บทที่ 3

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1 การปรับปรุงเครื่องมือวิจัย

แต่เดิมเครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบดเป็นแบบชั้นเดียว ซึ่งคุณสมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์ และกษิรา บิลมาศ (31) ได้ทำการทดลอง ณ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี (สถานที่เดียวกับงานวิจัยนี้) มีประสิทธิภาพทางความร้อนต่ำ ทั้งนี้ได้สำรวจพบข้อที่ควรปรับปรุงเครื่องมือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ดังนี้

- การกระจายความเร็วอากาศ
- เครื่องผลิตอากาศร้อน
- อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า
- เทอร์โมคับเปิล
- เบดหลายชั้น

3.1.1 การกระจายความเร็วอากาศ เกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอทุก ๆ จุดบนแผ่นกระจาย (distributor) โดยเฉพาะตรงมุมทั้งสี่ของเครื่องจะมีความเร็วอากาศไม่เพียงพอ ที่จะทำให้ข้าวโพดเกิดฟลูอิไดเซชันได้เลย สภาพฟลูอิไดเซชันจะเกิดเฉพาะบริเวณตรงกลางเครื่องเท่านั้น ได้ทำแก้ไขโดยการเติมแผ่นเหล็กจำนวน 2 แผ่น ที่มีขนาด 75 × 13 ซม. ตรงตำแหน่ง (1) และ (2) และขนาด 75 × 21 ซม. จำนวน 3 แผ่น ตรงตำแหน่ง (3) ถึง (5) (รูปที่ 3.1) เหตุที่ตำแหน่ง (1) และ (2) มีขนาดเล็กกว่าตำแหน่ง (3) ถึง (5) เพื่อเป็นการลดการสูญเสียความร้อนที่จะออกไปจากเครื่อง เนื่องจากที่ตำแหน่ง (1) เป็นจุดทางออกของข้าวโพด ถ้าบริเวณนี้มีความเร็วอากาศมากจะทำให้ข้าวโพดออกเร็วเกินไป และอาจได้ข้าวโพดที่มีความชื้นสูงกว่าเกณฑ์ต้องการ ส่วนตำแหน่ง (2) ถ้ามีความเร็วอากาศมากจะทำให้ข้าวโพดจากเบดชั้นล่างกระโดดขึ้นไปยังเบดชั้นบน และไหลออกจากเครื่องอบแห้งตรงทางออกของอากาศร้อน จึงได้ทำการทดลองเพื่อหาขนาดของแผ่นกั้นที่เหมาะสม ที่จะเกิดฟลูอิไดเซชันภายในตัวเครื่องอบแห้งได้ทั่วทุกจุด และที่สำคัญคือที่ตำแหน่ง (3) ถึง (5) เป็นบริเวณที่อากาศร้อนสามารถถ่ายเท

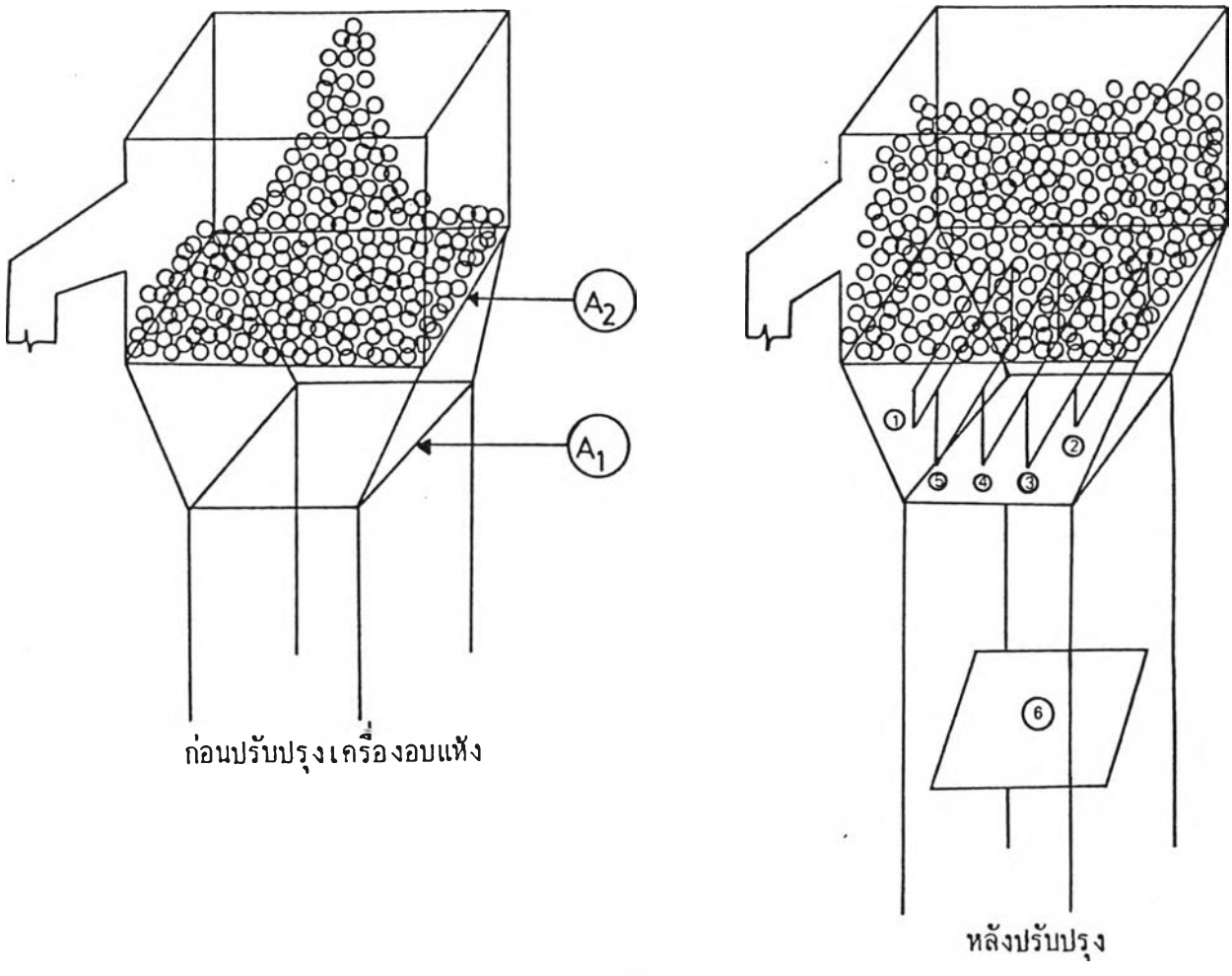
ความร้อนไปยังเมล็ดข้าวโพดได้มากที่สุด เนื่องจากเกิดฟลูอิไดเซชันได้ดีกว่าที่ตำแหน่ง (1) และ (2) ฉะนั้นจึงคาดว่าการระเหยน้ำออกจากข้าวโพดจึงเกิดได้มากที่สุด ณ บริเวณดังกล่าว (การถ่ายเทมวลสาร)

3.1.2 <u>เครื่องผลิตอากาศร้อน</u> มักพบปัญหาเสมอเวลาตอนเริ่มจุดไฟกล่าวคือ จุดไฟติดได้ยากและมักจะเกิดไฟดับระหว่างทำการทดลอง แก้ไขโดยการเติมแผ่นกั้นที่มีขนาด 23 × 28 ซม. ในตำแหน่ง (6) (รูปที่ 3.1) เพื่อแบ่งกระจายอากาศไม่ให้ไหลเร็วเกินไป และสร้างที่ครอบเตาที่มีแผ่นกั้นทางด้านเข้าหาเครื่องอบแห้ง เพื่อกันการดูดอากาศจากภายนอกเข้าไม่ให้เร็วเกินไป เพราะถ้าอากาศมีความเร็วเกินไปจะทำให้ไฟดับ (รูปที่ 3.8)

3.1.3 <u>อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า</u> ได้ใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งในถังบรรจุก๊าซเชื้อเพลิงเหลวเต็มจะมีปริมาณก๊าซหนัก 48 กก. การติดไฟของเชื้อเพลิงจะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ เพราะความดันในถังก๊าซยังสูงอยู่ ทำให้อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าคงที่ตลอดเวลาการทดลอง แต่เมื่อก๊าซในถังลดลงเหลือ 1 ใน 3 ส่วน จะทำให้อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าเริ่มจะไม่สม่ำเสมอ จะค่อย ๆ ลดลงอย่างชัดเจน เนื่องจากความดันในถังก๊าซเหลือน้อย และระยะที่ก๊าซต้องแพร่จากก้นถังมายังหัวฉีดก๊าซจะใช้ระยะทางมากกว่า ดังนั้นเพื่อให้อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้ามีค่าคงที่และสม่ำเสมอตลอดการทดลองจึงใช้ปริมาณก๊าซเพียง 1 ใน 2 ส่วน นั่นคือ 24 กก. แล้วนำไปเติมก๊าซเพิ่มจนเต็มถังใหม่อีกครั้งหนึ่ง

3.1.4 <u>เทอร์โมคับเปิล</u> ใช้วัดอุณหภูมิอากาศร้อนทั้งขาเข้าและออก สามารถอ่านค่าได้ตั้งแต่ 0-300 °ซ แต่การอบแห้งข้าวโพดใช้อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าไม่เกิน 110 °ซ และอุณหภูมิอากาศร้อนขาออกจะน้อยกว่า 110 °ซ การใช้ช่วงสเกลบอกอุณหภูมิกว้างเกินความจำเป็นมีผลทำให้ค่าอุณหภูมิทั้งสองที่อ่านได้คาดเคลื่อนไป ส่งผลถึงการคำนวณเอนทาลปีต่าง ๆ ที่ต้องใช้ค่าทั้งสองนี้มาคำนวณ เช่น เอนทาลปีอากาศแห้งที่ใช้ในการอบแห้ง และเอนทาลปีที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากข้าวโพด เป็นต้น จึงได้เปลี่ยนมาใช้ชุดวัดอุณหภูมิที่มีสเกลในช่วง 0-200 °ซ แทน

3.1.5 <u>เบดหลายชั้น</u> อุณหภูมิของอากาศที่ผ่านเบดแล้วยังมีอุณหภูมิสูง ความชื้นที่เพิ่มขึ้นยังไม่สูงมากนัก พลังงานความร้อนในอากาศยังมีค่าสูงอยู่ ถ้าสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ย่อมทำให้ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น จึงได้สร้างเครื่องอบแห้งเพิ่มจากเดิมอีกหนึ่งชั้น เพื่อให้เมล็ดข้าวโพดมีโอกาสสัมผัสกับอากาศร้อนได้นาน และอัตราการป้อนข้าวโพดควรเพิ่มมากกว่าเบดที่มีเพียงชั้นเดียว



รูปที่ 3.1 การปรับปรุงเครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบด

3.1.6 สรุปการปรับปรุงเครื่องอบแห้ง จากประสิทธิภาพของการใช้พลังงานความร้อนสำหรับอบแห้งเมล็ดข้าวโพดมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 10 ทำให้ค่าใช้จ่ายของการอบแห้งสูงกว่าวิธีที่ชาวบ้านใช้อยู่ในปัจจุบันมาก เนื่องจากเครื่องมือมีข้อบกพร่องหลายประการ จึงคิดปรับปรุงการทำงานของเครื่องอบแห้ง เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพทางด้านพลังงานได้ดีกว่าเดิม ฟลูอิไดซ์เบดแบบหลายชั้นจึงได้สร้างขึ้นแล้วนำไปทดลองการอบแห้ง ณ อำเภอชัยบาดาล จ.ลพบุรี ใหม่อีกครั้งหนึ่ง

3.2 เครื่องมือการอบแห้ง (รูปที่ 3.2, 3.3 และ 3.4)

3.2.1 ตัวเครื่องอบแห้ง สร้างด้วยเหล็กมีขนาดกว้าง 75 ซม. ยาว 30 ซม. สูง 90 ซม. แบ่งเป็นสองชั้น ชั้นล่างสูง 35 ซม. ชั้นบนสูง 45 ซม. แต่ละชั้นมีที่รักษาระดับความสูงของเบดไว้ ภายในของแต่ละชั้นมีแผ่นกั้นชั้นละ 4 แผ่น วางห่างกันเป็นระยะ ๆ เพื่อกันมิให้เมล็ดข้าวโพดเคลื่อนที่เร็วเกินไป พร้อมกับให้เมล็ดข้าวโพดมีการหมุนเวียนจากช่องหนึ่งไปอีกช่องหนึ่งอย่างสม่ำเสมอ ทางออกมีประตูกั้นสามารถปรับระดับได้ (รูปที่ 3.5)

3.2.2 เครื่องป้อนข้าวโพด งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองแบบต่อเนื่อง ดังนั้นตัวป้อนข้าวโพดที่ใช้จึงเป็นแบบเกลียว (screw feeder) ที่มีเครื่องควบคุมอัตราการป้อนในช่วงตั้งแต่ 0-1,800 รอบต่อนาที (rpm) แต่ในที่นี้จะใช้ในช่วง 450-850 รอบต่อนาที และมีมิเตอร์เป็นเครื่องมือสำหรับวัดจำนวนกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละการทดลอง ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0-5 แอมแปร์ (รูปที่ 3.3 และ 3.6)

3.2.3 เครื่องเป่าอากาศ มีลักษณะเป็นพัดลมที่มีใบพัดตรง ใช้มอเตอร์ไฟ 3 เฟส ที่มีขนาด 5 กำลังม้า เป็นเครื่องมือที่ใช้ดูดอากาศร้อนในการอบแห้ง ทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน และทำให้ข้าวโพดที่แห้งสามารถไหลออกจากเครื่องอบแห้งเองได้ มีมิเตอร์บอกจำนวนกระแสไฟฟ้าที่ใช้แต่ละการทดลอง โดยมิเตอร์มีค่าตั้งแต่ช่วง 0-10 แอมแปร์ (รูปที่ 3.3 และ 3.7)

3.2.4 เครื่องผลิตอากาศร้อน เป็นแหล่งให้ความร้อน มีลักษณะเป็นหัวเตาก๊าซที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 และ 13 ซม. ตามลำดับ เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นก๊าซแอลพีจี (รูปที่ 3.8 และ 3.9)

3.2.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้สำหรับหาปริมาณก๊าซแอลพีจีและน้ำหนักข้าวโพดที่ผ่านการอบแห้ง เครื่องชั่งสามารถชั่งน้ำหนักได้ในช่วง 0-200 กก.

3.2.6 เครื่องวัดความชื้น เป็นเครื่องอิเลคโทรนิคชนิด Dole 400 Moisture Tester จากสหรัฐอเมริกา สามารถใช้ได้ทั้งถ่านไฟฉายมาตรฐาน 9 โวลต์ หรือใช้เครื่องแปลงไฟกระแสตรงก็ได้ เครื่องมือประกอบด้วย ถ้วยตวงสำหรับไว้ชั่งน้ำหนักข้าวโพด คานชั่งและถาครองรับเมล็ดที่ผ่านการวัดแล้วเพื่อนำออกไปจากเครื่อง ขนาดเครื่องมือนี้สูง 28.75 ซม. กว้าง 24 ซม. และหนา 15.62 ซม. หนักประมาณ 6.8 กก. วงจรที่ใช้วัดความชื้นเป็นวงจรอิเลคโทรนิค ใช้ทรานซิสเตอร์ทั้งหมดจึงมีความคงทน สามารถวัดความชื้นเมล็ดพืชได้หลายชนิด โดยอ่านจากหน้าปัทม์เครื่อง ซึ่งบอกความชื้นเป็นร้อยละ เช่น ข้าวบาเลย์ (Barley) วัดได้ตั้งแต่ร้อยละ 6-25 ข้าวไรย์ (Rye) ร้อยละ 6-25 และข้าวโพด (Corn) ร้อยละ 6-25 ส่วนความชื้นสูงวัดได้ตั้งแต่ร้อยละ 17-35 เป็นต้น ก่อนทำการวัดความชื้นทุกครั้งต้องตรวจสอบให้เครื่องวัดอยู่ที่สมดุลที่ศูนย์ของหน้าปัทม์ในสเกลของเมล็ดข้าวโพด การหาปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวโพด ทำโดยนำเมล็ดข้าวโพดมาชั่งด้วยถ้วยตวงจนคานชั่งน้ำหนักสมดุล จากนั้นเทลงในช่องวัดความชื้น แล้วหมุนหน้าปัทม์ของเครื่องจนมิเตอร์อยู่ที่ศูนย์อีกครั้ง แล้วจึงอ่านค่าปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวโพดนั้นจากเลขในหน้าปัทม์เครื่อง (รูปที่ 3.10)

3.3 เครื่องมือวิเคราะห์

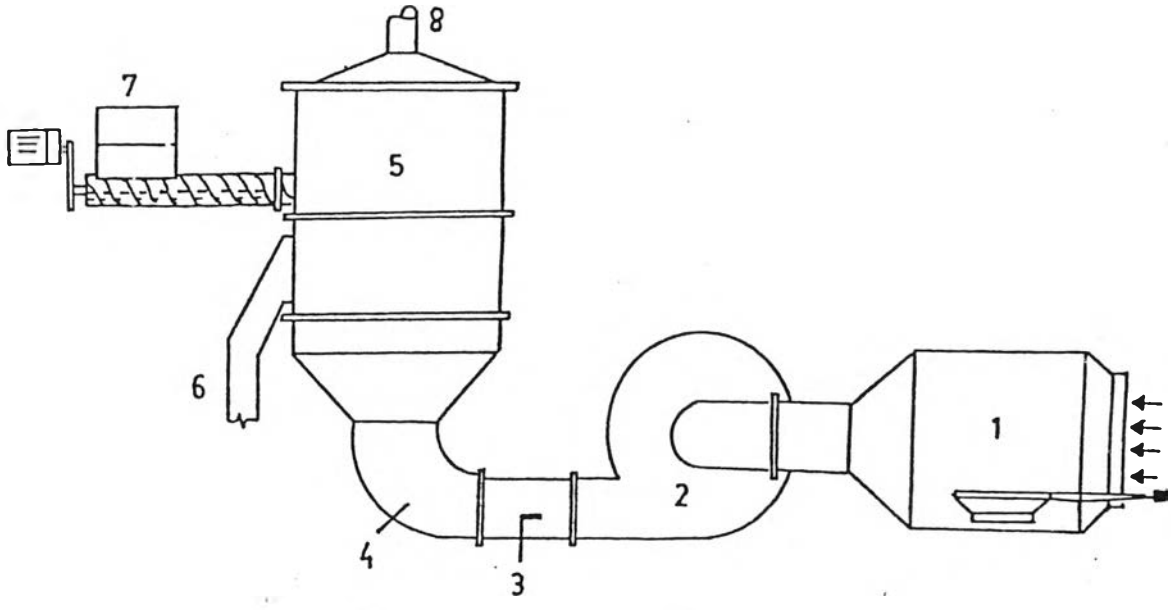
3.3.1 เครื่องบดเมล็ดข้าวโพด ใช้สำหรับบดเมล็ดข้าวโพดให้ละเอียดเพื่อทำให้การสกัดแอฟลาทอกซิน B_1 ออกจากข้าวโพดได้ดีขึ้น (รูปที่ 3.11)

3.3.2 เครื่องเขย่า สามารถเขย่าด้วยความเร็วตั้งแต่ 10-300 ครั้ง ต่อนาที และมีเครื่องตั้งเวลาเขย่าอยู่ในตัวเครื่อง ซึ่งสามารถตั้งเวลาได้ตั้งแต่ 0-60 นาที ในงานวิจัยนี้จะใช้ความเร็ว 110 ครั้งต่อนาที และเขย่านาน 30 นาที (รูปที่ 3.12)

3.3.3 เครื่องระเหยแบบหมุนที่ความดันต่ำ (Rotary Vacuum Evaporator) สามารถหมุนด้วยความเร็วตั้งแต่ 0-10 รอบ/นาที และมีอ่างน้ำที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 10-80 °ซ เพื่อช่วยให้การระเหยของสารละลายเร็วขึ้น (รูปที่ 3.13)

3.3.4 เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ของบริษัท Shimadzu ใช้วิเคราะห์แยกสารเคมีแบบใช้ความดันเข้าช่วยเพื่อให้แยกสารต่าง ๆ ออกจากกันเร็วขึ้น (รูปที่ 3.14)

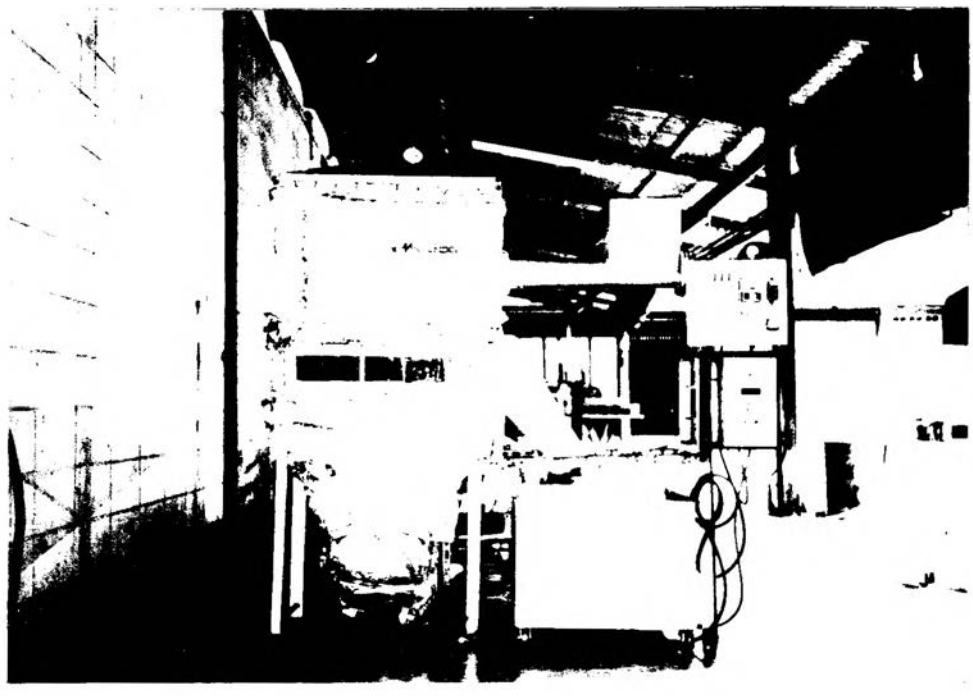
3.3.5 Chromatographic tube เป็นชนิด Pyrex ที่มีขนาด 22 × 300 มม.



รูปที่ 3.2 เครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบดแบบหลายชั้น

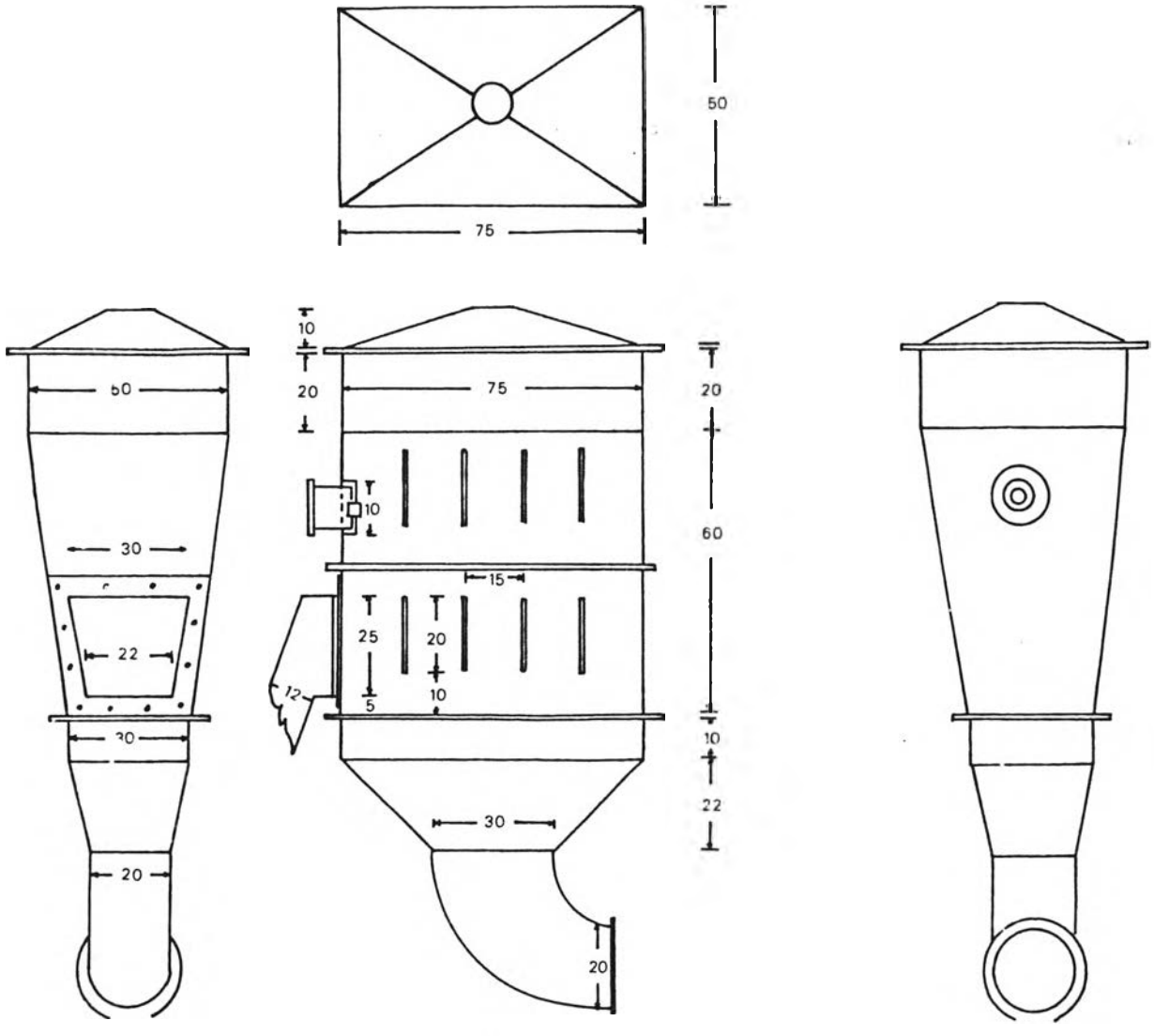
ส่วนประกอบเครื่องอบแห้ง

1. เครื่องผลิตอากาศร้อน
2. เครื่องเป่าอากาศ เป็นตัวดูดอากาศร้อนไปยังตัวเครื่องอบแห้ง
3. ปิทอตทิว ใช้ตรวจสอบความเร็วของอากาศ
4. เทอร์โมคับเปิล วัดอุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง
5. ตัวเครื่องอบแห้ง มี 2 ชั้น ใช้สำหรับอบแห้งข้าวโพด
6. ทางออกของข้าวโพด หลังจากผ่านการอบแห้งแล้ว
7. เครื่องป้อนข้าวโพด จะมีเครื่องควบคุมอัตราการป้อนข้าวโพด
8. เทอร์โมคับเปิล วัดอุณหภูมิอากาศร้อนที่ผ่านการอบแห้ง

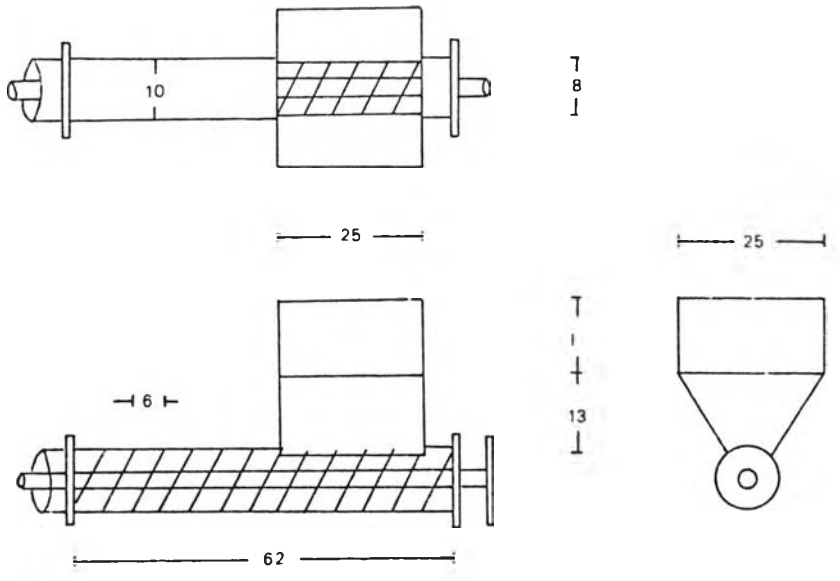


รูปที่ 3.3 เครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบดแบบหลายชั้น (ด้านตรง)

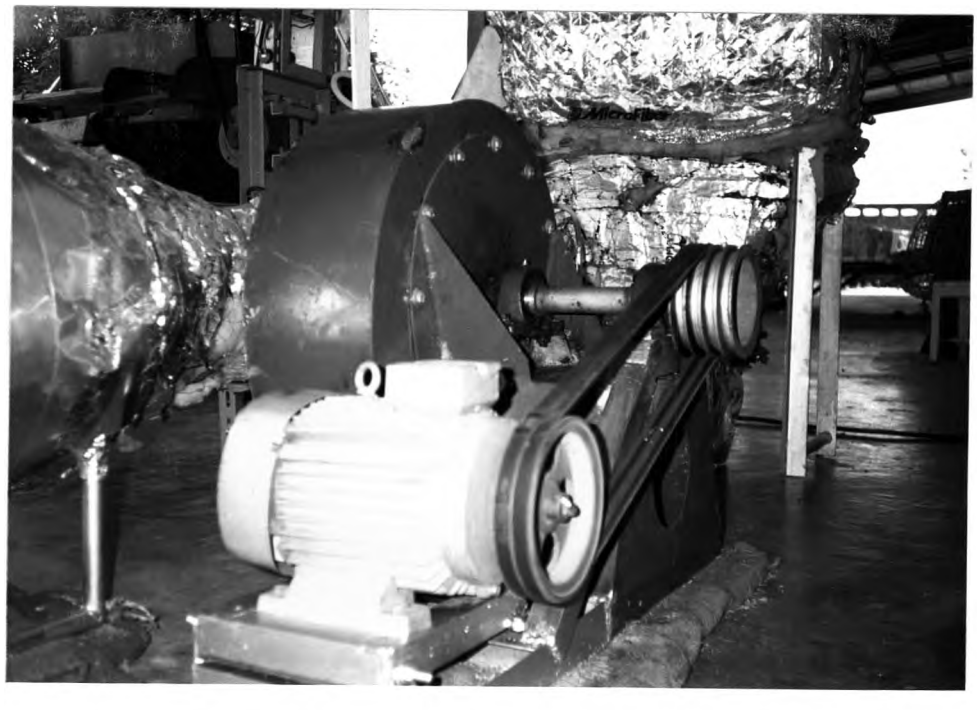
รูปที่ 3.4 เครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบดแบบหลายชั้น (ด้านข้าง)



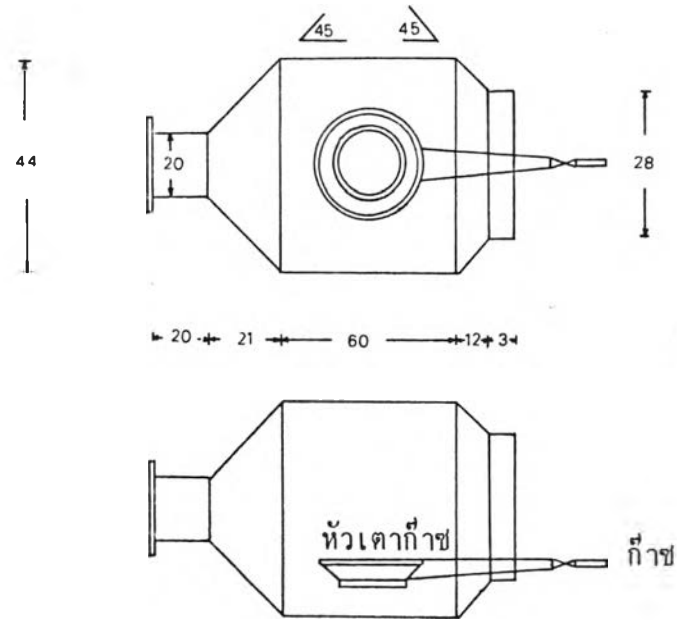
รูปที่ 3.5 รายละเอียดของเครื่องอบแห้ง (ซม.)



รูปที่ 3.6 รายละเอียดเครื่องป้อนเมล็ดข้าวโพด (ซม.)



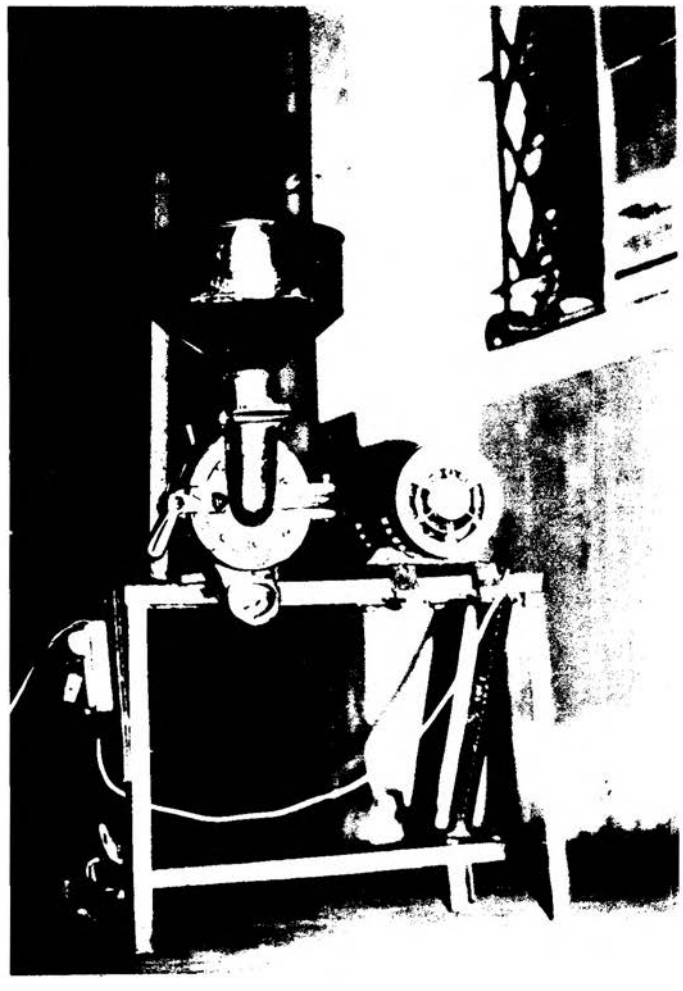
รูปที่ 3.7 เครื่องเป่าอากาศ



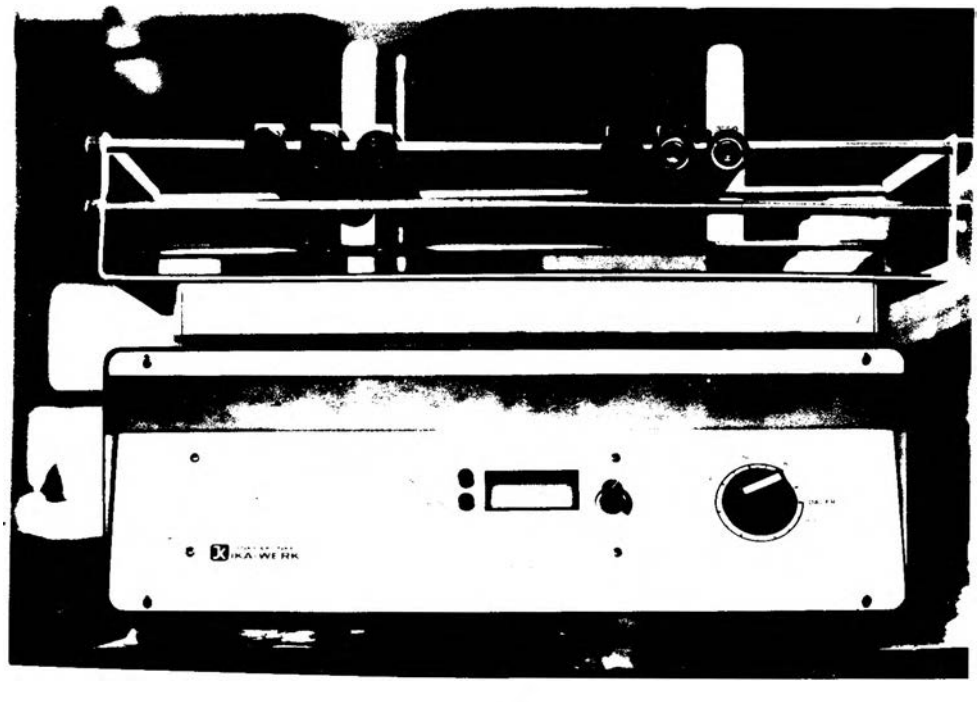
รูปที่ 3.8 รายละเอียดเครื่องผลิตอากาศร้อน (ซม.)

รูปที่ 3.9 เครื่องผลิตอากาศร้อน

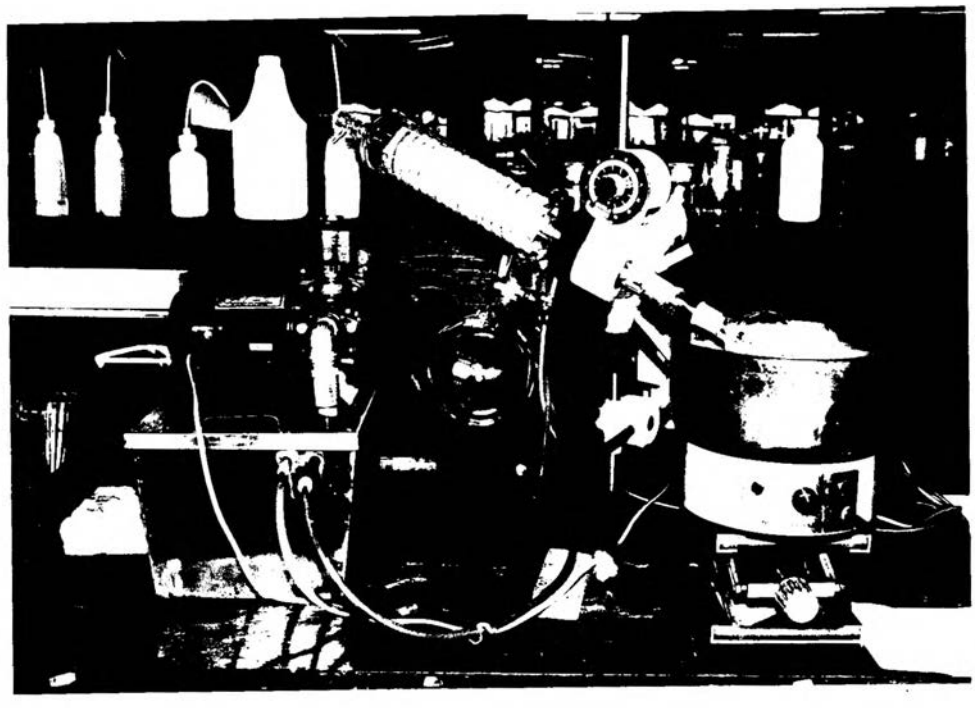
รูปที่ 3.10 เครื่องวัดความชื้น (พร้อมอุปกรณ์การวัดความชื้น)



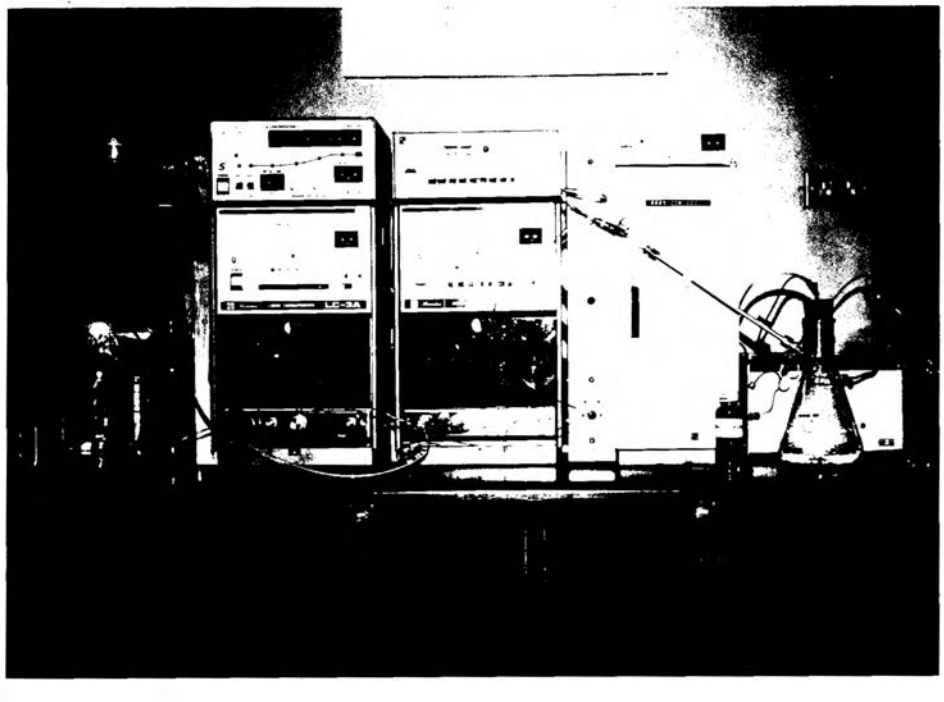
รูปที่ 3.11 เครื่องบดเมล็ดข้าวโพด



รูปที่ 3.12 เครื่องเขย่า



รูปที่ 3.13 เครื่องระเหยแบบหมุนที่ความดันต่ำ (Rotary Vacuum Evaporator)



รูปที่ 3.14 เครื่อง High Performance Liquid Chromatograph

3.4 สารมาตรฐานที่ใช้ในการทดลอง

สารแอฟลาทอกซินบริสุทธิ์ B_1 และ B_2 จากบริษัท Markor Chemical เมืองเยรูซาเลม ประเทศอิสราเอล

3.5 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง เป็น analytical grade

	บริษัทผู้ผลิต
คลอโรฟอร์ม	J.T. Breaker
ไซโคลเฮกเซน	J.T. Breaker
เมธานอล	J.T. Breaker
2-โปรปานอล	J.T. Breaker
อะซีโตไนไตรล์	J.T. Breaker
อีเธอร์ (anhydrous)	J.T. Breaker
เฮกเซน	J.T. Breaker
โซเดียมซัลเฟต (anhydrous)	
ซิลิกาเจล-60	Merck
ใยแก้ว และกระดาษกรอง Whatman # 1	