

ผลของการปรับพีเอชด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณลักษณะ ของน้ำเวย์ที่ได้จากกระบวนการผลิตมอสซาเรลล่าชีสน้ำนมแพะ

Effects of Adjusting pH Using Sodium Bicarbonate on Properties of Whey Produced from Goat Milk Mozzarella Cheese Process

ปฐมา แทนนาค^{1*}, ไยไหม ช้วยหนู¹, ธรรมธวัช แสงงาม¹, วันวิสาข์ วัฒนะพันธ์ศักดิ์¹
ภาวิณี จำปาคำ², นริศรา ยิ่งกำแหง² และ ศศิธร นาคทอง²

Pathama Thannark^{1*}, Yaimai Chuaynoo¹, Thamthawat Seangngam¹, Wanwisa Wattanapunsak¹,
Phawinee Jampakam², Naritsara Yingkamhaeng² and Sasitorn Nakthong²

¹ ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

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

² โครงการจัดตั้งภาควิชานวัตกรรมอาหารปลอดภัย คณะเกษตร กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

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

*Corresponding author: Email: fagrpat@ku.ac.th

(Received: 14 February 2022; Accepted: 17 May 2022)

Abstract: The process of making mozzarella cheese from 10-kilogram raw goat milk yielded 8.26 percent of cheese, 90.41 percent of acid whey and 0.97 percent of process losses. This process resulted in large amounts of sour taste whey (pH of 4.4 - 4.6), which could not be consumed. This study aimed to make use of by-product whey by adjusting the pH level with sodium bicarbonate to 4.8, 5.0, 5.2, 5.4 and 5.6. A completely randomized design (CRD) was used. The results showed that the fat amount in sodium bicarbonate-adjusted treatments was significantly higher than the control treatment ($P < 0.05$). However, there was no significant difference found in the amount of protein, lactose and solids ($P > 0.05$) in each treatment. Sensory evaluation using 9-point hedonic scale by 10 trained panelists for the comparison of control and sodium bicarbonate-adjusted treatments was conducted. The sensory score revealed that there was no significant difference in appearance (color) and texture (consistency) ($P > 0.05$). On the other hand, the texture (mouthfeel), flavor and overall acceptance score were statistically different and the highest sensory score was rated in the sodium bicarbonate-adjusted treatment at pH level of 5.6 ($P < 0.05$).

Keywords: Acid whey, by-product, sodium bicarbonate, goat milk

บทคัดย่อ: การผลิตมอสซาเรลล่าชีสจากนํ้านมแพะดิบ จำนวน 10 กิโลกรัม ผลิตชีสได้ 8.62 เปอร์เซ็นต์ นํ้าเวย์ 90.41 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณการสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิต 0.97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งนํ้าเวย์เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตมอสซาเรลล่าชีส มีค่า pH ที่ 4.4 - 4.6 มีรสเปรี้ยวไม่สามารถบริโภคได้ การศึกษานี้จึงนํ้าเวย์มาปรับระดับ pH ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต 5 กลุ่มการทดลอง ที่ระดับ pH 4.8, 5.0, 5.2, 5.4 และ 5.6 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design , CRD) โดยศึกษาองค์ประกอบของนํ้าเวย์ พบว่า ปริมาณไขมันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่มีการปรับด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตที่มีปริมาณไขมันสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่ปริมาณโปรตีน น้ำตาลแลคโตส และของแข็งไม่รวมมันเนยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 10 คน ด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-Point hedonic scale พบว่า ลักษณะปรากฏ (สี) ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความชื้น) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความรู้สึกขณะกลืน) รสชาติ และการยอมรับได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยผลการทดสอบนํ้าเวย์ที่ปรับด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับ pH 5.6 ได้คะแนนสูงสุดจากผู้ทดสอบ

คำสำคัญ: แอซิดเวย์ ผลพลอยได้ โซเดียมไบคาร์บอเนต นํ้านมแพะ

บทนำ

นมแพะเป็นแหล่งสารอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่ง จากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ปริมาณการผลิตนมแพะเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 30 ภายใน 10 ปี คุณค่าทางโภชนาการและสารอาหารในนมแพะเหมาะที่จะเป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อสุขภาพสำหรับผู้บริโภค (Namhong, 2013) ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจและหันมาบริโภคนํ้านมแพะเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากนํ้านมแพะออกจำหน่ายสู่ท้องตลาดในหลากหลายรูปแบบ เช่น นมแพะพาสเจอร์ไรส์ นมแพะสเตอริไลส์ นมแพะผง และชีส ซึ่งชีสเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการของตลาดสูง สามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายชนิด โดยกระบวนการผลิตชีสจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับประเภทของชีสนั้น แต่ชีสที่ได้รับความนิยมในการบริโภคคือ ชีสยืด หรือ มอสซาเรลล่าชีส โดยกระบวนการผลิตมอสซาเรลล่าชีสจะเป็นการตกตะกอนโปรตีนเคซีนด้วยกรดอะซิติก (acetic acid) เป็นการคัดแยกโปรตีนเคซีนในนํ้านม ส่วนโปรตีนที่เหลือจะเป็นโปรตีนเวย์ 20 เปอร์เซ็นต์ (alpha lactalbumin, beta lactoglobulin, bovine serum albumin, immunoglobulins และ proteose peptone) ซึ่งเวย์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตมอสซาเรลล่าชีสเป็นแอซิดเวย์หรือนํ้าเวย์เปรี้ยวจะมี

ความเป็นกรดจากกรดอะซิติกทำให้นํ้าเวย์ที่ได้มีรสเปรี้ยวไม่สามารถนำมาบริโภคได้ โดยในเวย์โปรตีนมีองค์ประกอบของนํ้านมอยู่ครบ แต่ปริมาณองค์ประกอบต่าง ๆ ลดลง เช่น ปริมาณไขมัน และโปรตีน เป็นต้น ซึ่งจากกระบวนการผลิตมอสซาเรลล่าชีสจากนํ้านมแพะในสัดส่วน 10 : 1 จะมีนํ้าเวย์ที่เหลือจากกระบวนการผลิตถึง 9 กิโลกรัมจากการผลิตมอสซาเรลล่าชีส 1 กิโลกรัม

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)

Anema (2018) ศึกษาการปรับระดับ pH ในนํ้านมของนมพร่องมันเนยและนมพร่องมันเนยที่เติมเวย์โปรตีน 0.75 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อระดับชีร์มโปรตีนและเวย์โปรตีนเมื่อ pH เพิ่มขึ้นจาก pH 6.5 เป็น pH 7.1 และ Muhammad *et al.* (2018) ศึกษาการทำเวย์ให้เป็นกลางด้วยความเข้มข้นที่แตกต่างกันของโซเดียม

ไฮดรอกไซด์และโซเดียมไบคาร์บอเนต พบว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติม 0.1 N โซเดียมไบคาร์บอเนต พบปริมาณโปรตีนลดลงเล็กน้อยอาจเกิดจากโปรตีนบางส่วนเสียสภาพ และเกิดจากการเสียสภาพของ beta-lactoglobulin แต่ยังไม่มีการวิจัยการปรับระดับ pH ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตในน้ำเวย์น้ำนมแพะ

ดังนั้นงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลการปรับ pH ของน้ำเวย์ที่เหลือจากกระบวนการผลิตมอสซาเรลลาชีสเป็นการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ (by product) ที่เกิดจากกระบวนการผลิต และเพิ่มมูลค่าให้กับน้ำเวย์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำเวย์

1. น้ำนมแพะดิบจากกลุ่มสมาชิกเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะนมปลอดโรคจากจังหวัดราชบุรี จำนวน 300 กิโลกรัม (จำนวน 2 ซ้ำ ๆ ละ 30 กิโลกรัม 5 กลุ่มการทดลอง) มาผลิตมอสซาเรลลาชีส เพื่อให้ได้น้ำเวย์ ขั้นตอนการผลิตมอสซาเรลลาชีส คือ นำน้ำนมแพะที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ใสเอนไซม์เรนเนทในการตกตะกอนโปรตีนที่ 0.01 เปอร์เซ็นต์ เติมน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (distilled vinegar 5 percent acidity) จำนวน 0.2 เปอร์เซ็นต์ ต่อ กิโลกรัมของน้ำนม และเติมโยเกิร์ตธรรมชาติจำนวน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ผสมให้เข้ากัน เพิ่มอุณหภูมิให้น้ำได้ 30 องศาเซลเซียส เติมกรดอะซิติก ให้ค่า pH ได้ที่ 4.6 หลังจากนั้น ให้ความร้อนต่อด้วยไฟอ่อนประมาณ 15 นาที แยกน้ำเวย์ออกจากมอสซาเรลลาชีส (Chanakot *et al.*, 2020) โดยค่า pH ของน้ำเวย์จะอยู่ที่ 4.6 (จุด isoelectric point) จากนั้นนำน้ำเวย์มาปรับค่า pH ตามกลุ่มการทดลอง และให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูล

2. ศึกษาปริมาณมอสซาเรลลาชีสกับน้ำเวย์ที่ได้จากกระบวนการผลิต โดยการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius MC1 model LC4200S, Germany) และศึกษาองค์ประกอบน้ำเวย์ด้วยเครื่องอัตโนมัติ Combi Fossomatic

FC Milkoscan FT Plus (Foss Electric, Hillreod, Denmark)

3. ศึกษาปริมาณกรดอะมิโน ด้วยวิธี 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) วิตามิน A ด้วยวิธี in-house method TE-CH-024 992.06. วิตามิน B12 ด้วยวิธี in-house method analytica chimica acta 569 (Chen, 2006) แคลเซียม ด้วยวิธี in-house method TE-CH-134 ด้วยวิธี ICP-OES technique (Poitevin, 2009)

การเตรียมโซเดียมไบคาร์บอเนต

1. การเตรียมโซเดียมไบคาร์บอเนต

การเตรียมโซเดียมไบคาร์บอเนตจากเบกกิ้งโซดา ใช้อัตราส่วน เบกกิ้งโซดา 15 กรัม ต่อ น้ำ 300 กรัม คนละลายให้เข้ากัน วัดค่า pH ของโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ 8.49 ที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส

2. นำน้ำเวย์ที่เหลือจากกระบวนการผลิตมอสซาเรลลาชีสมาแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มการทดลอง โดยควบคุมอุณหภูมิให้เท่ากันทุกกลุ่มการทดลอง ได้แก่

2.1 กลุ่มการทดลองปรับค่า pH ที่ 4.8 ด้วยน้ำโซเดียมไบคาร์บอเนตที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส

2.2 กลุ่มการทดลองปรับค่า pH ที่ 5.0 ด้วยน้ำโซเดียมไบคาร์บอเนตที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส

2.3 กลุ่มการทดลองปรับค่า pH ที่ 5.2 ด้วยน้ำโซเดียมไบคาร์บอเนตที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส

2.4 กลุ่มการทดลองปรับค่า pH ที่ 5.4 ด้วยน้ำโซเดียมไบคาร์บอเนตที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส

2.5 กลุ่มการทดลองปรับค่า pH ที่ 5.6 ด้วยน้ำโซเดียมไบคาร์บอเนตที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส

3. การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำเวย์โดยผู้ตรวจชิมที่ได้รับการฝึกฝนแล้ว จำนวน 10 คน โดยใช้การทดสอบแบบ 9-point hedonic scale ทดสอบลักษณะปรากฏและสี ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมนับ

การวิเคราะห์และบันทึกข้อมูล

1. การวิเคราะห์และบันทึกข้อมูลน้ำเวย์

1.1 บันทึกปริมาณมอสซาเรลล่าชีสกับน้ำเวย์โดยการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง และศึกษาองค์ประกอบน้ำเวย์ด้วยเครื่องอัตโนมัติ Combi Fossomatic FC Milkoscan FT Plus

1.2 วิเคราะห์ และบันทึกข้อมูลองค์ประกอบของน้ำเวย์ที่เหลือจากกระบวนการผลิตมอสซาเรลล่าชีส เช่น ไขมัน โปรตีน น้ำตาลแลคโตส ด้วยเครื่องวิเคราะห์เครื่องอัตโนมัติ Combi Fossomatic FC Milkoscan FT Plus pH ด้วยเครื่อง (pH meter) รุ่น C830 และค่าความเป็นกรดตามวิธีของ Nakthong (2012)

1.3 วิเคราะห์ และบันทึกข้อมูลองค์ประกอบของน้ำเวย์ที่ปรับระดับ pH ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต เช่น ไขมัน โปรตีน น้ำตาลแลคโตส ด้วยเครื่องวิเคราะห์เครื่องอัตโนมัติ Combi Fossomatic FC Milkoscan FT Plus pH ด้วยเครื่อง (pH meter) รุ่น C830 และค่าความเป็นกรดตามวิธีของ Nakthong (2012)

1.4 วิเคราะห์ และบันทึกข้อมูลกรดอะมิโน ด้วยวิธี 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) วิตามิน A ด้วยวิธี in-house method TE-CH-024 992.06. วิตามิน B12 ด้วยวิธี in-house method analytica chimica acta 569 (Chen, 2006) แคลเซียม ด้วยวิธี in-house method TE-CH-134 ด้วยวิธี ICP-OES technique (Poitevin, 2009)

1.5 การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำเวย์โดยผู้ตรวจชิมที่ได้รับการฝึกฝนแล้ว จำนวน 10 คน โดยใช้การทดสอบแบบ 9-point hedonic scale การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป R 2.10.1 (Jompuk, 2012)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ลักษณะทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพของน้ำเวย์ที่เหลือจากกระบวนการผลิตมอสซาเรลล่าชีสสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่า น้ำเวย์เป็นของเหลวใสสีเหลืองอ่อนอมเขียวอ่อน (Figure 1)



Figure 1. Acid whey from goat milk mozzarella cheese processing

ปริมาณ

ปริมาณมอสซาเรลล่าชีสจากน้ำนมแพะดิบ (Table 1) พบว่า การผลิตชีสจากน้ำนมแพะดิบ จำนวน 10 กิโลกรัม ได้น้ำหนักสุทธิหลังจากกระบวนการผลิตที่ 10.32 กิโลกรัม (จากการเติมโยเกิร์ต จำนวน 100 กรัม น้ำส้มสายชู 200 กรัม และกรดซิตริกประมาณ 20 กรัม) ผลิตมอสซาเรลล่าชีสได้น้ำหนัก 890 กรัม น้ำหนัก น้ำเวย์ 9.33 กิโลกรัม และปริมาณการสูญเสียระหว่าง กระบวนการผลิต 100 กรัม ถ้าคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ปริมาณ น้ำนม 10 กิโลกรัม สามารถผลิตมอสซาเรลล่าชีสได้ 8.62 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำเวย์ 90.41 เปอร์เซ็นต์ และ ปริมาณการสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิต 0.97 เปอร์เซ็นต์

องค์ประกอบน้ำนมของแอซิดเวย์ (acid whey)

ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบน้ำนมของน้ำเวย์ที่ เหลือจากกระบวนการผลิตมอสซาเรลล่าชีส (Table 2) พบว่า มีปริมาณไขมัน 1.16 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 1.16

เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลแลคโตส 4.74 เปอร์เซ็นต์ ของแข็งไม่ รวมไขมัน (solid not fat) 6.42 เปอร์เซ็นต์ ของแข็ง ทั้งหมด (total solids) 7.76 เปอร์เซ็นต์ ค่า pH 4.62 และ ค่าความเป็นกรด 0.65 สอดคล้องกับการทดลอง ของ Bansal and Bhandari (2016) และ Sarala *et al.* (2012) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องตีเมเวย์โปรตีนจาก มอสซาเรลล่าชีสพบว่า เวย์โปรตีนมีปริมาณแลคโตส ในน้ำนม (%) 4.5 ± 0.51 โปรตีน (%) 0.9 ± 0.03 ไขมัน (%) 0.5 ± 0.14 ของแข็งทั้งหมด (%) 0.42 ± 0.01 pH 4.2 ที่ 25 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด (%) 0.40 ± 0.02 (กรดแลคติก) ซึ่งน้ำเวย์เป็นผลพลอยได้จากการผลิตชีสและคิดเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณ น้ำนมที่ เข้าสู่กระบวนการผลิต โดยในน้ำเวย์ ประกอบด้วยของแข็งทั้งหมดประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนทั้งหมด 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำเวย์มี ปริมาณน้ำตาลแลคโตสลดลงของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขจัดแร่ธาตุของเคซีนไมเซลล์ที่เหนียวน้ำ โดยการทำให้เป็นกรด (Bansal and Bhandari, 2016)

Table 1. Mozzarella cheese and acid whey from raw goat Milk

Goat milk	Weight	Mozzarella cheese	Acid whey	Lose
10 kg	10.32 kg	890 g	9.33 kg	100 g
	100 %	8.62 %	90.41 %	0.97 %

Table 2. Compositions of acid whey

Component (%)	Acid whey
Fat	1.16
Protein	1.16
Lactose	4.74
Solid not fat	6.42
Total solids	7.76
pH	4.62
Acidity	0.65

ปริมาณกรดอะมิโน

ปริมาณกรดอะมิโนของน้ำเวย์ (Table 3) พบว่า ปริมาณกรดอะมิโนลดลง เมื่อเทียบกับการวิเคราะห์ กรดอะมิโนในนํ้านมแพะดิบของ Rutherford *et al.* (2018) พบว่า นํ้านมแพะดิบมีปริมาณกรดอะมิโน (mg/g) histidine 186, isoleucine 317, leucine 610, lysine 520, phenylalanine 330, threonine 335, tryptophan 104, tyrosine 265, valine 480, cysteine 61 และ methionine 165 ซึ่งกระบวนการผลิตนมอัส-ซาเรลลาชีสส่งผลให้ปริมาณกรดอะมิโนลดลงแต่นํ้าเวย์ยังตรวจพบกรดอะมิโนที่ยังเหลืออยู่และเป็นกลุ่มกรดอะมิโนที่มีความจำเป็นต่อร่างกายและ

ต้องได้รับจากอาหารที่รับประทาน เช่น isoleucine, leucine, lysine, phenylalanine, threonine, tryptophan และ valine โดยเฉพาะ isoleucine, leucine และ valine ที่ถูกนำไปเป็นส่วนผสมหลักของอาหารเสริม และมีการแนะนำให้บริโภคกรดอะมิโนกลุ่มนี้ประมาณ 200 มิลลิกรัมต่อนํ้าหนักตัว 1 กิโลกรัม ซึ่งในนํ้าเวย์มีปริมาณกรดอะมิโนทั้ง 3 ชนิด รวมกันที่ 153.07 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งต้องหากกรดอะมิโนจากแหล่งอื่นเพิ่มเติมเพื่อรวมกันถึง 2.42 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (200 มิลลิกรัม) โดยจะครอบคลุมประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณขั้นต่ำที่แนะนำต่อวัน และ 6 กรัมต่อวัน สำหรับผู้ที่เล่นกีฬา (Martinez Sanz *et al.*, 2017)

Table 3. Amino acid profile of acid whey

Amino acid profile	Acid whey (mg/100 ml)
Aspartic acid	77.28
Threonine	49.33
Serine	41.63
Glutamic acid	135.74
Glycine	21.57
Alanine	44.47
Cystine	<40.00
Valine	46.75
Methionine	Not detected
Isoleucine	39.73
Leucine	66.59
Tyrosine	<50.00
Phenylalanine	<50.00
Histidine	Not detected
Hydroxyproline	Not detected
Proline	44.59
Tryptophan	44.46

วิตามิน A วิตามิน B12 และแคลเซียม

ผลการศึกษา พบว่า น้ำเวย์ที่ได้จากกระบวนการผลิตมอสซาเรลลาน้ำนมแพะมีวิตามิน A 16.06 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร วิตามิน B 12 (cyanocobalamin) 0.009 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และ calcium (Ca) 70.65 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร (Table 4) ซึ่งแคลเซียมในน้ำเวย์ไม่สูญเสียหายจากกระบวนการผลิตมอสซาเรลลาชีส สอดคล้องกับการทดลองของ Garay *et al.*, (2021) ที่ศึกษาองค์ประกอบน้ำเวย์ของน้ำนมแพะ พบว่า ปริมาณแคลเซียม calcium (มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) 40.49 ± 1.18 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

การปรับน้ำเวย์ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต

ผลการศึกษาองค์ประกอบน้ำเวย์ที่ปรับด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับ pH 4.8, 5.0, 5.2, 5.4 และ 5.6 มองด้วยตาเปล่าไม่แตกต่างกัน โดยสีของน้ำเวย์ทุกกลุ่มการทดลองเป็นสีขาวขุ่นออกเหลือง (Figure 2) และองค์ประกอบน้ำนม ได้แก่ ปริมาณโปรตีน น้ำตาลแลคโตส และของแข็งไม่รวมมันเนย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ปริมาณไขมัน และของแข็งทั้งหมด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 5) โดยปริมาณไขมันของน้ำเวย์ที่ปรับด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับ 4.8 มีปริมาณไขมันสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่น ๆ และในกลุ่มการทดลองที่ถูกปรับระดับด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตมีปริมาณไขมันลดลงตามการปรับระดับ pH ที่สูงขึ้น เนื่องจากการปรับระดับด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต เป็นการเพิ่มน้ำเข้าไปในน้ำเวย์

โดยปกติน้ำนมเป็นอาหารที่มีความสมดุลที่เหมาะสมของธาตุอาหาร และจัดเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (Wanphaisan, 2019) ถึงแม้ว่ามาผ่านกระบวนการผลิตชีสที่ใช้กรดตกตะกอนโปรตีนทำให้เสียความสมดุลของธาตุอาหาร แต่น้ำเวย์ยังเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำตามสภาพน้ำนมเดิม และเมื่อมีการเติมน้ำเข้าก็จะไปลดความเข้มข้นของสารอาหารส่งผลให้ปริมาณไขมันและโปรตีนมีปริมาณลดลงเมื่อมีการปรับระดับ pH ที่สูงขึ้น (Rahman *et al.*, 2018)

ผลคะแนนการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส (Table 6) ของน้ำเวย์ที่ปรับด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต พบว่า ลักษณะปรากฏ (สี) และลักษณะเนื้อสัมผัส (ความข้น) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความรู้สึกขณะกลืน) รสชาติ และการยอมรับได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยผลการทดสอบผู้ตรวจชิมให้คะแนนน้ำเวย์ที่ปรับด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับ pH 5.6 สูงที่สุด สอดคล้องกับการทดลองของ Sulejmani *et al.* (2021) ได้ศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของอาหารโครงสร้างจุลภาคและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของแยมนมไขมันต่ำ : จากอินนูลิน ปริมาณซูโครส โซเดียมไบคาร์บอเนต และแคลเซียมคลอไรด์ พบว่า ความสามารถในการกระจายตัว ความนุ่ม ความเป็นเนื้อเดียวกันและเรียบเนียนในแยมนมที่มีส่วนผสมของโซเดียมไบคาร์บอเนตซึ่งเป็นผลมาจากการปรับสภาพกรดให้เป็นกลางและผลกระทบต่อความเสถียรทางความร้อนของโปรตีนในกระบวนการผลิตมอสซาเรลลาชีส

Table 4. Vitamin A, vitamin B12 and calcium in acid whey

Parameters	Acid whey
Vitamin A	16.06 µg/100 ml
Vitamin B12 (cyanocobalamin)	0.009 mg/100 ml
Calcium (Ca)	70.65 mg/100 ml



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Figure 2. Acid whey added with different levels of sodium bicarbonate (a) pH 4.8 (b) pH 5.0 (c) pH 5.2 (d) pH 5.4 and (e) pH 5.6

Table 5. Acid whey added levels of sodium bicarbonate to pH 4.8 - 5.6

pH at 29 °C	Fat	Protein	Lactose	SNF	TS
control	1.16 ± 0.32 ^b	1.16 ± 0.04	4.74 ± 0.01	6.42 ± 0.06	7.76 ± 0.28 ^b
4.8	1.67 ± 0.07 ^a	1.19 ± 0.04	4.69 ± 0.10	6.48 ± 0.16	8.24 ± 0.22 ^a
5.0	1.52 ± 0.06 ^{ab}	1.17 ± 0.02	4.72 ± 0.03	6.51 ± 0.08	8.10 ± 0.00 ^{ab}
5.2	1.48 ± 0.10 ^{ab}	1.19 ± 0.00	4.67 ± 0.11	6.52 ± 0.11	8.03 ± 0.00 ^{ab}
5.4	1.34 ± 0.04 ^{ab}	1.16 ± 0.03	4.61 ± 0.00	6.48 ± 0.07	7.82 ± 0.00 ^b
5.6	1.36 ± 0.20 ^{ab}	1.18 ± 0.01	4.67 ± 0.17	6.59 ± 0.16	7.91 ± 0.03 ^{ab}
CV (%)	11.81	2.59	2.08	2.83	1.28

Means in the same column followed by different superscripts significantly differ ($P < 0.05$)

Table 6. Sensory of acid whey added levels of sodium bicarbonate to pH 4.8 - 5.6

pH at 29 °C	Appearance	Consistency	Mouthfeel	Flavor	Acceptance
Acid whey (control)	5.83 ± 0.32	4.66 ± 0.04	3.75 ± 0.01 ^c	4.12 ± 0.06 ^b	3.92 ± 0.28 ^b
4.8	5.00 ± 2.08	4.42 ± 1.93	3.58 ± 1.88 ^c	3.41 ± 1.83 ^b	3.25 ± 1.82 ^c
5.0	5.33 ± 1.67	4.83 ± 1.40	3.91 ± 1.93 ^b	4.25 ± 1.86 ^{ab}	4.17 ± 1.80 ^{bc}
5.2	6.33 ± 1.30	5.33 ± 2.15	5.08 ± 2.07 ^{ab}	5.50 ± 2.32 ^a	5.16 ± 2.41 ^{abc}
5.4	5.67 ± 1.69	5.58 ± 2.06	5.58 ± 2.50 ^a	5.41 ± 2.64 ^{ab}	5.75 ± 2.49 ^{ab}
5.6	5.50 ± 1.31	5.91 ± 2.06	6.08 ± 2.43 ^a	6.25 ± 2.49 ^a	6.33 ± 2.53 ^a
CV (%)	29.37	37.20	44.88	45.37	45.28

Means in the same column followed by different superscripts significantly differ ($P < 0.05$)

สรุป

น้ำเวย์มีองค์ประกอบของน้ำนมครบถ้วน ถึงแม้มีปริมาณลดลง เพราะปริมาณองค์ประกอบน้ำนมส่วนใหญ่อยู่ที่มอสซาเรลลาชีส และการปรับ pH ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตในน้ำเวย์ที่ปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณไขมันลดลง แต่การปรับระดับ pH ที่สูงขึ้น ทำให้ผู้ตรวจชิมให้คะแนนการยอมรับได้

เพิ่มขึ้น ดังนั้นสามารถนำน้ำเวย์ที่ปรับระดับความเป็นกรดด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ pH 5.6 ไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น นมเปรี้ยว โยเกิร์ต หรือน้ำเวย์พร้อมดื่มรสชาติต่าง ๆ เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของผลพลอยได้ที่เหลือจากกระบวนการผลิต เพิ่มทางเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์จากน้ำนมแพะ และเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากโครงการทุนนักวิจัยรุ่นใหม่ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University Research and Development Institute, KURDI) และคณะกรรมาธิการกำหนดแผน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน

เอกสารอ้างอิง

- Anema, S.G. 2018. Effect of whey protein addition and pH on the acid gelation of heated skim milk. *International Dairy Journal* 79: 5-14.
- Bansal, N. and B. Bhandari. 2016. Functional milk proteins: Production and utilization - Whey-based ingredients. pp. 67-98. *In*: P.L.H. McSweeney and J.A. O'Mahony (eds.). *Advanced Dairy Chemistry*. Springer, New York.
- Çevikkalp S.A., G.B. Löker, M. Yaman and B. Amoutzopoulos. 2016. A simplified HPLC method for determination of tryptophan in some cereals and legumes. *Food Chemistry* 193: 26-29.
- Chanakot, B., S. Chauchom and 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)
- Garay P.A., F.J. Villalva, N.F. Paz, E.G. de Oliveira, C. Ibarguren, J.C. Alcocer, C.A. Curti and A.N. Ramon. 2021. Formulation of a protein fortified drink based on goat milk whey for athletes. *Small Ruminant Research* 201: doi: 10.1016/j.smallrumres.2021.106418.
- Jompuk, C. 2012. *Statistics: Experimental design. and Data Analysis in Plant Research with "R". 2nd ed.* Kasetsart University Press, Bangkok. 350 p. (in Thai)
- Martinez Sanz, J.M., A. Norte, E.S. García and I. Sospedra. 2017. Branched chain amino acids and sports nutrition and energy homeostasis. pp. 351-362 *In*: D. Bagchi (ed.). *Sustained Energy for Enhanced Human Functions and Activity*. Academic Press, London.
- Muhammad, A., Y. Durrani, M.S. Hashmi, I.M. Qazi, M. Ayub and S. Saifullah. 2018. Whey neutralization with different concentration of sodium hydroxide and sodium bicarbonate. *Sarhad Journal of Agriculture* 34(4): 910-916.
- Namhong, T. 2013. Goat milk : Alternative for human health benefit. *RMUTSB Academic Journal (Humanities and Social Sciences)* 1(2): 170-178. (in Thai)
- Nakthong, S. 2012. *Laboratory Principles of Milk Science*. Faculty of Agriculture, Kamphaeng Saen. 1st ed. Faculty of Agriculture, Kasetsart University. Min Service Supply, Bangkok. 135 p. (in Thai)
- Official Journal of the European Union. 1998. Determination of amino acids. (Online). Available: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31998L0064&from=HU> (February 21, 2022).
- Poitevin E., M. Nicolas, L. Graveleau, J. Richoz, D. Andrey and F. Monard. 2009. 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. *Journal of AOAC International* 92(5): 1484-1518.
- Thongtid, R. 2012. The use of sodium bicarbonate in the production of frozen shrimp. M.S. Thesis. Silpakorn University, Bangkok. 70 p. (in Thai)
- Rahman, M.M, N. Islam, H.-U. Rashid and A.K.M. Masum. 2018. Effects of Sodium bicarbonate on milk preservation. *Research in Agriculture Livestock and Fisheries* 5(1): 75-85.
- Rutherford, S.M, P.J Moughan, D. Lowry and C.G. Prosser. 2008. Amino acid composition determined using multiple hydrolysis times for three goat milk formulations. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 59(7-8): 679-690.
- Sarala, P., P. Ojha and I. Subedi. 2012. Development of whey protein beverage from mozzarella cheese whey. pp. 123-130. *In: Proceedings of National Conference on Food Science and Technology (Food Conference-2012), Kathmandu, Nepal.*
- Sulejmani, E., O.S. Boran, T. Huppertz and A.A. Hayaloglu. 2021. Rheology, microstructure and sensory properties of low-fat milk jam: Influence of inulin type, sucrose content, sodium bicarbonate and calcium chloride. *International Dairy Journal* 123: 105162, doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105162.
- Wanphaisan, P. 2019. Mother's milk contains important nutrients for infants. (Online). Available: http://healthydee.moph.go.th/view_article.php?id=484 (March 21, 2022) (in Thai)
-