

การวิเคราะห์ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ในผลิตภัณฑ์น้ำปลาไทย

Determination of Sodium Chloride Contents in Thai Fish Sauce Products

เมธพร ขจรจรัสกุล, ขนิษฐา หาญวงวงศ์, วิศัลย์ศยา ศรีทองกลาง,

กอบเกียรติ สอนใจ และกมลทิพย์ เสรีนนท์ชัย*

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Metaporn kajhonjaratkul, Kanidtha Hanvaganawong, Wisansaya Srithonglang,

Kobkead Sonchai and Kamonthip Sereenonchai*

Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology,

Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

น้ำปลาเกิดจากการหมักปลากับเกลือจนได้ของเหลวสีน้ำตาลอ่อนและมีรสเค็ม เกลือโซเดียมคลอไรด์จึงมีบทบาทสำคัญต่อรสชาติและคุณภาพของน้ำปลาซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ส่งออกสำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่ต้องควบคุมปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ให้เป็นไปตามคุณภาพมาตรฐานน้ำปลาทั้งระดับประเทศและมาตรฐานระดับสากลอย่างเคร่งครัด งานวิจัยนี้เป็นการหาปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำปลาไทยโดยใช้วิธีการไทเทรตแบบโมอร์ ปริมาณที่สามารถวัดได้เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอาหารสากลหรือโคเด็กซ์และเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม โดยสุ่มซื้อตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำปลาในเชิงพาณิชย์ของไทยจำนวน 35 ตัวอย่าง และน้ำปลาผสมจำนวน 21 ตัวอย่าง ที่วางจำหน่ายในร้านค้าท้องถิ่นและร้านค้านำในจังหวัดปทุมธานีและกรุงเทพมหานคร

คำสำคัญ : น้ำปลา; การไทเทรต; โซเดียมคลอไรด์; เกลือ

Abstract

A fish sauce is made from a fermentation of fish and salt. It is a clear reddish-golden brown color and salted taste. Sodium chloride plays an important role in taste and quality of the fish sauce that is essential for a qualified exporting product in Thailand. The concentration of sodium

chloride must be controlled strictly under national and international quality standards. This work focused on determination of sodium chloride in samples of Thai fish sauce using Mohr's titration method, and comparison the quantified results to the international food standards code and standard of the Ministry of Industry. Thai commercial fish sauce products, which were pure fish sauce of 35 samples and mixed fish sauce of 21 samples, were purchased from local stores and supermarkets in Pathum Thani and Bangkok, Thailand. The measurable quantity obtained from those samples, was compared to the international (CODEX STAN 302-2011) and national (Thai industrial standard institute, TIST) standards.

Keywords: fish sauce; titration; sodium chloride; salt

1. บทนำ

น้ำปลาเป็นผลผลิตของการถนอมอาหารด้วยการหมักปลาที่เกลือเป็นเวลาอย่างน้อย 9 เดือน [1] จนได้ของเหลวสีน้ำตาลอ่อนและมีรสเค็ม หากทำโดยการหมักหรือย่อยปลา หรือส่วนของปลาจะเรียกว่า น้ำปลาแท้ แต่หากนำน้ำปลาแท้มาปรุงแต่งกลิ่นรสต่อก็จะได้เป็นน้ำปลาผสม [2] ซึ่งน้ำปลาเหล่านี้นำมาใช้เป็นเครื่องปรุงรสอาหารมาอย่างยาวนานในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียตะวันออก [3] สำหรับประเทศไทยนั้นถือเป็นเครื่องปรุงรสที่อยู่คู่ครัวของคนไทยมานานและใช้ในการปรุงอาหารไทยแทบทุกประเภท เพราะเป็นเครื่องปรุงรสที่มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวและช่วยเพิ่มรสชาติรับประทานให้กับอาหาร โดยน้ำปลาเป็นเอกลักษณ์หนึ่งของอาหารไทยที่รู้จักเป็นอย่างดีทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ หากพิจารณาผลสำรวจพฤติกรรมผู้บริโภคน้ำปลาภายในประเทศ พบว่าคนไทยบริโภคน้ำปลาโดยเฉลี่ยมากถึง 17-20 มิลลิลิตร/คน/วัน [4] หรือคิดเป็นปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ประมาณ 4 กรัม/คน/วัน ซึ่งเกือบจะเกินปริมาณสูงสุดที่องค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) ระบุปริมาณสูงสุดที่แนะนำให้บริโภคต่อวันไว้ที่ 5 กรัม/วัน [5] นอกจากนี้ น้ำปลายังเป็นข้อสปรงรสที่มีสัดส่วนการ

ส่งออกมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้อสปรงรสประเภทอื่น ๆ [6] (รูปที่ 1ก) โดยข้อมูลสถิติการส่งออกของสำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์และกรมศุลกากรได้รายงานการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำปลาของไทยไปยัง 9 ประเทศ ในอาเซียน ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และ 27 ประเทศ ในสหภาพยุโรป มีมูลค่ารวมกันสูงกว่า 1,000 ล้านบาทต่อปี [7] จนอาจกล่าวได้ว่าประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำปลารายใหญ่ของโลก

การเติบโตทางอุตสาหกรรมการผลิตน้ำปลาอย่างรวดเร็วและมูลค่าการส่งออกมหาศาลนี้ ทำให้คณะกรรมการอาหารและการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex Alimentarius Commission, CAC) ได้กำหนดมาตรฐานน้ำปลา FISH SAUCE: CODEX STAN 302-2011 ขึ้น [8] เพื่อยกระดับคุณภาพน้ำปลาที่ผลิตจากทั่วโลกให้เป็นมาตรฐานเดียวกันและเพื่อประโยชน์ในการค้าระหว่างประเทศ สำหรับประเทศไทยนั้นมีหน่วยงานราชการจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและกระทรวงสาธารณสุขเป็นผู้กำกับดูแลมาตรฐานน้ำปลา โดยออกกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 3-2526 เรื่องน้ำปลาพื้นเมือง [9] และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 203 พ.ศ. 2543 เรื่องน้ำปลา [2] เพื่อกำกับดูแลผลิตภัณฑ์น้ำปลาให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานภายในประเทศ

และเกณฑ์มาตรฐานสากล รวมทั้งเป็นข้อมูลระบุบนฉลากด้านโภชนาการให้แก่ผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพอีกด้วย โดยหนึ่งในข้อกำหนดสำคัญที่เหมือนกันในมาตรฐานทั้ง 3 ฉบับ คือ ปริมาณเกลือ (คำนวณในรูปของเกลือโซเดียมคลอไรด์) ที่อยู่ในน้ำปลาจะต้องมีปริมาณไม่น้อยกว่า 200 กรัมต่อลิตร [2,8,9] ซึ่งปริมาณเกลือมีความสำคัญในกระบวนการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเสียของน้ำปลา (microbial spoilage) ทำให้น้ำปลามีอายุการเก็บรักษานานขึ้น [10] รวมทั้งช่วยให้น้ำปลามีกลิ่นรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดีอีกด้วย [11] นอกจากนี้การบริโภคอาหารที่ปรุงรสด้วยน้ำปลาซึ่งมีเกลือโซเดียมคลอไรด์เป็นองค์ประกอบนั้น ช่วยให้ร่างกายได้รับเกลือแร่โซเดียมที่มีความจำเป็นต่อร่างกายได้ทางหนึ่ง หากได้รับในปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยควบคุมความดันโลหิต การทำงานของกล้ามเนื้อและระบบประสาท โดยข้อมูลแนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 [12] ระบุปริมาณโซเดียมที่แนะนำให้บริโภคประจำวัน (recommended daily intake, RDI) อยู่ที่ 2,400 มิลลิกรัม หรือคิดเป็น 6 กรัมของโซเดียมคลอไรด์ต่อวันในบุคคลที่มีอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป และเป็นปริมาณที่ไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ

อย่างไรก็ตาม การปรุงรสอาหารด้วยน้ำปลามากเกินไปจะทำให้ผู้บริโภคได้รับเกลือแร่โซเดียมเกินความต้องการของร่างกาย ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคไต โรคความดันโลหิตสูง โรคกระดูกพรุน และเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งกระเพาะอาหาร [5,11] ซึ่งที่มาและความสำคัญดังกล่าวนี้เห็นได้ว่าปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในน้ำปลานั้นนอกจากช่วยยืดอายุการเก็บรักษาน้ำปลาแล้ว ยังส่งผลต่อรสชาติและความพึงพอใจของผู้บริโภคซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อธุรกิจอุตสาหกรรมของผลิตภัณฑ์น้ำปลานั้น ๆ ทำให้ผู้ผลิตต้องพยายามคิดค้น ปรับปรุง และรักษามาตรฐานของสูตรการผลิตน้ำปลา เพื่อคงรสชาติครองใจผู้บริโภคและครองตลาดทางการค้า รวมทั้งรักษามาตรฐานตามข้อกำหนดภายในประเทศและระดับสากล (โคเด็กซ์) เพื่อให้ น้ำปลาไทยสามารถแข่งขันและยังคงเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ในเวทีการค้าสากล

การสืบค้นบทความวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์น้ำปลานั้นพบว่ามีการใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีย่านใกล้อินฟราเรดร่วมกับเคมีโมเมตริกสำหรับจำแนกกลุ่มน้ำปลาไทย [13] มีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในน้ำปลาโซเดียมต่ำเพื่อประเมินผลทางรสสัมผัส (sensory evaluation) [1] รวมทั้งการศึกษานิตของ

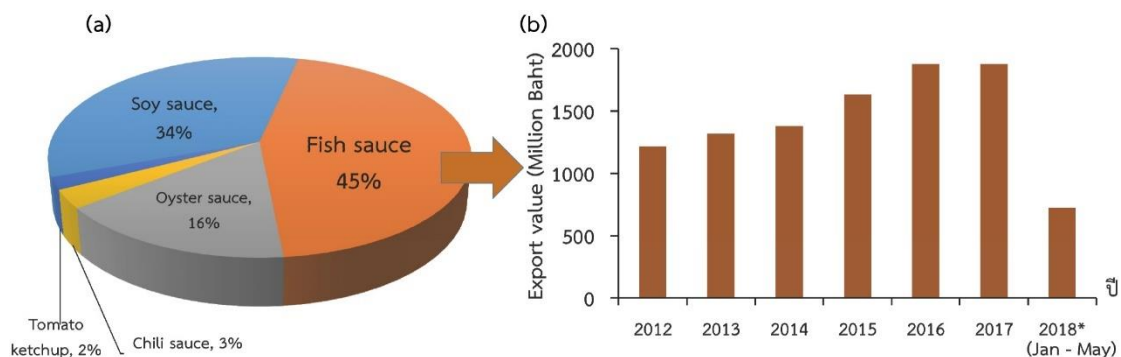
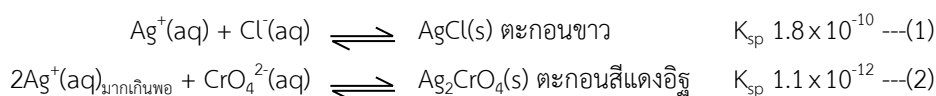


Figure 1 (a) Export market share of Thai industrial sauces [6], (b) Thailand trading report of fish sauce products from January, 2012 to May, 2018 [7]

เกลือที่มีต่อกระบวนการผลิตน้ำปลา [14] เป็นต้น ส่วนการวิเคราะห์ความเค็มหรือเกลือโซเดียมคลอไรด์ในน้ำปลาส่วนใหญ่นิยมวิธีการไทเทรตแบบอาศัยปฏิกิริยาการเกิดตะกอนหรืออาร์เจนโทเมตริกไทเทรชัน (argentometric titration) ซึ่งเป็นวิธีไทเทรตสารละลายตัวอย่างด้วยสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรต (AgNO_3) เพื่อเกิดการตกตะกอนกับคลอไรด์ไอออน (Cl^-) มีทั้งวิธีไทเทรตโดยตรงแบบโมฮอร์ [15-18] และวิธีไทเทรตแบบอ้อมของโวลฮาร์ด [16,18]

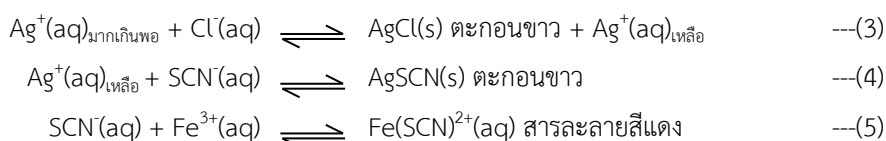
การไทเทรตแบบโมฮอร์ (Mohr's method) นั้นจะใช้สารละลายโพแทสเซียมโครเมต (K_2CrO_4) เป็น

อินดิเคเตอร์ภายใต้สภาวะสารละลายที่เป็นกลาง เมื่อเติมสารละลาย AgNO_3 ลงไปในสารละลายตัวอย่างที่มี Cl^- จะเกิดเป็นตะกอนสีขาวออกมาก่อน [สมการที่ (1)] เนื่องจากในการเกิดตะกอนซิลเวอร์โครเมต (Ag_2CrO_4) นั้นอัตราส่วนของ $\text{Ag}^+:\text{CrO}_4^{2-}$ จะเป็น 2 : 1 ในขณะที่การเกิดตะกอนซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl) ใช้อัตราส่วน $\text{Ag}^+:\text{Cl}^-$ เพียง 1 : 1 รวมถึงค่าคงที่สมดุลการละลาย (K_{sp}) ของ Ag_2CrO_4 มีค่าต่ำกว่า K_{sp} ของ AgCl ไม่นัก ทำให้ Ag^+ ทำปฏิกิริยากับ Cl^- ในตัวอย่างหมดก่อนแล้วจึงมาทำปฏิกิริยากับอินดิเคเตอร์เกิดเป็นตะกอนสีแดงอิฐขึ้น [สมการที่ (2)] ทำให้สามารถทราบจุดยุติ



หากไทเทรตด้วยวิธีของโวลฮาร์ด (Volhard's method) จะใช้สารละลายมาตรฐาน AgNO_3 ที่มากเกินไปเพื่อให้ Cl^- ในตัวอย่างตกตะกอนเป็นตะกอน AgCl จนหมด จากนั้นไทเทรตสารละลาย AgNO_3 ที่เหลืออยู่ด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไทโอไซยาเนต (KSCN) โดยใช้เฟอร์ริกอลัม (ferric alum) เป็นอินดิเคเตอร์ ที่จุดยุติจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างเฟอร์ริก

ไอออน (Fe^{3+}) กับไทโอไซยาเนตไอออน (SCN^-) เป็นสารละลายสีแดง ดังแสดงในปฏิกิริยาสมการที่ (3) ถึง (5) อย่างไรก็ตาม วิธีโวลฮาร์ดนี้นิยมเติมไนโตรเบนซีน (nitrobenzene) ลงไปก่อนเติมอินดิเคเตอร์ สำหรับเขย่าให้ตะกอนถูกจับลงมาอยู่ด้านล่างขวดรูปชมพู่เพื่อลดผลรบกวนการมองจุดยุติของสารละลายจากตะกอนที่เกิดขึ้น



อย่างไรก็ตาม เมื่อสืบค้นบทความวิจัยในปัจจุบันยังไม่พบการวิจัยที่สำรวจติดตามปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ในผลิตภัณฑ์น้ำปลายี่ห้อต่าง ๆ ที่วางจำหน่ายในประเทศแต่อย่างใด ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลการศึกษาที่เป็นปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการนำวิธีการไทเทรตแบบโมฮอร์ซึ่งเป็นวิธี

มาตรฐานและเป็นวิธีที่ใช้อย่างแพร่หลายในการวัดความเค็มในอุตสาหกรรมน้ำปลาไทย เนื่องจากเป็นวิธีมาตรฐานที่ไม่ต้องใช้ไนโตรเบนซีนในการวิเคราะห์ ซึ่งไนโตรเบนซีนเป็นสารที่มีกลิ่นฉุนและเป็นสารก่อมะเร็งเพื่อหาปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ในผลิตภัณฑ์น้ำปลาแท้และน้ำปลาผสมที่สุ่มจากร้านค้าที่วาง

จำหน่ายในประเทศไทย โดยรายงานผลวิเคราะห์เปรียบเทียบกับมาตรฐานภายในประเทศ (มอก.) และมาตรฐานสากล (โคเด็กซ์)

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 สารเคมีและเครื่องแก้ว

สารเคมีที่ใช้ในการวิจัยเป็นเกรดสำหรับวิเคราะห์ (analytical grade) ทั้งหมด และใช้น้ำปราศจากไอออน (ELGASTAT UHQPS, ELGA, อังกฤษ) ตลอดการศึกษา

2.1.1 การเตรียมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทเข้มข้น 0.01 โมลาร์ ปริมาตร 1 ลิตร และการเปรียบเทียบมาตรฐาน (standardization) ซิงซิลเวอร์ไนเตรท (AgNO_3 , Carlo Erba, สาธารณรัฐอิตาลี) ประมาณ 1.70 กรัม ในปิเกอร์ เติมน้ำปราศจากไอออนลงไปเพื่อช่วยให้ละลายและปรับปริมาตรจนครบ 1 ลิตร แล้วบรรจุสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทที่เตรียมได้ลงในปิเกอร์เพื่อเปรียบเทียบมาตรฐานกับสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งเตรียมโดยชั่งเกลือโซเดียมคลอไรด์ (ผ่านการอบให้ได้น้ำหนักคงที่มาแล้ว) (NaCl , Carlo Erba, สาธารณรัฐอิตาลี) ด้วยน้ำหนักที่แน่นอน 0.1470 กรัม ลงในปิเกอร์ ละลายผลึกเกลือด้วยน้ำปราศจากไอออนแล้วถ่ายสารละลายโซเดียมคลอไรด์นี้ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร กลั้วปิเกอร์ด้วยน้ำปราศจากไอออน 3-4 ครั้ง เพื่อถ่ายโอนสารละลายทั้งหมดลงในขวดวัดปริมาตรแล้วจึงใช้น้ำปราศจากไอออนปรับปริมาตรสารละลายให้ครบ 250 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 10 มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่ เติมสารละลาย 5 % โพแทสเซียมโครเมตอินดิเคเตอร์ 1 มิลลิลิตร ลงไป แล้วไทเทรต 3 ครั้ง ด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทจนกระทั่งเห็นจุดยุติของตะกอนสีแดงอิฐ คำนวณปริมาตรวิเคราะห์เพื่อ

ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรทที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ เข้มข้น 0.0101 โมลาร์ จากนั้นเก็บสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้วในขวดสีชาและใช้ตลอดการทดลองนี้ (คำเตือน : สารละลายซิลเวอร์ไนเตรทมีฤทธิ์กัดกร่อน ระมัดระวังสัมผัสถูกผิวหนัง [19])

2.1.2 การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมโครเมต เข้มข้น 5 % ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ซิงโพแทสเซียมโครเมต (K_2CrO_4 , Carlo Erba, สาธารณรัฐอิตาลี) 5.0160 กรัม ใส่ในปิเกอร์ ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน แล้วถ่ายสารละลายลงขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร กลั้วปิเกอร์ด้วยน้ำปราศจากไอออนเพื่อถ่ายโอนสารละลายจากปิเกอร์ลงขวดวัดปริมาตรจนหมด แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ใช้เป็นอินดิเคเตอร์ในการทดลองนี้

2.1.3 การสุ่มตัวอย่างและการเตรียมสารละลายตัวอย่างน้ำปลา

สุ่มซึ้นน้ำปลาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (convenience sampling method) จากร้านค้าในจังหวัดปทุมธานีและกรุงเทพมหานคร แบ่งเป็นน้ำปลาแท้จำนวน 36 ตัวอย่าง และน้ำปลาผสมจำนวน 21 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 57 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างน้ำปลาที่สุ่มมาวิเคราะห์นี้เป็นตัวอย่างน้ำปลายี่ห้อต่าง ๆ และต่างชุดการผลิต

ปิเปตตัวอย่างน้ำปลา 1 มิลลิลิตร ลงในปิเกอร์ เติมน้ำปราศจากไอออนลงไปประมาณ 200 มิลลิลิตร แล้วปรับ pH ของสารละลายให้เป็นกลางโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ค่อย ๆ เติมลง จนกระทั่งสารละลายมี pH 7.00 ± 0.10 จากเครื่องวัดค่าพีเอช (รุ่น 225, Denver, สหรัฐอเมริกา) จากนั้นถ่ายสารละลายตัวอย่างน้ำปลานี้ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ใช้น้ำปราศจากไอออนถ่ายโอนสารละลาย

จากปิกเกอร์ลงขวดวัดปริมาตรให้หมด แล้วจึงปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนถึงขีดกำหนด จะได้สารละลายน้ำปลาที่มีสีเหลืองอ่อนมาก ๆ และไม่รบกวนการมองจุดยุติ

2.2 วิธีการทดลอง

ปิเปตสารละลายตัวอย่างน้ำปลาที่เตรียมได้ (ข้อ 2.1.3) มา 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ตวงอินดิเคเตอร์ (ข้อ 2.1.2) มา 1 มิลลิลิตร เทลงไปในขวดรูปชมพู่ จากนั้นไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรทที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน (ข้อ 2.1.1) จนถึงจุดยุติจะเห็นตะกอนสีแดงอิฐของซิลเวอร์โครเมท บันทึกปริมาตรสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทที่ใช้เพื่อคำนวณหาปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ในตัวอย่างต่อไป

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 pH ในตัวอย่างน้ำปลา

การไทเทรตแบบโมธอร์นั้นจะต้องคำนึงถึง pH ของสารละลายตัวอย่างด้วย โดยสภาวะ pH ที่เหมาะสมต่อการไทเทรตควรเป็นกลาง หากสารละลายมีความเป็นกรดจะทำให้ใช้ปริมาณของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทมากเกินไปเกินความเป็นจริง เนื่องจากทำให้โครเมทไอออน (CrO_4^{2-}) ที่เป็นอินดิเคเตอร์เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของไดโครเมทไอออน ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) มากขึ้น และเกิดเป็นตะกอนซิลเวอร์ไดโครเมท ($\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) ที่ละลายได้ดีกว่าตะกอนจุดยุติของซิลเวอร์โครเมท (Ag_2CrO_4) จึงเป็นเหตุที่ใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรทเพื่อให้ถึงจุดยุติมากกว่าความเป็นจริง ในทางกลับกัน หากสารละลายมีความเป็นเบสจะทำให้เกิดตะกอนซิลเวอร์ออกไซด์ (Ag_2O) ขึ้น ทำให้ใช้ปริมาณสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทมากเกินไปเกินความเป็นจริงได้เช่นกัน ดังนั้นตัวอย่างน้ำปลาทั้ง 57 ตัวอย่าง จึงต้องนำมาวัดค่า pH ก่อนไทเทรตโดยใช้กระดาษวัด pH (pH-

indicator strips pH 0-14 Universal indicator, Merck, เยอรมนี) พบว่าทุกตัวอย่างมีค่า pH เท่ากับ 5 ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันความคลาดเคลื่อนอันเนื่องจาก pH ของตัวอย่างในการวิเคราะห์ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยวิธีของโมธอร์ จึงต้องเตรียมตัวอย่างน้ำปลาดังข้อ 2.1.3

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณเกลือในตัวอย่างน้ำปลา

แม้ว่าวิธีการไทเทรตแบบโมธอร์จะเป็นวิธีมาตรฐานที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเกลือในตัวอย่างน้ำปลาของโรงงานผลิตน้ำปลาส่วนใหญ่ เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้ในโตรเบนซินซึ่งเป็นสารอินทรีย์ก่อมะเร็งในกระบวนการวิเคราะห์ แต่เพื่อยืนยันความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์ งานวิจัยนี้จึงเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร และความเข้มข้นร้อยละ 17.5 โดยมวลต่อปริมาตรขึ้น แล้วไทเทรตแบบโมธอร์เพื่อตรวจวัดปริมาณเกลือที่ได้จากวิธีไทเทรต ตารางที่ 1 เป็นผลการวิเคราะห์ปริมาณเกลือในสารละลายมาตรฐานโซเดียมคลอไรด์ 2 ความเข้มข้น และตัวอย่างน้ำปลา 2 ประเภท คือ กลุ่มน้ำปลาแท้และกลุ่มน้ำปลาผสม โดยเรียงข้อมูลตามปริมาณเกลือที่ระบุบนฉลากผลิตภัณฑ์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเกลือในสารละลายมาตรฐานโซเดียมคลอไรด์ที่เตรียมขึ้นพบว่าปริมาณเกลือที่ได้จากการไทเทรตมีค่าใกล้เคียงกับที่เตรียมขึ้นมาก (ร้อยละความแตกต่างน้อยกว่า 2) ในทั้ง 2 ความเข้มข้น และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ แสดงให้เห็นว่าการทดลองนี้มีความแม่นยำและความเที่ยงสูงสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเกลือในตัวอย่างน้ำปลา และเมื่อนำไปไทเทรตตัวอย่างน้ำปลาแท้และน้ำปลาผสม หากพิจารณาผลการวิเคราะห์ปริมาณเกลือที่ได้จากวิธีไทเทรตแบบโมธอร์ เปรียบเทียบกับฉลากผลิตภัณฑ์ระบุ

Table 1 Sodium chloride contents in standard sodium chloride solutions and fish sauce samples (% weight) obtained by precipitation titration (Mohr method) and the labeled values

Types	Sample No.	Brands (Lot)	Sodium chloride contents (% weight)		% Differences ^c
			Labeled	Mohr method ^b	
Standard sodium chloride solution	-	-	10	10.14±0.03	1.4
	-	-	17.5	17.69±0.00	1.1
Pure fish sauce	1	1 (1)	20	25.42±0.13	27
	2	2 (1)	20	27.92±0.35	40
	3 ^a	3 (1)	23	25.08±0.14	9
	4 ^a	3 (2)		23.43±0.08	2
	5 ^a	4 (1)	24	22.06±0.00	-8
	6 ^a	4 (2)		21.55±0.06	-10
	7	4 (3)		26.98±0.28	12
	8 ^a	4 (4)		24.78±0.07	3
	9 ^a	5 (1)	24	25.73±0.23	7
	10 [*]	5 (2)		24.66±0.04	3
	11	5 (3)		31.03±1.75	29
	12	5 (4)		27.96±0.04	17
	13 [*]	6 (1)	25	23.20±0.00	-7
	14 [*]	7 (1)	25	25.73±0.46	3
	15 [*]	8 (1)	25	25.59±0.13	2
	16 [*]	8 (2)		23.97±0.13	-4
	17 [*]	9 (1)	27	27.44±0.14	2
	18 [*]	9 (2)		26.96±0.31	0
	19 [*]	9 (3)		28.12±0.14	4
	20 [*]	10 (1)	27	26.19±0.23	-3
	21 [*]	10 (2)		26.83±0.46	-1
	22 [*]	10 (3)		26.41±0.12	-2
	23	11 (1)	29	23.59±0.13	-19
	24 [*]	12 (1)	29	25.98±0.06	-10
	25 [*]	13 (1)	29	26.57±0.13	-8
	26 [*]	13 (2)		27.05±0.45	-7

Table 1 (Continuous)

Types	Sample No.	Brands (Lot)	Sodium chloride contents (% weight)		% Differences ^c
			Labeled	Mohr method ^b	
Pure fish sauce	27*	14 (1)	29	27.36±0.24	-6
	28*	14 (2)		26.33±0.02	-9
	29*	14 (3)		27.24±0.03	-6
	30*	15 (1)	30	27.95±0.13	-7
	31	16 (1)	30	20.68±0.00	-31
	32	17 (1)	30.5	26.57±0.95	-13
	33*	17 (2)		28.08±0.13	-8
	34	18 (1)	33	27.25±0.11	-17
	35	19 (1)	39.5	28.20±0.60	-29
	36	19 (2)		27.95±0.11	-29
Mixed fish sauce	37*	20 (1)	26	24.38±0.26	-6
	38*	20 (2)		24.76±0.11	-5
	39	21 (1)	30	14.70±0.14	-51
	40	22 (1)	30	21.82±0.23	-27
	41	22 (2)		23.91±0.05	-20
	42	23 (1)	30	24.40±0.34	-19
	43	23 (2)		24.85±0.12	-17
	44	24 (1)	30	24.20±0.13	-19
	45	24 (2)		25.18±0.17	-16
	46	24 (3)		24.91±0.05	-17
	47	25 (1)	34.9	26.88±0.23	-23
	48*	25 (2)		33.45±0.20	-4
	49	25 (3)		29.32±0.11	-16
	50	26 (1)	34.9	26.19±0.00	-25
	51	26 (2)		27.83±0.06	-20
	52	26 (3)		28.24±0.20	-19
	53	26 (4)		29.28±0.05	-16
	54	27 (1)	40	18.24±0.14	-54
	55	28 (1)	40	23.66±0.23	-41
	56	28 (2)		25.61±0.21	-36
	57	29 (1)	45	25.86±0.14	-43

นั้น จะได้ว่าในกลุ่มน้ำปลาแท้ส่วนใหญ่ที่แสดงเครื่องหมาย * ไว้ 25 ตัวอย่าง จาก 36 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างที่ 3-6, 8-10, 13-22, 24-30 และ 33 ที่ให้ผลปริมาณวิเคราะห์ไม่เกิน ± 10 % จากที่ฉลากระบุ โดยแตกต่างอย่างมากจากน้ำปลาผสมที่มีเพียง 3 ตัวอย่าง เท่านั้น (ตัวอย่างที่ 37, 38 และ 48) จาก 21 ตัวอย่าง ที่ให้ผลปริมาณวิเคราะห์ไม่เกิน ± 10 % จากที่ฉลากระบุ โดยมีข้อสังเกตว่าน้ำปลาผสมมีการระบุปริมาณเกลือบนฉลากสูงกว่าปริมาณที่วิเคราะห์ได้ในทุกตัวอย่าง ซึ่งความสำคัญของปริมาณเกลือบนฉลากเป็นข้อมูลโภชนาการที่ผู้บริโภคมีสิทธิ์รับรู้ตามความเป็นจริง เพื่อใช้เป็นข้อมูลโภชนาการในการควบคุมการบริโภคเกลือให้อยู่ในช่วงการแนะนำให้บริโภคต่อวัน

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาปริมาณเกลือที่ได้จากวิธีไทเทรตเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานพบว่าน้ำปลาแท้และน้ำปลาผสมที่สุ่มมาวิเคราะห์เหล่านี้มีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์เป็นตามเกณฑ์มาตรฐานภายในประเทศ [2,9] และมาตรฐานสากลของโคเด็กซ์ [8] ซึ่งกำหนดไว้น้ำปลาที่ได้คุณภาพจะต้องมีส่วนผสมของเกลือไม่ต่ำกว่า 200 กรัมต่อลิตร (คิดในรูปเกลือโซเดียมคลอไรด์) ซึ่งเปรียบเทียบได้เท่ากับร้อยละ 20 โดยมวลต่อปริมาตร ยกเว้นเพียงน้ำปลาผสม 2 ตัวอย่าง (ตัวอย่างที่ 39 และ 54) ที่พบต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ มีปริมาณเกลือเพียงร้อยละ 14.70 ± 0.14 และ 18.24 ± 0.14 โดยมวลต่อปริมาตรเท่านั้น ซึ่งปริมาณเกลือที่ต่ำกว่ามาตรฐานจะไม่เพียงพอต่อการควบคุมจุลินทรีย์ก่อโรค อย่างไรก็ตาม แม้จะมีตัวอย่างน้ำปลาที่มีปริมาณเกลือต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเพียงร้อยละ 3.5 ของตัวอย่างทั้งหมดที่สุ่มมาวิเคราะห์ แต่ก็สะท้อนให้เห็นว่ายังคงมีน้ำปลาบางยี่ห้อและ/หรือ บางชุดการผลิตที่เฝ้าติดตามการถูกสุ่มตรวจจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทำให้มีน้ำปลาที่ไม่ได้มาตรฐานปะปนจำหน่ายอยู่ในจังหวัดปทุมธานีและ

กรุงเทพมหานคร ซึ่งหากสำรวจอย่างจริงจังให้ครอบคลุมทั้งประเทศก็อาจเป็นไปได้ว่าจะพบน้ำปลาที่มีปริมาณเกลือไม่ผ่านมาตรฐานแฉ่งอยู่มากกว่านี้ ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงต้องตรวจสอบผลิตภัณฑ์น้ำปลาอย่างเข้มงวด รวมถึงควรมีงานวิจัยสำรวจติดตามคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำปลาที่แตกต่างกัน ที่วางจำหน่ายอยู่เป็นระยะ ๆ ร่วมกับการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ปริมาณเกลือในตัวอย่างน้ำปลาที่มีความแม่นยำและเป็นวิธีวิเคราะห์ที่สะดวก รวดเร็ว เหมาะสมกับตัวอย่างจำนวนมากที่ต้องการตรวจสอบ ซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งที่สะท้อนถึงคุณภาพ ช่วยทำให้รักษามาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำปลาไทยให้ได้รับความเชื่อถือทั้งจากผู้บริโภคภายในประเทศและต่างประเทศ ทำให้ประเทศไทยยังคงเป็นผู้นำการส่งออกน้ำปลารายใหญ่ในตลาดโลก และที่สำคัญสูงสุด คือ ความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภค

4. สรุป

การเติบโตและการแข่งขันทางการค้าทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศจำเป็นต้องมีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำปลาเพื่อควบคุมคุณภาพขึ้นนั้น เกลือโซเดียมคลอไรด์เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ถูกกำหนดมาตรฐานไว้ว่าต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 200 กรัมต่อลิตร การสุ่มตัวอย่างน้ำปลาแท้และน้ำปลาผสมที่วางจำหน่ายอยู่ในประเทศไทยจำนวน 57 ตัวอย่าง (วิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้งต่อตัวอย่าง) มาวิเคราะห์ปริมาณเกลือด้วยวิธีไทเทรตแบบโมธอร์น พบว่ามีเพียงน้ำปลาผสม 2 ตัวอย่าง ที่มีปริมาณเกลือต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข และมาตรฐานโคเด็กซ์ โดยปริมาณเกลือที่ต่ำกว่ามาตรฐานนี้มีโอกาสส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคและความเสียหายของผลิตภัณฑ์น้ำปลา นอกจากนี้

ความสัมพันธ์ของปริมาณเกลือที่ระบุบนฉลากกับปริมาณวิเคราะห์จากการไทเทรตในการทดลองนี้พบว่ามีความแตกต่างกัน $\pm 10\%$ อยู่ในหลายตัวอย่าง ถึงแม้ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะมีปริมาณเกลือตามมาตรฐานกำหนดก็ตาม แต่การระบุปริมาณบนฉลากที่ใกล้เคียงปริมาณจริงของผลิตภัณฑ์ที่สุดนั้นจะช่วยให้ผู้บริโภคได้รับข้อมูลทางสุขภาพที่ถูกต้องยิ่งขึ้น นอกจากนี้ควรมีการเร่งพัฒนาวิธีตรวจวัดปริมาณเกลือที่มีความรวดเร็วและอัตโนมัติยิ่งขึ้น แม่นยำ และใช้ปริมาณสารเคมีในการวิเคราะห์ที่น้อยลง สำหรับใช้วิเคราะห์ตัวอย่างเหล่านี้ ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีจำนวนมาก และต้องตรวจสอบอยู่เป็นประจำ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนงานวิจัยนี้จากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2559 สัญญาเลขที่ รุ่นใหม่ 13/2559 สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สำหรับงบประมาณและสถานที่ทำวิจัย และอาจารย์ ดร.ศิริวิทย์ บัวเจริญ สำหรับคำแนะนำในการใช้เครื่องมือ

6. References

- [1] Chayovan, S., Rao, R.M., Liuzzo, J.A. and Khan, M.A., 1983, Chemical characterization and sensory evaluation of a dietary sodium-potassium fish sauce, J. Agric. Food. Chem. 31: 859-863.
- [2] Notification of the Ministry of Public Health, 1989, Fish Sauce, Department of Health, Bangkok. (in Thai)
- [3] Park, J.N., Fukumoto, Y., Fujita, E., Tanaka, T., Washio, T., Otsuka, S., Shimizu, T., Watanabe, K. and Abe, H., 2001, Chemical composition of fish sauces produced in southeast and east Asian countries, J. Food. Compos. Anal. 14: 113-125.
- [4] Bunchoo, B. and Sampantharak, Y., 2012, Department of Science Service join to push the Thai fish sauce testing method to Codex standards, Booklet of Department of Science Service 190: 6-8. (in Thai)
- [5] Placido, A., Kupers, R., Paiga, P., Magalhaes, J., Nouws, H.P.A., Celerue-Matos, C. and Oliveria, M.B.P.P., 2012, Salt content in bread and dough from Northern Portugal: Method development and comparison, J. Food. Compos. Anal. 27: 14-20.
- [6] Food Intelligence Center Thailand, National Food Institute, Ministry of Industry Thailand, Sauce and Condiment in Thailand, Available Source: <http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php?id=82>, May 8, 2019. (in Thai)
- [7] Ministry of Commerce, Major Export Market Fish Sauce, Available Source: http://www.ops3.moc.go.th/infor/mencomth/stru1_export/export_market/report.asp, June 27 2018. (in Thai)
- [8] Codex Alimentarius-International Food Standard, Codex Stan 302-2011 Standard for Fish Sauce, Available source: www.codexalimentarius.org, December 1, 2017.

- [9] Thai Industrial Standard, 1983, Local Fish Sauce Standard, Department of Industry, Bangkok. (in Thai)
- [10] Pornchaloempong, P., Rattanapanon N., Salt Curing, Available Source: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1322/salt-curing>, May 22 2017. (in Thai)
- [11] Huynh, H.L., Danhi, R. and Yan, S.W., 2016, Using fish sauce as a substitute for sodium chloride in culinary sauces and effects on sensory properties, *J. Food. Sci.* 81: S150-S155.
- [12] Notification of the Ministry of Public Health, 1998, Nutrition Facts, Department of Health, Bangkok. (in Thai)
- [13] Ritthiruangdej, P., Suwonsichon, T., Oazki, Y., Haruthaithanasan, V. and Thanapase, W., 2006, Classification of Thai commercial fish sauces by near-infrared spectroscopy with chemometrics, *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 40: 189-196. (in Thai)
- [14] Sangjindavong, M., Chuapoehuk, P. and Vareevanich, D., 2005, Studies on Nham-Pla's processing by using rock salt and solar salt, *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 39: 294-299. (in Thai)
- [15] Chen, M.J., Hsieh, Y.T., Weng, Y.M. and Chiou, R.Y.Y., 2005, Flame photometric determination of salinity in processed foods, *Food Chem.* 91: 765-770.
- [16] Galvis-Sanchez, A.C., Toth, I.V., Portela, A., Delgadillo, I. and Rangel, A.O.S.S., 2011, Monitoring sodium chloride during cod fish desalting process by flow injection spectrometry and infrared spectroscopy, *Food Control* 22: 277-282.
- [17] Johnson, M.E. and Olson, N.F., 1985, A comparison of available methods for determining salt levels in cheese, *J. Dairy Sci.* 68: 1020-1024.
- [18] Zhang, Y. and Xia, W., 2008, A novel method for the determination of sodium chloride in salted fish, *Int. J. Food Sci. Tech.* 43: 927-932.
- [19] SIGMA-ALDRICH, Material Safety Data Sheet (MSDS), Available Source: <http://www.chemtrack.org/MSDSSG/Trf/msdst/msdst7761-88-8.html>, June 27, 2018