บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ศึกษารูปแบบของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่ผู้บริโภคต้องการ

4.1.1 ทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคขนมขบเคี้ยวทั่วไป และสแนคบาร์

จากการสำรวจโดยการออกแบบสอบถามกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่มีอายุ 12-40 ปี จำนวน 402 คน ในเขตจังหวัดเชียงใหม่เกี่ยวกับทัศนคติ และพฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีต่อสแนคบาร์ และข้อมูลสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง ในการสำรวจทำการสุ่มตัวอย่างแบบ nonprobability sampling

ในการสำรวจถึงทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อสแนคบาร์ โดยให้ผู้บริโภคแสดงความคิดเห็นต่อข้อความที่กำหนด (จำนวน 15 ข้อความ) แล้วให้คะแนน 1-5 (5 คือเห็นด้วยมากที่สุด และ 1 คือเห็นด้วยน้อยที่สุด) ผลการสำรวจแสดงในตาราง 4.1 จากตารางพบว่าผู้บริโภคเห็นด้วยอย่างมากว่า การกินผลิตภัณฑ์จากผักและผลไม้ช่วยให้สุขภาพแข็งแรง มีประโยชน์ต่อร่างกาย การกินอาหารที่มีธัญพืช เช่น ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลีเป็นส่วนผสมจะช่วยให้สุขภาพแข็งแรง ป้องกันโรค ผลไม้มีประโยชน์ในด้านการเป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันธรรมชาติ และการกินอาหารประเภทถั่วนั้นมีประโยชน์ในการเป็นแหล่งโปรตีนจากพืช (คะแนนเฉลี่ย 4.4 4.0 4.2 และ 4.2 ตามลำดับ) จากผลข้างต้นเห็นได้ว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีทัศนคติที่ดีต่อการบริโภคผลไม้ และธัญพืช เนื่องจากเชื่อว่ารับประทานแล้วมีประโยชน์ต่อร่างกาย ขนมขบเคี้ยวประเภทสแนคบาร์เป็นขนมที่กินได้สะดวกและพกพาง่าย (คะแนนเฉลี่ย 3.9) สแนคบาร์ที่มีผลไม้และธัญพืชเป็นส่วนผสมนั้นจะมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าขนมขบเคี้ยวทั่วไป (คะแนนเฉลี่ย 3.8) สตรอเบอรีเป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีสูงเป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชัน (คะแนนเฉลี่ย 3.8) และผลิตภัณฑ์สแนคบาร์หาซื้อได้ง่ายตามร้านสะดวกซื้อทั่วไป (คะแนนเฉลี่ย 3.7) แต่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ค่อนข้างจะไม่เห็นด้วยกับข้อความที่ว่า การกินสแนคบาร์ทำให้รู้สึกว่าเป็นคนทันสมัย (คะแนนเฉลี่ย 2.5) และลำไยอบแห้งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (คะแนนเฉลี่ย 2.8) จากข้อมูลการสำรวจนี้สามารถสรุปเบื้องต้นได้ว่าผู้บริโภคค่อนข้างเห็นด้วยว่า สแนคบาร์เป็นขนมที่มีประโยชน์และรับประทานได้สะดวก อีกทั้งเชื่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.1 ค่าเฉลี่ยคะแนนทัศนคติของผู้บริโภคและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 402)

การสอบถามด้านทัศนคติ	ค่าเฉลี่ย* ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. การกินผลิตภัณฑ์จากผักและผลไม้ช่วยให้สุขภาพแข็งแรงมีประโยชน์ต่อร่างกาย	4.4 ± 0.8
2. การกินอาหารที่มีธัญพืช เช่น ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี เป็นส่วนผสมจะช่วยให้สุขภาพแข็งแรงป้องกันโรค	4.0 ± 0.8
3. ผลไม้มีประโยชน์ในด้านการเป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ	4.2 ± 0.8
4. การกินอาหารประเภทถั่วนั้นมีประโยชน์ในการเป็นแหล่งโปรตีนจากพืช	4.2 ± 0.8
5. สตรอเบอรีเป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง เป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชัน	3.8 ± 0.8
6. ลำไยอบแห้งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ	2.8 ± 0.9
7. การกินขนมที่มีสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติจะช่วยป้องกันการเกิดโรค เช่น โรคมะเร็ง	3.2 ± 1.1
8. ขนมขบเคี้ยวประเภทสแนคบาร์เป็นขนมที่กินได้สะดวกและพกพาง่าย	3.9 ± 0.9
9. สแนคบาร์เป็นขนมที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าขนมขบเคี้ยวทั่วไป	3.5 ± 0.9
10. สแนคบาร์บางประเภท กินแล้วไม่อ้วน หรือมีแคลอรีต่ำ	3.4 ± 0.9
11. สแนคบาร์ที่มีผลไม้และธัญพืชเป็นส่วนผสมนั้นจะมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าขนมขบเคี้ยวทั่วไป	3.8 ± 0.9
12. การกินสแนคบาร์ประเภทฟรุตบาร์ช่วยให้รับประทานผลไม้ได้ง่ายและสะดวกขึ้น	3.2 ± 1.0
13. สแนคบาร์เป็นขนมขบเคี้ยวที่กินแล้วได้พลังงาน กินได้สะดวกในเวลาที่เร่งรีบหรือกินแทนอาหารเช้าได้	3.3 ± 1.1
14. การกินสแนคบาร์ทำให้รู้สึกว่าเป็นคนทันสมัย	2.5 ± 1.1
15. ผลิตภัณฑ์สแนคบาร์หาซื้อได้ง่ายตามร้านสะดวกซื้อทั่วไป	3.7 ± 0.9

*ค่าเฉลี่ยจากการให้คะแนน 1-5 โดย 1 คือ เห็นด้วยน้อยที่สุด และ 5 คือ เห็นด้วยมากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ว่าการกินผลไม้ และถั่วต่างๆ นั้นมีประโยชน์ต่อสุขภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wangcharoen *et al.* (2005) ซึ่งได้ทำการสำรวจทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคขนมขบเคี้ยวของผู้บริโภคในทุกภาคของประเทศไทย จำนวน 552 คน พบว่าผู้บริโภคนิยมกินผลไม้สดเป็นอาหารว่างมากที่สุด ดังนั้น ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สแนคบาร์ที่มีผลไม้และถั่วเป็นส่วนประกอบ ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่รับประทานได้สะดวกนั้น จะช่วยให้ผู้บริโภคมีทัศนคติที่ดีต่อผลิตภัณฑ์ และจะทำให้ผู้บริโภคเชื่อว่าผลิตภัณฑ์นี้มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

เมื่อนำผลการสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อขนมขบเคี้ยว และสแนคบาร์ จำนวน 15 ข้อความมาวิเคราะห์ factor analysis โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 11.5 (SPSS Inc., USA.) ผลการวิเคราะห์แสดงในตาราง 4.2 พบว่าสามารถจัดกลุ่มข้อความออกเป็น 4 องค์ประกอบที่มีค่า eigenvalue มากกว่า 1 โดยทั้ง 4 องค์ประกอบสามารถอธิบายความแปรปรวนของปัจจัยเดิมได้ร้อยละ 60.69 องค์ประกอบที่ 1 ประกอบไปด้วย 4 ข้อความที่แสดงถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์สแนคบาร์ เช่น สแนคบาร์ที่มีผลไม้และธัญพืชเป็นส่วนผสมนั้นจะมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าขนมขบเคี้ยวทั่วไป รวมเรียกองค์ประกอบนี้ว่า คุณลักษณะของสแนคบาร์ (snack bar characterization) องค์ประกอบที่ 2 ประกอบด้วย 5 ข้อความ เช่น สตรอเบอรีมีประโยชน์ในด้านการเป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ การกินอาหารที่มีธัญพืชเป็นส่วนผสมจะช่วยให้สุขภาพแข็งแรง ป้องกันโรค จากข้อความนั้นแสดงถึงวัตถุดิบที่ใช้ในการทำสแนคบาร์ จึงรวมเรียกองค์ประกอบนี้ว่า ประโยชน์ของวัตถุดิบ (benefit of ingredients) องค์ประกอบที่ 3 ประกอบด้วย 3 ข้อความที่เกี่ยวกับความสะดวกของการกินสแนคบาร์ เช่น สแนคบาร์เป็นขนมที่กินแล้วได้พลังงาน กินได้สะดวกในเวลาที่เร่งรีบ หรือกินแทนอาหารเช้า จึงรวมเรียกองค์ประกอบนี้ว่า ความสะดวกของผลิตภัณฑ์สแนคบาร์ (convenience of snack bar) องค์ประกอบที่ 4 ประกอบด้วย 3 ข้อความ เช่น การกินขนมที่มีสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติจะช่วยป้องกันการเกิดโรค รวมเรียกองค์ประกอบนี้ว่า การมีบทบาทเฉพาะของสแนคบาร์ (functionality of snack bar) ดังนั้นในการออกแบบผลิตภัณฑ์สแนคบาร์ จึงควรพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อทัศนคติของผู้บริโภค โดยปัจจัยแรกที่ส่งผลต่อทัศนคติของผู้บริโภค คือ คุณลักษณะของสแนคบาร์ เช่น สแนคบาร์ที่มีผลไม้และธัญพืชเป็นส่วนผสมนั้นจะมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าขนมขบเคี้ยวทั่วไป ปัจจัยที่ส่งผลรองลงมา คือ ประโยชน์ของวัตถุดิบ เช่น ผลไม้ที่ใช้ทำสแนคบาร์นั้นเป็นแหล่งของวิตามินและสารต้านออกซิเดชัน จากนั้นจึงพิจารณาถึงความสะดวกของผลิตภัณฑ์ และการเป็นสแนคบาร์เพื่อสุขภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 ค่า factor loading ของการวิเคราะห์ปัจจัยสำหรับข้อมูลด้านทัศนคติ

ปัจจัย	1	2	3	4
1. คุณลักษณะของสแนคบาร์ (snack bar characterization)				
- ขนมขบเคี้ยวประเภทสแนคบาร์เป็นขนมที่กินได้สะดวกและพกพาง่าย	0.659			
- สแนคบาร์เป็นขนมที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าขนมขบเคี้ยวทั่วไป	0.796			
- สแนคบาร์บางประเภท กินแล้วไม่อ้วนหรือมีแคลอรีต่ำ	0.765			
- สแนคบาร์ที่มีผลไม้และธัญพืชเป็นส่วนผสมนั้นจะมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าขนมขบเคี้ยวทั่วไป	0.822			
2. ประโยชน์ของวัตถุดิบ (benefit of ingredients)				
- การกินผลิตภัณฑ์จากผักและผลไม้ช่วยให้สุขภาพแข็งแรง มีประโยชน์ต่อร่างกาย		0.672		
- การกินอาหารที่มีธัญพืช เช่น ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลีเป็นส่วนผสมจะช่วยให้สุขภาพแข็งแรง ป้องกันโรค		0.715		
- ผลไม้มีประโยชน์ในด้านการเป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ		0.804		
- การกินอาหารประเภทถั่วนั้นมีประโยชน์ในการเป็นแหล่งโปรตีนจากพืช		0.656		
- สตรอเบอรีเป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง เป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชัน		0.595		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 (ต่อ)

ปัจจัย	1	2	3	4
3. ความสะดวกของผลิตภัณฑ์สแนคบาร์ (convenience of snack bar)				
- สแนคบาร์เป็นขนมขบเคี้ยวที่กินแล้วได้พลังงานกินได้สะดวกในเวลาที่เร่งรีบหรือกินแทนอาหารเช้า			0.573	
- การกินสแนคบาร์ทำให้รู้สึกว่าเป็นคนทันสมัย			0.742	
- ผลิตภัณฑ์สแนคบาร์หาซื้อได้ง่าย ตามร้านสะดวกซื้อทั่วไป			0.728	
4. การมีบทบาทเฉพาะของสแนคบาร์ (functionality of snack bar)				
- ลำไยอบแห้งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ				0.748
- การกินขนมที่มีสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติจะช่วยป้องกันการเกิดโรค เช่น โรคมะเร็ง				0.729
- การกินสแนคบาร์ประเภทฟรุตบาร์ช่วยให้รับประทานผลไม้ได้ง่าย และสะดวกขึ้น				0.456
Eigenvalue	2.879	2.584	1.886	1.755
Total variance (%)	19.19	17.23	12.57	11.70

จากการสอบถามถึงพฤติกรรมการบริโภคขนมขบเคี้ยว และสแนคบาร์ แสดงผลในตาราง 4.3 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเคยรับประทานสแนคบาร์ร้อยละ 76.6 ส่วนใหญ่จะเคยรับประทานซีเรียลบาร์ (cereal bar) รองลงมาคือฟรุตบาร์ (fruit bar) วัตถุประสงค์ส่วนใหญ่ในการซื้อสแนคบาร์ คือ เพื่อเป็นขนมกินเล่น ชอบกลิ่นรสผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 33.5) แหล่งที่ซื้อสแนคบาร์ คือ ร้านค้าสะดวกซื้อ (ร้อยละ 52) รองลงมาคือ ซื้อที่ห้างสรรพสินค้า (ร้อยละ 38.7) ผลการวิจัยดังกล่าวพบว่าสอดคล้องกับการวิจัยของ Wangcharoen *et al.* (2005) ซึ่งพบว่าผู้บริโภคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหตุผลในการกินขนมขบเคี้ยว เพราะชอบในรสชาติร้อยละ 68.2 และเพื่อเป็นขนมกินเล่นร้อยละ 65.6 และแหล่งที่นิยมซื้อขนมขบเคี้ยว คือ ห้างซุปเปอร์มาเก็ต (ร้อยละ 66.1)

ตาราง 4.3 พฤติกรรมการบริโภคขนมขบเคี้ยวและสแนคบาร์* (n=402)

พฤติกรรม	ร้อยละ
1. ท่านรับประทานขนมขบเคี้ยวบ่อยครั้งเพียงใด	
– มากกว่า 4 ครั้ง/สัปดาห์	24.9
– 2-4 ครั้ง/สัปดาห์	34.1
– น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	41.0
2. ท่านเคยรับประทานสแนคบาร์หรือไม่	
– เคย	76.6
– ไม่เคย	23.4
3. สแนคบาร์ประเภทใดที่ท่านเคยรับประทาน	
- ซีเรียลบาร์	67.9
- ฟรุตบาร์	29.2
- อื่นๆ ที่ระบุ เช่น พาวเวอร์บาร์ โยเกิร์ตบาร์ มูสลีย์บาร์ ข้าวพองเคลือบคาราเมล	2.9
4. วัตถุประสงค์ส่วนใหญ่ในการซื้อสแนคบาร์ของท่าน	
- ต้องการกินขนมที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ	21.0
- ต้องการขนมที่กินได้สะดวก	20.2
- ต้องการขนมที่กินแล้วได้พลังงาน กินในเวลาเร่งรีบ เช่น กินแทนอาหารเช้า	18.7
- เพื่อเป็นขนมกินเล่น ชอบกลิ่นรส	33.5
- อื่นๆ ที่ระบุ เช่น อยากทดลองชิม กินเพิ่มพลังงานในการเล่นกีฬา ลดน้ำหนัก	6.6
5. แหล่งที่ท่านซื้อสแนคบาร์	
- ห้างสรรพสินค้า/ซุปเปอร์มาเก็ต เช่น ท็อปส์ ซุปเปอร์มาเก็ต	38.7
- ร้านค้าสะดวกซื้อ เช่น 7-eleven	52.0
- ร้านขายอาหารเพื่อสุขภาพ	6.8
- อื่นๆ ที่ระบุ เช่น งานเทศกาลต่างๆ มีคนให้มา ร้านขายของชำทั่วไป	2.5

* คำถามข้อ 1 เป็นคำถามที่มีหลายคำตอบให้เลือก (multiple choice questions), คำถามข้อ 2 เป็นคำถามที่มีคำตอบให้เลือก 2 ทาง (dichotomous questions) และคำถามข้อ 3-5 คำถามที่ผู้ตอบเลือกได้หลายคำตอบ (checklist questions)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 การเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัย* ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสแนคบาร์ของผู้บริโภค (n=402)

ปัจจัย	ลำดับความสำคัญ		
	ลำดับ 1** (ร้อยละ)	ลำดับ 2** (ร้อยละ)	ลำดับ 3** (ร้อยละ)
1. ชนิดของผลิตภัณฑ์	20.1	14.1	8.0
2. กลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์	19.7	14.7	14.4
3. ความเป็นธรรมชาติไม่ปรุงแต่งใดๆ ของผลิตภัณฑ์	3.0	7.0	6.2
4. คุณค่าทางโภชนาการสูง มีประโยชน์ต่อสุขภาพ	23.2	18.1	8.5
5. กินแล้วแคลอรีต่ำ ไม่อ้วน	10.7	10.0	10.7
6. ความสะอาด ปลอดภัยของผลิตภัณฑ์	4.0	7.5	10.9
7. ราคา	9.0	14.9	15.4
8. บรรจุภัณฑ์	1.0	2.7	2.7
9. ตราสินค้า ยี่ห้อผลิตภัณฑ์	1.2	1.5	4.5
10. ความสะดวกในการหาซื้อผลิตภัณฑ์	3.2	3.5	6.5
11. ความสะดวกในการรับประทาน และพกพาผลิตภัณฑ์	4.2	5.0	8.5
12. การโฆษณาและส่งเสริมการขาย	0.7	1.0	3.7

*การเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยโดยการให้เรียงลำดับความสำคัญ 1-3 จากทั้งหมด 12 ปัจจัย โดย 1 คือปัจจัยที่สำคัญมากที่สุด และ 3 คือปัจจัยที่สำคัญลำดับที่ 3

**คำนวณร้อยละจากสูตร ร้อยละของผู้เลือกลำดับนั้น = (จำนวนผู้บริโภคที่เลือกลำดับนี้/จำนวนผู้บริโภคทั้งหมด)×100

เมื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามเรียงลำดับปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสแนคบาร์ โดยให้เรียงลำดับ 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจมากที่สุดจากทั้งหมด 12 ปัจจัย โดย 1 คือปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อมากที่สุด ผลการสำรวจแสดงในตาราง 4.4 พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการซื้อสแนคบาร์ซึ่งถูกเลือกเป็นลำดับที่ 1 มากที่สุดคือ คุณค่าทางโภชนาการสูง มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (ร้อยละ 23.1) รองลงมาคือ ชนิดของผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 20.1) กลิ่น/รสชาติของผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 19.7) เมื่อมาพิจารณาถึงปัจจัยที่ผู้บริโภคเลือกเป็นลำดับ 2 มากที่สุด คือ ปัจจัยในด้านคุณค่าทางโภชนาการสูง มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (ร้อยละ 18.2) เช่นเดียวกับลำดับที่ 1 ดังนั้นในงานวิจัยนี้พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสแนคบาร์ของผู้บริโภค คือ คุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ปัจจัยที่สำคัญรองลงมาคือ ชนิด กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์ แต่ในงานวิจัยของ Bower (2000) ซึ่งทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสผู้บริโภค (n=56) โดยทดสอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตภัณฑ์ซีเรียลบาร์หลายชนิด พบว่ารสชาติของสแนคบาร์นั้นจะส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อมากกว่าภาพลักษณ์ของสแนคบาร์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

4.1.2 ข้อมูลด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง

จากการสอบถามข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกวัตถุดิบที่ต้องการใส่เพิ่มลงไปในผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง โดยเลือกวัตถุดิบ 3 ชนิดจากทั้งหมด 18 ชนิด แล้วเรียงลำดับความชอบ 1-3 (1 คือ วัตถุดิบที่ต้องการให้ใส่ลงในผลิตภัณฑ์มากที่สุด) ผลการสำรวจแสดงในตาราง 4.5 พบว่า อัลมอนด์ เป็นวัตถุดิบที่ถูกเลือกเป็นลำดับที่ 1 (ร้อยละ 27.9) และลำดับที่ 2 มากที่สุด (ร้อยละ 22.4) รองลงมา คือ เม็ดมะม่วงหิมพานต์ถูกเลือกเป็นลำดับที่ 1 ร้อยละ 20.1 จากข้อมูลข้างต้น เมื่อทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งจึงเลือกใส่อัลมอนด์ และเม็ดมะม่วงหิมพานต์ลงไปเพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค และทำให้ผู้บริโภคมีทัศนคติที่ดีต่อผลิตภัณฑ์ด้วย เนื่องจากผลการสำรวจทัศนคติข้างต้น ผู้บริโภคค่อนข้างเห็นด้วยว่า สแนคบาร์ที่มีผลไม้และธัญพืชเป็นส่วนผสมนั้นจะมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าขนมขบเคี้ยวทั่วไป และการกินอาหารประเภทถั่วมีประโยชน์ในการเป็นแหล่งโปรตีนจากพืช เมื่อสอบถามผู้บริโภคถึงการเคลือบแท่งผลิตภัณฑ์ (coating) เป็นรสชาติต่างๆ โดยการให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกว่าควร หรือไม่ควรเคลือบแท่งผลิตภัณฑ์ และถ้าตอบว่าควรให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกว่าต้องการให้เคลือบเป็นรสชาติใด ผลการสำรวจพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามจำนวนร้อยละ 49.8 ไม่ต้องการให้เคลือบ ส่วนที่เหลือต้องการให้เคลือบเป็นรสช็อคโกแลต (ร้อยละ 24.9) โยเกิร์ต (ร้อยละ 11.2) สตรอเบอรี (ร้อยละ 6.5) วานิลลา (ร้อยละ 6.0) และรสชาติอื่น (ร้อยละ 1.7) เช่น คาราเมล น้ำตาล ไซรัปเมเปิล (maple syrup) น้ำผึ้ง จากผลการสำรวจที่ได้ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งจึงไม่ทำการเคลือบแท่งผลิตภัณฑ์ เนื่องจากจำนวนผู้ต้องการเคลือบ และไม่เคลือบมีจำนวนที่ไม่แตกต่างกัน และเมื่อไม่เคลือบแท่งผลิตภัณฑ์จะทำให้มองเห็นวัตถุดิบที่ใช้ ทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นธรรมชาติมากขึ้น ไม่ปรุงแต่งสี และกลิ่นรสต่างๆ ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งเป็นขนมเพื่อสุขภาพมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.5 การเรียงลำดับวัตถุดิบ* ที่ต้องการใส่เพิ่มลงในผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง (n=402)

ชนิดของธัญพืช/ผลไม้	ลำดับความชอบ		
	ลำดับที่ 1** (ร้อยละ)	ลำดับที่ 2** (ร้อยละ)	ลำดับที่ 3** (ร้อยละ)
1. เม็ดมะม่วงหิมพานต์	22.2	10.9	9.0
2. อัลมอนด์	27.9	22.4	7.7
3. แมคคาเดเมีย	10.9	7.7	8.0
4. เมล็ดฟักทอง	1.5	2.7	1.7
5. เมล็ดแตงโม	1.0	0.3	0.5
6. เมล็ดทานตะวัน	4.0	7.0	6.7
7. เมล็ดงา	3.5	3.5	5.7
8. ข้าวพอง	3.0	5.7	6.5
9. ลูกพรุน	6.2	11.4	8.5
10. ถั่วลิสง	1.0	2.3	3.2
11. ถั่วเหลือง	0.7	1.2	1.7
12. ถั่วเขียว	0	0.2	2.2
13. ข้าวโอ๊ต	3.7	9.0	8.2
14. จมูกข้าวสาลี	1.7	2.0	6.7
15. รำข้าวสาลี	0.2	0.2	0.5
16. ข้าวบาร์เลย์	1.7	2.2	4.0
17. ลูกเกด	7.3	9.0	14.9
18. กล้วยอบแห้ง	3.0	2.3	3.2
19. อื่น ๆ ที่ระบุได้แก่ ถั่วขาว เห็ดหอม มะเขือเทศอบแห้ง เชอรี แอปเปิ้ล	0.5	0	1.1

* การเรียงลำดับวัตถุดิบที่ต้องการให้ใส่ลงในผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง โดยให้เรียงลำดับความต้องการวัตถุดิบ 1-3 จากทั้งหมด 18 ชนิด โดย 1 คือวัตถุดิบที่ต้องการให้ใส่ลงไปมากที่สุด และ 3 คือวัตถุดิบที่ต้องการให้ใส่เป็นลำดับที่ 3

** คำนวณ % จากสูตร %ของผู้เลือกลำดับนั้น = (จำนวนผู้บริโภคที่เลือกลำดับนี้/จำนวนผู้บริโภคทั้งหมด)×100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.3 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

การสำรวจผู้บริโภคในการทดลองนี้ กำหนดผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย คือ กลุ่มนักเรียนนักศึกษา และกลุ่มวัยทำงานที่มีอายุ 12-40 ปี เพราะเป็นช่วงอายุที่มีการรับประทานขนมขบเคี้ยวทั่วไป และขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ อีกทั้งยังมีกำลังซื้อสูง สอดคล้องกับการรายงานของ Experience Market Research ว่าผู้มีอายุ 18-34 ปี เป็นช่วงอายุที่มีการบริโภคขนมขบเคี้ยวในปริมาณสูง รองลงมา คือ ผู้มีอายุ 35-44 ปี (Sloan, 2008) จากการสอบถามผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจำนวน 402 คนในงานวิจัยนี้ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชาย ร้อยละ 37.1 เพศหญิง ร้อยละ 62.9 ส่วนใหญ่เป็นผู้มีอายุ 15-25 ปี (ร้อยละ 63.2) ซึ่งจัดว่ากลุ่มวัยเรียนและวัยทำงาน ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้ทดสอบ แสดงในตาราง 4.6

ข้อมูลจากการสำรวจผู้บริโภคข้างต้นสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย โดยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้น จะต้องออกแบบให้เป็นสแนคบาร์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ รับประทาน และพกพาสะดวกจึงจะทำให้ผู้บริโภคมีทัศนคติที่ดีต่อผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังนำข้อมูลการสำรวจที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาสูตรการผลิต คือ พิจารณาใช้อัลมอนด์ และเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ใส่เพิ่มลงในผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งในการพัฒนาสูตรการผลิต เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่ผู้บริโภคต้องการให้ใส่เพิ่มลงไปมากที่สุด และในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งจะไม่ทำการเคลือบแท่งผลิตภัณฑ์ เพราะผลการสำรวจการเคลือบ และไม่เคลือบนั้น มีค่าที่ไม่แตกต่างกัน อีกทั้งการไม่เคลือบแท่งผลิตภัณฑ์จะทำให้มองเห็นวัตถุดิบที่ใช้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นธรรมชาติ ไม่ปรุงแต่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.6 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม (n=402)

ลักษณะทางประชากรศาสตร์		ร้อยละ
เพศ	ชาย	37.1
	หญิง	62.9
อายุ	น้อยกว่า 15 ปี	1.4
	15-20 ปี	29.6
	21-25 ปี	33.6
	26-30 ปี	17.9
	31-35 ปี	10.0
	มากกว่า 35 ปี	7.5
ระดับการศึกษา	ประถมศึกษา	0.5
	มัธยมศึกษา หรือเทียบเท่า	9.2
	อนุปริญญา หรือเทียบเท่า	4.0
	ปริญญาตรี	63.7
	สูงกว่าปริญญาตรี	22.6
อาชีพ	นักเรียน/นักศึกษา	57.2
	รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ	7.0
	พนักงานบริษัทเอกชน	25.9
	รับจ้างทั่วไป	1.7
	เจ้าของกิจการ/อาชีพอิสระ	6.5
	แม่บ้าน	0.5
	อื่นๆ	1.2
รายได้ต่อเดือน	ไม่มีรายได้	26.4
	น้อยกว่า 5,000 บาท	13.2
	5,001-10,000 บาท	23.6
	10,001-15,000 บาท	12.4
	มากกว่า 15,000 บาท	24.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ศึกษาคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันของวัตถุดิบ

จากการศึกษาคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันของวัตถุดิบที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง ได้แก่ สตรอเบอรีอบแห้ง ลำไยอบแห้ง และ mixed crisp วิเคราะห์โดยวิธี DPPH และวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลโดยใช้ Folin-Ciocalteu reagent ผลการทดลองที่ได้วิเคราะห์โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid วิเคราะห์โดยวิธี DPPH (ภาคผนวก ก ภาพ 1) และเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid โดยใช้โดยใช้ Folin-Ciocalteu reagent (ภาคผนวก ก ภาพ 2) ผลการวิเคราะห์แสดงในตาราง 4.7

ตาราง 4.7 ค่าเฉลี่ย* ปริมาณสารต้านออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในรูปของ gallic acid ของวัตถุดิบที่ใช้ในผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง

ชนิดวัตถุดิบ	สารต้านออกซิเดชัน วิธี DPPH (mg gallic acid/g)	สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (mg gallic acid/g)
สตรอเบอรีอบแห้ง	8.54 ± 0.24	6.77 ± 0.27
ลำไยอบแห้ง	8.32 ± 0.02	5.02 ± 0.60
mixed crisp	2.60 ± 0.29	3.40 ± 0.00

*ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ 2 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่าง

จากตาราง 4.7 พบว่าวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งนั้นมีคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชัน โดยพบว่าสตรอเบอรีอบแห้ง ลำไยอบแห้ง และ mixed crisp มีปริมาณสารต้านออกซิเดชันในรูปของ gallic acid วิเคราะห์โดยวิธี DPPH เท่ากับ 8.54 8.32 และ 2.60 mg gallic acid/g ตามลำดับ และเมื่อวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด พบว่ามีค่าเท่ากับ 6.77 5.02 และ 3.40 mg gallic acid/g ตามลำดับ

มีงานวิจัยต่างๆ ศึกษาเกี่ยวกับสารต้านออกซิเดชันในลำไย เช่น Mahattanatawee *et al.* (2006) ศึกษาสารต้านออกซิเดชันในลำไยสดด้วยวิธี DPPH พบว่ามีสารต้านออกซิเดชันเท่ากับ 69.6 µg gallic acid/g puree สุทัศน์ และคณะ (2550) ได้ศึกษาสารต้านออกซิเดชัน และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในส่วนต่างๆ ของลำไยสด พบว่าส่วนเนื้อ เปลือก และเมล็ดลำไยมีสารต้านออกซิเดชันเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH มีค่าอยู่ในช่วง 4 ถึง 260 mg gallic acid/g และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ Folin-Ciocalteu reagent พบว่ามีค่าอยู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในช่วง 0.4 ถึง 0.8 mg gallic acid/g งานวิจัยของ Soong and Barlow (2004) ได้ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลในเนื้อลำไยสดโดยใช้ Folin-Ciocalteu reagent พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.6 mg gallic acid/g ซึ่งจะเห็นได้ว่าทุกส่วนของลำไยนั้นมีสารต้านออกซิเดชัน ในงานวิจัยของ Rangkadilok *et al*. (2007) ได้วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลทั้งหมดในลำไยสดและลำไยอบแห้งสายพันธุ์ต่างๆ โดยใช้ HPLC พบว่าสารประกอบฟีนอลที่สำคัญ คือ gallic acid, ellagic acid และ corilagin โดยพบว่าในเนื้อลำไยอบแห้งพันธุ์อีดอมี gallic acid เท่ากับ 0.29 mg/g น้ำหนักแห้ง และมี ellagic acid เท่ากับ 0.20 mg/g น้ำหนักแห้ง สารเหล่านี้พบว่าเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ช่วยต้านการเกิดออกซิเดชัน (Soong and Barlow, 2004; Rangkadilok *et al*., 2005; Mahattanatawee *et al*., 2006; Rangkadilok *et al*., 2007)

สำหรับสตรอเบอรีนั้น เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า เป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชัน มีงานวิจัยมากมายที่ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลในสตรอเบอรีโดยใช้ Folin-Ciocalteu reagent เช่น งานวิจัยของ Sun *et al.* (2002) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในสตรอเบอรีอบแห้งพบว่ามีค่าเท่ากับ 1.48 mg gallic acid/g งานวิจัยของ Kahkonen *et al.* (1999) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในสตรอเบอรีอบแห้งสายพันธุ์ต่างๆ พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 14.8 ถึง 23.7 mg gallic acid/g งานวิจัยของ Aaby *et al.* (2005) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในสตรอเบอรีอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 2.3 ถึง 3.4 mg gallic acid/g นอกจากนี้ Seeram *et al.* (2006) ได้วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลในผลสตรอเบอรีสดโดยใช้ chromatography แบบ LC-ESI-MS พบว่าสารประกอบฟีนอลที่สำคัญในสตรอเบอรี คือ ellagic acid, ellagic acid-glycosides, ellagitannins, gallotannins, anthocyanins, flavonols, flavanols และ flavanols ซึ่งสารเหล่านี้พบว่าเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (Hannum, 2004)

ปริมาณสารต้านออกซิเดชัน และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในวัตถุดิบที่ศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยต่างๆ ข้างต้น จะเห็นได้ว่า ค่าที่ได้นั้นมีความแตกต่างกัน เนื่องจากในการวิเคราะห์นั้นจะมีวิธีการเตรียมวัตถุดิบ วิธีการสกัดวัตถุดิบ และวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้ค่าที่ได้นั้นแตกต่างกัน จึงอาจสรุปเบื้องต้นได้ว่า สตรอเบอรี และลำไยที่เป็นวัตถุดิบหลักของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งนั้น เป็นวัตถุดิบที่มีสารต้านออกซิเดชัน มีประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งผลการทดลองนี้ก็พบว่า mixed crisp นั้นมีสารต้านออกซิเดชันเช่นเดียวกัน ดังนั้นเมื่อนำวัตถุดิบเหล่านี้ไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จะช่วยทำให้สแนคบาร์ที่ได้นั้นเป็นสแนคบาร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพื่อสุขภาพ ช่วยต้านการเกิดออกซิเดชันในร่างกาย และส่งผลให้ผู้บริโภคมีทัศนคติที่ดีต่อผลิตภัณฑ์นี้ด้วย

4.3 ศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์สตอรเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง

ในการศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง วางแผนการทดลองแบบ mixture design แบบ extreme vertices กับวัตถุดิบ 3 ชนิด ได้แก่ สตรอเบอรีอบแห้ง ลำไยอบแห้ง และ mixed crisp ได้สูตรในการทดลองทั้งหมด 10 สูตร รายละเอียดของสูตรแสดงในตาราง 3.1 จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพในแต่ละสูตร แสดงในตาราง 4.8 และผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส แสดงในตาราง 4.9 จากนั้นนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี RSM ได้กราฟ contour plot แสดงในภาพ 4.1 และ 4.2

ผลจากการวัดค่า hardness และ stickiness อยู่ในช่วง 425.65 ถึง 1,007.28 g force จากกราฟ contour plot ของค่า hardness (แสดงในภาพ 4.1 a) และผลในตาราง 4.8 พบว่าค่า hardness จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ mixed crisp เพิ่มขึ้น ซึ่งค่า hardness ที่สูงขึ้นแสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีความแข็งเพิ่มมากขึ้น

สำหรับค่า stickiness พบว่าอยู่ในช่วง -81.63 ถึง -250.81 g force ค่า stickiness ที่มีค่าติดลบสูงขึ้นจะแสดงว่า ผลิตภัณฑ์นั้นมีความเหนียวเพิ่มมากขึ้น ค่าที่ได้ในการทดลองนี้พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกับสแนคบาร์ประเภท fruit bar ที่วางจำหน่ายในท้องตลาด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งผสมผลไม้และถั่ว (Alpen™ Fruit and Nut Bar, Weetabix Ltd., England) ซึ่งมีค่า stickiness อยู่ในช่วง -83.58 ถึง -137.99 g force และ ผลิตภัณฑ์ mixed berry bar (Nature Valley™ Chewy Trail Mix Bars, General Mills Sales, Inc., USA.) มีค่า stickiness อยู่ในช่วง -75.75 ถึง -334.64 g force

ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่ได้จากทุกสูตร มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 7.65 ถึงร้อยละ 10.69 สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่อง ผลไม้แห้ง มอก. 919-2532 ที่ระบุว่า ผลไม้แห้งจะต้องมีค่าความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 18 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.8 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางเคมีและกายภาพ* ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง จากการทดลองแบบ mixture design

สูตร**	hardness (g force)	stickiness (g force)	ความชื้น (%)	a_w	L	a	b
1	931.43 ± 313.2cde	-248.33 ± 111.5a	7.56 ± 1.2a	0.552 ± 0.001ns	40.82 ± 0.9d	4.67 ± 0.3a	9.17 ± 0.4d
2	658.52 ± 45.8abcd	-190.05 ± 80.0abc	8.93 ± 0.8bc	0.582 ± 0.002ns	34.32 ± 0.04b	5.24 ± 0.02abc	7.76 ± 0.01bc
3	573.20 ± 244.9ab	-135.16 ± 35.8abc	10.69 ± 0.7e	0.593 ± 0.001ns	33.43 ± 2.1b	6.00 ± 0.7c	8.28 ± 0.4cd
4	675.07 ± 118.4abcd	-229.15 ± 80.2ab	9.34 ± 0.7cd	0.562 ± 0.002ns	29.76 ± 2.4a	5.92 ± 0.6c	6.26 ± 0.7a
5	733.59 ± 169.4abcde	-241.82 ± 98.0a	10.14 ± 0.6de	0.569 ± 0.004ns	31.83 ± 0.04ab	5.14 ± 0.02ab	6.52 ± 0.01a
6	1007.28 ± 193.0e	-138.45 ± 63.0abc	7.80 ± 0.3ab	0.566 ± 0.003ns	37.33 ± 3.2c	5.61 ± 0.8bc	8.28 ± 1.2cd
7	968.72 ± 240.6de	-185.25 ± 65.0abc	8.61 ± 1.0abc	0.586 ± 0.004ns	38.18 ± 1.5cd	5.43 ± 0.4abc	8.50 ± 0.8cd
8	650.84 ± 150.2abc	-115.09 ± 52.9bc	8.88 ± 0.8bc	0.563 ± 0.038ns	33.76 ± 1.6b	5.51 ± 0.7abc	6.81 ± 0.8ab
9	820.33 ± 185.5bcde	-250.81 ± 92.3a	7.76 ± 0.5ab	0.585 ± 0.010ns	34.57 ± 1.7b	5.47 ± 0.1abc	6.52 ± 0.8a
10	425.65 ± 103.6a	-81.63 ± 19.2c	8.49 ± 0.6abc	0.562 ± 0.021ns	38.03 ± 2.6cd	5.15 ± 0.5abc	7.96 ± 1.1c

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดค่าความแข็ง ค่าความเหนียว และค่าสี L a b วัดค่า 5 ซ้ำ ส่วนการวัดค่าความชื้น และค่า aw ทำการวัดค่า 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

** หมายเลขของสูตรในการทดลอง อ้างอิงตามสูตร แสดงในตาราง 3.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

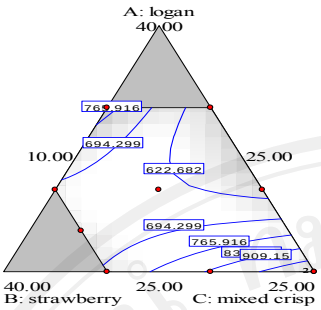
ตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบ*คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง จากการทดลองแบบ mixture design (n=100)

สูตร**	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส			
	ความชอบโดยรวม	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส
1	6.0 ± 1.4	6.4 ± 1.4	6.0 ± 1.7	5.5 ± 1.6
2	5.6 ± 1.8	5.6 ± 1.7	5.6 ± 1.9	5.6 ± 1.5
3	5.6 ± 1.5	5.6 ± 1.6	5.7 ± 1.7	5.5 ± 1.6
4	5.6 ± 1.6	5.6 ± 1.6	5.7 ± 1.8	5.6 ± 1.6
5	6.0 ± 1.5	5.8 ± 1.5	6.0 ± 1.7	5.7 ± 1.7
6	5.9 ± 1.9	6.1 ± 1.8	5.5 ± 1.9	5.7 ± 1.8
7	5.9 ± 1.7	6.1 ± 1.6	5.7 ± 1.7	5.7 ± 1.6
8	5.9 ± 1.4	5.6 ± 1.5	6.0 ± 1.5	5.8 ± 1.4
9	6.0 ± 1.4	6.1 ± 1.4	6.2 ± 1.6	5.7 ± 1.6
10	5.9 ± 1.5	5.8 ± 1.5	5.6 ± 1.7	5.7 ± 1.6

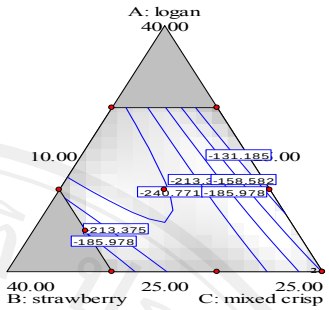
* ค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบของผู้บริโภค ทดสอบโดยใช้ 9-point hedonic scale โดย คะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด 5 คือ ตอบไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ และคะแนน 9 คือชอบมากที่สุด

** หมายเลขของสูตรในการทดลอง อ้างอิงตามสูตร แสดงในตาราง 3.1

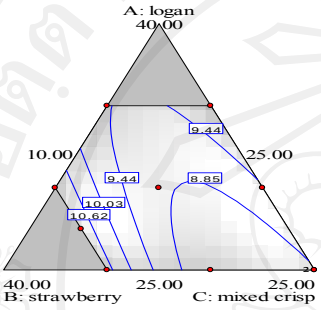
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



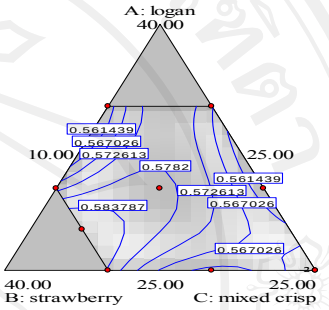
a) hardness



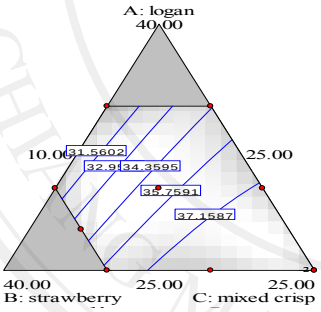
b) stickiness



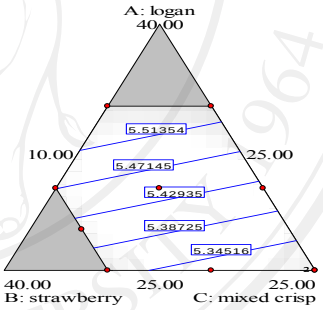
c) ความชื้น



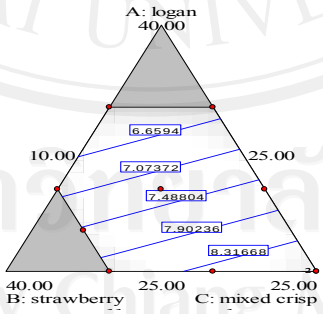
d) Water activity, a_w



e) Lightness, L



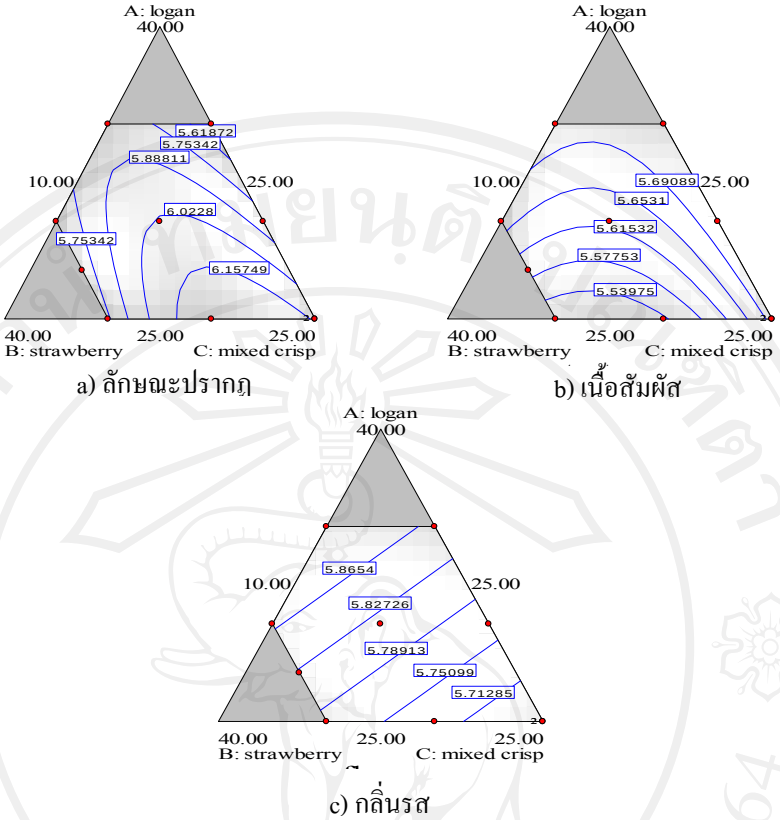
f) Redness, a



g) Yellowness, b

ภาพ 4.1 contour plot ของคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง จากสมการ regression ระหว่างอัตราส่วนของสตรอเบอรีอบแห้ง ต่อลำไยอบแห้ง และ mixed crisp เมื่อ a คือ hardness b คือ stickiness c คือ ค่าความชื้น d คือ water activity, a_w e คือ lightness, L f คือ redness, a และ g คือ yellowness, b

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



a) ลักษณะปรากฏ b) เนื้อสัมผัส

c) กลิ่นรส

ภาพ 4.2 contour plot ของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของสตรอเบอรีอบแห้ง ต่อลำไยอบแห้ง และ mixed crisp เมื่อ a คือ ลักษณะปรากฏ b คือ เนื้อสัมผัส และ c คือ กลิ่นรส

ค่า a_w ของทุกสูตรในการทดลองพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.552 ถึง 0.593 และพบว่าทั้ง 10 สูตรนั้นมีค่า a_w ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) และทุกสูตรมีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 พบว่าอยู่ในช่วงที่เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Rahman and Labuza, 2007) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บที่นานขึ้น

สำหรับการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ ได้วัดค่าสี L a และ b โดยค่า L คือ ค่าความสว่าง (lightness) มีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) จนถึง 100 (สีขาว) ถ้ามีค่าสูงแสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีสีสว่างมาก ถ้ามีค่าต่ำแสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีสีคล้ำหรือค่อนข้างมืด ค่า a ถ้ามีค่าเป็นบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีแนวโน้มไปทางสีแดง (redness) ถ้ามีค่าเป็นลบ แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีแนวโน้มไปทางสีเขียว (greenness) ส่วนค่า b คือ มีค่าเป็นบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีแนวโน้มไปทางสีเหลือง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(yellowness) ถ้าเป็นค่าลบ แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเป็นสีน้ำเงิน (blueness) (วิษฐิดา, 2550) ในการทดลองนี้พบว่า ค่า L อยู่ในช่วง 29.76 ถึง 40.82 ค่า a อยู่ในช่วง 4.67 ถึง 6.00 และค่า b อยู่ในช่วง 6.26 ถึง 9.17 โดยค่าที่ได้ในทุกสูตรการทดลองพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อนำทั้ง 10 สูตรของผลิตภัณฑ์ไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) ทดสอบกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจำนวน 100 คน ในห้องปฏิบัติการ ผลการทดสอบแสดงในตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 5.6 ถึง 6.0 ค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏอยู่ในช่วง 5.6 ถึง 6.4 ค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสอยู่ในช่วง 5.6 ถึง 6.2 และค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 5.5 ถึง 5.8 เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Brisske *et al.* (2004) ที่ได้ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) กับสแนคบาร์ที่จำหน่ายในท้องตลาด 7 ชนิด พบว่าคะแนนความชอบโดยรวมจะอยู่ในช่วง 3.9 ถึง 6.8

เมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์หาสมการ regression เพื่อหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนของสตรอเบอรีอบแห้ง ลำไยอบแห้ง และ mixed crisp ที่มีต่อคุณภาพต่างๆ จะได้สมการ regression ดังแสดงในตาราง 4.10 จากสมการพบว่าปริมาณสัดส่วนของสตรอเบอรีอบแห้ง ลำไยอบแห้ง และ mixed crisp นั้นส่งผลต่อค่า stickiness ค่า L ค่า b คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ และด้านลักษณะเนื้อสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

สมการ regression ที่ได้นี้มีค่า R^2_{adj} อยู่ในช่วงร้อยละ 55.71 ถึง 72.47 ซึ่งในงานวิจัยของ Prinyawiwatkul *et al.* (1997) ได้ใช้สมการ regression ในการหาสูตรที่เหมาะสมของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ nugget ไก่ สมการ regression ที่ใช้นั้นมีค่า R^2_{adj} อยู่ในช่วงร้อยละ 68 ถึงร้อยละ 92 การที่ค่า R^2_{adj} ยิ่งสูงจะหมายความว่าสมการนั้นสามารถทำนายผลการตอบสนองได้ดี (สุจินดา, 2548) จากสมการ regression ของค่า stickiness ค่า L ค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และด้านเนื้อสัมผัสสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของสัดส่วนวัตถุดิบว่า สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใส่ 2 ชนิดนั้นจะส่งผลต่อคุณลักษณะนั้นๆ ร่วมกัน เพราะสมการเป็นแบบหุ่นกำลังสอง (quadratic model) ยกเว้นสมการทำนายค่า b ที่มีสมการแบบหุ่นเส้นตรง (linear model)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.10 สมการ regression เพื่อใช้ทำนายคุณภาพทางเคมีกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากอิทธิพลของอัตราส่วนของสตรอเบอรีอบแห้ง ลำไยอบแห้ง และ mixed crisp ในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง

ตัวแปรตาม	สมการทำนาย*	R^2_{adj} (ร้อยละ)	P
Stickiness	69.43L + 105.42S + 12.74M - (4.87L×S) - (2.89S×M)	69.44	0.0365**
ค่า L	0.14L + 0.25S - 0.99M + (0.04L×M) + (0.04S×M)	69.65	0.0359**
ค่า b	0.01L + 0.15S + 0.21M	72.47	0.0045**
คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ	-0.16L - 0.33S - 0.006M + (0.02L×S) + (0.01S×M)	65.38	0.0490**
คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส	0.07L + 0.09S + 0.14M - (0.003S×M)	55.71	0.0496**
Hardness	65.55L - 26.72S + 177.52M - (7.09L×M)	46.42	0.0852
ค่าความชื้น	0.81L +1.70S + 0.60M - (0.06L×S) - (0.05S×M)	41.54	0.1616
ค่า a_w	0.07L + 0.08S + 0.18M - (0.004L×S) - (0.008L×M) + (0.003L×S×M)	5.38	0.5147
ค่า *a*	0.08L + 0.07S + 0.06M	-21.45	0.8192
คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส	0.08L + 0.08S + 0.07M	-10.19	0.5828

*ตัวอักษร L คือ ลำไยอบแห้ง S คือ สตรอเบอรีอบแห้ง และ M คือ mixed crisp

**Significant different at $\alpha = 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

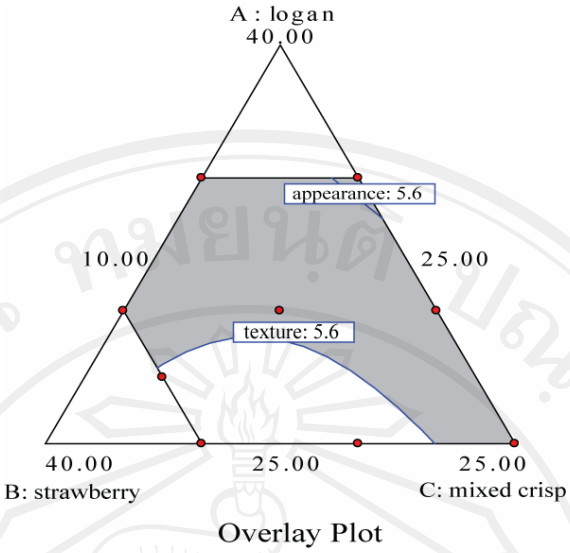
สำหรับคุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ ค่า hardness ค่าความชื้น ค่า a_w และค่าสี a และคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ความชอบด้านกลิ่นรสนั้น พบว่าสมการที่ได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) จึงไม่นำมาใช้ในการทำ RSM เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดของผลิตภัณฑ์

MacDougall (1983) ได้กล่าวว่า ลักษณะปรากฏและสีของผลิตภัณฑ์เป็นคุณลักษณะสำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหาร สำหรับผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งในการทดลองนี้พบว่า คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับปริมาณของ mixed crisp (ตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.2 a) เช่นเดียวกับค่า L และค่า b (ตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.2 e, g) ที่มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของ mixed crisp ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงพบว่า mixed crisp เป็นวัตถุดิบที่ส่งผลต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง

ในการทดลองนี้ใช้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ และด้านเนื้อสัมผัส 5.6 คะแนนขึ้นไป (จากการใช้วิธี 9-point hedonic scale) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง ในการเลือกใช้ระดับคะแนนทางด้านการทดสอบการยอมรับในการหาช่วงสูตรที่เหมาะสมนั้นมีการเลือกใช้ค่าที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับผู้วิจัย เช่น งานวิจัยของ Prinyawiwatkul *et al.* (1993, 1997) ได้ใช้ระดับคะแนนที่ 5.5 เป็นเกณฑ์ในการหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดของ extruded snack และใช้ระดับคะแนนที่ 5.4 ในการหาสูตรของ nugget ไก่ นอกจากนี้ Deshpande and McWatters (2008) ได้ใช้ระดับคะแนนที่ 5.0 ในการหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องดื่มจากถั่วลิสงและถั่วเหลือง

เมื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาระดับของวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุด (optimization) ที่ให้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ และด้านเนื้อสัมผัสอย่างน้อย 5.6 คะแนน วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Design-Expert (Statease Inc.) ผลการวิเคราะห์ได้ contour plot แสดงในภาพ 4.3 พบว่าต้องใช้สัดส่วนของวัตถุดิบ ดังนี้ สตรอเบอรีอบแห้งร้อยละ 25 ถึงร้อยละ 35 ลำไยอบแห้งร้อยละ 25 ถึงร้อยละ 35 และ mixed crisp ร้อยละ 25 ถึงร้อยละ 35 จึงจะได้ผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่มีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ และด้านเนื้อสัมผัส อย่างน้อย 5.6 คะแนน ในการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.3 ระดับของสตรอเบอรีอบแห้ง ลำไยอบแห้ง และ mixed crisp ที่สูงที่สุด (พื้นที่แรเงา) ในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่ให้คะแนนการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ และด้านเนื้อสัมผัสมากกว่า 5.6 คะแนน (9-point hedonic scale)

4.3.1 การตรวจสอบสมการที่ใช้ในการทำนาย

เมื่อได้ช่วงที่เหมาะสมของสตรอเบอรีอบแห้ง ลำไยอบแห้ง และ mixed crisp แล้ว จึงทำการทดสอบสมการนั้นว่า สามารถทำนายค่าที่ต้องการได้จริงหรือไม่ โดยการเลือกจุดที่อยู่ในช่วงที่ได้ข้างต้นไปทำการผลิต แล้ววัดค่าทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัส จุดที่เลือกใช้ในการทดสอบสมการคือ ใช้สตรอเบอรีอบแห้งร้อยละ 28 ลำไยอบแห้งร้อยละ 27 และใช้ mixed crisp ร้อยละ 20 นำค่าที่ได้จากการทดลองจริง ทำการผลิต 2 ซ้ำ เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ ผลแสดงในตารางที่ 4.11 ซึ่งจะเห็นได้ว่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของตัวแปรตามต่างๆ นั้นมีความแตกต่างกันน้อย คือ อยู่ในช่วงร้อยละ 1.60 ถึง ร้อยละ 7.78 Hu (1999) ได้เสนอแนะว่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าที่ได้จากการทดลอง และค่าที่ได้จากการทำนายนั้นจะต้องแตกต่างกันน้อยกว่าร้อยละ 10 จึงจะเพียงพอต่อการทำนายของสมการ นอกจากนี้ งานวิจัยของ Gan *et al.* (2007) ที่ทำการศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมของเค้กมันสำปะหลังได้ใช้ร้อยละความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 5 ในการทดสอบว่าสมการที่ได้นั้นสามารถทำนายค่าได้แม่นยำเพียงพอหรือไม่ ดังนั้นในการหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งในงานวิจัยนี้มีค่าความแตกต่างน้อยกว่าร้อยละ 10 สมการที่ได้จึงสามารถใช้ทำนายคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ และด้านเนื้อสัมผัส เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของสตรอเบอรีอบแห้ง ลำไยอบแห้ง และ mixed crisp

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.11 ค่าเฉลี่ย* ทางกายภาพ และค่าเฉลี่ย* ทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่ได้จากการทำนาย และจากการทดลอง

ตัวแปรตาม	ค่าจากการทำนาย	ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง**	ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)
ลักษณะปรากฏ*	6.2	6.1 ± 0.2	1.60
เนื้อสัมผัส*	5.6	5.8 ± 0.2	2.52
Stickiness	-215.60	-208.8 ± 13.31	3.28
ค่า *L*	37.88	35.15 ± 0.52	7.78
ค่า *b*	8.34	5.89 ± 0.20	5.59

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัส ทดสอบโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale กับผู้ทดสอบจำนวน 100 คน

** ทดลองจากสูตรสตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่มีสตรอเบอรีอบแห้ง ร้อยละ 28 ลำไยอบแห้ง ร้อยละ 27 และ mixed crisp ร้อยละ 20

จากผลการหาช่วงของสูตรที่เหมาะสมที่สุด (optimization) ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งข้างต้น พบว่า ช่วงของวัตถุดิบที่ทำให้ผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่ให้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ และด้านเนื้อสัมผัส อย่างน้อย 5.6 คะแนน ในการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale คือใส่สตรอเบอรีอบแห้งร้อยละ 25 ถึง ร้อยละ 35 ลำไยอบแห้ง ร้อยละ 25 ถึง ร้อยละ 35 และ mixed crisp ร้อยละ 25 ถึง ร้อยละ 35 ดังนั้น สูตรผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปศึกษาเป็นผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง คือ ใช้วัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดในระดับที่ต่ำที่สุดของช่วง คือ ร้อยละ 25 สรุปสูตรของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง คือ

สตรอเบอรีอบแห้ง	ร้อยละ 25	ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
ลำไยอบแห้ง	ร้อยละ 25	ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
mixed crisp	ร้อยละ 25	ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
กลูโคสไซรัป	ร้อยละ 10	ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
น้ำเชื่อมสตรอเบอรี	ร้อยละ 13	ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
น้ำมันดอกทานตะวัน	ร้อยละ 2	ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่พัฒนาได้

ภาพ 4.4 ผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

จากการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง ใช้วัตถุดิบ ได้แก่ สตรอเบอรีอบแห้ง ร้อยละ 25 ลำไยอบแห้ง ร้อยละ 25 mixed crisp ร้อยละ 25 กลูโคสไซรัป ร้อยละ 10 น้ำเชื่อมสตรอเบอรี ร้อยละ 13 น้ำมันดอกทานตะวัน ร้อยละ 2 โดยสัดส่วนของวัตถุดิบแต่ละชนิดนั้นคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ได้ผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง ดังภาพ 4.4 สำหรับคุณภาพทางเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้ว แสดงดังตาราง 4.12

เมื่อเปรียบเทียบค่าความชื้น ปริมาณสารปนเปื้อน ได้แก่ สารหนู ทองแดง และตะกั่ว จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา จำนวนเชื้อ *Staphylococcus aureus* และเชื้อ *Salmonella* spp. กับข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลไม้แห้ง มอก.919-2532 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532) พบว่าผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่พัฒนาได้มีคุณภาพที่ปลอดภัยเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานนั้น สำหรับปริมาณโปรตีน ไขมัน ใยอาหารหยาบ ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ และเถ้า มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 3.92 2.54 5.88 6.86 และ 0.99 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.12 คุณภาพของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

คุณภาพ	หน่วย	ปริมาณ
คุณภาพทางเคมีและภายภาพ		
ความชื้น	(%)	8.61 ± 0.58
ค่า a_w (ที่ 25 °C)		0.615 ± 0.005
ค่าสี L		43.26 ± 5.06
a		4.15 ± 0.85
b		8.77 ± 1.62
ค่า hardness (g force)	567.83 ± 78.07	
ค่า stickiness	(g force)	-74.90 ± 40.31
โปรตีน (crude protein)	(%)	3.92 ± 0.63
ไขมัน (crude fat)	(%)	2.54 ± 1.12
ใยอาหาร (crude fiber)	(%)	5.88 ± 1.97
ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber)	(%)	6.90 ± 1.32
เถ้า	(%)	0.99 ± 0.37
พลังงาน	(kcal/หน่วยบริโภค 40 g)	148.51 ± 8.22
สารต้านออกซิเดชัน	(mg gallic acid/g)	4.39 ± 1.21
ปริมาณฟีนอลทั้งหมด	(mg gallic acid/g)	4.03 ± 0.52
สารปนเปื้อน		
สารหนู*	(mg/kg)	0.023
ทองแดง*	(mg/kg)	6.50
ตะกั่ว*	(mg/kg)	< 0.12
คุณภาพทางจุลินทรีย์		
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด	(CFU/g)	3.6×10^3
ยีสต์และรา	(CFU/g)	50
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	(MPN/g)	< 3.0
*Staphylococcus aureus**	(CFU/g)	< 10.0
Salmonella spp.*	(ในตัวอย่าง 25 g)	ไม่พบ

*ส่งตรวจวิเคราะห์ ณ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตามที่ Thai RDI (Thai Recommended Daily Intakes) ได้แนะนำปริมาณใยอาหารให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป เท่ากับ 25 กรัม โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ซึ่งในการกล่าวอ้างว่าผลิตภัณฑ์ใดจะเป็นแหล่งของใยอาหารนั้น จะต้องมีใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber) ร้อยละ 10 ถึง 19 ของการบริโภคต่อวัน (% daily value) (กระทรวงสาธารณสุข, 2541) โดยใยอาหารทั้งหมด จะแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber) และใยอาหารชนิดละลายน้ำ (soluble dietary fiber) (DietaryFiberFood, 2009) ดังนั้นหากจะกล่าวอ้างว่าสแนคบาร์เป็นแหล่งของใยอาหาร ในหนึ่งหน่วยบริโภคของสแนคบาร์ คือ 40 กรัม ต้องมีใยอาหารทั้งหมด 2.50 ถึง 4.75 กรัม

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่ผ่านการพัฒนา พบว่า ผลิตภัณฑ์มีใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำในปริมาณร้อยละ 6.90 นั่นคือผลิตภัณฑ์ 40 กรัม มีใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ เท่ากับ 2.76 กรัม ซึ่งประมาณได้ว่าจะมีปริมาณของใยอาหารทั้งหมดมากกว่า 2.76 กรัม ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่พัฒนานี้ เป็นแหล่งของใยอาหาร

ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้พบว่ามีความสามารถในการต้านออกซิเดชัน เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH มีปริมาณสารต้านออกซิเดชันเท่ากับ 4.39 mg gallic acid/g และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด เท่ากับ 4.03 mg gallic acid/g ค่าที่ได้พบว่าสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์สารต้านออกซิเดชันในวัตถุดิบที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ ซึ่งพบว่าสตรอเบอรีอบแห้ง และลำไยอบแห้งนั้นมีความสามารถในการต้านออกซิเดชัน อีกทั้งวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นวัตถุดิบหลักในผลิตภัณฑ์ด้วย จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ช่วยให้ผู้บริโภคให้ความสนใจในผลิตภัณฑ์นี้มากขึ้น และส่งผลให้มีทัศนคติที่ดีต่อผลิตภัณฑ์นี้ด้วย

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าพลังงานของผลิตภัณฑ์โดยใช้ bomb calorimeter (PARR model 1356 Bomb Calorimeter, USA.) พบว่ามีค่าเท่ากับ 148.51 กิโลแคลอรีต่อหน่วยบริโภค 40 กรัม ค่าที่ได้นี้พบว่าใกล้เคียงกับสแนคบาร์ในท้องตลาด เช่น สแนคบาร์ชนิดผลไม้รวมผสมธัญพืช ตรา PIK'N'FIL ผลิตโดยบริษัท นิวคอนเซฟท์ โปรดัคท์ จำกัด ให้พลังงาน 140 กิโลแคลอรีต่อหน่วยบริโภค 40 กรัม สแนคบาร์ชนิดธัญพืชผสมผลไม้ ตรา HAHNE (C.Hahne Mühlenwerke GmbH & Co. KG, ประเทศเยอรมนี) ให้พลังงานเท่ากับ 152 กิโลแคลอรีต่อหน่วยบริโภค 40 กรัม และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สแนคบาร์ชนิด mixed berry bar ตรา Nature Valley™ Chewy Trail Mix Bars (General Mills Sales, Inc., USA.) ให้พลังงาน 160 กิโลแคลอรีต่อหน่วยบริโภค 40 กรัม

สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ทำการทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 200 คนโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) ในการให้คะแนนคุณลักษณะในด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ซึ่งในการทดสอบนี้ได้ให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่ผ่านการพัฒนาแล้ว ควบคู่ไปกับการทดสอบผลิตภัณฑ์สแนคบาร์ที่ใกล้เคียงกันในท้องตลาด ผลการทดสอบแสดงดังตาราง 4.13 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้วนั้นมีค่าคะแนนความชอบในด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส เท่ากับ 6.2 5.9 6.2 และ 5.6 ตามลำดับ แสดงว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์นี้แล้วเมื่อนำค่าที่ได้เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกันในท้องตลาด พบว่าคะแนนความชอบในด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ธัญพืชผสมผลไม้รวมชนิดแท่ง ตรา HAHNE แต่พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับผลิตภัณฑ์ธัญพืชผสมผลไม้รวม ตรา PIK'N'FIL โดยผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่พัฒนาได้นั้นมีคะแนนความชอบเฉลี่ยที่สูงกว่า ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่พัฒนานี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับ และมีคะแนนความชอบที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด

ตาราง 4.13 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบ* ของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่ผ่านการพัฒนาแล้วเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกันในท้องตลาด (n = 200)

สแนคบาร์	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส			
	ความชอบโดยรวม	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส
สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง	6.2 ± 1.0b	5.9 ± 1.1b	6.2 ± 4.3b	5.6 ± 1.2b
PIK'N'FIL**	5.0 ± 1.9a	5.6 ± 1.8a	4.2 ± 2.0a	5.0 ± 2.1a
HAHNE***	6.1 ± 1.7b	5.9 ± 1.6b	6.0 ± 1.9b	5.4 ± 1.9b

*ค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความชอบของผู้บริโภคจำนวน 200 คน ทดสอบโดยใช้ 9-point hedonic scale ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

**ผลิตภัณฑ์ธัญพืชผสมผลไม้รวมชนิดแท่ง ผลิตภัณฑ์โดย บริษัท นิวคอนเซพท์ โปรดัคท์ จำกัด ประเทศไทย

***ผลิตภัณฑ์ธัญพืชผสมผลไม้รวมชนิดแท่ง ตรา HAHNE ผลิตโดยบริษัท C.Hahne Mühlenwerke GmbH & Co. KG ประเทศเยอรมนี

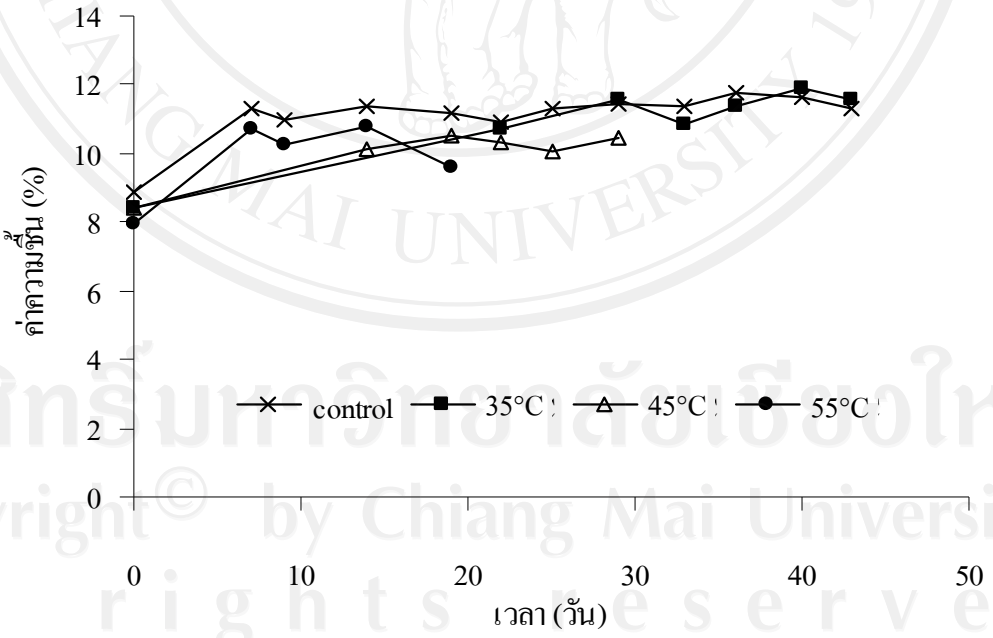
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง

การทดสอบอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่ผ่านการพัฒนาทดสอบโดยใช้วิธีการเร่งสภาวะ คือ เร่งที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส ทุกครั้งที่ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์จะสุ่มตัวอย่างควบคุม (เก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส) มาวิเคราะห์ด้วยทุกครั้ง เมื่อทำการตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ และทางด้านประสาทสัมผัส ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ เป็นไปดังนี้

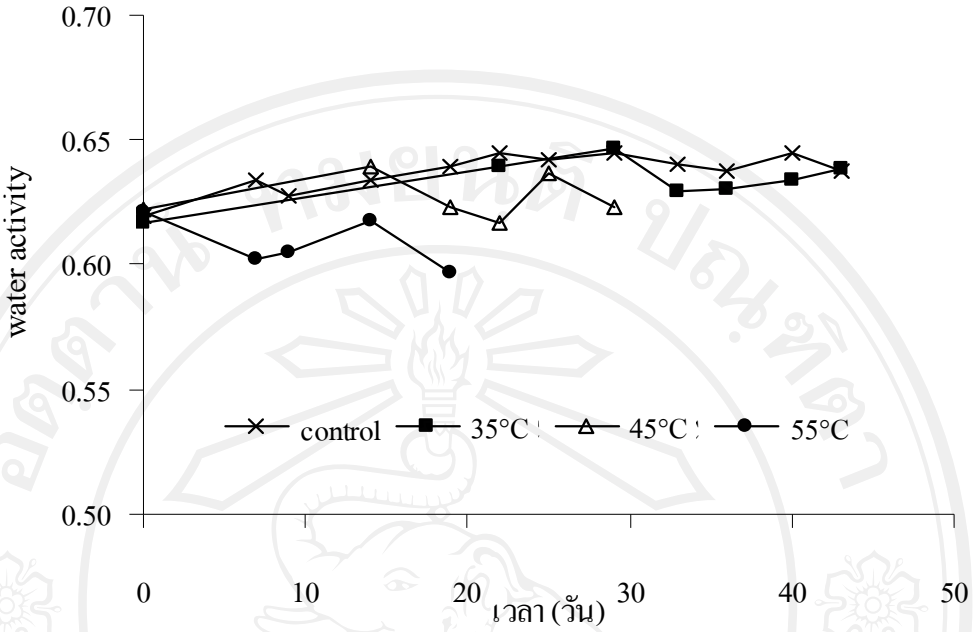
4.5.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าความชื้น ค่า a_w ค่าสี L a b ค่า hardness ค่า stickiness แสดงดังภาพที่ 4.5 4.6 4.7 4.8 4.9 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ



ภาพ 4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ในระหว่างการศึกษาอายุการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

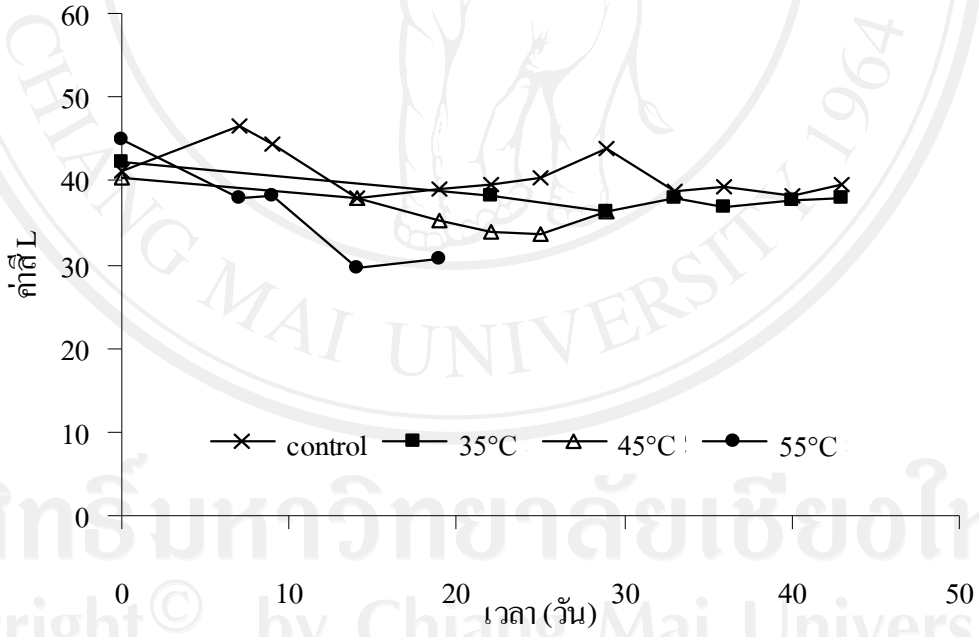


ภาพ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ในระหว่างการศึกษาอายุการเก็บรักษา

จากการตรวจสอบคุณภาพความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้นค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เก็บ ณ อุณหภูมิควบคุม 35 และ 45 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีแนวโน้มของค่าเพิ่มขึ้นดังภาพ 4.5 แต่ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เก็บ ณ 55 องศาเซลเซียสพบว่าเมื่อเวลาเก็บนานขึ้นค่าความชื้นกลับไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P\geq0.05$) ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บที่อุณหภูมิควบคุม 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 8.85 ถึง 11.79 8.38 ถึง 11.91 8.41 ถึง 10.50 และ 7.99 ถึง 10.78 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นนั้นผลิตภัณฑ์จะมีความชื้นเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเมื่อเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่อง ผลไม้แห้ง มอก. 919-2532 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532) ที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 18 นั้น ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่ศึกษาอายุการเก็บนี้พบว่าเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้น ค่าความชื้นจึงเป็นปัจจัยที่ไม่นำไปวิเคราะห์การเก็บในสภาวะเร่ง

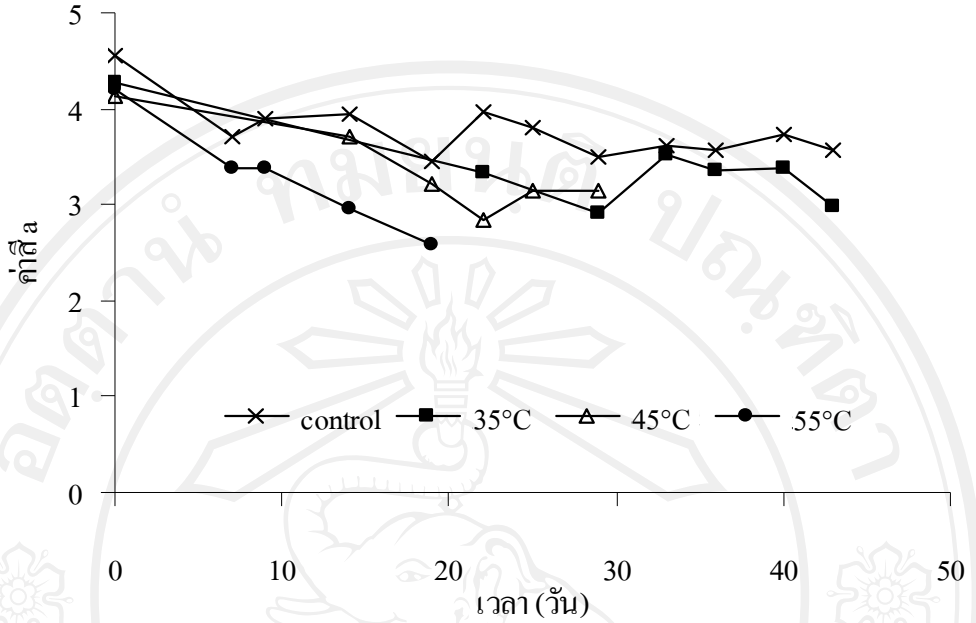
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่า a_w เป็นค่าที่แสดงว่าเชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ การวัดค่า a_w ของการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น แสดงดังภาพ 4.6 และภาคผนวก ค ตาราง 1 ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บ ณ อุณหภูมิควบคุมมีค่าอยู่ในช่วง 0.620 ถึง 0.645 ค่า a_w ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสมีค่าอยู่ในช่วง 0.617 ถึง 0.647 ค่า a_w ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสมีค่าอยู่ในช่วง 0.617 ถึง 0.640 และค่า a_w ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสมีค่าอยู่ในช่วง 0.597 ถึง 0.622 ตามลำดับ โดยพบว่าค่า a_w ที่อุณหภูมิควบคุม 45 และ 55 องศาเซียสนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แสดงว่า ค่า a_w นั้นจะไม่เปลี่ยนแปลง หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเก็บไว้นานขึ้น มีเพียงค่า a_w ของการเก็บที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเท่านั้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จึงอาจสรุปได้ว่าค่า a_w ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นานขึ้น จึงไม่นำค่า a_w ไปใช้ในการวิเคราะห์อายุการเก็บในสภาวะเร่ง

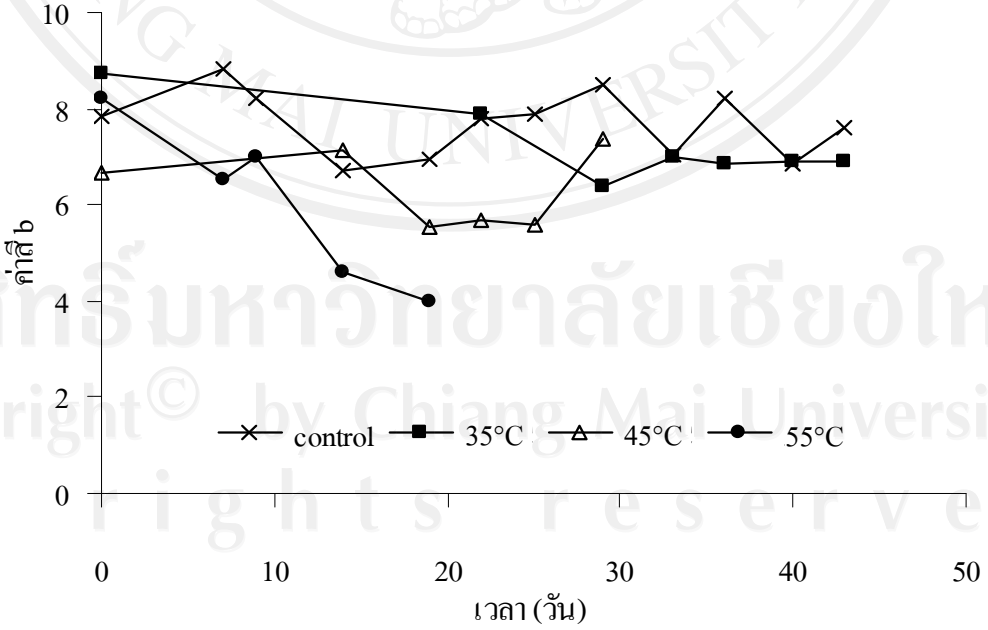


ภาพ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ในระหว่างการศึกษาอายุการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ในระหว่างการศึกษาอายุการเก็บรักษา



ภาพ 4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ในระหว่างการศึกษาอายุการเก็บรักษา

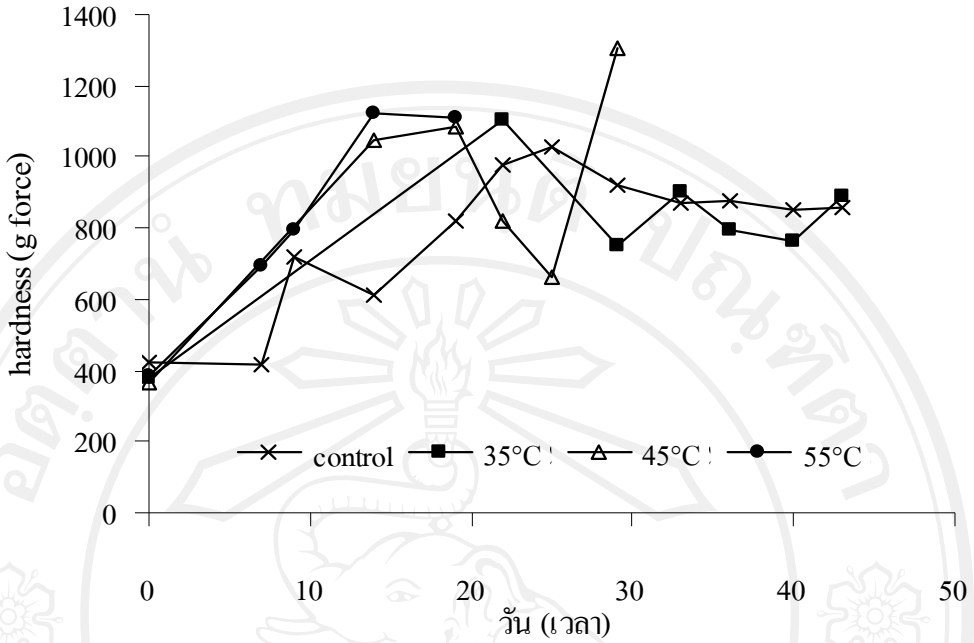
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการตรวจสอบคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บรักษา ณ อุณหูมิที่แตกต่างกัน พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ค่า L ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิควบคุม 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีแนวโน้มของค่าลดลง หรือสีของผลิตภัณฑ์คล้ำขึ้น ดังภาพที่ 4.7 และภาคผนวก ค ตาราง 2 โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่าค่า L ของผลิตภัณฑ์ลดลงมากตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น ค่า L ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บ ณ อุณหภูมิควบคุม 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 37.89 ถึง 46.62 36.27 ถึง 42.26 33.66 ถึง 40.35 และ 29.70 ถึง 45.05 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งมีสีที่คล้ำขึ้น ดังนั้น ค่า L จึงควรนำไปศึกษาในการคำนวณอายุการเก็บในสภาวะเร่ง เนื่องจากระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้นนั้นส่งผลให้ค่า L เปลี่ยนแปลงไปอย่างชัดเจน

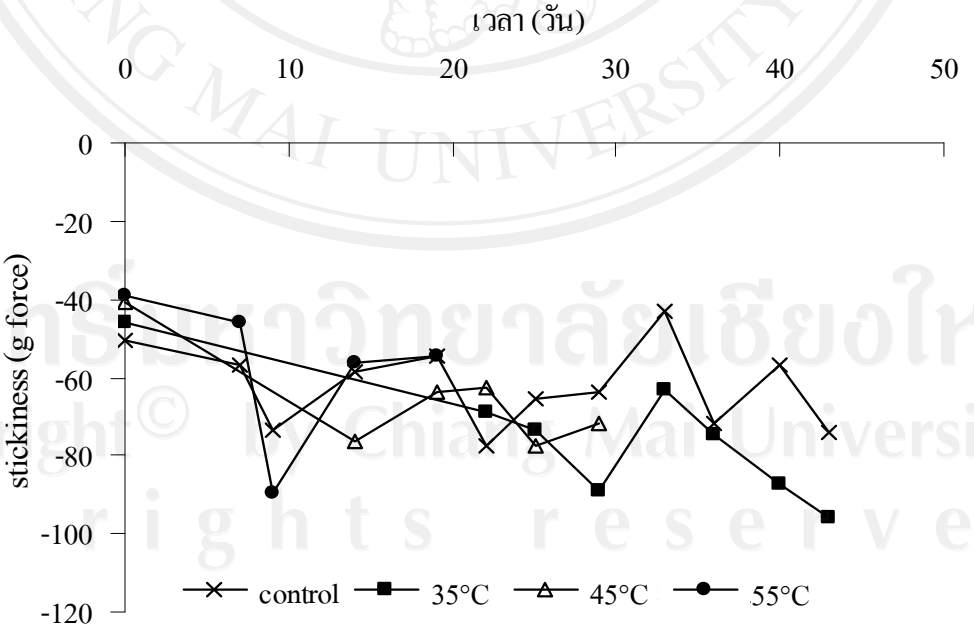
ค่าสี a ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บ ณ อุณหภูมิควบคุม 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 3.44 ถึง 4.57 2.91 ถึง 4.28 2.83 ถึง 4.13 และ 2.59 ถึง 4.21 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นพบว่าค่า a ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียสนั้นมีค่าแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในภาพ 4.8 และภาคผนวก ค ตาราง 3 โดยพบว่าค่า a มีแนวโน้มลดลง แสดงว่าผลิตภัณฑ์จะมีสีที่คล้ำขึ้น สอดคล้องกับค่า L ข้างต้นที่พบว่าเมื่อเวลาการเก็บนานขึ้น จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น เมื่อพิจารณาถึงค่า a ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บ ณ อุณหภูมิควบคุม เมื่อเวลาในการเก็บนานขึ้นกลับพบว่าค่า a ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P\geq0.05$) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาในสภาวะเร่งนั้นส่งผลต่อค่าสี a

ค่าสี b ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิแตกต่างกัน พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ค่า b นั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P\geq0.05$) โดยพบว่าค่า b ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิควบคุม 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 6.70 ถึง 8.82 6.41 ถึง 8.74 5.56 ถึง 7.39 และ 4.00 ถึง 8.23 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 4.9 และภาคผนวก ค ตาราง 4 ดังนั้น ในการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งนั้นจะไม่ใช้ค่าสี b ในการประเมิน เนื่องจากว่าอุณหภูมิ และเวลาที่เพิ่มขึ้นนั้น ไม่ส่งผลให้ค่าสี b เกิดการเปลี่ยนแปลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.10 การเปลี่ยนแปลงค่า hardness ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ในระหว่างการศึกษาอายุการเก็บรักษา



ภาพ 4.11 การเปลี่ยนแปลงค่า stickiness ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ในระหว่างการศึกษาอายุการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

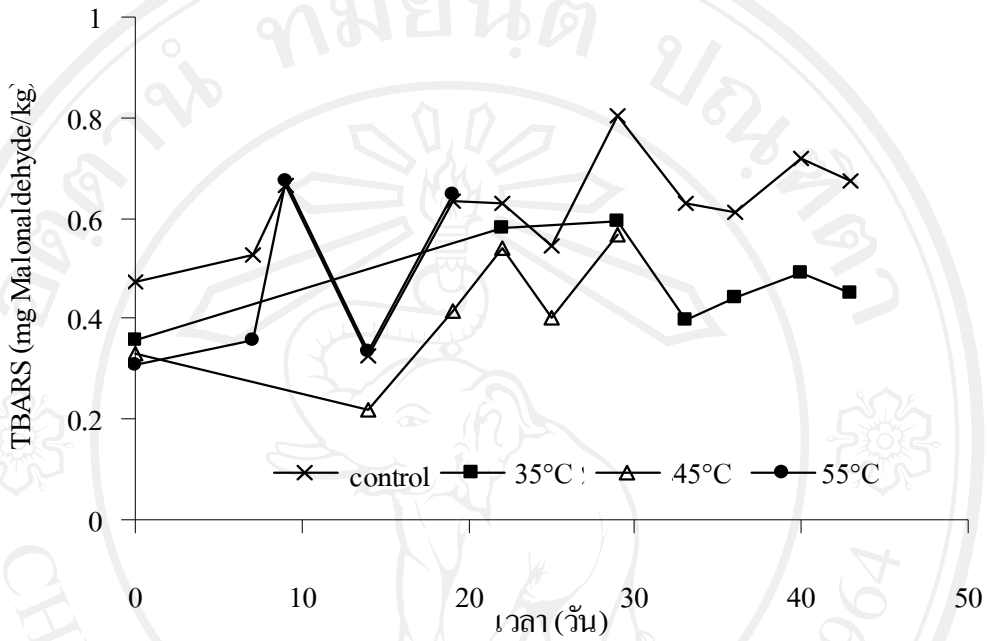
ด้านการเปลี่ยนแปลงค่า hardness ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน วัดค่าโดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer) ผลการวัดค่า hardness พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.10 และภาคผนวก ค ตาราง 5 โดยพบว่าทุกอุณหภูมิที่ใช้เก็บผลิตภัณฑ์นั้นส่งผลให้ค่า hardness แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า hardness เพิ่มอย่างรวดเร็ว แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มมากขึ้น ค่า hardness ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บในอุณหภูมิควบคุม 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 421.2 ถึง 1024.9 379.6 ถึง 1106.4 364.2 ถึง 1305.6 และ 387.3 ถึง 1123.2 g force ตามลำดับ

ด้านการเปลี่ยนแปลงค่า stickiness หรือค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่เก็บ ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน พบว่าค่า stickiness ที่เก็บสภาวะอุณหภูมิควบคุม 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง -43.0 ถึง -77.4 -45.8 ถึง -95.9 -40.7 ถึง -77.3 และ -39.3 ถึง -89.4 g force ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงของค่า stickiness ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน พบว่ามีแนวโน้มลดลงหรือติดลบเพิ่มมากขึ้น แสดงว่าเมื่อเวลาในการเก็บนานขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวเพิ่มขึ้นด้วย ดังแสดงในภาพ 4.11 และภาคผนวก ค ตาราง 6 โดยเฉพาะการเก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 55 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ค่า stickiness จะมีแนวโน้มลดลง หมายความว่าผลิตภัณฑ์จะเหนียวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ในการหาการเปลี่ยนแปลงของ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาปริมาณของมาโลนัลดีไฮด์ (malonaldehyde) นิยมใช้วิเคราะห์เพื่อประเมินคุณภาพทางด้านการเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์ที่มีไขมัน หรือมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบ บ่งชี้ถึงระดับความหืนของผลิตภัณฑ์ ผลการวิเคราะห์ค่า TBARS แสดงดังภาพ 4.12 และภาคผนวก ค ตาราง 8 พบว่าค่า TBARS ในทุกๆ อุณหภูมิที่เก็บรักษามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงว่าอุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มขึ้นนั้นส่งผลให้ค่า TBARS เพิ่มขึ้นด้วย คือทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืนมากขึ้น ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บ ณ อุณหภูมิควบคุม 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 0.33 ถึง 0.80 0.36 ถึง 0.59 0.22 ถึง 0.57 และ 0.31 ถึง 0.68 มิลลิกรัม มาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ค่า TBARS ได้ถูกนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ส่วนใหญ่มักจะวิเคราะห์ควบคู่กับการทดสอบทางประสาทสัมผัส เช่น งานวิจัยของ Chu *et al.* (2001) ได้ใช้ค่า TBARS เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของน้ำมันชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการทอดกล้วย ควบคู่กับการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนให้คะแนนความเข้มของกลิ่นหืน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่าเมื่อเก็บน้ำมันที่ใช้ทอดกล้วยไว้นานขึ้น ทำให้ค่า TBARS เพิ่มขึ้น แสดงว่าเกิดการหืนของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่ให้คะแนนการหืนของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นด้วย



ภาพ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ในระหว่างการศึกษาอายุการเก็บรักษา

4.5.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

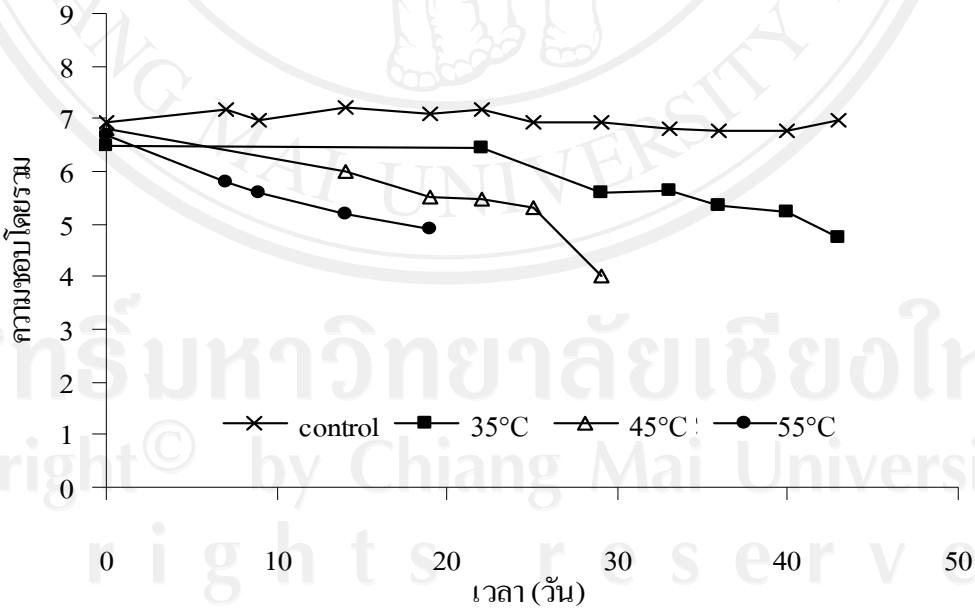
การประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของการทดสอบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส ทดสอบโดยการให้ผู้บริโภคจำนวน 50 คนประเมินผลิตภัณฑ์ในด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส โดยใช้ 9-point hedonic scale ได้ผลแสดงดังภาพ 4.13 4.14 4.15 และ 4.16 และภาคผนวก ค ตารางที่ 8 9 10 และ 11

ในการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งได้ใช้การประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นปัจจัยหลักในการตัดสินจุดสิ้นสุดอายุการเก็บของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

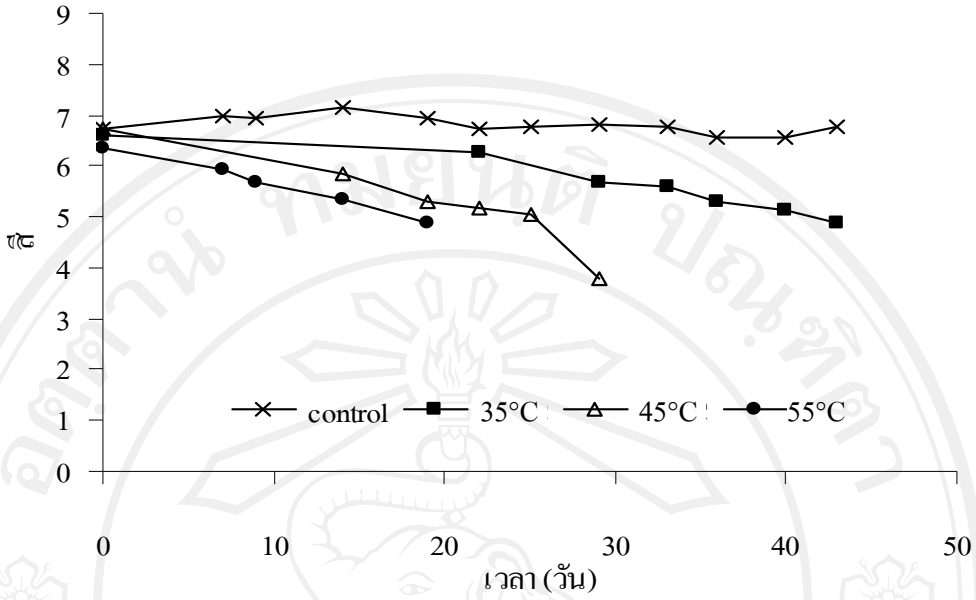
ผลิตภัณฑ์ ในที่นี้กำหนดให้เกณฑ์คะแนนการยอมรับคือ 5.0 ถ้าคุณลักษณะใดทางประสาทสัมผัสได้คะแนนการยอมรับต่ำกว่า 5 แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นสิ้นสุดอายุการเก็บ

สำหรับการประเมินคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่เก็บในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ผลการทดสอบแสดงดังภาพ 4.13 และภาคผนวก ค ตาราง 8 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียสนั้นมีคะแนนความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) โดยพบว่าคะแนนความชอบโดยรวมนั้นมีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิสูง ผลการทดสอบพบว่าผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 43 29 และ 19 วัน ตามลำดับ เนื่องจากคะแนนเฉลี่ยของความชอบโดยรวมมีค่าน้อยกว่า 5 ค่าคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่เก็บในอุณหภูมิควบคุม 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 6.9 ถึง 7.2 4.8 ถึง 6.5 4.0 ถึง 6.8 และ 4.9 ถึง 6.7 คะแนนตามลำดับ สรุปได้ว่าอุณหภูมิที่ใช้เก็บตัวอย่างนั้นส่งผลต่อผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจนจนทำให้คะแนนความชอบโดยรวมชอบผู้บริโภคลดลง ซึ่งเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่เก็บในอุณหภูมิควบคุม พบว่าคะแนนความชอบโดยรวมนั้นไม่เปลี่ยนแปลง

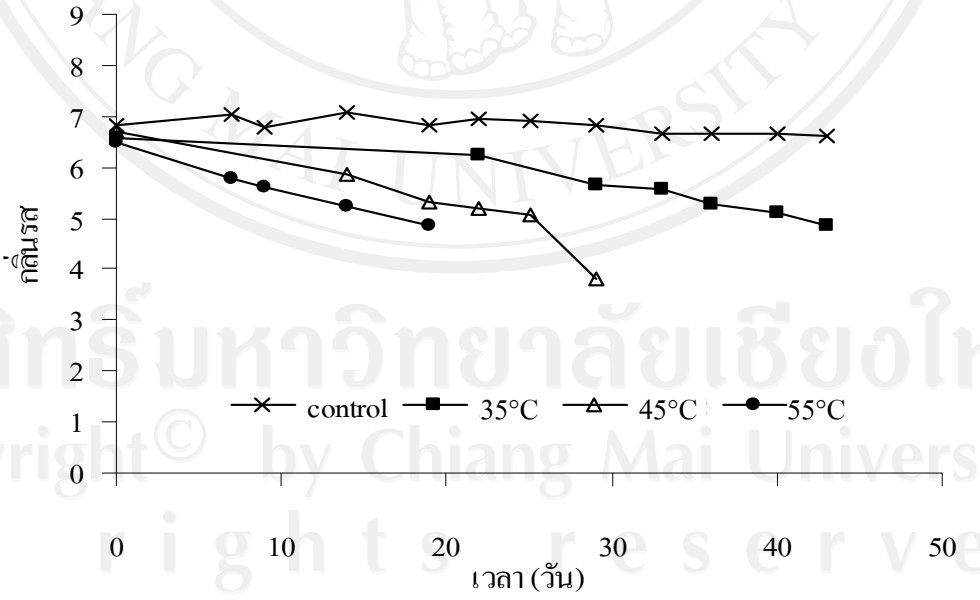


ภาพ 4.13 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกันในระหว่างการศึกษาอายุการเก็บรักษา (n=50)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

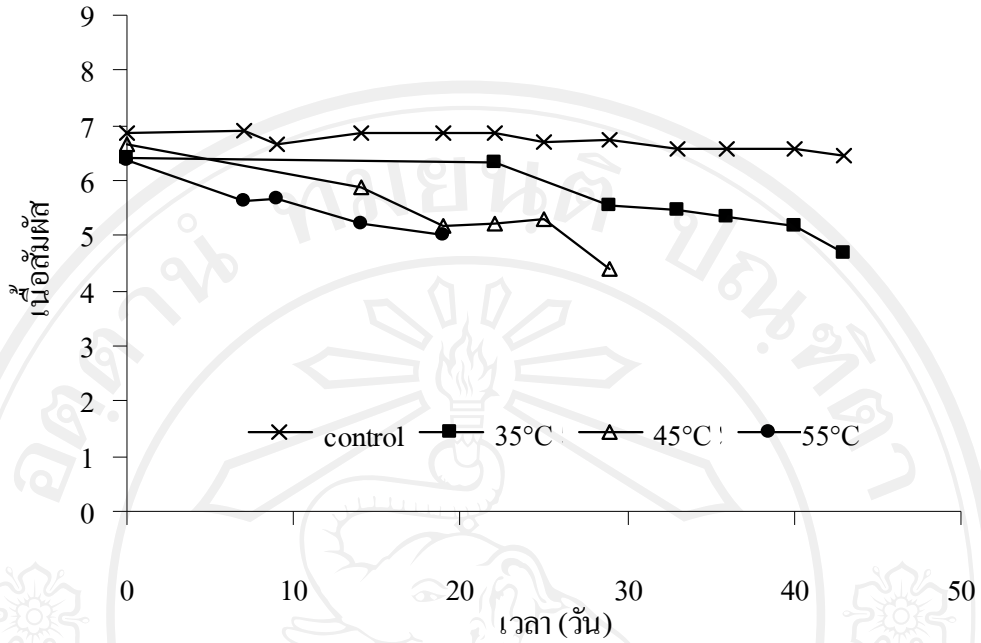


ภาพ 4.14 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านสีของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกันในระหว่างการศึกษาอายุการเก็บรักษา (n=50)



ภาพ 4.15 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกันในระหว่างการศึกษาอายุการเก็บรักษา (n=50)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.16 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกันในระหว่างการศึกษาอายุการเก็บรักษา (n=50)

สำหรับคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านสีเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิควบคุม 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีคะแนนอยู่ในช่วง 6.5 ถึง 7.2 4.8 ถึง 6.4 4.4 ถึง 6.7 และ 4.9 ถึง 6.4 คะแนนตามลำดับ พบว่าตัวอย่างที่เก็บในทุกๆ อุณหภูมินั้น เมื่อเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นส่งผลให้คะแนนความชอบในด้านสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือพบว่าคะแนนการยอมรับในด้านสีของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในภาพ 4.14 ภาคผนวก ค ตาราง 9 ส่งผลให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 43 29 และ 19 วันตามลำดับ อาจเนื่องจากที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มหรือคล้ำขึ้น ดังแสดงในผลการวัดค่า L เมื่อผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น หรือคล้ำขึ้น จึงทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์นั้น

สำหรับคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านกลิ่นรส เมื่อเวลาในการเก็บผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นในทุกๆ อุณหภูมิ ส่งผลให้คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในภาพ 4.15 และภาคผนวก ค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 10 คะแนนการยอมรับในด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ที่เก็บ ณ อุณหภูมิควบคุม 35 45 และ 55 องศาเซลเซียสมีค่าอยู่ในช่วง 6.6 ถึง 7.1 4.9 ถึง 6.6 3.8 ถึง 6.7 และ 4.8 ถึง 6.5 คะแนนตามลำดับ และค่าที่ได้พบว่ามีคะแนนน้อยกว่า 5 ดังนั้นที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส ผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมื่อเวลาผ่านไป 43 29 และ 19 วันตามลำดับ

สำหรับคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งในด้านเนื้อสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บ ณ อุณหภูมิควบคุม 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีคะแนนการยอมรับในด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 6.5 ถึง 6.9 4.7 ถึง 6.4 4.4 ถึง 6.6 และ 5.0 ถึง 6.4 คะแนนตามลำดับ โดยพบว่าเมื่อเวลาในการเก็บเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้คะแนนการยอมรับในด้านเนื้อสัมผัสของทุกๆ อุณหภูมินั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือพบว่ามีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในภาพ 4.16 และภาคผนวก ค ตารางที่ 11 และพบว่าค่าที่ได้นั้นน้อยกว่า 5 ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส ผู้บริโภคจะไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมื่อเวลาผ่านไป 43 29 และ 19 วันตามลำดับ เช่นเดียวกันกับคะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านอื่นๆ

จากผลการทดสอบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส แล้วทำการวัดค่าทางเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัสดังผลที่แสดงไปข้างต้น พบว่าคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเมื่อเร่งอุณหภูมิในการเก็บรักษาแล้วส่งผลให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อพิจารณาถึงค่า L และค่าสี a ก็พบว่าการเร่งอุณหภูมิในการเก็บรักษาส่งผลอย่างชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า L และค่า a อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังนั้นในการศึกษาอายุการเก็บในสภาวะเร่งของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งจึงเลือกใช้คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ความชอบโดยรวม สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ค่า L และค่า a ไปวิเคราะห์ต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5.4 การทดสอบอายุการเก็บในสภาวะเร่ง

จากผลการทดลองข้างต้น จึงเลือกใช้คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ความชอบโดยรวม สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า L และค่า a เป็นดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง จากนั้นศึกษาหาจลนพลศาสตร์ (reaction kinetic) ของการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส และค่า L ค่า a เพื่อหาค่าคงที่ของปฏิกิริยาการเสื่อมเสียของคุณภาพนั้น จากการสร้างกราฟระหว่างการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆ กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ค่า L และค่า a ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งสามารถอธิบายได้ด้วยจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาอันดับศูนย์ มีงานวิจัยต่างๆ มากมายศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และพบว่าจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาเป็นอันดับศูนย์ ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (nonenzymatic browning reaction) ในผลิตภัณฑ์ผัก ผลไม้ และนมผง (Saguy and Karel, 1980) ซึ่งสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ แบบ nonenzymatic browning ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ค่า L และค่า a ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง แสดงดังตาราง 4.14

เมื่อได้ค่าคงที่ของอัตราปฏิกิริยา (rate constant, k) การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพ ณ อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส แล้ว นำไปหาความสัมพันธ์ของค่า k ที่อุณหภูมิต่างๆ เพื่อจะหาค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) โดยใช้สมการของ Arrhenius (Kilcast, 2000) ดังนี้

$$\ln k = \ln k_o - E_a/RT$$

เมื่อ k = ค่าคงที่ของอัตราปฏิกิริยา (reaction rate constant)

k_o = Arrhenius constant

E_a = ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (activation energy)

R = gas constant = 8.314 J/mole.K

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)

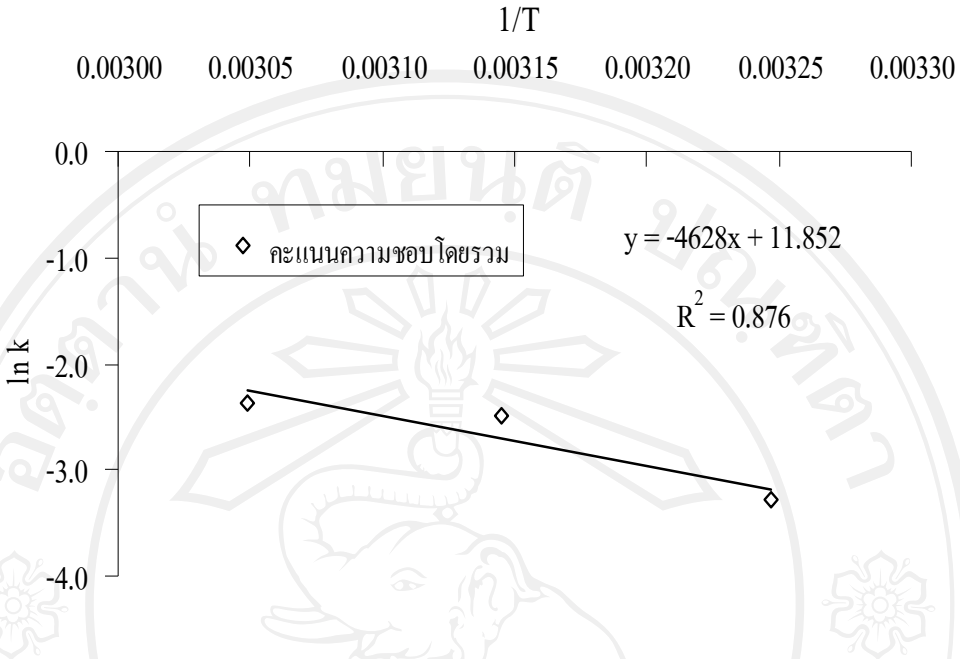
จากสมการของ Arrhenius จะหาค่า E_a ได้โดยการสร้างสมการ regression ระหว่างค่า $\ln k$ กับ 1/T (เคลวิน) แสดงดังภาพ 4.17 ถึง 4.22

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

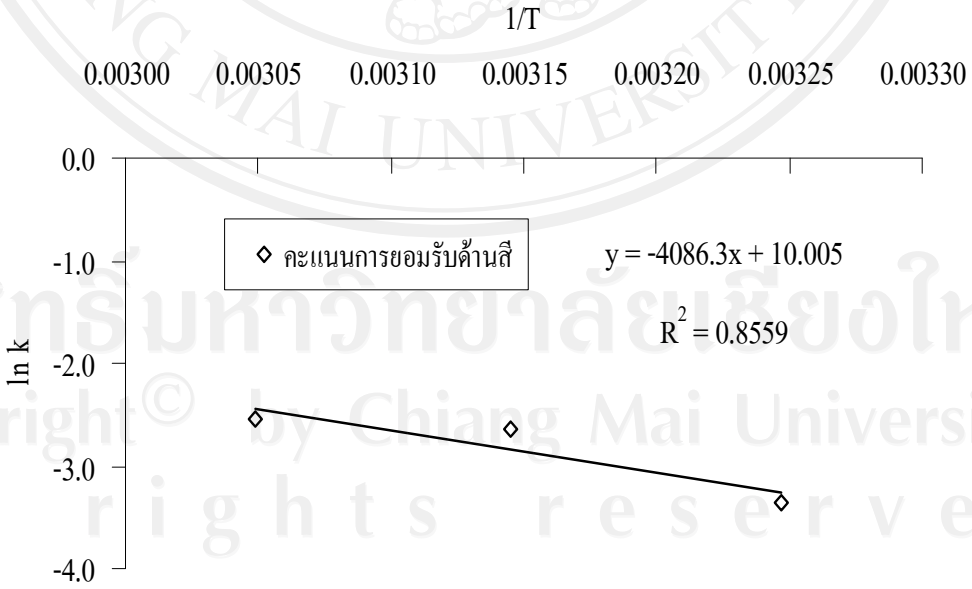
ตาราง 4.14 ค่าตัวแปรจากสมการความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งกับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

คุณภาพ	อุณหภูมิ (°C)	rate constant, k (หน่วย/วัน)	k_o (หน่วย/วัน)	R^2
ทางกายภาพ				
ค่า L	35	0.108	41.31	0.66
	45	0.206	39.35	0.68
	55	0.829	44.39	0.90
ค่า a	35	0.024	4.09	0.62
	45	0.040	4.10	0.78
	55	0.083	4.11	0.98
ทางประสาทสัมผัส				
ความชอบโดยรวม	35	0.038	6.75	0.78
	45	0.082	7.00	0.85
	55	0.094	6.57	0.97
สี	35	0.035	6.69	0.76
	45	0.070	6.75	0.95
	55	0.078	6.39	0.99
กลิ่นรส	35	0.040	6.79	0.90
	45	0.088	6.92	0.88
	55	0.085	6.42	0.99
เนื้อสัมผัส	35	0.039	6.68	0.81
	45	0.070	6.71	0.90
	55	0.072	6.29	0.96

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

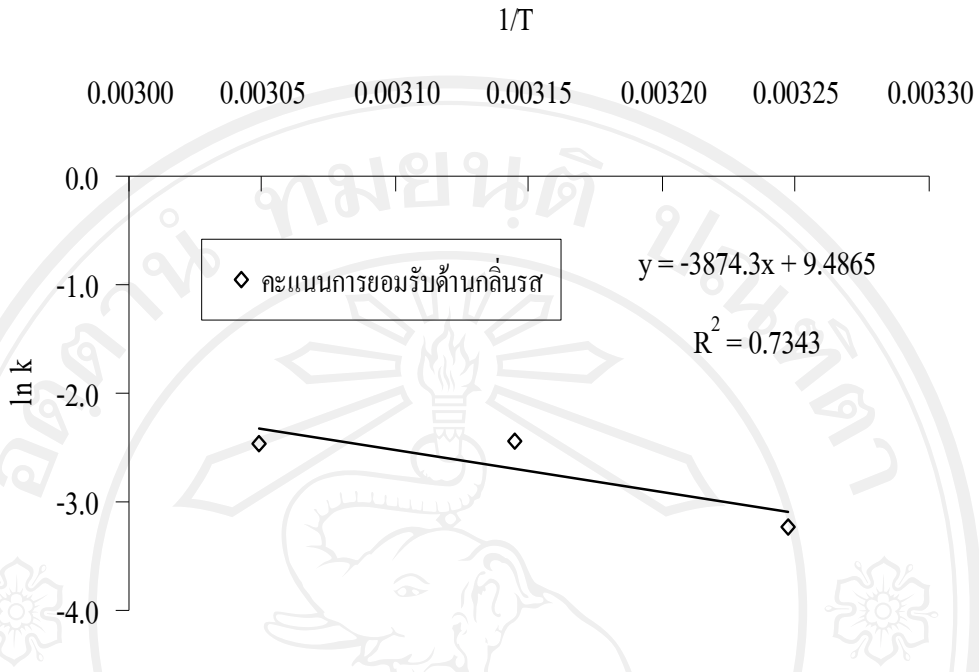


ภาพ 4.17 Arrhenius plot ของคะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง

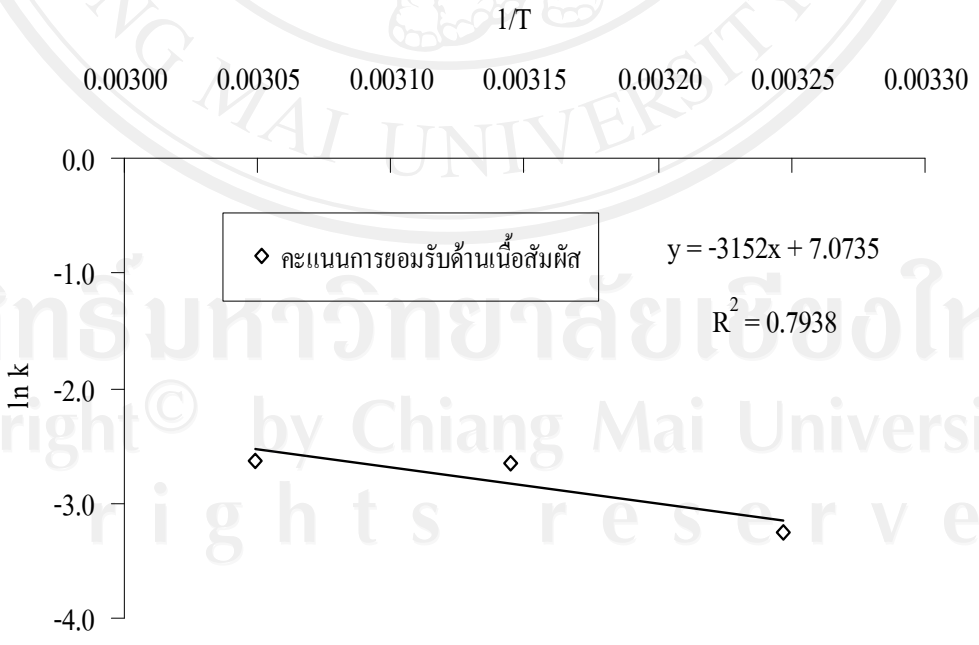


ภาพ 4.18 Arrhenius plot ของคะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

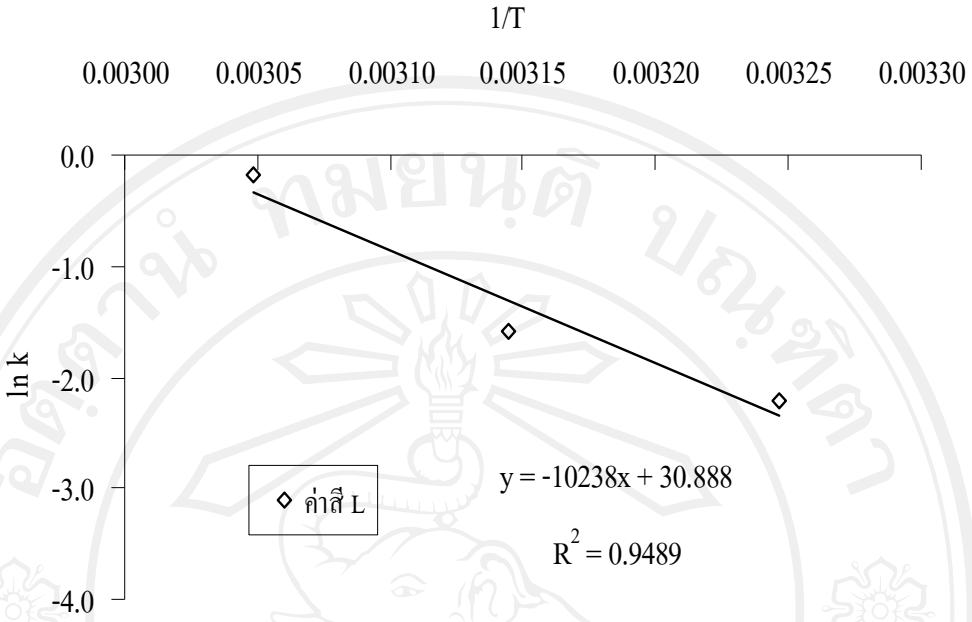


ภาพ 4.19 Arrhenius plot ของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง

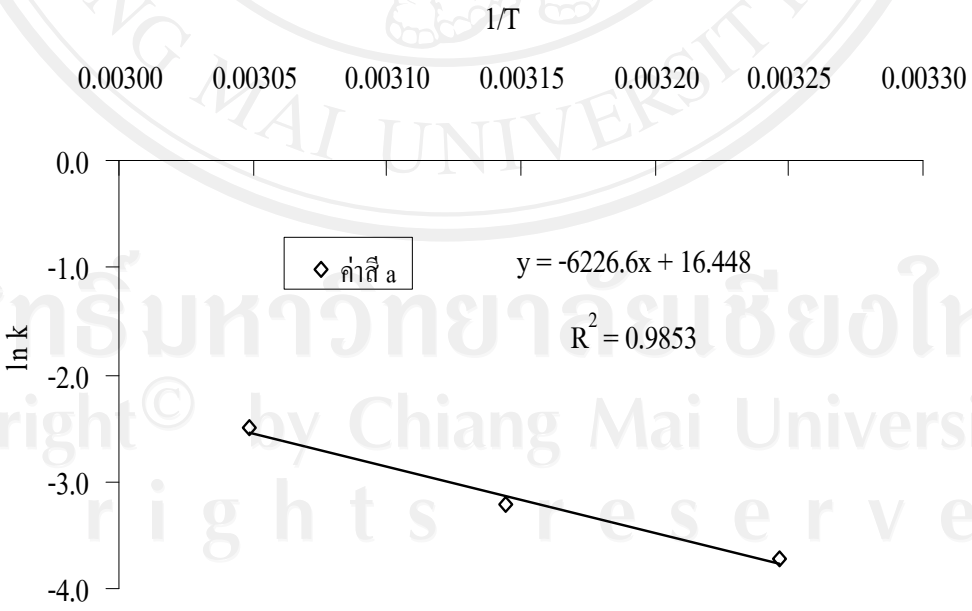


ภาพ 4.20 Arrhenius plot ของคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.21 Arrhenius plot ของค่าสี L ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี- ลำไยชนิดแท่ง



ภาพ 4.22 Arrhenius plot ของค่าสี a ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี- ลำไยชนิดแท่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จาก Arrhenius plot ข้างต้นสามารถหาค่า E_a หรือพลังงานก่อกัมมันต์ในการเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆ และค่า Q_{10} ของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ค่า L และค่า a ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งได้ แสดงดังตารางที่ 4.15 พบว่าค่า E_a ของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า L และค่า a เท่ากับ 85.12 และ 51.77 kJ/mol K ตามลำดับ มีงานวิจัยของ Ahmed and Shivhare (2001) ซึ่งทำการศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์น้ำกระเทียมเข้มข้น พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าสี เป็นปฏิกิริยาลำดับที่ 1 มีค่า E_a เท่ากับ 13.78 kJ/mol K ค่า E_a ของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน ความชอบโดยรวม สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส เท่ากับ 38.48 33.97 32.21 และ 26.21 kJ/mol K ตามลำดับ

จากการทดสอบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่ง พบว่าผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียสได้เป็นเวลา 43 29 และ 19 วันตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงค่า L นั้นพบว่ามีค่า Q_{10} เฉลี่ยเท่ากับ 1.57 และการเปลี่ยนแปลงค่า a มีค่า Q_{10} เฉลี่ยเท่ากับ 1.32 สำหรับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า ค่า Q_{10} เฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับในด้านความชอบโดยรวม ด้านสี ด้านกลิ่นรส และด้านเนื้อสัมผัส เท่ากับ 1.23 1.20 1.19 และ 1.15 ตามลำดับ

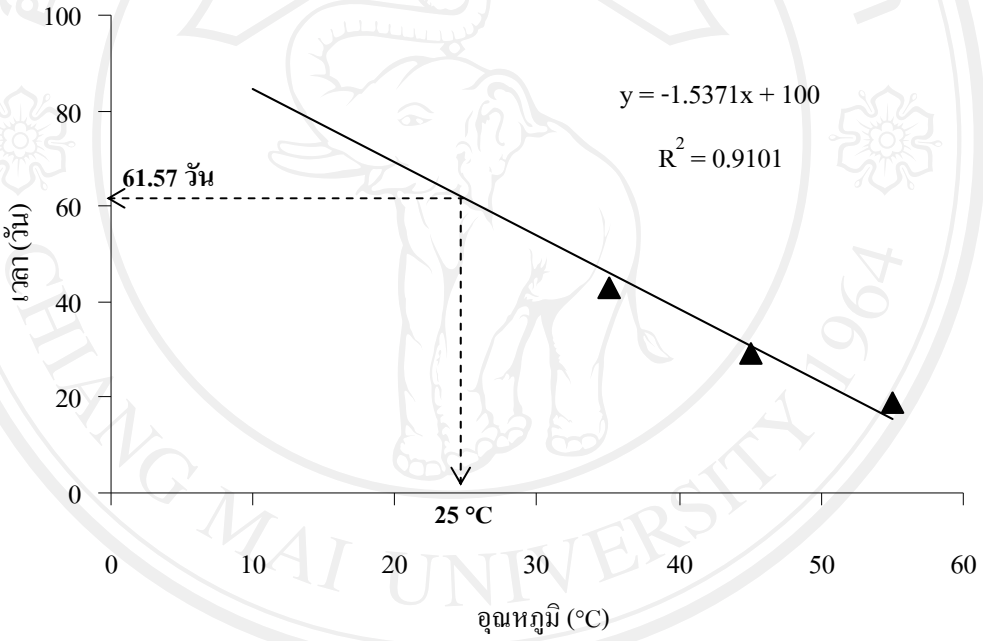
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.15 ค่า E_a และค่า Q_{10} ของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

คุณภาพ	อุณหภูมิ (°C)	Q_{10}	E_a (kJ/mol K)	R^2
ทางด้านกายภาพ				
ค่า L	35	1.62	85.12	0.95
	45	1.57		
	55	1.53		
ค่า a	35	1.34	51.77	0.99
	45	1.31		
	55	1.30		
ทางด้านประสาทสัมผัส				
ความชอบโดยรวม	35	1.24	38.48	0.88
	45	1.23		
	55	1.21		
สี	35	1.21	33.97	0.86
	45	1.20		
	55	1.19		
กลิ่นรส	35	1.20	32.21	0.73
	45	1.19		
	55	1.18		
เนื้อสัมผัส	35	1.16	26.21	0.79
	45	1.15		
	55	1.14		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาอายุการเก็บในสภาวะเร่งไปทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิทั่วไปของการวางผลิตภัณฑ์สแนคบาร์ในท้องตลาด ทำนายอายุการเก็บโดยการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ศึกษาในสภาวะเร่ง คือ อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส กับจุดสิ้นสุดอายุการเก็บที่อุณหภูมินั้นๆ ได้แก่ 43 29 และ 19 วันตามลำดับ กราฟความสัมพันธ์ที่ได้ แสดงดังภาพ 4.23 เมื่อแทนค่าลงในสมการเส้นตรง สามารถทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ได้ 61.57 วัน หรือประมาณ 2 เดือน



ภาพ 4.23 การทำนายอายุการเก็บผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี-ลำไยชนิดแท่งที่อุณหภูมิ 25 °C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved