บทที่ 5
วิจารณ์

ปกติโดยทั่วไปการอบแห้งมอลท์ใช้เวลาประมาณ 22-24 ชั่วโมง โดยจะแบ่งเป็น 2 ระยะ โดยระยะแรก ใช้เวลาประมาณ 1-11 ชั่วโมง ใช้อุณหภูมิ 20-65°C และระยะที่สอง ใช้เวลา 12-22 ชั่วโมงใช้อุณหภูมิ 70-90°C Kunze (2004) จากผลการทดลอง พบว่าการใช้ลมร้อนลดความชื้นมอลท์ โดยใช้เครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลานาน 10 ชม. จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60°C นาน 3 ชม. และอบลดความชื้นต่อเนื่องโดยใช้อุณหภูมิสูงจากที่70°C นาน 3 ชม. ต่อเนื่องด้วยอุณหภูมิ 80°C นาน 3 ชม. และ 85°C นาน 3 ชม. และสุดท้ายลดอุณหภูมิการอบลงมาที่ 50°C นาน 1 ชม. ลดความชื้นมอลท์จากความชื้นเริ่มต้น 44% ความชื้นลดลงเหลือ 4.72% ใช้เวลานานถึง 24 ชั่วโมง โดยหลักการให้ความร้อนของเครื่องอบลมร้อนจะใช้กระแสลมร้อนสัมผัสกับ โดยจะใช้ blower ในการให้ลมร้อนจากแหล่งพลังงานความร้อน คือ heater ไปยังวัตถุดิบ ส่งผลให้มอลท์มีค่าความเข้มของสีมอลท์เท่ากับ 5.63 EBC จัดอยู่ในกลุ่ม Pale malt ซึ่งการลดความชื้นด้วยเครื่องอบลมร้อนทำให้ค่าความเข้มของสีมอล์ทเพิ่มขึ้น โดยปฏิกิริยา mallard reaction ทำให้ข้าวสารมีการเปลี่ยนแปลงของข้าวสารจากสีของเปลือกข้าวและรำข้าวเข้าสู่ภายในข้าวสาร การลดความชื้นระยะเวลานาน ทำให้ข้าวสารมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น ข้าวสารจะมีสีคล้ำเล็กน้อย (Inprasit and nomhorm, 2001) สมชาติ (2540) รายงานว่า ข้าวที่ได้รับความร้อนนานเกิน ส่งผลให้การยึดเกาะกันระหว่างโมเลกุลในน้ำตาลหลุดออกจากกัน กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลต่ำและเกิดเป็นสารประกอบคีโตน (ketone) ซึ่งทำให้ข้าวสารมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ ใจทิพย์และผดุงศักดิ์ (2547); พลากรและคณะ (2551) รายงานว่า การให้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิสูงกับข้าวเปลือกทำให้เมล็ดข้าวมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งการอบแห้งมอลท์ทั้งกระบวนการเป็นการอบแห้งมอลท์ที่ใช้ระยะเวลานานทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มในการอบแห้งมอลท์มากจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการลดความชื้นมอลท์ทั้งกระบวนการ

ส่วนการลดความชื้นมอลท์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุอุณหภูมิ 65°C จากความชื้นเริ่มต้น 44% ความชื้นของมอลท์ ลดลงเหลือ 5% โดยใช้เวลา 2 ชั่วโมง 59 นาที ทำ มีค่าความเข้มของสีมอลท์เท่ากับ 4.29 EBC จัดอยู่ในกลุ่ม Pale malt ส่วนการลดความชื้นมอลท์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุอุณหภูมิ 75 และ 85°C ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลท์ 2 ชั่วโมง 56 นาที และ 2 ชั่วโมง 51 นาที มีค่าความเข้มของสีมอลท์เท่ากับ 3.93 และ 3.93 EBC จัดอยู่ในกลุ่ม Pilsner malt ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน ขณะที่ค่าความเข้มของสีมอล์ทยังคงมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในทางการค้า หลังจากการลดความชื้นมอลท์ จากวิธีการลดความชื้นด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่สามารถ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ลดความชื้นมอลท์ลงได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากภายในเมล็ดประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำในจำนวนที่มาก เมื่อให้คลื่นความถี่วิทยุแก่เมล็ดที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงจะสามารถดูดซับพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้สูงเกิดการเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนได้สูงกว่า ซึ่งเป็นไปตามหลักการให้ความร้อนด้วยพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่กล่าวไว้ว่าการดูดซับพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับค่าไดอิเลคทริก K' ของวัตถุที่ได้รับคลื่นแม่เหล็ก (ค่าที่แสดงถึงความสามารถของสารประกอบในวัตถุที่สามารถกักเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ได้เมื่อนำสารประกอบนั้นไปไว้ในสนามไฟฟ้ากระแสสลับ) แฟกเตอร์การสูญเสียไดอิเลคทริก K' (ค่าพลังงานที่สูญเสียไปเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในวัตถุ) หากค่านี้สูงแสดงว่าเกิดความร้อนได้สูง และค่า Loss tangen คือ ค่า tan ó = K' / K" (Hastea *et al.*, 1988) สอดคล้องกับ Christop *et al.*, (2000) รายงานว่า ในกระบวนการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์โดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นความถี่วิทยุและ ไมโครเวฟ ระดับพลังงานที่เกิดจากการให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแก่เมล็ดพันธุ์จะมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับปริมาณความชื้นเมล็ด โดยที่ระดับความชื้นในเมล็ดที่สูงส่งผลให้เมล็ดมีการดูดซับพลังงานและเอื้อต่อการเกิดประสิทธิภาพในการถ่ายเทและนำพาความร้อนในเมล็ดเกิดได้สูง กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงในรูปของสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามาเป็นพลังงานความร้อนในตัววัตถุ โมเลกุลของวัตถุจะเกิดการสั่นสะเทือนตามทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นจำนวนหลายล้านครั้งใน 1 วินาที ทำให้เกิดการหมุนตัวและการเสียดสีกันก่อให้เกิดเป็นความร้อนขึ้นมาอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลา 2-3 วินาที หรือประมาณ 1 นาที ความร้อนที่เกิดขึ้นจะเกิดการกระจายตัวไปยังส่วนอื่นๆ โดยกระบวนการนำความร้อน และสามารถเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการลดความชื้นด้วยเครื่องอบลมร้อนที่ใช้เวลานานกว่าการลดความชื้นมอลท์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (Nijhuis *et al,* 1998) แต่การลดความชื้นมอลท์ในระยะแรกที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงควรจะใช้อุณหภูมิต่ำในการลดความชื้นมอลท์ สอดคล้องกับ Mark (1994) รายงานว่า การลดความชื้นมอลท์ ระยะแรก ลดความชื้นมอลท์โดยใช้อุณหภูมิต่ำ 32–37°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และต้องมีการไหลเวียนของอากาศตลอดเวลา จนความชื้นเมล็ดมีการลดลงน้อย จะต้องเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น 78–105°C ระยะเวลา 12-48 ชั่วโมง ความชื้นสุดท้ายของมอลท์จะอยู่ที่ 4–5% ดังนั้นการลดความชื้นมอลท์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุเพียงอย่างเดียวจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการลดความชื้นมอลท์ทั้งกระบวนการ

การประยุกต์การอบแห้งมอลท์ วิธีลดความชื้นมอลท์โดยใช้เครื่องอบลมร้อนร่วมกับการให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุจึงเป็นอีกแนวทางในการลดเวลาและค่าใช้จ่ายซึ่งจากผลการทดลองพบว่า จากการลดความชื้นมอลท์ด้วยเครื่องอบลมร้อนจากความชื้นเริ่มต้น 44% จนถึงความชื้น 30% ร่วมกับการให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C จากความชื้น 30-5% ใช้เวลา

ในการลดความชื้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจึงสามารถใช้อุณหภูมิระดับไหนก็ได้ ทั้งระดับอุณหภูมิ 65, 75 หรือ 85°C แต่มีความแตกต่างกันตามระดับความชื้นเริ่มต้น 3 ระดับ คือ 30, 20 และ 10% โดยการลดความชื้นมอลท์ด้วยเครื่องอบลมร้อนจนมีความชื้นเริ่มต้น 10% ร่วมกับการให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C จนความความชื้นลดลงเหลือ 5%ใช้เวลาในการลดความชื้นมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ วิธีลดความชื้นมอลท์โดยใช้เครื่องอบลมร้อนจากความชื้นเริ่มต้น 44% จนมีความชื้น 30% ร่วมกับการให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C จนกระทั่งความชื้นลดลงเหลือ5% ใช้เวลาในการลดความชื้นสั้นกว่า เนื่องจากที่ระดับความชื้นเมล็ดพันธุ์เริ่มต้น 30% ภายในเมล็ดประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำในจำนวนที่มากกว่าเมล็ดที่มีความชื้นเมล็ดพันธุ์ 10% เมื่อให้คลื่นความถี่วิทยุแก่เมล็ด เมล็ดที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงจะสามารถดูดซับพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้สูงเกิดการเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนได้สูงกว่า ซึ่งเป็นไปตามหลักการให้ความร้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแก่เมล็ดพันธุ์จะมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับปริมาณความชื้นเมล็ด โดยที่ระดับความชื้นในเมล็ดที่สูงส่งผลให้เมล็ดมีการดูดซับพลังงานและเอื้อต่อการเกิดประสิทธิภาพในการถ่ายเทและนำพาความร้อนในเมล็ดเกิดได้สูง และ Shivhare *et al.* (1992) รายงานว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดจะมีความสัมพันธ์กับค่าการดูดซับพลังงานของวัตถุ ระยะเวลาที่ให้แก่เมล็ดซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของเมล็ดและอัตราการลดความชื้นที่เกิดขึ้น และ Joicoeur *et al.* (1982) พบว่า ความชื้นเมล็ดจะมีความสัมพันธ์อย่างมากต่อระดับอุณหภูมิสุดท้ายของเมล็ดภายหลังจากที่ได้รับคลื่นไมโครเวฟ โดยพบว่าในเมล็ดถั่วเหลืองทีมีความชื้นเริ่มต้นต่ำจะมีการดูดซับพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟน้อยกว่าเมล็ดที่มีความชื้นเริ่มต้นสูง

และค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตการใช้ลมร้อนลดความชื้นมอลท์โดยใช้เครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลานาน 10 ชม. จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60°C นาน 3 ชม. และอบลดความชื้นต่อเนื่องโดยใช้อุณหภูมิสูงจากที่70°C นาน 3 ชม. ต่อเนื่องด้วยอุณหภูมิ 80°C นาน 3 ชม. และ 85°C นาน 3 ชม. และสุดท้ายลดอุณหภูมิการอบลงมาที่ 50°C นาน 1 ชม. ลดความชื้นมอลท์จากความชื้นเริ่มต้น 44% ความชื้นลดลงเหลือ 4.72% ใช้เวลานานถึง 24 ชั่วโมง มีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 64.73 MJ/kg water การลดความชื้นมอลท์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุอุณหภูมิ 65°C จากความชื้นเริ่มต้น 44% ความชื้นของมอลท์ ลดลงเหลือ 5% โดยใช้เวลา 2 ชั่วโมง 59 นาที ทำให้มีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตโดยเฉลี่ย 2.25 MJ/kg water การลดความชื้นมอลท์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุอุณหภูมิ 75 และ 85°C ใช้เวลาในการลดความชื้นมอลท์ 2 ชั่วโมง 56 นาที และ 2 ชั่วโมง 51 นาที มีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตเท่ากับ 2.20 และ 3.54 MJ/kg water และการประยุกต์การลดความชื้นมอลท์ด้วยเครื่องอบลมร้อนจากความชื้นเริ่มต้น

44% จนถึงความชื้น 30% ร่วมกับการให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C จากความชื้น 30-5% ใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตเท่ากับ 54.16, 54.69 และ 56.44 MJ/kg water การลดความชื้นมอลท์ด้วยเครื่องอบลมร้อนจากความชื้นเริ่มต้น 44% จนถึงความชื้น 20% ร่วมกับการให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C จากความชื้น 20-5% ใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตเท่ากับ 56.99, 58.33 และ 57.37 MJ/kg water และ การลดความชื้นมอลท์ด้วยเครื่องอบลมร้อนจากความชื้นเริ่มต้น 44% จนถึงความชื้น 20% ร่วมกับการให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ อุณหภูมิ 65, 75 และ 85°C จากความชื้น 20-5% ใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตเท่ากับ 58.01, 54.50 และ 55.52 MJ/kg water ซึ่งค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตนี้เป็นเพียงค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตที่ได้จากการทดลอง แต่ในสภาพจริงในระดับโรงงานอุตสาหกรรมค่าพลังงานต่อหน่วยผลผลิตจะสูงมาก การประหยัดพลังงานจึงมีความจำเป็นมาก ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยอาศัยวิธีการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน เนื่องจากช่วยให้สามารถเป็นแนวทางการประหยัดพลังงานลงจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตมอลท์ของผู้ประกอบการได้

ดังนั้นจึงแนะนำให้มีการนำความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุมาใช้ในการลดความชื้นมอลท์ร่วมกับเครื่องลดความชื้นที่ใช้อยู่ในปัจจุบันโดยแบ่งการลดความชื้นด้วยเครื่องอบลมร้อนในช่วงแรกแล้วต่อด้วยลดความชื้นด้วยเครื่องอบลมร้อนจนถึงความชื้นที่ต้องการ โดยแบ่งทั้งกระบวนการลดความชื้นมอลท์เป็น 2 ช่วง ช่วงแรกใช้เครื่องลดความชื้นลมร้อน ลดความชื้นมอลท์จากความชื้นเริ่มต้น ลดความชื้นมอลท์จนมอลท์มีความชื้น 30% เพราะในช่วงแรกมอลท์มีความชื้นสูง 44-45% ต้องใช้อุณหภูมิต่ำในการลดความชื้น (50°C) และในช่วงหลังให้ใช้คลื่นความถี่วิทยุลดความชื้นมอลท์ อุณหภูมิ 65, 75 หรือ 85°C ลดความชื้นมอลท์ให้ถึงระดับที่ต้องการ (5%) เหตุผลที่ให้ใช้คลื่นความถี่วิทยุ ลดความชื้นมอลท์ในช่วงหลัง เมื่อพิจารณาจากกราฟแล้วจะเห็นได้ว่า การลดของความชื้นมอลท์มีการลดลงอย่างรวดเร็ว จากความชื้น 30% ลดเหลือ 5% ใช้เวลา 2 ชั่วโมง 36 นาที, 2 ชั่วโมง 30 นาที และ 2 ชั่วโมง 25 นาทีส่งผลให้มอลท์มีอัตราการลดความชื้นที่สูงขึ้น จึงช่วยลดระยะเวลาในช่วงหลังของการลดความชื้นมอลท์ได้ เมื่อใช้คลื่นความถี่วิทยุลดความชื้นมอลท์เปรียบเทียบกับการลดความชื้นมอลท์ด้วยเครื่องอบลมร้อนเพียงอย่างเดียว

ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาครั้งนี้มีประเด็นที่น่าสนใจและควรศึกษาเพิ่มเติมคือ ควรมีการศึกษาตรวจสอบคุณภาพมอลท์ โดยศึกษาค่า Extract water free in fine grind (%), Extract water free in coarse grind (%), smell, taste, drain from fine grind, look wort, saccharity (min), protein content (%), soluble nitrogen (mg/100g dry substant), kolbach index (%), pH, visicosity และ ค่า kernel over 2.5 mm screening เพิ่มเติม เพื่อใช้เป็นค่าตรวจสอบคุณภาพมอลท์ที่ใช้ทำเบียร์ตามมาตรฐาน ภายหลังการลดความชื้นมอลท์ด้วยเครื่องอบลมร้อนและความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ รวมถึงการประยุกต์การอบแห้งมอลท์ด้วยความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุร่วมกับเครื่องอบลมร้อน