บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การย่อยสลายเลือดด้วยกรด

ย่อยสลายเลือดด้วยกรด hydrochloric 4 M. จำนวน 3 ,4 และ 5 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 , 4 และ 6 ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์ค่า DH และค่าความคงตัวของอาหารในน้ำ แสดงดังตารางที่ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ค่า DH และค่าความคงตัวของอาหารในน้ำ ของเลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรด HCl 4 M. จำนวน 3,4 และ 5 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 4 และ 6 ชั่วโมง

เวลา (ชม.)	ปริมาณกรด hydrochloric 4 M (% โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (°C)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน DH (%)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความคงตัวของอาหารในน้ำ (%)
2	3	30	15.16^{i} ±0.34	88.72^{a} ±0.50
	3	40	11.16^{i} ±1.16	87.08^{a} ±0.29
	4	30	22.29^{h} ±1.16	84.84^{a} ±2.37
	4	40	31.74^{g} ±1.59	87.82^{a} ±0.64
	5	30	59.00^{d} ±3.88	87.26^{a} ±1.55
	5	40	53.44^{e} ±0.82	87.96^{a} ±0.82
4	3	30	22.94^{h} ±0.22	85.26^{a} ±0.54
	3	40	24.76^{h} ±3.32	86.25^{a} ±0.35
	4	30	38.45^{fg} ±2.46	87.92^{a} ±1.98
	4	40	34.03^{g} ±1.70	86.44^{a} ±0.12
	5	30	80.76^{c} ±1.40	89.68^{a} ±0.30
	5	40	81.70^{bc} ±1.60	86.30^{a} ±0.46
6	3	30	20.49^{h} ±1.17	87.64^{a} ±2.46
	3	40	23.72^{h} ±0.48	85.76^{a} ±1.22
	4	30	38.61^{f} ±1.68	88.92^{a} ±1.01
	4	40	50.25^{e} ±0.13	86.40^{a} ±0.20
	5	30	90.18^{a} ±1.88	87.84^{a} ±1.83
	5	40	86.59^{ab} ±1.28	85.77^{a} ±0.15

a,b,c,d,e,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

หมายเหตุ ค่าความคงตัวของอาหารในน้ำสำหรับอาหารที่ไม่ใช้สารเชื่อม และอาหารที่ใช้เลือดสดเป็นสารเชื่อม เท่ากับ 79.12 % และ 85.00 % ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า DH และค่าความคงตัวของอาหารในน้ำ ของเลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรด HCI 4M. จำนวน 3,4 และ 5 %โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2,4 และ 6 ชั่วโมง

SOV	d.f.	MS.	
		DH (%)	ความคงตัวของอาหารในน้ำ (%)
เวลา (A)	2	1250.555*	0.297
ปริมาณกรด hydrochloric 4 M. (B)	2	9803.899*	2.703
อุณหภูมิ (C)	1	10.039	7.656
AB	4	162.628*	2.836
AC	2	16.652	6.375
BC	2	52.754*	2.875
ABC	4	42.476*	4.023
Error	18	6.124	2.887

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial Experimentขนาด 3x3x2 พบว่า เมื่อใช้ กรด HCI 4M.จำนวน 5% โดยน้ำหนัก ย่อยสลายเลือดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มีค่า DH สูงสุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนอุณหภูมิในการย่อยสลายมีผลต่อค่า DH อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิในการย่อยสลายที่ 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากประหยัดพลังงานได้มากกว่า สำหรับผลต่อค่าความคงตัวของอาหารในน้ำ เมื่อใช้เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรด เป็นสารเชื่อมในระดับ 2.5 % พบว่าทั้งปริมาณกรด HCI 4M. เวลา และอุณหภูมิในการย่อยสลาย มีผลต่อค่าความคงตัวของอาหารในน้ำ อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกเลือดที่ผ่านการย่อยสลาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ด้วยกรด HCl 4M. จำนวน 5 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง สำหรับการทดลองขั้นต่อไป

4.2 การย่อยสลายเลือดด้วยเอนไซม์

ย่อยสลายเลือดด้วยสารละลายเอนไซม์ alcalase (0.06 unit / g) จำนวน 0.5 , 1.0 และ 1.5 % โดยปริมาตร เป็นเวลา 5 , 10 ,15 และ 20 นาที ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์ค่า DH และค่าความคงตัวของอาหารในน้ำ แสดงดังตารางที่ 4.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ค่า DH และค่าความคงตัวของอาหารในน้ำ ของเลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยสารละลายเอนไซม์ alcalase (0.06 unit / g) จำนวน 0.5 , 1.0 และ 1.5 % (โดยปริมาตร) เป็นเวลา 5 , 10, 15 และ 20 นาที ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ปริมาณสารละลายเอนไซม์ alcalase (%)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
		DH (%)	ความคงตัวของอาหารในน้ำ (%)
5	0.5	92.24^{a} ±0.20	85.82^{a} ±0.07
	1.0	92.12^{a} ±0.08	86.20^{a} ±0.06
	1.5	93.89^{b} ±0.12	86.68^{b} ±0.47
10	0.5	92.52^{f} ±0.14	86.44^{b} ±0.22
	1.0	94.17^{d} ±0.05	86.26^{b} ±0.04
	1.5	94.21^{d} ±0.07	86.34^{b} ±0.15
15	0.5	92.56^{f} ±0.16	86.58^{b} ±0.09
	1.0	94.29^{d} ±0.52	86.26^{b} ±0.01
	1.5	94.76^{c} ±0.25	86.36^{b} ±0.32
20	0.5	92.74^{f} ±0.02	86.56^{b} ±0.12
	1.0	95.64^{b} ±0.14	86.64^{b} ±0.12
	1.5	96.08^{b} ±0.10	86.75^{b} ±0.29

a,b,c,d,e,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า DH และค่าความคงตัวของอาหารในน้ำของเลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยสารละลายเอนไซม์ alcalase(0.06unit/g) จำนวน 0.5 ,1.0 และ 1.5 % โดยปริมาตร เป็นเวลา 5, 10, 15 และ 20 นาที ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

SOV	d.f.	MS.	
		DH (%)	ความคงตัวของอาหารในน้ำ (%)
เวลา(A)	3	4.348*	0.094
ปริมาณสารละลายเอนไซม์ alcalase(B)	2	10.328*	0.008
AB	6	0.901*	0.190
Error	12	8.203×10^{-2}	8.724×10^{-2}

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 4 x3 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณสารละลายเอนไซม์ alcalase (0.06 unit / g) จำนวน 1.5 % โดยปริมาตร ย่อยสลายเลือดเป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มีค่า DH สูงสุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สำหรับผลต่อค่าความคงตัวของอาหารในน้ำ เมื่อใช้เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์เป็นสารเชื่อมในระดับ 2.5 % พบว่า ทั้งปริมาณสารละลายเอนไซม์ alcalase (0.06 unit / g) และเวลาในการย่อยสลาย มีผลต่อค่าความคงตัวของอาหารในน้ำอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือก เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยสารละลายเอนไซม์ alcalase (0.06 unit / g) จำนวน 1.5 % โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที สำหรับการทดลองขั้นต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนอิสระของเลือดสด เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรด และเลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5 (chromatogram แสดงปริมาณกรดอะมิโนของผลิตภัณฑ์แสดงในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณกรดอะมิโนอิสระของเลือดสด เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรด และเลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์

ชนิดของกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (กรัม/100กรัมโปรตีน)		
	เลือดสด	เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรด	เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์
กรดอะมิโนที่จำเป็น			
Lysine	19.12	16.56	47.52
Methionine	2.84	2.86	8.90
Valine	14.11	12.00	22.38
Phenylalanine	7.52	6.36	14.48
Leucine	15.29	13.46	29.69
Isoleucine	5.82	5.02	7.99
Histidine	18.45	16.34	33.10
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น			
Arginine	1.33	3.03	14.74
Aspartic Acid	1.86	0.77	4.94
Serine	1.96	2.55	8.64
Glutamic Acid	45.33	41.09	74.98
Glycine	29.94	25.94	34.90
Alanine	31.25	27.60	50.06
Tyrosine	7.02	5.76	11.69

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

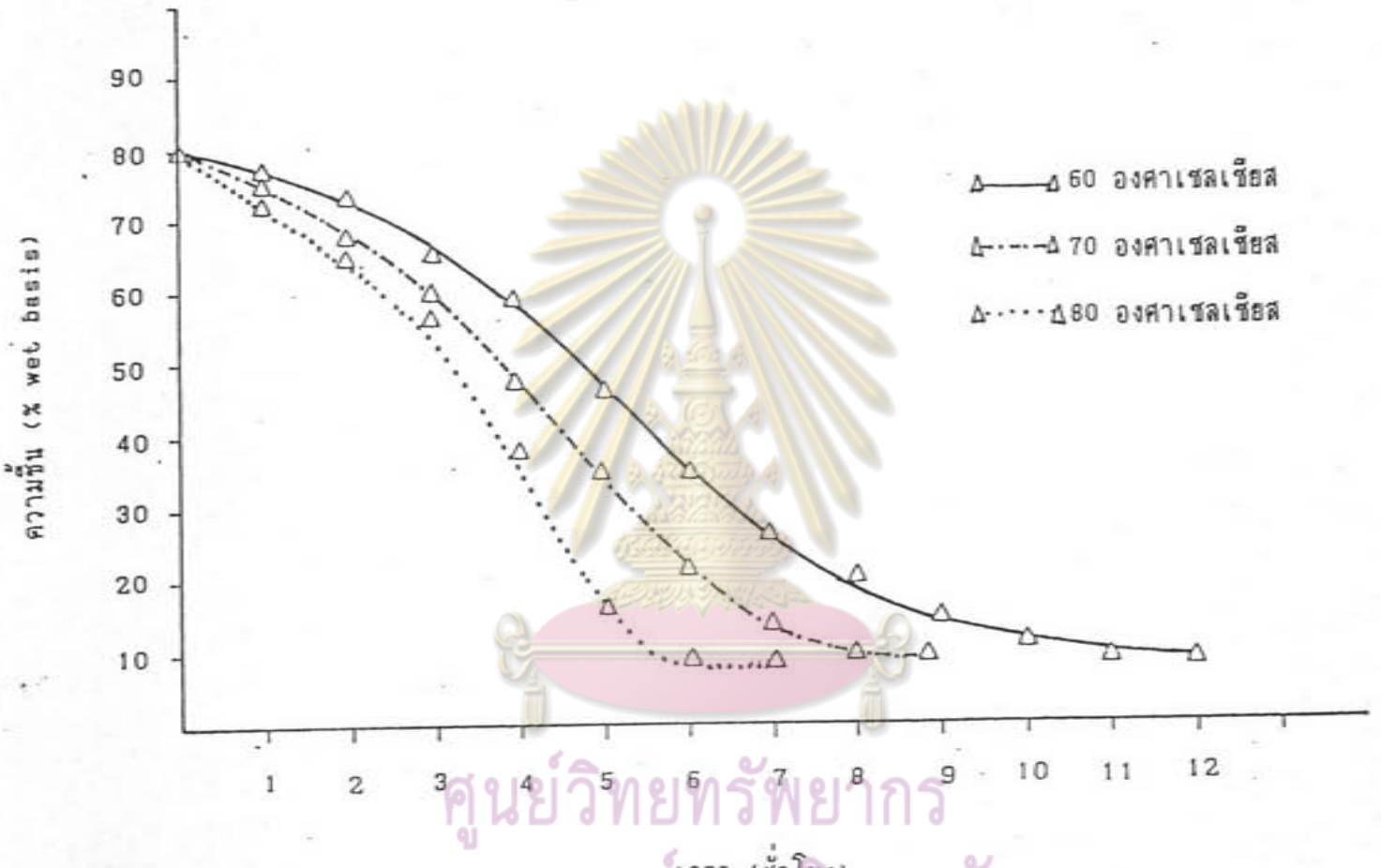
จากตารางที่ 4.5 พบว่าเลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์มีปริมาณกรดอะมิโนทั้งที่จำเป็นและไม่จำเป็นสูงกว่าเลือดสด และเลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรด ตามลำดับ

4.4 การทำแห้งเลือดสดและโปรตีนไฮโดรไลเซท

4.4.1 การอบแห้งด้วยตู้อบแบบมีลมเป่าผ่าน

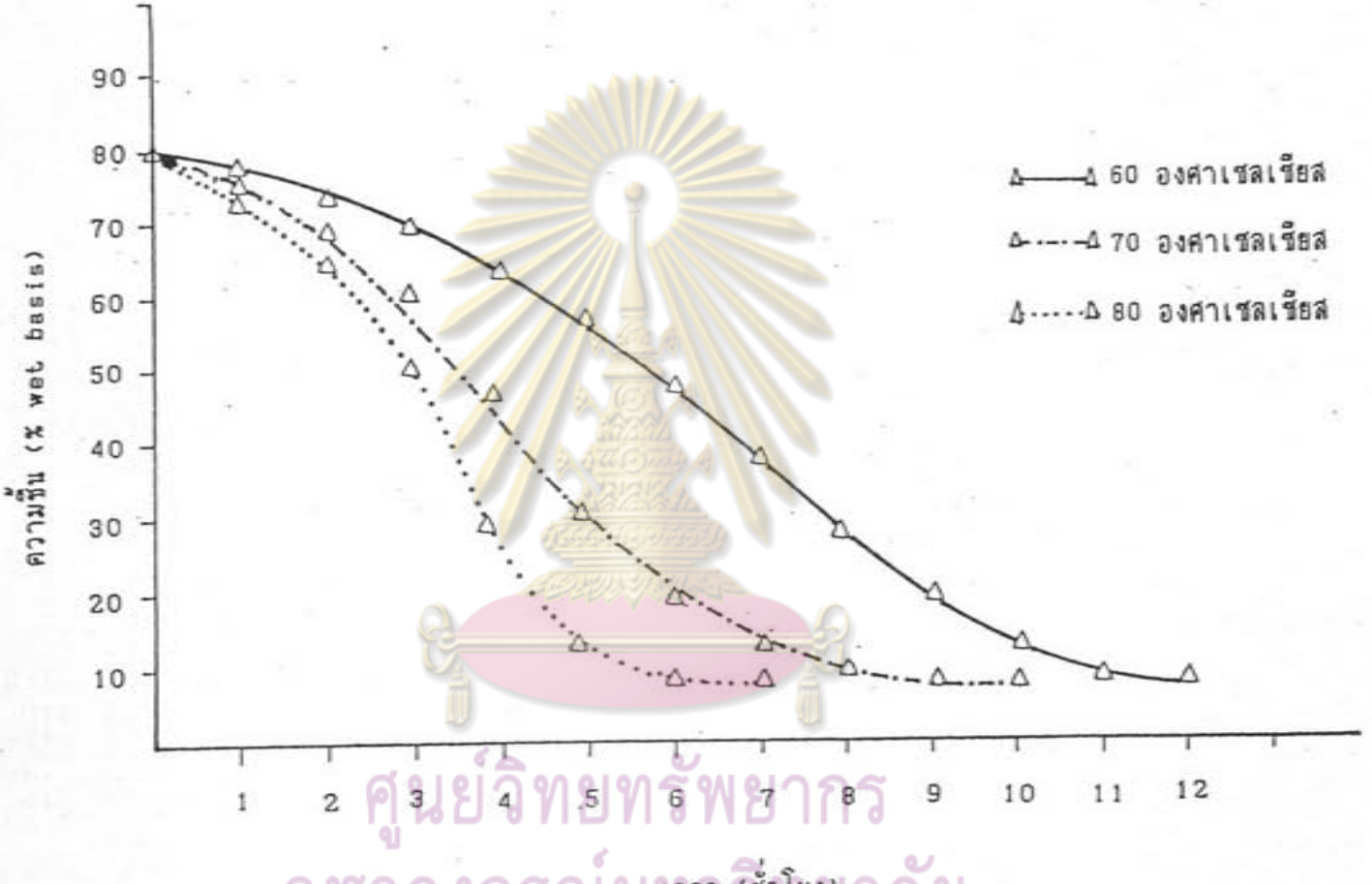
อบแห้งผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส จนผลิตภัณฑ์มีความชื้น 10 % และ 20 % เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น กับเวลาในการอบแห้งได้ดังรูปที่ 4.1-4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความคงตัวของอาหารในน้ำเมื่อใช้ผลิตภัณฑ์เป็นสารเชื่อมในระดับ 2.5% แสดงในตารางที่ 4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



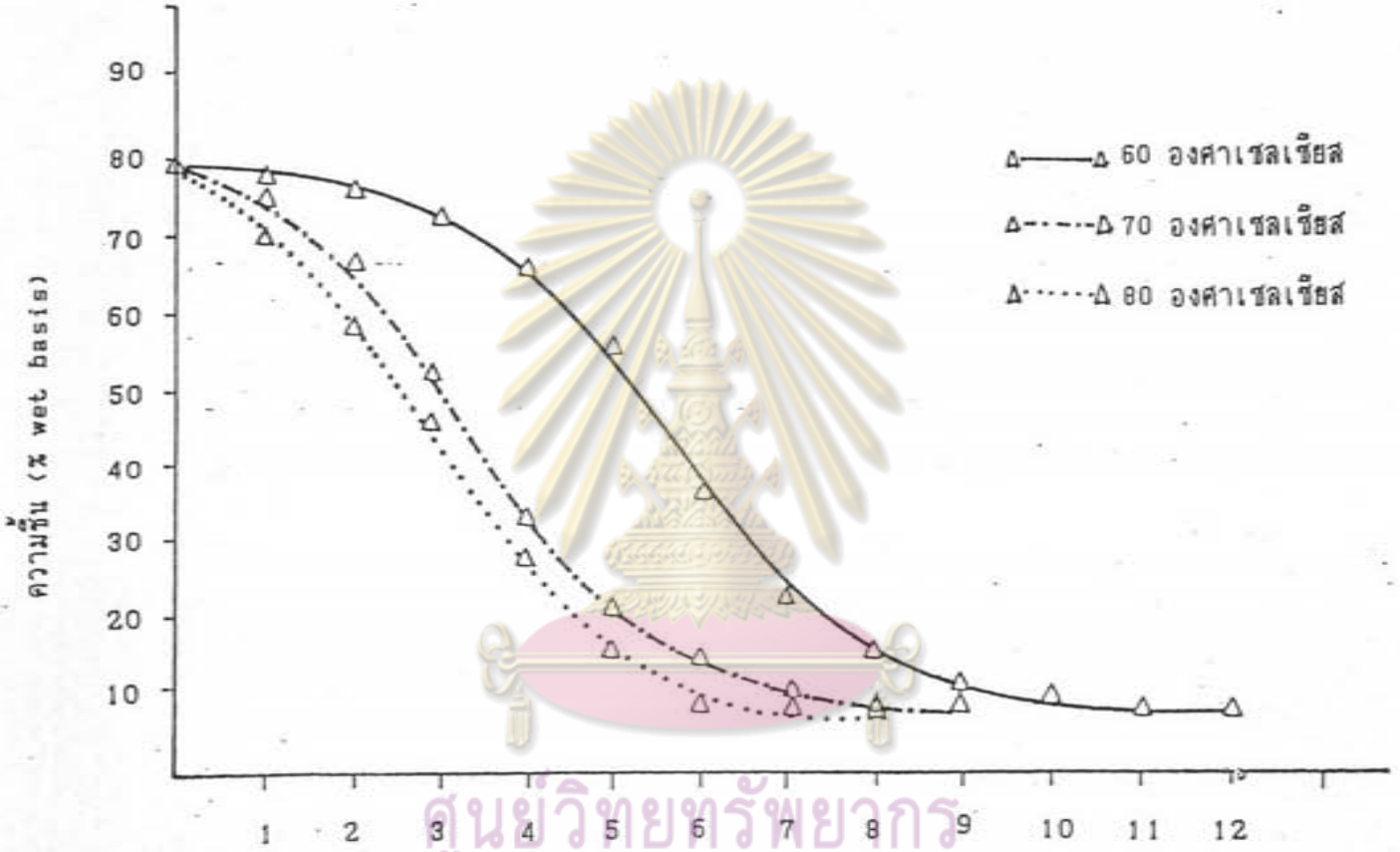
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเลือดสด เมื่ออบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบมีลมเป่าผ่าน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส , 70 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรด เมื่ออบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบมิลมเป่าผ่าน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส, 70 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ เมื่ออบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบมีลมเป่าผ่าน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส , 70 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.6 ค่าความคงตัวของอาหารในน้ำเมื่อใช้เลือดที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบแบบมีลมเป่าผ่าน เป็นสารเชื่อมในปริมาณ 2.5%

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณความชื้นสุดท้าย (%)	ค่าความคงตัวของอาหารในน้ำ (%) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		เลือดสด	เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรด	เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์
60	10	$83.90^{c} \pm 0.48$	$85.36^{b} \pm 1.56$	$85.96^{a} \pm 0.42$
	20	$84.12^{c} \pm 0.76$	$85.06^{b} \pm 0.52$	$85.78^{a} \pm 0.42$
70	10	$83.74^{c} \pm 0.50$	$84.90^{b} \pm 0.08$	$85.28^{a} \pm 0.02$
	20	$84.65^{c} \pm 0.29$	$83.28^{b} \pm 0.05$	$85.38^{a} \pm 0.18$
80	10	$84.10^{c} \pm 0.15$	$85.91^{b} \pm 0.43$	$85.12^{a} \pm 0.34$
	20	$83.62^{c} \pm 0.24$	$84.50^{b} \pm 0.14$	$85.59^{a} \pm 0.75$

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความคงตัวของอาหารในน้ำเมื่อใช้เลือดที่ผ่านการทำแห้ง ที่อุณหภูมิ 60,70 และ 80 องศาเซลเซียสด้วยตู้อบแบบมีลมเป่าผ่าน เป็นสารเชื่อมในปริมาณ 2.5 %

SOV	d.f.	MS.
อุณหภูมิ (A)	2	0.633
ปริมาณความชื้นสุดท้าย (B)	1	1.031
ชนิดของเลือดแห้ง (C)	2	6.781*
AB	2	0.141
AC	4	0.871
BC	2	1.367
ABC	4	0.500
Error	18	0.588

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ค่าความคงตัวของอาหารในน้ำเมื่อพิจารณาอิทธิพลของชนิดของเลือดที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบแบบมีลมเป่าผ่าน

ชนิดของเลือด	ค่าความคงตัวของอาหารในน้ำ (%) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เลือดสด	84.02^{c} ±0.36
เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรด	84.84^{b} ±0.90
เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์	85.52^{a} ±0.32

a,b,c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

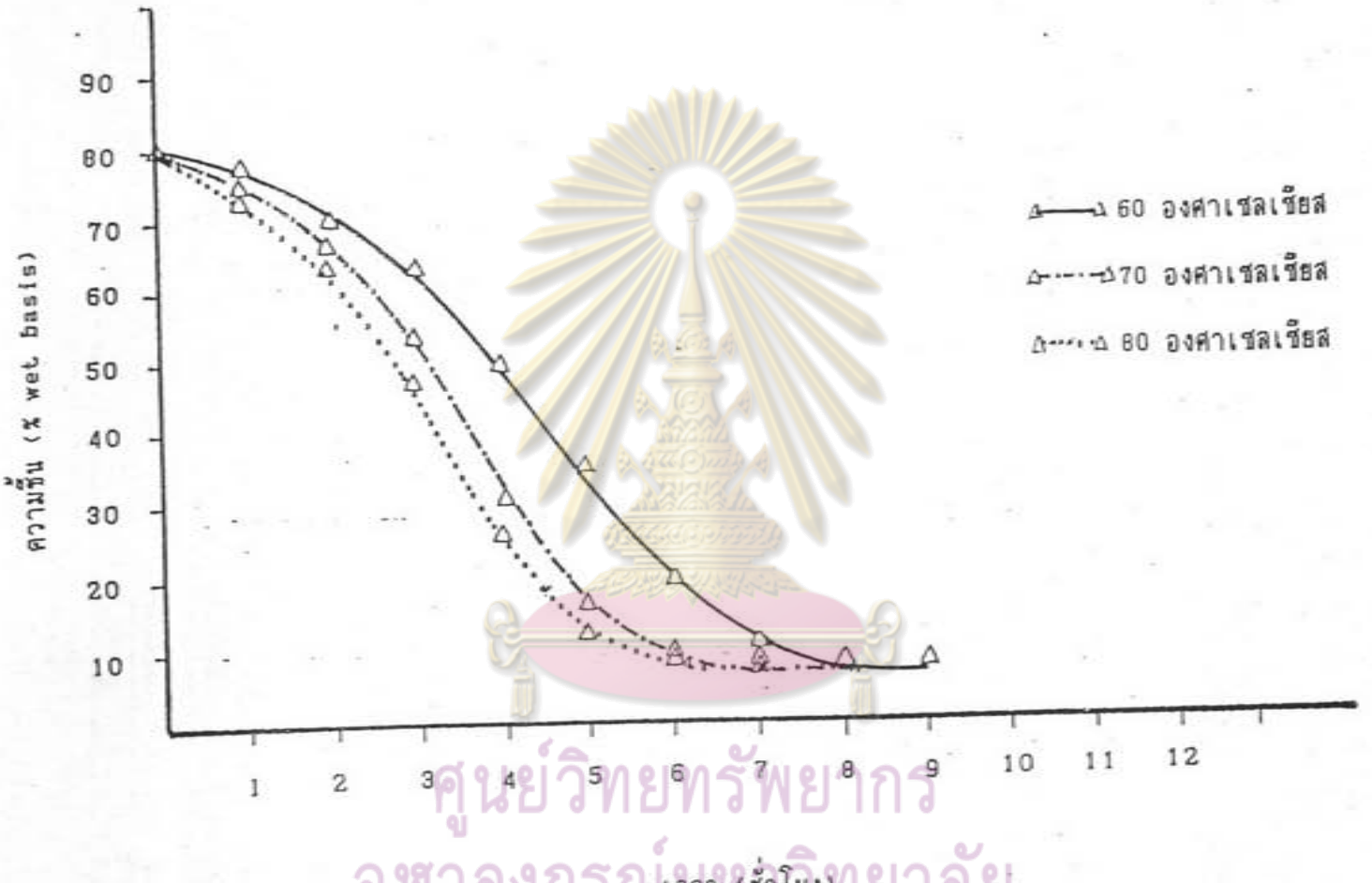
จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 3x2x3 พบว่าเลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ เมื่อทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบมีลมเป่าผ่านแล้วใช้เป็นสารเชื่อมในปริมาณ 2.5 % ให้อาหารมีค่าความคงตัวในน้ำสูงสุด รองลงมาคือเลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรดและเลือดสด ขณะที่อุณหภูมิมีผลต่อสมบัติด้านการยึดเกาะอย่างไม่มีนัยสำคัญ จึงเลือกอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการทดลองต่อไปเพื่อลดระยะเวลาในการอบแห้งและอบจนผลิตภัณฑ์มีความชื้นสุดท้าย 10 % เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บเป็นเวลานาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 การอบแห้งด้วยตู้อบแบบสุญญากาศ

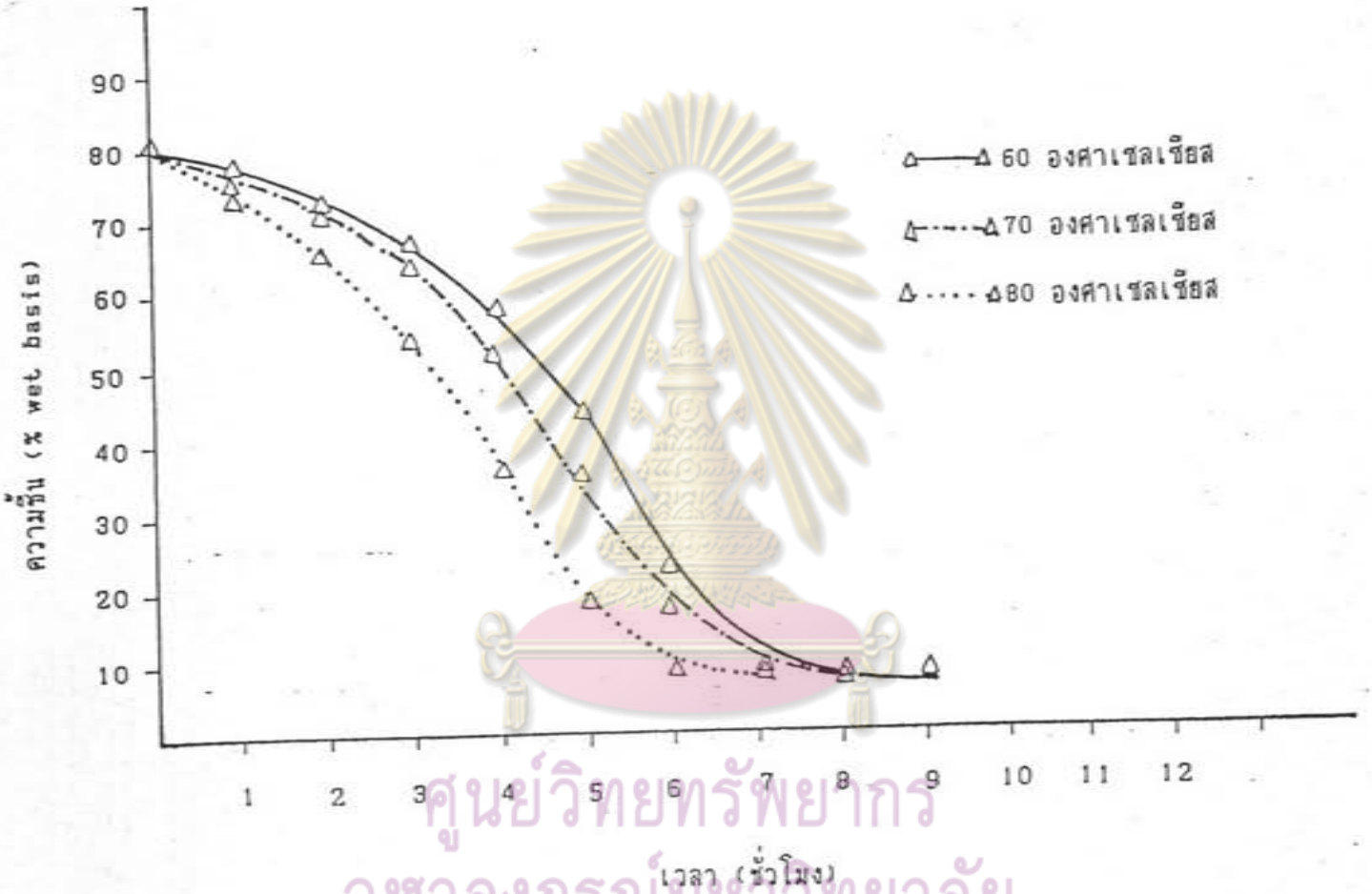
อบแห้งผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส จนผลิตภัณฑ์มีความชื้น 10 % และ 20 % เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น กับเวลาในการอบแห้งได้ดังรูปที่ 4.4-4.6 ผลการวิเคราะห์ค่าความคงตัวของอาหารในน้ำเมื่อใช้ผลิตภัณฑ์เป็นสารเชื่อมในระดับ 2.5% แสดงในตารางที่ 4.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



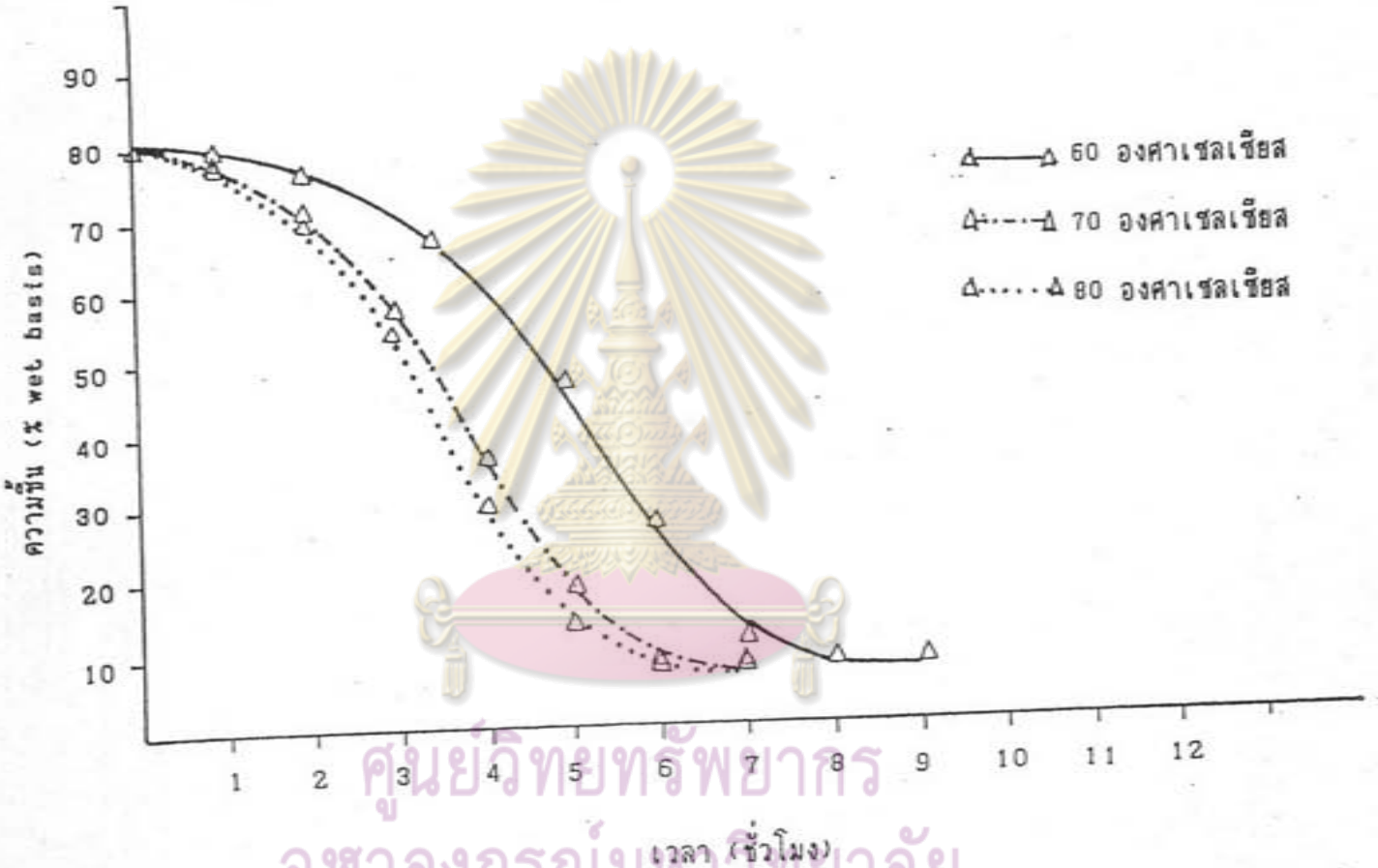
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเลือดสด เมื่ออบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส,70 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรด เมื่ออบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส, 70 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ เมื่ออบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส, 70 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.9 ค่าความคงตัวของอาหารในน้ำเมื่อใช้เลือดที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบแบบสุญญากาศ เป็นสารเชื่อมในปริมาณ 2.5%

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณความชื้นสุดท้าย (%)	ค่าความคงตัวของอาหารในน้ำ (%) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		เลือดสด	เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรด	เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์
60	10	$83.84^{c} \pm 0.74$	$86.20^{b} \pm 1.62$	$87.44^{a} \pm 0.40$
	20	$84.02^{c} \pm 0.56$	$86.02^{b} \pm 0.57$	$87.02^{a} \pm 0.45$
70	10	$83.88^{c} \pm 0.56$	$85.80^{b} \pm 0.12$	$87.34^{a} \pm 0.10$
	20	$84.66^{c} \pm 0.30$	$84.12^{b} \pm 0.10$	$87.14^{a} \pm 0.06$
80	10	$83.96^{c} \pm 0.10$	$86.84^{b} \pm 0.30$	$87.70^{a} \pm 0.26$
	20	$83.54^{c} \pm 0.24$	$85.35^{b} \pm 0.10$	$87.90^{a} \pm 0.28$

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความคงตัวของอาหารในน้ำเมื่อใช้เลือดที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบแบบสุญญากาศ เป็นสารเชื่อมในปริมาณ 2.5 %

SOV	d.f.	MS.
อุณหภูมิ (A)	2	0.453
ปริมาณความชื้นสุดท้าย (B)	1	1.141
ชนิดของเลือดแห้ง (C)	2	6.172*
AB	2	0.141
AC	4	0.988
BC	2	1.375
ABC	4	0.476
Error	18	0.545

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 ค่าความคงตัวของอาหารในน้ำเมื่อพิจารณาอิทธิพลของชนิดของเลือดที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบแบบสุญญากาศ

ชนิดของเลือด	ค่าความคงตัวของอาหารในน้ำ (%) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เลือดสด	$83.98^{c} \pm 0.36$
เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรด	$85.72^{b} \pm 0.90$
เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์	$87.42^{a} \pm 0.32$

a,b,c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 3x2x3 พบว่า เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ เมื่อทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบสุญญากาศแล้วใช้เป็นสารเชื่อมในปริมาณ 2.5 % ให้อาหารมีค่าความคงตัวในน้ำสูงสุด รองลงมาคือเลือดที่ผ่านการย่อยด้วยกรดและเลือดสด ขณะที่อุณหภูมิมีผลต่อสมบัติด้านการยึดเกาะอย่างไม่มีนัยสำคัญ จึงเลือกอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทดลองต่อไป เพื่อลดระยะเวลาในการอบแห้ง และอบจนผลิตภัณฑ์มีความชื้นสุดท้าย 10 % เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บเป็นเวลานาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์

4.5.1 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งด้วยตู้อบแบบมีลมเป่าผ่าน

ศึกษาอายุการเก็บของตัวอย่างเลือดที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบแบบมีลมเป่าผ่านที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยบรรจุแบบสุญญากาศในถุง HDPE และ ถุง Eval film เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ปริมาณความชื้น จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ทุกเดือน เป็นเวลา 4 เดือน ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.12 และ 4.15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ ที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบแบบมีลมเป่าผ่าน บรรจุในถุง HDPE และ Eval film และเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0-4 เดือน

ผลิตภัณฑ์	อายุการเก็บ (เดือน)	ปริมาณความชื้น(%) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ถุง HDPE	ถุง Eval film
เลือดสด	0	9.51±0.20	9.51±0.20
	1	10.59±0.18	9.80±0.25
	2	11.17±0.06	10.14±0.05
	3	12.06±0.28	10.99±0.23
	4	12.92±0.25	11.30±0.46
เลือดที่ผ่านการย่อยสลาย	0	9.74±0.11	9.74±0.11
ด้วยกรด	1	10.63±0.27	10.08±0.06
	2	11.11±0.23	10.46±0.26
	3	12.44±0.06	11.06±0.20
	4	13.07±0.04	11.60±0.17
เลือดที่ผ่านการย่อยสลาย	0	9.68±0.29	9.68±0.29
ด้วยเอนไซม์	1	10.10±0.25	9.76±0.30
	2	10.90±0.05	10.02±0.14
	3	12.44±0.02	10.62±0.27
	4	12.84±0.28	11.34±0.13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ ที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบแบบมีลมเป่าผ่านบรรจุในถุง HDPE และ Eval film และเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0-4 เดือน

SOV	d.f.	MS.
ชนิดของเลือด (A)	2	4.931×10^{-2}
อายุการเก็บ(B)	4	13.369*
วัสดุภาชนะบรรจุ(C)	1	12.065*
AB	8	1.947×10^{-2}
AC	2	1.049×10^{-2}
BC	4	0.916*
ABC	8	5.249×10^{-3}
Error	30	4.692×10^{-2}

* แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 3x5x2 พบว่าชนิดของเลือดมีผลต่อปริมาณความชื้นอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่อิทธิพลร่วมของอายุการเก็บ กับวัสดุภาชนะบรรจุมีผลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญ จึงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 ตัวแปร ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ผลการเปรียบเทียบแสดงในตารางที่ 4.14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้ง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบแบบมีลมเป่าผ่าน บรรจุในถุง HDPE และ Eval film แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0-4 เดือน เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมของอายุการเก็บกับวัสดุภาชนะบรรจุ

อายุการเก็บ (เดือน)	ปริมาณความชื้น(%) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ถุง HDPE	ถุง Eval film
0	$9.64^{a} \pm 0.12$	$9.64^{a} \pm 0.12$
1	$10.44^{b} \pm 0.29$	$9.88^{a} \pm 0.17$
2	$11.06^{c} \pm 0.14$	$10.21^{b} \pm 0.23$
3	$12.31^{e} \pm 0.22$	$10.89^{c} \pm 0.24$
4	$12.96^{f} \pm 0.12$	$11.41^{d} \pm 0.16$

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันทั้งในแถวตั้งและแถวนอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางพบว่า ถุง Eval film มีสมบัติในการป้องกันความชื้นได้ดีกว่าถุง HDPE เนื่องจากถุง Eval film สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ให้มีความชื้นไม่เกิน 12% ได้นานอย่างน้อย 4 เดือน ในขณะที่ถุง HDPE เก็บได้นานเพียง 2 เดือน

ตารางที่ 4.15 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบแบบมีลมเป่าผ่าน บรรจุในถุง HDPE และ Eval film และเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0-4 เดือน

ผลิตภัณฑ์	อายุการเก็บ (เดือน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (10^3 โคโลนี/กรัม ตัวอย่าง) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
		ถุง HDPE	ถุง Eval film
เลือดสด	0	2.17±1.56	2.17±1.56
	1	2.52±0.56	2.58±2.26
	2	2.35±3.25	2.53±4.10
	3	2.65±1.55	2.19±1.56
	4	2.30±0.56	2.19±0.14
เลือดที่ผ่านการย่อยสลาย	0	2.57±1.55	2.57±1.55
ด้วยกรด	1	2.70±0.28	2.47±5.79
	2	2.53±0.99	2.35±3.82
	3	2.34±4.52	2.62±2.54
	4	2.24±1.69	2.79±0.99
เลือดที่ผ่านการย่อยสลาย	0	2.55±0.71	2.55±0.71
ด้วยเอนไซม์	1	2.38±0.28	2.31±4.10
	2	2.38±2.54	2.57±0.99
	3	2.22±2.26	2.37±4.38
	4	2.68±0.84	2.62±0.56

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ที่ผ่านการทำแห้ง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบแบบมีลมเป่าผ่าน บรรจุในถุง HDPE และ Eval film และเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0-4 เดือน

SOV	d.f.	MS.
ชนิดของเลือด (A)	2	11.773
อายุการเก็บ(B)	4	1.689
วัสดุภาชนะบรรจุ(C)	1	0.652
AB	8	8.984
AC	2	3.099
BC	4	1.824
ABC	8	8.290
Error	30	5.875

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial Experimentขนาด 3x5x2 พบว่า ทั้งชนิดของเลือด อายุการเก็บ วัสดุภาชนะบรรจุ และอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 และ 3 ปัจจัย มีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5.2 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งด้วยตู้อบแบบสุญญากาศ

ศึกษาอายุการเก็บของตัวอย่างเลือดที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยบรรจุแบบสุญญากาศในถุง HDPE และถุง Eval film เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ปริมาณความชื้น จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ทุกเดือนเป็นเวลา 4 เดือน ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.17 และ 4.20

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.17 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบแบบสุญญากาศ บรรจุในถุง HDPE และ Eval film และเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0-4 เดือน

ผลิตภัณฑ์	อายุการเก็บ (เดือน)	ปริมาณความชื้น(%) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ถุง HDPE	ถุง Eval film
เลือดสด	0	9.66±0.13	9.66±0.13
	1	10.64±0.03	9.70±0.09
	2	11.22±0.15	10.12±0.06
	3	11.46±0.29	10.46±0.04
	4	12.36±0.45	11.56±0.04
เลือดที่ผ่านการย่อยสลาย	0	9.84±0.04	9.84±0.04
ด้วยกรด	1	10.47±0.04	9.96±0.17
	2	11.02±0.06	10.06±0.03
	3	11.47±0.01	10.38±0.20
	4	12.07±0.03	11.68±0.20
เลือดที่ผ่านการย่อยสลาย	0	9.84±0.07	9.84±0.07
ด้วยเอนไซม์	1	10.58±0.42	9.78±0.26
	2	10.98±0.20	10.02±0.14
	3	11.22±0.08	10.21±0.11
	4	12.14±0.08	11.38±0.06

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ ที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบแบบสุญญากาศ บรรจุในถุง HDPE และ Eval film และเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0-4 เดือน

SOV	d.f.	MS.
ชนิดของเลือด (A)	2	7.715×10^{-2}
อายุการเก็บ(B)	4	13.112*
วัสดุภาชนะบรรจุ(C)	1	10.267*
AB	8	4.523×10^{-2}
AC	2	2.929×10^{-2}
BC	4	0.816*
ABC	8	4.429×10^{-2}
Error	30	2.272×10^{-2}

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 3x5x2 พบว่าชนิดของเลือดมีผลต่อปริมาณความชื้นอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่อิทธิพลร่วมของอายุการเก็บ กับวัสดุภาชนะบรรจุ มีผลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญ จึงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 ตัวแปรด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ผลการเปรียบเทียบแสดงในตารางที่ 4.19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.19 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสด้วยตู้อบแบบสุญญากาศ บรรจุในถุง HDPE และ Eval film และเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0-4 เดือน เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมของอายุการเก็บ กับวัสดุภาชนะบรรจุ

อายุการเก็บ (เดือน)	ปริมาณความชื้น(%) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ถุง HDPE	ถุง Eval film
0	$9.78^{a} \pm 0.10$	$9.78^{a} \pm 0.10$
1	$10.56^{d} \pm 0.09$	$9.81^{a} \pm 0.13$
2	$11.07^{e} \pm 0.13$	$10.07^{b} \pm 0.05$
3	$11.38^{f} \pm 0.14$	$10.35^{c} \pm 0.13$
4	$12.09^{g} \pm 0.15$	$11.54^{f} \pm 0.15$

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางพบว่า ถุง Eval film มีสมบัติในการป้องกันความชื้นได้ดีกว่าถุง HDPE เนื่องจากถุง Eval film สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ให้มีความชื้นไม่เกิน 12 % ได้นานอย่างน้อย 4 เดือน ในขณะที่ถุง HDPE เก็บได้นานเพียง 3 เดือน

ตารางที่ 4.20 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบแบบสุญญากาศ บรรจุภายในถุง HDPE และ Eval film และเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0-4 เดือน

ผลิตภัณฑ์	อายุการเก็บ (เดือน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด(10^โคโลนี/กรัม ตัวอย่าง) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
		ถุง HDPE	ถุง Eval film
เลือดสด	0	2.55±0.64	2.55±0.64
	1	2.49±0.92	2.52±0.64
	2	2.73±0.78	2.59±0.64
	3	2.67±2.62	2.60±2.55
	4	2.59±1.84	2.60±0.35
เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรด	0	2.52±0.56	2.52±0.56
	1	2.59±0.56	2.65±0.85
	2	2.59±0.35	2.62±1.63
	3	2.43±1.27	2.61±1.91
	4	2.56±0.84	2.68±0.21
เลือดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์	0	2.51±0.99	2.51±0.99
	1	2.44±1.13	2.51±3.32
	2	2.52±1.20	2.56±0.35
	3	2.52±2.05	2.50±0.35
	4	2.53±2.61	2.57±1.48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบแบบสุญญากาศ บรรจุในถุง HDPE และ Eval film และเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0-4 เดือน

SOV	d.f.	MS.
ชนิดของเลือด (A)	2	2.951
อายุการเก็บ(B)	4	1.402
วัสดุภาชนะบรรจุ(C)	1	0.875
AB	8	0.825
AC	2	1.635
BC	4	0.387
ABC	8	0.412
Error	30	1.987

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial Experimemt ขนาด 3X5X2 พบว่าทั้งชนิดของเลือด อายุการเก็บ วัสดุภาชนะบรรจุ และอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 และ 3 ปัจจัย มีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย