บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ข้าวบาร์เลย์

ข้าวบาร์เลย์เป็นพืชตระกูลหญ้าจัดอยู่ใน family Graminae Sub-family Festucodeae Tribe Tribe Triticeae Sub – tribe Hordeinae genus *Hordeum* species *vulgare* L. โดยปกติข้าวบาร์เลย์จัดอยู่ในพวกพืชผสมตัวเอง (self–pollinated crop) แต่ก็มีบางครั้งพบว่าข้าวบาร์เลย์มีการผสมข้ามได้เช่นกันแต่เกิดขึ้นน้อยมาก ไม่เกิน 0.2%

ระบบราก เป็นรากฝอยงอกมาจากเมล็ด และงอกข้อส่วนที่ใต้ดิน ระบบรากที่งอกจะเจริญออกด้านข้าง ทั้งสองด้านของรากแรก ส่วนระบบรากข้อใต้ดิน จะแตกแขนงลึกจากผิวดิน 1-2 นิ้วเท่านั้นไม่ว่าจะฝักเมล็ดลึกเท่าใด

ลำต้น จะมีลักษณะเป็นแท่งกลม ปล้องกลวง มีประมาณ 5-7 ข้อต่อต้น การแตกหน่อของข้าวบาร์เลย์ จะแตกออกมาเป็นชุด โดยชุดแรกจะฐานให้ชุดที่สอง และเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จำนวนหน่อต่อต้นหลักจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับ ช่วงฤดูปลูกทีเหมาะสม ระยะระหว่างต้น และธาตุอาหารในดิน

ใบ มีลักษณะเรียวยาว เกิดสลับตรงข้ามกันบนลำต้น มีประมาณ 5 -10 ใบต่อต้น ใบสุดท้ายเรียกว่าใบธง (flag leaf) และใบล่างถัดไป 1 มีความสำคัญมากต่อการสะสมน้ำหนักเมล็ด ใบข้าวบาร์เลย์จะประกอบด้วย แผ่นใบ (leaf blade) กาบใบ (leaf sheath) เยื่อกันน้ำ (ligule) และหูใบ (auticle) ซึ่งมีลักษณะคล้ายก้ามปูสองอันหนีบลำต้นอยู่

รวง เป็นช่อดอกแบบ spike เกิดบนปลายสุดของต้น ดอกย่อย (spikelet) ติดเรียงกันบนก้านช่อดอก ช่อดอกสลับข้างกันแบบสลับฟันปลา แต่ละดอกมีกลีบดอกหุ้มขนาดใหญ่ (Lema) และกลีบหุ้มขนาดเล็ก (palea) เมื่อติดเมล็ดแล้ว กลีบดอกหุ้มทั้งสองจะเปลี่ยนเป็นเปลือกหุ้มเมล็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าวบาร์เลย์ชนิด 6 แถว จะติดเมล็ดประมาณ 25-60 เมล็ดต่อรวง และชนิด 2 แถว จะติดเมล็ดประมาณ 15-30 เมล็ดต่อรวง

การจำแนกข้าวบาร์เลย์สามารถจำแนกโดยอาศัยหลักเกณฑ์พิจารณาที่แตกต่างกันได้ 4 ลักษณะ (สาวิตร, 2540) ตามคุณสมบัติ และ ลักษณะประจำพันธุ์ คือ

1) พิจารณาตามลักษณะการเรียงตัวของดอกย่อย

1.1) ชนิด 2 แถว

1.2) ชนิด 6 แถว

2) พิจารณาตามนิสัยการเจริญเติบโต สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด

2.1) ชนิดที่ต้องการอากาศหนาวเย็น (winter type) สามารถปลูกข้ามฤดูหนาว

2.2) ชนิดที่ไม่ต้องอากาศหนาวเย็น (spring type) สามารถปลูกในต้นฤดูใบไม้ผลิ

3) พิจารณาที่เปลือกหุ้มเมล็ด

3.1) ชนิดเปลือกล่อน (naked barley) เมล็ดและเปลือกสามารถหลุดออกจากกันได้

3.2) ชนิดเปลือกหุ้ม (hull barley) เมล็ดและเปลือกติดแน่น ไม่สามารถหลุดออกจากกันได้

4) พิจารณาตามการใช้ประโยชน์

4.1) ชนิดที่ปลูกเพื่อทำมอลท์

4.2) ชนิดที่ปลูกเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์

4.3) ชนิดที่ปลูกเพื่อทำเป็นอาหารมนุษย์

พันธุ์ที่ปลูกในปัจจุบันได้จัดแบ่งได้ 2 กลุ่มคือ ประเภท 2 แถว (two rows) และประเภท 6 แถว (six rows) ข้าวบาร์เลย์ประเภท 2 แถว ในรวงหนึ่งจะมีเมล็ดอยู่ด้านข้างของรวงทั้ง 2 ข้างๆ ละ 1 แถว รวมเป็น 2 แถว นิยมปลูกในทวีปยุโรป แคนาดา อเมริกาเหนือ และทางตะวันออก ที่ปลูกกันมากได้แก่พันธุ์ Hannchen Hame และ Betzes เป็นพวก spring barley มีลักษณะ คือปริมาณโปรตีนต่ำประมาณ 9-12% ขนาดเมล็ดสม่ำเสมอมีขนาดใหญ่คือมีขนาดตั้งแต่ 2.5 มม. ขึ้นไป มากว่า 80% เปลือกเมล็ดบางมีน้ำหนัก 1000 เมล็ด 37-50 กรัม ความงอกสูง นอกจากนี้จะได้มอลท์ที่มีกิจกรรมน้ำย่อยปานกลางและสกัดแป้งได้สูง ส่วนประเภท 6 แถว ในรวงหนึ่งจะมีเมล็ดอยู่ด้านข้างๆ ละ 3 เมล็ด รวม 2 ข้าง เป็น 6 เมล็ด นิยมปลูกในสหรัฐอเมริกาที่นิยมปลูกได้แก่ พันธุ์ Larker Tropy ซึ่งเป็น winter barley และ Atlas เป็น spring barley ขนาดเมล็ดไม่ค่อยสม่ำเสมอขนาดปานกลาง ขนาด 2.5 มม. ขึ้นไปมีประมาณ 50% น้ำหนัก 1000 เมล็ด 36-45 กรัม เปลือกหุ้มเมล็ดหนา ปริมาณโปรตีน 12-16% ความงอกสูง (Kneen and Dickson, 1967)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 มอลท์และการเตรียมมอลท์

มอลท์ คือข้าวบาร์เลย์ที่ไม่ผ่านการขัดสี โดยหลักในการทำมอลท์เป็นการนำข้าวบาร์เลย์มาแช่ในน้ำสะอาด (steeping) เพื่อให้เกิดการงอก (germination) ของเมล็ดภายใต้สภาวะที่เหมาะสมที่จะทำให้มอลท์ที่มีลักษณะทางเคมีและกายภาพตามที่ต้องการและควบคุมให้มีการสูญเสียน้ำหนักของเมล็ด (weight loss) น้อยที่สุด หลักจากนั้นก็จะนำเมล็ดที่งอกแล้วไปทำการลดความชื้น (kilning) จนได้ความชื้นที่ต้องการและทำการแยกเอารากออก (Cherry–Downes และ Macay, 1967 ; Hui , 1992)

การเตรียมมอลท์

กระบวนการที่ใช้ในการเตรียมมอลท์แบ่งออกได้เป็น 3 กระบวนการด้วยกัน คือ

1) การแช่น้ำ (steeping)

การแช่น้ำเป็นจุดเริ่มต้นของการงอกและเป็นการปรับความชื้นภายในเมล็ดข้าวที่ให้มีความเหมาะสมต่อการ modification (Piggot *et al*, 1989) เมื่อนำข้าวมาแช่น้ำ โดยมีการควบคุมปริมาณน้ำ , อุณหภูมิ และการถ่ายเทอากาศที่เหมาะสม โดยการแช่ข้าวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วสลับเป่าลมบนตระแกรง อุณหภูมิ 18°C จนรากงอกยาวประมาณ ¾ ของเมล็ด (ปิยะ, 2550) และการกระตุ้นเมล็ดด้วยอุณหภูมิที่สูงจะสามารถลดเวลาในระยะพักตัวได้ (Cherry Downes และ Macay, 1967)

สิ่งสำคัญในการแช่ข้าวอีกสิ่งหนึ่งก็คือ การให้อากาศ เนื่องจากเมล็ดจะต้องใช้ออกซิเจนในการหายใจ ในระยะแรกของการแช่ข้าวอัตราการการหายใจจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และจะเริ่มเร็วขึ้น ผลจากการหายใจนี้ จะทำให้มีการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์และเอธานอลซึ่งจะมีผลไปยับยั้งการงอกของเมล็ด นอกจากนี้ความร้อนที่เกิดจากการหายใจและสารอาหารจากเมล็ดที่ละลายไปในน้ำที่แช่จะส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อข้าวได้ ดังนั้นระหว่างการแช่ข้าวจึงต้องมีการเปลี่ยนน้ำอย่างสม่ำเสมอ ช่วงระยะหลังการเปลี่ยนน้ำจะเป็นช่วงที่เปิดโอกาสให้เมล็ดมีการงอกในสภาพที่ไม่มีน้ำ (air rest) ซึ่งนอกจากจะมีประโยชน์ในการช่วยระยะพักตัวของข้าวก็ยังเป็นการให้อากาศกับข้าวไปในตัว (Lewis และ Young, 1995)

2) การงอก (germination)

ในระหว่างการงอกคัพภะจะสร้างฮอร์โมนจิบเบอริลลินทั้ง GA_1 และ GA_3 จะถูกส่งผ่านชั้นสกูเทลลัมและเซลอิพิเทอเรียล ไปยังชั้นแอลิวโลนเพื่อกระตุ้นให้เกิดเอนไซม์ต่างๆ ในชั้นนี้ได้แก่ เอนไซม์ในกลุ่มย่อยสตาร์ท เช่น α-amylase, Endo-barley-β-glucanase และเอนไซม์ในกลุ่มย่อยสลายโปรตีน เช่น protease รวมทั้งในกลุ่มที่ย่อยพอลิแซกคาไรด์อื่นๆ เช่น pentocanase และ β-glucanase ซึ่งทำการย่อยผนังเซลล์ของชั้นแอลิวโบน ทำให้เอนไซม์อื่นที่เกิดขึ้นผ่านออกไปสู่เนื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในเมล็ดเพื่อย่อยสตาร์ทในเนื้อเมล็ด เมื่อเอนไซม์ถูกส่งผ่านมายังเมล็ดภายในเนื้อเมล็ดจะเกิดการปรับเปลี่ยนสภาพของเนื้อในเมล็ด เมื่อเอนไซม์ถูกส่งผ่านมายัง เนื้อเมล็ดที่แข็งอ่อนลงเนื่องมาจากการย่อยสลายสตาร์ทของเอนไซม์ ขณะเดียวกันที่คัพภาพจะเกิดเมทตาบอลิสซัมขอน้ำตาลซูโครส , ราฟิโนส, ไขมัน, โปรตีน และ ฟรุกโตแซน ในการเริ่มงอกของต้นอ่อน เมื่อทำให้เมล็ดงอกจนเหมาะสมแล้ว เกิดรากงอกยาวประมาณ ¾ centimeter แล้วทำการยับยั้งการงอกของเมล็ดโดยการอบ (อรอนงค์, 2538)

3) การอบ (kilning)

สิ่งที่สำคัญในการอบมอลท์ คือ ต้องการหยุดการชะงักการงอกของเมล็ดและลดความชื้นให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษามอลท์ นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาการดมกลิ่นและสีที่เป็นลักษณะเฉพาะของมอลท์แต่ละชนิดอีกด้วย ในขณะเดียวกันปริมาณเอนไซม์ที่มีอยู่ภายใน เมื่อสิ้นสุดกระบวนการอบก็เป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะมอลท์ที่จะนำมาใช้ในการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดกลั่นจะต้องเป็นมอลท์ที่มีปริมาณเอนไซม์เหลืออยู่ในปริมาณที่สูงซึ่งแตกต่างจากมอลท์ที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการทำเบียร์จะมีปริมาณเอนไซม์รวมต่ำกว่าซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการอบมอลท์

การอบมอลท์สำหรับการผลิตเบียร์จะแบ่งระยะในกาอบได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะแรกที่ใช้ในการอบจะต้องมีอุณหภูมิประมาณ 50-60°C ซึ่งจะลดปริมาณความชื้นในมอลท์ลงเหลือประมาณ 20% ระยะที่สองความเร็วของลมร้อนจะลดลงในขณะที่อุณหภูมิจะเพิ่มเป็น 70-85°C และในกรณีนี้ถ้าเป็นการผลิตมอลท์ที่มีสีเข้ม (dark malt) จะใช้ลมร้อนที่มีอุณหภูมิถึง 105°C และในระยะสุดท้ายจะลดความชื้นให้ลดลงเหลือ 3.5-4.5% สำหรับเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดกลั่นจะทำที่อุณหภูมิต่ำกว่าการผลิตมอลท์สำหรับผลิตเบียร์ โดยจะทำการอบที่อุณหภูมิระหว่าง 49-60°C และมีความชื้นหลังอบสูงประมาณ 5-7%

4) การแยกราก

การเอารากออกเนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณโปรตีนสูงมากซึ่งจะมีผลต่อการเกิดฟองในระหว่างการหมัก ยิ่งไปกว่านั้นกรณีมอลท์สำหรับทำเบียร์จะผลต่อความขุ่นของเบียร์และการตกตะกอนของผลผลิตภัณฑ์สุดท้าย วิธีที่ใช้ในโรงงาน การขจัดขนรากมอลท์โดยใช้ลมเป่าบนตะแกรง หรือหมุนตะแกรงที่รองเมล็ดจะทำให้ขนรากมอลท์ล่นร่วงลงมาได้ (Hui, 1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 การนำมอลท์ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้แก่

1) อุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ มอลท์ที่ผลิตได้ทั้งหมดส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในการผลิตเบียร์ ซึ่งในการผลิตเบียร์นั้นมอลท์จะถูกนำไปต้มอุ่นกับน้ำในถังทองแดงขนาดใหญ่ แล้วกรองเอากากมอลท์ออก จากนั้นนำไปเติมดอกฮอพ (hop) นำไปต้มและกรองโปรตีนที่ไม่ละลายออก แล้วนำของเหลวที่ได้ไปหมักด้วยเชื้อยีสต์ (yeast) เมื่อหมักบ่มได้ที่แล้ว นำไปกรองและบรรจุขวดเพื่อจัดจำหน่ายต่อไป

2) อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ประเภทกลั่น ประมาณ 10% ของมอลท์ที่ผลิตได้ทั้งหมดถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแอลกอฮอล์และผลิตวิสกี้

3) อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหาร มอลท์สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ได้ เช่น อาหารเสริม อาหารเด็กอ่อน บดเป็นแป้งเมื่อผสมกับแป้งข้าวสาลีสำหรับใช้ทำอาหารมนุษย์และอาหารสัตว์เป็นส่วนผสมของกาแฟ น้ำนมเข้มข้นและอื่นๆ นอกจากนี้กากมอลท์ที่ได้จากอุตสาหกรรมผลิตเบียร์และแอลกอฮอล์

ตารางที่ 1 การใช้มอลท์ชนิดที่แตกต่าง เพื่อเบียร์ที่หลากหลาย (Narziβ, 1990)

Beer type	EBC colour	Malt type	(EBC colour)	Fraction in %
Pilsner	6-7	Pilsner malt	3	100-95
		Cara - Pils	4	4-5
Pale (Hell)	8	Pale malt	3.5	100-95
		Cara - hell	25	Up to 5
Export	12	Pale malt		
		Pilsner malt	120	Up to 1
		Cara – Cara - Dunkel		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 การใช้มอลท์ชนิดที่แตกต่าง เพื่อเบียร์ที่หลากหลาย (Narziβ, 1990) (ต่อ)

Beer type	EBC colour	Malt type	(EBC colour)	Fraction in %
Dark	50-60	Dark malt	15	90
(Dunkel)		Pale malt	3.5	9
		Coloured malt		1
		Dark malt	15	40
		Dark malt	25	40
		Pale malt	3.5	14
		Cara – Dunkel	120	5
		Coloured malt		1
		Dark malt	15	50
		Brumalt	35	30
		Pale malt	3.5	19
		Coloured malt		1
March beer	30	Vienna malt	3.5	90
		Pale malt	3.5	10
		Cara – Hell	25	10
		Dark malt	15	70
		Pale malt	3.5	30
		Cara – Dunkel	120	5
		Dark malt	15	50
		Pale malt	3.5	30
		Brumalt	35	20
		Dark malt	15	10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 การใช้มอลท์ชนิดที่แตกต่าง เพื่อเบียร์ที่หลากหลาย (Narziβ, 1990) (ต่อ)

Beer type	EBC colour	Malt type	(EBC colour)	Fraction in %
Wheat	12	Wheat malt		50-90
		Pale malt	3.5	Remainder
		Wheat malt		70
		Cara – Hell	25	5
		Pale malt	3.5	25
		Wheat malt		70
		Dark malt	15	15
		Pale malt	3.5	15
	40	Pale wheat malt		60
		Dark malt	15	40
		Coloured malt		0.5
		Pale wheat malt		40
		Dark wheat malt		30
		Dark malt		30
Alt	35	Pale malt	3.5	99
		Coloured malt		1
		Dark malt	15	90
		Pale malt	3.5	10
		Pale malt	3.5	85
		Cara – Dunkel	120	15
		Dark malt	15	50
		Brumalt	35	50

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 การใช้มอลท์ชนิดที่แตกต่าง เพื่อเบียร์ที่หลากหลาย (Narziβ, 1990) (ต่อ)

Beer type	EBC colour	Malt type	(EBC colour)	Fraction in %
Koielseh	10	Pale malt	3.5	95
		Cara – Hell	25	5
		Pale malt	3.5	85
		Vienna malt	5.5	15
Alcohol Free (7.2%)	8.5	Pale malt	3.5	70
		Dark malt	15	15
		Cara – Hell	25	15
		Pale malt	3.5	40
Alcohol – Free		Dark malt	15	10
		Cara – Hell	25	15
		Vienna malt	5.5	30
		Acid malt		5
		Pale malt	3.5	70
		Vienna malt	5.5	23
		Cara – Dunkel	120	2
		Acid malt		5

จากตารางการใช้มอลท์ชนิดที่แตกต่าง เพื่อเบียร์ที่หลากหลาย แสดงให้เห็นว่าการนำมอลท์มาใช้ประโยชน์ในการผลิตเบียร์ซึ่งเบียร์มีหลายชนิด จึงต้องใช้มอลท์ที่หลากหลาย และในอัตราส่วนที่ไม่เท่ากันตามสูตรการผลิตเบียร์เพื่อเบียร์ที่แตกต่างกัน เช่น เบียร์ Pilaner สีของเบียร์ 6-7 EBC สีของมอลท์ 3 EBC และใช้มอลท์ชนิด Pilsner malt ในอัตราส่วน 100-95% เป็นส่วนผสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 หลักการลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์

ความชื้นเมล็ดพันธุ์มีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ หลังจากทำการเก็บเกี่ยวและนวดเมล็ดพันธุ์แล้วเมล็ดส่วนใหญ่ยังมีความชื้นสูงเกินกว่าจะเก็บรักษาไว้ได้อย่างปลอดภัย จึงมีความจำเป็นต้องลดความชื้นเมล็ดลง การลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์อาจทำหลายครั้ง เช่น การลดความชื้นในเมล็ดหลังการเก็บเกี่ยวที่ยังไม่ได้นวดมักทำโดยการผึ่งลม ส่วนใหญ่การลดความชื้นจะทำกับเมล็ดพันธุ์หลังการนวดแล้วโดยการอบไล่ความชื้นด้วยการเป่าลมร้อนในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อเมล็ดพันธุ์ ซึ่งอาจเรียกว่า การอบ การลดความชื้นโดยวิธีนี้ต้องระวังการปรับอุณหภูมิ แรงลม และเวลาให้เหมาะสมกับสภาพของเมล็ดพันธุ์ มิเช่นนั้นอาจเกิดความเสียหายต่อเมล็ดพันธุ์ได้ การลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์เกี่ยวข้องกับบทบาทของความชื้น 2 บริเวณ คือ ความชื้นในเมล็ดกับความชื้นบรรยากาศ การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์เป็นการนำเอาน้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในเมล็ดให้ออกไปสู่อากาศและกลายเป็นความชื้นในอากาศ การเคลื่อนที่ของน้ำหรือความชื้นในเมล็ดออกไปสู่บรรยากาศรอบๆ เมล็ด มีปัจจัยควบคุมหลายอย่าง ได้แก่ ขนาดของเมล็ด องค์ประกอบทางเคมี อุณหภูมิ ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดและลักษณะเยื่อหุ้มเมล็ด โดยปกติการแลกเปลี่ยนระหว่างความชื้นในเมล็ดกับความชื้นในบรรยากาศจะเกิดขึ้นตลอดเวลากระบวนการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์เป็นการเร่งให้ความชื้นในเมล็ดออกสู่บรรยากาศโดยเร็ว ดังนั้นจึงต้องมีการกระทำอย่างระมัดระวัง หากทำการลดความชื้นลงอย่างรวดเร็วอาจทำให้เมล็ดสูญเสียคุณภาพได้และหากทำการลดความชื้นอย่างช้าเกินไปก็อาจทำให้เมล็ดสูญเสียคุณภาพและขึ้นราได้เช่นเดียวกัน

ปัจจัยในการอบแห้งที่มีผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์

การอบลดความชื้นมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพของเมล็ดพันธุ์หลังการอบแห้ง คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ที่สำคัญได้แก่ ความชื้นและการหดตัวของเมล็ดพืชระหว่างการอบแห้ง ซึ่งส่งผลให้เกิดการแตกร้าวในเมล็ดพืช คุณภาพทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ได้แก่ ปฏิกิริยา ได้แก่ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในเมล็ดพืชบางชนิด ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแห้งและคุณค่างทางอาหาร ส่วนคุณภาพทางชีวภาพของเมล็ดพันธุ์ได้แก่ ความสามารถในการงอกของเมล็ด ดับนั้น กระบวนการในการอบแห้งจึงต้องพิจารณาถึงการใช้อุณหภูมิ แรงลม ระยะเวลาในการอบ ระบบการระบายอากาศ และการจัดสภาพในการอบให้เหมาะสมกับสภาพและชนิดของเมล็ดพืช(สุชาดา, 2548) ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1) แรงลมและการถ่ายเทความชื้น ความแรงของลมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องจัดให้เหมาะสม เพื่อให้สามารถผ่านกองเมล็ดพันธุ์ได้ในอัตราที่เหมาะสม เพื่อมิให้ปิดกั้นการระบายความชื้นและการสะสมความร้อนในกองเมล็ดพันธุ์ แรงลมที่ใช้เป่าอบเมล็ดพันธุ์โดยทั่วไปอยู่ในอัตรา 4–7 ลูกบาศก์เมตรต่อเมล็ดพันธุ์หนึ่งลูกบาศก์เมตรต่อนาที อีกลักษณะหนึ่งก็คือ ความสูงของกองเมล็ดพันธุ์ในขณะอบจะต้องไม่สูงมากเกินไป มิฉะนั้นจะทำให้ลมผ่านได้ยาก ความสูงที่ใช้ขึ้นกับลักษณะและขนาดของเมล็ดพันธุ์ เช่นเมล็ดข้าวโพดทั้งฝักสามารถกองได้ถึง 7 ฟุต ส่วนเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่นวดแล้วไม่ควรกองสูงเกิน 5 ฟุต สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดเล็ก เช่น ข้าว ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว ไม่ควรกองสูงกว่า 3 ฟุต เป็นต้น และควรอบให้มีความชื้นลดลงในอัตราร้อยละ 0.3 ต่อชั่วโมง กริช และคณะ (2544) ศึกษาแนวทางในการแปรรูปข้าวโดยใช้กระบวนการอบแห้งข้าวกล้อง ซึ่งทำการทดลองอบแห้งข้าวกล้องเปรียบเทียบกับการอบแห้งข้าวเปลือก สภาวะของอุณหภูมิอากาศร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง 45, 55 และ 65°C อัตราการไหลอากาศจำเพาะของอากาศ 12 m^3/min-m^3 ในการลดความชื้นข้าวเปลือกที่ 22% wet basis (w.b.) เทียบกับการลดความชื้นข้าวกล้องที่ได้จากการเตรียมข้าวเปลือกที่สภาวะเดียว กัน ให้เหลือ 14% (w.b.) จากการทดลองพบว่า ระยะเวลาการอบแห้งลดความชื้นของข้าวกล้องมีค่าน้อยกว่าระยะเวลาการอบแห้ง ข้าวเปลือกตามปกติประมาณ 50-55% และ วุฒิกรณ์ (2541) พัฒนาสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้ เทคนิคฟลูอิไดซ์เบดแบบสั่นสะเทือน ขนาดกำลังผลิต 2.5-5 tons/h ขณะทำการทดสอบใช้อัตราการไหลของอากาศร้อน 1.72 m^3/s (1.91 kg/s) ความเร็วของกระแสอากาศร้อนในห้องอบแห้งข้าวเปลือกประมาณ 1.37 m/s ใช้อุณหภูมิอบแห้งข้าวเปลือกอยู่ในช่วง 130-150°C โดยกำหนดให้ข้าวเปลือกอยู่ในห้องอบแห้งนานประมาณ 1 minute ความสูงของเบดข้าวเปลือกประมาณ 12 และ 15 cm สามารถลดความชื้นเริ่มต้นประมาณ 26% (d.b.) ให้เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 23% (d.b.)

2) ระยะเวลาในการอบแห้ง เมื่อเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นถูกกองรวมกันอยู่เป็นปริมาณมากเป็นระยะเวลาหนึ่ง จุลินทรีย์ต่างๆ เช่น เชื้อราจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดความร้อนในกองเมล็ดพันธุ์ การหายใจ จะทำให้เมล็ดพันธุ์มีการเผาผลาญอาหารส่งผลให้น้ำหนักแห้งของเมล็ดพันธุ์ลดลง และความร้อนที่เกิดขึ้นจากการหายใจยังเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ลดลงอีกด้วย เช่น ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวเป็นฟันหนู (เมล็ดข้าวมีสีเหลือง) บุญมี และคณะ (2546) รายงานว่า การลดความชื้นข้าวเปลือกโดยการใช้เครื่องลดความชื้นชนิดลมแห้ง เมื่อใช้อุณหภูมิในการลดความชื้น 40 และ 30°C ต้องใช้เวลา ในการลดความชื้น 9-11 ชั่วโมง โดยมีอัตราการลดลงของความชื้นเป็น 1.67 และ 1.28 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ และการใช้เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกชนิดลมร้อนใช้อุณหภูมิ 40 50 และ 70°C ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกสูญเสียความชื้นโดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อัตรา 1.56 1.60 และ 1.85 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ ใช้เวลา 9, 9 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ จึงทำให้ความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกอยู่ในระดับประมาณ 12-14%

ระดับความชื้นเมล็ดพันธุ์กับการเก็บรักษา มีดังต่อไปนี้ คือ (Copeland, 1976)

ที่ระดับความชื้นเมล็ดพันธุ์ในช่วง 45-82% เป็นความชื้นของเมล็ดขณะที่เจริญอยู่บนต้นแม่ ซึ่งเมล็ดยังไม่สมบูรณ์เต็มที่ที่จะเก็บเกี่ยวได้

ที่ระดับความชื้นเมล็ดพันธุ์ในช่วง 30-55% เป็นช่วงที่เมล็ดมีการสุกแก่ทางสรีรวิทยาแต่ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้ เนื่องจากเมล็ดมีความชื้นสูงและเมล็ดมีอัตราการหายใจสูง เมื่อนำมาเก็บรวมกันจะเกิดความร้อนสูง หากไม่มีการระบายอากาศที่ดีพอ เมล็ดจะอ่อนนิ่มเกิดความเสียหายจากการเก็บเกี่ยวและเครื่องจักรได้ง่าย

ที่ระดับความชื้นเมล็ดพันธุ์ในช่วง 14-20% เมล็ดจะมีความทนทานต่อความเสียหายจากเครื่องจักรกลในการนวดและปรับปรุงสภาพโดยใช้เครื่องจักรต่างๆ แต่เมล็ดยังคงมีอัตราการหายในสูง ซึ่งเมล็ดจะได้รับความเสียหายจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ยังมีเชื้อราและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย

ที่ระดับความชื้นเมล็ดพันธุ์ในช่วง 10-13% เป็นช่วงที่สามารถเก็บรักษาเมล็ดได้ดีในระยะ 6-12 เดือน แมลงรบกวนบ้างและอาจได้รับความเสียหายจากเครื่องจักรกลอยู่บ้าง

ที่ระดับความชื้นเมล็ดพันธุ์ในช่วง 8-10% เป็นช่วงที่สามารถเก็บรักษาเมล็ดได้ดีในระยะเวลา 1-2 ปี แมลงเข้าทำลายได้น้อย

ที่ระดับความชื้นเมล็ดพันธุ์ในช่วง 4-8% เป็นระดับความชื้นที่ปลอดภัยในการเก็บรักษาในภาชนะปิด

ที่ระดับความชื้นเมล็ดพันธุ์ในช่วง 0-4% เมล็ดอาจเกิดการพักตัวเป็นเมล็ดแข็งได้ในพืชบางชนิด และเป็นความชื้นที่แห้งเกิดไปในพืชบางชนิด ซึ่งอาจเกิดอันตรายอย่างยิ่งกับเมล็ดพันธุ์

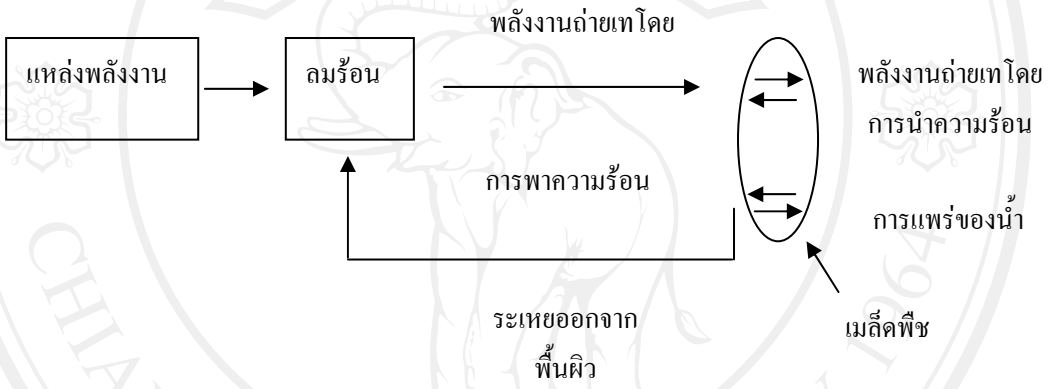
เมล็ดจะเริ่มมีกระบวนการงอกเกิดขึ้นเมื่อดูดน้ำเข้าไปจนกระทั่งมีความชื้นประมาณ 33-60 % แล้วแต่ชนิดเมล็ดพันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 เครื่องอบลมร้อน

หลักการทำงานของเครื่องอบลมร้อน

ใช้กระแสลมร้อนสัมผัสกับวัตถุดิบ เช่น ตู้อบลมร้อน (hot air dryer) โดยจะใช้ blower ในการให้ลมร้อน จากแหล่งพลังงานความร้อนคือ heater ไปยังวัตถุดิบ โดยทั่วไปแล้วการใช้เครื่องอบลมร้อนจะใช้ในการอบแห้งวัตถุดิบในทางอุตสาหกรรมเพื่อทำให้วัตถุดิบแห้ง และสามารถทำการอบแห้งได้ในอัตราการผลิตที่คงที่ มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ควบคุมการทำงานได้ดี แต่สิ้นเปลืองพลังงานมาก เพราะจะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิง ในการสร้างความร้อน และหมุน Blower



ภาพที่ 1 การทำงานเครื่องอบลมร้อน

นพวรรณ (2534) ศึกษาการตอบแทนทางสังคมในการลดความชื้นข้าวเปลือกนาปรัง พบว่าการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยวิธีอบในเครื่องอบแห้งพืชมีต้นทุนต่ำกว่าวิธีการตากบนลานและการใช้โรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ ศุภศักดิ์ และ วิบูลย์ (2536) ศึกษาการลดความชื้นข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกฤดูนาปีด้วยเครื่องลดความชื้นแบบใช้ลมร้อน อุณหภูมิ 40-42^{o}C จนความชื้นข้าวเปลือกลดเหลือประมาณ 14% จากความชื้นเริ่มต้น 25% ใช้เวลา 13 ชั่วโมง อัตราการลดความชื้น 1-1.5 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง สอดคล้องกับไมตรี และคณะ (2539) รายงานว่า การลดความชื้นข้าวเปลือกโดยให้เครื่องทำงานแบบเมล็ดไหลหมุนเวียนผ่านลมร้อนจนกว่าจะเหลือความชื้นที่ต้องการ ลมร้อนที่ใช้ลดความชื้นควบคุมไว้ที่ 80^{o}C ± 5^{o}C ปรากฏว่าเครื่องลดความชื้นที่ออกแบบไว้นี้ สามารถลดความชื้นให้เหลือ 15% ที่ความชื้นเริ่มต้น 22% (มาตรฐานเปียก) ใช้เวลา 3 ชั่วโมง 30 นาที อัตราการลดความชื้น 2 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง อิศเรศ (2543) ศึกษาสร้างและทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งลดความชื้นข้าวเปลือกจากความชื้นเริ่มต้น 43-25%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(ฐานแห้ง) ลดจนกระทั่งข้าวเปลือกเหลือความชื้นสุดท้าย 28-16% (ฐานแห้ง) สอดคล้องกับ Soponronnarit (1996) ศึกษาการลดความชื้นข้าวโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดซ์เบด พบว่า เทคนิคฟลูอิไดซ์เบด อุณหภูมิ 150°C สามารถลดความชื้นข้าวจากความชื้นเริ่มต้น 33% ลดเหลือ 16.5% ภายในเวลา 53 นาที ยุทธนา (2548) ศึกษาการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้เครื่องลดความชื้นเมล็ดพืชความดันก๊าซ 0.80 บาร์ ค่าความชื้นเริ่มต้น 20% (ฐานเปียก) ลดความชื้นโดยใช้อุณหภูมิ 40°C ความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกเท่ากับ 14% เวลาที่ใช้ในการลดความชื้นเท่ากับ 5 ชั่วโมง ชรินทร์ (2542) รายงานว่า อบมอลท์ทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวพันธุ์มะเขือขื่นก, ข้าวพันธุ์ กข6, ข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105, ข้าวบาร์เลย์พันธุ์ บ.ร.บ.2 และพันธุ์ชัยนาท อุณหภูมิ 55°C นาน 48 ชั่วโมง ความชื้นเริ่มต้น 49.54, 42.45, 42.54, 50.85 และ 42.43% พบว่า ค่าความชื้นลดเหลือ 6.8, 12.76, 10.82, 5.61 และ 12.38% ตามลำดับ วัชรินทร์ และ อำนาจ (2548) ออกแบบทำเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้ฮีตเตอร์เป็นตัวให้ความร้อน เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกสามารถลดความชื้นได้ตั้งแต่ 18-22% (มาตรฐานเปียก) ความชื้นที่ได้ออกมาจะอยู่ในช่วง 14.5-15.3% (มาตรฐานเปียก) ใจทิพย์ (2546) ศึกษาเครื่องอบแห้งเมล็ดพืชแบบไหลต่อเนื่องประเมินความสามารถในการทำงานของเครื่องอบและประเมินคุณภาพของข้าวที่ได้จากการอบแห้งพบว่า วิธีการอบแห้งที่เหมาะสมที่สุด คือการอบแห้งข้าวเปลือกในห้องอบ โดยมีข้าวเปลือกในห้องอบ และพัดลมดูดอากาศจากภายนอกเป่าผ่านตัวให้ความร้อนเข้าไปในห้องอบซึ่งจะสามารถลดความชื้นข้าวเปลือก จากความชื้น 23% ให้เหลือ 14% และ สมชาติ และคณะ (2545) ออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องต้นแบบอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคการทำไหลบนฐานสั่น ขนาดกำลังผลิต 2.5–5.0 ตัน/ชั่วโมง พบว่า เมื่ออัตราการป้อนข้าวเปลือกเท่ากับ 4,821 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกจากความชื้นเริ่มต้น 28% เหลือ 23% (ฐานแห้ง) โดยสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าและน้ำมันดีเซล 9,646 วัตต์ และ 17.6 ลิตรต่อชั่วโมง

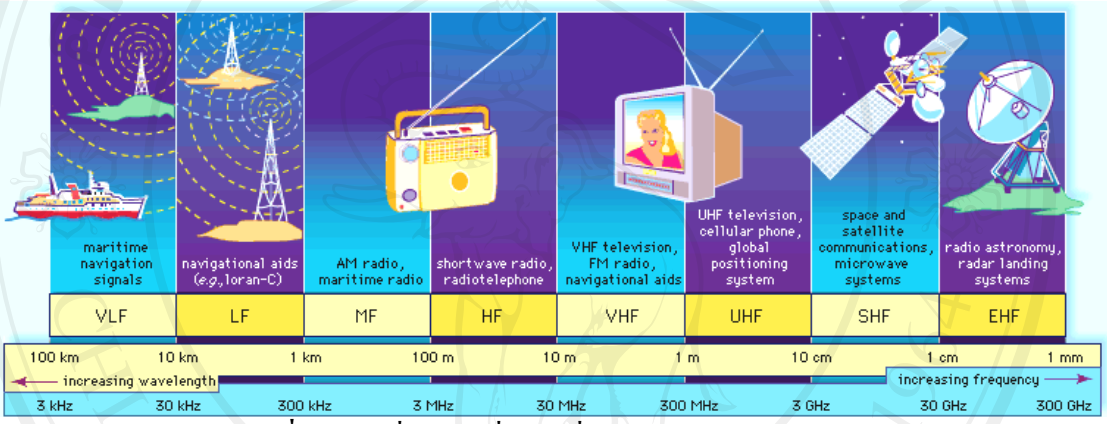
2.6 คลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency; RF)

คลื่นความถี่วิทยุถูกนำมาประยุกต์ใช้กับกิจการด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะด้านการสื่อสารทางไกลกิจการแต่ละด้านมีการใช้คลื่นความถี่แตกต่างกันไป เช่น วิทยุกระจายเสียงระบบ FM ใช้คลื่นความถี่ 88-108 MHz ส่วนโทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้คลื่นความถี่ 800, 900 และ 1800 MHz เป็นต้น (ณัฐศักดิ์, 2548)

คลื่นความถี่วิทยุเป็นคลื่นความถี่ไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วงระหว่าง 3-300 MHz ส่วนคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้จะอยู่ในช่วงประมาณ 13, 27 และ 40 MHz การให้คลื่นความถี่วิทยุจะทำให้การเกิดกิจกรรมของเซลล์ลดลง สามารถนำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช และเชื้อโรคสาเหตุของการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูญเสียผลผลิตทางเกษตร และการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากคลื่นความถี่วิทยุนี้ ทำให้เกิดความสั่นสะเทือนของโมเลกุลในตัววัตถุ แล้วทำให้เกิดเป็นพลังงานความร้อนขึ้น คล้ายกับการใช้ไมโครเวฟในการทำให้อาหารร้อนขึ้น แต่คลื่นความถี่วิทยุนี้มีความยาวคลื่นที่ยาวกว่าสามารถกระจายพลังงานผ่านกองวัตถุที่มีความหนาได้ดีกว่าไมโครเวฟ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานกับวัตถุที่มีขนาดใหญ่ หรือวัตถุหลายชิ้นที่กองรวมกันได้ดี ซึ่งเป็นลักษณะของผลผลิตทางเกษตรที่นิยมใช้ในการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว โดยมีแนวโน้มสามารถนำมาใช้ได้โดยไม่ทำให้ผลิตผลเสียรสชาติ และคงลักษณะโครงสร้างทางอาหารได้ (Nelson, 1996; Wang and Tang, 2001)



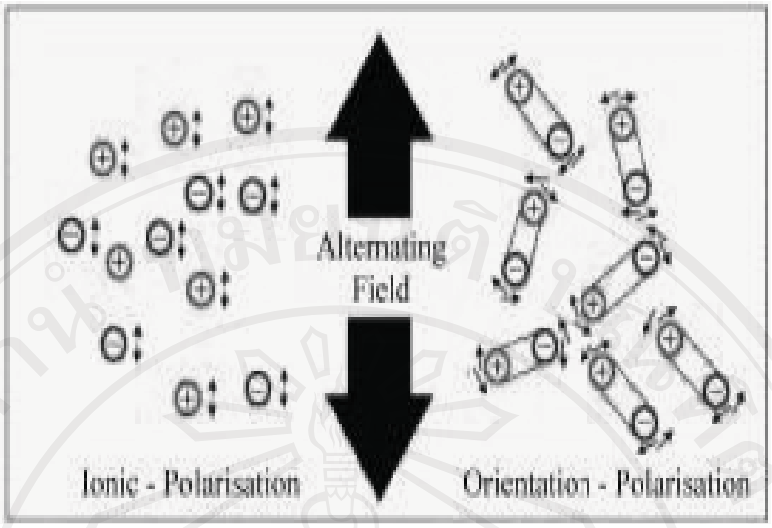
ภาพที่ 2 ช่วงคลื่นความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างๆ

ที่มา: Encyclopedia Britannica (2009)

2.6.1 หลักการทำงานของคลื่นความถี่วิทยุ

หลักการของคลื่นความถี่วิทยุโดยการสร้างความร้อนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในความถี่ระดับคลื่นวิทยุปล่อยผ่านไปยังวัตถุซึ่งในวัตถุจะมีพันธะโมเลกุล 2 ขั้ว เช่น น้ำจะมีพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ เมื่อโมเลกุลขวางทิศทางของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะเกิดการสั่นสะเทือนตามการเหนี่ยวนำไปในทิศทางเดียวกันกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นจำนวนล้าน ๆ ครั้ง ใน 1 วินาที ในขณะนี้จะเกิดปรากฏการณ์ 2 อย่าง คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 3 ลักษณะการเปลี่ยนจากพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานความร้อนภายในตัววัตถุ เมื่อถูกนำไปวางไว้ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา : (Lücke, 2003)

1) Intermolecule friction เกิดจากแรงเสียดสีกันระหว่างโมเลกุล

2) Hysteresis เป็นแรงต้านทางประจุไฟฟ้าเนื่องมาจากแรงเฉื่อย ซึ่งขึ้นกับจำนวนประจุมวล และรูปร่างของโมเลกุลเมื่อวัตถุมีการดูดซับพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก่อให้เกิดความร้อนได้ 2 แบบร่วมกัน ได้แก่

2.1) Ionic polarization เป็นการเกิดความร้อนเนื่องจากผลของการเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลายเมื่อเข้าไปอยู่ในสนามไฟฟ้า โดยแต่ละไอออนที่มีประจุไฟฟ้าประจำตัวถูกกระตุ้น และเร่งให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างไอออน ในขณะเดียวกันเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงานจลน์เป็นพลังงานความร้อนขึ้น แล้วเกิดการกระจายความร้อนไปยังส่วนอื่น ๆ ซึ่งการเกิดความร้อนลักษณะนี้เกิดขึ้นในส่วนของของเหลวภายในเซลล์ที่อยู่ในรูปของสารละลายต่าง ๆ

2.2) Dipole rotation เป็นการเกิดความร้อนกับสารประกอบที่มีขั้ว (polar) ซึ่งได้แก่ น้ำในสภาพปกติการเรียงตัวของประจุบวก และประจุลบของสารประกอบที่มีขั้วนี้เรียงตัวอย่างไม่มีระเบียบ (random oriented) เมื่อเข้าไปอยู่ในสนามไฟฟ้า ประจุบวก และประจุลบของสารเกิดการเคลื่อนที่เพื่อเปลี่ยนทิศทางการเรียงตัวที่เป็นระเบียบขึ้น (Lücke, 2003) การเคลื่อนที่ด้วยการหมุนตัวกลับไปกลับมาเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วตามระดับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ให้ โดยในคลื่นความถี่วิทยุนั้น การเคลื่อนที่ของประจุ 3-300 ล้านครั้งต่อ 1 วินาทีซึ่งผลของความเร็วในการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หมุนตัว และการเสียดสีกันก่อให้เกิดเป็นความร้อนขึ้นมาอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลา 2-3 วินาที หรือประมาณ 1 นาทีหลังจากได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ต่อจากนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นเกิดการกระจายตัวไปยังส่วนอื่นๆ เนื่องจากผลจากการเดือดของน้ำโดยกระบวนการนำความร้อน และเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเทคโนโลยีนี้จะใช้ระยะเวลาในการเกิดความร้อนที่สั้น และสามารถทำลายสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ติดมากับวัตถุได้ (Nelson, 1996) เนื่องจากผลิตผลทางการเกษตรมีขนาด รูปร่าง และคุณสมบัติแตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อการกระจายของความร้อนโดยผลิตผลที่มีขนาดเล็กจะมีการกระจายความร้อนได้สม่ำเสมอกว่าผลิตผลที่มีขนาดใหญ่ อีกทั้งผลิตผลที่มีปริมาณความชื้นต่ำจะทนต่อความร้อนได้ดีกว่าผลิตผลที่มีความชื้นสูง

2.7 แนวทางการประยุกต์ใช้คลื่นความถี่วิทยุในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์

Knipper (1959) รายงานว่า การให้คลื่นความถี่วิทยุ 10-15 MHz สามารถลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ได้ภายในระยะเวลา 20-25 นาที แต่ส่งผลเสียต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ คลื่นความถี่วิทยุสามารถกระจายความร้อนผ่านวัตถุที่มีความหนาได้ดีกว่าคลื่นไมโครเวฟ สามารถนำมาใช้กับวัตถุขนาดใหญ่หลายๆ ชิ้น หรือมีองค์ประกอบที่ต้องกำจัดออกมาก เช่น น้ำในตัววัตถุ การให้ความร้อนอาศัยหลักการเดียวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า Nijhuis *et al.* (1998) กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงในรูปของสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามาเป็นพลังงานความร้อนในตัววัตถุ โมเลกุลของวัตถุจะเกิดการสั่นสะเทือนตามทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นจำนวนหลายล้านครั้งใน 1 วินาที ทำให้เกิดการหมุนตัวและการเสียดสีกันก่อให้เกิดเป็นความร้อนขึ้นมาอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลา 2-3 วินาที หรือประมาณ 1 นาที ความร้อนที่เกิดขึ้นจะเกิดการกระจายตัวไปยังส่วนอื่นๆ โดยกระบวนการนำความร้อน และสามารถเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง พัทยา (2550) รายงานว่า การใช้คลื่นความถี่วิทยุให้กับเมล็ดข้าวที่อุณหภูมิ 70,75,80°C นาน 1,2,3 นาที สามารถลดความชื้นได้ 1-2 % และ เปอร์เซ็นต์ความชื้นเมล็ดพันธุ์ลดลงตามละดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยเปอร์เซ็นต์ความชื้นเมล็ดพันธุ์ลดลงมากที่สุดที่อุณหภูมิ 80°C เป็นระยะเวลา 5 นาที ความชื้นเมล็ดพันธุ์ลดลงถึง 2.4% และ ที่อุณหภูมิ 75°C ระยะเวลา 180 วินาที ความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ลดลงถึงระดับ 9.5% จากความชื้นเริ่มต้น 10.4% สอดคล้องกับการทดลองของ ปรัชญา (2548) รายงานว่า การให้คลื่นความถี่วิทยุแก่เมล็ดพันธุ์งาที่อุณหภูมิ 80°C เป็นระยะเวลา 3 นาที สามารถลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ลงได้ถึง 2% ที่ความชื้นเริ่มต้นเมล็ดพันธุ์ 10% ในขณะที่ความชื้นเริ่มต้น 5% สามารถลดความชื้นเมล็ดพันธุ์งาลงได้ 0.8% พลากร (2553) รายงานว่า การใช้ลมร้อนและการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100°C เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความชื้นของข้าวเปลือกต่ำที่สุด เท่ากับ 11.75% และ 12.04% ตามลำดับ Wang *et al*. (2007) รายงานว่า ความชื้นในส่วนของ เมล็ด, เปลือก และ เมล็ดถั่ววอลนัทหลังจากให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คลื่นวิทยุ ความชื้นในส่วนของเปลือก จะลดลง 1% ใน ส่วนของเมล็ด และ ถั่ววอลนัทมีความชื้นลดลง 0.2-0.6% นอกจากนั้นรายงานว่า ในการใช้คลื่นวิทยุจะใช้ได้อย่างเต็มที่ในการลดระยะเวลาและประหยัดค่าใช้จ่าย ในการลดความชื้นถั่ววอลนัท Theanjumpol *et al*. (2007) รายงานว่า การให้ความร้อนด้วยคลื่น RF ที่ระดับอุณหภูมิ 90°C เป็นระยะเวลา 3 นาที ทำให้ความชื้นของข้าวเปลือกลดลงต่ำสุด Akaranuchat (2009) รายงานว่า การใช้ คลื่นความถี่วิทยุ (RF) อุณหภูมิ 70 และ 75°C เป็นเวลา 3 นาที สามารถลดความชื้นข้าวบาร์เลย์ได้ประมาณ 1% กุลธิดา (2553) ศึกษาให้คลื่นความถี่วิทยุความถี่ 27.12 MHz. แก่เมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อุณหภูมิ 80, 85 และ 90°C เป็นระยะเวลา 1 และ 3 นาที จากนั้นทำการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ความชื้น พบว่า การใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิตั้งแต่ 85°C ขึ้นไปมีผลทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลงมากกว่า 0.50% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการทดลองนี้จึงนำ RF มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการอบแห้งมอลท์เพื่อหาความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มศักยภาพการลดความชื้นมอลท์จากวิธีที่ปฏิบัติในการลดความชื้นโดยทั่วไป

2.8 การลดความชื้นมอลท์

การผลิต Pale malt และ Pilsner malt จะใช้อุณหภูมิต่ำ 40-45°C และอัตราการการไหลของอากาศที่สูง ความชื้นจะถูกคลื่นย้ายออกจากเมล็ด ซึ่งความชื้นเมล็ดจะลดลงถึง 10% และสามารถเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นได้ (Al, 1996) สอดคล้องกับ Mark (1994) รายงานว่า การลดความชื้นมอลท์ระยะแรก ลดความชื้นมอลท์โดยใช้อุณหภูมิต่ำ 32 – 37°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และต้องมีการไหลเวียนของอากาศตลอดเวลา การใช้อุณหภูมิสูง เวลาสั้น ในการการลดความชื้นมอลท์ในระยะแรก อุณหภูมิสูงจะทำให้ Enz. บางตัวหยุดทำงาน และจะทำให้ค่า diastic power ลดลง (Home Brewing Wiki, 2007) เมื่ออัตราการลดความชื้นมอลท์ลดลง จะต้องเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น 78–105°C เวลา 12-48 ชั่วโมง หรือลดความชื้นมอลท์ได้ประมาณ 10% สามารถเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น (The Malt Company (India) Ltd, 1970) จึงทำให้ สีและรสของมอลท์หอมขึ้นได้ ความชื้นสุดท้ายของมอลท์จะอยู่ที่ 4–5% Blaise *et.al* (2005 A) ศึกษาผลกระทบของการลดความชื้นข้าวญี่ปุ่น (ข้าวโซบะ) (genus *esculentum* species *fagopyrum*) ที่ใช้ทำมอลท์ ต่อ enzyme α- amylase, β-amylase (รวมและที่ละลายน้ำได้) β-glucanase และกิจกรรมโปรติเอสข้าวมอลต์โซบะแช่มอลท์ในน้ำที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพาะความงอกที่อุณหภูมิ 15°C เป็นเวลา 96 ชั่วโมง ลดความชื้นมอลท์อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า ความชื้นลดลงจาก 43.1% ลดเหลือ 19.2% ภายในเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้น ความชื้นลดลงจาก 19.3% ลดเหลือ 10.5% ภายในเวลา 12 ชั่วโมง ความชื้นสุดท้าย ลดลงเหลือ 5% หลังจากลดความชื้นมอลท์ 48 ชั่วโมง James *et.al* (1960) ศึกษาผลกระทบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการผลิตมอลท์และการเก็บรักษาข้าวสาลีต่อ α- amylase และกิจกรรมโปรติเอส ผลศึกษาพบว่า ในกระบวนการผลิตมอลท์ข้าวสาลี ความชื้น 40-46% เพาะความงอก อุณหภูมิ 20°C เวลา 24-28 ชั่วโมง ช่วงเพาะความงอกเป็นปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตเอนไซม์ ซึ่งสภาพอากาศที่เหมาะสมในการผลิตมอลท์ ความชื้นที่เหมาะสม 42% อุณหภูมิ 16°C ในช่วงเพาะความงอก Wijngaard *et.al* (2005) ศึกษาผลของอุณหภูมิในการเพาะความงอกต่อคุณภาพมอลท์ข้าวโซบะ เพาะความงอกอุณหภูมิ 9.5, 14.9, 16.5, และ 20.2°C ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิที่ในการเพาะความงอกที่เหมาะสม คือ 16.5 และ 20.2°C อุณหภูมิเหล่านี้มีค่าที่คล้ายกันในไนโตรเจนละลายและไนโตรเจนอะมิโนอิสระในข้าวบาร์เลย์มอลต์ ทั้ง α–amylase และ β– glucanase มีกิจกรรมระดับต่ำ Wijngaard *et.al* (2005) ศึกษาผลของช่วงเวลาแช่น้ำเพาะความงอกต่อคุณภาพมอลท์ buckwheat แช่มอลท์ระยะเวลา 7 ชั่วโมง ความชื้น 35%, แช่มอลท์ระยะเวลา 13 ชั่วโมง ความชื้น 40% และแช่มอลท์ระยะเวลา 80 ชั่วโมง ความชื้น 45% ผลศึกษาพบว่า ความชื้นที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 35-40% ที่ทำให้สูญเสียคุณภาพมอลท์น้อยที่สุด Steven and Angelino (2000) ศึกษาการกำหนดค่าความเข้มของสีมอล์ทโดยการต้ม รายงานว่า ระดับ ค่าความเข้มของสีมอล์ท 0.33-0.42 และ 1.12-1.44 EBC เป็นค่าที่เหมาะสมตามลำดับ ที่ค่าเฉลี่ย 4.7-5.2 EBC และ ที่ค่าเฉลี่ย 8.9 EBC ระดับค่าความเข้มของสีมอล์ท 0.44 และ 2.25 EBC Delvaux *et al.* (2000) ทำการต้มมอล์ท อุณหภูมิ 78, 80 และ 90ºC เป็นเวลานาน 120, 90 และ 60 นาที ตามลำดับ พบว่า ค่าความเข้มของสีมอล์ท 3.2, 4.5 และ 3.2 EBC Blaise *et al.* (2010b) ศึกษากระบวนการหมักเบียร์จากมอลท์โซบะ 100% ทำการต้มมอลท์อุณหภูมิ 150°C 94 นาที พบว่าค่าความเข้มของสีมอล์ทอยู่ที่ 7.7 EBC ชรินทร์ (2542) รายงานว่า อบมอลท์ทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวพันธุ์มะเขือขื่นก , ข้าวพันธุ์ กข6, ข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105, ข้าวบาร์เลย์พันธุ์ บ.ร.บ.2 และพันธุ์ชัยนาท อุณหภูมิ 55°C นาน 48 ชั่วโมง พบว่า ค่าความเข้มของสีมอล์ททั้ง 6 ชนิด 1.53, 2.54, 2.00, 9.25 และ 0.52 EBC ตามลำดับ จากผลการทดลองที่ได้ข้าวไทยทุกพันธุ์ยกเว้นพันธุ์ กข 6 จัดอยู่ในกลุ่ม Lager malt เป็นกลุ่มของมอลท์ที่ใช้ทำเบียร์ชนิด Lager ส่วนสีข้าวมอลท์จากมอลท์บาร์เลย์พันธุ์ บ.ร.บ.2 และข้าวพันธุ์ กข 6 มีค่าสูง จัดอยู่ในกลุ่ม Pale malt และ Diastatic malt ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved