บทที่ 5

วิจารณ์ผลการวิจัย

การวิจัยการปรับปรุงคุณภาพของครีมคอทเทจชีส โดยวิธีก่อตัวลิ่มนมระยะสั้น และการยืดอายุการเก็บรักษาโดยใช้ potassium sorbate ในขั้นแรกทำการศึกษาหาปริมาณ starter และ coagulator ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตครีมคอทเทจชีส โดยเลือกศึกษาแปรปริมาณ starter ออกเป็น 3 ระดับคือ 5%, 7.5%, และ 10% ซึ่งปกติการผลิตแบบ short set จะใช้ active culture 5-6% (4,5) และเลือกแปรความเข้มข้นของ coagulator ออกเป็น 3 ระดับ คือ 0.002%, 0.01% และ 0.05% โดยที่หากใช้ปริมาณ coagulator มากกว่านี้จะเป็นสาเหตุของรสขมและรสเปรี้ยวในครีมคอทเทจชีสได้ (14) การแปรปริมาณ starter และ coagulator นี้เพื่อศึกษาว่าระยะเวลาในการก่อตัวของลิ่มนม มีความสัมพันธ์อย่างไรกับคุณลักษณะคุณภาพอื่นๆ ได้แก่ % yield, % adjusted yield, curd firmness, % protein recovery และ % cream adsorption จากนั้นจึงศึกษาถึงแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของครีมคอทเทจชีส โดยใช้สารปรุงแต่ง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ครีมคอทเทจชีส เป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ cottage cheese curd และ cream cheese จึงจำเป็นต้องแยกศึกษาถึงสารปรุงแต่งที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ส่วน และความสัมพันธ์ร่วมของสารปรุงแต่ง สารปรุงแต่งและปริมาณที่เลือกศึกษาได้แก่

1. สารปรุงแต่งที่ใช้ใน cheese milk เพื่อผลิตเป็น cottage cheese curd คือ $CaCl_2$ ปริมาณที่ใช้ 0.00%, 0.02% และ sodium hexametaphosphate ปริมาณที่ใช้คือ 0.05%, 0.10%)

2. สารปรุงแต่งที่ใช้ใน cream cheese คือ carrageenan ใช้ปริมาณ 0.05% และ 0.10%

คุณลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาได้แก่ setting time, % yield, % adjusted yield, % moisture content, % protein recovery, curd firmness จากนั้นจึงนำมาศึกษาโครงสร้างภายในภายใต้กล้องจุลทรรศน์ แบบ scanning electron microscope ขนาดกำลังขยาย 3,000 และ 8,000 เท่า

เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ครีมคอทเทจชีสที่มีคุณภาพเป็นที่ต้องการแล้วจึงศึกษาหาอายุการเก็บรักษา เพื่อเป็นแนวทางการยืดอายุการเก็บรักษา โดยใช้ potassium sorbate เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ปริมาณที่ใช้ 0, 500, 1000 ppm. ซึ่งอยู่ในมาตรฐานอาหารของสหรัฐอเมริกา(27) หากใช้มากกว่านี้จะก่อให้เกิดรสขมกับผลิตภัณฑ์ ทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ คือ การเกิด syneresis และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด จุลินทรีย์ที่เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ และจุลินทรีย์จำพวกรา พร้อมทั้งศึกษาถึงการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่มีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ครีมคอทเทจชีส จำนวน 10 คน แบบทดสอบที่ใช้เป็นแบบ Hedonic scale 7 ระดับ ดังแสดงในภาคผนวก ข. ผลการวิจัยเป็นดังนี้

5.1 การหาปริมาณ starter และ coagulator ที่เหมาะสมกับการผลิตครีมคอทเทจชีส

จากการศึกษาวิจัยจะเห็นว่า ปริมาณ starter และ coagulator ต่างมีผลต่อการผลิตครีมคอทเทจชีสแบบเพาะเชื้อ (culture method) โดยวิธีการก่อตัวลิ่มนมระยะสั้น (short set) ซึ่งมีผลต่อคุณลักษณะคุณภาพต่างกัน กล่าวคือ ปริมาณ starter เท่านั้นที่มีผลต่อ % yield และ % adjusted yield เพราะการเพิ่มปริมาณ starter สำหรับการผลิตครีมคอทเทจชีสแบบเพาะเชื้อโดยวิธีก่อตัวลิ่มนมระยะสั้น เท่ากับเป็นการเพิ่มองค์ประกอบได้แก่ โปรตีน ปริมาณของแข็งทั้งหมดใน cheese milk จากน้ำนมเพาะเลี้ยงเชื้อ จึงทำให้ % yield, % adjusted yield เพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งดังแสดงในตารางที่ 7 โดยที่ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าหากใช้ starter 7.5% ซึ่งจะทำให้ % yield, % adjusted yield มีปริมาณมากขึ้นและหากใช้ starter มากกว่านี้จะส่งผลให้ครีมคอทเทจชีสที่ได้มี % yield, % adjusted yield น้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากการเจริญของ starter เป็นไปอย่างรวดเร็วในปริมาณมากซึ่งจะทำให้สามารถผลิตกรดได้มากขึ้นด้วย จนไปยับยั้งการเจริญของ starter เอง (feed back inhibition) ส่วน coagulator นั้นจะมีผลโดยตรงกับ % cream adsorption ของ cottage chesse curd เนื่องจาก coagulator ซึ่งเป็น milk clotting enzyme จะไปย่อยสลาย polypeptide ของ casein และเมื่อมีอนุมูลแคลเซียมอยู่ร่วมด้วยจะก่อตัวเป็นร่างแห (protein net work) (16) เนื่องจากปฏิกิริยาของ enzyme นี้เป็นแบบ second order (17) อัตราการเกิด ปฏิกิริยาขึ้นกับปริมาณ substrate และ ปริมาณ enzyme ดังนั้นการเพิ่มปริมาณ enzyme มีผลให้การย่อยสลาย polypeptide มากขึ้นตาม การก่อตัวของ protein net work จะมีมากขึ้นด้วยแต่เนื่องจากมีอนุมูลแคลเซียมจำกัด จึงส่งผลให้ปริมาณ protein net work เหล่านี้

น้อยลง เมื่อเป็นเช่นนี้การเลือกใช้ปริมาณของ coagulator จึงต้องพิจารณาถึงปริมาณอนุมูลแคลเซียมด้วยจากการวิจัยครั้งนี้พยายามจะเพิ่มปริมาณ coagulator จาก 0.002% เป็น 0.01% และ 0.05% ตามลำดับ แต่เมื่ออนุมูลแคลเซียมมีจำกัดจึงทำให้การเพิ่มปริมาณ coagulator ไม่มีผลดีต่อ % cream adsorption เท่าที่ควร เมื่อพิจารณาถึงผลร่วมของปริมาณ starter และ coagulator ที่มีต่อการผลิตครีมคอทเทจชีสพบว่า starter 7.5%, coagulator 0.002% จะให้ curd firmnness มากที่สุด คือ 86.4 N. และ % protein recovery สูงมากแม้ว่า setting time ที่ใช้ในการก่อตัวของ cottage cheese curd ไม่ใช่เวลาที่น้อยที่สุดก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาคุณลักษณะคุณภาพทั้งหมดได้แก่ % yield, % adjusted yield, curd firmness, % cream adsorption, % protein recovery ร่วมก็เป็นเหตุผลเพียงพอที่จะผลิต cottage cheese curd โดยใช้ starter 7.5% และ coagulator 0.002% ซึ่งจะใช้เวลาในการก่อตัว (setting time) 5 ชม. 40 นาที แทนที่จะเป็น 7-8 ชม. ในโรงงานผลิตโดยทั่วไป และ coagulator ใช้ในปริมาณน้อยเป็นการประหยัดมากด้วย

5.2 การปรับปรุงคุณภาพของครีมคอทเทจชีสโดยใช้สารปรุงแต่ง

5.2.1 การปรับปรุงคุณภาพของ cottage cheese curd สารปรุงแต่งที่ใช้ คือ $CaCl_2$ ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยเพิ่ม curd firmness (4,17) ระดับที่ใช้ 0.00%, 0.02% และ SHMP ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น polyelectrolyte สามารถช่วยในการตกตะกอนโปรตีน ช่วยเพิ่ม % yield และ % adjusted yield ให้กับ cottage cheese curd (35) ระดับที่ใช้ 0.05%, 0.10% จากผลการวิจัยตามตารางที่ 14 จะเห็นได้ว่า $CaCl_2$ จะมีผลโดยตรงกับ curd firmness และ moisture content ซึ่งความสัมพันธ์ของ curd firmness และ moisture content ของ cottage cheese curd จะมีลักษณะผกผันกันกล่าวคือ ถ้า curd firmness สูง cottage cheese curd นั้นจะมี moisture content ต่ำ โดยที่มาตรฐานของ cottage cheese curd ต้องมี moisture content ไม่เกิน 80% (27) ดังนั้นหากใช้ $CaCl_2$ 0.02% จะทำให้ moisture content ของ cottage cheese ยังอยู่ในมาตรฐานและช่วยเพิ่ม curd firmness แต่ถ้าปริมาณ $CaCl_2$ มากกว่า 0.02% จะทำให้เกิดรสขมและแข็งมากเกินไป (4) จนเป็นอุปสรรคต่อการดูดซับครีมของ cottage cheese curd การวิจัยนี้พบว่า $CaCl_2$ 0.02% จะให้ curd firmness สูงกว่าไม่ใช้ $CaCl_2$ และหากใช้ SHMP ร่วมด้วยจะช่วยให้ได้ % yield, % adjusted yield เพิ่มขึ้น ดังที่ได้กล่าวแล้วว่า SHMP มีคุณสมบัติเป็น polyelectrolyte ช่วยให้โปรตีนที่เป็น non-casein ตกตะกอนร่วมด้วย จึงทำให้มี % protein recovery

สูงตามทั้ง $CaCl_2$ และ SHMP มีผลต่อ setting time โดยช่วยทำให้ setting time สั้นลง จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นสารปรุงแต่งเพื่อปรับปรุงคุณภาพของครีมคอทเทจชีสโดยวิธีการก่อตัวลิ่มนมระยะสั้นเพราะจะกระตุ้นให้โปรตีนตกตะกอนเร็วขึ้นแทนที่จะตกตะกอนโดยกรดที่ starter ผลิตขึ้นหรือตกตะกอนจากการย่อยสลาย polypeptide ของ casein โดย coagulator เท่านั้น จากตารางที่ 7 และ 14 setting time ลดลงจาก 5 ชม. 40 นาที มาเป็น 4 ชม. 30 นาที เมื่อพิจารณาถึงคุณลักษณะคุณภาพต่างๆ แล้ว $CaCl_2$ 0.02%, SHMP 0.05% จะเป็นสารปรุงแต่งในปริมาณที่ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ คือ สามารถปรับปรุงคุณภาพของ cottage cheese curd โดยให้ moisture content 78.9%, protein recovery 11.53%, yield 244.10%, adjusted yield 309.36%, curd firmness 153.88 N. โดยมี setting time 4 ชม. 30 นาที ซึ่งช่วยย่นระยะเวลาจากเดิม 5 ชม. 40 นาที ลง 1 ชม. 10 นาที

5.2.2 การปรับปรุงคุณภาพของครีมคอทเทจชีส สารปรุงแต่งที่ใช้ใน cream cheese คือ carrageenan 0.05%, 0.10% ช่วยลดปัญหา whey off หรือ การเกิด syneresis ของผลิตภัณฑ์และยังช่วยปรับปรุงคุณลักษณะคุณภาพทางด้านการดูดซับครีมของครีมคอทเทจชีส การวิจัยนี้เป็นการศึกษาร่วมกับสารปรุงแต่งที่ใช้ใน cheese milk คือ $CaCl_2$ และ SHMP จะเห็นว่าทั้ง $CaCl_2$ จะให้อนุมูลของแคลเซี่ยมเพิ่มขึ้น ทำให้การก่อตัวของ protein net work ดีขึ้น (16,17) ทำให้ครีมสามารถจับเกาะกับ cottage cheese curd ได้มากขึ้น ซึ่งประกอบกับในครีมมีการเติมสารปรุงแต่ง carrageenan ซึ่งช่วยให้การจับเกาะครีมบน cottage cheese curd ดีขึ้น หากครีมมีความสามารถในการยึดเกาะ cottage cheese curd น้อย แสดงว่าการก่อตัวของ protein net work มีปัญหาจะทำให้ลักษณะของครีมคอทเทจชีสใสครีมไม่เข้าไปดูดซับภายใน protein net work การใช้สารปรุงแต่ง carrageenan ใน cream cheeseจะช่วยลดปัญหาเหล่านี้ได้ คุณลักษณะคุณภาพเกี่ยวกับการดูดซับครีมนี้ยังช่วยให้สามารถกรอกบรรจุครีมคอทเทจชีสด้วยเครื่องบรรจุโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงให้มีอัตราส่วนของ cottage cheese curd ต่อครีมสม่ำเสมอทุกถ้วยแทนที่ต้องทิ้งไว้เป็นระยะเวลานาน เพื่อให้รอ cottage cheese curd อิ่มตัวด้วยครีม(4) นอกจากนี้ยังเพิ่มความรู้สึกในปากในขณะรับประทานครีมคอทเทจชีสนี้ด้วย

5.3 โครงสร้างของ cottage cheese curd ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน

นำ cottage cheese curd ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้สารปรุงแต่ง $CaCl_2$ และ SHMP แล้ว มาศึกษาถึงโครงสร้างภายในโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน เพื่อเปรียบเทียบกับ cottage cheese curd ที่ปราศจากสารปรุงแต่ง ขนาดกำลังขยาย 3,000

และ 8,000 เท่า จะเห็นอิทธิพลของสารปรุงแต่ง $CaCl_2$ และ SHMP ต่อการจับตัวและการเรียงตัวของ protein net work อย่างชัดเจนโดยที่ $CaCl_2$ จะทำให้โปรตีนจับตัวกันอย่างหนาแน่นมากขนาดของช่องว่างระหว่าง net work เล็ก ดังแสดงในรูปที่ 15 และ รูปที่ 16 จึงทำให้ curd firmnness ที่ได้มากซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์หา curd firmness โดยใช้ texturometer ดังแสดงในตารางที่ 14 และปริมาณสารปรุงแต่งที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะ SHMP จะทำให้เส้นสายของ net work พองตัวดังแสดงในรูปที่ 18 ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณสมบัติเกี่ยวกับ water holding capacity ของ protein net work ของ cottage cheese curd มีผลให้ได้ % yield และ % adjusted yield เพิ่มขึ้นด้วย

5.4 การยืดอายุการเก็บรักษาครีมคอทเทจชีสโดยใช้ potassium sorbate

5.4.1 การเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพและจุลินทรีย์ นำครีมคอทเทจชีสที่มีคุณภาพที่ต้องการมาหาอายุการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4-7 °C โดยใช้ potassium sorbate 0, 500, 1000 ppm. เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของครีมคอทเทจชีส จากการศึกษาวิจัยพบว่า ทั้งระยะเวลาการเก็บรักษา และ ปริมาณ potassium sorbate ต่างมีผลต่อการเกิด syneresis ของครีมคอทเทจชีส พบว่ายิ่งระยะเวลาการเก็บรักษาครีมคอทเทจชีสที่ปราศจาก potassium sorbate ยาวนานออกไป syneresis จะเกิดมากขึ้นตาม ตามตารางที่ 25 แต่ถ้าใช้ potassium sorbate เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จะทำให้เกิด syneresis น้อยลง ทั้งนี้เป็นเพราะ potassium sorbate สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย ช่วยลดการย่อยสลายโปรตีน (proteolytic activity) ของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย (34) ทำให้ของเหลวที่ถูกขับออกจาก cottage cheese curd น้อยลง จุลินทรีย์เหล่านี้ได้แก่ จุลินทรีย์ที่เจริญที่อุณหภูมิต่ำ (PBC) และจุลินทรีย์จำพวกรา (YMC) ซึ่งผลการวิจัยในด้านจุลินทรีย์ตามตารางที่ 27,29,31 ให้ผลสอดคล้องกันด้วย โดยครีมคอทเทจชีสที่ใช้ potassium sorbate จะให้ผลของ SPC, PBC, และ YMC ต่ำตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาตามปริมาณ potassium sorbate ที่เพิ่มขึ้น จุลินทรีย์ที่ถูกยับยั้งโดย potassium sorbate มากที่สุดคือจุลินทรีย์จำพวกรา กล่าวคือ เมื่อเวลาผ่านไปครีมคอทเทจชีสที่ใช้ potassium sorbate เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ จะตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ที่เจริญที่อุณหภูมิต่ำมีการเจริญมากกว่าจุลินทรีย์จำพวกราโดยที่ครีมคอทเทจชีสที่มี potassium sorbate 500, และ 1000 ppm บางตัวอย่างตรวจไม่พบจุลินทรีย์จำพวกราใน dilution 10^{-1}

5.4.2 การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีประเมินผลแบบ hedonic scale 7 ระดับ ซึ่งใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสที่คุ้นเคยกับครีมคอทเทจชีส 10 คน ทำการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสทุกสัปดาห์เป็นเวลา 1 เดือน โดยเก็บรักษาครีมคอทเทจชีสที่อุณหภูมิ 4-7 °C ใช้ potassium sorbate 0, 500 และ 1000 ppm. เพื่อเป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

การยอมรับทางด้านกลิ่นรส อายุการเก็บรักษาและปริมาณ potassium sorbate ต่างมีผลต่อการยอมรับทางด้านกลิ่นรสของผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบจะยอมรับกลิ่นรสของครีมคอทเทจชีสน้อยลง เมื่ออายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น หรือใช้ potassium sorbate ในปริมาณมากขึ้น ในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษาผู้ทดสอบยังยอมรับกลิ่นรสของครีมคอทเทจชีส แต่หลังจากนั้นการยอมรับจะน้อยลง และยิ่งใช้ potassium sorbate ในปริมาณที่มาก (1000 ppm.) ผู้ทดสอบจะตรวจพบรสขมเนื่องจาก potassium sorbate ได้ และการยอมรับทางด้านกลิ่นรสของผู้ทดสอบจะน้อยลงโดยที่สภาพ cottage cheese curd อ่อนมากซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของโปรตีนโดยจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย ตรวจพบ SPC 1567-1833 CFU/g., PBC 223-410 PBC/g., YMC 0.67-1.67 YMC/10g. ซึ่งมากกว่าที่เก็บรักษาครีมคอทเทจชีสในสัปดาห์แรก แต่ถ้าใช้ potassium sorbate 500 ppm. ในครีมคอทเทจชีสที่มีอายุการเก็บรักษา 3-4 สัปดาห์ ผู้ทดสอบยังคงยอมรับด้านกลิ่นรสของครีมคอทเทจชีสอยู่ โดยมีผู้ทดสอบตรวจพบรสขมน้อยมาก

การยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัส อายุการเก็บรักษาและปริมาณ potassium sorbate ต่างมีผลต่อเนื้อสัมผัสของครีมคอทเทจชีส โดยที่ครีมคอทเทจชีสที่ปราศจาก potassium sorbate ที่อายุการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ ยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบแต่หลังจากนั้นการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัสของผู้ทดสอบจะน้อยลง ครีมคอทเทจชีสที่อายุ 4 สัปดาห์ ผู้ทดสอบจะไม่ยอมรับตัวอย่างของครีมคอทเทจชีสเหล่านี้ แต่ถ้าใช้ potassium sorbate เป็นสารยังยั้งการเจริญของจุลินทรีย์แม้เวลาเก็บรักษาผ่านไป 3-4 สัปดาห์ ผู้ทดสอบยังคงยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัส ทั้งนี้เพราะ potassium sorbate ลดการย่อยสลายโปรตีน (proteolytic activity) ของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียได้ กล่าวคือ มีปริมาณจุลินทรีย์น้อยลง ทำให้การย่อยสลายของโปรตีนน้อยลงตาม

การยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ ครีมคอทเทจชีสที่ปราศจาก potassium sorbate หากเก็บไว้เป็นเวลามากกว่า 3 สัปดาห์ ผู้ทดสอบจะไม่ยอมรับเนื่องจาก cottage