

ศึกษาการใช้ประโยชน์ของกรดเวย์นํ้านมแพะที่ปรับสภาพด้วยนํ้าอัลคาไลน์เข้มข้น และโซเดียมไบคาร์บอเนต

Study on the Utilization of Goat Milk Acid Whey with Concentrated Alkaline Water and Sodium bicarbonate

ปฐมมา แพนนาค^{1*}, ภาวิณี จำปาคำ² นริศรา ยิ่งกำแหง² และ ศศิธร นาคทอง²

Pathama Thannark^{1*}, Phawinee Jampakam², Naritsara Yingkamhaeng² and Sasitorn Nakthong²

¹ ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน
จังหวัดนครปฐม 73140

¹ Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture, Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng
Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

² โครงการจัดตั้งภาควิชาสัตวกรรมอาหารปลอดภัย คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน
จังหวัดนครปฐม 73140

² Department of Agricultural Bio-resources and Food, Faculty of Agriculture, Kamphaeng Saen, Kasetsart University
Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

*Corresponding author, e-mail: fagrpat@ku.ac.th

(Received: Mar 8, 2022; Revised: Jun 24, 2022; Accepted: Jun 28, 2022)

บทคัดย่อ

กรดเวย์เป็นผลพลอยได้จากการผลิตมอสซาเรลล่าชีส มีค่า pH 4.4-4.6 มีรสเปรี้ยว ไม่นิยมบริโภค การศึกษานี้จึงนำกรดเวย์มาปรับระดับ pH วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย แบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ปัจจัย A มี 2 กลุ่ม คือ นํ้าอัลคาไลน์เข้มข้น และ โซเดียมไบคาร์บอเนต ปัจจัย B มี 5 กลุ่ม คือ ระดับ pH ที่ 4.8, 5.0, 5.2, 5.4 และ 5.6 ศึกษาองค์ประกอบนํ้านม ลักษณะทางประสาทสัมผัส กรดอะมิโน วิตามิน A วิตามิน B12 และแคลเซียม พบว่า ปริมาณไขมัน โปรตีน แลคโตส และของแข็งไม่รวมไขมันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มการทดลองระดับ pH ที่ 4.8, 5.0, 5.2, 5.4 และ 5.6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าปฏิสัมพันธ์ของทั้ง 2 ปัจจัย พบว่า ปริมาณไขมัน โปรตีน แลคโตส และของแข็งไม่รวมไขมันของกรดเวย์กลุ่มที่ปรับระดับ pH ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตมีปริมาณสูงกว่าที่ปรับด้วยนํ้าอัลคาไลน์เข้มข้น ลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า ความรู้สึกขณะกลืน รสชาติ และการยอมรับได้ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้คะแนนตามระดับการปรับค่า pH ซึ่งการปรับค่า pH ที่เพิ่มขึ้น คะแนนจากผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงขึ้นตามลำดับ โดยผลการทดสอบผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้คะแนนกรดเวย์ที่ปรับด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต และนํ้ากรองอัลคาไลน์เข้มข้นที่ระดับ pH 5.6 สูงที่สุด ปริมาณกรดอะมิโน วิตามิน A วิตามิน B12 และแคลเซียม มีปริมาณใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต และนํ้ากรองอัลคาไลน์เข้มข้นในการปรับกรดเวย์ได้ทั้ง 2 ชนิด

คำสำคัญ: กรดเวย์ โซเดียมไบคาร์บอเนต นํ้าอัลคาไลน์เข้มข้น ลักษณะทางประสาทสัมผัส

Abstract

The acid whey is a beneficiary of the mozzarella cheese processing, it has a pH 4.4-4.6, sour and cannot be consumed. The purpose of this study is to adjust the level of and acid whey pH by 2 factors of factorial experiment with Completely Randomized Design (CRD). Factors A is concentrated alkaline water and sodium bicarbonate, Factors B is a goat milk that differently by pH at 4.8, 5.0, 5.2, 5.4 and 5.6. By studying of milk composition, sensory evaluation, amino acid, vitamin A, vitamin B12 and calcium, there was found that fat, protein, lactose and solids not fat are a statistically significant difference ($p < 0.05$) and when comparing the experimental groups, the pH levels at 4.8, 5.0, 5.2, 5.4 and

5.6 were statistically significant difference ($p < 0.05$). Interaction of these two factors, fat, protein, lactose, and solids not fat the sodium bicarbonate higher than concentrated alkaline water. There is product sensory test of panelist showed that rated score on texture of mouthfeel flavor and acceptance is statistically significant difference ($p < 0.05$) as the levels of pH adjustment, The panelist result in generally, an acid-whey which adjusting with sodium bicarbonate and concentrated alkaline water at pH 5.6 got the highest scores. In the other, the amount of amino acid, vitamin A, vitamin B12 and calcium have an approximated which can use sodium bicarbonate and concentrated alkaline water to adjust both types of acid whey.

Keyword: Acid whey, Sodium bicarbonate, Alkaline water, Sensory characteristics

บทนำ

เวย์เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตชีสซึ่งประกอบด้วยโปรตีนที่ละลายน้ำได้ แลคโตส และเกลียว โดยกระบวนการการผลิตชีสจะแยกไขมันและโปรตีนเคซีนออกเป็นก้อนชีส ซึ่งองค์ประกอบของเวย์จะแตกต่างกันไปตามกระบวนการการผลิตชีสประเภทต่างๆ (Hargrove & Alford, 1974) โดยชีสที่ได้รับความนิยมในการบริโภค คือ ชีสยัด หรือ มอสซาเรลล่าชีส ซึ่งกระบวนการผลิตมอสซาเรลล่าชีสจะเป็นการตกตะกอนโปรตีนเคซีน ด้วยกรดอะซิติก (acetic acid) เป็นการคัดแยกโปรตีนเคซีนในน้ำนม ส่วนโปรตีนที่เหลือจะเป็นโปรตีนเวย์ 20% (Alpha lactalbumin, Beta lactoglobulin, Bovine Serum Albumin, Immunoglobulins และ Proteose peptone) ซึ่งเวย์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตมอสซาเรลล่าชีสเป็นแอซิดเวย์ หรือ กรดเวย์เปรี้ยวไม่สามารถนำมาบริโภคได้ มีค่า pH อยู่ที่ 4.4-4.6 โดยองค์ประกอบน้ำนมในกรดเวย์เปรี้ยวอยู่ครบ แต่ปริมาณองค์ประกอบน้ำนมต่าง ๆ ลดลง ด้วยเหตุผลนี้จึงเป็นข้อจำกัดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเวย์เปรี้ยวที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตมอสซาเรลล่าชีสน้ำนมแพะ เพื่อเป็นการศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของเวย์เปรี้ยวจึงได้ทำการทดลองใช้น้ำด่างที่พบได้ทั่วไป เช่น น้ำอัลคาไลน์เข้มข้น และ โซเดียมไบคาร์บอเนต (เบกกิ้งโซดา)

โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) หรือ เบกกิ้งโซดา มีลักษณะเป็นผงผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น มีน้ำหนักโมเลกุล 84.01 โดยจะใช้สำหรับผลิตอาหารประเภทขนมอบ โดยโซเดียมไบคาร์บอเนตได้รับการอนุญาตให้ใช้ในอาหารโดยมีสถานะเป็น GRAS (generally recognized as safe) โดย FDA (Food and drug administration) และโซเดียมไบคาร์บอเนตจัดเป็นสารเคมีราคาถูกที่มีขายตามท้องตลาด และมีค่า pH เป็นด่างที่ประมาณ 8.4 (Thongtid, 2012) โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาการทำเวย์ให้เป็นกลางด้วยความเข้มข้นที่แตกต่างกันของโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไบคาร์บอเนตพบว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติม 0.1N โซเดียมไบคาร์บอเนต พบปริมาณโปรตีนลดลงเล็กน้อยอาจเกิดจากโปรตีนบางส่วนเสียสภาพ และเกิดจากการเสียสภาพของ beta-lactoglobulin แต่ยังไม่มีการวิจัยการปรับระดับ pH ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตใน acid whey น้ำนมแพะ (Muhammad *et al.*, 2018)

น้ำอัลคาไลน์ (Alkaline Water) ทำจากเถ้าของกาบมะพร้าวสอาด ผู้บริโภคส่วนใหญ่เชื่อว่าคุณสมบัติพื้นฐานของน้ำอัลคาไลน์จะช่วยปรับสมดุลกรด-เบสในร่างกาย โดยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้นมี pH 10-12 และ จากการศึกษาของ Pongsa & Tangtreamjitmun (2021) พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของเถ้ากาบมะพร้าวมีสารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ เช่น โพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) อาร์คาไนต์ (K_2SO_4) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ $\text{Ca}(\text{OH})_2$

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ของกรดเวย์น้ำนมแพะที่ปรับค่า pH ด้วยน้ำด่างจากน้ำอัลคาไลน์เข้มข้น และโซเดียมไบคาร์บอเนต เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ที่เหลือจากกระบวนการผลิตมอสซาเรลล่าชีสน้ำนมแพะ ลดการสูญเสียจากกระบวนการผลิต และนำกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ต่อไป

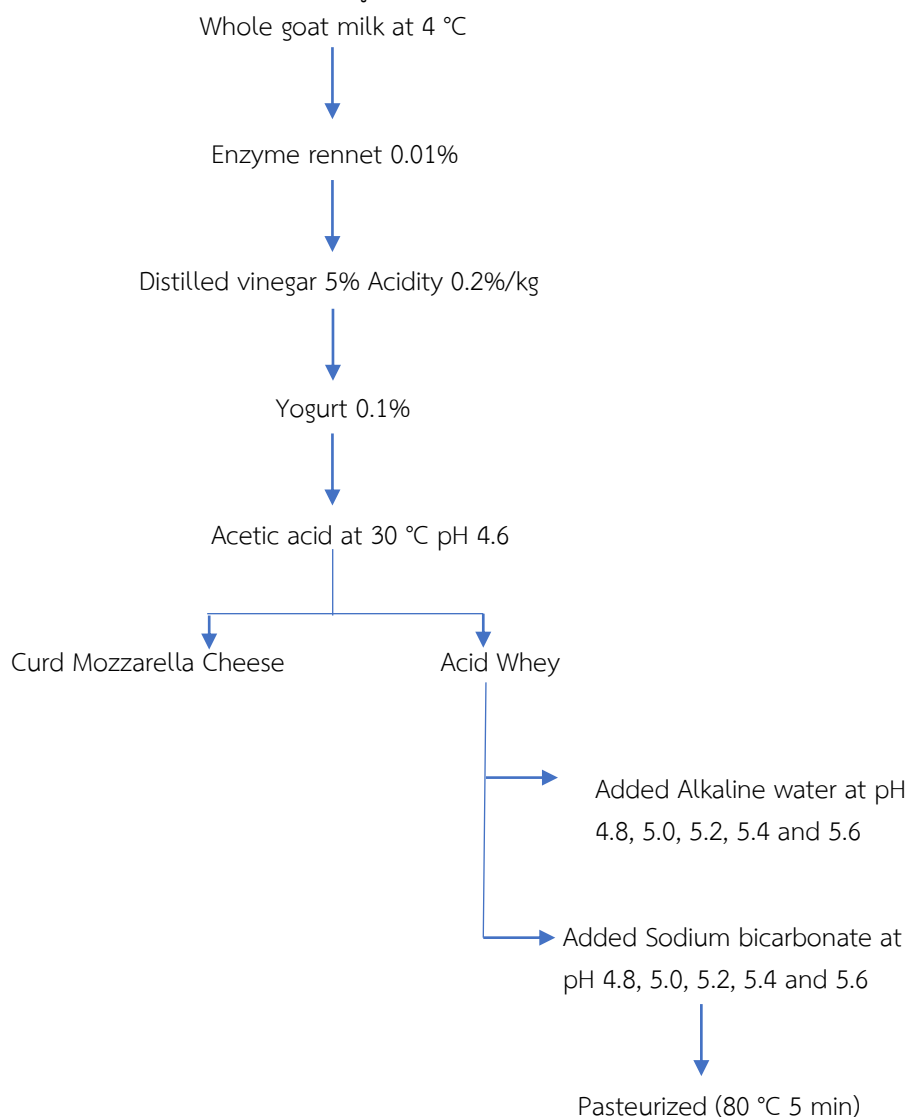
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางประสาทสัมผัส กรดอะมิโน วิตามินเอ วิตามินบี 12 และแคลเซียมของกรดเวย์ที่ถูกปรับสภาพด้วยน้ำด่างจากน้ำอัลคาไลน์เข้มข้น และน้ำด่างจากโซเดียมไบคาร์บอเนต

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมกรดเวย์

1. นำนมแพะดิบจากกลุ่มสมาชิกเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะนมปลอดโรคจากจังหวัดราชบุรี จำนวน 300 กิโลกรัม (จำนวน 2 ชั่ว ๆ ละ 30 กิโลกรัม 5 กลุ่มการทดลอง) มาผลิตมอสซาเรลล่าชีส เพื่อให้ได้กรดเวย์ ขั้นตอนการผลิตมอสซาเรลล่าชีส คือ นำนมแพะ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ใช้เอนไซม์เรนเนทในการตกตะกอนโปรตีนที่ 0.01 % เติมน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 5 % (distilled vinegar 5% acidity) จำนวน 0.2 % ต่อ กิโลกรัมของนํ้านม และเติมโยเกิร์ตธรรมชาติ จำนวน 0.1 % ผสมให้เข้ากัน เพิ่มอุณหภูมิให้นมให้ได้ 30 องศาเซลเซียส เติมกรดอะซิติก ให้ค่า pH ได้ที่ 4.6 หลังจากนั้นให้ความร้อนด้วยไฟอ่อนประมาณ 15 นาที แยกน้ำเวย์ออกจากมอสซาเรลล่าชีส (Chanakot *et al.*, 2020) โดยค่า pH ของ acid whey จะอยู่ที่ 4.6 (จุด isoelectric point) จากนั้นนำ acid whey มาปรับค่า pH ตามกลุ่มการทดลอง และให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และนำไปวิเคราะห์ข้อมูล (แสดงดังภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตมอสซาเรลล่าชีส กรดเวย์

2. การเตรียมน้ำต่าง

2.1 การเตรียมน้ำอัลคาไลน์เข้มข้น ยี่ห้อปฐมอโคก วัดค่า pH 12.83 ที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส

2.2 การเตรียมน้ำโซเดียมไบคาร์บอเนตจากเบกกิ้งโซดา ใช้อัตราส่วน เบกกิ้งโซดา 15 กรัม ต่อ น้ำ 300 กรัม คนละลายให้เข้ากัน วัดค่า pH 8.49 ที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส

3. ศึกษาองค์ประกอบ และลักษณะทางประสาทสัมผัสของกรดเวย์ที่ปรับระดับ pH 4.8, 5.0, 5.2, 5.4 และ 5.6 ด้วยน้ำต่างอัลคาไลน์เข้มข้น และน้ำต่างโซเดียมไบคาร์บอเนต

3.1 วิเคราะห์ และบันทึกข้อมูลองค์ประกอบของกรดเวย์ เช่น ไขมัน โปรตีน น้ำตาลแลคโตส pH และ ค่าความเป็นกรด ด้วยเครื่องวิเคราะห์ เครื่องอัตโนมัติ Fossomatic FC

3.2 ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของกรดเวย์ โดยผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ได้รับการฝึกฝนแล้วจำนวน 10 คน โดยใช้การทดสอบแบบ 9-Point Hedonic Scale ทดสอบลักษณะปรากฏและสี ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับ

4. คัดเลือกกลุ่มการทดลองที่ดีที่สุด เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน วิตามิน A วิตามิน B12 และแคลเซียม

4.1 วิเคราะห์ และบันทึกข้อมูลกรดอะมิโนด้วยวิธี In-house method TE-CH-372 โดยใช้ Amino Acid Analyzer (Biochem, biochem30⁺) (Official Journal of the European Journal of communities, 1998). Tryptophan ด้วยวิธี In-house method TE-CH-373 ด้วยเครื่อง HPLC (Agilent, 1100) (Çevikkalp *et al.*, 2016)

4.2 วิเคราะห์ และบันทึกข้อมูลวิตามิน A (Retinol) ด้วยวิธี In-house method TE-CH-024 (AOAC, 2019) 992.06.

4.3 วิเคราะห์ และบันทึกข้อมูลวิตามิน B12 (Cyanocobalamin) ด้วยวิธี In-house method Analytica Chimica Acta 569 (Chen, 2006)

4.4 วิเคราะห์ และบันทึกข้อมูลแคลเซียม ด้วยวิธี In-house method TE-CH-134 ด้วยวิธี ICP-OES Technique (Poitevin, 2019)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of Variance: ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างวิธีที่หนึ่งด้วย Duncan's New Multiple Range-Test (DMRT) ตามแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (factorial Experiment) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป R 2.10.1 (Jompuk, 2012)

ผลการวิจัย

องค์ประกอบของกรดเวย์จากกระบวนการผลิตนมชวาเรล่าชีสจากนํ้านมแพะดิบ จำนวน 10 กิโลกรัม สามารถผลิตชีสได้ 8.62% กรดเวย์ 90.41% ปริมาณการสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิต 0.97% และมีปริมาณไขมัน 1.16% โปรตีน 1.16% น้ำตาลแลคโตส 4.74% ของแข็งไม่รวมไขมัน (solid not fat) 6.42% ของแข็งทั้งหมด (total solids) 7.76% และค่าความเป็นกรด 0.65 โดยเมื่อนำมาปรับด้วยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้นและโซเดียมไบคาร์บอเนต (ตารางที่ 1) พบว่า ปริมาณไขมัน โปรตีน แลคโตส และของแข็งไม่รวมไขมัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มการทดลองระดับ pH ที่ 4.8, 5.0, 5.2, 5.4 และ 5.6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าปฏิสัมพันธ์ของทั้ง 2 ปัจจัย พบว่า ปริมาณไขมัน โปรตีน น้ำตาลแลคโตส และของแข็งไม่รวมไขมันของกรดเวย์กลุ่มที่ปรับระดับ pH ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตมีปริมาณสูงกว่าที่ปรับด้วยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้น

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของกรดเวย์ที่ปรับระดับ pH ด้วยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้นและโซเดียมไบคาร์บอเนต

องค์ประกอบ	ระดับ pH				
	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6
ไขมัน					
น้ำอัลคาไลน์เข้มข้น	1.35±0.18 ^{Bbcde}	1.28±0.09 ^{Bcdef}	1.17±0.02 ^{Bdef}	1.13±0.02 ^{Bef}	1.07±0.01 ^{Bf}
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.67±0.08 ^{Aa}	1.52±0.06 ^{Aab}	1.48±0.10 ^{Aabc}	1.34±0.04 ^{Abcde}	1.34±0.20 ^{Abcd}
โปรตีน					
น้ำอัลคาไลน์เข้มข้น	1.11±0.00 ^{Babc}	1.09±0.03 ^{Babc}	1.05±0.07 ^{Bbc}	1.03±0.08 ^{Bc}	1.00±0.08 ^{Bc}
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.19±0.04 ^{Aa}	1.17±0.02 ^{Aa}	1.19±0.00 ^{Aa}	1.12±0.03 ^{Aab}	1.18±0.01 ^{Aa}
แลคโตส					
น้ำอัลคาไลน์เข้มข้น	4.35±0.06 ^{Babc}	4.22±0.21 ^{Babc}	3.97±0.51 ^{Babc}	3.84±0.59 ^{Babc}	3.74±0.71 ^{Bc}
โซเดียมไบคาร์บอเนต	4.69±0.11 ^{Aa}	4.72±0.03 ^{Aa}	4.67±0.11 ^{Aa}	4.61±0.00 ^{Aab}	4.67±0.17 ^{Aa}
ของแข็งไม่รวมไขมัน					
น้ำอัลคาไลน์เข้มข้น	6.07±0.84 ^{Babc}	5.97±0.28 ^{Babc}	5.70±0.59 ^{Babc}	5.64±0.75 ^{Bbc}	5.49±0.78 ^{Bc}
โซเดียมไบคาร์บอเนต	6.47±0.16 ^{Aab}	6.51±0.08 ^{Aab}	6.52±0.11 ^{Aab}	6.48±0.07 ^{Aab}	6.60±0.16 ^{Aa}

A,B อักษรที่ต่างกันระหว่างแถวตั้งแต่แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

a,b,c,d,e,f อักษรที่ต่างกันระหว่างแถวอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ลักษณะทางประสาทสัมผัสของกรดเวย์ที่ปรับระดับ pH ด้วยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้นและโซเดียมไบคาร์บอเนต (ตารางที่ 2)พบว่า ลักษณะปรากฏ (สี) และลักษณะเนื้อสัมผัส (ความข้น) แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความรู้สึกขณะกลืน) รสชาติและการยอมรับได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้คะแนนตามระดับการปรับค่า pH ซึ่งการปรับค่า pH ที่เพิ่มขึ้น คะแนนจากผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงขึ้นตามลำดับ โดยผลการทดสอบผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้คะแนนกรดเวย์ที่ปรับด้วยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้นและโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับ pH 5.6 สูงที่สุด ดังนั้น จึงนำไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน (ตารางที่ 3) วิตามิน A, วิตามิน B12 และ แคลเซียม (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 2 ลักษณะทางประสาทสัมผัสของกรดเวย์ที่ปรับระดับ pH ด้วยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้นและโซเดียมไบคาร์บอเนต

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระดับ pH				
	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6
ลักษณะปรากฏ (สี)					
น้ำอัลคาไลน์เข้มข้น	5.67±1.67	5.25±2.05	5.58±2.27	5.25±1.54	5.42±1.24
โซเดียมไบคาร์บอเนต	5.00±2.08	5.33±1.67	6.33±1.30	5.67±1.67	5.00±1.31
ความข้น					
น้ำอัลคาไลน์เข้มข้น	5.00±2.13	5.67±2.19	5.75±2.30	5.83±2.33	5.67±2.15
โซเดียมไบคาร์บอเนต	4.41±1.93	4.83±1.40	5.33±2.15	5.58±2.07	5.92±2.07
ความรู้สึกขณะกลืน					
น้ำอัลคาไลน์เข้มข้น	5.25±2.01 ^{Babc}	6.42±2.07 ^{Bab}	6.25±2.18 ^{Bab}	6.67±1.07 ^{Bab}	6.83±1.59 ^{Ba}
โซเดียมไบคาร์บอเนต	3.58±1.88 ^{Ad}	3.92±1.93 ^{Ac}	5.08±2.07 ^{Abcd}	5.58±2.50 ^{Aab}	6.08±2.43 ^{Aab}
รสชาติ					
น้ำอัลคาไลน์เข้มข้น	5.67±1.87 ^{Babc}	6.58±2.06 ^{Bab}	6.67±2.05 ^{Bab}	7.25±1.36 ^{Ba}	7.00±1.70 ^{Bab}
โซเดียมไบคาร์บอเนต	3.42±1.83 ^{Ad}	4.25±1.86 ^{Ac}	5.50±2.32 ^{Abc}	5.41±2.64 ^{Abc}	6.25±2.49 ^{Aab}
การยอมรับได้					
น้ำอัลคาไลน์เข้มข้น	4.92±2.11 ^{Babc}	5.92±2.35 ^{Bbcd}	6.17±2.48 ^{Bab}	6.58±1.83 ^{Bab}	6.83±1.70 ^{Ba}
โซเดียมไบคาร์บอเนต	3.25±1.82 ^{Ad}	4.17±1.80 ^{Ac}	5.17±2.41 ^{Aabc}	5.75±2.49 ^{Aabc}	6.33±2.53 ^{Aab}

A,B อักษรที่ต่างกันระหว่างแถวตั้งแต่แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

a,b,c,d อักษรที่ต่างกันระหว่างแถวอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ปริมาณกรดอะมิโนของกรดเวย์ที่ปรับด้วยน้ำอัลคาไลน์และโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับ pH 5.6 (ตารางที่ 3) พบว่ากลุ่มการทดลองที่ปรับระดับ pH ด้วยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้นและโซเดียมไบคาร์บอเนตมีปริมาณกรดอะมิโนไม่แตกต่างกัน และมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยปริมาณกรดอะมิโนของกรดเวย์ที่ปรับด้วยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้นและโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับ pH 5.6 สามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้

ตารางที่ 3 ปริมาณกรดอะมิโนของกรดเวย์ที่ปรับระดับ pH ด้วยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้นและโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับ pH 5.6

กรดอะมิโน (mg/100ml)	น้ำอัลคาไลน์เข้มข้น	โซเดียมไบคาร์บอเนต
Aspartic Acid	72.79	73.83
Threonine	46.33	47.90
Serine	<40.00	42.13
Glutamic acid	128.69	134.78
Glycine	21.57	21.69
Alanine	41.11	42.46
Cystine	<40.00	<40.00
Valine	44.54	47.77
Methionine	Not detected	Not detected
Isoleucine	36.94	37.82
Leucine	61.99	64.95
Tyrosine	Not detected	Not detected
Phenylalanine	<50.00	<50.00
Histidine	Not detected	Not detected
Hydroxylysine	Not detected	Not detected
Lysine	68.08	70.14
Arginine	Not detected	Not detected
Hydroxyproline	Not detected	Not detected
Proline	41.28	43.47
Tryptophan	40.46	42.07

ตารางที่ 4 ปริมาณวิตามิน A, วิตามิน B12 และแคลเซียมของกรดเวย์ที่ปรับระดับด้วยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้นและโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับ pH 5.6

ปริมาณ	น้ำอัลคาไลน์เข้มข้น	โซเดียมไบคาร์บอเนต
วิตามิน A	21.81 µg/100ml	17.39 µg/100ml
วิตามิน B 12	0.008 mg/100ml	0.006 mg/100ml
แคลเซียม	648.69 mg/kg	734.77 mg/kg

ปริมาณวิตามิน A, วิตามิน B12 และแคลเซียมของกรดเวย์ที่ปรับระดับด้วยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้นและโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับ pH 5.6 มีปริมาณวิตามิน A ที่เป็นเรตินอลซึ่งเป็นวิตามินแบบสำเร็จที่พร้อมใช้งานในร่างกายหลังจากที่บริโภคเข้าร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ทันที และจากการศึกษาของ Chung *et al.* (2020) พบว่า การใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตที่เป็นน้ำอัลคาไลน์ ระดับ pH 8.05 ส่งผลให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และการตอบสนองของเซลล์เม็ดเลือดขาวสูงขึ้น และแหล่งน้ำที่มีค่า pH สูงมักมีแคลเซียมและแมกนีเซียม แสดงให้เห็นว่ากรดเวย์ที่ได้รับการปรับ pH ด้วยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้น และโซเดียมไบคาร์บอเนต มีวิตามิน A, วิตามิน B12 และแคลเซียมอยู่

อภิปรายผลการวิจัย

Acid whey หรือ เว่ยเปรี้ยว เมื่ออดีตถูกนำไปเป็นอาหารสัตว์ เพราะถือว่าเป็นของเสียที่ทำให้เกิดมลภาวะกับสิ่งแวดล้อม (Bansal & Bhandari, 2016) และ acid whey ถูกนำมาพัฒนาอย่างต่อเนื่องด้วยการนำมาปั่นเหวี่ยง เพื่อทำเป็นเวย์โปรตีนเข้มข้น (Hinrichs, 2001) โดยมีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากกรดเวย์อย่างแพร่หลายในน้ำนมโค แต่ในน้ำนมแพะยังไม่มีข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะงานวิจัยที่ใช้น้ำต่างเพื่อปรับระดับ pH ของกรดเวย์ ซึ่งน้ำต่างที่นำมาทำการทดลองเป็นน้ำต่างในครัวเรือนสามารถหาได้ง่าย ต้นทุนต่ำ ได้แก่ น้ำอัลคาไลน์เข้มข้น และน้ำต่างจากโซเดียมไบคาร์บอเนต (เบกกิ้งโซดา) เนื่องจากกรดเวย์มีค่า pH ที่ 4.4-4.6 มีรสเปรี้ยว ไม่สามารถบริโภคได้ จึงนำน้ำต่างที่ pH 8.5-12 มาผสมเพื่อปรับระดับ pH ให้สามารถนำกลับมาบริโภคได้ โดยกลไกการปรับกรดเวย์ด้วยต่าง จาก pH 4.4-4.6 เป็น 4.8-5.6 โดยในกรดเวย์เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถให้ไฮโดรเจนไอออนได้ ส่วนน้ำต่างจากน้ำอัลคาไลน์เข้มข้นกับโซเดียมไบคาร์บอเนตเป็นสารที่สามารถรับไฮโดรเจนไอออนได้ เมื่อนำทั้ง 2 มาผสมรวมกันเพื่อให้เกิดการให้และรับไฮโดรเจนไอออน ให้กรดเวย์มีระดับ pH ที่สูงขึ้นตามกลุ่มการทดลอง โดยการปรับระดับ pH มีผลต่อการควบคุมปริมาณกรดแลคติกในน้ำนม เมื่อจุลินทรีย์ทำการหมักย่อยน้ำตาลแลคโตสในสภาวะที่เหมาะสม ทำให้กรดแลคติกอยู่ในสภาวะสมดุล ส่งผลให้คุณภาพน้ำนมคงตัว Rahman *et al.* (2018) สอดคล้องกับการทดลองของ Muhammad *et al.* (2018) ศึกษาการทำเวย์ให้เป็นกลางด้วยความเข้มข้นที่แตกต่างกันของโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไบคาร์บอเนต พบว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติม 0.1 N โซเดียมไบคาร์บอเนต พบปริมาณโปรตีนลดลงเล็กน้อยอาจเกิดจากโปรตีนบางส่วนเสียสภาพ และเกิดจากการเสียสภาพของ beta-lactoglobulin และ Dannenberg & Kessler (1988) พบว่าปริมาณไขมัน โปรตีน น้ำตาลแลคโตส และของแข็งไม่รวมไขมันเนยมีแนวโน้มลดลงจากการปรับระดับ pH ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการปรับระดับด้วยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้นและโซเดียมไบคาร์บอเนต เป็นการเพิ่มน้ำเข้าไปในกรดเวย์ โดยปกติ น้ำนมเป็นอาหารที่มีความสมดุลที่เหมาะสมของธาตุอาหารและจัดเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (Wanphaisan, 2019) ถึงแม้จะนำมาผ่านกระบวนการผลิตซึ่งใช้กรดตกตะกอนโปรตีนทำให้เสียความสมดุลของธาตุอาหาร แต่กรดเวย์ยังเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำตามสภาพน้ำนมเดิม และเมื่อมีการเติมน้ำเข้าก็จะไปลดความเข้มข้นของสารอาหารส่งผลให้ปริมาณไขมันและโปรตีนมีปริมาณลดลงเมื่อมีการปรับระดับ pH ที่สูงขึ้น (Rahman *et al.*, 2018) การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า ระดับที่เหมาะสมกับกรดเวย์ คือ ที่ระดับ 5.6 ของการปรับด้วยน้ำกรองอัลคาไลน์เข้มข้นกับ น้ำต่างจากโซเดียมไบคาร์บอเนต pH 5.6 อยู่ในระดับที่ผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้คะแนนการยอมรับสูงที่สุด เช่นเดียวกับการศึกษาของ Rahman *et al.* (2018) ที่ศึกษาผลของโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำนมดิบ พบว่า ตัวอย่างน้ำนมที่มีการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสดีกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต โดยกลุ่มการทดลองที่มีการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตจะมีการจับก้อนล้นน้ำนมได้ช้ากว่ากลุ่มควบคุม ช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของน้ำนม และลดปริมาณการสร้างกรดแลคติกในน้ำนม เช่นเดียวกับ Muhammad *et al.* (2018) ศึกษาการทำเวย์ให้เป็นกลางด้วยความเข้มข้นที่แตกต่างกันของโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไบคาร์บอเนต พบว่า ผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้คะแนนสี รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับได้ของน้ำเวย์ที่มีการเติม 0.1N โซเดียมไบคาร์บอเนตสูงกว่ากลุ่มควบคุม และจากการวิเคราะห์กรดอะมิโน พบว่า กรดเวย์ที่ปรับระดับ pH ด้วย น้ำอัลคาไลน์ และ โซเดียมไบคาร์บอเนตมีปริมาณกรดกลูตามิก (glutamic acid) 128.69 และ 134.78 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ซึ่งกรดกลูตามิกมีรายงานว่า เป็นกรดอะมิโนให้รสอูมามิ (umami taste) เหมือนกับสารโมโนโซเดียมกลูตาเมต (monosodium glutamate-like) (Zhang *et al.*, 2013) และยังเป็นสารตั้งต้นที่ร่างกายนำไปผลิตเป็นสาร GABA (gamma-aminobutyric acid) ที่เป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาทชนิดยับยั้ง (inhibitory neurotransmitter) อีกด้วย (Sae-teng *et al.* 2018) และวิตามิน A, วิตามิน B 12 และแคลเซียม พบว่า กรดเวย์ที่ถูกปรับระดับ pH ด้วยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้นและโซเดียมไบคาร์บอเนต มีปริมาณกรดอะมิโน วิตามิน และแคลเซียมลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนมแพะดิบ ถึงอย่างไรก็ตามน้ำอัลคาไลน์เข้มข้น และ โซเดียมไบคาร์บอเนตสามารถช่วยปรับระดับ pH ในกรดเวย์ได้ถึงแม้อค์ประกอบ เช่น ไขมัน โปรตีน ปริมาณลดลง แต่ปริมาณน้ำตาลแลคโตสยังอยู่ ดังนั้น กรดเวย์ที่ถูกปรับระดับ pH ด้วยน้ำอัลคาไลน์เข้มข้นและโซเดียมไบคาร์บอเนต จึงเหมาะสมนำไปพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์บางชนิดเท่านั้น



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

กรดเวย์ (Acid Whey) เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตมอซซาเรลล่าชีสน้ำนมแพะ ซึ่งมีความเป็นกรดที่ระดับ pH ประมาณ 4.6 ซึ่งไม่สามารถนำกลับมาบริโภคได้ เพื่อลดความสูญเสียจากกระบวนการผลิตจึงนำกรดเวย์มาเพิ่มค่า pH ด้วยน้ำด่างจากโซเดียมไบคาร์บอเนต และน้ำด่างอัลคาไลน์เข้มข้น เพื่อให้สามารถนำกลับมาบริโภคได้ โดยได้ศึกษาองค์ประกอบน้ำนม ลักษณะทางประสาทสัมผัส ปริมาณกรดอะมิโน วิตามิน A วิตามิน B12 และแคลเซียม องค์ประกอบน้ำนมของกรดเวย์กลุ่มที่ปรับด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตมีปริมาณสูงกว่ากลุ่มที่ปรับด้วยน้ำกรองอัลคาไลน์เข้มข้น การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสกลุ่มกรดเวย์ที่ปรับด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตและน้ำกรองอัลคาไลน์เข้มข้นที่ระดับ pH 5.6 ผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้คะแนนสูงสุด ศึกษาปริมาณกรดอะมิโนทั้ง 2 กลุ่มการทดลองที่ pH 5.6 มีปริมาณไม่แตกต่างกัน ปริมาณวิตามิน A วิตามิน B12 และแคลเซียมทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง สามารถนำมาต่อยอดพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น นมเปรี้ยว น้ำนมแพะไขมันต่ำ โยเกิร์ต น้ำนมแพะไขมันต่ำ สำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการผลิตภัณฑ์นมที่มีไขมันต่ำ และกลุ่มผู้บริโภคที่มีปัญหาการย่อยโปรตีน เป็นต้น เพื่อเป็นการลดการสูญเสียจากกระบวนการผลิต เพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร/ผู้ประกอบการ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากโครงการทุนนักวิจัยรุ่นใหม่ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University Research and Development Institute, KURDI) และคณะเกษตร กำแพงแสน (Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen)

เอกสารอ้างอิง

- Bansal, N. & B. Bhandari. (2016). Functional milk proteins: Production and utilization - Whey-based ingredients. pp. 67-98. In: P.L.H. McSweeney & J.A. O'Mahony (eds.). Advanced Dairy Chemistry. Springer, New York
- Chanakot, B., S. Chauchom & S. Nakthong. (2020). Study on optimum rennet enzyme level on mozzarella cheese from cow milk and goat milk. Journal of Agricultural Science and Management 3(2): 81-86. (in Thai)
- Çevikkalp S.A., G.B. Löker, M. Yaman & B. Amoutzopoulos. (2016). A simplified HPLC method for determination of tryptophan in some cereals and legumes. Food Chemistry 193: 26-29.
- Chen Z., Chen B., Yao S. (2006). High-performance liquid chromatography/electrospray ionization-mass spectrometry for simultaneous determination of taurine and 10 water-soluble vitamins in multivitamin tablets. Analytica chimica acta. Vol 569, Issues 1-2, Pages 169-175
- Chung E. L. T., Nayan N., Kamalludin M. H., Alghirani M. M., Jesse F. F. A., Kassim N. A., Azizi A., Reduan M. F. H., Loh T.C., (2020). The effects of alkaline water and rainwater on the production and health performance of commercial broilers under tropical conditions. Thai J Vet Med.50 (1): 65-73.
- Dannenberg, F., & H.G. Kessler .(1988). Reaction kinetics of the denaturation of whey proteins in milk. J. Food Sci. 53: 258-263.
- Hargrove, R.E. & J.A. Alford. (1974). Composition of milk products. In: fundamentals of Dairy Chemistry, 2nd ed. B.H. Webb, A.H. Johnson & J.A. Alford (Editors). AVI Publish. Co., Westport, Conn., pp.58-86.
- Hinrichs, J., (2001). Incorporation of whey proteins in cheese. Int. Dairy J. 11, 495-503. Jandal, J.M., 1996. Comparative aspects of goat and sheep milk. Small Rumin. Res. 22, 177-185.
- Jompuk, C. (2012). Statistics: Experimental Design. and Data Analysis in Plant Research with "R". 2nd ed. Kasetsart University Press, Bangkok. 350 p. (in Thai)



- Muhammad, A., Y. Durrani, M.S. Hashmi, I.M. Qazi, M. Ayub & Saifullah. (2018). Whey neutralization with different concentration of sodium hydroxide and sodium bicarbonate. *Sarhad Journal of Agriculture*, 34(4): 910-916.
- Poitevin E., Nicolas M., Graveleau L., Richoz J., Andrey D., & Monard F. (2019). Improvement of AOAC Official Method 984.27 for the determination of nine nutritional elements in food products by inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy after microwave digestion: single-laboratory validation and ring trial. *J. AOAC inter.* vol. 92, NO. 5. 1484-1518
- Pongsa P. & Napa T. (2021). Preparation and chemical composition of alkaline water from plant combustion ash. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, Vol 25 No 1 (2021): 129 - 137
- Rahman, M., Md Nurul, I., Md. Harun, ur Rashid., & Masum, AKM., (2018). Effects of Sodium bicarbonate on milk preservation. *Journal Res. Agric. Livest. Fish.* Vol. 5, No. 1, April: 75-85.
- Wanphaisan Pakakrong. (2019). Breast milk contains important nutrients for babies. Available: http://healthydee.moph.go.th/view_article.php?id=484 (February 23, 2022) (in Thai)
- Zhang, Y., Venkatasamy, C., Pan, Z. and Wang, W., 2013, Recent developments on umami ingredients of edible mushrooms-A review, *Trends in Food Science & Technology*, 33(2): 78-92.
- Sae-teng, A., Laohakunjit, N. & Kerdchoechuen, O. (2018). Extraction of Glutamic Acid from Tomato. *Agricultural Sci. J.* 49(2) (Suppl.): 497-500
- Thongtid, R. (2012). The use of sodium bicarbonate in the production of frozen shrimp. (Graduate school Silpakorn University. P.14 (in Thai)