บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ลูกอมลำไยชนิดเคี้ยว

นำตัวอย่างลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวทั้ง 15 สูตร มาตรวจวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1.1 ปริมาณความชื้น และ ค่า a_w

ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณความชื้นและค่า a_w ของลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวทั้ง 15 สูตร แสดงผลดังตารางที่ 4.1 พบว่า ปริมาณความชื้นของลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวทั้ง 15 สูตร มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 2.1797% - 4.7397% และผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 10 มีปริมาณความชื้นต่ำสุดเท่ากับ 2.1797 และสูตรที่ 9 มีปริมาณความชื้นสูงสุดเท่ากับ 4.7397 ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับ Ahmed และคณะ (2005) ที่รายงานว่า ถึงแม้คาราเมลและทอฟฟี่มีส่วนประกอบที่คล้ายกันแต่ก็มีปริมาณความชื้นต่างกัน โดยปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มีค่าอยู่ในช่วง 3-6% ส่วนคาราเมลจะมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 6-12% และ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของลูกกวาดและทอฟฟี่ (มผช. ๒๖๕/๒๕๔๗) ได้กำหนดปริมาณความชื้นของทอฟฟี่ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก เนื่องจากปริมาณน้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร สมบัติและการกระจายตัวของน้ำในผลิตภัณฑ์ โดยรวมถึงผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นต่ำ เช่น ซีเรียล หรือลูกอมด้วย (Figiel and Tajner-Czopek, 2006) นั่นคือลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวทั้ง 15 สูตรมีปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวทั้ง 15 สูตร พบว่า ค่า a_w มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.5705-0.6525 และสูตรที่ 1 มีค่า a_w ต่ำสุดเท่ากับ 0.5705 สูตรที่ 5 และ 9 มีค่า a_w สูงสุดเท่ากับ 0.6505 และ 0.6525 ตามลำดับ

ค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลอย่างมากต่อคุณภาพ อายุการเก็บรักษา และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร เนื่องจากค่า a_w ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ ถ้าอาหารมีค่า a_w สูง อาหารมีแนวโน้มที่จะเสื่อมเสียโดยแบคทีเรีย เนื่องจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบคทีเรียสามารถเจริญได้ดีกว่ายีสต์และรา ในทางตรงกันข้ามถ้าอาหารมีค่า a_w ต่ำ เชื้อราหรือยีสต์จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรีย (ศศิวิมลและอริสา, 2548) ลูกอมจัดเป็นอาหารประเภทที่มีค่า a_w อยู่ในระดับปานกลาง (Intermediate - moisture food, IMF) ซึ่งเป็นระดับที่จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ แต่อาจมีปัญหาเรื่องเชื้อราและยีสต์ โดยเฉพาะ Osmophilic yeast และราบางชนิด ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดเกิดการเสื่อมเสีย จะเจริญได้เมื่อค่า $a_w \geq 0.6$ (นิธิยา, 2543) สำหรับการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ (maillard reaction) จะไม่เกิดขึ้นเมื่อ a_w มีค่าต่ำกว่า 0.25 ยกเว้น ปฏิกิริยาลิพิดออกซิเดชันจะเกิดขึ้นถึงแม้ a_w จะลดลงถึง 0.15 ก็ตาม (Fennema, 1996) โดยอัตราการเกิดสีน้ำตาลจะสูงสุดสำหรับอาหารแห้งที่ช่วงค่า a_w 0.6-0.7 และ0.5-0.8 ซึ่งเป็นช่วงของอาหารกึ่งแห้ง การเพิ่มปริมาณน้ำจะทำให้สารตั้งต้นเคลื่อนที่ได้ดี ทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ต่อจากนั้นเมื่อค่า a_w สูงขึ้น ปริมาณน้ำกลับทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาช้าลง เนื่องจากเป็นการเจือจางสารตั้งต้น (ศศิวิมลและอริสา, 2548) ดังนั้นการลดปริมาณน้ำในอาหารให้น้อยลงเพื่อให้ได้ค่า a_w ต่ำลง จึงเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี วิธีการลดปริมาณน้ำอาจจะใช้วิธีการทำแห้ง หรือการเติมตัวถูกละลายลงไป เช่น การเติมน้ำตาล หรือการเติมเกลือลงไปในผลิตภัณฑ์ (นิธิยา, 2544) สำหรับผลิตภัณฑ์ลูกกวาดนั้น น้ำตาลนอกจากจะเป็นส่วนประกอบหลักแล้ว ยังช่วยป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ด้วย โดยผลิตภัณฑ์จะต้องมีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงกว่าร้อยละ 75 ขึ้นไป (สายสนมและสิริ, 2539)

4.1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส (chewiness และ hardness)

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ทำการวิเคราะห์เพียง 2 พารามิเตอร์เท่านั้น คือ hardness หรือ ค่าแรงสูงสุดที่ใช้ในการกดหัววัดลงบนตัวอย่างครั้งแรก และ chewiness หรือ พลังงานที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหารแข็งจนอยู่ในสภาพพร้อมกลืน ดังตารางที่ 4.1

พบว่า ค่า hardness และ chewiness ของลูกอมลำไยชนิดเคี้ยว มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1249.36- 6885.60 นิวตัน และ 127.47- 1150.08 นิวตัน ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ทั้ง 15 สูตร มีค่า hardness และ chewiness แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ลูกอมลำไยสูตรที่ 2, 4, 6, 9,11,และ 13 มีลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์นิ่มเหลวอ่อนมาก ไม่เหมาะที่จะเป็นลูกอม ซึ่งสอดคล้องกับค่า hardness และ chewiness ที่วัดได้มีค่า 1249.36- 2192.29 นิวตัน และ 124.47- 432.95 นิวตันตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าสูตรอื่นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากส่วนผสมของลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.80-5.48 ซึ่งไม่ใช่ optimum pH ของการเกิดเจลของเพกทิน การเพิ่มเพกทินในส่วนผสมจึงเป็นการเพิ่มความคงตัวและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มากกว่า เมื่อพิจารณาลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวที่วัดโดยวิธี Texture Profile Analysis พบว่าการเพิ่มปริมาณกลูโคสไซรัป เพกทินและปริมาณน้ำตาล มีผลทำให้ค่า hardness และ chewiness มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน สอดคล้องกับผลการทดลองของอัจฉรา (2549) และ Lee (1973) ที่รายงานว่า กลูโคสไซรัปประกอบด้วย oligosaccharide ซึ่งมีคุณสมบัติในการเพิ่มความหนืด และมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งและเคี้ยวยากขึ้น

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นที่มีในลูกอมกับค่า hardness และ chewiness ที่วัดได้ พบว่าปริมาณความชื้นของลูกอมมากกว่า 4% มีค่า hardness และ chewiness ต่ำมาก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่มเหลว ซึ่งขัดแย้งกับ Figiel and Tajner-Czopek (2006) ที่รายงานว่า การเพิ่มปริมาณความชื้นของคาราเมลในระดับที่ไม่เกิน 2.0 % มีผลทำให้ค่าพารามิเตอร์ทุกค่าในการวัด TPA มีค่าลดลง แต่การเพิ่มปริมาณความชื้นให้อยู่ในช่วงมากกว่า 2.0-3.1% ไม่ได้เป็นสาเหตุสำคัญของการลดลงของค่าพารามิเตอร์ maximum cutting force, hardness, cohesiveness, elasticity, gumminess และ chewiness ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างของชนิดลูกอม ส่วนผสม และวิธีการทำด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 ปริมาณความชื้น ค่า a_w และลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกอมลำไยชนิดเคี้ยว

สูตรที่	moisture (%)	a_w	hardness (N)	chewiness (N)
1	$2.8102^{e} \pm 0.08$	$0.5705^{d} \pm 0.02$	$5527.86^{c} \pm 1.36$	$888.47^{b} \pm 0.95$
2	$4.1631^{b} \pm 0.10$	$0.6425^{ab} \pm 0.01$	$1249.36^{f} \pm 1.88$	$232.19^{e} \pm 0.81$
3	$3.1417^{d} \pm 0.50$	$0.6020^{c} \pm 0.02$	$6885.60^{a} \pm 2.58$	$1150.08^{a} \pm 1.40$
4	$4.1044^{b} \pm 0.35$	$0.6440^{ab} \pm 0.01$	$1504.50^{f} \pm 2.36$	$127.47^{f} \pm 1.12$
5	$3.7490^{c} \pm 0.14$	$0.6505^{a} \pm 0.01$	$2081.26^{e} \pm 2.16$	$432.95^{d} \pm 0.97$
6	$3.2267^{d} \pm 0.05$	$0.6055^{c} \pm 0.01$	$1710.62^{f} \pm 1.75$	$261.56^{e} \pm 1.28$
7	$2.5953^{e} \pm 0.10$	$0.6410^{ab} \pm 0.01$	$4135.48^{d} \pm 2.11$	$442.58^{d} \pm 1.66$
8	$2.7784^{e} \pm 0.12$	$0.6250^{b} \pm 0.01$	$5630.85^{c} \pm 2.22$	$714.39^{b} \pm 0.63$
9	$4.7397^{a} \pm 0.10$	$0.6525^{a} \pm 0.01$	$1671.10^{f} \pm 1.93$	$151.78^{f} \pm 0.95$
10	$2.1797^{f} \pm 0.02$	$0.6250^{b} \pm 0.02$	$5798.88^{c} \pm 1.14$	$551.91^{c} \pm 1.92$
11	$2.9519^{e} \pm 0.10$	$0.6260^{b} \pm 0.01$	$2037.05^{ef} \pm 2.09$	$251.80^{e} \pm 1.55$
12	$2.6254^{e} \pm 0.15$	$0.6150^{b} \pm 0.02$	$4019.57^{d} \pm 2.58$	$251.48^{e} \pm 1.27$
13	$4.2485^{b} \pm 0.50$	$0.6185^{b} \pm 0.01$	$2192.29^{e} \pm 1.77$	$220.8\ 9^{e} \pm 0.41$
14	$3.5389^{c} \pm 0.58$	$0.6010^{c} \pm 0.02$	$6069.11^{b} \pm 2.10$	$918.47^{b} \pm 1.57$
15	$3.2572^{d} \pm 0.20$	$0.6045^{c} \pm 0.02$	$5641.50^{c} \pm 1.23$	$540.61^{c} \pm 0.86$

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย$\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.3 ค่าสี

ผลการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ลูกอมลำไยชนิดเคี้ยว ทั้ง 15 สูตร เมื่อนำมาวัดหาค่าสีด้วยเครื่องวัดสีระบบ Hunter ได้ค่า L*, a* และ b* โดยค่า L* ที่มีค่าต่ำเข้าใกล้ 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีคล้ำ ส่วนค่า a* ที่วัดได้เป็นบวก แสดงว่าตัวอย่างมีสีแดง และค่าสี b* ที่วัดได้เป็นบวก แสดงว่าตัวอย่างมีสีเหลือง ดังตารางที่ 4.2 พบว่าผลิตภัณฑ์ลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวทั้ง 15 สูตร มีค่า b* ของผลิตภัณฑ์ลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวทั้ง 15 สูตร อยู่ในช่วงระหว่าง 1.74 - 13.77 มีค่าสี a* อยู่ในช่วงระหว่าง 3.43 – 11.87 และมีค่าสี L* อยู่ในช่วงระหว่าง 26.48 - 45.97 โดยทั้งค่าสี L*, a* และ b* ของผลิตภัณฑ์ลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวทั้ง 15 สูตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การที่สีของผลิตภัณฑ์โดยรวมมีสีเหลืองออกแดงหรือ น้ำตาลแดง เนื่องจากในส่วนผสมของลูกอมมีน้ำตาลและนมผงเป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อได้รับความร้อนทำให้โมเลกุลของน้ำตาลสลาย (thermolysis) และเกิดโพลีเมอร์ไรเซชันของสารประกอบคาร์บอน ได้เป็นสารสีน้ำตาลซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาคาราเมไลเซชัน (caramelization) โดยสารสีในอาหารมีการพัฒนาเป็นสารสีเหลืองจนถึงน้ำตาลและน้ำตาลแดง นอกจากนี้ยังเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) หรือ carbonyl-amine reaction ซึ่งเป็น non-enzymatic browning เป็นปฏิกิริยาที่ถูกเร่งโดยแอมโมเนียหรือเอมีน ที่จะทำให้เกิดสีและรสชาติเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอนิลจากโมเลกุลน้ำตาลรีดิวซิงกับหมู่เอมีนที่อยู่ในโมเลกุลของโปรตีน (Fennema, 1996) และสอดคล้องกับอุทัยวรรณ (2546) รายงานว่าการเกิดสีน้ำตาลแดงของมะม่วงแก้วกวนทำให้ค่าสี L* เพิ่มขึ้น ค่าสี a* ลดลงเล็กน้อย และค่าสี b* เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาเทียบกับเนื้อมะม่วงแก้วสุก การที่สีของผลิตภัณฑ์โดยรวมมีสีเหลืองออกแดง หรือน้ำตาลแดง เนื่องจากผลไม้กวนซึ่งมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก เมื่อได้รับความร้อน จะเกิดสารสีน้ำตาล ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาคาราเมไลเซชัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 ค่าสีของลูกอมลำไยชนิดเคี้ยว

สูตรที่	L*	a*	b*
1	43.26^{ab} ±0.67	5.59^{d} ±0.83	11.44^{b} ±1.16
2	40.43^{b} ±0.38	4.91^{e} ±1.12	6.63^{e} ± 0.41
3	40.73^{b} ±0.14	8.46^{b} ±0.16	13.49^{a} ±0.38
4	28.09^{d} ±0.45	11.87^{a} ±1.21	8.29^{d} ±0.73
5	36.26^{c} ±0.67	5.58^{d} ± 0.67	7.99^{d} ±0.31
6	40.30^{b} ±0.86	3.43^{f} ± 0.43	6.59^{e} ±1.14
7	41.55^{b} ±0.30	5.50^{d} ±0.71	7.94^{d} ±0.91
8	42.47^{b} ±0.15	6.73^{c} ±0.48	9.97^{c} ±0.82
9	38.85^{c} ±1.13	9.27^{b} ±0.57	9.52^{c} ±1.08
10	40.95^{b} ±0.67	7.84^{b} ±1.12	13.77^{a} ±0.86
11	26.48^{e} ±1.05	8.18^{b} ±0.61	8.04^{d} ±1.03
12	36.07^{c} ±0.88	6.23^{c} ±0.21	4.75^{f} ±0.65
13	37.58^{c} ±1.07	6.74^{c} ±0.44	4.75^{f} ±0.88
14	37.01^{c} ±0.73	5.08^{e} ±0.63	1.74^{h} ±0.42
15	45.97^{a} ±0.18	5.83^{c} ±0.67	9.12^{c} ±0.38

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.4 ค่าความเป็นกรดด่าง และ ปริมาณกรดทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์ลูกอมลำไยชนิดเคี้ยว ดังตารางที่ 4.3 พบว่าอยู่ในช่วงระหว่าง 4.80-5.48 และมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ในรูปกรดซิตริกอยู่ในช่วงระหว่าง 2.063-4.524 % โดยค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และปริมาณกรดทั้งหมด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และค่าความเป็นกรดด่างของลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวแปรผันไปตามปริมาณเนื้อลำไยอบแห้ง ปริมาณกลูโคสไซรัป ปริมาณเพกทิน และปริมาณน้ำตาลทราย ทั้งนี้เนื่องจากลำไยอบแห้งที่ใช้ในส่วนผสม มีค่า pH เท่ากับ 5.68 กลูโคสไซรัปมีค่า pH เท่ากับ 5.9 เพกทินมีค่า pH เท่ากับ 3.04 และน้ำตาลทรายมีค่า pH เท่ากับ 7.47 การที่ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าค่อนข้างกว้าง อาจเนื่องมาจากความผันแปรของคุณภาพเนื้อลำไยสดก่อนนำไปอบแห้ง เพราะหากนำลำไยค้างคืนมาทำการแปรรูปจะทำให้มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าการแปรรูปลำไยสด รวมทั้งการนำเนื้อลำไยสดภายหลังการคว้านเมล็ดออกแล้วต้องรอเป็นเวลานาน โดยไม่นำเข้าไปเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น อาจทำให้น้ำตาลในเนื้อลำไยบางส่วนเปลี่ยนเป็นกรด จึงส่งผลกระทบต่อค่า pH ของเนื้อลำไยอบแห้งสีทองให้มีค่าต่ำลง และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้มีค่าสูงขึ้น (รัตนาและคณะ, 2542) ซึ่งจากรายงานของสุรภา (2548) พบว่า กลุ่มแม่บ้านที่ทำการแปรรูปลำไยมักปล่อยเนื้อลำไยที่คว้านเมล็ดออก แล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้องนานหลายชั่วโมง ก่อนนำไปแช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) หรือก่อนนำไปเข้าเตาอบ

โดยทั่วไปแล้วเพกทินชนิดเมทอกซีสูงจะเกิดเจลได้ในสภาวะที่ค่า pH ต่ำ ซึ่งค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของเพกทินชนิด slow set และ rapid set คือช่วงประมาณ 3.2 และ 3.4 ตามลำดับ (Nussinovitch, 1997) แต่ในการทดลองจะได้ค่า pH ที่มากกว่า 3.4 จึงมีผลทำให้การก่อเจลของเพกทินไม่เหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากในสภาวะที่มี pH ต่ำ แรงผลักกันระหว่างประจุบนโมเลกุลของเพกทินจะลดลง ทำให้โมเลกุลของเพกทินเข้าใกล้กันได้มากขึ้น และในสภาวะที่มีค่า a_w ต่ำ หรือมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้อยู่ในปริมาณสูง แรง hydrophobic interaction ระหว่างหมู่เมทิลเอสเทอร์จะมีความคงตัวมากขึ้น และส่งผลให้ความแข็งแรงของเจลลดลง ดังนั้นในสภาวะของค่า pH และ a_w ที่เหมาะสม สายพอลิเมอร์ของเพกทินจะรวมตัวเกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายสามมิติ (Oakenfull and Scott, 1984) นอกจากนี้แล้ว กรดยังสามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน ที่มีความสำคัญต่อการเกิดเจลของเพกทินชนิดที่มีเมทิลเอสเทอร์สูง โดยเมื่อปริมาณไฮโดรเจนไอออนเพิ่มขึ้น ไอออนลบบนสายเพกทินจะลดลง (Nussinovitch, 1997) ทำให้แรงผลักระหว่างสายน้อยลง ดังนั้นสายเพกทินจะเข้าใกล้กันมากขึ้น ส่งผลให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างเพกทิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำและน้ำตาล เกิดเป็นโครงสร้างเจลได้ หากมีปริมาณไฮโดรเจนไอออนมากเกินไปจะไปยับยั้งการเกิดเจล เนื่องจากสายพอลิเมอร์ของเพกทินจะถูกตัดเป็นสายสั้นๆ หรืออีกทางหนึ่ง สายเพกทินจะเข้ารวมตัวกันมากจนเกิดการแยกตัวออกจากสารละลาย (อุไรรัช, 2538) นั่นคือการเพิ่มค่า pH มีผลทำให้แรงผลักกันระหว่างประจุบนสายโมเลกุลของเพกทินมีมากขึ้น ทำให้โอกาสที่สายโมเลกุลของเพกทินเข้ามาใกล้กันจนเกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายเจลมีน้อยกว่าที่ pH ต่ำ และเนื่องจากเจลของเพกทินที่มีลักษณะเป็นโครงสร้างของเนื้อสัมผัสที่เป็นสายสั้น (DeMars and Ziegler, 2001) คือเจลมีความเปราะ ง่ายต่อการตัดขาดออกจากกัน

4.1.5 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ดังตารางที่ 4.3 พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของผลิตภัณฑ์ลูกอมลำไยชนิดเคี้ยว อยู่ในช่วงระหว่าง 11.8% - 14.8% มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงระหว่าง 45.93% - 54.25% และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวทั้ง 15 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนียสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลูกอมสูตรที่ 7, 8 และ 9 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงสุดซึ่งสอดคล้องกับปริมาณลำไย และปริมาณน้ำตาลที่เติมในส่วนผสมทั้ง 3 สูตร มีปริมาณสูงสุดเช่นกัน

การเพิ่มปริมาณน้ำตาลซูโครส หรือกลูโคสไซรัปที่ความเข้มข้น 40-50% จะช่วยในการเกิดเจลของสารก่อเจลประเภทพอลิแซกคาไรด์ โดยเจลที่ได้จะมีความแข็งแรงและคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมากขึ้น (Whittaker et al., 1997) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Pilgrim et al. (1991) ที่กล่าวว่า ปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของเพกทินชนิดเมทอกซีสูงควรอยู่ในช่วง 50-80% เนื่องจากน้ำตาลเป็นปัจจัยในการเกิดเจล (Crandall and Wicker, 1986) ซึ่งน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้เพกทินชนิดที่มีหมู่เมธ็อกซีสูง (high methoxy pectin) เป็นส่วนประกอบ ส่วนในการใช้น้ำตาลร่วมกับสารทำให้เกิดเจล (gelling agent) ชนิดอื่นๆ ถึงแม้น้ำตาลไม่ได้เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดเจล แต่ก็มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสแบบกัมและเยลลี่ที่ต้องการ (สุวรรณา, 2543)โดยน้ำตาลจะทำหน้าที่เป็น dehydration agent และเป็นปัจจัยสนับสนุนให้เกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโครงสร้างตาข่าย (Crandall and Wicker, 1986) โดยน้ำตาลจะดึงชั้นของน้ำรอบๆสายเพกทิน ทำให้สายเพกทินเข้ามาใกล้กัน (Oakenfull and Scott, 1984) เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลเพิ่มขึ้น จะทำให้เจลมีความแข็งแรงมากขึ้น หากมีปริมาณน้ำตาลมากเกินไป การเกิดเจลของเพกทินจะลดลง เนื่องจากน้ำส่วนใหญ่จะไปละลายน้ำตาล ทำให้ไม่เพียงพอต่อการพอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวและการละลายของเพกทิน จึงส่งผลให้เกิดโครงสร้างตาข่ายของเจลน้อยลง (Pilgrim et al., 1991) นอกจากนี้ชนิดของน้ำตาลก็มีผลต่อความแข็งแรงของเจลเช่นกัน โดยพบว่าการใช้กลูโคสไซรัปแทนน้ำตาลซูโครส จะมีผลทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลง แต่ค่า pH และอุณหภูมิในการเกิดเจลจะเพิ่มสูงขึ้น (May, 2000) และเนื่องจากน้ำตาลซูโครสเป็นไดแซกคาไรด์ที่ในโมเลกุลประกอบด้วย น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรักโทส เชื่อมต่อกันด้วยพันธะทางเคมีชนิดที่ไม่แข็งแรงมาก จึงสามารถถูกแยกให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรักโทสในปริมาณที่เท่าๆ กัน ซึ่งเรียกรวมว่า น้ำตาลอินเวิร์ต ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการเกิดน้ำตาลอินเวิร์ต คือ อัตราการให้ความร้อน ปริมาณกรด หรือค่าพีเอชของสารละลาย และเอนไซม์อินเวอร์เทส โดยในระบบที่มีค่า pH ต่ำและอุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดน้ำตาลอินเวิร์ตในปริมาณที่สูง (อัจฉรา, 2549) เช่นเมื่อเก็บรักษาสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 65% pH 3.2 ไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าเกิดอินเวอร์ชันขึ้นประมาณ 10% แต่ที่ pH 5.5 จะเกิดเพียง 0.1% เท่านั้น ซึ่งหากต้องการเร่งปฏิกิริยาที่ pH 5.5 จะต้องเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น และแม้ว่าจะเพิ่มอุณหภูมิให้สูงถึง 130 องศาเซลเซียส ก็ยังเกิดอินเวอร์ชันได้ต่ำ แต่เมื่อนำสารละลายน้ำตาลไปต้มที่ pH ต่ำกว่า 4 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้า pH ต่ำกว่า 3.5 จะเกิดน้ำตาลอินเวิร์ตถึง 50% หรือมากกว่านั้น (สุวรรณา, 2543)

ความแข็งแรงของเจลและอุณหภูมิในการเกิดเจลของเพกทินจะเพิ่มขึ้น ตามความเข้มข้นของน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับต่างๆ ทั้งนี้จะขึ้นกับชนิดของน้ำตาลที่ใช้ด้วย (Pilnik and Rombouts, 1985) และ Bouzas (1999) กล่าวว่า ปริมาณและชนิดของน้ำตาลรีดิวซ์จะเป็นตัวควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

น้ำตาลอินเวิร์ตที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อการยับยั้งการตกผลึกของน้ำตาลซูโครส โดยเฉพาะในอาหารที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูง ซึ่ง Howell and Hartel (2001) ได้รายงานว่าสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้น 75% ในลักษณะเป็นฟิล์มบางที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ปริมาณของน้ำตาลอินเวิร์ต 0.5% และ 1.0% ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเพิ่มขนาดของผลึกน้ำตาล แต่ที่ปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ต 5% ทำให้อัตราการเพิ่มขนาดของผลึกลดลงจาก 15 ไมโครเมตรต่อนาที เป็น 3.5-6.0 ไมโคเมตรต่อนาที อย่างไรก็ตาม หากมีปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตมากเกินไป อาจส่งผลให้เกิดการตกผลึกของน้ำตาลเดกซ์โทรสได้ และเนื่องจากน้ำตาลอินเวิร์ตมีสมบัติในการดูดความชื้นได้ง่าย ซึ่งอาจทำให้ลูกอมเยิ้มและเหนียวติดกับวัสดุที่ห่อ (ไพบูลย์, 2532)

และจากการที่ลูกอมมีส่วนผสมหลักเป็นน้ำตาลซูโครส กลูโคสไซรัป นมผง (ซึ่งเป็นแหล่งของโปรตีน) และไขมัน เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตและไขมัน ในผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่จะเป็นตัวบ่งบอกลักษณะโครงสร้างและลักษณะทางรีโอโลยีของผลิตภัณฑ์ ทำให้หากมีการเปลี่ยนแปลงชนิดและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเข้มข้นของคาร์โบไฮเดรตและไขมัน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างและลักษณะทางรีโอโลยี (Jeffery, 1993)

ตารางที่ 4.3 ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ของลูกอมลำไยชนิดเคี้ยว

สูตรที่	pH	Total acidity (% ในรูปกรดซิตริก)	Reducing sugar (%)	Total sugar (%)
1	$5.46^{a} \pm 0.02$	$2.18^{e} \pm 0.04$	$12.01^{f} \pm 0.02$	$47.26^{e} \pm 0.01$
2	$5.21^{c} \pm 0.01$	$2.58^{d} \pm 0.01$	$12.74^{e} \pm 0.01$	$49.34^{d} \pm 0.01$
3	$5.41^{a} \pm 0.01$	$2.20^{e} \pm 0.01$	$11.98^{f} \pm 0.01$	$47.50^{e} \pm 0.04$
4	$5.15^{c} \pm 0.01$	$2.67^{d} \pm 0.01$	$12.83^{e} \pm 0.02$	$49.51^{d} \pm 0.02$
5	$5.48^{a} \pm 0.02$	$2.06^{f} \pm 0.04$	$10.87^{g} \pm 0.01$	$45.93^{f} \pm 0.01$
6	$5.40^{a} \pm 0.01$	$2.24^{e} \pm 0.01$	$11.83^{f} \pm 0.04$	$47.93^{e} \pm 0.01$
7	$5.01^{d} \pm 0.01$	$3.95^{b} \pm 0.01$	$14.28^{a} \pm 0.05$	$52.54^{b} \pm 0.01$
8	$4.84^{e} \pm 0.02$	$4.52^{a} \pm 0.01$	$14.35^{a} \pm 0.01$	$52.80^{b} \pm 0.01$
9	$4.80^{e} \pm 0.01$	$4.23^{a} \pm 0.01$	$14.81^{a} \pm 0.02$	$54.25^{a} \pm 0.02$
10	$5.10^{c} \pm 0.01$	$3.20^{c} \pm 0.05$	$13.77^{c} \pm 0.04$	$49.61^{d} \pm 0.01$
11	$5.37^{b} \pm 0.01$	$2.34^{d} \pm 0.08$	$12.10^{f} \pm 0.04$	$48.47^{e} \pm 0.01$
12	$5.12^{d} \pm 0.02$	$3.08^{c} \pm 0.05$	$13.27^{d} \pm 0.01$	$49.62^{d} \pm 0.01$
13	$5.08^{d} \pm 0.02$	$3.35^{c} \pm 0.01$	$14.13^{b} \pm 0.01$	$51.53^{c} \pm 0.04$
14	$5.26^{c} \pm 0.02$	$2.40^{d} \pm 0.05$	$12.65^{e} \pm 0.01$	$54.25^{a} \pm 0.01$
15	$5.08^{d} \pm 0.01$	$3.26^{c} \pm 0.05$	$14.16^{b} \pm 0.01$	$50.53^{c} \pm 0.04$

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย$\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.6 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบชิมจำนวนทั้งหมด 50 คน ทำการประเมินความชอบที่มีต่อลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ลูกอมลำไยชนิดเคี้ยว 9 สูตร เนื่องจากมีผลิตภัณฑ์ลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวจำนวน 6 สูตรที่มีลักษณะเนื้อเหลวไม่เหมาะแก่การบริโภค ได้แก่ สูตรที่ 2, 4, 6, 9, 11 และ 13 จึงทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพียง 9 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1, 3, 5, 7, 8, 10, 12 14 และ 15 โดยประเมินลักษณะต่างๆดังนี้คือ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ทำการทดสอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale ซึ่งนำข้อมูลค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ทำการคำนวณโดยแผนการทดลองแบบ BIB ได้ผลคะแนนดังตารางที่ 4.4

พบว่าผลิตภัณฑ์ลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวทั้ง 9 สูตร ได้รับคะแนนความชอบที่มีผลต่อการยอมรับโดยรวม กลิ่น สี รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 7 ได้คะแนนความชอบสูงสุดทั้งในด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 7.26, 7.55, 7.33, 7.53 และ 7.55 ตามลำดับ และมีราคาต้นทุนส่วนผสมสูงที่สุด เท่ากับ 29.16 บาท/100 กรัม โดยมีส่วนผสมคือ เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป 19.14 กรัม กลูโคสไซรัป 38.28 กรัม น้ำตาลทราย 19.14 กรัม เพกทิน 9.57 กรัม หางนมผง 9.57 กรัม เนยขาว 3.3 กรัม และกลิ่นลำไย 1 ml. สำหรับสูตรที่ได้คะแนนความชอบมากกว่า 6.0 (ชอบเล็กน้อย) ในด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม คือ สูตรที่ 5, 8 และ 1 โดยมีราคาต้นทุนส่วนผสมต่อ 100 กรัม เท่ากับ 28.73, 24.78 และ 24.80 บาท ตามลำดับ สำหรับสูตรอื่นๆ พบว่าเฉพาะลักษณะเนื้อสัมผัสเท่านั้นที่ได้คะแนนความชอบอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบ คือ สูตร 14 และ 15 ได้คะแนนเท่ากับ 4.63 และ 4.78 ตามลำดับ ในด้านสี รสชาติ การยอมรับโดยรวม ได้คะแนนความชอบในช่วง 5.18-5.94 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เฉยๆ ถึง ชอบเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวและราคาต้นทุนแต่ละสูตร

สูตร	คะแนนความชอบ					ราคาต้นทุนแต่ละสูตร / 100 กรัม
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม	
1	6.56 [b]	7.05 [d]	7.13[b]	6.52[c]	6.68[d]	24.80
3	5.18 [c]	7.18 [c]	6.45[b]	5.21[f]	5.72[f]	21.35
5	6.46 [b]	7.52 [a]	7.02[d]	6.83[b]	7.04[b]	28.73
7	7.26 [a]	7.55 [a]	7.33[a]	7.53[a]	7.55[a]	29.16
8	6.38 [b]	7.24 [b]	7.21[a]	6.88[b]	6.89[c]	24.78
10	5.35[c]	7.45 [a]	6.68[d]	6.03[d]	6.47[d]	22.35
12	7.01 [a]	7.12 [c]	6.02[e]	5.59[e]	6.02[e]	24.44
14	5.38 [c]	7.06 [d]	5.68[f]	4.63[g]	6.13[e]	26.88
15	6.26 [b]	7.08 [d]	5.94[f]	4.78[g]	5.64[f]	25.36

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นคะแนนค่าเฉลี่ยจากจำนวนผู้ทดสอบชิม 50 คน
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมของลูกอมลำไยชนิดเคี้ยว

นำผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวทั้ง 15 สูตร จากตอน 4.1 ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับค่าตอบสนอง พบว่าค่า hardness chewiness a_w ปริมาณความชื้น ค่าสี L* a* และ b* ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม มีความสัมพันธ์กับปริมาณเนื้อลำไยอบแห้ง ปริมาณเพกทิน ปริมาณกลูโคสไซรัป และปริมาณหางนมผง ที่ระดับความเชื่อมั่นมากกว่าร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.5) ดังจะเห็นได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส จะได้ว่าสมการที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) มากกว่า 0.750 (มีค่าอย่างน้อย 0.75) (อิศรพงษ์, 2550) ได้แก่ สมการของ hardness chewiness ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม สำหรับสมการของปริมาณความชื้น ค่าสี L* a* และ b* a_w ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อสี และลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) น้อยกว่า 0.750 โดยมีค่า 0.4523, 0.5178, 0.4268, 0.4611, 0.4752, 0.6743 และ 0.6391 ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์สมการถดถอยซึ่งเป็นสมการเส้นตรง (Linear model) ได้ผลดังตารางที่ 4.6

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ค่า hardness ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9845 พบว่าปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน หางนมผง อิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัป เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับหางนมผง กลูโคสไซรัปกับเพกทิน กลูโคสไซรัปกับหางนมผง เพกทินกับหางนมผง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับหางนมผง และเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทินกับหางนมผง มีผลต่อค่า hardness อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มอิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัป เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับหางนมผง กลูโคสไซรัปกับเพกทิน เพกทินกับหางนมผง จะมีผลทำให้ค่า hardness เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน หางนมผง อิทธิพลร่วมระหว่างกลูโคสไซรัปกับหางนมผง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับหางนมผง และเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทินกับหางนมผง จะมีผลทำให้ค่า hardness ลดลง เช่นเดียวกับค่า chewiness ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9535 พบว่าปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน หางนมผง อิทธิพลร่วม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัป เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับหางนมผง กลูโคสไซรัปกับเพกทิน กลูโคสไซรัปกับหางนมผง เพกทินกับหางนมผง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับหางนมผง และกลูโคสไซรัปกับเพกทินกับหางนมผง มีผลต่อค่า chewiness อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณหางนมผง อิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัป เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทิน กลูโคสไซรัปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับหางนมผง และกลูโคสไซรัปกับเพกทินกับหางนมผง จะมีผลทำให้ค่า chewiness เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน อิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับหางนมผง กลูโคสไซรัปกับหางนมผง เพกทินกับหางนมผง และเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับเพกทิน จะมีผลทำให้ค่า chewiness ลดลง อาจเนื่องจากในการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณของกลูโคสไซรัป เพกทิน และปริมาณน้ำตาล มีผลทำให้ค่า hardness และ chewiness มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน และเนื่องจากกลูโคสไซรัปประกอบด้วย oligosaccharide ซึ่งมีคุณสมบัติในการเพิ่มความหนืด และมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งและเคี้ยวยากขึ้น

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ความเป็นกรดด่าง ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9927 พบว่าปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน หางนมผง อิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัป เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับหางนมผง กลูโคสไซรัปกับเพกทิน กลูโคสไซรัปกับหางนมผง เพกทินกับหางนมผง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทินกับหางนมผง และกลูโคสไซรัปกับเพกทินกับหางนมผง มีผลต่อความเป็นกรดด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน อิทธิพลร่วมระหว่างกลูโคสไซรัปกับหางนมผง เพกทินกับหางนมผง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทินกับหางนมผง จะมีผลทำให้ความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณหางนมผง อิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัป เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับหางนมผง กลูโคสไซรัปกับเพกทิน และกลูโคสไซรัปกับเพกทินกับหางนมผง จะมีผลทำให้ความเป็นกรดด่างลดลง เช่นเดียวกับปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ในรูปกรดซิตริก ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9930 พบว่าปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน อิทธิพลร่วมระหว่างกลูโคสไซรัปกับหางนมผง เพกทินกับหางนมผง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทินกับหางนมผงมีผลต่อความเป็นกรดด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลูโคสไซรัป เพกทิน อิทธิพลร่วมระหว่างกลูโคสไซรัปกับหางนมผง เพกทินกับหางนมผง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทินกับหางนมผง จะมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ในรูปกรดซิตริกเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณหางนมผง อิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัป เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับหางนมผง กลูโคสไซรัปกับเพกทิน และกลูโคสไซรัปกับเพกทินกับหางนมผง จะมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ในรูปกรดซิตริกลดลง อาจเนื่องมาจากค่าความเป็นกรดด่างแปรผันไปตามปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป ปริมาณกลูโคสไซรัป ปริมาณเพกทิน และปริมาณน้ำตาลทราย และความผันแปรของคุณภาพเนื้อลำไยสดก่อนนำไปอบแห้ง เพราะการนำลำไยค้างคืนมาแปรรูปจะทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าการแปรรูปลำไยสด โดยน้ำตาลในเนื้อลำไยบางส่วนเปลี่ยนเป็นกรด จึงส่งผลกระทบต่อค่าความเป็นกรดด่างให้ต่ำลง และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้มีค่าสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9474 พบว่าปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน หางนมผง อิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัป เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับหางนมผง กลูโคสไซรัปกับเพกทิน กลูโคสไซรัปกับหางนมผง เพกทินกับหางนมผง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับหางนมผง และกลูโคสไซรัปกับเพกทินกับหางนมผง มีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน อิทธิพลร่วมระหว่างกลูโคสไซรัปกับหางนมผง เพกทินกับหางนมผง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับเพกทิน และเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับหางนมผง จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มหางนมผง อิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัป เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับหางนมผง กลูโคสไซรัปกับเพกทิน และกลูโคสไซรัปกับเพกทินกับหางนมผง จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง เช่นเดียวกับปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9999 พบว่าปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน หางนมผง อิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัป เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับหางนมผง กลูโคสไซรัปกับเพกทิน กลูโคสไซรัปกับหางนมผง เพกทินกับหางนมผง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับหางนมผง และกลูโคสไซรัปกับเพกทินกับหางนมผง มีผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน อิทธิพลร่วมระหว่างกลูโคสไซรัปกับหางนมผง เพกทิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กับหางนมผง และเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับเพกทิน จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มหางนมผง อิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัป เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับหางนมผง กลูโคสไซรัปกับเพกทิน เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัปกับหางนมผง และกลูโคสไซรัปกับเพกทินกับหางนมผง จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลง จากการทดลองพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในส่วนผสมสูตรที่ 7, 8 และ 9 สอดคล้องกับปริมาณลำไย และปริมาณน้ำตาลที่เติมลงไปในส่วนผสมทั้ง 3 สูตร

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ในด้านกลิ่น ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.7878 พบว่าปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผง มีผลต่อคะแนนความชอบในด้านกลิ่นของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผง จะมีผลทำให้คะแนนความชอบในด้านกลิ่นของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ในด้านรสชาติ ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9997 พบว่าปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน หางนมผง อิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัป เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทิน กลูโคสไซรัปกับเพกทิน และกลูโคสไซรัปกับหางนมผง มีผลต่อคะแนนความชอบในด้านรสชาติของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน หางนมผง และอิทธิพลร่วมระหว่างกลูโคสไซรัปกับเพกทิน จะมีผลทำให้คะแนนความชอบในด้านรสชาติของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัป เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทิน และกลูโคสไซรัปกับหางนมผง จะมีผลทำให้คะแนนความชอบในด้านรสชาติของผู้บริโภคลดลง

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ในด้านการยอมรับโดยรวมซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9132 พบว่าปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน หางนมผง อิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัป เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทิน มีผลต่อคะแนนความชอบในด้านการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป และเพกทิน จะมีผลทำให้คะแนนความชอบในด้านการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณหางนมผง อิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับกลูโคสไซรัป เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูปกับเพกทิน จะมีผลทำให้คะแนนความชอบในด้านการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 P-value ของค่าวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส

ค่าวิเคราะห์	P-value
hardness	0.0132
chewiness	0.0392
a_w	0.0480
ปริมาณความชื้น	0.0491
L*	0.0474
a*	0.0488
b*	0.0463
ความเป็นกรดด่าง	0.0062
ปริมาณกรดทั้งหมด	0.0067
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์	0.0442
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด	0.0040
คะแนนความชอบด้านสี	0.0352
คะแนนความชอบด้านกลิ่น	0.0124
คะแนนความชอบด้านรสชาติ	0.0124
คะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัส	0.0451
คะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวม	0.0193

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 สมการความสัมพันธ์ของปัจจัยกับค่าตอบสนอง

Responses	model	Adj. R^2
Hardness	$y = -37918.75L - 9888.79G - 2.32x10^{5}P - 2867.13M + 863.68LG + 7094.05LP + 1342.16LM + 3603.42GP - 253.61GM + 6727.58PM - 98.76LGP - 3.95LGM - 215.53LPM$	0.9845
Chewiness	$y = -5287.01L - 1307.30G - 24572.38P + 26604.85M + 129.5LG + 1144.63LP - 282.42LM + 505.61GP - 437.75GM - 1901.19PM - 22.16LGP + 4.27LGM + 35.14GPM$	0.9535
a_w	$y = 2.11 \times 10^{-3}L + 9.64 \times 10^{-3}G + 0.08P + 4.03 \times 10^{-3}M - 1.34 \times 10^{-3}GP - 1.47 \times 10^{-3} PM$	0.4752
Moisture content	$y = -1763L - 2434.78G + 9.03x10^{-3}P - 9.54M + 6.75LG - 0.47PM + 3.63x10^{-3}GM$	0.4523
L	$y = 0.14L + 0.05G + 0.39P + 0.08M$	0.5178
a	$y = 0.03L + 0.12G + 0.05P + 0.10M$	0.4268
b	$y = 0.01L + 0.10G - 0.09P + 0.10M$	0.4611
pH	$y = 3.24L + 0.81G + 11.7P - 8.34M - 0.07LG - 0.59LP - 2.27 \times 10^{-3}LM - 0.24GP + 0.14GM + 1.08PM + 0.01LGP + 4.78 \times 10^{-4}LPM - 0.02GPM$	0.9927
Total acidity	$y = 4.09L + 0.93G + 9.98P - 23.37M - 0.10LG - 0.82LP + 0.20LM - 0.29GP + 0.36\ GM + 3.13PM + 0.02LGP - 1.98LGM - 0.02LPM - 0.05GPM$	0.993
Reducing sugar	$y = 14.76L + 3.60G + 45.64P - 36.62M - 0.35LG - 2.48LP - 0.13LM - 0.95GP + 0.57GM + 5.01PM + 0.05LGP + 3.46 \times 10^{-3}LGM - 0.09GPM$	0.9474
Total sugar	$y = 41.20L + 9.90G + 197.81P - 50.22M - 0.93LG - 7.82LP - 0.70LM - 3.51GP + 1.23GM + 4.45PM + 0.13LGP - 4.19 \times 10^{-3}LGM + 0.11LPM - 0.15GPM$	0.999
Color preference	$y = 0.05L + 0.07G + 0.35P - 0.23M$	0.6743

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Responses	model	Adj. R^2
Odour preference	y = 0.10L + 0.05G + 0.05P + 0.05M	0.7878
Flavour preference	y = 3.55L + 0.92G + 1.00P + 0.34M - 0.07LG - 0.16LP + 0.05 GP – 0.04GM	0.9997
Texture preference	y = 0.17L + 0.03G + 0.07P – 0.23M	0.6391
Overall acceptable	y = 2.63L + 0.81G + 2.19P - 1.35M – 0.06LG - 0.11LP	0.9132

หมายเหตุ
- L หมายถึง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป
- G หมายถึง กลูโคสไซรัป
- P หมายถึง เพกทิน
- M หมายถึง หางนมผง
- LG หมายถึง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป*กลูโคสไซรัป
- LP หมายถึง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป*เพกทิน
- LM หมายถึง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป*หางนมผง
- GP หมายถึง กลูโคสไซรัป*เพกทิน
- GM หมายถึง กลูโคสไซรัป*หางนมผง
- PM หมายถึง เพกทิน*หางนมผง
- LGP หมายถึง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป*กลูโคสไซรัป*เพกทิน
- LGM หมายถึง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป*กลูโคสไซรัป*หางนมผง
- LPM หมายถึง เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป*เพกทิน*หางนมผง
- GPM หมายถึง กลูโคสไซรัป*เพกทิน*หางนมผง

ในการคัดเลือกอัตราส่วนของเนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผงที่เหมาะสม ด้วยการนำค่าตอบสนองที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) คือ ค่า hardness chewiness a_w ปริมาณความชื้น ค่าสี L* a* b* ปริมาณความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม มาวิเคราะห์โดยใช้

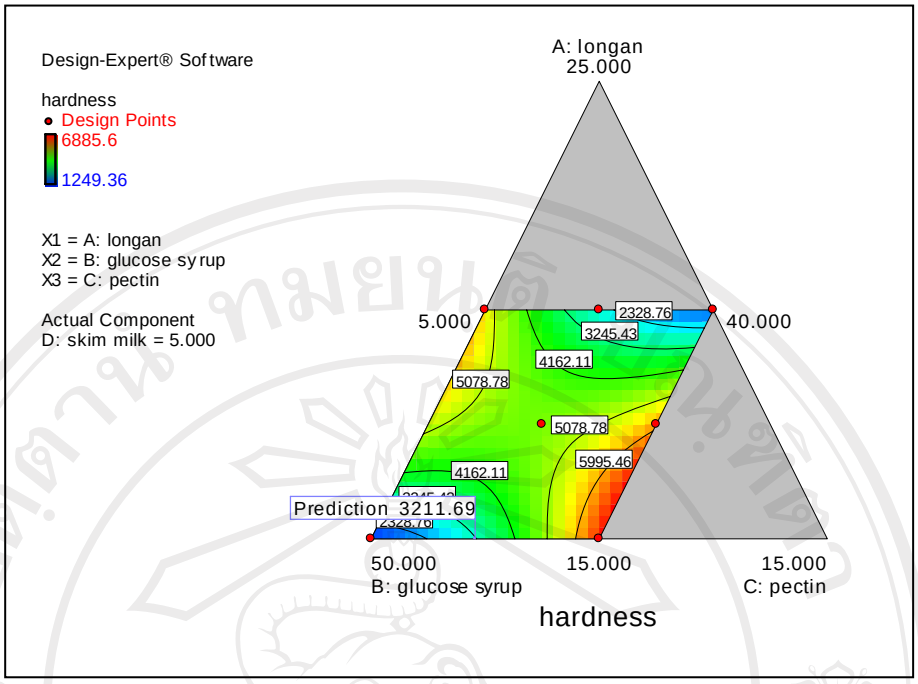
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

response surface methodology (RSM) ด้วยโปรแกรม Design Expert ทำ optimization เพื่อหาสูตรที่เหมาะสม ได้สูตรที่เหมาะสมที่สุดที่มีราคาต้นทุน/100 กรัม ดังนี้

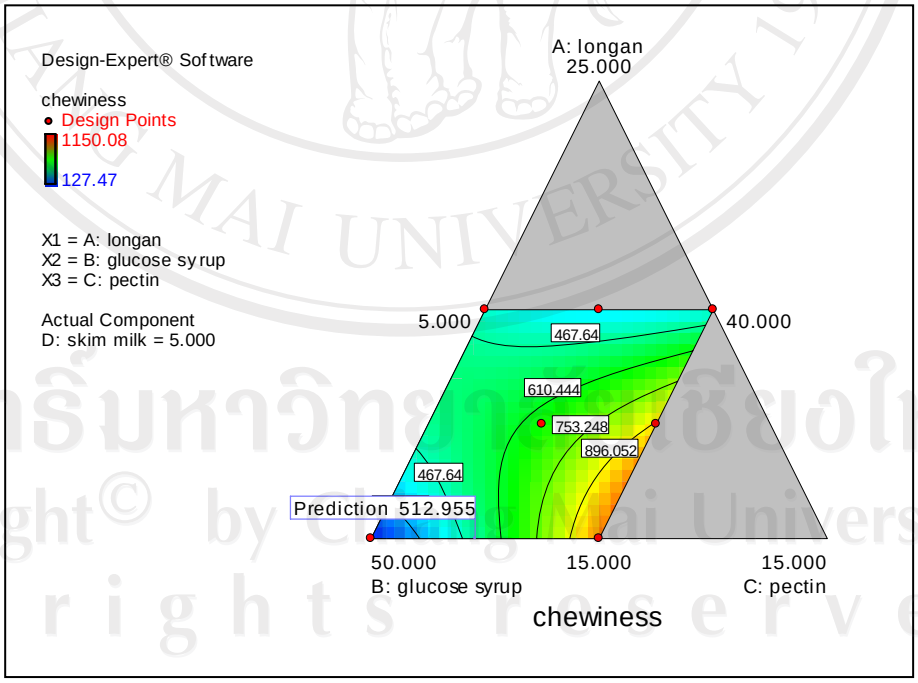
เนื้อลำไยอบแห้งคืนรูป	14.54	กรัม
กลูโคสไซรัป	48.16	กรัม
น้ำตาลทราย	14.54	กรัม
เพกทิน	9.56	กรัม
หางนมผง	8.91	กรัม
เนยขาว	3.30	กรัม
กลิ่นลำไย	1.00	กรัม
ราคาต้นทุน/100 กรัม	28.67	บาท

โดยได้ค่าการทำนายของค่า hardness chewiness a_w ปริมาณความชื้น ค่าสี L* a* b* ปริมาณความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม คือ 3211.69, 512.95, 0.6000, 3.8803, 42.46, 6.26, 8.44, 5.32, 3.60, 13.97, 52.24, 7.66, 7.46, 7.88, 8.17 และ 7.77 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 เมื่อนำมาทดลองพบว่าได้ค่าของ hardness chewiness a_w ปริมาณความชื้น ค่าสี L* a* b* ปริมาณความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม เท่ากับ 3285.88, 515.51, 0.6015, 4.221, 46.16, 6.83, 9.24, 5.41, 3.51, 14.23, 54.77, 7.96, 7.52, 8.58, 8.70 และ 8.29 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และกราฟ contour plot ดังรูป 4.1-4.16 ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

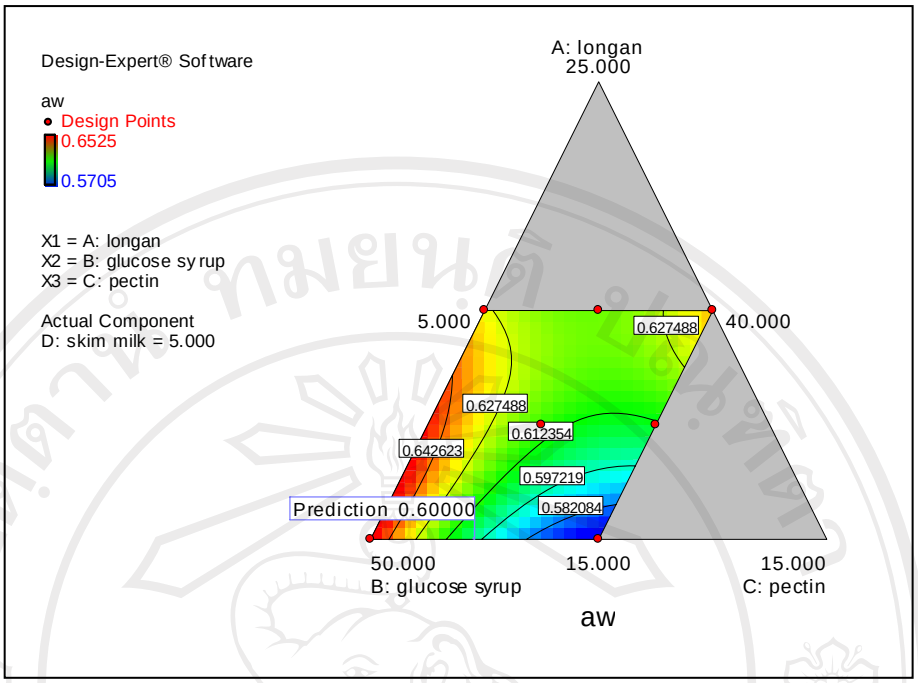


รูป 4.1 พื้นที่การตอบสนองของเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผง กับค่า hardness

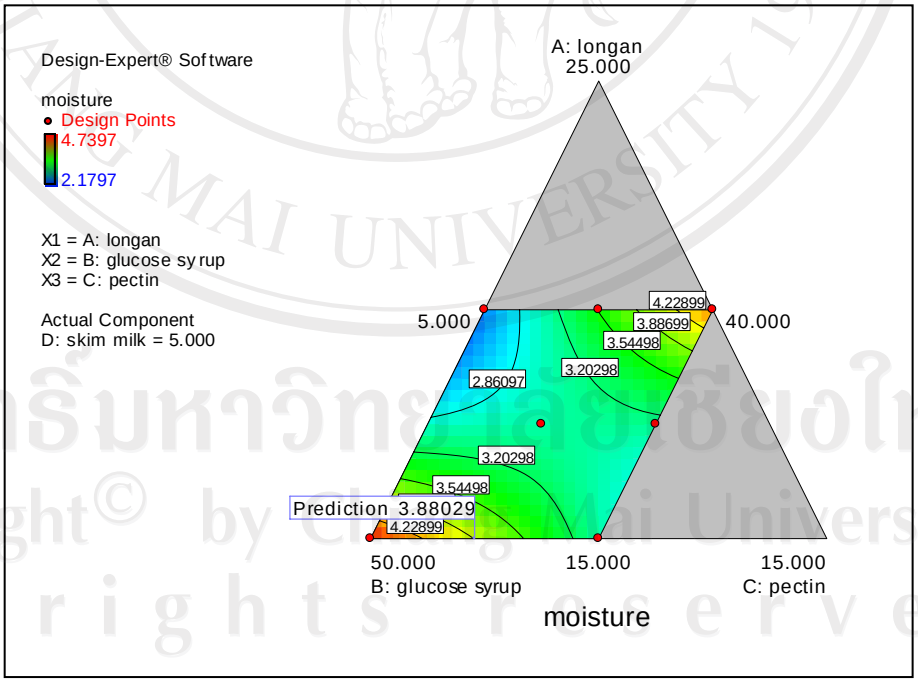


รูป 4.2 พื้นที่การตอบสนองของงเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผง กับค่า chewiness

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

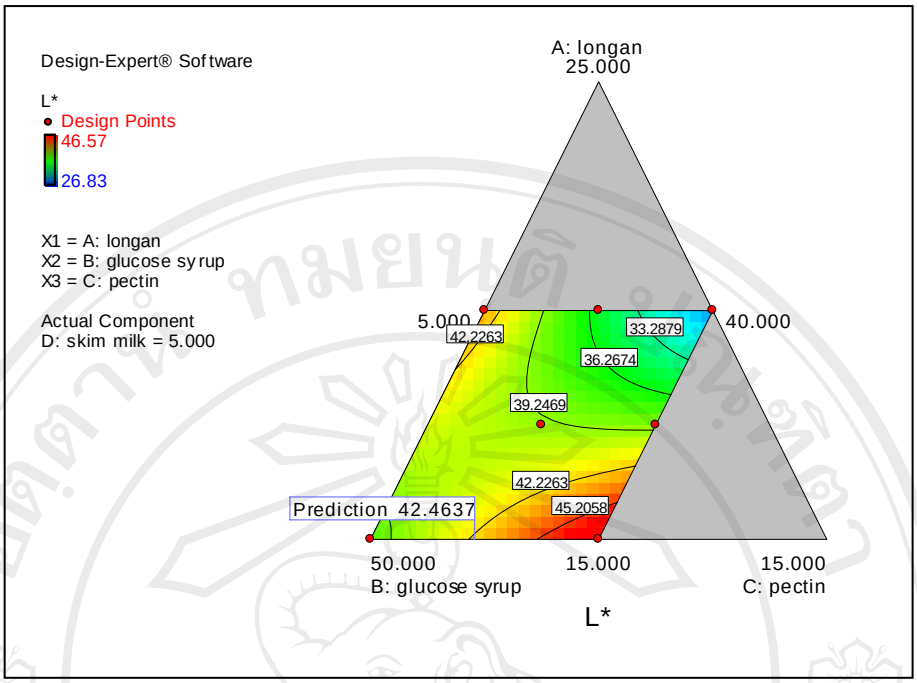


รูป 4.3 พื้นที่การตอบสนองของเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผง กับค่าaw

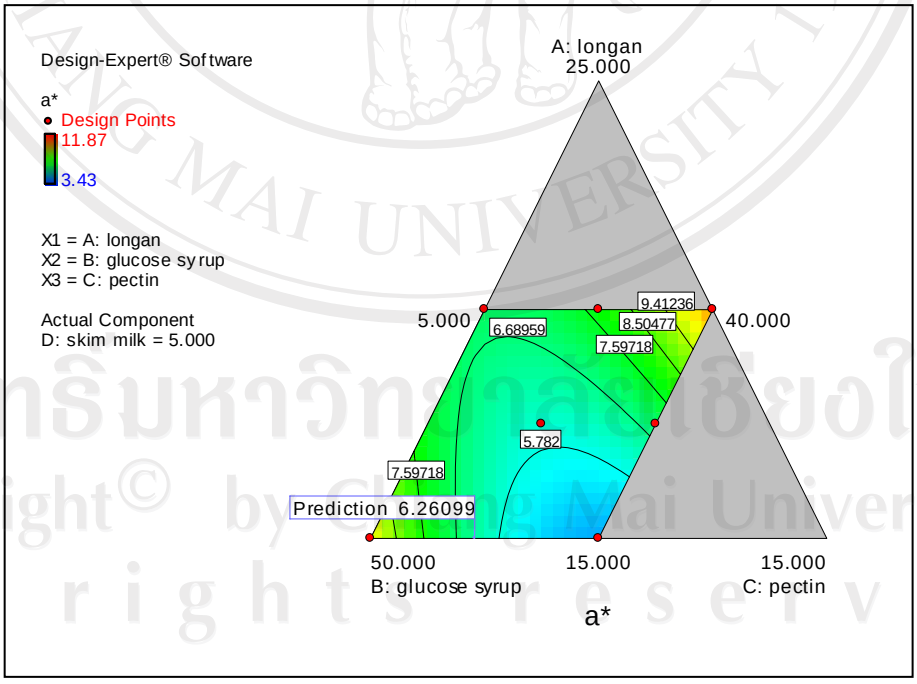


รูป 4.4 พื้นที่การตอบสนองของเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผง กับปริมาณความชื้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

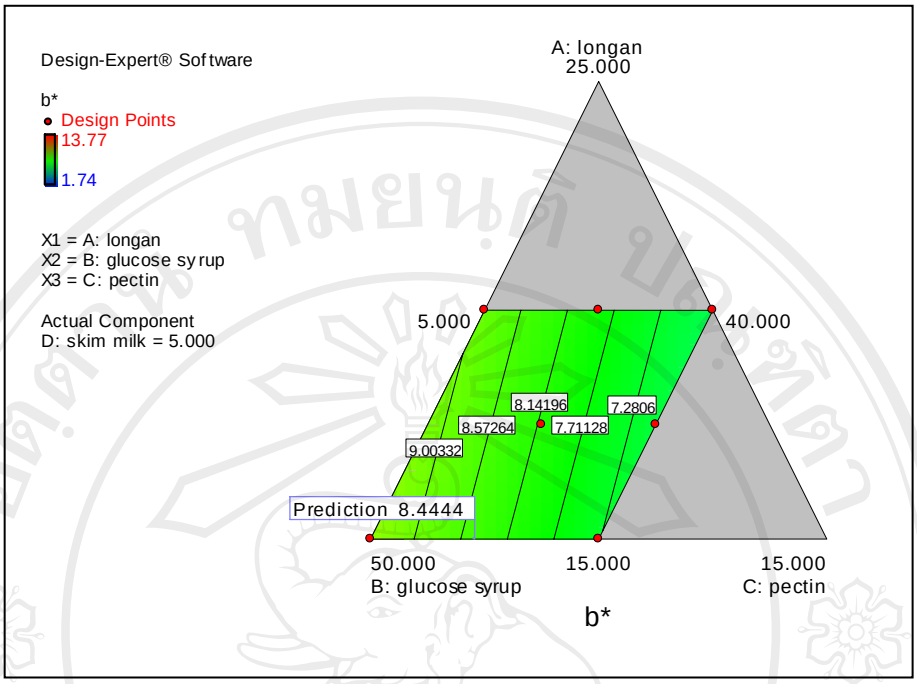


รูป 4.5 พื้นที่การตอบสนองของเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผง กับค่าสี L*

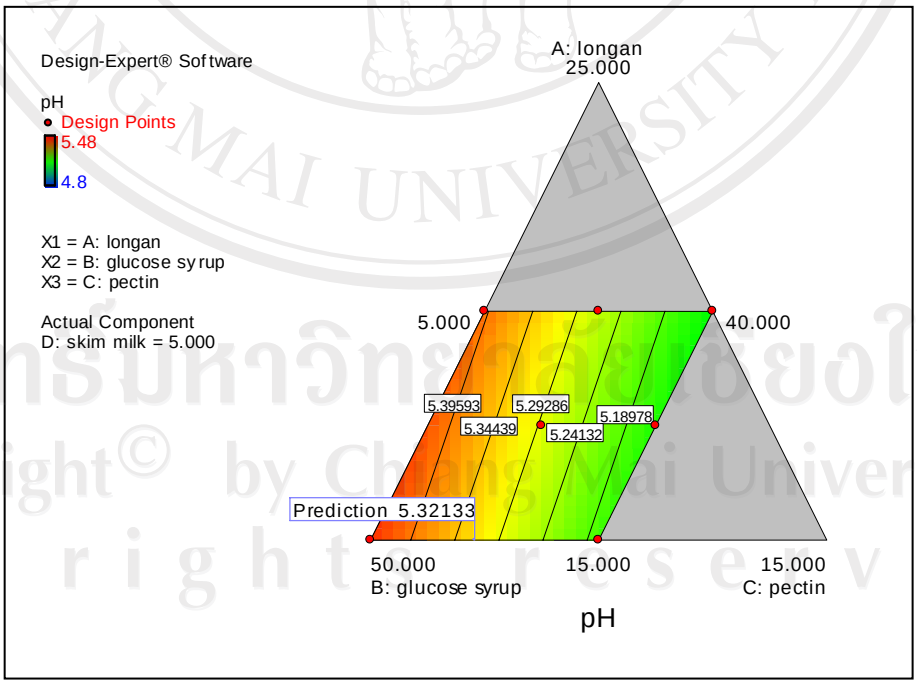


รูป 4.6 พื้นที่การตอบสนองของเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผง กับค่าสี a*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

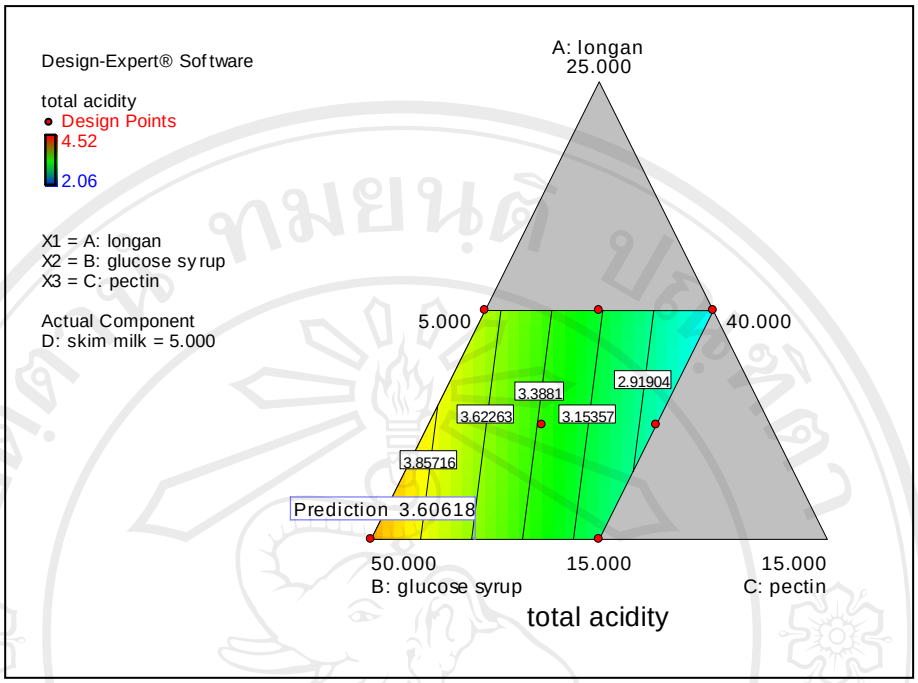


รูป 4.7 พื้นที่การตอบสนองของเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผง กับค่าสี b*

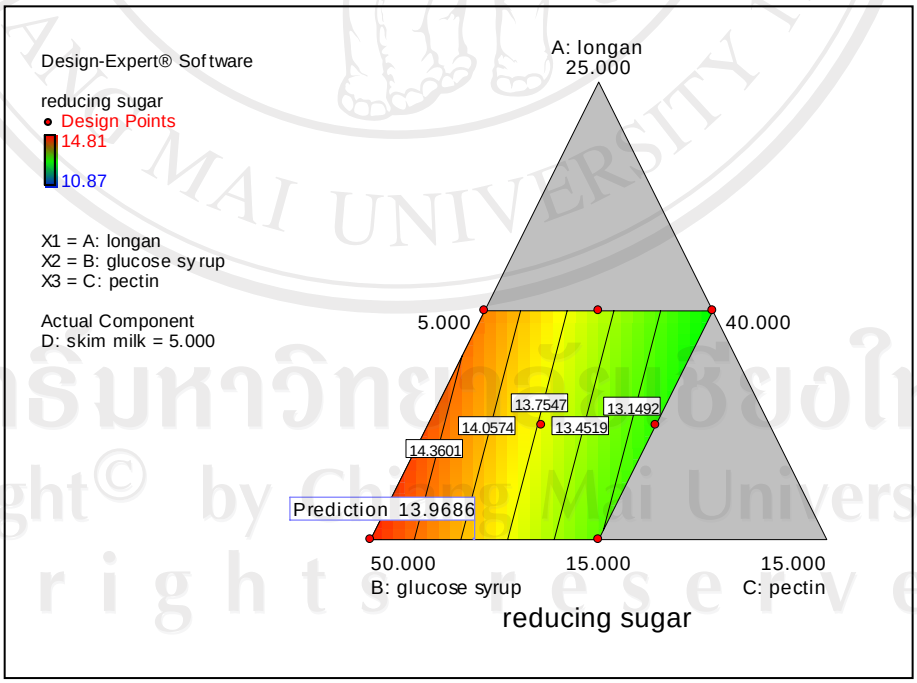


รูป 4.8 พื้นที่การตอบสนองของเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผง กับค่า pH

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

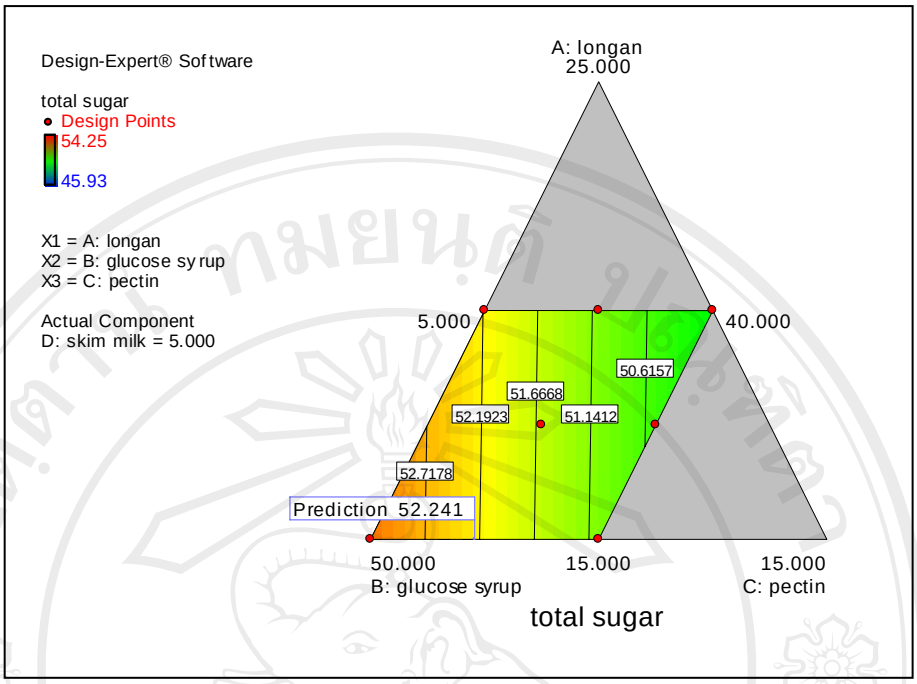


รูป 4.9 พื้นที่การตอบสนองของเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผง กับปริมาณกรดทั้งหมด

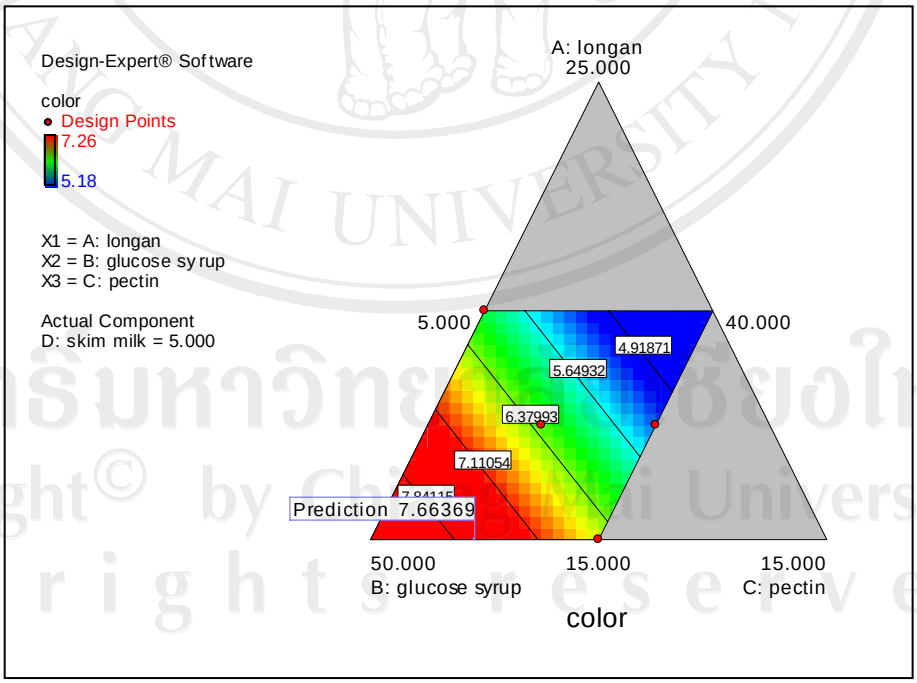


รูป 4.10 พื้นที่การตอบสนองของเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผง กับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

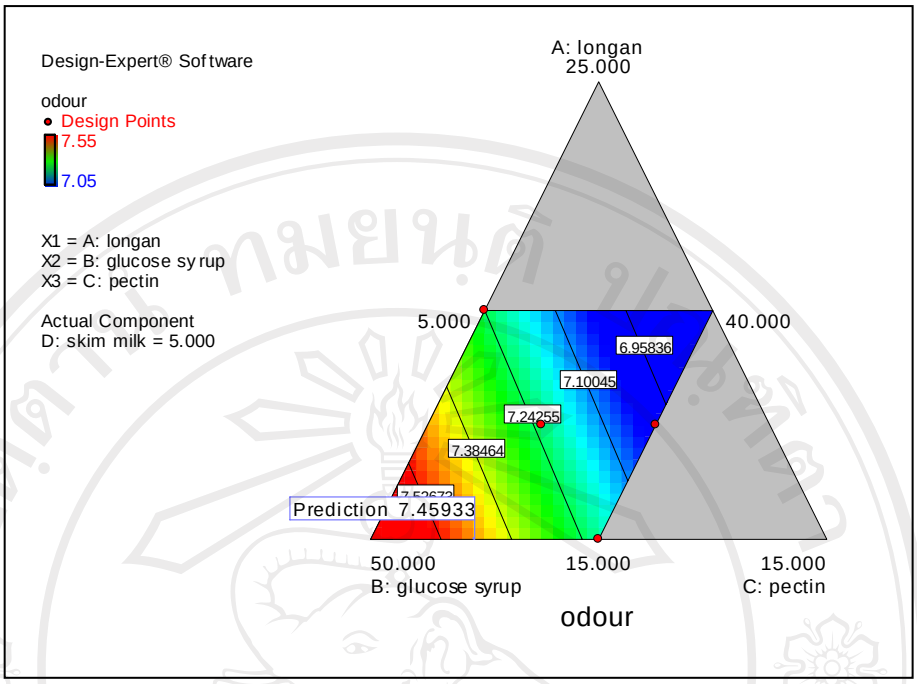


รูป 4.11 พื้นที่การตอบสนองของเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผงกับปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

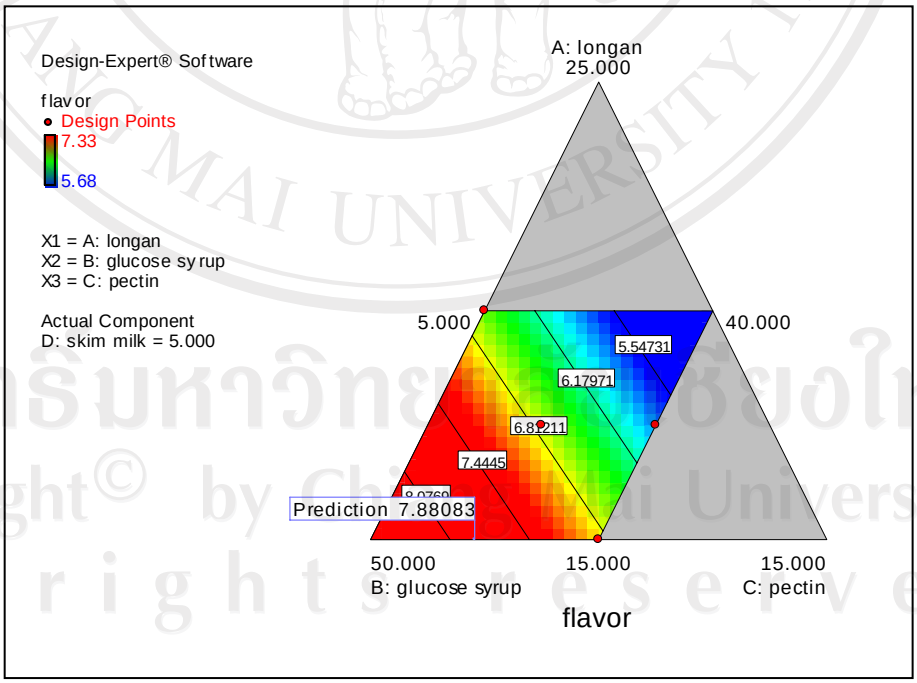


รูป 4.12 พื้นที่การตอบสนองของเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผงกับคะแนนความชอบด้านสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

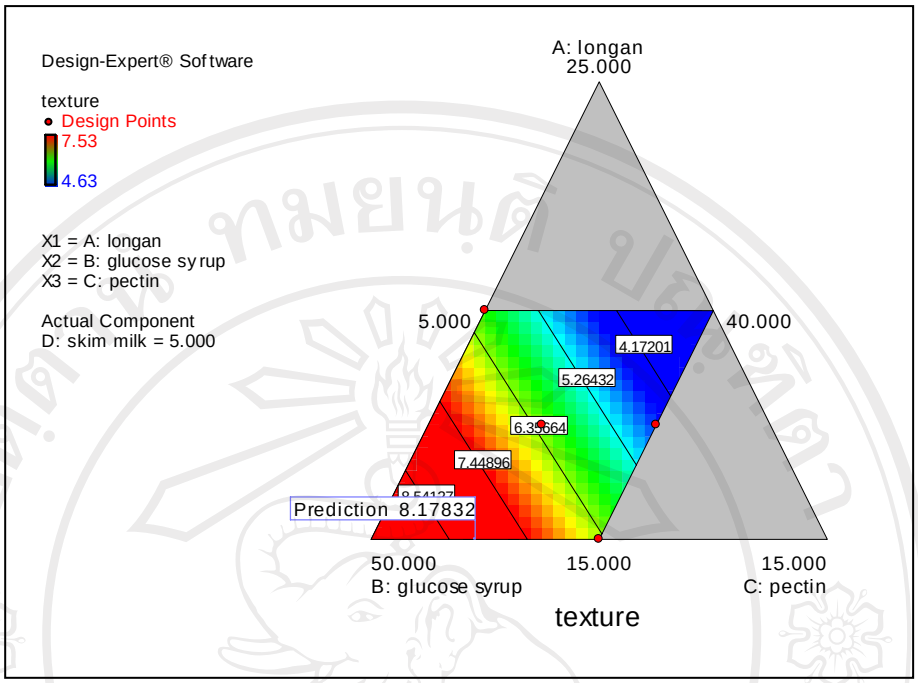


รูป 4.13 พื้นที่การตอบสนองของเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผงกับคะแนนความชอบด้านกลิ่น

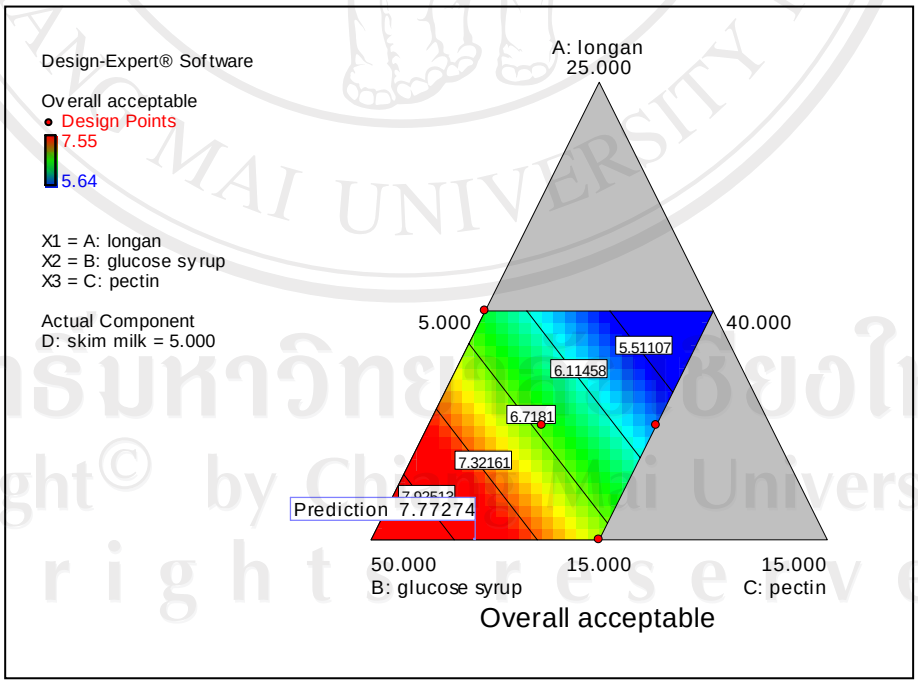


รูป 4.14 พื้นที่การตอบสนองของเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผงกับคะแนนความชอบด้านรสชาติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.15 พื้นที่การตอบสนองของเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผงกับคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัส



รูป 4.16 พื้นที่การตอบสนองของเนื้อลำไยอบแห้ง กลูโคสไซรัป เพกทิน และหางนมผงกับคะแนนความชอบด้านการยอมรับรวม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส ของแต่ละค่าตอบสนองที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การวิเคราะห์	ค่าการทำนาย	ค่าจริงจากการวิเคราะห์	% ความแตกต่างระหว่างค่าการทำนาย และค่าจริง
Hardness	3211.69	3285.88	2.31
Chewiness	512.95	515.51	0.50
a_w	0.6000	0.6015	0.25
Moisture content	3.8803	4.221	8.78
L*	42.46	46.16	8.71
a*	6.26	6.83	9.09
b*	8.44	9.24	9.53
pH	5.32	5.41	1.74
Total acidity	3.60	3.51	2.52
Reducing sugar	13.97	14.23	1.88
Total sugar	52.24	54.77	4.84
Color preference	7.66	7.96	3.98
Odour preference	7.46	7.52	0.85
Flavour preference	7.88	8.58	8.93
Texture preference	8.17	8.70	6.48
Overall acceptable	7.77	8.29	6.70

เมื่อพิจารณาจากตาราง 4.6-4.7 และ ภาพ 4.1-4.16 พบว่าโมเดลของสูตรการผลิตลูกอมลำไยชนิดเคี้ยวมีความเหมาะสม ถึงแม้ค่า % ความแตกต่างระหว่างค่าการทำนายและค่าจริงจากการวิเคราะห์มากกกว่า 5% ในด้านความชื้น ค่าสี L* a* b* คะแนนความชอบที่มีต่อรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น พบว่ายังอยู่ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกณฑ์มาตรฐาน (สุวรรณา, 2543) ค่าสี L* a* b* สูงขึ้น กลับทำให้คะแนนความชอบที่มีต่อสีเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันกับคะแนนความชอบที่มีต่อรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกอมมีค่า hardness เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Szczesniak-Surmacka and Kahn (1984) ที่พบว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกอม เป็นตัวกำหนดความพึงพอใจในการบริโภค เช่นเดียวกับ Wilkinson et al. (2000) ที่รายงานว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเป็นลักษณะสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งการเข้าใจในลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญในการแสดงความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved