บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการทดลองทำเจลมาตรฐานจากเปกตินชนิด 150 เกรด

จากการทดลองทำเจลมาตรฐานจากเปกตินชนิด 150 เกรด โดยควบคุมให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างช่วง 3.0-3.2 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 65 องศาบริกซ์ แล้วจึงใช้ลักษณะเจลที่ได้รับนั้นเทียบเป็นลักษณะเจลในอุดมคติเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสตามที่ต้องการ

การทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลนั้น เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางด้านรีโอโลยี (rheological property) ของเจลแล้วการจะวัดหาลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลซึ่งแสดงถึงความแข็งแรงของโครงสร้างเจล ปกตินิยมวัดในรูปหน่วยของแรงสูงสุดที่ใช้ไป มีหน่วยเป็นนิวตัน และพลังงานที่มีหน่วยเป็นมิลลิจูล โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร (Instron) ซึ่งส่วนใหญ่มักแสดงในรูปของแรงเค้น(stress) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของแรงที่กระทำต่อวัตถุในรูปของแรงต่อพื้นที่ และแรงเครียด (strain) คือผลของการเปลี่ยนแปลงในด้านรูปร่างหรือขนาด อันเนื่องมาจากแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้น ๆ ชนิดของแรงเค้นที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ได้แก่ แรงทะลุ (puncture force) ซึ่งเป็นแรงที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อเจล (Giese,1995)

ผลการวิเคราะห์หาค่าแรงทะลุ 4 ครั้ง ครั้งละ 4 ซ้ำ พบว่า เจลมาตรฐานมีค่าแรงทะลุอยู่ในช่วง 1.05-1.14 นิวตัน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.10 นิวตัน

ตารางที่ 4.1 ผลค่าแรงทะลุของเจลมาตรฐานที่วัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส(Instron sereis 5500)

ตัวอย่างเจลมาตรฐาน	แรงทะลุ (นิวตัน)
1	1.14±0.05
2	1.08±0.13
3	1.12±0.12
4	1.05±0.11
ค่าเฉลี่ย	1.10±0.04

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2 ผลการศึกษาการเกิดเจลโดยใช้สารข้นเหนียวชนิดต่าง ๆ

เมื่อทำการศึกษาว่า สารข้นเหนียวชนิดใดที่ให้ลักษณะเจลที่เหมาะสมใกล้เคียงกับเจลมาตรฐาน โดยเลือกใช้สารข้นเหนียวแต่ละชนิด คือ เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ (low-methoxyl pectin) , แคปปา-คาร์ราจีแนน (K-carrageenan) , โลคัสบีนกัม (locust bean gum) และโซเดียม-อัลจิเนท (Na-alginate) แล้วพบว่าสารข้นเหนียวที่สามารถเกิดเจลและลักษณะเจลที่ได้สามารถทำการปรับปรุงให้มีลักษณะใกล้เคียงกับเจลมาตรฐานได้นั้น คือ สารข้นเหนียวชนิดเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ และคาร์ราจีแนนสำหรับสารข้นเหนียวชนิด โลคัสบีนกัม และอัลจิเนท จะให้เจลที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการในผลิตภัณฑ์แยม คือ โลคัสบีนกัมไม่สามารถเกิดเจลได้ และอัลจิเนทจะให้เจลในทันทีที่ทำปฏิกิริยากับแคลเซียมอิออน จึงไม่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมต่อไป ดังนั้นจึงเลือกใช้สารข้นเหนียวชนิดเปกตินเมธ็อกซิลต่ำและคาร์ราจีแนนที่จะทำการศึกษาและพัฒนาให้มีลักษณะเจลที่ใกล้เคียงกับเจลมาตรฐานต่อไป

4.2.1 ผลการศึกษาการเกิดเจลของเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ

จากการศึกษาหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมของเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ , น้ำตาล (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด) และแคลเซียมคลอไรด์ (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ) ที่สามารถให้ลักษณะเจลที่ใกล้เคียงกับเจลมาตรฐาน และได้รับการยอมรับมากที่สุด

ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี และการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสแสดงในตาราง 4.2 ,4.3 ,4.4

ตาราง 4.2 ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ทางกายภาพของเจลที่ได้จากเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ

สิ่งทดลอง	ค่าแรงทะลุ (นิวตัน)
1(a)	0.33±0.00
2(b)	0.11±0.01
3(ab)	0.38±0.00
4(c)	0.06±0.01
5(ac)	0.34±0.01
6(1)	0.06±0.00
7(bc)	0.09±0.01
8(abc)	0.41±0.01
9(cp1)	0.23±0.00
10(cp2)	0.23±0.01
11(cp3)	0.21±0.01
12(cp4)	0.22±0.00

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตาราง4.3 ค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเจลที่ได้จากเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ

สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	ปริมาณความเป็นกรดทั้งหมด(%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)
1(a)	3.08±0.00	0.231±0.001	17.90±0.14
2(b)	2.93±0.02	0.199±0.005	27.00±0.00
3(ab)	3.12±0.01	0.207±0.005	28.10±0.14
4(c)	2.91±0.01	0.196±0.000	17.90±0.14
5(ac)	3.14±0.01	0.193±0.005	17.90±0.14
6(1)	2.92±0.02	0.182±0.000	17.90±0.14
7(bc)	3.07±0.02	0.185±0.005	27.90±0.14
8(abc)	3.10±0.00	0.175±0.000	28.00±0.00
9(cp1)	3.02±0.01	0.172±0.005	22.90±0.14
10(cp2)	3.06±0.01	0.189±0.001	23.90±0.14
11(cp3)	3.07±0.01	0.196±0.000	23.90±0.14
12(cp4)	3.06±0.00	0.203±0.001	23.90±0.14

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตาราง 4.4 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของเจลที่ได้จากเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ

สิ่งทดลอง	การะจายของเจล	ความแข็งแรงของเจล	ความหนืด	การยอมรับรวม
1(a)	0.89±0.13	1.04±0.32	0.91±0.15	0.66±0.12
2(b)	1.05±0.01	0.51±0.28	0.42±0.11	0.41±0.13
3(ab)	0.91±0.15	1.08±0.31	0.95±0.20	0.72±0.13
4(c)	1.07±0.02	0.46±0.29	0.46±0.13	0.42±0.14
5(ac)	0.97±0.09	1.05±0.36	0.96±0.21	0.72±0.13
6(1)	1.08±0.02	0.43±0.20	0.38±0.12	0.36±0.14
7(bc)	1.03±0.08	0.53±0.21	0.51±0.13	0.48±0.14
8(abc)	0.93±0.09	1.11±0.31	0.98±0.22	0.74±0.12
9(cp1)	0.95±0.09	0.85±0.16	0.86±0.06	0.62±0.15
10(cp2)	0.98±0.09	0.86±0.18	0.86±0.07	0.62±0.17
11(cp3)	0.99±0.04	0.86±0.17	0.87±0.07	0.61±0.16
12(cp4)	0.98±0.05	0.83±0.18	0.87±0.07	0.60±0.15

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการทดลองที่ได้นำมาวิเคราะห์แบบ Stepwise regression analysis โดยกำหนดค่าตัวแปรอิสระและค่าตัวแปรตาม ค่าผลวิเคราะห์ซึ่งได้มาจากทั้งการวิเคราะห์ทางเคมี , กายภาพ และการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส จะได้สมการความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ซึ่งเป็นสมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (coded equation) ดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 สมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัสของลักษณะต่าง ๆของเจลที่ได้จากเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ

Response variables	Coded equation	R^2
Instron	$= 0.125+0.08(C)^2+0.1275(L)+0.0375(S)$	0.9577
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	$= 23.6-0.675(C)^2+4.925(S)$	0.9950
ค่าความเป็นกรดด่าง	$= 3.0166+0.0862(L)-0.0287(LxSxC)$	0.8321
ปริมาณกรดทั้งหมด(%)	$= 0.7375+0.02(C)-0.0225(C)^2+0.0075(CxS)$ $+0.025(L)-0.0125(LxSxC)+0.0175(S)$	0.9631
การกระจายของเจล	$= 0.9858-0.0663(L)+0.0163(LxC)$	0.8929
ความแข็งแรงของเจล	$= 0.8008+0.2938(L)+0.0313(S)$	0.9768
ความหนืด	$= 0.7525+0.2538(L)$	0.8542
การยอมรับรวม	$= 0.5798+0.1460(L)+0.0230(S)+0.0270(C)$	0.9603

หมายเหตุ : C= แคลเซียมคลอไรด์ , L= เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ และ S= น้ำตาล

ในการคำนวณหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย จะนำเอาสมการที่มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส มาทำการถอดรหัสตัวแปรของแต่ละสมการ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็น Ideal ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด

หลักการถอดรหัส (decoded) ของตัวแปรของสมการ coded equation ดังกล่าวสามารถทำได้โดย การนำเอาสมการ coded equation ที่มีปัจจัยที่ยังไม่ได้ทำการถอดรหัส (coded variables) มาแก้ไขสมการ ซึ่งมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

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

จากนั้นนำเอาปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัสที่ได้ไปแทนในสมการ coded equation และแก้ไขสมการ ได้เป็นสมการที่ถอดรหัสแล้ว (decoded equation) ซึ่งสามารถนำเอาสมการที่ได้นี้ไปคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่การคาดคะเนนั้นจะต้องไม่กระทำในช่วงที่เกินจากช่วงหรือจะกระทำในช่วงระดับสูง – ต่ำ ที่ได้ทำการทดลองจริงเท่านั้น

ผลของสมการที่ถอดรหัสแล้วแสดงดังต่อไปนี้

การกระจายของเจล = 1.3546-0.7375(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ) R^2=0.8929
+0.1625(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ x แคลเซียมคลอไรด์)
-0.0813(แคลเซียมคลอไรด์)

ความแข็งแรงของเจล = -0.0586+1.4688(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ) R^2=0.9768
+0.0063(น้ำตาล)

ความหนืด = 0.1181+1.2688(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ) R^2=0.8542

การยอมรับรวม = -0.0122+0.73(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ) R^2=0.9603
+0.0046(น้ำตาล)+0.054(แคลเซียมคลอไรด์)
-0.0175(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ x น้ำตาล)

สมการที่ได้จากการถอดรหัสแล้ว สามารถนำไปคาดคะเนผลที่เกิดขึ้นโดยแทนค่าระดับปริมาณการใช้ในช่วงที่ทำการศึกษา เพื่อให้ได้ค่าการตอบสนองของแต่ละลักษณะให้มีค่า mean ideal ratio score เข้าใกล้ค่าที่ดีที่สุด (คือเข้าใกล้ค่า 1.00 มากที่สุด) ในการตอบสนองของลักษณะที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

เมื่อนำสมการที่ถอดรหัสแล้วมาแทนค่าระดับของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะที่ศึกษาโดยแทนค่าระดับปัจจัยให้อยู่ในช่วงที่ทำการศึกษา คือ ใช้เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ ที่ระดับ 0.3-0.7 เปอร์เซ็นต์, แคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับ 2-3 เปอร์เซ็นต์(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ) และน้ำตาลซูโครสที่ระดับ 15-25 เปอร์เซ็นต์ การคาดคะเนผลที่เกิดขึ้นเพื่อให้ได้เจลที่มีลักษณะเป็นที่ยอมรับมากที่สุด สามารถแสดงผลได้ดังนี้

การกระจายของเจล = 1.3546-0.7375(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ) R^2=0.8929
+0.1625(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ x แคลเซียมคลอไรด์)
-0.0813(แคลเซียมคลอไรด์)

แทนค่า(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ , แคลเซียมคลอไรด์) ได้ผลดังนี้

f(0.3,2) = 1.068	f(0.5,2) = 0.986	f(0.7,2) = 0.903
f(0.3,2.5) = 1.058	f(0.5,2.5) = 0.986	f(0.7,2.5) = 0.920
f(0.3,3) = 1.036	f(0.5,3) = 0.986	f(0.7,3) = 0.936

จากการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ และระดับแคลเซียมคลอไรด์ กับลักษณะการกระจายของเจล พบว่าการใช้เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ ในระดับต่ำ (0.3 เปอร์เซ็นต์) สามารถตอบสนองคุณภาพด้านการกระจายตัวได้ใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติ มากกว่าการใช้เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ ในระดับสูง (0.7 เปอร์เซ็นต์) และแคลเซียมคลอไรด์ในทุกระดับจะตอบสนองคุณภาพด้านการกระจายตัวของเจลที่ไม่แตกต่างกันมาก เมื่อพิจารณาสมการความแข็งแรงของเจลประกอบ อาจกล่าวได้ว่า การใช้ เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ ที่ระดับต่ำจะให้เจลที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าการใช้เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ ที่ระดับสูง เจลจึงถูกทำลายได้ง่ายกว่าทำให้สามารถกระจายตัวได้ดีกว่าด้วย

ความแข็งแรงของเจล = -0.0586+1.4688(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ) R^2=0.9768
+0.0063(น้ำตาล)

แทนค่า f(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ , น้ำตาล) ได้ผลดังนี้

f(0.3,15) = 0.476	f(0.5,15) = 0.77	f(0.7,15) = 1.063
f(0.3,20) = 0.507	f(0.5,20) = 0.801	f(0.7,20) = 1.095
f(0.3,25) = 0.476	f(0.5,25) = 0.832	f(0.7,25) = 1.126

จากการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ และระดับน้ำตาล กับคุณภาพด้านความแข็งแรงของเจลแล้วพบว่า การใช้เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ ที่ระดับสูง (0.7 เปอร์เซ็นต์) ทำให้การตอบสนองของคุณภาพด้านความแข็งแรงของเจลมีค่าใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากที่สุด และการใช้น้ำตาลทั้ง 3 ระดับ ทำให้การตอบสนองคุณภาพด้านความแข็งแรงของเจลมีค่ามากกว่าค่าทางอุดมคติ โดยการใช้น้ำตาลที่ระดับต่ำ (15 เปอร์เซ็นต์) สามารถตอบสนองให้ค่าความแข็งแรงของเจลได้ใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากที่สุด

ความหนืด = 0.1181+1.2688(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ) R^2=0.8542

แทนค่า f(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ) ได้ผลดังนี้ f(0.3) = 0.499

f(0.5) = 0.753

f(0.7) = 1.006

จากการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ กับลักษณะความหนืดของเจลแล้วพบว่าการใช้เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ ที่ระดับสูง(0.7 เปอร์เซ็นต์) สามารถตอบสนองคุณภาพด้านความหนืดของเจลได้ใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากที่สุด

การยอมรับรวม = -0.0122+0.73(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ) R^2=0.9603

+0.0046(น้ำตาล)+0.054(แคลเซียมคลอไรด์)

-0.0175(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ x น้ำตาล)

แทนค่า f(เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ, น้ำตาล, แคลเซียมคลอไรด์) ได้ผลดังนี้

f(0.3,15,2) = 0.384	f(0.5,15,2) = 0.53	f(0.7,15,2) = 0.676
f(0.3,15,2.5) = 0.411	f(0.5,15,2.5) = 0.557	f(0.7,15,2.5) = 0.703
f(0.3,15,3) = 0.438	f(0.5,15,3) = 0.584	f(0.7,15,3) = 0.74
f(0.3,20,2) = 0.407	f(0.5,20,2) = 0.553	f(0.7,20,2) = 0.699
f(0.3,20,2.5) = 0.434	f(0.5,20,2.5) = 0.58	f(0.7,20,2.5) = 0.726
f(0.3,20,3) = 0.461	f(0.5,20,3) = 0.607	f(0.7,20,3) = 0.76
f(0.3,25,2) = 0.43	f(0.5,25,2) = 0.576	f(0.7,25,2) = 0.722
f(0.3,25,2.5) = 0.457	f(0.5,25,2.5) = 0.603	f(0.7,25,2.5) = 0.749
f(0.3,25,3) = 0.484	f(0.5,25,3) = 0.63	f(0.7,25,3) = 0.77

จากการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับ เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ, น้ำตาล และแคลเซียมคลอไรด์ กับการยอมรับโดยรวม แล้วพบว่า การตอบสนองของปัจจัยต่อค่าการยอมรับโดยรวมที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคตินำจะนำมาพิจารณาได้ 2 ระดับ คือ

ระดับที่ 1 การใช้เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ 0.7 เปอร์เซ็นต์, น้ำตาล 20 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมคลอไรด์ 3 เปอร์เซ็นต์(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ) โดยให้ค่าการยอมรับรวมที่ 0.76 และ

ระดับที่ 2 การใช้เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ 0.7 เปอร์เซ็นต์, น้ำตาล 25 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมคลอไรด์ 3 เปอร์เซ็นต์(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ) โดยให้ค่าการยอมรับรวมที่ 0.77

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงระดับการใช้ปัจจัยทั้ง 3 คือ เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ, น้ำตาล และแคลเซียมคลอไรด์ โดยเมื่อพิจารณาจาก สมการความแข็งแรงของเจล และสมการการยอมรับรวม ประกอบกันแล้ว พบว่า ระดับการใช้ของปัจจัยทั้ง 3 ที่สามารถนำมาพิจารณามี 2 ระดับ คือ

ระดับที่ 1 การใช้ เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ 0.7 เปอร์เซ็นต์, น้ำตาล 20 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมคลอไรด์ 3 เปอร์เซ็นต์(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ)

ระดับที่ 2 การใช้ เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ 0.7 เปอร์เซ็นต์, น้ำตาล 25 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมคลอไรด์ 3 เปอร์เซ็นต์(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ)

โดยในระดับที่ 1 ตอบสนองต่อค่าการยอมรับรวม เท่ากับ 0.76 และค่าความแข็งแรงของเจล เท่ากับ 1.095 และในระดับที่ 2 ตอบสนองต่อค่าการยอมรับรวม เท่ากับ 0.77 และค่าความแข็งแรงของเจล เท่ากับ 1.126 จากการพิจารณา ระดับที่ 1 สามารถตอบสนองต่อลักษณะการยอมรับรวมและความแข็งแรงของเจลได้ใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากกว่าจึงเลือกใช้ปัจจัยทั้ง 3 ในระดับที่ 1 คือ

เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ ควรใช้ในระดับสูง 0.7 เปอร์เซ็นต์

น้ำตาล ควรใช้ในระดับกลาง 20 เปอร์เซ็นต์

แคลเซียมคลอไรด์ ควรใช้ที่ระดับสูง 3 เปอร์เซ็นต์(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ)

4.2.2 ผลการศึกษาการเกิดเจลโดยใช้สารข้นเหนียวคาร์ราจีแนน

เมื่อทำการทดลองหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการเกิดเจล โดยใช้ คาร์ราจีแนน ,น้ำตาล และแคลเซียมคลอไรด์ ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ , เคมี และการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสแสดงในตาราง 4.6, 4.7 และ4.8

ตาราง 4.6 ค่าวิเคราะห์ทางด้านกายภาพของเจลที่ได้จากคาร์ราจีแนน

สิ่งทดลอง	ค่าแรงทะลุ(นิวตัน)
1(a)	0.33±0.00
2(b)	0.25±0.01
3(ab)	0.48±0.00
4(c)	0.20±0.01
5(ac)	0.36±0.01
6(1)	0.25±0.01
7(bc)	0.30±0.00
8(abc)	0.50±0.01
9(cp1)	0.33±0.01
10(cp2)	0.34±0.00
11(cp3)	0.33±0.01
12(cp4)	0.33±0.01

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตาราง 4.7 ค่าวิเคราะห์ทางเคมีของเจลที่ได้จากคาร์ราจีแนน

สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	ค่าความเป็นกรดทั้งหมด(%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(องศาบริกซ์)
1(a)	3.06±0.01	0.175±0.000	15.80±0.00
2(b)	3.10±0.00	0.203±0.001	25.90±0.14
3(ab)	3.03±0.01	0.203±0.001	26.30±0.14
4(c)	3.09±0.01	0.178±0.005	15.80±0.00
5(ac)	3.12±0.02	0.196±0.000	15.90±0.14
6(1)	3.05±0.00	0.203±0.001	15.90±0.14
7(bc)	3.10±0.01	0.175±0.000	26.00±0.00
8(abc)	3.06±0.01	0.178±0.005	25.90±0.14
9(cp1)	3.05±0.00	0.207±0.005	20.90±0.14
10(cp2)	3.04±0.01	0.178±0.005	21.45±0.01
11(cp3)	3.03±0.01	0.175±0.000	21.50±0.14
12(cp4)	3.05±0.01	0.175±0.000	21.10±0.14

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตาราง 4.8 ค่าเฉลี่ยของผลการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของเจลที่ได้จากคาร์ราจีแนน

สิ่งทดลอง	การกระจายของเจล	ความแข็งแรงของเจล	ความหนืด	การยอมรับรวม
1(a)	1.02±0.10	1.34±0.40	0.68±0.25	0.55±0.18
2(b)	1.06±0.05	0.96±0.41	0.57±0.19	0.55±0.22
3(ab)	0.94±0.09	1.59±0.46	0.78±0.39	0.48±0.16
4(c)	1.09±0.04	0.68±0.23	0.63±0.37	0.44±0.20
5(ac)	1.05±0.05	0.77±0.49	0.58±0.25	0.58±0.16
6(1)	1.01±0.07	1.14±0.49	0.58±0.28	0.51±0.19
7(bc)	1.09±0.04	0.87±0.45	0.66±0.24	0.61±0.18
8(abc)	1.02±0.08	1.28±0.49	0.71±0.31	0.54±0.25
9(cp1)	1.07±0.08	1.02±0.27	0.74±0.24	0.59±0.17
10(cp2)	1.06±0.07	1.36±0.39	0.86±0.38	0.56±0.13
11(cp3)	1.05±0.07	1.17±0.43	0.76±0.35	0.59±0.21
12(cp4)	1.08±0.05	0.86±0.41	0.69±0.16	0.55±0.21

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Stepwise regression analysis จะได้สมการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ยังไม่ได้ถอดรหัส ดังตารางที่ 4.9

ตาราง 4.9 สมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัสของลักษณะต่าง ๆ ของเจลที่ได้จากคาร์ราจีแนน

Response variables	Coded equation	R^2
Instron	= 0.225-0.0625(C)+0.0625(K)+0.0475(S) +0.05(KxS)-0.0225(KxSxC)	0.9934
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	= 21.0667+5.075(S)	0.9966
ปริมาณกรดทั้งหมด(%)	= 0.7483+0.0125(C)-0.0075(S)+0.0075(KxC) +0.01(KxSxC)-0.005(SxC)	0.9356
การกระจายของเจล	= 1.065+0.0275(C)-0.0275(K)+0.0075(S)-0.03$(C)^2$ -0.02(KxS)+0.0125(KxSxC)	0.9900
ความแข็งแรงของเจล	= 1.087-0.1788(C)+0.1166(K)	0.5786
ความหนืด	= 0.7625-0.1138$(C)^2$	0.3900
การยอมรับรวม	= 0.5725-0.04$(C)^2$-0.04(KxS)+0.02(SxC)	0.7708

หมายเหตุ: K= คาร์ราจีแนน , C= แคลเซียมคลอไรด์ และ S= น้ำตาลซูโครส

นำสมการที่ได้มาถอดรหัสโดยจะเลือกสมการที่มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จการการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส มาทำการถอดรหัสตัวแปรของแต่ละสมการ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็น ideal ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด

ผลของสมการที่ถอดรหัสแล้ว แสดงดังต่อไปนี้

การกระจายของเจล = -0.675+0.1115(แคลเซียมคลอไรด์)+2.025(คาร์ราจีแนน) R^2=0.9900
+0.079(น้ำตาล)-0.0012(แคลเซียมคลอไรด์)^2
-0.115(คาร์ราจีแนน x น้ำตาล)
-0.1(คาร์ราจีแนน x แคลเซียมคลอไรด์)
-0.0035(น้ำตาล x แคลเซียมคลอไรด์)
+0.05(คาร์ราจีแนน x น้ำตาล x แคลเซียมคลอไรด์)

ความแข็งแรงของเจล = 0.4591-0.0357(แคลเซียมคลอไรด์)+1.6625(คาร์ราจีแนน) R^2=0.5786

ความหนืด = -0.2612-0.0045(แคลเซียมคลอไรด์)^2 R^2=0.3900
+0.1365(แคลเซียมคลอไรด์)

การยอมรับรวม = -0.6675-0.0016(แคลเซียมคลอไรด์)^2+0.044(น้ำตาล) R^2=0.7708
+0.032(แคลเซียมคลอไรด์)+1.6(คาร์ราจีแนน)
+0.044(น้ำตาล)-0.08(คาร์ราจีแนน x น้ำตาล)
+0.0008(น้ำตาล x แคลเซียมคลอไรด์)

สมการที่ทำการถอดรหัสแล้วนำมาแทนค่าระดับการใช้ คาร์ราจีแนน, น้ำตาล และแคลเซียมคลอไรด์ ในช่วงที่ทำการศึกษา คือ ใช้คาร์ราจีแนนในปริมาณ 0.6-0.8 เปอร์เซ็นต์, น้ำตาลในปริมาณ 15-25 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมคลอไรด์ในปริมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของคาร์ราจีแนน) เพื่อคาดคะเนผลที่เกิดขึ้นสามารถแสดงผลได้ดังนี้

การกระจายของเจล = -0.675+0.1115(แคลเซียมคลอไรด์)+2.025(คาร์ราจีแนน) R^2=0.9900
+0.079(น้ำตาล)-0.0012(แคลเซียมคลอไรด์)^2
-0.115(คาร์ราจีแนน x น้ำตาล)
-0.1(คาร์ราจีแนน x แคลเซียมคลอไรด์)
-0.0035(น้ำตาล x แคลเซียมคลอไรด์)
+0.05(คาร์ราจีแนน x น้ำตาล x แคลเซียมคลอไรด์)

แทนค่า f(คาร์ราจีแนน , น้ำตาล, แคลเซียมคลอไรด์) ได้ผลดังนี้

f(0.6,15,10) = 1.01	f(0.7,15,10) = 1.015	f(0.8,15,10) = 1.02
f(0.6,15,15) = 1.08	f(0.7,15,15) = 1.073	f(0.8,15,15) = 1.065
f(0.6,15,20) = 1.09	f(0.7,15,20) = 1.07	f(0.8,15,20) = 1.05
f(0.6,20,10) = 1.035	f(0.7,20,10) = 1.017	f(0.8,20,10) = 0.98
f(0.6,20,15) = 1.093	f(0.7,20,15) = 1.065	f(0.8,20,15) = 1.037
f(0.6,20,20) = 1.09	f(0.7,20,20) = 1.062	f(0.8,20,20) = 1.035
f(0.6,25,10) = 1.05	f(0.7,25,10) = 1.00	f(0.8,25,10) = 0.94
f(0.6,25,15) = 1.06	f(0.7,25,15) = 1.058	f(0.8,25,15) = 1.01
f(0.6,25,20) = 1.09	f(0.7,25,20) = 1.055	f(0.8,25,20) = 1.02

จากการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับคาร์ราจีแนน , น้ำตาล และแคลเซียมคลอไรด์ กับคุณภาพด้านการกระจายของเจลแล้ว พบว่า ทุกระดับค่าของทั้ง 3 ปัจจัยให้ค่าการกระจายของเจลที่ค่อนข้างเข้าใกล้ค่าการกระจายของเจลทางอุดมคติมาก และให้ค่าที่มีความแตกต่างกันน้อยมาก จึงควรพิจารณาจากสมการความสันพันธ์ของคุณลักษณะต่าง ๆ ประกอบการพิจารณาด้วย

ความแข็งแรงของเจล = 0.4591-0.0357(แคลเซียมคลอไรด์)+1.6625(คาร์ราจีแนน) R^2=0.5786

แทนค่า f(คาร์ราจีแนน , แคลเซียมคลอไรด์) ได้ผลดังนี้

f(0.6,10)	= 1.099	f(0.7,10)	= 1.265	f(0.8,10)	= 1.432
f(0.6,15)	= 0.92	f(0.7,15)	= 1.087	f(0.8,15)	= 1.253
f(0.6,20)	= 0.742	f(0.7,20)	= 0.908	f(0.8,20)	= 1.074

จากการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับ คาร์ราจีแนน , แคลเซียมคลอไรด์ กับคุณภาพในด้านความแข็งแรงของเจลแล้ว พบว่า การตอบสนองของปัจจัยต่อความแข็งแรงของเจลที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติสามารถพิจารณาได้ 2 ระดับ คือ

ระดับที่ 1. การใช้ คาร์ราจีแนน ที่ 0.6 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมคลอไรด์ที่ 15 เปอร์เซ็นต์(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของคาร์ราจีแนน) โดยให้ค่าความแข็งแรงของเจลที่ 0.92 และ

ระดับที่ 2. การใช้ คาร์ราจีแนน ที่ 0.8 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมคลอไรด์ที่ 20 เปอร์เซ็นต์(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของคาร์ราจีแนน) โดยให้ค่าความแข็งแรงของเจลที่ 1.074

เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาต่อไป

ความหนืด = -0.2612-0.0045(แคลเซียมคลอไรด์)^2 R^2=0.3900

+0.1365(แคลเซียมคลอไรด์)

แทนค่า f(แคลเซียมคลอไรด์) ได้ผลดังนี้ f(10) = 0.649

f(15) = 0.763

f(20) = 0.649

จากการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับแคลเซียมคลอไรด์ กับคุณภาพทางด้านความหนืดของเจลแล้ว พบว่าระดับการใช้แคลเซียมคลอไรด์ที่ 15 เปอร์เซ็นต์ (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของ

คาร์ราจีแนน)สามารถตอบสนองคุณภาพด้านความหนืดของเจลได้ใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากที่สุด คือมีค่า เท่ากับ 0.763

การยอมรับรวม = -0.6675-0.0016(แคลเซียมคลอไรด์)^2+0.044(น้ำตาล) R^2=0.7708
+0.032(แคลเซียมคลอไรด์)+1.6(คาร์ราจีแนน)
+0.044(น้ำตาล)-0.08(คาร์ราจีแนน x น้ำตาล)
+0.0008(น้ำตาล x แคลเซียมคลอไรด์)

แทนค่า f(คาร์ราจีแนน , น้ำตาล, แคลเซียมคลอไรด์) ได้ผลดังนี้

f(0.6,15,10) = 0.512	f(0.7,15,10) = 0.552	f(0.8,15,10) = 0.593
f(0.6,15,15) = 0.532	f(0.7,15,15) = 0.572	f(0.8,15,15) = 0.610
f(0.6,15,20) = 0.472	f(0.7,15,20) = 0.512	f(0.8,15,20) = 0.553
f(0.6,20,10) = 0.532	f(0.7,20,10) = 0.532	f(0.8,20,10) = 0.533
f(0.6,20,15) = 0.572	f(0.7,20,15) = 0.572	f(0.8,20,15) = 0.573
f(0.6,20,20) = 0.532	f(0.7,20,20) = 0.532	f(0.8,20,20) = 0.532
f(0.6,25,10) = 0.552	f(0.7,25,10) = 0.512	f(0.8,25,10) = 0.473
f(0.6,25,15) = 0.613	f(0.7,25,15) = 0.572	f(0.8,25,15) = 0.533
f(0.6,25,20) = 0.592	f(0.7,25,20) = 0.552	f(0.8,25,20) = 0.513

จากการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับ คาร์ราจีแนน , น้ำตาล และแคลเซียมคลอไรด์กับลักษณะการยอมรับรวมของเจลแล้ว พบว่า การใช้ คาร์ราจีแนน ที่ 0.6 เปอร์เซ็นต์ ,น้ำตาลที่ 25 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมคลอไรด์ที่ 15 เปอร์เซ็นต์(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของคาร์ราจีแนน) จะทำให้การยอมรับรวมของเจลมีค่าใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากที่สุด คือมีค่า เท่ากับ 0.613

ดังนั้นเมื่อพิจารณาโดยรวมถึงระดับการใช้ของปัจจัยทั้ง 3 คือ คาร์ราจีแนน, น้ำตาล และแคลเซียมคลอไรด์ ที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากทำการถอดรหัสและแทนค่าในสมการเพื่อหาระดับการใช้ที่เหมาะสมสามารถสรุปได้ว่า

คาร์ราจีแนน	ควรใช้ที่ระดับต่ำ	0.6	เปอร์เซ็นต์
น้ำตาล	ควรใช้ที่ระดับสูง	25	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมคลอไรด์	ควรใช้ที่ระดับกลาง	15	เปอร์เซ็นต์(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของคาร์ราจีแนน)

4.3 ผลการทดลองทำแยมสับปะรด

เมื่อทราบลักษณะเจลที่เหมาะสมใกล้เคียงกับเจลมาตรฐานหรือเจลในอุดมคติ ที่ได้จากการใช้สารข้นเหนียว เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ และคาร์ราจีแนน แล้วจากการทดลองข้างต้นจึงทดลองทำแยมสับปะรดโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมของสารข้นเหนียวทั้งสองชนิด และใช้เนื้อสับปะรดที่ 45 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแยมแล้วนำมาเปรียบเทียบกันโดยการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส , ค่าวิเคราะห์ทางด้านกายภาพและเคมี จากตารางที่ 4.10 และ 4.11 ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม sx version 4.0 ด้วยวิธี two-samples of t-test .

ตาราง 4.10 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของแยมสับปะรดที่ทำจากเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ และคาร์ราจีแนน

ลักษณะ	แยมสับปะรดจากสารข้นเหนียว	
	เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ	คาร์ราจีแนน
สีที่ปรากฏ	0.99±0.19a	0.87±0.16a
การกระจายของสับปะรด	0.96±0.17a	0.97±0.12a
การกระจายของแยม	0.92±0.07a	0.96±0.11a
ความแข็งแรงของแยม	0.92±0.16a	0.86±0.14a
ความหนืดแยม	0.86±0.20a	0.68±0.33b
กลิ่นสับปะรด	0.94±0.25a	1.02±0.08a
รสหวาน	0.60±0.16a	0.51±0.18a
รสเปรี้ยว	1.48±0.34a	1.60±0.31a
การยอมรับรวม	0.66±0.20a	0.50±0.17b

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

จากตารางที่ 4.10 แสดงให้เห็นผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของแยมสับปะรดที่ทำจากสารข้นเหนียว เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ และคาร์ราจีแนน พบว่า แยมสับปะรดที่ทำจากสารข้นเหนียวชนิด เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ มีคะแนนเฉลี่ยของค่าการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสที่สูงกว่าแยมสับปะรดที่ทำจาก คาร์ราจีแนน โดยเฉพาะคะแนน

เฉลี่ยของค่าการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสที่แสดงถึงการยอมรับโดยรวมและลักษณะเนื้อสัมผัส คือ ค่าความหนืดของแยม ที่ทำจาก เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ ที่มีค่าสูงกว่าแยมสับปะรดที่ทำจากและคาร์ราจีแนน ค่าที่สูงกว่านั้นยังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ด้วย

ตาราง 4.11 ค่าการวิเคราะห์ทางด้านเคมีและทางกายภาพของแยมสับปะรดที่ทำจาก เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ และคาร์ราจีแนน

ค่าวิเคราะห์	เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ	คาร์ราจีแนน
การวิเคราะห์ทางเคมี		
ปริมาณกรดทั้งหมด(%)	0.686±0.019a	0.714±0.019a
ความเป็นกรด-ด่าง	3.12±0.02a	3.06±0.01a
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(องศาบริกซ์)	22.00±0.00a	25.60±0.00b
น้ำตาลรีดิวซ์(%)	4.08±0.02a	3.86±0.01b
น้ำตาลทั้งหมด(%)	18.45±0.08b	21.90±0.15a
การวิเคราะห์ทางกายภาพ		
ค่าสี L*	42.77±0.02a	40.04±0.03b
a *	-1.64±0.00a	-1.36±0.02b
b *	9.35±0.01a	7.61±0.01b
ค่าแรงทะลุ(นิวตัน)	0.42±0.00a	0.28±0.01b

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

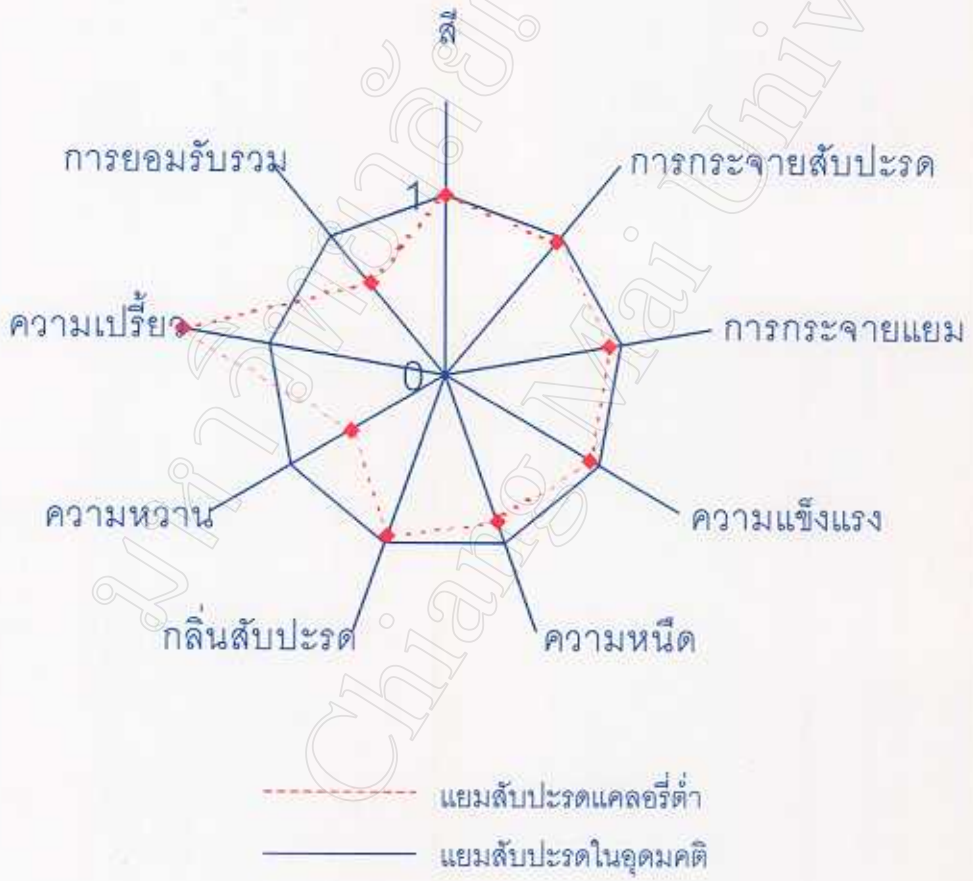
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

สำหรับผลการเปรียบเทียบค่าวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพของแยมสับปะรดที่ทำจากสารข้นเหนียว เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ และคาร์ราจีแนน จากตารางที่ 4.11 พบว่าแยมสับปะรดที่ทำจาก เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ มีค่าสี L*, a* และ b* และ ค่าแรงทะลุ ที่สูงกว่าแยมสับปะรดที่ทำจากคาร์ราจีแนน และค่าที่สูงกว่านั้นยังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ด้วย

จากผลการวิเคราะห์ทางกายภาพนั้น แยมสับปะรดที่ทำจาก เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ มีค่าสี L* เท่ากับ 42.77±0.02 ค่าสี a* เท่ากับ –1.64±0.00 และค่าสี b* เท่ากับ 9.35±0.01 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าสีของแยมสับปะรดที่ทำจาก คาร์ราจีแนน แสดงให้เห็นว่าแยมสับปะรดที่ทำจาก เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ

มีสีเหลืองใสมากกว่าแยมสับปะรดที่ทำจากคาร์ราจีแนน สำหรับค่าแรงทะลุของแยมสับปะรดที่ทำจากเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ ที่มีค่าเท่ากับ 0.42±0.00 และมีค่ามากกว่าแยมสับปะรดที่ทำจากคาร์ราจีแนน นั้นแสดงให้เห็นว่า แยมสับปะรดที่ทำจาก เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ มีโครงสร้างของเจลที่แข็งแรงกว่าแยมสับปะรดที่ทำจากคาร์ราจีแนน

ดังนั้นจากผลการทดลองจึงเลือกทำการผลิตแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ โดยใช้สารข้นเหนียวชนิดเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ และเมื่อทำการเปรียบเทียบแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ทำจาก สารข้นเหนียวชนิดเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ กับผลิตภัณฑ์แยมสับปะรดในอุดมคติ (ภาพที่ 4.1) แล้วพบว่าลักษณะส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกับแยมสับปะรดในอุดมคติ ยกเว้นรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับความหวานและความเปรี้ยว ที่ต้องทำการปรับปรุงต่อไป



ภาพที่ 4.1 แผนภาพเค้าโครงในการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสระหว่างแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำกับแยมในอุดมคติ

4.4 ผลการศึกษาการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในแยมสับปะรด

จากผลการทดลองข้างต้นได้ใช้สารขันเหนียวชนิดเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ ในการทำแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ แต่พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับ จึงได้ทำการศึกษาการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล 2 ชนิด คือ แอสพาร์เทม และซอร์บิทอล์ในการทำแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ เพื่อทำการปรับปรุงรสชาติของแยมให้ใกล้เคียงกับแยมในอุดมคติมากที่สุด โดยทำการปรับแยมสับปะรดให้มีความหวานเท่ากับ สารละลายซูโครสที่ 40, 50 และ 60 องศาบริกซ์ และทำการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส และวิเคราะห์ค่าทางกายภาพและทางเคมี ให้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของแยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล 2 ชนิดในระดับความหวานที่แตกต่างกัน

ลักษณะ	สิ่งทดลอง					
	AB1	AB2	AB3	SB1	SB2	SB3
ค่าสี	0.95±0.08c	0.96±0.05c	0.95±0.06c	1.23±0.02b	1.30±0.03a	1.30±0.04a
การกระจายสับปะรด	0.94±0.04a	0.94±0.05a	0.93±0.07a	0.90±0.04a	0.89±0.04a	0.87±0.04a
การกระจายของแยม	0.96±0.04c	0.96±0.04bc	0.94±0.05c	1.07±0.06ab	1.09±0.05a	1.10±0.05a
ความแข็งแรงของแยม	0.95±0.04a	0.95±0.04a	0.94±0.05a	0.78±0.14ab	0.60±0.16bc	0.46±0.17c
ความหนืดแยม	0.96±0.08a	0.95±0.08a	0.95±0.07a	0.83±0.04b	0.72±0.04c	0.60±0.06d
กลิ่นสับปะรด	0.96±0.05a	0.95±0.04a	0.95±0.04a	0.89±0.02b	0.81±0.05c	0.81±0.05c
รสหวาน	0.99±0.04b	1.00±0.04b	1.05±0.05ab	0.99±0.04b	1.06±0.10ab	1.15±0.10a
รสขม	0.98±0.02a	0.99±0.02a	0.98±0.02a	0.99±0.02a	0.99±0.01a	0.98±0.02a
รสเย็นซ่า	0.76±0.08a	0.77±0.10a	0.77±0.07a	0.90±0.12a	0.85±0.13a	0.80±0.13a
รสหวานติดลิ้น	0.97±0.03ab	0.96±0.04ab	0.96±0.02b	0.99±0.01a	0.96±0.02b	0.95±0.03b
รสเปรี้ยว	0.98±0.04a	0.96±0.04ab	0.97±0.05ab	0.90±0.10ab	0.83±0.12ab	0.79±0.14b
การยอมรับรวม	0.89±0.08a	0.90±0.09a	0.85±0.10ab	0.81±0.06ab	0.75±0.12ab	0.67±0.11b

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

A = แอสพาร์เทม , S = ซอร์บิทอล์

B1 = ความหวานเทียบกับสารละลายซูโครส 40 องศาบริกซ์

B2 = ความหวานเทียบกับสารละลายซูโครส 50 องศาบริกซ์

B3 = ความหวานเทียบกับสารละลายซูโครส 60 องศาบริกซ์

ตารางที่ 4.13 ค่าการวิเคราะห์ทางเคมีและทางด้านกายภาพของแยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล 2 ชนิดในระดับความหวานแตกต่างกัน

ค่าวิเคราะห์	สิ่งทดลอง					
	AB1	AB2	AB3	SB1	SB2	SB3
<u>ค่าทางเคมี</u>						
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	22.00±0.00d	22.00±0.00d	22.00±0.00d	57.05±0.00c	71.46±0.00b	85.75±0.00a
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	3.29±0.00a	3.29±0.01a	3.30±0.01a	3.29±0.01a	3.29±0.01a	3.27±0.01a
ปริมาณกรดทั้งหมด(% กรดซิตริก)	0.81±0.03a	0.79±0.03a	0.81±0.03a	0.68±0.03b	0.56±0.00c	0.49±0.00c
น้ำตาลรีดิวซ์(%)	4.16±0.03a	4.15±0.01a	4.13±0.02a	2.75±+0.01b	2.67±0.05b	2.09±0.01c
น้ำตาลทั้งหมด (%)	18.52±0.22a	18.44±0.22a	18.35±0.27a	10.57±+0.01b	9.86±0.05b	8.21±0.06c
สารให้ความหวาน (%)	0.14±0.01d	0.18±0.03d	0.26±0.01d	20.10±0.42c	30.30±1.27b	33.80±0.85a
<u>ค่าทางกายภาพ</u>						
ค่าสี L*	44.39±0.01b	44.69±0.02a	43.90±0.01c	34.60±0.00d	33.40±0.00f	33.65±0.01e
a *	-1.40±0.00d	-1.74±0.01f	-1.65±0.01e	0.40±0.00c	0.99±0.01b	1.12±0.01a
b *	11.91±0.01b	12.07±0.01a	11.19±0.01c	7.81±0.01e	7.74±0.01f	8.47±0.01d
แรงทะลุ(นิวตัน)	0.43±0.02a	0.42±0.02a	0.43±0.01a	0.11±0.01b	0.06±0.00b	0.05±0.00b

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

A = แอสพาร์เทม , S = ซอร์บิทอล์

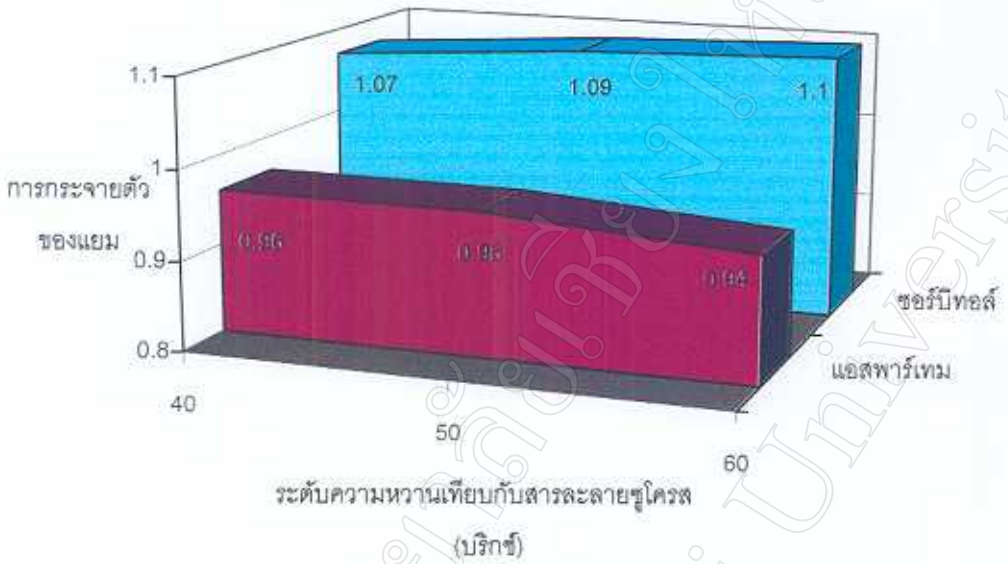
B1 = ความหวานเทียบกับสารละลายซูโครส 40 องศาบริกซ์

B2 = ความหวานเทียบกับสารละลายซูโครส 50 องศาบริกซ์

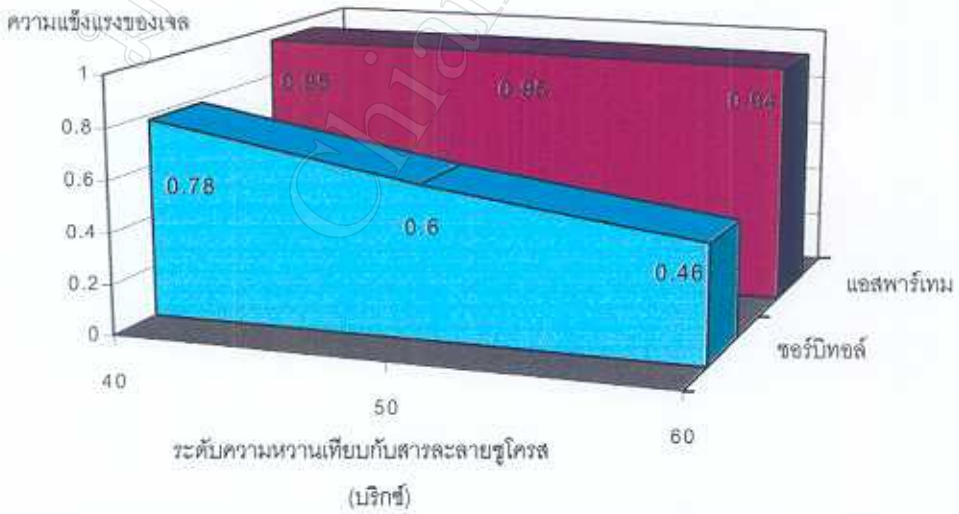
B3 = ความหวานเทียบกับสารละลายซูโครส 60 องศาบริกซ์

จากตารางที่ 4.12 แสดงผลการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่มีการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล 2 ชนิด คือ แอสพาร์เทม และซอร์บิทอล์ พบว่าแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานชนิดแอสพาร์เทมจะให้คุณลักษณะของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสที่ใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากกว่าแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานชนิดซอร์บิทอล์ ดังจะเห็นได้จากการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของลักษณะเนื้อสัมผัสแยม คือ ค่าการกระจายตัวของแยม (ภาพที่ 4.2), ค่าความแข็งแรงของแยม(ภาพที่ 4.3) และ

ค่าความหนืดของแยม(ภาพที่ 4.4) ที่ใช้สารให้ความหวานชนิดแอสพาร์เทมจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากกว่าแยมที่ใช้ซอร์บิทอล์ และค่าที่ได้ยังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ อีกด้วย

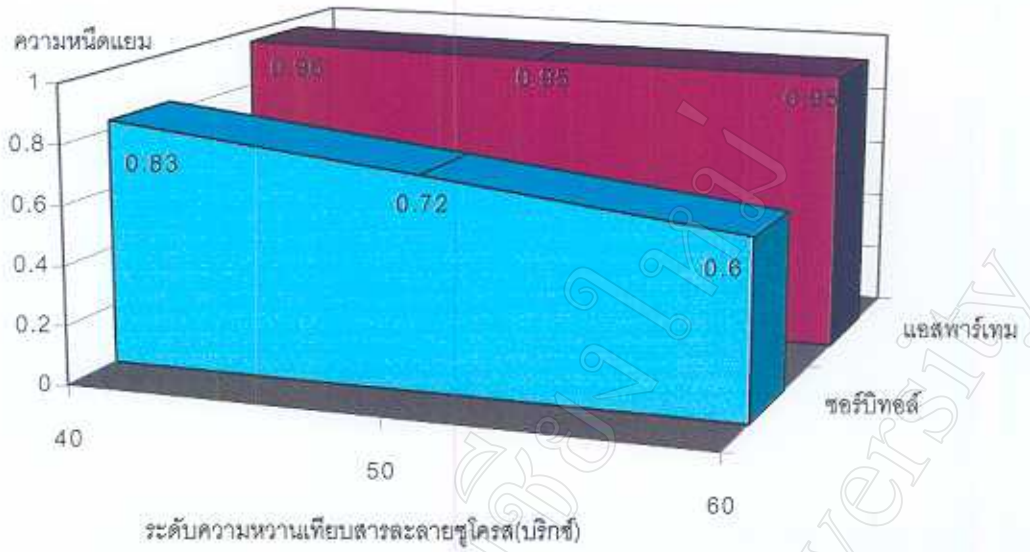


ภาพที่ 4.2 การกระจายตัวของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์



ภาพที่ 4.3 ความแข็งแรงของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์

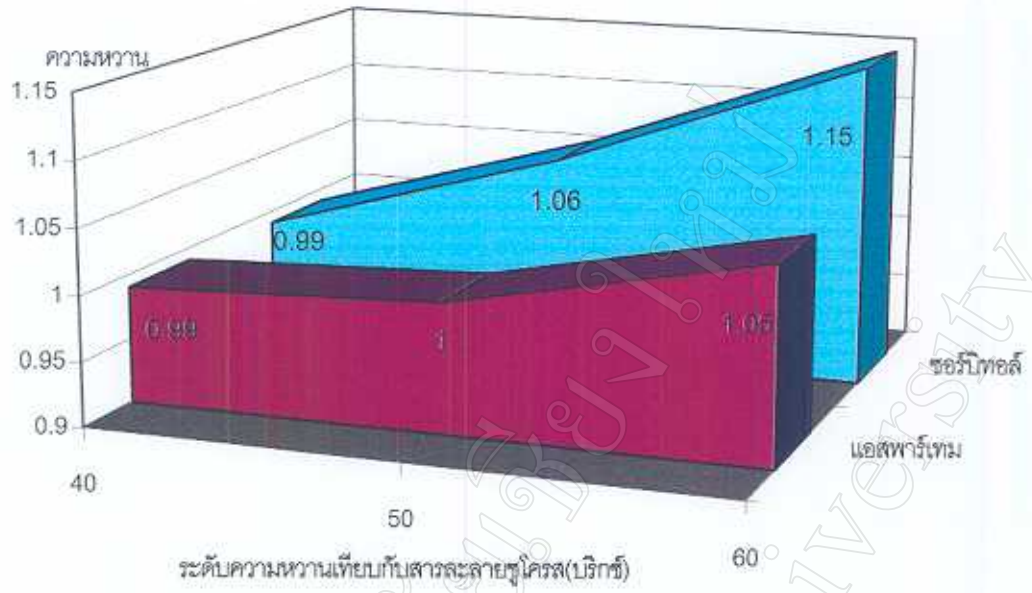
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



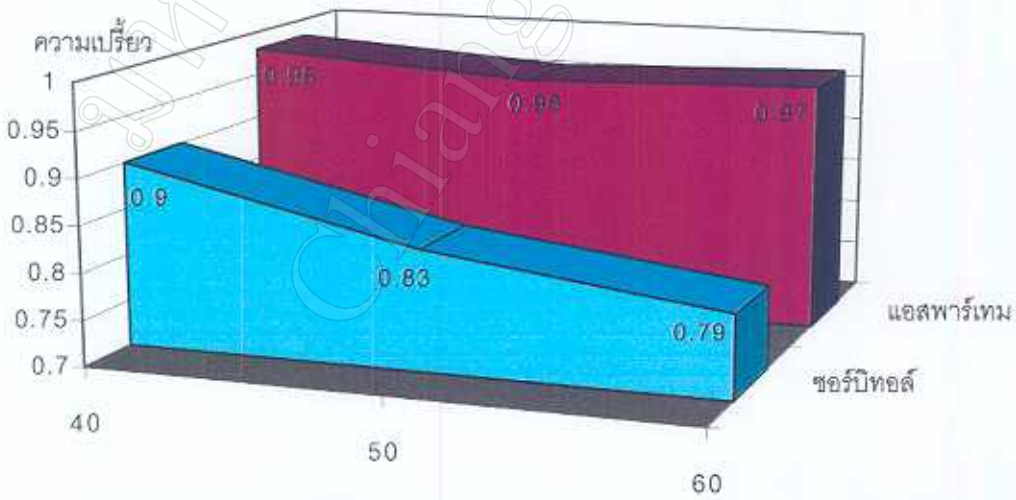
ภาพที่ 4.4 ความหนืดของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์

นอกจากนี้ค่าการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของคุณลักษณะทางด้านรสชาติ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารให้ความหวานชนิดแอสพาร์เทมสามารถช่วยปรับปรุงรสชาติของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำได้มากกว่าการใช้ซอร์บิทอล์ และเมื่อเปรียบเทียบถึงการใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ แล้ว พบว่า การใช้แอสพาร์เทมทุกระดับความเข้มข้นให้ผลการทดลองทางด้านประสาทสัมผัสของคุณลักษณะทางด้านรสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ แต่อย่างไรก็ตาม ที่ระดับความหวานเมื่อเทียบกับสารละลายซูโครสเข้มข้นที่ 50 องศาบริกซ์ เป็นค่าที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ สามารถให้รสหวาน, รสเปรี้ยว, รสเย็นช่า, รสขม และรสหวานติดลิ้น ที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากกว่าการใช้แอสพาร์เทมในระดับอื่น ๆ (ภาพที่ 4.5,4.6,4.7,4.8,4.9) อีกทั้งค่าการยอมรับโดยรวมก็มีค่ามากที่สุดอีกด้วย คือ มีค่าเท่ากับ 0.90

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

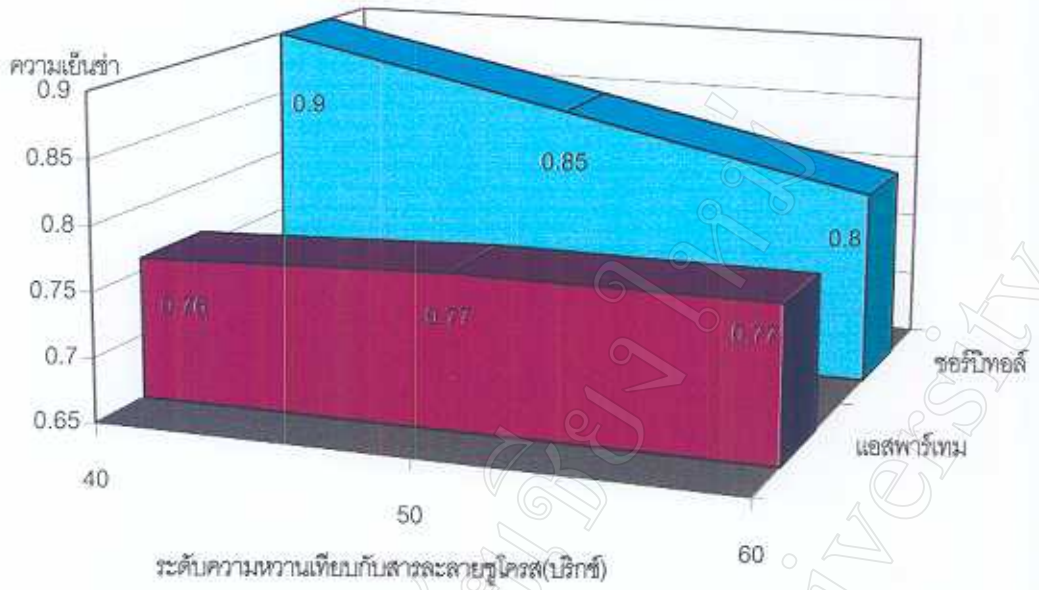


ภาพที่ 4.5 ความหวานของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์

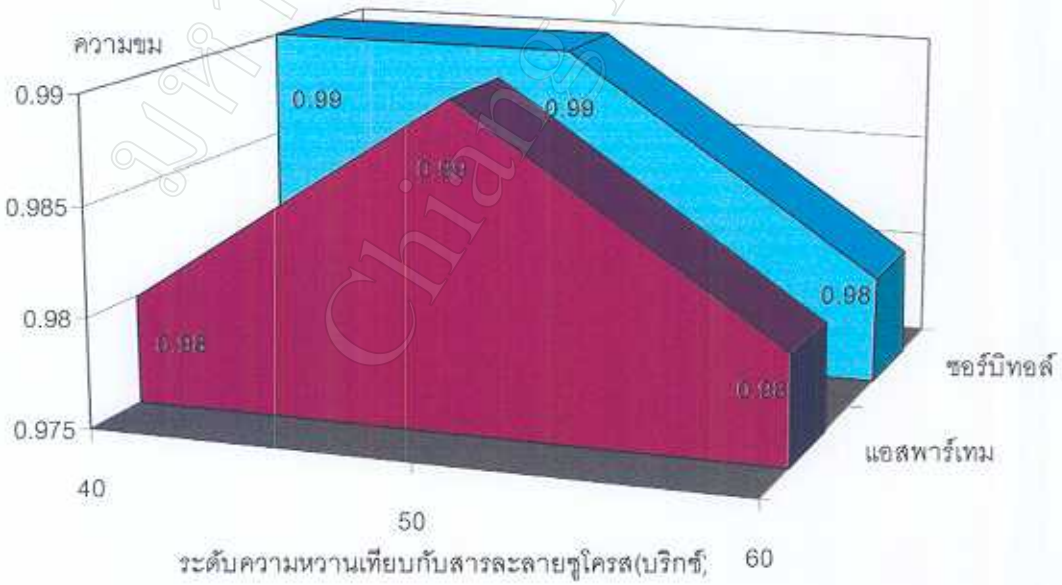


ภาพที่ 4.6 ความเปรี้ยวของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

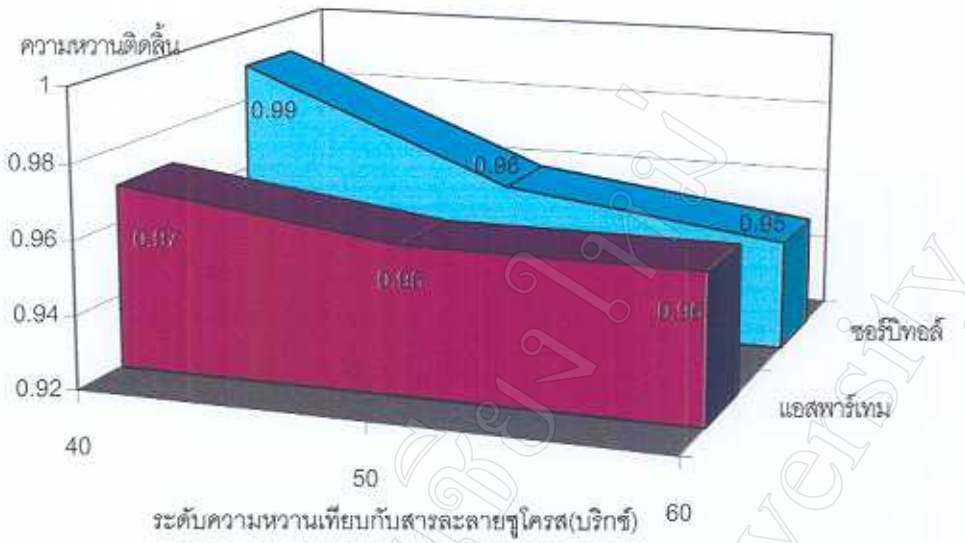


ภาพที่ 4.7 ความเย็นช่าของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์



ภาพที่ 4.8 ความขมของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

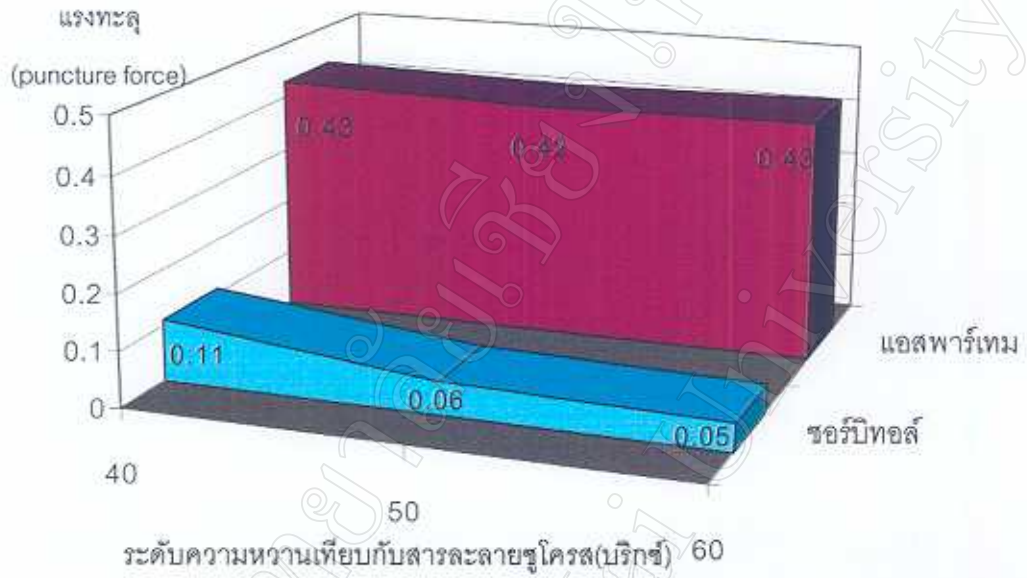


ภาพที่ 4.9 ความหวานติดลิ้นของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์

จากตารางที่ 4.13 แสดงค่าการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ แสดงให้เห็นว่า แยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานชนิดแอสพาร์เทม ไม่ทำให้ลักษณะของแยมสับปะรดเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนักก่อนทำการพัฒนาทางด้านรสชาติของแยม คือเดิมจะมีค่าสี L* เท่ากับ 42.77±0.02 ค่าสี a* เท่ากับ –1.64±0.00 และค่าสี b* เท่ากับ 9.35±0.01 และมีค่าแรงทะลุ เท่ากับ 0.42±0.00 นอกจากนี้แยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานชนิดแอสพาร์เทมยังให้ค่าสีที่ดีกว่าแยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานซอร์บิทอล์อีกด้วย คือแยมสับปะรดที่ใช้แอสพาร์เทมจะให้ค่าสี L* ในช่วง 43.90-44.69 ค่าสี a* ในช่วง -1.40 – -1.17 และค่าสี b* ในช่วง 11.19-12.07 ในขณะที่ แยมสับปะรดที่ใช้ซอร์บิทอล์ จะให้ค่าสี L* ในช่วง 33.44-34.36 ค่าสี a* ในช่วง 0.4-1.12 และค่าสี b* ในช่วง 7.74-8.47 ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าแยมสับปะรดที่ใช้แอสพาร์เทมนั้นมีความสว่างและมีสีเหลืองที่มากกว่าแยมสับปะรดที่ใช้ซอร์บิทอล์โดยพิจารณาจากค่าสี L* และค่าสี b* ที่มากกว่าตามลำดับ และแยมสับปะรดที่ใช้ซอร์บิทอล์นั้นจะทำให้แยมสับปะรดมีสีแดงมากกว่าแยมสับปะรดที่ใช้แอสพาร์เทมโดยพิจารณาจากค่าสี a* ที่มีค่ามากกว่า

นอกจากนี้พบว่าการใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำไม่ทำให้โครงสร้างความแข็งแรงของเจลเปลี่ยนแปลงไป จากการพิจารณาค่าวิเคราะห์ทางด้านกายภาพของค่าแรงทะลุ(ภาพที่4.10) ที่ได้จากแยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมจะมีค่ามากกว่าแยม

สับปะรดที่ใช้ซอร์บิทอล์ และค่าที่ได้ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ อีกด้วย แสดงว่าแยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมมีโครงสร้างเจลที่แข็งแรงกว่าแยมสับปะรดที่ใช้ซอร์บิทอล์



ภาพที่ 4.10 ค่าแรงทะลุของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์

จากการพิจารณาโดยรวมแล้ว พบว่าควรเลือกใช้สารให้ความหวานชนิดแอสพาร์เทมในการปรับปรุงรสชาติของแยมสับปะรด เพราะให้ค่าการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส และค่าการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ ที่ดีกว่าการใช้สารให้ความหวานชนิดซอร์บิทอล์ และควรเลือกใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมที่ระดับความหวานเมื่อเทียบกับสารละลายซูโครสเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ เพราะเป็นค่าที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของคุณลักษณะทางด้านรสชาติ อีกทั้งค่าการยอมรับโดยรวมก็มีค่ามากที่สุด ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงรสชาติแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ โดยใช้สารให้ความหวานชนิดแอสพาร์เทม ที่ระดับความหวานเมื่อเทียบกับสารละลายซูโครสที่ 50 องศาบริกซ์

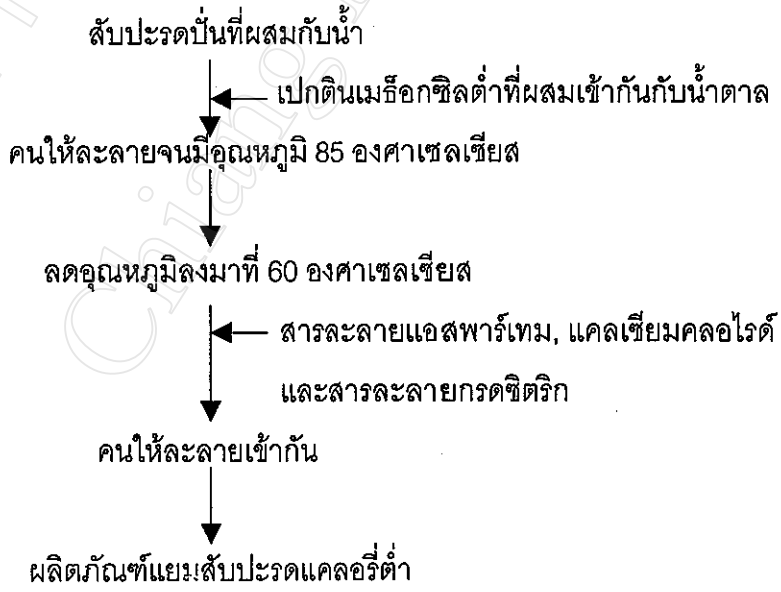
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

4.5 สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์แยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ

4.5.1 สูตรการผลิตผลิตภัณฑ์แยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์
เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ	0.7
น้ำตาลซูโครส	13.87
แคลเซียมคลอไรด์	3
(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเปกตินเมธ็อกซิลต่ำ)	
แอสพาร์เทม	0.2
สับปะรดปั่น+น้ำ	85.37
(อัตราส่วน สับปะรด:น้ำ เท่ากับ 45:30)	
สารละลายกรดซิตริก 50 เปอร์เซ็นต์ (ปรับให้มีความเป็นกรด-ด่าง 3.0-3.3)	

4.5.2 ขั้นตอนการผลิตแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ



<u>หมายเหตุ</u> : สารละลายแอสพาร์เทมเตรียมโดยการละลายแอสพาร์เทมในสับปะรดปั่นผสมกับน้ำที่แยกไว้อีกส่วน หลังจากที่ได้ลดอุณหภูมิจาก 85 องศาเซลเซียส เป็น 60 องศาเซลเซียส

4.5.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ ที่ผลิตโดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

จากการศึกษาถึงการใช้สารขั้นเหนียวชนิดที่เหมาะสมในการผลิตแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ และได้ทำการปรับปรุงรสชาติโดยการศึกษาถึงการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ จึงนำมาทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งทางด้านเคมี, ทางด้านกายภาพ, จุลินทรีย์ และทำการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 4.14, 4.15 และภาพที่ 4.11 พบว่าผลิตภัณฑ์แยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำมีคุณภาพดีและอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับ

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี และกายภาพของผลิตภัณฑ์แยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ

ผลการวิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้
ค่าวิเคราะห์ทางเคมี	
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	3.31±0.01
ความเป็นกรดทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก)	0.77±0.00
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	22.00±0.00
น้ำตาลรีดิวซ์ (เปอร์เซ็นต์)	4.16±0.01
น้ำตาลทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	18.452±0.022
ปริมาณแอสพาร์เทม (เปอร์เซ็นต์)	0.18±0.03
พลังงาน (กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม)	61.38±2.35
ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพ	
ค่าสี L*	44.67±0.01
a *	-1.74±0.01
b *	11.89±0.01
ค่าแรงทะลุ (นิวตัน)	0.42±0.02

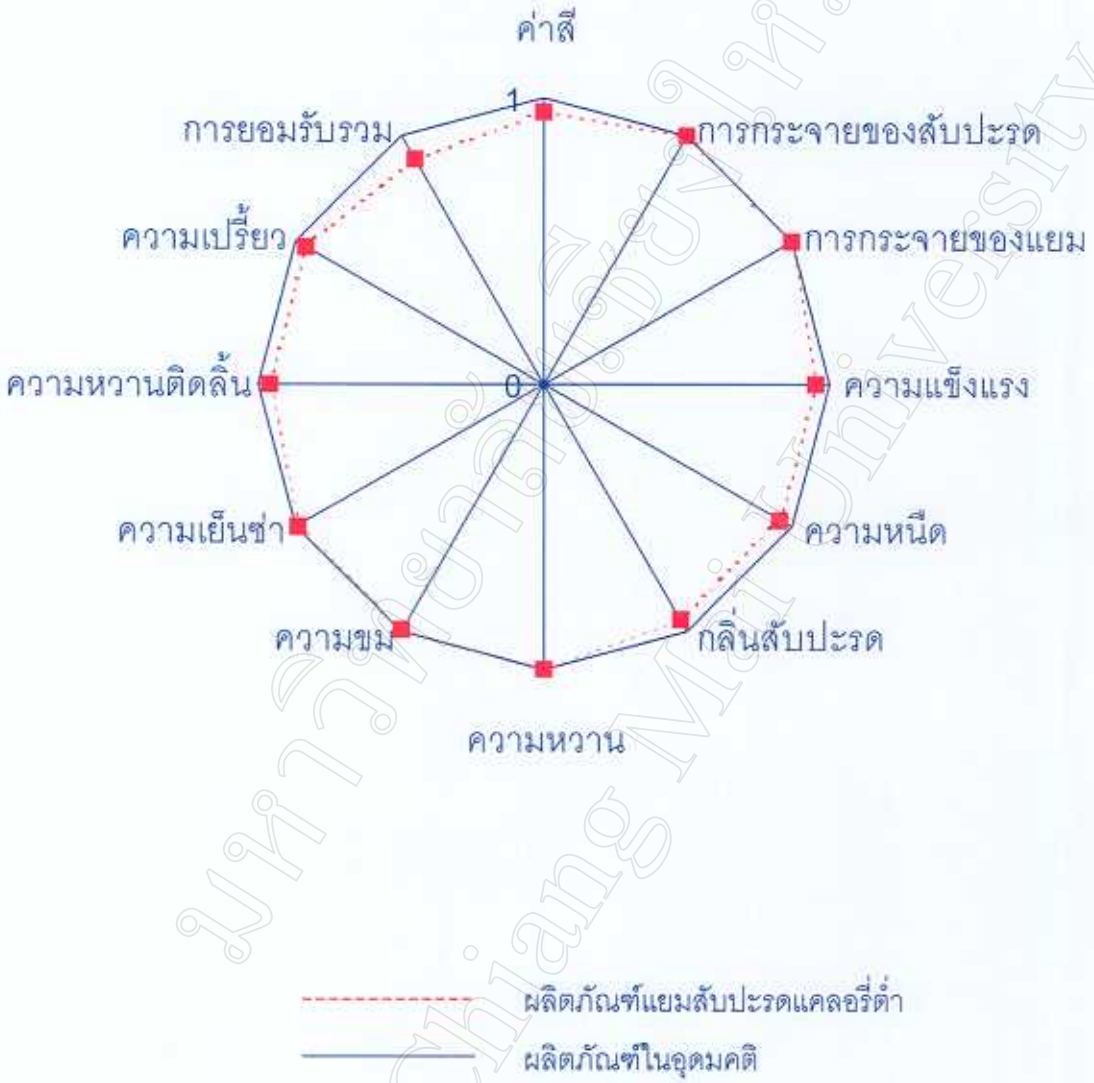
หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.15 ค่า mean ideal ratio score **ของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ**

ลักษณะ	Mean ideal ratio score + standard deviation
ค่าสีของแยมสับปะรด	0.95±0.07
การกระจายของสับปะรด	1.00±0.02
การกระจายของแยม	1.00±0.02
ความแข็งแรงของแยม	0.95±0.04
ความหนืดแยม	0.95±0.05
กลิ่นสับปะรด	0.95±0.05
รสหวาน	1.00±0.10
รสขม	0.99±0.02
รสเย็นซ่า	0.99±0.11
รสหวานติดลิ้น	0.96±0.08
รสเปรี้ยว	0.96±0.10
การยอมรับรวม	0.90±0.05

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



ภาพที่ 4.11 แผนภาพเค้าโครงในการวิเคราะห์ด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

4.6 ผลการศึกษาคุณภาพของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษา

จากการทดลองที่ผ่านมาทำให้ทราบสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ จึงนำแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำมาศึกษาหาอายุการเก็บ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ และทำการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์มาทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ, ทางเคมี, ทางจุลินทรีย์ และการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8 ,10 และ 12 ของระยะเวลาการเก็บรักษา

4.6.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

4.6.1.1 การวิเคราะห์ค่าสี

ค่าสี L* หรือค่าความสว่าง : เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงของการเก็บรักษา พบว่า ค่าสี L* ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นแสดงว่าแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำมีความสว่างลดลง ค่าสี L* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ โดยอัตราการลดลงของค่าสี L* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสจะช้ากว่าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

ค่าสี a* หรือค่าสีแดง : เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าสี a* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงของการเก็บรักษา พบว่า ค่าสี a* ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น แสดงว่าแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำมีสีแดงเข้มขึ้น ค่าสี a* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าสี a* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จะมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ค่าสี b* หรือค่าสีเหลือง : เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าสี b* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงของการเก็บรักษา พบว่า ค่าสี b* ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น แสดงว่าแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำมีสีเหลืองลดลง ค่าสี b* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ $p \leq 0.05$ โดยอัตราการลดลงของค่าสี b* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะช้ากว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* , a* และ b* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 4.16 และ 4.17 และภาพที่ 4.13, 4.14 และ 4.15 พบว่าค่าสี L* และค่าสี b* มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยอัตราการลดลงของค่าสี L* และ ค่าสี b* ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสจะช้ากว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ส่วนค่าสี a* มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าสี a* ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสจะเร็วกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น, มีสีแดงเพิ่มขึ้น และมีสีเหลืองลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของอรทัย (2534) ที่รายงานว่า แยมสับปะรดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บไม่เกิน 3 เดือน และมีสีคล้ำขึ้น และอดิศักดิ์ (2540) ที่ได้ทำการทดลองทำแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำจากแป้งบุก พบว่า แยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำมีแนวโน้มที่จะมีสีคล้ำขึ้น เนื่องจากมีค่าสี L* ลดลง

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

สัปดาห์ที่	ค่าสี		
	L*	a *	b *
0	44.67±0.01ab	-1.74±0.01d	11.89±0.01a
1	44.81±0.15a	-1.71±0.01d	11.78±0.01a
2	44.65±0.77ab	-1.65±0.01d	11.39±0.02b
3	44.40±0.20ab	-1.64±0.02d	11.26±0.01bc
4	44.37±0.53ab	-1.56±0.02b	11.15±0.01bc
6	44.13±0.05ab	-1.61±0.03cd	11.06±0.01bc
8	44.08±0.45ab	-1.58±0.01bc	10.71±0.01cd
10	44.07±0.01ab	-1.38±0.02a	10.35±0.01d
12	43.72±0.02b	-1.38±0.02a	10.23±0.01d

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันของข้อมูลในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

จากตารางที่ 4.16 พบว่าสามารถจำแนกค่าสี L* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกได้แก่ สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8 และ 10 กลุ่มที่สองได้แก่ สัปดาห์ที่ 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 และ 12 แต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ และสามารถจำแนกค่าสี a* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้เป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกได้แก่ สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 6 กลุ่มที่สองได้แก่ สัปดาห์ที่ 4 และ 8 กลุ่มที่สามได้แก่ สัปดาห์ที่ 6 และ 8 กลุ่มที่สี่ได้แก่ สัปดาห์ที่ 10 และ 12 แต่ละกลุ่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ และสามารถจำแนกค่าสี b* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้เป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกได้แก่ สัปดาห์ที่ 0 และ 1 กลุ่มที่สองได้แก่ สัปดาห์ที่ 2, 3, 4 และ 6 กลุ่มที่สามได้แก่ สัปดาห์ที่ 3, 4, 6 และ 8 กลุ่มที่สี่ได้แก่ สัปดาห์ที่ 8, 10 และ 12 แต่ละกลุ่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

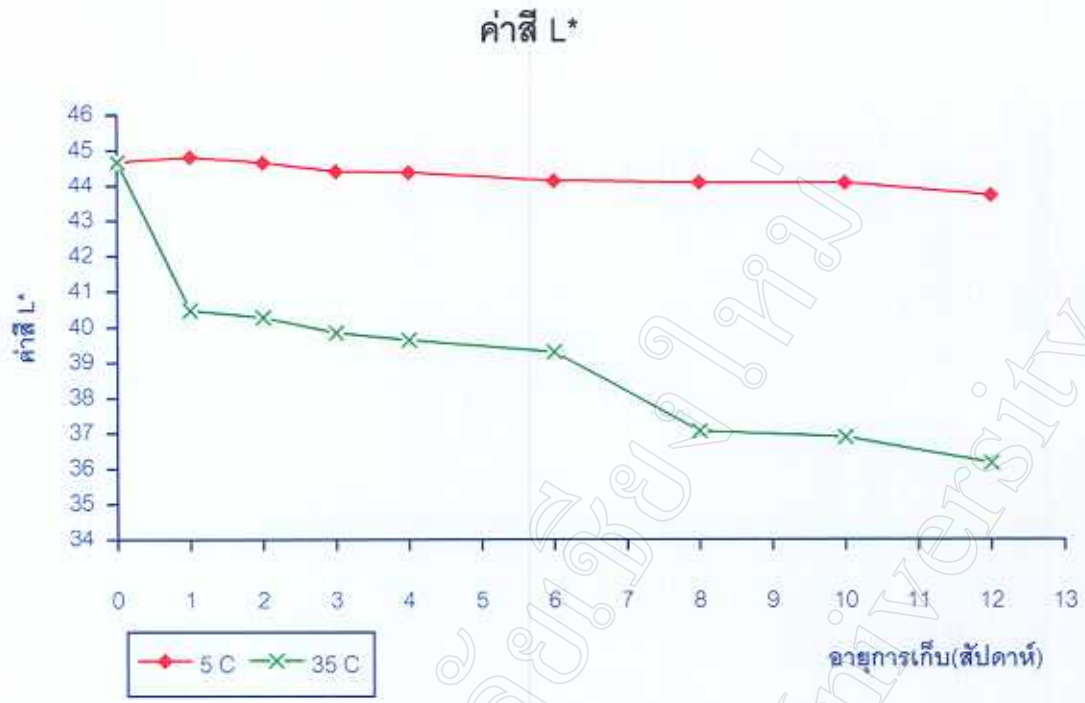
ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

สัปดาห์ที่	ค่าสี		
	L*	a *	b *
0	44.67±0.01a	-1.74±0.01g	11.89±0.01a
1	40.48±0.01b	0.22±0.01f	11.34±0.01b
2	40.29±0.32bc	0.27±0.01f	11.28±0.01b
3	39.85±0.01bcd	0.64±0.03e	10.50±0.01c
4	39.64±0.44cd	1.23±0.01d	10.25±0.01cd
6	39.30±0.36d	1.56±0.02c	9.88±0.01de
8	37.07±0.40e	1.59±0.01c	9.69±0.02e
10	36.90±0.41ef	1.79±0.11b	9.60±0.01e
12	36.17±0.03f	2.25±0.02a	9.34±0.01e

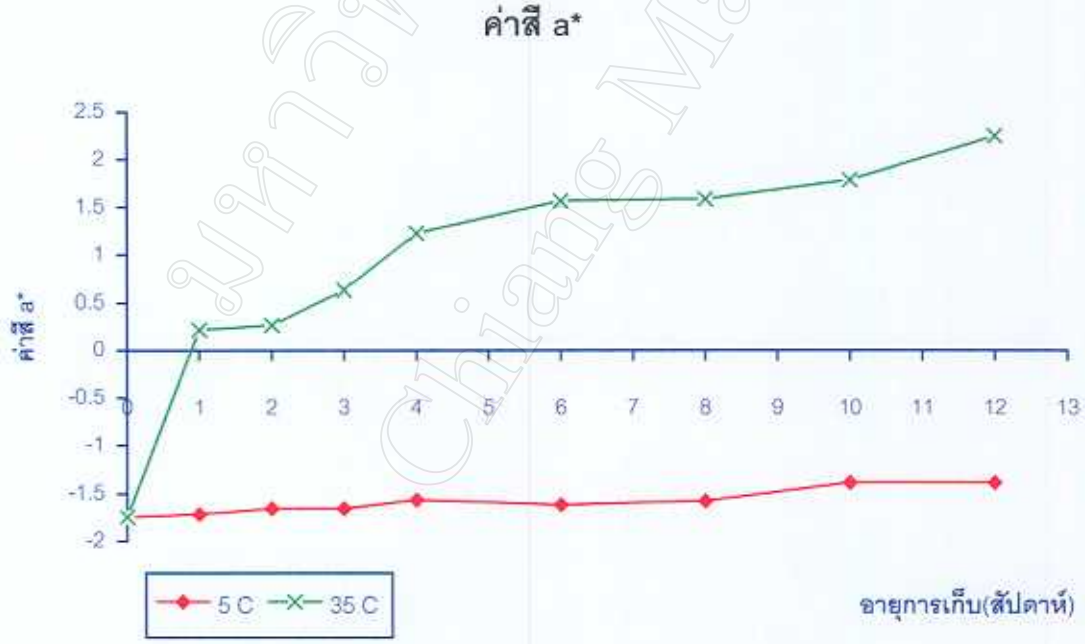
หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันของข้อมูลในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

จากตารางที่ 4.17 พบว่าสามารถจำแนกค่าสี L* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ได้เป็น 6 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกได้แก่ สัปดาห์ที่ 0 กลุ่มที่สองได้แก่ สัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 กลุ่มที่สามได้แก่ สัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 กลุ่มที่สี่ได้แก่ สัปดาห์ที่ 3, 4 และ 6 กลุ่มที่ห้าได้แก่ สัปดาห์ที่ 8 และ 10 กลุ่มที่หกได้แก่ สัปดาห์ที่ 12 แต่ละกลุ่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ และสามารถจำแนกค่าสี a* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ได้เป็น 7 กลุ่ม คือกลุ่มแรกได้แก่ สัปดาห์ที่ 0 กลุ่มที่สองได้แก่ สัปดาห์ที่ 1 และ 2 กลุ่มที่สามได้แก่ สัปดาห์ที่ 4 กลุ่มที่ห้าได้แก่ สัปดาห์ที่ 6 และ 8 กลุ่มที่หกได้แก่ สัปดาห์ที่ 10 กลุ่มที่เจ็ดได้แก่ สัปดาห์ที่ 12 แต่ละกลุ่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ และสามารถจำแนกค่าสี b* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ได้เป็น 5 กลุ่ม คือกลุ่มแรกได้แก่ สัปดาห์ที่ 0 กลุ่มที่สองได้แก่ สัปดาห์ที่ 1 และ 2 กลุ่มที่สามได้แก่ สัปดาห์ที่ 3 และ 4 กลุ่มที่สี่ได้แก่ สัปดาห์ที่ 4 และ 6 กลุ่มที่ห้าได้แก่ สัปดาห์ที่ 6, 8, 10 และ 12 แต่ละกลุ่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

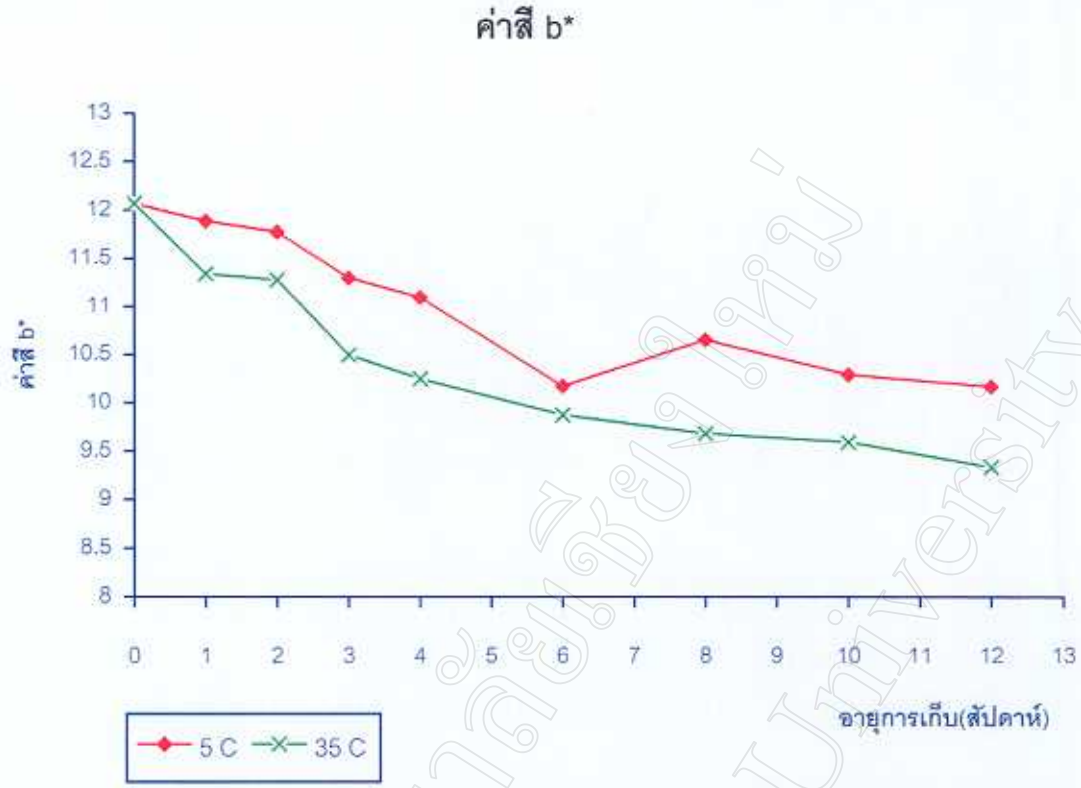


ภาพที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ค่าสี L* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ค่าสี a* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



ภาพที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ค่าสี b* ของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

4.6.1.2 การวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงเจล

ค่าแรงทะลุ : เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงทะลุของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงของการเก็บรักษา พบว่า ค่าแรงทะลุของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ค่าแรงทะลุของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ แยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะมีค่าแรงทะลุมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และขณะเดียวกันก็เกิดการแยกตัวของของเหลวออกจากเจลมากกว่าด้วย โดยแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะเริ่มเกิดการแยกตัวของของเหลวในสัปดาห์ที่ 3 และเกิดอย่างชัดเจนในสัปดาห์ที่ 8 สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จะเกิดการแยกตัวอย่างชัดเจนในสัปดาห์ที่ 12 ทั้งนี้นี่องจาก เกิดจากการหดตัวของโครงร่างเจลของ เปกตินเมธ็อกซิลต่ำ และมีการสูญเสียโมเลกุลของน้ำออกจากโครงสร้าง จึงมีผลทำให้เกิดการรวมตัวของ junction zone มากขึ้น ทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แน่นมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของอดิศักดิ์(2540)

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ค่าแรงทะลุของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ระหว่างการเก็บรักษาที่ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

สัปดาห์ที่	แรงทะลุ(นิวตัน)	
	5 องศาเซลเซียส	35 องศาเซลเซียส
0	0.42±0.02ab	0.42±0.02a
1	0.41±0.03ab	0.30±0.01e
2	0.39±0.01b	0.35±0.01d
3	0.40±0.01ab	0.38±0.01bcd
4	0.43±0.02ab	0.38±0.01abc
6	0.43±0.01ab	0.40±0.01a
8	0.43±0.03ab	0.37±0.01cd
10	0.45±0.00a	0.38±0.01abc
12	0.44±0.02ab	0.39±0.01ab

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันของข้อมูลในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

จากตารางที่ 4.18 สามารถจำแนกค่าแรงทะลุของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียสได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกได้แก่ สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8 และ 12 กลุ่มที่สองได้แก่ สัปดาห์ที่ 0, 1, 3, 4, 6, 8, 10 และ 12 แต่ละกลุ่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ และสามารถจำแนกค่าแรงทะลุของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสได้เป็น 5 กลุ่ม คือ กลุ่มแรก(a)ได้แก่ สัปดาห์ที่ 0, 4, 6, 10 และ 12 กลุ่มที่สอง(e)ได้แก่ สัปดาห์ที่ 1 กลุ่มที่สาม(d)ได้แก่ สัปดาห์ที่ 2, 3 และ 8 กลุ่มที่สี่(b)ได้แก่ สัปดาห์ที่ 3, 4, 10 และ 12 กลุ่มที่ห้า(c)ได้แก่ สัปดาห์ที่ 3, 4, 8 และ 10 แต่ละกลุ่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ภาพที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ค่าแรงทะลุของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

4.6.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

4.6.2.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ความเป็นกรด-ด่าง : เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงของระยะเวลาในการเก็บรักษา พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยอัตราการลดลงของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสจะช้ากว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสจะเริ่มลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 จาก 3.31$\pm$0.01 จนถึงสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.25$\pm$0.01 โดยค่าความเป็นกรด-ด่างทั้งหมดจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ สามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกได้แก่ สัปดาห์ที่ 0, 1, 2 และ 3 กลุ่มที่สองได้แก่ สัปดาห์ที่ 2, 3, 4, 6, 8, 10 และ 12 ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จะเริ่มลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 จาก 3.31$\pm$0.01 จนถึงสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.20$\pm$0.01และค่าความเป็นกรด-ด่างทั้งหมดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

$p \leq 0.05$ สามารถจำแนกได้เป็น 5 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกได้แก่ สัปดาห์ที่ 0 และ 1 กลุ่มที่สองได้แก่ สัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 กลุ่มที่สามได้แก่ สัปดาห์ที่ 3, 4 และ 8 กลุ่มที่สี่ได้แก่ สัปดาห์ที่ 6, 8 และ 10 กลุ่มที่ห้าได้แก่ สัปดาห์ที่ 6, 10 และ 12

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

สัปดาห์ที่	ความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก)	น้ำตาลรีดิวซ์ (เปอร์เซ็นต์)	น้ำตาลทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)
0	3.31±0.01a	0.77±0.00a	4.162±0.012a	18.452±0.022a
1	3.32±0.01a	0.77±0.00a	4.163±0.011a	18.452±0.001a
2	3.29±0.01ab	0.75±0.02a	4.124±0.092a	18.428±0.027a
3	3.28±0.01ab	0.77±0.00a	4.152±0.028a	18.452±0.001a
4	3.26±0.01b	0.77±0.00a	4.118±0.012a	18.452±0.001a
6	3.26±0.01b	0.77±0.00a	3.984±0.030b	18.415±0.029a
8	3.26±0.01b	0.77±0.00a	4.126±0.045a	18.447±0.016a
10	3.25±0.01b	0.79±0.03a	4.126±0.045a	18.452±0.001a
12	3.25±0.01b	0.81±0.05a	3.911±0.008b	18.416±0.004a

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

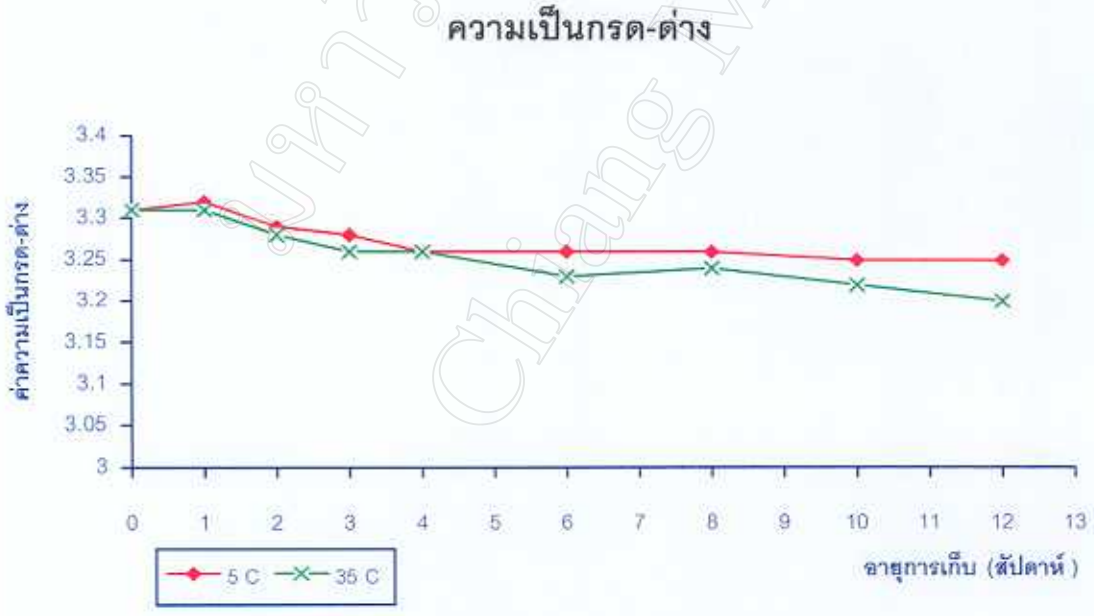
ตัวอักษรที่แตกต่างกันของข้อมูลในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

สัปดาห์ที่	ความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก)	น้ำตาลรีดิวซ์ (เปอร์เซ็นต์)	น้ำตาลทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)
0	3.31±0.01a	0.77±0.00a	4.162±0.012g	18.452±0.022a
1	3.31±0.01a	0.77±0.00a	10.954±0.032f	18.452±0.032a
2	3.28±0.02b	0.77±0.00a	13.162±0.001e	18.462±0.001a
3	3.26±0.01c	0.77±0.00a	14.340±0.113d	18.438±0.004a
4	3.26±0.01bc	0.79±0.03a	16.129±0.041c	18.405±0.021a
6	3.23±0.01de	0.81±0.05a	17.672±0.042b	18.402±0.016a
8	3.24±0.01cd	0.83±0.02a	18.145±0.049a	18.391±0.032a
10	3.22±0.01de	0.83±0.02a	18.285±0.049a	18.396±0.007a
12	3.20±0.02e	0.84±0.00a	18.355±0.049a	18.376±0.035a

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

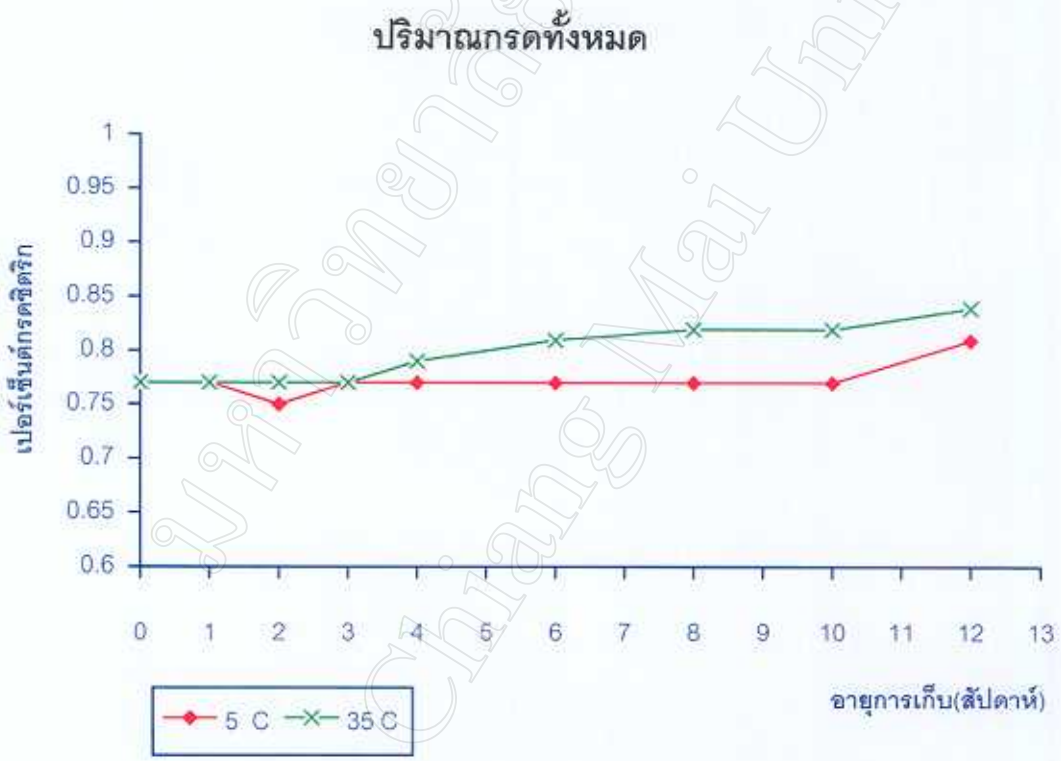
ตัวอักษรที่แตกต่างกันของข้อมูลในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$



ภาพที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

4.6.2.2 การวิเคราะห์ค่าปริมาณกรดทั้งหมด

ปริมาณกรดทั้งหมด : เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมดของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมดในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ และปริมาณกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น คือ ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ปริมาณกรดทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 10 ที่มีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 0.79±0.03 เปอร์เซ็นต์(กรดซิตริก) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ปริมาณกรดทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 จาก 0.79±0.03 เปอร์เซ็นต์(กรดซิตริก) จนถึงสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งมีค่าปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 0.84±0.00 เปอร์เซ็นต์(กรดซิตริก)



ภาพที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

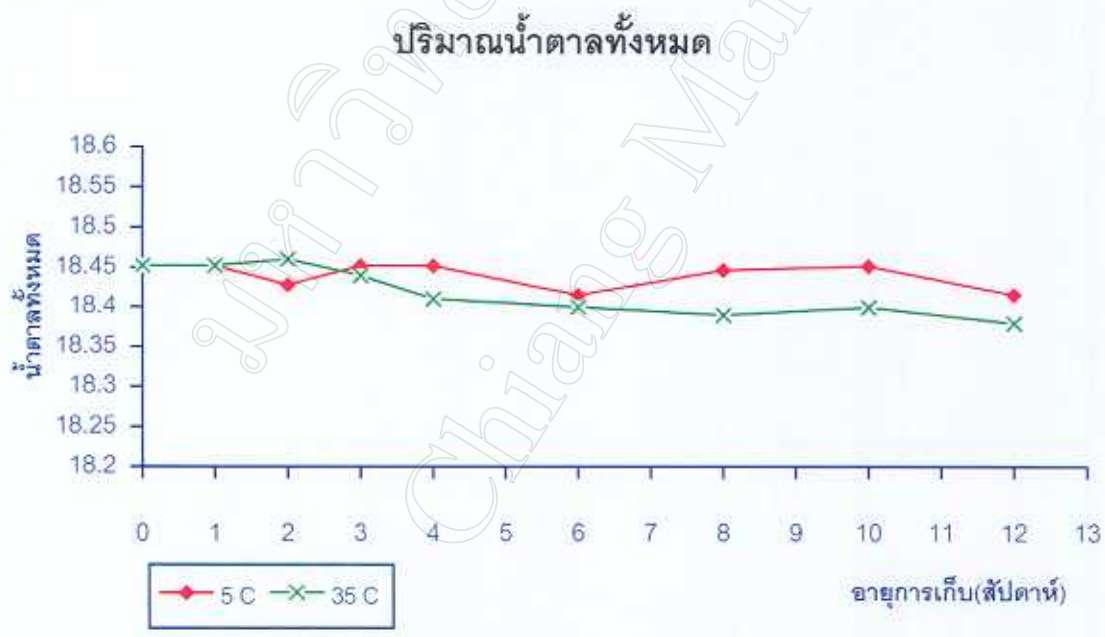
4.6.2.3 การวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ท

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ท : เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ทของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ ในแต่ละช่วงของการเก็บรักษาพบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ทของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีค่าค่อนข้างคงที่ คือ ในสัปดาห์ที่ 0 ถึง 4 และ 6 ถึง 7 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ทไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ และในสัปดาห์ที่ 5 และ 8 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ทไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ทของผลิตภัณฑ์ในสัปดาห์ที่ 0 ถึง 4 และ 6 ถึง 7 กับผลิตภัณฑ์ในสัปดาห์ที่ 5 และ 8 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$ สำหรับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ทของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 4.20 คือ จะมีค่าเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 0 ที่มีค่าเท่ากับ 4.16 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ จนถึงสัปดาห์ที่ 12 มีค่าเท่ากับ 18.36 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ทของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นผลมาจากการแตกตัวของน้ำตาลซูโครส เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ คือ กลูโคส และฟรักโทส ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของอรทัย(2534) ที่รายงานว่าแยมสับปะรดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บไม่เกิน 3 เดือน ระหว่างการเก็บรักษามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น

4.6.2.4 การวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด : เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงของการเก็บรักษาพบว่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 4.19 และ 4.20 และภาพที่ 4.19

ภาพที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ทของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

4.6.3 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.21 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

สัปดาห์ที่	ค่าสี	การกระจายตัวของสับปะรด	การกระจายตัวของแยม	ความแข็งแรงของแยม	ความหนืดแยม	กลิ่นสับปะรด	รสหวาน	รสขม	รสเย็นซ่า	รสหวานติดลิ้น	รสเปรี้ยว	การยอมรับรวม
0	0.95±0.07a	1.00±0.02a	1.00±0.02a	0.95±0.04a	0.95±0.05a	0.95±0.05a	1.00±0.10a	0.99±0.02a	0.99±0.11a	0.96±0.08a	0.96±0.10a	0.90±0.05a
1	0.92±0.10a	0.96±0.25a	1.00±0.07a	0.94±0.12a	0.93±0.19a	0.94±0.23a	0.96±0.24a	1.00±0.00a	0.99±0.58a	0.95±0.14a	1.00±0.25a	0.88±0.05a
2	0.92±0.11a	1.00±0.07a	1.00±0.03a	0.95±0.09a	0.97±0.16a	0.94±0.15a	0.98±0.08a	1.00±0.02a	0.98±0.11a	0.95±0.12a	0.98±0.17a	0.88±0.07a
3	0.96±0.05a	1.02±0.04a	1.00±0.02a	0.96±0.04a	0.97±0.14a	1.00±0.03a	1.02±0.06a	0.97±0.08a	0.98±0.23a	0.97±0.08a	1.04±0.11a	0.89±0.08a
4	0.93±0.09a	1.02±0.03a	1.01±0.02a	0.97±0.10a	0.97±0.11a	1.00±0.07a	1.02±0.09a	0.98±0.03a	1.07±0.23a	0.95±0.08a	0.98±0.10a	0.88±0.05a
6	0.95±0.07a	1.01±0.05a	1.01±0.05a	0.98±0.06a	0.95±0.12a	0.99±0.03a	0.97±0.12a	0.98±0.06a	0.95±0.32a	0.97±0.12a	0.98±0.17a	0.86±0.08a
8	0.95±0.04a	1.02±0.05a	0.98±0.04a	0.97±0.04a	0.95±0.06a	0.92±0.12a	1.01±0.06a	0.97±0.06a	1.05±0.20a	1.00±0.09a	1.06±0.12a	0.89±0.05a
10	0.94±0.10a	1.01±0.06a	1.01±0.03a	0.95±0.07a	0.92±0.06a	0.93±0.09a	1.00±0.06a	0.99±0.02a	1.03±0.30a	0.98±0.08a	0.96±0.15a	0.81±0.08a
12	0.95±0.10a	1.01±0.06a	1.00±0.04a	0.98±0.05a	0.93±0.07a	0.93±0.07a	1.01±0.10a	0.98±0.05a	0.98±0.26a	0.94±0.17a	0.98±0.15a	0.84±0.09a

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันของข้อมูลในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ 4.22 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

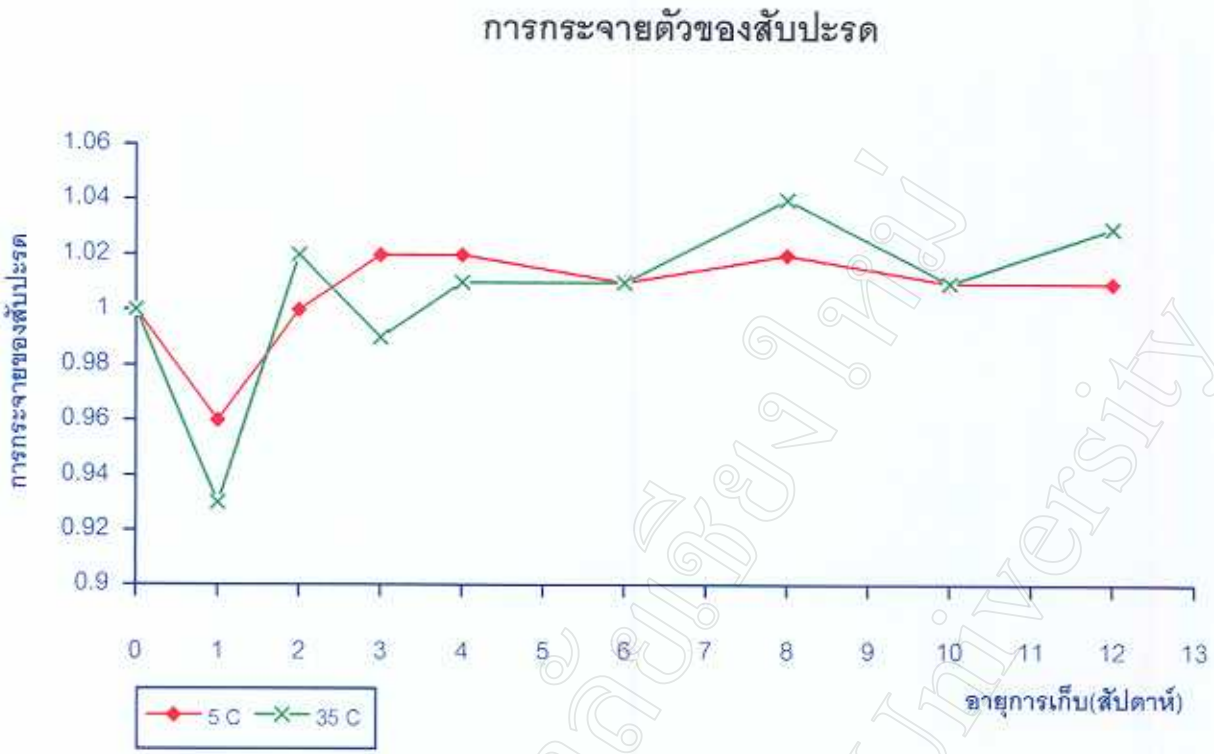
สัปดาห์ที่	ค่าสี	การกระจายตัวของสับปะรด	การกระจายตัวของแยม	ความแข็งแรงของแยม	ความหนืดแยม	กลิ่นสับปะรด	รสหวาน	รสขม	รสเย็นซ่า	รสหวานติดลิ้น	รสเปรี้ยว	การยอมรับรวม
0	0.95±0.07d	1.00±0.02a	1.00±0.02a	0.95±0.04a	0.95±0.05a	0.95±0.05a	1.00±0.10a	0.99±0.02a	0.99±0.11a	0.96±0.08a	0.96±0.10b	0.90±0.05a
1	1.06±0.20c	0.93±0.25a	1.01±0.08a	0.90±0.23a	0.92±0.12a	0.97±0.14a	1.00±0.23a	1.00±0.00a	0.86±0.44a	0.95±0.15a	0.98±0.21b	0.80±0.07a
2	1.25±0.17bc	1.02±0.05a	0.98±0.06a	0.91±0.11a	0.94±0.19a	0.98±0.12a	0.95±0.06ab	0.98±0.04a	0.81±0.24a	0.96±0.06a	1.05±0.25ab	0.76±0.11a
3	1.30±0.19bc	0.99±0.06a	0.97±0.07a	0.89±0.09a	0.93±0.10a	0.97±0.11a	0.96±0.08a	0.96±0.06a	0.84±0.21a	0.98±0.06a	1.15±0.22ab	0.80±0.10a
4	1.33±0.19abc	1.01±0.04a	1.00±0.03a	0.90±0.14a	0.97±0.16a	0.96±0.16a	0.99±0.11a	0.96±0.06a	0.86±0.27a	1.00±0.08a	1.17±0.18ab	0.71±0.12ab
6	1.43±0.18ab	1.01±0.07a	0.99±0.08a	0.88±0.14a	0.89±0.13a	0.95±0.21a	0.93±0.15ab	0.96±0.07a	0.82±0.21a	0.98±0.21a	1.13±0.29ab	0.68±0.14ab
8	1.59±0.21a	1.04±0.08a	0.97±0.07a	0.89±0.11a	0.88±0.09a	0.87±0.18a	0.88±0.10ab	0.94±0.11a	0.80±0.22a	1.03±0.09a	1.25±0.20ab	0.65±0.14ab
10	1.59±0.20a	1.01±0.10a	1.00±0.04a	0.90±0.23a	0.87±0.28a	0.84±0.12a	0.78±0.07b	0.95±0.05a	0.79±0.37a	1.09±0.11a	1.27±0.29ab	0.65±0.12ab
12	1.54±0.25ab	1.03±0.11a	0.95±0.09a	0.92±0.11a	0.92±0.14a	0.83±0.22a	0.77±0.11b	0.95±0.08a	0.59±0.30a	1.12±0.09a	1.35±0.23a	0.58±0.14b

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันของข้อมูลในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ภาพที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะสีของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

ลักษณะสี : เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของลักษณะสีของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงของการเก็บรักษา พบว่า คุณภาพด้านสีของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในแต่ละสัปดาห์ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ โดยจะมีค่าค่อนข้างคงที่ และมีค่า mean ideal ratio score อยู่ในช่วง 0.92-0.96 สำหรับคุณภาพด้านสีของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นั้นในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ สามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกได้แก่ สัปดาห์ที่ 0 กลุ่มที่สองได้แก่ สัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 กลุ่มที่สามได้แก่ สัปดาห์ที่ 2, 3, 4, 10 และ 12 กลุ่มที่สี่ได้แก่ สัปดาห์ที่ 4, 6, 8, 10 และ 10 และมีค่า mean ideal ratio score เกิน 1.00 ซึ่งเป็นค่าทางอุดมคติ แสดงว่าสีของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จะมีสีคล้ำขึ้น เนื่องจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงสีของผลิตภัณฑ์จึงเปลี่ยนจากสีเหลืองสว่างเป็นสีเหลืองเข้มจนในที่สุดผลิตภัณฑ์จะมีสีคล้ำลงตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา กล่าวได้ว่าผู้บริโภคยอมรับคุณภาพด้านสีของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มากกว่าผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

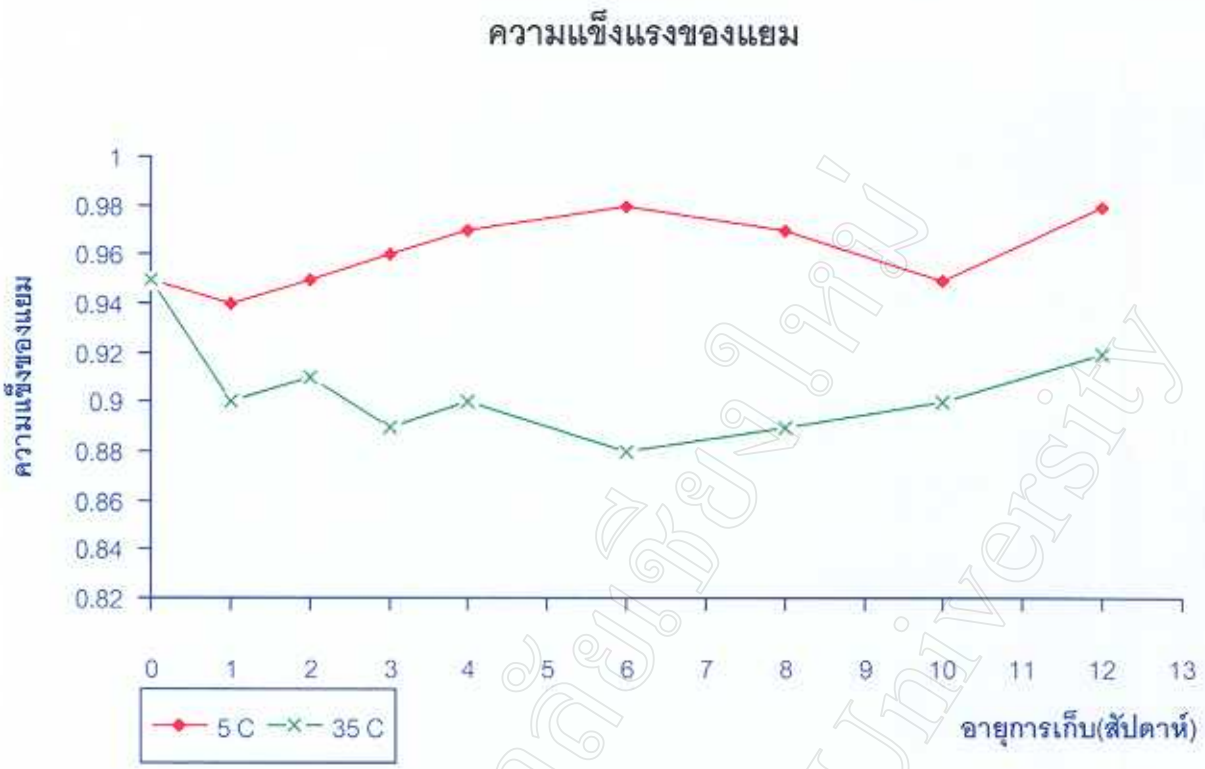


ภาพที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสจากลักษณะการกระจายตัวของสับปะรดในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

การกระจายตัวของสับปะรด : เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของค่าการกระจายตัวของสับปะรดในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงการเก็บรักษา พบว่า ค่าการกระจายตัวของสับปะรดในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ โดยค่าการกระจายตัวของสับปะรดในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วง 0.96-1.02 และค่าการกระจายตัวของสับปะรดในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วง 0.93-1.04 กล่าวได้ว่า ผู้บริโภคยอมรับการกระจายตัวของสับปะรดในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกัน

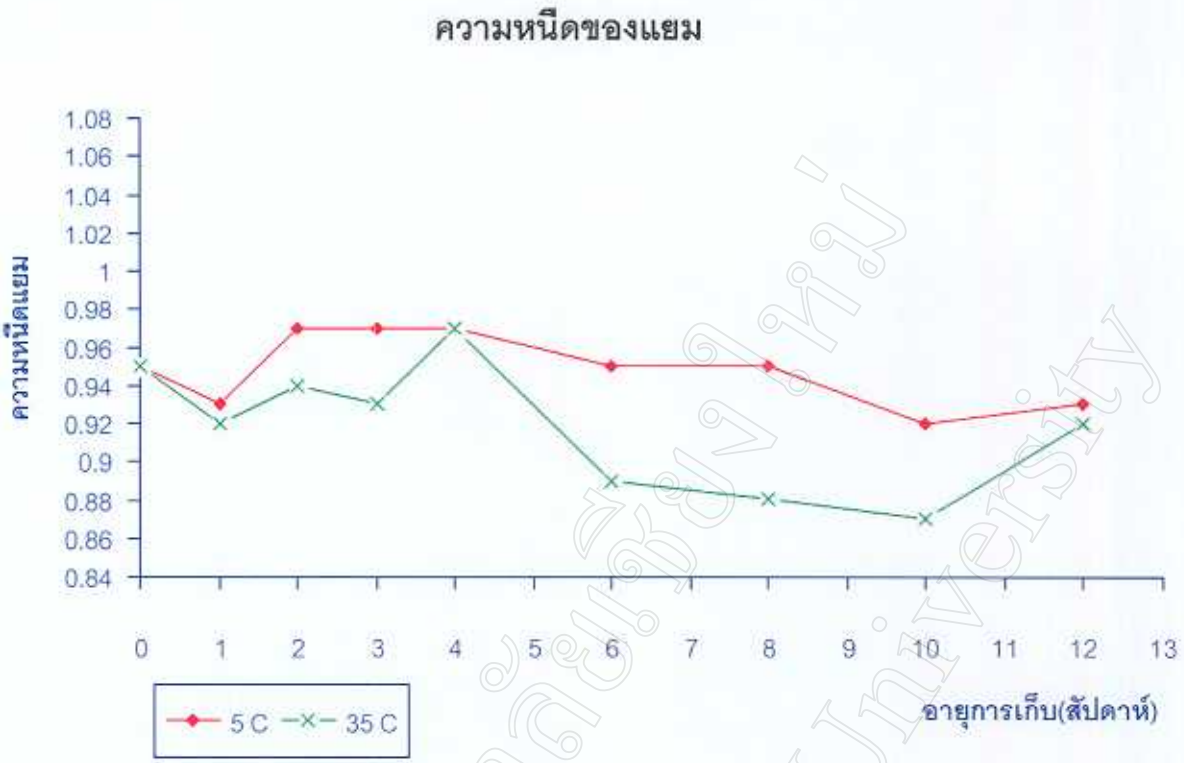
ภาพที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะการกระจายตัวของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 3 องศาเซลเซียส

การกระจายตัวของแยม : เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของการกระจายตัวของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงของการเก็บรักษา พบว่าค่าการกระจายตัวของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ โดยค่าการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ อยู่ในช่วง 0.98-1.01 และค่าการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วง 0.95-1.01 และผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีค่าการกระจายตัวลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาในการเก็บรักษา พิจารณาค่า mean ideal ratio score ของผลิตภัณฑ์หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 1.00 ± 0.04 และ 0.95 ± 0.09 ตามลำดับ กล่าวได้ว่า ผู้บริโภคมีการยอมรับค่าการกระจายของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส



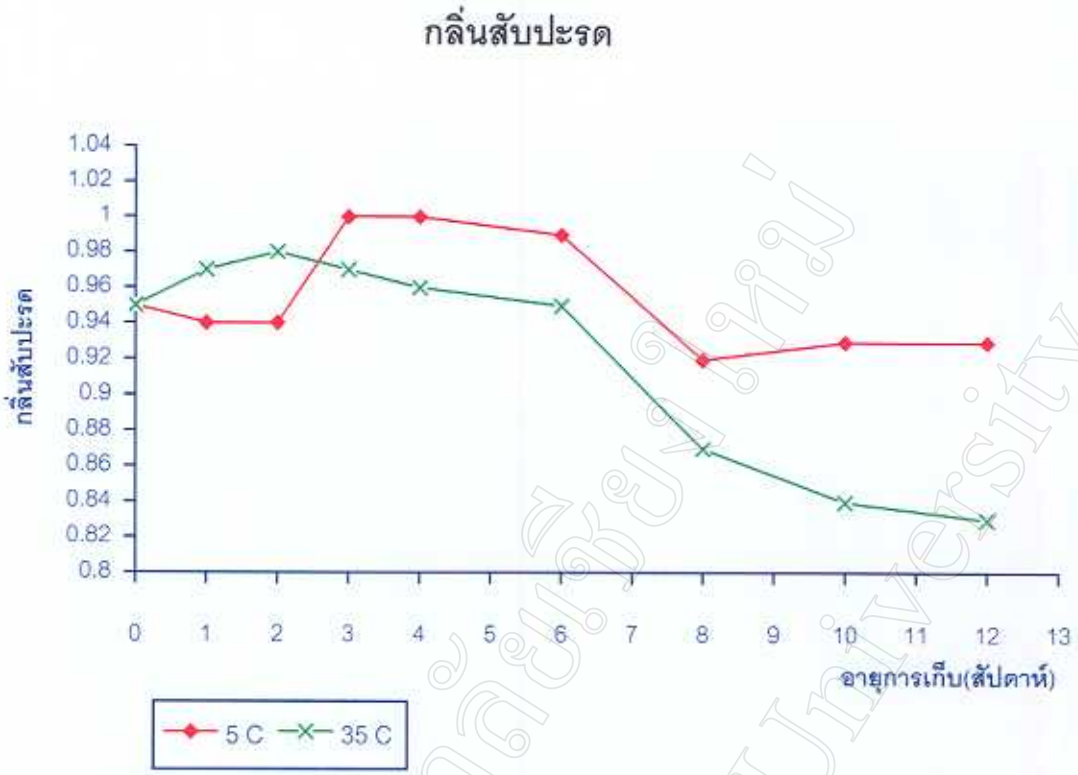
ภาพที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะความแข็งแรงของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

ค่าความแข็งแรงของแยม : เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของค่าความแข็งแรงของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงการเก็บรักษา พบว่า ค่าความแข็งแรงของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ค่า mean ideal ratio score มีแนวโน้มเข้าใกล้ค่าทางอุดมคติมากขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ค่า mean ideal ratio score มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา พิจารณาค่า mean ideal ratio score ของผลิตภัณฑ์หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 0.98 ± 0.06 และ 0.92 ± 0.11 ตามลำดับ กล่าวได้ว่า ผู้บริโภคยอมรับค่าความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส



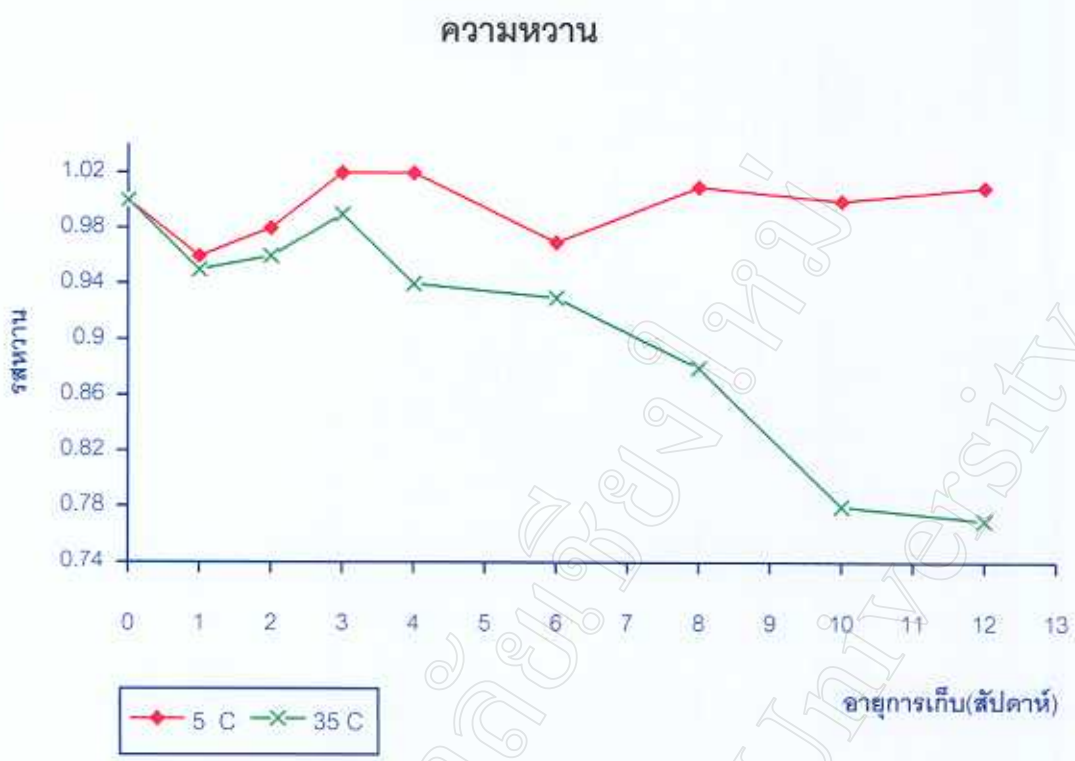
ภาพที่ 4.24 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะความหนืดของแยม สับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

ความหนืดของแยม : เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของค่าความหนืดของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ ในแต่ละช่วงของการเก็บรักษา พบว่า ค่าความหนืดของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ โดยค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วง 0.92-0.97 และ ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วง 0.88-0.97 และผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีค่าความหนืดลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาในการเก็บรักษา พิจารณาค่า mean ideal ratio score ของผลิตภัณฑ์หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 0.93 ± 0.07 และ 0.92 ± 0.15 ตามลำดับ กล่าวได้ว่าผู้บริโภคมีการยอมรับค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส



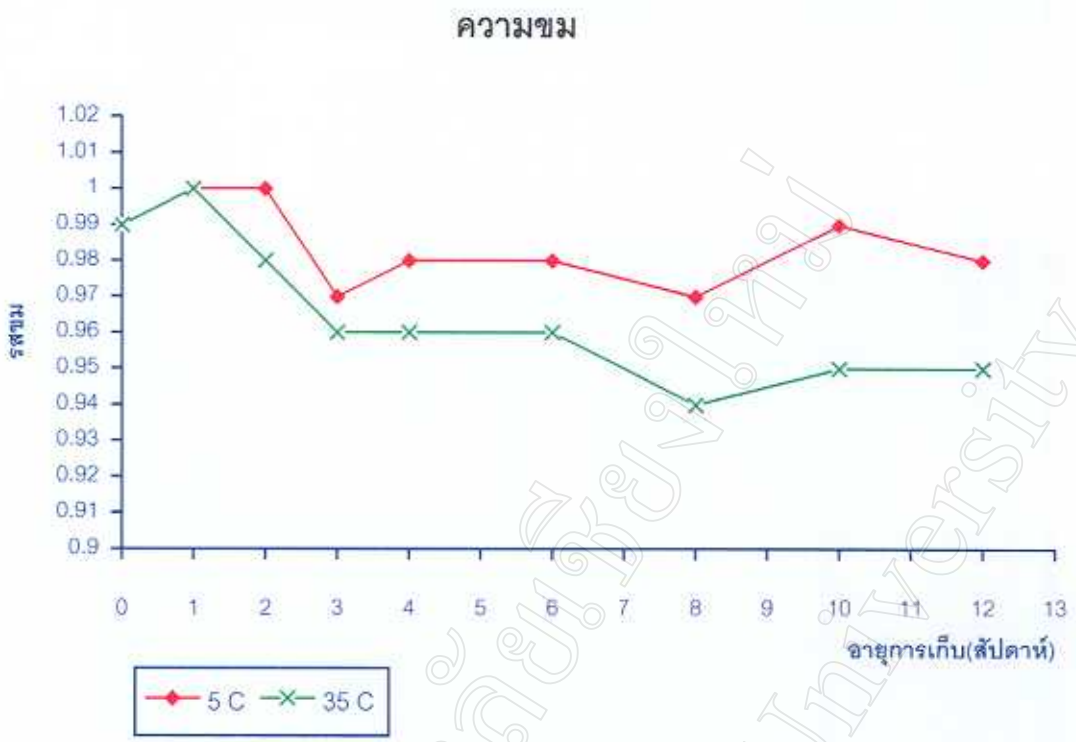
ภาพที่ 4.25 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะกลิ่นสับปะรดของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

กลิ่นสับปะรด : การเปลี่ยนแปลงของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของค่ากลิ่นสับปะรดในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่า ค่ากลิ่นสับปะรดในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ และค่ากลิ่นสับปะรดมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา พิจารณาค่า mean ideal ratio score ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 0.93 ± 0.07 และ 0.83 ± 0.29 ตามลำดับ กล่าวได้ว่าผู้บริโภคมีการยอมรับค่ากลิ่นสับปะรดของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส



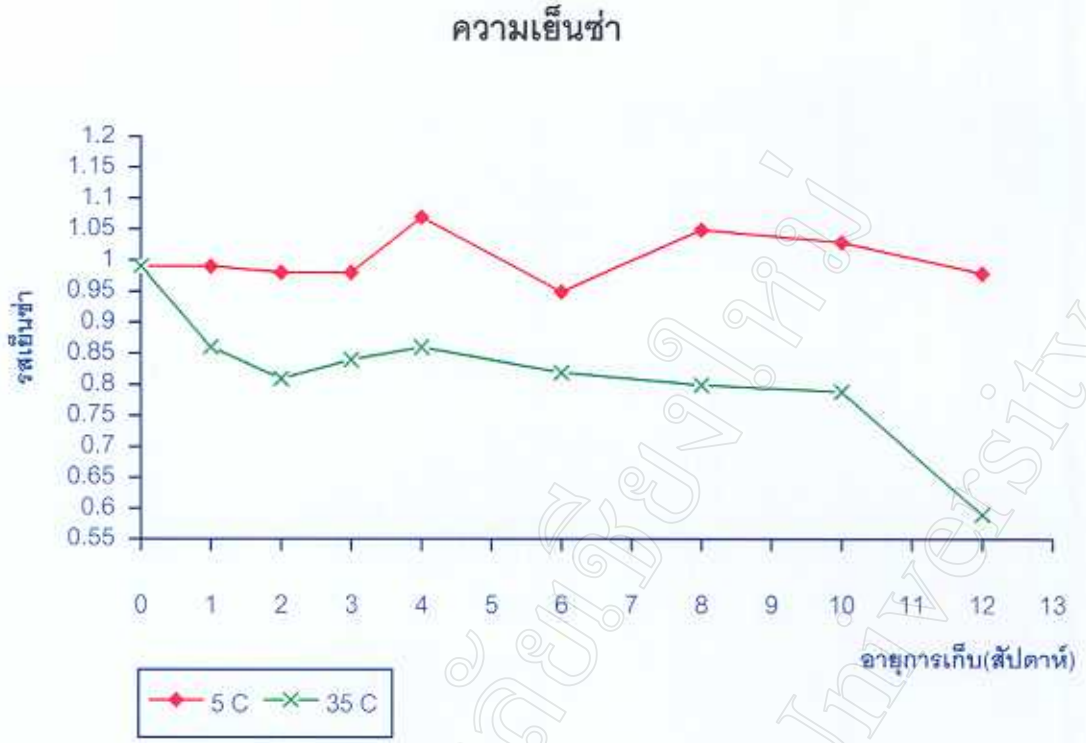
ภาพที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะความหวานของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

ความหวาน : การเปลี่ยนแปลงของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของลักษณะความหวานในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงของการเก็บรักษา พบว่า ค่าความหวานของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ โดยจะมีค่าค่อนข้างคงที่ มีค่า mean ideal ratio score อยู่ในช่วง 0.96-1.02 สำหรับความหวานของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นั้นในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกได้แก่ สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4, 6 และ 8 กลุ่มที่สองได้แก่ สัปดาห์ที่ 2, 6, 8, 10 และ 12 และค่าความหวานของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา พิจารณาค่า mean ideal ratio score ของผลิตภัณฑ์หลังจากที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 1.01 ± 0.10 และ 0.77 ± 0.11 ตามลำดับ กล่าวได้ว่าผู้บริโภคมีการยอมรับค่าความหวานของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส การที่ความหวานของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ลดลงอาจเนื่องมาจากการสลายตัวของแอสพาร์เทม



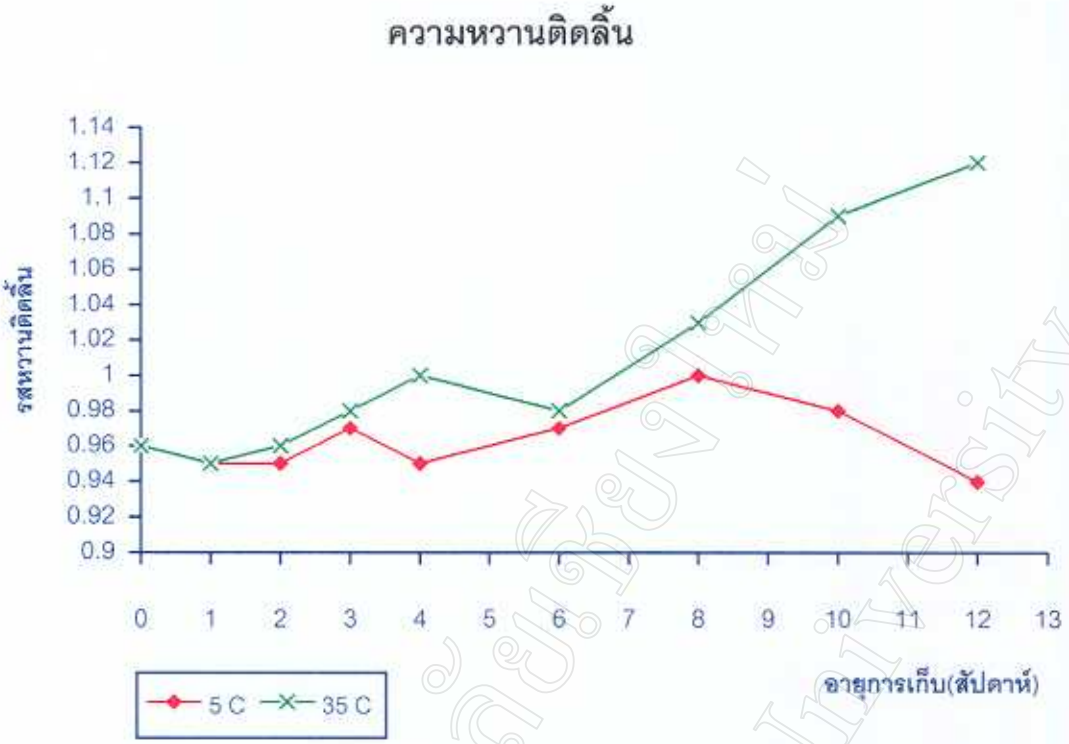
ภาพที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะความขมของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

ความขม : การเปลี่ยนแปลงของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของค่าความขมของแอสพาร์เทมในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ ในแต่ละช่วงของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าความขมของแอสพาร์เทมในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ค่าความขมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามระยะเวลาในการเก็บรักษา (ค่า mean ideal ratio score มีค่า < 1.00) พิจารณาค่า mean ideal ratio score หลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 0.98 ± 0.05 และ 0.95 ± 0.08 ตามลำดับ กล่าวได้ว่าผู้บริโภคมีการยอมรับค่าความขมของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.28 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะความเย็นซ่าของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

ความเย็นซ่า : การเปลี่ยนแปลงของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของค่าความเย็นซ่าของแอสพาร์เทมในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่า ความเย็นซ่าของแอสพาร์เทมในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ค่าความเย็นซ่ามีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น (ค่า mean ideal ratio score $<$ 1.00) พิจารณาค่า mean ideal ratio score หลังจากเก็บที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 0.98 ± 0.27 และ 0.59 ± 0.30 ตามลำดับ กล่าวได้ว่า ผู้บริโภคมีการยอมรับค่าความเย็นซ่าของแอสพาร์เทมในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

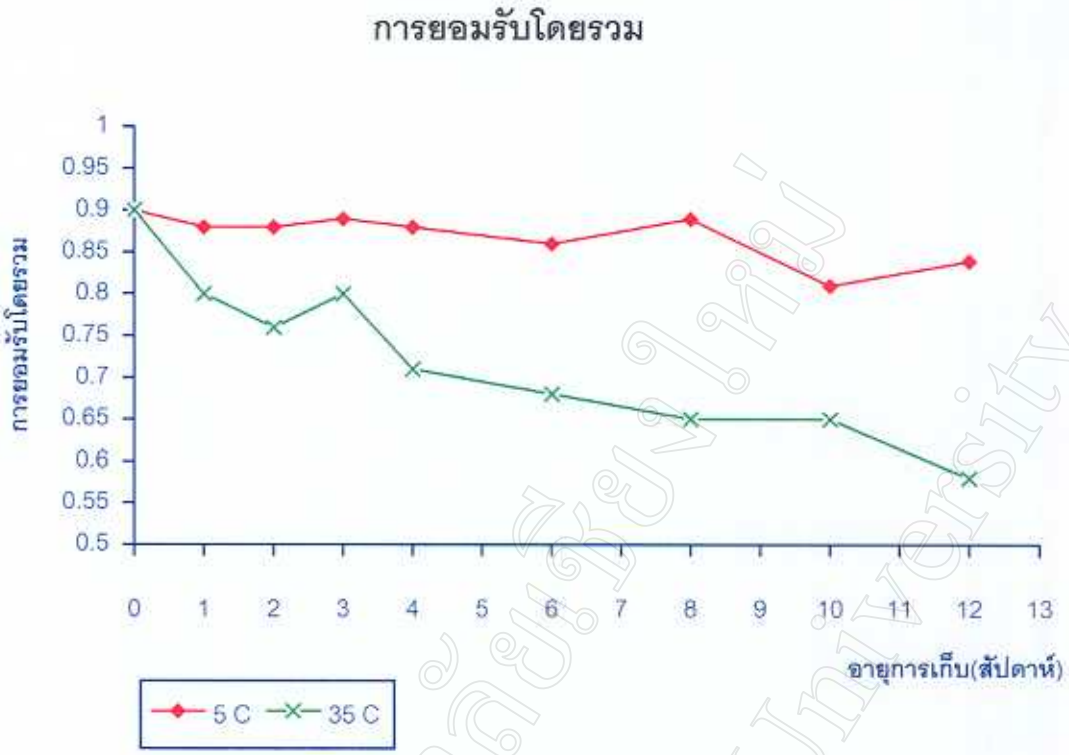


ภาพที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะความหวานติดลิ้นของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

ความหวานติดลิ้น : การเปลี่ยนแปลงของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของค่าความหวานติดลิ้นของแอสพาร์เทมในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ ในแต่ละช่วงของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความหวานติดลิ้นของแอสพาร์เทมในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ค่าความหวานติดลิ้นมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ค่า mean ideal ratio score > 1.00) พิจารณาค่า mean ideal ratio score หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 0.94 ± 0.18 และ 1.12 ± 0.08 ตามลำดับ กล่าวได้ว่าผู้บริโภคมีการยอมรับค่าความหวานติดลิ้นของแอสพาร์เทมในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะความเปรี้ยวของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

ความเปรี้ยว : การเปลี่ยนแปลงของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของค่าความเปรี้ยวในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงของการเก็บรักษา พบว่า ค่าความเปรี้ยวของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ โดยจะมีค่าค่อนข้างคงที่ มีค่า mean ideal ratio score อยู่ในช่วง 0.96-1.06 สำหรับค่าความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสนั้น ในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกได้แก่ สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8 และ 10 กลุ่มที่สองได้แก่ สัปดาห์ที่ 2, 3, 4, 6, 8, 10 และ 12 และค่าความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา พิจารณาค่า mean ideal ratio score ของผลิตภัณฑ์หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 0.98 ± 0.16 และ 1.35 ± 0.43 ตามลำดับ กล่าวได้ว่าผู้บริโภคมีการยอมรับค่าความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะการยอมรับโดยรวมของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส

การยอมรับโดยรวม : การเปลี่ยนแปลงของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของค่าการยอมรับโดยรวมของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำในแต่ละช่วงของการเก็บรักษา พบว่า ค่าการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ มีค่า mean ideal ratio score อยู่ในช่วง 0.81-0.90 สำหรับค่าการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นั้นในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกได้แก่ สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8 และ 10 กลุ่มที่สองได้แก่ สัปดาห์ที่ 4, 6, 8, 10 และ 12 และค่าการยอมรับโดยรวมมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา พิจารณาค่า mean ideal ratio score ของผลิตภัณฑ์หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 0.84 ± 0.09 และ 0.58 ± 0.14 ตามลำดับ กล่าวได้ว่าผู้บริโภคมีการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

4.6.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์พบว่า เมื่อทำการวิเคราะห์ แบคทีเรียโคลิฟอร์ม ด้วยวิธี MPN แบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์รา ด้วยวิธี pour plate ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ NA และ PDA ทำการเจือจางที่ 10^{-1}-10^{-3} ทำระดับการเจือจางละ 2 ซ้ำ และบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ NA และบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นเวลา 3-5 วัน ในแต่ละช่วงของการเก็บรักษาของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ตรวจไม่พบจุลินทรีย์

จากการทดลองศึกษาอายุการเก็บรักษาของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่า แยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนทางกายภาพ คือ ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงของสี โดยมีสีคล้ำลงเรื่อย ๆ และผลิตภัณฑ์มีการแยกของของเหลวออกจากเจลอย่างชัดเจนในสัปดาห์ที่ 12 สำหรับผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์มีความหวานลดลงเรื่อย ๆ ขณะเดียวกันก็มีความเปรี้ยวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยผู้บริโภคเริ่มไม่ยอมรับในสัปดาห์ที่ 8 คือมีค่า Mean ideal ratio score เท่ากับ 0.88$\pm$0.10 และ 1.25$\pm$0.20 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าการยอมรับโดยรวมจะพบว่าผู้บริโภคเริ่มไม่ยอมรับในสัปดาห์ที่ 6 โดยมีค่าการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 0.68$\pm$0.15 แสดงว่าผู้บริโภคมีความชอบผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย ดังนั้นแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส น่าจะมีอายุการเก็บได้นาน 6 สัปดาห์

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพที่ชัดเจน คือ เกิดการแยกตัวของของเหลวออกจากเจลอย่างชัดเจนในสัปดาห์ที่ 8 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสประกอบการพิจารณาด้วย พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าการยอมรับโดยรวมในสัปดาห์ที่ 12 เท่ากับ 0.84$\pm$0.09 แสดงว่าผู้บริโภคมีความชอบในผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ ดังนั้นแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส น่าจะมีอายุการเก็บได้ไม่น้อยกว่า 12 สัปดาห์

4.7 การประเมินผลทางประสาทสัมผัสระหว่างแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำเปรียบเทียบกับแยมพลัมแคลอรี่ต่ำ

เนื่องจากในการทดลองที่ผ่านมาได้ใช้สับปะรดในการทำแยมแคลอรี่ต่ำ ทั้งนี้เพราะสับปะรดเป็นผลไม้ที่มีเปกตินอยู่ในปริมาณที่ต่ำ โดยมีเปกตินเพียง 0.04-0.13 เปอร์เซ็นต์ (Hodgson, 1991) ซึ่งมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลที่ทำการทดลองข้างต้นน้อยมาก แต่อย่างไรก็ตามได้ทำการทดลองใช้ผลไม้ที่มีเปกตินอยู่ในปริมาณสูง ทดลองทำแยมแคลอรี่ต่ำโดยใช้สภาวะเดียวกันกับการทำแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ เพื่อเปรียบเทียบทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแยม จึงได้เลือกใช้พลัม เป็นตัวแทนของผลไม้ที่มีเปกตินอยู่ในปริมาณสูง คือพลัมจะมีเปกติน 1.82 เปอร์เซ็นต์ (Hodgson, 1991) และได้ทำการเปรียบเทียบโดยการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส ด้วยวิธี ideal ratio profile technique ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คนที่ได้รับการอธิบายให้ทราบถึงลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของแยมก่อนทำการทดสอบ ได้แก่ลักษณะเนื้อสัมผัส, รสชาติ และการยอมรับรวม

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม sx version 4.0 ด้วยวิธี two-samples t-test

จากผลการเปรียบเทียบผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำกับแยมพลัมแคลอรี่ต่ำ พบว่า แยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำจะให้คุณลักษณะของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากกว่าแยมพลัมแคลอรี่ต่ำ ดังเช่น ค่าประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ การกระจายตัวของแยม, ความแข็งแรงของแยม และความหนืดของแยม ในแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่มีค่า 0.93 ± 0.14, 1.05 ± 0.11 และ 0.98 ± 0.09 ตามลำดับ ในขณะที่แยมพลัมแคลอรี่ต่ำมีค่า0.87 ± 0.22, 1.35 ± 0.28 และ1.32 ± 0.20 ตามลำดับ โดยเฉพาะความแข็งแรงและความหนืดของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำและแยมพลัมแคลอรี่ต่ำจะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ผู้ทดสอบชิมได้ตั้งข้อสังเกตว่า ลักษณะของแยมพลัมมีเนื้อที่หยาบเกินไป และมีความแข็งและความหนืดที่มากเกินไปอีกด้วย

สำหรับผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสที่แสดงถึงรสชาติของแยมนั้น พบว่า ความหวาน, ความขม, ความเย็นซ่า และความหวานติดลิ้นของแยมทั้ง 2 ชนิดนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ อย่างไรก็ตาม ค่าที่แสดงรสชาติของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำก็มีค่าใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากกว่าแยมพลัมแคลอรี่ต่ำ และเมื่อพิจารณาถึงลักษณะรสเปรี้ยว พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ โดยแยมพลัมมีรสชาติที่เปรี้ยวกว่าแยมสับปะรด และผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ไม่ชอบรสชาติที่เปรี้ยวกว่าของแยมพลัม

จากผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสที่แสดงถึง ลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติแล้วส่งผลให้แยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำมีค่าการยอมรับโดยรวมใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากกว่าแยมพลัมแคลอรี่ต่ำ อีกทั้งค่าที่ได้ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ อีกด้วย ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าผู้บริโภคยอมรับแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำมากกว่าแยมพลัมแคลอรี่ต่ำ

ตารางที่ 4.23 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำและแยมพลัมแคลอรี่ต่ำ

ลักษณะ	แยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำ	แยมพลัมแคลอรี่ต่ำ
การกระจายของแยม	0.93±0.14a	0.87±0.22a
ความแข็งแรงของแยม	1.05±0.11b	1.35±0.28a
ความหนืด	0.98±0.09b	1.32±0.20a
รสหวาน	1.01±0.13a	0.87±0.19a
รสขม	1.00±0.00a	0.89±0.29a
รสเย็นซ่า	0.95±0.27a	0.70±0.27a
รสหวานติดลิ้น	0.96±0.11a	1.06±0.09a
รสเปรี้ยว	1.02±0.17b	1.45±0.30a
การยอมรับโดยรวม	0.83±0.08a	0.67±0.16b

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

4.8 ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานผสมกันระหว่างแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์กับแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้แอสพาร์เทมเพียงอย่างเดียว

จากการทดลองที่ 4 สารให้ความหวานชนิดแอสพาร์เทมได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ ปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ เทียบได้กับที่ระดับความหวานของสารละลายซูโครสที่ 50 องศาบริกซ์ ส่วนสารให้ความหวานชนิดซอร์บิทอล์นั้นได้รับการยอมรับมากที่สุด คือปริมาณ 53.33 เปอร์เซ็นต์ เทียบได้กับที่ระดับความหวานของสารละลายซูโครสที่ 40 องศาบริกซ์ เมื่อทำแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำโดยใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์ในปริมาณอย่างละครึ่งของระดับความหวานที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดผสมกัน (แอสพาร์เทม 0.1 เปอร์เซ็นต์ กับ ซอร์บิทอล์ 26.67 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมในระดับความหวานที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด แล้วนำมาประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี ideal ratio profile technique โดยใช้ผู้ชิม 15 คน ที่ได้รับการอธิบายให้ทราบถึงลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของแยมก่อนทำการทดสอบ ได้แก่ กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส, ลักษณะปรากฏ และการยอมรับโดยรวม

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม sx version 4.0 ด้วยวิธี two-samples t-test

จากการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสที่แสดงถึงรสชาติของแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำนั้น พบว่า แยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและแยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมผสมกับซอร์บิทอล์นั้นมีรสชาติที่แตกต่างกันน้อยมาก และพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ โดยพบว่าแยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมมีรสหวาน และรสขม ที่เข้าใกล้ค่าทางอุดมคติมากกว่าแยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมผสมกับซอร์บิทอล์ คือมีค่าเท่ากับ 1.03 ± 0.12 และ 0.96 ± 0.07 ตามลำดับ และยังพบว่าแยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์ผสมกันนั้นมีค่า ความเย็นซ่า, รสหวานติดลิ้น และรสเปรี้ยวที่เข้าใกล้ค่าทางอุดมคติมากกว่าแยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมเพียงอย่างเดียว คือมีค่าเท่ากับ 1.04 ± 0.41, 1.00 ± 0.12 และ 0.96 ± 0.07 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามค่าการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสที่แสดงถึงรสชาติทั้งหมดนั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$

สำหรับผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสที่แสดงถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของแยม ได้แก่ การกระจายของแยม, ความแข็งแรงของแยม และความหนืดของแยมนั้นพบว่า แยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมมีค่าการยอมรับที่ใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากกว่าแยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์ผสมกัน คือมีค่าเท่ากับ 0.98 ± 0.08, 0.95 ± 0.14

และ0.99±0.15 ตามลำดับ โดยค่าที่แสดงถึงความแข็งแรงของแยมนั้นยังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ อีกด้วย

สำหรับการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสที่แสดงถึงลักษณะปรากฏของแยม ได้แก่ สีของแยม และการกระจายของสับปะรด พบว่าแยมทั้งสองมีค่าการกระจายของสับปะรดที่เท่ากัน แต่มีค่าสีของแยมที่แตกต่างกัน โดยแยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมมีค่าสีของแยมที่ใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากกว่าแยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานแอพาร์เทมและซอร์บิทอล์ผสมกัน คือมีค่าเท่ากับ 0.93±0.15 และค่าที่ได้ยังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ อีกด้วย

จากการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของลักษณะต่าง ๆ แล้ว เมื่อนำมาพิจารณาถึงค่าการยอมรับโดยรวม พบว่า แยมทั้งสองชนิดมีค่าการยอมรับโดยรวมที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ แต่อย่างไรก็ตาม แยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมมีค่าการยอมรับโดยรวมที่ใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากกว่าแยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์ผสมกัน คือมีค่าเท่ากับ 0.79±0.13 เปรียบเทียบกับค่า 0.72±0.15 จึงอาจกล่าวได้ว่า ผู้บริโภคมีการยอมรับแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมเพียงอย่างเดียวมากกว่าแยมสับปะรดที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์ผสมกัน

ตารางที่ 4.24 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสเปรียบเทียบระหว่างแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานผสมกันระหว่างแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล์กับแยมสับปะรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้แอสพาร์เทมเพียงอย่างเดียว

ลักษณะ	สารให้ความหวานที่ใช้ในแยมสับปะรด	
	แอสพาร์เทม	แอสพาร์เทม + ซอร์บิทอล์
สีของแยม	0.93±0.15a	1.41±0.14b
การกระจายสับปะรด	1.02±0.06a	1.02±0.06a
การกระจายแยม	0.98±0.08a	0.96±0.15a
ความแข็งแรงของแยม	0.95±0.14a	0.75±0.17b
ความหนืดแยม	0.99±0.15a	0.92±0.19a
กลิ่นสับปะรด	0.94±0.11a	0.95±0.16a
รสหวาน	1.03±0.12a	1.00±0.13a
รสขม	0.96±0.07a	0.94±0.12a
รสเย็นซ่า	0.87±0.32a	1.04±0.41a
รสหวานติดลิ้น	0.97±0.15a	1.00±0.12a
รสเปรี้ยว	0.93±0.16a	0.96±0.07a
การยอมรับโดยรวม	0.79±0.13a	0.72±0.15a

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$