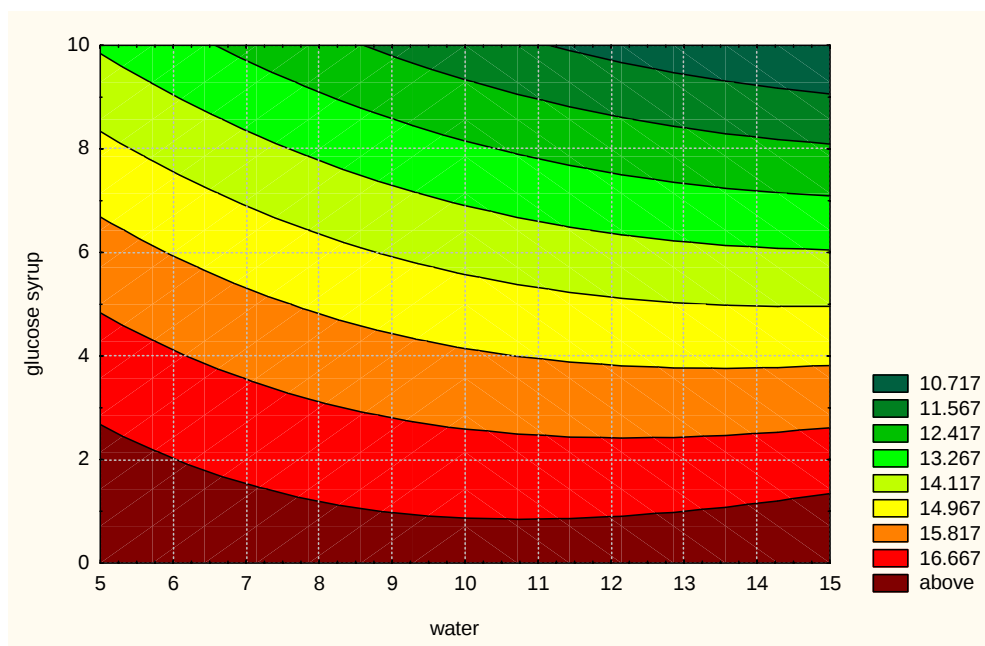


จากความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงดังกล่าวทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และ ปัจจัยคุณภาพที่มีความสำคัญต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ลับแผ่น ขึ้นตอนต่อไปของการ วิเคราะห์คือ นำข้อมูลของปัจจัยคุณภาพที่มีความแตกต่างกันมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยเทคนิค RSM โดยใช้สมการอันดับสองหรือสมการเส้นโค้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยคุณภาพ คือ $Z = b_0 + b_1X + b_2Y + b_3XY + b_4X^2 + b_5Y^2$ โดยที่ Z คือปัจจัยคุณภาพ b_0 คือค่าคงที่ $b_1, b_2, \dots, b_5$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ส่วน X และ Y คือปริมาณน้ำและกลูโคสไซรัป ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน หรือคำสั่ง Enter ในโปรแกรม SPSS จะได้สมการถดถอย พร้อมทั้งค่า R^2 และ ค่านัยสำคัญ (Sig.) ดังตารางที่ 17 ค่า R^2 แสดงถึงระดับความเชื่อมั่นและ ระดับความ สัมพันธ์ของข้อมูล ส่วนค่า Sig. เป็นค่าที่แสดงว่าสมการนั้นสามารถอธิบายการ เปลี่ยนแปลงได้จริงหรือไม่ เกณฑ์ในการเลือกสมการพิจารณาจากค่า R^2 สูง คือร้อยละ 90 ขึ้นไป และค่า Sig. ต่ำกว่า 0.05 สมการดังกล่าวได้แก่ สมการที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงปัจจัยคุณภาพด้าน ความชอบรวม แรงดึง ค่า cohesiveness ค่า L* และ h จากสมการทั้ง 5 สามารถสร้างกราฟ contour plot ได้ดังภาพที่ 18 ซึ่งให้เห็นอิทธิพลของน้ำและกลูโคสไซรัปต่อปัจจัยคุณภาพของลับแผ่น ลำดับต่อไปของการวิเคราะห์ผลการทดลอง คือหาปริมาณน้ำและกลูโคสไซรัปที่เหมาะสม โดยนำ กราฟ contour plot ทั้ง 5 มาซ้อนทับกัน เพื่อหาจุดที่เหมาะสม เกณฑ์ที่ใช้ซ้อนทับกราฟจะเลือกที่ ค่าคะแนนความชอบรวมมากกว่า 6.0 ขึ้นไป จะได้ดังภาพที่ 19

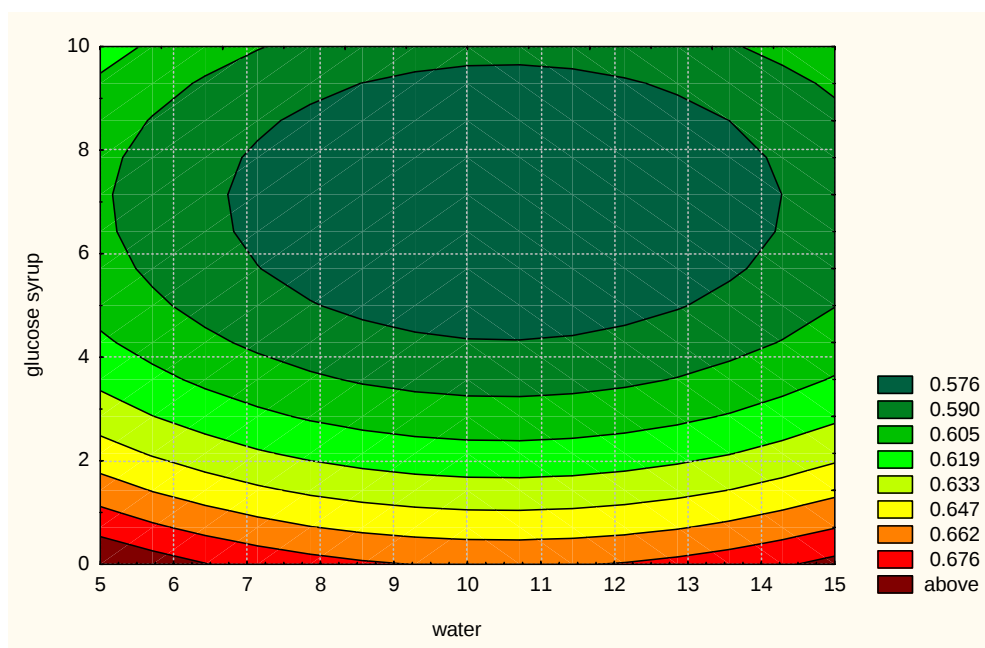
ตารางที่ 17 สมการถดถอยเชิงพหุของค่าปัจจัยคุณภาพบางประการของลับแผ่น

ปัจจัยคุณภาพ	สมการ	R^2	Sig.
แรงดึง (N)	$Z = 18.872 - 0.361X - 0.109Y - 0.033XY + 0.018X^2 - 0.016Y^2$	0.977*	0.012
Cohesiveness	$Z = 0.770 - 0.021X - 0.028Y + 0.001X^2 + 0.002Y^2$	0.867*	0.048
L*	$Z = 34.008 - 0.197X - 0.004XY + 0.013X^2 + 0.02Y^2$	0.878*	0.041
h	$Z = 54.404 - 0.25X + 0.019Y - 0.007XY + 0.017X^2 + 0.035Y^2$	0.954*	0.032
ความชอบรวม	$Z = 5.165 + 0.0002X + 0.242Y - 0.007XY + 0.002X^2 - 0.008Y^2$	0.971*	0.016

หมายเหตุ Z หมายถึง ปัจจัยคุณภาพ X หมายถึง ปริมาณน้ำ Y หมายถึง ปริมาณกลูโคสไซรัป

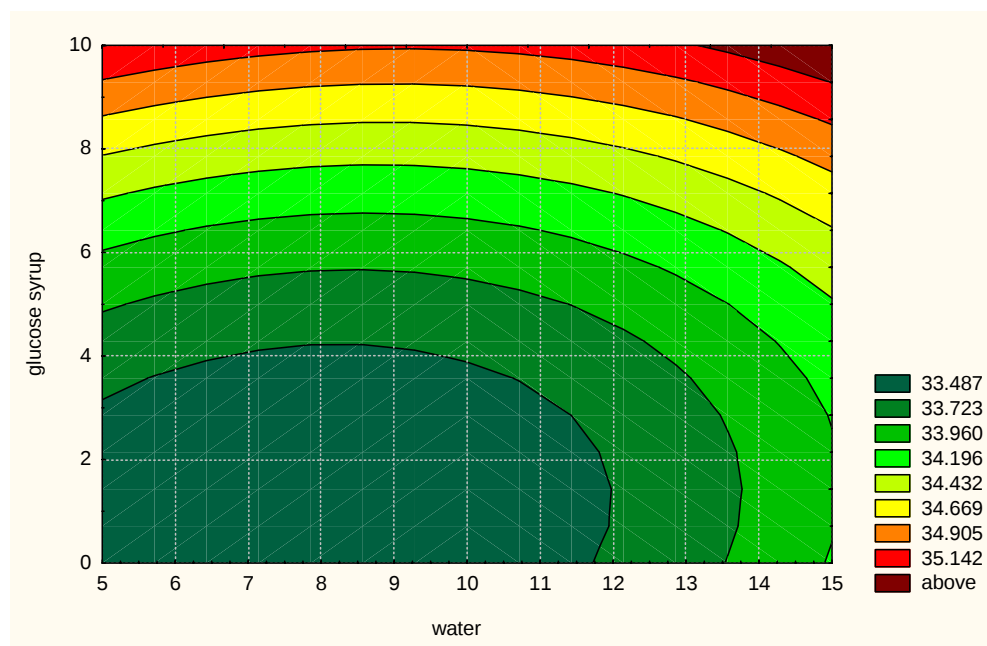


ก. ค่าแรงดึง

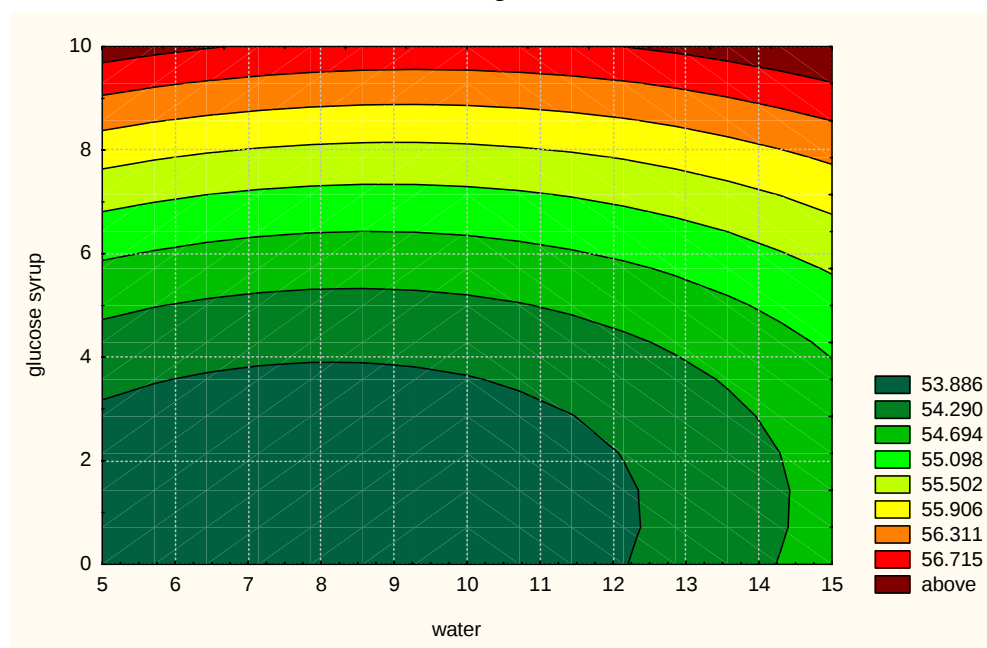


ข. ค่า cohesiveness

ภาพที่ 18 contour plot ระหว่าง น้ำ กลูโคสไซรัป และ ค่าคุณภาพบางประการของพลั๊บนั่น

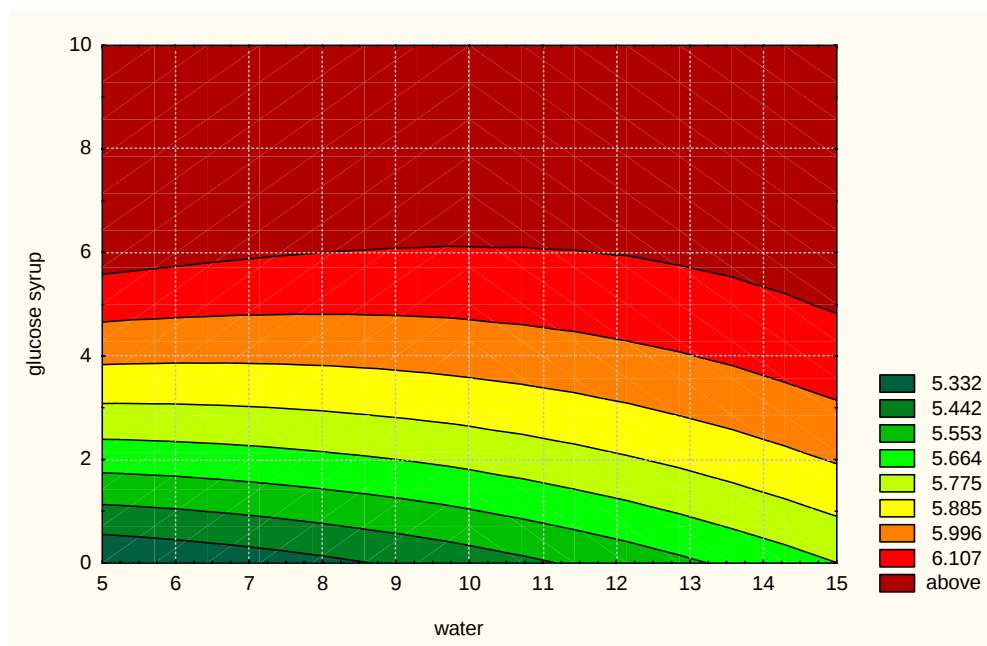


ค. ค่า Lightness (L^*)



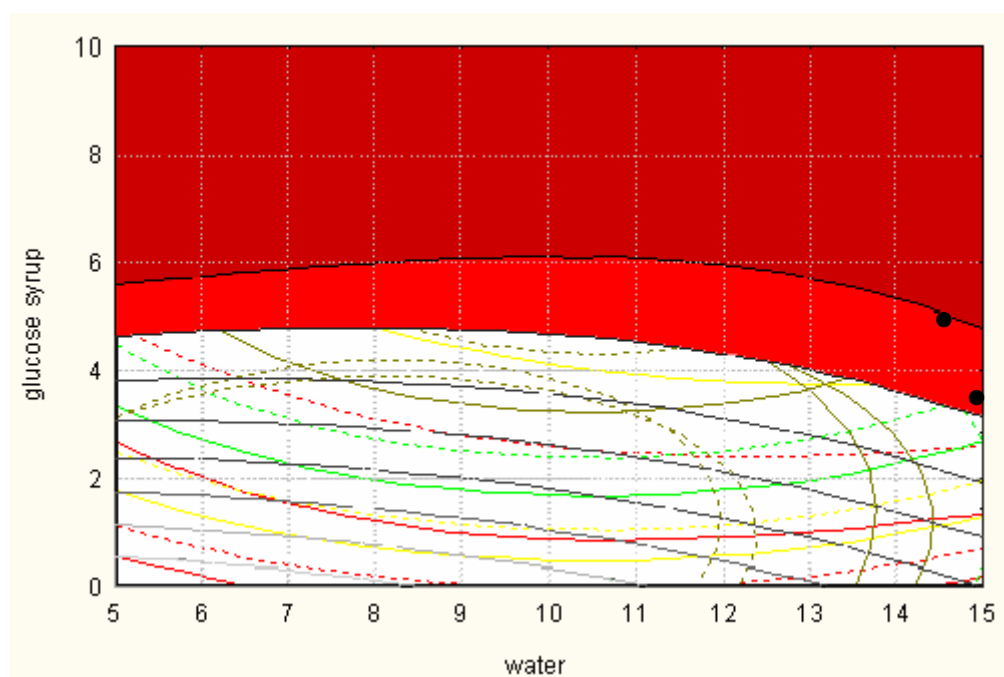
ง. ค่า hue angle (h)

ภาพที่ 18 (ต่อ)



จ. ความชอบรวม

ภาพที่ 18 (ต่อ)



ภาพที่ 19 บริเวณที่เหมาะสม (พื้นที่แรงเงา) เพื่อกำหนดปริมาณน้ำและกลูโคสไซรัปที่เหมาะสม

4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสมการทำนายค่าคุณภาพ

จากภาพที่ 19 เป็นการนำกราฟ contour plot ทั้ง 5 มาซ้อนทับกันโดยใช้คะแนนความชอบรวมมากกว่า 6.0 เป็นเกณฑ์ เพื่อหาปริมาณน้ำและกลูโคสไซรัปที่เหมาะสมต่อคุณภาพของพลับแผ่นดินที่แรงงาเป็นพื้นที่ที่เหมาะสม เพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลองว่า ปริมาณน้ำและกลูโคสไซรัปในพื้นที่ดังกล่าว มีความเหมาะสมจริงหรือไม่ จึงเลือกมา 2 จุด จากพื้นที่แรงงา มาทำการทดลองซ้ำ โดยพิจารณาจากต้นทุนเป็นสำคัญ คือ จุดที่ 1 ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 15.0 กลูโคสไซรัปร้อยละ 3.8 จุดที่ 2 ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 14.5 กลูโคสไซรัปร้อยละ 4.5 ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 18 ซึ่งจะเห็นว่า ทั้ง 2 สิ่งทดลอง มีค่าแรงดึง ค่า hardness, chewiness, adhesiveness และคะแนนความชอบด้านรสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ค่าสี ได้แก่ ค่า L^* , C^* , h ค่า cohesiveness ค่าคะแนนความชอบด้านสี ลักษณะปรากฏเนื้อสัมผัส และความชอบรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ ค่า L^* , C^* และ h ของสิ่งทดลองที่ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 14.5 กลูโคสไซรัปร้อยละ 4.5 (จุดที่ 2) มีค่าสูงกว่าสิ่งทดลองที่มีน้ำร้อยละ 15.0 กลูโคสไซรัปร้อยละ 3.8 (จุดที่ 1) ทำให้ค่าคะแนนความชอบด้านสี และลักษณะปรากฏสูงกว่า ส่วนค่า cohesiveness ของสิ่งทดลองที่ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 14.5 กลูโคสไซรัปร้อยละ 4.5 (จุดที่ 2) มีค่าต่ำกว่าสิ่งทดลองที่มีน้ำร้อยละ 15.0 กลูโคสไซรัปร้อยละ 3.8 (จุดที่ 1) ทำให้ค่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของจุดที่ 2 มีค่าสูงกว่า (6.7) และ ค่าคะแนนความชอบรวมสูงกว่า (6.8) อาจกล่าวได้ว่า สิ่งทดลองที่ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 14.5 กลูโคสไซรัปร้อยละ 4.5 น่าจะเป็นจุดที่เหมาะสม แต่ต้องทำการยืนยันผลการวิเคราะห์ โดยเปรียบเทียบค่าทำนายและค่าที่ทดลองได้จริง

ตารางที่ 18 ค่าคุณภาพของพลับแผ่นดินที่เลือกจากบริเวณที่เหมาะสม

จุดที่	1	2
น้ำ (%)	15.0	14.5
กลูโคสไซรัป (%)	3.8	4.5
ค่าสี		
L*	32.31±1.00b	32.94±0.46a
C*	19.48±1.76b	20.34±0.72a
h	52.20±1.19b	53.39±1.05a
ค่าเนื้อสัมผัส		
Tensile force (นิวตัน)	16.49±2.20a	15.93±2.05a
Hardness (นิวตัน)	156.19±35.77a	155.78±25.47a
Cohesiveness	0.62±0.07a	0.56±0.07b
Chewiness (นิวตัน-มิลลิเมตร)	144.65±52.02a	139.90±45.71a
Adhesiveness (นิวตัน-มิลลิเมตร)	0.50±0.56a	1.34±2.50a
คะแนนความชอบ		
สี	6.1±1.3b	6.5±1.3a
ลักษณะปรากฏ	6.2±1.24b	6.7±1.2a
รสชาติ	6.4±1.2a	6.2±1.4a
เนื้อสัมผัส	6.4±1.0b	6.7±1.1a
ความชอบรวม	6.3±1.0b	6.8±1.0a

หมายเหตุ ตัวอักษร a-b ในแนวนอนหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จริงกับค่าทำนายที่ใช้สมการถดถอย โดยวิธี one sample t- test พบว่า แรงเคี้ยว และความชอบรวมที่ได้จริงจากการทดลองมีค่าสูงกว่าค่าทำนาย ค่า L* และ h ต่ำกว่าค่าทำนายอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ค่า cohesiveness ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 19 อาจเนื่องจากตำแหน่งและความสม่ำเสมอในการกระจายลมร้อนในแต่ละชั้นของตู้อบไม่เท่ากัน ทำให้มีความชื้นแตกต่างกัน ในแต่ละถาด

และเนื่องจากพื้นของชั้นที่วางถาดไม่ได้ระนาบ ทำให้ความหนาของแผ่นไม่เท่ากัน การวัดค่าแรงดึงที่ได้จึงไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตาม การเลือกสิ่งทดลองเพื่อนำไปพัฒนาสูตร จะพิจารณาจากค่า L^* , h และคะแนนความชอบรวมสูงที่สุดเป็นเกณฑ์ นั่นก็คือ สิ่งทดลองที่ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 14.5 กลูโคสไฮดรอลิซ 4.5 จะถูกนำไปทดสอบความพึงพอใจด้วยวิธี Just about right เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาสูตรต่อไป

ตารางที่ 19 ค่าคุณภาพของพลับแผ่นจากการทดลองและจากการทำนาย

จุดที่	1			2		
ปัจจัยคุณภาพ	ค่าทำนาย	ค่าทดลอง	Sig.	ค่าทำนาย	ค่าทดลอง	Sig.
แรงดึง (นิวตัน)	14.98	16.49	0.001	14.45	15.93	0.001
Cohesiveness	0.60	0.62	0.208	0.59	0.56	0.081
L*	34.04	32.31	0.000	34.03	32.94	0.000
h	54.66	52.20	0.000	54.69	53.39	0.000
ความชอบรวม	6.02	6.28	0.041	6.06	6.8	0.000

หมายเหตุ sig. หมายถึง ระดับนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จุดที่ 1 ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 15.0 กลูโคสไฮดรอลิซร้อยละ 3.8

จุดที่ 2 ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 14.5 กลูโคสไฮดรอลิซร้อยละ 4.5

4.4 ผลการหาสูตรต้นแบบในการทดสอบผู้บริโภค

4.4.1 การทดสอบความพึงพอใจ การทดสอบความพึงพอใจด้านประสาทสัมผัสของสิ่งทดลองที่ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 14.5 กลูโคสไฮดรอลิซร้อยละ 4.5 ด้วยวิธี Just about right พบว่าคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส อยู่ในเกณฑ์พอใจ คิดเป็นร้อยละ 65.13 ความชอบด้านสีอยู่ในเกณฑ์พอใจ คิดเป็นร้อยละ 55.11 สีอ่อนเกินไปร้อยละ 3.34 สีเข้มเกินไปร้อยละ 41.75 รสหวานอยู่ในเกณฑ์พอใจ คิดเป็นร้อยละ 55.11 หวานน้อยเกินไปร้อยละ 30.06 หวานมากเกินไปร้อยละ 15.03 รสเปรี้ยวอยู่ในเกณฑ์พอใจ คิดเป็นร้อยละ 41.75 เปรี้ยวน้อยเกินไปร้อยละ 53.44 เปรี้ยวมากเกินไปร้อยละ 5.01 รสฝาดอยู่ในเกณฑ์พอใจ คิดเป็นร้อยละ 55.11 ฝาดน้อยเกินไปร้อยละ 0 ฝาดมากเกินไปร้อยละ 45.09 ดังตารางที่ 20 จากคะแนนความพอใจดังกล่าว สรุปได้ว่า พลัษณ์ที่พัฒนา

มาแล้วระดับหนึ่ง ซึ่งมีกรดย่อยละ 0.2 ยังมีรสเปรี้ยวไม่พอต่อการยอมรับ แนวทางในการปรับรสชาติจึงต้องเพิ่มกรดเพื่อให้เปรี้ยวมากกว่าเดิมและลดความฝาดลง

ตารางที่ 20 คะแนนความพอใจทางประสาทสัมผัสของพลับแผ่นดิน

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระดับความพึงพอใจ (ร้อยละ)		
	อ่อนเกินไป	พอดี	แข็ง/เข้มเกินไป
สี	3.34	55.11	41.75
รสหวาน	30.06	55.11	15.03
รสเปรี้ยว	53.44	41.75	5.01
รสฝาด	0	55.11	45.09
ความเหนียว	18.37	65.13	16.7

เมื่อเพิ่มกรดขึ้นจากเดิมเป็นร้อยละ 0.3, 0.5 และ 0.7 แล้วทดสอบกับผู้ตัดสินกลุ่มเดิม 10-15 คน พบว่าความฝาดเด่นชัดมากขึ้น เนื้อสัมผัสมีลักษณะแข็งกระด้างมากขึ้น อาจจะไม่เป็นที่ยอมรับ โดยเฉพาะเมื่อเพิ่มกรดในระดับที่สูงขึ้น แม้ว่าความสดใสของสีส้มอมน้ำตาลแดงของพลับแผ่นดินจะโดดเด่นมากขึ้นก็ตาม เนื่องจากพันธะ α 1,4 – linkage ของเพคติน เป็นพันธะที่สลายตัวได้ง่าย โดยเฉพาะในสภาวะกรด (IPPA, 2001) สารประกอบเพคติน-แทนนินจึงถูกสลายพันธะโดยกรด ทำให้แทนนินเป็นอิสระ รสฝาดจึงเด่นชัดขึ้น แนวทางในการพัฒนาสูตรจึงมุ่งประเด็นไปยังรสหวานและรสฝาด โดยการเพิ่มน้ำตาลขึ้นอีกร้อยละ 2.5 เดิมเกลือเพื่อตัดรสหวานให้เด่นชัดขึ้น และลดกรดลงจากเดิมเป็นร้อยละ 0.1 เพื่อลดรสฝาด ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 21-22

4.4.2 ผลการปรับปรุงรสชาติ ผลการปรับรสชาติโดยการเติมเกลือและลดปริมาณกรดลง พบว่า ปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้นและปริมาณกรดที่ลดลง ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส ค่า chewiness, cohesiveness และ adhesiveness อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อความชอบด้านสี ลักษณะปรากฏ รสชาติ ความชอบรวม ค่าแรงดึง ค่า hardness ค่า L^* , C^* และ h อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 21-22)

ตารางที่ 21 คะแนนความชอบของพลัแผ่นดินที่ทำการปรับรสดชาติ

สิ่ง ทดลองที่	กรด (%)	เกลือ (%)	คะแนนความชอบ				
			สี	ลักษณะ ปรากฏ	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบ รวม
1	0.1	0.0	6.6±1.2c	6.9±1.0c	7.0±1.0a	7.0±0.9a	7.0±0.9a
2	0.1	0.15	6.8±1.2bc	7.0±0.8bc	6.7±1.2bc	6.9±1.1a	6.7±1.2b
3	0.2	0.15	7.3±0.9a	7.2±0.8a	6.9±1.0ab	7.0±0.8a	7.0±0.8a
4	0.2	0.2	7.0±1.1b	7.1±1.0ab	6.5±1.4c	6.7±1.2a	6.5±1.4b

หมายเหตุ ตัวอักษร a-c ในแนวดิ่งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความ
เชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 21 จะเห็นว่า ด้านความชอบรวม สิ่งทดลองที่ 1 (กรดร้อยละ 0.1 ไม่เติมเกลือ) และสิ่งทดลองที่ 3 (กรดร้อยละ 0.2 เติมเกลือร้อยละ 0.15) มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุด คือ 7.0 หมายถึงชอบปานกลาง ส่วนสิ่งทดลองที่ 2 (กรดร้อยละ 0.1 เติมเกลือร้อยละ 0.15) มีคะแนนต่ำที่สุด คือ 6.7 หมายถึงชอบเล็กน้อย เมื่อพิจารณาด้านรสชาติ สิ่งทดลองที่ 1 และ สิ่งทดลองที่ 3 ยังคงมีคะแนนความชอบมากที่สุด คือ 6.9-7.0 ลักษณะปรากฏ สิ่งทดลองที่ 3 ยังคงมีคะแนนความชอบมากที่สุด คือ 7.2 ในขณะที่ สิ่งทดลองที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด คือ 6.9 และเมื่อพิจารณาความชอบด้านสี สิ่งทดลองที่ 3 มีคะแนนความชอบมากที่สุด คือ 7.3 ในขณะที่สิ่งทดลองที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด คือ 6.6 แสดงว่าเกลือช่วยทำให้คะแนนด้านรสชาติสูงขึ้น แม้ว่าสิ่งทดลองที่ 1 จะมีคะแนนความชอบรวม และรสชาติสูงที่สุด แต่มีคะแนนลักษณะปรากฏ และสี ต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับสิ่งทดลองที่ 3 ดังนั้น สูตรต้นแบบที่จะนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จึงน่าจะเป็นสิ่งทดลองที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมเช่นเดียวกันกับสูตรพื้นฐาน แต่มีการเติมเกลือและน้ำตาลเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 0.15 และ 2.5 ของฟิวเรตามลำดับ แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาค่าเนื้อสัมผัสและค่าสีประกอบด้วย

เมื่อพิจารณาค่าแรงดึง จะเห็นว่า สิ่งทดลองที่มีค่าแรงดึงสูงที่สุด คือสิ่งทดลองที่ 1 (กรดร้อยละ 0.1 ไม่เติมเกลือ) และสิ่งทดลองที่ 4 (กรดร้อยละ 0.2 เติมเกลือร้อยละ 0.2) มีค่าระหว่าง 13.41-13.47 นิวตัน สิ่งทดลองที่ 2 (กรดร้อยละ 0.1 เติมเกลือร้อยละ 0.15) มีค่าต่ำที่สุด คือ 10.71 นิวตัน (ตารางที่ 22) แสดงว่าการเพิ่มเกลือและลดปริมาณกรดลงทำให้ค่าแรงดึง และค่า hardness ลดลง

แต่การลดลงของค่าแรงดึง และค่า hardness ดังกล่าว ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส จากคุณสมบัติการเป็นสารออสโมติกของเกลือ ทำให้น้ำถูกดึงออกนอกเซลล์มากขึ้น การยึดเกาะตัวกันจึงลดลง และการเพิ่มเกลือเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็ง ซึ่งอาจจะมากเกินไปที่เพคตินจะรับไว้ในโครงสร้างได้ ประกอบกับการลดกรดลงเป็นการลดระดับสารซีเควสเตรนส์ (sequestrants) ทำให้สภาวะการเกิดเจลไม่เหมาะสม โครงสร้างเจลจึงไม่แข็งแรง (May, 1999) จึงส่งผลให้ค่า hardness และแรงดึงลดลง

ตารางที่ 22 ค่าเนื้อสัมผัสของพลับแผ่นดินที่ทำการปรับรสชาติ

กรด (%)	เกลือ (%)	tensile force (N)	hardness (N)	cohesiveness	chewiness (N-mm)	adhesiveness (N-mm)
0.1	0.0	13.41±1.88a	118.35±33.26a	0.55±0.09a	13.41±1.88a	31.70±0.50a
0.1	0.15	10.71±0.82c	87.37±21.01c	0.55±0.09a	10.71±0.82a	30.41±0.60a
0.2	0.15	12.03±1.04b	99.89±26.57bc	0.54±0.09a	12.03±1.04a	32.46±0.33a
0.2	0.2	13.47±0.92a	115.81±29.61bc	0.53±0.06a	13.47±0.92a	32.39±0.28a

หมายเหตุ ตัวอักษร a-c ในแนวดิ่งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อพิจารณาค่าสี จะเห็นว่า พลับแผ่นดินที่ปริมาณกรดร้อยละ 0.1 เมื่อเพิ่มปริมาณเกลือทำให้ค่า L*, C* และ h ลดลง แต่ที่ระดับของกรดร้อยละ 0.2 การเพิ่มเกลือไม่มีผลต่อค่า L*, C* และ h พลับแผ่นดินที่มีปริมาณของเกลือร้อยละ 0.15 การเพิ่มกรดทำให้ค่า L*, C* และ h เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 23) ส่งผลให้สีของพลับแผ่นดินมีความสดใสเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า สิ่งทดลองที่ 3 (กรดร้อยละ 0.2 เกลือร้อยละ 0.15) มีคะแนนความชอบด้านสีสูงที่สุด คือ 7.3 (ตารางที่ 21) จากผลการทดลองดังกล่าว จึงเลือกสิ่งทดลองที่ 3 เป็นสูตรต้นแบบในการทดสอบผู้บริโภค สิ่งทดลองดังกล่าวประกอบด้วย ส่วนผสมเช่นเดียวกันกับสูตรพื้นฐาน แต่เพิ่มน้ำตาลอีกร้อยละ 2.5 และเกลือร้อยละ 0.15

ตารางที่ 23 ค่าสีของปลั๊บนที่ทำการปรับรสชาติ

สิ่งทดลองที่	กรด (%)	เกลือ (%)	L*	C*	h
1	0.1	0.0	31.70±0.50b	16.92±1.26b	54.03±1.40a
2	0.1	0.15	30.41±0.60c	14.96±0.92c	52.00±1.67b
3	0.2	0.15	32.46±0.33a	18.11±0.97a	54.49±1.22a
4	0.2	0.2	32.39±0.28a	17.93±0.66a	53.55±1.12a

หมายเหตุ ตัวอักษร a-c ในแนวดิ่งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5. ผลการทดสอบผู้บริโภคและวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ปลั๊บนที่พัฒนาได้

5.1 ผลการทดสอบผู้บริโภค

สำหรับข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค จำนวน 200 คนที่ทำการทดสอบ เมื่อวันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2549 เวลา 11.00 – 13.00 ณ โรงอาหารกลาง 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่า ส่วนใหญ่เป็นหญิงคิดเป็นร้อยละ 65.5 ชายร้อยละ 34.5 อายุ 20-30 ปี ร้อยละ 76.5 อายุ 31 – 40 ปี ร้อยละ 14.5 มากกว่า 41 ปี ร้อยละ 9.0 การศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 70.0 สูงกว่าปริญญาตรีร้อยละ 21.5 และต่ำกว่าปริญญาตรีร้อยละ 8.5 ส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาคิดเป็นร้อยละ 61.5 ข้าราชการร้อยละ 14 พนักงานบริษัทเอกชนร้อยละ 9.5 รายได้ต่อเดือน 5,001 - 10,000 บาทร้อยละ 33.5 10,001 – 15,000 บาทต่อเดือนร้อยละ 28.5 และต่ำกว่า 5,000 บาทต่อเดือน ร้อยละ 24.0 รายละเอียดดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

	ข้อมูลทั่วไป	ความถี่	ร้อยละ
เพศ	หญิง	131	65.5
	ชาย	69	34.5
อายุ	20-30 ปี	153	76.5
	31-40 ปี	29	14.5
	มากกว่า 41 ปี	18	9
การศึกษา	ต่ำกว่าปริญญาตรี	17	8.5
	ปริญญาตรี	140	70
	สูงกว่าปริญญาตรี	43	21.5
อาชีพ	นักเรียน/นักศึกษา	123	61.5
	พนักงานบริษัทเอกชน	19	9.5
	ข้าราชการ	28	14
	พนักงานรัฐวิสาหกิจ	3	1.5
	ธุรกิจส่วนตัว	9	4.5
	อื่น ๆ	18	9
รายได้ต่อเดือน	ต่ำกว่า 5,000 บาท	48	24
	5,001-10,000 บาท	67	33.5
	10,001-15,000 บาท	57	28.5
	15,001-20,000 บาท	14	7
	มากกว่า 20,000 บาท	14	7

สำหรับทัศนคติของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ฟิล์มแผ่น พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 56.5 ต้องการฟิล์มแผ่นที่มีขนาด 1x2 นิ้วแล้วม้วนเป็นรูปแบบที่เหมาะสม และผู้บริโภคร้อยละ 34.5 ต้องการแผ่นฟิล์มอาบไอโลหะ (metallized film) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม สำหรับด้านราคา ผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 67.5 มีความเห็นว่า ราคาที่เหมาะสมคือ 5-10 บาท (ตารางที่ 25)

ตารางที่ 25 ทักษะของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์พลาสติก

ทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์พลาสติก		ความถี่	ร้อยละ
เคยบริโภคพลาสติกหรือพลาสติก	เคยบริโภค	140	70
	ไม่เคย	60	30
ชอบบริโภคพลาสติกหรือพลาสติก	ชอบบริโภค	117	58.5
	ไม่ชอบ	23	11.5
ความถี่ในการรับประทาน	มากกว่า 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์	1	0.5
	1-2 ครั้งต่อสัปดาห์	2	1
	1-2 ครั้งต่อเดือน	9	4.5
	แล้วแต่โอกาส	128	64
การยอมรับในผลิตภัณฑ์	ยอมรับ	157	78.5
	ไม่ยอมรับ	43	21.5
รูปแบบที่เหมาะสมของ	แผ่นบางขนาด 1x2 นิ้วแล้วม้วน	113	56.5
	ลูกเต๋า	18	9
	แผ่นบางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	17	8.5
	แผ่นบางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซ้อนกัน	13	6.5
	แผ่นบางรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส	5	2.5
	แผ่นบางเท่าเหรียญสิบบาท	19	9.5
	อื่น ๆ	15	7.5

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์พลาสติก		ความถี่	ร้อยละ
บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ต่อผลิตภัณฑ์พลาสติก	ห่อด้วยแผ่นฟิล์มอบไอโอโลหะ	69	34.5
	กระดาษแก้ว	30	15
	ซองลามิเนต	32	16
	ถุงพลาสติกใส	30	15
	ถุงออลูมิเนียม	18	9
	อื่น ๆ	21	10.5
ราคาที่เหมาะสม (5ชิ้น/ห่อ)	ต่ำกว่า 5 บาท	13	6.5
	5-10 บาท	135	67.5
	มากกว่า 10 บาท	52	26

จากการนำสูตรต้นแบบพลาสติกที่พัฒนาได้ไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 200 คน ด้วยวิธี Central location test และทดสอบความชอบด้านต่าง ๆ โดยใช้วิธี hedonic 9 scale ณ โรงอาหารกลาง 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเล็กน้อยในทุกคุณลักษณะ คือ คะแนนเฉลี่ยของความชอบรวม 6.5 เนื้อสัมผัส 6.4 รสชาติ 6.3 ลักษณะปรากฏ 6.6 และสี 6.8 และจากจำนวนทั้งหมดที่ทำการทดสอบ มีผู้บริโภคร้อยละ 78.5 ที่ให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์พลาสติก ไม่ยอมรับร้อยละ 21.5 รายละเอียดของผู้บริโภคที่ยอมรับในผลิตภัณฑ์พลาสติกแบ่งตามเพศ อายุและระดับการศึกษา แสดงในตารางผนวกที่ จ 1 มีผู้บริโภคตัดสินใจซื้อ ร้อยละ 39.0 ไม่แน่ใจร้อยละ 48.5 ไม่ซื้อร้อยละ 12.5 รายละเอียดของผู้บริโภคที่ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์พลาสติกแบ่งตามเพศ อายุและระดับการศึกษา แสดงในตารางผนวกที่ จ 2 สำหรับเหตุผลส่วนใหญ่ที่ไม่ยอมรับ เนื่องมาจากบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสมและมีรสนชาติ

5.2 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลับแผ่นที่พัฒนาได้

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลับแผ่นที่พัฒนาได้มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ พบว่า มีความชื้นร้อยละ 18.18 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.51 พีเอช 4.1 ปริมาณกรดร้อยละ 0.68 น้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 55.03 น้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 69.68 และเพคตินร้อยละ 20.00 รายละเอียดอื่น ๆ แสดงในตารางที่ 26 ลักษณะภายนอกที่มองเห็น มีสีส้มอมน้ำตาลแดง ผิวหน้าเรียบ (ภาพผนวก ค 8) มีค่า L^* , C^* และ h เท่ากับ 32.98, 18.90 และ 52.75 ตามลำดับ เนื้อสัมผัสเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่นเล็กน้อย มีค่าแรงดึง 10.22 นิวตัน ค่า hardness 77.67 นิวตัน ค่า cohesiveness 0.45 ค่า chewiness 33.89 นิวตัน-มิลลิเมตร ค่า adhesiveness 0.72 นิวตัน-มิลลิเมตร ดังตารางที่ 27 ส่วนจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และรา 1.5×10^1 โคโลนีต่อกรัม

ตารางที่ 26 ค่าคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลับแผ่นที่พัฒนาได้

คุณลักษณะ	ค่าคุณภาพ
ความชื้น (%)	18.18
วอเตอร์แอกติวิตี	0.51
พีเอช	4.10
ความเป็นกรด (%)	0.68
น้ำตาลรีดิวซ์ (%)	55.03
น้ำตาลทั้งหมด (%)	69.68
เพคติน (%)	20.00
เส้นใยหยาบ (%)	1.36
ไขมัน (%)	0.03
โปรตีน (%)	1.21
เถ้า (%)	0.91

ตารางที่ 27 ค่าคุณภาพทางกายภาพและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ปลั๊บนั้พัฒนาได้

คุณลักษณะ	ค่าคุณภาพ
ค่าสี	
L*	32.98
C*	18.90
h	52.75
ค่าเนื้อสัมผัส	
Tensile force (นิวตัน)	10.22
Hardness (นิวตัน)	77.67
Cohesiveness	0.45
Chewiness (นิวตัน-มิลลิเมตร)	33.89
Adhesiveness (นิวตัน-มิลลิเมตร)	0.72
ค่าทางจุลินทรีย์	
จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	<10
ยีสต์และรา (โคโลนี/กรัม)	1.5x10 ¹

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

คุณภาพทางเคมีของพิวเร่ปลัสดพันธุ์พี 2 ที่สุกเต็มที่ เนื้อปลัสดมีความชื้นร้อยละ 80.0 ของแข็งทั้งหมดร้อยละ 20.0 เถ้าร้อยละ 0.31 ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 16.0 องศาบริกซ์ ค่าพีเอช 4.95 ปริมาณน้ำตาลซูโครสร้อยละ 13.61 เพกตินซึ่งวัดในรูปของแคลเซียมเพกเตตร้อยละ 0.45 มีสีเหลืองส้ม ค่า L^* , C^* และ h เท่ากับ 43.36, 60.75 และ 62.33 ตามลำดับ

การศึกษากลยุทธ์ของพีเอชและเวลาในการให้ความร้อนต่อคุณภาพด้านสีของพิวเร่ปลัสด พบว่า พิวเร่ปลัสดที่ค่าพีเอช 3.5 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 นาที สามารถรักษาคุณภาพด้านสีไว้ได้ดีที่สุด

กระบวนการถนอมแบบ sous vide สามารถยืดอายุการเก็บของพิวเร่ปลัสดได้อย่างน้อย 60 วันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยใช้คุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นเกณฑ์ ซึ่งพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม จำนวนยีสต์และราต่ำกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม แต่มีค่าสี (L^* , b^* , C^* และ h) ลดลงตามเวลาที่เก็บ

ปริมาณน้ำและกลูโคสไซรัปมีผลต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส สี และทางประสาทสัมผัสของปลัสดแผ่น เมื่อปริมาณกลูโคสไซรัปเพิ่มขึ้น ปลัสดแผ่นมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มมากขึ้น มีสีสดใสมากขึ้น และมีคะแนนความชอบรวมสูงขึ้น และจากการศึกษาปริมาณน้ำและกลูโคสไซรัปที่เหมาะสมต่อคุณภาพของปลัสดแผ่นโดยใช้สมการอันดับสองหรือสมการเส้นโค้ง พบว่าปริมาณที่เหมาะสมต่อค่าสีและเนื้อสัมผัสของปลัสดแผ่น คือ น้ำร้อยละ 14.5 กลูโคสไซรัปร้อยละ 4.5 ของพิวเร่ และการปรับรสชาติโดยการเพิ่มน้ำตาลขึ้นจากเดิมอีกร้อยละ 2.5 เป็นร้อยละ 14.5 กลีอรร้อยละ 0.15 ของพิวเร่ จะช่วยเพิ่มรสชาติของปลัสดแผ่นได้ดีที่สุด

ผู้บริโภคจำนวน 200 คน ให้ความยอมรับในผลิตภัณฑ์ปลัสดแผ่นที่พัฒนาได้ ร้อยละ 78.5 ด้วยคะแนนความชอบเล็กน้อยทุกคุณลักษณะ (6.3-6.8) ปลัสดแผ่นมีความชื้นร้อยละ 18.18 ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี 0.51 พีเอช 4.1 ปริมาณกรดร้อยละ 0.68 น้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 55.03 น้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 69.68 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และรา 15 โคโลนี

ต่อกรัม มีเพคตินร้อยละ 20.0 เส้นใยหยาบร้อยละ 1.36 มีค่า L*, C* และ h เท่ากับ 32.98, 18.90 และ 52.75 ตามลำดับ ค่าแรงดึงและค่า hardness เท่ากับ 10.22 และ 77.67 นิวตัน ตามลำดับ ค่า cohesiveness 0.45 ค่า chewiness และ adhesiveness เท่ากับ 33.89 และ 0.72 นิวตัน-มิลลิเมตร ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. การนำพลับพันธุ์ที่ 2 ซึ่งเป็นพลับฝาดมาทำพลับแผ่น ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเท่าที่ควร เนื่องจากรสฝาดที่เกิดขึ้น แม้จะว่าพลับสุกที่นำมาทำพลับแผ่นจะไม่มีรสฝาดก็ตาม เนื่องจากปฏิกิริยาการลดความฝาดเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ ในขณะที่แช่แข็ง และ เมื่อผ่านกระบวนการแปรรูป แทนนินที่มีอยู่จึงอาจจะกลับมาอยู่ในรูปที่ทำให้เกิดรสฝาดได้ ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสจึงจำเป็นต้องล้างปาก (mouth rinsing) ด้วยยาล้าง หรือเครื่องดื่มเข้มข้นที่มีส่วนผสมของเพคตินหรือเจลาติน แล้วตามด้วยน้ำเปล่าเพื่อลดอคติ (bias) ที่อาจจะรบกวนค่าคะแนนความชอบได้ จึงควรมีการศึกษาถึงปริมาณแทนนินและกลไกต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูป และมีผลต่อการรับรู้ทางประสาทสัมผัส นอกจากนี้พลับแผ่นที่พัฒนาได้ยังมีลักษณะติดมือเล็กน้อย เนื่องจากน้ำตาลอินเวอร์ต จึงควรมีการศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. การอบแห้งพลับใช้เวลานานมากคือ 36 ชั่วโมง ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย หากจะพัฒนาในเชิงการค้า ควรที่จะศึกษาถึงกรรมวิธีในการลดเวลาการอบแห้ง เช่นอาจจะใช้กรรมวิธีออสโมซิส สุญญากาศ หรือการทำให้เข้มข้นด้วยวิธีต่าง ๆ ก่อนที่จะอบแห้ง และรูปแบบพลับแผ่นที่ได้ยังมีความหนาไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากการวางตัวอบไม่ได้ระนาบ แม้ว่าจะแก้ไขด้วยการใช้กระดาษหรือแผ่นพลาสติกกุกฟูก (ฟิวเจอร์บอร์ด) รองหนุนภายใต้ตลอดการอบ แล้วก็ตาม การประยุกต์ใช้การทำแห้งแบบลูกกลิ้งจึงน่าจะเป็นทางออกวิธีหนึ่งที่เป็นไปได้ นอกจากจะลดเวลาในการทำแห้งแล้ว ยังได้พลับแผ่นที่มีความหนาสม่ำเสมอ จึงควรมีการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการทำแห้งแบบใช้ลมร้อน และแบบลูกกลิ้ง

3. เนื่องจากพืชรพีพลับเป็นแหล่งวิตามินเอที่ดี มีสารแอนติออกซิแดนท์สูงและมีประสิทธิภาพ มีสีส้มสดใสเป็นเอกลักษณ์ จึงควรที่จะมีการนำพืชรพีที่ได้จากการถนอมแบบ Sous vide ไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เช่นผลิตภัณฑ์ทดแทนไขมัน

4. บรรจุกัณฑ์ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการยอมรับ และตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค จากการศึกษาที่ผ่านมา เหตุผลที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับนอกจากรสฝาดแล้ว ก็คือ การใช้บรรจุกัณฑ์ที่ไม่เหมาะสม จึงควรที่จะมีการพัฒนาบรรจุกัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อให้เป็นที่ยอมรับมากขึ้น