บทที่ 3

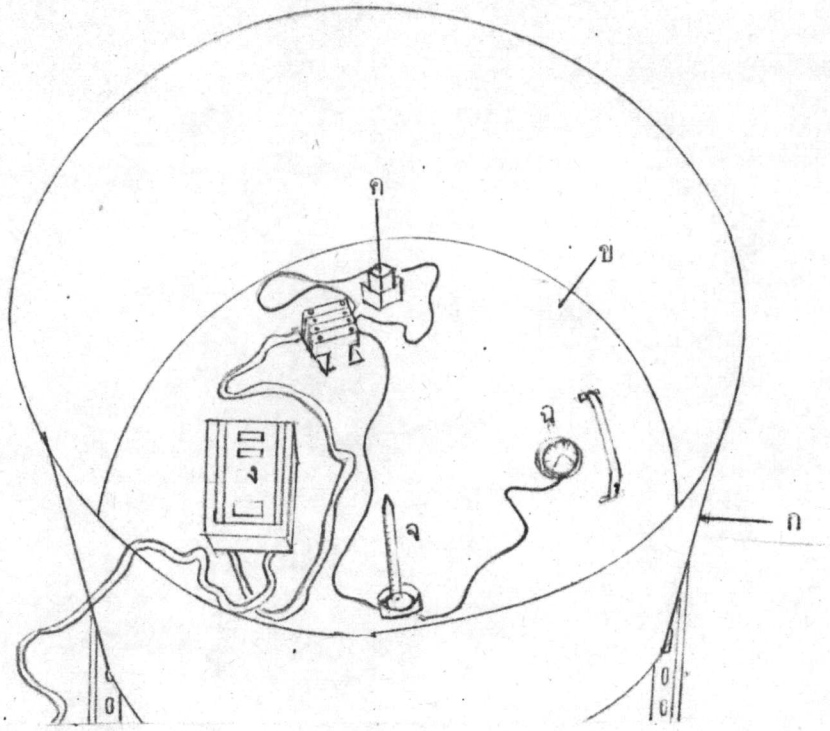
การทดลอง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 ถังแช่เมล็ดข้าวโพด

เป็นถังสเตนเลส มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร, ความสูง 70 เซนติเมตร ที่ฝาของถังมีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ และเครื่องให้ความร้อนขนาด 1.5 กิโลวัตต์

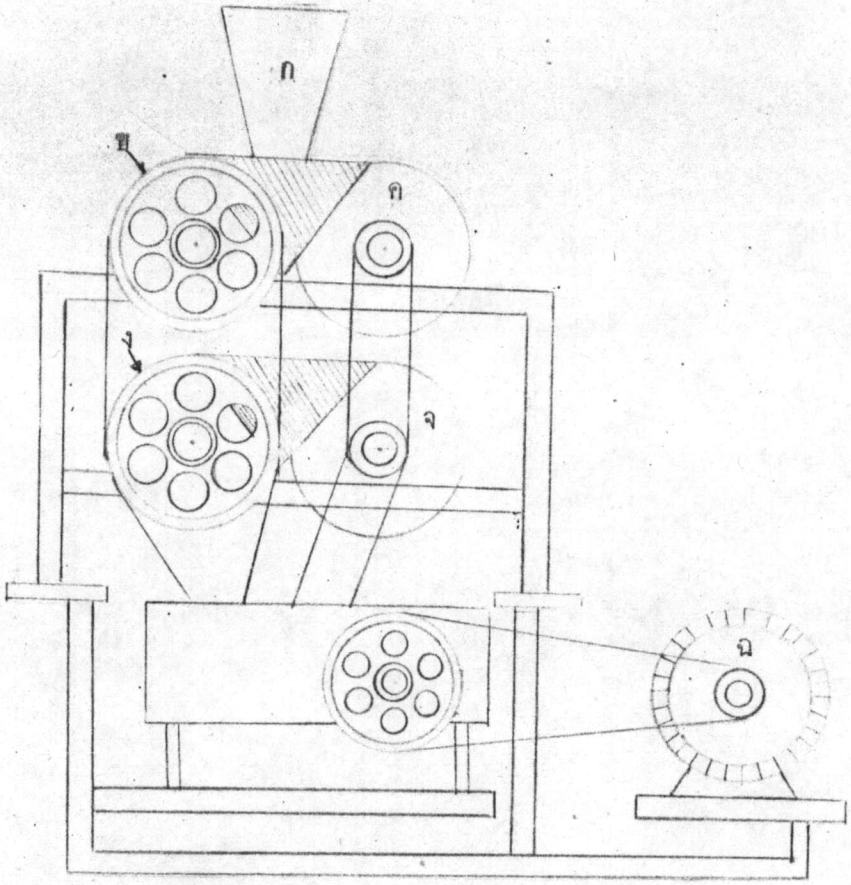


รูปที่ 3.1 ถังแช่เมล็ดข้าวโพด

ก	ตัวถังแช่เมล็ดข้าวโพด	ง	เครื่องควบคุมความร้อน
ข	ตัวฝา	จ	เทอร์โมมิเตอร์
ค	เครื่องให้ความร้อน	ฉ	เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

3.1.2 เครื่องแยกต้นอ่อน (Degerminator)

ประกอบขึ้นจากลูกกลิ้ง 4 ตัว ซึ่งที่ผิวบุด้วยยาง เซาะเป็นร่อง ลูกกลิ้งทั้ง 4 ตัว มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร มีความกว้าง 15 เซนติเมตร เรียงเป็น 2 ชั้น ชั้นบน ช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง 3.0 มิลลิเมตร ชั้นล่าง ช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง 2.2 มิลลิเมตร ลูกกลิ้งทั้งสองหมุนเข้าหากันด้วยความเร็วที่ต่างกันคือ 700 รอบ/นาที และ 180 รอบ/นาที



รูปที่ 3.2 เครื่องแยกต้นอ่อน

ก กรวยส่ง เมล็ดข้าวโพด

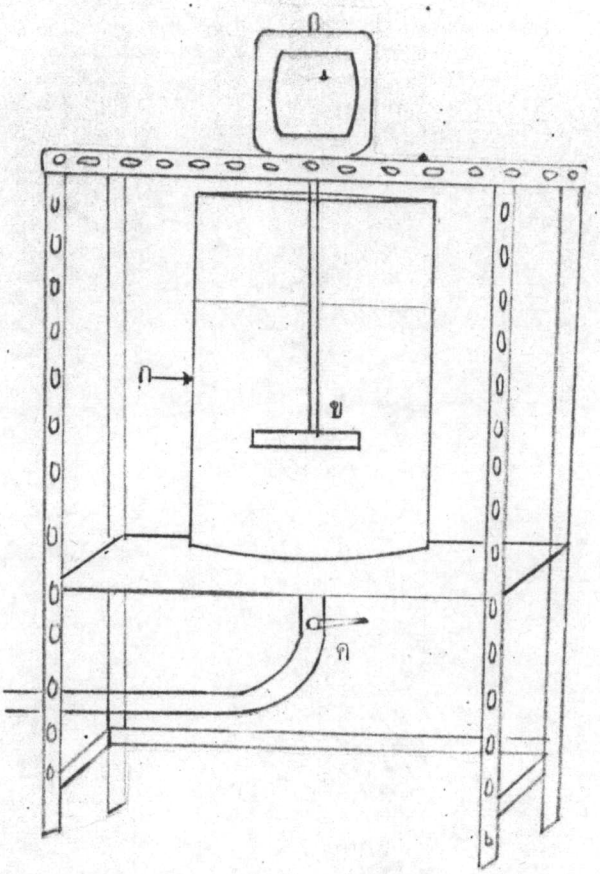
ข,ง ลูกกลิ้งตัวบนและล่างที่หมุนด้วยความเร็ว 180 รอบ/นาที

ค,จ ลูกกลิ้งตัวบนและล่างที่หมุนด้วยความเร็ว 700 รอบ/นาที

ฉ มอเตอร์ขนาด 2 กำลังม้า

3.1.3 ถังกวนแยกต้นอ่อน

เป็นถังพลาสติกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร, ความสูง 45 เซนติเมตร ส่วนล่างของถังมีวาล์ว (Valve) ปิดเปิดได้ มีเครื่องกวนด้วยความเร็วประมาณ 10 รอบ/นาที



รูปที่ 3.3 ถังกวนแยกต้นอ่อน

ก ตัวถังพลาสติก

ข ใบพัด

ค วาล์ว

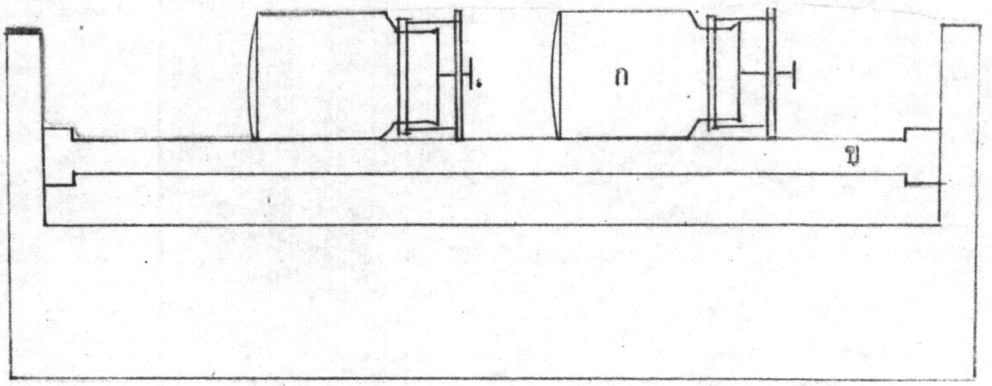
3.1.4 โม่หินบดละเอียด เป็นโม่หิน 2 อันซ้อนกัน ตัวล่างหมุนด้วยไฟฟ้า

