บทที่ 4

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการสกัดแป้งข้าวฟ่างโดยการโม่แห้ง เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการแยกส่วนต่างๆ ของเนื้อเยื่อเมล็ดข้าวฟ่าง 5 พันธุ์ คือ KU 9501, KU 9802, KU 804, KU 630 และ KU 439 โดยแต่ละพันธุ์มีปริมาณความชื้นของเมล็ดอยู่ในช่วงประมาณ 10.00 - 12.00 เปอร์เซ็นต์ การปรับสภาพความชื้นของเมล็ดก่อนการโม่มีความจำเป็น เพื่อให้ได้คัพภะที่ยังคงรูปร่างอยู่ หรือเพื่อทำให้ส่วนรำเหนียว ซึ่งจะป้องกันไม่ให้แตกเป็นชิ้นเล็กๆ ระหว่างการโม่ และเพื่อทำให้เอนโดสเปิร์มอ่อนนุ่มลงทำให้บดง่ายขึ้น (Hoseney, 1994) ในระบบโม่แห้งที่ทันสมัยมีจุดประสงค์เพื่อแยกเมล็ดออกเป็น 3 ส่วนคือ รำ, คัพภะ และเอนโดสเปิร์ม ส่วนเอนโดสเปิร์มเป็นส่วนที่ต้องการมากที่สุด การแยกส่วนเปลือกออกจะช่วยลดปริมาณเส้นใยและปริมาณเถ้าให้ต่ำลง และช่วยลดสีของผลิตภัณฑ์แป้งที่ได้หรือสีของอาหาร การกำจัดคัพภะจะช่วยลดปริมาณไขมัน ทำให้เก็บผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนเอนโดสเปิร์มได้นานขึ้น ซึ่งระดับของเปลือกที่ถูกแยกออกมาและระดับของผลผลิตของผลิตภัณฑ์ที่แยกได้ขึ้นอยู่กับการปรับสภาพความชื้นและอัตราการป้อนวัตถุดิบ (Hahn, 1970)

การโม่เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์แป้งข้าวฟ่างควรกระทำเป็น 2 ขั้นตอนคือ การขัดเปลือกเพื่อแยกรำและการโม่ละเอียดเมล็ดที่ขัดเปลือกแล้วแยกขนาดด้วยลม (air classification) ได้มีการทดลองใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีการโม่ข้าวสาลีในการโม่ข้าวฟ่างพบว่าไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากส่วนเปลือก, รำ และคัพภะ ของข้าวฟ่างถูกบดกลายเป็นผงละเอียดได้ง่าย ซึ่งยากที่จะแยกออกจากแป้งละเอียด ทำให้ส่วนที่ละเอียดมีปริมาณเถ้าและปริมาณไขมันสูงกว่าส่วนที่หยาบ ซึ่งปริมาณเถ้าและไขมันที่ได้เป็นเครื่องวัดคุณภาพของแป้ง (Perten, 1977) จึงควรจะกำจัดเปลือกชั้นนอกโดยการบดแยกเปลือกก่อนการบดเอนโดสเปิร์มให้เป็นแป้ง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแยกส่วนประกอบต่างๆ ของเนื้อเยื่อเมล็ดข้าวฟ่าง โดยทำการปรับสภาพความชื้นของเมล็ดข้าวฟ่างให้เหมาะสมต่อการนำไปโม่หรือบด เพื่อศึกษาผลกระทบของความชื้นของเมล็ดที่มีต่อกรรมวิธีในการสกัดแยกส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าวฟ่าง เริ่มจากนำเมล็ดข้าวฟ่างมาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 26 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาต่างๆ เพื่อปรับปริมาณความชื้นของเมล็ดให้เพิ่มขึ้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ เปลือกของเมล็ด

จะอ่อนนุ่มไม่แตกหักง่าย นำไปบดหยาบเพื่อแยกเปลือกจะสามารถแยกเมล็ดข้าวฟ่างออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนเปลือก, ส่วนเนื้อเมล็ดที่แตกหัก และส่วนอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1000 ไมครอน โดยเมื่อเมล็ดข้าวฟ่างถูกปรับปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น จะสามารถแยกส่วนเปลือกออกจากเนื้อเมล็ดได้ง่ายขึ้น สังเกตจากปริมาณเปลือกที่แยกได้เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณเนื้อเมล็ดที่แตกหักที่แยกได้ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเอนโดสเปิร์มจะต่ำลง จนถึงค่าปริมาณความชื้นค่าหนึ่ง ปริมาณเปลือกที่แยกได้จะเริ่มลดลง นั่นคือค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมในการปรับสภาพความชื้นของเมล็ดก่อนการโม่ของข้าวฟ่างแต่ละพันธุ์ ซึ่งจะสามารถแยกเปลือกได้มากกว่าที่ความชื้นอื่นๆ ทำให้สามารถใช้ปริมาณเปลือกและปริมาณเนื้อเมล็ดที่แตกหักที่แยกได้มาประเมินได้ว่า ที่ความชื้นใดของเมล็ดเหมาะสมต่อการแยกเปลือก ผลการทดลองจากงานวิจัยนี้สามารถประเมินได้ว่าควรปรับปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวฟ่างพันธุ์ KU 9501, KU 9802, KU 804, KU 630 และ KU 439 ให้เพิ่มขึ้นจากความชื้นเดิมประมาณ 4, 6, 4, 6 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เรียงตามลำดับ ซึ่งความชื้นจริงของเมล็ดภายหลังปรับความชื้นมีค่าประมาณ 14.81, 16.30, 14.22, 16.09 และ 15.73 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สามารถแยกเปลือกได้ประมาณ 7.12, 7.42, 6.89, 6.61 และ 6.51 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และปริมาณเนื้อเมล็ดที่แตกหักที่แยกได้มีค่าประมาณ 80.89, 81.73, 81.24, 82.70 และ 81.62 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับที่มีรายงานไว้ว่าข้าวฟ่างมีปริมาณเอนโดสเปิร์มอยู่ 80 - 84.6 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ย 82.3 เปอร์เซ็นต์) เปลือกประมาณ 7.3 - 9.3 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ย 7.9 เปอร์เซ็นต์) (Hubbard et al., 1950)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมล็ดข้าวฟ่างแต่ละพันธุ์ ต้องการความชื้นเพื่อทำให้เมล็ดอ่อนนุ่มไม่เท่ากัน เนื่องจากข้าวฟ่างบางพันธุ์ผิวจะติดกับเอนโดสเปิร์มมาก ซึ่งการแยกเปลือกเมล็ดแบบนี้จะยากมาก เมล็ดแต่ละชนิดมีความสามารถในการแยกเปลือกได้ไม่เหมือนกัน ข้าวฟ่างชนิดที่มีสีขาวหรือเหลือง สามารถแยกเปลือกได้ง่ายกว่าชนิดสีแดง (Wyss, 1977) ในอินเดียเมล็ดจะถูกปรับสภาพประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นด้วยน้ำ ก่อนการขัดเปลือก (Desikachar, 1977) ในการทดลองของ Rooney และ Sullins (1969) ได้รายงานว่าเมล็ดที่ถูกปรับสภาพความชื้นให้เป็น 16 - 18 เปอร์เซ็นต์ ไม่เหมาะต่อการแยกเมล็ดออกเป็นส่วนต่างๆ เนื่องจากเมล็ดที่ถูกปรับสภาพความชื้นดังกล่าวจะทำให้ขั้นตอนของกระบวนโม่การข้าลงเนื่องจากต้องทำให้แห้งหลังจากการขัดเปลือก เพื่อทำให้สามารถแยกขนาดได้ดีโดยการร่อนและการใช้ลมแยก

องค์ประกอบของเมล็ดที่ถูกขัดเปลือกมีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณเนื้อเมล็ดที่ถูกขัดออกไป ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความเข้มข้นของเส้นใยในชั้นด้านนอก และโปรตีนและเส้นใยในชั้นเปลือกในและเอนโดสเปิร์ม ความมุ่งหมายโดยทั่วไปของการโม่ก็เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการโม่

โดยลดการแตกหักของเมล็ดระหว่างการขัดเปลือก หรือปรับปรุงปริมาณผลผลิตและลดปริมาณเส้นใยในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ในระหว่างการขัดเปลือกอนุภาคละเอียดที่ถูกแยกออกจากเมล็ด ผ่านตะแกรงด้วยแรงลมไปยังถาดรองด้านล่างของเครื่องขัดเปลือก และถูกปล่อยออกไปเป็นผลพลอยได้แรก (by - product) ซึ่งส่วนนี้จะนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ องค์ประกอบเมล็ดข้าวฟ่างแปรผันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากสภาพแวดล้อมและพันธุศาสตร์ รูปร่างและขนาดสัดส่วน และโครงสร้างของเมล็ด ซึ่งจะแปรผันไปตามพันธุ์ (Rasper, 1977)

ในการทดลองลำดับต่อมาได้นำส่วนเนื้อเมล็ดที่แตกหักไปบดละเอียด โดยใช้เครื่องบด Alpine Laboratory Universal Mill 100 UPZ ปริมาณแป้งที่ได้จากการบดโดยเฉลี่ยสูงกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเนื้อที่แตกหัก แสดงว่ามีการสูญเสียไม่มากเกินไปในการใช้เครื่องบดชนิดนี้สำหรับการโม่ละเอียดแป้งข้าวฟ่าง แป้งข้าวฟ่างที่ได้นำไปแยกขนาดด้วยการร่อนด้วยเครื่อง Alpine Air Jet Sieve โดยใช้ตะแกรงร่อนขนาด 200 และ 100 ไมครอน ตามลำดับ เพื่อแยกขนาดแป้งข้าวฟ่างที่ได้ออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่า 200 ไมครอน ส่วนที่มีขนาด 100-200 ไมครอน และส่วนที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน นำแป้งทั้ง 3 ส่วน รวมทั้งส่วนเปลือกและส่วนอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1000 ไมครอน ที่ได้จากการบดหยาบครั้งแรก ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เพื่อศึกษาว่าองค์ประกอบของแป้งข้าวฟ่างมีการแปรผันไปตามแต่ละส่วนที่สกัดได้อย่างไร โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า ปริมาณไขมัน ปริมาณเส้นใยและปริมาณคาร์โบไฮเดรต จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะส่วนแป้งทั้ง 3 ส่วนที่ได้จากการบดละเอียด พบว่าแป้งที่มีขนาดใหญ่กว่า 200 ไมครอน มีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูงที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 5 ส่วน ในส่วนเปลือกและส่วนอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1000 ไมครอน มีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่สูงเช่นกัน เนื่องจากทั้ง 2 ส่วนที่แยกได้นี้ สังเกตดูลักษณะพบว่ามีส่วนคัพภะติดปนอยู่ด้วย ซึ่งตามโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวฟ่างส่วนคัพภะเป็นส่วนที่มีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูงสุด รองลงมาคือส่วนเอนโดสเปิร์ม และส่วนเปลือกมีปริมาณไขมันเป็นองค์ประกอบสูงสุดเช่นกัน แสดงว่าเปลือกที่แยกได้ติดคัพภะออกไปด้วย เพราะคัพภะเป็นส่วนที่มีไขมันสูงเช่นเดียวกันกับปริมาณเถ้าและเส้นใยซึ่งจะมีปริมาณสูงในส่วนเปลือกและคัพภะเช่นกัน (Hahn, 1969)

จากงานวิจัยนี้สันนิษฐานว่าส่วนอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1000 ไมครอน คือ ผลพลอยได้จากการขัดเปลือก (by product) ซึ่งสังเกตดูด้วยตาเปล่าจะเห็นได้ว่ามีส่วนเปลือกชิ้นเล็ก ๆ ปนอยู่มาก และมีชิ้นส่วนลักษณะคล้ายคัพภะปนอยู่ด้วย ผงแป้งมีหลายขนาดปนกัน ดังนั้นจึงทำให้

ส่วนอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1000 ไมครอน มีปริมาณเส้นใยและเถ้าสูง ส่วนแป้งที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน มีปริมาณเส้นใยและเถ้าสูงกว่าส่วนแป้งที่มีขนาดใหญ่กว่า 200 ไมครอน และขนาด 100-200 ไมครอน เนื่องจากมีเปลือกปนอยู่มากกว่าทั้ง 2 ส่วนนั้น เพราะเปลือกข้าวฟ่างถูกบดเป็นผงละเอียดได้ง่าย ทำให้ส่วนที่ละเอียดมีปริมาณเถ้าและไขมันสูงกว่าส่วนที่หยาบ ซึ่งตรงกันข้ามกับแป้งข้าวสาลี ดังผลการทดลองในตารางที่ 3-22 ถึง 3-26 และตารางที่ 3-32 ถึง 3-36 เมื่อเปรียบเทียบแป้งที่ได้จากการบดละเอียดเนื้อเมล็ดที่แตกหักพบว่า แป้งส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่า 200 ไมครอน มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุด เนื่องจากส่วนนี้เป็นเอนโดสเปิร์มเป็นส่วนใหญ่ และมีการปนเปื้อนของคัพภะน้อยกว่าส่วนอื่น ดังผลการทดลองในตารางที่ 3-37 ถึง 3-41 ผลการทดลองจากงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า ส่วนใดของเมล็ดข้าวฟ่างที่สกัดแยกได้มีองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ สูงสุด และต่ำสุด ได้ดังแสดงในตารางที่ 4-1 และ 4-2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-1 ส่วนที่สกัดแยกได้ของเมล็ดข้าวฟ่างพันธุ์ต่างๆ ที่มีองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ สูงสุด

องค์ประกอบทางเคมี	KU 9501	KU 9502	KU 804	KU 630	KU439
โปรตีน	F > 200 µm	F > 200 µm	F > 200 µm	F > 200 µm	F > 200 µm
เถ้า	เปลือก	เปลือก	เปลือก	เปลือก	เปลือก
ไขมัน	เปลือก	เปลือก	เปลือก	เปลือก	เปลือก
เส้นใย	เปลือก	เปลือก	เปลือก	เปลือก	เปลือก
คาร์โบไฮเดรต	F > 200 µm	F > 200 µm	F > 200 µm	F > 200 µm	F > 200 µm

ตารางที่ 4-2 ส่วนที่สกัดแยกได้ของเมล็ดข้าวฟ่างพันธุ์ต่างๆ ที่มีองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ต่ำสุด

องค์ประกอบทางเคมี	KU 9501	KU 9502	KU 804	KU 630	KU439
โปรตีน	F < 100 µm	F < 100 µm	F < 100 µm	F < 100 µm	F < 100 µm
เถ้า	F > 200 µm	F > 200 µm	F > 200 µm	F > 200 µm	F > 200 µm
ไขมัน	F > 200 µm	F > 200 µm	F > 200 µm	F > 200 µm	F > 200 µm
เส้นใย	F < 1000 µm	F < 1000 µm	F < 1000 µm	F < 1000 µm	F < 1000 µm
คาร์โบไฮเดรต	เปลือก	เปลือก	เปลือก	เปลือก	เปลือก