บทที่ 2

การศึกษาการอบแห้งอาหารพวกเมล็ดพืช

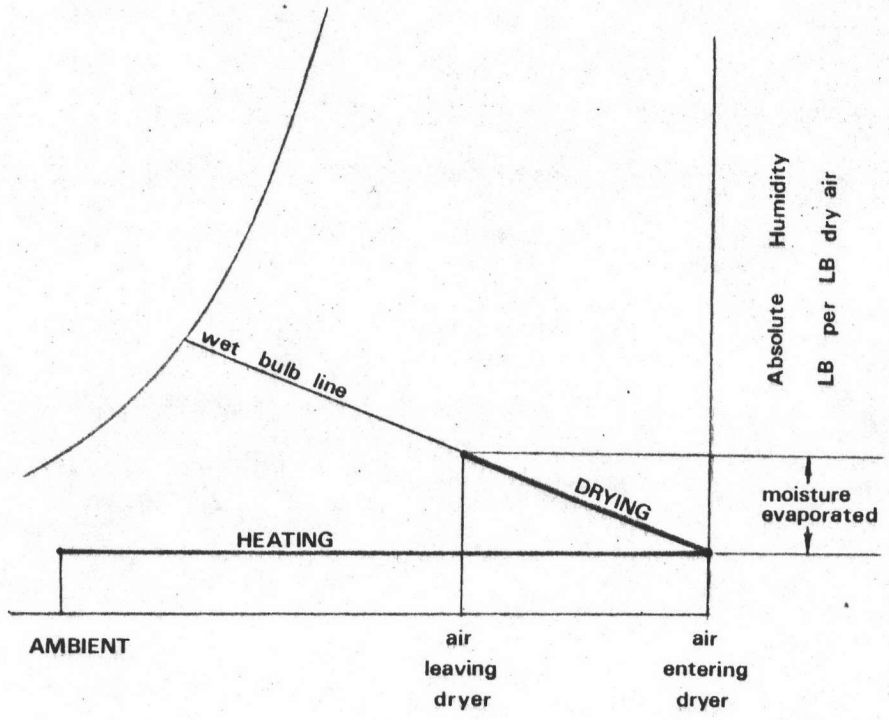
บทนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะให้ทราบถึงขบวนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของการอบแห้งที่มีต่อความชื้นที่อยู่ในเมล็ด และให้ทราบถึงกรรมวิธีต่าง ๆ ที่ใช้ในการอบแห้งอาหารพวกเมล็ด การที่มุ่งศึกษาเฉพาะการอบแห้งอาหารพวกเมล็ด ด้วยเหตุที่ว่าจากการสำรวจประเภทอุตสาหกรรมการอบแห้งอาหารพบว่าโรงงานประเภทไซโลมีอยู่เป็นจำนวนมาก (ภาคผนวก ก. ประเภทอุตสาหกรรมการอบแห้งอาหาร)

ขบวนการในการอบ

ในการอบโดยทั่วไปจะมีลักษณะของขบวนการแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ กล่าวคือ

1. ขบวนการของการระเหย (The Process of Evaporation) เมื่ออากาศแห้งที่ร้อนถูกทำให้ผ่านไปในอาหารที่มีความชื้นสูงอย่างเช่น เมล็ดข้าวโพด หรือ เมล็ดข้าว อากาศร้อนนี้จะนำเอาไอน้ำออกมาจากเมล็ดเหล่านั้น ซึ่งจะทำให้อากาศมีความชื้นสูงขึ้น และมีอุณหภูมิต่ำลง อากาศในระหว่างขบวนการนี้จะมีค่าเอนทอลปี้ (Enthalpy) คงที่ หรือจะอยู่บนเส้นหนึ่งเส้นใดของอุณหภูมิแบบกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) ที่คงที่ ซึ่งปรากฏอยู่ใน Psychrometric Chart ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1

เมื่อใดก็ตามที่เมล็ดยังมีความชื้นอยู่ เมล็ดยังคงถูกรักษาไว้ให้มีอุณหภูมิต่ำโดยผ่านขบวนการระเหยของน้ำในเมล็ด และประมาณว่าอุณหภูมิมีความใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศแบบกระเปาะเปียก เมื่อเมล็ดเริ่มคลายความชื้นไปจนเกือบหมดจะทำให้อัตราการระเหยลดลง และด้วยเหตุนี้จะทำให้การรักษาความเย็นในเมล็ดลดลงหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า เมล็ดจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศที่เข้าไปในขบวนการอบ

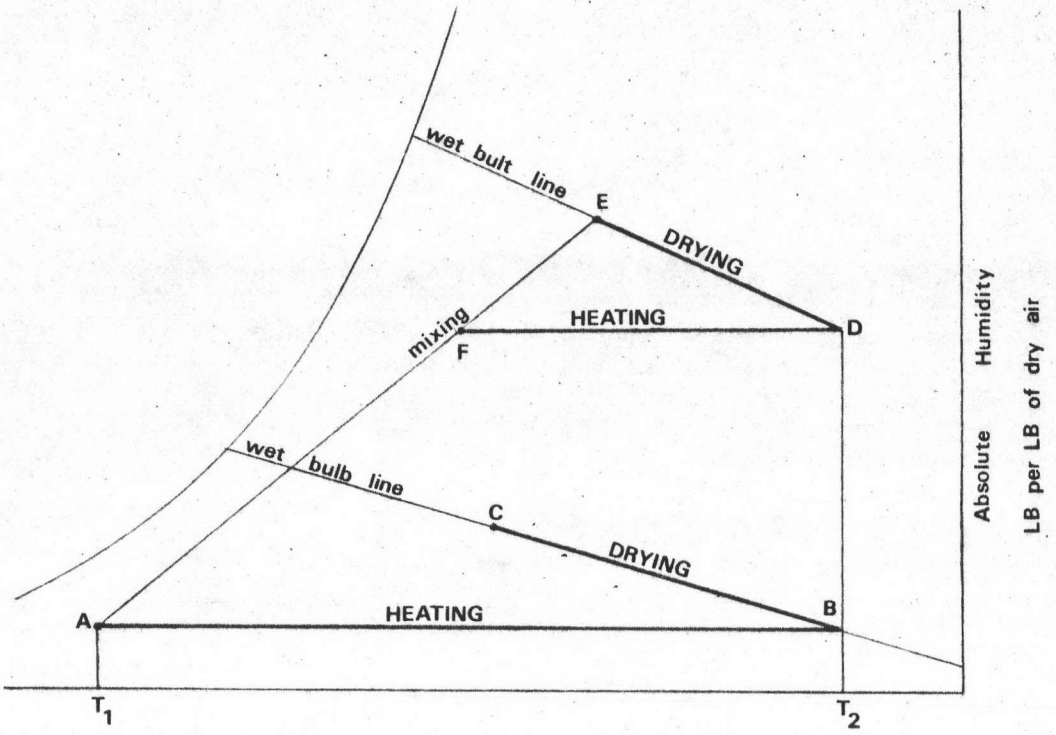


รูปที่ 2.1 Psychrometric Chart ของขบวนการอบแห้ง

ในการป้องกันการไหม้เกรียม หรือ การเกิดความเสียหายต่อเมล็ด ขบวนการในการอบจึงมักจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ในขั้นตอนแรกโดยการใช้อากาศที่มีอุณหภูมิสูง (ประมาณ 130° ถึง 135° ซ) ในการอบซึ่งจะให้อัตราการระเหยสูงมาก โดยส่วนนี้เองจะทำให้ความชื้นในเมล็ดลดลงอย่างรวดเร็ว ในขั้นตอนที่สองโดยการใช้อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ (ประมาณเท่ากับอุณหภูมิปกติโดยทั่ว ๆ ไป) ในการอบเมล็ดจนกระทั่งได้ความชื้นที่มีอยู่ในเมล็ดตามต้องการ

2. วิธีหมุนเวียนกลับ (Recirculation) มีลักษณะเป็นการผสมของอากาศระหว่างอากาศที่มีความชื้นสูงที่ออกมาจากเครื่องอบ (บางครั้งใช้ถึง 80% ในการผสม) กับอากาศที่เข้ามาในเครื่องอบจากภายนอกใหม่ ๆ แล้วนำไปกลับทำให้ร้อนใหม่ ต่อจากนั้นจึงผ่านเข้าไปยังกองของเมล็ดอีกครั้ง วิธีหมุนเวียนกลับนี้โดยส่วนใหญ่แล้วถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบและลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลง การที่จะแสดงว่าวิธีหมุนเวียนกลับเพิ่มประสิทธิภาพอย่างไรนั้นจะต้อง

อาศัยการอ้างถึง Psychrometric Chart ในแบบของ Mollier ซึ่งจะทำให้เข้าใจได้ดียิ่งขึ้นดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 Psychrometric Chart แสดงการปฏิบัติงานของเครื่องอบแห้งทั้งในแบบที่มีการหมุนเวียนกลับและแบบที่ไม่มีการหมุนเวียนกลับ

จุด A แสดงถึงสภาวะอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่อยู่ภายนอกก่อนเข้าเครื่องอบ อากาศจะถูกทำให้ร้อนจนถึงสภาวะหนึ่งที่จุด B ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยเส้น AB ความร้อนที่ต้องใช้ในการนี้จะเป็นสัดส่วนกับการเพิ่มขึ้นในเอนทอลปี้ (Enthalpy) หรือว่าเป็นสัดส่วนกับความยาวของเส้น AB ในกรณีที่เครื่องอบไม่มีการหมุนเวียนกลับอากาศที่สภาวะ B จะถูกผ่านไปยังกองเมล็ดซึ่งจะถูกทำให้เย็นลงไปตามเส้นทะแยง BC และถูกปล่อยออกไปจากเครื่องอบที่สภาวะ C

ในกรณีที่เครื่องอบมีการหมุนเวียนกลับอากาศบางส่วนที่สภาวะ E ที่ออกจากเครื่องอบจะถูกผสมกับอากาศจากภายนอกที่สภาวะ A ให้ส่วนผสมของอากาศที่สภาวะ F จากนี้อากาศผสม

จะถูกทำให้ร้อนจนถึงอุณหภูมิ T_2 และมีความชื้นของส่วนผสมดังที่ปรากฏที่สภาวะ D ดังรูปที่ 2.2 เมื่ออากาศที่สภาวะ D ถูกผ่านไปยังกองเมล็ดจะถูกทำให้เย็นลงไปตามเส้น DE จนถึงสภาวะ E ซึ่งจะถูกปล่อยออกจากเครื่องอบแต่มีอากาศบางส่วนจะถูกนำกลับเข้ามาผสมกับอากาศจากภายนอกใหม่ ๆ อีกจนได้อากาศผสมที่มีสภาวะ F ใหม่อีก จะเห็นได้ว่าพลังงานความร้อนที่ให้กับสภาพที่มีการหมุนเวียนกลับจะน้อยกว่าเมื่อไม่มีการหมุนเวียนกลับ ดังที่ได้แสดงโดยสัดส่วนของความยาว FD แทนที่จะเป็น AB ดังรูปที่ 2.2

จากการสังเกตที่ว่าวิธีหมุนเวียนกลับจะเพิ่มประสิทธิภาพในการอบ แต่ในขณะเดียวกันจะกลับมีแนวโน้มลดอัตราการอบแห้งลง เส้น DE ในรูปที่ 2.2 นั้นแสดงถึงสัดส่วนของปริมาณน้ำที่ถูกถ่ายเทออกไปโดยแต่ละปอนด์ของน้ำหนักของอากาศ ซึ่งในกรณีที่มีการหมุนเวียนกลับนั้นจะมีขนาดของเส้นสั้นกว่าเส้น BC ในกรณีที่ไม่มีการหมุนเวียนกลับของอากาศ ด้วยเหตุที่ว่าอัตราการไหลของอากาศจะถูกจำกัดเมื่อพิจารณาถึงข้อจำกัดอื่น ๆ อย่างเช่น ในกรณีที่ลมพัดเอาเมล็ดกระจัดกระจายออกไปจากถาด หรือ กระบะ เป็นต้น อันจะทำให้การใช้วิธีการหมุนเวียนกลับมีส่วนในการลดขีดความสามารถของเครื่องอบ ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการพิจารณาการปฏิบัติงานของโรงงาน ด้วยเหตุผลที่การประหยัดเชื้อเพลิงอาจจะทำให้สูญเสียกำลังในการผลิต ในทางปฏิบัติจริงนั้นอาจมีองค์ประกอบอื่นที่สำคัญเข้ามามีบทบาทในการกำหนดว่าจะมีการใช้วิธีหมุนเวียนกลับหรือไม่ เช่น คุณภาพของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

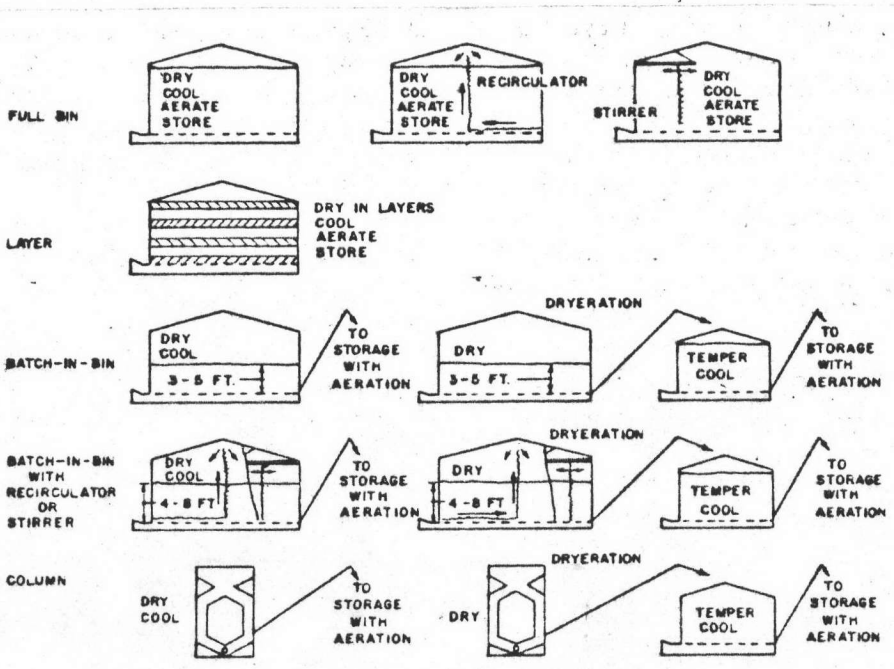
<u>กรรมวิธีในการอบแห้งอาหารพวกเมล็ด</u>

กรรมวิธีต่าง ๆ ที่ใช้ในการอบแห้งอาหารพวกเมล็ดเพื่อเป็นการถนอมคุณค่าทางอาหารในการที่จะเก็บรักษาอาหารเหล่านี้นั้นสามารถแบ่งได้อย่างกว้าง ๆ ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ระบบการอบในลักษณะเป็นชุด (Batch Systems)
2. ระบบการอบในลักษณะการไหลต่อเนื่อง (Continuous Flow Systems)

ระบบการอบในลักษณะเป็นชุด (Batch System)

ระบบการอบเป็นชุดนี้สามารถแบ่งได้หลายชนิดตามความซับซ้อนของกรรมวิธีดังแสดงในรูป 2.3 ในระบบที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุดนั้นเมล็ดจะถูกอบให้แห้ง และให้การหล่อเย็นแก่เมล็ดโดยใช้อากาศที่อุณหภูมิปกติพัดผ่านด้วยอัตรายนาดหนึ่ง ซึ่งการปฏิบัติงานทั้งสองนี้จะถูกทำต่อเนื่องกันไปโดยไม่มีการเคลื่อนย้ายชุดของเมล็ดนี้เลย และเมล็ดชุดนี้อาจถูกเก็บรักษาไว้ ณ ที่นั้นเลย หรือ เมล็ดชุดนี้จะถูกเคลื่อนย้ายไปยังถังเก็บใบอื่น หรือ ส่งไปยังตลาดในทันที ระบบการอบเป็นชุดที่มีความสลับซับซ้อนมากขึ้นนั้นจะมีการเคลื่อนย้ายชุดของเมล็ดในขณะที่ยังร้อนอยู่ไปยังโครงสร้างของภาชนะบรรจุอันอื่น ๆ เพื่อให้เมล็ดผ่านกรรมวิธีการอุ่น (Tempering Process) ชั่วขณะหนึ่ง แล้วจึงทำการหล่อเย็น (Cooling) ต่อจากนั้นจะส่งเมล็ดไปเก็บรักษา หรือ ส่งสู่ตลาดทันที ในบางครั้งเครื่องมือในการช่วยหมุนเวียนเมล็ด หรือ คนเมล็ดจะถูกนำมาใช้ในระหว่างกรรมวิธีการอบแห้งแบบเป็นชุดนี้ และโดยทั่วไปการอบจะพ่นอากาศร้อนผ่านเข้าทางพื้นปรู่เมล็ด ถ้าการอบแห้งมีการอุ่น (Tempering) เราจะเรียกว่า Dryeration



รูปที่ 2.3 รูปแบบของกรรมวิธีการอบแห้งเป็นชุดในลักษณะต่าง ๆ

กรรมวิธีการอบแห้งเป็นชุดนี้สามารถแบ่งได้อย่างกว้าง ๆ ตามลักษณะออกเป็น 3 แบบคือ

ก. การอบแห้งในถังภาชนะบรรจุ (In-Bin Drying)

ระบบที่ใช้ในการอบแบบเต็มถัง (Full-bin) และแบบเป็น ชั้น ๆ (Layer) จะทำการอบแห้งและหล่อเย็นแก่เมล็ดในถังเก็บรักษาเมล็ดนั้นเอง เนื่องจากการอบแห้งในลักษณะนี้จะต้องใช้เวลาหลายวันหรือหลายสัปดาห์ จึงมีข้อจำกัดที่ว่าสามารถอบได้เพียงชุดเดียวเท่านั้นต่อฤดูการเก็บเกี่ยว แต่ถ้าเป็นพืชหลายชนิดที่จะอบแห้งในฤดูการเก็บเกี่ยวต่างกันก็สามารถใช้ระบบการอบแห้งแบบนี้ร่วมกันได้

ระบบการอบแห้งแบบเต็มถัง (Full-bin Drying) นี้เมล็ดจะถูกอบอย่างช้า ๆ โดยการไหลของอากาศในอัตราที่ต่ำผ่านเมล็ดที่บรรจุให้ลึกซึ่งบางทีอาจลึกถึง 16 ฟุต และเนื่องด้วยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบ เวลา อุณหภูมิ และการเจริญเติบโตของพวกเชื้อราเป็นตัวกำหนดให้ความชื้นของเมล็ดตอนเริ่มอบนั้นจะต้องไม่มากจนเกินไป ดังนั้นเมล็ดขนาดเล็ก ๆ ที่เก็บเกี่ยวในฤดูร้อนที่มีความชื้นปานกลางประมาณ 20% w.b. (Wet Basis คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำในเมล็ดต่อน้ำหนักเมล็ดที่เปียก) หรือต่ำกว่า จะสามารถอบได้และเมล็ดข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวในฤดูหนาวซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและที่ความชื้น 25% w.b. หรือต่ำกว่า จะสามารถอบได้

ระบบการอบแห้งแบบเป็นชั้น (Layer Drying) เมล็ดชุดแรกหรือชั้นแรกจะถูกอบในทันทีที่ใส่ลงในถังอบ บริเวณที่ถูกอบ (Drying Zone) ก็จะเกิดขึ้นและมีการเคลื่อนผ่านเมล็ดส่วนต่าง ๆ ในถัง เมล็ดจะถูกเทใส่ลงในถังเพื่อเพิ่มเติมซึ่งอาจจะเป็นวันละครั้งและเมล็ดที่เปียกนี้ก็จะอยู่เป็นชั้น ๆ หนึ่งที่อยู่บนชั้นบริเวณที่ถูกอบ การเติมจะกระทำไม่บ่อยนัก และการอบจะดำเนินติดต่อกันไปจนกระทั่งบริเวณที่ถูกอบจะเคลื่อนผ่านเมล็ดทั้งหมดที่อยู่ในถัง เมล็ดที่ใส่เป็นชั้นแรกนั้นเหมาะสำหรับเมล็ดที่มีความชื้นสูงเพราะจะได้รับอัตราการถ่ายเทของอากาศสูงทำให้การอบเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากความลึกของชั้นเมล็ดยังมีไม่มากนัก ในทำนองเดียวกันเมล็ดที่มีความชื้นต่ำควรใส่ถังอบในลำดับหลัง ๆ ปริมาณของเมล็ดที่จะใส่ในถังอบนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ส่วนใกล้ที่สุดของบริเวณที่ถูกอบ (Drying Front) มีอัตราการเคลื่อนที่ขนาดไหน ความชื้นของเมล็ดที่จะอบ และขึ้นกับอุณหภูมิที่ออกมาจากส่วนหน้าหรือส่วนใกล้ที่สุดของบริเวณที่ถูกอบ

ซึ่งจะต้องคำนึงถึงส่วนหน้าของบริเวณที่ถูกอบต้องผ่านเมล็ดที่ใส่เพิ่มลงในถังไปก่อนที่จะถึงเวลาที่เชื้อราจะเจริญเติบโต

ข. การอบแห้งในถังภาชนะบรรจุเป็นชุด (Batch-in-Bin Drying)

ชุดของเมล็ดจะถูกอบภายในถังและต่อจากนั้นเมล็ดจะถูกเคลื่อนย้ายไปยังที่เก็บ ซึ่งวิธีการอบแบบนี้เป็นที่นิยมกันมาก และมีชื่อเรียกว่าการอบแห้งในถังภาชนะบรรจุเป็นชุด หลักการที่สำคัญในการดำเนินการอบก็คือจะต้องพ่นอากาศที่ร้อนและมีปริมาณมากผ่านเมล็ดที่ใส่ไว้ในถังอย่างต้น ๆ เพื่อที่จะทำให้การอบเป็นไปอย่างรวดเร็ว ดังในรูปที่ 2.3

การอบในลักษณะนี้กระทำได้โดยการใช้ถังที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ ๆ ที่ก้นถังติดด้วยพื้นซึ่งเจาะเป็นรูเพื่อให้อากาศผ่าน ด้วยเหตุนี้จะทำให้ผิวหน้าสัมผัสของอากาศร้อนกับเมล็ดมีมาก เพราะเส้นผ่าศูนย์กลางของถังมีขนาดใหญ่ ตัวอย่างเช่น ถ้าถังมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 48 ฟุต จะมีพื้นที่สัมผัสถึง 1,800 ตารางฟุต ที่ผิวหน้าของกองเมล็ดจะต้องปรับให้ได้ระดับด้วยเครื่องมือกลในการปรับระดับเพื่อที่จะทำให้การอบเป็นไปอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ของถัง เครื่องตวงชนิดกวาด (Sweep Auger) และเครื่องตวงชนิดใต้ถัง (Under-bin Auger) ถูกนำมาใช้เพื่อที่จะถ่ายเมล็ดออกจากถังในเวลาอันเหมาะสม

กรรมวิธีในการอบแห้งในถังเป็นชุดนี้จะมีรูปแบบอย่างง่าย ๆ ดังนี้คือ

(1) กองเมล็ดเป็นชั้นหนึ่งลงในถัง ชั้นนี้จะมีความลึกเท่าใดก็ได้ แต่โดยปกติจะไม่เกิน 3 หรือ 4 ฟุต

(2) การพ่นอากาศร้อนที่มีอุณหภูมิระหว่าง 120°ถึง 160°ฟ ผ่านเมล็ดจนกระทั่งได้ความชื้นโดยเฉลี่ยของเมล็ดทั้งหมดเท่ากับที่ต้องการ โดยปกติจะใช้อัตราการไหลของอากาศ 8 ถึง 15 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อหน่วยปริมาตรเป็นบูเชล (1 Bushel = 35.24 Liters) ของเมล็ด

(3) การให้ความเย็นแก่เมล็ดโดยการเป่าด้วยพัดลมขณะที่เครื่องทำความร้อนถูกปิด

(4) ทำการขนถ่ายเมล็ดไปสู่ที่เก็บหรือสู่ตลาด

ระยะเวลาในการอบแบบนี้จะไม่แน่นอน แต่โดยปกติแล้วถ้ามีการวางแผนไว้จะสามารถอบได้วันละ 1 หรือ 2 ชุด และการอบด้วยวิธีนี้ความชื้นของเมล็ดชั้นล่างจะมีลักษณะแห้งจนเกินไป

010370

และชั้นบนจะมีลักษณะชื้นเกินไป ในเมื่อความชื้นโดยส่วนรวมเท่ากับที่ต้องการแล้วก็ตาม แต่ก็สามารถที่จะขจัดปัญหานี้ออกไปได้โดยการที่ใช้เครื่องขนถ่ายเมล็ดที่สามารถทำให้เมล็ดผสมคลุกเคล้ากันในขณะขนถ่าย ซึ่งจะทำให้ความชื้นในเมล็ดมีการกระจายออกไปทั่วถึงกันหมด

การอบด้วยวิธีอบแห้งในภาชนะบรรจุและอบแห้งในภาชนะบรรจุเป็นชุดนั้น ในบางกรณีอาจใช้เครื่องมือช่วยในการคลุกเคล้าเมล็ดในขณะทำการอบด้วย เช่น เครื่องคนเมล็ด (Stirring Devices) หรือ เครื่องหมุนเวียนเมล็ด (Grain Recirculators) ดังรูปที่ 2.3

ค. การอบแห้งเป็นชุดแบบคอลัมน์ (Column Batch Drying)

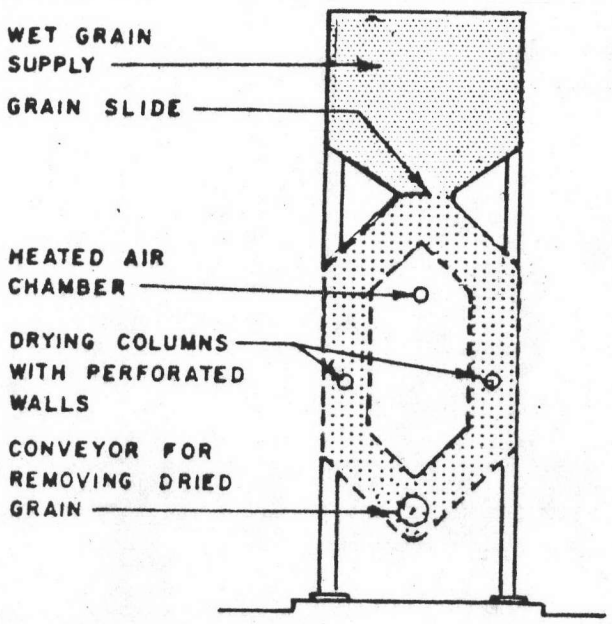
เครื่องอบในลักษณะนี้ถูกออกแบบมาเพื่อที่จะสามารถเคลื่อนย้ายไปตามที่ต่าง ๆ ได้สะดวกในขณะที่ไม่มีเมล็ดบรรจุอยู่ ดังรูปที่ 2.4

ข้อแตกต่างระหว่างการอบแบบคอลัมน์กับแบบในถัง คือ

(1) ความหนาของชั้นเมล็ดน้อย โดยปกติ 12 ถึง 18 นิ้ว

(2) อัตราการไหลของอากาศสูงประมาณ 50 ถึง 100 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อบูเชล

(3) เมล็ดจะเรียงในแนวดิ่ง และอากาศผ่านจากด้านข้างออกทางด้านข้าง

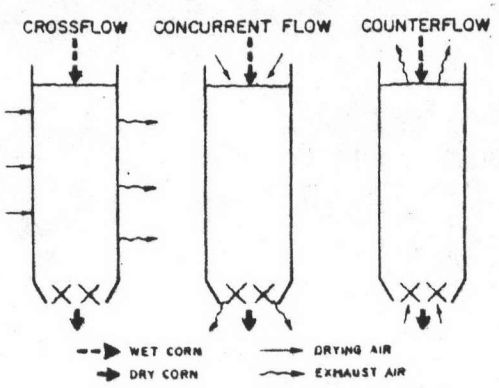


รูปที่ 2.4 ส่วนตัดของเครื่องอบเป็นชุดแบบคอลัมน์

การอบด้วยวิธีนี้จะได้ความชื้นของเมล็ดตามที่ต้องการเพราะบริเวณที่ถูกอบเป็นไปได้ทั่วถึง และการอบจะสิ้นสุดในเวลาเพียง 2 ถึง 3 ชั่วโมง ต่อจากนี้เมล็ดจะถูกทำให้เย็นก่อนที่จะนำเมล็ดไปยังที่เก็บ

ระบบการอบในลักษณะการไหลต่อเนื่อง (Continuous Flow System)

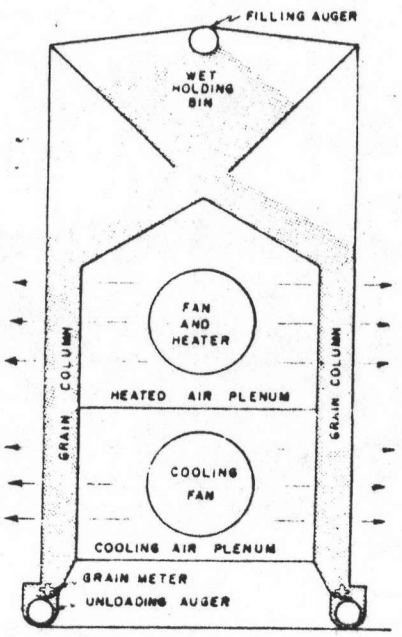
ระบบการอบที่มีการไหลต่อเนื่องของเมล็ดนี้สามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะความสัมพันธ์ของทิศทางการไหลของเมล็ด และทิศทางการไหลของอากาศ ดังรูปที่ 2.5



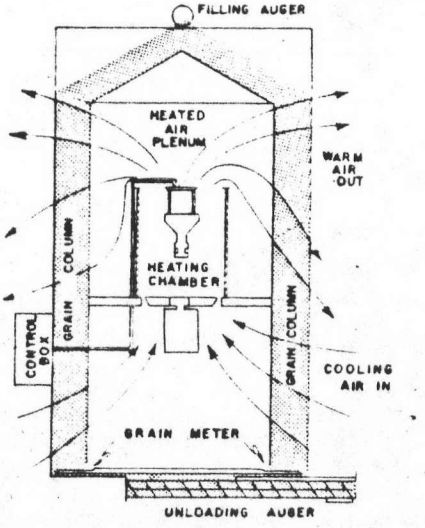
รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะ 3 แบบ ของเครื่องอบแห้งที่มีการไหลต่อเนื่อง

ก. การอบแห้งชนิดที่ไหลตัดขวาง (Crossflow Drying)

การอบแห้งชนิดที่ไหลตัดขวางนี้เมล็ดที่เปียกจะถูกใส่ด้านบนของคอลัมน์ แล้วไหลลงสู่ด้านล่างและถูกถ่ายออกจากคอลัมน์ที่ส่วนล่างของคอลัมน์ ซึ่งส่วนบนของคอลัมน์เป็นส่วนอบแห้งและส่วนล่างของคอลัมน์เป็นส่วนให้ความเย็นแก่เมล็ด การไหลของเมล็ดจะถูกปรับด้วยเครื่องมือปรับอัตราการไหลของเมล็ดที่ติดตั้งอยู่ที่ส่วนล่างของคอลัมน์ซึ่งจะถูกควบคุมโดยเครื่องที่ปิดเปิดการทำงานโดยอาศัยอุณหภูมิเป็นตัวกำหนดการทำงานที่ติดตั้งอยู่ที่ส่วนล่างของส่วนอบแห้ง เครื่องอบแห้งลักษณะดังกล่าวนี้มีหลายแบบโดยจะยกตัวอย่างเครื่องอบแห้ง 2 แบบ ดังรูปที่ 2.6 และ รูปที่ 2.7



รูปที่ 2.6 Cross-Flow Dryer with Forced-Air Drying and Cooling

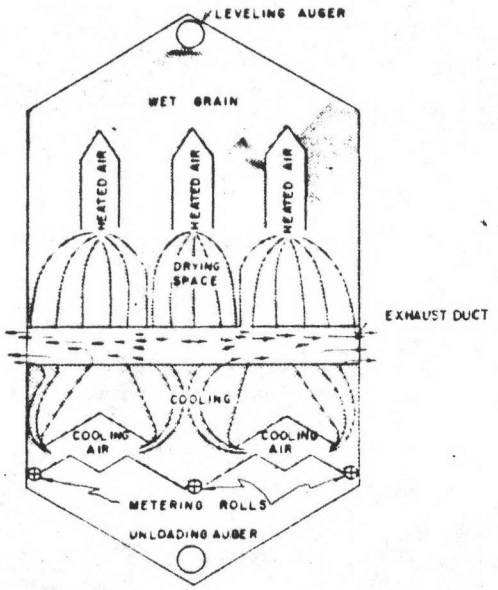


รูปที่ 2.7 Cross-Flow Dryer with Forced-Air Drying and Reverse-Flow Cooling

เครื่องที่มีอัตราการไหลของเมล็ดเท่ากันทุกจุดของส่วนตัดขวางของคอลัมน์ จะมีลักษณะการอบเหมือนกรรมวิธีการอบเป็นชุดแบบคอลัมน์ (Column Batch Drying) คือ ด้านอัดอากาศของคอลัมน์จะมีเมล็ดที่ถูกอบแห้งเกินไป ส่วนด้านตรงกันข้ามเมล็ดยังคงมีความชื้นมากกว่าที่ต้องการ ดังนั้นในบางเครื่องจะมีเครื่องมือปรับอัตราการไหลในแต่ละด้านของคอลัมน์ให้มีอัตราต่างกันโดยด้านอัดอากาศจะมีอัตราการไหลของเมล็ดเร็วกว่าเพื่อให้ได้เมล็ดที่มีความชื้นตามที่ต้องการ

ย. การอบแห้งชนิดที่ไหลตาม (Concurrent Drying)

โครงสร้างของเครื่องอบแห้งชนิดนี้ส่วนของด้านอัดอากาศจะไม่ใหญ่เหมือนอย่างแบบคอลัมน์ ดังรูปที่ 2.8 เป็นเครื่องอบแห้งชนิดที่ไหลตามกันชนิดที่ส่วนให้ความเย็นเป็นแบบไหลทวน



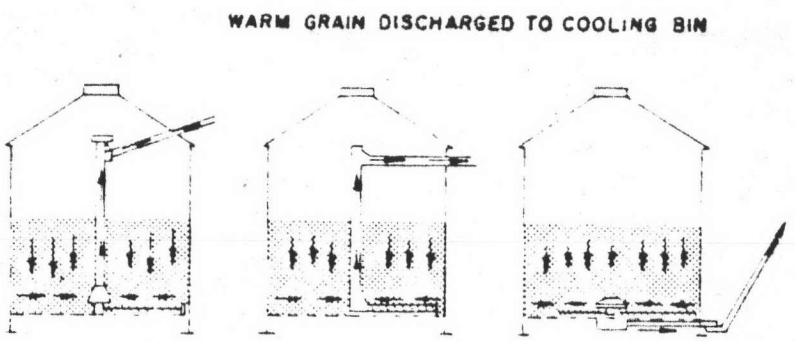
รูปที่ 2.8 ส่วนตัดของเครื่องอบแห้งชนิดที่ไหลตามกัน

เมล็ดเปียกจะถูกอุ่นด้วยความร้อนจากท่อที่ส่งอากาศร้อนก่อน และเมื่อเมล็ดผ่านลงมาถึงขอบล่างของท่อส่วนอากาศร้อนและเมล็ดจะเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งจะทำให้อากาศที่ร้อนที่สุดเข้าสู่เมล็ดที่เปียกที่สุดและอากาศจะถูกทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว THOMPSON[9] พบว่าอากาศ

ร้อนที่ 300°ฟ จะถูกทำให้เย็นลงถึง 180°ฟ เมื่อไหลผ่านเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้น 25% w.b.ใน ระยะทางการไหลเพียง 2 หรือ 3 นิ้ว ขณะที่เมล็ดเคลื่อนตัวลงสู่ด้านล่าง อุณหภูมิของเมล็ดจะเพิ่มขึ้นและต่อจากนั้นก็จะลดลงตามอุณหภูมิของอากาศที่ใช้อบ จุดที่เมล็ดได้รับอากาศร้อนสูงสุดนี้อุณหภูมิภายในเมล็ดจะต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศมาก

ค. การอบแห้งชนิดที่ไหลทวน (Counterflow Drying)

เครื่องอบแห้งในถังภายนะที่มีการหมุนเวียนของเมล็ดในถังนั้นสามารถดัดแปลงให้เป็นเครื่องที่มีการอบแบบต่อเนื่องได้โดยการต่อเครื่องตวงพิเศษ หรือ เครื่องตักเมล็ดเข้ากับเครื่องตวงตามแนวดิ่ง หรือโดยการต่อเครื่องตักชนิดใต้พื้นเข้ากับเครื่องกวาดเมล็ดสู่ส่วนกลาง ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 เครื่องอบแห้งชนิดที่ไหลทวนในถัง 3 แบบ

เครื่องควบคุมการทำงานของเครื่องตักจะขึ้นกับอุณหภูมิของเมล็ดเป็นตัวกำหนดการทำงาน ซึ่งจะติดเครื่องนี้ที่ระยะ 12 ถึง 18 นิ้ว จากพื้นปรุ ส่วนของอากาศที่ร้อนชื้นที่ออกจากบริเวณอบแห้ง (Drying Zone) จะผ่านไปในเมล็ดที่ไหลลงมาซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ ความร้อนบางส่วนที่เหลือจะอุ่นเมล็ดและอาจจะทำให้ไม่มีการกลั่นตัวของไอน้ำเกิดขึ้นที่เมล็ด ถ้าชื้นของเมล็ดมีความลึกและอุณหภูมิของเมล็ดที่เริ่มต้นอบต่ำเพียงพอ