วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

อิทธิพลของน้ำตาลซูโครสต่อการสลายตัวของสารแอนโทไซยานินในแยมมะเกี๋ยง

Influence of sucrose on the degradation of anthocyanins in Makiang jam

ชณิชา จินาการ[1*] ฐิติการณ์ จันทราช[2] เพียงดาว กุลวงศ์[2] และ ณัฏวลิณคล เศรษฐปราโมทย์[1]

[1]อาจารย์ [2]นักศึกษา สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของน้ำตาลซูโครสที่มีต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานินในแยมมะเกี๋ยงโดยเปรียบเทียบวิธีการเตรียมเนื้อมะเกี๋ยง 3 วิธี วิธีการที่ 1 นำเนื้อมะเกี๋ยงคลุกน้ำตาลซูโครส (เนื้อมะเกี๋ยง:น้ำตาล) 3 อัตราส่วน คือ 2:1 3:1 4:1 วิธีการที่ 2 คือการแช่เนื้อมะเกี๋ยงด้วยสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 35 องศาบริกซ์ (เนื้อมะเกี๋ยง:สารละลายน้ำตาล) 3 อัตราส่วน คือ 1:1 1:1.5 1:2 และวิธีสุดท้ายคือใช้เนื้อมะเกี๋ยงไม่ผสมน้ำตาลซูโครส นำเนื้อมะเกี๋ยงมาทำแยม และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วัน ผลการศึกษาพบว่าเมื่อเก็บแยมมะเกี๋ยงไว้เป็นระยะเวลานานจะทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินในแยมมะเกี๋ยงลดลง แยมมะเกี๋ยงที่เตรียมจากเนื้อมะเกี๋ยงไม่ผสมน้ำตาลซูโครสมีการสลายตัวของสารแอนโทไซยานินมากกว่าแยมมะเกี๋ยงที่เตรียมโดยการคลุกเนื้อมะเกี๋ยงด้วยน้ำตาลซูโครสหรือเนื้อมะเกี๋ยงที่แช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส อย่างไรก็ตามแยมมะเกี๋ยงที่เตรียมโดยการคลุกเนื้อมะเกี๋ยงด้วยน้ำตาลซูโครสพบว่ามีการสลายตัวของสารแอนโทไซยานินน้อยกว่าแยมที่เตรียมโดยการแช่เนื้อมะเกี๋ยงในสารละลายน้ำตาลซูโครส นอกจากนี้ยังพบว่าแยมมะเกี๋ยงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีการสลายตัวของแอนโทไซยานินช้ากว่าแยมมะเกี๋ยงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

Abstract

The aim of this research was to study the influence of sucrose on the degradation of anthocyanins in makiang jam. Makiang flesh was prepared by three different methods. In the first method, makiang flesh was mixed with sucrose at three different raitos (2:1, 3:1 and 4:1), in the second method, makiang flesh was soaked in sucrose solution (35 °Brix) at three different ratios (1:1, 1:1.5 and 1:2) and in the last method, makiang flesh was prepared without addition of sucrose. After the jam processing, makiang jams were stored at two different temperatures (the ambient temperature and 40 °C) for 30 days to measure the degradation of anthocyanins. The results showed that the anthocyanins content in makiang jam decreased with increasing the storage time. The degradation of anthocyanins in makiang jam prepared by makiang flesh without addition of sucrose was higher than those prepared by mixing makiang flesh with sucrose or soaking makiang flesh in sucrose solution. Mixing makiang flesh with sucrose had lower anthocyanins degradation than soaking makiang flesh in sucrose solution. Makiang jam stored at the ambient temperature had lower anthocyanins degradation compared to those stored at 40 °C.

คำสำคัญ : แอนโทไซยานิน น้ำตาลซูโครส การสลายตัว แยมมะเกี๋ยง

Keywords : Anthocyanins, Sucrose, Degradation, Makiang jam

[*]*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์* *jinakarnl@hotmail.com* โทร. 0 5434 2547-8 ต่อ 189 และ 08 6205 5523

1. บทนำ

มะเกี๋ยงเป็นผลไม้พื้นเมืองชนิดหนึ่งมักพบในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย มะเกี๋ยงมีประโยชน์มากในทางการแพทย์เนื่องจากมะเกี๋ยงมีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flovonoids) ซึ่งทางการแพทย์ได้ใช้สารนี้เป็นยาป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน และส่วนเปลือกของมะเกี๋ยงยังพบสารในกลุ่มโพลิฟินอล (polyphenols) แทนนิน (tannin) และแอนโทไซยานิน(Anthocyanins) (จิรภา พงษ์จันตา และคณะ, 2545) แต่แอนโทไซยานินนั้นจะถูกทำลายได้ง่ายในกระบวนแปรรูปที่ใช้ความร้อนสูง เช่น การทำแยม อีกทั้งค่าพีเอช จะมีผลเร่งอัตราเร็วของการสลายตัวของแอนโทไซยานินให้เกิดเร็วขึ้น เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนานจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลแดง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) ดังนั้นจึงได้เพิ่มความคงตัวของแอนโทไซยานินในมะเกี๋ยง โดยวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อการศึกษาวิธีการใช้น้ำตาลในการคลุกและแช่เนื้อมะเกี๋ยง และอัตราส่วนของเนื้อมะเกี๋ยงต่อน้ำตาลในการเพิ่มความคงตัวของสารแอนโทไซยานินในเนื้อมะเกี๋ยง เพื่อช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีแยมมะเกี๋ยงในระหว่างการเก็บรักษา

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

ตัวอย่างผลมะเกี๋ยงพันธุ์พื้นเมืองแช่แข็งที่ได้จากพื้นที่ปลูกภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เป็นผลสุกที่เก็บเกี่ยวได้ในช่วงเดือนกรกฎาคม ถึง ธันวาคม 2555

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

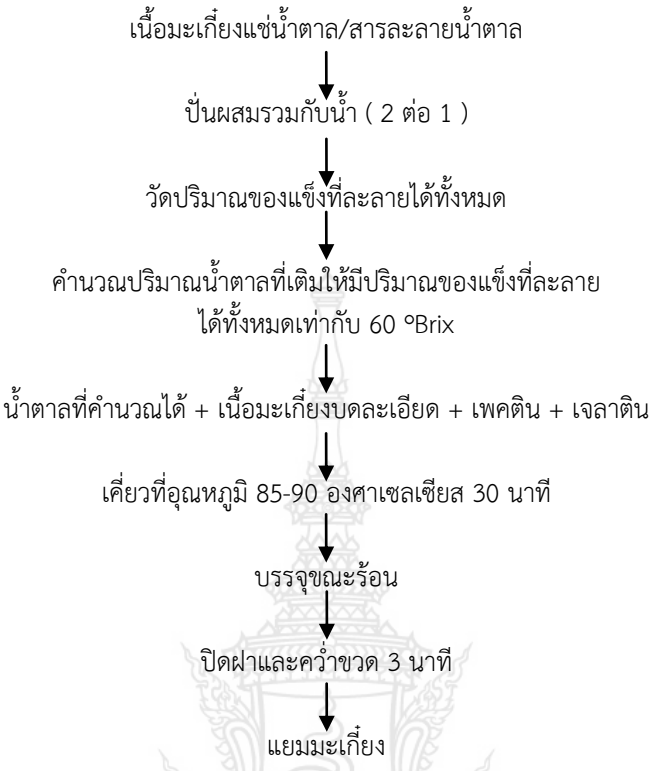
ผลมะเกี๋ยงแช่แข็งมาละลายน้ำแข็ง แบ่งเนื้อมะเกี๋ยงเป็นสองชุด ชุดที่1 คลุกด้วยน้ำตาลซูโครส 3 อัตราส่วน ชุดที่ 2 แช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 35 °Brix 3 อัตราส่วน (ดังแสดงในตารางที่ 1) จากนั้นนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเนื้อมะเกี๋ยงที่ได้มาทำแยม

ตารางที่ 1 อัตราส่วนการคลุกและแช่ของเนื้อมะเกี๋ยงต่อน้ำตาลที่เตรียมขึ้นก่อนการทำแยม

วิธีการเตรียมเนื้อมะเกี๋ยง	อัตราส่วน (เนื้อมะเกี๋ยง:น้ำตาล/สารละลายน้ำตาล)
วิธีคลุกเนื้อมะเกี๋ยงด้วยน้ำตาล	2:1
	3:1
	4:1
วิธีแช่เนื้อมะเกี๋ยงด้วยสารละลายน้ำตาล 35 °Brix	1:1
	1:1.5
	1:2

สูตรแยมมะเกี๋ยง ดัดแปลงจาก (เยาวนิจ ไวทยะวิจิตร, 2552)

เนื้อมะเกี๋ยงบดละเอียด	500 กรัม	คิดเป็น 42%
น้ำ	250 กรัม	คิดเป็น 21%
น้ำตาล	439 กรัม	คิดเป็น 36%
กรดซิตริก	5.0 กรัม	คิดเป็น 0.42%
เพคติน	4.8 กรัม	คิดเป็น 0.39%
เจลาติน	4.8 กรัม	คิดเป็น 0.39%



รูปที่ 1 ขั้นตอนการทำแยมมะเกี๋ยง
ที่มา : ดัดแปลงจากจิรภา พงษ์จันตา และคณะ (2539)

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพ

เนื้อมะเกี๋ยงและแยมมะเกี๋ยงที่ได้นำมาทำการตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆดังต่อไปนี้

2.3.1 ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของเนื้อมะเกี๋ยงแช่น้ำตาล ดังนี้

- วัดสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter) ยี่ห้อ HunterLab รุ่น ColorQuest XE
- วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในเนื้อมะเกี๋ยงโดยใช้ Hand Refractometer
- วัดค่าพีเอชโดยใช้ pH meter ยี่ห้อ METTLERTOLEDO รุ่น MP220
- วัดปริมาณกรดทั้งหมดโดยการไตเตรต (ดัดแปลงจาก AOAC, 1990)

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

2.3.2 ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของแยมมะเกี๋ยงที่แช่น้ำตาล ดังนี้

- วัดสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter) ยี่ห้อ HunterLab รุ่น ColorQuest XE
- วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(TSS)โดยใช้ Hand Refractometer
- วัดพีเอชโดยใช้ pH meter ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น MP220
- วัดปริมาณกรดทั้งหมด(TA)โดยการไตเตรต (ดัดแปลงจาก AOAC, 1990)

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

2.3.3 ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแยมมะเกี๋ยง

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวม โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาในสาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง วางแผนการทดลองแบบ Radomizaed Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

2.4 การเปลี่ยนแปลงด้านสีและสารแอนโทไซยานินของแยมมะเกี๋ยงในระหว่างการเก็บรักษา

นำแยมมะเกี๋ยงไปบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างแยมออกมาวัดค่าสีและปริมาณของสารแอนโทไซยานินเป็นเวลา 1 เดือน เปรียบเทียบกับตัวอย่างแยมที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectophotometer ความยาวคลื่น 520 และ 690 nm. ทำการตรวจสอบทุกๆ 3 วัน

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 คุณภาพด้านเคมีและกายภาพของเนื้อมะเกี๋ยงคลุกและแช่ด้วยน้ำตาล

3.1.1 ผลคุณภาพทางกายภาพด้านสี พบว่า การคลุกที่อัตราส่วน 3:1 4:1 และการแช่ที่อัตราส่วน 1:1.5 มีคุณภาพด้านสีดีที่สุด โดยเฉพาะค่าสีแดง และค่าสีเหลือง แต่เนื่องจากผลมะเกี๋ยงมีเนื้อออกสีแดงเข้มหรือม่วงแดง ดังนั้นจากการทดลองจะเห็นได้ว่า เนื้อมะเกี๋ยงที่ได้จากการคลุกด้วยน้ำตาลหรือแช่ด้วยสารละลายน้ำตาล จะมีสีแดงเข้มกว่าเนื้อมะเกี๋ยงที่ไม่ได้คลุกหรือแช่ด้วยสารละลายน้ำตาล เนื่องจากการคลุกหรือแช่ด้วยน้ำตาลจะทำให้โมเลกุลของน้ำตาลเข้าไปแทนที่น้ำในเซลล์ของอาหารและแทนที่น้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของสารแอนโทไซยานิน ทำให้โครงสร้างของแอนโทไซยานินมีความมีความเข้มข้นของน้ำตาลมาก ก็จะส่งผลต่อค่าสีของแยมที่ได้(Hujica-Paz et al., 2003)

ตารางที่ 2 ผลคุณภาพด้านเคมีและกายภาพของเนื้อมะเกี๋ยงคลุกด้วยน้ำตาลและแช่สารละลายน้ำตาล

อัตราส่วนเนื้อมะเกี๋ยง: น้ำตาล	ค่าสี			pH	TSS (°Brix)	TA (ร้อยละ) (ns)
	L*	a*	b*			
ตัวอย่างควบคุม	13.72^{a} ±0.52	13.15^{b} ±1.41	3.65^{b} ±0.50	3.07^{d} ±0.01	8.10^{f} ±0.42	2.28 ±0.35
วิธีคลุก						
2:1	5.34^{c} ±0.30	10.08^{c} ±1.00	2.54^{c} ±0.15	3.13^{a} ±0.01	46.20^{a} ±1.13	2.59 ±0.20
3:1	7.91^{b} ±0.18	15.64^{a} ±0.15	4.99^{a} ±0.01	3.13^{a} ±0.01	38.90^{b} ±1.27	2.59 ±0.20
4:1	8.25^{b} ±0.44	15.72^{a} ±0.33	5.32^{a} ±0.08	3.12^{ab} ±0.00	35.50^{c} ±0.17	2.45 ±0.00
วิธีแช่						
1:1	9.09^{b} ±0.73	10.20^{c} ±0.30	2.40^{c} ±0.00	3.08^{d} ±0.02	17.60^{e} ±0.00	2.14 ±0.64
1:1.5	8.73^{b} ±0.67	15.71^{a} ±0.38	5.20^{a} ±0.15	3.08^{cd} ±0.00	19.30^{de} ±0.42	2.38 ±0.30
1:2	8.58^{b} ±0.74	12.62^{b} ±0.52	3.80^{b} ±0.25	3.10^{bc} ±0.00	20.40^{d} ±0.28	2.42 ±0.15

a - f ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p > 0.05$)

3.1.2 ผลคุณภาพทางด้านเคมี พบว่า วิธีการคลุกเนื้อมะเกี๋ยงด้วยน้ำตาลที่อัตราส่วน 2:1 3:1 และ4:1 มีคุณภาพดีที่สุด เนื่องจากมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.13 3.13 และ 3.12 ตามลำดับ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 46.20 38.90 และ 35.50 ตามลำดับ แสดงว่าวิธีการใช้น้ำตาลในอัตราส่วนที่ต่างกัน มีผลต่อปริมาณของแข็งที่

ละลายได้ทั้งหมด โดยวิธีการคลุกด้วยน้ำตาล 2:1 จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงกว่าการคลุกด้วยน้ำตาล 3:1 และ 4:1 และวิธีการคลุกด้วยน้ำตาลจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในเนื้อมะเกี๋ยงสูงกว่าวิธีการแช่ในสารละลายน้ำตาล เนื่องจากน้ำตาลมีปริมาณของแข็งสูงกว่าสารละลายน้ำตาลจึงทำให้การแพร่ซึมผ่านของของแข็งในเนื้อมะเกี๋ยงได้เร็วกว่าการแช่ในสารละลายน้ำตาล ซึ่งความเข้มข้นของน้ำตาลมากทำให้มีผลต่อความคงตัวของสารแอนโทไซยานิน เพราะโมเลกุลของน้ำตาลจะเข้าไปจับกับโครงสร้างของแอนโทไซยานินทำให้มีความคงตัวมาก (Yoshiyuki et al., 2010) และมีปริมาณกรดทั้งหมด (เทียบกับกรดซิตริก) เท่ากับร้อยละ 2.59

3.2 ผลและการวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมีและทางประสาทสัมผัสของแยมมะเกี๋ยง

3.2.1 คุณภาพทางกายภาพของแยมมะเกี๋ยง

จากการศึกษาคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์แยมมะเกี๋ยงหลังจากการผลิต 1 วัน พบว่า แยมตัวอย่างควบคุมและแยมที่เตรียมได้จากเนื้อมะเกี๋ยงคลุกด้วยน้ำตาลในอัตราส่วน 2:1 3:1 และ 4:1 และแยมมะเกี๋ยงที่เตรียมได้จากเนื้อมะเกี๋ยงแช่ด้วยสารละลายน้ำตาลในอัตราส่วน 1:1 1:1.5 และ 1:2 ตามลำดับ มีค่าสี L* a* และ b* ไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของแยมมะเกี๋ยง

อัตราส่วนเนื้อมะเกี๋ยง: น้ำตาล	ค่าสี			pH (ns)	TSS (°Brix)	TA (ร้อยละ) (ns)
	L* (ns)	a* (ns)	b* (ns)			
ตัวอย่างควบคุม	0.23±0.28	1.65±0.12	0.41±0.04	3.22 ±0.00	65.40^{c}±0.57	0.74 ±0.00
วิธีคลุก						
2:1	0.16±0.07	1.29±0.33	0.31±0.11	3.29 ±0.01	70.00^{a}±0.00	0.72 ±0.00
3:1	0.20±0.03	1.33±0.30	0.35±0.09	3.26 ±0.03	67.70^{b}±0.42	0.73 ±0.01
4:1	0.22±0.01	1.35±0.30	0.36±0.06	3.25 ±0.05	67.50^{b}±0.71	0.73 ±0.01
วิธีแช่						
1:1	0.22±0.01	1.54±0.02	0.40±0.02	3.27 ±0.02	66.00^{c}±0.00	0.73 ±0.01
1:1.5	0.22±0.00	1.54±0.01	0.40±0.02	3.25 ±0.05	67.50^{b}±0.71	0.73 ±0.01
1:2	0.21±0.03	1.54±0.00	0.40±0.01	3.27 ±0.01	67.80^{b}±0.28	0.73 ±0.01

a - c ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน($p\leq0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p>0.05$)

3.2.2 คุณภาพทางเคมีของแยมมะเกี๋ยง

จากผลคุณภาพทางด้านเคมี พบว่ามีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์แยม เนื่องจากมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.22-3.29 โดยใกล้เคียงกับค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการคงตัวของแยมที่ค่าพีเอชเท่ากับ 3.20 (มอก. 263-2521) (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2521) แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในแยมมะเกี๋ยงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยพบว่าแยมที่เตรียมได้จากมะเกี๋ยงที่คลุกด้วยน้ำตาลอัตราส่วน 2:1 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงกว่าที่คลุกด้วยน้ำตาลอัตราส่วน 3:1 4:1และแยมที่เตรียมจากเนื้อมะเกี๋ยงแช่ในสารละลายน้ำตาลทั้ง3อัตราส่วน เนื่องจากการคลุกเนื้อมะเกี๋ยงด้วยน้ำตาลในอัตราส่วน 2:1มีปริมาณของแข็งสูงกว่าอัตราส่วนทั้งหมดเลย ส่งผลให้แยมที่เตรียมได้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงตาม และด้านปริมาณกรดทั้งหมด (เทียบกับกรดซิตริก)

ของแยมมะเกี๋ยงอยู่ในช่วงร้อยละ 0.72-0.74 อยู่ในช่วงมาตรฐานของผลิตภัณฑ์แยมที่ร้อยละ 0.5-1.0 (ศิวาพร ศิวเวชช , 2529)

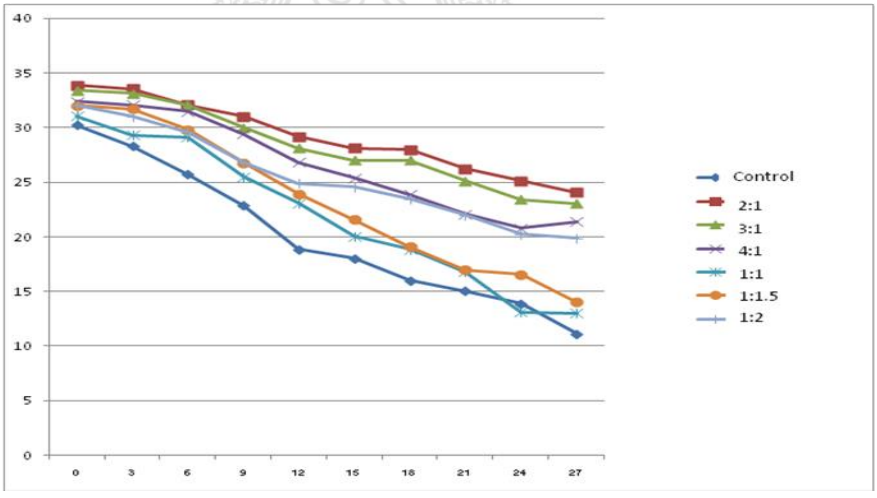
3.2.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของแยมมะเกี๋ยง

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของแยมมะเกี๋ยงโดยวิธี Hedonic Scaling Test 9-Point พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแยมมะเกี๋ยงที่เตรียมจากเนื้อมะเกี๋ยงใช้น้ำตาลโดยวิธีคลุกเนื้อมะเกี๋ยงด้วยน้ำตาลที่อัตราส่วน 2:1 3:1 และวิธีการแช่ในสารละลายน้ำตาลที่อัตราส่วน 1:1 1:1.5 และ 1:2 มีคะแนนความชอบด้านสีสูง

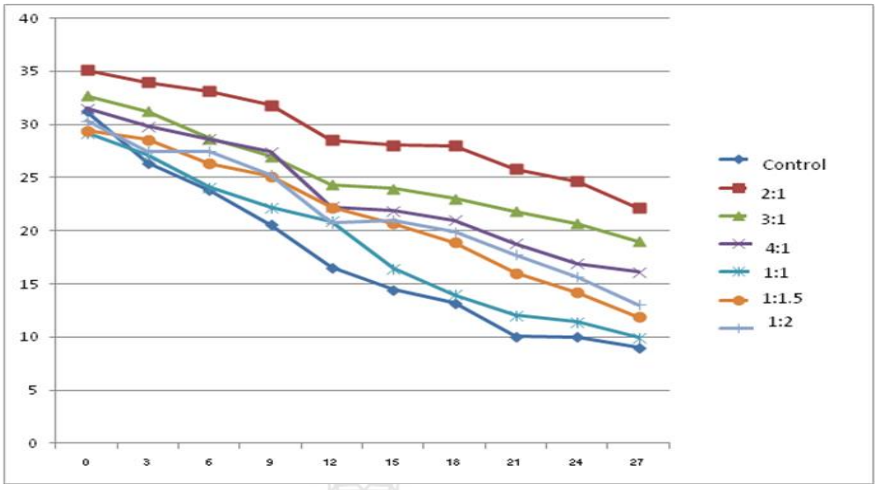
3.3 ผลการเปลี่ยนแปลงของสารแอนโทไซยานิน และสีในระหว่างการเก็บรักษา

3.3.1 การเปลี่ยนแปลงของสารแอนโทไซยานินระหว่างการเก็บรักษา

จากการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของสารแอนโทไซยานินในแยมมะเกี๋ยงพบว่า ปริมาณสารแอนโทไซยานินที่มีอยู่ในแยมมะเกี๋ยงมีแนวโน้มลดลง แยมมะเกี๋ยงที่ถูกเตรียมจากเนื้อมะเกี๋ยงคลุกด้วยน้ำตาลในอัตราส่วน 2:1 3:1 และ 4:1 มีการสลายตัวของสารแอนโทไซยานินช้าที่สุด ความเข้มข้นของน้ำตาลมากทำให้มีผลต่อความคงตัวของสารแอนโทไซยานินมาก เพราะโมเลกุลของน้ำตาลจะเข้าไปจับกับโครงสร้างของแอนโทไซยานินทำให้มีความคงตัวมาก (Yoshiyuki et al., 2010) รองลงมาคือแยมมะเกี๋ยงที่ถูกเตรียมจากเนื้อมะเกี๋ยงแช่ด้วยสารละลายน้ำตาลในอัตราส่วน 1:2 1:1.5 และ 1:1 และแยมมะเกี๋ยงที่ถูกเตรียมจากเนื้อมะเกี๋ยงที่ไม่ผ่านการใช้น้ำตาลจะมีการสลายตัวของสารแอนโทไซยานินมากที่สุด นอกจากนี้แยมมะเกี๋ยงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีการสลายตัวช้ากว่าแยมมะเกี๋ยงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัวของสารแอนโทไซยานิน (Jackman and Wrolstad, 1996)



รูปที่ 2 กราฟแสดงปริมาณสารแอนโทไซยานินของในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 3 กราฟแสดงปริมาณสารแอนโทไซยานินของในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 ºC

3.3.2 การเปลี่ยนแปลงสีของแยมระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงของสีในแยมมะเกี๋ยงในระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 27 วัน พบว่า ค่าระหว่างสีแดง – เขียว หรือ ค่า a* และค่าระหว่างสีเหลือง - น้ำเงิน หรือค่า b* ของแยมมะเกี๋ยงมีแนวโน้มลดลง โดยแยมมะเกี๋ยงที่ถูกเตรียมจากเนื้อมะเกี๋ยงคลุกด้วยน้ำตาลในอัตราส่วน 2:1 3:1 และ 4:1 ทำให้ค่าสี a* และ b* ลงลงเล็กน้อย ตามลำดับ และแยมมะเกี๋ยงที่ถูกเตรียมจากเนื้อมะเกี๋ยงแช่ด้วยสารละลายน้ำตาลในอัตราส่วน 1:2 1:1.5 และ 1:1 ทำให้ค่าสี a* และ b* ลดลงพอสมควร ตามลำดับ ส่วนแยมมะเกี๋ยงที่ถูกเตรียมจากเนื้อมะเกี๋ยงที่ไม่ผ่านการคลุกหรือแช่สารละลายน้ำตาลจะมีค่าสี a* และ b* ลดลงมาก ส่วนค่า L* ของแยมไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำตาลหรือสารละลายน้ำตาลที่ใช้ (Yoshiyuki et al., 2010) (ดังแสดงในตารางที่ 4-7)

ตารางที่ 4 ผลการการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* ในแยมมะเกี๋ยงในระหว่างการเก็บรักษา

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา (วัน)									
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
อุณหภูมิห้อง										
ตัวอย่างควบคุม	0.21±0.01	0.23±0.01	0.36±0.03	0.25±0.02	4.59±0.03	5.11±0.01	7.41±0.01	8.11±0.01	8.85±0.01	10.11±0.01
คลุก 2:1	0.21±0.02	0.21±0.04	0.29±0.01	0.23±0.01	4.76±0.03	3.05±0.02	3.87±0.03	4.72±0.10	5.04±0.03	5.66±0.02
คลุก 3:1	0.20±0.01	0.23±0.01	0.65±0.19	0.35±0.01	4.68±0.05	7.13±0.02	7.96±0.02	9.43±0.02	10.57±0.04	11.42±0.10
คลุก 4:1	0.25±0.01	0.11±0.00	0.49±0.00	0.29±0.09	4.96±0.01	5.11±0.01	6.23±0.01	7.50±0.14	8.52±0.02	9.67±0.02
แช่ 1:1	0.22±0.01	0.22±0.01	3.86±0.01	0.25±0.00	5.33±0.01	7.42±0.03	8.67±0.11	10.84±0.05	12.47±0.01	13.87±0.02
แช่ 1:1.5	0.21±0.00	0.21±0.03	0.42±0.00	0.40±0.00	6.40±0.08	4.87±0.03	7.01±0.01	9.22±0.02	11.32±0.03	14.01±0.08
แช่ 1:2	0.18±0.03	0.19±0.01	0.48±0.03	0.32±0.13	4.76±0.00	5.20±0.01	5.03±0.10	5.12±0.02	6.31±0.01	7.11±0.01
อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส										
ตัวอย่างควบคุม	0.23±0.01	0.25±0.07	4.45±0.01	0.25±0.00	4.59±0.01	4.84±0.08	5.96±0.01	9.17±0.03	11.46±0.04	13.92±0.03
คลุก 2:1	0.21±0.00	0.23±0.01	0.34±0.10	0.23±0.01	4.76±0.10	5.12±0.10	6.23±0.02	5.01±0.01	4.13±0.01	7.12±0.01
คลุก 3:1	0.21±0.01	0.21±0.00	0.34±0.00	0.34±0.00	4.68±0.10	5.82±0.01	8.74±0.01	9.42±0.03	10.13±0.03	11.22±0.02
คลุก 4:1	0.19±0.05	0.25±0.06	0.27±0.02	0.27±0.00	4.96±0.01	6.03±0.02	8.13±0.17	9.96±0.01	11.63±0.02	12.46±0.05
แช่ 1:1	0.22±0.00	0.41±0.00	4.14±0.10	0.72±0.01	5.33±0.11	7.10±0.02	7.18±0.01	8.87±0.07	5.12±0.03	6.22±0.01
แช่ 1:1.5	0.11±0.01	0.11±0.01	3.63±0.08	0.29±0.04	6.41±0.03	7.11±0.01	8.51±0.56	10.14±0.02	10.87±0.01	12.03±0.02
แช่ 1:2	0.22±0.00	0.22±0.02	0.31±0.00	0.27±0.04	4.78±0.02	5.66±0.01	8.22±0.02	8.12±0.01	12.17±0.01	13.16±0.05

ตารางที่ 5 ผลการการเปลี่ยนแปลงของค่าสี a* ในแยมมะเกี๋ยงในระหว่างการเก็บรักษา

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา (วัน)									
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
อุณหภูมิห้อง										
ตัวอย่างควบคุม	4.43±0.04	4.07±0.02	3.65±0.01	1.96±0.02	1.51±0.06	1.39±0.02	1.17±0.02	1.02±0.01	0.95±0.14	0.21±0.01
คลุก 2:1	6.87±0.04	6.39±0.06	5.94±0.04	5.14±0.04	4.42±0.03	4.31±0.06	4.18±0.04	4.12±0.11	3.98±0.03	3.55±0.01
คลุก 3:1	5.92±0.11	5.91±0.05	5.72±0.02	4.51±0.03	2.23±0.04	1.99±0.01	1.72±0.08	1.37±0.02	1.27±0.10	1.03±0.02
คลุก 4:1	5.83±0.04	5.49±0.04	5.42±0.08	3.94±0.05	2.05±0.06	1.87±0.05	1.52±0.12	1.56±0.03	1.21±0.01	0.95±0.02
แช่ 1:1	4.61±0.04	4.56±0.10	4.48±0.08	2.63±0.11	1.72±0.01	1.62±0.02	1.25±0.01	1.06±0.04	0.95±0.02	0.33±0.05
แช่ 1:1.5	5.15±0.50	4.92±0.05	4.72±0.04	2.70±0.01	1.64±0.07	1.57±0.02	1.34±0.02	1.17±0.02	1.04±0.03	0.58±0.04
แช่ 1:2	5.31±0.10	5.22±0.04	5.15±0.02	3.04±0.05	1.92±0.09	1.84±0.03	1.66±0.01	1.29±0.02	1.06±0.06	0.75±0.02
อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส										
ตัวอย่างควบคุม	3.90±0.08	3.76±0.06	3.38±0.03	1.73±0.01	1.09±0.04	1.04±0.01	0.95±0.11	0.58±0.01	0.30±0.02	0.24±0.02
คลุก 2:1	6.59±0.10	6.26±0.12	5.46±0.08	4.64±0.06	2.54±0.06	2.48±0.03	2.17±0.02	1.97±0.10	1.77±0.01	1.34±0.01
คลุก 3:1	5.85±0.09	5.43±0.06	4.92±0.03	4.41±0.04	2.03±0.04	1.82±0.02	1.66±0.01	1.32±0.02	1.10±0.03	1.03±0.10
คลุก 4:1	5.20±0.05	4.93±0.05	4.31±0.12	3.05±0.06	1.92±0.07	1.61±0.05	1.47±0.11	1.28±0.01	1.04±0.02	0.84±0.01
แช่ 1:1	4.49±0.04	4.47±0.04	3.13±0.06	2.03±0.04	1.62±0.04	1.53±0.03	1.04±0.01	0.91±0.08	0.73±0.01	0.27±0.02
แช่ 1:1.5	4.75±0.06	4.60±0.01	4.04±0.05	2.22±0.02	1.78±0.03	1.31±0.04	1.19±0.01	1.03±0.04	0.83±0.10	0.57±0.02
แช่ 1:2	5.05±0.06	4.84±0.06	4.30±0.04	2.24±0.05	1.84±0.01	1.39±0.01	1.20±0.02	1.03±0.01	0.87±0.02	0.76±0.01

ตารางที่ 6 ผลการการเปลี่ยนแปลงของค่าสี b* ในแยมมะเกี๋ยงในระหว่างการเก็บรักษา

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา (วัน)									
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
อุณหภูมิห้อง										
ตัวอย่างควบคุม	0.07±0.01	0.42±0.03	-0.06±0.01	-0.13±0.01	-0.38±0.02	-0.53±0.01	-0.66±0.01	-0.81±0.01	-1.14±0.01	-1.22±0.03
คลุก 2:1	1.52±0.01	1.20±0.01	1.07±0.04	1.04±0.03	0.85±0.01	0.73±0.02	0.63±0.01	0.47±0.03	0.30±0.02	0.17±0.01
คลุก 3:1	1.23±0.02	1.05±0.07	0.78±0.01	0.65±0.01	0.57±0.03	0.38±0.01	0.32±0.02	0.22±0.02	0.11±0.09	0.02±0.01
คลุก 4:1	1.07±0.03	0.97±0.01	0.75±0.04	0.44±0.10	0.53±0.02	0.25±0.08	0.15±0.01	0.04±0.01	-0.15±0.01	-0.27±0.05
แช่ 1:1	0.82±0.05	0.43±0.02	0.42±0.02	0.16±0.01	0.12±0.02	0.04±0.02	-0.08±0.03	-0.21±0.05	-0.33±0.04	-0.45±0.04
แช่ 1:1.5	0.87±0.02	0.81±0.01	0.47±0.03	0.43±0.10	0.24±0.02	0.12±0.02	0.02±0.01	-0.12±0.01	-0.27±0.04	-0.36±0.01
แช่ 1:2	0.95±0.02	0.92±0.11	0.68±0.01	0.43±0.01	0.27±0.03	0.18±0.01	0.07±0.02	-0.08±0.01	-0.14±0.01	-0.21±0.03
อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส										
ตัวอย่างควบคุม	0.69±0.05	0.27±0.02	-0.13±0.02	-0.02±0.46	-0.48±0.06	0.32±0.04	-0.57±0.10	-0.62±0.02	-0.82±0.02	-1.13±0.01
คลุก 2:1	1.32±0.02	1.18±0.10	0.82±0.03	0.73±0.09	0.65±0.01	0.52±0.02	0.43±0.10	0.29±0.06	0.16±0.01	-0.04±0.13
คลุก 3:1	1.14±0.01	1.04±0.01	0.51±0.10	0.49±0.01	0.42±0.05	0.22±0.01	0.14±0.01	0.04±0.01	-0.16±0.12	-0.28±0.02
คลุก 4:1	1.02±0.03	0.93±0.01	0.51±0.05	0.57±0.02	0.34±0.01	0.17±0.02	0.07±0.05	-0.10±0.08	-0.27±0.11	-0.44±0.02
แช่ 1:1	0.77±0.01	0.43±0.10	0.36±0.01	0.12±0.10	-0.13±0.01	-0.23±0.01	-0.32±0.03	-0.42±0.01	-0.55±0.02	-0.63±0.05
แช่ 1:1.5	0.82±0.08	0.82±0.02	0.45±0.01	0.42±0.01	0.13±0.05	0.04±0.04	-0.12±0.02	-0.21±0.01	-0.37±0.01	-0.46±0.05
แช่ 1:2	0.92±0.01	0.87±0.01	0.46±0.01	0.50±0.01	0.15±0.02	0.07±0.01	-0.13±0.04	-0.17±0.02	-0.27±0.02	-0.36±0.01

4. สรุป

แยมมะเกี๋ยงที่เตรียมโดยการคลุกเนื้อมะเกี๋ยงด้วยน้ำตาลซูโครสมีการสลายตัวของสารแอนโทไซยานินน้อยกว่าแยมที่เตรียมโดยการแช่เนื้อมะเกี๋ยงในสารละลายน้ำตาลซูโครส และแยมมะเกี๋ยงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีการสลายตัวของแอนโทไซยานินช้ากว่าแยมมะเกี๋ยงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้ทุนอุดหนุนวิจัยประจำปี 2555 ภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

6. เอกสารอ้างอิง

จิรภา พงษ์จันตา และคณะ. 2545. **การใช้ประโยชน์จากมะเกี๋ยง** พืชในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชสนองพระราชดำริโดย สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและฝึกอบรมเกษตรลำปาง.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์:

เยาวนิจ ไวทยะวิจิตร. 2552. **แยมสับปะรด** [สืบค้นใน]:
http://www.krunid.com/board/inde x.php?topic=25.0. 15 ธันวาคม 2554.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2529. **วัตถุเจือปนในอาหารเล่ม 1**. พิมพ์ครั้งที่ 4. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 182 น.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2521. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแยมเยลลี่ และมาร์มาเลด**. (มอก. 263 - 2521). กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 7 น.

A.O.A.C. 1990. **Official Methoda of Analysis**. 15th ed. Washington D.C. : Association of Official Cheamists.

Hujica-Paz, H. et al. 2003.Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration. **Journal of Food Engineering**, 57, 305-314.

Yoshiyuki, W. et al. 2010. Effect of impregnation using sucrose solution on stability of anthocyanin in strawberry jam. **Journal in Food Science & Technology,** 44, 891-895.