3.1.5 กล่องตะแกรงกรอง ตัวกล่องและตะแกรงกรองทำจากสเตนเลส ตัวกล่องประกอบขึ้นเป็น 2 ชั้น ตะแกรงชั้นบนมีขนาดตาห่าง 30 เม็ช และตะแกรงชั้นล่างมีขนาดตาห่าง 200 เม็ช ตามลำดับ

3.1.6 เครื่องเหวี่ยง (Centrifuge) เครื่องเหวี่ยงแบบความเร็วสูงที่ควบคุมความเย็นได้ (High speed Refrigerated Centrifuge) แบบจำลองที่ B - 20 ของบริษัท Damon/IEC แมสสาชูเซทส์ สหรัฐอเมริกา

3.1.7 เครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งแบบเป็นชั้น (Tray dryer) แบบจำลองที่ HA-20 ของบริษัท Kan Seng Lee Machanery กรุงเทพฯ

3.1.8 เครื่องบดแบบ Ball mill เป็นโถที่ทำจากดินเผาเคลือบมีฝาปิด มีลูกหินขัดกลิ้งอยู่ภายในขณะหมุนโถด้วยไฟฟ้า



รูปที่ 3.4 โม่บดแห้งแบบ

ก. โถดินเผาเคลือบ

ข. แกนหมุน

3.1.9 Spectrophotometer UV เลขเครื่อง 5347 ของบริษัท Prolabo ปารีส ประเทศฝรั่งเศส

3.2 วัตถุดิบและสารเคมี

3.2.1 วัตถุดิบ

- เมล็ดข้าวโพด ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 อายุ 120 วัน จากศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวโพดและข้าวฟ่าง แห่งประเทศไทย อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา นำมาแยกสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออกก่อนแล้วนำมาเก็บในถังที่ป้องกันการปนเปื้อนจากภายนอก

ส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวโพดพันธุ์วรรณ 1 มีดังนี้

เอ็นโดสเปิร์ม	84.3 %
ต้นอ่อน	8.9 %
เปลือก	5.4 %
ทิปแคป	1.0 %

ส่วนประกอบต่าง ๆ ในเมล็ดข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 (ความชื้น 15.0%)

แป้ง	70.1 %	(ต่อน้ำหนักแห้ง)
โปรตีน	12.2 %	"
ไขมัน	5.4 %	"
ไฟเบอร์	2.3 %	"
เถ้า	1.3 %	"

3.2.3 สารเคมี

- เอ็นไซม์ กลูโคอมิเลส ของบริษัท NOVO ประเทศเดนมาร์ก ชนิด 150 L(150 AGU/ml) ซึ่ง 1 AGU (Amyloglucosidase unit) หมายถึง จำนวนเอ็นไซม์ที่สามารถย่อยสารละลายมอลโตส 1 ไมโครโมล ใน 1 นาที ที่สภาวะมาตรฐานของบริษัท NOVO คือ

สารละลายมอลโตส	10	กรัม/ลิตร
เวลา		
มอลโตส + เอ็นไซม์	30	นาที
เอ็นไซม์กลูโคสดีไฮโดรจีเนส (Glucose dehydrogenase)	20	นาที
อุณหภูมิ	25	องศาเซลเซียส
ความเป็นกรด-ด่าง	4.3	

- Cation exchange rasin (Duolite) ประเทศฝรั่งเศส
- เอทานอล 95%
- กรดบอริค (Analytical grade)
- จุนสี (Analytical grade)
- กรดเกลือเข้มข้น (Analytical grade)
- สารละลายไอโอดีน (Analytical grade)
- เลดอะซีเตท (Analytical grade)
- แมกนีเซี่ยมไนเตรท (Analytical grade)
- กรดไนตริกเข้มข้น (Analytical grade)
- ปิโตรเลียมอีเธอร์ (Analytical grade)
- โปตัสเซี่ยมไอโอไดด์ (Analytical grade)
- โปตัสเซี่ยมซัลเฟต (Analytical grade)
- ซิลเวอร์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมท (Analytical grade)
- โซดาแอช (Analytical grade)
- โซดาไฟ (Analytical grade)
- โซเดี่ยมเมตาไบซัลไฟท์ (Analytical grade)
- โซเดี่ยมโปตัสเซี่ยมทาร์เทรต (Analytical grade)
- สแตนนัสคลอไรด์ (Analytical grade)
- โลหะสังกะสี (Analytical grade)

3.3 การแยกแป้งจากเมล็ดข้าวโพดโดยขบวนการ Wet milling

เมล็ดข้าวโพดปริมาณ 1 กิโลกรัมจะถูกนำมาทำความสะอาดและล้างด้วยน้ำ จากนั้นจะถูกนำมาแช่ในถังแช่ในสารละลายของโซเดี่ยมเมต้าไบซัลไฟท์ ที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในช่วง 0.1-0.4% น้ำหนัก/ปริมาตร โดยใช้สารละลายนี้ 2 ลิตรต่อข้าวโพด 1 กิโลกรัม ควบคุมอุณหภูมิไว้ในช่วง 30-60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการแช่อยู่ในช่วง 24-120 ชั่วโมง เมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการแช่แล้วจะถูกนำมาแยกต้นอ่อนโดยเครื่องแยกต้นอ่อน ต่อจากนั้นต้นอ่อนจะถูกแยกออกจากเมล็ดข้าวโพดโดยใช้ถังกวน การกวนช่วยให้แป้งบางส่วนละลายออกมา ทำให้ความถ่วงจำเพาะของน้ำแป้งในถังกวนเพิ่มขึ้น ทำให้ต้นอ่อนลอยตัวได้ง่าย ส่วนแป้งและเปลือกของข้าวโพดจะอยู่ข้างล่างของถังกวน ส่วนของเมล็ดข้าวโพดที่แยกต้นอ่อนออกแล้ว จะถูกนำมาบดละเอียดด้วยโม่หิน ส่วนที่ถูกบดละเอียดแล้วจะถูกนำมาล้างด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้ง แล้วกรองด้วยกลองตะแกรงชั้นบนและชั้นล่างของตะแกรงกรองจะกรองส่วนเปลือกกับเส้นใยที่หยาบและละเอียดออกตามลำดับ ส่วนที่กรองได้จะถูกนำมาเข้าเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็ว 420 ×g ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เพื่อแยกเอาส่วนต่าง ๆ ที่ยังเจือปนอยู่กับแป้งออก เช่น โปรตีน, ไขมัน และเส้นใย เนื่องจากแป้งเป็นส่วนที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า เมื่อเข้าเครื่องเหวี่ยงแล้วจะตกอยู่ด้านล่าง ส่วนสิ่งเจือปนต่าง ๆ ซึ่งมีสีเหลืองเข้ม (Tailing layer) จะอยู่ด้านบน แยกส่วนบนออกโดยการขูด แล้วนำไปรวมกับส่วนเปลือกและเส้นใยที่กรองออกทั้งหมด เครื่องเหวี่ยงในห้องทดลองไม่สามารถแยกส่วนสีเหลือง (Tailing layer) ออกจากส่วนแป้งสีขาว (Prime starch) ได้โดยเด็ดขาด จึงต้องขูดส่วนสีเหลืองที่ยังเหลือปะปนกับส่วนแป้งสีขาวอีก เพื่อให้ได้แป้งที่มีสีขาว ส่วนแป้งสีขาว, สีเหลือง และกากที่เหลือทั้งหมดจะถูกนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส อบจะกระทั่งได้ความชื้นประมาณ 10-14% จากนั้นส่วนที่อบแห้งแล้วจะถูกนำมาบดละเอียดด้วยเครื่องบดแบบ Ball mill จนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน

3.4 การศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ในการแยกแป้งจากเมล็ดข้าวโพดโดยขบวนการ Wet milling

การแยกแป้งจากเมล็ดข้าวโพดโดยขบวนการ Wet milling ตัวแปรที่สำคัญอยู่ในขั้นตอนการแช่เมล็ดข้าวโพด คือ เวลาในการแช่เมล็ดข้าวโพด, อุณหภูมิในการแช่เมล็ดข้าวโพด และปริมาณ

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้ในการแช่เมล็ดข้าวโพด

3.4.1 ผลของเวลาในการแยกแป้งจากเมล็ดข้าวโพด

เมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้น 15% ปริมาณ 1 กิโลกรัม จะถูกนำมาแช่โดยใช้สารละลายที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ละลายอยู่ด้วย 2 ลิตรต่อข้าวโพด 1 กิโลกรัม ที่เวลาต่าง ๆ กัน แปรค่าจาก 24-120 ชั่วโมง โดยเพิ่มขึ้นทีละ 24 ชั่วโมง ตัวแปรอื่น ๆ กำหนดให้คงที่ดังนี้คือ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.3% น้ำหนัก/ปริมาตร ตามลำดับ เมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการแช่แล้วจะถูกนำมาแยกต้นอ่อนออก, บดละเอียด, กรองและล้างหลาย ๆ ครั้ง, อบแห้ง และบดแห้งให้ละเอียด ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ ติดตามผลโดยการสังเกตลักษณะน้ำหลังแช่, ลักษณะและปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวโพดหลังแช่, ลักษณะการแยกต้นอ่อนจากเมล็ดข้าวโพด, เปอร์เซนต์ผลผลิตของแป้ง (Flour) และของกากที่เหลือทั้งหมด และเปอร์เซนต์ Starch ใน Flour

3.4.2 ผลของอุณหภูมิในการแยกแป้งจากเมล็ดข้าวโพด

เมล็ดข้าวโพดปริมาณ 1 กิโลกรัมจะถูกนำมาแช่ โดยใช้สารละลายที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ละลายอยู่ด้วย 2 ลิตรต่อข้าวโพด 1 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน แปรค่าจาก 30-60 องศาเซลเซียส โดยเพิ่มขึ้นทีละ 10 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ใช้ค่าที่สรุปผลจากข้อ 3.4.1 คือ 48 ชั่วโมง ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.3% น้ำหนัก/ปริมาตร จากนั้นเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการแช่แล้วจะถูกนำมาแยกแป้ง ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ และติดตามผลการทดลองด้วยวิธีเดียวกับข้อที่ 3.4.1

3.4.3 ผลของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้ในการแยกแป้งจากเมล็ดข้าวโพด

เมล็ดข้าวโพดปริมาณ 1 กิโลกรัมจะถูกนำมาแช่โดยใช้สารละลายที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ละลายอยู่ด้วย 2 ลิตร ต่อข้าวโพด 1 กิโลกรัม โดยมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่าง ๆ กัน คือ 0.0-0.4% น้ำหนัก/ปริมาตร โดยเพิ่มขึ้นทีละ 0.1% เวลาและอุณหภูมิในการแช่ใช้ค่าที่สรุปผลจากข้อ 3.4.2 คือ 48 ชั่วโมง และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการแช่แล้วจะถูกนำมาแยกแป้ง ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ และติดตามผลการทดลองด้วยวิธีเดียวกับข้อที่ 3.4.1

3.5 การแยกแป้งจากเมล็ดข้าวโพดโดยขบวนการ Wet milling ด้วยสภาวะที่เหมาะสม

เมล็ดข้าวโพดปริมาณ 10 กิโลกรัมจะถูกนำมาแช่โดยใช้สารละลายที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ละลายอยู่ด้วย 20 ลิตรต่อข้าวโพด 10 กิโลกรัม แช่ด้วยสภาวะที่เหมาะสมตามที่สรุปได้จากหัวข้อจากหัวข้อ 3.4 ดังนี้คือ เวลาในการแช่ 48 ชั่วโมง, อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.2% น้ำหนัก/ปริมาตร ตามลำดับ เมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการแช่แล้วจะถูกนำมาแยกแป้งด้วยวิธีการทดลองในหัวข้อที่ 3.3 ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ จากนั้นติดตามผลการทดลองโดยหาเปอร์เซนต์ผลผลิตของแป้งและกากแป้งที่เหลือทั้งหมด และวิเคราะห์หาปริมาณ, คุณภาพของแป้งข้าวโพดที่แยกได้ และแป้งข้าวโพดที่มีจำหน่ายทั่วไป

3.6 การย่อยสารละลายแป้งข้าวโพดให้เป็นน้ำตาลเหลวโดยวิธีการใช้กรด (Acid Hydrolysis) และวิธีการใช้กรดกับเอ็นไซม์ (Acid-Enzyme Hydrolysis)

3.6.1 วิธีการใช้กรด

สารละลายของแป้งข้าวโพดที่มีความเข้มข้นระหว่าง 20-40% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร จะถูกนำมาย่อยด้วยกรดเกลือเข้มข้น (37.0% น้ำหนัก/ปริมาตร) ในปริมาณระหว่าง 0.25-4.0% ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส และ 121 องศาเซลเซียส, ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยใช้หม้อนึ่งความดัน เวลาในการย่อยตั้งแต่ 10-120 นาที เมื่อย่อยถึงจุดที่ได้ค่าสมมูลย์เดกโตรสตามต้องการแล้ว ทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำเย็น สารละลายแป้งข้าวโพดที่ถูกย่อยแล้วจะถูกทำให้เป็นกลางโดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 40% น้ำหนัก/ปริมาตร โดยปรับความเป็นกรด-ด่าง เป็น 5.0 ต่อจากนั้นจะถูกนำมาเข้าเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็ว 600 x g ที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เพื่อแยกส่วนกากที่เหลือออกจากส่วนของเหลว ส่วนไขมันที่ลอยอยู่ด้านบนจะถูกแยกออกโดยการกรอง ส่วนของเหลวที่แยกได้จะถูกนำมาทำให้บริสุทธิ์ด้วยผงถ่าน โดยใส่ผงถ่านลงในน้ำตาลเหลวแล้วกวนเพื่อให้เกิดการฟอกสีและดูดกลิ่น โดยใช้ปริมาณผงถ่านอยู่ในช่วง 0.0-0.4% น้ำหนัก/น้ำหนัก และเวลาในการทำให้บริสุทธิ์ด้วยผงถ่านตั้งแต่ 1-30 นาที จากนั้นกรองผงถ่านออก น้ำตาลเหลวจากข้าวโพดที่ผ่านการฟอกสีและดูดกลิ่นด้วยผงถ่านแล้วจะถูกนำมาผ่าน Cation exdrange rasin จากนั้นจะถูกนำมาระเหยน้ำออกจนได้ความเข้มข้นมากกว่า 70%

3.6.2 วิธีการใช้กรดกับเอ็นไซม์

สารละลายแป้งข้าวโพดที่มีความเข้มข้น 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร จะถูกนำมาย่อยด้วยกรดเกลือเข้มข้นในปริมาณระหว่าง 0.25-1.5% ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้ง ที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว และเวลาในการย่อย 35 นาที ตามลำดับ จากนั้นทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำเย็น แล้วปรับความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในช่วง 4.0-4.5 จากนั้นจะถูกนำมาย่อยต่อไปด้วยเอ็นไซม์กลูโคอมิเลส โดยใช้ปริมาณเอ็นไซม์ระหว่าง 0.075-0.225 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง อุณหภูมิอยู่ในช่วง 40-60 องศาเซลเซียส, ความเป็นกรด-ด่าง 2.4-6.0 และเวลาในการย่อยตั้งแต่ 6-48 ชั่วโมง จากนั้นทำลายเอ็นไซม์โดยต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 15 นาที ปรับความเป็นกรด-ด่างด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตให้เป็น 5.0 สารละลายแป้งข้าวโพดที่ถูกย่อยด้วยกรดกับเอ็นไซม์แล้วจะถูกนำมาทำให้บริสุทธิ์ และทำให้เข้มข้นด้วยวิธีเดียวกับข้อที่ 3.6.1

3.7 การศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ในการย่อยสารละลายแป้งข้าวโพดให้เป็นน้ำตาลเหลวโดยวิธีการใช้กรด

3.7.1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายแป้งข้าวโพดเทียบกับเวลา

สารละลายแป้งข้าวโพดที่มีความเข้มข้น 20,30 และ 40% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร โดยใช้แป้งครั้งละ 90 กรัม จะถูกย่อยด้วยกรดเกลือเข้มข้น 2.5% ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้ง ที่ 100 องศาเซลเซียส โดยที่แต่ละความเข้มข้นของแป้งแปรค่าเวลาตั้งแต่ 10-120 นาที โดยเพิ่มขึ้นทีละ 10 นาที สารละลายแป้งข้าวโพดที่ถูกย่อยแล้วจะถูกนำมาทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำเย็น และปรับความเป็นกรด-ด่างเป็น 5.0 ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ จากนั้นติดตามผลการทดลองโดยการวิเคราะห์หาค่าสมมูลย์เดกโตรส (Dextrose equivalent)

3.7.2 ผลของปริมาณกรดและเวลาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

สารละลายแป้งข้าวโพดใช้ค่าที่สรุปจากข้อ 3.7.1 คือ 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร โดยใช้แป้งครั้งละ 90 กรัม จะถูกนำมาย่อยด้วยกรดในปริมาณต่าง ๆ กันคือ 0.75, 1.5, 2.5, 3.5 และ 4.0% ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้ง ที่ 100 องศาเซลเซียส โดยที่แต่ละปริมาณกรดนั้น

แปรค่าเวลาจาก 10-120 นาที โดยเพิ่มขึ้นทีละ 10 นาที สารละลายแป้งข้าวโพดที่ถูกย่อยแล้วจะถูกทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำเย็น และปรับความเป็นกรด-ด่าง เป็น 5.0 ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ และติดตามผลการทดลอง โดยวิเคราะห์หาค่าสมมูลย์เดกโตรส

3.7.3 ผลของปริมาณกรดและเวลาที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส, ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

สารละลายแป้งข้าวโพด 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร โดยใช้แป้งครั้งละ 60 กรัม จะถูกนำมาย่อยด้วยกรดในปริมาณต่าง ๆ กันคือ 0.2, 0.25, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้งที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยที่แต่ละปริมาณกรดนั้นแปรค่าเวลาตั้งแต่ 10-60 นาที โดยเพิ่มขึ้นทีละ 10 นาที สารละลายแป้งข้าวโพดที่ถูกย่อยแล้วจะถูกทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำเย็น และปรับความเป็นกรด-ด่าง เป็น 5.0 ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ จากนั้นติดตามผลการทดลอง โดยการวิเคราะห์หาค่าสมมูลย์เดกโตรส

3.8 การศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ในการแยกสารละลายแป้งข้าวโพดให้เป็นน้ำตาลเหลว โดยวิธีการใช้กรดกับเอ็นไซม์

3.8.1 ผลของปริมาณกรดที่ใช้ในช่วงการย่อยแป้งด้วยกรดและตามด้วยการย่อยด้วยเอ็นไซม์

สารละลายแป้งข้าวโพด 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร โดยใช้แป้งครั้งละ 90 กรัม จะถูกนำมาย่อยด้วยกรดเกลือเข้มข้น โดยแปรค่าจาก 0.2-1.5% ที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเวลาในการย่อยใช้ค่าที่สรุปจากข้อ 3.7.3 คือ 35 นาที จากนั้นทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำเย็น แล้วปรับความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 4.5 ต่อจากนั้นจะนำมาย่อยด้วยเอ็นไซม์กลูโคอมิเลส โดยแปรค่าปริมาณเอ็นไซม์จาก 0.15, 0.175 และ 0.20 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง ตามลำดับ ที่ 60 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 4.5 และเวลาในการย่อย 48 ชั่วโมง จากนั้นทำลายเอ็นไซม์ สารละลายแป้งที่ถูกย่อยด้วยกรดกับเอ็นไซม์แล้วจะถูกนำมาปรับความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 5.0 ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ และติดตามผลการทดลอง โดยการวิเคราะห์หาค่าสมมูลย์เดกโตรส

3.8.2 ผลของปริมาณเอ็นไซม์กลูโคอมิเลสและเวลา

สารละลายแป้งข้าวโพด 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร โดยใช้ปริมาณแป้งครั้งละ 120 กรัม จะถูกย่อยให้เป็นน้ำตาลเหลวโดยใช้กรดเกลือเข้มข้น โดยใช้ค่าที่สรุปจากข้อ 3.8.1 คือปริมาณกรดเกลือเข้มข้น 0.25%, เวลาในการย่อย 35 นาที และอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส และความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จากนั้นทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำเย็น และปรับความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 4.0 ต่อจากนั้นติดตามการย่อยด้วยเอ็นไซม์กลูโคอมิเลสโดยแปรค่าจาก 0.075-0.225 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง โดยเพิ่มขึ้นทีละ 0.025 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง โดยที่แต่ละปริมาณเอ็นไซม์นั้นแปรค่าเวลาตั้งแต่ 6-48 ชั่วโมง โดยเพิ่มขึ้นทีละ 6 ชั่วโมง ที่ 60 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-ด่าง 4.5 จากนั้นทำลายเอ็นไซม์ และปรับความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 5.0 ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ ติดตามผลการทดลองโดยการวิเคราะห์หาค่าสมมูลย์เดกโตรส

3.8.3 ผลของความเป็นกรด-ด่างที่มีต่อการทำงานของเอ็นไซม์

สารละลายของแป้งข้าวโพด 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร โดยใช้แป้งครั้งละ 90 กรัม จะถูกย่อยด้วยกรดโดยวิธีเดียวกับข้อที่ 3.8.2 สารละลายแป้งข้าวโพดที่ถูกย่อยแล้วจะถูกย่อยต่อไปด้วยเอ็นไซม์ในปริมาณเอ็นไซม์และเวลาที่สรุปจากข้อที่ 3.8.2 คือ 0.125 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง และ 30 ชั่วโมง โดยแปรค่าความเป็นกรด-ด่างจาก 2.4, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 และ 6.0 ตามลำดับ อุณหภูมิการย่อย 60 องศาเซลเซียส จากนั้นทำลายเอ็นไซม์ ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ ติดตามผลการทดลองโดยการวิเคราะห์หาค่าสมมูลย์เดกโตรส

3.8.4 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการทำงานของเอ็นไซม์

สารละลายแป้งข้าวโพด 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร โดยใช้แป้งครั้งละ 90 กรัม จะถูกย่อยด้วยกรดด้วยวิธีกับข้อที่ 3.8.2 สารละลายแป้งข้าวโพดที่ถูกย่อยแล้วจะถูกย่อยต่อไปด้วยเอ็นไซม์ในปริมาณ 0.125 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง และเวลา 30 ชั่วโมง โดยแปรค่าอุณหภูมิจาก 40-65 องศาเซลเซียส โดยเพิ่มขึ้นทีละ 5 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างในการย่อยใช้ค่าที่สรุปจากข้อ 3.8.3 คือ 4.0 จากนั้นทำลายเอ็นไซม์ ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ ติดตามผลการทดลองโดยการวิเคราะห์หาค่าสมมูลย์เดกโตรส

3.9 สภาวะการทำให้น้ำตาลเหลวจากข้าวโพดบริสุทธิ์ด้วยผงถ่าน

3.9.1 ปริมาณผงถ่าน

น้ำตาลเหลวจากข้าวโพดที่ผ่านการย่อยด้วยกรดและกรดกับเอ็นไซม์ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.6 จะถูกนำมาทำให้บริสุทธิ์ด้วยผงถ่านในปริมาณต่าง ๆ กันคือ 0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, และ 4.0% น้ำหนัก/น้ำหนัก ตามลำดับ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลานาน 20 นาที จากนั้นกรองผงถ่านออก ติดตามผลโดยวัดสภาพการดูดกลืนแสงของสารละลายใสที่กรองได้ โดยใช้ Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 330 นาโนมิเตอร์ โดยใช้น้ำกลั่นเป็น Blank ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ

3.9.2 เวลาในการทำให้บริสุทธิ์

น้ำตาลเหลวจากข้าวโพดที่ผ่านการย่อยด้วยกรดและกรดกับเอ็นไซม์ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.6 จะถูกนำมาทำให้บริสุทธิ์ด้วยผงถ่านในปริมาณที่สรุปจากข้อ 3.9.1 คือ 2.0% สำหรับวิธีการย่อยด้วยกรด 1.0% สำหรับวิธีการย่อยด้วยกรดกับเอ็นไซม์ ที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้เวลาต่าง ๆ กันคือ 1, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ จากนั้นกรองผงถ่านออก ติดตามผลด้วยวิธีเดียวกับข้อ 3.9.1 ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ

3.10 การย่อยแป้งข้าวโพดให้เป็นน้ำตาลเหลวด้วยสภาวะที่เหมาะสม

3.10.1 โดยวิธีการใช้กรด

ทำการทดลองด้วยวิธีการในข้อ 3.6.1 โดยกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ให้คงที่ โดยใช้ค่าที่สรุปจากหัวข้อ 3.7 คือ ความเข้มข้นของสารละลายแป้ง 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร, ปริมาณกรดเกลือเข้มข้น 1.5% ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้ง, เวลา 35 นาที, อุณหภูมิและความดัน 121 องศาเซลเซียส และ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว ตามลำดับ ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ จากนั้นติดตามผลโดยการวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซนต์ผลผลิตของน้ำตาลเหลวจากข้าวโพดและของกากที่เหลือ, ปริมาณกลูโคสในน้ำตาลเหลว และคุณภาพของผลผลิต

3.10.2 โดยวิธีการใช้กรดกับเอ็นไซม์

ทำการทดลองด้วยวิธีการในข้อที่ 3.6.2 โดยกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ให้คงที่คือ

ขั้นตอนการย่อยด้วยกรด ใช้ค่าที่สรุปจากข้อ 3.8.1

ความเข้มข้นของสารละลายแป้ง 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร, ปริมาณกรดเกลือเข้มข้น 0.25% ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้ง, เวลา 35 นาที, อุณหภูมิและความดัน 121 องศาเซลเซียส และ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว ตามลำดับ

ขั้นตอนการย่อยด้วยเอ็นไซม์ ใช้ค่าที่สรุปจากข้อ 3.8.4

ปริมาณเอ็นไซม์กลูโคอมิเลส 0.125 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง, เวลา 30 ชั่วโมง, อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-ด่าง 4.0 ตามลำดับ โดยทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ

3.11 วิธีการวิเคราะห์ โดยทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ซ้ำ ทุกการทดลอง

3.11.1 ปริมาณแป้ง โดยการย่อยด้วยกรดและไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานเฟลิง เอ และ บี ตามวิธีของ Lane และ Eynon (20)

3.11.2 ปริมาณความชื้น วิเคราะห์ตามวิธีของ A.O.A.C. ปี 1980 (8)

3.11.3 ปริมาณโปรตีน วิเคราะห์ตามวิธีของ A.O.A.C. ปี 1980 (8)

3.11.4 ปริมาณไขมัน วิเคราะห์โดยวิธีการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์สกัด (24)

3.11.5 ปริมาณเถ้าและเถ้าซัลเฟต วิเคราะห์ตามวิธีของ A.O.A.C.ปี 1980 (8)

3.11.6 ปริมาณเส้นใย วิเคราะห์ตามวิธีของ A.O.A.C. ปี 1980 (8)

3.11.7 ความเป็นกรด-ด่าง วิเคราะห์ตามวิธีของ A.O.A.C. ปี 1980 (8)

ความเป็นกรด-ด่างของแป้ง วิเคราะห์โดยละลายแป้งให้เป็นสารละลาย 10% น้ำหนัก/ปริมาตร โดยใช้น้ำกลั่นที่มีความเป็นกรด-ด่างเป็น 7.0 วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายแป้งด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) โดยปรับเครื่องก่อนวัดด้วยสารละลายมาตรฐานบัฟเฟอร์ 4.0 และ 9.0

3.11.8 ค่าสมมูลย์เดกโตรส วิเคราะห์ตามวิธีของ Lane และ Eynon (20)

3.11.9 ปริมาณของแข็งทั้งหมด วิเคราะห์ตามวิธีของ A.O.A.C. ปี 1980 (8)

3.11.10 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ วิเคราะห์โดยการไตเตรทกับสารละลายไอโอดีน (20)

3.11.11 ปริมาณสารปนเปื้อน คือ ตะกั่ว, ทองแดง และ อาร์เซนิค วิเคราะห์โดยใช้

หลักการทาง Spectrophotometry ตามวิธีของ A.O.A.C. ปี 1980 (8) สำหรับตะกั่วและทองแดง วิเคราะห์โดยใช้ Atomic Absorption Spectrophotometer; Perkin-Elmer 403 และสำหรับอาร์เซนิค วิเคราะห์โดยการใช้ Double beam spectrophotometer; Hitachi 200-20 วิเคราะห์ที่กองพิษวิทยา กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข