บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการผลิตนมข้าวโพด

4.1.1 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการลวกข้าวโพดทั้งฝักด้วยไอน้ำ

ในการผลิตนมข้าวโพด จะต้องหาเวลาที่เหมาะสมในการทำ steam blanching ข้าวโพดทั้งฝักเพื่อทำลาย enzyme ก่อนที่จะผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต่อไป

จากผลการทดสอบ peroxidase activity ในตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่า การใช้เวลา 6 และ 7 นาที ยังมี enzyme หลงเหลืออยู่ จึงให้ผล positive test แต่ที่เวลา 8 นาที ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2 ให้ผล negative test ซึ่งแสดงว่า enzyme ได้ถูกทำลายหมดแล้ว ส่วนข้าวโพดหวานพิเศษ ใช้เวลา 9 นาที จึงจะให้ผล negative

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ uniform จะเลือกใช้เวลา 9 นาที สำหรับข้าวโพด ทั้ง 2 ชนิด

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบ peroxidase activity ของข้าวโพดหวานพิเศษและข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2 ซึ่งใช้ข้าวโพดทั้งฝักมาลวกด้วยไอน้ำ (steam blanching) ใน steam apparatus โดยใช้เวลา 6-9 นาที ใช้วิธีการทดสอบตามรายละเอียดใน ภาคผนวก ข ข้อ 8

treatment (นาที)	peroxidase activity	
	ข้าวโพดหวานพิเศษ	ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2
6	++ve	+ve
7	+ve	+ve
8	+ve	-ve
9	-ve	-ve

ให้เครื่องหมายจากการสังเกตด้วยตา ดังนี้คือ

++ve = การเปลี่ยนแปลงของสีเกิดขึ้นเร็ว

+ve = การเปลี่ยนแปลงของสีเกิดขึ้นช้า แต่เกิดขึ้นภายในเวลา $3\frac{1}{2}$ นาที

-ve = การเปลี่ยนแปลงของสีเกิดขึ้นหลังจาก $3\frac{1}{2}$ นาที

4.1.2 ผลการเลือกชนิดของข้าวโพดในการนำมาผลิตเป็นนมข้าวโพด ระหว่างข้าวโพดหวานพิเศษ และข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2

ในการทดลองใช้ข้าวโพดหวานพิเศษ และข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2 ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมี (proximate composition) ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมี (%) ของข้าวโพดหวานพิเศษ และข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2

องค์ประกอบทางเคมี	ข้าวโพดหวานพิเศษ	ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2
ความชื้น	74.49	64.21
โปรตีน	4.59	3.13
ไขมัน	1.51	0.85
เถ้า	0.46	0.71
เส้นใย	0.85	1.22
คาร์โบไฮเดรต	18.11	29.88

จากการนำนมข้าวโพดที่ผลิตจากข้าวโพดหวานพิเศษ โดยใช้อัตราส่วนของข้าวโพดต่อน้ำ 1 : 2, 1 : 4 และ 1 : 6 และ ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2 ใช้อัตราส่วนของข้าวโพดต่อน้ำ 1 : 4, 1 : 6 และ 1 : 8 จากนั้นนำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ผลการทดสอบ แสดงไว้ในตารางที่ 7 และ 8

จากตารางที่ 7 ซึ่งแสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค นมข้าวโพดที่ผลิตจากข้าวโพดหวานพิเศษ จะเห็นได้ว่า คะแนนของอัตราส่วน 1 : 6 ค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องความชอบในเนื้อสัมผัส ซึ่งได้คะแนนต่ำกว่า 5 อย่างไรก็ตาม พบว่าทั้ง 3 สูตรนี้มีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95 เปอร์เซนต์ ทั้งในเรื่อง กลิ่นรส และ ความชอบทั้งหมด

i 17191725

ตารางที่ 7 คะแนนเฉลี่ย จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่อง ความชอบในกลิ่นรส, เนื้อสัมผัส และความชอบในอาหารนั้น โดยเปรียบเทียบระหว่างนมข้าวโพดที่ผลิตโดยอัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ เป็น 1 : 2, 1 : 4 และ 1 : 6 สำหรับกรณีข้าวโพดหวานพิเศษ

คุณลักษณะที่ประเมิน	อัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ		
	1 : 2	1 : 4	1 : 6
ความชอบในกลิ่นรส	6.5[a]	6.3[a]	5.4[a]
ความชอบในเนื้อสัมผัส	5.9[b]	6.1[b]	4.8[c]
ความชอบในอาหารนั้น	6.0[d]	6.3[d]	5.2[d]

หมายเหตุ - ผู้ชิมจำนวน 10 คน, ผู้หญิง 9 คน ผู้ชาย 1 คน

- ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
- การวางแผนทดลองใช้ Randomized Complete-Block Design (ดูตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ค)
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (ดูตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ค)

จากตารางที่ 8 แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค นมข้าวโพดที่ผลิตจากข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2 จะเห็นได้ว่า ทั้ง 3 สูตร ได้คะแนนอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะคะแนนในเรื่องเนื้อสัมผัส และความชอบในผลิตภัณฑ์ของอัตราส่วน 1 : 4 และ 1 : 6 ส่วนอัตราส่วน 1 : 8 ได้คะแนนค่อนข้างต่ำ แต่ยังคงอยู่ในระดับที่พอจะยอมรับได้

ตารางที่ 8 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่อง ความชอบในกลิ่นรส, ความชอบในเนื้อสัมผัส และความชอบในอาหารนั้น โดยเปรียบเทียบระหว่างนมข้าวโพดที่ผลิตโดยอัตราส่วนของ ข้าวโพด : น้ำ เป็น 1:4, 1:6 และ 1:8 สำหรับกรณีของข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2

คุณลักษณะที่ประเมิน	อัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ		
	1 : 4	1 : 6	1 : 8
ความชอบในกลิ่นรส	5.3[a]	6.1[a]	6.3[a]
ความชอบในเนื้อสัมผัส	3.4[b]	3.7[b]	5.3[c]
ความชอบในอาหารนั้น	4.8[d]	5.1[e]	5.7[e]

หมายเหตุ - ผู้ชิมจำนวน 10 คน ผู้หญิง 9 คน ผู้ชาย 1 คน

- ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
- การวางแผนการทดลองใช้ Randomized Complete-Block Design (ดูตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ค)
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (ดูตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ค)

4.1.3 ผลการ ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างข้าว โพดกับน้ำในการผลิตนมข้าว โพด จากข้าว โพดหวานพิเศษ

4.1.3.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของนมข้าว โพด

จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคเบื้องต้น พบว่า นมข้าว โพดซึ่งผลิตจากข้าว โพดสุวรรณ 2 ผู้บริโภคให้การยอมรับน้อยทั้งในด้าน กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบทั้งหมด การศึกษาขั้นต่อไปจึงเลือกเฉพาะข้าว โพดหวานพิเศษมาทำการศึกษาทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างข้าว โพดกับน้ำในการผลิตนมข้าว โพด ซึ่งจะศึกษาทั้งในด้านคุณสมบัติทางกายภาพ, องค์ประกอบทางเคมี และการยอมรับของผู้บริโภคซึ่ง ผลการทดลองมีในตารางที่ 9, 10 และ 12 ตามลำดับ

จากตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่า การใช้อัตราส่วน 1 : 2 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นหอม ความข้น และ การตกตะกอนมากกว่า 1 : 4 และ 1 : 6 ตามลำดับ

สำหรับลักษณะปรากฏของนมข้าว โพดทั้ง 3 สูตรพบว่า นมข้าว โพดมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มี particle เล็ก ๆ แขวนลอยอยู่ทั่วไป เมื่อตั้งทิ้งไว้ หรือนำไป centrifuge พบว่า particle เหล่านี้ตกตะกอนลงมา

ตารางที่ 9 คุณสมบัติทางกายภาพของนมข้าวโพดที่เตรียมจากข้าวโพดหวานพิเศษโดยอัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ 1:2 1:4 และ 1:6

รายการที่ตรวจวิเคราะห์	น้ำนมข้าวโพด		
	อัตราส่วน 1 : 2	อัตราส่วน 1 : 4	อัตราส่วน 1 : 6
สี Hue Value/Chroma	5 Y 8.5/8 สีเหลืองเข้ม	5 Y 8.5/6 สีเหลืองปานกลาง	5Y 9/4 สีเหลืองอ่อน
กลิ่น	หอมหวานคล้ายข้าวโพดชเณะต้ม	เหมือนอัตราส่วน 1 : 2 แต่กลิ่นข้าวโพดน้อยกว่า	มีกลิ่นข้าวโพดเล็กน้อย
ความหนืด (cps.)	40.00	25.00	11.25
pH	6.80	6.70	6.80
การแยกชั้นหลัง centrifuge 5 นาที -ตะกอน(น.น.ตะกอน/น.น.ทั้งหมด) (ปริมาตรตะกอน/ปริมาตรทั้งหมด)	74.9 % 70.00%	35.75 % 35.00 %	22.64 % 21.25 %
ลักษณะปรากฏ (appearance)	น้ำนมข้าวโพดที่ได้มีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน, มี particle เล็กๆ แขวนลอยอยู่ทั่วไป และเมื่อตั้งทิ้งไว้ particle เหล่านี้จะตกตะกอนลงมาแยกเป็น 2 ชั้นอย่างชัดเจน หลังจาก centrifuge (5 นาที) การแยกชั้นเกิดขึ้นชัดเจนโดยที่ชั้นล่างเป็นตะกอนสีเหลือง ชั้นบนเป็นสารละลายสีเหลือง	ลักษณะเช่นเดียวกับน้ำนมข้าวโพดอัตราส่วน 1 : 2 แต่มี particle กระจายอยู่หนาแน่นน้อยกว่าและเมื่อตั้งทิ้งไว้จะมีลักษณะการแยกชั้นแบบเดียวกับอัตราส่วน 1 : 2	ลักษณะแบบเดียวกับน้ำนมข้าวโพดอัตราส่วน 1 : 4 แต่ตอนบางใสกว่า และลักษณะการแยกชั้นก็เป็นแบบเดียวกับอัตราส่วน 1 : 2

4.1.3.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของนมข้าวโพด (CM)

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของนมข้าวโพดในตารางที่ 10 จะเห็นได้ว่า เปอร์เซนต์ โปรตีนของ CM 1:2 เท่ากับ 0.95 เปอร์เซนต์ สูงกว่าเปอร์เซนต์โปรตีนของ CM 1:4 และ 1:6 ซึ่งมี 0.71 และ 0.44 เปอร์เซนต์ตามลำดับ สำหรับเปอร์เซนต์ไขมัน CM 1:2 มีเปอร์เซนต์ไขมัน 0.66 ส่วน CM 1:4 และ CM 1:6 มี 0.46 และ 0.29 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 แสดงองค์ประกอบทางเคมี (%) ของนมข้าวโพด ที่ผลิตจากข้าวโพดหวานพิเศษ โดยใช้อัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ 1 : 2, 1 : 4 และ 1 : 6

องค์ประกอบทางเคมี	นมข้าวโพด		
	CM 1:2	CM 1:4	CM 1:6
น้ำ	87.67	89.09	89.86
โปรตีน	0.95	0.71	0.44
ไขมัน	0.66	0.46	0.29
เถ้า	0.28	0.17	0.14
เส้นใย	0.1	0.04	0.02
คาร์โบไฮเดรต	10.34	9.53	9.25

หมายเหตุ CM 1:2 = อัตราส่วน ข้าวโพด : น้ำ 1 : 2

CM 1:4 = อัตราส่วน ข้าวโพด : น้ำ 1 : 4

CM 1:6 = อัตราส่วน ข้าวโพด : น้ำ 1 : 6

สำหรับเปอร์เซนต์โปรตีนของนมข้าวโพดที่ผลิตจากข้าวโพดหวานพิเศษ โดยใช้อัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ ต่าง ๆ กัน เมื่อคำนวณในรูปของเปอร์เซนต์โปรตีนที่สกัดได้ (เปอร์เซนต์ recovery ของโปรตีน) จากตารางที่ 11 จะเห็นได้ว่า CM 1:4 และ CM 1:6 มีเปอร์เซนต์โปรตีนที่สกัดได้สูงกว่า CM 1:2 ประมาณ 1.5 เท่า

ตารางที่ 11 เปอร์เซนต์โปรตีนในนมข้าวโพดและเปอร์เซนต์โปรตีนที่สกัดได้ (เปอร์เซนต์ recovery) จากข้าวโพดหวานพิเศษ โดยใช้อัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ 1:2 1:4 และ 1:6

อัตราส่วน ข้าวโพด : น้ำ	ปริมาณข้าวโพดที่ใช้ (กิโลกรัม)	ปริมาณนมข้าวโพดที่ได้ (กิโลกรัม)	เปอร์เซนต์โปรตีนของนมข้าวโพด	เปอร์เซนต์โปรตีนที่สกัดได้ (เปอร์เซนต์ recovery)
1:2(CM 1:2)	1.20	2.10	0.95	37.31
1:4(CM 1:4)	0.70	2.60	0.71	57.41
1:6(CM 1:6)	0.50	2.90	0.44	55.18

4.1.3.3 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคนมข้าวโพด CM 1:2, CM 1:4 และ CM 1:6 (ตารางที่ 12) จะเห็นได้ว่า CM 1:4 ได้คะแนนความชอบสูงกว่าสูตรที่เหลือ อย่างไรก็ตามคะแนนของ CM 1:2 และ CM 1:4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ทั้งในเรื่อง สี กลิ่นหอม รสหวาน ความมัน ความข้น และความชอบทั้งหมด ส่วน CM 1:6 ได้คะแนนค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะในเรื่องความมันได้คะแนนต่ำกว่า 5 สำหรับคะแนนความข้นและคะแนนความชอบทั้งหมด ได้คะแนน 5.1 และ 5.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในเรื่อง สี กลิ่น รสหวาน ความมัน ความข้น และความชอบทั้งหมดของผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโพดที่เตรียมจากข้าวโพดหวานพิเศษ โดยอัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ 1:2, 1 : 4 และ 1 : 6

คุณลักษณะที่ประเมิน	นมข้าวโพด		
	CM 1 : 2	CM 1 : 4	CM 1 : 6
สี	6.75[a]	6.55[a]	5.9[b]
กลิ่นหอม	6.85[c]	6.95[c]	5.8[d]
รสหวาน	6.50[e]	7.05[e]	6.15[e]
ความมัน	6.80[f]	6.76[f]	4.95[g]
ความข้น	6.60[h]	7.25[h]	5.10[i]
ความชอบทั้งหมด	6.75[j]	7.10[j]	5.30[k]

หมายเหตุ
- ผู้ชิมจำนวน 20 คน ผู้หญิง 16 คน ผู้ชาย 4 คน อายุ 21 ปีขึ้นไป
- ผู้ชิมดื่มนมวัว หรือนมถั่วเหลือง
  ดื่มประจำ 3 คน ดื่มเป็นบางวัน 15 คน ไม่ดื่มเลย 2 คน
- ถ้าผลิตนมข้าวโพดออกมาจำหน่าย
  ผู้ชิม ซื้อแน่ 3 คน อาจจะ 14 คน ไม่ซื้อแน่ 3 คน
- ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนร่วมกัน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์
- การวางแผนการทดลองใช้ Randomized Complete-Block Design (ดูตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ค)
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (ดูตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ค)

จากข้อมูลในการผลิตนำมาประเมินราคาของนมข้าวโพดที่คิดเฉพาะราคาของวัตถุดิบ (ตารางที่ 13) จะเห็นได้ว่า นมข้าวโพดสูตร CM 1:2 ราคา 6.21 บาทต่อลิตร CM 1:4 ราคา 3.58 บาทต่อลิตร และ CM 1:6 ราคา 2.72 บาทต่อลิตร

ตารางที่ 13 ข้อมูลที่ได้จากการเตรียมนมข้าวโพดจากข้าวโพดหวานพิเศษ อัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ 1 : 2, 1 : 4, 1 : 6

รายการ	นมข้าวโพด		
	CM 1:2	CM 1:4	CM 1:6
เนื้อข้าวโพด (กิโลกรัม)	1.200	0.700	0.500
น้ำ (ลิตร)	2.400	2.8	3.000
อุณหภูมิขณะปั่น (องศาเซลเซียส)	46	46	46
ปริมาณน้ำตาลที่เติม (กิโลกรัม)	0.144	0.196	0.236
ปริมาณเกลือที่เติม (กิโลกรัม)	0.002	0.0036	0.003
ปริมาตรนมข้าวโพดหลังกรอง (ลิตร)	2.128	2.564	2.869
น้ำหนักกาก (กิโลกรัม)	1.058	0.623	0.360
ปริมาตรนมข้าวโพด (ลิตร) / ข้าวโพด 1 กิโลกรัม	1.773	3.663	5.738
ราคานมข้าวโพด (บาท/ลิตร) เฉพาะราคาวัตถุดิบ(1)	6.21	3.58	2.72

(1) ดูตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ค

4.1.4 ผลของ pH ที่มีต่อการสกัดโปรตีนจากข้าวโพดหวานพิเศษ

จากเปอร์เซนต์ recovery ของโปรตีนที่สกัดได้ จะเห็นได้ว่าค่อนข้างต่ำ คือในกรณีของอัตราส่วนข้าวโพด : น้ำ 1:4 จะมีเปอร์เซนต์ recovery ของโปรตีน 57.4 เปอร์เซนต์ ดังนั้นจึงทดลองปรับ pH ในการสกัดโปรตีนจากข้าวโพด ในขั้นตอนการตีป่นข้าวโพดกับน้ำ (ขั้นตอนที่ 3 ของแผนภูมิที่ 2) pH ที่ใช้ในการทดลองมี 7.2 (กรณีที่ไม่ปรับ pH.) 7.5, 8, 9 และ 10 ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 14 ซึ่งจะเห็นได้ว่า เปอร์เซนต์ recovery ของโปรตีนสูงขึ้น เมื่อ pH ที่ใช้ในการสกัดสูงขึ้น คือจาก 62.64 เปอร์เซนต์ที่ pH 7.2 เป็น 69.60 เปอร์เซนต์ ที่ pH 10 ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการผลิตต้องใช้อุณหภูมิสูงในการลวกข้าวโพด และหลังจากลวกผ่านเนื้อข้าวโพดออกจากฝัก และนำไปเก็บในตู้แช่แข็งตามสภาพเครื่องมือที่มีในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีผลต่อโปรตีน ทำให้เปอร์เซนต์ recovery เพิ่มขึ้นน้อยกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งถึงแม้จะเพิ่ม pH ถึง 10 เปอร์เซนต์ recovery เพิ่มขึ้นอีกเพียง 7 เปอร์เซนต์ ในการทดลองขั้นต่อไปจึงไม่มีการปรับ pH อย่างไรก็ตามผลของ pH ที่มีต่อการสกัดโปรตีนเป็นเรื่องที่ควรมีการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 14 ปริมาณ และเปอร์เซนต์ recovery ของโปรตีนที่สกัดได้จากการเลือก pH ที่ใช้ในการสกัดต่าง ๆ กันคือ pH 7.5, 8, 9 และ 10 ในขั้นตอนการตีปั่นข้าวโพดกับน้ำ ของขบวนการผลิตนมข้าวโพด โดยใช้อัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ 1 : 4

pH	% โปรตีนของนมข้าวโพด	% recovery ของโปรตีน
7.2 (pH เริ่มต้น)	0.72	62.64
7.5	0.77	62.99
8	0.76	66.12
9	0.78	67.86
10	0.80	69.60

(ดูการคำนวณในภาคผนวก ค)

4.1.5 ผลการทดลองใช้ carrageenan เป็น stabilizer ในการปรับปรุงลักษณะปรากฏ (appearance) ของนมข้าวโพด

เนื่องจากนมข้าวโพดที่ผลิตได้มีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มี particle เล็ก ๆ แขวนลอยอยู่ทั่วไปเมื่อตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2-3 นาที particle เหล่านี้จะตกตะกอนลงมา ดังนั้นจึงได้ทดลองแยกส่วนของ solid portion ที่ตกตะกอนจากนมข้าวโพดที่ผลิตจากข้าวโพดหวานพิเศษโดยใช้อัตราส่วน ข้าวโพด : น้ำ 1:4 มาวิเคราะห์องค์ประกอบ ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 15 ซึ่งจะเห็นได้ว่าส่วนของ solid portion ที่ไม่ละลายนี้ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 59.05 เปอร์เซนต์ โปรตีน 24.12 เปอร์เซนต์ ไขมัน 14.63 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 15 รายละเอียดที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์ solid portion ของนมข้าวโพด สูตร CM 1:4 ซึ่งนำมาทำให้ตกตะกอนโดย centrifuge ใน Garver electrifuge 6542 g 5 นาที

รายการที่ตรวจวิเคราะห์	เปอร์เซนต์	
	น้ำหนักเปียก	น้ำหนักแห้ง
- solid portion	5.17	
- ของแข็งที่ไม่ละลาย (Insoluble solid)	2.01	
- โปรตีนในส่วน Insoluble solid)		24.12
- ไขมัน		14.63
- เส้นใย		1.20
- เถ้า		1.00
- คาร์โบไฮเดรต		59.05

จากผลการทดลองใช้ RECODAN-RS (ตารางที่ 16) จะเห็นได้ว่าการใช้ RECODAN-RS ในเปอร์เซนต์ที่สูงขึ้น ทำให้เปอร์เซนต์ solid portion ที่ตกตะกอนลดลง อย่างไรก็ตาม พบว่า นมข้าวโพดที่ได้ยังคงมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน แต่การตกตะกอนเกิดขึ้นช้ากว่ากรณีที่ไม่ได้ใช้ stabilizer และ เมื่อนำไป centrifuge พบว่าส่วนของ supernatant ขุ่นกว่ากรณีที่ไม่ใช้ stabilizer และการแยกชั้นของ solid portion ที่เกิดขึ้นยังคงเห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะกรณีที่ใช้เปอร์เซนต์ RECODAN-RS น้อยกว่า 0.2 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 16 เปอร์เซนต์ solid portion ของนมข้าวโพด สูตร CM 1:4 ที่ใช้ RECODAN-RS เป็น stabilizer ซึ่งนำมาทำให้ตกตะกอนโดย centrifuge ใน Garver electrifuge g = 6542 5 นาที

% carrageenan (REGODAN-RS)	% solid portion (โดยน้ำหนัก)	ลักษณะปรากฏของนมข้าวโพด
-	35.50	นมข้าวโพดมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกันมี particle เล็ก ๆ แขวนลอยอยู่ทั่วไป เมื่อตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที particle เหล่านี้จะตกตะกอนลงมา ทำให้ส่วนของ supernatant มีลักษณะใส
0.05	29.20	นมข้าวโพดมีลักษณะ ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ การตกตะกอนเกิดขึ้นช้ากว่ากรณีไม่เติม stabilizer และการแยกชั้นยังคงเห็นได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะกรณีที่ RECODAN-RS น้อยกว่า 0.20 เปอร์เซนต์ ส่วนกรณีที่ RECODAN-RS สูงกว่า 0.20 เปอร์เซนต์ พบว่า หลังจาก centrifuge ส่วนของ supernatant มีลักษณะขุ่นกว่ากรณีที่เติม RECODAN-RS 0.05 และ 0.10 เปอร์เซนต์ เล็กน้อย
0.10	32.80	
0.20	29.93	
0.30	26.11	
0.40	27.05	
0.50	29.86	

จากผลการทดลองใช้ GENU-SGI 3 (ตารางที่ 17) จะเห็นได้ว่าการใช้ GENU-SGI 3 เปอร์เซ็นต์สูงขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ solid portion ที่ตกตะกอนเมื่อนำไป centrifuge ลดลง และพบว่าการใช้ในปริมาณต่ำกว่า 0.02 เปอร์เซ็นต์ นมข้าวโพดที่ได้มีลักษณะค่อนข้างเป็นเนื้อเดียวกัน แต่กรณี .02 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป นมข้าวโพดที่ได้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน อย่างไรก็ตามเมื่อตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3-4 ชั่วโมง จึงเริ่มสังเกตเห็นชั้นของ solid portion ที่เกิดการตกตะกอน และจากการนำไป centrifuge พบว่าส่วนของ supernatant มีสีเหลืองขุ่น แบบเดียวกับนมข้าวโพดที่ยังไม่เกิดการตกตะกอน

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 เปอร์เซนต์ solid portion ของนมข้าวโพด สูตร CM 1:4 ที่ใช้ GENU-SGI 3 เป็น stabilizer ซึ่งนำมาทำให้ตกตะกอน โดย centrifuge ใน Garver electrifuge ซึ่งมี g = 6542 5 นาที

% carrageenan (GENU-SGI 3)	% solid portion (โดยน้ำหนัก)	ลักษณะปรากฏของนมข้าวโพด
-	25.33	นมข้าวโพดมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มี particle เล็ก ๆ แขวนลอยอยู่ทั่วไป เมื่อตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที particle เหล่านี้จะตกตะกอนลงมาทำให้ส่วนของ supernatant มีลักษณะใส
0.010	13.07	นมข้าวโพดมีลักษณะค่อนข้างเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จะเริ่มมีชั้นของตะกอนเกิดขึ้น
0.015	12.82	
0.020	11.76	นมข้าวโพดมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3-4 ชั่วโมง หรือนำไป centrifuge พบว่ามีชั้นของ solid portion เกิดการตกตะกอน แต่เห็นได้ไม่ชัดเจน และส่วนของ supernatant มีลักษณะขุ่นเหมือนนมข้าวโพดที่ยังไม่มีการตกตะกอน
0.05	10.96	
0.10	11.84	
0.20	9.73	

4.2 ผลการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของนมข้าวโพด โดยใช้นมผง และ/หรือแป้งถั่วเหลือง

จากผลการวิเคราะห์นมผงชนิดไขมันเต็ม และแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มที่ใช้ในการทดลองพบว่า มีองค์ประกอบทางเคมี (proximate composition) ตามตารางที่ (18)

ตารางที่ 18 องค์ประกอบทางเคมี (%) ของนมผงชนิดไขมันเต็ม และแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม

องค์ประกอบทางเคมี	นมผงชนิดไขมันเต็ม	แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม
ความชื้น	4.55	6.4
โปรตีน	25.90	37.84
ไขมัน	25.89	20.83
เถ้า	5.87	5.46
เส้นใย	-	4.86
คาร์โบไฮเดรต	39.79	21.03

4.2.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของนมข้าวโพดที่มีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้วยนมผง และ/หรือ แป้งถั่วเหลือง

จากตารางที่ 19 จะเห็นได้ว่านมข้าวโพดสูตรที่เติมนมผง 5 เปอร์เซนต์มี Cooked flavour ของข้าวโพดต้มและนมผง ส่วนสูตรที่เติมแป้งถั่วเหลือง 5 เปอร์เซนต์พบว่า มีกลิ่นถั่ว (beany flavor) เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีกลิ่นข้าวโพดเลย ส่วนสูตรที่เติมนมผงและแป้งถั่วเหลือง มีกลิ่นถั่วน้อยกว่าสูตรที่เติมแป้งถั่วเหลือง เพียงอย่างเดียว สำหรับในเรื่องความหนืดพบว่า สูตรที่เติมแป้งถั่วเหลือง เพียงอย่างเดียว มีความหนืด 160 cps ซึ่งสูงกว่าสูตรอื่น ๆ มาก และนอกจากนี้ยังมี solid portion ที่ตกตะกอนมากกว่าสูตรอื่น ๆ อีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19 คุณสมบัติทางกายภาพของนมข้าวโพดสูตร CM-MP CM-SF CM-MP-SF และ CM

รายการที่ตรวจวิเคราะห์	น้ำนมข้าวโพดผสม			
	CM-MP	CM-SF	CM-MP-SF	CM
สี Hue Value/Chroma (Munsell system)	2.5 Y 8.5/4 สีครีมค่อนข้างเหลือง	2.5 Y 9/2 สีครีมค่อนข้างขาว	2.5 Y 9/2 สีครีมค่อนข้างขาว	5 Y 8.5/6 สีเหลือง
กลิ่น	กลิ่นหอมของข้าวโพดต้มและกลิ่นของนมผง	มีกลิ่นแป้งถั่วเหลือง (beany flavor)	มีกลิ่นแป้งถั่วเหลือง แต่กลิ่นน้อยกว่า CM-SF	กลิ่นหอมหวานเหมือนข้าวโพดขณะต้ม
ความหนืด (cps)	42.5	160.0	90.0	28.5
pH	6.7	6.8	6.8	6.8
การแยกชั้นหลัง centrifuge 5 นาที ตะกอน (น.น.ตะกอน/น.น.ทั้งหมด)	22.7	40.5	33.7	33.2
(ปริมาตรตะกอน/ปริมาตรทั้งหมด	20.0	40.0	32.5	30.0

(ตารางที่ 19 (ต่อ)

รายการที่ตรวจวิเคราะห์	น้ำนมข้าวโพดผสม			
	CM-MP	CM-SF	CM-MP-SF	CM
ลักษณะปรากฏ (appearance)	น้ำนมข้าวโพดผสมที่ได้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน -เมื่อตั้งทิ้งไว้มีการแยกชั้น แต่มองเห็นไม่ชัด เมื่อนำไป centrifuge มองเห็นการแยกชั้นไม่ชัดเช่นกัน แต่จะสังเกตุได้คอนข้างชัด เมื่อคอย ๆ เทส่วนที่ได้จากการ centrifuge ตะกอนที่แยกชั้นเห็นได้จากความข้นที่เพิ่มขึ้น	น้ำนมข้าวโพดผสมที่ได้มีลักษณะคอนข้างเป็นเนื้อเดียวกัน -เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่ชั้นบนมีน้ำใสๆ เล็กน้อย -เมื่อนำไป centrifuge เกิดการแยกชั้นเห็นได้ชัดเจน ของเหลวเหนือตะกอนมีสีใสขึ้น	น้ำนมข้าวโพดผสมที่ได้มีลักษณะคอนข้างเป็นเนื้อเดียวกัน -เมื่อตั้งทิ้งไว้มีการแยกชั้น แต่มองเห็นไม่ชัด -เมื่อนำไป centrifuge การแยกชั้นเห็นได้ชัดขึ้นกว่า CM-MP	น้ำนมข้าวโพดมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มี particle เล็ก ๆ แขวนลอยอยู่ทั่วไป -เมื่อตั้งทิ้งไว้ particle เหล่านี้จะตกตะกอนลงมาแยกเป็น 2 ชั้น เห็นได้ชัดเจน คือ ตะกอนมีสีเหลือง และของเหลวชั้นบนมีสีเหลือง

หมายเหตุ CM = นมข้าวโพดที่เตรียมจากข้าวโพดหวานพิเศษโดยใช้อัตราส่วนของข้าวโพด : น้ำ เท่ากับ 1 : 4

CM-MP = นมข้าวโพดที่เตรียมจาก CM + นมผง 5 เปอร์เซนต์

CM-SF = นมข้าวโพดที่เตรียมจาก CM + แป้งถั่วเหลือง 5 เปอร์เซนต์

CM-MP-SF = นมข้าวโพดที่เตรียมจาก CM + นมผง 2.5 เปอร์เซนต์ + แป้งถั่วเหลือง 2.5 เปอร์เซนต์

4.2.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของนมข้าวโพดสูตรที่มีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้วยนมผง และ/หรือแป้งถั่วเหลือง

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate Composition) ในตารางที่ 20 จะเห็นได้ว่า CM-SF มีโปรตีน 2.84 เปอร์เซนต์ สูงกว่า CM-MP-SF และ CM-MP ซึ่งมีโปรตีน 2.32 และ 1.95 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซนต์ไขมัน 1.65 เปอร์เซนต์ สูงกว่า CM-MP-SF และ CM-SF ซึ่งมีไขมัน 1.36 และ 1.28 เปอร์เซนต์ตามลำดับ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 20 องค์ประกอบทางเคมี (%) ของน้ำนมข้าวโพดสูตร CM-MP, CM-SF CM-MP-SF และ CM

องค์ประกอบทางเคมี	น้ำนมข้าวโพด			
	CM-MP	CM-SF	CM-MP-SF	CM
ความชื้น	84.36	84.39	84.38	88.98
โปรตีน	1.95	2.84	2.32	0.74
ไขมัน	1.65	1.28	1.36	0.38
เถ้า	0.47	0.47	0.45	0.23
เส้นใย	0.04	0.07	0.05	0.04
คาร์โบไฮเดรต	11.53	10.95	11.44	9.63

4.2.3 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการประเมินผลการยอมรับของผู้บริโภค นมข้าวโพดที่มีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้วย นมผง และ/หรือ แป้งถั่วเหลือง พบว่า (ตารางที่ 21) สูตร CM-MP ได้คะแนนการสูงกว่าสูตรอื่น ๆ ทั้งในเรื่อง สี กลิ่นหอม รสหวาน ความมัน ความข้น และความชอบทั้งหมด สำหรับสูตร CM-MP-SF ได้คะแนนน้อยกว่า CM-MP แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ยกเว้นในเรื่องสี และกลิ่น ส่วนสูตร CM-SF ได้คะแนนอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะคะแนนความชอบทั้งหมด CM-SF ได้คะแนนเฉลี่ย 4.95 ซึ่งถือว่าคะแนนอยู่ในระดับไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในเรื่อง สี กลิ่น รสหวาน ความมัน ความข้น และความชอบทั้งหมดของผลิตภัณฑ์นมข้าวโพด สูตร CM-MP CM-SF CM-MP-SF และ CM ซึ่งเตรียมจากข้าวโพดหวานพิเศษ

คุณลักษณะที่ประเมิน	CM-MP	CM-SF	CM-MP-SF	CM
สี	7.65[a]	6.55[b]	6.4[b]	6.15[b]
กลิ่นหอม	7.3[c]	5.45[d]	6.45[e]	6.85[ce]
รสหวาน	7.25[f]	6.4[g]	6.95[fg]	7.2[f]
ความมัน	7.35[h]	5.75[i]	6.7[h]	5.8[i]
ความข้น	7.35[j]	5.05[k]	6.55[j]	5.4[k]
ความชอบทั้งหมด	7.55[l]	4.95[m]	6.65[ln]	6.2[n]

หมายเหตุ
- ผู้ชิมจำนวน 20 คน ผู้หญิง 16 คน ผู้ชาย 4 คน อายุ 21 ปีขึ้นไป
- ผู้ชิมดื่มนมวัว หรือ นมถั่วเหลือง
  ดื่มประจำ 3 คน ดื่มเป็นบางวัน 15 คน ไม่ดื่มเลย 2 คน
- ถ้าผลิตนมข้าวโพดออกมาจำหน่าย
  ผู้ชิมซื้อแน่ 3 คน อาจจะ 15 คน ไม่ซื้อแน่ 2 คน
- ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนร่วมกัน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์
- การวางแผนการทดลองใช้ Randomized Complete-Block Design
  (ดูตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ค)
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test
  (ดูตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ค)

4.2.4 ผลการใช้ GENU-SGI 3 เป็น stabilizer ในการปรับปรุงลักษณะปรากฏของนมข้าวโพดที่มีการเติมนมผง และ/หรือแป้งถั่วเหลือง

จากการใช้ GENU-SGI 3 0.02 เปอร์เซนต์ ในการปรับปรุงลักษณะปรากฏของนมข้าวโพดสูตร CM-MP, CM-MP-SF พบว่า จากการใช้ GENU-SGI 3 0.02 เปอร์เซนต์ ทำให้การตกตะกอนของ solid portion เกิดขึ้นน้อยกว่ากรณีที่ไม่ใช้ และนอกจากนี้พบว่า CM-MP เมื่อตั้งทิ้งไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง สังเกตไม่พบตะกอน ส่วนสูตร CM-MP-SF พบว่าตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3-4 ชั่วโมง จึงเริ่มสังเกตเห็นชั้นของ solid portion ที่ตกตะกอน ซึ่งเกิดขึ้นช้ากว่ากรณีที่ไม่ใช้ stabilizer และจากการนำไป centrifuge พบว่า ส่วนของ supernatant ยังคงขุ่นเหมือนกรณีที่ยังไม่มีการตกตะกอน ซึ่งต่างกับกรณีที่ไม่ใช้ stabilizer ส่วนของ supernatant มีลักษณะใสกว่า

ตารางที่ 22 เปอร์เซนต์ของ solid portion ของนมข้าวโพดสูตร CM-MP CM-MP-SF และ CM ที่ใช้ GENU-SGI 3 0.02 เปอร์เซนต์ เป็น stabilizer นำมาทำให้ตกตะกอนโดย centrifuge ใน Garver electrifuge ซึ่งมี g = 6542 5 นาที

น้ำนมข้าวโพด	เปอร์เซนต์ solid portion ที่ตกตะกอน(โดยน้ำหนัก)	
	ไม่ใช้ stabilizer	ใช้ GENU-SGI 3 0.02 เปอร์เซนต์
CM-MP	14.85	8.53
CM-MP-SF	20.60	13.37
CM	22.15	9.15

จากข้อมูลการผลิตนมข้าว โพดที่มีการเพิ่มคุณค่าทาง โภชนาการ โดยใช้นมผง และ/หรือแป้งถั่วเหลือง พบว่า (ตารางที่ 23) ราคาที่คิดเฉพาะวัตถุดิบ นมข้าว โพดสูตร CM-MP ราคา 7.18 บาท/ลิตร ส่วน CM-MP-SF ราคา 6.23 บาท/ลิตร

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 23 ข้อมูลที่ได้จากการผลิตนมข้าวโพด CM-MP, CM-MP-SF และ CM

รายการ	CM-MP	CM-MP-SF	CM
เนื้อข้าวโพด (กิโลกรัม)	4.20	4.20	3.60
น้ำ (ลิตร)	16.80	16.80	14.40
ปริมาณน้ำตาล (กิโลกรัม)	1.216	1.203	1.046
ปริมาณเกลือ (กิโลกรัม)	.0155	.0155	.0134
ปริมาณนมผง (กิโลกรัม)	.7825	.387	-
ปริมาณแป้งถั่วเหลือง (กิโลกรัม)	-	.387	-
น้ำหนักกาก (กิโลกรัม)	3.960	5.04	4.155
ปริมาตรนมข้าวโพด (ลิตร)	16.722	15.564	13.767
ปริมาตรนมข้าวโพด (ลิตร) / ข้าวโพด 1 กิโลกรัม	3.981	3.706	3.824
ราคานมข้าวโพด (บาท/ลิตร) เฉพาะวัตถุดิบ(1)	7.18	6.23	3.46

(1) ดูตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ค