

การลดเกลือโซเดียมในผลิตภัณฑ์มะม่วงดอง

Sodium salt reduction in mango pickle

รัฐกรณ์ จำนงค์ผล¹ และ พัชรารณ อินจันทร์^{2*}

Rattakorn Jumnongpon¹ and Patcharaporn Tinchon^{2*}

บทคัดย่อ: การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเป็นขั้นตอนที่สำคัญสำหรับผลิตอาหารก่อนถึงมือผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วงดองให้มีคุณภาพและดีต่อผู้บริโภค โดยการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และทดแทนการใช้ผงหมักสำเร็จรูปทางการค้าที่มีส่วนผสมของเกลือ NaCl ในอัตราส่วนการทดแทน 50 และ 100 % จากการศึกษพบว่า การใช้เกลือ KCl ทดแทนเกลือ NaCl และผงหมักสำเร็จรูปในการดองมะม่วงทั้งสองระดับสามารถลดปริมาณ Na ในมะม่วงดองได้ และการใช้เกลือ KCl ทั้งสองระดับทำให้มะม่วงดองมีความเป็นกรดทั้งหมดสูงและค่า pH ต่ำกว่ามะม่วงดองจากผงหมักสำเร็จรูปทางการค้า และการใช้ KCl 50% ทำให้มะม่วงดองมีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มากกว่ามะม่วงดองอื่น แต่ทั้งนี้การใช้เกลือ KCl ทั้งสองระดับไม่ส่งผลต่อความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ (Aw) และเนื้อสัมผัส แต่การใช้เกลือ KCl ทดแทน 100 % ส่งผลให้มะม่วงดองมีรสขมและรสฝื่อน

คำสำคัญ: มะม่วงดอง, การลดเกลือ, โซเดียมคลอไรด์, โพแทสเซียมคลอไรด์

ABSTRACT: Processing of agricultural products is an important step to produce foods before handing over to consumer. This research was aimed to develop mango pickle to have good quality and good for consumer's health. Potassium chloride (KCl) was used to replace sodium chloride (NaCl) and commercial fermenting powder at of 50 and 100% replacements. From the study, it was founded that using KCl to replace NaCl and commercial fermenting powder could reduce sodium content in mango pickle. The use of KCl at both replaced level increased total acidity, but decreased pH value of mango pickle compared to mango pickle using commercial fermented powder. Using 50 % KCl caused the most yellowness among mango pickle samples. However, using 50 and 100 % KCl replacement did not affect moisture content, water activity (Aw), and texture properties, but 100 % replacement of NaCl by KCl caused bitterness and astringency flavor to mango pickle.

Keywords: mango pickle, salt reduction, sodium chloride, potassium chloride

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และ สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Department of Agro-Industrial, Food, and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

² ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

Department of Food Technology and Nutrition, faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalerm Phrakiat Sakon Nakhon Province Campus

* Corresponding author: patcharaporn.tin@ku.th

บทนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นผลไม้เศรษฐกิจหลัก 1 ใน 6 ชนิดที่กระทรวงเกษตรและสหกรณ์มีนโยบายมุ่งเน้นส่งเสริมการพัฒนา (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) และเป็นผลไม้ที่จัดอยู่ในกลุ่ม Climacteric fruit คือ มีการหายใจและผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้มะม่วงสดมีอายุการเก็บสั้น รวมถึงปัญหาผลผลิตมะม่วงที่ล้นตลาดในช่วงฤดูการออกผล ส่งผลให้มะม่วงมีราคาต่ำและเกิดการสูญเสียมาก จึงทำให้มีการนำมะม่วงมาแปรรูป เช่น มะม่วงดอง มะม่วงแช่อิ่ม มะม่วงอบแห้ง ซึ่งในการแปรรูปมะม่วงดิบนิยมเตรียมมะม่วงโดยการดองกับเกลือโซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride; NaCl) ที่ความเข้มข้นสูงเพื่อลดปริมาณน้ำอิสระ (Available water หรือ Water activity; Aw) เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลไม้เน่าเสียและยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรค ทำให้ผลิตภัณฑ์มะม่วงแปรรูปมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยความเข้มข้นของ NaCl เป็นตัวกำหนดการเจริญของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักและอัตราการหมัก (Jittrepotch et al., 2015) หากใช้เกลือ NaCl ในปริมาณต่ำเกินไปอาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสียได้ การดองผลไม้ในปัจจุบันมีวิธีการที่นิยมทำกันมาก 2 วิธี คือ การดองโดยใช้เกลือแห้ง และการดองโดยใช้น้ำเกลือ ในการดองโดยใช้เกลือแห้งนั้นใช้เกลือในปริมาณ 2.5% ต่อน้ำหนักอาหารโดยประมาณ ซึ่งจะทำให้ผลไม้ดองมีค่า pH อยู่ในช่วง 2.5 - 3.5 และมีกรดแลกติก 1.5 - 2.0% ซึ่งสภาวะนี้ทำให้เกิดการหมักและสร้างแลคติกได้ดี ส่งผลให้จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสียเจริญเติบโตได้ไม่ดี ส่วนการดองโดยใช้น้ำเกลือ มักใช้น้ำเกลือเริ่มต้นที่มีความเข้มข้นของเกลือ 8 - 10% และจะเพิ่มปริมาณเกลือให้เข้มข้นอีกจนได้ปริมาณเกลือ 16% มีปริมาณกรดแลกติกในผลิตภัณฑ์สุดท้าย 1.5 - 2.0% (วิเชียร, 2547)

เกลือ NaCl ประกอบไปด้วยโซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ในปริมาณ 39.3 และ 60.7% ตามลำดับ (สำนักโภชนาการ กรมอนามัยกระทรวง

สาธารณสุข, 2554) โซเดียม (Na) เป็นเกลือแร่ที่จำเป็นต่อร่างกาย มีหน้าที่ควบคุมความดันออสโมติก (Osmotic pressure) คือ แร่งดันของของเหลวที่ไหลเข้าออกระหว่างภายนอกกับภายในเซลล์ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อรักษาปริมาตรของน้ำนอกเซลล์และช่วยในการรักษาความเป็นกรดต่างของร่างกายช่วยในการนำกระแสไฟฟ้าของเส้นประสาทและกล้ามเนื้อ ช่วยในการนำกลูโคสและกรดอะมิโนเข้าสู่เซลล์ (วิฑูรย์ และสุจินดา, 2556) แต่ทั้งนี้หากบริโภค Na^+ มากเกินไปกลับส่งผลเสียต่อสุขภาพ เนื่องจากเมื่อบริโภคเกลือ NaCl เข้าไปในร่างกายแล้ว เกลือ NaCl จะแตกตัวเป็น Na^+ และ Cl^- ซึ่ง Na^+ ในปริมาณมากเกินไปที่ร่างกายต้องการจะทำให้สมองหลั่งฮอร์โมนประเภท Antidiuretic hormone ในปริมาณสูงกว่าปกติ โดยฮอร์โมนนี้ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคในของเหลวที่ไหลเวียนในร่างกาย เช่น Na^+ , Ca^{2+} , K^+ เป็นต้น และทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของไต เมื่อฮอร์โมนประเภท Antidiuretic hormone มีปริมาณมากเกินไปจะทำให้ของเหลวในร่างกายมีปริมาณสูงและส่งผลให้ความดันเลือดสูงกว่าปกติ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุนำไปสู่การเกิดโรคหัวใจ โรคไต และโรคเรื้อรังต่างๆ (Kirabo, 2017) ปริมาณ Na สูงสุดที่แนะนำต่อวันคือ ไม่เกิน 2,300 มก.ต่อวัน แต่จากการสำรวจพบว่าคนไทยกินเกลือ NaCl ที่มีอยู่ในอาหารและเครื่องปรุงรส 10.8 กรัม/วัน/คน หรือเท่ากับ 2 ช้อนชาต่อวัน (วิฑูรย์ และสุจินดา, 2556) ดังนั้นการลดเกลือในอาหารหมักดองเป็นส่วนหนึ่งในการลดปริมาณเกลือที่บริโภคต่อวันของคนไทย เนื่องจากเกลือที่อยู่ในผลไม้ดองมีปริมาณเกลืออยู่ในช่วง 2.5 - 16.0% ของน้ำหนักผลไม้ดอง การลดปริมาณเกลือ NaCl ในอาหารสามารถใช้เกลือชนิดอื่นทดแทน เกลือที่มีการนำมาใช้มีหลายชนิด ได้แก่ เกลือแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) เกลือสังกะสีคลอไรด์ (ZnCl_2) เกลือแมกนีเซียม (MgCl_2) และเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) โดยเกลือ KCl เป็นเกลือคลอไรด์ที่นิยมนำมาใช้ทดแทนเกลือ NaCl มากที่สุด เนื่องจากลักษณะทางด้านเคมีของเกลือทั้งสองชนิดใกล้เคียงกัน ไม่มีสีไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขุ่นและ

มีขนาดอนุภาคใกล้เคียงกัน (วิฑูรย์ และสุจินดา, 2556) Panagou et al. (2011) ได้ศึกษาคุณลักษณะของมะกอกดองที่มีการลดเกลือ NaCl โดยใช้เกลือ KCl และเกลือ CaCl_2 ทดแทนเกลือ NaCl พบว่าการใช้เกลือผสมของ NaCl : KCl ความเข้มข้น 4:4 (%) ไม่ส่งผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้เกิดการหมัก และให้ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสที่ดีที่สุด แต่การใช้ KCl ความเข้มข้น 4% ร่วมกับ CaCl_2 ความเข้มข้น 4% ส่งผลให้มะกอกดองมีรสชาติขม นอกจากนี้ Bansal and Rani (2014) ได้ศึกษาการทดแทนเกลือ NaCl ด้วยเกลือ KCl ในมะนาวดองที่ทำให้การหมักเป็นเวลา 90 วัน และพบว่า การแทนที่เกลือ NaCl ด้วยเกลือ KCl ที่ปริมาณการทดแทนเท่ากับ 50 และ 75 % ให้ผลการทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคมารับ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของการใช้เกลือ KCl ทดแทนการใช้เกลือ NaCl ปกติและเกลือ NaCl ที่อยู่ในผงหมักสำเร็จรูปทางการค้าในมะม่วงดองต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของมะม่วงดอง โดยใช้ปริมาณการทดแทน 50 และ 100% เพื่อให้เกิดคุณ

ประโยชน์ด้านโภชนาการ และเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงอันเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีการเพาะปลูกกันมากทั่วประเทศ และเพื่อให้เป็นแนวทางในการแปรรูปมะม่วงดองที่มีเกลือต่ำในอนาคต

วิธีการศึกษา

1. การดองมะม่วง

ทำการคัดเลือกมะม่วงดิบพันธุ์แก้วมื่นให้มีระดับความบริบูรณ์ที่สม่ำเสมอเท่ากันทุกผลโดยใช้ Munsell book ในการเปรียบเทียบสีเปลือกมะม่วง ให้เปลือกมะม่วงมีสีเหลือง 30 - 50% ของพื้นที่เปลือกมะม่วงทั้งหมด ล้างทำความสะอาดมะม่วงแล้วนำไปดองในน้ำดองดังสูตรแสดงใน Table 1 มีอัตราส่วนมะม่วงต่อน้ำดองเท่ากับ 1:1 ใช้เวลาดอง 20 วัน ซึ่งสูตรดังกล่าวเป็นสูตรที่ใช้จริงในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตมะม่วงดอง เมื่อครบกำหนดเวลานำมะม่วงขึ้นจากน้ำดอง เก็บรักษามะม่วงดองไว้ในอุณหภูมิ 10 °C เพื่อรอการวิเคราะห์และทำการวิเคราะห์ให้เสร็จสิ้นภายใน 7 วัน หลังจากเก็บมะม่วงขึ้นจากน้ำดอง

Table 1 Formulation of fermenting liquid solution for mango pickle fermentation

Formula- tion	Commercial fermenting powder (%, w/w)	Salt (% w/w)		water (%, w/w)	glucose ^c	sucrose ^c	vinegar ^c	CaCl_2^c	potassium metabisulfite ^c
		NaCl	KCl						
1 ^a	4.6 ^b	1.9	-	94	-	-	-	-	-
2	-	6	-	94	2	2	1	1	0.06
3	-	3	3	94	2	2	1	1	0.06
4	-	-	6	94	2	2	1	1	0.06

^a Formulation 1 is fermenting liquid solution used in mango pickle industry containing 6% NaCl (w/w).

^b Commercial fermenting powder 4.6 % contained 4.14 % NaCl.

^c unit = g/g fermenting liquid

2. การวิเคราะห์ปริมาณ เถ้า โซเดียม และแคลเซียม

นำตัวอย่างมาทำแห้ง บดให้ละเอียด นำไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าอุณหภูมิ 550 °C นำตัวอย่างไปชั่งเพื่อคำนวณปริมาณเถ้า จากนั้นนำเถ้าที่เหลือไปวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมและแคลเซียมต่อด้วยเครื่อง ICP-

Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) (AOAC, 2012)

3. การวิเคราะห์ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมด
วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter และวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดด้วยการไทเทรตกับสารละลาย

NaCl ความเข้มข้น 0.1 N โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณหาปริมาณกรดในรูปกรดแลคติก (AOAC, 2012)

4. การวิเคราะห์ความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ (Aw)

นำตัวอย่างมะม่วงดองสด 2 กรัม ไปอบในตู้อบแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 70 °C จนกระทั่งน้ำหนักนิ่ง คำนวณปริมาณความชื้นของมะม่วงดองจากน้ำหนักที่หายไป (AOAC, 2012) และนำตัวอย่างมะม่วงดองสดมาวิเคราะห์ ค่า Aw โดยใช้เครื่อง Water activity reader และใช้เกลือ LiCl, KCl และ NaCl เป็นสารละลายเกลือมาตรฐาน (AOAC, 2012)

5. การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 มล. ใส่ในจานเพาะเชื้อใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Plate count agar บ่มที่อุณหภูมิ 35-37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง คำนวณจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในหน่วย Colony forming unit/g (CFU/g)

6. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

นำมะม่วงดองที่หั่นตามยาวของผลมะม่วง มีความกว้าง 1 ซม. และสูง 1.5 ซม. มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Texture analyzer ด้วยหัววัดชนิด Knife blade probe มีระยะทางในการเคลื่อนที่กลับไปของหัววัดเท่ากับ 4 ซม. (AOAC, 2012)

7. การวิเคราะห์ค่าสี

นำตัวอย่างมะม่วงดองขนาด 1x1x1 ซม. มาวัดค่าสีในระบบ CIE: L* a* b* ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab

8. การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบเลือกอิสระ (Free-choice Profiling Method)

ให้ผู้ทดสอบที่มีความชำนาญและคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์มะม่วงดองจำนวน 19 คน (ชาย 9 คน หญิง

10 คน) มีอายุอยู่ในช่วง 19 - 45 ปี ทำการให้คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของมะม่วงดองแบบเลือกอิสระ โดยให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่าง และให้คะแนนระดับความเข้มของแต่ละลักษณะในแบบทดสอบ โดยมีระดับความเข้ม 0-9 กำหนดให้ 0 = ไม่พบ และ 9 = เข้มมาก

9. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม SPSS (Version 12.0) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$) วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนโดยใช้ One way ANOVA test วิเคราะห์ความแตกต่างของด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

ผลการศึกษา

การศึกษากการลดปริมาณ Na ในมะม่วงดองในครั้งนี้ได้พัฒนาสูตรน้ำดองสำหรับการดองมะม่วงให้มีความปลอดภัยในการบริโภคเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสูตรเดิม (สูตร 1) ซึ่งเป็นสูตรที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ผงดองผลไม้สำเร็จรูปทางการค้าซึ่งมีส่วนประกอบของเกลือ NaCl และสารอื่นที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เช่น saccharine, sodium benzoate, tar-tarzene, sunset yellow FCF และ carmozene (มณฑาทิพย์ และคณะ, 2543) ดังนั้นจึงได้พัฒนาสูตรน้ำดองสูตรปรับปรุง (สูตร 2, 3 และ 4) สำหรับการดองมะม่วงที่ปลอดภัยโดยคงปริมาณเกลือ NaCl ที่เท่ากับสูตรเดิมในสูตรที่ 2 และใช้เกลือ KCl ทดแทนที่อัตราส่วน 50 และ 100 % ในสูตรที่ 3 และ 4 ตามลำดับจากผลการทดสอบพบว่าการใช้เกลือ KCl ทดแทนการใช้เกลือ NaCl ในการดองมะม่วงสามารถลดปริมาณ Na ในเนื้อมะม่วงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 2) และการใช้เกลือ KCl ทดแทน 50 % ส่งผลให้มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด เมื่อพิจารณาปริมาณแร่ในเนื้อมะม่วงดอง ซึ่งปริมาณแร่บ่งบอกถึงปริมาณสารอินทรีย์ในอาหาร โดยมะม่วงที่ดองในน้ำดองสูตร 2, 3 และ 4 มีปริมาณแร่ต่ำกว่ามะม่วงที่ดองสูตร 1 แต่การใช้ KCl ทดแทนเกลือ NaCl ไม่มีผล

ต่อปริมาณแก้วเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างสูตรที่ 2, 3 และ 4 เมื่อพิจารณาค่ากรดทั้งหมดในเนื้อมะม่วงดอง ที่คำนวณในรูปของกรดแลคติกและ pH พบว่ามะม่วง ที่ดองในน้ำเกลือสูตร 2, 3 และ 4 มีปริมาณกรด มากกว่ามะม่วงที่ดองในน้ำดองสูตร 1 ซึ่งสอดคล้องกับ

การมีค่า pH ต่ำที่กว่า แต่เมื่อพิจารณาค่าความชื้น และค่า Aw ของมะม่วงดองทุกสูตรพบว่าแม้จะมีความ แตกต่างทางสถิติ แต่มะม่วงดองทุกสูตรมีค่าความชื้น และค่า Aw สูง และมีค่าใกล้เคียงกัน

Table 2 Chemical properties of mango pickles

Parameter	Formulation 1	Formulation 2	Formulation 3	Formulation 4
Na ⁺ *	9.42 ^a ± 1.62	8.36 ^a ± 0.52	4.42 ^b ± 0.49	0.45 ^c ± 0.12
Ca ²⁺ *	1.17 ^b ± 0.07	1.13 ^{bc} ± 0.02	1.50 ^a ± 0.02	1.07 ^c ± 0.01
Ash*	31.80 ^a ± 2.75	28.27 ^{ab} ± 2.28	25.83 ^b ± 4.69	27.23 ^b ± 1.22
Total acid	4.92 ^b ± 0.43	7.66 ^b ± 0.81	11.22 ^a ± 2.52	6.48 ^b ± 2.01
pH	4.18 ^a ± 0.11	3.46 ^c ± 0.05	3.42 ^c ± 0.05	3.93 ^b ± 0.09
Moisture (%)	86.06 ^b ± 0.31	85.80 ^b ± 0.75	88.09 ^a ± 1.31	85.69 ^b ± 0.99
Aw	0.980 ^c ± 0.002	0.980 ^c ± 0.002	0.987 ^a ± 0.002	0.984 ^b ± 0.002

* unit = g/100 g (dried sample)

Different superscript letters in the same row indicate statistical differences (p < 0.05)

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงดอง ในน้ำดองแต่ละสูตรแสดงคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส เป็นค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความเปราะ (Brittleness) และค่าการแตกหัก (Fracturability) ซึ่งมีค่าไม่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05) ดังแสดงใน **Table 3** แสดงว่า การใช้เกลือ KCl ทดแทนเกลือ NaCl ในสูตรน้ำดองมะม่วงไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของมะม่วง ดอง เมื่อพิจารณาสีของมะม่วงดองทั้ง 4 สูตร พบว่า มะม่วงดอง สูตร 1 มีค่าสี L* ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่า มะม่วงดองสูตร 1 มีสีคล้ำกว่ามะม่วงดองสูตรอื่น และ เมื่อพิจารณาค่าสี b* พบว่ามะม่วงที่ดองในน้ำเกลือ

สูตร 2 3 และ 4 มีค่าสี b* สูงกว่ามะม่วงดองสูตร 1 แสดงให้เห็นว่า มะม่วงที่ดองในน้ำเกลือสูตรปรับปรุง จากสูตรที่ใช้โดยทั่วไปมีสีเหลืองกว่ามะม่วงดองสูตร ทั่วไป (สูตร 1) และการใช้ KCl ทำให้มะม่วงดองมีสี เหลืองมากกว่ามะม่วงดองด้วยผงหมักสำเร็จรูป ทางการค้าและการดองโดยใช้เกลือ NaCl เมื่อ พิจารณ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของมะม่วงดองทั้ง 4 สูตรมีค่าไม่เกินมาตรฐานกำหนด ซึ่งกำหนดให้มี จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อ ตัวอย่าง 1 กรัม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้ดอง, 2546)

Table 3 Texture, color and total microbial plate count of mango pickles

Parameter	Formulation 1	Formulation 2	Formulation 3	Formulation 4
Hardness ^{ns} (g)	4,636.43 ± 619.85	4,792.10 ± 1,773.18	3,626.68 ± 1,258.27	4,105.72 ± 1,133.21
Brittleness ^{ns} (mm)	0.02 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.00
Fracturability ^{ns} (g)	8.49 ± 2.36	9.84 ± 2.77	9.85 ± 4.22	10.01 ± 2.73
L*	65.90 ^c ± 0.88	69.68 ^a ± 0.73	67.71 ^b ± 1.87	70.67 ^a ± 0.66
a*	2.62 ^{ab} ± 0.67	2.07 ^b ± 0.81	2.72 ^{ab} ± 1.40	3.79 ^a ± 1.03
b*	35.24 ^c ± 2.87	36.62 ^c ± 2.59	40.65 ^b ± 1.94	45.46 ^a ± 1.77
Total microbial plate count (CFU/g)	151.67 ^b ± 43.98	49.11 ^c ± 5.00	249.17 ^a ± 10.83	89.56 ^c ± 38.84

Different superscript letters in the same row indicate statistical differences (p < 0.05)

ns = not significant (p ≥ 0.05)

Table 4 แสดงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของมะม่วงดองพบว่า มะม่วงที่ดองสูตร 1 มีรสหวานมากกว่าสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ด้านรสเค็มและเปรี้ยวพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนของมะม่วงดองที่ใช้เกลือ KCL 100 % (สูตร 4) ต่ำที่สุด และมะม่วงดองที่ใช้เกลือ KCL 100 % มีรสฝื่อน (As-

tringency) และกลิ่นตกค้างหลังกลืน (Left odor after swallowing) มากที่สุด ส่วนคุณลักษณะทางด้านสีพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนของมะม่วงดองสูตร 4 ต่ำที่สุด ส่วนความกรอบของเนื้อมะม่วงนั้นพบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างของมะม่วงทั้ง 4 สูตรได้

Table 4 Sensory attributes of mango pickles

Sensory attributes	Formulation 1	Formulation 2	Formulation 3	Formulation 4
Sweet taste	5.25 ^a ±2.36	1.25 ^b ±0.96	2.25 ^b ±0.50	1.25 ^b ±1.26
Salty taste	6.00 ^a ±1.15	6.50 ^a ±1.91	4.75 ^a ±1.26	1.25 ^b ±1.26
Sour taste	3.75 ^{ab} ±0.96	5.50 ^a ±2.38	5.25 ^a ±1.71	1.50 ^b ±1.73
Astringency ^{ns}	4.50±4.04	1.50±1.29	3.00±1.83	4.75±2.22
Crispiness ^{ns}	4.75±1.50	6.00±1.41	6.00±0.82	4.75±0.50
Color lightness	5.25 ^b ±0.50	7.00 ^a ±0.82	5.25 ^b ±0.96	3.25 ^c ±0.50
Left odor after swallowing ^{ns}	2.50±1.29	2.25±1.71	2.75±2.22	4.25±2.63

Different superscript letters in the same row indicate statistical differences ($p < 0.05$)

ns = not significant ($p \geq 0.05$)

วิจารณ์

จากผลการทดสอบใน **Table 2** พบว่า การใช้เกลือ KCl ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 100 % สามารถลดปริมาณ Na ในเนื้อมะม่วงได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ซึ่งถือว่าเป็นการช่วยลดปริมาณ Na ในอาหารสำหรับผู้บริโภคได้และส่งผลดีต่อสุขภาพ แต่ปริมาณแคลเซียมของมะม่วงดองทุกสูตรมีค่าเกิน 1,000 มก./กก. ซึ่งมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้ดอง (2546) ดังนั้นในสูตรน้ำดองควรปรับลดปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ลงเพื่อให้ปริมาณแคลเซียมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลไม้ดอง เมื่อพิจารณาปริมาณแก้วของมะม่วงที่ดองในน้ำดองสูตรปรับปรุง (สูตร 2, 3 และ 4) พบว่ามีปริมาณแก้วต่ำกว่ามะม่วงที่ดองสูตร 1 เนื่องจากในสูตร 1 มีการใช้ผงดองผลไม้สำเร็จรูปซึ่งมีส่วนประกอบของสารที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคดังที่ได้กล่าวในเบื้องต้น และสารเหล่านี้จะเป็นสารที่หลงเหลือหลังจากการวิเคราะห์เฝ้าหลังการเผา และเมื่อพิจารณาค่า pH พบว่า มะม่วงที่ดองในน้ำดองสูตร 2, 3 และ 4 มีค่า pH ต่ำกว่ามะม่วงดองสูตร 1 และมี

ปริมาณกรดมากกว่ามะม่วงที่ดองในน้ำดองสูตร 1 เนื่องจากในน้ำเกลือสำหรับดองมะม่วงสูตร 2, 3 และ 4 มีการเติมกรดอะซิติกเพื่อลด pH เป็นการป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสีย อีกทั้งในน้ำดองมีการเติมน้ำตาลทรายและน้ำตาลกลูโคสเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกในกระบวนการหมัก ส่งผลให้จุลินทรีย์ผลิตกรดได้สูงขึ้นและทำให้ pH ลดลง และยังช่วยป้องกันการเน่าเสียในระหว่างการดอง (วิเชียร, 2547)

จาก **Table 3** พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของมะม่วงดองทั้ง 4 สูตรที่วัดจากค่าความแข็ง ความเปราะ และค่าการแตกหักมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) แสดงว่าการใช้เกลือ KCl ทดแทนเกลือ NaCl และผงดองสำเร็จรูปทางการค้าไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของมะม่วงดอง โดยเนื้อสัมผัสของมะม่วงดองสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในเนื้อมะม่วง หากมีปริมาณน้ำที่พอเหมาะจะส่งผลให้เนื้อมะม่วงดองมีความชุ่มฉ่ำและกรอบ โดยปริมาณน้ำในเนื้อมะม่วงมาจากความสามารถในการจับน้ำของเกลือ ซึ่งเกลือจะแตกตัวเป็นไอออนและจับกับโมเลกุลของน้ำไว้ (ธารีรัตน์, 2555) มะม่วงดองสูตร 1 มีค่า L^*

ต่ำที่สุดเนื่องจากโซเดียมเบนโซเอทในผงหมักทางการค้ามีผลทำให้สีของผลไม้ดองคล้ำลง (Mano-Francis and Badrie, 2004) อีกทั้งอาจเป็นผลจากมะม่วงดองสูตร 1 มีปริมาณกรดทั้งหมดน้อย ทำให้เกิดสีคล้ำเนื่องจากกรดสามารถยับยั้งเอนไซม์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Mano-Francis and Badrie, 2004) และนอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เกลือ KCl ทดแทนที่ระดับ 50 และ 100 % ทำให้มะม่วงดองมีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นคุณสมบัติเด่นของเกลือนชนิดนี้และอาจส่งผลต่อความชอบที่เพิ่มขึ้นของผู้บริโภคในด้านสี และเมื่อพิจารณาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของมะม่วงดองทั้ง 4 สูตร แม้จะมีปริมาณจุลินทรีย์ที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แต่การใช้เกลือ NaCl และเกลือ KCl 100% ส่งผลให้มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่าการใช้ผงหมักสำเร็จรูปทางการค้า แต่การใช้เกลือ KCl ทดแทน 50 % (สูตร 3) กลับทำให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าวิธีการหมักที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ผงหมักสำเร็จรูปทางการค้า เมื่อพิจารณาค่าที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Table 4) พบว่ามะม่วงดองสูตร 1 มีรสหวานมากที่สุดเนื่องจากมะม่วงดองที่ใช้ผงหมักสำเร็จรูปทางการค้าอาจมีส่วนผสมของส่วนผสมที่ให้รสหวาน (มณฑาทิพย์ และคณะ, 2543) และการที่มะม่วงดองสูตรที่ 4 มีรสเปรี้ยวต่ำกว่ามะม่วงที่ดองในน้ำเกลือสูตรอื่นๆ ที่ใช้เกลือ NaCl เนื่องจากเกลือ NaCl มีส่วนช่วยในการเจริญของจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติก (วิฑูรย์ และสุจินดา, 2556) ดังนั้นการใช้เกลือ KCl จึงทำให้จุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติกเจริญได้น้อยกว่าการใช้เกลือ NaCl ส่วนรสขมและรสเผื่อนั้นเกิดจากเกลือ KCl ทำให้เกิดรสเผื่อนและรสขมในผลิตภัณฑ์ (Liem et al., 2011)

สรุป

การใช้เกลือ KCl ทดแทนเกลือ NaCl และการใช้ผงหมักสำเร็จรูปทางการค้าที่ระดับ 50 และ 100 % ในการดองมะม่วงสามารถลดปริมาณ Na ในมะม่วงดอง

ได้ และการใช้เกลือ NaCl และ KCl ร่วมกับการเติมกรดอะซิติกทำให้มะม่วงดองให้คุณสมบัติด้านความเป็นกรดสูงกว่าการใช้ผงหมักสำเร็จรูปทางการค้า ซึ่งเป็นวิธีการที่ปลอดภัยกว่า มะม่วงดองที่ไม่ใช้ผลหมักสำเร็จรูปทางการค้ามีค่าความสว่างมากกว่ามะม่วงดองด้วยผงหมัก และการใช้เกลือ KCl ทดแทนมีค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าตัวอย่างอื่น แต่ทั้งนี้การใช้เกลือ KCl ทดแทนเกลือ NaCl ไม่ส่งผลต่อความชื้น Aw และเนื้อสัมผัส จากงานวิจัยนี้จึงทำให้สรุปได้ว่าการใช้เกลือไม่ว่าจะเป็นเกลือ NaCl หรือ KCl ส่งผลให้มะม่วงดองมีคุณภาพดีและปลอดภัย และหากต้องการลดการใช้เกลือ NaCl ด้วยเกลือ KCl สามารถใช้ได้ทั้งที่ระดับ 50 และ 100 % โดยไม่ส่งผลต่อคุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพแต่การใช้เกลือ KCl ทดแทน 100 % ส่งผลต่อรสชาติของมะม่วงดอง เนื่องจากทำให้มะม่วงดองมีรสขมและรสเผื่อน ดังนั้นหากต้องการลดการใช้เกลือ NaCl ในการดองมะม่วงควรใช้เกลือ KCl ทดแทนที่ความเข้มข้น 50% จึงจะให้ผลใกล้เคียงกับการใช้ผงหมักสำเร็จรูปทางการค้าและการใช้เกลือ NaCl 100% ทั้งทางด้านคุณลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัส

เอกสารอ้างอิง

- ธำรัตน์ สายสะอาด. 2555. ผลของการดองเค็มและการแช่อิ่มต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านออกซิเดชันของมะม่วง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- มณฑาทิพย์ อยู่นฉลาด, กาญจนารัตน์ ทวีสุข, ชิตชม ฮวงระ, วิภา สุโรจนะเมธากุล, สิริพร สธนเสาวภาคย์ และวินัย ปิทยานต์. 2543. รายงานวิจัยโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วงเพื่อเพิ่มมูลค่าและการส่งออก. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 160/2546. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้ดอง. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- วิเชียร วรพุทธพร. 2547. การแปรรูปผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ดอง. วารสารศูนย์บริการวิชาการ. 12(2): 8-9.

- วิฑูรย์ปริญญาวิวัฒน์กุล และ สุจินดา ศรีวัฒนะ. 2556. รายงานการวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเหียนนาลโซเดียม. สำนักงานที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, เชียงใหม่.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. การสร้างเครือข่ายเกษตรกร หวังขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการผลไม้อย่างเป็นระบบและครบวงจร. แหล่งข้อมูล: <https://goo.gl/uvUMHU>. ค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2559.
- สำนักโภชนาการ กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข. 2554. ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีเกลือเป็นส่วนประกอบ. แหล่งข้อมูล: <https://goo.gl/dnebyd>. ค้นเมื่อ 24 มิถุนายน 2559.
- AOAC. 2012. Official Methods of Analysis of AOAC International. 19th ed. AOAC 50 International, Gaithersburg, USA.
- Jittrepotch, N., K. Rojsuntornkitti, and T. Kongbangkerd. 2015. Physico-chemical and sensory properties of Plaa-som, a Thai fermented fish product prepared by using low sodium chloride substitutes. Int. Food Res. J. 22: 721-730.
- Kirabo, A. 2017. A new paradigm of sodium regulation in inflammation and hypertension. Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 313: 706-710.
- Liem, D.G., F. Miremedi, and R. S. J. Keast. 2011. Reducing sodium in foods: The effect on Flavor." Nutri. 3: 694-711.
- Mano-Francis, I., and N. Badri. 2004. Effect of brining pretreatment and storage on carambola (*AverrhoaCarambola* L.) pickles. J. Food Process Preservation. 28: 51-67.
- Panagou, E. Z., O. Hondrodinou, A. Mallouchos, and J. E.G. Nychas. 2011. A study on the implications of NaCl reduction in the fermentation profile of Conservolea natural black olives. Food Micro. 28: 1301-1307.