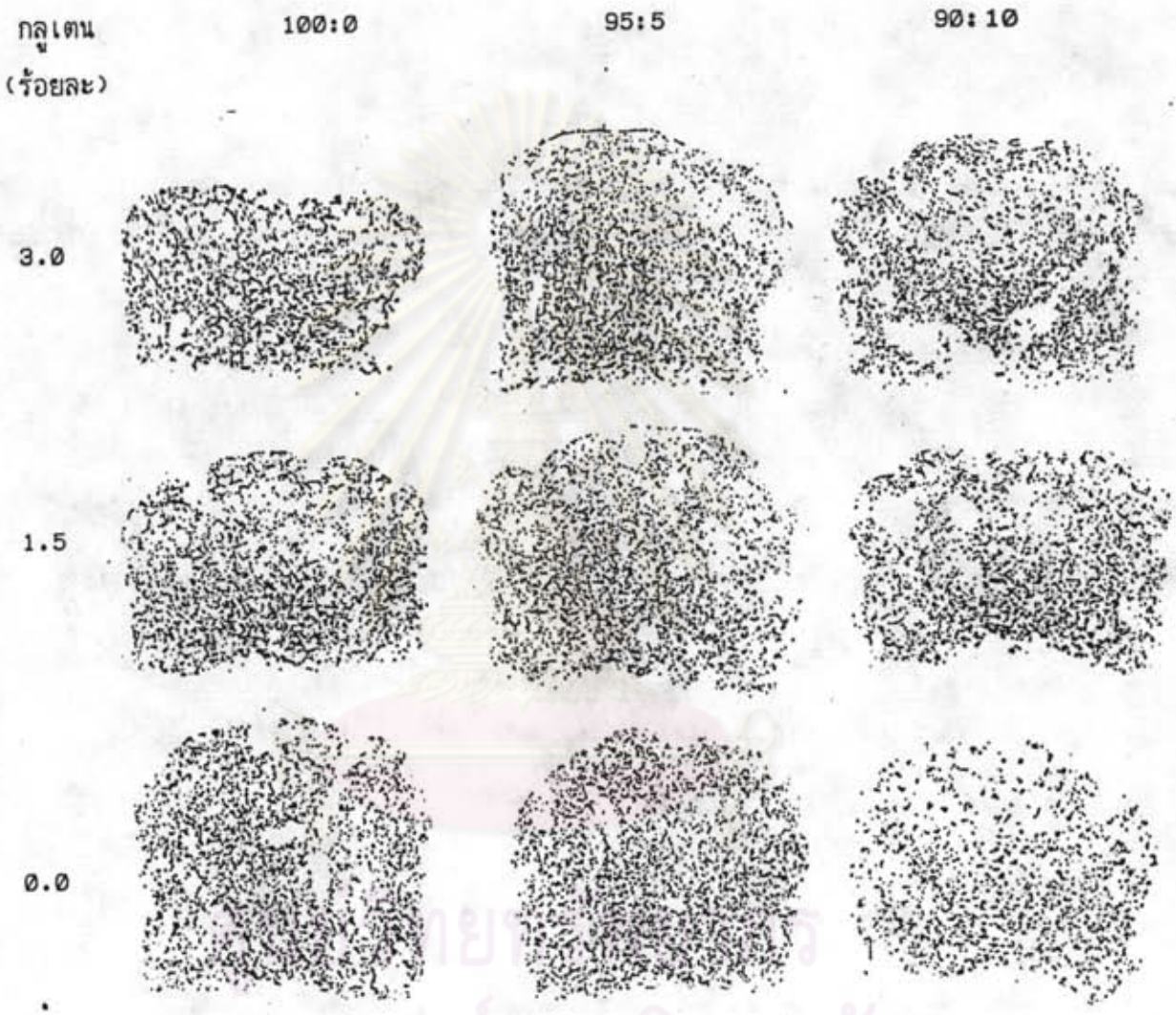
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

