



รายงานผลงานวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้

เรื่อง การศึกษากรรมวิธีในการอบแห้งหอมหัวใหญ่ เพื่อการส่งออก
STUDY ON PROCESSING OF ONION DRYING FOR EXPORT

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2535
จำนวน 40,000 บาท

หัวหน้าโครงการ นายสิงหนาท พวงจันทน์แดง

ผู้ร่วมงาน

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

วันที่ ๑๑ เดือน กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๓๕

5 291/44

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2535 จากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อคณะกรรมการวิจัยทุกท่านที่ได้พิจารณาให้ทุนวิจัย และสนับสนุนโครงการนี้ตลอดมา

ขอขอบพระคุณอาจารย์สิริธนา สุตินธา หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร และ รศ.ดร.เทพ พงษ์พานิช คณบดีคณะธุรกิจการเกษตร ที่ได้ให้ความสะดวกในการใช้สถานที่และสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี ขอขอบคุณ คุณเกก กสิณี และเจ้าหน้าที่กองแผนงานที่ช่วยเหลือวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณวัลยา โมราสุข ที่ได้ช่วยเตรียมวัตถุดิบ ขอขอบคุณ คุณโสภา ลีซอรัตน์ และคุณบุษงค์ กุ๊กจำกัด ที่ได้ช่วยวิเคราะห์คุณภาพของหอมหัวใหญ่อบแห้ง ขอขอบคุณ คุณประสิทธิ์ กุนากา ที่ได้ช่วยจัดหาอุปกรณ์ต่าง ๆ กับการวิจัย

หนังสือรายงานฉบับนี้ได้จัดทำเป็นรูปเล่มสมบูรณ์ด้วยความช่วยเหลือของเจ้าหน้าที่ฝ่ายวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ชำนาญกิจ ๒๕๓๖
ชำนาญกิจ ๒๕๓๖
ชำนาญกิจ ๒๕๓๖

การศึกษากรรมวิธีในการอบแห้งหอมหัวใหญ่
เพื่อการส่งออก
Study on Processing of Onion Drying
for Export

สิงหนาท พวงจันทร์แดง

ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร

คณะธุรกิจการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การศึกษากระบวนการแปรรูปหอมหัวใหญ่ เพื่อสามารถเก็บรักษาผลผลิต
ที่มากเกินไปความต้องการไว้บริโภคได้นาน สามารถขนถ่ายได้ง่าย เพื่อการส่งออก โดยการอบ
แห้ง อันประกอบด้วยการศึกษาผลของกระบวนการก่อนการอบแห้งและอุณหภูมิต่อคุณภาพของ
หอมหัวใหญ่อบแห้ง การทดสอบการอบแห้งเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่จะสามารถเก็บรักษาหอม
หัวใหญ่อบแห้งให้มีคุณภาพดี

นำหอมหัวใหญ่มาผ่านกระบวนการก่อนการอบแห้งด้วยวิธีการแช่ในสารประกอบซิลิ
เฟออร์และกรดแอสคอร์บิก การทดสอบการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศา
เซลเซียส ข้อมูลการอบแห้งสามารถอธิบายด้วยสมการเอกซ์โปเนนเชียล ซึ่งได้ค่าคงที่เพียง
ค่าเดียว กระบวนการก่อนการอบแห้งไม่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง และการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงช่วย
เพิ่มอัตราการอบแห้ง

การทดสอบคุณภาพหอมหัวใหญ่อบแห้ง พบว่า กระบวนการก่อนการอบแห้งและ
อุณหภูมิไม่มีผลต่ออัตราส่วนการอบแห้ง และอัตราส่วนการตูดน้ำกลับคืน การทดสอบการยอมรับ
ของผู้ทดสอบ พบว่า กระบวนการก่อนการอบแห้งและอุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อการยอมรับและ
คุณภาพของหอมหัวใหญ่อบแห้ง โดยผู้ชิมยอมรับหอมหัวใหญ่ที่ผ่านการแช่ในสารประกอบซิลิเฟออร์
และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสมากที่สุด ผู้บริโภคยอมรับหอมหัวใหญ่อบแห้งที่ไม่
ผ่านกระบวนการใด ๆ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสอยู่ในเกณฑ์ดีพอใช้ ซึ่งเป็น
กรรมวิธีที่ไม่มีปริมาณซิลิเฟออร์ไดออกไซด์ส่วนที่เหลือ เพื่อการส่งออกและเมื่อเทียบกับระบบ
มันเชลล์ได้เป็น $10Y\ 8.5/2$ ถึง $10Y\ 9/2$ และ $10Y\ 9/2$ ถึง $10Y\ 9/4$ ตาม
ลำดับ

Abstract

A study on processing method to solve the problems of keeping an excessive amount of vegetables such as onion for export and ease to transport is discussed in this study. The method included the study on the effects of pretreatment and temperature on onion by drying in order to keep dried onion in optimum condition.

Onions were pretreated by different soaking solution such as sulfur compound and ascorbic acid prior to drying under three temperature levels of 50°C, 60°C and 70°C. The drying data was fitted to an exponential drying model which gave one empirical drying parameter namely the empirical drying constant. Pretreatments did not effect on drying rate and drying at higher temperature increased drying rate.

Pretreatments and temperature did not effect on drying ratio and reabsorption ratio. Quality evaluation by sensory tests showed best quality for onion pretreated by soaking in sulfur compound solution and drying at 50 C. Taste panels accepted onion drying by no pretreatment and drying at 50C. This treatment has no sulfurdioxide residue and be exported as bio-vegetable drying product. The Munsell system for color notation of dried onions are 10Y 8.6/2 to 10Y 9/2 and 10Y 9/2 to 10Y 9/4 respectively.

คำนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในการเพิ่มผลผลิตหอมหัวใหญ่ ยังไม่ได้คำนึงถึงกระบวนการแปรรูปที่เหมาะสม และควรคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาจะต้องน้อยที่สุด ผลผลิตที่มากจนล้นตลาดจะทำให้เกิดปัญหาในการขนถ่ายผลผลิตไปยังตลาดหรือโรงงานแปรรูป ดังนั้น หลังการเก็บเกี่ยวจะต้องมีกระบวนการทำเย็นและกระบวนการแปรรูปขั้นต้น ซึ่งจะต้องทำอย่างถูกวิธี เพื่อรักษาคุณภาพของผลผลิตไว้ให้มากที่สุด การแปรรูปขั้นต้นและการขนถ่ายผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวจากไร่จะต้องกระทำทันที ซึ่งต้องศึกษาวิธีที่เหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติแก่เกษตรกรที่จะรักษาคุณภาพของผลผลิตไว้ได้

ในฤดูกาลที่ผลผลิตมีปริมาณมาก มักประสบปัญหาผลผลิตเน่าเสีย หรือผลผลิตที่มีขนาดเล็กไม่สามารถขายสดได้ราคาดี ก็สามารถนำมาอบแห้งเพื่อเพิ่มมูลค่า นอกจากนี้กระบวนการอบแห้งที่ไม่ดีจะก่อให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* เนื้อเยื่อที่ราขึ้นจะเน่าเปื่อยลึกเข้าไปที่ละเยื่อ และขยายกว้างออกไปโดยไม่มีขอบเขตจำกัด หอมจะเน่าเสียหาย

คุณภาพและราคาที่ตั้งตัวสม่ำเสมอของผักแห้ง ก่อให้เกิดความสนใจที่จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร และอุตสาหกรรม โดยเฉพาะปริมาณการใช้ที่สูงขึ้นในมะหมักสำเร็จรูป และซุสสำเร็จรูปบำรุงกำลัง ส่งให้ยอดขายผักแห้งขยายตัวอย่างรวดเร็ว

ผักแห้ง สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายทาง มีคุณภาพและราคาที่คงตัวง่ายต่อการคำนวณต้นทุนและผลกำไร เนื่องจากสามารถใช้ผลผลิตได้ถึง 100% เมื่อเทียบกับผักสด ซึ่งมีการเพื่อผลประโยชน์ต้นทุนเอาไว้ ในขณะที่ผักใช้ไม่หมดและเกิดการเน่าเสีย นอกจากนี้ มักแห้งสะดวกต่อการเก็บรักษา และนำมาใช้ได้ทันทีโดยการเติมน้ำ

ในอุตสาหกรรมอุตสาหกรรม จะใช้หัวหอมบดแห้ง ขนาด 0.5 - 1.0 เซนติเมตร ขณะที่หัวหอมทั้งแห้ง ขนาด 1.5 - 2.0 เซนติเมตร โดยมีปริมาณการใช้ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากว่าทันทีหลังจากที่เติมน้ำ หัวหอมจะคืนสภาพให้ขนาดรูปร่างเนื้อสัมผัส กลิ่นรสที่ใกล้เคียงเหมือนกับที่ใช้หัวหอมสด ซึ่งนอกจากจะใช้กับอาหารพวกแฮมเบอร์เกอร์แล้วยังสามารถดัดแปลงนำไปใช้ทำอย่างอื่นได้อีก

การนำเข้าหัวหอมแห้งของประเทศญี่ปุ่น ในปี 2531 พบว่า หัวหอมแห้งจากสหรัฐอเมริกา 2,778,744 กิโลกรัม จากประเทศจีน 784,925 กิโลกรัม โรมาเนีย 150,000 กิโลกรัม อียิปต์ 130,000 กิโลกรัม

ผู้ส่งออกจะต้องคำนึงในการเสนอราคาลงที่ต่ำตามเหตุผล เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณผักสดที่ผลิตภายในญี่ปุ่น เป็นเหตุผลที่ผู้ซื้อเลือกตัดสินใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมกะหล่ำปลีสำเร็จรูปที่คำนึงถึงเรื่องราคาเป็นหลัก ไม่บ่อยนักที่จะทำสัญญาเป็นระยะเวลานาน และนั่นหมายความว่าทั้งผู้ขายจะต้องมีความระมัดระวังในการเสี่ยงเรื่องราคาอาจตกลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นการยากในการที่จะนำผลิตภัณฑ์ผักแห้งเข้าตลาดญี่ปุ่น นอกจากนี้จะต้องปฏิบัติตามกฎหมายของญี่ปุ่น 2 ฉบับคือ กฎหมายกักกัน (Quarantine Law) กฎหมายสุขาภิบาลอาหาร (Food Sanitation Law) ซึ่งระบุให้มีปริมาณซิลิเพอร์ไดออกไซด์ได้ไม่เกิน 30 ppm และห้ามนำเข้าอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยการฉายรังสีทุกชนิด ยกเว้นการฉายเพื่อยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง (บุรณิน, 2533)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาผลของกระบวนการก่อนการอบแห้งและอุณหภูมิต่อคุณภาพของหอมหัวใหญ่อบแห้ง
2. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งหอมหัวใหญ่
3. เพื่อศึกษาการประเมินผลทางประสาทสัมผัสต่อการยอมรับของผู้ชิม
4. เพื่อศึกษาอัตราการดูดน้ำกลับคืน ของหอมหัวใหญ่อบแห้ง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อลดปัญหาการเน่าเสีย เนื่องจากเชื้อรา ในฤดูกาลที่มีผลผลิตมาก
2. เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับหอมหัวใหญ่ โดยการแปรรูปเป็นหอมหัวใหญ่อบแห้ง เพื่อจำหน่ายนอกฤดูกาล และส่งเสริมให้เป็นสินค้าส่งออกเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร
3. เพื่อหาวิธีการเก็บรักษาหอมหัวใหญ่

การตรวจเอกสาร

หอมหัวใหญ่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Allium cepa*, Linn. อยู่ในตระกูล Amaryllidaceae ทางภาคเหนือเรียกว่า "หอมฝรั่ง" หอมหัวใหญ่เป็นพืชล้มลุกมีหัวใต้ดิน มีลักษณะเป็นกลีบซ้อนกันแน่น สามารถลอกออกเป็นกลีบ ๆ (สมพร, 2522)

1. แหล่งปลูก

หอมหัวใหญ่ เป็นพืชที่สำคัญในทางเศรษฐกิจมาก ปลูกกันแพร่หลาย เพราะประชาชนประเทศต่าง ๆ ใช้หอมหัวใหญ่ประกอบอาหารประจำวัน และนอกจากนี้ หอมหัวใหญ่ยังสามารถเก็บไว้ได้ จึงทำให้มีการปลูกหอมหัวใหญ่เพื่อเป็นการค้ากันอย่างมากมาย

ประเทศไทยมีแหล่งปลูกหอมหัวใหญ่ที่สำคัญภายในประเทศคือ เชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย และแม่ฮ่องสอน นอกจากนี้ยังมีจังหวัดต่าง ๆ อีกมากเช่น จังหวัดนครศรีธรรมราช นครปฐม ราชบุรี ชลบุรี ร้อยเอ็ด ขอนแก่น แต่จังหวัดเหล่านี้ปลูกได้ไม่มากเหมือนทางภาคเหนือ

ในปี พ.ศ. 2533/2534 ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกหอมหัวใหญ่ถึง 16,241 ไร่ มีปริมาณผลผลิตทั้งหมด 49,903 ตัน แต่เกษตรกรขายผลผลิตได้เพียง 3.58 บาท/กก. แนวโน้มของราคาจะลดจากปีก่อน ๆ (สถิติการเกษตรของประเทศไทยฉบับย่อ ปีเพาะปลูก 2533/34 ศูนย์สถิติการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2534 เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 431)

แหล่งปลูกที่สำคัญในต่างประเทศ โดยเฉพาะอเมริกามีแหล่งปลูกมากที่สุด คือ Texas, California และ New York

2. พันธุ์

ควรเลือกพันธุ์หอมหัวใหญ่ให้เหมาะกับสภาพของฤดูและแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ เพราะแสงสว่างจากดวงอาทิตย์มีอิทธิพลต่อการลงหัวของหอมใหญ่มาก เช่น หอมบางพันธุ์จะลงหัวเมื่อแสงสว่างจากดวงอาทิตย์วันหนึ่งประมาณ 11-13 ชั่วโมง ซึ่งเรียกว่า กลางวันยาว (Long Day Varieties) แต่บางพันธุ์จะลงหัวได้ดี เมื่อได้รับแสงสว่างกลางวันเพียง 9 - 11 ชั่วโมง เรียกว่า กลางวันสั้น (Short Day Varieties) เพราะฉะนั้นพันธุ์หอมหัวใหญ่จึงแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามความต้องการของแสงคือ

ก. พันธุ์หอม "กลางวันสั้น" (Short Day Varieties) อายุประมาณ 165 - 180 วัน มีหลายพันธุ์ เช่น Granex, White Granex, Yellow Bermuda, Texas Grano และ Excel เป็นต้น พันธุ์ที่นิยมปลูกในบ้านเรา สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ (2528) ได้รวบรวมไว้ดังนี้ คือ

- พันธุ์กราเน็กซ์ มีทั้งพันธุ์ เฮลโลกราเน็กซ์ และไวท์ กราเน็กซ์ มีทั้งหัวกลมและหัวแบน เป็นหัวเร็ว และแก่สม่ำเสมอ หัวใหญ่และคอเล็ก สามารถเก็บไว้ได้นาน
- พันธุ์ เอกเซล เป็นพันธุ์ที่ได้มาจากพันธุ์ เฮลโลเบอร์มูดา เป็นหัวเร็ว ขนาดปานกลาง แต่ไม่ค่อยสม่ำเสมอ ขนาดของหัวปานกลาง กล่าวกันว่า พันธุ์นี้เก็บไว้ได้นานกว่าพันธุ์แรก
- พันธุ์ เรดโกลบ พันธุ์นี้ให้หัวไม่เร็วนัก และแก่ไม่สม่ำเสมอ แต่เก็บได้นานกว่า 2 พันธุ์แรก ขนาดของหัวเล็ก

พันธุ์อื่น ๆ เช่น เรดครีโอล เรดแคนารี เออร์ลี่เทกซัส กราโน และเฮลโลเบอร์มูดา เหล่านี้ให้ผลพอใช้ได้ ขนาดของหัวปานกลาง และแก่ช้ากว่า 3 พันธุ์แรก

ข. พันธุ์หอม "กลางวันยาว" (Long Day Varieties) อายุประมาณ 85 - 125 วัน มีหลายพันธุ์ เช่น Yellow Globe Danver, Bonanza, Ebenezer, Brown Beauty, Southport Yellow Globe และ Australian Brown เป็นต้น

ข้อน่าสังเกตประการหนึ่งก็คือ หอมหัวใหญ่ พันธุ์ที่ต้องการ "กลางวันสั้น" เป็นพันธุ์ที่ปลูกแต่พันธุ์ที่ต้องการ "กลางวันยาว" เป็นพันธุ์เบา ซึ่งพันธุ์เบาจะไม่เหมาะสมที่จะปลูกในประเทศไทย เพราะต้องปลูกปลายฤดูหนาว และเก็บหัวได้ในฤดูฝน หัวหอมที่ใกล้แก่เมื่อถูกฝนแล้ว มักจะเน่าเก็บไว้ได้ไม่นาน อนึ่ง ในเดือนมีนาคม เมษายน อากาศร้อน ขาดแคลนน้ำที่จะใช้รด จะเห็นการปลูกหอมหัวใหญ่ในประเทศไทยควรใช้พันธุ์ "กลางวันสั้น" (โลน, 2513)

Nichols (1990) ได้แบ่งชนิดของหัวหอมออกเป็นดังนี้

1. Pickle onion เป็นหัวหอมแห้งขนาดเล็กได้จากการนำหัวหอมแห้งมาปลูกในระยะชิด เพื่อให้ได้หัวหอมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1 - 3 ซม. สามารถนำไปใช้ได้เช่นเดียวกับหัวหอมธรรมดา และสามารถเก็บไว้ เพื่อนำไปแปรรูปโดยปอกเปลือกออกแล้วแช่น้ำเกลือ

2. Silverskin onion ปลุกในลักษณะเช่นเดียวกับชนิดแรก คือ ปลุกระยะชิดเพื่อให้ได้หัวหอมที่มีขนาดเล็ก เหมาะต่อการบรรจุหีบห่อ แต่ที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดคือ หัวหอมที่ผลิตต้องเป็นสีขาว จึงใช้พันธุ์ white skin จะเก็บเกี่ยวหัวหอมออกจากแปลง โดยที่ใบยังเขียวอยู่ คือไม่ปล่อยให้หัวหอมเจริญจนแก่เกินไป จากนั้นจะนำไปตัดราก และส่วนยอดออก และลอกเปลือกนอกออกด้วยเครื่องจักรกล

3. Salad-onion เป็นพันธุ์เดียวกับ Silver skin onion แต่จะเก็บเกี่ยวก่อนที่จะสร้างหัว การปลูกจะปลูกโดยใช้ระยะชิดมาก ให้มีระยะระหว่างแถว 30 ซม. เพื่อเก็บเกี่ยวง่ายและสะดวกในการกำจัดวัชพืช แม้จะมีการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดวัชพืชและเชื้อราได้ แต่ก่อนการเก็บเกี่ยวจะต้องหยุดใช้สารเคมีฉีดพ่น เพื่อให้แน่ใจว่า ไม่มีสารพิษตกค้างอยู่

การเก็บเกี่ยวจะทำเมื่อสังเกตเห็นว่า ลำต้นมีการยุบตัวลง ใบเริ่มแห้ง สำหรับหอมที่ต้องการเก็บไว้ยาวนานจำเป็นต้องรักษาไว้ไม่ให้เน่า โดยทำให้ส่วนยอดและกลีบด้านนอกแห้ง อากาศที่อบอุ่นและแห้งจะช่วยให้หัวหอมแห้งได้ไม่เน่า แต่ไม่ใช่ให้แดดเผา (Sun burn) ในหลาย ๆ ประเทศ อากาศในขณะเก็บเกี่ยวไม่เหมาะสม และทำให้หัวหอมไม่แห้ง ก็จะปล่อยให้หัวหอมไว้ไม่แห้งไม่กั้ว แล้วจะย้ายไปโรงเก็บที่มีเครื่องพ่นลมร้อน ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ วิธีการนี้จะสามารถผลิตหัวหอมที่มีคุณภาพดีกว่า เพราะจะควบคุมความชื้นได้ วิธีการนี้ นอกจากจะทำให้ผิวของหัวหอมสวย ยังไม่ทำให้ผิวนอกแตกหรือปริ การเก็บเกี่ยว การคัดเกรด และการบรรจุหีบห่อ จำเป็นต้องใช้เครื่องกลที่สูงด้วยเทคโนโลยี

ในบางประเทศจะมีโรงงานอบหอม โดยใช้เครื่องอบให้หัวหอมแห้ง หัวหอมที่นำมาอบในโรงงานนี้ จะใช้วิธีปลูกเช่นเดียวกับหัวหอมแห้ง สำหรับเก็บไว้นาน แม้ว่า ระยะปลูกที่ใช้จะใช้ระยะไม่หนาแน่นนัก เพราะขนาดของหัวไม่ใช่สิ่งสำคัญนัก พันธุ์ที่ใช้ปลูกจะต้องให้ผลผลิตแห้งต่อไร่สูง เพราะถ้าหัวหอมที่มีความชื้นสูง นอกจากจะทำให้มีผลผลิตแห้งต่อไร่ต่ำ ยังทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการทำให้หัวในหัวหอมระเหยให้หมดไป ดังนั้นพันธุ์ที่เลือกใช้ปลูกคือ พันธุ์ white-skin ซึ่งนอกจากจะให้ผลผลิตแห้งต่อไร่สูง ยังให้ผลผลิตแห้งที่มีสีขาวสวยงาม

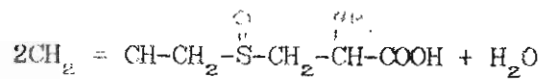
3. การเก็บเกี่ยว

หอมหัวใหญ่ จะเก็บเกี่ยวผลได้ตั้งแต่ 110 - 130 วัน นับตั้งแต่หว่านกล้า ซึ่งต้องเป็นไปตามพันธุ์ที่ใช้ปลูกด้วย สังเกตดูว่าใบเริ่มเหลืองและแห้ง เอามือบีบต้นเหนือคอ ถ้ารู้สึกนุ่ม ๆ และ ฟาม ๆ หรือต้นหอมแสดงอาการคอบีบ หรือบริเวณโคนต้นอ่อนๆ ลำต้นก็จะล้มลง แสดงว่าจวนแก่เก็บได้แล้ว หอมควรจะเก็บเกี่ยวพร้อมกัน ตามปกติเมื่อเก็บแล้วควรจะผึ่งตากแดดในแปลงให้แห้งดีเสียก่อน จึงจะนำเข้าไปเก็บในยุ้ง

ถ้าปลูกจำนวนมาก ๆ จะใช้ไม้รวกกลม ๆ นามไปตามแปลง เพื่อให้ต้นหักพับแล้วทิ้งไว้ 7 - 10 วัน พอให้ต้นแห้งสนิทแล้วใช้ของคม ๆ เช่น ปลายมีด หรือจอบขุดลงไปให้ลึกกว่าระดับหัวเล็กน้อย ใช้มือดึงขึ้นมาเมื่อถอนแล้วจึงใช้มีดตัดต้นและรากทิ้ง มีดต้นรวมกันเข้าเป็นมัด ๆ แล้วตั้งทิ้งไว้ในแปลง ประมาณ 2 - 3 วัน การตัดต้นทั้งนั้น ควรตัดให้สูงจากหัว ประมาณ 1 - 3 เซนติเมตร ถ้าตัดสั้นกว่านี้ อาจจะทำให้เป็นรอยแผลที่หัว และเป็นทางสำหรับเชื้อโรคที่จะเข้าไปในหัวได้ง่าย ส่วนการตัดรากนั้น ควรตัดให้ชิดกับหัว (สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, 2528)

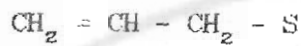
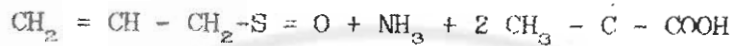
4. ส่วนประกอบ

วันชัย (2524) กล่าวว่า ในผักประเภทที่มีกลิ่นรุนแรง เช่น หอม กระเทียม และอื่น ๆ จะมีสารจำพวก กรดอมิโน คือ Cysteine อยู่เช่นเดียวกับที่พบในกะหล่ำปลี โดยเฉพาะในกระเทียม สารส่วนใหญ่จะเป็น S-allyl cysteine sulfoxide (alliin) ซึ่งจะเป็นตัวที่จะพบตัวแรก และในกระเทียมจะมีน้ำย่อยชื่อ Allinase enzyme ซึ่งจะย่อยสลาย Cysteine sulfoxide ในผักดิบ การทำให้เซลล์ฉีกขาดหรือการเคี้ยว ก็จะทำให้เอนไซม์นี้ทำงานโดยสัมผัสกับสารดังกล่าวได้เป็นสารต่าง ๆ เกิดขึ้น คือ แอมโมเนีย กรดไพรวูต และ diallyl thiosulfinate (allicin) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ระเหยได้และให้กลิ่นที่เราสามารถบอกได้ ปฏิกริยา คือ



S - Allyl Cysteine Sulfoxide
(alliine)

Alliinase enzyme



Pyruvic acid

diallyl thiosulfinate

(allicin)

Semmler (1982) รายงานว่า ในน้ำมันกระเทียม มีสาร diallyl disulfide ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{S}_2$) 60%, allyl propyl disulfide ($\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{SSCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$) 6% และ diallyl trisulfide ($\text{C}_8\text{H}_{14}\text{S}_3$) 20% Stoll และ Seebek (1948) รายงานว่า สารที่พบในกระเทียม คือ alliine เมื่อทำให้เซลล์พืชจะเปลี่ยนเป็น allyl thiosulfinate ในหัวหอมจะพบสารพวก allylisothiocyanate ($\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CNS}$) และ allyl propyl disulfide

สาร allicin เป็นสารที่ไม่คงตัว และมักจะสลายตัวเป็นสารที่เรียกว่า diallyl disulfide ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นเฉพาะของกระเทียม และก่อให้เกิดความ ชอบ-ไม่ชอบ ให้กับผู้บริโภคบางคน ในหัวหอม นอกจากจะมีกลิ่นของ allyl ($\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{CH}_2-$) แล้วยังมีสารอื่นที่มีความสำคัญ คือ n-propyl cysteine sulfoxide ซึ่งเมื่อสารนี้สลายตัวจะเกิดเป็นสาร dipropyl disulfide และเป็นกลิ่นเฉพาะตัวของหัวหอมจากการตรวจ พบว่า กลิ่นจากหัวหอมจะมีสาร Diallyl disulfide อยู่น้อยกว่า 1% แต่จะพบสารนี้เป็นจำนวนมากในกระเทียม ส่วนสารที่ก่อให้เกิดการไหลของน้ำตาจากหัวหอม เชื่อกันว่าเกิดจากสารที่ชื่อว่า S-(propenyl)-L-Cysteine sulfoxide ($\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{S}}}-\overset{\text{H}}{\underset{|}{\text{CH}}}-\text{COOH}$) โดยที่เมื่อเราหั่นหัวหอมก็จะทำให้เนื้อเยื่อของเซลล์พืชจะถูกละลายโดยน้ำย่อยและได้สารต่าง ๆ คือ แอมโมเนีย กรดไพรูวิก และ Propenyl sulphenic acid โดยที่สาร propenyl sulphenic acid ($\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{S}}}-\text{H}$) เชื่อกันว่าเป็นตัวทำให้เกิดการหลั่งของน้ำตา และสารนี้ยังไม่มีคามคงตัว สามารถสลายตัวได้ง่ายและ

รวดเร็วมาก กลิ่นของหัวหอมส่วนใหญ่แล้วจะสูญเสียไปในช่วงของการให้ความร้อน เพื่อให้ทำให้สุกหรือขณะปรุงอาหารที่มันจะระเหยหายไป ปัญหาจึงมีว่าต้องการให้กลิ่นของหัวหอมเหลือไว้อยู่อย่างน้อยเท่าไรขณะปรุงอาหาร อย่างไรก็ตามวิธีการที่จะนำมาใช้เพื่อป้องกันกลิ่น เปลี่ยนไปเป็นกลิ่นที่ไม่ต้องการ และป้องกันการสูญหายของกลิ่น จึงเป็นวิธีที่คล้ายกัน กล่าวคือ น้ำที่ใช้ในการหุงต้มควรมีน้อยที่สุด และระยะเวลาสั้น กรณีหัวหอมถ้าต้องการรักษากลิ่นไว้ให้มากที่สุดก็ควรต้มในภาชนะที่มีฝาปิด เป็นต้น (วันชัย, 2524)

สมภพ (2530) ได้รายงาน คุณค่าทางโภชนาการของหอมหัวใหญ่ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของหอมหัวใหญ่

น้ำหนัก (ก.)	พลังงาน (แคลอรี)	โปรตีน (ก.)	ไขมัน (มก.)	คาร์โบไฮเดรต (ก.)	ทองแดง (มก.)	เหล็ก (มก.)
110	4	2	น้อยมาก	10	30	0.6

5. การอบแห้ง

ปัจจุบัน ได้มีการนำผลผลิตทางการเกษตร ได้แก่ ธัญและผลไม้ต่าง ๆ มาแปรรูป โดยการอบแห้ง อันจะช่วยให้สามารถเก็บรักษาผลผลิตไว้ได้นาน มีผู้ศึกษาการแปรรูปผักผลไม้ โดยการอบแห้งดังนี้ คือ

จรรยา และพิพัฒน์ (2523) ได้ทำการทดลองอบกล้วย โดยใช้ตู้อบแสงแดด ซึ่งออกแบบโดย ลาวัณย์ (2518) ในภาครอบกล้วย (*Musa sapientum* Linn, a racea) การอบใช้เวลา 3 วัน ในการอบกล้วยสุก ซึ่งมีสารละลายของแข็ง 15 - 20% ในตู้อบส่วนการตากแดดจะทำให้กล้วยมีคุณภาพดีสะอาดถูกสุขลักษณะ

สมยศ (2530) ได้ทำการอบมะม่วงแช่อิ่มในเครื่องอบแห้งแบบลดความชื้น โดยใช้ตู้อบขนาดสูง 12 นิ้ว ยาว 53 นิ้ว และกว้าง 32 นิ้ว หุ้มด้วยแผ่นสังกะสีบุด้วยใยแก้ว เพื่อป้องกันมิให้ความร้อนและความชื้นเข้าออกได้ ที่อุณหภูมิขนาดสูง 22 นิ้ว ยาว 34 นิ้ว และกว้าง 32 นิ้ว หรือมีปริมาตร 0.39 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ชั้น มีประตูเปิดเปิดได้ ส่วนภายในมีคอรอลเย็นและคอรอลร้อน และที่กระจายอากาศร้อนมีพัดลมภายนอกมีคอมเพรสเซอร์ เพื่ออัดน้ำยา และมีมอเตอร์พัดลมร้อนใช้ในการอบมะม่วงแช่อิ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ใช้ค่าไฟฟ้าประมาณ 33 สตางค์ ต่อ 1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่าใช้จ่ายทุกอย่างในการทำตู้อบประมาณ 18,000 บาท และได้มะม่วงที่มีสีน้ำตาลรับประทาน

สิงหนาท และคณะ (2533) ได้ทำการอบผักกาดหางหงส์ ผักกะหล่ำปลี และผักกาดแก้ว ในตู้อบแห้งแบบถาด โดยใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ตู้อบมีขนาดกว้าง 0.80 เมตร ลึก 0.60 เมตร และสูง 1.03 เมตร ผนังด้านบนและด้านข้างบุด้วยใยแก้ว ด้านบนและด้านข้างมีช่องระบายอากาศ โดยอาศัยการพาตามธรรมชาติ ด้านในแบ่งออกเป็น 3 ชั้น มีประตูเปิดเปิดได้ ด้านล่างติดตั้งเตาแก๊สแบบหัวกะโหลก บนเตามีแผ่นเหล็กเพื่อถ่ายความร้อนไปกระจายไปทั่วตู้ สามารถอบแห้งผักต่าง ๆ ดังกล่าวที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยมีสีและคุณภาพดี

การอบแห้งเป็นวิธีการที่จะดึงน้ำในอาหารออกไปด้วยความร้อน โดยจะมีการถ่ายเทความร้อน และการถ่ายเทความร้อน ตามลำดับ การถ่ายเทความร้อนในการอบแห้งมี 3 วิธีคือ การนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน อย่างไรก็ตาม การถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 วิธีจะมีเพียงวิธีเดียวที่มีบทบาทต่ออัตราการอบแห้ง

วิชัย (2518) กล่าวว่า การถนอมอาหารโดยการอบแห้งคือ การดึงน้ำออกจากอาหารให้มากเพียงพอที่อาหารนั้นสามารถเก็บรักษาอยู่ได้ โดยไม่เน่าเสีย เนื่องจากจุลินทรีย์อาหารแต่ละชนิดที่นำมาทำแห้ง ทำให้น้ำเหลืออยู่ภายในอาหารได้มากน้อยไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบนั้นเป็นสำคัญ ผักมีส่วนประกอบของน้ำตาลอยู่ต่ำมาก จึงสามารถทำให้แห้งสนิท ความชื้นจะต้องต่ำกว่า 5% ซึ่งแตกต่างจากผลไม้ซึ่งมีน้ำตาลอยู่สูง จึงไม่สามารถทำให้แห้งสนิทได้ ความชื้นจึงอยู่ระหว่าง 10 - 15%

6. อัตราการอบแห้ง

อัตราการอบแห้ง ประกอบด้วยอัตราการอบแห้งคงที่ และอัตราการอบแห้งลดลง Charm (1987) พบว่า อัตราการดึงน้ำออกจากอาหารจะคงที่อยู่ระยะหนึ่ง ซึ่งจะเสร็จสิ้นลงเมื่ออัตราการระเหยน้ำค่อย ๆ ลดลง ซึ่งเรียกว่าอัตราการอบแห้งลดลง

การอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร อัตราการดึงความชื้นออกจากอาหารจะขึ้นกับเวลา งานวิจัยต่าง ๆ ส่วนมากจะรายงานเป็นอัตราส่วนความชื้นที่ระเหยไปต่อเวลา (Moisture ratio per time) มีผู้คิดโมเดลทางคณิตศาสตร์ สำหรับการอบแห้งแบบชั้นบาง (thin layer drying) ของเมล็ดธัญพืช และนิยมใช้เป็นสมการอบแห้ง ผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดธัญพืช และนิยมใช้ในการอบแห้งแบบชั้นบาง (Hunkil, 1974) ดังนี้

$$\frac{dM}{dt} = -k (M - M_e) \dots \dots \dots (1)$$

Henderson และ Pabis (1961) ได้เสนอสมการไว้ดังนี้

$$MR = \exp (-kt) \dots \dots \dots (2)$$

Thomson และคณะ (1968) ได้เสนอสมการการอบแห้ง ดังนี้

$$t = A \ln MR + B (\ln MR)^2 \dots \dots \dots (3)$$

Overhults และคณะ (1973) ได้ศึกษาการอบแห้งข้าวเหลืองที่มีความชื้น 20-23% สภาวะของการอบแห้งใช้อากาศร้อนที่มีอุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่จุดน้ำค้างแข็ง (Dew point) มีค่า 8 องศาเซลเซียส โดยใช้สมการ ของ Page's drying equation ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

$$MR = \frac{M - M_e}{M_o - M_e} = \exp(-kt) \dots \dots \dots (4)$$

กำหนดให้

MR = อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio)

M = ความชื้น (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) ที่เวลาใด ๆ

M_0 = ความชื้นเริ่มต้น (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)

M_e = ความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content)
(ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)

t = เวลา (ชม.)

k = ค่าคงที่ (Empirical drying constant, h^{-1})

n = ค่าคงที่ (Empirical drying exponent)

A, B = ค่าคงที่

$\frac{dM}{dt}$ = ปริมาณความชื้นต่อเวลา

Phoungchandang (1986) ได้ศึกษาการอบแห้งถั่วลิสงเตา โดยนำถั่วลิสงเตาไปลวกในน้ำเดือดที่มีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5% ผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์ 0.1% และโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.1% เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่า การใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสในการอบแห้งถั่วลิสงเตามีคุณภาพดีที่สุดและได้เส้นอสมการการอบแห้งถั่วลิสงเตา ดังนี้

$$\ln k = a + \frac{b}{T_a}$$

$$\ln k = 11.07683 - \frac{6718.038}{T_a} ; (R^2 = 0.993)$$

7. ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของอาหารแห้ง

การทำแห้งโดยทั่วไปของอาหารจำพวก Dehydrated food จะใช้อากาศเป็นตัวกลางในการนำความร้อนไปถึงอาหาร น้ำบริเวณผิวอาหารจะระเหยออกมา ก่อน ทำให้ความเข้มข้นของเซลล์ บริเวณผิวสูงขึ้น ทำให้เกิดความแตกต่างของค่าแรงดันออสโมติก ระหว่างเซลล์ผิวกับเซลล์ที่อยู่ถัดไปด้านใน ดังนั้นน้ำจากเซลล์ที่อยู่ถัดไปก็จะซึมออกสู่บริเวณผิวนอกและสัมผัสกับความร้อน ก็จะระเหยไปเรื่อย ๆ เมื่อมีการระเหยน้ำออกจากเซลล์ก็จะมีผลให้แรงดันของเซลล์เปลี่ยนไป การลดแรงดันของเซลล์ไม่เท่ากันทุกเซลล์ จึงทำให้อาหารมีลักษณะเหี่ยวยุบ ในอาหารแห้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์จะเกิดน้อยกว่าปกติ ทั้งนี้เนื่องมาจากอาหารอบแห้งนั้นมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ต่ำกว่าในอาหารสด ตามปกติในอาหารสดจะมีความชื้นปริมาณร้อยละ 75 - 90 (เอรวิทท์และประชา, 2522) และมีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วง 0.95 - 1.00 ในอาหารที่ระเหยเอาน้ำออก (Dehydrated food) จะมีความชื้นอยู่เพียงร้อยละ 15 - 30 และมีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วง 0.65 - 0.85 (ไพโรจน์, 2526) นอกจากปริมาณความชื้นจะลดลงแล้ว ยังทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ในระหว่างการอบแห้งและการเก็บรักษา

8. การเกิดสีน้ำตาลในผักผลไม้ (Browning)

การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากความร้อนระหว่างการอบแห้ง (Caramellization) จะเป็นผลของเวลา และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งควบคู่กัน ถ้าใช้อุณหภูมิสูงและใช้เวลานาน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลขึ้นได้ ซึ่งพอสังเขปมีฐาน ได้ว่า เกิดการไหม้ของน้ำตาลขึ้น การเกิดสีน้ำตาลจากความร้อนทำให้เกิดสูงขึ้นทำให้รสชาติเปลี่ยนไปและเป็นเหตุให้ปริมาณของวิตามินซีสูญเสียไป และสาเหตุอีกอย่างหนึ่งเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีที่เรียกว่าเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของกลุ่มฟังก์ชันอัลดีไฮด์ (Aldehyde) หรือคีโตน (Ketone) กับสารประกอบอะมิโน ซึ่งก่อให้เกิดสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ สีน้ำตาลขึ้นได้

Sladtman และคณะ (1948) แสดงให้เห็นว่า เอปรีคอก อบแห้งจะเปลี่ยนเป็นสีดำนอง ถ้าสัมผัสกับออกซิเจน อันเป็นผลเนื่องจากเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) เมื่อทำการสกัดสารที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล โดยใช้สารเอทิลอะซิเตท พบว่าสามารถสกัดสารเฟอฟูรอลดีไฮด์ (furfuraldehyde) ออกมาในระหว่างการสกัดจะไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และเมื่อหยุดการสกัดจะเกิดสีน้ำตาลขึ้นมาอีก เมื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบในส่วนที่สกัดได้ พบว่า มีสารประกอบพวก เฟอฟูรอลดีไฮด์ และไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟูรอล (Hydroxy Methylfurfural) และเมื่อเติมสารเฟอฟูรอลลงไปในน้ำเอปรีคอก จะทำให้อัตราการเกิดสีน้ำตาลเร็วขึ้น

ถึงแม้ว่า การเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) จะไม่มาก แต่ก็มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค เพราะทำให้คุณค่าอาหารลดลง สารประกอบที่ให้สีน้ำตาลส่วนใหญ่เป็นพวก Unsaturated polycarboxylic acid และสารประกอบที่ให้สีเหล่านี้มักก่อให้เกิดสารระเหยที่มีคุณสมบัติให้กลิ่น คือ Substituted pyrazines ซึ่งจะให้กลิ่นฉุนคด ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ไพโรจน์, 2526)

การใช้ซิลเวอร์ไดออกไซด์ ในการรักษาสีของอาหารนั้น นิยมใช้ในการผลิตผลไม้แห้ง เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล โดยทั่วไปจะใช้ปริมาณ 1,500 - 2,000 ส่วนในล้านส่วน (ศิริลักษณ์, 2525) ในผักจะใช้ซิลเวอร์ไดออกไซด์ภายหลังการนึ่ง ก่อนทำแห้งในรูปของโซเดียมซิลไฟท์ ในการป้องกันการเสื่อมคุณภาพของอาหารระหว่างการทำแห้งและระหว่างการเก็บรักษา กล่าวคือ จะช่วยในการรักษาสีธรรมชาติของอาหาร และป้องกันการสูญเสียวิตามินซี และโปรวิตามิน เอ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ตู้อบแห้ง

โดยใช้ตู้อบไฟฟ้าแบบถาด (Cabinet tray dryer) HA 40 มีขนาดกว้าง 1.22 เมตร สูง 1.68 เมตร และลึก 0.79 เมตร มีปริมาตร 1.62 ลูกบาศก์เมตร ช่วงอุณหภูมิสูงสุด 200 องศาเซลเซียส ประกอบด้วยเทอร์โมสแตท สามารถตั้งเวลาทำงานของชุดควบคุมความร้อนได้ ด้านในมีตะแกรงโปร่ง 6 ชั้น เพื่อวางผักที่จะอบแห้ง มีพัดลมกระจายความร้อนและระบายความชื้นด้วยอัตรา 3.82 ลบ.เมตร/นาที หรือมีความเร็วลม 311.5 เมตร/นาที ด้านบนมีช่องระบายความชื้นออกจากตู้อบเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 ซม. อากาศถูกดูดจากเหนือที่กีดกันน้ำของตู้อบ

2. วัตถุดิบ

หอมหัวใหญ่พันธุ์ เฮลโลกราเน็กซ์ โดยนำหอมหัวใหญ่มาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือกแล้วหั่นตามขวางให้มีความหนา 3 มม.

3. การศึกษาผลของกระบวนการก่อนการอบแห้ง

3.1 ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ

3.2 ผ่านการแช่ในสารละลายโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ (Potassium metabisulfite; KMS) ความเข้มข้น 0.3% นาน 10 นาที

3.3 ผ่านการแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 0.1% นาน 10 นาที โดยกระบวนการก่อนการอบแห้งในข้อ 3.2 และ 3.3 เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านสีของหอมหัวใหญ่อบแห้ง

4. การทดสอบทางกายภาพ

4.1 ความถ่วงจำเพาะ ของหอมหัวใหญ่ โดยใช้วิธีของ Moshenin (1975)

4.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยนำหอมหัวใหญ่ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง

5. การทดสอบการอบแห้ง

5.1 โดยวางหอมหัวใหญ่ที่ผ่านกระบวนการก่อนการอบแห้งตาม ข้อ 3 บนตะแกรงภายในตู้อบลมร้อน 1.5 กิโลกรัม และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิภายนอกตู้อบระหว่างการอบมีค่าประมาณ 25 - 28 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 - 60

5.2 สุ่มตัวอย่างจาก ข้อ 4.1 และ 4.2 มาหาความชื้น (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) ทุก ๆ 1 ชั่วโมง

5.3 อบหอมหัวใหญ่ในข้อ 4.1 และ 4.2 บางส่วนต่อไปอีก 3 - 5 ชั่วโมง จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ นำไปหาความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content, Me) (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)

5.4 นำค่า M, Me และ t ไปคำนวณอัตราส่วนความชื้น (MR) แล้วนำไปวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และทดสอบการถดถอย โดยมีค่า $n = 1$ แล้วใช้สมการของ Henderson และ Pabis (1961) เพื่อหาค่า k

6. การทดสอบอัตราส่วนการอบแห้ง

ได้จากน้ำ เหนียวของหอมหัวใหญ่ที่หั่นแล้วหาวด้วยน้ำหนึ่หอมหัวใหญ่ หลังการอบแห้ง

7. การทดสอบอัตราส่วนการตุน้ำกลับคืน

โดยนำหอมหัวใหญ่อบแห้ง มาแช่ใ้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องซึ่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ

1 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ นำไปคำนวณหาอัตราส่วนการตุน้ำกลับคืน

8. การทดสอบคุณภาพ

ประเมินผลคุณภาพของหอมหัวใหญ่อบแห้งด้วยการทดสอบชิม โดยนำหอมหัวใหญ่อบแห้งมาคั้นรูป แล้วนำไปแปรรูปเป็นหอมหัวใหญ่ทุบแบ่งทอด (onion ring) การประเมินผลคุณภาพ โดยการให้ผู้ทดสอบให้คะแนนแบบ Hedonic Scale 5 ระดับ วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลโดยสุ่มตลอด Factorial in Completely Randomized Design ใช้ผู้ทดสอบที่ชำนาญ (trained taste panel) จำนวน 12 คน ทดสอบรวม 5 ซ้ำ โดยแบ่งคะแนนใน Hedonic Scale เป็นดังนี้ คือ

ระดับคะแนน	1	หมายถึง	ไม่ชอบมาก
ระดับคะแนน	2	หมายถึง	ไม่ชอบ
ระดับคะแนน	3	หมายถึง	รู้สึกเฉย ๆ
ระดับคะแนน	4	หมายถึง	ชอบ
ระดับคะแนน	5	หมายถึง	ชอบมาก

9. การวิเคราะห์สีเพื่อได้ออกไซด์ส่วนที่เหลือ

โดยนำหอมหัวใหญ่อบแห้งที่ผ่านกระบวนการก่อนการอบแห้งในข้อที่ 3.2 มาวิเคราะห์ปริมาณสีเพื่อได้ออกไซด์ส่วนที่เหลือ โดยใช้วิธีการกลั่น

10. การทดสอบคุณภาพด้านสี

โดยเปรียบเทียบหอมหัวใหญ่หลังการอบแห้งกับสีมาตรฐานจาก Munsell Book of Color

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การทดสอบทางกายภาพ

1.1 ความถ่วงจำเพาะของหอมหัวใหญ่สด พบว่า มีค่าเฉลี่ย 0.9408 โดยมีค่าสูงสุด 0.9911 และค่าต่ำสุด 0.8787 ดังแสดงในตารางที่ 1

1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดของหอมหัวใหญ่สด พบว่า มีค่าเฉลี่ย 8.60% โดยมีค่าสูงสุด 11.91% และค่าต่ำสุด 6.66 ดังแสดงในตารางที่ 1 หอมหัวใหญ่ที่มีปริมาณของแข็งสูงจะมีความชื้นต่ำ การอบแห้งจะได้ผลผลิตสูง

2. การทดสอบสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้ง

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความชื้นกับเวลา จะเห็นว่า หอมหัวใหญ่ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส อัตราส่วนความชื้นจะค่อยลดลง โดยที่อุณหภูมิสูง อัตราส่วนความชื้นจะลดลงเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 1 - 3

การอบแห้งหอมหัวใหญ่ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลามากกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส การอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 6 5 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ

จากการทดลอง พบว่า ค่าคงที่ (k) จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อนำหอมหัวใหญ่ไปอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ อัตราการระเหยน้ำจะน้อยกว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิสูง แต่ได้หอมหัวใหญ่อบแห้งที่มีคุณภาพดีกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง นอกจากนั้นระบบการก่อนการอบแห้ง ไม่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 2

ความชื้นสัมพัทธ์ของหอมหัวใหญ่อบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีค่าน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงสามารถดึงน้ำออกจากเซลล์ของหอมหัวใหญ่ได้มากกว่า ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 1 แสดงความถ่วงจำเพาะและปริมาณของแข็งของหอมหัวใหญ่

ตัวอย่างที่	เส้นผ่าศูนย์กลาง(มม.)	ความถ่วงจำเพาะ	ปริมาณของแข็งทั้งหมด(%)
1	68.54	0.9232	7.28
2	65.42	0.9687	8.80
3	96.28	0.9181	8.31
4	70.78	0.9911	10.53
5	62.94	0.9305	8.49
6	61.24	0.9526	7.92
7	70.40	0.8787	9.10
8	71.60	0.9138	11.91
9	66.12	0.9455	7.74
10	62.48	0.9172	8.87
11	68.00	0.9566	6.66
12	71.02	0.9637	7.56
13	69.44	0.9358	9.27
14	75.64	0.9163	7.79
15	70.40	0.9470	9.07
16	69.70	0.9596	9.98
17	70.18	0.9525	8.34
18	73.64	0.9512	7.40
19	72.14	0.9482	8.76
20	66.46	0.9466	8.16
เฉลี่ย	70.12	0.9408	8.60
สูงสุด	96.28	0.9911	11.91
ต่ำสุด	61.24	0.8787	6.66

ตารางที่ 2 แสดงค่าคงที่ (Drying constant) ของหอมหัวใหญ่อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่ (Drying constant) , k (1/h)		
	ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ	แช่ใน KMS	แช่ในกรดแอสคอร์บิก
50	0.97774 (r = 0.985)	1.06617 (r = 0.984)	1.21580 (r = 0.985)
60	1.36332 (r = 0.976)	1.32598 (r = 0.954)	1.38158 (r = 0.969)
70	1.63589 (r = 0.979)	1.91238 (r = 0.968)	1.87008 (r = 0.970)

ตารางที่ 3 แสดงความชื้นสัมพัทธ์ (Equilibrium Moisture Content, EMC) (% น้ำหนักแห้ง) ที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง (° C)		
	50	60	70
ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ	10.26	7.34	5.94
แช่ใน KMS	9.79	7.54	5.56
แช่ในกรดแอสคอร์บิก	8.77	7.24	5.71

3. การอบแห้ง

3.1 ประสิทธิภาพของตู้อบ ในการทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบ โดยใช้สมการของ Henderson และ Pabis (1961) ค่า M , M_0 , M_e และ t นำไปคำนวณอัตราส่วนความชื้น (MR) เมื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และทดสอบการถดถอย โดยมีค่า $n = 1$ จะสามารถหาค่า k ได้ ดังนั้นจะเห็นว่า การอบแห้งทุกกรรมวิธีเป็นไปตามสมการของ Henderson และ Pabis (1961) และสมการที่ได้สามารถใช้ทำนายเวลาอบแห้งได้อย่างแม่นยำ (Coefficient of Correlation > 0.95%) ดังแสดงในตารางที่ 2

3.2 สมการอบแห้งแบบชั้นบาง (Thin layer drying equation) ในการศึกษาการอบแห้งหอมหัวใหญ่ โดยใช้หอมหัวใหญ่ที่มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยร้อยละ 91.32 สามารถใช้ความสัมพันธ์ของสมการแบบ Arrhenius เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าคงที่ k กับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งในรูปอุณหภูมิสัมบูรณ์ จากการทดลองนี้ได้ค่าคงที่ a และ b ซึ่งสามารถนำไปหาค่าคงที่ k เพื่อที่จะใช้ทำนายเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้ รูปแบบของสมการที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ คือ

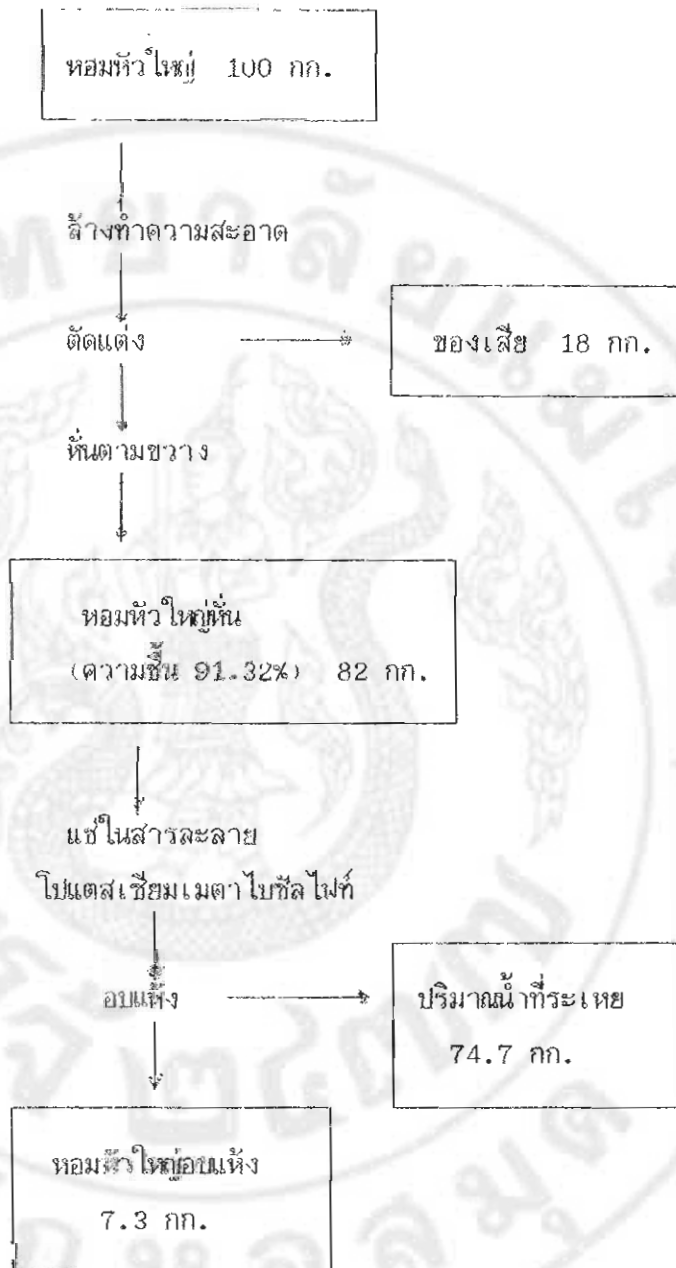
$$\ln k = a + \frac{b}{T_a}$$

$$\ln k = 9.52133 - \frac{5513.70044}{T_a}$$

$$(r = 0.940)$$

โดย T_a = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศที่ใช้อบแห้ง (องศาไโรเมอร์)

แผนภูมิการทำหอมหัวใหญ่อบแห้ง



รูปที่ 1 แสดงแผนภูมิการทำหอมหัวใหญ่อบแห้ง

4. การทดสอบอัตราส่วนการอบแห้ง

จากการทดลอง พบว่า กรรมวิธีที่ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ มีอัตราส่วนการอบแห้งต่ำกว่ากรรมวิธีที่มีการแช่ในสารเคมีเล็กน้อย ผลผลิตแห้งที่ได้จากกรรมวิธีที่ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ อาจจะมีปริมาณมากกว่ากรรมวิธีที่ผ่านการแช่ในสารเคมี เนื่องจากการแช่หอมหัวใหญ่ในสารเคมีมีการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการไปบ้าง ดังแสดงในตารางที่ 4 อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า กรรมวิธีต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กระบวนการทำหอมหัวใหญ่อบแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 1

5. การทดสอบอัตราส่วนการดูดน้ำกลับคืน

จากการทดลองพบว่า หอมหัวใหญ่อบแห้งที่ผ่านกระบวนการต่าง ๆ สามารถคืนรูปมีลักษณะใกล้เคียงกับหอมหัวใหญ่สด หอมหัวใหญ่อบแห้งที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำสามารถคืนรูปและมีคุณภาพด้านสีใกล้เคียงกับของสดมากกว่าหอมหัวใหญ่อบแห้งที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนการดูดน้ำกลับคืนทุกกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน คือสามารถดูดน้ำกลับคืนได้ประมาณ 7 เท่าของน้ำหนักแห้ง ในเวลา 4 ชั่วโมง แสดงว่า กระบวนการก่อนการอบแห้งไม่มีผลต่ออัตราส่วนการดูดน้ำกลับคืน ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6. ผลของกระบวนการก่อนการอบแห้งและอุณหภูมิต่อการทดสอบคุณภาพ

จากข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในตารางที่ 6 พบว่า กระบวนการก่อนการอบแห้ง ได้แก่ ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ , แช่ใน KMS และแช่ในกรดแอสคอร์บิก มีผลกระทบต่อคุณภาพของหอมหัวใหญ่อบแห้ง นอกจากนี้ การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยรักษาคุณภาพของหอมหัวใหญ่อบแห้ง และเมื่อนำมาคืนรูปจะได้หอมหัวใหญ่ที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับหอมหัวใหญ่สดมากกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง

ในด้านลักษณะปรากฏ พบว่า กระบวนการก่อนการอบแห้งและอุณหภูมิมีผลต่อการยอมรับ หอมหัวใหญ่อบแห้ง และหอมหัวใหญ่อบแห้งหลังการคืนรูป กรรมวิธีที่มีลักษณะใกล้เคียงกับของสดจะได้รับการยอมรับ กรรมวิธีที่ผ่านการแช่ในสารละลายโปแตสเซียมเมตาไบซิลไฟท์ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับกรรมวิธีอื่น ๆ กรรมวิธีที่ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสได้รับการยอมรับพอสมควร

ในด้านสีของหอมหัวใหญ่อบแห้ง พบว่า กระบวนการก่อนการอบแห้งและอุณหภูมิมีผลต่อการยอมรับ กรรมวิธีที่ผ่านการแช่ในสารละลายโปแตสเซียมเมตาไบซิลไฟท์ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ได้รับการยอมรับมากที่สุดและแตกต่างจากกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพราะเมื่อนำหอมหัวใหญ่อบแห้งมาคืนรูปจะได้หอมหัวใหญ่ที่มีลักษณะและคุณภาพใกล้เคียงกับของสดมาก เนื่องจากสารประกอบซิลเฟอร์สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการคาราเมลไลเซชัน (Caramellization) ซึ่งกล่าวได้ว่า น้ำตาลเมื่อถูกความร้อนสูง จะไม่ทำให้เกิดการไหม้ นอกจากนี้สารประกอบ ซิลเฟอร์ยังช่วยป้องกันการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เรียกว่า ปฏิกิริยาเมลลาร์ด และปฏิกิริยาอื่น ๆ (รัชน์, 2532) กรรมวิธีที่ผ่านการแช่ในสารประกอบซิลเฟอร์ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสมีสีดีที่สุด เมื่อเทียบกับสีมาตรฐานจาก Munsell Book of Color คือ 10Y 8.5/2 ถึง 10Y 9/2 ซึ่งเป็นสีเหลืองจาง ดังแสดงในตารางที่ 7

กรรมวิธีที่มีคุณภาพด้านสีได้รับการยอมรับในเกณฑ์ดีพอใช้ ได้แก่ กรรมวิธีที่ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งมีคุณภาพด้านสี ซึ่งเมื่อเทียบกับสีมาตรฐานจาก Munsell Book of Color คือ 10Y 9/2 ถึง 10Y 9/4 ซึ่งมีสีเหลืองอ่อน ส่วนกรรมวิธีที่ผ่านการแช่กรดแอสคอร์บิก ได้หอมหัวใหญ่อบแห้งที่มีสีชมพู ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ เนื่องจาก กรดแอสคอร์บิกสลายตัว (Ascorbic acid degradation) ไปเป็นสารประกอบที่เรียกว่า Furfural (ไพโรจน์, 2526)

ตารางที่ 4 แสดงอัตราส่วนการอบแห้งของหอมหัวใหญ่อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส					เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ	10.08	10.37	9.81	10.32	11.31	10.38 ^{ns}
แช่ใน KMS	10.98	10.27	10.20	11.56	11.55	10.91 ^{ns}
แช่ในกรดแอสคอร์บิก	11.56	10.56	10.24	11.42	10.80	10.92 ^{ns}
กรรมวิธี	อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส					เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ	9.76	10.81	11.12	11.51	11.90	11.02 ^{ns}
แช่ใน KMS	11.83	11.83	11.71	12.27	12.84	12.10 ^{ns}
แช่ในกรดแอสคอร์บิก	12.12	10.93	11.39	12.53	12.84	11.96 ^{ns}
กรรมวิธี	อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส					เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ	9.00	9.71	9.81	11.92	12.34	10.74 ^{ns}
แช่ใน KMS	11.36	10.45	9.91	11.92	12.66	11.26 ^{ns}
แช่ในกรดแอสคอร์บิก	10.99	11.00	10.58	11.93	12.34	11.37 ^{ns}
					เฉลี่ย	11.18

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 5 แสดงอัตราส่วนการดูดน้ำกลับคืนของหอมหัวใหญ่อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส					เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ	6.86	7.51	6.50	6.16	6.86	6.78 ^{ns}
แช่ใน KMS	6.74	7.13	6.77	7.04	7.74	7.08 ^{ns}
แช่ในกรดแอสคอร์บิก	6.72	7.03	6.70	6.63	6.32	6.68 ^{na}
กรรมวิธี	อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส					เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ	5.95	6.31	6.85	7.38	7.36	6.77 ^{na}
แช่ใน KMS	6.37	7.03	6.89	7.06	7.77	7.02 ^{ns}
แช่ในกรดแอสคอร์บิก	6.24	6.35	6.97	7.54	7.47	6.91 ^{ns}
กรรมวิธี	อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส					เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ	6.67	7.29	7.56	7.26	7.64	7.28 ^{na}
แช่ใน KMS	7.79	5.87	5.86	7.56	8.05	7.03 ^{na}
แช่ในกรดแอสคอร์บิก	6.23	8.00	6.42	7.19	7.56	7.08 ^{ns}
					เฉลี่ย	6.96

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 6 การทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และ การยอมรับของหมอม้าใหญ่อบแห้ง หลังการถนอมและแปรรูป

คุณลักษณะ กรรมวิธี	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับ
1	2.95 ^{bc}	2.97 ^b	3.26 ^a	3.34 ^{ab}	3.30 ^b
2	4.12 ^a	4.27 ^a	3.30 ^a	3.36 ^a	3.98 ^a
3	2.35 ^{de}	2.26 ^c	3.15 ^{ab}	3.30 ^{ab}	2.76 ^{cd}
4	2.76 ^{cd}	2.89 ^b	2.86 ^b	2.92 ^{abc}	2.70 ^{cd}
5	3.37 ^b	3.21 ^b	3.25 ^a	2.74 ^c	2.97 ^{bc}
6	2.15 ^e	2.03 ^c	3.07 ^{ab}	3.04 ^{abc}	2.37 ^d
7	2.91 ^{bc}	3.21 ^b	3.01 ^{ab}	2.76 ^c	2.72 ^{cd}
8	3.25 ^b	2.93 ^b	3.07 ^{ab}	3.13 ^{abc}	3.02 ^{bc}
9	2.22 ^e	2.09 ^c	2.91 ^b	2.90 ^{bc}	2.60 ^{cd}

- หมายเหตุ 1 ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C
 2 แช่ใน KMS และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C
 3 แช่ในกรดแอสคอร์บิก และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C
 4 ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C
 5 แช่ใน KMS และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C
 6 แช่ในกรดแอสคอร์บิก และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C
 7 ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C
 8 แช่ใน KMS และอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C
 9 แช่ในกรดแอสคอร์บิก และอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C

ตารางที่ 7 การทดสอบคุณภาพด้านสีของหมวกป้องกันแก๊สพิษ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ		50 °C	60 °C	70 °C
กรรมวิธี	ซ้ำที่			
ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ	ก	10Y 9/2	10Y 8.5/4	5Y 8/6
	ข	10Y 9/4	10Y 8.5/4	5Y 8/6
	ค	10Y 9/2	10Y 8.5/4	5Y 8/8
	ง	10Y 9/4	10Y 8.5/4	5Y 8/6
	จ	10Y 9/2	10Y 8.5/4	5Y 8/6
แช่ใน KMS	ก	10Y 9/2	10Y 9/4	10Y 8.5/4
	ข	10Y 9/2	10Y 9/4	10Y 8.5/4
	ค	10Y 8.5/2	10Y 9/2	10Y 8.5/4
	ง	10Y 9/2	10Y 9/4	10Y 8.5/4
	จ	10Y 9/2	10Y 9/2	10Y 8.5/4
แช่ในกรดแอสคอร์บิก	ก	10Y 8/4	2.5YR 8/6	10YR 8/8
	ข	10Y 8/4	2.5YR 8/6	10YR 8/6
	ค	10Y 8/6	2.5YR 8/4	10YR 8/6
	ง	10Y 8/6	2.5YR 8/6	10YR 8/8
	จ	10Y 8/4	2.5YR 8/4	10YR 8/6

ในด้านกลิ่น พบว่า กระบวนการก่อกวนการอบแห้งและอุณหภูมิมีผลต่อการยอมรับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและคะแนนเฉลี่ย พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ในด้านรสชาติของหอมหัวใหญ่อบแห้ง พบว่า หอมหัวใหญ่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 50 องศาเซลเซียส ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการอบแห้งที่หอมหัวใหญ่ที่ไม่แช่ในสารประกอบซิลิเฟอและอบแห้งที่อุณหภูมิสูง น้ำตาลจะเกิดการไหม้ที่เรียกว่า ปฏิกิริยาการเมลลาร์ด (Maillard reaction) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส เนื่องจากการอบแห้ง มักจะทำให้กลิ่นรสของผักเปลี่ยนไป สารที่ทำให้กลิ่นรสส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยา เมลลาร์ด และปฏิกิริยาอื่น ๆ (วิชิต, 2552)

ในด้านการยอมรับของหอมหัวใหญ่อบแห้ง พบว่า หอมหัวใหญ่อบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลาย โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 50 องศาเซลเซียส ได้รับการยอมรับสูงสุด ผู้ทดสอบยอมรับกรรมวิธีที่ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ และอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ ได้รับการยอมรับในเกณฑ์ดีพอใช้ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณซิลิเฟอไดออกไซด์ส่วนที่เหลือหลังการแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 50 องศาเซลเซียส และอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 8 และมีปริมาณไม่สูงนัก เนื่องจากซิลิเฟอไดออกไซด์ เป็นสารที่ระเหยง่ายและไปรวมตัวกับสารอื่นกลายเป็นสารที่อยู่ตัวหรือสลายตัวไป โดยการออกซิเดชัน ระหว่างการอบแห้ง อย่างไรก็ตาม ซิลิเฟอไดออกไซด์ เป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเปลี่ยนแปลงสี

ตารางที่ 8 ปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ส่วนที่เหลือ

กรรมวิธี	ปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ส่วนที่เหลือ (มก./กก.)					
	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
1	460.80	463.36	409.60	391.68	436.51	432.39
2	366.08	360.96	412.16	371.20	363.52	374.78
3	171.08	332.80	401.92	368.64	378.88	331.26

- หมายเหตุ 1 แห้ใน KMS และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
 2 แห้ใน KMS และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
 3 แห้ใน KMS และอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

สรุป

- กระบวนการก่อนการอบแห้งและอุณหภูมิ มีผลโดยตรงต่อคุณภาพและการยอมรับของหอมหัวใหญ่อบแห้ง
- ข้อมูลอัตราส่วนการอบแห้ง จะเป็นไปตามสมการเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential Equation) โดยมีค่าคงที่ k เพียงค่าเดียวและจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น
- อัตราส่วนความชื้น จะค่อย ๆ ลดลง ในระหว่างการอบแห้ง
- กระบวนการก่อนการอบแห้งและอุณหภูมิ ไม่มีผลต่ออัตราส่วนการอบแห้ง โดยมีค่าเฉลี่ย 11.18
- กระบวนการก่อนการอบแห้งและอุณหภูมิ ไม่มีผลต่ออัตราส่วนการดูดน้ำกลับคืนของหอมหัวใหญ่ หลังการคั่วรูป โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 7
- ผู้ทดสอบยอมรับหอมหัวใหญ่ที่ผ่านการอบแห้งในสารละลายโปแตสเซียมเมตาโมซิลโฟท์ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสมากที่สุด
- ถ้าไม่ต้องการให้ปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ส่วนที่เหลือ เพื่อการส่งออก ควรแปรรูปหอมหัวใหญ่อบแห้ง โดยไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
- ในการคาดคะเน ค่าคงที่ k สำหรับการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ สามารถใช้สมการ Arrhenius

บรรณานุกรม

- จรรยา วัฒนาขวัญกุล และพินิจภัฏ ทัฬหาไพโร. 2523. การตากแห้งโดยใช้ตู้อบแสงแดด. วารสารอาหาร 12(1) : 60 - 65.
- ไฉน ยอดเพชร. 2513. สวณิก. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ศาสนา.
- บุรณิน รัตนสมบัติ. 2533. การนำเข้าผักแห้งกำลังเพิ่มขึ้นในญี่ปุ่น. วารสารเทคโนโลยี. 11 (2) : 1 - 4.
- ฝ่ายส่งเสริมการเกษตร, สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร. 2528. การปลูกหอมหัวใหญ่. เอกสารแนะนำที่ 67. สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.
- ไพโรจน์ วิริยะจารี. 2526. ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการผลิต Intermediate Moisture Food. (Advance Technology in IMF.) กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รัตน์ ดัชนีพานิชกุล. 2532. เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อักษรใหม่.
- วิชัย หฤทัยภานุสันต์. 2518. หลักการหมักและแปรรูปผักผลไม้เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริลักษณ์ สีนาวาลัย. 2525. ทฤษฎีอาหารเล่ม 1 หลักการประกอบอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ : บริษัทวรรณิการพิมพ์ จำกัด.
- ศูนย์สถิติการเกษตร. 2534. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ฉบับย่อ ปีเพาะปลูก 2533/2534. กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สมพร ภูติยานันท์. 2522. สมุนไพรใกล้ตัว. ตอนที่ 1 คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สมภพ จิตะสันต์. 2530. หลักการผลิตผัก. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สมยศ จรรยา. 2530. ตู้อบแห้งแบบลดความชื้น. วารสารอาหาร. 17(2) : 103 - 106.
- สิงหนาท พวงจันทน์แดง, สุจิตรา เลิศมฤกษ์ และธเนศ แก้วกำเนิด. 2533. การศึกษาการอบผักกาดหางหงส์ สัปปะรดลำปาว และสัปปะรดแก้ว. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร. 7(4) : 151 - 159.
- ชรวินท์ ไกรภักดิ์ และประสา บุญศิริกุล. 2532. อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท บี.เอฟ.ไอ.

- Brooker, D.B., Baker, A. Fred, W. and Hall, C.W. 1974. Drying Cereal Grain. 2nd Ed. Westport, Connecticut : AVI Publishing Company.
- Charm, S.E. 1987. Fundamental of Food Engineering. 3rd Ed. Westport , Connecticut : AVI Publishing Company.
- Henderson, S.M. 1974. Progress in Developing the Thin - layer Drying Equation. Trans.ASAE. 17(6) : 1167 - 1168, 1172.
- Henderson, S.M. and Pabis, S. 1961. Grain Drying Theory I. Temperature Effect on Drying Coefficient. J. of Agri.Eng. Res. 6(3) : 169-174.
- Meyer, L.H. 1960. Food Chemistry. Tokyo : Charles E. Tule Company.
- Mohsenis, N.N. 1980. Physical Properties of Plant and animal Materials. New York : Gordon and Breach Science Publisher.
- Nichols, M. 1990. Growing onions and garlic for the highest yeild and Profit Agribusiness worldwide. ใน นิตยสาร. 2534. เคหการเกษตร. 15 (2) : 145 - 149.
- Overhults, D.G., white, G.M., Hamilton, H.E. and Ross, I.J. 1973. Drying Soybean with Heated Air. Trans.of ASAE. 16(1) : 112 -113.
- Pages, G. 1949. As cited by Wang, C.R. and Singh, R.P. 1978. Single Layer Drying Equation for Rough Rice. ASAE Paper No. 78 - 3001.
- Phoungchandang, S. 1986.Development of Small Scale Processing for Green Pea. Bangkok : Master Degree Thesis. Asian Institute of Technology.
- Ranganna, S. 1978. Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products. New Delhi. Tata Mc Graw - Hill. Co. Ltd.

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงปริมาณความชื้นและอัตราส่วนความชื้นของหอมหัวใหญ่อบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ
50 องศาเซลเซียส

เวลา (ชม.)	ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ ปริมาณความชื้น (% น้ำหนักแห้ง)					ค่าเฉลี่ย	อัตราส่วน ความชื้น
	1	2	3	4	5		
0	1052.26	978.21	865.34	1026.84	1017.09	987.95	1.000
1	481.27	438.22	604.16	804.52	549.21	575.48	0.566
2	288.82	275.56	257.38	437.95	521.40	356.22	0.347
3	100.00	138.98	183.47	129.94	171.38	144.75	0.135
4	39.86	49.59	60.18	36.64	40.02	45.26	0.035
5	16.40	22.78	29.14	13.34	14.26	19.18	0.008
6	13.34	15.61	20.34	11.79	9.60	14.14	0.004
.							
.							
9	11.48	12.89	10.62	8.60	7.71	10.26	
เวลา (ชม.)	แช่ใน KMS, ปริมาณความชื้น (% น้ำหนักแห้ง)					ค่าเฉลี่ย	อัตราส่วน ความชื้น
	1	2	3	4	5		
0	1199.38	1000.72	1180.66	935.28	1187.78	1100.76	1.000
1	499.82	507.08	581.54	624.97	658.04	574.29	0.517
2	273.00	367.60	314.19	333.79	492.72	356.41	0.318
3	197.02	121.70	130.44	125.56	106.36	136.22	0.116
4	22.22	49.01	53.18	81.64	18.85	44.98	0.032
5	12.22	15.14	24.41	17.18	14.18	16.63	0.006
6	11.24	13.15	11.36	12.43	10.52	11.74	0.002
.							
.							
9	9.48	10.84	9.82	9.52	9.31	9.79	

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

เวลา (ชม.)	เซในกรดแอสคอร์บิก,		ปริมาณความชื้น (%น้ำหนักแห้ง)			ค่าเฉลี่ย	อัตราส่วน ความชื้น
	1	2	3	4	5		
0	1136.94	1167.58	1170.76	1121.23	1109.58	1141.22	1.000
1	424.18	721.12	633.52	726.72	585.25	618.16	0.538
2	366.68	244.10	295.68	284.23	355.58	309.25	0.265
3	146.06	123.74	43.22	122.86	153.61	117.90	0.096
4	17.30	14.46	25.78	45.27	18.36	24.23	0.014
5	10.34	10.15	13.60	12.32	16.43	12.57	0.003
6	9.64	9.28	11.28	12.02	9.41	10.33	0.001
.							
.							
9	9.31	8.28	9.38	8.85	8.01	8.77	

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงปริมาณความชื้นและอัตราส่วนความชื้นของหอมหัวใหญ่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เวลา (ชม.)	ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ ปริมาณความชื้น (%น้ำหนักแห้ง)					ค่าเฉลี่ย	อัตราส่วน ความชื้น
	1	2	3	4	5		
0	1015.60	1136.90	1175.00	1270.67	1332.45	1186.12	1.000
1	618.91	716.58	454.14	527.87	600.46	583.59	0.489
2	262.88	289.67	324.96	177.36	167.85	244.54	0.201
3	53.67	131.62	63.44	74.58	72.67	79.20	0.061
4	11.65	16.62	17.78	35.88	8.21	18.03	0.009
5	9.97	8.30	8.36	6.77	7.51	8.18	0.001
.							
.							
8	8.64	7.35	7.54	6.61	6.54	7.34	
เวลา (ชม.)	แช่ใน KMS, ปริมาณความชื้น (%น้ำหนักแห้ง)					ค่าเฉลี่ย	อัตราส่วน ความชื้น
	1	2	3	4	5		
0	1366.74	1498.97	1540.00	1295.50	1256.76	1391.59	1.000
1	944.55	813.86	820.24	865.22	816.62	852.10	0.610
2	565.36	398.22	465.86	300.39	341.77	414.32	0.294
3	141.54	73.59	82.99	172.94	222.10	138.63	0.095
4	14.55	21.48	11.25	59.49	49.42	31.24	0.017
5	10.81	11.74	8.57	7.89	8.16	9.43	0.001
.							
.							
8	8.68	7.90	6.37	7.22	7.52	7.54	

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

เวลา (ชม.)	แช่ในกรดแอสคอร์บิก, ปริมาณความชื้น (%น้ำหนักแห้ง)					ค่าเฉลี่ย	อัตราส่วน ความชื้น
	1	2	3	4	5		
0	1251.34	1260.08	1063.24	1170.56	1208.75	1190.79	1.000
1	888.08	698.69	654.46	731.30	840.98	762.70	0.638
2	338.90	339.16	385.53	306.27	238.89	321.75	0.266
3	63.35	51.85	76.59	113.50	139.27	88.91	0.069
4	31.12	13.94	12.48	17.77	18.79	18.86	0.010
5	9.74	8.03	10.76	7.34	7.00	8.57	0.001
.							
.							
8	8.01	7.77	7.76	6.41	6.24	7.24	

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
คณะธุรกิจการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้
ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย
จังหวัดเชียงใหม่ 50290