

การอบแห้งหอมหัวใหญ่ที่เหมาะสม

ผศ. มารีนา มะหฺนึ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยทักษิณ อ. เมือง จ. สงขลา 90000

อภิญญา เอกพงษ์

อาจารย์

โครงการจัดตั้งภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาแนวทางการอบแห้งหอมหัวใหญ่ที่เหมาะสม โดยทำการทดลองอบแห้งในตู้อบแห้งแบบถาดอยู่กับที่ ทำการทดลองอบแห้งหอมหัวใหญ่ที่สภาวะต่างๆ เพื่อหาแนวโน้มของการอบแห้งหอมหัวใหญ่ที่เป็นไปได้จริงในทางปฏิบัติ โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาคือคุณภาพของหอมหัวใหญ่ เวลาที่ใช้ในการอบแห้งและค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ จากการทดลองพบว่าสภาวะที่อบแห้งควรมีอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลของอากาศจำเพาะ 40.50 กิโลกรัมอากาศแห้ง/ชั่วโมง-กิโลกรัมหอมหัวใหญ่แห้ง อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม 70% ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี เวลาที่ใช้ในการอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำ

Strategies for Drying Onion

Marina Mani

Assistant Professor

Department of Physics, Faculty of Sciences

Thaksin University Songkla 90000

Apinya Akepong

Lecturer

Department of Agro-Industry

Faculty of Agricultural, Ubonratchathani University

Abstract

The purpose of this research was to study the drying strategies of onion in drying cabinet. To obtained the optimum conditions for drying, results obtained from experiment are considered. Criteria of the study are qualities, drying time and specific energy consumption. From experiment it was found that the optimum drying conditions were drying air temperature of 50°C and specific air flow rate of 40.50 kg dry air/h-kg dry onion. Ambient air temperature and relative humidity were 30°C and 70% respectively.

บทนำ

หอมหัวใหญ่เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ในบางปีจะมีการผลิตมากเกินไปจนความต้องการทำให้หอมหัวใหญ่มีราคาถูกลง ถ้าจำหน่ายไม่หมดในเวลาอันควรจะนำไปสู่การสูญเสียทางเศรษฐกิจ ดังนั้น เพื่อเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรและสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจ จึงได้มีการแปรรูปหอมหัวใหญ่ให้เป็นผักแห้งที่สามารถทำรายได้ให้แก่ประเทศได้โดยการอบแห้ง ซึ่งการทำหอมหัวใหญ่อบแห้งเป็นที่นิยม เพราะในอุตสาหกรรมภัตตาคารจะใช้หอมหัวใหญ่อบแห้ง และหอมหัว

ใหญ่แห้งประกอบอาหาร เนื่องจากหลังการเติมน้ำหอมหัวใหญ่จะคืนสภาพให้ขนาดรูปร่าง เนื้อสัมผัสและกลิ่นรสที่ใกล้เคียงกับหอมหัวใหญ่สด การอบแห้งที่เกษตรกรทั่วไปปฏิบัติคือ การอบแห้งโดยอาศัยพลังงานจากธรรมชาติเช่น พลังงานแสงอาทิตย์ แต่วิธีการอบแห้งที่นิยมในวงการอุตสาหกรรมคือ การอบแห้งแบบตู้ หรือแบบอุโมงค์ หรือแบบสะพานอบแห้ง ในการอบแห้งแบบตู้เป็นการอบแห้งแบบใช้ลมร้อน ภายในตู้มีถาดบรรจุผลิตภัณฑ์อยู่ วิธีการอบแห้งแบบนี้ใช้กันโดยทั่วไปในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาแนวทางการอบแห้งหอมหัวใหญ่ โดยทำการทดลองในตู้อบแห้ง และศึกษาหาแนวทางการอบแห้งที่เหมาะสมของหอมหัวใหญ่ โดยพิจารณาจากคุณภาพผลิตภัณฑ์ เวลาที่ใช้ในการอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงาน

วิธีการทดลอง

ใช้หอมหัวใหญ่พันธุ์เยลโลกราเน็กซ์แห้งเป็นแวนกลมหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร ทำการทดสอบความชื้นเริ่มต้นของหอมหัวใหญ่มีค่าประมาณ 1400 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

การทดลองหาลัมประสิทธิภาพ

นำตัวอย่างของหอมหัวใหญ่ตัดเป็นรูปทรงกระบอกมีรัศมีประมาณ 30 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร จำนวน 8 ชิ้น มีน้ำหนักประมาณ 85 กรัม วางบนตะแกรงในอุปกรณ์ทดสอบอัตราการอบแห้ง ปรับความเร็วลมประมาณ 1.3 เมตร/วินาที และอุณหภูมิในการอบแห้งประมาณ 50°C ทำการชั่งน้ำหนักของตะแกรงพร้อมตัวอย่างทุกๆ 30 นาที ในช่วง 2 ชั่วโมงแรก และทุกๆ 1 ชั่วโมง ในเวลาต่อมา ทำการทดลองจนกระทั่งตัวอย่างมีความชื้นประมาณ 20% มาตรฐานแห้ง จึงนำตัวอย่างไปห่าน้ำหนักแห้ง ทำการทดลองในทำนองเดียวกัน แต่เปลี่ยนค่าอุณหภูมิเป็น 55°C 60°C 65°C 70°C และ 75°C

การทดลองการอบแห้ง

นำตัวอย่างหอมหัวใหญ่ที่เตรียมไว้ชั่งน้ำหนักประมาณครึ่งกิโลกรัม แบ่งใส่ถาดอบ ปรับอัตราการไหลของอากาศ และอุณหภูมิอบแห้งภายในตู้อบแห้งให้ได้ตามต้องการ จึงใส่ถาดอบหอมหัวใหญ่ในตู้อบแห้งระหว่างการทำทดลองจะทำการวัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม อุณหภูมิ

อากาศก่อนเข้าตู้อบ และอุณหภูมิอากาศออกจากตู้อบ นอกจากนี้วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศแวดล้อมและอากาศออกจากตู้อบ โดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด Chromel-Alumel ต่อเข้ากับ data logger อ่านได้ละเอียด $\pm 1^\circ\text{C}$ วัดอุณหภูมิทุกๆ ครึ่งชั่วโมง ตลอดการทดลอง เก็บตัวอย่างหอมหัวใหญ่ในถาดอบทุกถาดจาก 3 บริเวณ คือ ที่ริมถาดอบทั้งสองด้าน และตรงกลางถาดอบ ในทุกๆ 5 ชั่วโมง ทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถอ่านค่าได้ละเอียด ± 0.01 กรัม บันทึกความเปลี่ยนแปลงพลังงานที่อ่านได้จากมิเตอร์ไฟฟ้าทุกๆ 5 ชั่วโมง ทำการทดลองอบแห้งจนได้ความชื้นเฉลี่ยประมาณร้อยละ 23% มาตรฐานแห้ง ชั่งน้ำหนักของหอมหัวใหญ่หลังอบแห้ง แล้วนำตัวอย่างเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ $103 \pm 1^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เพื่อหาความชื้นของหอมหัวใหญ่ต่อไป เก็บตัวอย่างหอมหัวใหญ่ที่ผ่านการอบแห้งแล้วนำมาตรวจสอบสีของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ R.H.S. color chart

ผลและวิจารณ์

สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นของหอมหัวใหญ่

จากการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นของหอมหัวใหญ่ ซึ่งใช้สมการมีรูปแบบดังนี้

$$MR(t) = \frac{32}{\pi^2} \left[\exp\left(-\frac{\pi^2 Dt}{L^2}\right) + \frac{1}{9} \exp\left(-\frac{9\pi^2 Dt}{L^2}\right) + \frac{1}{25} \exp\left(-\frac{25\pi^2 Dt}{L^2}\right) + \frac{1}{49} \exp\left(-\frac{49\pi^2 Dt}{L^2}\right) + \frac{1}{81} \exp\left(-\frac{81\pi^2 Dt}{L^2}\right) \right] \times \left[\frac{1}{(\lambda_1 r_o)^2} \exp\left[-(\lambda_1 r_o)^2 \left(\frac{Dt}{r_o^2}\right)\right] + \frac{1}{(\lambda_2 r_o)^2} \exp\left[-(\lambda_2 r_o)^2 \left(\frac{Dt}{r_o^2}\right)\right] + \frac{1}{(\lambda_3 r_o)^2} \exp\left[-(\lambda_3 r_o)^2 \left(\frac{Dt}{r_o^2}\right)\right] + \frac{1}{(\lambda_4 r_o)^2} \exp\left[-(\lambda_4 r_o)^2 \left(\frac{Dt}{r_o^2}\right)\right] + \frac{1}{(\lambda_5 r_o)^2} \exp\left[-(\lambda_5 r_o)^2 \left(\frac{Dt}{r_o^2}\right)\right] \right] \quad (1)$$

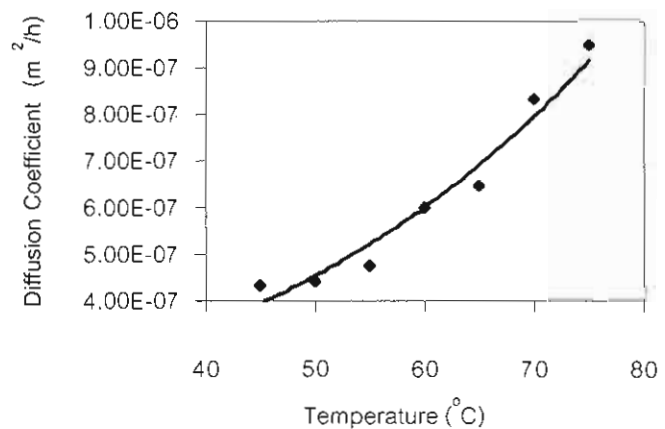
จากสมการที่ (1) นำมาวิเคราะห์สมการถดถอยได้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ที่อุณหภูมิ
 ลมร้อนต่างๆ นำค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ที่ได้มาวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์
 ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การแพร่และอุณหภูมิลมร้อน ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$D = 1 \times 10^{-7} \exp(0.0281T) \quad (2)$$

โดยมีค่า Coefficient of determination = 0.95

เมื่อ D คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น, m^2/h และ T คืออุณหภูมิลมร้อน, $^{\circ}\text{C}$

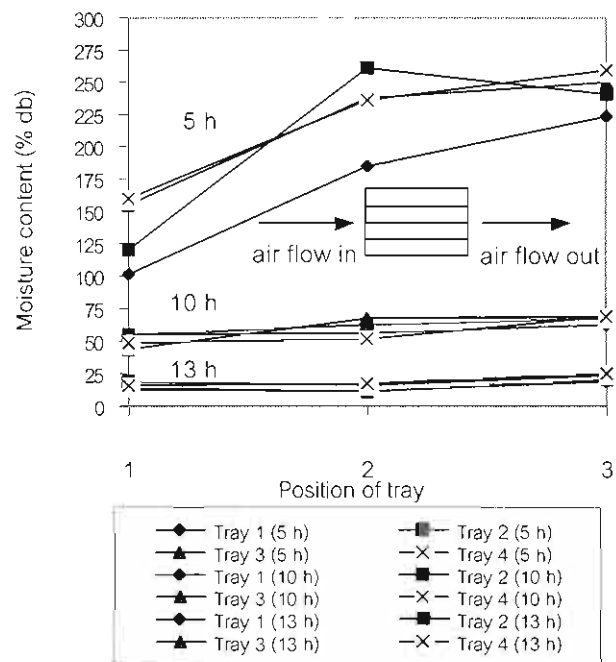
สมการที่ (2) ใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิลมร้อน $45-80^{\circ}\text{C}$ และความชื้นเริ่มต้นประมาณ
 1400–1900% มาตรฐานแห้ง สามารถแสดงค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ที่อุณหภูมิต่างๆ ที่ได้จาก
 การทดลอง ดังรูปที่ 1 และพบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่จะมีค่าสูงขึ้นด้วยดัง
 สมการที่ (2) ซึ่งอธิบายได้ว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ความดันไอภายในและภายนอกของชิ้น
 วัสดุแตกต่างกันมากขึ้น ทำให้น้ำเคลื่อนที่ผ่านรูพรุนได้มากขึ้น และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะไปเพิ่ม
 พลังงานจลน์ของน้ำในเนื้อวัสดุทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำในเนื้อวัสดุเร็วขึ้น ซึ่งมีผลให้สัมประสิทธิ์
 การแพร่สูงขึ้นด้วย



รูปที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นที่อุณหภูมิต่างๆ จากผลการทดลอง
 ที่ความเร็วลม 1.3 m/s และจากสมการแบบจำลองสัมประสิทธิ์การแพร่
 ความชื้นของหอมหัวใหญ่

เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง

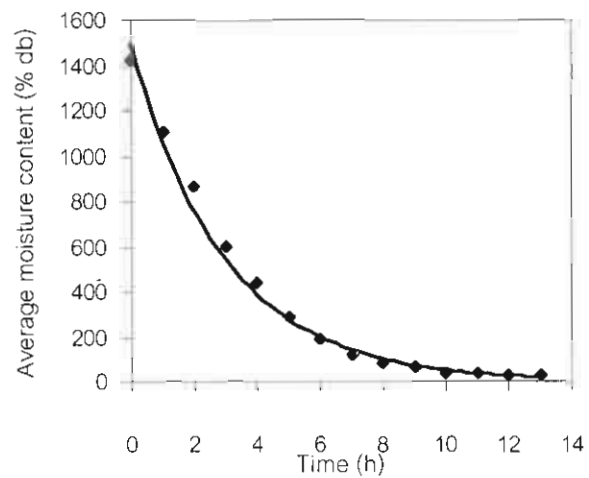
จากการอบแห้งหอมหัวใหญ่ที่สภาวะต่างๆ จำนวน 4 ถาด ซึ่งวางซ้อนกันภายในบริเวณตู้อบแห้งโดยทำการทดลองเก็บตัวอย่างจาก 3 บริเวณคือ บริเวณที่ 1 และ 3 ซึ่งอยู่ที่ขอบของถาด และบริเวณที่ 2 ซึ่งอยู่ตรงกึ่งกลางของถาด ทุกๆ 5 ชั่วโมง นำมาเขียนความสัมพันธ์ในกราฟจะได้ตามรูปที่ 2 และพบว่า ความชื้นของหอมหัวใหญ่ที่อยู่บริเวณด้านริมของถาดอบ (บริเวณที่ 1) ซึ่งสัมผัสกับลมร้อนก่อนจะมีความชื้นลดลงมากกว่าตรงกลางของถาดอบ (บริเวณที่ 2) และด้านริมของถาดอบอีกด้านหนึ่ง (บริเวณที่ 3) และที่แต่ละชั้นของถาดอบแม้จะเป็นบริเวณเดียวกันก็ตามปรากฏว่าความชื้นลดลงไม่เท่ากัน เนื่องจากการกระจายลมร้อนยังไม่ดีพอ



รูปที่ 2 ความชื้นของหอมหัวใหญ่ภายในตู้อบแห้งที่ตำแหน่งต่างๆ

[การทดลองที่ 1 อุณหภูมิ 50°C อัตราการไหลของอากาศ

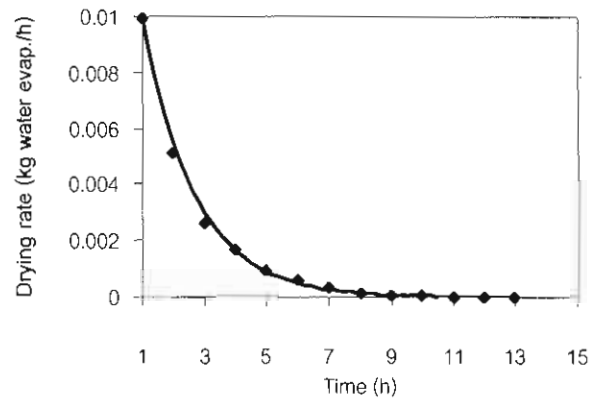
40.50 kg dry air/h·kg dry onion]



รูปที่ 3 ความชื้นเฉลี่ยของหอมหัวใหญ่ขณะทำการทดลองอบแห้ง
[การทดลองที่ 2 อุณหภูมิ 55°C อัตราการไหลของอากาศ
kg dry air/h·kg dry onion]

จากการทดลองเมื่อนำค่าความชื้นเฉลี่ยของหอมหัวใหญ่หลายๆ ถาดอบมาเขียนกราฟกับเวลาจะได้ตามรูปที่ 3 พบว่า ลักษณะของกราฟคือความชื้นเฉลี่ยของหอมหัวใหญ่ลดลงเมื่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้น โดยใน 6 ชั่วโมงแรกเส้นกราฟจะมีความชันมากและความชันของเส้นกราฟจะค่อยๆ ลดลงในช่วงเวลาต่อมา

เงื่อนไขของหอมหัวใหญ่เช่น ความชื้นของหอมหัวใหญ่ระหว่างการอบแห้งมีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง ตามรูปที่ 4 ซึ่งพบว่า เมื่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้นความชื้นของหอมหัวใหญ่ลดลง มีผลให้อัตราการอบแห้งลดลง ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4 อัตราการอบแห้งของหอมหัวใหญ่ขณะทำการทดลองอบแห้ง
[การทดลองที่ 1 อุณหภูมิ 50°C อัตราการไหลของอากาศ
kg dry air/h-kg dry onion]

สีของผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิลมร้อนที่มีผลต่อคุณภาพของหอมหัวใหญ่ พบว่าสีของหอมหัวใหญ่ที่อบที่อุณหภูมิ 60°C และ 65°C จะเข้มกว่าที่อบที่อุณหภูมิ 50°C และ 55°C มาก โดยใช้ชุดมาตรฐานเทียบสีของ R.H.S color chart และจากการอบแห้งหอมหัวใหญ่ที่อุณหภูมิ 55°C 60°C และ 65°C ลักษณะของผิวจะแห้งและแข็งกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหอมหัวใหญ่ที่อบที่อุณหภูมิ 50°C ซึ่งมีสีและความแข็งของผิวใกล้เคียงกับก่อนผ่านการอบแห้ง โดยก่อนการอบแห้งสีของหอมหัวใหญ่คือ 155-A หลังจากผ่านการอบแห้งแล้วเปลี่ยนเป็น 158-B

การหาแนวทางการอบแห้งที่เหมาะสม

จากผลการทดลอง 4 ครั้ง โดยแปรค่าอุณหภูมิและอัตราการไหลเฉพาะของอากาศ แสดงดังตารางที่ 1 การเปรียบเทียบการทดลองอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C และ 55°C โดยที่อัตราการไหลเฉพาะของอากาศใกล้เคียงกันพบว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่อบแห้งที่

อุณหภูมิ 55°C จะสูงกว่าที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 50°C โดยที่เวลาในการอบแห้งเท่ากันคือ 13 ชั่วโมง และเมื่อพิจารณาความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์จะพบว่าความชื้นสุดท้ายของการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C มีค่า 23% มาตรฐานแห้ง และที่อุณหภูมิต่ำกว่า 55°C มีค่า 27% ดังนั้นในกรณีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 55°C จะต้องใช้เวลามากกว่า 13 ชั่วโมง จึงจะได้ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์เป็น 23% มาตรฐานแห้ง ซึ่งจะทำให้ความสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มมากขึ้น

การทดลองอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C และ 65°C เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C โดยมีอัตราการไหลเฉพาะของอากาศแตกต่างกันจะพบว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานเฉพาะของการทดลองที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60°C และ 65°C จะสูงกว่าการทดลองที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50°C โดยที่ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่า เนื่องจากความสิ้นเปลืองพลังงานเฉพาะของการทดลองที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60°C และ 65°C ส่วนใหญ่จะใช้ในการทำให้ชุดทำความร้อนร้อนซึ่งจะทำให้อุณหภูมิในการอบแห้งสูง โดยที่ความสิ้นเปลืองพลังงานเฉพาะในการขับมอเตอร์มีค่าใกล้เคียงกัน

จากตารางที่ 1 พบว่า อิทธิพลของสภาวะอากาศภายนอกมีผลต่อค่าความสิ้นเปลืองพลังงานเฉพาะซึ่งพบว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานเฉพาะจะสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิลดลงและความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น เนื่องจากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำหรือความชื้นสัมพัทธ์สูงจะมีความสามารถในการรับน้ำที่ระเหยออกจากหอมหัวใหญ่ได้น้อยทำให้ความสิ้นเปลืองพลังงานเฉพาะสูงขึ้นด้วย

สรุป

ในการอบแห้งหอมหัวใหญ่นั้นต้องคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เวลาที่ใช้ในการอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานจากการทดลองพบว่า ควรอบแห้งหอมหัวใหญ่ที่สภาวะอุณหภูมิต่ำกว่า 50°C อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ $40.50 \text{ kg dry air/h-kg dry product}$ จะได้ความสิ้นเปลืองพลังงานเฉพาะ $70.9 \text{ MJ/kg-H}_2\text{O evap.}$ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 13 ชั่วโมง ส่วนสีไม่เข้มมากเกินไป มีการหดตัวเล็กน้อย ผิวไม่เหี่ยว เนื้อไม่แข็ง ส่วนจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C สีจะเป็นสีเหลืองปนน้ำตาล เนื้อค่อนข้างแข็ง ผิวเหี่ยว และมีการหดตัวมาก ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่น่ารับประทาน ตลาดอาจจะไม่ยอมรับ

ตารางที่ 1

ผลการทดลองอบแห้งหอมหัวใหญ่ในเครื่องอบแห้งชนิดถาดอยู่กับที่

Description	Test No.			
	1	2	3	4
Ambient condition				
Average temperature (°C)	30.7	29.5	29.8	28.8
Average relative humidity (%)	70.5	72.7	73.9	75.2
Condition of onion				
Average moisture before drying (% db)	1090	1424	1217	1159
Average moisture after drying (% db)	23.2	27.5	24.3	20.1
Initial weight (kg)	0.435	0.503	0.423	0.442
Drying air condition				
Average temperature (°C)	50.0	55.0	60.0	65.0
Specific mass flow rate (kg dry air/h·kg dry onion)	40.50	43.60	45.72	48.35
Specific energy consumption				
Heater (MJ/kg-H ₂ O evap.)	62.0	62.6	64.1	66.5
Motor (MJ/kg-H ₂ O evap.)	8.9	8.6	8.5	8.3
Total (MJ/kg-H ₂ O evap.)	70.9	71.2	72.6	74.8
Drying time	13	13	9	6

เอกสารอ้างอิง

- [1] สิงหนาท พวงจันทร์แดง, 2535, "การศึกษากกรรมวิธีในการอบแห้งหอมหัวใหญ่เพื่อการส่งออก", รายงานผลการวิจัยสถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, เชียงใหม่, 42 หน้า.
- [2] มารีนา น้อยหมื่น, 2535, "แนวทางการอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มที่เหมาะสมที่สุด" วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 163 หน้า.

- [3] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2540, "การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท" มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 338 หน้า.
- [4] Mazza, G., and Leamaguer, M., 1980, "Dehydration of onion : Some Theoretical and Practical Consideration" Journal of Food Technology, pp. 181-194.
- [5] Maryanto, 1986, "Drying of Mango Slice with Heater air" Thesis for the Degree of Master of Engineering, Asian Institute of Technology Bangkok, Thailand, pp. 41.
- [6] Crank J., 1975, "The mathematics of diffusion", 2nd., Claredon Press, Oxford, 411 p.
- [7] Rapusas, R.S., Driscoll, R.H., and Buckle, K.A., 1993, "Moisture desorption characteristics of raw onion slice", Research Paper, Food Australia 45 (6) - June.