บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 วิเคราะห์และตรวจสอบคุณภาพของนมสดยูเอชทีรสจืดที่หมดอายุการจำหน่าย

จากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและวิเคราะห์นมสดยูเอชทีรสจืดที่หมดอายุการจำหน่าย ซึ่งเป็นนมที่ทางผู้ผลิตเก็บกลับคืนจากท้องตลาดก่อนที่จะถึงวันหมดอายุตามที่ระบุไว้บนกล่องประมาณ 3-2 เดือน ซึ่งขึ้นกับสภาพทางการตลาด โดยดูจากกลไกของตลาดว่านมที่วางขายใน lot นั้นมีการจำหน่ายออกไปได้เร็วหรือช้าเพียงใด และจากการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 เดือน พบว่าในช่วง 3 เดือนแรกของการเก็บนมยูเอชทีจะยังคงมีลักษณะทางกายภาพและทางจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2521) คือ มีลักษณะปรากฏเป็นเนื้อเดียวกันไม่มีลิ่มนมและไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งตามมาตรฐานกำหนดว่านมยูเอชที 1 มิลลิลิตรต้องมีเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกิน 10 โคโลนี และการทดสอบนมยูเอชทีเบื้องต้นด้วยแอลกอฮอล์ 68 % ให้ผลเป็นลบ แต่นับจากเดือนที่ 4 ของการเก็บนมยูเอชที ลักษณะทางกายภาพของนมยูเอชทีจะเริ่มเปลี่ยนแปลง โดยลักษณะปรากฏจะเริ่มมีลิ่มนมเล็ก ๆ ลอยที่บริเวณผิวหน้า เนื่องจากเคซีนไมเซลล์สูญเสียความคงตัวของระบบ colloidal ทำให้เกิดเป็นร่างแห 3 มิติ (three-dimensional network) ที่สานตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบทำให้เกิดลิ่มนมโดยการ coagulation ขึ้นมา ซึ่งมีลักษณะนิ่มและไม่หดตัว เมื่อเกิดขึ้นใหม่ ๆ สามารถทำให้หายไปได้โดยการกวนให้ผสมกันใหม่ เพราะอนุภาคเคซีนมีการเกาะกันอย่างหลวม ๆ แต่เมื่อเวลาเก็บนานขึ้นลิ่มนมที่เกิดจะรวมตัวกันตกตะกอนลงมา (ทองยศ อเนกะเวียง, 2527 และ Venkatachalam et al., 1993) และให้ผลการทดสอบกับแอลกอฮอล์ 68 % เป็นบวก สำหรับการเปลี่ยนสี และ pH ของนมยูเอชที (ตารางที่ 4.2-4.3 และรูปที่ 4.1-4.2) พบว่าค่าความสว่าง (L) จะลดลงส่วนค่าสีเหลือง (b) จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Maillard reaction) ระหว่างหมู่ carbonyl ของ lactose กับ ε- amino group ของ lysine residues ทำให้เกิดสารประกอบสีน้ำตาล (melanoidin) ในนมยูเอชทีและจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ นอกจากนี้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลยังมีผลต่อ pH ของนมยูเอชทีเนื่องจาก lactose มีการปลดปล่อย proton (H^+) ออกมาในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาทำให้ pH ของนมยูเอชทีลดลง (Manji et al. 1986; Burton, 1988 ; Venkatachalam et al, 1993) ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นของนมยูเอชที

พบว่า กลิ่นหอมของนมปกติหรือกลิ่น creamy taste ที่คล้ายกับกลิ่นนมพาสเจอไรส์จะหายไปเมื่ออายุการเก็บนานขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเกิดการพัฒนาของกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ในระหว่างการเก็บ ซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติในนมยูเอชทีคือ กลิ่นของ oxidative rancidity หรือกลิ่น cardboard และกลิ่นผิดปกตินี้จะเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บ (Ashton, 1970 ; Burton, 1988) สำหรับการแยกชั้นของไขมันจะเกิดเมื่อมีการตกตะกอนเกิดขึ้นและเกิดมากเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน อาจเป็นเพราะความหนืดของนมลดลงทำให้อนุภาคไขมันเคลื่อนที่ได้อิสระจึงช่วยให้เกิดการแยกชั้นของไขมันได้ง่าย (Ramsey and Swartzel, 1984) ดังนั้นจากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและวิเคราะห์นมสดยูเอชทีที่หมดอายุการจำหน่ายจึงเลือกนมยูเอชทีหลังหมดอายุการจำหน่ายหรือก่อนที่จะถึงวันหมดอายุตามที่ระบุไว้บนกล่อง 3-1 เดือน มาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป จากการงานวิจัยของ หทัยรัตน์ สังข์สมบูรณ์ (2536) ได้ศึกษาการทำเนยแข็งเชดดาร์จากนมยูเอชทีที่หมดอายุและน้ำนมถั่วเหลืองด้วยหัวเชื้อแลคติกส์ ในการตรวจสอบคุณภาพของนมยูเอชที พบว่านมยูเอชทีหลังหมดอายุการจำหน่ายไม่เกิน 5 เดือน สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเนยแข็งได้ ซึ่งผลที่ได้ขัดแย้งกับงานวิจัยที่ได้ทำไป เนื่องมาจากวิธีที่ใช้ในการเตรียมลิ่มนม และขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน จึงทำให้อายุของนมยูเอชทีที่เหมาะสมไปใช้ในการศึกษาแตกต่างกันด้วย

5.2 ศึกษาหา pH ที่เหมาะสมในการทำให้นมยูเอชทีจับตัวเป็นก้อนลิ่ม

จากการศึกษาหา pH ที่เหมาะสมในการทำให้นมจับตัวเป็นก้อนลิ่ม โดยเตรียมลิ่มนมตามขั้นตอนที่ระบุในข้อ 3.2.2 และแปรระดับ pH เป็น 4 ระดับคือ 4.7, 5.0, 5.3 และ 5.6 พบว่าตัวอย่างลิ่มนมที่ปรับ pH นมก่อนเติมเรนเนทที่ pH 5.0 มีค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีนที่ต้องการ recover สูงที่สุด ส่วนค่าเฉลี่ย % ความชื้น พบว่าตัวอย่างลิ่มนมที่ปรับ pH นมก่อนเติมเรนเนทที่ pH 4.7 ให้ค่าเฉลี่ย % ความชื้นต่ำที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกับตัวอย่างลิ่มนมที่ปรับ pH เป็น 5.0 ($p>0.05$) เนื่องจากเคซีนในสภาวะที่มี calcium chloride อยู่ด้วยไม่สามารถคงตัวอยู่ในน้ำนมได้จึงทำให้เกิดการตกตะกอนลงมา ซึ่งการตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับ salt balance ในน้ำนม เมื่อ pH เปลี่ยนแปลงไปจนถึง pH 5.0 เคซีนจะเริ่มตกตะกอน แม้ว่า pH ยังไม่ถึงจุด isoelectric ของเคซีนก็ตาม (Scott, 1981 ; Dalgleish and Law, 1988) และที่ pH 5.0 จะทำให้ Ca^{++} ถูกปลดปล่อยออกมาได้ง่ายซึ่งไปเพิ่มการทำงานให้กับเรนเนท จึงทำให้ลิ่มนมที่ได้จับตัวกันดี และสามารถแยกเวย์ออกได้มาก เป็นผลให้มีเวย์เหลืออยู่ในลิ่มนมน้อย ตัวอย่างลิ่มนมที่ปรับ pH เป็น 5.0

ก่อนเติมเรนเนทจึงมี % ความชื้นต่ำ แต่ถ้านมมีความเป็นกรดสูง (pH 4.7) ในขณะที่มี calcium chloride อยู่ด้วยจะทำให้มีเรนเนทเหลืออยู่ในลิ่มนม ซึ่งไปย่อยพันธะเปปไทด์ของ κ- casein ตรงตำแหน่งปลายสุดของพันธะที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน เช่น Leu-Gly-Leu-Leu-Tyr, Ala-Trp-Phe-Lys-Arg หรือ Phe-Phe-Val-Ala-Pro ทำให้อาจผลิต peptone ออกมาเป็นผลให้เกิดรสขมในลิ่มนมได้ (Scott, 1981 ; พิษณุ วิเชียรสรรค์, 2533) ดังนั้นจึงเลือกการปรับ pH ที่ 5.0 เป็นสภาวะสำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป

5.3 ศึกษาหาชนิดกรดที่เหมาะสมในการทำให้นมยูเอชทีจับตัวเป็นก้อนลิ่ม

จากการศึกษาชนิดกรดที่เหมาะสมในการทำให้นมยูเอชทีจับตัวเป็นก้อนลิ่ม (ตารางที่ 4.6-4.7) พบว่า ตัวอย่างลิ่มนมที่ปรับ pH ด้วยกรดอะซิติกมี % ความชื้นต่ำที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับตัวอย่างลิ่มนมที่ปรับ pH ด้วยกรดแลคติก ทำให้ลิ่มนมที่ได้มีผิวหน้าเรียบ จับตัวกันดี และมีเวย์ติดมากับลิ่มนมน้อย ส่วนตัวอย่างที่ปรับ pH ด้วยกรดซิตริกมี % ความชื้นสูงที่สุด จึงทำให้ลิ่มนมที่ได้มีเวย์ติดมามาก เนื่องจากในโครงสร้างของกรดซิตริกมีหมู่ carboxyl (COO^-) ,มากกว่ากรดชนิดอื่น ซึ่งออกซิเจนที่อยู่ในหมู่ carboxyl จะมีประจุลบสูงจึงสามารถจับกับ proton (H^+) ของน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจนได้ดี ทำให้กรดซิตริกมี water binding capacity สูงกว่ากรดชนิดอื่น ส่งผลให้ตัวอย่างลิ่มนมที่ได้มี % ความชื้นสูง (Damodaran, 1996) และพบว่า ชนิดกรดที่ใช้ในการปรับ pH ไม่มีผลต่อปริมาณลิ่มนม ($p>0.05$) โดยที่ตัวอย่างลิ่มนมที่ปรับ pH ด้วยกรดซิตริกให้ปริมาณลิ่มนมมากที่สุด สำหรับปริมาณโปรตีนพบว่า ชนิดกรดมีผลต่อปริมาณโปรตีน โดยตัวอย่างลิ่มนมที่ปรับ pH ด้วยกรดอะซิติกมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับตัวอย่างลิ่มนมที่ปรับ pH ด้วยกรดแลคติก ($p>0.05$) ส่วนตัวอย่างลิ่มนมที่ปรับ pH ด้วยกรดซิตริกมีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก proton (H^+) จากกรดที่มีมากกว่ากรดชนิดอื่นไป protonate NH_3^+ groups ของโปรตีน ทำให้โปรตีนมีประจุรวม (net charge) เป็นบวก และไม่มี attractive force ระหว่างโมเลกุลโปรตีน เป็นผลให้โปรตีนสามารถละลายได้มากขึ้นจึงไม่รวมตัวกันตกตะกอนลงมา (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2534) ดังนั้นจากผลการพิจารณา % ความชื้น ปริมาณโปรตีน และลักษณะลิ่มนม เมื่อนำมาประเมินแล้วเลือกสภาวะที่ดีที่สุดคือ ตัวอย่างลิ่มนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดอะซิติก เพราะให้ผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างจากการใช้กรดแลคติกในการปรับ pH ($p>0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบราคากับปริมาณที่ใช้พบว่ากรดอะซิติกจะมีราคาถูกกว่ากรดแลคติกมาก จึงตัดสินเลือกกรดอะซิติกสำหรับใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

5.4 ศึกษาหาปริมาณ calcium chloride และเรนเนทที่เหมาะสมในการ recover โปรตีนจากนมยูเอชที

จากการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ calcium chloride และเรนเนท (ตารางที่ 4.8-4.11) โดยแปรปริมาณ calcium chloride เป็น 3 ระดับ คือ 0, 100, 200 ppm. และแปรปริมาณเรนเนทเป็น 3 ระดับ คือ 25, 50 และ 75 ppm. พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ calcium chloride และเรนเนท (AB) ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ย % ความชื้น ปริมาณลิ่มนม และปริมาณโปรตีน ($p>0.05$) แสดงว่าปัจจัยทั้งสองเป็นอิสระต่อกัน แต่อิทธิพลของปริมาณเรนเนท (B) (ตารางที่ 4.10) มีผลต่อค่าเฉลี่ย % ความชื้น ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า ตัวอย่างลิ่มนมที่ได้จากการใช้ปริมาณเรนเนท 25 ppm. มีค่าเฉลี่ย % ความชื้นสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากนมยูเอชทีเป็นนมที่ผ่านความร้อนมาแล้ว ซึ่ง whey protein โดยเฉพาะ β-lactoglobulin จะเกิดการเสียสภาพและทำปฏิกิริยากับ κ-casein เป็นผลให้เรนเนทไปย่อยพันธะ Phe_{105}-Met_{106} ของ κ-casein ได้ช้าลงจึงส่งผลต่อ primary (enzymatic) stage ของการตกตะกอนด้วยเรนเนท และทำให้เกิด hysteresis เป็นผลให้ลิ่มนมอุ้มน้ำไว้มาก (Harwalkar, 1982 ; Imafidon and Farkye, 1993) ยิ่งถ้าใช้ปริมาณเรนเนทน้อยจะทำให้มีเรนเนทไม่เพียงพอในการย่อยพันธะเปปไทด์ของ κ-casein ในนมยูเอชที (Harwalkar, 1982) แม้ว่าจะมีการเติม calcium chloride ในปริมาณมากแต่ Ca^{++} ที่ได้จาก calcium chloride ไม่มีผลต่อปฏิกิริยา enzymatic เพราะเกิดการเคลื่อนย้ายสมดุลของ Ca^{++} ออกจาก whey protein ซึ่งการลดลงของ Ca^{++} นี้ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาsecondary (non-enzymatic) (Imafidon and Farkye, 1993 ; Lucey and Fox, 1993) เป็นผลให้ลิ่มนมที่ได้มีลักษณะอ่อนนิ่ม (weak curd) และจากสมมุติฐานของ Hostettler กล่าวว่า การเกิดเจลระหว่าง whey protein และ κ-casein เป็นการเกิดเจลที่ link กันไม่สมบูรณ์หรือเป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ (reversible interaction) ซึ่งมีผลให้ลิ่มนมจับตัวกันหลวม ๆ (Harwalkar, 1982)

สำหรับปริมาณลิ่มนมพบว่า ปริมาณ calcium chloride (A) (ตารางที่ 4.11) มีผลต่อปริมาณลิ่มนม ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างลิ่มนมที่ได้จากการใช้ calcium chloride 200 ppm. มีค่าเฉลี่ยปริมาณลิ่มนมสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกับตัวอย่างลิ่มนมที่ใช้ calcium chloride 100 ppm. เนื่องจาก Ca^{++} มีผลต่อ secondary (non-enzymatic) stage โดย Ca^{++} จะไป neutralize ประจุลบบน para-casein micelles ทำให้ surface charge ของ para-casein micelles ลดลงเป็นผลให้เคซีนรวมตัวกันเพิ่มขึ้น จึงทำให้ได้ปริมาณลิ่มนมมาก (Imafidon and Farkye, 1993 ; Lucey and Fox, 1993) ดังนั้นจึงตัดสินเลือกใช้ปริมาณ calcium chloride และ

เรนเนท 200 ppm.และ 50 ppm.ตามลำดับ เป็นสภาวะในการศึกษาขั้นต่อไป เพื่อลดการใช้ปริมาณเรนเนทเพราะการใช้เรนเนทปริมาณมากอาจทำให้เกิดความขม (bitterness) ในลิ่มนมได้ (Schafer and Olson, 1975) อีกทั้งปริมาณโปรตีนและลักษณะปรากฏของลิ่มนมก็ไม่แตกต่างกับที่ปริมาณเรนเนท 75 ppm.

5.5 ศึกษาผลของปริมาณ emulsifying salt ที่เหมาะสมในการผลิตโพรเซสชีสสเปรด

จากการศึกษาการผลิตโพรเซสชีสสเปรดจากลิ่มนมที่แยกได้โดยใช้ guar gum เป็นสาร stabilizer ซึ่งจากรายงานของ Hanna and Nader (1996) ได้ศึกษาการผลิตโพรเซสชีสสเปรดจาก Iraqi white soft cheese โดยใช้ guar gum 0.08 % เป็น stabilizer และเติมน้ำ 15-25 % ดังนั้นในการผลิตจึงได้ใช้ guar gum 0.08 % ของน้ำหนักลิ่มนม ส่วนปริมาณน้ำที่เหมาะสมได้ทดลองศึกษาเบื้องต้นแล้วพบว่า ปริมาณน้ำที่เหมาะสมคือ 15 % ของน้ำหนักลิ่มนม

สำหรับการศึกษาปริมาณ disodium phosphate ที่ใช้เป็น emulsifying salt ในการผลิตโพรเซสชีสสเปรดโดยแปรปริมาณที่ใช้เป็น 4 ระดับ คือ 1, 2, 3 และ 4 % ของน้ำหนักลิ่มนม และปรับ pH ของผลิตภัณฑ์เป็น 5.5 $\pm$ 0.03 ทั้งนี้เนื่องจาก disodium phosphate มีสมบัติการเป็น buffer ที่ pH 5.5-7.5 ซึ่ง pH มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงร่างของโปรตีน การละลายของโปรตีน และมีผลต่อประสิทธิภาพของ emulsifying salt ในการแยก calcium ออกจากระบบของโปรตีน (Shimp, 1985) จากผลการทดลอง (ตารางที่ 4.12-4.13) พบว่า ปริมาณ disodium phosphate ที่ใช้มีผลต่อค่าเฉลี่ย % ความชื้น และค่าเฉลี่ยปริมาณเกลือ โดยตัวอย่างที่เติม disodium phosphate 3 และ 4 % ของน้ำหนักลิ่มนม มี % ความชื้นต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจาก disodium phosphate มีความสามารถในการจับกับ calcium ได้มาก ยิ่งถ้าใช้ปริมาณมากโอกาสที่จะไปเพิ่มลักษณะ hydrophilic ให้กับโปรตีน เพื่อให้โปรตีนดูดซับน้ำเข้าไปในโมเลกุลทำให้เกิดการพองตัวมีขนาดใหญ่ก็เพิ่มขึ้นด้วย เป็นผลให้ colloidal mass มีความหนืดสูงขึ้นและมี % ความชื้นต่ำ (Caric, 1992) นอกจากนี้ยังเพิ่มความสามารถในการเป็น emulsifying ของ cheese protein โดย disodium phosphate จะไปแยก calcium ion ใน Ca-paracaseinate complex ออกจากระบบของโปรตีน โดยการแลกเปลี่ยนไอออน กลายเป็น Na-paracaseinate ทำให้โปรตีนสามารถละลายน้ำได้มากขึ้น (Nath, 1992)

ผลการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 4.14-4.15 และ รูปที่ 4.3) พบว่า ปริมาณ disodium phosphate ที่ใช้มีผลต่อค่าเฉลี่ย force (แรงที่ใช้ในการแผ่กระจายตัวอย่าง) ค่า softness และ ค่า adhesiveness โดยตัวอย่างที่เติม disodium phosphate 4 % ของน้ำหนักลิ่มนม มีค่าเฉลี่ย force, ค่า softness และ ค่า adhesiveness สูงที่สุด แต่มีค่าเฉลี่ย softness ไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่เติม disodium phosphate 3 % ของน้ำหนักลิ่มนม ซึ่งจะส่งผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้าน เนื้อสัมผัส ความสามารถในการแผ่กระจาย และความชอบรวม โดยผู้ทดสอบมีความเห็นว่าตัวอย่างที่เติม disodium phosphate 4 % มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียวหนืด (sticky) กว่าตัวอย่างที่เติม disodium phosphate 3 % ซึ่งอาจเป็นผลมาจากค่า adhesiveness ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า โดย adhesiveness เป็นการยึดติดกันของอาหาร ยิ่งถ้าค่า adhesiveness สูงแสดงว่าต้องใช้แรงในการดึงตัวอย่างให้แยกออกจากกันมาก (Szczesniak, 1962) จึงทำให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวมของตัวอย่างที่เติม disodium phosphate 4 % น้อยกว่าตัวอย่างที่เติม disodium phosphate 3 %

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.16-4.17) พบว่าปริมาณ disodium phosphate ที่ใช้ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านสี ซึ่งผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับผลจากเครื่องวัดสี (ตารางที่ 4.12) รวมทั้งไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ ($p>0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ความสามารถในการแผ่กระจาย และความชอบรวม ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบมีความเห็นว่าตัวอย่างที่เติม disodium phosphate 3 และ 4 % ของน้ำหนักลิ่มนม มีลักษณะปรากฏผิวหน้าเรียบเนียน แต่ภายในมีฟองอากาศเล็กน้อย และมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่หนืดพอดี แต่ความสามารถในการแผ่กระจาย มีคะแนนน้อยกว่าตัวอย่างที่เติม disodium phosphate 1 และ 2 % ของน้ำหนักลิ่มนม อาจเนื่องมาจาก phosphate มีสมบัติการเป็น melt resistance ยิ่งถ้าใช้ปริมาณมากสมบัติการเป็น melt resistance ก็เพิ่มมากขึ้นด้วย (Aizawa and Yoneda, 1990) จึงทำให้ผู้ทดสอบป้ายทาตัวอย่างบนขนมปังกรอบได้ไม่ดี แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัด Texture กับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (รูปที่ 4.4) (โพรเซสครีมชีส ของ บริษัท พรีเมียร์แดรี่ฟูดส์ จำกัด) พบว่า ตัวอย่างที่เติม disodium phosphate 3 และ 4 % ของน้ำหนักลิ่มนม มีลักษณะเส้นกราฟสอดคล้องกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยมีค่าเฉลี่ย force, ค่า softness และ ค่า adhesiveness สูง ส่วนตัวอย่างที่เติม

disodium phosphate 1 และ 2 % ของน้ำหนักลิ่มนม จะมีค่าเฉลี่ย force , ค่า softness และ ค่า adhesiveness ต่ำมาก แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่เติม disodium phosphate 1 และ 2 % ของน้ำหนักลิ่มนม มีเนื้อสัมผัสที่ไม่เหมาะกับลักษณะของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสสเปรด และจากกราฟการวัดเนื้อสัมผัสของตัวอย่างที่ผลิตได้กับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (รูปที่ 4.3-4.4) พบว่า ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีค่า force softness และ adhesiveness สูงกว่าตัวอย่างที่ผลิตได้ และมีลักษณะหนืดมาก ซึ่งจากรูปที่ 4.4 พบว่า พื้นที่เหนือกราฟ (negative region) ของผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีพื้นที่มากกว่าในรูปที่ 4.3 (ตัวอย่างที่ผลิตได้จากงานวิจัย) โดยดูจากค่า adhesiveness ที่มีค่าสูงแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีการจับยึดติดกันภายในเนื้อสัมผัสของตัวอย่างดีกว่าตัวอย่างที่ผลิตได้ซึ่งมีลักษณะหนืดน้อยกว่า

ตัวอย่างที่ได้จากการเติม disodium phosphate 3 % ของน้ำหนักลิ่มนม มีคะแนนความชอบรวมและคะแนนเฉลี่ยด้านสี รสชาติ สูงกว่าตัวอย่างที่เติม disodium phosphate 4 % ของน้ำหนักลิ่มนม ซึ่งผลคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติยืนยันได้จากผลการหาปริมาณเกลือ (ตารางที่ 4.12) ในตัวอย่างโดยพบว่า ตัวอย่างที่เติม disodium phosphate 4 % ของน้ำหนักลิ่มนม มีปริมาณเกลือ (% NaCl) สูงที่สุด และผู้ทดสอบมีความเห็นว่าตัวอย่างที่เติม disodium phosphate 4 % ของน้ำหนักลิ่มนม มีรสขมและรสเค็มผิดปกติเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องมาจากสมบัติของ phosphate ที่ทำให้เกิด off flavor เช่น soapiness และ รสขม (bitterness) เมื่อใช้ปริมาณมากขึ้น (Fox et al., 1996) ดังนั้นจากเกณฑ์คุณภาพทางกายภาพและคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านเมื่อนำมาประเมินแล้วจึงเลือกตัวอย่างที่ได้จากการเติม disodium phosphate 3 % ของน้ำหนักลิ่มนม แม้จะมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน ความสามารถในการแผ่กระจายไม่สูงที่สุด ซึ่งเป็นสมบัติที่มีความสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสสเปรด แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง คือ 7.74 จากคะแนนเต็ม 10 จึงเลือกสภาวะนี้สำหรับในการศึกษาขั้นต่อไป

5.6 ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ ประสาทสัมผัส จุลชีววิทยา ของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสสเปรด

นำตัวอย่างที่พัฒนาขึ้นได้และมีสมบัติด้านต่าง ๆ ที่เหมาะสมที่สุดดังอธิบายมาแล้ว มาเติม potassium sorbate ในปริมาณ 1000 ppm. และเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในขวดแก้วปากกว้างที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วปิดฝา ที่อุณหภูมิประมาณ 10 $\pm$ 2 ^{0}C สุ่มตรวจคุณภาพตัวอย่างเริ่มต้นและหลังจากนั้นทุก 1 สัปดาห์ โดยตรวจสอบคุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

- ผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณเกลือ ปริมาณไขมัน และค่าสี (L, a, b)

ผลการวิเคราะห์ (ตารางที่ 4.18-4.19) พบว่า ระยะเวลาเก็บไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยปริมาณเกลือ (%NaCl) และปริมาณไขมัน ($p>0.05$) แต่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) ของผลิตภัณฑ์ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าตัวอย่างที่มีอายุเก็บ 7-8 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงที่สุด ทั้งนี้อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงระบบของ colloidal ในโครงสร้างของโพรเซสชีสสเปรด จึงทำให้เกิดการแยกชั้นของน้ำซึ่งพบว่าที่ผิวหน้าของตัวอย่างมีลักษณะเปียกชื้น หรืออาจเป็นผลมาจากการเกิด creaming มากเกินไป จึงทำให้ไขมันกับน้ำเกิดการแยกชั้นกัน เนื่องจาก cheese protein สูญเสียความสามารถในการเป็น emulsifying (Caric and Kalab, 1987 ; Gouda, 1993) ซึ่งจะพบว่ามีการแยกชั้นของไขมันเกิดขึ้นที่บริเวณผิวหน้าของตัวอย่าง

ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยสีของผลิตภัณฑ์ พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L) มีแนวโน้มลดลงในขณะที่ค่าสีเหลือง (b) มีการเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (non-enzymatic browning) ระหว่างหมู่ carbonyl ของ lactose กับ ε-amino group ของ lysine residues จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลก็ยังดำเนินได้ต่อไป เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสสเปรดจะเกิดขึ้นเร็วมาก เนื่องจากต้องใช้อุณหภูมิสูงและเวลาในการผลิตนาน (Caric and Kalab, 1987)

- ผลต่อการวัดเนื้อสัมผัส

จากการวัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.20-4.21 และรูปที่4.4-4.5) พบว่าระยะเวลาเก็บมีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ย force (แรงที่ใช้ในการแผ่กระจายตัวอย่าง), ค่า softness และค่า adhesiveness ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่า force, ค่า softness และค่า adhesiveness มีแนวโน้มลดลง ซึ่งจะส่งผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตัวอย่างเกิดการแยกชั้นของน้ำ จึงส่งผลให้ตัวอย่างมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มเกินไป (too soft) และมีการจับยึดติดกันภายในเนื้อสัมผัสไม่ดี ซึ่งพบว่าค่า adhesiveness จะต่ำลงเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น จึงทำให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวมของตัวอย่างที่ระยะเวลาเก็บ 6 สัปดาห์ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เริ่มเก็บรักษา

- ผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัสหรือความรู้สึกภายในปาก ความสามารถในการแผ่กระจาย และความชอบรวม (ตารางที่ 4.22-4.23) พบว่า ระยะเวลาเก็บไม่มีอิทธิพลต่อคะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี และความสามารถในการแผ่กระจาย ($p>0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าในช่วงระยะเวลาเก็บ 1-3 สัปดาห์ตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัส ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ก่อนการเก็บรักษา ส่วนความชอบรวม พบว่า ในช่วงระยะเวลาเก็บ 1-2 สัปดาห์ ตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ก่อนการเก็บรักษา และในสัปดาห์ที่ 3 คะแนนเฉลี่ยจะเริ่มลดลง โดยที่ระยะเวลาเก็บ 6 สัปดาห์มีคะแนนเฉลี่ยลดลงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบมีความเห็นว่าตัวอย่างที่ระยะเวลาเก็บ 6 สัปดาห์ มีรสเปรี้ยวมากและขมผิดปกติ เนื่องจากอาจเกิดการปนเปื้อนได้ในระหว่างนำตัวอย่างไปกำจัดฟองอากาศเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้ Vacuum oven เพราะต้องเปิดฝาภาชนะบรรจุอีกครั้งจึงมีโอกาสที่จุลินทรีย์จะลงไปปนเปื้อนได้ และอาจไปย่อยโปรตีนในนมให้เป็น peptides หลายชนิดมีผลทำให้เกิดรสขมในผลิตภัณฑ์ โดยการย่อยจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 10 ^{o}C (Frazier and Westhoff, 1988) จากตารางที่ 4.22 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมที่ได้ พบว่าอยู่ในช่วงคะแนน 7.52-8.40 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ทดสอบมีความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ถึงแม้ว่าอายุการเก็บรักษาจะนานถึง 6 สัปดาห์ หลังจากสัปดาห์ที่ 6 ไม่ได้มีการทดสอบทางประสาทสัมผัส เนื่องจากตรวจพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มากกว่า 300 โคโลนี / กรัม ซึ่งมาตรฐานปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสสเปรดไม่มีการกำหนดไว้แน่นอน เพียงแต่อ้างอิงมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ pasteurized soft cheese ที่กำหนดไว้ คือ ปริมาณ coliform bacteria ที่ไม่ก่อให้เกิดโรค (ผลการทดลอบเอนไซม์ phosphatase เป็นลบ) น้อยกว่า 100 โคโลนี / กรัม (Goursaud, 1996) ดังนั้นถ้ามีปริมาณจุลินทรีย์สูงโอกาสที่ผลิตภัณฑ์จะเกิดการเสื่อมเสียหรือปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ก็มีมาก

- ผลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

จากการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสสเปรด ที่เตรียมโดยการเติม potassium sorbate (1000 ppm.) เป็นสารกันเสีย

ซึ่ง FAO/WHO กำหนดให้ใช้เกลือของกรด sorbic (potassium sorbate)1000 ppm. สำหรับเป็นสารกันเสียในเนยแข็ง (Scott, 1981) และเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 10 $\pm$ 2 ^{o}C เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออายุการเก็บมากขึ้น โดยเริ่มตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์มากกว่า 300 โคโลนี / กรัม ที่ระยะเวลาเก็บ 7 สัปดาห์ ส่วนปริมาณยีสต์และราตรวจไม่พบตลอดระยะเวลาเก็บ 8 สัปดาห์ เนื่องจาก potassium sorbate สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะยีสต์และราได้ดี ซึ่งจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ dehydrogenase ทำให้สามารถลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ลงได้ นอกจากนี้ในขั้นตอนการผลิตได้มีการเติมเกลือลงไปด้วย ซึ่งไปเสริมประสิทธิภาพในลักษณะที่เป็น synergistic ซึ่งกันและกันจึงช่วยให้ผลการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของ potassium sorbate เพิ่มขึ้น (Sofos and Busta, 1981)

5.7 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสสเปรด

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.25 พบว่า มีปริมาณความชื้น 58.65 % โปรตีน 10.95 % ไขมัน 2.92 % เถ้า 4.13 % และ คาร์โบไฮเดรต 23.35 % Muir et al. (1997) รายงานว่า ผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสสเปรดมีองค์ประกอบดังนี้ ความชื้น 56.6 % โปรตีน 9.9 % ไขมัน 22.4 % คาร์โบไฮเดรต 7.7 % และเถ้า 3.4 % จะเห็นว่ามีปริมาณความชื้นและโปรตีน ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ได้ ส่วนปริมาณไขมันพบว่า มีปริมาณมากกว่าเนื่องจากในการผลิตโพรเซสชีสสเปรดทั่วไปจะทำจากเนยแข็งชนิดเดียว เช่น Cheddar cheese หรือเนยแข็งหลายชนิดรวมกัน ซึ่งเนยแข็งเหล่านี้มีปริมาณไขมันระหว่าง 20-50 % (Nuath, Hynes and Harris, 1992) ดังนั้นจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากงานวิจัย ซึ่งผลิตจากลิ่มนมที่แยกได้จากนมยูเอชที อีกทั้งในการวิเคราะห์ปริมาณไขมันใช้วิธี Soxhlet ซึ่งไขมันอาจถูกสกัดออกไม่ได้หมด เพราะนมยูเอชทีเป็นนมที่ผ่านการโฮโมจิไนซ์มาแล้ว ไขมันจะแตกตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ และสามารถจับตัวกับโปรตีนได้แน่นยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงควรหาวิธีอื่นมาใช้ในการสกัดไขมัน อาทิเช่น Rose-Gottlieb method ซึ่งวิธีนี้มีการ treat ตัวอย่างด้วยกรดไฮโดรคลอริกก่อนนำไปสกัด เพื่อทำลายพันธะระหว่างโปรตีนกับไขมัน จึงจะสามารถสกัดไขมันออกจากตัวอย่างได้หมด (Marshall, 1992)