

การลดเวลาการผลิตและเพิ่มความหลากหลายของส่วนผสมสำหรับเคลือบไอศกรีม

สุมิตรา ชัยวรภิกษณ์ อรอนงค์ นราสุวรรณ ปรอยฝน เลิศวันวัฒนา¹⁾ และ สุนทรรัตน์ ศรีงาม^{*2)}

ชื่อผู้วิจัย¹⁾ และ ชื่อหัวหน้าโครงการ^{*2)}

1) ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*

Email : fagiscs@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ทดลองใช้น้ำตาล 3 ขนาดเป็นส่วนผสม ได้แก่ น้ำตาลปกติ น้ำตาลที่บดด้วยเครื่องบดแบบใช้ค้อน(hammer mill) ผ่านรูตะแกรงขนาด 1.0 และ 0.5 มิลลิเมตร เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ขนาดน้ำตาลที่วัดด้วยกล้องจุลทรรศน์และระยะเวลาในการผลิตโคเวอร์เจอร์ของน้ำตาลที่บดละเอียดทั้งสองขนาดไม่มีความแตกต่างกัน แต่จะให้ผลแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเทียบกับน้ำตาลขนาดปกติ และการลดขนาดน้ำตาลสามารถลดเวลาในการผลิตได้ 12.86 % และจากการผสมสีในโคเวอร์เจอร์ด้วยเครื่องมือประเภทโฮโมจีไนเซอร์ และเครื่องมือผสมสีโดยประยุกต์ พบว่า เครื่องบดสับซึ่งเป็นเครื่องผสมแบบประยุกต์ ให้ผลการผสมสีเป็นที่ยอมรับ จึงนำมาพัฒนาเป็นเครื่องผสมต้นแบบ และพบว่า การผสมที่ความเร็วรอบ 1487 รอบต่อนาที นาน 6 นาที จะได้ลักษณะของโคเวอร์เจอร์เป็นที่ยอมรับ

คำสำคัญ : ไอศกรีม โคเวอร์เจอร์ น้ำตาล ผลึก สีเลค โฮโมจีไนเซอร์

1. บทนำ

ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมมากขึ้น จนเกิดปัญหาผลิตไม่ทันความต้องการของตลาด เนื่องจากความสามารถในการผลิตส่วนผสมสำหรับเคลือบไอศกรีมต่ำ ซึ่งส่วนผสมสำหรับเคลือบไอศกรีมหรือโคเวอร์เจอร์(couverture) ประกอบด้วย น้ำมันและน้ำตาลเป็นหลักและมีส่วนประกอบอื่นๆ เช่น นมผง สีและกลิ่นรส โดยการผลิตโคเวอร์เจอร์มีขั้นตอนการผลิตที่สำคัญ 3 ขั้นตอน ได้แก่ การผสม การบด และการทำคอนชิ่ง(conching)(สุวรรณ,2543) ซึ่งเครื่องจักรสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่องทั้ง 3 ขั้นตอน ในส่วนของขั้นตอนการบดนั้นจะเกิดแรงกระแทกและแรงเฉือนระหว่างไบบดกับผนังภายในเครื่อง สุวรรณ(2543) กล่าวว่า การบดส่วนผสมได้ก่อให้เกิดพื้นผิวที่แตกหักใหม่ๆของผลึกน้ำตาลเป็นจำนวนมากจึงต้องเคลือบพื้นผิวเหล่านั้นด้วยไขมัน โดยใช้การคอนชิ่ง ซึ่งขั้นตอนนี้จะเกิดแรงเฉือนระหว่างไบบดกับผนังเครื่องผลักให้โคเวอร์เจอร์แผ่กระจายออก อนุภาคส่วนผสมที่เกาะติด

กันอยู่แยกออกจากกัน จึงทำให้ไขมันเคลือบอนุภาคต่างๆ ได้จนทั่ว ในขณะที่ยวดยังทำให้พื้นผิวกว้างมากพอที่จะทำให้อนุภาคสัมผัสกับความร้อนเพิ่มขึ้น ความชื้นบางส่วนและสารระเหยอื่นๆ ในโคเวอร์เจอร์จึงระเหยออกไป ทำให้เนื้อสัมผัสของโคเวอร์เจอร์ที่ได้เรียบเนียนและกลิ่นรสกลมกล่อมมากขึ้น ในขั้นตอนการบดและการคอนชิ่งนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของผลึกน้ำตาลอย่างช้าๆ และเกิดการจัดโครงสร้างการรวมตัวกันของน้ำมันและผลึกน้ำตาลที่ต้องใช้เวลาถึง 10 – 12 ชั่วโมง สำหรับเครื่องผลิตโคเวอร์เจอร์ที่มีกำลังขับเคลื่อน 55 กิโลวัตต์ ความจุสูงสุด 3,000 กิโลกรัม จึงทำให้ปริมาณส่วนผสมที่ได้ไม่สอดคล้องกับความสามารถในการผลิตไอศกรีมที่มีอยู่ โดยการผสมนั้นต้องการให้ขนาดอนุภาคของส่วนผสมกระจายตัวทั่วถึงและเนื้อสัมผัสเรียบเนียน

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมด้วยโคเวอร์เจอร์เพื่อเพิ่มความหลากหลายให้กับตัวผลิตภัณฑ์นั้นสามารถพัฒนาได้ในด้านสีกลิ่นรสของโคเวอร์-

เจอร์ ซึ่งใช้ใช้เป็นสีประเภทเลค(lake) เป็นสีผสมอาหารที่ผ่านการรับรองให้ใช้ในอาหาร และใช้ในการให้สีในไขมัน น้ำมัน หรือ ต้องการละลายสีโดยปราศจากน้ำ การให้สีของสีประเภทเลคนั้นอาศัยหลักของการกระจายตัวลงในผลิตภัณฑ์ หรือเคลือบบนผิวของผลิตภัณฑ์(คิวพร, 2546) แต่หากจะผสมสีลงไปในช่วงขั้นตอนของกระบวนการผลิตเลย ก็จะทำให้เกิดปัญหาต่างๆตามมามากมาย เช่น การล้างเครื่องจักรในการผลิตโคเวอร์เจอร์แต่ละกะ(batch) จะต้องใช้น้ำมันจำนวนมากในการล้างโคเวอร์เจอร์สีเดิมออก จึงสิ้นเปลืองทรัพยากรพลังงาน และเพิ่มต้นทุนในการบำบัดน้ำทิ้ง เป็นต้น

จากปัญหาเวลาการผลิตโคเวอร์เจอร์ที่นานและปัญหาการผสมสีในโคเวอร์เจอร์นั้นได้เกิดแนวคิดการผลิตโคเวอร์เจอร์ในรูปของโคเวอร์เจอร์สีขาว(plain couvure) ที่มีส่วนประกอบหลัก คือ น้ำตาล น้ำมัน และอิมัลซิฟายเออร์(emulsifier) ซึ่งน้ำตาลเป็นส่วนผสมหนึ่งที่มีย่านขนาดอนุภาคใหญ่กว่าอนุภาคส่วนผสมอื่นๆ ผู้วิจัยจึงศึกษาผลของการลดขนาดน้ำตาลที่มีต่อระยะเวลาในการผลิตโคเวอร์เจอร์ และเมื่อต้องการนำโคเวอร์เจอร์มาใช้ เพียงเติมสีและกลิ่นรสที่ต้องการลงไปภายหลัง ด้วยเทคนิคการผสมสีในกระบวนการโฮโมจีไนเซชันเป็นหลักการผลิตที่ช่วยให้อนุภาคของแข็งกระจายตัวอยู่ในของเหลวได้(Hall และคณะ,1971) ผู้วิจัยจึงศึกษาวิธีการผสมสีและกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์โคเวอร์เจอร์ให้มีลักษณะและความคงตัวไม่แตกต่างจากโคเวอร์เจอร์ที่เติมสีและกลิ่นรสขณะผลิตตามปกติ

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การลดระยะเวลาในการผลิตโคเวอร์เจอร์

2.1.1 การเตรียมส่วนผสมในการผลิตโคเวอร์เจอร์สีขาว(plain couvure)

เตรียมน้ำตาลที่ใช้ในการทดลอง 3 ขนาด ได้แก่ น้ำตาลขนาดปกติ น้ำตาลที่บดด้วยเครื่องบดแบบใช้ค้อน(hammer mill)(Type SK1, RETSCH GMBH, West Germany) ผ่านตะแกรงที่มีช่องเปิดขนาด 1.0 และ 0.5 มิลลิเมตร นำน้ำตาลแต่ละขนาดไปเป็นส่วนผสมในการผลิตโคเวอร์เจอร์ โดยจัดการผลิตโคเวอร์-

เจอร์เป็น 3 กลุ่มย่อย ตามวันที่ผลิต ซึ่งแต่ละวันจะผลิต 3 ตัวอย่าง ตามขนาดของน้ำตาลที่แตกต่างกัน ซึ่งส่วนผสมทั้งหมดโดยประมาณ ดังนี้ น้ำตาล 30 % หางนมผง 5 % นมผง 10 % น้ำมันพืชส่วนที่หนึ่ง 30 % และน้ำมันพืชส่วนที่สอง 25 % ให้ส่วนผสมทั้งหมดมีน้ำหนัก 10 ± 0.5 กิโลกรัม ผสมส่วนผสมแห้ง ได้แก่ น้ำตาล หางนมผงและนมผงให้เข้ากัน

2.1.2 การผลิตโคเวอร์เจอร์

เปิดส่วนทำความร้อน(heater) ของเครื่องผลิตโคเวอร์เจอร์ที่มีกำลังขับเคลื่อน 1.5 กิโลวัตต์ความจุสูงสุด 50 กิโลกรัม ซึ่งควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องให้อยู่ระหว่าง 38-58 องศาเซลเซียส เติมน้ำมันพืชส่วนที่หนึ่งลงไปเครื่อง กดปุ่มเดินเครื่องหลัก(main motor switch) และปรับความดันเพื่อกดใบพัดให้ได้ระยะห่างจากผนังเครื่องตามที่กำหนด จากนั้นเติมน้ำมันผสมแห้งที่ผสมเข้ากันแล้วลงไปเครื่อง เดินเครื่องต่อเนื่องและเปิดวาล์วเก็บตัวอย่างโคเวอร์เจอร์เพื่อตรวจวัดความละเอียดของโคเวอร์เจอร์ทุก 15 นาทีด้วยไมโครมิเตอร์(micrometer) จนความละเอียดของโคเวอร์เจอร์อยู่ในช่วง 29-32 ไมโครเมตร จึงเติมน้ำมันพืชส่วนที่สอง โดยยังคงวัดขนาดของโคเวอร์เจอร์ทุก 15 นาที จนกระทั่งได้ขนาดสุดท้ายประมาณ 20-27 ไมโครเมตร บันทึกเวลาที่ใช้ในการผลิตโคเวอร์เจอร์จากน้ำตาลแต่ละขนาด ซึ่งควบคุมสภาวะการทำงานของเครื่องจักรให้คงที่ ได้แก่ การตั้งค่าอุณหภูมิ ความดัน และระยะห่างระหว่างใบพัดกับผนังเครื่อง

2.1.3 การตรวจวัดขนาดน้ำตาลและความละเอียดของโคเวอร์เจอร์

ตรวจวัดขนาดเริ่มต้นของน้ำตาลทั้ง 3 ขนาด ได้แก่ น้ำตาลปกติ น้ำตาลบด 1.0 และ 0.5 มิลลิเมตร ด้วยไมโครมิเตอร์ โดยตรวจวัดความละเอียดของโคเวอร์เจอร์ระหว่างการผลิตทุก 15 นาที จนอนุภาคมีขนาด 20-27 ไมโครเมตร และตรวจวัดขนาดน้ำตาลปกติด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 เท่า น้ำตาลบด 1.0, 0.5 มิลลิเมตร และโคเวอร์เจอร์สุดท้ายที่กำลังขยาย 200 เท่า

2.2 การเพิ่มความหลากหลายให้กับโคเวอร์เจอร์

2.2.1 การผสมสีโดยใช้เครื่องมือประเภทโฮโมจีไนเซอร์

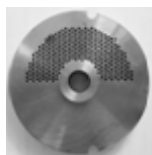
เครื่องมือประเภทโฮโมจีไนเซอร์ที่ใช้ ได้แก่ โฮโมจีไนเซอร์ปั่นผสม(T25 basic, ULTRA TURRAX, Malaysia), โฮโมจีไนเซอร์ความดันสูง(Model15 15MR-8TA, APV GAULIN, INC., USA), เครื่องปั่นผสมแบบมือถือ(Billy Bar blender Philips, Model HR 1340), เครื่องปั่นผสม(National blender, Model MX-TS1GN, Taiwan) และเครื่องบดคอลลอยด์(Model 2F-COLLOID MILL, APV GAULIN, INC., USA) โดยซึ่งส่วนผสม คือ โคเวอร์เจอร์จำนวน 500 กรัม กับสีผสมอาหารประเภทเลค 0.15 % และนำไปทดลองผสมสีโดยใช้เครื่องมือดังกล่าว ทำซ้ำ 2 ครั้ง จับเวลาในการผสมสีจนผลิตภัณฑ์โคเวอร์เจอร์ที่ได้นั้นมีการกระจายตัวของสีสม่ำเสมอ ไม่พบริ้วและเม็ดสีเหลืออยู่ โดยการสังเกตด้วยสายตาของผู้วิจัย และวัดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์สุดท้ายด้วยเทอร์โมมิเตอร์ พร้อมบันทึกผล

2.2.2 การผสมสีโดยใช้เครื่องมือผสมสีโดยประยุกต์

เครื่องมือผสมสีโดยประยุกต์ที่ใช้ ได้แก่ เครื่องบดเนื้อ (หน้าแปลนใหญ่)(TRITACARNE, TYPE TS22, Italy), เครื่องบดเนื้อ (หน้าแปลนเล็ก) ซึ่งใช้ตัวเครื่องบดเนื้อเดิมแต่ใช้หน้าแปลนใหม่(ภาพที่ 1), เครื่องบดสับ(Type R2A R 201 Ultra, robot coupe®, France) และโม่หิน(Oriental Electric Industry Co.,Ltd, Thailand) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 นิ้ว จากนั้นทดลองดังหัวข้อ 2.2.1



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 หน้าแปลนเครื่องบดเนื้อ ขนาดหน้าตัด 3.25 นิ้ว (ก) หน้าแปลนใหญ่ (ข) หน้าแปลนเล็ก

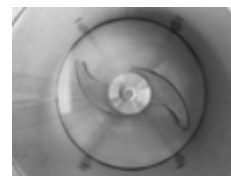
2.2.3 การประยุกต์พัฒนาเครื่องผสมต้นแบบ

สรุปข้อดี และข้อเสียของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง จากข้อ 2.2.1 และ 2.2.2 นำมาสร้างเครื่องต้น

แบบ(ภาพที่ 2) ซึ่งกำหนดความเร็วรอบ 889, 1188, 1487, 1783 และ 2082 รอบต่อนาที ทดลองผสมสีโดยซึ่งส่วนผสม คือ โคเวอร์เจอร์จำนวน 1,000 กรัม กับสีผสมอาหารประเภทเลค 0.15 % ที่ความเร็วรอบละ 2 ชั่วโมง บันทึกลักษณะโคเวอร์เจอร์ โดยการสังเกตเม็ดสีด้วยสายตาของผู้วิจัยทุก 3 นาที



(ก)



(ข)

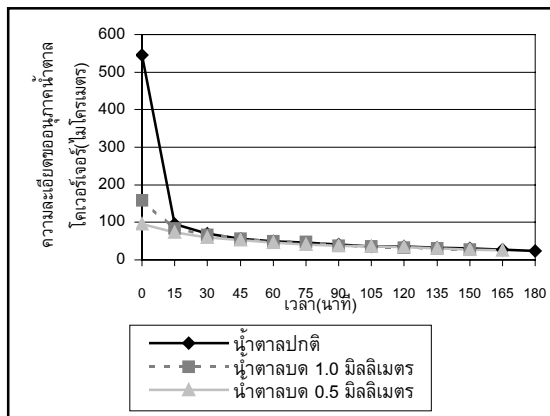
ภาพที่ 2 (ก) เครื่องผสมต้นแบบ (ข) ลักษณะใบพัด

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 การลดระยะเวลาในการผลิตโคเวอร์เจอร์

3.1.1 ขนาดน้ำตาลและความละเอียดของโคเวอร์เจอร์

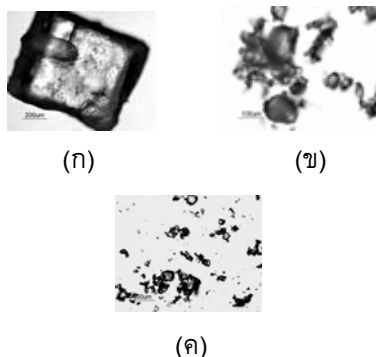
จากการตรวจวัดขนาดน้ำตาลเริ่มต้นทั้งสามขนาด ได้แก่ น้ำตาลปกติ น้ำตาลบด 1.0 และ 0.5 มิลลิเมตร ด้วยไมโครมิเตอร์ได้ค่าเฉลี่ย 546 , 159 และ 96 ไมโครเมตร ตามลำดับ และพบว่าในเวลา 15 นาที ขนาดลดลงอย่างรวดเร็วเป็น 95.33, 83.67 และ 73 ไมโครเมตร แต่หลังจากนาทีที่ 15 การลดขนาดของอนุภาคของทั้งสามตัวอย่างช้าลงจนกระทั่งได้ขนาดอนุภาคสุดท้ายที่ต้องการอยู่ในช่วง 20-27 ไมโครเมตร ในเวลา 180 นาที ดังแสดงในภาพที่ 3



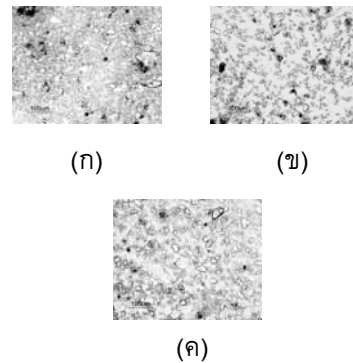
ภาพที่ 3 ความละเอียดของอนุภาคน้ำตาลในโคเวอร์เจอร์ที่ระยะเวลาต่างๆระหว่างการผลิต

นอกจากนี้ จากการสังเกตลักษณะเนื้อสัมผัสของโคเวอร์เจอร์ในระหว่างการตรวจวัดทุก 15 นาที พบว่าในช่วงแรกนั้นลักษณะของโคเวอร์เจอร์ที่สังเกตได้จะมีลักษณะเป็นเม็ดทรายค่อนข้างใหญ่ แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป พบว่าลักษณะเม็ดทรายลดลงและเนื้อสัมผัสของโคเวอร์เจอร์เรียบเนียนขึ้น

จากการใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า วัดขนาดน้ำตาลปกติ และวัดน้ำตาลที่บด 1.0 และ 0.5 มิลลิเมตร ที่กำลังขยาย 200 เท่า พบว่ามีขนาดน้ำตาลเฉลี่ย 703.29, 54.33 และ 38.84 ไมโครเมตร ดังภาพที่ 4ก, 4ข และ 4ค ตามลำดับ และวัดขนาดน้ำตาลเฉลี่ยในโคเวอร์เจอร์ที่เตรียมได้จากน้ำตาลเริ่มต้นทั้งสามขนาดดังกล่าวข้างต้น มีขนาด 15.46, 15.04 และ 13.84 ไมโครเมตร ดังภาพที่ 5ก, 5ข และ 5ค ตามลำดับ



ภาพที่ 4 ลักษณะน้ำตาลจากกล้องจุลทรรศน์
(ก) น้ำตาลปกติ X 40 เท่า (ข) น้ำตาลบด 1.0 ม.ม. X 200 เท่า (ค) น้ำตาลบด 0.5 ม.ม. X 200 เท่า



ภาพที่ 5 ลักษณะโคเวอร์เจอร์จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 200 เท่า (ก) จากน้ำตาลปกติ (ข) จากน้ำตาลบด 1.0 ม.ม. (ค) จากน้ำตาลบด 0.5 ม.ม.

ซึ่งการใช้กล้องจุลทรรศน์วัดความละเอียดของน้ำตาลในโคเวอร์เจอร์ที่เตรียมได้นั้น ทำให้เห็นอนุภาคต่างๆในโคเวอร์เจอร์ได้อย่างชัดเจนและถูกต้องกว่าการใช้ไมโครมิเตอร์ ซึ่งเป็นการวัดอนุภาคขนาดใหญ่ที่สุดในตัวอย่าง แต่การวัดด้วยไมโครมิเตอร์นั้น สามารถวัดแนวโน้มขนาดน้ำตาลและความละเอียดของอนุภาคน้ำตาลในโคเวอร์เจอร์ได้สะดวกรวดเร็วและมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่า จึงเหมาะสมในการติดตามผลการทำงาน

3.1.2 เวลาที่ใช้ในการผลิตโคเวอร์เจอร์

เวลาที่ใช้ในการผลิตโคเวอร์เจอร์จากน้ำตาลปกติ น้ำตาลบด 1.0 และ 0.5 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 175, 150 และ 155 นาที ตามลำดับ พบว่า น้ำตาลที่ผ่านการบดทั้งสองขนาดจะใช้เวลาในการผลิตน้อยกว่าน้ำตาลปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คือ 150, 155 และ 175 นาที ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เนื่องจากส่วนผสมแห้งที่มีขนาดอนุภาคเล็กใกล้เคียงกันและกระจายตัวเข้ากันอย่างสม่ำเสมอแล้ว จะช่วยให้น้ำมันหล่อลื่นอนุภาคส่วนผสมได้ง่าย ทำให้ใช้เวลาในการผลิตให้ได้โคเวอร์เจอร์ที่เรียบเนียนเร็วขึ้น และการลดขนาดอนุภาคเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวต่อปริมาตร มีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งผ่านความร้อน (วิไล, 2545)

ตารางที่ 1 เวลาที่ใช้ในการผลิตโคเวอร์เจอร์จากน้ำตาลขนาดต่างๆ

น้ำตาล	เวลาที่ใช้ในการผลิตโคเวอร์เจอร์	
	นาที	เปอร์เซ็นต์
น้ำตาลปกติ	175 ^a	100
น้ำตาลบด 1.0 มิลลิเมตร	150 ^b	85.71
น้ำตาลบด 0.5 มิลลิเมตร	155 ^b	88.57

คะแนนเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ ($P>0.05$)

จะเห็นว่าน้ำตาลที่มีขนาดเล็กจึงมีพื้นที่ผิวให้น้ำมันหล่อหุ้มได้มากขึ้น พื้นที่ผิวของน้ำมันในโคเวอร์เจอร์ที่จะส่งผ่านความร้อนมีมากขึ้น โคเวอร์เจอร์จึงมีความหนืดลดลง ช่วยให้ใบคอกวนส่วนผสมได้ง่ายและรวดเร็ว แต่เวลาที่ใช้ในการผลิตจากน้ำตาลบดละเอียดแล้วทั้งสองขนาด คือ 150 และ 155 นาทีนั้น ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สอดคล้องกับค่าทางสถิติของขนาดน้ำตาลที่วัดด้วยกล้องจุลทรรศน์ซึ่งไม่มีความแตกต่างของขนาดเช่นกัน

3.2 การเพิ่มความหลากหลายให้กับโคเวอร์เจอร์

3.2.1 การผสมสีโดยใช้เครื่องมือประเภทโฮโมจีไนเซอร์

ลักษณะการผสมสีในโคเวอร์เจอร์จากเครื่องมือประเภทโฮโมจีไนเซอร์ในเซชันต่างๆ พบว่า เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ปั่นผสมเท่านั้นที่ยังพบริ้วของสี เนื่องจากโคเวอร์เจอร์มีความหนืดสูงประมาณ 1.23×10^5 เซนติพอยส์ (ที่อุณหภูมิห้อง) จึงเกิดการผสมเฉพาะบริเวณหัวหมุนสำหรับความสามารถในการลดขนาดของเม็ดสี แสดงผลดังตารางที่ 4 จะเห็นว่าโฮโมจีไนเซอร์ปั่นผสมและเครื่องปั่นผสมแบบมือถือพบเม็ดสีเหลืออยู่ โดยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ปั่นผสมมีกำลังการผสมไม่เพียงพอ จึงทดลองใช้โฮโมจีไนเซอร์ความดันสูง ซึ่งให้การผสมที่รวดเร็ว ไม่เกิดความร้อนเพิ่มขึ้น ไม่พบเม็ดสีเหลืออยู่ แต่ชั้นหนืดมากขึ้นเนื่องจากขนาดของเม็ดไขมันเฉลี่ยลดลงจึงเป็นการเพิ่มจำนวนของเม็ดไขมัน ผลให้ความ

หนืดเพิ่มขึ้น(รุ่งนภา, 2544) เครื่องปั่นผสมแบบมือถือให้การผสมที่รวดเร็วแต่ยังเห็นเม็ดสีเหลืออยู่และโคเวอร์เจอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามกำลังเครื่อง 170 วัตต์ นั้นไม่เพียงพอต่อการผสมสีให้สมบูรณ์ได้ เพราะมอเตอร์เกิดความร้อนสูง ดังนั้นผู้วิจัยจึงทดลองผสมสีด้วยเครื่องปั่นผสม พบว่า การผสมรวดเร็วไม่พบเม็ดสีเหลืออยู่ แต่จากการผสมเพียง 3 นาทีนั้นอุณหภูมิเฉลี่ยของโคเวอร์เจอร์มีค่าสูงถึง 43 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะบริเวณใบพัดนั้นเกิดความร้อนสูงมากจนโคเวอร์เจอร์มีลักษณะเป็นก้อนลื่น เนื่องจากการเสียดสีของโปรตีนนม(ประกาย, 2526) จากการผสมสีด้วยเครื่องบดคอลลอยด์ พบว่า เมื่อผสมในรอบแรกนั้นไม่มีเม็ดสีเหลืออยู่แต่โคเวอร์เจอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็นอุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส เมื่อผสมในรอบต่อไปโคเวอร์เจอร์มีอุณหภูมิถึง 55 องศาเซลเซียส และความหนืดสูงขึ้นจนจับตัวเป็นก้อนจนยอมรับไม่ได้ ทั้งนี้เพราะเครื่องชนิดนี้ให้ขนาดอนุภาคไขมันที่เล็กมาก และความหนืดแปรผันโดยตรงกับขนาดอนุภาค(รุ่งนภา, 2544) นอกจากนี้อุณหภูมิที่สูงขึ้นยังทำให้โปรตีนนมในโคเวอร์เจอร์เสียดสีจับตัวเป็นก้อนลื่น(ประกาย, 2526)

ตารางที่ 4 ผลการผสมสีโดยใช้เครื่องมือประเภทโฮโมจีไนเซอร์

เครื่องมือ	เม็ดสี	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	เวลาการผสม
1. โฮโมจีไนเซอร์ ปั่นผสม	พบ	53	120 นาที
2. โฮโมจีไนเซอร์ความดันสูง	ไม่พบ	30	15 วินาที
3. เครื่องปั่นผสมแบบมือถือ	พบ	41	6 นาที
4. เครื่องปั่นผสม	ไม่พบ	43	3 นาที
5. เครื่องบดคอลลอยด์	ไม่พบ	47	5 วินาที

3.2.2 การผสมสีโดยใช้เครื่องมือผสมสีโดยประยุกต์

ตารางที่ 5 ผลการผสมสีโดยใช้เครื่องมือผสมสีโดยประยุกต์

เครื่องมือ	เม็ดสี	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	เวลาการผสม
1. เครื่องบดเนื้อ (หน้าแปลนใหญ่)	พบ	26	30 นาที
2. เครื่องบดเนื้อ (หน้าแปลนเล็ก)	พบ	28	30 นาที
3. เครื่องบดสับ	ไม่พบ	26	3 นาที
4. ไม่หิน	ไม่พบ	26	20 วินาที

ลักษณะการผสมสีในโคเวอร์เจอร์ จากเครื่องมือผสมสีโดยประยุกต์มีความสามารถในการลดขนาดของเม็ดสี แสดงผลดังตารางที่ 5 พบว่า เครื่องบดเนื้อยังพบเม็ดสีเหลืออยู่ ซึ่งสาเหตุที่เลือกทดลองผสมสีในโคเวอร์เจอร์ด้วยเครื่องบดเนื้อ เนื่องจากเห็นว่าวิธีการผสมด้วยระบบนี้เป็นการผสมผลิตภัณฑ์ในระบบต่อเนื่องโดยใช้สกรูหมุนผสมสีภายในเครื่องและไหลอัดออกผ่านหน้าแปลน(ภาพที่1ก) ซึ่งมีขนาดของรูหน้าแปลน 4 มิลลิเมตร แต่การทดลองพบปัญหาว่าโคเวอร์เจอร์ไหลออกมาเร็วเกินไปทำให้ระยะเวลาในการผสมด้วยสกรูภายในเครื่องน้อย ดังนั้นผู้วิจัยต้องการให้มีการผสมสีด้วยสกรูภายในเครื่องนานขึ้น จึงเปลี่ยนรูปแบบของหน้าแปลนให้มีรูผ่านเพียงครึ่งหนึ่งบริเวณด้านบนและมีขนาดของรูหน้าแปลน 1 มิลลิเมตร (ภาพที่1ข) ซึ่งผลที่ได้นั้นโคเวอร์เจอร์ยังคงมีเม็ดสีเหลืออยู่แต่เม็ดสีมีขนาดเล็กกว่าการผสมด้วยหน้าแปลนใหญ่โดยเม็ดสีที่เป็นของแข็งไม่ละลายในของเหลวจะตกตะกอนนอนกันที่ด้านล่างเนื่องจากของแข็งมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าของเหลว (รุ่งนภา, 2544)

เครื่องมือที่เลือกใช้ต่อไป คือ เครื่องบดสับ เพราะใบพัดมีลักษณะเป็นใบมีดสองใบโดยใบมีดที่ 1 จะปาดเรียบไปกับก้นภาชนะส่วนใบมีดที่ 2 นั้นจะอยู่สูงขึ้นไปจากใบมีดที่ 1 เล็กน้อย จากลักษณะดังกล่าวใบมีดที่ 1 น่าจะช่วยผสมและบดเม็ดสีในส่วนที่ตกตะกอนและใบมีดที่ 2 นั้นน่าจะช่วยในการปั่นผสมให้ผลิตภัณฑ์เข้ากันได้ดี ซึ่งลักษณะของการผสมสีในโคเวอร์เจอร์ที่ได้นั้น พบว่าการกระจายตัวของสีมีความสม่ำเสมอ ไม่มีริ้วและเม็ดสีเหลืออยู่

การผสมโดยใช้ไม้หิน พบว่า การผสมสีรอบแรกนั้น โคเวอร์เจอร์ไม่พบเม็ดสีแต่ยังคงเห็นริ้วของสีเหลืออยู่ และการผสมรอบต่อไปเกิดการผสมที่สมบูรณ์ เนื่องจากไม้หินมีลักษณะเป็นเครื่องบดที่เป็นแบบตัวหมุนที่หมุนในแกนตั้ง เหมาะสำหรับของเหลวที่มีความหนืดสูง เป็นการป้องกันผลิตภัณฑ์จากด้านบนและบดผ่านช่องว่างของแท่นหมุนจากนั้นจึงถูกเหวี่ยงออกทางด้านข้าง (รุ่งนภา, 2544) จึงให้ผลที่มีประสิทธิภาพในการผสมสีในโคเวอร์เจอร์

3.2.3 การประยุกต์พัฒนาเครื่องผสมต้นแบบ

เครื่องบดสับ(robot coupe[®]) เครื่องบดคอลลอยด์ (APV GAULIN, INC) และไม้หิน(Oriental Electric Industry Co.,Ltd)ให้การผสมเป็นที่ยอมรับ แต่เครื่องบดคอลลอยด์ มีราคาแพงและมีข้อจำกัดด้านอุณหภูมิ ส่วนไม้หินนั้นไม่เหมาะสำหรับอุตสาหกรรม จึงนำเครื่องบดสับมาประยุกต์พัฒนาเป็นเครื่องผสมต้นแบบ ลักษณะของโคเวอร์เจอร์จากการผสมโดยใช้เครื่องผสมต้นแบบ ดังตารางที่ 6 พบว่า ที่ความเร็วรอบ 889 และ 1188 รอบต่อนาทีนั้น ยังพบเม็ดสีอยู่มากแม้ผสมเป็นเวลานาน 12 นาที แต่ที่ความเร็วรอบ 1487, 1783 และ 2082 รอบต่อนาที สังเกตพบว่าเมื่อใช้เวลา 6 นาทีขึ้นไป ไม่พบเม็ดสีเหลืออยู่ จึงเลือกการผสมที่ความเร็วรอบ 1487 รอบต่อนาที เนื่องจากให้ผลการผสมเท่ากับความเร็วรอบที่สูงขึ้น ความเร็วรอบและเวลาที่ให้มีผลต่อการผสมสีให้เรียบเนียน ดังนั้น ต้องใช้ความเร็วรอบและเวลาในการผสมให้เหมาะสม

ตารางที่ 6 ผลการผสมสีโดยใช้เครื่องผสมต้นแบบ

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	เม็ดสี			
	นาทีที่3	นาทีที่6	นาทีที่9	นาทีที่12
889	พบ	พบ	พบ	พบ
1188	พบ	พบ	พบ	พบ
1487	พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
1783	พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
2082	พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

เครื่องผสมต้นแบบนี้ให้ผลการผสมสีในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ราคาในการสร้างเครื่องต้นแบบไม่สูงเกินไป

และสะดวกในการปรับประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งอาจมีการพัฒนาเครื่องต้นแบบให้มีประสิทธิภาพในการผสมมากยิ่งขึ้น และเพิ่มกำลังการผลิตเพื่อพัฒนาประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า ขนาดของน้ำตาลมีผลต่อระยะเวลาในการผลิตโคเวอร์เจอร์ โดยการลดขนาดน้ำตาลจากขนาดปกติด้วยเครื่องบดแบบใช้ค้อนผ่านรูตะแกรงขนาด 1.0 และ 0.5 มิลลิเมตร สามารถลดเวลาในการผลิตโคเวอร์เจอร์ลงได้เฉลี่ย 12.86 %

จากการผสมสีเลคในโคเวอร์เจอร์โดยใช้เครื่องต่างๆ พบว่า เครื่องบดสับให้ผลการผสมสีเป็นที่ยอมรับ จึงนำมาพัฒนาเป็นเครื่องต้นแบบ การผสมโดยใช้ความเร็วรอบ 1487 รอบต่อนาที เป็นเวลา 6 นาที จะได้ลักษณะของโคเวอร์เจอร์เป็นที่ยอมรับ

5. กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546

เอกสารอ้างอิง

- ประกาย จิตรกร. 2526. นมและผลิตภัณฑ์นม. สมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย : 453 หน้า
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2544. วิศวกรรมอาหาร : หน่วยปฏิบัติการในอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2 .สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ : 272 หน้า

- วิไล รัชดาทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ : 506 หน้า
- ศิวพร ศิวเวช. 2546. วัตถุเจือปนในผลิตภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม : 328 หน้า
- สุวรรณ สุภิมาธ. 2543. เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ : 393 หน้า
- Hall, C.W., A.W. Farrall and A.L. Rippen. 1971. Encyclopedia of Food Engineering. AVI Publishing Co., Westport, Connecticut.
- Krüger C. 1994. Sugar Industrial Chocolate Manufacture and Use. second edition. S.T. Beckett. Blackie Academic & Professional.
- Fellows P. 1990. Food Processing Technology : Principles and Practice. Ellis Horwood, New York.
- Loncin M. and R.L. Merson. 1979. Food Engineering: Principle and Selected Application. Academic Press New York.
- Mccabe. et. al. 2001. Unit operations of chemical engineering. sixth edition. McGraw Hill, Boston : 1114 p.
- Popplewell L.M. and M.Peleg. 1989. Theoretical comparison of two segregation indices for binary powder mixtures. Powder Technol. 58: 55.
- Wei J., W. Lee and F.J. Kramleck. 1977. Catalyst attrition and deactivation in fluid catalytic cracking system. Chem.Eng.Sci. 32: 1211.