บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์พลับกึ่งแห้ง

ทำการสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิค Ideal ratio profile เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามที่ผู้บริโภคต้องการ โดยใช้แบบทดสอบชิมดังแสดงในภาคผนวก ข ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 13 คน กำหนดลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์พลับกึ่งแห้งที่ผู้ทดสอบชิมกำหนด มีดังนี้

1. ลักษณะปรากฏ
   - ผู้ทดสอบชิมบอกถึง สีปรากฏของพลับ 13 คน
   - ผู้ทดสอบชิมบอกถึง รูปทรงของพลับ 1 คน

2. กลิ่นและรสชาติ
   - ผู้ทดสอบชิมบอกถึง กลิ่นพลับ 12 คน
   - ผู้ทดสอบชิมบอกถึง รสหวาน 13 คน
   - ผู้ทดสอบชิมบอกถึง รสเปรี้ยว 4 คน
   - ผู้ทดสอบชิมบอกถึง รสฝาด 3 คน

3. ลักษณะเนื้อสัมผัส
   - ผู้ทดสอบชิมบอกถึง ความเหนียว 13 คน

4. การยอมรับรวม
   - ผู้ทดสอบชิมบอกถึง การยอมรับรวม 13 คน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในข้อมูลข้างต้นสามารถคัดเลือกลักษณะที่ผู้ทดสอบชิมเห็นว่าเป็นลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ โดยเลือกจากลักษณะที่ผู้ทดสอบชิมลงความเห็นมากกว่าร้อยละ 50 หรือตั้งแต่ 7 คนขึ้นไปมี 5 ลักษณะ คือ สีปรากฏของพลับ กลิ่นพลับ รสหวาน ความเหนียว และการยอมรับรวม มีค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean score) และค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ดังนี้

ตาราง 4.1 ค่าคะแนนเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของลักษณะสำคัญของพลับกึ่งแห้งที่ได้จากการสำรวจผู้ทดสอบชิม

ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์	คะแนนเฉลี่ยที่ตัวอย่างได้รับ	คะแนนเฉลี่ยที่ต้องการในอุดมคติ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย
สีปรากฏ	5.20 ± 0.20	4.47 ± 0.81	1.17 ± 0.20*
กลิ่นพลับ	4.99 ± 0.54	6.18 ± 0.23	0.83 ± 0.22*
รสหวาน	4.19 ± 0.39	5.00 ± 0.15	0.82 ± 0.13*
ความเหนียว	5.15 ± 0.67	4.95 ± 0.66	1.07 ± 0.19
การยอมรับรวม	6.35 ± 0.17	10.00 ± 0.00	0.64 ± 0.11*

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* แสดงถึงค่า Ideal ratio score มีความแตกต่างจากค่า Ideal (1.00) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

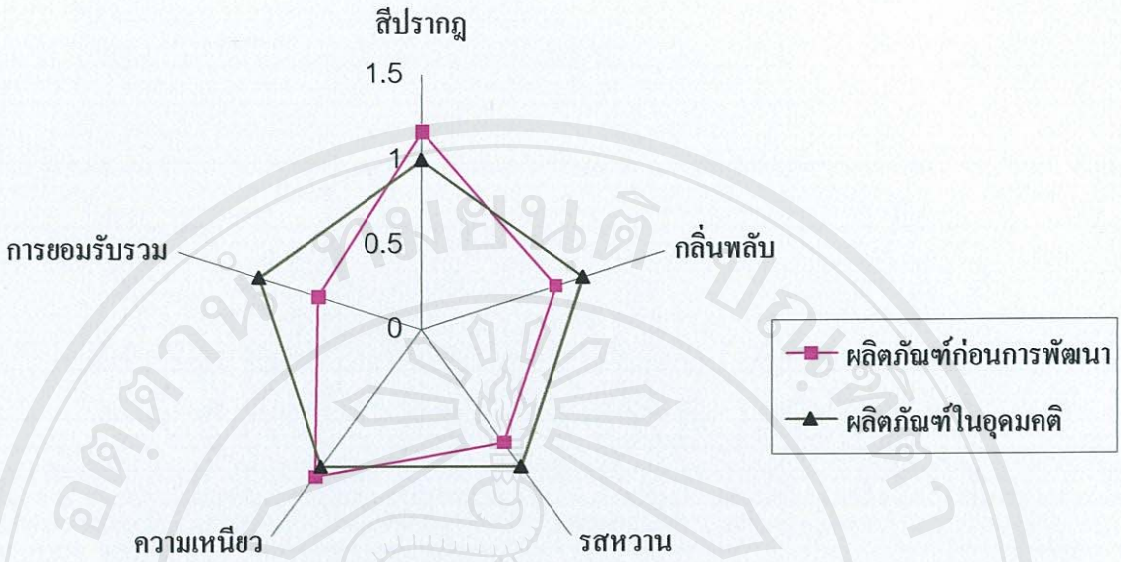
นำค่าคะแนนการยอมรับของตัวอย่างและค่าคะแนนในอุดมคติของแต่ละลักษณะที่ได้จากผู้ทดสอบชิมมาหาค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ดังตาราง 4.1 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้นี้จะถูกนำมาสร้างกราฟเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ เพื่อเปรียบเทียบกับค่าในอุดมคติซึ่งมีค่าเป็น 1.00 ดังภาพ 4.1

ถ้าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลง เป็นลักษณะที่ดีเท่ากับลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภคในอุดมคติ

ถ้าสัดส่วนมากกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้น ๆ มีความจำเป็นต้องพัฒนาให้มีค่าลดลง

ถ้าสัดส่วนน้อยกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้น ๆ มีความจำเป็นต้องพัฒนาให้มีค่าเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.1 กราฟเค้าโครงของผลิตภัณฑ์พลับกึ่งแห้ง

เมื่อพิจารณาจากกราฟเค้าโครงพบว่าลักษณะสีปรากฏของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมีค่าคะแนนมากกว่า 1 หมายความว่าผลิตภัณฑ์มีสีปรากฏเข้มมากกว่าค่าในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงควรพัฒนาเพื่อลดความเข้มของสีให้น้อยลงจนกระทั่งมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1 ส่วนกลิ่นพลับ รสหวาน และการยอมรับรวมนั้นมีค่าน้อยกว่าค่าในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงควรมีการพัฒนาให้กลิ่นพลับ รสหวาน และการยอมรับรวมเพิ่มขึ้น สำหรับความเหนียวนั้นพบว่าผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมีลักษณะใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติแล้ว

ในการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ จะสามารถกำหนดค่าอุดมคติถาวร (Fixed ideals) ของแต่ละลักษณะได้ ซึ่งจุดอุดมคติถาวรนี้จะนำไปใช้ตลอดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในครั้งนี้ และกราฟเค้าโครงที่ได้นี้จะนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาในขั้นตอนต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1 การกลั่นกรองปัจจัยทดลอง เพื่อหาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการต้านการเกิดสีน้ำตาลในพลับกึ่งแห้ง

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์เป็นปัญหาที่สำคัญในการแปรรูปผักและผลไม้ เพราะมีสารสีน้ำตาลเกิดขึ้นตามรอยตัด เมื่ออาหารเกิดสีน้ำตาลทำให้อายุการวางจำหน่ายสั้นลง และเป็นปัญหากับผักและผลไม้อบแห้ง เพราะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ทำได้หลายวิธี จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เช่นใช้ความร้อนในการลวกเพื่อทำลายเอนไซม์ แต่การลวกใช้กับผลไม้ไม่ได้ เพราะจะทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติและทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่มลง ในการทดลองนี้จะควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์โดยใช้สารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) สารรีดิวซิงเอเจนต์ และสารที่ใช้ในการจับโลหะ โดยศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีหลาย ๆ ชนิดที่นำมาใช้ร่วมกันในการควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

สารต้านการเกิดสีน้ำตาลที่นำมาใช้ในการทดลองมี 5 ชนิดคือ 4-เฮกซิลเรโซซินอล กรดแอสคอร์บิค กรดซิตริค โซเดียมอีริทอร์เบท และโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต

วางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design เป็นการกลั่นกรองเพื่อให้ได้เฉพาะปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์เท่านั้น ประกอบด้วยสิ่งทดลองทั้งหมด 8 สิ่งทดลอง เตรียมสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลตามแผนการทดลองและทำการผลิตพลับกึ่งแห้ง นำสิ่งทดลองที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ผลที่ได้แสดงดังตาราง 4.2 และ 4.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของพลับกึ่งแห้งที่ใช้สูตรสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ค่าสี			แรงเฉือน	ความเป็นกรด-ด่าง
	L	a*	b*	(นิวตัน)	(pH)
1	49.04 ± 3.65	15.42 ± 0.91	33.05 ± 0.63	20.26 ± 1.15	3.94 ± 0.01
2	30.55 ± 2.03	17.56 ± 1.38	25.23 ± 1.42	19.36 ± 0.27	4.42 ± 0.02
3	37.97 ± 1.07	14.96 ± 0.79	31.42 ± 0.96	20.19 ± 1.07	3.98 ± 0.02
4	37.25 ± 1.18	15.10 ± 1.26	27.35 ± 1.14	20.18 ± 1.24	4.29 ± 0.03
5	35.67 ± 0.69	16.82 ± 2.10	24.62 ± 0.52	18.48 ± 0.51	5.12 ± 0.02
6	41.33 ± 2.12	15.74 ± 1.98	25.28 ± 2.25	22.07 ± 2.15	4.35 ± 0.01
7	44.28 ± 1.71	15.28 ± 1.12	28.74 ± 1.48	20.36 ± 0.25	4.14 ± 0.02
8	38.31 ± 1.33	15.29 ± 1.31	25.84 ± 0.72	20.85 ± 1.70	4.52 ± 0.02

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของพลับกึ่งแห้งที่ใช้สูตรสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลที่แตกต่างกันดังตาราง 4.2 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าสี L (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 30.55-49.04 ค่าสี a* (สีแดง) อยู่ในช่วง 14.96-17.56 ค่าสี b* (สีเหลือง) อยู่ในช่วง 24.62-33.05 มีค่าแรงเฉือนอยู่ในช่วง 18.48-22.07 นิวตัน และมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 3.94-5.12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของพลับกึ่งแห้งที่ใช้สูตรสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลที่แตกต่างกัน

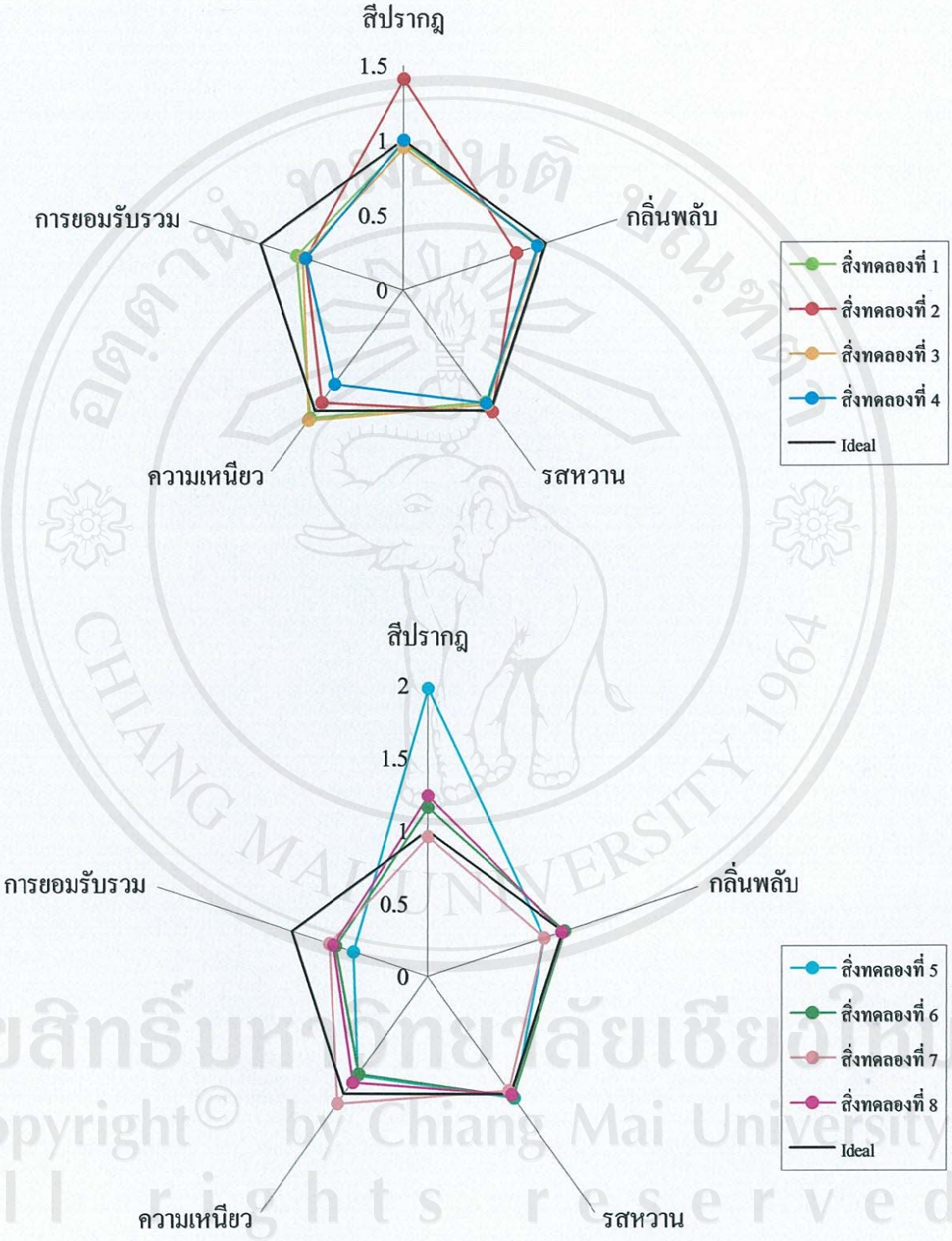
สิ่งทดลอง	คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส				
	สีปรากฏ	กลิ่นพลับ	รสหวาน	ความเหนียว	การยอมรับรวม
1	0.98 ± 0.11	0.95 ± 0.06	0.93 ± 0.15	1.06 ± 0.20	0.75 ± 0.13
2	1.37 ± 0.25	0.79 ± 0.09	1.01 ± 0.14	0.93 ± 0.11	0.69 ± 0.19
3	0.95 ± 0.09	0.95 ± 0.11	0.95 ± 0.09	1.08 ± 0.05	0.71 ± 0.12
4	1.00 ± 0.13	0.94 ± 0.15	0.94 ± 0.13	0.78 ± 0.16	0.69 ± 0.07
5	1.98 ± 0.37	0.86 ± 0.07	1.03 ± 0.17	0.84 ± 0.19	0.55 ± 0.17
6	1.16 ± 0.12	1.01 ± 0.18	1.02 ± 0.09	0.83 ± 0.03	0.68 ± 0.06
7	0.96 ± 0.10	0.86 ± 0.10	0.97 ± 0.06	1.08 ± 0.17	0.73 ± 0.09
8	1.24 ± 0.18	0.99 ± 0.12	1.00 ± 0.14	0.90 ± 0.11	0.70 ± 0.14

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า การยอมรับด้านสีปรากฏของพลับอยู่ในช่วง 0.96-1.98 กลิ่นพลับมีค่าอยู่ในช่วง 0.79-1.01 รสหวานมีค่าอยู่ในช่วง 0.93-1.03 ความเหนียวมีค่าอยู่ในช่วง 0.78-1.08 และการยอมรับรวมมีค่าอยู่ในช่วง 0.55-0.75

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสิ่งทดลองจะนำมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม ดังแสดงในภาพ 4.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.2 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์พลับกึ่งแห้งจากการกลั่นกรองปัจจัยทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพของพลับกึ่งแห้ง

ปัจจัยทดลอง	ค่าสี L		ค่าสี a*		ค่าสี b*		แรงเฉือน (N)	
	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value
4-เฮกซิลเรโซซินอล	-1.958	-0.545	0.837	2.455[b]	1.778	2.493[a]	-1.293	-1.919[a]
กรดแอสคอร์บิค	1.960	0.538	0.137	0.403	1.802	2.528[a]	-0.358	-0.531
กรดซิตริค	7.710	2.117[a]	-0.842	-2.469[b]	3.863	5.416[c]	1.003	1.489
โซเดียมอีริทอร์เบท	-2.685	-0.737	1.158	3.393[c]	-3.448	-4.834[c]	-0.303	-0.449
โซเดียมแอซิด-ไพโรฟอสเฟต	3.045	0.836	-0.002	-0.007	-0.233	-0.326	0.057	0.085

ตาราง 4.5 อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพทางเคมีของพลับกึ่งแห้ง

ปัจจัยทดลอง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	
	Effect	t-value
4-เฮกซิลเรโซซินอล	0.040	0.304
กรดแอสคอร์บิค	-0.295	-2.245[a]
กรดซิตริค	-0.485	-3.691[c]
โซเดียมอีริทอร์เบท	0.325	2.474[b]
โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต	0.160	1.218

หมายเหตุ : ค่า Degree of freedom เท่ากับ 2

ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงถึงระดับความมีนัยสำคัญดังนี้

a หมายถึงมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 มีค่า t-table เท่ากับ 1.886

b หมายถึงมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 มีค่า t-table เท่ากับ 2.282

c หมายถึงมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 มีค่า t-table เท่ากับ 2.920

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.6 อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของพลับกึ่งแห้ง

ปัจจัยทดลอง	สีปรากฏ		กลิ่นพลับ		รสหวาน	
	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value
4-เฮกซิลเรโซซินอล	0.230	1.874	-0.063	-2.650[b]	-0.002	-0.200
กรดแอสคอร์บิค	-0.255	-2.078[a]	-0.068	-2.862[b]	-0.038	-3.000[c]
กรดซิตริค	-0.385	-3.137[c]	0.048	2.014[a]	-0.028	-2.200[a]
โซเดียมอีริทอร์เบท	0.325	2.648[b]	-0.078	-3.286[c]	0.053	4.200[c]
โซเดียมแอซิด-ไพโรฟอสเฟต	0.150	1.222	0.043	1.802	-0.002	-0.200

ปัจจัยทดลอง	ความเหนียว		การยอมรับรวม	
	Effect	t-value	Effect	t-value
4-เฮกซิลเรโซซินอล	0.080	1.696	-0.025	-0.971
กรดแอสคอร์บิค	0.050	1.060	0.055	2.137[a]
กรดซิตริค	0.150	3.180[c]	0.060	2.331[b]
โซเดียมอีริทอร์เบท	-0.035	-0.742	-0.050	-1.943[a]
โซเดียมแอซิด-ไพโรฟอสเฟต	-0.120	-2.544[b]	-0.040	-1.554

หมายเหตุ : ค่า Degree of freedom เท่ากับ 2

ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงถึงระดับความมีนัยสำคัญดังนี้

a หมายถึงมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 มีค่า t-table เท่ากับ 1.886

b หมายถึงมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 มีค่า t-table เท่ากับ 2.282

c หมายถึงมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 มีค่า t-table เท่ากับ 2.920

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman เป็นการกลั่นกรองปัจจัยโดยคำนึงถึงอิทธิพลหลัก (Main effect) เท่านั้น ไม่สามารถอธิบายอิทธิพลร่วม (Interaction effect) ของปัจจัยได้ การคำนวณผลของปัจจัย (Effect) ซึ่งมีค่าบวกหรือลบ แสดงให้เห็นว่าการใช้ปัจจัยระดับต่ำหรือสูงให้ผลอย่างไรต่อผลิตภัณฑ์ ทำให้ทราบแนวโน้มว่าควรใช้ปัจจัยในระดับต่ำหรือสูงเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตามความต้องการมากที่สุด

ผลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์มากน้อยต่างกัน ทำให้สามารถแบ่งประเภทของปัจจัยทดลองออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ ปัจจัยหลัก (Major factors) คือปัจจัยที่มีผลอย่างมากต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ และปัจจัยรอง (Minor factors) คือปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เล็กน้อย เกณฑ์ในการพิจารณาขึ้นอยู่กับแต่ละปัจจัยทดลองมีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมากน้อยเพียงไร

ตาราง 4.4-4.6 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของพลับกึ่งแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 ขึ้นไป หรือเรียกว่าเป็นปัจจัยหลักมี 4 ปัจจัยคือ 4-เฮกซิลเรโซซินอล กรดแอสคอร์บิค กรดซิตริค และโซเดียมอีริทอร์เบท โดยกรดซิตริคมีผลต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด คือ มีผลต่อ 9 ลักษณะคุณภาพ รองลงมาคือโซเดียม-อีริทอร์เบท กรดแอสคอร์บิคและ 4-เฮกซิลเรโซซินอล ที่มีผลต่อ 7, 6 และ 4 ลักษณะคุณภาพตามลำดับ ส่วนโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพียง 1 ลักษณะคุณภาพเท่านั้นจึงถือเป็นปัจจัยรอง

ผลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพของพลับกึ่งแห้งอธิบายได้ดังต่อไปนี้

กรดซิตริค เมื่อใช้ในระดับสูงทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสี L (ความสว่าง) และ ค่าสี b* (สีเหลือง) เพิ่มมากขึ้น ($p\leq0.20$ และ $p\leq0.10$ ตามลำดับ) แสดงถึงผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองสว่าง สอดคล้องกับค่าสี a* (สีแดง) และลักษณะด้านสีปรากฏที่ลดลง ($p\leq0.15$ และ $p\leq0.10$ ตามลำดับ) หมายถึงผลิตภัณฑ์มีสีออกไปทางสีเหลืองมากกว่าสีน้ำตาล กรดซิตริคเป็นสารที่ใช้ในการจับกับโลหะ เนื่องจากทองแดงเป็นโลหะที่จำเป็นต่อการทำงานของ PPO ถ้าสามารถกำจัดทองแดงออกไปก็จะสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ นอกจากนี้คุณสมบัติที่เป็นกรดก็จะช่วยยับยั้ง PPO ด้วย (ประสาร, 2538) การใช้กรดซิตริคในระดับสูงทำให้พลับกึ่งแห้งมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง ($p\leq0.10$) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวสอดคล้องกับลักษณะด้านรสหวานที่ลดลง ($p\leq0.20$) ส่วนลักษณะด้านกลิ่น ($p\leq0.20$) ความเหนียว ($p\leq0.10$) และการยอมรับรวม ($p\leq0.15$) เพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้กรดซิตริคในระดับสูงทำให้พลับมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวซึ่งไม่ใช่ลักษณะที่ต้องการของผลิตภัณฑ์พลับกึ่งแห้ง ดังนั้นการใช้กรดซิตริคในระดับต่ำมีแนวโน้มทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีกว่า

โซเดียมอีริทอร์เบท เมื่อใช้ในระดับสูงจะมีผลต่อลักษณะสีปรากฏเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.15$) หมายถึงผลิตภัณฑ์มีสีออกไปทางสีน้ำตาล (ค่าคะแนนของสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งจากแบบทดสอบชิมแบบ Ideal ratio profile คือ สีเหลือง-สีน้ำตาลเข้ม และค่าคะแนนในอุดคมคติคือสีเหลืองส้ม) สอดคล้องกับค่าสี a* (สีแดง) ที่เพิ่มขึ้นและค่าสี b* (สีเหลือง) ที่ลดลง ($p \leq 0.10$) แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเกิดขึ้น การใช้โซเดียมอีริทอร์เบทระดับสูงทำให้รสหวานและค่าความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.10$ และ $p \leq 0.15$) และอาจเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของ PPO จึงไม่สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ ทำให้คุณลักษณะด้านกลิ่นพลับและการยอมรับรวมลดลง ($p \leq 0.10$ และ $p \leq 0.20$ ตามลำดับ)

จะเห็นได้ว่าการใช้โซเดียมอีริทอร์เบทในระดับต่ำจะเกิดผลดีต่อผลิตภัณฑ์มากกว่า ดังนั้นจึงควรศึกษาระดับการใช้ในระดับต่ำเพื่อให้ได้คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

กรดแอสคอร์บิค เมื่อใช้ในระดับสูงทำให้ลักษณะสีปรากฏลดลง ($p \leq 0.20$) หมายถึงผลิตภัณฑ์มีสีออกไปทางสีเหลืองมากกว่าสีน้ำตาล (ค่าคะแนนของสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งจากแบบทดสอบชิมแบบ Ideal ratio profile คือ สีเหลือง-สีน้ำตาลเข้ม และค่าคะแนนในอุดมคติคือสีเหลืองส้ม) สอดคล้องกับค่าสี b* (สีเหลือง) ที่เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.20$) เนื่องจากคุณสมบัติของกรดแอสคอร์บิคที่ทำหน้าที่เป็นรีดิวซิงเอเจนต์ สามารถรีดิวซ์สารควิโนนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารโพลีฟีนอลด้วยการกระทำของ PPO ให้กลับมาอยู่ในรูปสารประกอบฟีนอลตามเดิมก่อนที่สารควิโนนจะทำปฏิกิริยาต่อไปจนกลายเป็นสารสีน้ำตาล (นิธิยา, 2 543) อีกทั้งกรดแอสคอร์บิคสามารถทำให้สารละลายมีความเป็นกรด-ด่างไม่เหมาะสมต่อการทำงานของ PPO ได้ ดังนั้นพลับกึ่งแห้งจึงไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล การใช้กรดแอสคอร์บิคในระดับสูงทำให้พลับกึ่งแห้งมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง ($p \leq 0.20$) ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะด้านรสหวานและกลิ่นพลับที่ลดลง ($p \leq 0.10$ และ $p \leq 0.15$ ตามลำดับ) การใช้กรดแอสคอร์บิคในระดับสูงทำให้การยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.20$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองจึงส่งผลให้ไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้กรดแอสคอร์บิคจะเลือกในระดับต่ำเพราะมีแนวโน้มที่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านรสหวานดีกว่า เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีรสเปรี้ยวไม่ใช่ลักษณะที่ดีของพลับกึ่งแห้งถึงแม้ผลิตภัณฑ์จะมีสีเหลืองส้มก็ตาม

4-เฮกซิลเรโซซินอล เมื่อใช้ในระดับสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสี a* (สีแดง) และค่าสี b* (สีเหลือง) เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.15$ และ $p \leq 0.20$ ตามลำดับ) ซึ่งเป็นผลดีต่อผลิตภัณฑ์คือทำให้พลับกึ่งแห้งมีสีเหลืองส้ม 4-เฮกซิลเรโซซินอลเป็นสารประกอบ *m*-diphenols จะไปยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้โดยทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งแบบแข่งขัน (Competitive inhibitor) กับ PPO เนื่องจากมีโครงสร้างคล้ายกับฟีนอลลิคที่เป็นสารตั้งต้น และเกิดปฏิกิริยาแบบผันกลับไม่ได้ (Monsalve-Gonzalez *et al.*, 1995) การใช้ในปริมาณที่เหมาะสมทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ได้ แต่การใช้ 4-เฮกซิลเรโซซินอลในระดับสูงทำให้ลักษณะด้านกลิ่นพลับและค่าแรงเฉือนลดลง ($p \leq 0.15$ และ $p \leq 0.20$ ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม กลิ่นพลับและค่าแรงเฉือนที่ลดลงนี้ไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์มากนัก กล่าวคือลักษณะด้านกลิ่นพลับไม่ต่ำกว่าค่าในอุดมคติจนเกินไปคืออยู่ในช่วง 0.79-1.01 ส่วนแรงเฉือนมีค่าอยู่ในช่วง 18.48-22.07 นิวตัน ซึ่งไม่ต่างกันมากนัก ประกอบกับในการกลั่นกรองปัจจัยการทดลองได้ให้ความสำคัญกับคุณสมบัติในการต้านการเกิดสีน้ำตาลซึ่งให้ผลชัดเจนกับสีของผลิตภัณฑ์

ดังนั้นจึงศึกษาการใช้ 4-เฮกซิลเรโซซินอลในระดับที่สูงขึ้นเพราะมีแนวโน้มว่าการใช้ในระดับสูงทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านสีดีกว่า

โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต มีความสำคัญต่อลักษณะต่าง ๆ น้อยกว่า 4 ปัจจัยที่กล่าวมาโดยมีผลต่อลักษณะด้านความเหนียวเท่านั้น เมื่อใช้ในระดับสูงจะทำให้ลักษณะด้านความเหนียวลดลง ($p \leq 0.15$) แสดงถึงผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่นิ่ม เหตุที่โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตสามารถช่วยให้ผลิตภัณฑ์อุ้มน้ำดีขึ้น ทั้งที่ช่วยลดความเป็นกรด-ด่างนั้น เนื่องจากสารนี้มีคุณสมบัติเฉพาะที่สามารถเพิ่ม ionic strength ได้ (ศิวาพร, 2535) สารประกอบฟอสเฟตสามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอนุมูลโลหะต่าง ๆ มีผลทำให้สีและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์มีความคงตัว Santerra *et al.* (1991) ได้รายงานว่ามันฝรั่งที่จุ่มในสารละลายที่ประกอบด้วยกรดอีริทอร์บิคร้อยละ 3 โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตร้อยละ 0.25 และโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2 ร่วมกับการบรรจุในสารละลายที่ประกอบด้วยกรดซิตริค กรดซอร์บิค และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.2 สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ โดยโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและกรดซิตริคทำหน้าที่เป็นสารจับโลหะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับพลับกึ่งแห้งนั้น โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตไม่มีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับ Saper and Miller (1995) ที่รายงานว่าการเติมโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตร้อยละ 1 ลงไปในสารละลายที่มีกรดแอสคอร์บิคร้อยละ 1 และกรดซิตริคร้อยละ 2 ไม่มีผลต่อค่าความสว่างและค่าสีแดงของมันฝรั่ง

ดังนั้นการใช้โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตในระดับต่ำจะมีผลดีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์มากกว่าคือให้การยอมรับด้านความเหนียวเพิ่มขึ้น ในการทดลองขั้นต่อไปจึงกำหนดระดับของโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตที่ใช้เป็นระดับต่ำคือร้อยละ 0.5

ปัจจัยที่จะนำมาศึกษาในขั้นตอนต่อไปคือ 4-เฮกซิลเรโซซินอล กรดแอสคอร์บิค กรดซิตริค และโซเดียมอีริทอร์เบท โดยกำหนดระดับในการศึกษาไว้เป็นดังนี้

4-เฮกซิลเรโซซินอล จากเดิมที่ระดับสูง 50 ส่วนในล้านส่วน
กำหนดช่วงใหม่เป็น 40-100 ส่วนในล้านส่วน

กรดแอสคอร์บิค จากเดิมที่ระดับต่ำร้อยละ 0.5 กำหนดช่วงใหม่เป็นร้อยละ 0.2-2

กรดซิตริค จากเดิมที่ระดับต่ำร้อยละ 0.5 กำหนดช่วงใหม่เป็นร้อยละ 0.5-1.7

โซเดียมอีริทอร์เบท จากเดิมที่ระดับต่ำร้อยละ 0.5 กำหนดช่วงใหม่เป็นร้อยละ 0.5-1.7

สำหรับโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตกำหนดระดับการใช้เป็นร้อยละ 0.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ศึกษาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยที่ได้จากการกลั่นกรอง

ในการทดลองที่ 4.1 ทำให้ทราบถึงปัจจัยหลักที่มีผลในการต้านการเกิดสีน้ำตาลคือ 4-เฮกซิลเรโซซินอล กรดแอสคอร์บิค กรดซิตริค และโซเดียมอีริทอร์เบท ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาระดับการใช้ที่เหมาะสม โดยจะศึกษาระดับที่เหมาะสมของ 4-เฮกซิลเรโซซินอล และกรดแอสคอร์บิคก่อน ตามด้วยการศึกษาระดับที่เหมาะสมของกรดซิตริค และโซเดียมอีริทอร์เบท

4.2.1 ศึกษาระดับที่เหมาะสมของ 4-เฮกซิลเรโซซินอล และกรดแอสคอร์บิค

การทดลองนี้ทำการศึกษาระดับที่เหมาะสมของ 4-เฮกซิลเรโซซินอล และกรดแอสคอร์บิค โดยจะใช้ 4-เฮกซิลเรโซซินอล ในระดับที่สูงขึ้นกว่าการทดลองตอนที่ 4.1 ส่วนกรดแอสคอร์บิกจะใช้ในระดับที่ต่ำลง เพราะจะให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่า ส่วนกรดซิตริคโซเดียมอีริทอร์เบท และโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตใช้ในระดับต่ำคือร้อยละ 0.5 วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment รวมกับการทดลองที่จุดกึ่งกลาง 2 ซ้ำ มีจำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง กำหนดระดับของปัจจัย ดังแสดงในตาราง 4.7

ตาราง 4.7 ปริมาณของ 4-เฮกซิลเรโซซินอลและกรดแอสคอร์บิคที่ระดับต่าง ๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับต่ำ (-1)	ระดับกึ่งกลาง (0)	ระดับสูงสุด (+1)
4-เฮกซิลเรโซซินอล (ส่วนในล้านส่วน)	40	70	100
กรดแอสคอร์บิค (ร้อยละ)	0.2	1.1	2.0

นำพลับกึ่งแห้งที่ผลิตได้มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตาราง 4.8 และ 4.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณ 4-เฮกซิลเรโซซินอลและกรดแอสคอร์บิค

สิ่งทดลอง		ค่าสี			ค่าแรงเฉือน	ความเป็นกรด-ด่าง
4-HR	AS	L	a*	b*	(นิวตัน)	(pH)
40	1.1	30.75 ± 0.49	16.27 ± 0.21	23.57 ± 0.22	23.96 ± 0.15	5.18 ± 0.01
100	1.1	31.31 ± 0.12	15.62 ± 0.18	26.72 ± 0.32	24.11 ± 0.40	5.23 ± 0.02
70	0.2	36.92 ± 0.17	14.55 ± 0.19	24.35 ± 0.11	19.97 ± 0.16	5.27 ± 0.01
70	2.0	36.73 ± 0.33	17.74 ± 0.16	27.65 ± 0.17	26.96 ± 0.11	5.33 ± 0.01
70	1.1	36.15 ± 0.51	15.73 ± 0.35	30.04 ± 0.26	19.46 ± 0.23	5.44 ± 0.01
70	1.1	36.89 ± 0.13	15.21 ± 0.56	29.05 ± 0.41	19.57 ± 0.14	5.35 ± 0.01

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
4-HR หมายถึง ปริมาณของ 4-เฮกซิลเรโซซินอล (ส่วนในล้านส่วน)
AS หมายถึง ปริมาณของกรดแอสคอร์บิค (ร้อยละ)

ตาราง 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพและเคมีของพลับกึ่งแห้งเมื่อมีการแปรระดับ 4-เฮกซิลเรโซซินอลและกรดแอสคอร์บิค พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าสี L (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 30.75-36.92 ค่าสี a* (สีแดง) อยู่ในช่วง 14.55-17.74 ค่าสี b* (สีเหลือง) อยู่ในช่วง 23.57-30.04 มีค่าแรงเฉือนอยู่ในระหว่าง 19.46-26.96 นิวตัน และมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5.18-5.44

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

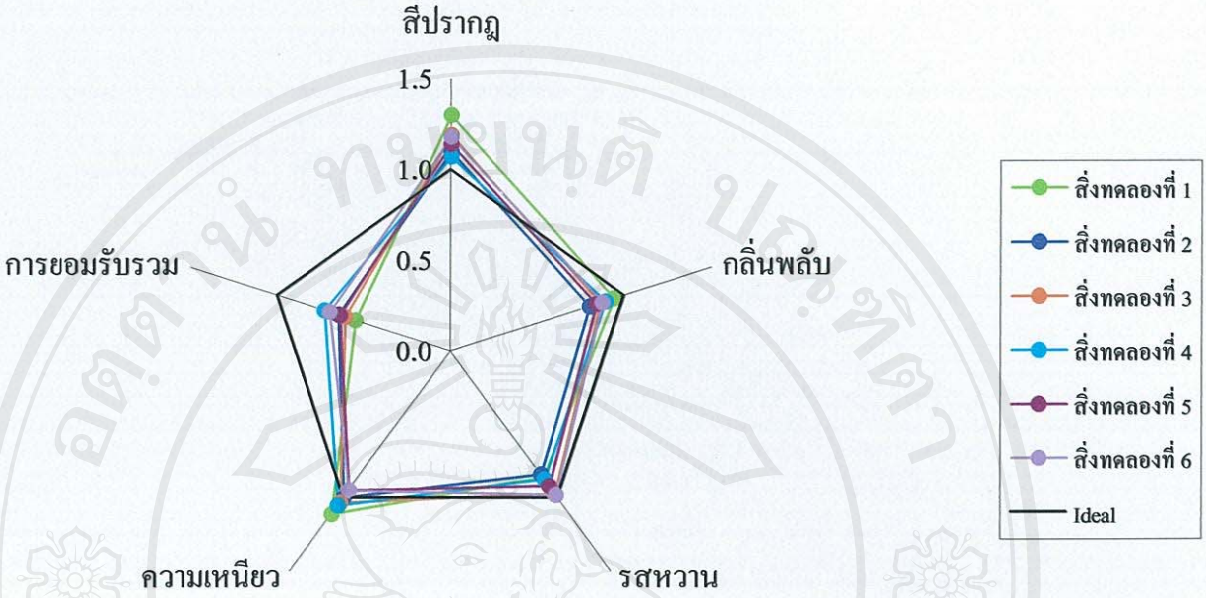
ตาราง 4.9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เมื่อผันแปรปริมาณ 4-เฮกซิลเรโซซินอลและกรดแอสคอร์บิค

สิ่งทดลอง		คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส				
4-HR	AS	สีปรากฏ	กลิ่นพลับ	รสหวาน	ความเหนียว	การยอมรับรวม
40	1.1	1.30 ± 0.25	0.94 ± 0.12	0.86 ± 0.17	1.11 ± 0.26	0.55 ± 0.16
100	1.1	1.10 ± 0.19	0.80 ± 0.13	0.84 ± 0.27	1.00 ± 0.14	0.65 ± 0.07
70	0.2	1.19 ± 0.13	0.86 ± 0.28	0.97 ± 0.09	1.03 ± 0.18	0.61 ± 0.16
70	2.0	1.07 ± 0.13	0.89 ± 0.24	0.87 ± 0.16	1.05 ± 0.25	0.73 ± 0.12
70	1.1	1.14 ± 0.33	0.84 ± 0.13	0.92 ± 0.13	0.95 ± 0.08	0.64 ± 0.17
70	1.1	1.18 ± 0.20	0.87 ± 0.11	0.98 ± 0.10	0.95 ± 0.17	0.70 ± 0.12

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
4-HR หมายถึง ปริมาณของ 4-เฮกซิลเรโซซินอล (ส่วนในล้านส่วน)
AS หมายถึง ปริมาณของกรดแอสคอร์บิค (ร้อยละ)

ตาราง 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ลักษณะด้านสีปรากฏของพลับอยู่ในช่วง 1.07-1.30 กลิ่นพลับมีค่าอยู่ในช่วง 0.80-0.94 รสหวานมีค่าอยู่ในช่วง 0.84-0.98 ความเหนียวมีค่าอยู่ในช่วง 0.95-1.11 และการยอมรับรวมมีค่าอยู่ในช่วง 0.55-0.73 นำค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสิ่งทดลองมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์แสดงดังภาพ 4.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.3 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์พลับกึ่งแห้งจากการแปรระดับ 4-เฮกซิลเรโซซินอลและกรดแอสคอร์บิค

จากค่าเฉลี่ยคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ที่ได้ นำไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) หาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ (4-เฮกซิลเรโซซินอลและกรดแอสคอร์บิค) กับตัวแปรตาม (คุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์) โดยเลือกตัวแปรอิสระทั้งสองเข้ามาในโมเดลของสมการ การสร้างสมการด้วย Stepwise regression จะคัดเลือกเฉพาะตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น ตัวแปรอิสระที่ไม่มีผลต่อตัวแปรตามจะถูกตัดออกไป ทำให้สมการที่ได้สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้อย่างถูกต้อง

ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.0 พบว่าปริมาณของ 4-เฮกซิลเรโซซินอลและกรดแอสคอร์บิคมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของพลับกึ่งแห้ง แสดงดังสมการ (Coded equation) ต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมการถดถอยที่ยังไม่ถอดรหัส	R^2
ลักษณะทางกายภาพ	
ค่าสี L = $36.520 + 2.897(AS) - 2.592(4\text{-}HR)^2$	0.9900
ลักษณะทางประสาทสัมผัส	
สีปรากฏ = $1.163 - 0.08(4\text{-}HR)$	0.7770
ความเหนียว = $0.950 + 0.097(4\text{-}HR)^2$	0.6620

หมายเหตุ : 4-HR หมายถึง ปริมาณของ 4-เฮกซิลเรโซซินอล (ส่วนในล้านส่วน)
AS หมายถึง ปริมาณของกรดแอสคอร์บิค (ร้อยละ)
R^2 คือ Coefficient of determination

สมการที่ได้เป็นสมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equation) ดังนั้นจึงต้องทำการถอดรหัสของตัวแปรอิสระให้อยู่ในรูปสมการที่ถอดรหัส (Decoded equation) เพื่อให้สามารถนำสมการไปใช้ทำนายผลการทดลอง สมการที่เลือกจะต้องมีค่า R^2 สูงซึ่งแสดงว่าสมการนั้นใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ดี สมการความสัมพันธ์ของความเหนียวมีค่า R^2 ต่ำ จึงไม่นำไปถอดรหัสเพราะไม่สามารถทำนายความสัมพันธ์ได้อย่างเหมาะสม แต่สามารถบอกแนวโน้มของความสัมพันธ์ได้ สมการความสัมพันธ์ของความเหนียวอธิบายได้ว่า เมื่อปริมาณของ 4-เฮกซิลเรโซซินอลเพิ่มขึ้นทำให้ลักษณะด้านความเหนียวเข้าใกล้ค่าในอุดมคติมาก

การถอดรหัสของสมการ มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ปัจจัยที่ยังไม่ถอดรหัส} = \frac{\text{ค่าจริง} - (\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น} + \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น})/2}{(\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น} - \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น})/2}$$

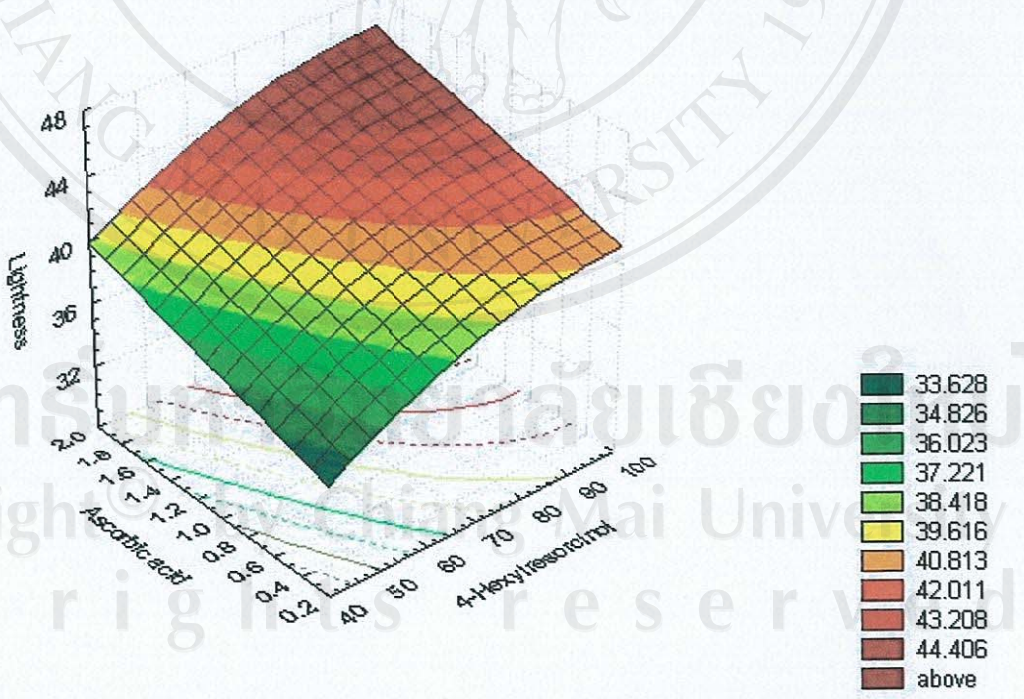
สมการที่ถอดรหัสแล้ว (Decoded equation) เป็นดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมการถดถอยถอดรหัส	R^2
ลักษณะทางกายภาพ	
ค่าสี L = 18.867 +3.218(AS) + 0.403(4-HR) –0.002(4-HR)^2	0.9900
ลักษณะทางประสาทสัมผัส	
สีปรากฏ = 1.349 – 0.002(4-HR)	0.7770

หมายเหตุ : 4-HR หมายถึง ปริมาณของ 4-เฮกซิลเรโซซินอล (ส่วนในล้านส่วน)
AS หมายถึง ปริมาณของกรดแอสคอร์บิก (ร้อยละ)
R^2 คือ Coefficient of determination

สำหรับสมการถอดรหัสของลักษณะทางกายภาพ แสดงให้เห็นว่า 4-เฮกซิลเรโซซินอล และกรดแอสคอร์บิคมีผลต่อค่าสี L (ความสว่าง) แสดงในกราฟพื้นที่ตอบสนอง (Response surface) ดังภาพ 4.4



ภาพ 4.4 กราฟพื้นที่การตอบสนองของ 4-เฮกซิลเรโซซินอลและกรดแอสคอร์บิคต่อค่าสี L (ความสว่าง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากกราฟพื้นที่การตอบสนองของ 4-เฮกซิลเรโซซินอลและกรดแอสคอร์บิคต่อค่าสี L (ความสว่าง) จะเห็นได้ว่าปริมาณของ 4-เฮกซิลเรโซซินอลและกรดแอสคอร์บิคที่เพิ่มขึ้นทำให้พลับกึ่งแห้งมีความสว่างเพิ่มมากขึ้น ดังตาราง 4.10 ตารางทำนายค่าสี L (ความสว่าง) เมื่อแปรปริมาณ 4-เฮกซิลเรโซซินอลและกรดแอสคอร์บิค

ตาราง 4.10 การทำนายค่าสี L (ความสว่าง) ของพลับกึ่งแห้งที่แช่ในสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลที่แปรปริมาณ 4-เฮกซิลเรโซซินอลและกรดแอสคอร์บิค

4-เฮกซิลเรโซซินอล (ส่วนในล้านส่วน)	กรดแอสคอร์บิค (ร้อยละ)	ค่าสี L (ความสว่าง)
40	0.2	32.43
40	1.1	35.32
40	2.0	38.22
70	0.2	37.92
70	1.1	40.81
70	2.0	43.71
100	0.2	39.81
100	1.1	42.70
100	2.0	45.60

4-เฮกซิลเรโซซินอลถูกนำมาใช้เป็นตัวยับยั้งการเกิดจุดสีดำ(melanosis)ในกุ้ง (Monsalve-Gonzalez *et al.*, 1995) โดย 4-เฮกซิลเรโซซินอล 1 กรัมต่อลิตรสามารถยับยั้ง PPO ที่สกัดจากกุ้งได้ร้อยละ 80 (Montero *et al.*, 2001) นอกจากนี้ยังนำไปใช้กับผักและผลไม้หลายชนิด เช่น แอปเปิล (Monsalve-Gonzalez *et al.*, 1995) หญ้า Burdock (Lee-Kim *et al.*, 1997) ลูกแพร์ (Sapers *et al.*, 1998) มะม่วง (Gonzalez-Aguilar, 2000) มันฝรั่ง (Reyes-Moreno *et al.*, 2002) และหัวผักกาดขาว (Gonzalez-Aguilar, 2001) เป็นต้น การใช้ 4-เฮกซิลเรโซซินอลร่วมกับกรดแอสคอร์บิคจะเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล เนื่องจาก 4-เฮกซิลเรโซซินอลเป็นตัวยับยั้ง PPO ทำให้การเกิดสารควิโนนเป็นไปอย่างจำกัด แต่อาจมีสารควิโนนเกิดขึ้นได้เมื่อใช้ร่วมกับกรดแอสคอร์บิค กรดแอสคอร์บิคจะไปรีดิวซ์สารควิโนนให้กลับมาอยู่ในรูปสารประกอบฟีนอลก่อนที่สารควิโนนจะเกิดปฏิกิริยาต่อไปจนกลายเป็นสารสีน้ำตาล (Luo and

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

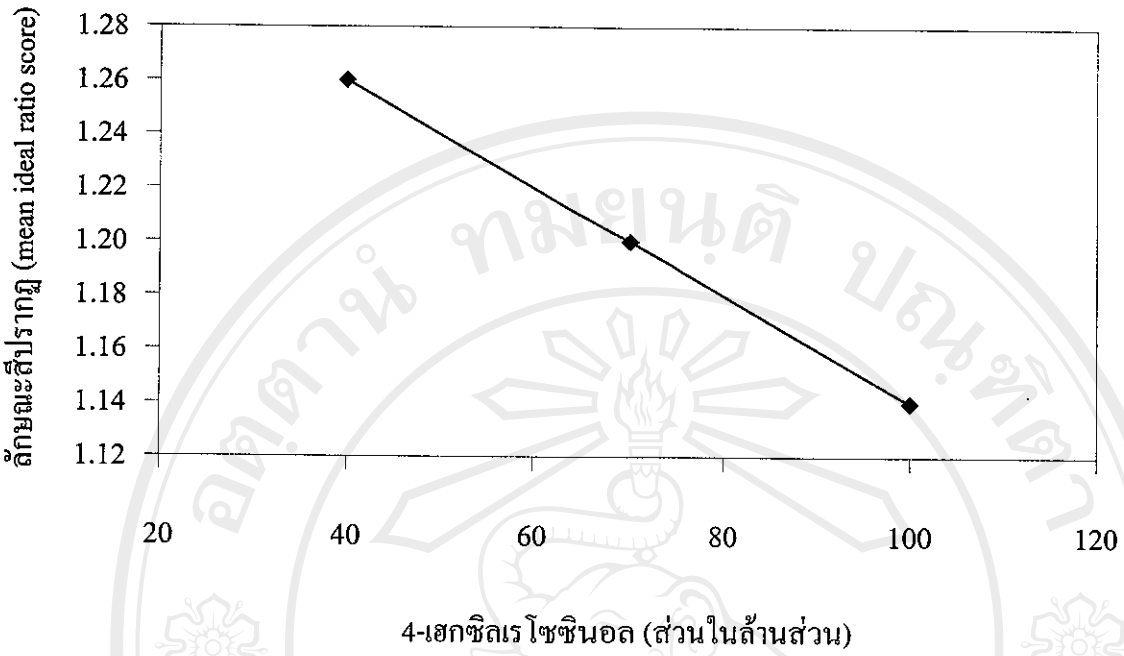
Barbosa-Canovas, 1995) สอดคล้องกับ Dong *et al* (2000) ที่กล่าวว่าชิ้นลูกแพร์ที่จุ่มในสารละลายที่ประกอบด้วย 4-เฮกซิลเรโซซินอลร้อยละ 0.01 กรดแอสคอร์บิคร้อยละ 0.5 และแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1.0 เป็นเวลา 2 นาที แล้วบรรจุภายใต้สุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้นานถึง 30 วัน ส่วนกรดแอสคอร์บิคสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะสามารถรีดิวซ์สารควิโนนให้กลับมาอยู่ในรูปสารประกอบฟีนอลตามเดิม และสามารถทำให้สารละลายมีความเป็นกรด-ด่างไม่เหมาะสมต่อการทำงานของ PPO ได้

ในสมการถอดรหัสของลักษณะทางประสาทสัมผัส สามารถนำมาวิเคราะห์ระดับของ 4-เฮกซิลเรโซซินอลที่เหมาะสมได้ จากภาพ 4.5 จะเห็นได้ว่าการยอมรับด้านสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งขึ้นกับปริมาณ 4-เฮกซิลเรโซซินอล ส่วนปริมาณของกรดแอสคอร์บิคไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะด้านสีปรากฏ ดังนั้นไม่ว่าจะใช้กรดแอสคอร์บิคปริมาณเท่าใดในช่วงร้อยละ 0.2-2 ก็ไม่ทำให้ลักษณะด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ปริมาณของ 4-เฮกซิลเรโซซินอลที่ทำให้พลับกึ่งแห้งมีการยอมรับด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์เข้าใกล้ค่าในอุดมคติหรือใกล้เคียงกับ 1.00 มากที่สุดคือ 100 ส่วนในล้านส่วน โดยจะมีค่าคะแนนการทดสอบด้านสีปรากฏเท่ากับ 1.14 ดังตาราง 4.11 ในการทดลองนี้จะเลือกใช้กรดแอสคอร์บิคร้อยละ 2.0 เนื่องจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังตาราง 4.9 มีคะแนนการยอมรับรวมเท่ากับ 0.73 ซึ่งมากกว่าการใช้กรดแอสคอร์บิคร้อยละ 0.2 ที่มีคะแนนการยอมรับรวมเป็น 0.61

ตาราง 4.11 การทำนายค่าคะแนนด้านสีปรากฏจากการผันแปรปริมาณ 4-เฮกซิลเรโซซินอล

4-เฮกซิลเรโซซินอล (ส่วนในล้านส่วน)	ค่าคะแนนด้านสีปรากฏ (Mean ideal ratio score)
40	1.26
70	1.20
100	1.14

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง 4-เฮกซิลเรโซซินอลและลักษณะด้านสีปรากฏของพลับกึ่งแห้ง

ดังนั้นปริมาณที่เหมาะสม ได้แก่ 4-เฮกซิลเรโซซินอล 100 ส่วนในล้านส่วน และกรดแอสคอร์บิคร้อยละ 2.0 ซึ่งที่ระดับนี้จะทำให้คะแนนลักษณะด้านสีปรากฏเป็น 1.14 ซึ่งเป็นค่าที่เข้าใกล้ค่าในอุดมคติมาก และสอดคล้องกับทำให้ค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์ที่มีค่าสูงสุด คือ 45.60

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 ศึกษาระดับการใช้กรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบทที่เหมาะสม

กรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบทเป็นอีก 2 ปัจจัยหลักที่ต้านการเกิดสีน้ำตาลที่ต้องทำการศึกษาหาระดับที่เหมาะสม ปริมาณของกรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบทที่ใช้จะต่ำลงจากการทดลองตอนที่ 4.1 เพราะจะให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่า ส่วนปริมาณของ 4-เฮกซิลเรโซซินอล และกรดแอสคอร์บิคที่ใช้จะเป็นระดับใหม่จากการทดลองตอนที่ 4.2.1 คือ 4-เฮกซิลเรโซซินอล 100 ส่วนในล้านส่วน กรดแอสคอร์บิคร้อยละ 2.0 ส่วนโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตใช้ร้อยละ 0.5 วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment รวมกับการทดลองที่จุดกึ่งกลาง 2 ซ้ำ มีจำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง กำหนดระดับของปัจจัยดังนี้

ตาราง 4.12 ปริมาณของกรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบทที่ทำการศึกษา

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับต่ำ (-1)	ระดับกึ่งกลาง (0)	ระดับสูง (+1)
กรดซิตริค (ร้อยละ)	0.5	1.1	1.7
โซเดียมอีริทอร์เบท (ร้อยละ)	0.5	1.1	1.7

นำพลับกึ่งแห้งที่ผลิตได้มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ผลจากการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 4.13 และ 4.14

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.13 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์เมื่อผันแปรปริมาณกรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบท

สิ่งทดลอง		ค่าสี			แรงเฉือน	ความเป็นกรด-ด่าง
CA	NE	L	a*	b*	(นิวตัน)	(pH)
5	5	29.59 ± 0.28	11.16 ± 0.17	21.68 ± 0.22	22.98 ± 0.40	5.11 ± 0.02
17	5	31.91 ± 0.10	14.44 ± 0.20	24.66 ± 0.49	23.88 ± 0.21	4.34 ± 0.01
5	17	33.79 ± 0.85	13.26 ± 0.18	16.50 ± 0.28	39.37 ± 0.17	5.03 ± 0.01
17	17	39.13 ± 0.58	14.10 ± 0.25	27.16 ± 0.17	37.64 ± 0.12	4.70 ± 0.03
11	11	34.73 ± 0.69	14.04 ± 0.42	26.93 ± 0.14	37.23 ± 0.19	4.61 ± 0.02
11	11	36.55 ± 0.43	13.61 ± 0.52	26.30 ± 0.40	42.67 ± 0.38	4.58 ± 0.02

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
CA หมายถึง ปริมาณของกรดซิตริค (ร้อยละ)
NE หมายถึง ปริมาณของโซเดียมอีริทอร์เบท (ร้อยละ)

ตาราง 4.14 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เมื่อผันแปรปริมาณกรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบท

สิ่งทดลอง		คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส				
CA	NE	สีปรากฏ	กลิ่นพลับ	รสหวาน	ความเหนียว	การยอมรับรวม
5	5	1.41 ± 0.33	0.89 ± 0.20	0.81 ± 0.21	1.10 ± 0.23	0.66 ± 0.13
17	5	1.03 ± 0.07	0.96 ± 0.11	0.66 ± 0.10	1.12 ± 0.36	0.67 ± 0.09
5	17	1.50 ± 0.36	1.02 ± 0.08	0.87 ± 0.15	1.18 ± 0.16	0.64 ± 0.14
17	17	1.13 ± 0.20	0.97 ± 0.16	0.84 ± 0.14	1.17 ± 0.18	0.72 ± 0.08
11	11	1.30 ± 0.26	0.91 ± 0.13	0.89 ± 0.11	1.09 ± 0.14	0.76 ± 0.11
11	11	1.17 ± 0.22	0.94 ± 0.20	0.80 ± 0.16	1.16 ± 0.21	0.68 ± 0.09

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
CA หมายถึง ปริมาณของกรดซิตริค (ร้อยละ)
NE หมายถึง ปริมาณของโซเดียมอีริทอร์เบท (ร้อยละ)

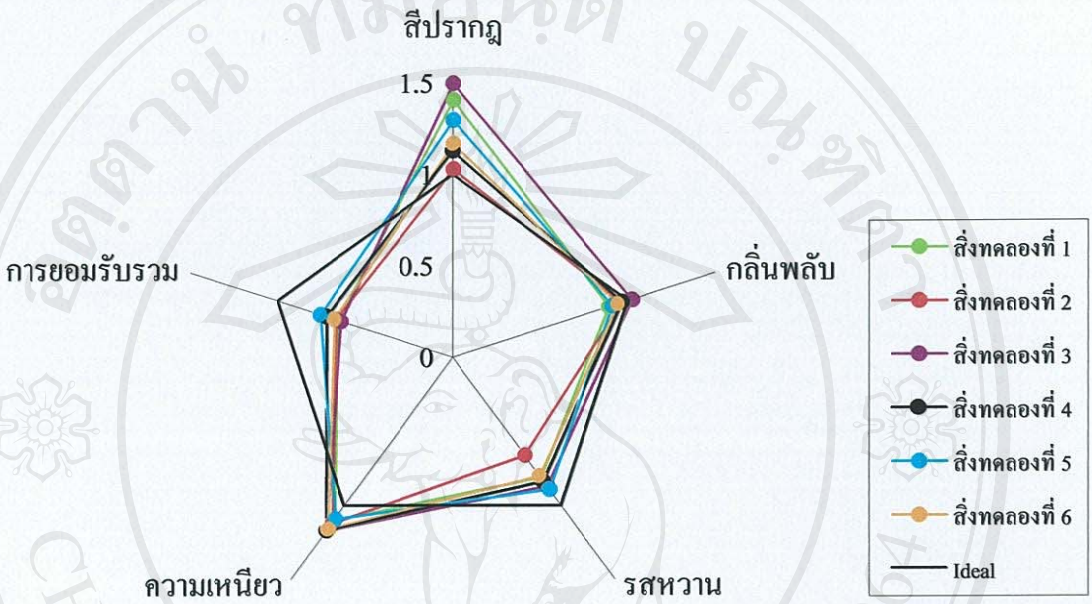
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.13 แสดงผลของกรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบทต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของพลับกึ่งแห้ง พบว่าพลับกึ่งแห้งมีค่าสี L (ความสว่าง) ค่าสี a* (สีแดง) ค่าสี b* (สีเหลือง) อยู่ในช่วง 29.59-39.13, 11.16-14.44 และ 16.50-27.16 ตามลำดับ ส่วนแรงเฉือนมีค่าอยู่ระหว่าง 23.88-42.67 นิวตันโดยแรงเฉือนจะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้กรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบทระดับต่ำและมีค่าสูงสุดเมื่อใช้กรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบทระดับกึ่งกลาง สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างของพลับกึ่งแห้งอยู่ในช่วง 4.34-5.11 โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้กรดซิตริคระดับสูงและใช้โซเดียมอีริทอร์เบทระดับต่ำ และมีค่าสูงสุดเมื่อใช้กรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบทในระดับต่ำ โซเดียมอีริทอร์เบทเป็นสารรีดิวซิงป้องกันการเสื่อมสลายของสีได้ ส่วนกรดซิตริคมีคุณสมบัติเป็นกรดทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง และเป็นสารจับโลหะโดยไปจับกับคอปเปอร์บริเวณ active site ของ PPO ทำให้สามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ได้ (Lee *et al.*, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับ Gomez-Lopez (2002) ที่รายงานว่า การจุ่มอะโวคาโดในสารละลายที่ประกอบด้วยกรดแอสคอร์บิคและกรดซิตริคร้อยละ 1 มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้นาน 15 วัน

ตาราง 4.14 แสดงผลของกรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบทต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของพลับกึ่งแห้ง พบว่าค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏมีค่าอยู่ในช่วง 1.03-1.41 การใช้กรดซิตริคระดับสูงและโซเดียมอีริทอร์เบทระดับต่ำทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีเข้าใกล้ค่าในอุดมคติมากที่สุด ส่วนการใช้กรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบทในระดับต่ำทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีมากกว่าค่าในอุดมคติคือมีสีน้ำตาล ส่วนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นพลับพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติคืออยู่ในช่วง 0.89-1.02 สำหรับรสหวานมีค่าคะแนนอยู่ในช่วง 0.66-0.89 หมายความว่าผลิตภัณฑ์มีรสหวานแตกต่างกันมาก โดยการใช้กรดซิตริคในระดับสูงและโซเดียมอีริทอร์เบทระดับต่ำทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวานน้อยที่สุด เนื่องจากมีรสเปรี้ยวจากกรดซิตริค สอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-ด่างของพลับกึ่งแห้งที่เป็น 4.34 ผลิตภัณฑ์มีรสหวานสูงสุดเมื่อใช้กรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบทระดับกึ่งกลาง ความเหนียวของพลับกึ่งแห้งมีค่าคะแนนอยู่ในช่วง 1.09-1.18 หมายความว่าผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสแข็งมากกว่าที่ผู้บริโภคต้องการ โดยค่าคะแนนด้านความเหนียวต่ำที่สุดเมื่อใช้กรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบทระดับกึ่งกลาง และมีความเหนียวสูงสุดเมื่อใช้กรดซิตริคระดับต่ำและโซเดียมอีริทอร์เบทระดับสูง ส่วนการยอมรับรวมมีค่าคะแนนอยู่ในช่วง 0.64-0.76 ซึ่งการยอมรับรวมต่ำสุดเมื่อใช้กรดซิตริคระดับต่ำและโซเดียมอีริทอร์เบทระดับสูง และมีค่าสูงสุดเมื่อใช้ระดับกึ่งกลาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสูตรมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม ดังภาพ 4.6



ภาพ 4.6 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์พลับกึ่งแห้งจากการแปรปริมาณกรดซิตริคและโซเดียม-อีริทอร์เบท

นำค่าเฉลี่ยคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ที่ได้ ไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) และหาความสัมพันธ์ของตัวแปร พบว่า กรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบทมีผลต่อคุณภาพต่าง ๆ ของพลับกึ่งแห้งดังสมการ (Coded equation) ต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมการถดถอยที่ยังไม่ถอดรหัส		R^2
ลักษณะทางเคมี		
ความเป็นกรด-ด่าง	= 4.728-0.275(CA)	0.7130
ลักษณะทางประสาทสัมผัส		
สีปรากฏ	= 1.257–0.188(CA)	0.8810

หมายเหตุ : CA หมายถึง ปริมาณของกรดซิตริค (ร้อยละ)
R^2 คือ Coefficient of determination

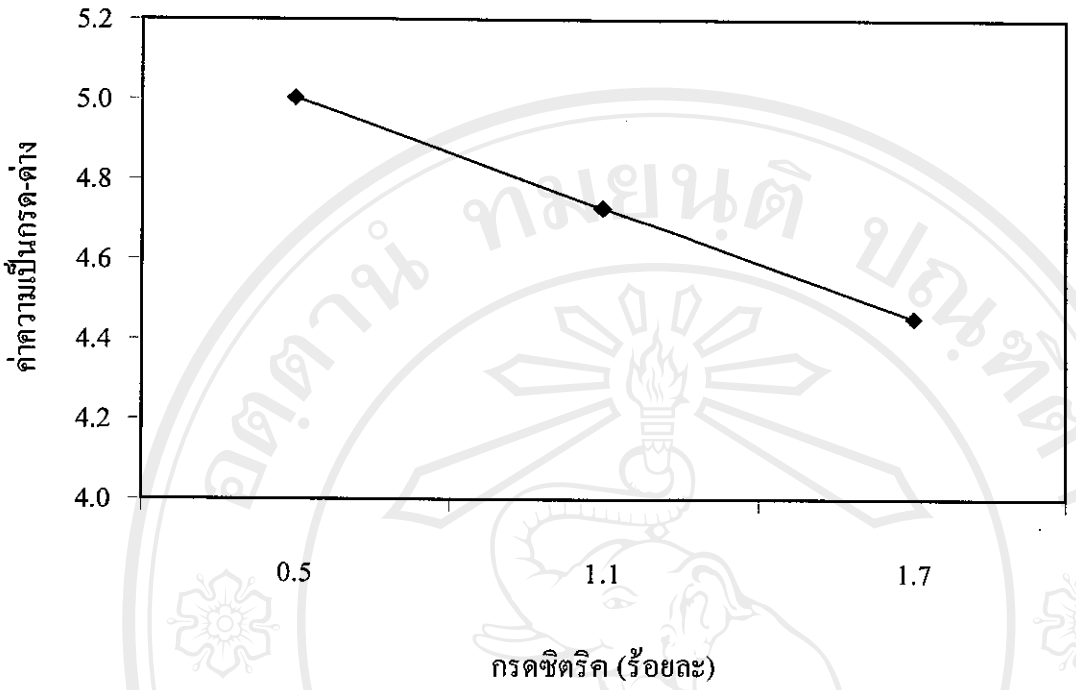
สมการที่ได้เป็นสมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equation) ต้องทำการถอดรหัสของตัวแปรอิสระ (กรดซิตริค) ให้อยู่ในรูปสมการถอดรหัส (Decoded equation) เพื่อนำไปทำนายระดับการใช้ที่เหมาะสมของกรดซิตริค

สมการถดถอยถอดรหัส		R^2
ลักษณะทางเคมี		
ความเป็นกรด-ด่าง	= 5.232-0.458(CA)	0.7130
ลักษณะทางประสาทสัมผัส		
สีปรากฏ	= 1.601–0.313(CA)	0.8810

หมายเหตุ : CA หมายถึง ปริมาณของกรดซิตริค (ร้อยละ)
R^2 คือ Coefficient of determination

ภาพ 4.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดซิตริคและค่าความเป็นกรด-ด่างของพลับกึ่งแห้ง มีความสัมพันธ์กันแบบสมการเส้นตรง เมื่อใช้กรดซิตริคปริมาณสูงขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง

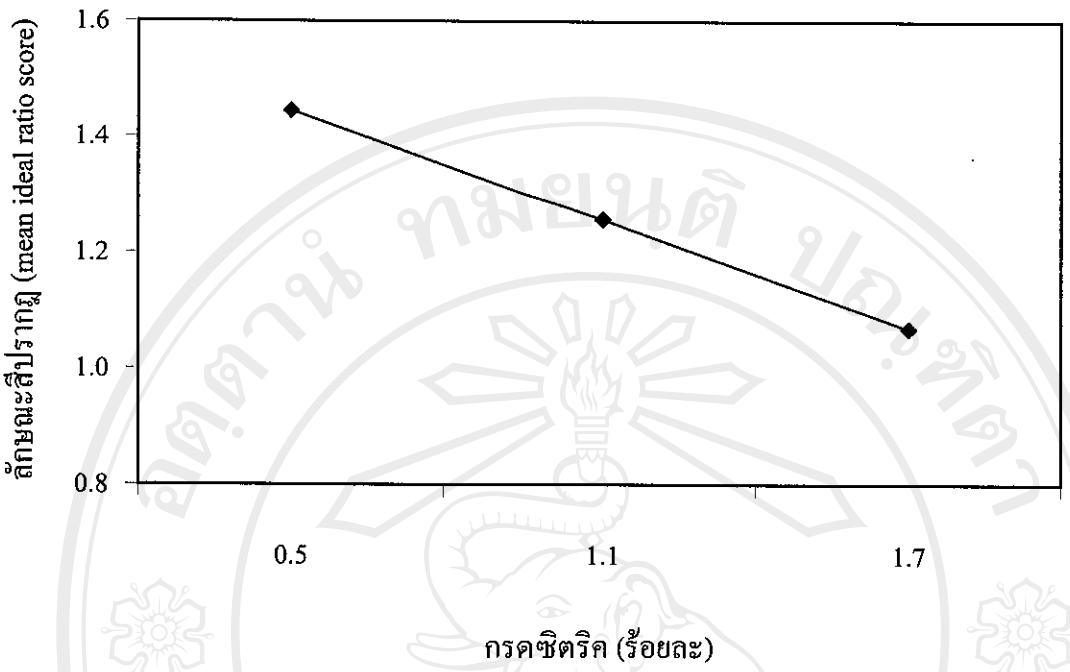
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกรดซิตริคและค่าความเป็นกรด-ด่าง

นำสมการถดถอยของค่าคะแนนการยอมรับด้านสีปรากฏมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ ดังภาพ 4.8 เพื่อหาปริมาณของกรดซิตริคที่ทำให้ค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏเข้าใกล้ค่าในอุดมคติหรือใกล้เคียงกับ 1.00 มากที่สุด พบว่าการใช้กรดซิตริคระดับสูงคือร้อยละ 1.7 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏเข้าใกล้ค่าในอุดมคติมากที่สุดคือ 1.06 สำหรับโซเดียม-อีริทอร์เบทจะเลือกใช้ร้อยละ 1.7 เนื่องจากทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าคะแนนการยอมรับรวมสูงคือ 0.72 อีกทั้งค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานเข้าใกล้ค่าในอุดมคติคือ 0.84 เพราะไม่มีรสเปรี้ยวจากกรดซิตริค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกรดซิตริคและค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏ

ผลการทดลองตอนที่ 4.1-4.2.2 ทำให้ทราบปริมาณที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อการต้านการเกิดสีน้ำตาล คือ

- 4-เฮกซิลเรโซซินอล	100 ส่วนในล้านส่วน
- กรดแอสคอร์บิค	ร้อยละ 2.0
- กรดซิตริค	ร้อยละ 1.7
- โซเดียมอีริทอร์เบท	ร้อยละ 1.7
- โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต	ร้อยละ 0.5

การเตรียมสารละลาย จะใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนักกับปริมาณพลับที่ต้องการแช่ เช่น เมื่อต้องการแช่พลับ 1 กิโลกรัม ต้องใช้น้ำ 1 กิโลกรัมหรือ 1 ลิตรในการละลายสารต้านการเกิดสีน้ำตาลทั้ง 5 ชนิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 ศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการแช่พลับในสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาล

เมื่อหาสูตรของสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลที่เหมาะสมได้แล้ว การทดลองขั้นต่อไปนี้จะเป็นการศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการแช่พลับในสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาล วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with central composite design มีจำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 10 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตาราง 4.15

ตาราง 4.15 สิ่งทดลองสำหรับการหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมของการแช่พลับในสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาล

สิ่งทดลอง	รหัส	อุณหภูมิ		เวลา	
		ระดับ	องศาเซลเซียส	ระดับ	นาที
1	(1)	-1	31	-1	14
2	a	+1	47	-1	14
3	b	-1	31	+1	36
4	ab	+1	47	+1	36
5	$-\alpha a$	$-\alpha$	28	0	25
6	$+\alpha a$	$+\alpha$	50	0	25
7	$-\alpha b$	0	39	$-\alpha$	10
8	$+\alpha b$	0	39	$+\alpha$	40
9	cp1	0	39	0	25
10	cp2	0	39	0	25

ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตาราง 4.16 และ 4.17

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.16 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของพลับกึ่งแห้งที่แช่ในสารละลายด้านการเกิดสีน้ำตาลที่แปรอุณหภูมิและเวลาในการแช่

สิ่งทดลอง		ค่าสี			แรงเฉือน	ความเป็นกรด-ด่าง
Temp	Time	L	a*	b*	(นิวตัน)	(pH)
31	14	34.83 ± 0.28	18.37 ± 0.04	28.96 ± 0.05	15.13 ± 0.16	5.09 ± 0.02
47	14	37.73 ± 0.14	13.76 ± 0.19	19.43 ± 0.08	23.16 ± 0.10	4.75 ± 0.03
31	36	37.86 ± 0.05	13.82 ± 0.25	21.49 ± 0.14	30.01 ± 0.19	4.59 ± 0.01
47	36	40.58 ± 0.26	13.10 ± 0.17	26.89 ± 0.11	34.92 ± 0.29	4.42 ± 0.01
28	25	30.51 ± 0.25	16.07 ± 0.15	25.00 ± 0.09	18.86 ± 0.17	4.87 ± 0.02
50	25	39.13 ± 0.11	13.10 ± 0.28	16.82 ± 0.18	26.48 ± 0.28	4.76 ± 0.02
39	10	34.01 ± 0.21	16.54 ± 0.16	27.29 ± 0.21	26.16 ± 0.15	5.08 ± 0.01
39	40	32.90 ± 0.28	14.70 ± 0.07	21.80 ± 0.15	21.92 ± 0.20	4.54 ± 0.02
39	25	33.58 ± 0.20	15.19 ± 0.12	27.82 ± 0.22	22.86 ± 0.16	4.68 ± 0.03
39	25	32.75 ± 0.08	15.31 ± 0.16	24.09 ± 0.14	29.33 ± 0.17	4.49 ± 0.01

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Temp หมายถึง อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

Time หมายถึง เวลา (นาที)

ตาราง 4.16 แสดงผลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของพลับกึ่งแห้ง พบว่าพลับกึ่งแห้งมีค่าสี L (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 30.51-40.58 โดยมีความสว่างต่ำสุดเมื่อใช้อุณหภูมิต่ำที่สุดและเวลาในการแช่ระดับกึ่งกลาง และให้ความสว่างมากที่สุดเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการแช่ระดับสูง ค่าสี a* (สีแดง) มีค่าอยู่ในช่วง 13.10-18.37 ซึ่งมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการแช่ระดับสูงและให้ค่าสูงสุดเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการแช่ระดับต่ำ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี L ที่ลดลงและค่าสี a* ที่เพิ่มขึ้นคือบ่งบอกถึงผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลมากขึ้น ค่าสี b* (สีเหลือง) มีค่าอยู่ในช่วง 16.82-28.96 โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้อุณหภูมิสูงสุดและเวลาในการแช่ระดับกึ่งกลาง ให้ค่าสีเหลืองสูงสุดเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการแช่ระดับต่ำ ค่าแรงเฉือนมีค่าอยู่ในช่วง 15.13-34.92 นิวตัน โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการแช่ระดับต่ำและมีค่าสูงสุดเมื่อใช้ระดับสูง คุณภาพทางเคมี คือค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 4.42-5.09 โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการแช่ระดับสูงและให้ค่าสูงสุดเมื่อใช้ระดับต่ำ การแช่ทำให้เนื้อเยื่อของพลับนิ่ม เมื่อใช้อุณหภูมิสูงและเวลาในการแช่นานทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสว่างสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำซึ่งสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ เวลาในการแช่ที่นานทำให้สารละลายซึมผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อได้มากและดูดซับไว้มาก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยว นอกจากนี้อุณหภูมิของสารละลายที่สูงทำให้เนื้อเยื่อของพลับและเกิดปัญหาสำหรับการเรียงพลับในเครื่องทำแห้ง

ตาราง 4.17 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของพลับกึ่งแห้งที่แช่ในสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลที่แปรอุณหภูมิและเวลาในการแช่

สิ่งทดลอง		คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส				
Temp	Time	สีปรากฏ	กลิ่นพลับ	รสหวาน	ความเหนียว	การยอมรับรวม
31	14	1.02 ± 0.05	0.99 ± 0.12	0.81 ± 0.16	0.77 ± 0.09	0.63 ± 0.11
47	14	1.16 ± 0.19	0.97 ± 0.13	1.03 ± 0.15	1.05 ± 0.18	0.72 ± 0.08
31	36	1.18 ± 0.13	0.95 ± 0.09	0.85 ± 0.17	1.00 ± 0.04	0.76 ± 0.12
47	36	1.15 ± 0.23	0.94 ± 0.15	0.79 ± 0.14	1.22 ± 0.13	0.66 ± 0.17
28	25	1.10 ± 0.09	1.00 ± 0.10	1.08 ± 0.20	0.98 ± 0.07	0.75 ± 0.10
50	25	1.08 ± 0.14	0.98 ± 0.09	0.85 ± 0.04	1.16 ± 0.16	0.71 ± 0.05
39	10	1.23 ± 0.20	0.97 ± 0.08	0.80 ± 0.15	1.03 ± 0.06	0.65 ± 0.09
39	40	1.09 ± 0.18	0.98 ± 0.11	0.78 ± 0.08	1.07 ± 0.13	0.70 ± 0.14
39	25	1.05 ± 0.08	0.95 ± 0.14	0.98 ± 0.11	1.01 ± 0.17	0.81 ± 0.12
39	25	1.03 ± 0.12	1.01 ± 0.05	0.99 ± 0.15	1.05 ± 0.09	0.79 ± 0.08

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Temp หมายถึง อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

Time หมายถึง เวลา (นาที)

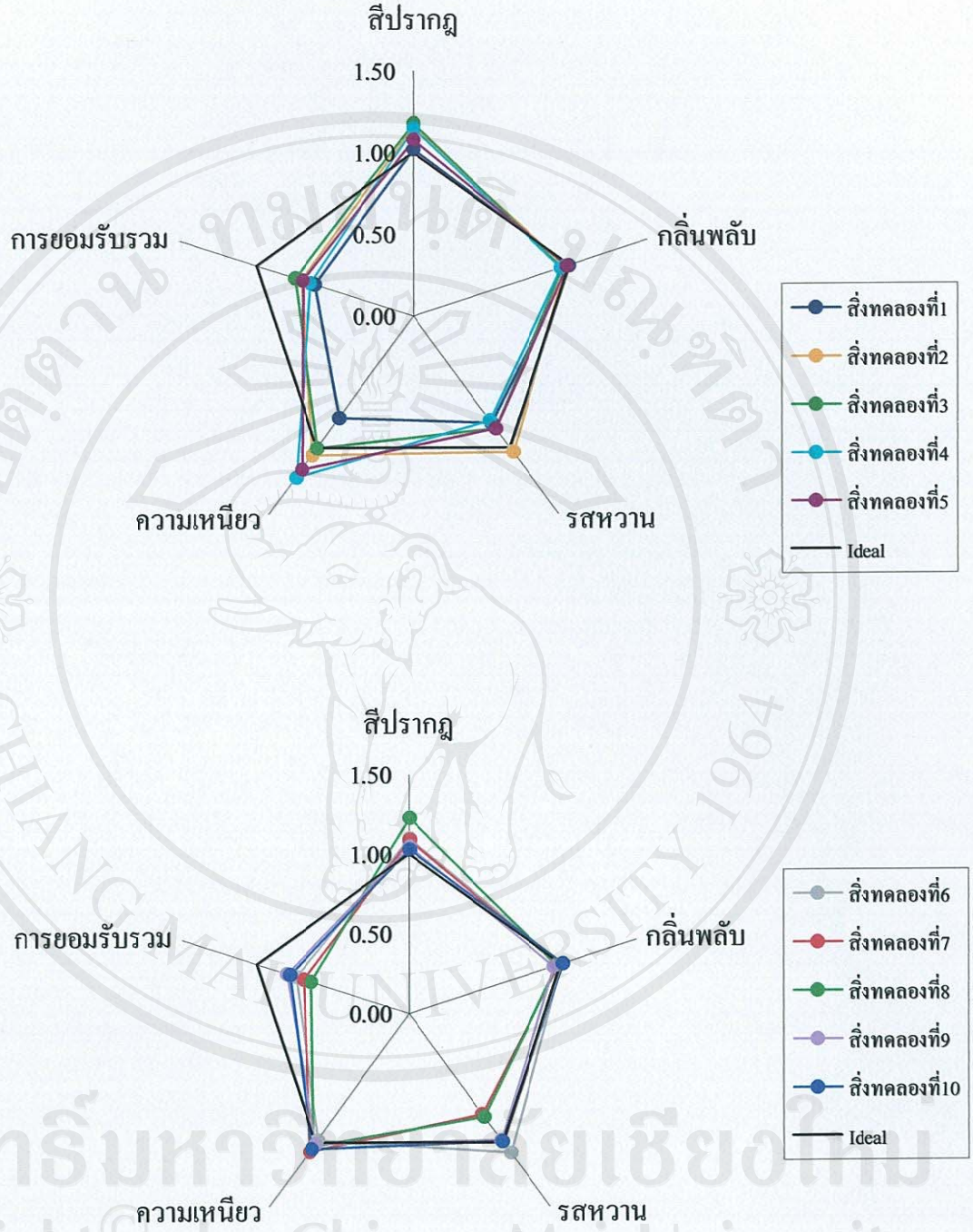
ตาราง 4.17 แสดงผลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของพลับกึ่งแห้ง พบว่าค่าคะแนนการยอมรับด้านสีปรากฏมีค่าอยู่ในช่วง 1.02-1.23 ซึ่งการใช้อุณหภูมิและเวลาในการแช่ระดับต่ำทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีเข้าใกล้ค่าในอุดมคติมากที่สุด และการใช้อุณหภูมิระดับกึ่งกลางเวลาต่ำสุดในการแช่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีมากกว่าค่าในอุดมคติมากคือผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเกิดขึ้น ส่วนกลิ่นพลับพบว่ามีค่าใกล้เคียงค่าในอุดมคติคืออยู่ในช่วง 0.94-1.01 รสหวานมีค่าคะแนนอยู่ในช่วง 0.78-1.08 แสดงถึงผลิตภัณฑ์มีรสหวานแตกต่างกันมาก โดยมีรสหวานต่ำสุดเมื่อใช้อุณหภูมิปานกลางเวลาในการแช่ระดับสูงสุด และให้รสหวานสูงสุดเมื่อใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิต่ำที่สุดและเวลาในการแช่ระดับกึ่งกลาง ความเหนียวของพลับกึ่งแห้งมีค่าคะแนนอยู่ในช่วง 0.77-1.22 ซึ่งสอดคล้องกับค่าแรงเฉือน กล่าวคือมีความเหนียวต่ำสุดเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการแช่ระดับต่ำ และมีค่าสูงสุดเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการแช่ระดับสูง การยอมรับรวมมีค่าคะแนนอยู่ในช่วง 0.63-0.81 ซึ่งการยอมรับรวมต่ำสุดเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการแช่ระดับต่ำและมีค่าสูงสุดเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการแช่ระดับกึ่งกลาง

นำค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสูตรมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม ดังภาพ 4.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.9 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์พลับกึ่งแห้งจากการแปรอุณหภูมิและเวลาในการแช่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำค่าเฉลี่ยคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ที่ได้ ไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) และหาความสัมพันธ์ของตัวแปร พบว่าอุณหภูมิและเวลาในการแช่มีผลต่อคุณภาพต่าง ๆ ดังสมการ (Coded equation) ต่อไปนี้

สมการถดถอยที่ยังไม่ถอดรหัส		R^2
ลักษณะทางเคมี		
ความเป็นกรด-ด่าง	= 4.727-0.199(time)	0.6550
ลักษณะทางประสาทสัมผัส		
รสหวาน	= $0.971-0.094(time)^2$	0.4400
ความเหนียว	= 1.034+0.09(temp)+0.06(time)	0.7680
การยอมรับรวม	= $0.800+0.02(time)-0.048(temp)(time)-0.038(temp)^2$ $-0.065(time)^2$	0.9620

หมายเหตุ : Temp หมายถึง อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
Time หมายถึง เวลา (นาที)
R^2 คือ Coefficient of determination

สมการ Coded equation ทั้ง 4 สมการไม่สามารถนำมาใช้บอกความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่ได้ทั้งหมด เนื่องจากมีบางสมการมีค่า R^2 ต่ำ ได้แก่สมการความสัมพันธ์ของค่าความเป็นกรด-ด่าง และสมการความสัมพันธ์ของรสหวาน จึงไม่นำสองสมการนี้ไปถอดรหัสเพราะไม่สามารถทำนายความสัมพันธ์ได้อย่างเหมาะสม แต่ทั้งสองสมการนี้สามารถบอกแนวโน้มของความสัมพันธ์ได้ จากสมการความสัมพันธ์ของค่าความเป็นกรด-ด่างทำให้ทราบว่าเมื่อเวลาในการแช่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง สมการความสัมพันธ์ของรสหวานอธิบายได้ว่าเมื่อเวลาในการแช่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าคะแนนการยอมรับด้านรสหวานลดลง จะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกัน คือเมื่อเวลาในการแช่เพิ่มขึ้นทำให้ความเป็นกรด-ด่างลดลงแสดงถึงผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวส่งผลให้การยอมรับด้านรสหวานลดลง ทั้งนี้เพราะเมื่อใช้เวลาในการแช่เพิ่มขึ้นทำให้สารละลายแพร่เข้าไปในเนื้อเยื่อของพลับได้มากขึ้น ทำให้พลับมีการดูดซึมสารละลายเข้าไปมากส่งผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมการถดถอยถอดรหัส		R^2
ลักษณะทางประสาทสัมผัส		
ความเหนียว	= 0.6327 - 0.0078(temp) + 0.004(time)	0.7680
การยอมรับรวม	= -0.1076+ 0.0291(temp) +0.0265(time) -0.0003(temp) (time) – $0.0003(temp)^2$-$0.0003(time)^2$	0.9620

หมายเหตุ : Temp หมายถึง อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
Time หมายถึง เวลา (นาที)
R^2 คือ Coefficient of determination

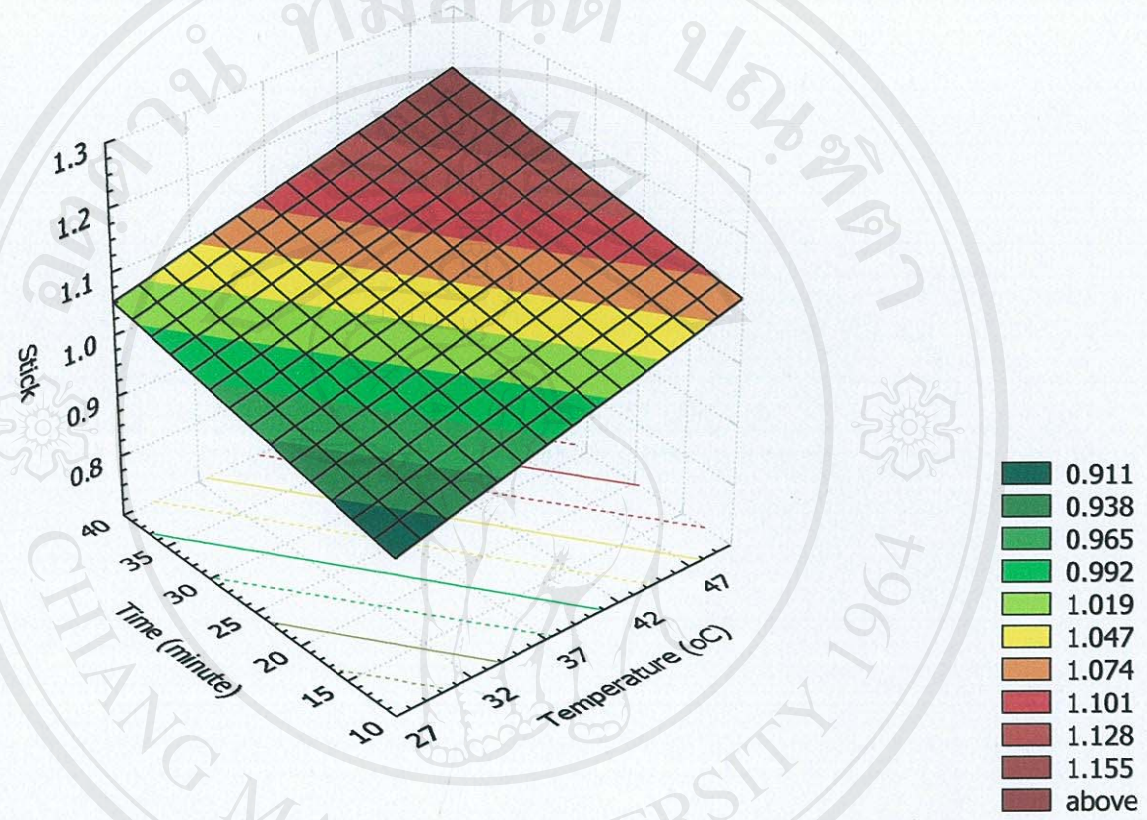
นำสมการถอดรหัสของคุณภาพด้านประสาทสัมผัสสร้างกราฟพื้นที่ตอบสนอง (Response surface) ดังภาพ 4.10 และ 4.11 สมการสามารถนำไปทำนายระดับของอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการแช่พลับในสารละลายสารต้านการเกิดสีน้ำตาลได้ดังตาราง 4.18

ตาราง 4.18 การทำนายค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวและการยอมรับรวมของพลับกึ่งแห้งที่แช่ในสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลที่แปรอุณหภูมิและเวลาในการแช่

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	คะแนนความชอบ	
		ความเหนียว	การยอมรับรวม
30	25	0.97	0.74
31	26	0.98	0.75
32	27	0.99	0.75
33	28	1.00	0.76
34	29	1.01	0.76
35	30	1.03	0.75

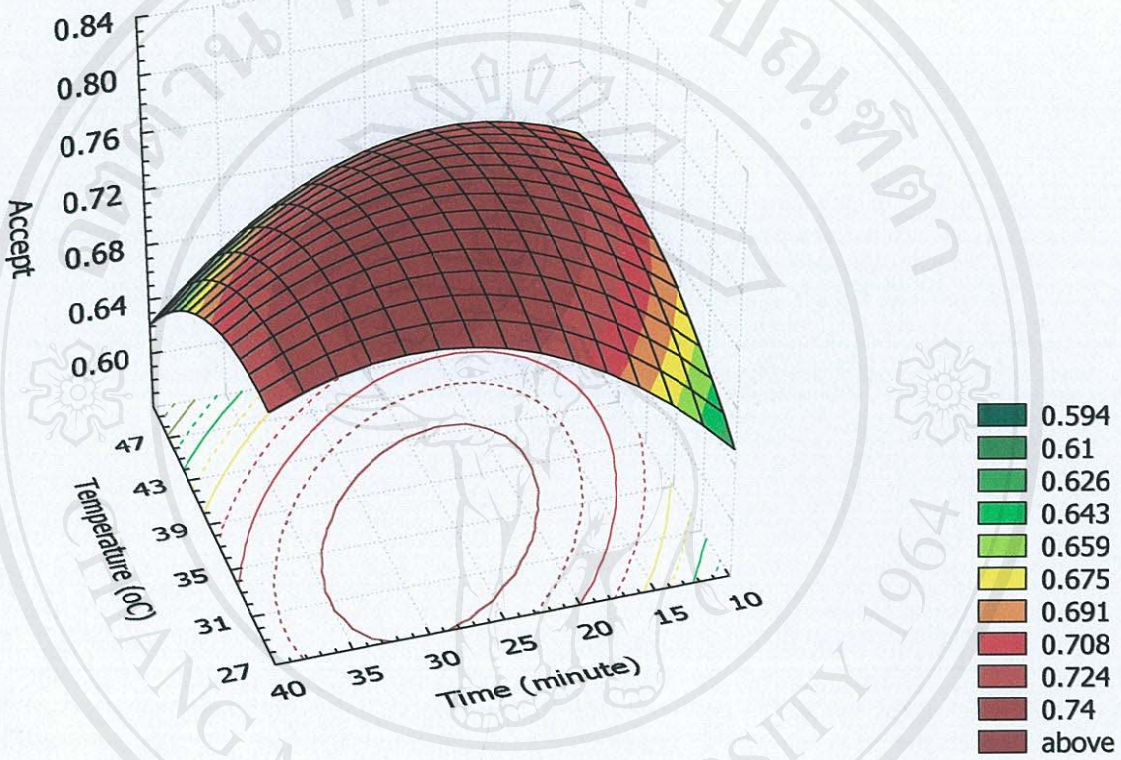
ภาพ 4.10, 4 .11 และตาราง 4.18 ทำให้สามารถสรุปได้ว่าควรแช่พลับในสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลที่มีอุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 นาที เพราะทำให้คะแนนลักษณะด้านความเหนียวและการยอมรับรวมเข้าใกล้ค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ 1.00 และ 0.76 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.10 กราฟพื้นที่ตอบสนองของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ต่อลักษณะด้านความเหนียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.11 กราฟพื้นที่ตอบสนองของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ต่อการยอมรับรวม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 ศึกษาวิธีการทำแห้งที่เหมาะสมของพลับกึ่งแห้ง

กระบวนการทำแห้งมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จึงศึกษาหาวิธีการทำแห้ง โดยเปรียบเทียบวิธีการทำแห้ง 2 วิธี คือ การทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ และเครื่องอบแห้งแบบถาด หาเวลาในการทำแห้งเพื่อให้พลับมีปริมาณน้ำเหลือร้อยละ 30 และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ เพื่อให้ได้วิธีการทำแห้งที่เหมาะสมและนำไปใช้ในกระบวนการผลิตพลับกึ่งแห้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นำพลับที่ผ่านการพัฒนากระบวนการแช่สารต้านการเกิดสีน้ำตาลจากการทดลองตอนที่ 4.1 ถึง 4.3 มาทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดและเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ โดยเริ่มต้นอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสนาน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นลดอุณหภูมิในการอบเป็น 40 องศาเซลเซียสจนสิ้นสุดการทดลอง ในระหว่างการทำแห้งจะทำสมดุลน้ำทุกๆ 8 ชั่วโมง เป็นเวลาครั้งละ 2 ชั่วโมง และมีการบีบนวดพลับระหว่างการทำสมดุลน้ำ ทำการชั่งน้ำหนักของพลับในระหว่างการทำแห้ง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แล้วสร้างกราฟการทำแห้งระหว่างปริมาณความชื้น (กรัมต่อกรัมของแข็ง) ต่อเวลา และกราฟการทำแห้งระหว่างน้ำหนักต่อเวลา

การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด

ภาพ 4.12 และ 4.13 พบว่าในช่วง 30 ชั่วโมงแรกของการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด พลับมีการระเหยของน้ำมากและเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ทำให้ปริมาณความชื้นและน้ำหนักของพลับลดลงอย่างรวดเร็ว กราฟมีลักษณะชันมาก ทั้งนี้เนื่องจากพลับมีปริมาณน้ำสูง เมื่อได้รับความร้อนทำให้มีการระเหยของน้ำออกไปอย่างรวดเร็ว อีกทั้งในกระบวนการผลิต มีขั้นตอนการแช่พลับในสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลก่อนนำมาทำแห้ง ซึ่งมีผลทำให้เนื้อเยื่อของพลับมีรูพรุนมากขึ้น ทำให้การเคลื่อนย้ายของน้ำเกิดขึ้นอย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่ เรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่าช่วงอัตราการทำแห้งที่คงที่ การทำสมดุลน้ำทุกๆ 8 ชั่วโมง เป็นเวลาครั้งละ 2 ชั่วโมงในระหว่างการทำแห้งจะช่วยให้น้ำระเหยออกมาได้ง่าย รวมทั้งมีการบีบนวดผลพลับระหว่างการทำสมดุลน้ำซึ่งเป็นการช่วยให้น้ำภายในซึมออกมาที่ผิวได้ง่ายและลดการเกิดปัญหาความแข็งกระด้างของเนื้อพลับ เมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้น น้ำต้องเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ที่ช้าลง ทำให้เกิดการระเหยได้ช้า เรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่า ช่วงอัตราการทำแห้งลดลง ความชันของกราฟต่ำ แสดงถึงน้ำมีการระเหยน้อยลง เนื่องจากความชื้นในพลับลดต่ำลงจนเข้าใกล้ความชื้นสมดุล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.19 ปริมาณความชื้นและน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป ในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่าง ๆ ของพลับกึ่งแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบถาด

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาณความชื้น (กรัมต่อกรัมของแข็ง)	
			เฉลี่ย
0	859.5	5.39	
0.083	858.0	5.38	5.39
0.17	856.5	5.37	5.38
0.25	854.5	5.36	5.36
0.33	849.0	5.32	5.34
0.42	845.0	5.29	5.30
0.50	843.5	5.27	5.28
0.67	840.5	5.25	5.26
0.83	837.0	5.23	5.24
1	832.5	5.19	5.21
1.5	815.0	5.06	5.13
2	806.0	5.00	5.03
3	787.5	4.86	4.93
4	768.0	4.71	4.79
5	741.5	4.52	4.61
6	721.0	4.36	4.44
7	700.0	4.21	4.29
8	680.0	4.06	4.13
9	650.5	3.84	3.95
10	631.0	3.69	3.77
11	616.5	3.59	3.64
12	598.0	3.45	3.52
13	587.0	3.37	3.41
14	571.5	3.25	3.31
15	557.5	3.15	3.20
16	544.5	3.05	3.10
18	507.5	2.78	2.91
20	478.5	2.56	2.67
22	453.0	2.37	2.46
24	435.0	2.24	2.30
26	404.5	2.01	2.12
28	384.5	1.86	1.93
30	367.5	1.73	1.80
32	348.5	1.59	1.66
34	329.5	1.45	1.52

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

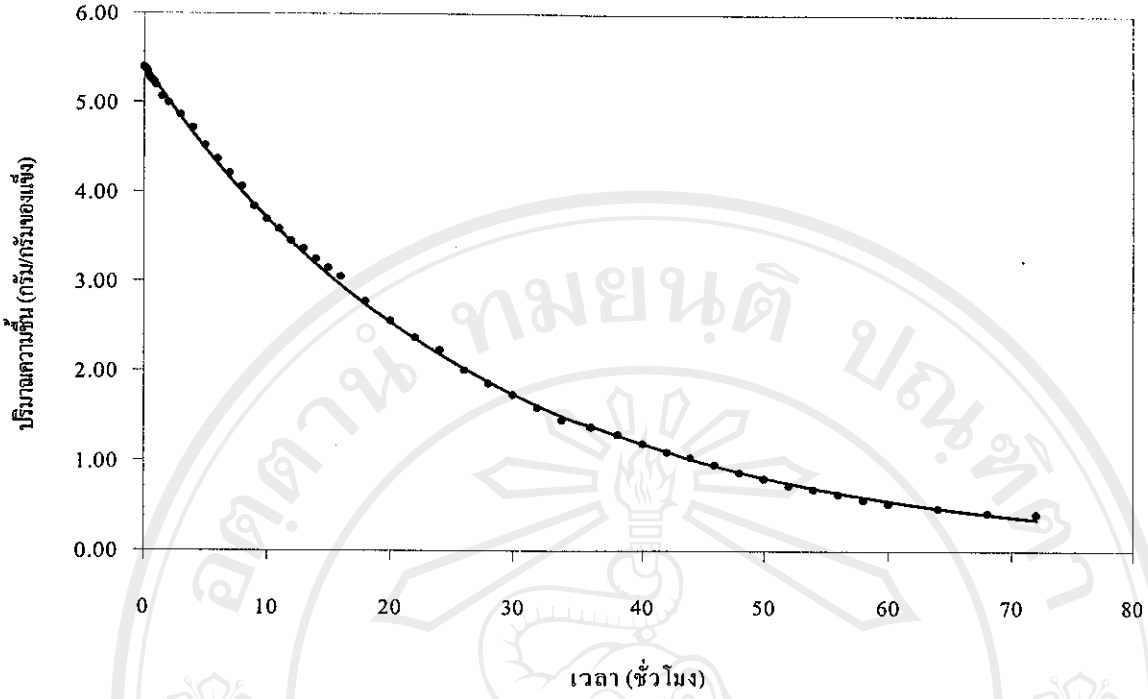
ตาราง 4.19 (ต่อ) ปริมาณความชื้นและน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป ในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่าง ๆ ของพลับกึ่งแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบถาด

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาณความชื้น (กรัมต่อกรัมของแข็ง)	
			เฉลี่ย
36	320.0	1.38	1.42
38	308.5	1.29	1.34
40	295.0	1.19	1.24
42	282.5	1.10	1.15
44	274.5	1.04	1.07
46	263.5	0.96	1.00
48	252.0	0.87	0.92
50	243.0	0.81	0.84
52	232.5	0.73	0.77
54	227.0	0.69	0.71
56	219.5	0.63	0.66
58	211.0	0.57	0.60
60	205.5	0.53	0.55
64	198.5	0.48	0.50
68	191.5	0.42	0.45
72	189.5	0.41	0.42

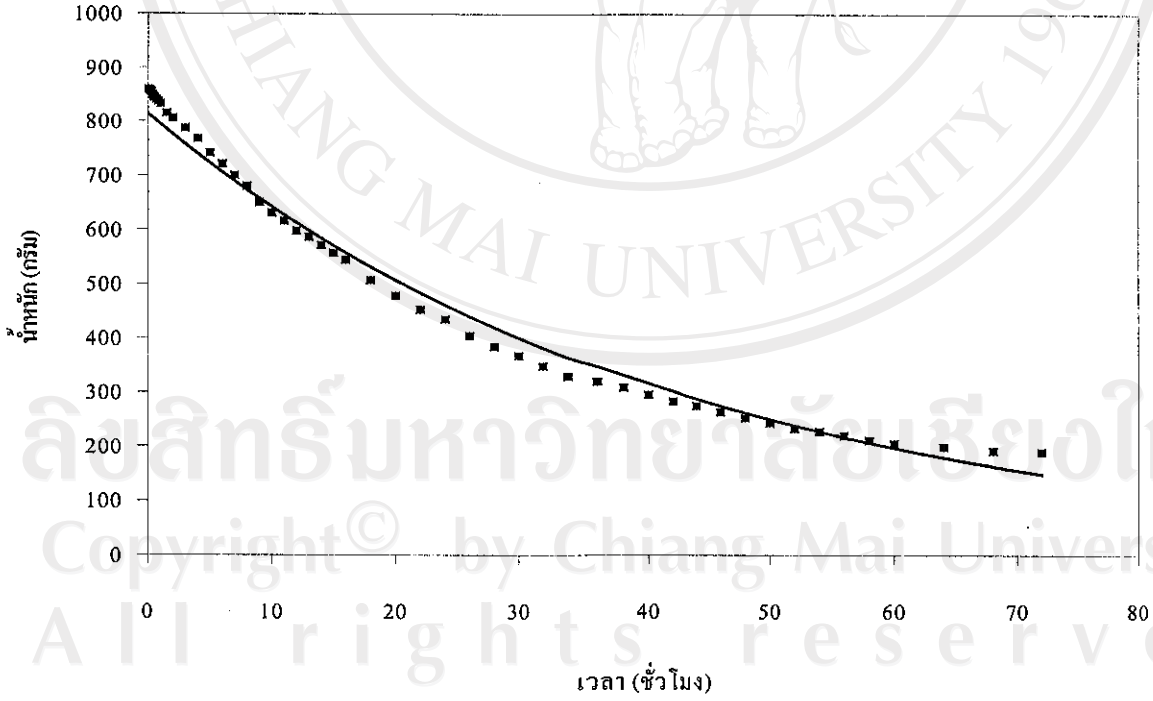
หมายเหตุ :

- อบพลับที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจนสิ้นสุดการทดลอง
- ทำสมดุลน้ำทุกๆ 8 ชั่วโมง เป็นเวลาครั้งละ 2 ชั่วโมง
- ความชื้นสัมพัทธ์ของอุณหภูมิห้องเป็นร้อยละ 70 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศขาเข้า (45 องศาเซลเซียส) เป็นร้อยละ 34 ; (40 องศาเซลเซียส) เป็นร้อยละ 40 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศขาออก (45 องศาเซลเซียส) เป็นร้อยละ 34 ; (40 องศาเซลเซียส) เป็นร้อยละ 40
- อัตราเร็วลมเท่ากับ 1.4 เมตรต่อวินาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.12 กราฟการทำแห้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและเวลาในการทำแห้งพลับกึ่งแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด



ภาพ 4.13 กราฟการทำแห้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและเวลาในการทำแห้งพลับกึ่งแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการทำแห้งพลับกึ่งแห้งนั้นต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำร้อยละ 30 ซึ่งเป็นปริมาณน้ำของอาหารกึ่งแห้ง คำนวณเป็นปริมาณความชื้น (Dry weight basis) ได้ดังนี้

ปริมาณความชื้น (กรัมต่อกรัมของแข็ง) = 30 / (100-30)

= 0.428

ปริมาณน้ำเริ่มต้นของพลับก่อนการทำแห้งเท่ากับร้อยละ 84.36 เมื่อคำนวณเป็นปริมาณความชื้น (Dry basis) ได้เท่ากับ 5.39 กรัมต่อกรัมของแข็ง ดังนั้นการทำให้ปริมาณน้ำในพลับเหลือร้อยละ 30 หรือมีปริมาณความชื้น (กรัมต่อกรัมของแข็ง) 0.428 โดยใช้อุณหภูมิต่ำคือ 40-45 องศาเซลเซียสเพื่อป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ต้องใช้เวลานานในการทำแห้ง

การหาเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้ง หาได้โดยนำปริมาณความชื้น (กรัมต่อกรัมของแข็ง) ที่เปลี่ยนแปลงไป ณ เวลาต่าง ๆ มาหาสมการความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

ปริมาณความชื้น = 4.781 – 0.079 (เวลา) $R^2 = 0.9170$

ดังนั้นเมื่อแทนค่าในสมการเพื่อหาเวลาในการทำแห้งพลับให้มีปริมาณความชื้น 0.428 กรัมต่อกรัมของแข็ง พบว่าเวลาในการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดคือ 55 ชั่วโมง 5 นาที แต่ในทุกๆ 8 ชั่วโมงระหว่างการทำแห้ง ต้องมีการทำสมดุลน้ำ 1 ครั้ง ทำครั้งละ 2 ชั่วโมง ดังนั้นในการทำแห้งพลับที่ใช้เวลา 55 ชั่วโมง 5 นาที จึงต้องทำสมดุลน้ำทั้งหมด 6 ครั้งโดยประมาณ คือ 12 ชั่วโมง ฉะนั้นเวลาในการทำแห้งทั้งหมดจึงเป็น 67 ชั่วโมง 5 นาที จึงจะได้พลับกึ่งแห้งที่มีปริมาณน้ำร้อยละ 30

สำหรับน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป ณ เวลาต่าง ๆ ในการทำแห้งนำมาหาสมการความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

น้ำหนัก = 777.092 – 10.607 (เวลา) $R^2 = 0.9170$

สมการความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถนำมาทำนายเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งได้จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (กรัมต่อกรัมของแข็ง) และเวลา ทำให้ทราบว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เวลาในการอบแห้งพลับให้มีปริมาณน้ำร้อยละ 30 คือ 55 ชั่วโมง 5 นาที (ไม่รวมเวลาที่ใช้ในการทำสมดุลน้ำ) เมื่อนำไปแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและเวลา จะได้น้ำหนักสุดท้ายของพลับในการทำแห้งคือ 192.75 กรัม ในการทดลองใช้พลับจำนวน 6 ผลที่มีน้ำหนักรวมเริ่มต้น 859.50 กรัม น้ำหนักเฉลี่ยต่อหนึ่งผลคือ 143.25 กรัม ดังนั้นในการอบแห้งพลับ 1 ผลให้มีปริมาณน้ำร้อยละ 30 ต้องทำแห้งพลับจนเหลือน้ำหนัก 32.12 กรัม

การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ

สำหรับการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ (กรัมต่อกรัมของแข็ง) และน้ำหนักดังตาราง 4.20 ภาพ 4.14 และ 4.15 ในช่วงแรกของการทำแห้งพลับมีปริมาณความชื้นและน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปในลักษณะเดียวกันกับพลับที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว แต่การทำแห้งโดยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศจะมีปริมาณความชื้นและน้ำหนักลดลงไปมากตั้งแต่ 20 ชั่วโมงแรกของการทำแห้ง ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด เนื่องจากการทำแห้งด้วยวิธีนี้เป็นการระเหยน้ำออกจากอาหารภายใต้สุญญากาศและอุณหภูมิต่ำกว่าบรรยากาศ ดังนั้นน้ำจึงระเหยได้เร็วมาก เมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นความชันของกราฟต่ำ น้ำมีการระเหยน้อยลง เพราะความชื้นในพลับลดต่ำลงจนเข้าใกล้ความชื้นสมดุล

ปริมาณน้ำเริ่มต้นของพลับก่อนการทำแห้งเท่ากับร้อยละ 84.36 เมื่อคำนวณเป็นปริมาณความชื้น (Dry basis) ได้เท่ากับ 5.39 กรัมต่อกรัมของแข็ง ดังนั้นในการทำให้ปริมาณน้ำในพลับเหลือร้อยละ 30 หรือมีปริมาณความชื้น (กรัมต่อกรัมของแข็ง) 0.428 หาได้โดยนำปริมาณความชื้น (กรัมต่อกรัมของแข็ง) ที่เปลี่ยนแปลงไป ณ เวลาต่าง ๆ มาหาสมการความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

ปริมาณความชื้น = 3.948 – 0.088 (เวลา) $R^2 = 0.8320$

เมื่อแทนค่าในสมการเพื่อหาเวลาในการทำแห้งที่เหมาะสม พบว่าเวลาในการทำแห้งพลับกึ่งแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศคือ 40 ชั่วโมง แต่ในทุกๆ 8 ชั่วโมงระหว่างการทำแห้ง ต้องมีการทำสมดุลน้ำ 1 ครั้ง ทำครั้งละ 2 ชั่วโมง ดังนั้นในการทำแห้งพลับที่ใช้เวลา 40 ชั่วโมง จึงต้องทำสมดุลน้ำทั้งหมด 4 ครั้ง คือ 8 ชั่วโมง ฉะนั้นเวลาในการทำแห้งทั้งหมดจึงเป็น 48 ชั่วโมง จึงจะได้พลับกึ่งแห้งที่มีปริมาณน้ำร้อยละ 30

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.20 ปริมาณความชื้นและน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป ในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่างๆ ของพลับกึ่งแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาณความชื้น (กรัมต่อกรัมของแข็ง)	
			เฉลี่ย
0	890.5	5.39	
0.5	861.5	5.19	5.29
1.0	833.5	4.98	5.09
1.5	808.0	4.80	4.89
2.0	784.0	4.63	4.72
2.5	757.5	4.44	4.53
3.0	737.5	4.30	4.37
3.5	719.5	4.17	4.23
4.0	702.0	4.04	4.10
4.5	684.5	3.91	3.98
5.0	669.0	3.80	3.86
5.5	652.5	3.69	3.74
6.0	639.0	3.59	3.64
6.5	626.5	3.50	3.54
7.0	615.0	3.42	3.46
7.5	603.0	3.33	3.37
8.0	589.5	3.23	3.28
8.5	575.5	3.13	3.18
9.0	557.0	3.00	3.07
9.5	544.5	2.91	2.95
10.0	534.5	2.84	2.87
10.5	525.0	2.77	2.80
11.0	514.0	2.69	2.73
11.5	506.0	2.63	2.66
12.0	498.0	2.58	2.60
12.5	489.0	2.51	2.54
13.0	481.5	2.46	2.48
13.5	475.0	2.41	2.43
14.0	468.0	2.36	2.39
14.5	462.0	2.32	2.34
15.0	455.0	2.27	2.29
15.5	448.0	2.22	2.24
16.0	436.5	2.13	2.18
16.5	424.5	2.05	2.09
17.0	416.5	1.99	2.02

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

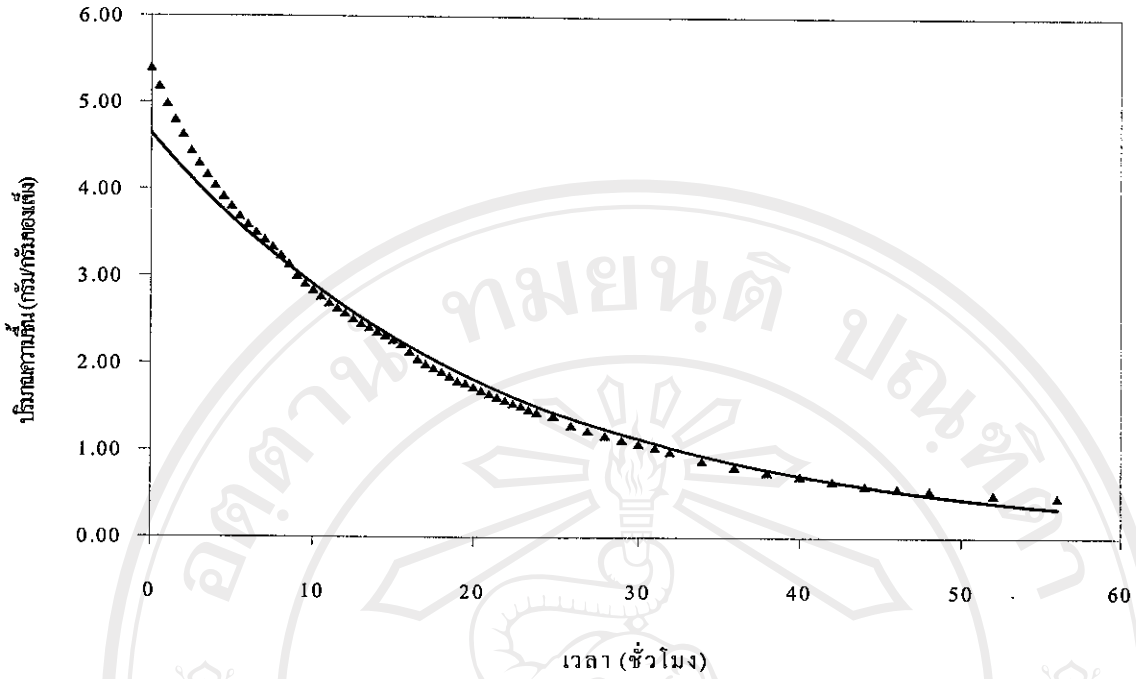
ตาราง 4.20 (ต่อ) ปริมาณความชื้นและน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป ในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่างๆ ของพลับกึ่งแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาณความชื้น (กรัมต่อกรัมของแข็ง)	
			เฉลี่ย
17.5	410.0	1.94	1.97
18.0	404.0	1.90	1.92
18.5	397.5	1.85	1.88
19.0	389.5	1.80	1.83
19.5	386.0	1.77	1.78
20.0	380.0	1.73	1.75
20.5	374.5	1.69	1.71
21.0	369.0	1.65	1.67
21.5	364.0	1.61	1.63
22.0	359.0	1.58	1.60
22.5	354.0	1.54	1.56
23.0	350.0	1.51	1.53
23.5	344.5	1.47	1.49
24.0	340.0	1.44	1.46
25.0	334.0	1.40	1.42
26.0	319.0	1.29	1.34
27.0	310.5	1.23	1.26
28.0	302.5	1.17	1.20
29.0	295.5	1.12	1.15
30.0	289.0	1.08	1.10
31.0	283.0	1.03	1.05
32.0	276.5	0.99	1.01
34.0	262.0	0.88	0.93
36.0	252.0	0.81	0.85
38.0	243.5	0.75	0.78
40.0	237.5	0.71	0.73
42.0	229.0	0.64	0.67
44.0	222.0	0.59	0.62
46.0	218.5	0.57	0.58
48.0	215.0	0.54	0.56
52.0	208.5	0.50	0.52
56.0	204.0	0.46	0.48

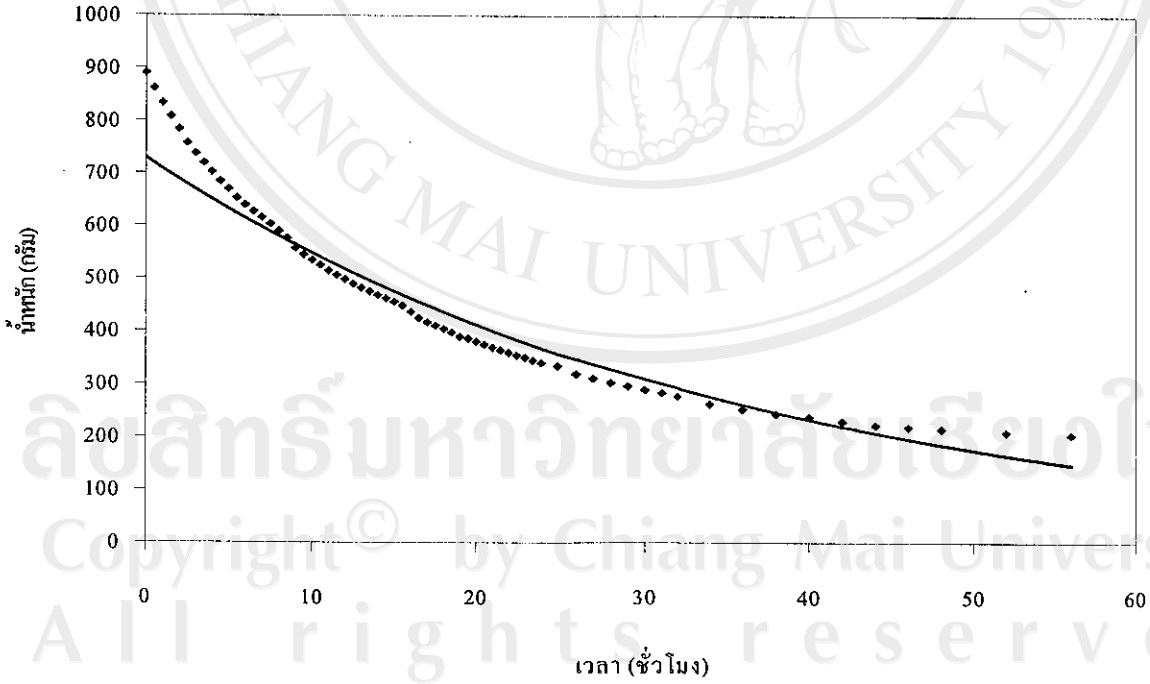
หมายเหตุ :

- อบพลับที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจนสิ้นสุดการทดลอง ทำสมดุลน้ำทุกๆ 8 ชั่วโมง
- ความดันภายในเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศคือ 20 มิลลิบาร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.14 กราฟการทำแห้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและเวลาในการทำแห้งพลับกึ่งแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ



ภาพ 4.15 กราฟการทำแห้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและเวลาในการทำแห้งพลับกึ่งแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป ณ เวลาต่างๆ ในการทำแห้งนำมาหาสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

น้ำหนัก = 688.967 – 12.183 (เวลา) $R^2 = 0.8320$

ในสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถนำมาทำนายเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งได้ ซึ่งจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (กรัมต่อกรัมของแข็ง) และเวลา ทำให้ทราบว่าเวลาในการอบแห้งพลับให้มีปริมาณน้ำร้อยละ 30 คือ 40 ชั่วโมง (ไม่รวมเวลาที่ใช้ในการทำสมดุลน้ำ) เมื่อนำไปแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและเวลา จะได้น้ำหนักสุดท้ายของพลับในการทำแห้งคือ 201.64 กรัม แต่ในการทดลองใช้พลับจำนวน 6 ผลที่มีน้ำหนักรวมเริ่มต้น 890.50 กรัม น้ำหนักเฉลี่ยต่อหนึ่งผลคือ 148.41 กรัม ดังนั้นในการอบแห้งพลับ 1 ผลให้มีปริมาณน้ำร้อยละ 30 ต้องทำแห้งพลับจนเหลือน้ำหนัก 33.60 กรัม

ผลจากการทดลองขั้นต้นทำให้ได้เวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งจากเครื่องอบแห้งแต่ละชนิด จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้ง ได้ผลแสดงดังตาราง 4.21

ตาราง 4.21 ค่าสี L, a* และ b* ของพลับกึ่งแห้งที่ใช้วิธีการทำแห้งต่างกัน

	วิธีการทำแห้ง	
	เครื่องอบแห้งแบบถาด	เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ
ค่าสี L (ความสว่าง)	37.00 ± 0.54^b	44.76 ± 2.29^a
ค่าสี a* (สีแดง)	14.53 ± 0.31	15.26 ± 0.08
ค่าสี b* (สีเหลือง)	24.34 ± 0.61^b	27.42 ± 0.53^a

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การผลิตพลับกึ่งแห้งให้เหลือปริมาณน้ำร้อยละ 30 โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศใช้เวลาทั้งหมด 48 ชั่วโมงซึ่งน้อยกว่าเครื่องทำแห้งแบบถาดที่ใช้เวลา 67 ชั่วโมง 5 นาที ซึ่งจะประหยัดเวลาในการทำแห้งและลดจำนวนครั้งของการทำสมดุลน้ำและบีบนวดพลับลง เมื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของพลับกึ่งแห้งที่ใช้วิธีการทำแห้งที่ต่างกันดังตาราง 4.22 พบว่าพลับที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศให้ค่าสี L (ความสว่าง) และค่าสี b* (สีเหลือง) ที่มากกว่าพลับที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด

ดังนั้นจึงเลือกวิธีการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศเป็นวิธีการผลิตพลับกึ่งแห้ง เนื่องจากใช้เวลาในการทำแห้งน้อยประมาณ 2 วันและให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองส้มมากกว่า เวลาในการทำแห้งที่ได้จากการทดลองเป็นเพียงแนวทางในการนำไปปฏิบัติจริง เพราะการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ต้องคำนึงถึงขนาดของเครื่องอบแห้ง ขนาดของผลพลับที่เล็กใหญ่แตกต่างกัน การวางเรียงพลับในเครื่องอบแห้ง รวมทั้งปริมาณของพลับที่นำเข้าทำแห้งแต่ละครั้ง ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เวลาในการทำแห้งแตกต่างไปบ้างเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สรุปสูตรสารละลายสารต้านการเกิดสีน้ำตาลและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์พลับกึ่งแห้ง

1. สูตรของสารละลายที่เหมาะสม

- 4-เฮกซิลเรโซซินอล	100 ส่วนในล้านส่วน
- กรดแอสคอร์บิค	ร้อยละ 2.0
- กรดซิตริค	ร้อยละ 1.7
- โซเดียมอีริทอร์เบท	ร้อยละ 1.7
- โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต	ร้อยละ 0.5

สารละลายจะใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนักกับปริมาณพลับที่ต้องการแช่ เช่น เมื่อต้องการแช่พลับ 1 กิโลกรัม ต้องใช้น้ำ 1 กิโลกรัมหรือ 1 ลิตรในการละลายสารต้านการเกิดสีน้ำตาลทั้ง 5 ชนิด

2. อุณหภูมิและเวลาในการแช่ที่เหมาะสม

นำพลับไปแช่ในสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลที่มีอุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส นาน 28 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำก่อนนำไปทำแห้ง

3. วิธีการทำแห้งที่เหมาะสม

นำพลับที่ผ่านการเตรียมด้วยการแช่ในสารละลายสารต้านการเกิดสีน้ำตาลมาทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศซึ่งใช้เวลาในการทำแห้งประมาณ 48 ชั่วโมงซึ่งน้อยกว่าเครื่องอบแห้งแบบถาด และทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองส้มมากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 ศึกษาวิธีการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาพลับกึ่งแห้ง

พลับกึ่งแห้งที่ทำการผลิตตามสูตรสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม ต้องนำมาเก็บรักษาในสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ผลิตภัณฑ์คงคุณภาพดีได้นาน ป้องกันการเปลี่ยนแปลงโดยปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ จึงทำการศึกษาวิธีการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาพลับกึ่งแห้ง ดังตาราง 4.22

ตาราง 4.22 วิธีการบรรจุและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาพลับกึ่งแห้ง

สิ่งทดลอง	วิธีการบรรจุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
1	บรรจุในบรรยากาศปกติ	0
2	บรรจุในบรรยากาศปกติ	10
3	บรรจุในบรรยากาศปกติ	30
4	บรรจุในสภาวะสุญญากาศ	0
5	บรรจุในสภาวะสุญญากาศ	10
6	บรรจุในสภาวะสุญญากาศ	30

ทำการบรรจุพลับกึ่งแห้งในถุงพลาสติก (เป็นถุงสามชั้น ชั้นในเป็นโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น ชั้นกลางเป็นกาว และชั้นนอกเป็นไนลอน (Nylon/EAA/LLDPE)) โดยบรรจุในบรรยากาศปกติ และบรรจุในสภาวะสุญญากาศ จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 10 และ 30 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ในวันเริ่มต้น สัปดาห์ที่ 2, 4, 8, 16 และ 24 รวมระยะเวลาการเก็บรักษาเป็น 6 เดือน

ค่าการวิเคราะห์คุณภาพเริ่มต้นของพลับกึ่งแห้งที่ผลิตตามสูตรสารละลายสารต้านการเกิดสีน้ำตาลและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมแสดงดังตาราง 4.23 และภาพ 4.16

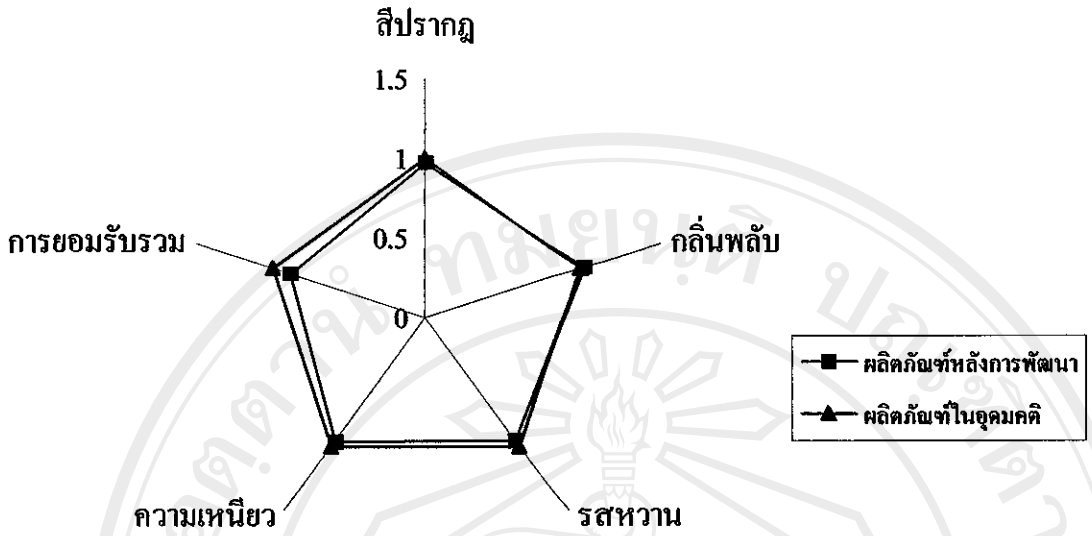
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.23 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของพลับกึ่งแห้งที่ผลิตตามสูตรสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ค่าวิเคราะห์	ปริมาณที่วิเคราะห์ได้
ทางด้านกายภาพ	
ค่าสี L (ความสว่าง)	40.28 ± 0.79
ค่าสี a* (สีแดง)	17.63 ± 0.25
ค่าสี b* (สีเหลือง)	32.84 ± 0.51
ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)	22.46 ± 0.26
ทางด้านเคมี	
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	4.92 ± 0.01
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (บริกซ์)	41.80 ± 0.51
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	29.10 ± 0.03
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	0.783 ± 0.001
น้ำตาลรีดิวซิง (ร้อยละ)	36.06 ± 0.06
ปริมาณกรดซอร์บิค (ส่วนในล้านส่วน)	953.73 ± 3.14
ทางด้านจุลชีววิทยา	
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)	1.95 ± 0.04
ยีสต์และรา (โคโลนี/กรัม)	ไม่พบ
ทางด้านประสาทสัมผัส	
สีปรากฏ	0.97 ± 0.05
กลิ่นพลับ	1.02 ± 0.04
รสหวาน	0.95 ± 0.07
ความเหนียว	0.96 ± 0.02
การยอมรับรวม	0.89 ± 0.04

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.16 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์พลับกึ่งแห้งที่ผลิตตามสูตรสารละลายด้านการเกิดสีน้ำตาลและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ผลสรุปการศึกษาวิธีการบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษาของพลับกึ่งแห้ง

พลับกึ่งแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 30 เป็นระดับที่จุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้แต่อาจมีปัญหาเรื่องเชื้อราและยีสต์ที่อาจจะเจริญเติบโตได้ ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นคือ การเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากปฏิกิริยาที่ไม่ใช่เอนไซม์

การศึกษาวิธีการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษา พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และลักษณะทางประสาทสัมผัส ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L หรือความสว่างของพลับกึ่งแห้งแสดงดังตาราง 4.24 ค่าความสว่างของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติดังภาพ 4.17 พบว่า ที่อุณหภูมิ 0, 10 และ 30 องศาเซลเซียส ความสว่างของพลับกึ่งแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ 0 องศาเซลเซียสพลับกึ่งแห้งมีความสว่างมากที่สุดคือ 38.86 ส่วนที่ 10 และ 30 องศาเซลเซียสมีค่าความสว่างเป็น 36.30 และ 33.73 ตามลำดับ อุณหภูมิในการเก็บรักษาที่สูงขึ้นทำให้ค่าความสว่างลดลง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความสว่างก็จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเริ่มต้นพลับกึ่งแห้งมีความสว่าง 40.28 จนถึงสัปดาห์ที่ 24 ค่าความสว่างจะลดลงเหลือ 33.18

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างพลับกึ่งแห้งที่บรรจุอยู่ในสภาวะสุญญากาศแสดงดังภาพ 4.18 มีแนวโน้มของค่าความสว่างเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาพปกติ คือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความสว่างก็จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ 0 องศาเซลเซียสพลับกึ่งแห้งมีความสว่างมากที่สุดคือ 37.22 รองลงมาคือที่ 10 และ 30 องศาเซลเซียสพลับกึ่งแห้งมีความสว่างเป็น 36.00 และ 32.85 ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความสว่างจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเริ่มต้นพลับกึ่งแห้งมีความสว่าง 40.28 จนถึงสัปดาห์ที่ 6 ความสว่างจะลดลงเหลือ 32.23 ค่าความสว่างที่ลดลงแสดงถึงผลิตภัณฑ์มีสีที่เข้มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างของพลับที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.19 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ค่าความสว่างของพลับกึ่งแห้งจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

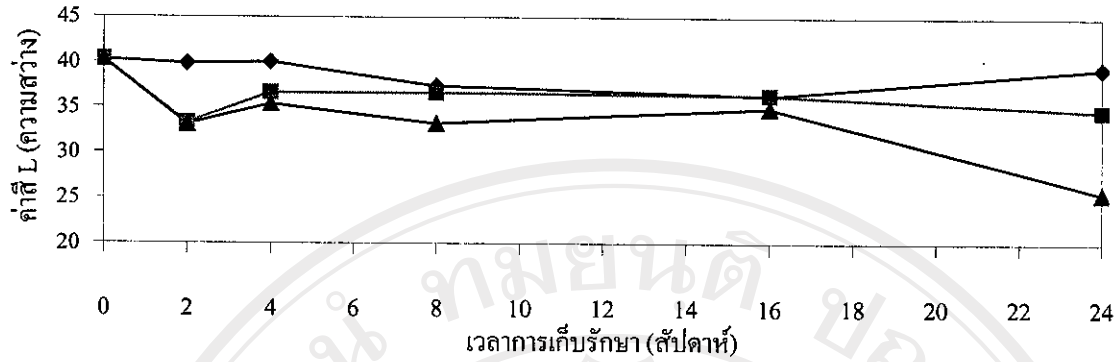
ตารางที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี L (ความสว่าง)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย**
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	40.28 ± 0.79	39.85 ± 3.10	40.01 ± 1.94	37.38 ± 2.33	36.29 ± 1.91	39.40 ± 0.47	**38.86 ± 2.33**[a]
10	40.28 ± 0.79	33.24 ± 1.54	36.63 ± 2.78	36.64 ± 2.07	36.39 ± 0.46	34.63 ± 0.80	**36.30 ± 2.64**[b]
30	40.28 ± 0.79	33.10 ± 2.75	35.38 ± 2.44	33.21 ± 3.32	34.93 ± 1.97	25.51 ± 0.34	**33.73 ± 4.88**[c]
เฉลี่ย*	**40.28 ± 0.01**[a]	**35.39 ± 4.02**[c]	**37.34 ± 3.01**[b]	**35.74 ± 3.07**[c]	**35.86 ± 1.64**[c]	**33.18 ± 5.98**[d]	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	40.28 ± 0.79	32.98 ± 1.78	39.80 ± 2.78	38.80 ± 0.96	36.62 ± 1.46	34.85 ± 1.40	**37.22 ± 3.08**[a]
10	40.28 ± 0.79	36.61 ± 3.05	37.62 ± 1.17	31.96 ± 0.96	36.99 ± 1.31	32.60 ± 0.62	**36.00 ± 3.24**[b]
30	40.28 ± 0.79	39.23 ± 2.64	30.99 ± 1.69	26.25 ± 1.54	31.15 ± 0.53	29.24 ± 0.71	**32.85 ± 5.40**[c]
เฉลี่ย*	**40.28 ± 0.01**[a]	**36.27 ± 3.54**[b]	**36.13 ± 4.29**[b]	**32.34 ± 5.41**[d]	**34.92 ± 2.97**[c]	**32.23 ± 2.55**[d]	

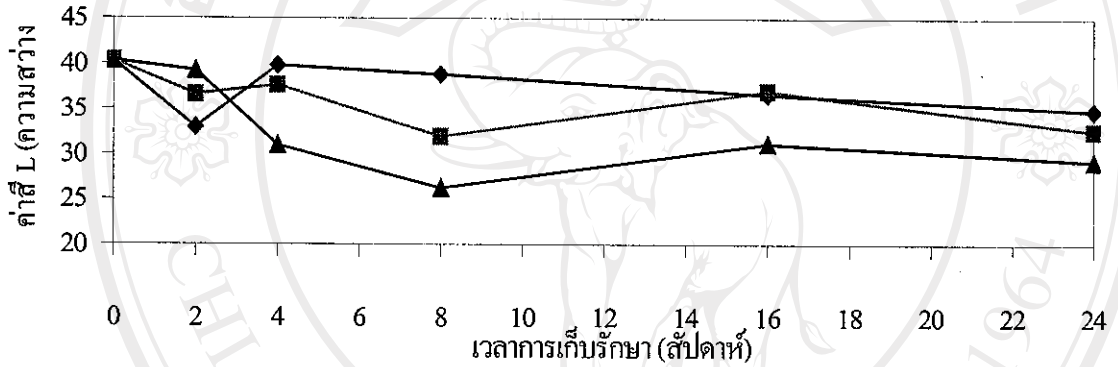
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

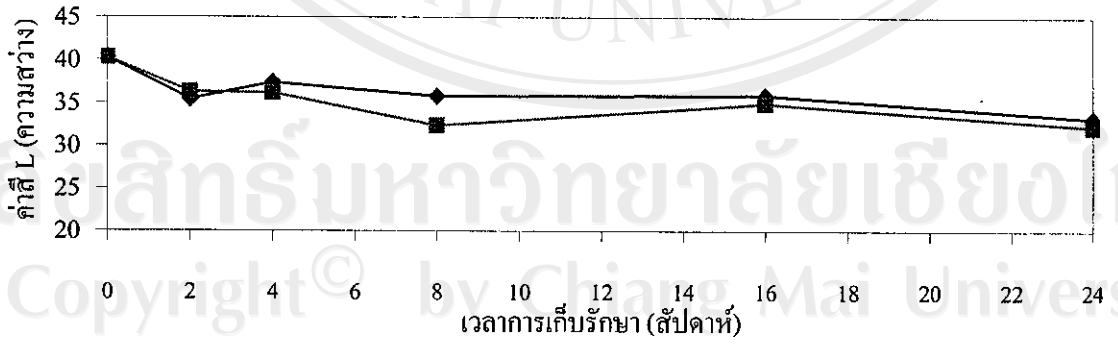
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.17 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.18 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.19 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.17 และ 4.18 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.19 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a* (สีแดง) ของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a* หรือสีแดงของพลับกึ่งแห้งแสดงดังตาราง 4.25 โดยค่าสีแดงของพลับที่บรรจุในบรรยากาศปกติ ดังภาพ 4.20 พบว่าที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียส พลับกึ่งแห้งมีค่าสีแดงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ 15.68 และ 15.23 แต่แตกต่างจากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่มีค่าสีแดงเป็น 14.18 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กล่าวคือที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสทำให้ค่าสีแดงลดลง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าสีแดงก็จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเริ่มต้นพลับกึ่งแห้งมีค่าสีแดง 17.63 จนถึงสัปดาห์ที่ 24 ค่าสีแดงลดลงเหลือ 12.47

สำหรับพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศก็มีแนวโน้มของค่าสีแดงไปในทิศทางเดียวกัน ดังภาพ 4.21 คือที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียสพลับกึ่งแห้งมีค่าสีแดงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ 16.45 และ 16.27 แต่มีความแตกต่างจากค่าสีแดงของพลับกึ่งแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่เป็น 13.61 ดังนั้นการเก็บรักษาพลับกึ่งแห้งที่อุณหภูมิต่ำทำให้พลับมีค่าสีแดงสูงกว่าและเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าสีแดงก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เริ่มต้นพลับกึ่งแห้งมีค่าสีแดง 17.63 จนถึงสัปดาห์ที่ 24 ค่าสีแดงลดลงเหลือ 11.37 ค่าสีแดงที่ลดลงแสดงถึงสีของพลับกึ่งแห้งมีการเปลี่ยนแปลงไปเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบค่าสีแดงของพลับที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศ ดังภาพ 4.22 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าสีแดงของพลับกึ่งแห้งมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

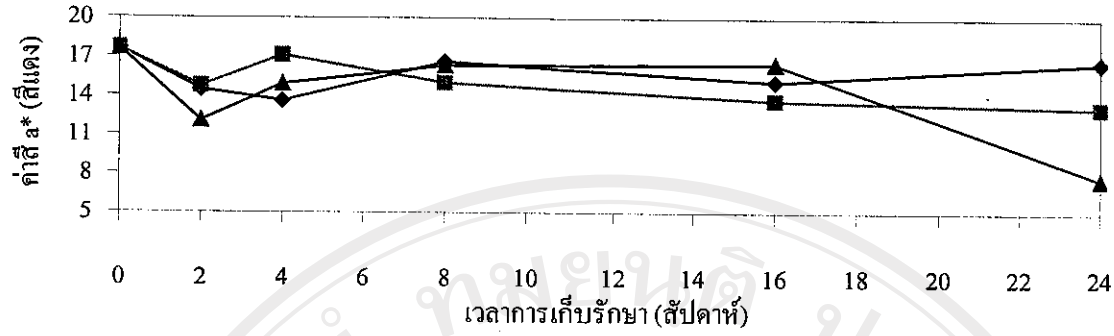
ตารางที่ 4.25 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a* (สีแดง) ของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี a* (สีแดง)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย**
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	17.63 ± 0.25	14.50 ± 1.12	13.61 ± 1.81	16.62 ± 1.00	15.11 ± 2.16	16.63 ± 0.47	**15.68± 1.85^{a}**
10	17.63 ± 0.25	14.77 ± 1.30	17.11 ± 1.79	15.02 ± 0.48	13.68 ± 1.67	13.16 ± 0.27	**15.23 ± 1.97^{a}**
30	17.63 ± 0.25	12.10 ± 0.35	14.89 ± 1.67	16.33 ± 1.08	16.49 ± 0.44	7.63 ± 0.51	**14.18 ± 3.55^{b}**
เฉลี่ย*	**17.63 ± 0.01^{a}**	**13.79 ± 1.55^{cd}**	**15.20 ± 2.21^{bc}**	**15.99 ± 1.10^{b}**	**15.09 ± 1.89^{bc}**	**12.47 ± 3.85^{d}**	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	17.63 ± 0.25	16.98 ± 1.78	16.11 ± 1.35	19.06 ± 0.90	15.52 ± 1.42	13.42 ± 0.30	**16.45 ± 2.07^{a}**
10	17.63 ± 0.25	17.92 ± 2.30	17.49 ± 1.51	13.98 ± 0.57	17.40 ± 1.13	13.21 ± 0.20	**16.27 ± 2.24^{a}**
30	17.63 ± 0.25	14.20 ± 0.45	15.70 ± 0.30	15.20 ± 1.22	11.64 ± 0.41	7.49 ± 0.31	**13.61 ± 3.37^{b}**
เฉลี่ย*	**17.63 ± 0.01^{a}**	**16.31 ± 2.33^{ab}**	**16.43 ± 1.35^{ab}**	**16.08 ± 2.40^{bc}**	**14.85 ± 2.67^{c}**	**11.37 ± 2.85^{d}**	

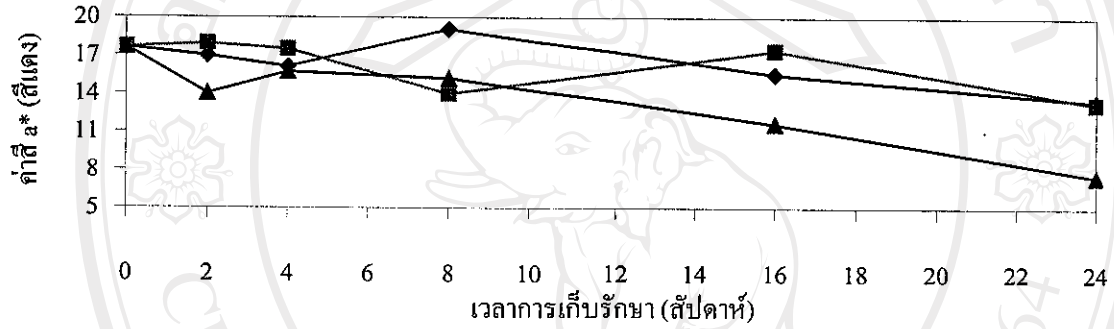
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

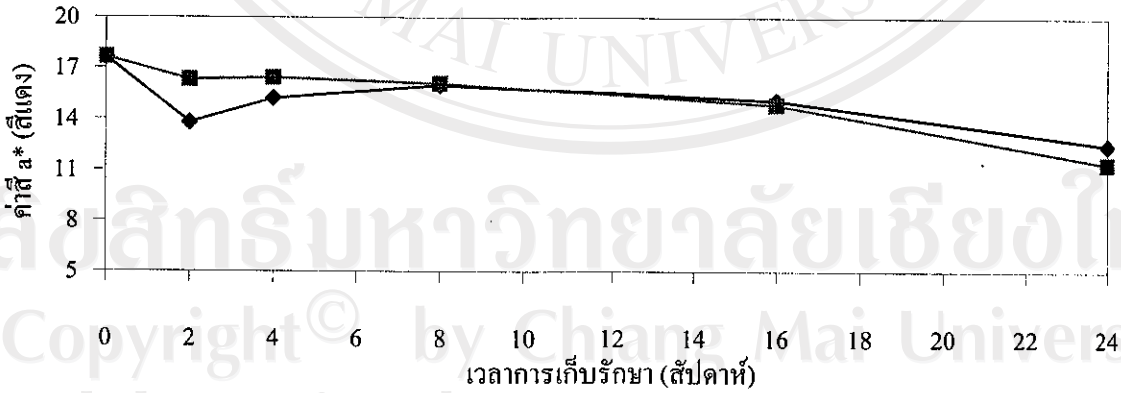
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.20 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a* (สีแดง) ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.21 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a* (สีแดง) ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.22 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a* (สีแดง) ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.20 และ 4.21 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.22 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b* (สีเหลือง) ของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b* หรือสีเหลืองของพลับกึ่งแห้งแสดงดังตาราง 4.26 สำหรับพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติดังภาพ 4.23 ที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียส มีค่าสีเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ 29.69 และ 27.66 แต่แตกต่างจากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่มีค่าสีเหลืองเป็น 22.02 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสทำให้ค่าสีเหลืองลดลง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าสีเหลืองก็จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ระยะเวลาในการเก็บรักษาพลับกึ่งแห้งสัปดาห์ที่ 2, 4 และ8 มีค่าสีเหลืองไม่แตกต่างกัน ค่าสีเหลืองลดลงอย่างมากในสัปดาห์ที่ 16 และ 24 แสดงถึงการเปลี่ยนสีของพลับกึ่งแห้งอย่างชัดเจน

สำหรับพลับกึ่งแห้งที่บรรจุอยู่ในสภาวะสุญญากาศการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลืองแสดงดังภาพ 4.24 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 10 และ 30 องศาเซลเซียส ให้ค่าสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้นค่าสีเหลืองก็มีแนวโน้มลดลง โดยที่ 0 องศาเซลเซียสพลับกึ่งแห้งมีค่าสีเหลืองมากที่สุดคือ 26.16 ส่วนที่ 10 และ 30 องศาเซลเซียสพลับกึ่งแห้งมีค่าสีเหลืองเป็น 23.48 และ 18.20 ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าสีเหลืองก็จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเริ่มต้นพลับกึ่งแห้งมีสีเหลือง 32.84 และลดลงเหลือ 10.63 ในสัปดาห์ที่ 24

เมื่อเปรียบเทียบค่าสีเหลืองของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศดังตาราง 4.27 ภาพ 4.25 พบว่าวิธีการบรรจุทำให้พลับกึ่งแห้งมีค่าสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยค่าสีเหลืองของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่เวลาในการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 16 และ 24 มีค่ามากกว่าค่าสีเหลืองของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศ แสดงถึงเกิดการเปลี่ยนสีของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศชัดเจนกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.26 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b* (สีเหลือง) ของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี b* (สีเหลือง)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 อาทิตย์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย**
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	32.84 ± 0.51	32.16 ± 3.23	30.29 ± 3.40	29.78 ± 3.21	24.56 ± 1.97	28.53 ± 0.47	**29.69± 3.55^{a}**
10	32.84 ± 0.51	28.53 ± 1.31	28.61 ± 3.09	31.03 ± 1.45	23.88 ± 1.67	21.08 ± 1.07	**27.66 ± 4.38^{a}**
30	32.84 ± 0.51	26.56 ± 1.74	27.32 ± 4.18	24.61 ± 3.39	17.15 ± 0.73	3.66 ± 0.48	**22.02 ± 9.82^{b}**
เฉลี่ย*	**32.84 ± 0.01^{a}**	**29.08 ± 3.18^{b}**	**28.74 ± 3.55^{b}**	**28.48 ± 3.88^{b}**	**21.86 ± 3.75^{c}**	**17.76 ± 10.80^{d}**	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	32.84 ± 0.51	25.96 ± 2.09	32.91 ± 2.19	32.88 ± 1.20	18.53 ± 1.80	13.88 ± 0.37	**26.16 ± 7.83^{a}**
10	32.84 ± 0.51	25.10 ± 4.64	29.07 ± 2.59	21.81 ± 3.67	17.70 ± 0.71	14.39 ± 0.34	**23.48 ± 6.87^{b}**
30	32.84 ± 0.51	21.67 ± 1.64	24.18 ± 2.67	16.89 ± 3.98	10.02 ± 0.82	3.63 ± 0.22	**18.20 ± 9.86^{c}**
เฉลี่ย*	**32.84 ± 0.01^{a}**	**24.24 ± 3.44^{c}**	**28.72 ± 4.36^{b}**	**23.86 ± 7.53^{c}**	**15.42 ± 4.12^{d}**	**10.63 ± 5.13^{e}**	

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

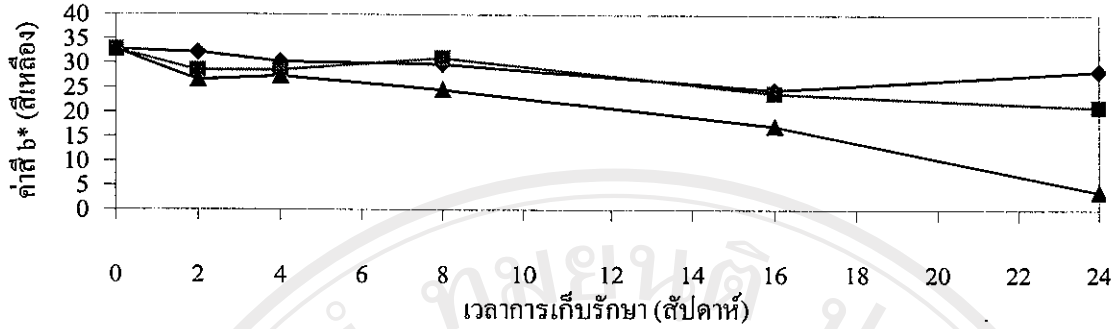
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.27 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b* (สีเหลือง) ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์

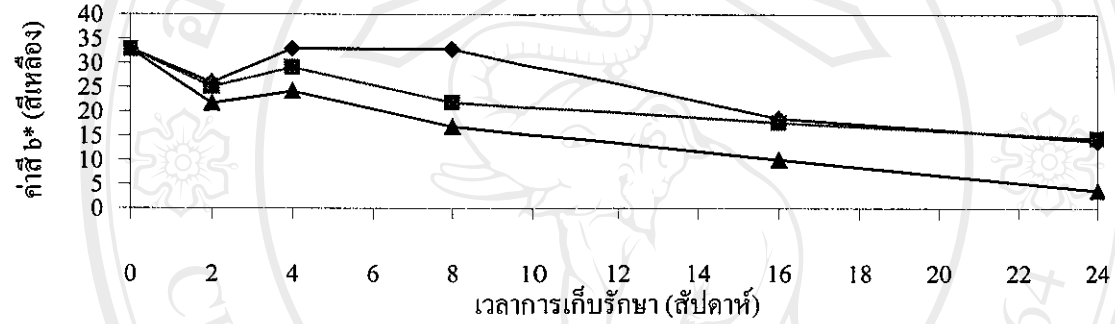
อายุการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าสี b* (สีเหลือง)	
	บรรจุในบรรยากาศปกติ	บรรจุในสภาวะสุญญากาศ
0	32.84 ± 1.01	32.84 ± 1.01
2	29.08 ± 3.18	24.24 ± 3.44
4	28.74 ± 3.55	28.72 ± 4.36
8	28.48 ± 3.88	23.86 ± 7.53
16	21.86 ± 3.75[a]	15.42 ± 4.12[b]
24	17.76 ± 10.80[a]	10.63 ± 5.13[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

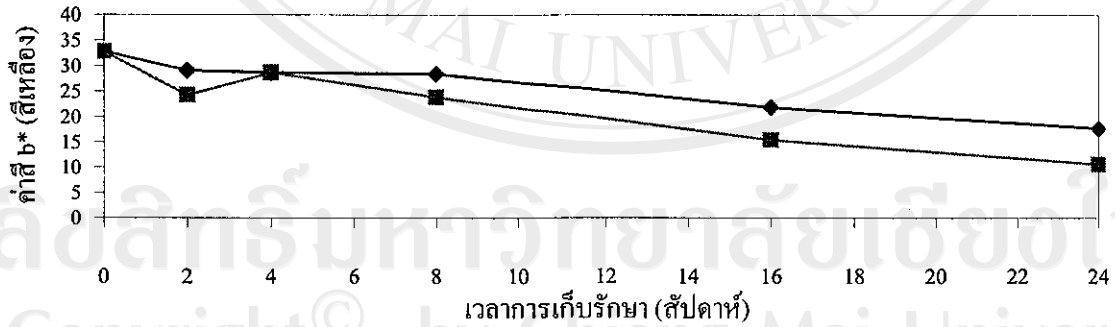
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.23 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b* (สีเหลือง) ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.24 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b* (สีเหลือง) ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.25 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b* (สีเหลือง) ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.23 และ 4.24 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.25 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของพลับกึ่งแห้งแสดงดังตาราง 4.28 โดยพลับที่บรรจุในบรรยากาศปกติมีค่าแรงเฉือนดังภาพ 4.26 พบว่า ที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียสมีค่าแรงเฉือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ 20.20 และ 20.25 นิวตัน แต่มีความแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่มีค่าแรงเฉือนเป็น 23.29 นิวตัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ค่าแรงเฉือนที่มากทำให้ทราบว่าพลับมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้นจึงต้องใช้แรงมากขึ้นในการตัดให้ขาด ดังนั้นที่อุณหภูมิสูงคือ 30 องศาเซลเซียสมีผลทำให้พลับกึ่งแห้งมีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น ค่าแรงเฉือนจึงเพิ่มขึ้น ส่วนอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ค่าแรงเฉือนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นมีค่าแรงเฉือน 22.46 นิวตันและสัปดาห์ที่ 24 มีค่าแรงเฉือน 23.80 นิวตัน

สำหรับพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนแสดงดังภาพ 4.27 อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อค่าแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าแรงเฉือนของพลับกึ่งแห้งจะเพิ่มขึ้น โดยพลับกึ่งแห้งมีค่าแรงเฉือนมากที่สุดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสคือ 26.69 นิวตัน รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียส ที่มีค่าแรงเฉือนเป็น 21.61 และ 19.13 นิวตัน ตามลำดับ อายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ค่าแรงเฉือนของพลับกึ่งแห้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นพลับกึ่งแห้งมีค่าแรงเฉือน 22.46 นิวตันและสัปดาห์ที่ 24 มีค่าแรงเฉือน เป็น 24.06 นิวตัน

เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงเฉือนของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.28 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

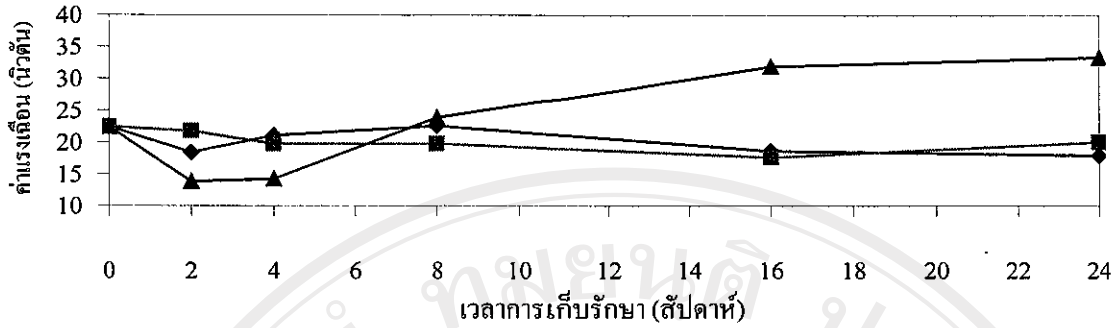
ตารางที่ 4.28 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย**
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	22.46 ± 0.26	18.43 ± 2.26	21.09 ± 2.54	22.61 ± 1.81	18.67 ± 0.78	17.95 ± 2.03	**20.20± 2.55^{b}**
10	22.46 ± 0.26	21.81 ± 1.34	19.75 ± 2.09	19.77 ± 1.56	17.65 ± 2.96	20.03 ± 2.66	**20.25 ± 2.43^{b}**
30	22.46 ± 0.26	13.84 ± 1.45	14.24 ± 2.36	23.88 ± 3.21	31.93 ± 2.10	33.42 ± 2.71	**23.29 ± 8.02^{a}**
เฉลี่ย*	**22.46 ± 0.01^{a}**	**18.02 ± 3.74^{b}**	**18.36 ± 3.75^{b}**	**22.09 ± 2.78^{a}**	**22.75 ± 7.02^{a}**	**23.80 ± 7.45^{a}**	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	22.46 ± 0.26	18.16 ± 2.89	22.59 ± 3.32	20.33 ± 1.26	25.49 ± 2.94	20.65 ± 1.76	**21.61 ± 3.14^{b}**
10	22.46 ± 0.26	16.47 ± 2.69	21.28 ± 1.84	19.20 ± 0.98	16.67 ± 1.46	18.72 ± 2.20	**19.13 ± 2.74^{c}**
30	22.46 ± 0.26	21.10 ± 1.08	23.68 ± 2.65	24.64 ± 1.71	35.49 ± 2.28	32.80 ± 2.87	**26.69 ± 5.82^{a}**
เฉลี่ย*	**22.46 ± 0.01^{b}**	**18.58 ± 2.95^{c}**	**22.51 ± 2.67^{b}**	**21.39 ± 2.73^{b}**	**25.88 ± 8.23^{a}**	**24.06 ± 6.79^{ab}**	

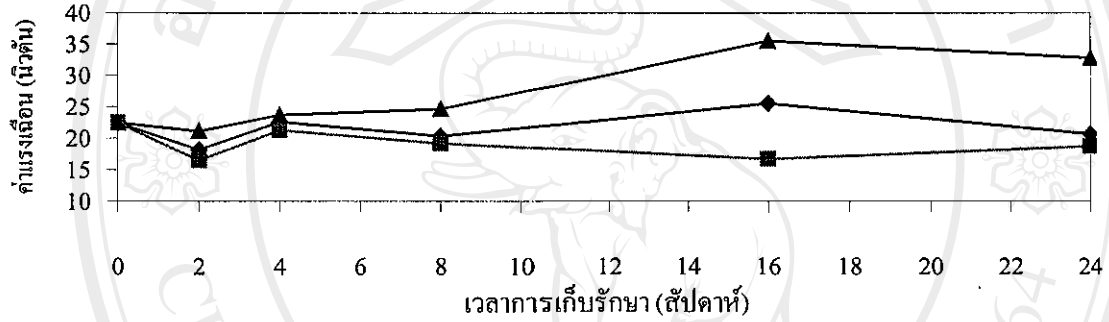
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

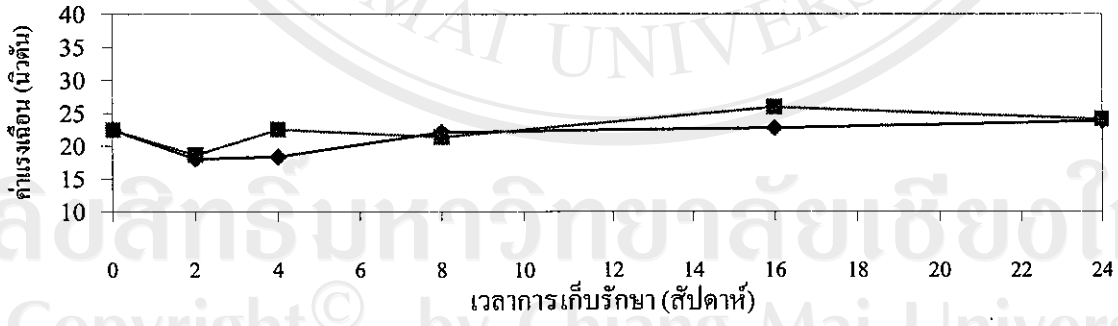
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.26 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.27 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.28 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.26 และ 4.27 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.28 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของพลับกึ่งแห้งแสดงดังตาราง 4.29 จากภาพ 4.29 พลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียสมีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ 4.86 และ 4.88 แต่มีความแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 4.63 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงแสดงถึงผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวมากขึ้น อาจส่งผลให้รสชาติของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป ดังนั้นที่อุณหภูมิสูงคือ 30 องศาเซลเซียสมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของพลับกึ่งแห้งลดลง ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความเป็นกรด-ด่างของพลับกึ่งแห้งจะลดลง โดยค่าความเป็นกรด-ด่างในวันเริ่มต้นคือ 4.92 และในสัปดาห์ที่ 24 คือ 4.65

สำหรับพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศ มีแนวโน้มของค่าความเป็นกรด-ด่างไปในทิศทางเดียวกันกับพลับที่บรรจุในบรรยากาศปกติดังภาพ 4.30 คือที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียสมีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ 4.87 และ 4.82 แต่มีความแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 4.68 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังนั้นที่อุณหภูมิสูง 30 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของพลับกึ่งแห้งลดลง มีผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) คือเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความเป็นกรด-ด่างของพลับกึ่งแห้งลดลง ค่าความเป็นกรด-ด่างในวันเริ่มต้นคือ 4.92 และในสัปดาห์ที่ 24 คือ 4.66

เมื่อเปรียบเทียบการบรรจุพลับกึ่งแห้งในบรรยากาศปกติและในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.31 พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของพลับกึ่งแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีแนวโน้มเหมือนกันคือค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

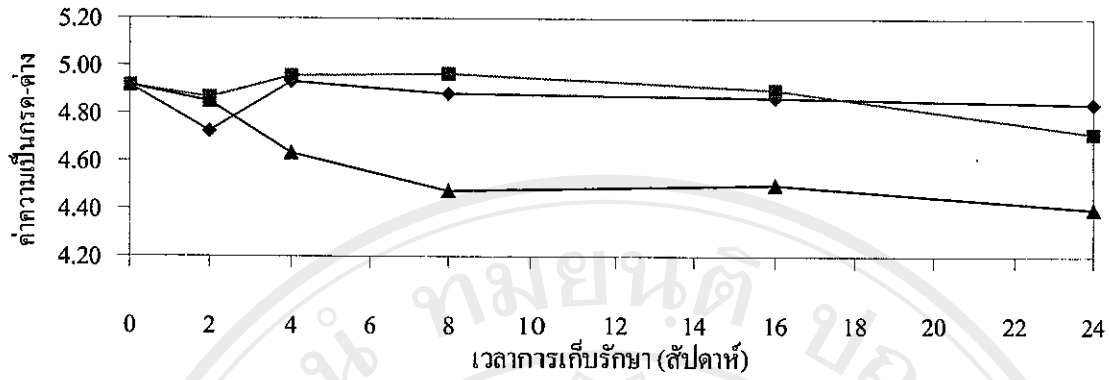
ตารางที่ 4.29 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย**
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	4.92 ± 0.01	4.72 ± 0.02	4.93 ± 0.05	4.88 ± 0.02	4.87 ± 0.01	4.84 ± 0.01	**4.86± 0.07^{a}**
10	4.92 ± 0.01	4.86 ± 0.05	4.95 ± 0.05	4.97 ± 0.01	4.90 ± 0.02	4.71 ± 0.01	**4.88 ± 0.08^{a}**
30	4.92 ± 0.01	4.85 ± 0.01	4.63 ± 0.00	4.47 ± 0.01	4.50 ± 0.01	4.40 ± 0.01	**4.63 ± 0.19^{b}**
เฉลี่ย*	**4.92 ± 0.01^{a}**	**4.81 ± 0.06^{ab}**	**4.84 ± 0.15^{ab}**	**4.77 ± 0.22^{b}**	**4.75 ± 0.19^{b}**	**4.65 ± 0.19^{c}**	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	4.92 ± 0.01	5.04 ± 0.01	4.82 ± 0.01	4.70 ± 0.01	4.84 ± 0.01	4.89 ± 0.01	**4.87± 0.10^{a}**
10	4.92 ± 0.01	4.95 ± 0.01	4.75 ± 0.01	4.96 ± 0.01	4.72 ± 0.01	4.65 ± 0.04	**4.82 ± 0.12^{a}**
30	4.92 ± 0.01	4.84 ± 0.03	4.70 ± 0.01	4.76 ± 0.02	4.45 ± 0.01	4.45 ± 0.01	**4.68 ± 0.18^{b}**
เฉลี่ย*	**4.92 ± 0.01^{a}**	**4.94 ± 0.08^{a}**	**4.75 ± 0.05^{bc}**	**4.81 ± 0.12^{b}**	**4.67 ± 0.17^{c}**	**4.66 ± 0.19^{c}**	

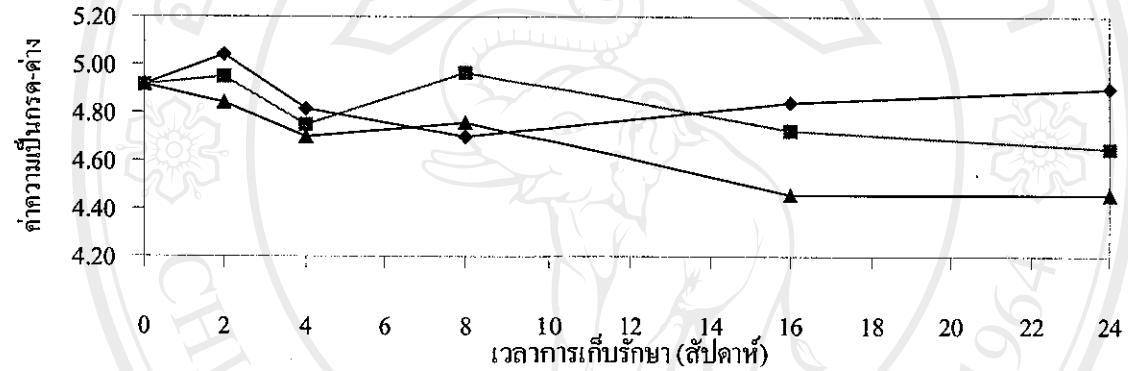
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

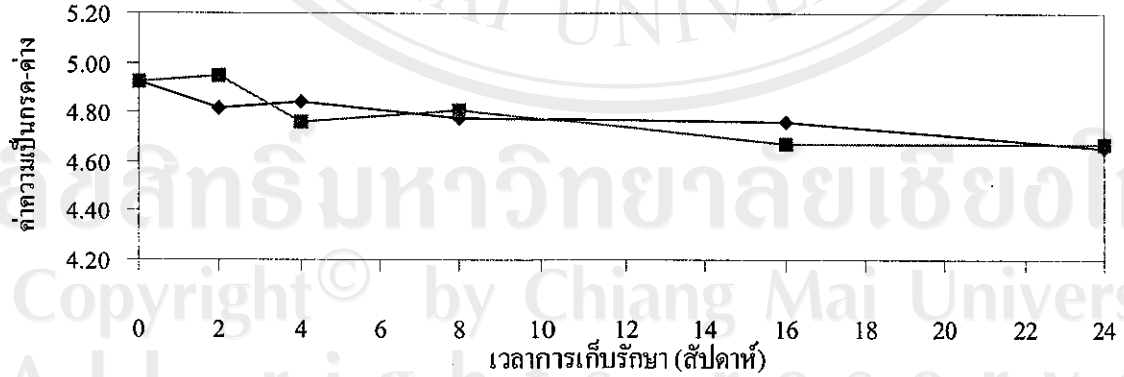
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.29 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.30 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.31 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.29 และ 4.30 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.31 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) ของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของพลับกึ่งแห้งแสดงดังตาราง 4.30 สำหรับพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติดังภาพ 4.32 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่อุณหภูมิ 10 และ 30 องศาเซลเซียสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ 38.52 และ 37.72 องศาบริกซ์ แต่มีความแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เป็น 39.72 องศาบริกซ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้นมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมีปริมาณเริ่มต้น 41.80 องศาบริกซ์ และลดลงในการเก็บรักษา 24 สัปดาห์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่วัดได้คือ 34.73 องศาบริกซ์ การลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ เนื่องจากเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยา สอดคล้องกับค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไปของพลับ

สำหรับพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.33 อุณหภูมิในการเก็บรักษาที่สูงขึ้นมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียสคือ 38.62 และ 38.32 องศาบริกซ์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 37.02 องศาบริกซ์ ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษาเริ่มต้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 41.80 องศาบริกซ์ และลดลงเหลือ 34.90 องศาบริกซ์ ในสัปดาห์ที่ 24 ดังนั้นระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลการลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบการบรรจุพลับกึ่งแห้งในบรรยากาศปกติและในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.34 พบว่าวิธีการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของพลับกึ่งแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

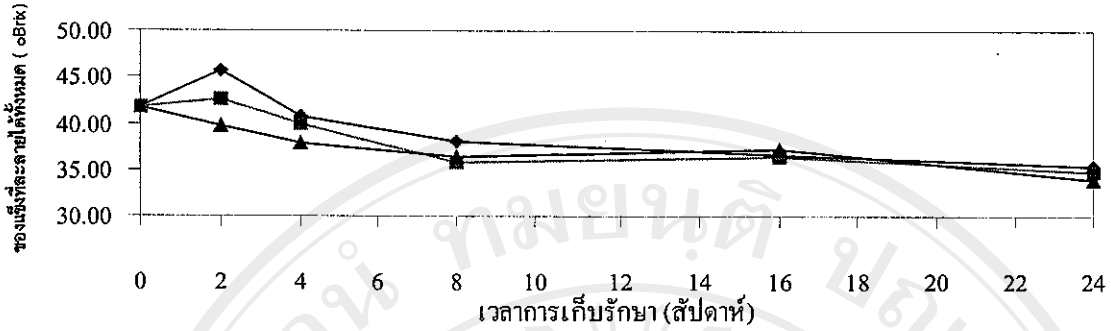
ตารางที่ 4.30 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) ของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย**
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	41.80 ± 0.51	45.60 ± 0.51	40.80 ± 0.51	38.10 ± 0.51	36.60 ± 0.00	35.40 ± 0.51	**39.72 ± 3.77^{a}**
10	41.80 ± 0.51	42.60 ± 0.51	39.90 ± 0.51	35.70 ± 0.51	36.30 ± 0.51	34.80 ± 0.51	**38.52 ± 3.35^{b}**
30	41.80 ± 0.51	39.60 ± 0.90	37.80 ± 0.00	36.30 ± 0.51	37.20 ± 0.01	34.00 ± 0.51	**37.78 ± 2.69^{b}**
เฉลี่ย*	**41.80 ± 0.01^{a}**	**42.60 ± 2.66^{a}**	**39.50 ± 1.38^{b}**	**36.70 ± 1.17^{c}**	**36.70 ± 0.46^{c}**	**34.73 ± 0.70^{d}**	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	41.80 ± 0.51	45.30 ± 0.51	37.20 ± 1.03	36.60 ± 0.51	34.80 ± 0.51	36.00 ± 0.00	**38.62 ± 4.06^{a}**
10	41.80 ± 0.51	41.70 ± 0.51	37.20 ± 0.51	37.20 ± 0.51	35.70 ± 0.51	36.30 ± 0.51	**38.32 ± 2.72^{a}**
30	41.80 ± 0.51	39.00 ± 1.03	36.00 ± 0.00	36.60 ± 1.03	36.30 ± 0.51	32.40 ± 1.55	**37.02 ± 3.16^{b}**
เฉลี่ย*	**41.80 ± 0.01^{a}**	**42.00 ± 2.81^{a}**	**36.80 ± 0.83^{b}**	**36.80 ± 0.70^{b}**	**35.60 ± 0.79^{bc}**	**34.90 ± 2.05^{c}**	

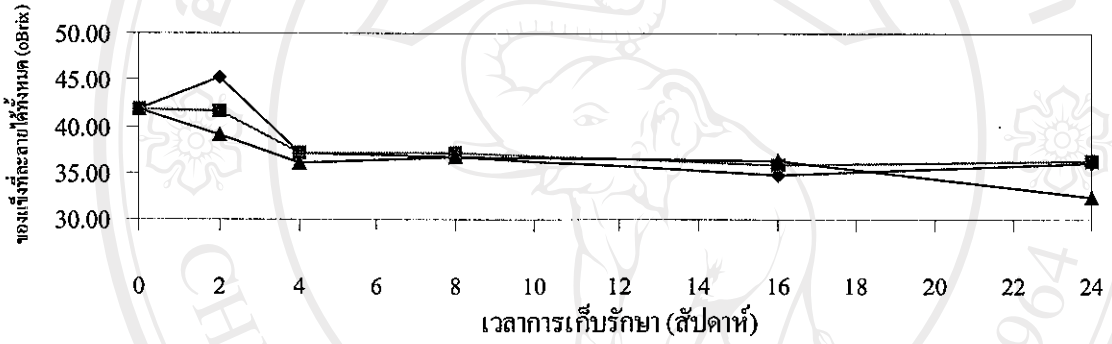
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

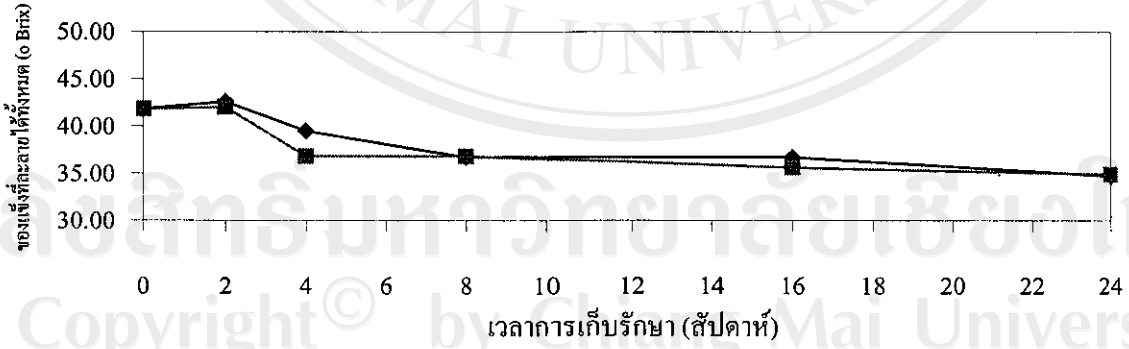
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.32 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.34 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.32 และ 4.33 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.34 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของพลับกึ่งแห้งแสดงดังตาราง 4.31 ปริมาณความชื้นของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติดังภาพ 4.35 พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อความชื้น โดยที่อุณหภูมิ 10 และ 30 องศาเซลเซียสมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน คือร้อยละ 26.90 และ 26.56 แต่มีความแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสที่มีปริมาณความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 27.77 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ปริมาณความชื้นลดลง เนื่องจากมีการระเหยไปของน้ำที่มีอยู่ในพลับ ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณความชื้นของพลับกึ่งแห้งจะลดลง ปริมาณความชื้นในวันเริ่มต้นคือร้อยละ 29.10 และในสัปดาห์ที่ 24 คือ 23.02

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศ ดังภาพ 4.36 พบว่าอุณหภูมิต่าง ๆ ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณความชื้นของพลับกึ่งแห้งจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณความชื้นในวันเริ่มต้นคือร้อยละ 29.10 และในสัปดาห์ที่ 24 คือ 24.46

เมื่อเปรียบเทียบการบรรจุพลับกึ่งแห้งในบรรยากาศปกติและในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.37 พบว่าวิธีการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของพลับกึ่งแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

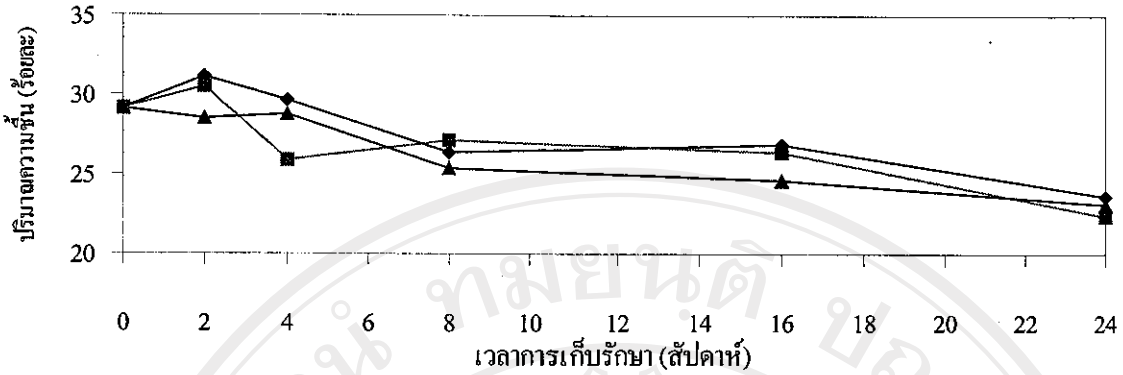
ตารางที่ 4.31 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ความชื้น (ร้อยละ)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย**
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	29.10 ± 0.03	31.12 ± 0.26	29.59 ± 0.61	26.41 ± 0.03	26.83 ± 1.08	23.60 ± 0.36	**27.77 ± 2.60^{a}**
10	29.10 ± 0.03	30.56 ± 0.42	25.87 ± 0.02	27.16 ± 0.03	26.39 ± 0.02	22.33 ± 0.11	**26.90 ± 2.71^{b}**
30	29.10 ± 0.03	28.51 ± 0.11	28.70 ± 0.53	25.35 ± 0.16	24.56 ± 0.16	23.12 ± 0.12	**26.56 ± 2.42^{b}**
เฉลี่ย*	**29.10 ± 0.01^{ab}**	**30.06 ± 1.25^{a}**	**28.05 ± 1.77^{b}**	**26.30 ± 0.81^{c}**	**25.93 ± 1.18^{c}**	**23.02 ± 0.60^{d}**	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	29.10 ± 0.03	30.69 ± 0.01	29.26 ± 1.25	25.48 ± 0.07	25.17 ± 0.07	24.16 ± 0.28	**27.31 ± 2.59**
10	29.10 ± 0.03	28.98 ± 0.49	26.08 ± 1.66	26.34 ± 0.08	26.01 ± 0.08	24.39 ± 0.19	**26.81 ± 1.84**
30	29.10 ± 0.03	28.00 ± 0.17	25.72 ± 0.21	26.26 ± 0.21	25.93 ± 0.21	24.85 ± 0.31	**26.64 ± 1.52**
เฉลี่ย*	**29.10 ± 0.01^{a}**	**29.22 ± 1.24^{a}**	**27.02 ± 1.97^{b}**	**26.02 ± 0.43^{bc}**	**25.70 ± 0.42^{c}**	**24.46 ± 0.37^{d}**	

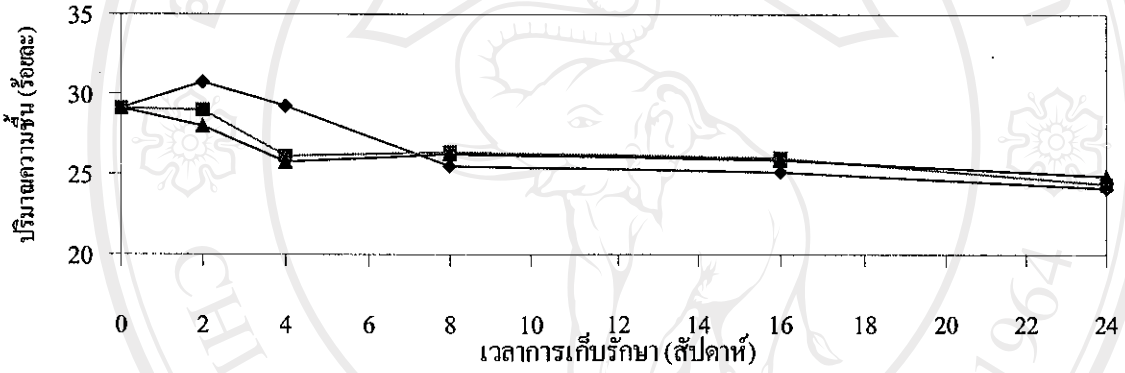
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

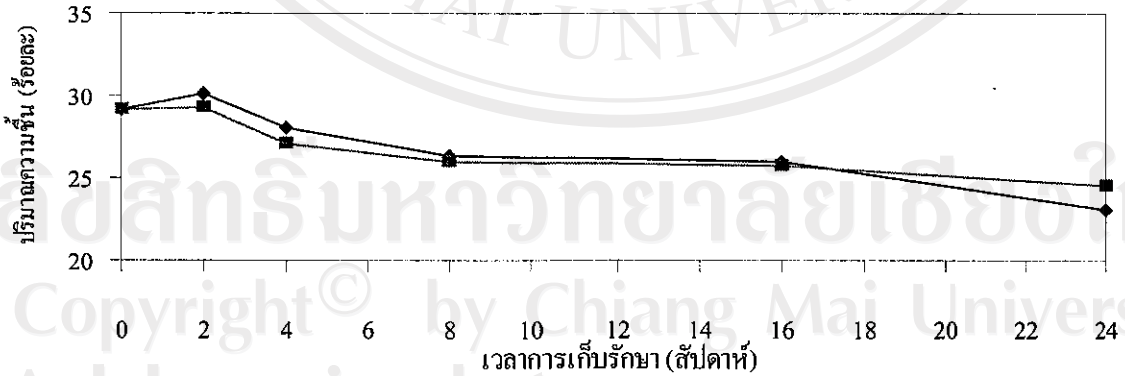
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.35 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.36 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.37 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.35 และ 4.36 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.37 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของพลับกึ่งแห้งแสดงดังตาราง 4.32 ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติดังภาพ 4.38 พบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อปริมาณน้ำอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.757-0.766 ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของพลับกึ่งแห้งจะลดลง โดยเริ่มต้นคือ 0.783 และในสัปดาห์ที่ 24 คือ 0.703

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศ ดังภาพ 4.39 พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์โดยที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียสมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน คือ 0.744 และ 0.733 และที่ 30 องศาเซลเซียสมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ 0.726 ไม่แตกต่างจากที่ 10 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในพลับกึ่งแห้งเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเหมือนกับพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติ คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของพลับกึ่งแห้งจะลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในวันเริ่มต้นคือ 0.783 และในสัปดาห์ที่ 24 คือ 0.706

ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.40 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มเดียวกันคือปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

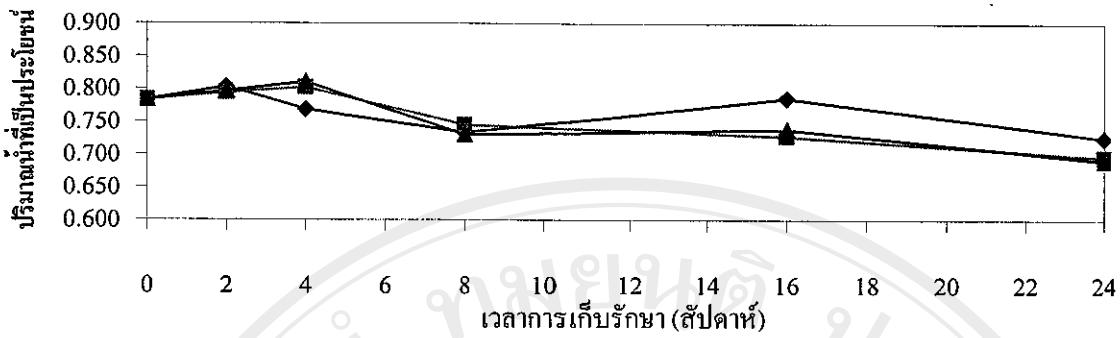
ตารางที่ 4.32 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (a_w) ของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (a_w)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย**
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	0.783 ± 0.001	0.803 ± 0.008	0.768 ± 0.006	0.733 ± 0.012	0.786 ± 0.004	0.725 ± 0.005	**0.766 ± 0.030**
10	0.783 ± 0.001	0.793 ± 0.003	0.802 ± 0.005	0.745 ± 0.004	0.727 ± 0.017	0.696 ± 0.008	**0.757 ± 0.040**
30	0.783 ± 0.001	0.796 ± 0.004	0.810 ± 0.012	0.730 ± 0.009	0.738 ± 0.019	0.690 ± 0.000	**0.757 ± 0.044**
เฉลี่ย*	**0.783 ± 0.001^{a}**	**0.797 ± 0.006^{a}**	**0.793 ± 0.020^{a}**	**0.736 ± 0.010^{b}**	**0.750 ± 0.030^{b}**	**0.703 ± 0.017^{c}**	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	0.783 ± 0.001	0.756 ± 0.010	0.746 ± 0.012	0.732 ± 0.003	0.737 ± 0.012	0.712 ± 0.018	**0.744 ± 0.024^{a}**
10	0.783 ± 0.001	0.776 ± 0.005	0.722 ± 0.011	0.710 ± 0.001	0.694 ± 0.008	0.716 ± 0.016	**0.733 ± 0.035^{ab}**
30	0.783 ± 0.001	0.763 ± 0.009	0.719 ± 0.016	0.703 ± 0.007	0.698 ± 0.008	0.689 ± 0.006	**0.726 ± 0.037^{b}**
เฉลี่ย*	**0.783 ± 0.001^{a}**	**0.765 ± 0.011^{b}**	**0.729 ± 0.016^{c}**	**0.715 ± 0.014^{cd}**	**0.709 ± 0.022^{d}**	**0.706 ± 0.017^{d}**	

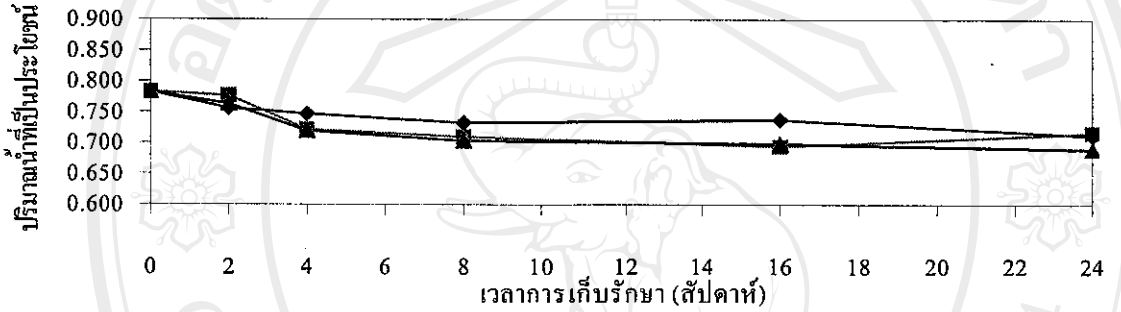
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

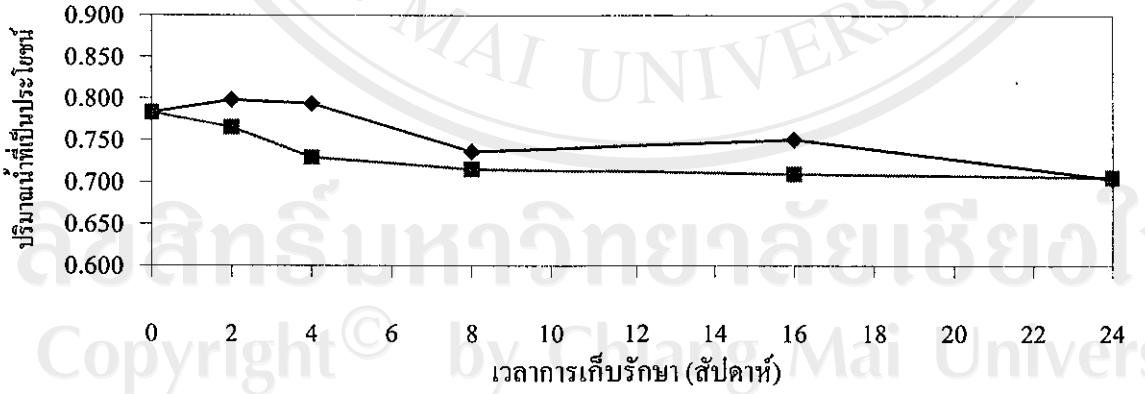
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.38 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.39 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.40 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.38 และ 4.39 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.40 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของพลับกึ่งแห้งแสดงดังตาราง 4.33 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติดังภาพ 4.41 พบว่า ที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียสมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงไม่แตกต่างกัน คือร้อยละ 35.33 และ 35.74 แต่มีความแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงร้อยละ 33.21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิสูงคือ 30 องศาเซลเซียสทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงลดลง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ อัตราเร็วของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และน้ำตาลรีดิวซิงที่มีมากในพลับคือ ฟรุคโตส จึงทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเป็น 5-10 เท่า (นิธิยา, 2543) สอดคล้องกับค่าสี L (ความสว่าง) ค่าสี a* (สีแดง) ค่าสี b* (สีเหลือง) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ลดลง ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษาทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงในวันเริ่มต้นคือร้อยละ 36.06 และค่อย ๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 และ 24 เหลือร้อยละ 33.49 และ 30.48 ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.42 พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ 0 องศาเซลเซียสมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงร้อยละ 36.05 ซึ่งมากกว่าที่อุณหภูมิ 10 และ 30 องศาเซลเซียสที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงร้อยละ 34.98 และ 34.63 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของพลับกึ่งแห้งจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีปริมาณเริ่มต้นคือร้อยละ 36.06 และในสัปดาห์ที่ 24 คือร้อยละ 30.47

เมื่อเปรียบเทียบการบรรจุพลับกึ่งแห้งในบรรยากาศปกติและในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.43 พบว่าวิธีการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของพลับกึ่งแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

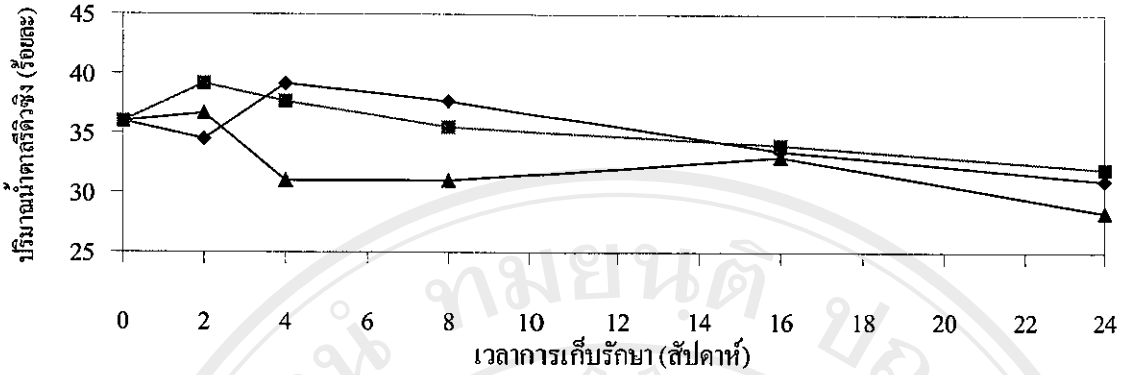
ตารางที่ 4.33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (ร้อยละ)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 อาทิตย์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย**
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	36.06 ± 0.06	34.57 ± 0.26	39.19 ± 0.91	37.69 ± 0.13	33.43 ± 0.13	31.03 ± 0.21	**35.33 ± 2.93**^{a}
10	36.06 ± 0.06	39.25 ± 1.01	37.68 ± 0.14	35.48 ± 0.00	33.97 ± 0.00	32.02 ± 0.24	**35.74 ± 2.67**^{a}
30	36.06 ± 0.06	36.64 ± 0.15	31.07 ± 0.74	31.04 ± 0.04	33.07 ± 0.00	28.39 ± 0.09	**33.21 ± 3.05**^{b}
เฉลี่ย*	**36.06 ± 0.01**^{a}	**36.82 ± 2.15**^{a}	**35.98 ± 3.89**^{a}	**34.73 ± 3.03**^{ab}	**33.49 ± 1.24**^{b}	**30.48 ± 1.68**^{c}	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	36.06 ± 0.06	37.63 ± 0.04	35.29 ± 0.13	36.45 ± 0.00	36.30 ± 0.24	34.54 ± 0.12	**36.05 ± 1.54**^{a}
10	36.06 ± 0.06	37.01 ± 0.00	36.57 ± 0.14	36.19 ± 0.27	35.26 ± 0.11	28.77 ± 0.18	**34.98 ± 3.21**^{b}
30	36.06 ± 0.06	36.54 ± 0.07	36.81 ± 0.26	35.86 ± 0.33	34.39 ± 0.57	38.11 ± 0.09	**34.63 ± 2.36**^{b}
เฉลี่ย*	**36.06 ± 0.01**^{ab}	**37.06 ± 0.49**^{a}	**36.22 ± 0.74**^{ab}	**36.16 ± 0.32**^{ab}	**35.32 ± 0.90**^{b}	**30.47 ± 2.91**^{c}	

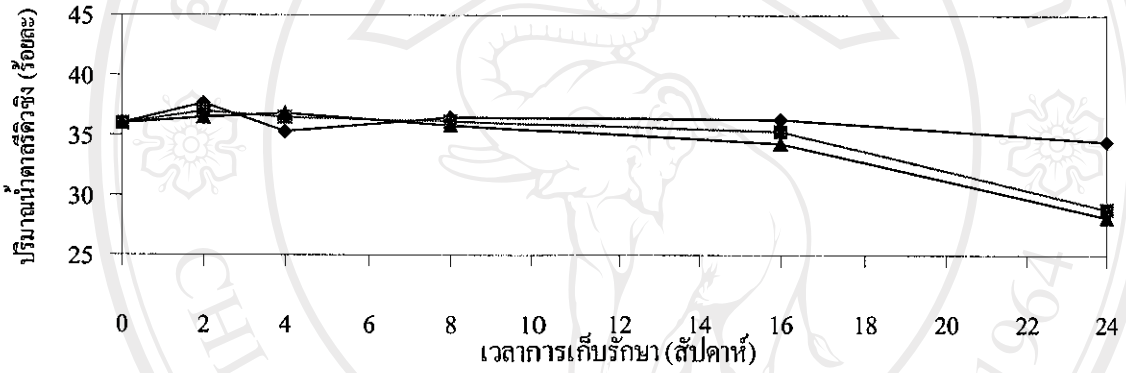
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

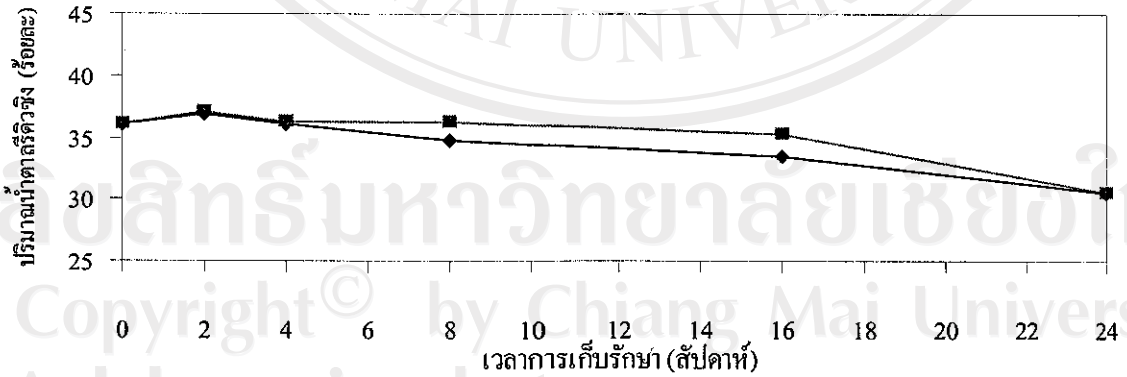
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.41 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.42 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.43 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.41 และ 4.42 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.43 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซอร์บิคของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซอร์บิคของพลับกึ่งแห้งแสดงดังตาราง 4.34 พลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติมีปริมาณกรดซอร์บิคดังภาพ 4.44 พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซอร์บิคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีปริมาณกรดซอร์บิคอยู่ในช่วง 820.99-871.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับระยะเวลาในการเก็บรักษาพบว่าเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณกรดซอร์บิคจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) การลดลงของปริมาณกรดซอร์บิคเนื่องจากมีการสลายตัวไปเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และปริมาณกรดซอร์บิคที่เพิ่มขึ้นหรือมีแนวโน้มสูงต่ำในบางสัปดาห์ก็เนื่องมาจากลักษณะผิวหน้าของพลับที่สามารถดูดซึมกรดซอร์บิคได้ต่างกันทำให้มีผลต่อปริมาณกรดซอร์บิคที่พลับสามารถดูดซับไว้ได้ต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซอร์บิคของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศ ดังภาพ 4.45 พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลทำให้ปริมาณกรดซอร์บิคลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสมีปริมาณกรดซอร์บิค 904.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งแตกต่างจากที่ 10 และ 30 องศาเซลเซียสที่มีปริมาณกรดซอร์บิค 822.72 และ 781.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แสดงถึงกรดซอร์บิคมีการสลายตัวไปที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่สูง ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษาพบว่าพลับกึ่งแห้งมีปริมาณกรดซอร์บิคสูงในวันเริ่มต้น และสัปดาห์ที่ 16 และลดลงในสัปดาห์ที่ 2, 8 และ 18 ซึ่งปริมาณกรดซอร์บิคที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ด้วยเหตุผลเดียวกันกับพลับที่บรรจุในบรรยากาศปกติ ช่วงปริมาณของกรดซอร์บิคที่พลับดูดซึมไว้คือ 799.90 – 953.73 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่เกินกว่าประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 ที่อนุญาตให้ใช้กรดซอร์บิคได้ในปริมาณสูงสุดไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ศิวาพร, 2535)

เมื่อเปรียบเทียบการบรรจุพลับกึ่งแห้งในบรรยากาศปกติและในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.46 พบว่าวิธีการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซอร์บิคของพลับกึ่งแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

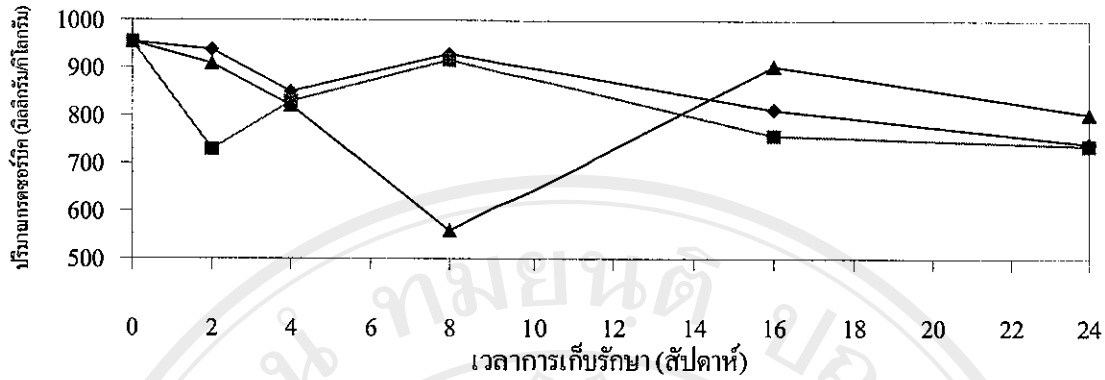
ตารางที่ 4.34 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซอร์บิค (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณกรดซอร์บิค (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย**
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	953.73 ± 3.14	938.51 ± 5.62	850.58 ± 3.51	929.48 ± 5.11	811.60 ± 1.09	742.87 ± 0.94	**871.13 ± 80.02**
10	953.73 ± 3.14	729.06 ± 2.24	828.41 ± 1.12	917.37 ± 2.39	757.86 ± 2.19	739.51 ± 2.36	**820.99 ± 91.50**
30	953.73 ± 3.14	907.21 ± 3.51	819.67 ± 4.49	557.99 ± 1.20	902.83 ± 0.01	805.99 ± 1.18	**824.57 ±135.57**
เฉลี่ย*	**953.73 ± 0.01^{a}**	**858.26 ± 101.09^{ab}**	**832.88 ± 14.48^{b}**	**801.61 ± 188.80^{b}**	**824.09 ± 65.56^{b}**	**762.79 ± 33.51^{b}**	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	953.73 ± 3.14	868.15 ± 1.12	816.49 ± 2.24	911.45 ± 5.98	951.51 ± 0.91	925.17 ± 3.40	**904.42 ±50.81^{a}**
10	953.73 ± 3.14	773.87 ± 1.83	764.83 ± 1.12	786.94 ± 3.41	976.74 ± 4.90	680.26 ± 0.01	**822.72 ±111.37^{b}**
30	953.73 ± 3.14	757.69 ± 2.80	528.77 ± 6.74	759.76 ± 4.27	871.68 ± 3.66	815.16 ± 2.27	**781.13 ±137.43^{b}**
เฉลี่ย*	**953.73 ± 0.01^{a}**	**799.90 ± 53.38^{b}**	**703.36 ± 137.23^{c}**	**819.38 ± 72.43^{b}**	**933.31 ± 49.13^{a}**	**806.86 ±109.73^{b}**	

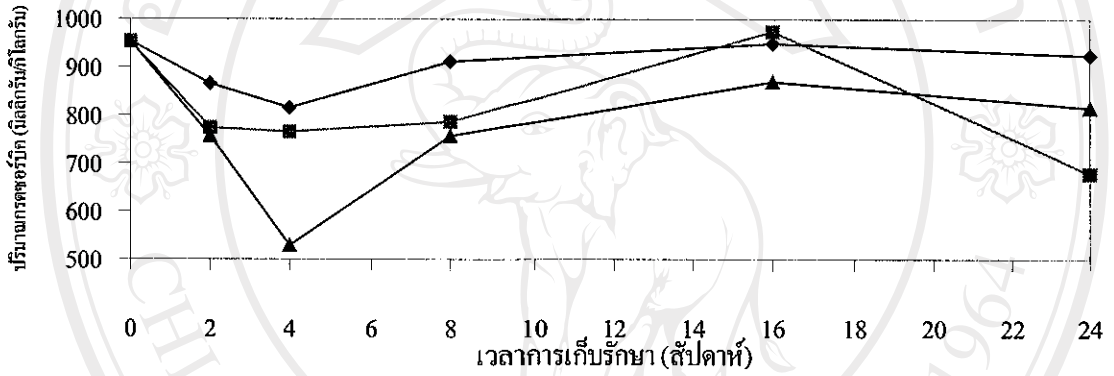
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

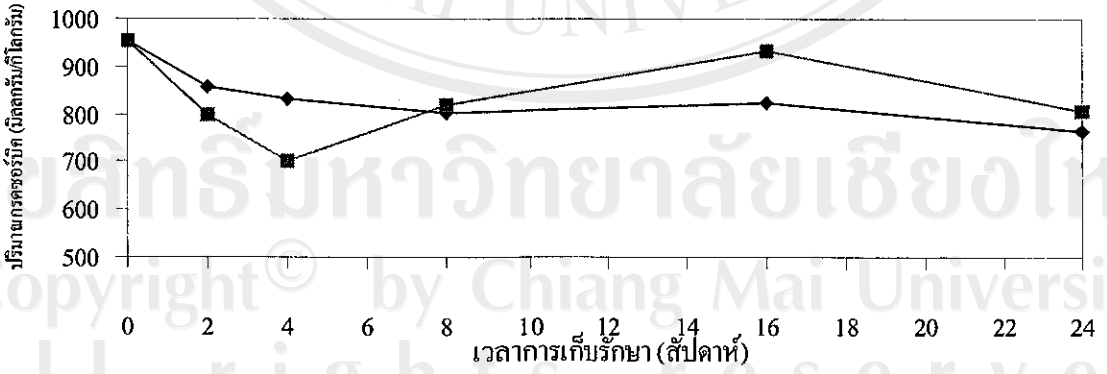
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.44 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซอร์บิคของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.45 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซอร์บิคของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.46 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซอร์บิคของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.44 และ 4.45 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.46 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g) ของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของพลับกึ่งแห้งแสดงดังตาราง 4.35 โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติดังภาพ 4.47 พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมีผลต่อการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ที่อุณหภูมิ 10 และ 30 องศาเซลเซียสมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่แตกต่างกันคือ 3.11 และ 3.00 log cfu/g. แต่มีจำนวนที่แตกต่างจากอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสที่มีจำนวน 2.58 log cfu/g. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเริ่มต้นมีจำนวนจุลินทรีย์ 1.95 log cfu/g. และเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 16 และ 24 เป็น 2.63 และ 3.46 log cfu/g. ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศแสดงดังภาพ 4.48 พบว่าที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียสมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือมีจำนวน 3.15 และ 2.99 log cfu/g. และที่ 30 องศาเซลเซียสมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.78 log cfu/g. ซึ่งไม่แตกต่างจากที่ 10 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เริ่มต้นมีจำนวนจุลินทรีย์น้อยที่สุดคือ 1.95 log cfu/g. จนถึงสัปดาห์ที่ 24 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็น 3.00 log cfu/g.

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.59 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อยีสต์และราของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

ปริมาณเชื้อยีสต์และรามีค่าน้อยกว่า 30 โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ เนื่องจากพลับกึ่งแห้งมีการแช่โพแทสเซียมซอร์เบทหลังการผลิตได้เป็นพลับกึ่งแห้งแล้วตามกระบวนการผลิต จึงสามารถป้องกันการเจริญของเชื้อยีสต์และราได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าพลับกึ่งแห้งดังกล่าวมีโอกาสด้อยคุณภาพเนื่องจากเชื้อยีสต์และราน้อยมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

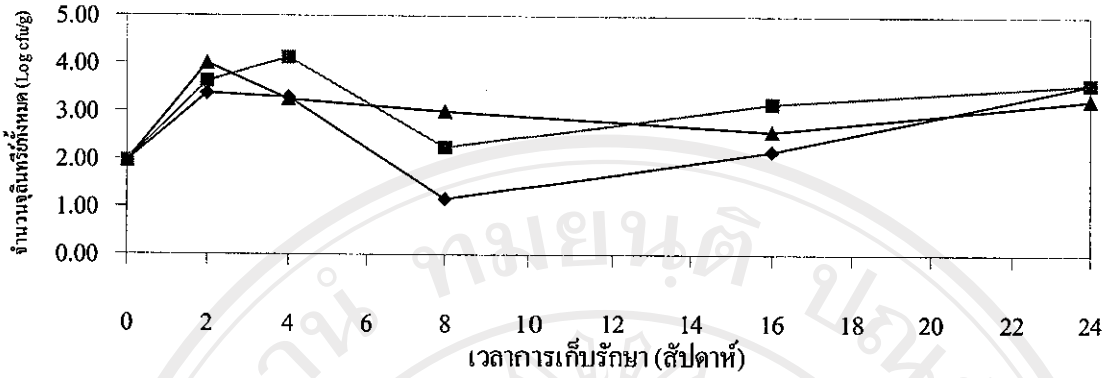
ตารางที่ 4.35 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g) ของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย**
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	1.95 ± 0.04	3.39 ± 0.12	3.30 ± 0.00	1.17 ± 0.12	2.15± 0.21	3.57 ± 0.38	**2.58 ± 0.93^{b}**
10	1.95 ± 0.04	3.63 ± 0.21	4.14 ± 0.04	2.24 ± 0.33	3.15 ± 0.21	3.59 ± 0.15	**3.11 ± 0.83^{a}**
30	1.95 ± 0.04	3.98 ± 0.18	3.24 ± 0.33	3.00 ± 0.00	2.59 ± 0.15	3.24 ± 0.33	**3.00 ± 0.67^{a}**
เฉลี่ย*	**1.95 ± 0.01^{c}**	**3.66 ± 0.29^{a}**	**3.56 ± 0.47^{a}**	**2.13 ± 0.83^{c}**	**2.63 ± 0.47^{b}**	**3.46 ± 0.29^{a}**	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	1.95 ± 0.04	3.80 ± 0.14	3.45 ± 0.21	3.59 ± 0.15	3.15 ± 0.21	3.00 ± 0.01	**3.15 ± 0.63^{a}**
10	1.95 ± 0.04	3.00 ± 0.00	3.65 ± 0.49	3.39 ± 0.12	3.00 ± 0.00	3.00 ± 0.01	**2.99 ± 0.57^{ab}**
30	1.95 ± 0.04	3.15 ± 0.21	3.15 ± 0.21	3.24 ± 0.33	2.24 ± 0.33	3.00 ± 0.01	**2.78 ± 0.55^{b}**
เฉลี่ย*	**1.95 ± 0.01^{c}**	**3.31 ± 0.39^{a}**	**3.41 ± 0.34^{a}**	**3.40 ± 0.23^{a}**	**2.79 ± 0.47^{b}**	**3.00 ± 0.01^{b}**	

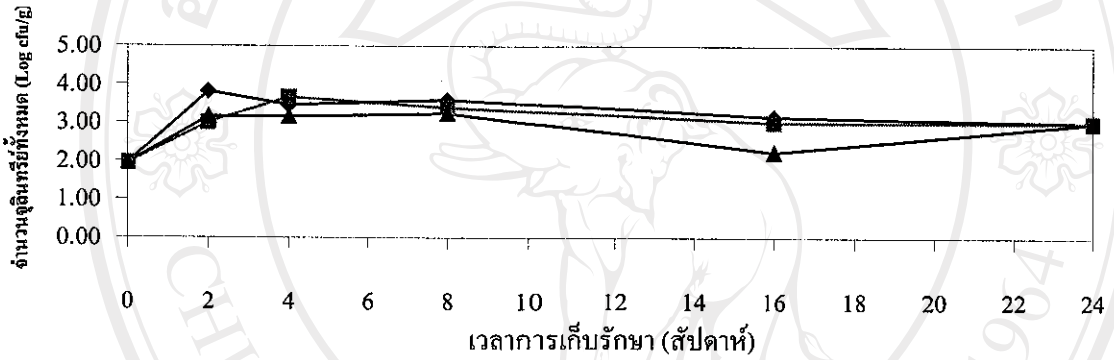
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

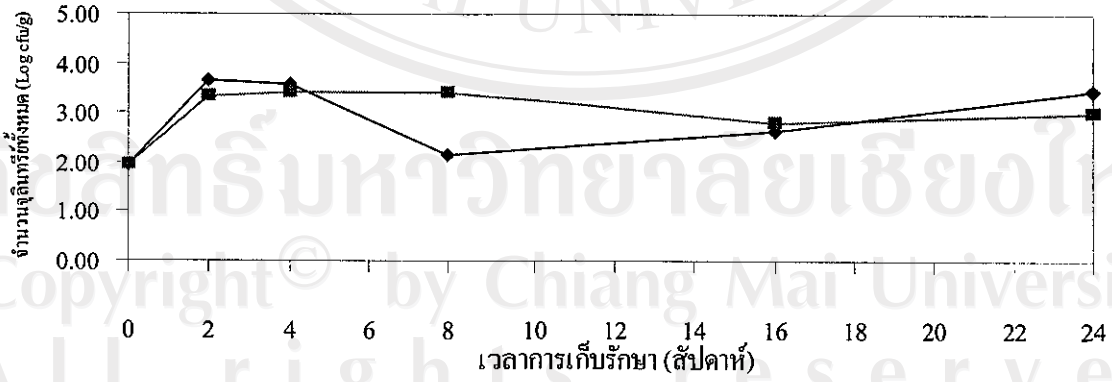
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.47 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.48 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.49 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.47 และ 4.48 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.49 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

ตาราง 4.36 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของพลับกึ่งแห้ง โดยค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติดังภาพ 4.50 พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏจะเพิ่มขึ้น แสดงถึงผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเกิดขึ้น (ค่าคะแนนของสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งจากแบบทดสอบชิมคือ สีเหลือง-สีน้ำตาลเข้ม และค่าคะแนนในอุดคมคติคือสีเหลืองส้ม) โดยที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียสพลับกึ่งแห้งมีค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏไม่แตกต่างกันคือ 1.03 และ 1.10 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่มีค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏมากที่สุดคือ 1.54 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) จะเห็นได้ว่าที่ 0 องศาเซลเซียสมีค่าคะแนนของสีปรากฏใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุดคือพลับกึ่งแห้งมีสีเหลืองส้ม มากกว่าที่อุณหภูมิ 10 และ 30 องศาเซลเซียส และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏก็เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเริ่มต้นพลับกึ่งแห้งมีค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏเท่ากับ 0.97 ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองส้ม จนถึงสัปดาห์ที่ 24 ค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏคือ 1.46 ซึ่งมากกว่าค่าในอุดมคติ ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้ม สีของพลับกึ่งแห้งที่เปลี่ยนไปจากอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุอยู่ในสภาวะสุญญากาศแสดงดังภาพ 4.51 พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่ 0 องศาเซลเซียสพลับกึ่งแห้งมีค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติ (Ideal) มากที่สุดคือ 1.03 ส่วนที่ 10 และ 30 องศาเซลเซียสมีคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏเท่ากับ 1.23 และ 1.47 ตามลำดับ อุณหภูมิในการเก็บรักษาที่สูงขึ้นทำให้พลับกึ่งแห้งมีค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏสูง แสดงถึงพลับกึ่งแห้งมีสีน้ำตาลเกิดขึ้น ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้พลับกึ่งแห้งมีค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏที่เพิ่มขึ้น โดยวันเริ่มต้นพลับกึ่งแห้งมีคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏเป็น 0.97 ส่วนสัปดาห์ 2, 4, 8 และ 16 ที่มีค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏเป็น 1.18, 1.25, 1.23 และ 1.27 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากที่สัปดาห์ที่ 24 ที่มีค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏมากที่สุดคือ 1.59 แสดงว่าพลับกึ่งแห้งมีสีน้ำตาลมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของพลับที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.52 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยแนวโน้มค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งจะเพิ่มขึ้น คือผลิตภัณฑ์มีสีเข้มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

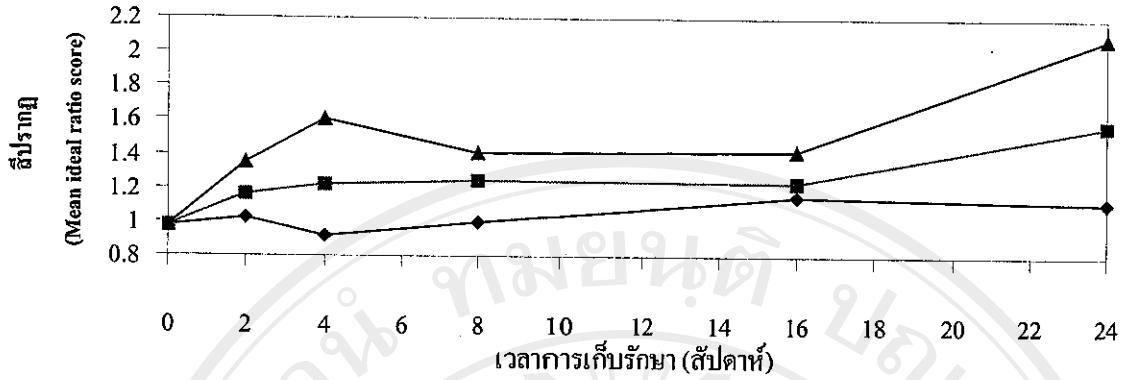
ตารางที่ 4.36 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏ (Mean ideal ratio score)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย**
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	0.97 ± 0.05	1.05 ± 0.07	1.03 ± 0.08	1.04 ± 0.08	1.01 ± 0.10	1.10 ± 0.05	**1.03 ± 0.06^{b}**
10	0.97 ± 0.05	1.00 ± 0.01	1.03 ± 0.10	1.18 ± 0.04	1.18 ± 0.03	1.25 ± 0.07	**1.10 ± 0.11^{b}**
30	0.97 ± 0.05	1.24 ± 0.08	1.59 ± 0.03	1.61 ± 0.07	1.82 ± 0.24	2.04 ± 0.08	**1.54 ± 0.37^{a}**
เฉลี่ย*	**0.97 ± 0.01^{d}**	**1.10 ± 0.12^{cd}**	**1.22 ± 0.29^{bc}**	**1.27 ± 0.27^{abc}**	**1.33 ± 0.39^{ab}**	**1.46 ± 0.45^{a}**	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	0.97 ± 0.05	1.02 ± 0.04	0.92 ± 0.02	1.01 ± 0.01	1.15 ± 0.07	1.12 ± 0.08	**1.03 ± 0.09^{c}**
10	0.97 ± 0.05	1.16 ± 0.01	1.23 ± 0.05	1.25 ± 0.11	1.24 ± 0.04	1.57 ± 0.04	**1.23 ± 0.18^{b}**
30	0.97 ± 0.05	1.35 ± 0.07	1.60 ± 0.14	1.41 ± 0.08	1.42 ± 0.11	2.08 ± 0.16	**1.47 ± 0.35^{a}**
เฉลี่ย*	**0.97 ± 0.01^{c}**	**1.18 ± 0.17^{b}**	**1.25 ± 0.34^{b}**	**1.23 ± 0.20^{b}**	**1.27 ± 0.14^{b}**	**1.59 ± 0.48^{a}**	

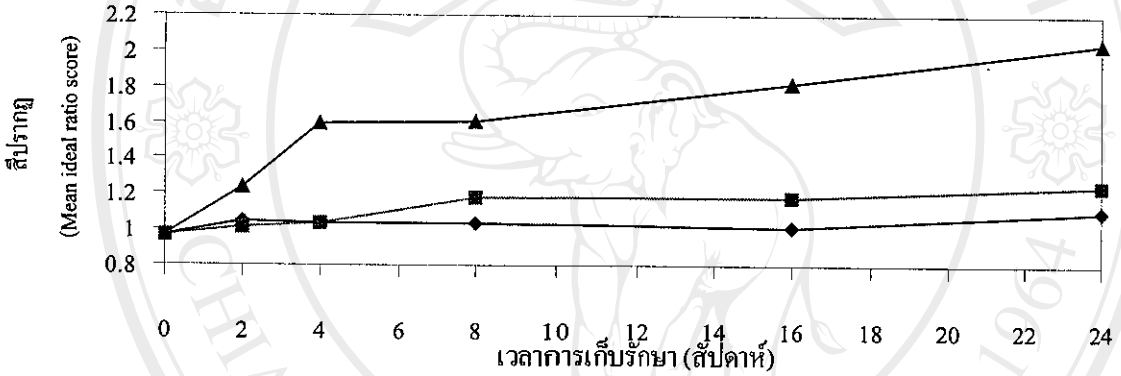
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

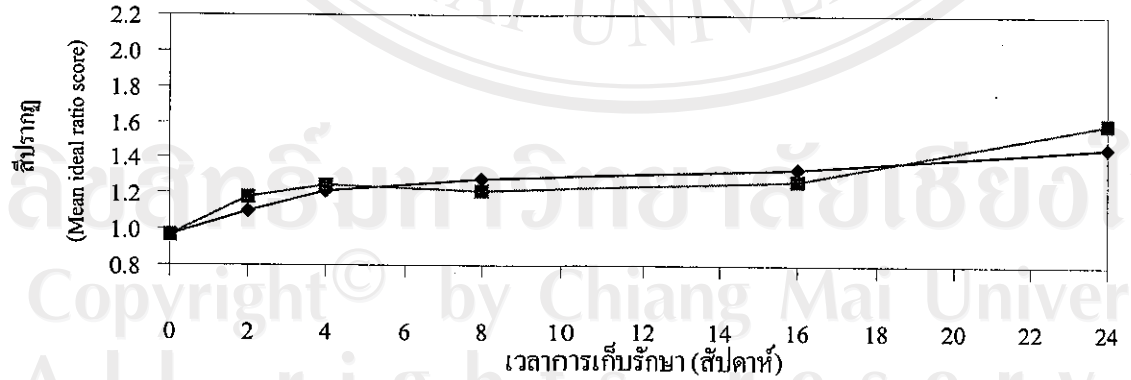
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.50 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.51 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 4.52 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.50 และ 4.51 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.52 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับของพลับกึ่งแห้งแสดงดังตาราง 4.37 พลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติมีค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับดังภาพ 4.53 พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับ โดยที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียส พลับกึ่งแห้งมีค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับเท่ากับ 0.96 และ 0.97 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่มีค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับ 0.89 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังนั้นอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่สูงขึ้นทำให้ค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับลดน้อยลง ซึ่งกลิ่นพลับที่ลดน้อยลงนี้อาจเนื่องมาจากการเก็บที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และอาจก่อให้เกิดสารที่ทำให้กลิ่นของพลับลดน้อยลง ทำให้พลับกึ่งแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิสูงมีค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับน้อยกว่าค่าคะแนนในอุดมคติ เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มมากขึ้นพบว่าทำให้ค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเริ่มต้นพลับมีค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับ 1.02 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าคะแนนในอุดมคติ ส่วนสัปดาห์ที่ 2, 4, 8 และ 16 พลับมีค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นไม่แตกต่างกัน และไม่แตกต่างจากค่าในวันเริ่มต้น แต่แตกต่างจากสัปดาห์ที่ 24 ที่มีค่าคะแนนเป็น 0.82 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังนั้นระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลส่งผลให้กลิ่นของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป

ส่วนพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับแสดงดังภาพ 4.54 พบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) คือกลิ่นพลับลดน้อยลง โดยเริ่มต้นพลับกึ่งแห้งมีค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่น 1.02 และลดลงเหลือ 0.82 ในสัปดาห์ที่ 24

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.55 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยแนวโน้มค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับจะลดลง คือมีค่าน้อยกว่าค่าคะแนนในอุดมคติเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

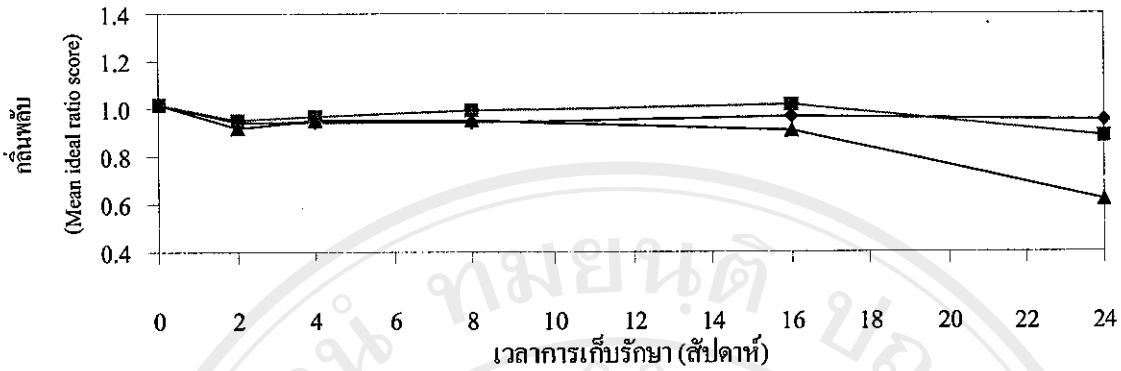
ตารางที่ 4.37 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับ (Mean ideal ratio score)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	1.02 ± 0.04	0.94 ± 0.07	0.94 ± 0.08	0.94 ± 0.12	0.97 ± 0.14	0.95 ± 0.07	**0.96 ± 0.09**[a]
10	1.02 ± 0.04	0.95 ± 0.07	0.97 ± 0.04	0.99 ± 0.06	1.02 ± 0.25	0.88 ± 0.16	**0.97 ± 0.13**[a]
30	1.02 ± 0.04	0.92 ± 0.08	0.95 ± 0.10	0.95 ± 0.11	0.91 ± 0.29	0.62 ± 0.24	**0.89 ± 0.20**[b]
เฉลี่ย*	**1.02 ± 0.01**[a]	**0.94 ± 0.07**[a]	**0.95 ± 0.07**[a]	**0.96 ± 0.10**[a]	**0.96 ± 0.23**[a]	**0.82 ± 0.22**[b]	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	1.02 ± 0.04	0.95 ± 0.07	0.94 ± 0.07	0.97 ± 0.07	0.91 ± 0.10	0.96 ± 0.08	**0.96 ± 0.08**
10	1.02 ± 0.04	0.95 ± 0.09	0.94 ± 0.08	0.96 ± 0.04	0.86 ± 0.14	0.88 ± 0.10	**0.94 ± 0.10**
30	1.02 ± 0.04	0.94 ± 0.07	0.98 ± 0.03	0.99 ± 0.06	0.88 ± 0.36	0.61 ± 0.21	**0.90 ± 0.21**
เฉลี่ย*	**1.02 ± 0.01**[a]	**0.95 ± 0.08**[ab]	**0.96 ± 0.06**[ab]	**0.97 ± 0.06**[a]	**0.88 ± 0.22**[bc]	**0.82 ± 0.20**[c]	

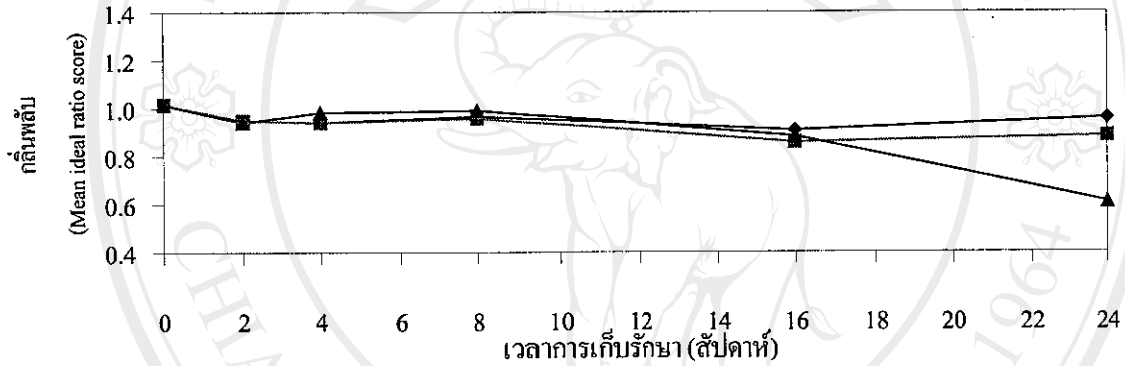
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

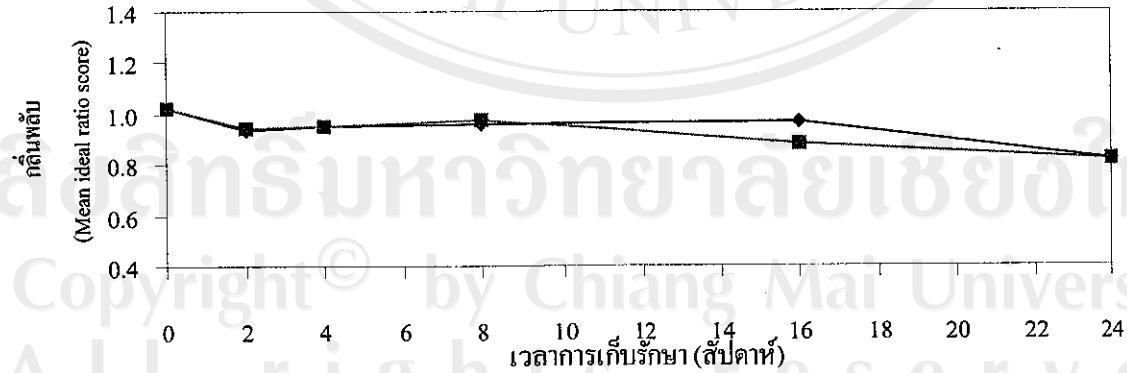
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.53 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.54 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.55 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.53 และ 4.54 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.55 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของพลับกึ่งแห้งแสดงดังตาราง 4.38 ค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติดังภาพ 4.56 พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส พลับกึ่งแห้งมีค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานใกล้เคียงกับค่าคะแนนในอุดมคติมากที่สุด คือ 0.91 รองลงมาคือที่ 10 องศาเซลเซียสที่มีค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานเท่ากับ 0.83 ส่วนที่ 30 องศาเซลเซียสมีค่าคะแนนน้อยที่สุดคือ 0.69 แสดงถึงพลับกึ่งแห้งมีรสหวานที่น้อยกว่าค่าในอุดมคติมาก สอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพลับกึ่งแห้งจะมีค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 8, 16 และ 24 เป็น 0.81, 0.70 และ 0.60 ตามลำดับ

ส่วนพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานดังภาพ 4.57 พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียสมีค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานไม่แตกต่างกัน คือ 0.90 และ 0.87 ซึ่งแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่มีค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานน้อยที่สุดคือ 0.76 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยจะลดลงอย่างมากในสัปดาห์ที่ 16 และ 24 ซึ่งมีค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานคือ 0.73 และ 0.63 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.58 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีแนวโน้มเดียวกันคือค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

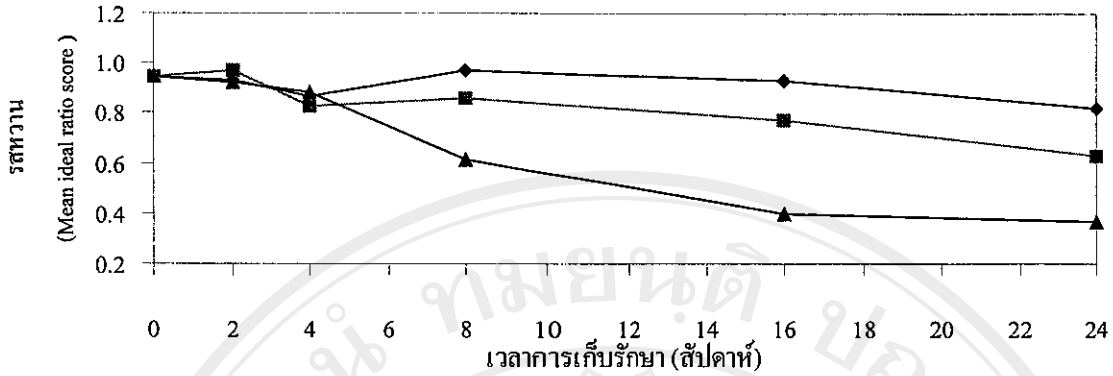
ตารางที่ 4.38 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวาน (Mean ideal ratio score)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย**
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	0.95 ± 0.07	0.93 ± 0.10	0.87 ± 0.13	0.97 ± 0.08	0.93 ± 0.06	0.82 ± 0.18	**0.91 ± 0.11**^{a}
10	0.95 ± 0.07	0.97 ± 0.06	0.83 ± 0.21	0.86 ± 0.16	0.77 ± 0.26	0.63 ± 0.32	**0.83 ± 0.22**^{b}
30	0.95 ± 0.07	0.92 ± 0.10	0.88 ± 0.16	0.61 ± 0.14	0.40 ± 0.15	0.37 ± 0.18	**0.69 ± 0.27**^{c}
เฉลี่ย*	**0.95± 0.01**^{a}	**0.94 ± 0.09**^{a}	**0.86 ± 0.17**^{ab}	**0.81 ± 0.20**^{b}	**0.70 ± 0.28**^{c}	**0.60 ± 0.29**^{c}	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	0.95 ± 0.07	0.89 ± 0.13	0.95 ± 0.08	0.92 ± 0.15	0.86 ± 0.17	0.83 ± 0.18	**0.90 ± 0.13**^{a}
10	0.95 ± 0.07	0.95 ± 0.09	0.93 ± 0.13	0.88 ± 0.18	0.80 ± 0.21	0.70 ± 0.24	**0.87 ± 0.18**^{a}
30	0.95 ± 0.07	0.92 ± 0.10	0.94 ± 0.15	0.85 ± 0.21	0.54 ± 0.12	0.36 ± 0.16	**0.76 ± 0.26**^{b}
เฉลี่ย*	**0.95± 0.01**^{a}	**0.92 ± 0.11**^{a}	**0.94 ± 0.12**^{a}	**0.88 ± 0.18**^{a}	**0.73 ± 0.22**^{b}	**0.63 ± 0.27**^{c}	

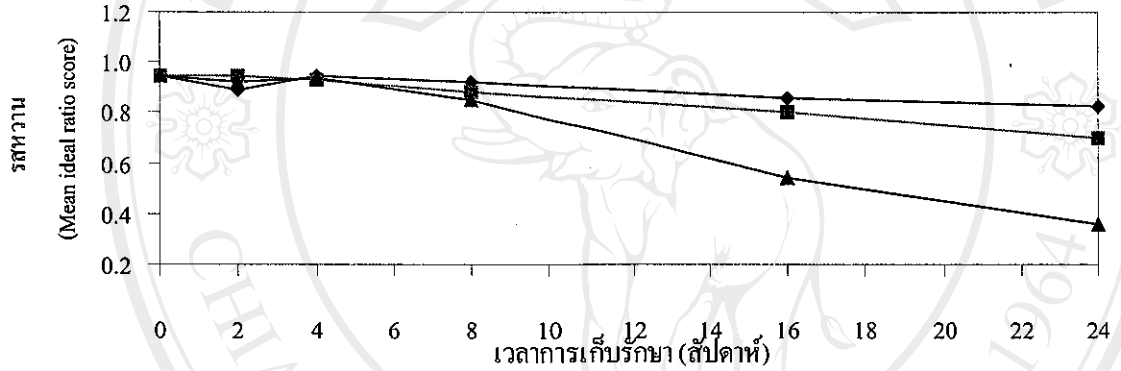
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

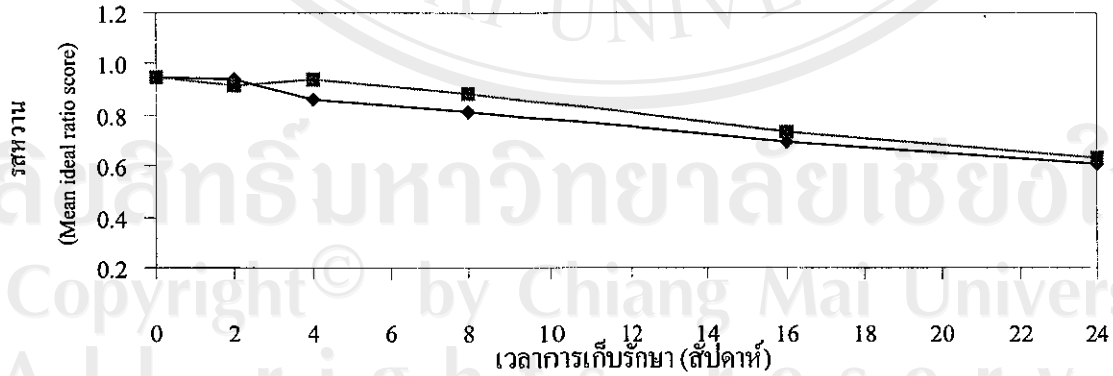
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.56 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.57 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.58 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.56 และ 4.57 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.58 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวของพลับกึ่งแห้งแสดงดังตาราง 4.39 ซึ่งค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศ ดังภาพ 4.59 และ 4.60 พบว่า มีแนวโน้มเดียวกันคือ อุณหภูมิมีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียสให้ค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่มีค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พลับกึ่งแห้งมีค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวเป็น 0.78 ทั้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศ ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวจะลดน้อยลง คือมีค่าน้อยกว่าค่าคะแนนในอุดมคติ พลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติมีค่าคะแนนความเหนียวเริ่มต้นต้นเป็น 0.96 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างจากสัปดาห์ที่ 2, 4, 8 และ 16 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างจากสัปดาห์ที่ 24 ที่มีค่าเป็น 0.58 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) สำหรับพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีค่าคะแนนการยอมรับด้านความเหนียวเริ่มต้นเป็น 0.96 และลดลงอย่างมีนัยสำคัญในสัปดาห์ที่ 16 และ 24 เป็น 0.82 และ 0.61 ซึ่งค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวที่ลดลงน้อยกว่าค่าคะแนนในอุดมคติ แสดงถึงเนื้อสัมผัสของพลับที่มีความเหนียวน้อย จากการทดสอบชิมทำให้ทราบว่าพลับกึ่งแห้งที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น จะมีเนื้อสัมผัสที่ร่วนจึงมีความเหนียวน้อย ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิหรือระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าแรงเฉือนเพิ่มขึ้นและค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวลดลง แสดงให้เห็นว่าพลับกึ่งแห้งมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งและร่วน

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.61 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มเดียวกันคือค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวจะลดลงคือมีเนื้อสัมผัสที่ร่วนเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

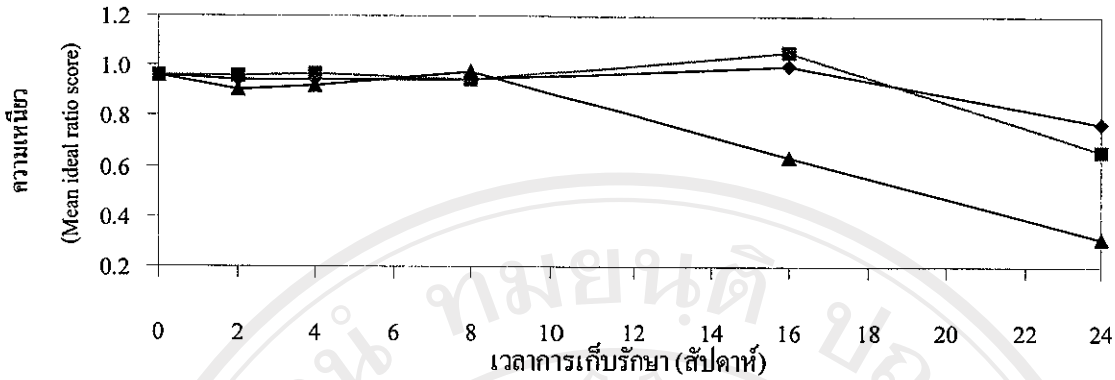
ตารางที่ 4.39 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียว (Mean ideal ratio score)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย**
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	0.96 ± 0.02	0.95 ± 0.01	0.95 ± 0.04	0.95 ± 0.07	1.00 ± 0.11	0.77 ± 0.03	**0.93 ± 0.08**[a]
10	0.96 ± 0.02	0.96 ± 0.04	0.97 ± 0.04	0.95 ± 0.08	1.06 ± 0.10	0.66 ± 0.12	**0.92 ± 0.14**[a]
30	0.96 ± 0.02	0.91 ± 0.02	0.92 ± 0.08	0.98 ± 0.10	0.64 ± 0.06	0.31 ± 0.13	**0.78 ± 0.25**[b]
เฉลี่ย*	**0.96± 0.01**[a]	**0.94 ± 0.03**[a]	**0.94 ± 0.05**[a]	**0.96 ± 0.07**[a]	**0.90 ± 0.21**[a]	**0.58 ± 0.23**[b]	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	0.96 ± 0.02	0.95 ± 0.07	0.91 ± 0.04	0.95 ± 0.05	0.92 ± 0.10	0.75 ± 0.07	**0.90 ± 0.09**[a]
10	0.96 ± 0.02	0.91 ± 0.04	0.95 ± 0.07	1.00 ± 0.06	0.88 ± 0.02	0.74 ± 0.09	**0.90 ± 0.10**[a]
30	0.96 ± 0.02	0.85 ± 0.02	0.93 ± 0.05	0.98 ± 0.02	0.66 ± 0.06	0.34 ± 0.07	**0.78 ± 0.23**[b]
เฉลี่ย*	**0.96± 0.01**[a]	**0.90 ± 0.05**[ab]	**0.93 ± 0.05**[ab]	**0.98 ± 0.04**[a]	**0.82 ± 0.14**[b]	**0.61 ± 0.21**[c]	

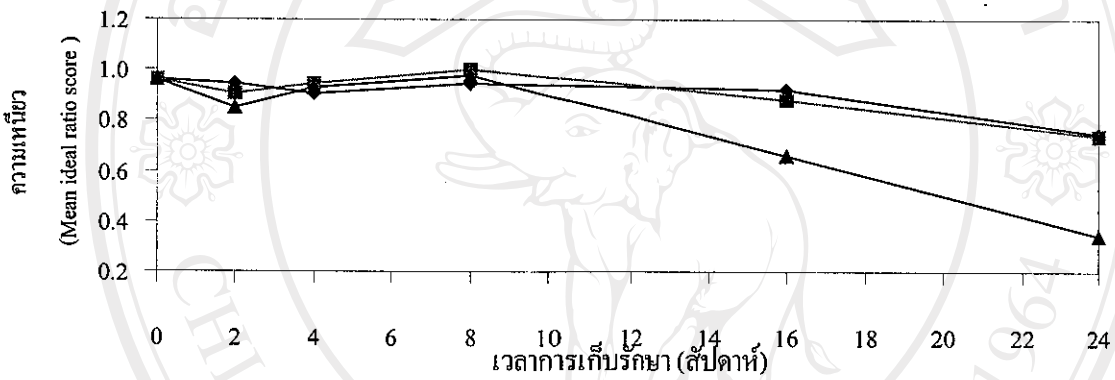
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

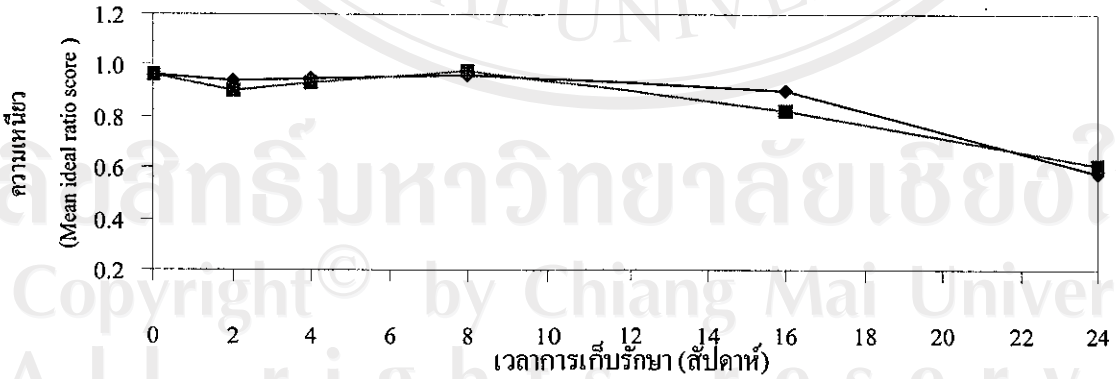
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.59 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.60 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.61 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความเหนียวของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.59 และ 4.60 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.61 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับรวมของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับรวมของพลับกึ่งแห้งแสดงดังตาราง 4.40 ซึ่งค่าคะแนนการยอมรับรวมของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติดังภาพ 4.62 พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อค่าคะแนนการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสมีค่าคะแนนการยอมรับรวมมากที่สุดคือ 0.77 และลดลงเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเป็น 10 และ 30 องศาเซลเซียส คือ 0.69 และ 0.56 ตามลำดับ เมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าคะแนนการยอมรับรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าคะแนนการยอมรับรวมเริ่มต้น 0.89 และมีค่าลดลงอย่างมากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 16 และ 24 ซึ่งมีค่าเป็น 0.56 และ 0.42 ค่าคะแนนการยอมรับรวมที่น้อยกว่าค่าคะแนนในอุดมคติสอดคล้องกับการยอมรับด้านอื่น ๆ คือด้านกลิ่นพลับ รสหวาน และความเหนียวที่ลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ส่วนค่าคะแนนการยอมรับรวมของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.63 พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อค่าคะแนนการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียสมีค่าคะแนนการยอมรับรวมมากที่สุดคือ 0.79 และ 0.76 และมีความแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่มีค่าคะแนนการยอมรับรวมเป็น 0.56 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าคะแนนการยอมรับรวมจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยจะมีค่าคะแนนการยอมรับรวมลดลงอย่างมากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 16 และ 24 ซึ่งมีค่าเป็น 0.57 และ 0.49

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการบรรจุคือ บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศดังภาพ 4.64 พบว่าค่าคะแนนการยอมรับรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยแนวโน้มเดียวกันคือค่าคะแนนการยอมรับรวมจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

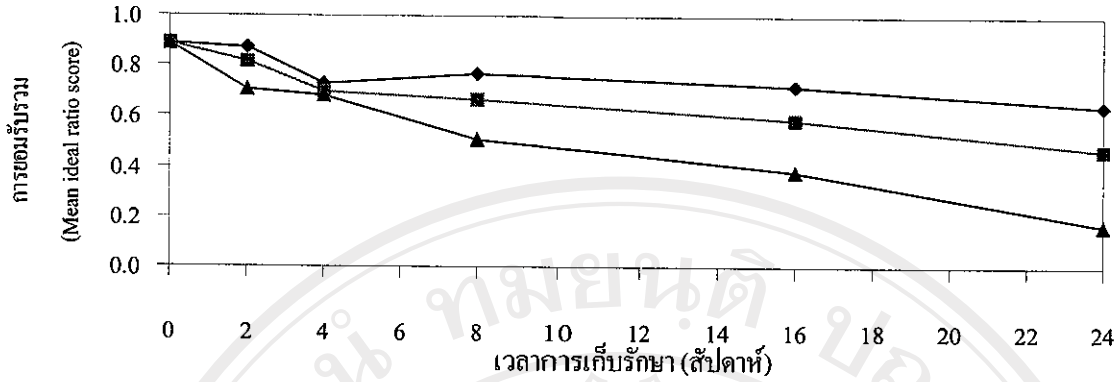
ตารางที่ 4.40 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับรวมของพลับกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าคะแนนการยอมรับรวม (Mean ideal ratio score)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย**
บรรจุในบรรยากาศปกติ							
0	0.89 ± 0.04	0.87 ± 0.10	0.73 ± 0.08	0.77 ± 0.08	0.72 ± 0.13	0.64 ± 0.18	**0.77 ± 0.13^{a}**
10	0.89 ± 0.04	0.82 ± 0.10	0.70 ± 0.11	0.67 ± 0.16	0.59 ± 0.12	0.47 ± 0.23	**0.69 ± 0.19^{b}**
30	0.89 ± 0.04	0.71 ± 0.16	0.68 ± 0.22	0.51 ± 0.10	0.38 ± 0.15	0.17 ± 0.09	**0.56 ± 0.27^{c}**
เฉลี่ย*	**0.89± 0.04^{a}**	**0.80 ± 0.08^{b}**	**0.71 ± 0.15^{b}**	**0.65 ± 0.13^{b}**	**0.56 ± 0.19^{c}**	**0.42 ± 0.26^{d}**	
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ							
0	0.89 ± 0.04	0.83 ± 0.14	0.79 ± 0.15	0.83 ± 0.05	0.72 ± 0.15	0.69 ± 0.14	**0.79 ± 0.17^{a}**
10	0.89 ± 0.04	0.84 ± 0.17	0.80 ± 0.11	0.72 ± 0.11	0.67 ± 0.08	0.64 ± 0.12	**0.76 ± 0.19^{a}**
30	0.89 ± 0.04	0.72 ± 0.18	0.64 ± 0.12	0.63 ± 0.08	0.32 ± 0.12	0.15 ± 0.08	**0.56 ± 0.29^{b}**
เฉลี่ย*	**0.89± 0.04^{a}**	**0.80 ± 0.16^{ab}**	**0.74 ± 0.20^{b}**	**0.73 ± 0.16^{b}**	**0.57 ± 0.29^{c}**	**0.49 ± 0.31^{c}**	

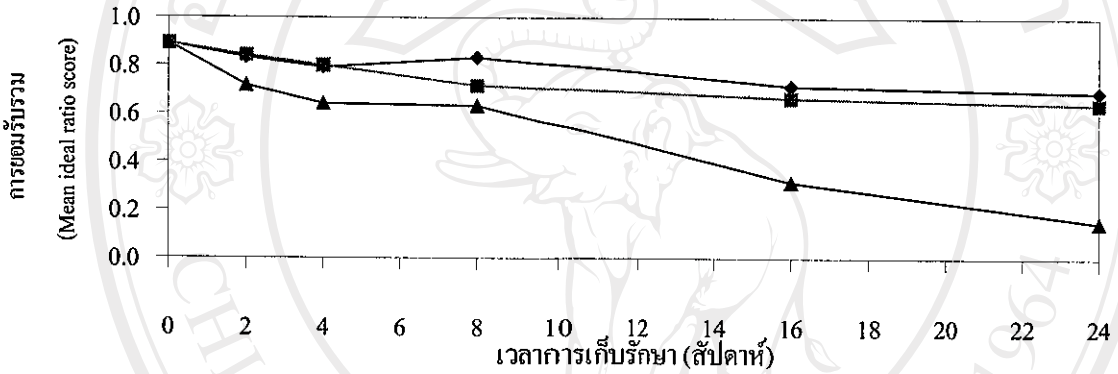
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

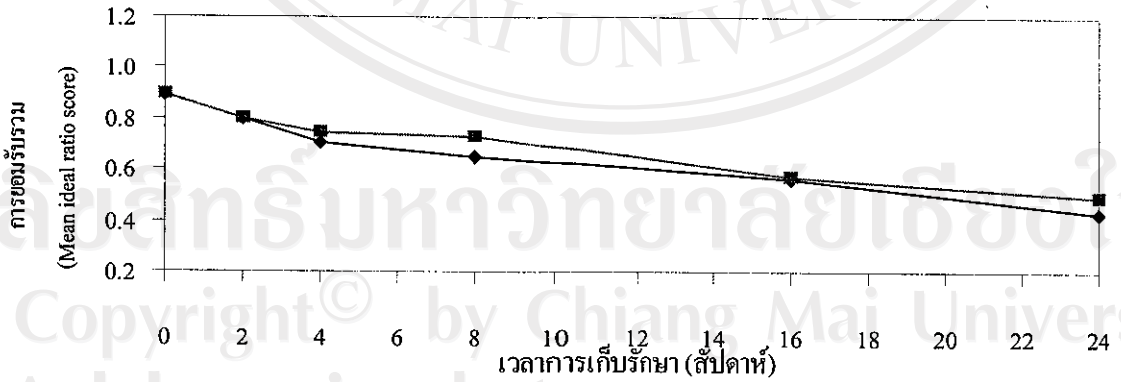
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.62 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับรวมของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.63 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับรวมของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.64 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับรวมของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.62 และ 4.63 —◆— 0 องศาเซลเซียส —■— 10 องศาเซลเซียส —▲— 30 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.64 —◆— บรรจุในบรรยากาศปกติ —■— บรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สรุปผลของวิธีการบรรจุและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาพลับกึ่งแห้ง

ผลการทดลองตอนที่ 4.5 พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ค่าทางกายภาพ คือค่าสี L (ความสว่าง) ค่าสี b* (สีเหลือง) และค่าสี a* (สีแดง) ลดลงแสดงถึงผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล และมีค่าแรงเฉือนที่เพิ่มขึ้น ส่วนคุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซิงจะลดลงเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงทั้งหมดนี้มีความเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ที่เกิดขึ้น ส่งผลให้สีปรากฏเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ทำให้ค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นพลับ รสหวาน ความเหนียว และการยอมรับรวมลดลงด้วย ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มากที่สุดคือ 0 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิ 10 และ 30 องศาเซลเซียสเป็นสภาวะที่มีการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทำให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ลดลง โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

สำหรับวิธีการบรรจุ พบว่าการบรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศไม่ทำให้ลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีเพียงแต่ค่าสี b* (สีเหลือง) ที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพลับที่บรรจุในบรรยากาศปกติมีค่าสีเหลืองมากกว่า เนื่องจากออกซิเจนไม่มีผลต่อปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ นอกจากออกซิเจนจะช่วยออกซิไดซ์สารอื่นให้เป็นรูปที่ไวต่อปฏิกิริยา ดังนั้นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจึงเกิดขึ้นได้ในภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (นิธิยา, 2543) เนื่องจากน้ำตาลในพลับเป็นน้ำตาลฟรุคโตสซึ่งมีคุณสมบัติในการตกผลึกได้ (กล้าณรงค์, 2542) การบรรจุพลับกึ่งแห้งในสภาวะสุญญากาศจะลดปัญหาผลึกน้ำตาลเกาะที่ผิวผลิตภัณฑ์ได้

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของพลับกึ่งแห้ง

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆ ของพลับกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีปรากฏมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดจนกระทั่งผู้บริโภคไม่สามารถยอมรับได้ คือผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีจากสีเหลืองส้มไปเป็นสีน้ำตาลเข้ม ดังนั้นจึงถือว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีปรากฏเป็นดัชนีบ่งชี้การด้อยคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

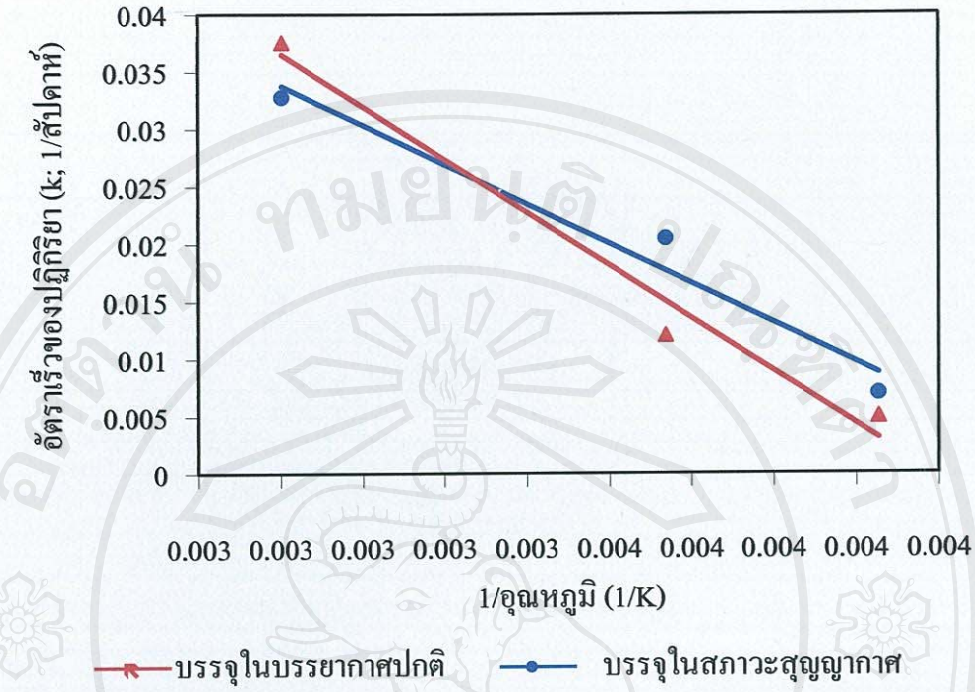
การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของพลับกึ่งแห้ง ทำได้โดยศึกษาอัตราเร็วและอันดับของปฏิกิริยา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางเคมีขององค์ประกอบของอาหารเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง คือ มีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับเวลาเป็นแบบ Logarithmic ดังนั้นจึงสามารถหาอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์ หรือค่า k ได้จากสมการของ Arrhenius (ดังแสดงในภาคผนวก ค) อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งเมื่อเก็บรักษาที่สภาวะต่างๆ แสดงในตาราง 4.41 และภาพ 4.65

ตาราง 4.41 อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งที่สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ

สภาวะการเก็บรักษา		
วิธีการบรรจุ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราเร็วของปฏิกิริยา (k ; 1/สัปดาห์)
บรรจุในบรรยากาศปกติ	0	0.0050
บรรจุในบรรยากาศปกติ	10	0.0121
บรรจุในบรรยากาศปกติ	30	0.0376
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ	0	0.0070
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ	10	0.0205
บรรจุในสภาวะสุญญากาศ	30	0.0328

ตาราง 4.41 แสดงให้เห็นว่าอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศที่สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ (k) มีแนวโน้มไปในทำนองเดียวกัน คือ อัตราเร็วของปฏิกิริยามีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น เมื่อพิจารณาอัตราเร็วของปฏิกิริยาระหว่างวิธีการบรรจุพบว่า การบรรจุในสภาวะสุญญากาศมีอัตราเร็วของปฏิกิริยาสูงกว่าการบรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 0 และ 10 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.65 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏกับอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ค่า k ที่ได้ เมื่อนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า k และอุณหภูมิ$^{-1}$ ดังภาพ 4.6 5 จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วของปฏิกิริยา (k) การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศ ซึ่งแสดงว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่า k จะเพิ่มขึ้น และเมื่อสร้างสมการถดถอย (Linear regression) เพื่อใช้คาดคะเนอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ได้สมการดังนี้

$k = 0.3409 - 92.21\ (1/T)$ $\quad R^2 = 0.9773$ .....(1)

$k = 0.2613 - 68.94\ (1/T)$ $\quad R^2 = 0.9641$ .....(2)

เมื่อ T คือ อุณหภูมิ (องศาเคลวิน)

สมการที่ 1 หมายถึง อัตราเร็วของปฏิกิริยาเมื่อบรรจุพลับกึ่งแห้งในบรรยากาศปกติ

สมการที่ 2 หมายถึง อัตราเร็วของปฏิกิริยาเมื่อบรรจุพลับกึ่งแห้งในสภาวะสุญญากาศ

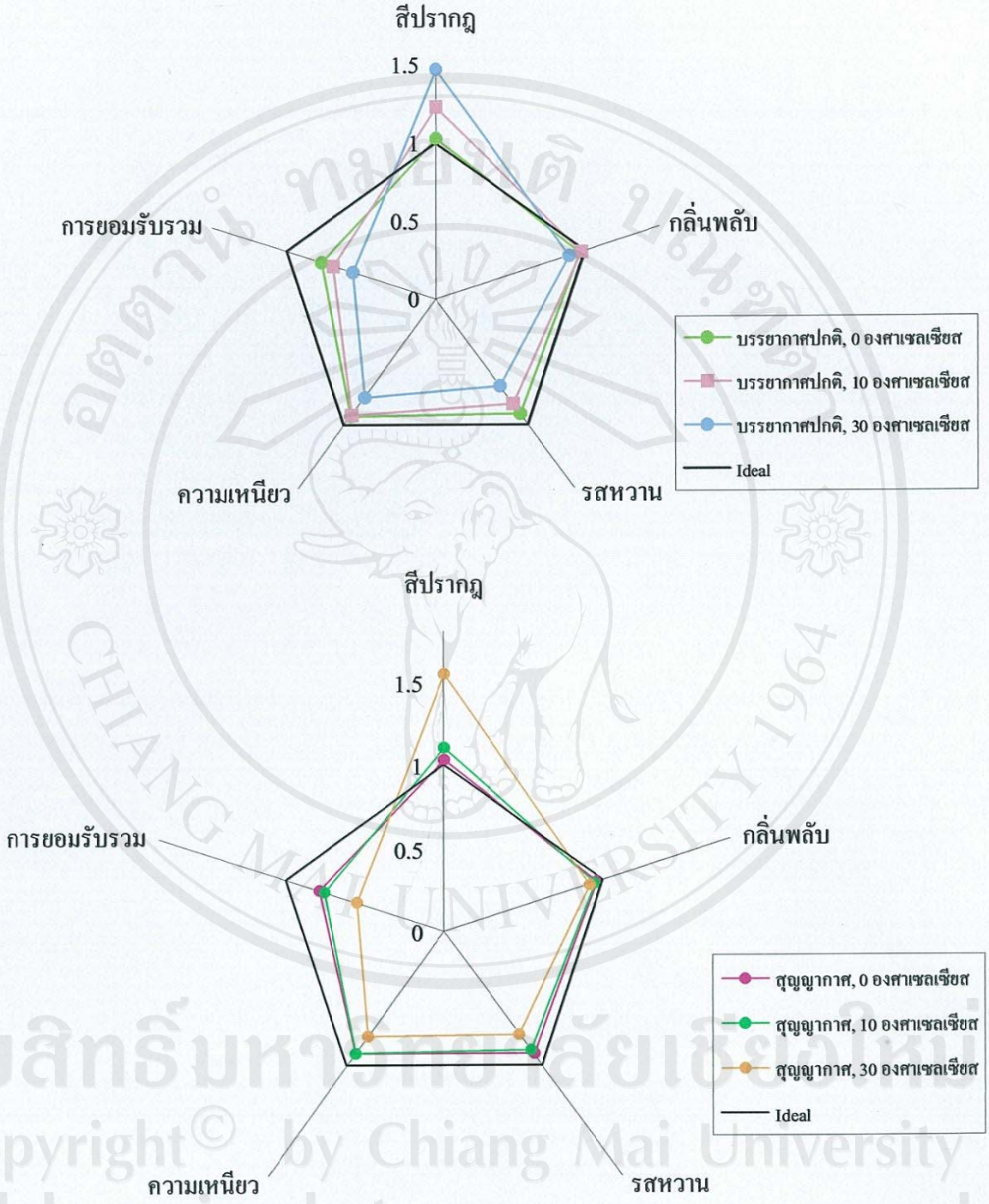
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมการถดถอยที่ได้ สามารถนำมาหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดยการหาค่า k ที่อุณหภูมิใดๆ ที่ต้องการทราบอายุการเก็บรักษาจากสมการ 1 หรือ 2 ตามวิธีการบรรจุ จากนั้นแทนค่าลงในสมการของ Arrhenius เพื่อหาอายุการเก็บรักษา เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของดัชนีบ่งชี้การเสื่อมเสีย (ค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏ) จากตาราง 4.36 มีค่าเท่ากับ 0.97 ส่วนความเข้มข้นสุดท้ายของค่าคะแนนลักษณะด้านสีปรากฏของพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 2.04 และ 2.08 ตามลำดับ

พบว่า การเก็บรักษาพลับกึ่งแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นกว่า และอายุการเก็บรักษาพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติมีมากกว่าการบรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 0 และ 10 องศาเซลเซียส เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองมากกว่า สำหรับการเก็บพลับกึ่งแห้งที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นสภาวะการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในตลาดทั่วไปมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 5 เดือนเมื่อบรรจุในบรรยากาศปกติ และ 5 เดือนครึ่ง เมื่อบรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ภาพ 4.66 แสดงเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของพลับกึ่งแห้งเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ พบว่าพลับกึ่งแห้งที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำมีค่าคะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกันทั้งการบรรจุในบรรยากาศปกติและบรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.66 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของพลับกึ่งแห้งเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเป็น 24 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้นทุนการผลิต

1. ค่าวัตถุดิบ ทำการประมาณค่าวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต ตามสูตรที่ใช้จริงดังนี้

ตาราง 4.42 ต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตพลับกึ่งแห้ง

ส่วนประกอบ	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)/ สารละลาย 1 ลิตร	ราคาวัตถุดิบ 1,000 กรัม/กิโลกรัม (บาท)	ราคาวัตถุดิบต่อผลิตภัณฑ์ 1 หน่วยบรรจุ
พลับพันธุ์นูชิน	1,000	13	13
4-เฮกซิลเรโซซินอล	0.01	120,000	12
กรดแอสคอร์บิค	20	800	16
กรดซิตริค	17	70	1.19
โซเดียมอีริทอร์เบท	17	600	10.20
โซเดียมแอซิดไพโร-ฟอสเฟต	5	80	0.40
โพแทสเซียมซอร์เบท	30	1,000	30
รวม			**82.79**

หมายเหตุ พลับสดที่ปอกเปลือกแล้ว 1,000 กรัม เมื่ออบแห้งจะเหลือน้ำหนักประมาณ 250 กรัม

2. ค่าภาชนะบรรจุ ประมาณ 1.50 บาท ต่อหน่วยบรรจุ
3. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในกระบวนการ ค่าโสหุ้ย ค่าแรงงาน โดยทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 30 ของค่าวัตถุดิบและค่าภาชนะบรรจุ ดังนั้นคิดเป็นเงิน 25.29 บาทต่อหน่วยบรรจุ

ดังนั้นต้นทุนการผลิตทั้งหมด ต่อผลิตภัณฑ์ 1 หน่วยบรรจุ (250 กรัม)

- ค่าวัตถุดิบ	82.79	บาท
- ค่าภาชนะบรรจุ	1.50	บาท
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	25.29	บาท
รวม	**109.58**	**บาท**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved