บทที่ 5

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

5.1 ผลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อคุณภาพคัสตาร์ดชนิดอบ

5.1.1 ผลของการให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมคืนรูป, pH ของส่วนผสมและอุณหภูมิสุดท้ายของการอบที่มีต่อคุณภาพคัสตาร์ดชนิดอบ

ในการทดลองนี้ ศึกษาเพื่อหาสภาวะในการผลิตที่เหมาะสม โดยในขณะที่อบส่วนผสมคัสตาร์ด โปรตีนจากไข่จะเกิดการแปรสภาพธรรมชาติ ทำให้เกิด unfolded polypeptide แล้ว polypeptide เหล่านี้จะมาจับตัวกันคล้ายวุ้นโดย interaction ต่าง ๆ เช่น พันธะไฮโดรเจน, ไดซัลไฟด์, ไฮโดรฟอบิค หรือ combination ของพันธะเหล่านี้ (34, 35, 36) อุณหภูมิเริ่มต้นที่จับตัวกันคล้ายวุ้น (initial gelation) จะแตกต่างกันขึ้นกับอัตราส่วนของส่วนประกอบ, อัตราการให้ความร้อน, pH ของส่วนผสมและคุณภาพของไข่ ดังนั้นจึงไม่สามารถกำหนดอุณหภูมิสุดท้ายของการอบที่ตายตัวลงไปได้ (11) แต่สามารถกำหนดอุณหภูมิสุดท้ายที่ห่างจาก initial gelation ได้ ซึ่งในการศึกษานี้ได้กำหนดให้นำคัสตาร์ดออกจากตู้อบเมื่ออุณหภูมิสุดท้ายของการอบสูงจาก initial gelation 3 และ 5°ซ. ดังนั้นจะสามารถหาเวลาที่ใช้ในการอบได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในขณะอบคัสตาร์ด ผลในรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า การให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมคืนรูปที่ 85°ซ. 30 นาที ไม่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในอบเมื่อเปรียบเทียบการไม่ให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมคืนรูป ทั้งนี้เพราะว่า การให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมคืนรูปที่ 85°ซ. 30 นาที จะไม่ทำให้ pH ของน้ำนมและ pH ของส่วนผสมเปลี่ยนแปลง ดังผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.2 ดังนั้นอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจล, อุณหภูมิสุดท้ายของการอบและเวลาที่ใช้ในการอบจึงเท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่า pH ของส่วนผสมที่ต่างกัน ทำให้อุณหภูมิเริ่มต้นในการเกิดเจล, อุณหภูมิสุดท้ายและเวลาที่ใช้ในการอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่าง pH ของส่วนผสมกับอุณหภูมิสุดท้ายของการอบ กล่าวคืออิทธิพลร่วมนี้มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการอบคัสตาร์ด ดังรูปที่ 4.3 พบว่าจะใช้เวลาอบสั้น โดยใช้เวลาในการอบเฉลี่ย

44.1-44.8 นาที เมื่อ pH ของส่วนผสมศัลตารัดอยู่ในช่วง 6.9-7.1 และอบส่วนผสมศัลตารัดให้มีอุณหภูมิสุดท้ายของการอบสูงจาก initial gelation 3°ซ. จะใช้เวลาในการอบปานกลาง โดยใช้เวลาเฉลี่ย 50.7-51.7 นาที เมื่อ pH ของส่วนผสมศัลตารัดอยู่ในช่วง 6.9-7.1 และอบส่วนผสมศัลตารัด ให้มีอุณหภูมิสุดท้ายของการอบสูงจาก initial gelation 5°ซ. จะใช้เวลาในการอบนาน 53.5 นาที เมื่อ pH ส่วนผสมเป็น 7.3 และอบส่วนผสมให้มีอุณหภูมิสุดท้ายของการอบสูงจาก initial gelation 3°ซ. และจะใช้เวลาในการอบเฉลี่ยนานถึง 57.9 นาที เมื่อ pH ของส่วนผสมเพิ่มขึ้นเป็น 7.3 และอบส่วนผสมให้มีอุณหภูมิสุดท้ายของการอบสูงจาก initial gelation 5°ซ. เหตุผลเพราะว่าเมื่อไข่มีอายุมากขึ้น pH ของไข่จะเป็นด่างมากขึ้น และความหนืดของไข่จะลดลง ดังผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.2 เมื่อนำไข่ที่มีอายุมาก (20 วัน) ผสมกับส่วนประกอบอื่น ก็จะให้ pH ของส่วนผสมสูงขึ้นเป็น 7.3 ดังผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.3 เมื่อนำส่วนผสมศัลตารัดไปอบ จากรูปที่ 4.2 พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลจะเพิ่มขึ้นจาก 78.5°ซ. เป็น 83°ซ. เมื่อกำหนดให้นำศัลตารัดออกจากตู้อบเมื่ออุณหภูมิสุดท้ายของการอบสูงจาก initial gelation 5°ซ. อุณหภูมิสุดท้ายของการอบจะเพิ่มขึ้นจาก 83 °ซ. เป็น 88°ซ. และจะใช้เวลาในการอบนานขึ้นจาก 50.7-51.7 เป็น 57.9 นาที ดังนั้นทำให้สามารถสรุปได้ว่า ถ้า pH ของส่วนผสมสูงกว่าจะเกิดเจลช้ากว่า

ในการตรวจสอบคุณภาพของศัลตารัดทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสซึ่งใช้ Hedonic Scale โดยให้คะแนน 7 = ชอบมาก และ 1 = ไม่ชอบมาก ถ้าคะแนนเฉลี่ยที่ได้มีค่าตั้งแต่ 5 ขึ้นไป ถือว่าผู้ทดสอบยอมรับคุณภาพในด้านนั้น โดยพิจารณาความแตกต่างของตัวอย่างศัลตารัดที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากรูปที่ 4.4, ตารางที่ 4.4 และ 4.5 จะเห็นได้ว่า

1. เมื่อพิจารณาความนุ่มของผิวนอก, ความเรียบของผิวนอก, ปรากฏการณ์การแยกน้ำ ควบคู่กับการพิจารณาคุณภาพรวม พบว่าผู้ทดสอบยอมรับศัลตารัดที่ผลิตโดยใช้ pH ของส่วนผสมอยู่ในช่วง 6.9 - 7.1 และอบส่วนผสมให้มีอุณหภูมิสุดท้ายของการอบสูงจาก initial gelation 5 °ซ. ซึ่งจะใช้เวลาในการอบ 50 นาที ทั้งนี้เพราะว่าศัลตารัดที่ได้มีผิวหน้าเรียบ ลักษณะเนื้อสัมผัสดี โดยมีค่าดัชนีความแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 124.2 - 130.8 และมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลเฉลี่ย 2.2 - 2.4 เพราะว่าหากใช้เวลาในการอบน้อยกว่านี้ จะให้ศัลตารัดที่มีผิวนอกนุ่มเกินไป, ผิวหน้าย่น ลักษณะเนื้อสัมผัสไม่ดี คือ เจลมีความคงตัวไม่ดีและอมน้ำโดยมีค่าดัชนีความแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 66.2 - 69.7

ม.ม.$^{-1}$ และมีค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลเฉลี่ย 0.8-1.0 หรือถ้าอบนานขึ้นจะให้คัสตาร์ดที่มีผิวหน้าแข็ง, หน้าย่น, ลักษณะเนื้อสัมผัสไม่ดี เกิดปรากฏการณ์ syneresis มาก โดยมีค่าดัชนีความแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 97.8-108.6 ม.ม.$^{-1}$ และค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลเฉลี่ย 2.7-3.2 ดังนั้นทำให้สามารถกำหนดค่าดัชนีความแน่นเฉลี่ยต่ำสุดได้ว่าไม่ควรมีค่าต่ำกว่า 108.6 ม.ม.$^{-1}$ และเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลเฉลี่ยไม่ควรต่ำกว่า 1.0 และไม่เกิน 2.7%

2. เมื่อพิจารณาความแน่นของเนื้อสัมผัสคัสตาร์ด ในตารางที่ 4.4, 4.5 พบว่าให้ผลสอดคล้องกับข้อ 1 คือ ผู้ทดสอบยอมรับคัสตาร์ดซึ่งเตรียมจาก pH ของส่วนผสม 6.9-7.3 และอบส่วนผสมให้มีอุณหภูมิสุดท้ายของการอบสูงจากจุด initial gelation 5°ซ. ซึ่งจะใช้เวลาในการอบเฉลี่ยในช่วง 50.7-57.9 นาที และให้ค่าดัชนีความแน่นอยู่ในช่วง 108.6-130.8 ม.ม.$^{-1}$

3. ในด้านสี, กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสภายใน ในตารางที่ 4.5 พบว่า ผู้ทดสอบยอมรับคุณภาพเหล่านี้ของคัสตาร์ดที่ผลิตโดยทุกสภาวะ เมื่อนำตัวอย่างคัสตาร์ดเหล่านี้ไปวัดสีผิวนอกและสีเนื้อสัมผัสภายในของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ Munsell Disc Colorimeter ตามผลในตารางที่ 4.4 พบว่า คัสตาร์ดจะมีสีครีม (10 YR 8/6) ไม่เกิน 14 % และ 8 % ตามลำดับ ในส่วนของเนื้อสัมผัสภายใน พบว่า ผู้ทดสอบยอมรับคัสตาร์ดที่ผลิตโดยใช้ทุกสภาวะเช่นกัน เพราะว่าในการเตรียมส่วนผสมคัสตาร์ดได้มีการใช้เครื่องตีไข่ 2 ขั้นตอน คือ ตอนตีไข่ขาวและไข่แดงให้เข้ากัน และการตีส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งได้ใช้ speed ในการตีต่ำและใช้เวลาในการตีสั้น เพื่อไม่ให้เกิดฟองอากาศ ดังนั้นเนื้อสัมผัสภายในของคัสตาร์ดจึงเรียบ ไม่มีฟองอากาศ

จากการตรวจสอบค่า pH ของผลิตภัณฑ์คัสตาร์ด ในตารางที่ 4.4 พบว่า pH ของผลิตภัณฑ์คัสตาร์ดมีค่าเป็นด่างมากกว่า pH ของส่วนผสม เนื่องจากเมื่อส่วนผสมคัสตาร์ดได้รับความร้อน โปรตีนในส่วนผสมจะเกิดการแปรสภาพธรรมชาติ แล้วโปรตีนที่แปรสภาพนี้จะทำให้เกิดเจลโดยใช้พันธะต่าง ๆ เช่น พันธะไฮโดรเจน, พันธะไดซัลไฟด์ และพันธะไฮโดรฟอบิค หรือ combination ของพันธะเหล่านี้ โดยโปรตีนที่แปรสภาพนี้จะอุ้มโมเลกุลของน้ำไว้ด้วย โดย form พันธะไฮโดรเจน ดังนั้นในระบบของการเกิดเจล จะมีไฮโดรเจนไอออนเหลืออยู่ในระบบของการเกิดเจลน้อยลง pH ของเจลคัสตาร์ดจึงเป็นด่างมากกว่า pH ของส่วนผสมคัสตาร์ด

การเกิด syneresis ในคัสตารัดจะสัมพันธ์กับความแน่นของเนื้อสัมผัสของคัสตารัด พบว่า เนื้อสัมผัสแน่นจะเกิด syneresis น้อย ถ้าเนื้อสัมผัสไม่แน่นจะเกิด syneresis มาก จากรูปที่ 4.5 พบว่า คัสตารัดที่ผลิตโดยใช้ pH ของส่วนผสมอยู่ในช่วง 6.9-7.1 และอบส่วนผสมให้มีอุณหภูมิสุดท้ายของการอบสูงจาก initial gelation 5°ซ. จะมีเนื้อสัมผัสแน่นและเกิดปรากฏการณ์ syneresis น้อยกว่าคัสตารัดที่ผลิตโดยใช้ pH ของส่วนผสม 7.3 และอบส่วนผสมให้มีอุณหภูมิสุดท้ายของการอบสูงจาก initial gelation 5°ซ. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่ถ้าอบส่วนผสมให้มีอุณหภูมิสุดท้ายของการอบสูงจาก initial gelation 3°ซ. จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลเฉลี่ยและค่าดัชนีความแน่นเฉลี่ยต่ำกว่าสภาวะที่กล่าวข้างต้น เนื่องจากลักษณะเจลอมน้ำ จึง detect ค่าได้ต่ำ

จากการศึกษาวารสารปริทัศน์ มีผู้เสนอว่า ในการทำพายคัสตารัด (คัสตารัดชนิดนุ่ม) ควรจะให้ความร้อนเพิ่มที่ 85°ซ. 30 นาทีแก่น้ำนมก่อนผสมกับส่วนประกอบอื่น เพื่อที่จะให้ whey protein แปรสภาพธรรมชาติไปมากที่สุด ซึ่ง whey protein ที่แปรสภาพนี้จะไป form complex กับ K-casein ทำให้เคซีนไม่รวมตัวกัน และจะให้คัสตารัดที่เกิดปรากฏการณ์ syneresis น้อยกว่าคัสตารัดที่ผลิตโดยน้ำนมที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนเพิ่ม (11, 30) ในการทดลองนี้ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพคัสตารัดซึ่งผลิตจากน้ำนมคืนรูปที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนเพิ่มกับคัสตารัดซึ่งผลิตจากน้ำนมคืนรูปผ่านการให้ความร้อนเพิ่มที่ 85°ซ. 30 นาที พบว่าคัสตารัดเหล่านี้มีคุณภาพไม่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในด้านการเกิดปรากฏการณ์ syneresis ผลอันนี้ทำให้สามารถคาดคะเนได้ว่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในการอบส่วนผสมเพียงพอสำหรับการแปรสภาพธรรมชาติของ whey protein ในน้ำนมคืนรูปนี้ จึงไม่จำเป็นต้องให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมคืนรูปที่ 85°ซ. 30 นาทีก่อนผสม ทั้งนี้เพราะว่าน้ำนมคืนรูปที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้มาจากการใช้นมผงชนิด medium heat มา reconstitute ให้มี total solid เป็น 11-12 % นมผงชนิด medium heat จะมีค่า undenatured whey protein nitrogen อยู่ในช่วง 1.5-6.0 mg/gm (23) ดังนั้นน้ำนมคืนรูปที่มี total solid 11-12 % จะมี undenatured whey protein อยู่ในช่วง 0.018-0.072 % เมื่อนำน้ำนมนี้มาผสมกับส่วนประกอบอื่นเพื่อเตรียมส่วนผสมคัสตารัด และอบส่วนผสม ในขณะอบส่วนผสม ถ้าพิจารณารูปแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการดูดซึมความร้อนของส่วนผสมคัสตารัด ในรูปที่ 4.1 ควบคู่กับรูปที่ 2.2 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนแก่น้ำนมขาดมันเนย จะเห็น

ได้ว่าถ้าให้ความร้อนแก่น้ำนมขาดมันเนยที่ 78°ซ. 10 นาที whey protein จะแปรสภาพไปปริมาณ 40 % หรือแปรสภาพไป 0.3 % (whey protein ในน้ำนมจะมี 0.75 %) แสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนในขณะอบส่วนผสมเพียงพอที่จะแปรสภาพ whey protein ที่เหลืออยู่ในน้ำนมคืนรูปนี้แล้ว

ผลการตรวจสอบทั้งทาง subjective และ objective ทำให้สามารถสรุปได้ว่า

1. สามารถผลิตคัสตาร์ดได้โดยใช้น้ำนมคืนรูป ใช้ไข่ที่มีอายุระหว่าง 1-10 วัน เพื่อจะให้ได้ pH ของส่วนผสมอยู่ในช่วง 6.9-7.1 โดยอบส่วนผสมให้มีอุณหภูมิสุดท้ายของการอบสูงจาก initial gelation 5°ซ. ดังนั้นส่วนผสมคัสตาร์ดจะมีอุณหภูมิสุดท้ายของการอบอยู่ในช่วง 83.5-84.0°ซ. และใช้เวลาในการอบ 50 นาที

2. คัสตาร์ดที่ผลิตโดยสภาวะดังกล่าวข้างต้น จะมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ โดยมีค่า pH เฉลี่ย 7.3 มีผิวนอกของผลิตภัณฑ์ไม่นุ่มหรือแข็งเกินไป ผิวหน้าเรียบ สี, กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสดี โดยมีค่าดัชนีความแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 124.2-130.8 ม.ม.$^{-1}$ เกิดปรากฏการณ์ syneresis เพียงเล็กน้อย โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลเฉลี่ย 2.2-2.4 นอกจากนี้ พบว่า สีผิวนอกและสีเนื้อสัมผัสภายในจะมีสีครีม (10 YR 8/6) ไม่เกิน 14 % และ 8 % ตามลำดับ

5.1.2 ผลของปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมที่มีต่อคุณภาพคัสตาร์ดชนิดอบ

ในการทดลองนี้ ได้ผลิตคัสตาร์ดโดยใช้น้ำนมคืนรูป ไข่ที่มีอายุ 1-10 วัน และใช้เวลาในการอบ 50 นาที แต่แปรปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมจาก 7.9 เป็น 10.0 และ 15.8% ตามลำดับ เมื่อนำส่วนผสมคัสตาร์ดไปอบ โปรตีนของน้ำนมและไข่จะแปรสภาพธรรมชาติ โปรตีนที่แปรสภาพเหล่านี้จะมาจับตัวกันเกิดเจล โดยอุ้มเอาโมเลกุลของน้ำเข้าไปในการเกิดเจลด้วย (34, 35, 36) ผลจากรูปที่ 4.6 ซึ่งเป็นรูปแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการดูดซึมความร้อนของส่วนผสมคัสตาร์ดซึ่งมีปริมาณน้ำตาลต่างกัน จะเห็นได้ว่า ถ้าปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นจาก 7.9, 10.0 เป็น 15.8 % อุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลจะเพิ่มขึ้นจาก 78°.5 ซ. เป็น 80°.8 ซ. ทำให้อุณหภูมิสุดท้ายของการอบเพิ่มขึ้นจาก 84°.0 ซ. เป็น 86°.8 ซ. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ทั้งนี้เพราะว่า เมื่อมีปริมาณน้ำตาลซึ่งสามารถละลายน้ำได้ดีในส่วนผสมมากขึ้น น้ำตาลจะดึงโมเลกุลของน้ำจากโปรตีนเพื่อไปใช้ในการละลาย จึงทำให้ส่วนผสมต้องดูดซึมความร้อนเพิ่ม เพื่อใช้ความร้อนบางส่วนในการทำลายพันธะระหว่าง

น้ำตาลกับน้ำก่อนแล้วจึงใช้ในการเกิดเจล อุณหภูมิเริ่มต้นในการเกิดเจลจึงสูงขึ้น

เมื่อนำศัลตารัดเหล่านี้มาตรวจสอบคุณภาพโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังผลในรูป 4.8 พบว่า ผู้ทดสอบยอมรับคุณภาพของศัลตารัด เมื่อนำมาตรวจสอบทางกายภาพ ดังผลในรูปที่ 4.7 พบว่า ปริมาณน้ำตาลที่มากขึ้นนี้ไม่มีผลต่อความแน่นของเนื้อสัมผัสศัลตารัด แต่พบว่า ศัลตารัดที่มีน้ำตาล 7.9% จะเกิดปรากฏการณ์ syneresis มากกว่าศัลตารัดที่มีน้ำตาล 10% และศัลตารัดที่มีน้ำตาล 10% จะเกิดปรากฏการณ์ syneresis มากกว่าศัลตารัดที่มีน้ำตาล 15.8% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพราะว่าเมื่อปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมมากขึ้น ปริมาณน้ำในส่วนผสมจะน้อยลง เมื่อนำศัลตารัดทั้ง 3 ชนิดนี้ไปให้ผู้ทดสอบจัดเรียงลำดับความนุ่มของผิวนอก พบว่า ศัลตารัดที่ประกอบด้วยน้ำตาล 15.8% มีความนุ่มของผิวนอกมากที่สุด และศัลตารัดที่ประกอบด้วยน้ำตาล 10% และ 7.9% มีความนุ่มรองลงมา ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากว่าบริเวณผิวนอกของศัลตารัดเป็นบริเวณที่ได้รับความร้อนโดยตรง (ตรงบริเวณอื่น ๆ มีน้ำหล่ออยู่ข้าง ๆ) โปรตีนจะแปรสภาพเร็วที่สุด และ form film เป็นชั้นบาง ๆ ที่ผิวหน้าเมื่อมีปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมมากขึ้น น้ำตาลจะไปแทรกตัวระหว่างโปรตีนมากขึ้น ทำให้เจลอ่อนนุ่มขึ้น ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Wang และ Zabik (12) ซึ่งได้ตรวจสอบความนุ่มของผิวนอกและความแน่นของเนื้อสัมผัสศัลตารัด โดยใช้ Allo Kramer shear press แต่ในการทดลองนี้ได้ใช้เครื่องมือในการตรวจสอบที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ได้ตรวจสอบความแน่นของเนื้อสัมผัส โดยใช้ Penetrometer ซึ่งดัดแปลงหัวเข็ม Penetrometer ใหม่โดยเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำและออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งาน และตรวจสอบความนุ่มของผิวนอกโดยใช้ผู้ทดสอบ ในการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพใช้การได้ดีพอ

ในการตรวจสอบองค์ประกอบของสีโดยใช้ Munsell Disc Colorimeter ในตารางที่ 4.7 พบว่า เมื่อปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมเพิ่มขึ้นจาก 7.9,10.0 เป็น 15.8 % สีผิวนอกและสีเนื้อสัมผัสภายในจะมีสีครีมเพิ่มขึ้นจาก 13.0,16.0 เป็น 21.0 % เพราะว่าความร้อนในขณะอบส่วนผสมศัลตารัด จะเป็นตัวช่วยเร่งให้เกิด Browning Reaction ระหว่างโปรตีนกับน้ำตาลในส่วนผสม ทำให้ได้สารสีน้ำตาล (36) เมื่อปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมเพิ่มขึ้นสารสีน้ำตาลมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้น ในการทดลองนี้ทำให้ทราบว่าผู้ทดสอบยอมรับศัลตารัดที่มีสีครีม 21% ด้วย

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 5.1.1 และ 5.1.2 ทำให้สามารถกำหนดเกณฑ์ที่ผู้ทดสอบกลุ่มที่กำหนดนี้ยอมรับคุณภาพในด้านต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. ผู้ทดสอบยอมรับเนื้อสัมผัสของศัสตารัด ซึ่งมีค่าดัชนีความแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 108.6-130.8 ม.ม.$^{-1}$ และมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลเฉลี่ยในเกณฑ์ที่ยอมรับคือ 1.0-2.7

2. ผู้ทดสอบยอมรับสีของผลิตภัณฑ์ซึ่งตรวจสอบโดยใช้ Munsell Disc Colorimeter ดังนี้คือ

สีผิวนอกของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์สีครีม (10 YR 8/6) ไม่มากกว่า 21 % สำหรับสีของเนื้อสัมผัสภายใน จะประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์สีครีมไม่มากกว่า 15.0 %

5.2 <u>ผลของการหาประเภทน้ำนมที่เหมาะสมในการผลิตศัสตารัด</u>

ในการทดลองนี้ได้ใช้สภาวะที่สรุปได้จากหัวข้อที่ 5.1.1 คือ ใช้ไข่ที่มีอายุระหว่าง 1 - 10 วัน ซึ่งจะให้ pH ของส่วนผสมอยู่ในช่วง 6.9 - 7.1 และอบส่วนผสมให้มีอุณหภูมิสุดท้ายสูงจาก initial gelation 5 ^{o}ซ. ได้ใช้น้ำนมคืนรูปเป็น control เพราะเป็นน้ำนมที่สามารถเตรียมการให้มีคุณสมบัติเหมือนกันได้ทุก lot แล้วแปรประเภทของน้ำนมอีก 4 ประเภท ในขณะอบส่วนผสมศัสตารัด ได้ติดตามความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการดูดซึมความร้อนของส่วนผสมศัสตารัด และบันทึกผลดังในรูปที่ 4.9 ส่วนผสมศัสตารัดที่ทำจากน้ำนมต่างประเภท จะมีจุดเริ่มต้นในการเกิดเจล, อุณหภูมิสุดท้ายของการอบ และเวลาที่ใช้ในการอบแตกต่างกัน กล่าวคือ ส่วนผสมศัสตารัดที่ทำจากน้ำนมคืนรูป, น้ำนมพาสเจอไรส์ และน้ำนม ยู เอช ที จะมีจุดเริ่มต้นในการเกิดเจล, อุณหภูมิสุดท้ายของการอบ และเวลาที่ใช้ในการอบสูงกว่าส่วนผสมศัสตารัดทำจากน้ำนมสเตอริไลส์ และส่วนผสมที่ทำจากน้ำนมสเตอริไลส์จะมีค่าเหล่านี้สูงกว่าส่วนผสมที่ทำจากน้ำนมข้นจืด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยที่ส่วนผสมที่ทำจากน้ำนม 3 ประเภทจะมีอุณหภูมิและเวลาเริ่มต้นในการเกิดเจลในช่วง 78.0 - 78.3 ^{o}ซ. และ 28.5 - 29.4 นาที มีอุณหภูมิสุดท้ายของการอบและเวลาที่ใช้ในการอบในช่วง 83.0 - 84.0 ^{o}ซ. และ 50.1 - 52 นาที ในขณะที่ส่วนผสมที่ทำจากน้ำนมสเตอริไลส์จะมีอุณหภูมิและเวลาเริ่มต้นในการเกิดเจลเป็น 76.3 ^{o}ซ. และ 26.1 นาที และมีอุณหภูมิสุดท้ายของการอบและเวลาในการอบเป็น 81.2 ^{o}ซ. และ 44.0 นาที สำหรับส่วนผสมศัสตารัดจากน้ำนมข้นจืด จะมีอุณหภูมิและเวลาเริ่มต้นในการเกิดเจลเป็น 74.0 ^{o}ซ. และ 23.6 นาที และมีอุณหภูมิสุดท้ายของการอบและเวลาในการอบเป็น 79 ^{o}ซ.

และ 36.8 นาที เหตุผลเพราะว่า น้ำนมสเตอริไลส์และน้ำนมข้นจืด เป็นน้ำนมที่ผ่านการให้ความร้อนสูงเป็นเวลานาน ทำให้ pH ต่ำกว่าน้ำนมอีก 3 ประเภท เมื่อนำน้ำนมไปผสมกับส่วนประกอบอื่น จะให้ pH ของส่วนผสมต่ำกว่าปกติ ดังนั้นจุดเริ่มต้นของการเกิดเจล, อุณหภูมิสุดท้ายของการอบและเวลาที่ใช้ในการอบจึงต่ำลงซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ 5.1.1 ว่า ถ้า pH ของส่วนผสมต่ำกว่าจะเกิดเจลได้เร็วกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเปรียบเทียบ น้ำนมต่างประเภทที่ได้รับความร้อนเพิ่มที่ 85°ซ. 30 นาที กับน้ำนมต่างประเภทที่ไม่ได้รับความร้อนเพิ่ม จะเห็นได้ว่า ส่วนผสมเหล่านี้จะไม่มีความแตกต่างกันในแง่จุดเริ่มต้นของการเกิดเจล, อุณหภูมิสุดท้ายของการอบและเวลาที่ใช้ในการอบ เหตุผลเพราะว่า การให้ความร้อนเพิ่มที่ 85°ซ. 30 นาทีแก่น้ำนมก่อนผสม ไม่มีผลต่อ pH ของน้ำนม ดังนั้นจึงไม่มีผลต่อ pH ของส่วนผสม, จุดเริ่มต้นของการเกิดเจล, อุณหภูมิสุดท้ายของการอบและเวลาที่ใช้ในการอบ

เมื่อนำคัสตาร์ดที่ผลิตจากน้ำนมต่างประเภทที่ได้รับความร้อนเพิ่มที่ 85°ซ. 30 นาที และที่ไม่ได้รับความร้อนเพิ่มมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งใช้หลักเกณฑ์ในการยอมรับคุณภาพคัสตาร์ดเช่นเดียวกับในหัวข้อที่ 5.1.1 จากรูปที่ 4.10, 4.11 พบว่า ผู้ทดสอบยอมรับคุณภาพคัสตาร์ดที่ทำจากน้ำนมทุกประเภทที่ผ่านการให้ความร้อนเพิ่มและที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนเพิ่ม ในด้านความนุ่มของผิวนอก, ความเรียบของผิวนอก และความเรียบของเนื้อสัมผัสภายใน เพราะว่าคุณภาพเหล่านี้ขึ้นอยู่กับการเตรียมส่วนผสมและการใช้สภาวะในการผลิตที่เหมาะสม โดยที่ความเรียบของเนื้อสัมผัสภายในของคัสตาร์ดขึ้นอยู่กับการเตรียมส่วนผสม ดังได้กล่าวในหัวข้อ 5.1.1 สำหรับความนุ่มของผิวนอกและความเรียบของผิวนอกขึ้นอยู่กับสภาวะในการผลิตที่เหมาะสม กล่าวคือ การใช้สภาวะที่สรุปได้จากหัวข้อ 5.1.1 คือ ใช้ไข่ที่มีอายุ 1-10 วัน ซึ่งจะให้ pH ของส่วนผสมเป็น 6.9-7.1 และอบส่วนผสมให้มีอุณหภูมิสุดท้ายสูงจาก initial gelation 5°ซ. จะให้เวลาที่เหมาะในการอบส่วนผสมคัสตาร์ด ถ้าอบส่วนผสมคัสตาร์ดโดยใช้เวลานานเกินไป คัสตาร์ดที่ได้จะมีผิวนอกแข็ง, หน้าย่นไม่เป็นที่ยอมรับ ถ้าอบส่วนผสมคัสตาร์ดใช้เวลาสั้นไป คัสตาร์ดที่ได้จะมีผิวนอกอ่อนนุ่มเกินไป, หน้าย่นไม่เป็นที่ยอมรับ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ใช้ในการอบส่วนผสมคัสตาร์ดจากน้ำนมต่างประเภทนี้เหมาะสมแล้ว คือคัสตาร์ดจากน้ำนมคืนรูป, น้ำนมพาสเจอไรส์ และน้ำนมยูเอชทีใช้เวลาในการอบนาน 50.3-51.5 นาที ในขณะที่คัสตาร์ดจากน้ำนมสเตอริไลส์จะใช้เวลาในการอบนาน 44.0 นาที ส่วนคัสตาร์ดจากน้ำนมข้นจืดจะใช้เวลาในการอบนาน 36.8 นาที ในด้านปรากฏการณ์การแยกน้ำ พบว่า ผู้ทดสอบยอมรับคุณภาพของคัสตาร์ดซึ่งผลิตโดยน้ำนมทั้ง 3 ประเภท

รวมทั้งคัสตาร์ดจากน้ำนมสเตอริไลส์ ส่วนคัสตาร์ดจากน้ำนมข้นจืดนั้น พบว่า ผู้ทดสอบไม่ยอมรับคุณภาพในด้านนี้ เมื่อนำเจลไปวัดเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลเฉลี่ย พบว่า มีค่าสูง 5.60-5.80 เมื่อเปรียบเทียบค่านี้กับค่าของเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลเฉลี่ยในหัวข้อที่ 5.1 พบว่ามีค่าสูงกว่าค่าที่เป็นเกณฑ์ที่ผู้ทดสอบจะยอมรับได้ (1.0-2.7) สำหรับคัสตาร์ดจากน้ำนมคืนรูป, น้ำนมพาสเจอไรส์, น้ำนมยูเอชที มีค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.8-2.6 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ทดสอบยอมรับได้เมื่อเทียบกับในหัวข้อที่ 5.1

นอกจากนี้ยังพบว่า สีของตัวอย่าง, กลิ่นรส, เนื้อสัมผัส และคุณภาพรวมของผลิตภัณฑ์ ผู้ทดสอบยอมรับคุณภาพเหล่านี้ของคัสตาร์ดที่ผลิตโดยใช้น้ำนมคืนรูป, น้ำนมพาสเจอไรส์ผ่านการให้ความร้อนเพิ่มที่ 85 °ซ. 30 นาที และน้ำนม ยู เอช ที คัสตาร์ดซึ่งผลิตจากน้ำนม 3 ประเภทนี้มีสีผิวนอกของผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์สีครีมไม่เกิน 13 สำหรับสีเนื้อสัมผัสภายใน พบว่า ประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์สีครีมไม่เกิน 9 นอกจากนี้ยังมีดัชนีความแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 127.0 - 132.1 มม$^{-1}$ มีค่า pH เฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.2 - 7.3 เมื่อนำค่าต่าง ๆ เหล่านี้ไปเปรียบเทียบกับหัวข้อ 5.1 พบว่าค่าต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ซึ่งผู้ทดสอบยอมรับ ทั้งนี้เพราะว่าน้ำนมทั้ง 3 ประเภทนี้ คือ น้ำนมคืนรูป, น้ำนมพาสเจอไรส์ผ่านการให้ความร้อนเพิ่มที่ 85 °ซ. 30 นาที และน้ำนม ยู เอช ที มีสี, กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสที่คล้ายคลึงกัน เมื่อนำมาทำคัสตาร์ดจะให้คุณภาพของคัสตาร์ดในด้านสี, กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าน้ำนมทั้ง 3 ประเภทนี้เหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตคัสตาร์ด

สำหรับคัสตาร์ดจากน้ำนมสเตอริไลส์และน้ำนมข้นจืดนั้น ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในด้านสี, กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส เนื่องจากน้ำนมสเตอริไลส์และน้ำนมข้นจืดเป็นน้ำนมที่ผ่านการให้ความร้อนสูงเป็นเวลานาน จึงทำให้น้ำนมมีสีเข้ม มีกลิ่น cooked flavor รุนแรงมาก กลิ่น cooked flavor ที่รุนแรงนี้ไม่เข้ากับกลิ่นรสของไข่ไก่ นอกจากนี้ความร้อนในระดับนี้ยังทำให้โปรตีนเคซีนเสียหายมาก (18) ทำให้โปรตีนสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำในขณะเกิดเจล ดังนั้นเนื้อสัมผัสคัสตาร์ดจึงนิ่ม และเกิดปรากฏการณ์การแยกน้ำมาก โดยเฉพาะน้ำนมข้นจืดซึ่งเป็น recombined milk ที่ทำจากนมผงขาดมันเนยชนิด high heat treatment แล้วยังได้รับความร้อนในการสเตอริไลส์ที่ 120°ซ. 10 นาที เนื่องจากผ่านการได้รับความร้อนหลายขั้นตอน

ทำให้โปรตีนเคซีนเสียหายมาก เมื่อนำศัลตารัดจากน้ำนมข้นจืดไปวัดความแน่นของเนื้อสัมผัสโดยใช้ Penetrometer พบว่าจะมีค่าดัชนีความแน่นเฉลี่ยในช่วง 70.1-71.2 และเกิดปรากฏการณ์การแยกน้ำมากจนไม่เป็นที่ยอมรับ โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลเฉลี่ย 5.6-5.8 ส่วนศัลตารัดจากน้ำนมสเตอริไลส์นั้นมีเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าศัลตารัดจากน้ำนมข้นจืด โดยมีค่าดัชนีความแน่นเฉลี่ย 103.2-105.0 และมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลเฉลี่ย 3.2-3.3 สำหรับสีผิวนอกของผลิตภัณฑ์ศัลตารัดจากน้ำนมทั้ง 2 ประเภทนี้ประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์สีครีม (10 YR 8/6) 26.0-35.0 ซึ่งเป็นระดับสีที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ เมื่อเปรียบเทียบระดับสีนี้กับหัวข้อ 5.1.2 ทำให้พอจะสรุปได้ว่า ระดับสีที่ผู้ทดสอบกลุ่มนี้ยอมรับไม่ควรมีสีครีม (10 YR 8/6) เกิน 21 % การให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมสเตอริไลส์และน้ำนมข้นจืดที่ 85°ซ. 30 นาทีก่อนผสม ไม่ได้ช่วยให้ศัลตารัดมีความแน่นเพิ่มขึ้นหรือลดปรากฏการณ์ syneresis ลง เนื่องจากความร้อนระดับสเตอริไลส์ ทำให้เวย์โปรตีนของน้ำนมแปรสภาพหมดแล้ว

นอกจากการให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมพาสเจอไรส์ที่ 85°ซ. 30 นาทีก่อนผสม จะทำให้ผู้ทดสอบยอมรับในด้านกลิ่นรสของศัลตารัดแล้ว จากรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่า การให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมพาสเจอไรส์ที่ 85°ซ. 30 นาทีก่อนผสมยังช่วยให้ศัลตารัดที่ได้มีค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลต่ำกว่าศัลตารัดที่ผลิตโดยน้ำนมพาสเจอไรส์ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เพราะว่าน้ำนมพาสเจอไรส์เป็นน้ำนมที่ผ่านการให้ความร้อนที่ 72°ซ. 15 วินาที (25) ความร้อนระดับนี้ไม่ทำให้เวย์โปรตีนแปรสภาพธรรมชาติ (16) ดังนั้นน้ำนมพาสเจอไรส์จะมี undenature whey protein nitrogen 0.75 % (18) การให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมชนิดนี้ที่ 85°ซ. 30 นาที จะทำให้เบต้า-แลคโตโกลบูลินแปรสภาพธรรมชาติในปริมาณมากที่สุด แล้วเบต้า-แลคโตโกลบูลินจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ K-casein สารประกอบเชิงซ้อนนี้จะสามารถป้องกันการรวมตัวของโปรตีน ทำให้เจลศัลตารัดที่ได้มีเนื้อสัมผัสดีขึ้น และลดปรากฏการณ์ syneresis ความร้อนที่ใช้ในการอบส่วนผสมช่วยทำให้เวย์โปรตีนชนิดนี้แปรสภาพไปบ้าง แต่ไม่เพียงพอที่จะให้เบต้า-แลคโตโกลบูลินแปรสภาพธรรมชาติทั้งหมด นอกเหนือจากผลการตรวจสอบคุณภาพศัลตารัดทั้งทาง subjective test และ objective test แล้ว ผลการตรวจสอบทางกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน (SEM) ยังให้เหตุผลสนับสนุนผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นนี้ โดยดูจากรูปที่ 4.12 พบว่าศัลตารัดที่ผลิตโดยน้ำนมพาสเจอไรส์ผ่านการให้ความร้อนเพิ่มจะมีโครงสร้างของเจลใกล้ชิดกันมากกว่าศัลตารัดที่ผลิตโดยน้ำนมพาสเจอไรส์ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนเพิ่ม

สำหรับคัสตาร์ดจากน้ำยมยูเอชที พบว่าการให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมยูเอชทีที่ 85°ซ. 30 นาทีก่อนผสม ไม่ได้ช่วยให้คัสตาร์ดมีเนื้อสัมผัสดีขึ้นหรือลดปรากฏการณ์ syneresis ลง เหตุผลเพราะว่าน้ำนมยูเอชทีเป็นน้ำนมที่ได้รับความร้อนที่ 141°ซ. 4 วินาที ความร้อนระดับนี้ทำให้เบต้า-แลคโตโกลบูลินแปรสภาพธรรมชาติไปแล้วประมาณ 80% (25) ความร้อนในขณะอบส่วนผสมเพียงพอสำหรับที่จะให้เบต้า-แลคโตโกลบูลินอีก 0.15 % นี้แปรสภาพธรรมชาติไปได้หมด จึงไม่จำเป็นต้องให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมยูเอชทีก่อนผสม

จากการตรวจสอบค่า pH ของผลิตภัณฑ์คัสตาร์ด ดังรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่า pH ของผลิตภัณฑ์คัสตาร์ดจะมีค่าเป็นด่างมากกว่า pH ของส่วนผสม เหตุผลดังได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 5.1.1 นอกจากนี้ยังพบว่าการเกิด syneresis ในคัสตาร์ดจะสัมพันธ์กับความแน่นของเนื้อสัมผัสของคัสตาร์ด โดยพบว่าเนื้อสัมผัสแน่นจะเกิด syneresis น้อย ถ้าเนื้อสัมผัสไม่แน่นจะเกิด syneresis มาก ผลจากรูป 4.10 จะเห็นได้ว่าคัสตาร์ดจากน้ำนมสเตอริไลส์และน้ำนมข้นจืดจะมีเนื้อสัมผัสไม่แน่นและเกิด syneresis มาก ทั้งนี้เพราะว่าน้ำนมทั้ง 2 ประเภทผ่านการได้รับความร้อนมาหลายขั้นตอน ความร้อนจะทำให้โปรตีนในน้ำนมสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้เกิด syneresis มาก จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างประเภทของน้ำนมกับการให้และไม่ให้ความร้อนเพิ่ม จะให้ค่า pH, ดัชนีความแน่น และเปอร์เซนต์ของน้ำที่แยกจากเจล ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % คัสตาร์ดจากน้ำนมต่างประเภทจะให้ค่า pH, ดัชนีความแน่น และเปอร์เซนต์ของน้ำที่แยกจากเจลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และพบว่าการให้ความร้อนเพิ่มทำให้ค่า pH, ดัชนีความแน่นในคัสตาร์ดจากน้ำนมต่างประเภทไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การให้ความร้อนเพิ่มทำให้ค่าเปอร์เซนต์ของน้ำที่แยกจากเจลในคัสตาร์ดที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการตรวจสอบทั้งทาง subjective และ objective ทำให้สามารถสรุปได้ว่า

1. สามารถผลิตคัสตาร์ดจากน้ำนมคืนรูป, น้ำนมพาสเจอไรส์ และน้ำนมยูเอชที โดยเฉพาะน้ำนมพาสเจอไรส์ต้องผ่านการให้ความร้อนเพิ่มที่ 85°ซ. 30 นาทีก่อนผสม ใช้ไข่ที่มีอายุ 1-10 วัน ซึ่งจะให้ pH ของส่วนผสมคัสตาร์ดอยู่ในช่วง 6.9-7.1 โดยอบส่วนผสมให้มีอุณหภูมิสุดท้ายของการอบสูงจาก initial gelation 5°ซ. อุณหภูมิสุดท้ายของการอบเป็น 83.5-84.0°ซ. และเวลาที่ใช้ในการอบอยู่ในช่วง 50.3-51.0 นาที

2. คัสตาร์ดที่ผลิตโดยใช้สภาวะและประเภทน้ำนมดังกล่าว จะมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ โดยมีค่า pH เฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.2-7.3 สี, กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสดี โดยมีค่าดัชนีความแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 127.5-132.1 และมีค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลอยู่ในช่วง 1.8-2.3 สีผิวนอกของผลิตภัณฑ์จะประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์สีครีม (10 YR 8/6) ไม่เกิน 13.0 สีของเนื้อสัมผัสภายในจะประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์สีครีม (10 YR 8/6) ไม่เกิน 9

3. สำหรับคัสตาร์ดจากน้ำนมสเตอริไลส์ทั้งที่ผ่านการให้ความร้อนเพิ่ม และที่ไม่ได้ให้ความร้อนเพิ่ม จะมีคุณสมบัติดีในด้านเนื้อสัมผัส แต่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในด้านสีและกลิ่นรส

4. ส่วนคัสตาร์ดจากน้ำนมข้นจืดทั้งที่ผ่านการให้ความร้อนเพิ่มและที่ไม่ได้ให้ความร้อนเพิ่ม จะมีเนื้อสัมผัสไม่ดี เกิดปรากฏการณ์ syneresis มากจนไม่เป็นที่ยอมรับ และผู้ทดสอบไม่ยอมรับสีและกลิ่นรสอีกด้วย

5.3 ผลของการใช้น้ำนมถั่วเหลืองทดแทนน้ำนมพาสเจอไรส์ในการผลิตคัสตาร์ดชนิดอบ

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการดูดซึมความร้อนของส่วนผสมคัสตาร์ดจากน้ำนมวัวผสมน้ำนมถั่วเหลืองในปริมาณต่างกัน มีลักษณะคล้ายกัน และคล้ายคลึงกับส่วนผสมคัสตาร์ดจากน้ำนมวัว กล่าวคือมีจุดเริ่มต้นของการเกิดเจล, อุณหภูมิสุดท้ายของการอบ และเวลาที่ใช้ในการอบใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโปรตีนเจลได้แก่ อัตราการให้ความร้อน, ปริมาณโปรตีน, ปริมาณไขมันและ pH น้ำนมถั่วเหลืองที่ปรับปริมาณ total solid ให้เท่ากับน้ำนมวัวโดยใช้นมผงในการทดลองนี้มีปริมาณโปรตีน, ไขมัน และ pH ใกล้เคียงกับน้ำนมวัว โดยดูได้จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.1 ดังนั้นลักษณะการดูดซึมความร้อนของส่วนผสมคัสตาร์ดจึงคล้ายคลึงกัน

เมื่อนำคัสตาร์ดที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพ โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งใช้เกณฑ์ในการยอมรับคุณภาพเช่นเดียวกับในหัวข้อที่ 5.1.1 จากรูปที่ 4.15 พบว่า ผู้ทดสอบไม่ยอมรับคัสตาร์ดที่ทำจากน้ำนมวัวผสมน้ำนมถั่วเหลืองในปริมาณ 40-50 % ในด้านความเรียบของผิวนอก, กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส เนื่องจากคัสตาร์ดเหล่านี้มีผิวหน้าย่น, กลิ่นถั่วรุนแรง และลักษณะเนื้อสัมผัสไม่ดีหยาบกระด้าง เพราะว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์น้ำนมถั่วเหลืองเข้าไปทดแทนน้ำนมวัวเพิ่มขึ้น จะเป็นการเพิ่มปริมาณโปรตีนชนิดที่แตกต่างกับโปรตีนของน้ำนมวัว โปรตีนของน้ำนมวัวจะประกอบด้วยเคซีนเป็นส่วนใหญ่ (ประมาณ 80%) ที่เหลือเป็น globulin (16,18) ส่วนโปรตีนของน้ำนมถั่วเหลืองประกอบด้วย

globulin ประมาณ 85 % ที่เหลือเป็น albumin, proteose และพวก conjugated protein (49) ดังนั้นการเพิ่มปริมาณน้ำนมถั่วเหลืองมากขึ้น จะเป็นการเพิ่มปริมาณโปรตีน globulin ในน้ำนมผสมให้มากขึ้น โปรตีน globulin ในถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่สามารถเกิดเจลได้เมื่อได้รับความร้อน โดยมีผู้ทำการศึกษา พบว่าถ้าใช้ soybean globulin ปริมาณ 8 % หรือมากกว่านี้ แล้วให้ความร้อนแก่โปรตีนนี้ที่ 80-125°ซ. เป็นเวลา 30 นาที ในภาชนะที่ปิดสนิท จะเกิดเจลได้ (49, 50, 51) ในการทดลองนี้น้ำนมถั่วเหลืองนี้ผ่านการสเตอริไลส์ที่อุณหภูมิ 116°ซ. เป็นเวลา 50 นาที ในภาชนะปิดสนิท (6) ความร้อนที่ใช้ในการสเตอริไลส์นี้สามารถทำลายสภาพธรรมชาติของโปรตีน globulin ในถั่วเหลืองบางส่วนได้ ซึ่งในระหว่างการอบส่วนผสมคัสตาร์ด โปรตีนถั่วเหลืองได้รับความร้อนอีก จึงทำให้เกิดเจลอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะบริเวณผิวนอกของคัสตาร์ดซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับความร้อนโดยตรง (บริเวณอื่น ๆ จะมีน้ำหล่ออยู่รอบ) จะเห็นได้ชัดว่าคัสตาร์ดที่ผลิตโดยใช้น้ำนมวัวผสมน้ำนมถั่วเหลืองในปริมาณมากขึ้น (40-50 %) จะมีผิวหน้าย่น ผิวหน้าเป็นชั้นหนาและเนื้อสัมผัสหยาบกระด้าง แต่ถ้าใช้น้ำนมถั่วเหลืองในปริมาณ 30 % ในส่วนผสมจะให้คัสตาร์ดที่มีผิวหน้าเรียบ, เนื้อสัมผัสที่ดีกว่า และผู้ทดสอบยอมรับในด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับคัสตาร์ดจากน้ำนมวัวแล้ว พบว่าคัสตาร์ดจากน้ำนมวัวมีเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าคัสตาร์ดจากน้ำนมผสมน้ำนมถั่วเหลือง 30 % โดยคัสตาร์ดจากน้ำนมวัวมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มนวลกว่า ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากโปรตีนที่ต่างชนิดกันนี้ การใช้น้ำนมถั่วเหลืองทดแทนน้ำนมวัวนี้ มี limitation ในการใช้ กล่าวคือถ้าใช้ปริมาณน้ำนมถั่วเหลืองมากกว่า 30 % ผู้ทดสอบจะไม่ยอมรับในด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสที่หยาบกระด้างนี้ ถึงแม้ว่าในระหว่างการผลิตจะสามารถผลิตคัสตาร์ดจากน้ำนมผสมน้ำนมถั่วเหลือง 40-50 % ให้มีผิวหน้าเรียบขึ้น โดยการใช้เวลาในการอบให้สั้นลง

เมื่อตรวจสอบคุณสมบัติของคัสตาร์ดทางกายภาพ ผลในรูปที่ 4.14 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณน้ำนมถั่วเหลืองทดแทนสูงขึ้น ทำให้คัสตาร์ดที่ได้มีดัชนีความแน่นเพิ่มขึ้นและมีค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เนื่องจากการเพิ่มปริมาณน้ำนมถั่วเหลืองทดแทนสูงขึ้น จะเป็นการเพิ่มปริมาณโปรตีนชนิดที่แตกต่างกับโปรตีนของน้ำนมวัว ผลอันนี้จะเห็นได้จากรูปถ่าย 4.16 ซึ่งใช้ Scanning Electron Microscope ตรวจดูลักษณะของเจลของคัสตาร์ดจากน้ำนมถั่วเหลือง 30% จะมีลักษณะเป็นเม็ดกลมยาวรีมากกว่าเจลของคัสตาร์ดจากน้ำนมวัวในรูปที่ 4.12

ได้ทดลองสุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะกลิ่นรสคล้ายกัน มาตรวจสอบคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ตามตารางข้างล่างนี้

คุณสมบัติที่ตรวจสอบ	ศัลตารัดจาก			ศัลตารัดเปรียบเทียบ
	น้ำนมคืนรูป	น้ำนมพาสเจอไรส์ผ่านการให้ความร้อนเพิ่ม	น้ำนมยูเอชที	
pH	7.2±0.2	7.3±0.3	7.2±0.3	7.2±0.5
ดัชนีความแน่น (ม.ม.$^{-1}$)	130.2±0.6	132.1±2.3	130±0.9	140±0.6
เปอร์เซนต์ของน้ำที่แยกจากเจล	2.2±0.3	1.8±0.5	2.0±0.3	2.2±0.9
องค์ประกอบของ N8/	1.0±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0	1.0±0.1
สี (เปอร์เซนต์) 10YR8/6	13.0±0.6	13.0±0.6	11.5±0.4	15.0±0.5
5G8/6	1.8±0.1	1.8±0.1	1.9±0.1	1.8±0.1
5Y8/12	37.0±2.5	37.0±2.5	36.2±2.5	35.0±0.8
N9.25/	47.2±2.1	47.2±2.1	49.4±2.8	47.2±0.5

จากตารางข้างต้น จะเห็นได้ว่าศัลตารัดที่ทำขึ้นมีค่า pH เฉลี่ย, เปอร์เซนต์ของน้ำที่แยกจากเจลเฉลี่ย และสีของผิวนอกของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับศัลตารัดที่เปรียบเทียบ แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในด้านเนื้อสัมผัส พบว่าศัลตารัดที่ทำขึ้นมีดัชนีความแน่นของเนื้อสัมผัสที่แตกต่างจากศัลตารัดเปรียบเทียบ ซึ่งค่านี้อาจเปรียบเทียบกันไม่ได้ แม้ว่าจะใช้หัวเข็ม

Penetrometer อันเดียวกัน เนื่องจากขนาดภาชนะบรรจุต่างกัน แรงต้านจากเจลอาจจะต่างกัน เนื่องจากแรงต้านจากขอบถ้วยที่มีระยะไม่เท่ากันจะต่างกัน แต่ถึงอย่างไรก็ตาม คุณสมบัติในด้านอื่น ๆ ก็คล้ายคลึงกัน

จากผลการทดลองที่ผ่านมาสามารถสรุปได้ว่า

ในการผลิตศัลตารัดชนิดอบ พบว่าศัลตารัดที่มีคุณภาพดีและผู้ทดสอบยอมรับสามารถทำจากน้ำนมคืนรูป, น้ำนมพาสเจอไรส์ผ่านการให้ความร้อนเพิ่มที่ 85 °ซ. 30 นาที ก่อนผสม และน้ำนม ยู เอช ที, pH ของส่วนผสมควรจะอยู่ในช่วง 6.9 - 7.1 โดยใช้ไข่ที่มีอายุระหว่าง 1 - 10 วัน และอุณหภูมิสุดท้ายของการอบควรจะสูงจาก initial gelation 5 °ซ. เมื่อใช้สภาวะดังกล่าวข้างต้นจะให้ศัลตารัดที่มีคุณภาพดีและผู้ทดสอบยอมรับโดยมี pH $\simeq$ 7.2 - 7.3, ดัชนีความแน่น $\simeq$ 108 - 140 มม.$^{-1}$, เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจล $\simeq$1.0- 2.7%, สีผิวนอกและสีเนื้อสัมผัสภายใน จะมีสีครีม (10YR8/6) ไม่เกิน 21% และ 15%

การใช้ปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมมากขึ้น จาก 7.9 เป็น 10.0 และ 15.8% ตามลำดับ จะไม่มีผลต่อความแน่นของเนื้อสัมผัสศัลตารัด แต่มีแนวโน้มที่จะทำให้ผิวนอกของผลิตภัณฑ์นุ่มขึ้น

ในการศึกษาการใช้น้ำนมถั่วเหลืองทดแทนน้ำนมพาสเจอไรส์บางส่วนในการผลิตศัลตารัด พบว่าสามารถใช้น้ำนมถั่วเหลืองทดแทนนมพาสเจอไรส์ 30% โดยมีผู้ทดสอบยังยอมรับผลิตภัณฑ์และผลการตรวจสอบคุณสมบัติในด้านอื่น ๆ สอดคล้องกับศัลตารัดจากน้ำนมวัว

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

ตู้อบเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งในการผลิตศัลตารัดชนิดอบ ภายในตู้อบควรจะมีระบบระบายอากาศให้หมุนเวียนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการเกิด localized heating ซึ่งจะทำให้ศัลตารัดที่ผลิตได้หน้าย่น หรือหน้าแตก ดังนั้นภายในตู้อบควรจะติดตั้งพัดลมหรือช่องระบายอากาศด้วย