บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย

5.1 ขั้นตอนการผลิตนมข้าวโพด

5.1.1 จากผลการทดลองในตารางที่ 5 พบว่า การลวกข้าวโพดทั้งฝักด้วยไอน้ำ โดยใช้เวลา 9 นาที สำหรับข้าวโพดหวานพิเศษ และ 8 นาทีสำหรับข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2 จะให้ผล negative test ในการทดสอบ peroxidase activity ซึ่งถือว่า การใช้เวลาดังกล่าวจะทำให้การลวกสมบูรณ์ ทั้งนี้การใช้ peroxidase activity เป็น biochemical index ในการควบคุมคุณภาพของการลวก เนื่องจาก peroxidase เป็นเอ็นไซม์สำคัญที่เป็นสาเหตุให้เกิด off flavor ในข้าวโพด และนอกจากนี้ peroxidase เป็นเอ็นไซม์ที่มี stability ต่อความร้อน สูงกว่าเอ็นไซม์ตัวอื่น ๆ เป็นส่วนใหญ่ (44,45,46) อย่างไรก็ตาม จากรายงานของ Dietrich และผู้ร่วมงาน (47) ซึ่งได้ทดลองลวกข้าวโพดทั้งฝักโดยใช้เตา microwave จะใช้เวลาเพียง 6 นาที แต่มีข้อเสียคือ เกิดการสูญเสียน้ำ (dehydration) เกิดขึ้น และในกรณีที่ลวกโดยใช้ไอน้ำหรือน้ำร้อนจะใช้เวลาพอ ๆ กัน คือ 8-12 นาที แต่จะมี peroxidase หลงเหลืออยู่บริเวณฐานของเมล็ดและบริเวณแกนบ้างเล็กน้อย ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิด off flavor ในขณะ storage ได้ สำหรับในการทดลองนี้ หลังจากลวกข้าวโพดจะผ่านเอาข้าวโพดออกจากฝักก่อน storage ซึ่งจะตัดปัญหาในเรื่องนี้ได้ ในการทดลองขั้นต่อไปจะเลือกใช้เวลา 9 นาที ในการลวกข้าวโพดทั้ง 2 ชนิด เพื่อให้ทั้ง 2 มี condition ที่เหมือนกัน และสำหรับกรณีข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2 การใช้เวลา 9 นาที จะทำให้เนื้อเยื่อของข้าวโพดอ่อนนุ่มขึ้น ง่ายต่อการใช้ในขบวนการแปรรูปขั้นต่อไป

5.1.2 การเลือกชนิดของข้าวโพดในการนำมาผลิตนมข้าวโพด

จากผลการทดลองในตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่านมข้าวโพดที่ผลิตจากข้าวโพดหวานพิเศษโดยใช้อัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ 1 : 4 ได้คะแนนความชอบสูงสุดคือ 6.3 รองลงมาคือ อัตราส่วน 1 : 2 และ 1 : 6 ได้คะแนน 6.0 และ 5.2 ตามลำดับ สำหรับคะแนนความชอบในเนื้อสัมผัส อัตราส่วน 1 : 6 ได้คะแนนต่ำสุดคือ 4.8 ส่วนอัตราส่วน 1: 2

และ 1 : 4 ได้คะแนน 5.9 และ 6.1 ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า สูตรซึ่งได้คะแนนอยู่ในระดับเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งในด้านของ กลิ่นรส, เนื้อสัมผัส และความชอบทั้งหมด คือ อัตราส่วน 1 : 2 และ 1 : 4 และสำหรับกรณีนมข้าวโพดที่ผลิตจากข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2 จากตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่า นมข้าวโพดที่ผลิตจากการใช้อัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ 1:8 ได้คะแนนความชอบทั้งหมดสูงสุดคือ 5.7 รองลงมาคือ อัตราส่วน 1 : 6 ได้คะแนน 5 : 1 และสำหรับ อัตราส่วน 1 : 4 ได้ 4.8 คะแนน ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และสำหรับคะแนนความชอบในเนื้อสัมผัส อัตราส่วน 1 : 4 และ 1 : 6 ได้คะแนนอยู่ในระดับต่ำ คือ 3.4 และ 3.7 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากทั้ง 2 สูตร นี้ข้นเกินไป เวลาดื่มจะรู้สึกเหมือนมีแป้งอยู่และรู้สึกสากลิ้น โดยเฉพาะอัตราส่วน 1 : 4 เมื่อเทผลิตภัณฑ์ออกจากกระป๋อง พบว่า มีลักษณะเป็น gel ตกตะกอนที่ก้นกระป๋อง ส่วนอัตราส่วน 1 : 8 ได้คะแนนในเรื่องเนื้อสัมผัส 5.3 ดังนั้น จะเห็นได้ว่านมข้าวโพดที่ผลิตจากข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2 สูตรที่ได้คะแนนอยู่ในระดับพอที่จะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ในเรื่องกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคะแนนความชอบทั้งหมด คือ อัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ 1 : 8 อย่างไรก็ตาม การใช้อัตราส่วน 1 : 8 สำหรับการผลิตนมข้าวโพดจากข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2 นั้น พบว่า กลิ่นหอมของข้าวโพดมีน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับนมข้าวโพดที่ผลิตจากข้าวโพดหวานพิเศษ อัตราส่วน 1 : 2 และ 1 : 4 ซึ่งทำให้ขาดคุณลักษณะเด่นไปประการหนึ่ง และนอกจากนี้การใช้อัตราส่วน 1 : 8 จะทำให้สารอาหารในนมข้าวโพดเจือจางลงไปอีก เมื่อเปรียบเทียบกับนมข้าวโพดที่ผลิตจากข้าวโพดหวานพิเศษอัตราส่วน 1 : 2 และ 1 : 4 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าข้าวโพดหวานพิเศษมีความเหมาะสมที่จะนำมาผลิตนมข้าวโพดมากกว่าข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2 อย่างไรก็ตามจากรายงานของ เรืองศรี (15) ซึ่งได้ทดลองใช้ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 และพันธุ์ opaque-2 (อายุประมาณ 60 วัน) ในการทำ Corn – soy – beverages พบว่า พันธุ์ของข้าวโพดไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างกันในการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่อง กลิ่น กลิ่นรส และคะแนนรวม ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 และ พันธุ์ Opaque-2 ต่างก็เป็นข้าวโพดไร่ จึงมีความแตกต่างกันน้อย ในขณะที่ข้าวโพดหวานพิเศษเป็นข้าวโพดรับประทานฝักสด ส่วนข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2 เป็นข้าวโพดไร่ จะมีความแตกต่างกันมากกว่ากรณีแรก ทั้งในด้าน กลิ่นรส และองค์ประกอบทางเคมี

5.1.3 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างข้าวโพดกับน้ำ

จากผลการทดลองข้างต้น ได้เลือกข้าวโพดหวานพิเศษมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป แต่ยังไม่สามารถเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างข้าวโพดกับน้ำ เนื่องจากคะแนนความชอบของอัตราส่วน 1 : 2, 1 : 4 และ 1 : 6 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95 เปอร์เซนต์ จึงนำมาทดสอบโดยเพิ่มจำนวน taste panel เป็น 20 คน และศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมในด้านองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพ

จากตารางที่ 10 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของนมข้าวโพด จะเห็นได้ว่า CM 1 : 2 มีโปรตีนสูงสุดคือ 0.95 เปอร์เซนต์ รองลงมาคือ CM 1 : 4 และ CM 1 : 6 มีโปรตีน 0.71 และ 0.44 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ แต่เมื่อคิดในรูปของเปอร์เซนต์โปรตีนที่สกัดได้ทั้งหมด (เปอร์เซนต์ recovery ของโปรตีน ตารางที่ 11) จะเห็นได้ว่า CM 1 : 4 มีเปอร์เซนต์โปรตีนที่สกัดได้สูงสุดคือ 57.41 รองลงมาคือ CM 1.6 ได้ 55.18 เปอร์เซนต์ ส่วน CM 1 : 2 มีเปอร์เซนต์โปรตีนที่สกัดได้ต่ำสุดคือ 37.31 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิจัยของ Wu และคณะ (35) ซึ่งได้ทดลองผลิต protein concentrate จากข้าวโพด โดยใช้อัตราส่วนของ ข้าวโพด : น้ำ 1 : 3, 1 : 4, 1 : 6 และ 1 : 10 ที่ pH 11.6 ได้เปอร์เซนต์ recovery ของโปรตีน 64 73 81 และ 84 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการสกัดโปรตีนโดยใช้อัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ 1 : 4 และ 1 : 6 จากผลการทดลอง ได้เปอร์เซนต์ recovery เป็น 57.41 และ 55.18 เปอร์เซนต์ ซึ่งต่ำกว่าที่ได้จากรายงานของ Wu และคณะ (35) ซึ่งได้ 73 และ 81 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากสภาวะที่ใช้ในการทดลองแตกต่างกัน คือ pH ที่ใช้ในการสกัดโปรตีนในการทดลองมิได้ทำการปรับ pH (pH 7.2) ส่วน Wu และคณะ (35) ใช้ pH 11.6 และทำการสกัด 2 ครั้ง เพื่อเพิ่มเปอร์เซนต์การสกัดโปรตีน

อย่างไรก็ตามเปอร์เซนต์ของโปรตีนที่สกัดได้ในครั้งที่สองจะน้อยกว่าครั้งแรก (ประมาณ 12-20 เปอร์เซนต์ของที่สกัดได้จากครั้งแรก) นอกจากนี้ในการทดลองได้นำข้าวโพดมาผ่านการลวกก่อน ซึ่งเป็นสาเหตุให้โปรตีนบางส่วนเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ (denature) ซึ่งเป็นผลให้ความสามารถในการละลาย (solubility) ของโปรตีนลดลงได้ (49) และนอกจากนี้จากผลการทดลองของ Wu และคณะ (35) พบว่า

การใช้พันธุ์ข้าวโพดที่แตกต่างกันมีผลให้เปอร์เซนต์โปรตีนที่สกัดได้แตกต่างกันที่ pH เดียวกัน

สำหรับเปอร์เซนต์ไขมัน (ตารางที่ 10) จะเห็นได้ว่า CM 1 : 2 มี เปอร์เซนต์ไขมันสูงสุด คือ 0.66 รองลงมาคือ CM 1: 4 และ CM 1 : 6 มีไขมัน 0.46 และ 0.29 เปอร์เซนต์ตามลำดับ และสำหรับ ผลการทดลอบ การยอมรับของผู้บริโภคในเรื่องความมัน (ตารางที่ 12) CM 1 : 2 ได้คะแนนสูงสุด 6.80 รองลงมาคือ CM 1:4 ได้ 6.76 และ CM 1 : 6 ได้ 4.95 คะแนน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากข้าวโพดมีไขมันในปริมาณน้อย โดยเฉพาะข้าวโพดสดซึ่งมีไขมันประมาณ 0.8 ถึง 1.5 เปอร์เซนต์ ดังนั้นในการทำผลิตภัณฑ์นมข้าวโพด จึงไม่มีผู้สนใจในเรื่องการศึกษาการสกัดไขมันจากข้าวโพด

เมื่อพิจารณาในด้านคะแนนจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 12) ในเรื่องสี จะเห็นได้ว่า นมข้าวโพด CM 1 : 2 CM 1 : 4 และ CM 1 : 6 มีสีเหลืองได้คะแนนอยู่ในระดับเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค คือ 6.75, 6.55 และ 5.90 คะแนน ตามลำดับ

ในเรื่องกลิ่นหอม CM 1 : 2 และ CM 1 : 4 ได้คะแนนใกล้เคียงกันคือ 6.85 และ 6.95 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 95 เปอร์เซนต์ แต่แตกต่างจาก CM 1 : 6 ซึ่งมีกลิ่นหอมของข้าวโพดน้อยที่สุดได้ 5.80 คะแนน

สำหรับความข้น จากตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่า CM 1 : 2 มีความหนืด 40 cps รองลงมาคือ CM 1 : 2 25 cps และ CM 1 : 6 11.25 cps และจากคะแนนที่ได้จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ในเรื่องความข้น (ตารางที่ 12) CM 1 : 4 ได้คะแนน 7.25 รองลงมาคือ CM 1 : 2 ได้ 6.60 คะแนน ซึ่งไม่แตกต่างจาก CM 1 : 4 อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 95 เปอร์เซนต์ ส่วน CM 1 : 6 ซึ่งมีความข้นต่ำกว่าสูตรอื่น ๆ ได้คะแนนค่อนข้างต่ำคือ 5.1 คะแนน

สำหรับคะแนนความชอบทั้งหมด (ตารางที่ 12) จะเห็นได้ว่า CM 1 : 4 ได้คะแนนสูงสุดคือ 7.1 รองลงมาคือ CM 1 : 2 และ 1 : 6 ซึ่งได้คะแนน 6.75 และ 5.3 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามคะแนนของ CM 1 : 2 และ CM 1 : 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ดังนั้น จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่าสูตรที่เหมาะสมจะนำมาผลิตคือ CM 1 : 2 และ 1 : 4 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในด้านราคาของนมข้าวโพด (ตารางที่ 13)

จะเห็นได้ว่า ถ้าใช้ข้าวโพดปริมาณเท่ากันจะสามารถผลิตนมข้าวโพด CM 1 : 4 ได้ปริมาณมากกว่า CM 1 : 2 คือข้าวโพด 1 กิโลกรัม ผลิต CM 1 : 4 ได้ประมาณ 3.7 ลิตร ส่วน CM 1:2 ได้เพียง 1.8 ลิตร และราคาของนมข้าวโพดต่อหน่วยปริมาตร CM 1:4 3.58 บาทต่อลิตร ซึ่งถูกกว่า CM 1:2 ราคา 6.21 บาทต่อลิตร และนอกจากนี้ CM 1 : 4 การผลิตทำได้ง่ายกว่า CM 1 : 2 คือ ในขั้นตอนการกรอง CM 1 : 4 มีกากน้อยกว่า CM 1 : 2 จึงทำให้กรองได้ง่ายกว่า ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า CM 1 : 4 สมควรเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตนมข้าวโพด

5.1.4 ผลของ pH ที่มีต่อการสกัดโปรตีนจากข้าวโพด

จากการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่า การสกัดโปรตีนจากข้าวโพดหวานพิเศษ โดยใช้อัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ 1 : 4 และ pH ที่ใช้ในการสกัด ไม่มีการปรับ (pH ประมาณ 7.2-7.4) จะเห็นได้ว่าเปอร์เซนต์การสกัดโปรตีนที่ได้ค่อนข้างต่ำ คือประมาณ 57 เปอร์เซนต์ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการที่แป้งข้าวโพดเกาะติดกับตาข่าย (matrix) ของ disulfide crosslinked protein จึงเป็นสาเหตุให้การสกัดโปรตีนจากข้าวโพดทำได้ยาก(31,32,33,34) และเนื่องจากการใช้ด่างเป็นวิธีการที่สามารถทำให้ส่วนของ matrix ดังกล่าว ละลายได้ทำให้สามารถสกัดโปรตีนได้ในเปอร์เซนต์ที่สูงกว่าการใช้ขบวนการ wet milling ดังนั้น ในการทดลองจึงได้ปรับ pH เพื่อให้สกัดได้โปรตีนในเปอร์เซนต์ที่สูงขึ้น (35)

จากตารางที่ 14 จะเห็นได้ว่า เมื่อ pH ที่ใช้ในการสกัดโปรตีน สูงขึ้นเปอร์เซนต์โปรตีนของนมข้าวโพด และเปอร์เซนต์โปรตีนที่สกัดได้ สูงขึ้น คือ กรณีที่ไม่ปรับ pH (pH ประมาณ 7.2) สกัดได้ 62.64 เปอร์เซนต์ เมื่อปรับ pH จนถึง pH 10 สามารถสกัดได้ 69.60 ทั้งนี้เป็นไปตามหลักของ solubility ของโปรตีน คือ โปรตีนจะมีการละลายได้น้อยที่สุดที่ isoelectric pH ซึ่งหมายถึง pH ที่โปรตีนโมเลกุลมีประจุสุทธิ (net charge) เป็นศูนย์ (30) ดังนั้นถ้า pH ห่างจาก isoelectric point มากขึ้น โปรตีนโมเลกุลจะมีการละลายได้มากขึ้น และสำหรับโปรตีนของข้าวโพด มี isoelectric pH ประมาณ 4.7 (35) อย่างไรก็ตาม เปอร์เซนต์โปรตีน และเปอร์เซนต์ของโปรตีนที่สกัดได้เมื่อทำการปรับจนถึง pH 10 จะเห็นได้ว่า เพิ่มขึ้นเพียง 7 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ยังไม่ได้ปรับ (pH 7.2) ทั้งนี้อาจจะเป็นผลเนื่องมาจากการ blanching ซึ่งทำให้

โปรตีนในข้าวโพดสูญเสียสภาพธรรมชาติ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ความสามารถในการละลายลดลง หรือมี Insoluble protein ปริมาณเพิ่มขึ้นนั่นเอง และนอกจากนี้ในการทดลองหลังจากสวกได้ฝานเนื้อข้าวโพดออกจากฝักและนำไปเก็บในตู้แช่แข็งตามสภาพเครื่องมือที่มีในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีผลต่อโปรตีนทำให้เปอร์เซนต์ recovery เพิ่มขึ้นน้อย และจากผลการทดลองของ Pukrushpan (29) พบว่าการสวกจะเป็นผลให้ Insoluble protein เพิ่มขึ้นจาก 0.7 เปอร์เซนต์ เป็น 4.5 เปอร์เซนต์ ในขณะที่ salt-soluble protein ลดลงจาก 4.6 เป็น 2.0 เปอร์เซนต์ และ alcohol-soluble protein ลดลงจาก 3.5 เป็น 2.4 เปอร์เซนต์ ส่วน slkali-soluble protein และโปรตีนทั้งหมดเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยไม่มีนัยสำคัญ และนอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลเนื่องมาจากการ blanching ดังกล่าวนี้ จะแปรผันไปโดยจะขึ้นกับพันธุ์และอายุของข้าวโพด (29)

ดังนั้นในการทดลองนี้จึงไม่ปรับ pH

5.1.5 การปรับปรุงลักษณะปรากฏ (appearance) ของนมข้าวโพด

เนื่องจากนมข้าวโพดที่ผลิตได้มีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มี particle เล็ก ๆ แขวนลอยอยู่ทั่วไป เมื่อตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2-3 นาที จะเกิดการตกตะกอนแยกชั้น ซึ่งลักษณะที่เกิด particle เล็ก ๆ แขวนลอยอยู่ทั่วไปนี้เกิดขึ้นหลังจากการ preheat (70 องศาเซลเซียส 2 นาที) ก่อนบรรจุกระป๋อง และคุณเรืองศรี พราพงษ์ (60) ซึ่งทำผลิตภัณฑ์ corn-soy beverage ได้เคยพบปัญหานี้เช่นกัน ซึ่งได้เลี่ยงโดยการทำเป็นผลิตภัณฑ์แห้ง แต่ในการทดลองได้ศึกษาให้ลึกลงไปโดยการวิเคราะห์ส่วนที่ไม่ละลาย (insoluble solid) ของ solid portion ที่ตกตะกอน ซึ่งพบว่า นมข้าวโพดที่ผลิตจากข้าวโพดหวานพิเศษโดยใช้อัตราส่วนข้าวโพด: น้ำ 1:4 ประกอบด้วย insoluble solid 2.01 เปอร์เซนต์ และ insoluble solid ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 59.05 เปอร์เซนต์ (น้ำหนักแห้ง) โปรตีน 24.12 เปอร์เซนต์ (น้ำหนักแห้ง) ไขมัน 14.63 เปอร์เซนต์ (น้ำหนักแห้ง) (ตารางที่ 15) ดังนั้น สาเหตุของการที่มี particle เล็ก ๆ แขวนลอยอยู่ทั่วไป ทำให้มีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกันนี้อาจจะเกิดขึ้นจากการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนในขณะ preheat หรืออาจเกิดจากโมเลกุลของโปรตีนและแป้งที่มีขนาดเล็ก เกิดการรวมตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้นขณะได้รับความร้อน จึงได้ทดลองใช้ carrageenan เป็น stabilizer ในนมข้าวโพด พบว่า จากการใช้คาราจิแนน (RECODAN-RS') .05 ถึง 0.5 เปอร์เซนต์

พบว่า เมื่อเปอร์เซนต์ stabilizer ที่ใช้เพิ่มขึ้น เปอร์เซนต์ของตะกอนที่เกิดขึ้นจะลดลง (ตารางที่ 16) และเมื่อตั้งทิ้งไว้ การตกตะกอนเกิดขึ้นช้ากว่ากรณีที่ไม่ใช้ stabilizer ส่วนคุณลักษณะของนมข้าวโพดหลังการ centrifuge พบว่า ส่วนของ supernatant ข้นกว่ากรณีที่ไม่เติม stabilizer เล็กน้อย ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจาก RECODAN-RS ซึ่งประกอบด้วย คาราจิแนน ชนิด Kappa Lambda Iota และ emulsifier และเนื่องจาก คาราจิแนน เป็น strongly charged anionic polyelectrolyle ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติในการทำปฏิกิริยากับอนุภาคของโมเลกุลอื่น เกิดเป็นสารประกอบที่อยู่ตัวได้ (51) อย่างไรก็ตาม คาราจิแนนชนิดต่างกัน จะมีโครงสร้างของโมเลกุลแตกต่างกันออกไป คุณสมบัติบางประการก็จะแตกต่างกันออกไปบ้าง ดังนั้น คาราจิแนน แต่ละชนิดก็จะเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดแตกต่างกันออกไปได้ (51,52) ดังนั้นจากผลการทดลองอาจเป็นไปได้ว่า RECODAN-RS ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับนมข้าวโพด

การทดลองครั้งต่อมาได้ใช้ GENU-SGI 3 เป็น stabilizer ในปริมาณ 0.01 ถึง 0.20 เปอร์เซนต์ พบว่า เมื่อใช้ stabilizer ในปริมาณสูงขึ้น เปอร์เซนต์ของ solid portion ที่ตกตะกอนลดลงเล็กน้อย (ตารางที่ 17) และพบว่าการใช้ GENU-SGI 3 ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซนต์ขึ้นไป นมข้าวโพดที่ได้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน อย่างไรก็ตามเมื่อตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3-4 ชั่วโมง จะเริ่มมีชั้นของตะกอนเกิดขึ้นเหมือนกัน โดยที่ส่วนของ supernatant ยังคงมีลักษณะข้นเช่นเดียวกันขณะที่ยังไม่มีตะกอนเกิดขึ้น สำหรับการที่คาราจิแนนชนิด Iota สามารถ stabilize ได้ดีกว่า 'RECODAN-RS' ซึ่งเป็นชนิดผสมของคาราจิแนน นั้น จากเหตุผลที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วกล่าวคือ คาราจิแนน ต่างชนิดกันจะมีโครงสร้างโมเลกุลแตกต่างกันออกไป ทำให้มีคุณสมบัติและความเหมาะสมในการใช้เป็น stabilizer อาจแตกต่างกันไปได้ และจากการที่ Iota มีคุณสมบัติในการ disperse ได้ดีในน้ำเย็น ในขณะที่ Kappa ไม่ละลายในน้ำเย็น และ Lambda ละลายได้ดีในน้ำเย็น ดังนั้นคุณสมบัติของ Iota ในการ disperse ได้ดีในน้ำเย็นประกอบกับคุณสมบัติในการเป็น strongly charged anionic polyelectrolyte ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติในการทำปฏิกิริยากับอนุภาคของโมเลกุลอื่นทำให้เกิดสารประกอบที่อยู่ตัวอันเป็นคุณสมบัติทั่วไปของ คาราจิแนน จึงทำให้ GENU-SGI 3 สามารถ stabilize นมข้าวโพดได้ดี และนอกจากนี้จากการตรวจเอกสาร (52) พบว่า คาราจิแนนชนิด Iota เหมาะสมสำหรับใช้ stabilize โปรตีนในถั่วเหลือง ในขณะที่ type

อื่น ๆ ใช้ได้ไม่ดี ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่า carrageenan ชนิด Iota เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์จากพืชมากกว่า type อื่น ๆ

สำหรับปัญหาของการเกิดตะกอนหลังจากตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3-4 ชั่วโมง ในกรณีที่เติม GENU-SGI 3 นี้อาจแนะนำให้ผู้บริโภคเขย่าผลิตภัณฑ์ก่อนเปิดภาชนะบรรจุ

5.2 การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของนมข้าวโพด

จากการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของนมข้าวโพดโดยเติมนมผง และ/หรือแป้งถั่วเหลือง และนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และการยอมรับในการบริโภค พบว่า ในด้านปริมาณโปรตีนของสูตรที่ ได้รับการเพิ่มคุณค่าทางอาหาร (ตารางที่ 20) CM-SF มีโปรตีนสูงกว่าสูตรอื่นคือ 2.84 เปอร์เซนต์ รองลงมาคือ CM-MP-SF และ CM-MP ซึ่งมีโปรตีน 2.32 และ 1.95 เปอร์เซนต์ตามลำดับ เปรียบเทียบกับสูตรของผลิตภัณฑ์แห้ง corn-soy-milk (CSM) ที่ได้รับการพัฒนาโดย American Corn Miller's Federation ซึ่งกำหนดให้ CSM มีโปรตีนอย่างต่ำ 19 เปอร์เซนต์ (น้ำหนักแห้ง) ไขมัน 6 เปอร์เซนต์ (น้ำหนักแห้ง) (20) ถ้านำมาทำเป็นเครื่องดื่ม จะต้องนำไปผสมกับน้ำให้เดือดโดยใช้ผลิตภัณฑ์ 10 เปอร์เซนต์ในน้ำ ดังนั้นวิธีการดังกล่าวจะทำให้ผลิตภัณฑ์เตรียมได้มีโปรตีน 1.9 เปอร์เซนต์ และไขมัน 0.6 เปอร์เซนต์ ดังนั้นสูตร CM-MP CM-SF และ CM-MP-SF จึงมีเปอร์เซนต์โปรตีนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์ดังกล่าว แต่กรณี CM ซึ่งไม่มีการเติมแป้งถั่วเหลืองและ/หรือนมผง มีโปรตีน 0.74 เปอร์เซนต์ ต่ำกว่าเกณฑ์ดังกล่าวมาก และสำหรับองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ corn-soy beverage จากรายงานผลการทดลองของ เรืองศรี (15) พบว่า ผลิตภัณฑ์ corn-soy beverage ซึ่งผลิตโดยใช้อัตราส่วนของนมข้าวโพด (ผลิตโดยใช้อัตราส่วนของ ข้าวโพด : น้ำ 1 : 2) : นมถั่วเหลือง (ผลิตโดยอัตราส่วนถั่วเหลือง : น้ำ 1 : 5) : นมผง : น้ำตาล เป็น 70 : 25 : 5 : 0 นำมาทำให้แห้งโดยใช้ drum dry จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีน 27.68 เปอร์เซนต์ ไขมัน 14.66 เปอร์เซนต์ ซึ่งเวลาดื่มจะต้องนำมาผสมกับน้ำให้ได้เปอร์เซนต์ของแข็งทั้งหมดประมาณ 10 เปอร์เซนต์ ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้จึงมีโปรตีนประมาณ 2.7 เปอร์เซนต์ ซึ่งต่ำกว่าสูตร CM-SF (โปรตีน 2.84 เปอร์เซนต์) และไขมันประมาณ 1.4 เปอร์เซนต์ ซึ่ง

ต่ำกว่าสูตร CM-MP (ไขมัน 1.65 เปอร์เซนต์) อย่างไรก็ตาม นมข้าวโพดที่ทดลองทั้ง 3 สูตร มีปริมาณของโปรตีนและไขมัน ต่ำกว่านมปรุงแต่ง ยูเอชที ของฟาร์มโคนมไทย-เดนมาร์ค ซึ่งมีโปรตีน 3.8 เปอร์เซนต์ และไขมันเนย 3.25 เปอร์เซนต์ สำหรับในด้านปริมาณไขมัน (ตารางที่ 20) CM-MP มีไขมันสูงสุด คือ 1.65 เปอร์เซนต์ รองลงมาคือ CM-MP-SF และ CM-SF ซึ่งมีไขมัน 1.36 และ 1.28 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ส่วนสูตร CM มีไขมัน 0.38 เปอร์เซนต์

จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 20) ในเรื่องความมัน พบว่า CM-MP ซึ่งมีเปอร์เซนต์ไขมันสูงสุด ได้คะแนนสูงสุดคือ 7.35 คะแนน รองลงมาคือ CM-MP-SF ซึ่งมีปริมาณไขมันรองลงมาได้ 6.7 คะแนน อย่างไรก็ตามคะแนนของทั้งสองสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ แต่ทั้งสองสูตรนี้ได้คะแนนมากกว่า CM-SF และ CM อย่างมีนัยสำคัญ โดย CM-SF ได้ 5.75 คะแนน และ CM 5.8 คะแนน สำหรับคะแนนในเรื่องความมันของ CM-SF กับ CM ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เช่นกันทั้ง ๆ ที่ CM-SF มีไขมัน 1.28 เปอร์เซนต์ ซึ่งสูงกว่า CM ซึ่งมีไขมัน 0.38 เปอร์เซนต์ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจาก CM-SF มีความข้นมากเกินไป จนเป็นสาเหตุให้การยอมรับทางด้านอื่น ๆ ลดน้อยลงไปด้วย ซึ่งจะเห็นได้จากตารางที่ 19 CM-SF เป็นสูตรที่มีความหนืด 160 cps ซึ่งสูงกว่าสูตรอื่น ๆ มาก คือสูตร CM-MP-SF 90 cps สูตร CM-MP 42.5 cps และสูตร CM 28.5 cps อย่างไรก็ตามนมข้าวโพดทั้ง 4 สูตรมีความหนืดสูง เมื่อเปรียบเทียบกับนมถั่วเหลืองชนิดที่เตรียมจากแป้งถั่วเหลือง ซึ่งมีความหนืดประมาณ 8-10 CPS (7) และจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในเรื่องความข้น (ตารางที่ 21) CM-MP ได้คะแนนสูงสุดคือ 7.35 รองลงมาคือ CM-MP-SF 6.55 คะแนน ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ รองลงมาคือ CM และ CM-SF ซึ่งได้ 5.4 และ 5.05 คะแนนตามลำดับ

สำหรับในเรื่องกลิ่น จากตารางที่ 21 จะเห็นได้ว่า CM-MP ได้คะแนนสูงสุด คือ 7.3 รองลงมาคือ CM 6.85 คะแนน CM-MP-SF 6.45 คะแนน และ CM-SF ได้คะแนนต่ำสุด 5.45 คะแนน ทั้งนี้การที่ CM-SF ได้คะแนนต่ำสุด เนื่องมาจาก CM-SF เป็นสูตรที่เติมแป้งถั่วเหลือง 5 เปอร์เซนต์ จึงทำให้มีกลิ่นถั่ว (beany flavor) มากและ

และไม่มีกลิ่นหอมของข้าวโพดเลย อย่างไรก็ตามสำหรับสูตรที่เติมแป้งถั่วเหลือง สูตร CM-SF และ CM-MP-SF ถ้าใช้ผลิตภัณฑ์แป้งถั่วเหลืองที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพในเรื่องของกลิ่นให้มีกลิ่นถั่วน้อยลง จะทำให้ผลิตภัณฑ์นมข้าวโพดทั้งสองสูตรมีกลิ่นซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้นได้ นอกจากนี้การเติมกลิ่นวานิลา ชอกโกแลต หรืออื่น ๆ จะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคโดยเฉพาะเด็ก มากขึ้นอีกด้วย

ในด้านคะแนนความชอบทั้งหมด CM-MP ได้คะแนนสูงสุดคือ 7.55 รองลงมาคือ CM-MP-SF 6.65 คะแนน ซึ่งไม่แตกต่างจาก CM-MP อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95 เปอร์เซนต์ รองลงมาคือ CM 6.2 คะแนน ส่วน CM-SF ได้คะแนนต่ำกว่า 5 (4.95 คะแนน) ซึ่งถือว่าคะแนนอยู่ในระดับไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ดังนั้นจากผลการทดลองสรุปได้ว่า การเติมแป้งถั่วเหลืองในปริมาณ 5 เปอร์เซนต์ จะทำให้มีโปรตีน 2.84 เปอร์เซนต์ ซึ่งสูงกว่ากรณีเติมนมผง 5 เปอร์เซนต์ ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มี โปรตีน 1.95 เปอร์เซนต์ และกรณีเติมนมผงและแป้งถั่วเหลืองอย่างละ 2.5 เปอร์เซนต์ ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีโปรตีน 2.32 เปอร์เซนต์ แต่สูตร CM-SF ก็มีปัญหาในเรื่องของกลิ่นถั่ว และความข้นซึ่งเป็นผลให้ความชอบทั้งหมดได้คะแนนต่ำกว่า 5

สำหรับในด้านราคาต้นทุนของนมข้าวโพด (เฉพาะราคาวัตถุดิบ) พบว่า ราคาของนมข้าวโพดสูตร CM-MP สูงสุดคือ 7.18 บาทต่อลิตร รองลงมาคือ CM-MP-SF 6.23 บาท และ CM 3.46 บาท ดังนั้นจะเห็นได้ว่า สูตร CM-MP-SF เป็นสูตรที่มีโปรตีนสูงและราคาถูกกว่า CM-MP ถึงแม้ว่าคะแนนความชอบของ CM-MP-SF จะต่ำกว่า CM-MP แต่ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ในด้าน appearance พบว่าสูตร CM-MP และ CM-MP-SF มี appearance ดีขึ้นกว่าเดิมเมื่อเทียบกับ CM (กรณีที่ยังไม่เติม stabilizer) คือมีลักษณะค่อนข้างเป็นเนื้อเดียวกัน โดยเฉพาะสูตร CM-MP อย่างไรก็ตามหลังจากนำไป centrifuge พบว่ายังคงมี solid portion ตกตะกอนลงมา แต่กรณี CM-MP ส่วนของ supernatant ยังคงมีลักษณะขุ่นเหมือนสภาพที่ยังไม่มี solid portion ตกตะกอน

จากการทดลองนำ คาราจิแนน (GENU-SGI 3) มาใช้ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซนต์ พบว่า กรณี CM-MP เมื่อตั้งทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง สังเกตไม่พบตะกอน แต่จาก

การนำไป centrifuge พบว่ายังคงมี solid portion ตกตะกอนลงมา ส่วน CM-MP-SF เมื่อตั้งทิ้งไว้ 3-4 ชั่วโมง จะเริ่มสังเกตเห็นชั้นของ solid portion ที่ตกตะกอนลงมา และเมื่อนำไป centrifuge จะเห็นชั้นของตะกอนชัดเจนขึ้นแต่น้อยกว่ากรณีที่ไม่เติม stabilizer เช่นเดียวกับกรณีของ CM ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มว่าถ้าตั้งทิ้งไว้นาน ๆ จะมี solid portion ตกตะกอนให้เห็นชัดเจนขึ้น อย่างไรก็ตาม หลังจากนำไป centrifuge ส่วนของ supernatant ของ CM-MP-SF ยังคงขุ่นอยู่ แตกต่างจากกรณีที่ไม่ใส่ stabilizer ส่วนของ supernatant จะค่อนข้างใส ดังนั้น GENU-SGI 3 จะสามารถใช้ได้ทั้งในกรณีของ CM และกรณีที่เติมนมผงและ/หรือแป้งถั่วเหลือง

สำหรับองค์ประกอบของกรดอะมิโนจำเป็นของนมข้าวโพด ในการทดลองนี้ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตาม นมข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการแล้วคาดว่าจะมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนจำเป็นอยู่ในระดับที่ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเติมนมผงหรือแป้งถั่วเหลืองเลย ทั้งนี้จากปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็นของข้าวโพด (ตารางที่ 26 ภาคผนวก ก) จะเห็นได้ว่าข้าวโพดมี Lysine และ tryptophan ต่ำ คือมี chemical score 29 และ 30 ตามลำดับ แต่มี methionine สูง ในขณะที่ถั่วเหลืองมี Lysine และ tryptophan สูง คือมี chemical score 114 และ 140 ตามลำดับ แต่มี methionine ต่ำ และนมผงมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนคือมี chemical score สูงกว่า 100 เมื่อเทียบกับมาตรฐานของ FAO/WHO ปี 1973 ดังนั้นการนำแป้งถั่วเหลือง และ/หรือนมผงมาผสมในนมข้าวโพด จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณที่สมดุลย์ขึ้น ดังนั้นจึงอาจคาดได้ว่านมข้าวโพดสูตรที่มีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการดังกล่าวจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น PER (Protein Efficiency Ratio) สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความสมดุลของกรดอะมิโนจำเป็นสูงขึ้นนั่นเอง และสำหรับ CSM ที่ผลิตขึ้นตามสูตรของ The American Corn Miller's Federation CSM มี PER ประมาณ 2.42-2.48 (11,20,21) ซึ่งสูงกว่า PER ของข้าวโพดหรือ PER ของแป้งถั่วเหลืองอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงเหมาะสมที่จะนำมาผลิต โดยเฉพาะในแหล่งที่ขาดแคลนโปรตีน และพลังงาน ซึ่งจะทำให้ช่วยแก้ไขปัญหาบางส่วนได้บ้างในเรื่องของการเกิด Protein-Calorie Malnutrition โดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนา