

การพัฒนากระบวนการผลิตซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปลดโซเดียม
และน้ำตาลเพื่อการต่อยอดเชิงพาณิชย์

PROCESS DEVELOPMENT FOR REDUCED SODIUM AND SUGAR OF
READY-TO-USE CONCENTRATED TAMARIND SAUCE FOR
COMMERCIALIZATION

พรดรัล จุลกัลป์^{1*} กนกวรรณ พรหมจีน¹ และสุดาทิพย์ แซ่ตัน²
Phondaran Chunlakan^{1*}, Kanokwan Promjeen¹ and Sudathip Sae-tan²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานเพื่อการต่อยอดเชิงพาณิชย์ ผลการศึกษาพบว่า คุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้นเป็นหนึ่งในกระบวนการผลิตที่ต้องให้ความสำคัญ เนื่องจากมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายสามารถขยายกำลังการผลิตได้ถึง 20 กิโลกรัมต่อครั้ง โดยนำส่วนผสมใสในภาชนะสเตนเลส ขนาด 40 x 40 เซนติเมตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจากระบบไอน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ในระบบปิด บรรจุในขวดแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วทำให้เย็นทันที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะคุณภาพโดยมีค่าสีและปริมาณน้ำอิสระแตกต่างจากสูตรต้นแบบเล็กน้อย กระบวนการผลิตไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านเคมีและจุลินทรีย์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงมีความปลอดภัยและผู้ประกอบการสามารถใช้กระบวนการดังกล่าวนี้ในการผลิตเพื่อต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้จริงในอนาคต

คำสำคัญ: กระบวนการผลิต ซอสมะขามเข้มข้น ผลิตภัณฑ์ลดโซเดียม ผลิตภัณฑ์ลดน้ำตาล

¹คณะเทคโนโลยีอาหารและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University Muang District, Phitsanulok Province 65000

²คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

²Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Chatuchak District, Bangkok 10900

*corresponding author e-mail: porndaran1975@gmail.com

Received: 24 November 2020; Revised: 15 February 2021; Accepted: 21 February 2021

Abstract

This research aims to develop a process for producing ready to used tamarind sauce that reduces the sodium and sugar content from sweet tamarind for a commercial extension. The results showed that the quality of raw materials affected the quality of the final product that must be considered. The production capacity can be expanded to 20 kilograms per time by putting the ingredients in a stainless steel container size 40 x 40 cm and then thermal sterilized by using steam at 85°C for 30 minutes in the close system. Then fill in a sterilized glass bottle, made it cool immediately. The quality attributes of the products, especially the color values and the water activity were slightly different ($p \leq 0.05$) from the prototype. It does not affect the chemical and microbiological properties. Therefore, the product is safe. The operator can use this production process to actually extend the commercialization in the future.

Keywords: Production process, Concentrated tamarind sauce, Reduced sodium products, Reduced sugar products

บทนำ

เครื่องปรุงรสเป็นส่วนประกอบสำคัญในการประกอบอาหารของคนไทย เพราะจะช่วยเพิ่มรสชาติอาหารให้กลมกล่อม ปัจจุบันผู้ประกอบการมีการพัฒนาเครื่องปรุงรสใหม่ๆ ออกมาเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป จากข้อมูลพบว่า ปี พ.ศ. 2560 เครื่องปรุงรสในประเทศมีมูลค่าทางการตลาดสูงถึง 40,400 ล้านบาท และมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยมีอัตราการขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 5.6 ต่อปี (Food Intelligence Center, 2018) และมีแนวโน้มที่ตลาดเครื่องปรุงรสในประเทศจะมีโอกาสเติบโตได้อีกมากตราบเท่าที่อาหารเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต เพียงแต่ผู้ประกอบการต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับยุคสมัยและพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป ดังเช่นปัจจุบันเป็นยุคที่ผู้บริโภคมีความเร่งรีบในชีวิตประจำวันควบคู่กับกระแสสุขภาพ แม่บ้านรุ่นใหม่จึงต้องการเครื่องปรุงรสอาหารที่มีประโยชน์ ใช้งานได้สะดวก ช่วยให้การปรุงอาหารใช้เวลาสั้นลง และตอบกระแสที่ดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคเป็นสำคัญ เครื่องปรุงรสจึงต้องอยู่ในรูปแบบเครื่องปรุงรสสำเร็จรูปและครบรสมากกว่าเครื่องปรุงรสที่ให้เพียงรสชาติเดียว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานตากเกรดและถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ผู้ประกอบการเพื่อการต่อยอดเชิงพาณิชย์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้นและสูตรต้นแบบในการผลิตผลิตภัณฑ์ซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวาน

สูตรผลิตภัณฑ์ซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานจะใช้สูตรผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นผลการศึกษาของ Chunlakan et al. (2019) มาเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (prototype) โดยนำวัตถุดิบได้แก่ เนื้อมะขามหวาน (พันธุ์ประกายเพชร และสายพันธุ์สีทอง) พริกแดง (*Capsicum annuum* L.) และกระเทียม (*Allium sativum*) มาคัดเลือกคุณภาพเบื้องต้น โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือก คือ รูปร่าง ขนาด สี และตำหนิ นำไปล้างน้ำทำความสะอาด ทำให้แห้งด้วยการเป่าลมแล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณอะฟลาทอกซิน ได้แก่ Aflatoxin type B1, Aflatoxin type B2, Aflatoxin type G1, Aflatoxin type G2 และ Total Aflatoxin ตามวิธีของ AOAC (2012) เพื่อใช้กำหนดค่าคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น นำผลิตภัณฑ์ต้นแบบไปวัดค่าคุณภาพทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (Color Attribute, Konica Minolta CR-10 ระบบ C.I.E. LAB, $L^*a^*b^*$, ญี่ปุ่น), ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w , AQUA LAB CX3TE, สหรัฐอเมริกา) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ (AOAC, 2000) และปริมาณน้ำตาล (AOAC, 2003)

2. การพัฒนากระบวนการผลิตซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาล

การศึกษากิจกรรมวิธีการผลิตซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวาน เป็นการศึกษาเพื่อเลียนแบบการผลิตในระดับขยายสเกลเพื่อการต่อยอดเชิงพาณิชย์ของผู้ประกอบการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การขยายการผลิต จะแบ่งการศึกษาเป็น 2 ขั้นตอน คือ การขยายการผลิตโดยกำหนดให้ปริมาณส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีน้ำหนัก 3.0 และ 5.0 กิโลกรัม และขั้นตอนที่ 2 คือ การขยายการผลิตเพื่อให้ปริมาณส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีน้ำหนัก 10.0 และ 20.0 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ขั้นตอนจะถูกบรรจุในหม้อสแตนเลสแบบมีฝาปิด ขนาด 30 x 30 เซนติเมตร และ 40 x 40 เซนติเมตร ตามลำดับ

กระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ ใช้การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจากระบบไอน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ในภาชนะปิดสนิท และเริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 85 องศาเซลเซียส (Chunlakan et al., 2019)

2.2 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวัดค่าคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ดังนี้

- คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ค่าปริมาณน้ำอิสระ
- คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณน้ำตาล และองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (AOAC, 2005)
- คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count, FDA BAM Online, 2001; Chapter 3), ปริมาณยีสต์และรา (Yeast & mold, FDA BAM Online, 2001;

Chapter 18), *Bacillus cereus* (ISO 7932; 2004), *Clostridium perfringens* (FDA BAM Onilne, 2001; Chapter 16), *Escherichia coli* (Standard Method for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF, 23rd Edition, 2017, Part 9221), *Salmonella* spp. (ISO 6579-1: 2017 (E)) และ *Staphylococcus aureus* (FDA BAM Onilne, 2001; Chapter 12)

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ประเมินผลหาความแตกต่างโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานในระหว่างการเก็บรักษา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยบรรจุในขวดแก้วใส ปริมาตร 4 ออนซ์ (น้ำหนัก 114 กรัม) ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 28 ± 4 องศาเซลเซียส) และสภาวะเร่งที่ 40 องศาเซลเซียส (Ruchikachorn, 2005) ทำการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ทุก 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับคุณภาพเริ่มต้น โดยปัจจัยคุณภาพที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าสี ปริมาณน้ำอิสระ การแยกชั้นของผลิตภัณฑ์ (Ruchikachorn, 2005) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรด ปริมาณจุลินทรีย์ ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา

ผลการวิจัย

1. การศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้นและสูตรต้นแบบในการผลิตผลิตภัณฑ์ซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวาน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร Aflatoxin ได้แก่ Aflatoxin type B1, Aflatoxin type B2, Aflatoxin type G1, Aflatoxin type G2 และ Total Aflatoxin (AOAC, 2012) ของเนื้อมะขามหวาน ตกเกรด กระเทียม และพริกแดง พบว่า วัตถุดิบทั้งหมดตรวจไม่พบปริมาณสาร Aflatoxin แสดงให้เห็นว่า กระบวนการคัดเลือกวัตถุดิบสามารถช่วยให้วัตถุดิบมีความปลอดภัย ไม่พบสารปนเปื้อนและมีคุณภาพ สำหรับการนำไปใช้เพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

การผลิตผลิตภัณฑ์ซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาล จะนำผลการศึกษาของ Chunlakan et al. (2019) มาเป็นต้นแบบ (prototype) ซึ่งประกอบด้วย เนื้อมะขามหวาน น้ำตาลทราย กระเทียม น้ำมะนาว น้ำมันถั่วเหลือง เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ พริกแดง เกลือป่น และซูคราโลส ร้อยละ 60.75, 11.34, 8.93, 6.38, 4.45, 3.71, 2.56, 1.86 และ 0.02 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ มาผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ แต่ทำการดัดแปลงโดยใช้เนื้อมะขามหวานพันธุ์ประกายเพชร และสายพันธุ์สีทอง ผลการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์พบว่า ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านเคมี ได้แก่ ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ และปริมาณน้ำตาล ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.5$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Chunlakan et al. (2019)

แต่มีค่าสี โดยเฉพาะค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีแดง (a*) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) ดังตารางที่ 1 (Table 1)

Table 1 Physico-chemical properties of ready to use concentrate reduced sodium and sugar tamarind sauce

Physico-chemical properties	Prototype	Lab scale
Color: Brightness (L*)	18.42±0.80 ^b	20.90±0.90 ^a
Redness (a*)	7.70±0.68 ^b	9.20±0.86 ^a
Yellowness (b*) ^{ns}	5.60±0.92	5.72±0.88
Water activity , a _w ^{ns}	0.80±0.00	0.80±0.00
pH ^{ns}	3.15±0.00	3.15±0.00
Sodium chloride (g/100mg) ^{ns}	2.11±0.98	2.13±0.92
Sugars (%) ^{ns}	28.82±0.92	28.80±0.68

Remark ^{a-b} mean values with different superscripts in the same row are significantly different ($p \leq 0.5$)
^{ns} means not significantly different ($p > 0.5$)

2. การพัฒนากระบวนการผลิตซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาล

2.1 ผลการขยายการผลิตซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาล ขั้นที่ 1 คือ การเพิ่มปริมาณการผลิตโดยกำหนดให้ปริมาณผลิตภัณฑ์มีน้ำหนัก 3.0 และ 5.0 กิโลกรัม โดยใช้หม้อสแตนเลสแบบมีฝาปิด ขนาด 30 x 30 เซนติเมตร ในกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจากระบบไอน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าสีต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า กระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพด้านกายภาพ โดยเฉพาะค่าสีของผลิตภัณฑ์ แม้ค่าสี L* a* และ b* ที่วัดด้วยเครื่องมือมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ แต่หากประเมินด้วยสายตาพบว่า มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย และการขยายการผลิตซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลน้ำหนัก 3.0 และ 5.0 กิโลกรัม ไม่มีผลต่อค่าคุณภาพด้านเคมีและจุลินทรีย์ ดังตารางที่ 2 (Table 2)

Table 2 Physico-chemical properties of ready to use concentrate reduced sodium and sugar tamarind sauce in 1 step scale up

Physico-chemical properties	Total weight 3 kg	Total weight 5 kg
Color: Brightness (L*)	19.20±0.80 ^a	17.68±0.92 ^b
Redness (a*)	8.20±0.86 ^b	10.08±0.86 ^a
Yellowness (b*)	7.28±0.96 ^a	6.12±0.90 ^b
Water activity , a _w ^{ns}	0.80±0.00	0.80±0.00
pH ^{ns}	3.14±0.00	3.14±0.00

Table 2 Physico-chemical properties of ready to use concentrate reduced sodium and sugar tamarind sauce in 1 step scale up (cont.)

Physico-chemical properties	Total weight 3 kg	Total weight 5 kg
Sodium chloride (g/100mg) ^{ns}	2.18±0.84	2.20±0.96
Sugars (%) ^{ns}	28.80±0.68	28.80±0.68
Total plate count (CFU/g)	< 10	< 10
Yeast & mold (CFU/g)	< 10	< 10
<i>Bacillus cereus</i> (CFU/g)	< 10	< 10
<i>Clostridium perfringens</i> (CFU/g)	< 10	< 10
<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	< 3	< 3
<i>Salmonella</i> spp. (in 25g)	ND	ND
<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/g)	ND	ND

Remark^{a-b} means within the same row with different letters are significantly different ($p \leq 0.5$)

^{ns} means not significantly different ($p > 0.5$), ND mean not detected

2.2 ผลการขยายการผลิตซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาล ขั้นที่ 2 โดยเพิ่มปริมาณการผลิตให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนัก 10.0 และ 20.0 กิโลกรัม โดยใช้หม้อสแตนเลส แบบมีฝาปิด ขนาด 40 x 40 เซนติเมตร และใช้กระบวนการฆ่าเชื้อเหมือนกับขั้นที่ 1 พบว่า การขยายสเกลการผลิตเป็น 10.0 และ 20.0 กิโลกรัม มีผลต่อค่าสีและปริมาณน้ำอิสระ ($p \leq 0.5$) โดยการขยายการผลิตจาก 10.0 กิโลกรัมเป็น 20.0 กิโลกรัม มีผลให้ปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้น และค่าความสว่างและความเป็นสีเหลืองลดลง นั่นคือ ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มออกแดงมากขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณน้ำตาลและปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ ($p > 0.5$) ดังตารางที่ 3 (Table 3) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า กระบวนการผลิตมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) โดยการขยายกำลังการผลิตมีผลให้ปริมาณความชื้นและคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ปริมาณไขมันและเถ้าลดลง และไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีน ดังตารางที่ 4 (Table 4)

Table 3 Physico-chemical properties of ready to use concentrate reduced sodium and sugar tamarind sauce in 2 step scale up

Physico-chemical properties	Total weight 10 kg	Total weight 20 kg
Color: Brightness (L*)	19.10±0.90 ^a	16.28±0.90 ^b
Redness (a*)	10.42±0.26 ^b	13.42±0.62 ^a
Yellowness (b*)	7.38±0.30 ^a	6.28±0.96 ^b
Water activity , a _w	0.80±0.00 ^b	0.82±0.00 ^a
pH ^{ns}	3.15±0.00	3.15±0.00

Table 3 Physico-chemical properties of ready to use concentrate reduced sodium and sugar tamarind sauce in 2 step scale up (cont.)

Physico-chemical properties	Total weight 10 kg	Total weight 20 kg
Sodium chloride (g/100mg) ^{ns}	2.20±0.20	2.18±0.42
Sugars (%) ^{ns}	28.80±0.68	28.80±0.68
Total plate count (CFU/g)	< 10	< 10
Yeast & mold (CFU/g)	< 10	< 10
<i>Bacillus cereus</i> (CFU/g)	< 10	< 10
<i>Clostridium perfringens</i> (CFU/g)	< 10	< 10
<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	< 3	< 3
<i>Salmonella</i> spp. (in 25g)	ND	ND
<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/g)	ND	ND

Remark^{a-b} mean values with different superscripts in the same row are significantly different ($p \leq 0.5$)

^{ns} means not significantly different ($p > 0.5$), ND mean not detected

Table 4 Proximate composition of ready to use concentrate reduced sodium and sugar tamarind sauce in 2 step scale up

Proximate composition (%)	Total weight 10 kg	Total weight 20 kg
Moisture	55.25±0.82 ^b	56.46±0.82 ^a
Ash	5.20±0.98 ^a	3.82±0.48 ^b
Protein ^{ns}	2.24±0.86	2.26±0.90
Fat	1.98±0.90 ^a	1.06±0.64 ^b
Carbohydrate	35.33±0.42 ^b	36.40±0.76 ^a

Remark^{a-b} mean values with different superscripts in the same row are significantly different ($p \leq 0.5$)

^{ns} means not significantly different ($p > 0.5$)

ผลการเปรียบเทียบค่าคุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์จากการขยายสเกลการผลิตกับสูตรต้นแบบแสดงให้เห็นว่า การขยายกำลังการผลิตมีผลต่อคุณภาพด้านสี ปริมาณน้ำอิสระ และองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ แต่ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณน้ำตาลและคุณภาพด้านจุลินทรีย์ ซึ่งอาจเป็นผลจากค่าสีของเนื้อมะขามหวานไม่คงที่ นอกจากนั้นจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์พบว่า มีปริมาณโปรตีนต่ำและมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.15-3.20 ทำให้การเปลี่ยนแปลงของสีที่เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลทั้งแบบใช้เอนไซม์และไม่ใช้เอนไซม์เกิดขึ้นได้ยากเพราะจะต้องมีปริมาณโปรตีนหรือไนโตรเจนอื่นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 5.0-7.0 (Pornchaloempong & Rattanapanon, 2020) แต่อย่างไรก็ตาม

ผลจากการประเมินลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์พบว่า ผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างของค่าสีเล็กน้อยและไม่แตกต่างกับสูตรต้นแบบและการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ

ดังนั้นกระบวนการผลิตซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานตากเกรดเพื่อการต่อยอดเชิงพาณิชย์สามารถทำได้โดย คัดคุณภาพของวัตถุดิบ ได้แก่ พริกแดงและกระเทียม นำไปล้างน้ำแล้วทำให้แห้ง ปั่นให้ละเอียด นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ในหม้อสแตนเลส นำไปฆ่าเชื้อในระบบปิดด้วยความร้อนจากระบบไอน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที บรรจุใส่ขวดแก้วใสที่ฆ่าเชื้อแล้ว ปิดฝา แล้วทำให้เย็นทันที จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพคงที่และมีความปลอดภัย

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานในระหว่างการเก็บรักษา

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์พบว่า ระยะเวลาการเก็บและอุณหภูมิการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านสีและปริมาณน้ำอิสระ โดยเมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานานขึ้นจะมีผลให้ค่าความสว่างลดลงแต่มีผลให้ค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจะเห็นผลชัดเจนมากขึ้นที่สภาวะการเก็บรักษาที่ 40 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นอายุการเก็บรักษายังมีผลให้ปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่จะให้ผลที่ชัดเจนที่สภาวะการเก็บรักษาที่ 40 องศาเซลเซียส (0.80-0.86) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบรรจุภัณฑ์แบบขวดแก้วมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าบรรจุภัณฑ์ลักษณะอื่น ในขณะที่ระยะเวลาการเก็บและอุณหภูมิการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการแยกชั้น (แต่เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานกว่า 6 สัปดาห์ จะปรากฏส่วนใสบริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์เล็กน้อย) ความเป็นกรดต่าง (3.10-3.15) และปริมาณกรด (0.17-0.21) อายุการเก็บรักษาและสภาวะการเก็บรักษามีผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราเพิ่มขึ้นแต่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ (มอก.1317-2538) ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 200 พ.ศ. 2543 เรื่องซอสในภาชนะที่ปิดสนิท และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 201 พ.ศ. 2543 ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 10^4 CFU/g ดังตารางที่ 5-7 (Table 5-7)

Table 5 Physical properties of ready to use concentrate reduced sodium and sugar tamarind sauce during storage

Time (weeks)	L*		a*		b*		a _w	
	28±4°C	40°C	28±4°C	40°C	28±4°C	40°C	28±4°C	40°C
1	19.10±0.29 ^a	19.54±0.56 ^a	10.52±0.90 ^d	10.78±0.80 ^d	7.78±0.70 ^c	8.18±0.79 ^d	0.80±0.00 ^c	0.80±0.00 ^d
2	18.63±0.30 ^a	19.13±0.30 ^a	10.97±0.92 ^d	11.03±0.53 ^d	7.96±0.93 ^c	8.90±0.93 ^c	0.80±0.02 ^c	0.80±0.02 ^d
3	18.68±0.74 ^a	18.43±0.47 ^b	11.80±0.54 ^c	13.40±0.74 ^c	8.02±0.66 ^c	9.12±0.16 ^c	0.80±0.04 ^c	0.82±0.04 ^c
4	17.52±0.60 ^b	16.14±0.15 ^c	11.92±0.65 ^c	13.78±0.54 ^c	8.86±0.16 ^b	10.70±0.80 ^b	0.80±0.00 ^c	0.82±0.00 ^c
5	16.63±0.22 ^c	15.76±0.76 ^c	13.40±0.80 ^b	16.10±0.81 ^b	9.56±0.23 ^b	11.03±0.33 ^b	0.82±0.00 ^b	0.82±0.00 ^c
6	16.18±0.96 ^{cd}	14.10±0.56 ^d	13.80±0.73 ^b	16.71±0.55 ^b	9.98±0.96 ^{ab}	12.87±0.51 ^b	0.82±0.00 ^b	0.84±0.00 ^b
7	15.29±0.85 ^d	12.29±0.55 ^e	15.62±0.51 ^a	17.81±0.70 ^a	10.18±0.54 ^a	12.48±0.58 ^b	0.82±0.00 ^b	0.84±0.00 ^b
8	14.87±0.55 ^d	12.87±0.73 ^e	16.38±0.56 ^a	18.17±0.75 ^a	10.48±0.19 ^a	13.10±0.65 ^a	0.84±0.02 ^a	0.86±0.02 ^a

Remark ^{a-d} mean values with different superscripts in the same row are significantly different ($p \leq 0.5$)

Table 6 Chemical properties of ready to use concentrate reduced sodium and sugar tamarind sauce during storage

Time (weeks)	pH		Acid content (%)	
	28±4°C	40°C	28±4°C	40°C
1	3.15±0.00 ^a	3.15±0.00 ^a	0.21±0.56 ^a	0.20±0.80 ^a
2	3.15±0.00 ^a	3.15±0.01 ^a	0.20±0.80 ^a	0.20±0.65 ^a
3	3.14±0.00 ^{ab}	3.15±0.00 ^a	0.20±0.18 ^a	0.20±0.72 ^a
4	3.13±0.02 ^b	3.14±0.02 ^{bc}	0.19±0.48 ^{ab}	0.19±0.60 ^{ab}
5	3.13±0.00 ^b	3.14±0.00 ^{bc}	0.18±0.71 ^b	0.19±0.64 ^{ab}
6	3.11±0.00 ^c	3.14±0.01 ^{bc}	0.18±0.30 ^b	0.18±0.22 ^b
7	3.10±0.02 ^c	3.13±0.00 ^c	0.18±0.12 ^b	0.19±0.16 ^{ab}
8	3.10±0.02 ^c	3.13±0.00 ^c	0.17±0.20 ^c	0.17±0.80 ^c

Remark ^{a-c} mean values with different superscripts in the same row are significantly different ($p \leq 0.5$)

Table 7 Microbiological properties of ready to use concentrate reduced sodium and sugar tamarind sauce during storage

Time (weeks)	Total plate count (CFU/g)		Yeast & mold (CFU/g)	
	28±4°C	40°C	28±4°C	40°C
0	< 10	< 10	< 10	< 10
1	< 10	< 10	< 10	< 10
2	< 10	< 10	< 10	< 10
3	< 10	< 10	< 10	< 10
4	< 10	1.0 × 10 ²	< 10	< 10
5	< 10	1.8 × 10 ²	< 10	< 10
6	1.8 × 10 ²	2.0 × 10 ²	< 10	< 10
7	2.4 × 10 ²	1.2 × 10 ³	< 10	< 10
8	1.0 × 10 ³	1.8 × 10 ³	< 10	< 10

อภิปรายผล

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตของมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานเพื่อผลิตและต่อยอดเชิงพาณิชย์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงต้องมีคุณภาพคงที่และปลอดภัยต่อผู้บริโภค ผลจากการศึกษาพบว่า กระบวนการผลิตมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านสีแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากคุณภาพด้านสีของวัตถุดิบหลัก ได้แก่ เนื้อมะขามหวาน แต่ไม่มีผลต่อคุณภาพอื่นทั้งด้านเคมีและจุลินทรีย์ ดังนั้น

กระบวนการผลิตจึงต้องให้ความสำคัญกับการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่อลดความแปรปรวน ลดการสูญเสียที่ไม่จำเป็นจากกระบวนการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และสร้างความมั่นใจในการบริโภค ซึ่งสามารถทำได้โดย 1) การคัดเลือกและการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบโดยเฉพาะวัตถุดิบหลักที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ซึ่งในงานวิจัยนี้คือ เนื้อมะขามหวานตากเกรดซึ่งการกำหนดคุณภาพอาจทำได้ยากเนื่องจากมีความผันแปรของค่าสีสูง ดังนั้นจึงอาจต้องกำหนดเป็นช่วงของค่าสีซึ่งอยู่ในขอบเขตที่สามารถยอมรับได้ 2) การควบคุมคุณภาพในกระบวนการแปรรูป สำหรับงานวิจัยนี้จัดเป็นการผลิตในระดับขยายสเกลหรือกึ่งอุตสาหกรรม ดังนั้นการควบคุมคุณภาพจึงทำได้โดยการใช้การฆ่าเชื้อแบบระบบปิดซึ่งสามารถควบคุมปัจจัยและสภาวะได้ดีกว่าการทำในระบบเปิด โดยงานวิจัยนี้เป็นการใช้กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจากระบบไอน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ในภาชนะสแตนเลสที่ปิดสนิท แล้วบรรจุใส่ขวดแก้วใสที่ฆ่าเชื้อ ตามกรรมวิธีการผลิตของ Chunlakan et al. (2019) ผลจากการศึกษาพบว่า ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ในการฆ่าเชื้อนาน 30 นาที เพียงพอที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์จัดอยู่ในกลุ่มอาหารประเภทกรดต่ำ มีปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.85 และมีปริมาณโปรตีนต่ำ ดังนั้นกระบวนการฆ่าเชื้ออาจต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียสได้ แต่ทั้งนี้ต้องใช้เวลาานมากพอที่จะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค สอดคล้องกับการศึกษาของ Ruchikachom (2005) ที่ใช้อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ซอสถั่วลิสง ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานาน 5 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังมีการตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ซึ่งผลการตรวจประเมินพบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าคุณภาพทุกด้านเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด (Thai Industrial Standards Institute, 1995; Ministry of Public Health, 2000 a,b) และ 3) การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีอยู่ 3 ขั้นตอน คือ การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาหรือการส่งจำหน่าย การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนถ่ายและการขนส่งสู่ตลาด และการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างรอการจำหน่าย ดังนั้นกระบวนการผลิตซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานเพื่อการต่อยอดเชิงพาณิชย์จึงสามารถใช้กระบวนการผลิตจากงานวิจัยนี้ได้ แต่อย่างไรก็ตามควรทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคในด้านความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ค่าคุณภาพครบทุกด้านเพราะจะเป็นการสร้างเชื่อมั่นให้กับผู้ผลิตและผู้บริโภคต่อไป

สรุปผลการวิจัย

กระบวนการผลิตซอสมะขามเข้มข้นสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานตากเกรดเพื่อการต่อยอดเชิงพาณิชย์สามารถทำได้โดยการคัดเลือกและจัดการวัตถุดิบหลักให้สะอาด และไม่พบสิ่งปนเปื้อน กระบวนการผลิตจะใช้การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจากระบบไอน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ในภาชนะสแตนเลส (ระบบปิด) แล้วบรรจุใส่ขวดแก้วใสที่ฆ่าเชื้อจะทำ

ให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และมีอายุการเก็บรักษานานอย่างน้อย 8 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง โดยที่ผลิตภัณฑ์ไม่แยกชั้นและไม่พบการเกิดสีดำจากเหล็กแทนเนต ผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และกระบวนการผลิตสามารถถ่ายทอดให้แก่ผู้ประกอบการเพื่อการต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2561 (RDI-1-61-2-1) ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. Official methods of analysis. Maryland; The Association of official analytical chemists; 2000.
- AOAC. Official methods of analysis. Washington D.C; The Association of official analytical chemists; 2003.
- AOAC. Official methods of analysis. Washington D.C; The Association of official analytical chemists; 2012.
- Chunlakan P, Promjeen K, Dechaprakrom K. et al. Development of reduced sodium and sugar ready-to-use concentrated tamarind sauce from low grade sweet-variety tamarind for further commercial. Food and Agricultural Technology Pibulsongkram Rajabhat University; 2019.
- Food intelligence center. Market intelligence: Seasoning in Thailand. <http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php>. Accessed November 1, 2020.
- Ministry of Public Health. Sauces in Sealed Containers (No. 200) B.E. 2543 (2000a). Available at: http://food.fda.moph.go.th/law/announ_moph151-200.php. Accessed October 15, 2019.
- Ministry of Public Health. Some Particular Kinds of Sauces (No. 201) B.E. 2543 (2000b). Available at: http://food.fda.moph.go.th/law/announ_moph201-250.php. Accessed October 15, 2019.
- Pornchaloempong P, Rattanapanone N. Low acid Foods. Food Network Solution. Available at: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1048/low-acid-food>. Accessed October 11, 2020.
- Pornchaloempong P, Rattanapanone N. Browning reaction. Food Network Solution. Available at: <https://foodnetworksolution.com/wiki/word/0745/browning-reaction>. Accessed November 1, 2020.
- Ruchikachorn N. Development of Peanut Sauce. Master of Science (Agro-Industrial Product Development). Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, 2005.
- Thai Industrial Standards Institute. Oyster sauce (1317-2538).995. Available at: https://industrygoth/center_mng/index.php/2016-04-24-18-07-42/2016-04-24-. Accessed October 15, 2020.