4.4 <u>การปรับปรุงคุณภาพขนมปังแป้งข้าวเจ้า</u>

จากข้อ 4.3 สารเชื่อมที่เลือกใช้ในการผลิตขนมปังแป้งข้าวเจ้าคือ E4M ในปริมาณร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักแป้ง และใช้น้ำร้อยละ 90 ของน้ำหนักแป้ง ในการทดลองต่อมาได้ปรับปรุงคุณภาพขนมปังโดยใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนเพื่อเพิ่มความนุ่มให้เนื้อขนมปังหรือใช้กลูเตนเพื่อเพิ่มความเหนียวให้เนื้อขนมปัง โดยแปรปริมาณแป้งข้าวเจ้า:แป้งถั่วเหลืองเป็น 3 ระดับคือ 100:0 95:5 และ 90:10 และแปรปริมาณกลูเตนเป็น 3 ระดับคือร้อยละ 0.0 1.5 และ 3.0 ของน้ำหนักแป้ง ผลการทดลองได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะทั่วไปและลักษณะเซลอากาศดังแสดงในรูปที่ 4.17 และ 4.18 ส่วนผลของแป้งถั่วเหลืองและกลูเตนที่มีต่อน้ำหนักหลังอบ ปริมาตร ปริมาตรจำเพาะ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส มีแสดงในตารางที่ 4.13 - 4.19 และรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.17 ลักษณะทั่วไปขนมปังที่ผลิตโดยใช้แป้งถั่วเหลืองและกลูเตน
ทดแทนแป้งข้าวเจ้าในปริมาณต่างๆ



รูปที่ 4.18 ภาพตัดขวางแสดงลักษณะเซลอากาศของขนมปังที่ผลิตโดยใช้แป้งถั่วเหลืองและกลูเตนทดแทนแป้งข้าวเจ้าในปริมาณต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.15 น้ำหนักหลังอบ ปริมาตร และปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ผลิตโดยใช้แป้งถั่วเหลืองและกลูเตนทดแทนแป้งข้าวเจ้าในปริมาณต่างๆ

แป้งข้าวเจ้า:แป้งถั่วเหลือง (ปริมาณ)	กลูเตน (ร้อยละ)	น้ำหนักหลังอบ(W) (กรัม)		ปริมาตร(V) (ลบ.ซม.)		ปริมาตรจำเพาะ(V/W) (ลบ.ซม./กรัม)		
		W_1	W_2	V_1	V_2	V_1/W_1	V_2/W_2	เฉลี่ย[1]
100:0	0.0	179.56	175.11	800	860	4.46	4.91	4.69^{d}
100:0	1.5	180.45	176.25	780	750	4.32	4.26	4.29^{bcd}
100:0	3.0	188.85	178.71	440	470	2.33	2.63	2.48^{a}
95:5	0.0	178.70	177.11	920	1030	5.15	5.82	5.49^{e}
95:5	1.5	180.35	182.72	800	790	4.44	4.32	4.38^{cd}
95:5	3.0	183.16	181.39	730	780	3.99	4.30	4.15^{bcd}
90:10	0.0	182.84	186.49	790	825	4.32	4.42	4.37^{cd}
90:10	1.5	187.71	187.06	690	750	5.68	4.01	3.85^{bc}
90:10	3.0	178.82	179.29	650	710	3.63	3.96	3.80^{b}

[1] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

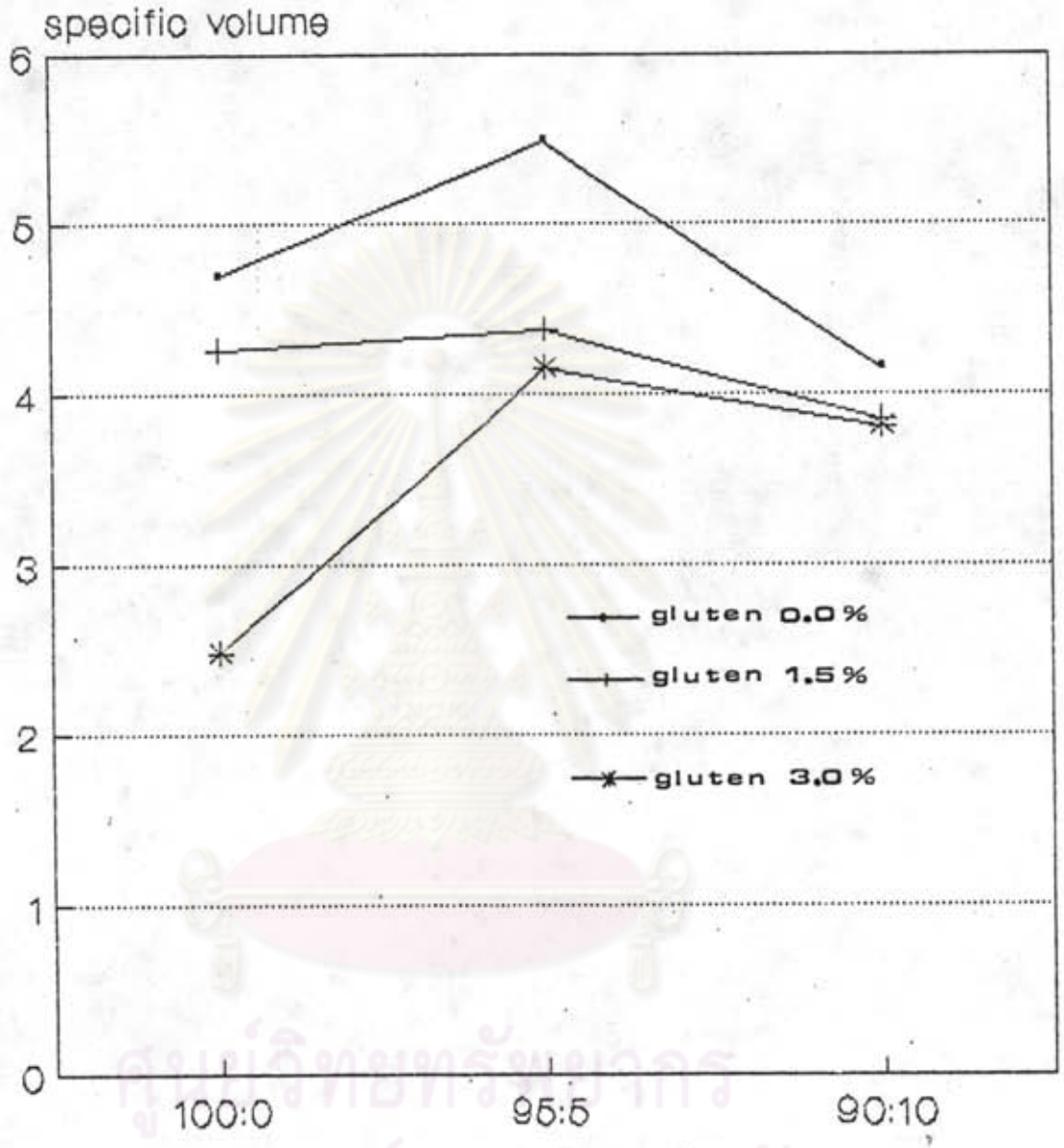
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาตรจำเพาะขนมปังที่ผลิตโดยใช้แป้งถั่วเหลืองและกลูเตนทดแทนแป้งข้าวเจ้าในปริมาณต่างๆ

SOV	df	SS	MS	Fคำนวณ	Fจากตาราง
ปริมาณแป้งถั่วเหลือง(A)	2	2.6945	1.3473	25.7670*	4.26
ปริมาณกลูเตน(B)	2	4.4119	2.2059	42.1894*	4.26
AB	4	3.0531	0.7833	15.4977*	3.63
Error	9	0.4708	0.0523		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.19 ผลของอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าะแป้งถั่วเหลืองต่อปริมาตรจำเพาะของขนมปัง ที่ผสมกลูเตนร้อยละ 0.0 1.5 และ 3.0 ของน้ำหนักแป้ง

ตารางที่ 4.17 คะแนนเฉลี่ยความชอบในด้านลักษณะทั่วไป ลักษณะเนื้อ กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ของขนมปังที่ผลิตโดยใช้แป้งถั่วเหลืองและกลูเตนทดแทนแป้งข้าวเจ้าในปริมาณต่างๆ

แป้งข้าวเจ้า:แป้งถั่วเหลือง (ปริมาณ)	กลูเตน (ร้อยละ)	คะแนนเฉลี่ยความชอบด้าน[1]				
		ลักษณะทั่วไป	ลักษณะเนื้อ	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
100:0	0.0	6.92^{de}	6.92^{c}	6.33	6.33^{abc}	6.08^{bc}
100:0	1.5	6.00^{b}	6.67^{c}	6.83	6.00^{abc}	6.17^{bc}
100:0	3.0	4.75^{a}	4.92^{a}	6.08	5.00^{a}	4.75^{a}
95:5	0.0	7.42^{e}	7.00^{c}	6.33	6.75^{c}	7.00^{c}
95:5	1.5	7.08^{de}	6.67^{c}	6.17	6.75^{c}	6.67^{c}
95:5	3.0	5.67^{abc}	6.08^{abc}	6.00	6.58^{bc}	6.00^{b}
90:10	0.0	6.70^{cde}	6.40^{bc}	5.50	5.60^{abc}	6.40^{c}
90:10	1.5	5.33^{ab}	5.83^{abc}	5.92	5.25^{ab}	5.21^{ab}
90:10	3.0	5.08^{ab}	5.33^{ab}	6.33	5.25^{ab}	4.83^{a}

[1] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแถวตั้งแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมปังที่ผลิตโดยใช้แป้งถั่วเหลืองและกลูเตนทดแทนแป้งข้าวเจ้าในปริมาณต่างๆ

SOV	ค่า F จากการคำนวณ				
	ลักษณะทั่วไป	ลักษณะเนื้อ	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
ปริมาณแป้งถั่วเหลือง(A)	19.6296*	1.8180	1.9042	10.3946*	8.6835*
ปริมาณกลูเตน(B)	55.3997*	10.2750*	0.6816	2.3707	10.7019*
AB	2.7101	2.3369	1.5038	0.8136	1.6819

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

4.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์

จากข้อ 4.4 ขนมปังแป้งข้าวเจ้าที่มีคะแนนการยอมรับสูงสุดคือ ตัวอย่างที่ผลิตโดยใช้อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า:แป้งถั่วเหลือง 95:5 ใช้ E4M ร้อยละ 1.5 และใช้น้ำในสูตรร้อยละ 90 ของน้ำหนกแป้ง วิเคราะห์องค์ประกอบของขนมปังแป้งข้าวเจ้าเปรียบเทียบกับขนมปังที่ผลิตจากแป้งสาลี(สูตรและวิธีการผลิตแสดงในภาคผนวก ข) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.19 องค์ประกอบของขนมปังแป้งข้าวเจ้าและขนมปังแป้งสาลี

องค์ประกอบ	ขนมปังแป้งข้าวเจ้า	ขนมปังแป้งสาลี
ความชื้น	43.80±0.67	34.60±0.89
โปรตีน[1]	4.59±0.03	7.50±0.05
ไขมัน	2.42±0.16	2.62±0.13
เถ้า	1.56±0.08	1.61±0.04
คาร์โบไฮเดรท	47.63±0.94	53.67±1.11

[1] โปรตีนของขนมปังแป้งข้าวเจ้า = N x 6.25(30)

โปรตีนของขนมปังแป้งสาลี = N x 5.70(30)

4.6 อายุการเก็บของขนมปังแป้งข้าวเจ้า

ศึกษาอายุการเก็บของขนมปังแป้งข้าวเจ้าเปรียบเทียบกับขนมปังแป้งสาลีทั้งชนิดผสม และไม่ผสมสารกันเสีย(แคลเซียมโพรพิโอเนทร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักแป้ง) โดยบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติก 2 ชนิดคือ ถุง PP และ HDPE เก็บที่อุณหภูมิห้อง ระหว่างการเก็บสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ความชื้น ค่า shear strength และปริมาณเชื้อรา ผลการวิเคราะห์แสดงดังในตารางที่ 4.20 - 4.27 ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ในด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ผลการทดสอบแสดงดังในตารางที่ 4.28 - 4.31

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.20 ความชื้น shear streagth และปริมาณเชื้อราของขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าไม่ผสมสารกันเสีย บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และ HDPE

	PP			HDPE		
วันที่เก็บ	ความชื้น (ร้อยละ)	shear strength (Newton)	ปริมาณเชื้อรา (โคโลนี/กรัม)	ความชื้น (ร้อยละ)	shear strength (Newton)	ปริมาณเชื้อรา[1] (โคโลนี/กรัม)
0	43.80	1.2	-	43.80	1.2	-
1	42.02	1.5	ไม่พบ	42.36	1.5	1x10
2	37.32	2.4	-	37.55	2.6	-
3	35.98	3.3	7x10	36.36	3.9	9x10
4	-	-	ปรากฏเส้นใยเชื้อรา	-	-	ปรากฏเส้นใยเชื้อรา

[1] ปริมาณเชื้อราตรวจวันเว้นวัน

ตารางที่ 4.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความชื้น และ shear strength ขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าไม่ผสมสารกันเสีย บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และHDPE

SOV	ค่า F จากการคำนวณ	
	ความชื้น	shear strength
ชนิดถุงพลาสติก(A)	2.2209	1.9234
ระยะเวลาการเก็บ(B)	541.9528*	63.3011*
AB	0.2854	0.9207

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.22 ความชื้น shear streagth และปริมาณเชื้อราของขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสมสารกันเสีย บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และ HDPE

	PP			HDPE		
วันที่เก็บ	ความชื้น (ร้อยละ)	shear strength (Newton)	ปริมาณเชื้อรา (โคโลนี/กรัม)	ความชื้น (ร้อยละ)	shear strength (Newton)	ปริมาณเชื้อรา (โคโลนี/กรัม)
0	43.53	1.2	-	43.53	1.2	-
1	43.12	1.6	ไม่พบ	43.63	1.7	ไม่พบ
2	41.47	2.5	-	43.12	2.8	-
3	39.08	2.8	$7x10$	39.96	3.0	$1x10^2$
4	36.06	3.4	-	38.94	3.4	-
5	33.11	4.7	$1x10^2$	38.62	4.3	$1.2x10^2$
6	-	-	ปรากฏเส้นใยเชื้อรา	-	-	ปรากฏเส้นใยเชื้อรา

ตารางที่ 4.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความชื้นและ shear strength ขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสมสารกันเสีย บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และ HDPE

SOV	ค่า F จากการคำนวณ	
	ความชื้น	shear strength
ชนิดถุงพลาสติก(A)	117.6739*	0.1182
ระยะเวลาการเก็บ(B)	224.2131*	181.5560*
AB	22.2461*	1.6198

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.24 ความชื้น shear streagth และปริมาณเชื้อราของขนมปังที่ผลิตจากแป้งสาลีไม่ผสมสารกันเสีย บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และ HDPE

วันที่เก็บ	PP			HDPE		
	ความชื้น (ร้อยละ)	shear strength (Newton)	ปริมาณเชื้อรา (โคโลนี/กรัม)	ความชื้น (ร้อยละ)	shear strength (Newton)	ปริมาณเชื้อรา (โคโลนี/กรัม)
0	34.60	16.1	-	34.60	16.1	-
1	33.16	15.4	ไม่พบ	33.41	16.8	ไม่พบ
2	32.60	14.1	-	33.14	15.3	-
3	32.20	14.5	5x10	32.55	14.8	7x10
4	-	-	ปรากฏเส้นใยเชื้อรา	-	-	ปรากฏเส้นใยเชื้อรา

ตารางที่ 4.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความชื้นและ shear strength ขนมปังที่ผลิตจากแป้งสาลีไม่ผสมสารกันเสีย บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และ HDPE

SOV	ค่า F จากการคำนวณ	
	ความชื้น	shear strength
ชนิดถุงพลาสติก(A)	1.8017	0.7821
ระยะเวลาการเก็บ(B)	20.0692*	0.9570
AB	0.2749	0.1859

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.26 ความชื้น shear strength และปริมาณเชื้อราของขนมปังที่ผลิตจากแป้งสาลีผสมสารกันเสีย บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และ HDPE

วันที่เก็บ	PP			HDPE		
	ความชื้น (ร้อยละ)	shear strength (Newton)	ปริมาณเชื้อรา (โคโลนี/กรัม)	ความชื้น (ร้อยละ)	shear strength (Newton)	ปริมาณเชื้อรา (โคโลนี/กรัม)
0	34.60	12.0	-	34.60	12.0	-
1	34.27	11.3	ไม่พบ	34.50	10.1	ไม่พบ
2	34.15	11.8	-	34.31	11.1	-
3	34.07	10.3	ไม่พบ	34.11	9.3	ไม่พบ
4	33.90	9.8	-	33.98	9.3	-
5	33.33	10.4	$6x10$	33.72	10.7	$8x10$
6	33.15	11.5	-	33.42	11.1	-
7	33.04	9.4	$1x10^2$	33.18	10.5	$1.4x10^2$
8	-	-	ปรากฏเส้นใยเชื้อรา	-	-	ปรากฏเส้นใยเชื้อรา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความชื้น และ shear strength ขนมปังที่ผลิตจากแป้งสาลีผสมสารกันเสีย บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และ HDPE

SOV	ค่า F จากการคำนวณ	
	ความชื้น	shear strength
ชนิดถุงพลาสติก(A)	55.0000*	3.1438
ระยะเวลาการเก็บ(B)	294.3443*	9.4070*
AB	4.2050	2.1355

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.28 คะแนนเฉลี่ยความชอบในด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าไม่ผสมสารกันเสีย บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และ HDPE

วันที่เก็บ	PP			HDPE		
	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
1	6.6	6.5	6.5	6.7	6.5	6.6
2	6.2	5.4	5.7	6.2	5.9	5.8
3	6.4	5.3	5.3	6.7	4.8	5.3

ตารางที่ 4.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางทางสถิติด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าไม่ผสมสารกันเสีย บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และ HDPE

SOV	ค่า F จากการคำนวณ		
	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
ชนิดถุงพลาสติก(A)	0.2805	0.1992	0.0793
ระยะเวลาการเก็บ(B)	1.1750	31.7103*	9.5267*
AB	0.1228	3.7336*	0.0197

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.30 คะแนนเฉลี่ยความชอบในด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสมสารกันเสีย บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และ HDPE

วันที่เก็บ	PP			HDPE		
	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
1	6.3	6.9	7.0	6.8	7.3	7.2
2	6.1	5.7	5.7	7.2	6.3	7.0
3	6.2	5.5	5.8	7.0	6.3	6.8
4	6.4	4.2	4.2	7.0	5.0	5.0
5	6.4	3.2	2.2	6.9	4.6	2.7

ตารางที่ 4.31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าที่ผสมสารกันเสีย บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และ HDPE

SOV	ค่า F จากการคำนวณ		
	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
ชนิดถุงพลาสติก(A)	10.2192*	12.1645*	12.0576*
ระยะเวลาการเก็บ(B)	0.1324	24.0459*	58.7616*
AB	0.4582	0.4185	0.7747

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย