บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 คุณภาพของเปลือกในเสาวรสพันธุ์ผลสีเหลือง พันธุ์ผลสีม่วงและพันธุ์ผสม

4.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตที่ได้

จากการวิเคราะห์ผลผลิตที่ได้จากเสาวรส 3 สายพันธุ์ คือ เสาวรสพันธุ์สีเหลือง พันธุ์สีม่วงและพันธุ์ผสมโดยแยกแต่ละส่วน คือ ส่วนเสาวรสทั้งผล ส่วนเนื้อ น้ำรวมเมล็ดและส่วนเปลือก ผลการทดลองแสดงดังตาราง 4.1 พบว่าน้ำหนักผลโดยรวมและน้ำหนักส่วนเปลือกของเสาวรสทั้ง 3 สายพันธุ์มีความแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) โดยที่เสาวรสพันธุ์ผสมมีขนาดผลที่ใหญ่เนื่องจากผ่านการพัฒนาสายพันธุ์ให้มีลักษณะเด่นของแต่ละสายพันธุ์ไว้ (กลุ่มวิจัยมาตรฐานสมุนไพร, 2550) ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณภาพของผลเสาวรส ส่วนน้ำหนักส่วนเนื้อ น้ำรวมเมล็ดนั้นไม่แตกต่างกัน

ตาราง 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตที่ได้ของเสาวรสพันธุ์สีเหลือง พันธุ์สีม่วงและพันธุ์ผสม

เสาวรส	น้ำหนักเสาวรสทั้งผล (g)	น้ำหนักส่วนเนื้อน้ำรวมเมล็ด (%)	น้ำหนักส่วนเปลือก (%)
พันธุ์สีเหลือง	73.67 ± 3.51ab	44.35 ± 7.23ns	55.65 ± 3.00a
พันธุ์สีม่วง	64.67 ± 10.26b	49.48 ± 7.64ns	50.52 ± 4.58b
พันธุ์ผสม	82.33 ± 9.33a	45.75 ± 3.79ns	54.25 ± 6.56ab

ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (3 ซ้ำการทดลอง)

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแถวแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในแถวแนวตั้งเดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.2 การวิเคราะห์เยลลีเกรด น้ำหนัก equivalent และ ปริมาณเมธ็อกซิล

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าเพกทินที่ได้จากเปลือกในของเสาวรส 3 สายพันธุ์มีค่า น้ำหนัก equivalent และปริมาณเมธ็อกซิล ที่ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ดังตาราง 4.2 จากตารางพบว่า น้ำหนัก equivalent อยู่ในช่วง 4,848.48 - 5,370.37 ซึ่งน้ำหนัก equivalent ของผลไม้แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เช่น เพกทินจากเปลือกฝรั่งมีน้ำหนัก equivalent 1,320.60 (นิภาพร และคณะ, 2545) เพกทินจากจำปาดะมีน้ำหนัก equivalent 1,045 เพกทินจากเปลือกมะนาวมีน้ำหนัก equivalent 864.39 (กฤติกาและเทิดพงษ์, 2543) เป็นต้น เปลือกในเสาวรสทั้ง 3 สายพันธุ์มีปริมาณเมธ็อกซิล อยู่ในช่วงร้อยละ 36.79 - 41.33 ซึ่งถือว่าทั้ง 3 สายพันธุ์จัดเป็นเพกทินเมธ็อกซิลต่ำ กล่าวคือ มีเมธ็อกซิล น้อยกว่า 50 (เรณูและนราพร, 2540) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yapo and Koffi (2006) ที่พบว่าเปลือกเสาวรสพันธุ์สีเหลืองในประเทศฝรั่งเศสเป็นเพกทินเมธ็อกซิลต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบเยลลีเกรดกับเพกทินทางการค้าเกรด 150 พบว่าเสาวรสพันธุ์ผลสีเหลือง พันธุ์ผลสีม่วงและพันธุ์ผสม มีค่าเยลลีเกรด 60 90 และ 80 ตามลำดับ

ตาราง 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของเสาวรสพันธุ์สีเหลือง พันธุ์สีม่วง และพันธุ์ผสม

เสาวรส	น้ำหนัก equivalent	ปริมาณเมธ็อกซิล (%)	เยลลีเกรด (เทียบกับเพกทินเกรด150)
พันธุ์สีเหลือง	4,848.48 ± 262.43 ns	36.79 ± 7.04ns	60
พันธุ์สีม่วง	5,370.37 ± 438.12 ns	41.33 ± 0.36ns	90
พันธุ์ผสม	4,882.15 ± 583.19 ns	38.71 ± 0.36ns	80

ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (3 ซ้ำการทดลอง)

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในแถวแนวตั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแยมเสาวรสลดพลังงาน โดยเปรียบเทียบผลของปริมาณเปลือกในเสาวรส ปริมาณสารให้ความหวาน และปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ เทียบกับแยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เพกทินเมธ็อกซิลต่ำทางการค้า

ในการศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงาน วางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design โดยศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ เปลือกในเสาวรส ซูคราโลส และแคลเซียมคลอไรด์ ได้สูตรในการทดลองทั้งหมด 16 สูตร รายละเอียดของสูตรแสดงดังตาราง 3.1 จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และกายภาพในแต่ละสูตร แสดงดังตาราง 4.3 และผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส แสดงดังภาพ 4.1 จากนั้นนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี RSM ได้กราฟ contour plot แสดงในภาพ 4.2 และ 4.3

ผลของค่าวอเตอร์แอคติวิตี ของทุกสูตรในการทดลองพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.77 ถึง 0.84 และพบว่าแยมเสาวรสลดพลังงานทั้ง 16 สูตรนั้นมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยที่ทุกสูตรมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี น้อยกว่า 0.85 ซึ่งพบว่าอยู่ในช่วงที่เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Askar and Treptow, 1993) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บนาน

ผลจากการวัดค่าความแน่นเนื้อ (firmness) แสดงอยู่ในรูปของแรงกด (compressive) โดยใช้หัววัดทรงกระบอกขนาด 6 มิลลิเมตร (DIA Cylinder stainless) ความเร็วของหัววัด 2.0 มิลลิเมตรต่อวินาที วัดในตำแหน่งตรงกลางของตัวอย่าง พบว่าค่า firmness อยู่ในช่วง 31.8 ถึง 141.4 g force จากกราฟ contour plot ของค่า firmness (แสดงในภาพ 4.2 a) และผลในตาราง 4.3 พบว่าค่า firmness มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใส่เปลือกในเสาวรสเพิ่มขึ้น ซึ่งค่า firmness ที่สูงขึ้นแสดงว่าผลิตภัณฑ์แยมนั้นมีความแน่นเพิ่มมากขึ้น

ค่าสีของผลิตภัณฑ์ ได้วัดค่าสี L* a* และ b* โดยค่า L* คือ ค่าความสว่าง (lightness) มีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) จนถึง 100 (สีขาว) ถ้ามีค่าสูงแสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีสีสว่างมาก ถ้ามีค่าต่ำแสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีสีคล้ำ หรือค่อนข้างมืด ค่าสี a* ถ้ามีค่าเป็นบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีแนวโน้มไปทางสีแดง (redness) ถ้ามีค่าเป็นลบ แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีแนวโน้มไปทางสีเขียว (greenness) ส่วนค่าสี b* ถ้ามีค่าเป็นบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีแนวโน้มไปทางสีเหลือง (yellowness) ถ้าเป็นค่าลบ แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเป็นสีน้ำเงิน (blueness) (Hutchings, 1994) ในการทดลองนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า ค่าสี L* อยู่ในช่วง 22.52 ถึง 28.68 ค่าสี a* อยู่ในช่วง -1.00 ถึง 1.29 และค่าสี b* อยู่ในช่วง 8.42 ถึง 13.52 โดยค่าที่ได้ในทุกสูตรการทดลองพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงาน จากการทดลองแบบ Central Composite Design

สูตร**	firmness (g force)	TSS (°Brix)	a_w	L*	a*	b*
1	92.3 ± 1.8de	65 ± 0.00ns	0.79 ± 0.01cd	27.27 ± 0.05a	1.18 ± 0.01c	11.24 ± 0.08c
2	74.0 ± 2.8ef	65 ± 0.00ns	0.82 ± 0.02abc	27.91 ± 0.06a	0.89 ± 0.04bc	12.53 ± 0.07b
3	70.0 ± 3.0e	66 ± 0.00ns	0.77 ± 0.00d	25.92 ± 0.51ab	0.73 ± 0.23c	9.90 ± 0.07ef
4	115.5 ± 3.9ab	65 ± 0.00ns	0.80 ± 0.05cd	26.53 ± 0.15ab	-0.32 ± 0.05fg	8.52 ± 0.10g
5	141.4 ± 1.9a	65 ± 0.00ns	0.78 ± 0.00cd	22.52 ± 0.61b	0.17 ± 0.02d	9.46 ± 0.25efg
6	48.6 ± 1.3g	65 ± 0.00ns	0.79 ± 0.00cd	25.54 ± 0.40ab	1.29 ± 0.06a	11.29 ± 0.20c
7	76.6 ±3.1ef	65 ± 0.00ns	0.81 ± 0.01bcd	28.68 ± 0.38a	1.27 ± 0.16a	10.68 ± 0.50cd
8	56.2 ±2.8c	66 ± 0.00ns	0.78 ± 0.01cd	26.40 ± 0.08ab	1.09 ± 0.04ab	13.52 ± 0.21a

ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (3 ซ้ำการทดลอง) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในแต่แถวแนวตั้งเดียวกัน

** หมายเลขของสูตรในการทดลอง อ้างอิงตามสูตร แสดงในตาราง 3.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 (ต่อ)

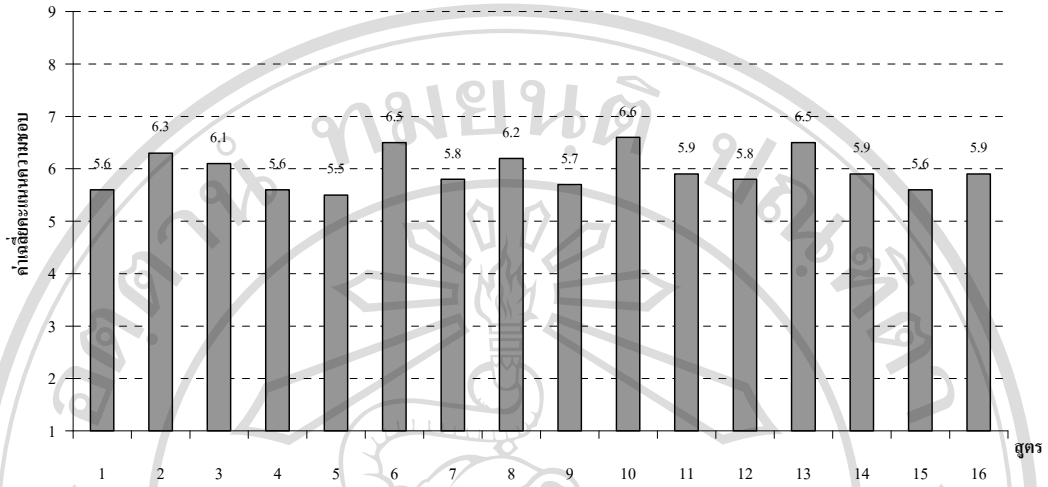
สูตร**	firmness (g force)	TSS (°Brix)	a_w	L*	a*	b*
9	78.8 ± 2.4fg	65 ± 0.00ns	0.84 ± 0.01ab	26.64 ± 0.08ab	-0.20 ± 0.05ef	9.15 ± 0.27fgh
10	31.8 ±1.4i	65 ± 0.00ns	0.79 ± 0.01cd	25.68 ± 0.24ab	0.66 ± 0.11c	10.22 ± 0.03de
11	77.5 ± 2.6f	65 ± 0.00ns	0.82 ± 0.01abc	26.96 ± 0.10ab	0.02 ± 0.02de	10.07 ± 0.05de
12	82.1 ± 3.7cd	65 ± 0.00ns	0.82 ± 0.01abc	25.59 ± 0.08ab	0.67 ± 0.11c	10.10 ± 0.11de
13	44.0 ± 0.6de	66 ± 0.00ns	0.77 ± 0.01d	26.46 ± 0.08ab	0.84 ± 0.09bc	11.00 ± 0.12c
14	92.6 ± 1.9de	65 ± 0.00ns	0.84 ± 0.01ab	25.85 ± 0.08ab	-0.31 ± 0.08fg	9.07 ± 0.06gh
15	86.3 ± 2.5cd	65 ± 0.00ns	0.84 ± 0.01a	25.85 ± 0.13ab	-0.02 ± 0.01de	9.18 ± 0.13fgh
16	74.9 ± 1.0b	65 ± 0.00ns	0.81 ± 0.00bcd	25.56 ± 0.08ab	-0.48 ± 0.03g	8.42 ± 0.05g

ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (3 ซ้ำการทดลอง) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

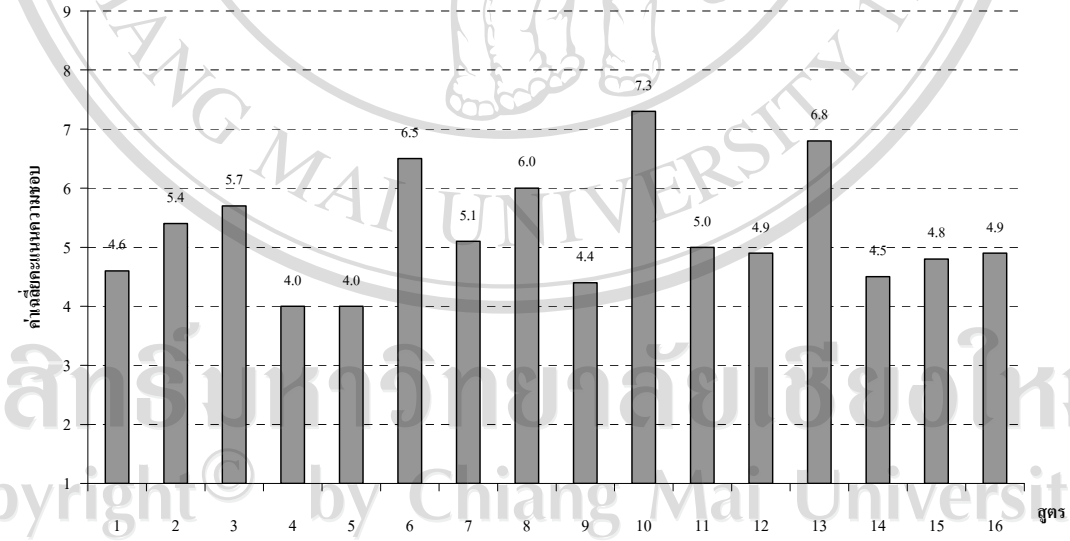
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในแต่แถวแนวตั้งเดียวกัน

** หมายเลขของสูตรในการทดลอง อ้างอิงตามสูตร แสดงในตาราง 3.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



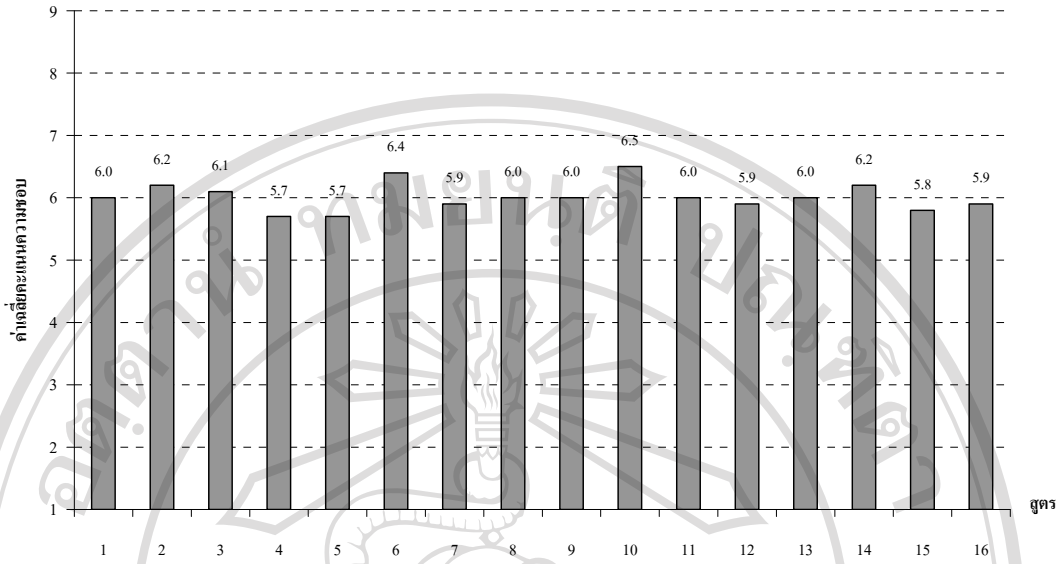
คะแนนความชอบโดยรวม



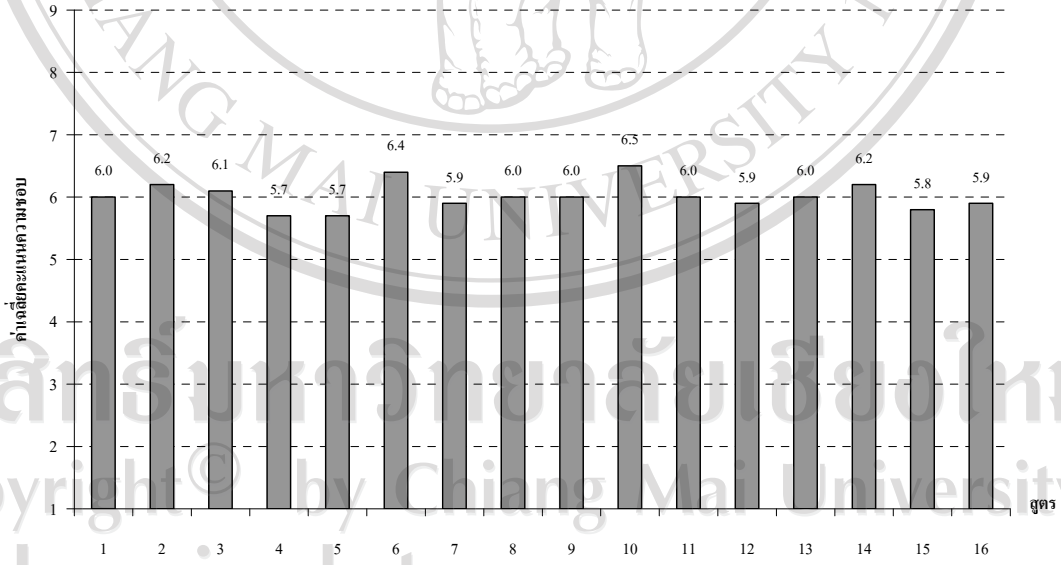
คะแนนความชอบด้านการทา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 4.1 ผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสของแยมเสาวรสลดพลังงานทั้ง 16 สูตร



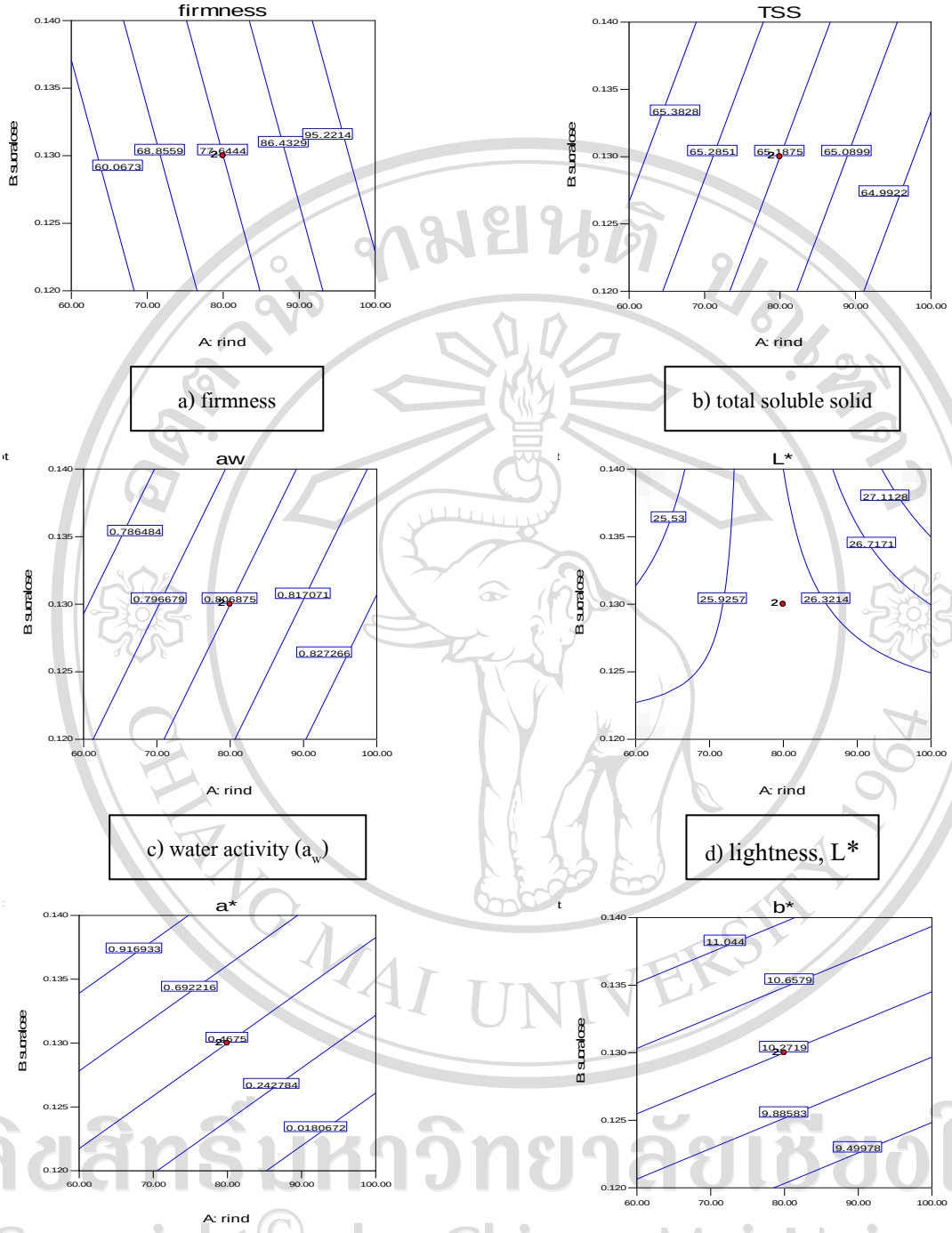
คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส



คะแนนความชอบด้านรสหวาน

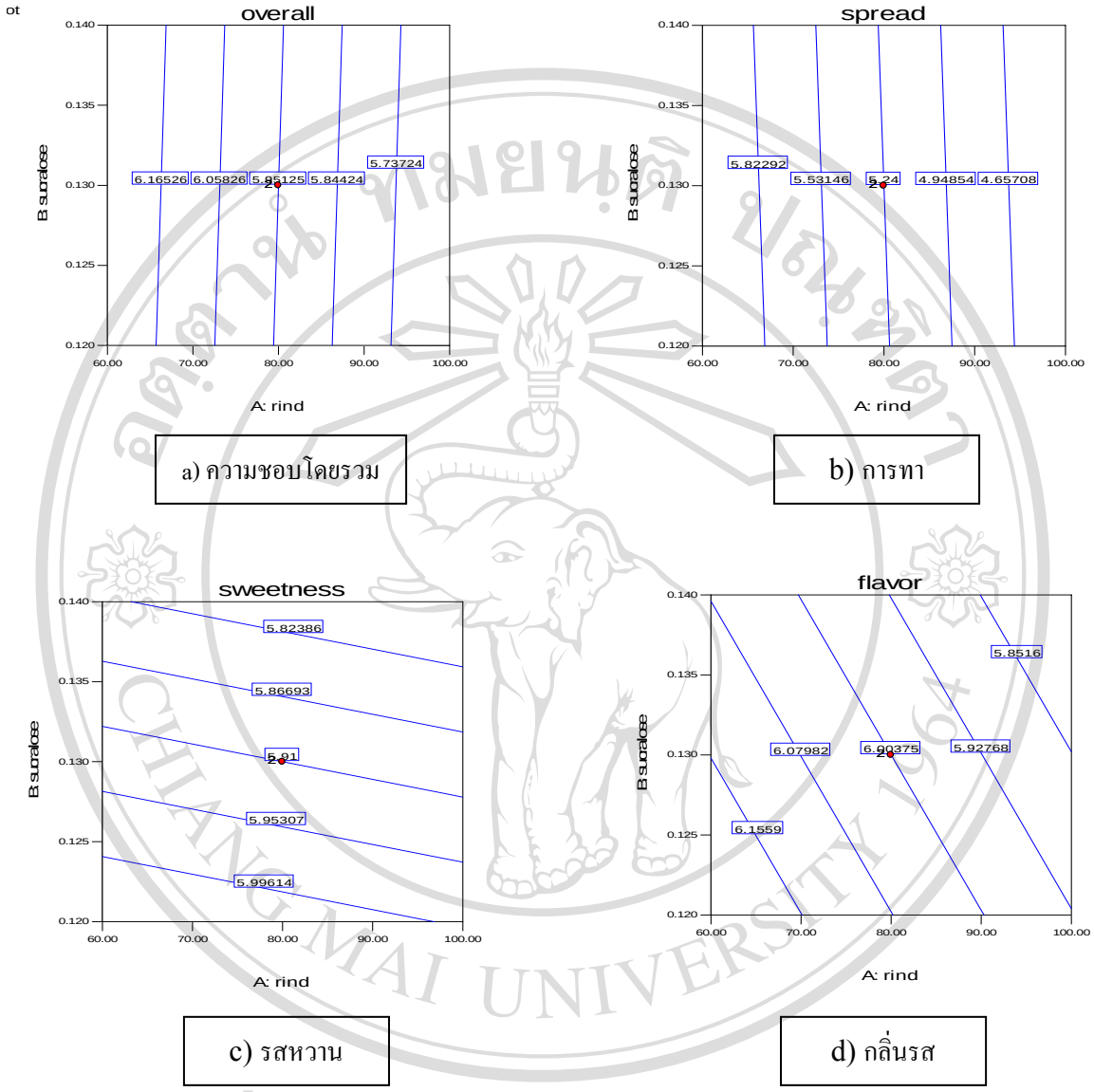
ภาพ 4.1 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 4.2 contour plot ของคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงานจากสมการ regression ระหว่างอัตราส่วนของเปลือกในเสาวรส ต่อซูคราโลส และแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อ a คือ firmness b คือ total soluble solid c คือ water activity, a_w d คือ lightness, L* e คือ redness, a* และ f คือ yellowness, b*



a) ความชอบโดยรวม

b) การทา

c) รสหวาน

d) กลิ่นรส

ภาพ 4.3 contour plot ของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เสาวรสลดพลังงานจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของเปลือกในเสาวรส ต่อซูคราโลส และแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อ a คือ ความชอบโดยรวม b คือ การทา c คือ รสหวาน และ d คือ กลิ่นรส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงานทั้ง 16 สูตร โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) ทดสอบกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจำนวน 100 คน ในห้องปฏิบัติการ ผลการทดสอบแสดงดังภาพ 4.1 ค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 5.5 ถึง 6.6 ค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบด้านการทาอยู่ในช่วง 4.0 ถึง 7.3 ค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสอยู่ในช่วง 5.7 ถึง 6.5 และค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบด้านรสหวานอยู่ในช่วง 5.7 ถึง 6.3 ซึ่งเป็นระดับคะแนนความชอบปานกลาง

เมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์หาสมการ regression เพื่อหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนของเปลือกในเสาวรส ซูคราโลส และแคลเซียมคลอไรด์ ที่มีต่อคุณภาพต่างๆ จะได้สมการ regression ดังแสดงในตาราง 4.4 จากสมการพบว่าปริมาณสัดส่วนของเปลือกในเสาวรส ซูคราโลส และแคลเซียมคลอไรด์ นั้นส่งผลต่อค่า firmness ค่าวอเตอร์แอคติวิตี ค่าสี a* คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม การทา และกลิ่นรส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

สำหรับคุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ ค่า total soluble solid ค่าสี L* ค่าสี b* และคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ความชอบด้านรสหวานนั้น พบว่าสมการที่ได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จึงไม่นำมาใช้ในการทำ RSM เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดของผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 สมการ regression เพื่อใช้ทำนายคุณภาพทางเคมีกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากอิทธิพลของอัตราส่วนของเปลือกในเสาวรส ซูคราโลส และแคลเซียมคลอไรด์ ในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงาน

ตัวแปรตาม	สมการทำนาย	R^2 (%)	P
Firmness	-120.32256 + (1.06117 × rind) + (514.22216 × sucralose) + (5.13608 × $CaCl_2$)	64.49	0.0049**
TSS	+64.45527 – (0.010983 × rind) + (7.32233 × sucralose) + (0.073223 × $CaCl_2$)	33.04	0.1717
ค่า a_w	+0.86822 + (1.05341E-003 × rind) – (0.95190 × sucralose) – (2.42970E-003 × $CaCl_2$)	60.77	0.0087**
ค่าสี L*	+44.52626 – (0.69927 × rind) + (50.95469 × sucralose) + (1.06700 × $CaCl_2$) +(3.1125 × rind × sucralose) + (0.035875 × rind × CaCl2)- (31.50000 × sucralose × $CaCl_2$)	49.34	0.02923
ค่าสี a*	-2.55065 – (0.015254 × rind) + (36.90758 × sucralose) – (0.062171 × $CaCl_2$)	55.14	0.0187**
ค่าสี b*	+0.69121 – (0.018011 × rind) + (79.79249 × sucralose) + (0.072060 × $CaCl_2$)	35.62	0.1393
คะแนนความชอบโดยรวม	+7.09194 – (0.015596 × rind) + (0.90854 × sucralose) – (1.23146E-003 × $CaCl_2$)	66.78	0.0033**
คะแนนความชอบด้านการทา	+9.30040 – (0.042393 × rind) – (2.65278 × sucralose) – (0.036013 × $CaCl_2$)	71.09	0.0015**
คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส	+7.58524 – (7.53029E-003 × rind) – (7.76171 × sucralose) + (3.32807E-003 × $CaCl_2$)	51.30	0.0298**
คะแนนความชอบด้านรสหวาน	+6.94654 – (1.16989E-003 × rind) – (10.58075 × sucralose) + (0.048061 × $CaCl_2$)	43.90	0.0658

** แตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

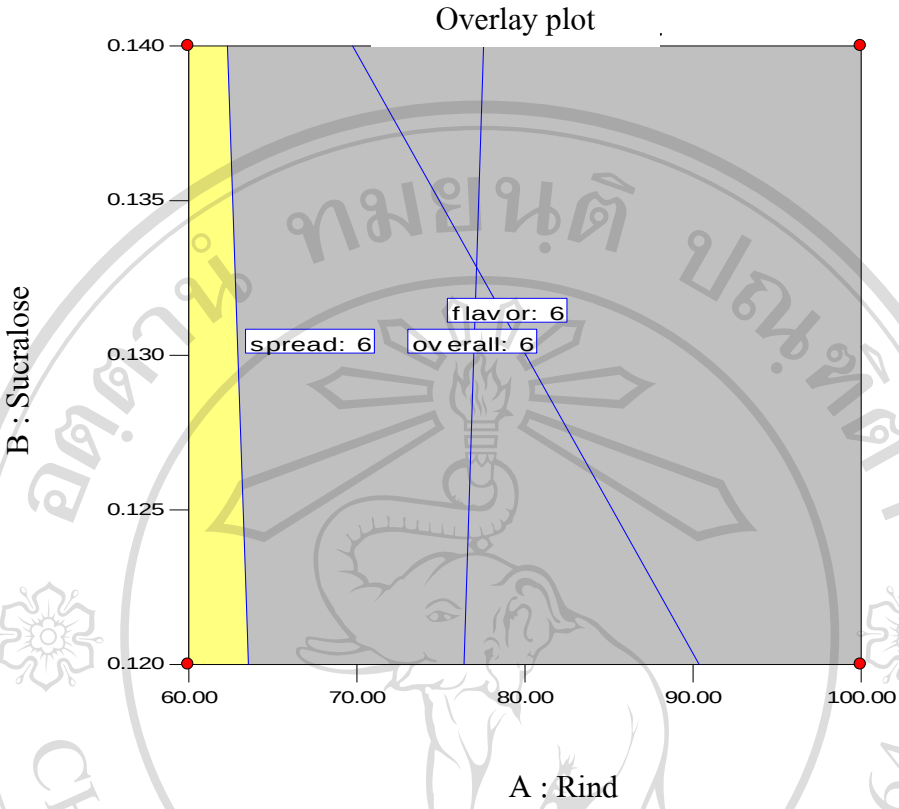
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การยอมรับของผู้บริโภคเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และจากการพัฒนาแยมเสาวรสลดพลังงานพบว่า คะแนนความชอบโดยรวมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น หากมีการลดปริมาณเปลือกในเสาวรส และแคลเซียมคลอไรด์ แต่เพิ่มในส่วนของซูคราโลส เนื่องจากปริมาณเปลือกในเสาวรสมีผลต่อการทา ซึ่งถ้าลดปริมาณเปลือกในเสาวรสลงการทาจึงง่ายขึ้น และผู้บริโภคอาจชอบในรสหวานจึงเป็นแนวโน้มในการเพิ่มปริมาณซูคราโลส (ตาราง 4.4 และภาพ 4.3 a) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบด้านการทา ที่มีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อลดปริมาณเปลือกในเสาวรส ซูคราโลส และแคลเซียมคลอไรด์ลง (ตาราง 4.4 และภาพ 4.3 b) ส่วนคะแนนความชอบด้านรสหวาน และกลิ่นรส มีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อลดปริมาณเปลือก และซูคราโลสลง แต่เพิ่มในส่วนของแคลเซียมคลอไรด์ (ตาราง 4.4 และภาพ 4.3 c, d)

ในการทดลองนี้ใช้คะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวม การทา และกลิ่นรส 6.0 คะแนนขึ้นไป (จากการใช้วิธี 9-point hedonic scale) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงาน ในการเลือกใช้ระดับคะแนนทางด้านการทดสอบการยอมรับในการหาช่วงสูตรที่เหมาะสมนั้น มีการเลือกใช้ค่าการยอมรับที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับผู้วิจัย เช่น งานวิจัยของ Prinyawiwatkul *et al.* (1997) ได้ใช้ระดับคะแนนที่ 5.4 เป็นเกณฑ์ในการหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดของนักเก็ตไก่ Sriwattana *et al.* (2008) ได้ใช้ระดับคะแนน 6.5 เป็นเกณฑ์ในการหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดของขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าว นอกจากนี้ Deshpande *et al.* (2008) ได้ใช้ระดับคะแนนที่ 5.0 ในการหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องดื่มจากถั่วลิสงและถั่วเหลือง เป็นต้น

เมื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาระดับของวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุด (optimization) ที่ให้คะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวม การทา และกลิ่นรสอย่างน้อย 6.0 คะแนน วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Design-Expert (Statease Inc.) ผลการวิเคราะห์ได้ contour plot แสดงดังภาพ 4.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.4 ระดับของเปลือกในเสาวรส ซูคราโลส และแคลเซียมคลอไรด์ ที่สูงที่สุด (พื้นที่สีเหลือง) ในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงานที่ให้คะแนนการยอมรับในด้านความชอบโดยรวม การทา และกลิ่นรสมากกว่า 6.0 คะแนน (9-point hedonic scale)

เมื่อได้ช่วงที่เหมาะสมของแยมเสาวรสลดพลังงานแล้ว จึงทำการทดสอบความถูกต้องของสมการด้วยการเลือกจุดที่อยู่ในช่วงพื้นที่มีเหลืองที่แสดงดังภาพ 4.4 มาทำการผลิตแยมเสาวรสลดพลังงาน พร้อมทั้งทำการตรวจคุณภาพทางกายภาพ และประสาทสัมผัส เพื่อตรวจสอบการทำนายค่า โดยจุดที่เลือกใช้ในการทดสอบ คือ เปลือกในเสาวรส 60 กรัม ซูคราโลส 0.12 กรัม และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 M 8 กรัม นำค่าที่ได้จากการทดลองจริง ทำการผลิต 2 ซ้ำ เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ ผลแสดงในตารางที่ 4.5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของตัวแปรตามต่างๆ นั้นมีความแตกต่างกันน้อยมาก คือ อยู่ในช่วงร้อยละ 0.002 ถึง 0.01 Hu (1999) ได้เสนอแนะว่า ร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าที่ได้จากการทดลอง และค่าที่ได้จากการทำนายนั้นควรจะแตกต่างกันน้อยกว่าร้อยละ 10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.5 ค่าเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงานที่ได้จากการทำนายและจากการทดลอง

ตัวแปรตาม	ค่าจากการทำนาย	ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง*	ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)
ความชอบโดยรวม	6.2553	6.2554	0.002
การทา	6.1498	6.1504	0.010
กลิ่นรส	6.2287	6.2286	0.002

* ทดลองจากสูตรแยมเสาวรสลดพลังงานที่มี เปลือกในเสาวรส 60 กรัม ซูคราโลส 0.12 กรัม และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 8 กรัม

ในการหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงานในงานวิจัยนี้มีค่าความแตกต่างน้อยกว่าร้อยละ 10 สมการที่ได้จึงสามารถใช้ทำนายคะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวม การทา และกลิ่นรสได้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของเปลือกในเสาวรส ซูคราโลส และแคลเซียมคลอไรด์ และจากผลการหาช่วงของสูตรที่เหมาะสมที่สุด (optimization) ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงานข้างต้น ที่มีคะแนนการยอมรับด้านการทา และกลิ่นรส อย่างน้อย 6.0 คะแนน ในการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale นั้น ได้สูตรผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปศึกษาซึ่งประกอบด้วย

น้ำเสาวรส	60	กรัม
น้ำเยื่อเสาวรส	150	กรัม
เปลือกในเสาวรส	60	กรัม
น้ำตาลทราย	140	กรัม
ซูคราโลส	0.12	กรัม
แคลเซียมคลอไรด์	0.09	กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 คุณภาพแยมเสาวรสลดพลังงานจากเปลือกในเสาวรสที่พัฒนาได้เทียบกับแยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เพกทินเมธ็อกซิลต่ำทางการค้า

จากการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงาน ใช้วัตถุดิบ ได้แก่ น้ำเสาวรส 60 กรัม น้ำเยื่อเสาวรส 150 กรัม น้ำตาลทราย 140 กรัม เปลือกในเสาวรส 60 กรัม ซูคราโลส 0.12 กรัม และแคลเซียมคลอไรด์ 0.09 กรัม และทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้ผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงานดังภาพ 4.5

ภาพ 4.5 ผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงานที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

ทำการเปรียบเทียบคุณภาพแยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เปลือกในเสาวรสกับแยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เพกทินเมธ็อกซิลต่ำทางการค้า โดยการทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 100 คน ใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) ในการให้คะแนนคุณลักษณะในด้านความชอบโดยรวม การทา กลิ่นรส และรสหวาน ซึ่งในการทดสอบนี้ได้ให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เปลือกในเสาวรส ควบคู่ไปกับการทดสอบผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เพกทินเมธ็อกซิลต่ำทางการค้า ซึ่งผลิตแยมเสาวรสลดพลังงานที่มีส่วนผสมเดียวกัน และทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตาราง 4.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.6 คุณภาพของผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เปลือกในเสาวรสกับแยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เพกทินเมธ็อกซิลต่ำทางการค้า

คุณภาพ	แยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เปลือกในเสาวรส	แยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เพกทินเมธ็อกซิลต่ำทางการค้า
ค่าวอร์เตอแอคติวิตี (a_w)	0.792±0.03ns	0.713±0.05ns
ค่าสี		
L*	25.94±2.25ns	28.50±4.14ns
a*	-0.11±0.03ns	-0.10±0.03ns
b*	9.14±0.13ns	10.79±0.07ns
ค่าfirmness (g force)	108.78±3.99a	90.88±2.62b
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS), องศาบริกซ์	65±0.00ns	65±0.00ns
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	38.84±2.08ns	35.19±2.77ns
พลังงาน (กิโลแคลอรี / 100 กรัม)	144±6.03ns	139±2.08ns
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	< 10	< 10
ยีสต์และรา (CFU/g)	< 10	< 10
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN/g)	< 3.0	< 3.0

ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (3 ซ้ำการทดลอง) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในแต่ละแถวแนวนอนเดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีเท่ากับ 0.792 ± 0.03 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแยมนม ที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีเท่ากับ 0.80 (Char *et al.*, 2007) ค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 25.94 ± 2.25, -0.11 ± 0.03 และ 9.14 ± 0.13 ตามลำดับ ค่า firmness เท่ากับ 108.78 ± 3.99 g force ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 65 ± 0.00 องศาบริกซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 38.84 ± 2.08 และมีพลังงาน 144 ± 6.03 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม สามารถลดพลังงานลงได้ร้อยละ 44 จากแยมสูตรปกติที่มีพลังงาน 260 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ซึ่ง

มีคุณภาพไม่แตกต่างกับแยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เพกทินเมธ็อกซิลต่ำทางการค้า ($P>0.05$) ยกเว้นค่าแรงกด ทั้งนี้อาจเนื่องจากการใช้เปลือกในเสาวรสช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่เพิ่มมากขึ้น ต่างจากแยมเสาวรสทั่วไปที่ใช้เพียงน้ำเสาวรสไม่ได้มีส่วนผสมของเปลือกในเสาวรส

จากการตรวจจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรียโคลิฟอร์ม ยีสต์ และรา ตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แยม เยลลี และมาร์มาเลด มอก.263-2521 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2521) พบว่าผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงานที่พัฒนา มีคุณภาพที่ปลอดภัยเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานนั้น

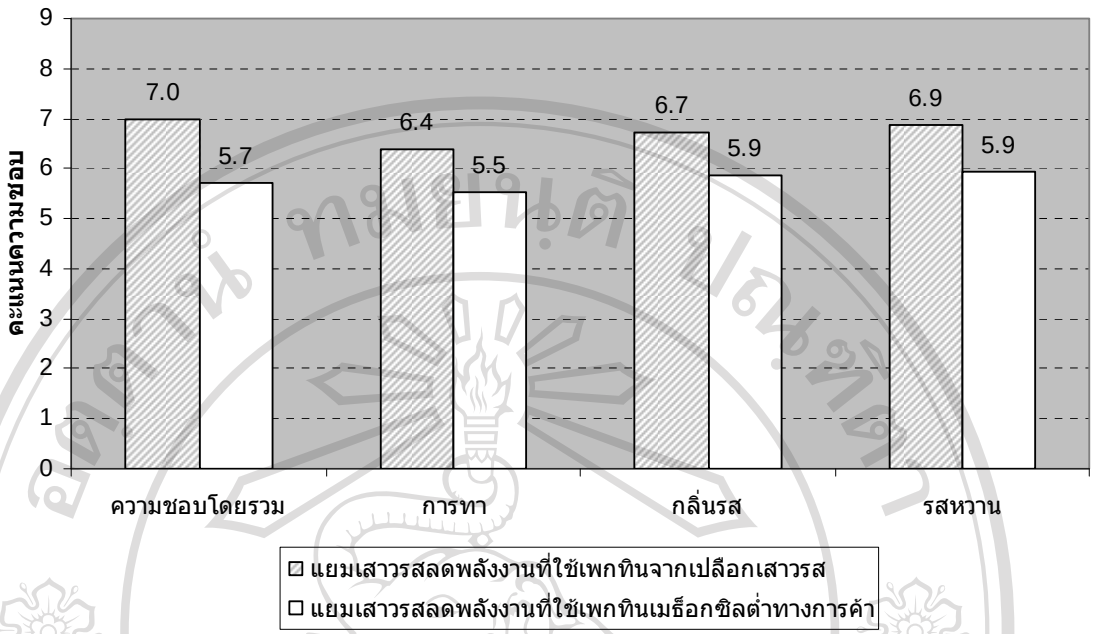
จากการทดสอบผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เปลือกในเสาวรสในด้านความชอบโดยรวม การทา กลิ่นรสและรสหวานสูงกว่าแยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เพกทินเมธ็อกซิลต่ำทางการค้า ($P\leq0.01$) โดยมีคะแนนความชอบของคุณลักษณะอยู่ในช่วง 6.4 ถึง 7.0 (ชอบปานกลาง) แสดงดังตาราง 4.7 และภาพ 4.6

ตาราง 4.7 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เสาวรสลดพลังงานที่ใช้เปลือกในเสาวรสเปรียบเทียบกับแยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เพกทินเมธ็อกซิลต่ำทางการค้า (n = 100)

แยมเสาวรสลดพลังงาน	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส			
	ความชอบโดยรวม	การทา	กลิ่นรส	รสหวาน
เปลือกในเสาวรส	7.0 ± 1.3a	6.4 ± 1.7a	6.7 ± 1.4a	6.9 ± 1.4a
เพกทินเมธ็อกซิลต่ำทางการค้า	5.7 ± 1.7b	5.5 ± 1.8b	5.9 ± 1.7b	5.9 ± 1.6b

ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (3 ซ้ำการทดลอง) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.01$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.6 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เปลือกในเสาวรสและแยมเสาวรสลดพลังงานที่ใช้เพกทินเมธ็อกซิลต่ำทางการค้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved