

การศึกษาชอร์ปชันไอโซเทอร์มและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของลำไยผงอัดก้อน

A study of sorption isotherm and quality changes during storage of powdered longan cube

Supak Kruangam and Pilairuk Intipunya *

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาลักษณะชอร์ปชันไอโซเทอร์มและการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของลำไยผงอัดก้อน ลำไยผงผลิตโดยใช้สัดส่วนน้ำลำไยเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ ต่อเนื้อลำไย เท่ากับ 1:1 และเติมน้ำตาลทรายในปริมาณร้อยละ 30 ของส่วนผสมน้ำลำไยเข้มข้นและเนื้อลำไย นำส่วนผสมไปเคี่ยวจนหนืดและแข็งตัวเมื่อทำให้เย็น นำไปบดเป็นผง นำลำไยผงมาอัดก้อนด้วยเครื่องไฮดรอลิก โดยใช้แรงอัด 1.5 ตัน นำลำไยผงอัดก้อนไปศึกษาลักษณะชอร์ปชันไอโซเทอร์ม โดยเก็บตัวอย่างลำไยผงอัดก้อนที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกัน 7 ระดับ (ร้อยละ 11-75) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าลักษณะชอร์ปชันไอโซเทอร์มของลำไยผงอัดก้อนเป็นแบบแอตชอร์ปชันไอโซเทอร์มค่าความชื้นในลำไยผงอัดก้อนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นในระบบเพิ่มขึ้น และพบว่าลำไยผงอัดก้อนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อการดูดความชื้นจากบรรยากาศลำไยผงอัดก้อนมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพอย่างชัดเจนระหว่างการเก็บรักษา ลำไยผงอัดก้อนที่เก็บรักษาที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 43 มีสีเข้มขึ้นอย่างชัดเจน และที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 52 ขึ้นไป จะมีลักษณะเป็นเจลเหนียวโดยรอบเปื่อยยุ่ย มีสีเข้มขึ้น เมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นลำไยผงอัดก้อนจะเกิดการพองตัวเกิดเป็นชั้นของเหลวที่บริเวณผิวโดยรอบ ลำไยผงอัดก้อนมีค่าสี L^* ลดลงที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น ค่าสี L^* เริ่มลดลงที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 22 และลดลงอย่างรวดเร็วที่ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 32 สำหรับค่า a^* มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 22 โดยค่าที่เพิ่มขึ้นแสดงว่าค่าสีแดงเพิ่มขึ้นและค่า b^* มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 22 เช่นกัน ลำไยผงอัดก้อนมีปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 3.36 ± 0.41 เป็นร้อยละ 4.51 ± 0.42 และมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเพิ่มขึ้นจาก 0.26 ± 0.02 เป็น 0.42 ± 0.05 ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ส่วนค่าความสามารถในการละลายมีค่าลดลงตลอดการเก็บรักษา มีค่าร้อยละ 85.5 ± 0.47 ลดลงเหลือร้อยละ 75.12 ± 0.34 ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาลำไยผงอัดก้อนโดยใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีสภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำต่ำ และควรเก็บรักษาลำไยผงอัดก้อนที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างร้อยละ 32-43 เพราะถ้าเก็บรักษาที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเกินไปจะทำให้ลำไยผงอัดก้อนมีลักษณะแห้งเกินไป ทำให้ร่วนและยุ่ยง่าย และหากเก็บรักษาที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงจะทำให้ลำไยผงอัดก้อนมีลักษณะเหนียวเพราะลำไยผงอัดก้อนไวต่อความชื้น

คำสำคัญ: ชอร์ปชันไอโซเทอร์ม, กลาสทรานซิชั่น, ลำไยผงอัดก้อน, การเก็บรักษา

Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100, Thailand

* Corresponding author. Tel./fax: +66 5394 8246 Mobile: +668 9561 3596

E-mail: pilairuk@chiangmai.ac.th

Abstract

This research studied the sorption isotherm and quality changes during storage of powdered longan cube. Longan powder was produced using 40°Brix concentrated longan juice and longan flesh at ratio of 1:1. Sugar was added at 30% w/w of the total weight of the concentrated longan juice and flesh. The obtained solution was evaporated with continuous stirring to become a thick viscous paste and become glassy when cooled. The longan glass was grinded into powder. The longan powder was formed into a cube using a hydraulic press at 1.5 tons of pressure. The longan cubes were subjected to sorption isotherm study by keeping the samples at 7 relative humidity conditions (11-75%). Quality changes during 12 weeks storage were investigated. The sorption isotherm of the sample was adsorption isotherm. Moisture content of the sample increased as the relative humidity increased. It was also found that the longan cube was sensitive to adsorption of water from the environment. There were significant quality changes during storage. The sample stored at 43% relative humidity had darker colour. At 52% relative humidity and above, the samples became gel-like and had darker colour. As the storage relative humidity increased, the longan cube expanded and was covered with liquid film on the surface. L^* value decreased as the relative humidity increased. Rapid decreases in L^* value was found at relative humidity above 32%. The a^* and b^* values significantly increased at the relative humidity above 22%. Increase in a^* value significantly increased in redness of the sample. Moisture content and water activity of the longan cube significantly increased during storage. The moisture content increased from 3.36 ± 0.41 to $4.51 \pm 0.42\%$, and water activity increased from 0.260 ± 0.02 to 0.420 ± 0.05 during storage. Solubility of the sample reduced throughout the storage time from 85.5 ± 0.47 to $75.12 \pm 0.34\%$. Therefore, the longan cube should be packed in a low moisture permeable packaging and stored at relative humidity of 32-43%.

Keywords: Sorption isotherm, glass transition, powdered longan cube, storage

1. บทนำ

ลำไยเป็นผลไม้เศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งของจังหวัดในภาคเหนือโดยเฉพาะลำพูน เชียงใหม่ เชียงราย และลำปาง เป็นสินค้าที่รัฐบาลจัดให้อยู่ในกลุ่มสินค้าเพื่อการส่งออก ประเทศไทยมีผลผลิตจากลำไยในแต่ละปีเป็นปริมาณมาก มักมีปัญหาราคาตกต่ำ และสูญเสียผลผลิตลำไยสดปริมาณมาก เนื่องจากการเน่าเสีย จึงมีการแปรรูปลำไย เพื่อลดปริมาณการสูญเสียและให้ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายมากขึ้น มีการขยายช่องทางการจำหน่าย และช่วยรักษาระดับราคาของผลผลิตลำไยสด เนื่องจากในประเทศเมืองหนาว นิยมบริโภคน้ำลำไยในลักษณะร้อน ดังนั้นหากมีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาลำไยผงในรูปแบบพร้อมชงได้

การแปรรูปลำไยผง ณ ปัจจุบันใช้วิธีการทำแห้ง เช่น การอบแห้งแบบพ่นฝอยซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีกลิ่นคงเหลืออยู่น้อยกว่าร้อยละ 10 และคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะลดลง เนื่องจากความร้อนที่ใช้มีผลต่อผลิตภัณฑ์ (สุรินทร์ และคณะ, 2541) และการอบแห้งแบบโฟม-แมทเป็นอีกวิธีที่มีขั้นตอนและการแปรรูปที่ซับซ้อน จึงทำให้ยังไม่เกิดการผลิตโดยวิธีนี้ในระดับอุตสาหกรรม (ชนันท์, 2545) ลำไยผงที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ผลิตโดยการเคี่ยวน้ำลำไยให้เข้มข้น และเติมน้ำตาลทรายในปริมาณมาก ทำให้มี

ข้อจำกัดต่อกลุ่มผู้บริโภคที่สนใจอาหารเพื่อสุขภาพหรือกลุ่มผู้เป็นโรคเบาหวาน จึงได้มีการผลิตน้ำลำไยผงที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำ และนำไปอัดเป็นก้อนเพื่อเพิ่มความสะดวกในการบรรจุ เก็บรักษา และบริโภค อย่างไรก็ตามอาหารผงที่มีองค์ประกอบของน้ำตาล โดยเฉพาะกรณีของน้ำลำไยผงมักจะมีปัญหาด้านการเหนียว การเกาะติดกัน หรือการละลายระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากน้ำลำไยผงมีความสามารถในการดูดซับความชื้นจากบรรยากาศได้ดี ส่งผลต่อการเสื่อมเสียคุณภาพด้านอื่นๆ ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาพฤติกรรมการดูดซับความชื้นของลำไยผงอัดก้อนและผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีและกายภาพในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อนำผลการทดลองที่ได้ไปประยุกต์ในการเลือกบรรจุภัณฑ์ และควบคุมการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1. การศึกษาซอร์ปชันไอโซเทอร์มของลำไยผงอัดก้อน

ลำไยผงอัดก้อนผลิตโดยกรรมวิธีดังนี้ นำเนื้อลำไยสดบดละเอียดไปสกัดแยกน้ำลำไยและกากเนื้อลำไย นำน้ำลำไยไประเหยโดยวิธีการต้มปกติโดยใช้ไฟอ่อนจนมีความเข้มข้น 40 องศาบริกซ์นำน้ำลำไยเข้มข้นและกากเนื้อลำไยในสัดส่วน 1:1 ผสมกับน้ำตาลทรายปริมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนักทั้งหมดของน้ำลำไยเข้มข้นและเนื้อลำไย ไปเคี่ยวเพื่อระเหยน้ำออก ที่อุณหภูมิ 75 ± 5 องศาเซลเซียส จนน้ำลำไยเข้มข้นมีลักษณะข้นหนืดและเปลี่ยนสภาพเป็นลักษณะแข็งคล้ายแก้ว (กลาส) ถือเป็นจุดยุติจึงหยุดเคี่ยว นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อนเพื่อไล่ความชื้น เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาบดให้มีขนาดเล็กลงด้วยเครื่อง Hammer mill ผ่านตะแกรงซึ่งมีช่องเปิดขนาด 0.5 มิลลิเมตร ได้เป็นลำไยผงนำลำไยผงที่ได้ไปอัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมด้วยเครื่องไฮดรอลิกโดยวิธีการตอกอัดโดยตรงและใช้แรงอัด 1.5 ตัน ศึกษาลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์มของลำไยผงอัดก้อนโดยเก็บตัวอย่างที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกัน 7 ระดับ (ร้อยละ 11-75) ด้วยวิธี gravimetric method (Boonyai, 2005) จนตัวอย่างเข้าสู่สภาวะสมดุลเป็นเวลาไม่เกิน 3 สัปดาห์ ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับต่างๆ นั้นถูกควบคุมโดยการใช้สารละลายเกลืออิ่มตัวดังนี้ LiCl , CH_3COOK , MgCl_2 , K_2CO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, KI และ NaCl ที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 3 องศาเซลเซียส) จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของลำไยผงอัดก้อนสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี ซึ่งเท่ากับค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สภาวะสมดุลหารด้วย 100 ได้ลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์มของลำไยผงอัดก้อน

2.2. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของลำไยผงอัดก้อน

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา โดยนำลำไยผงอัดก้อนบรรจุในถุงพลาสติกเคลือบอะลูมิเนียมฟอยล์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงร้อยละ 60-70) เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างทุกๆ 1 สัปดาห์ เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีโดยใช้เครื่อง Color Quest II Colorimeter (Chroma Meter CR 300, Minolta, Japan) และความสามารถในการละลาย (Shittu and Lawal, 2007) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (AOAC, 2000) และปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

2.3.การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

3.1.ลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์มของลำไยผงดกก่อน

เมื่อสังเกตลักษณะภายนอกแล้วพบว่าลำไยผงดกก่อนเก็บรักษาที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 43 เริ่มมีสีเข้มชัดเจนขึ้น และที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 52 ขึ้นไป ลำไยผงดกก่อนจะมีลักษณะเป็นเจลนิ่มโดยรอบ เปื่อยยุ่ย มีสีเข้มขึ้น เมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นลำไยผงดกก่อนจะเกิดการพองตัว เกิดเป็นชั้นของเหลวที่บริเวณผิวโดยรอบ ความสามารถในการดูดซับน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดชั้นของเหลว (Sasa et al., 2006) เนื่องจากองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ชนิดหลัก คือ น้ำตาลจะดูดซับโมเลกุลของน้ำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดชั้นของเหลวที่ผิวเมื่ออยู่ในสภาวะความชื้นสูง (Mollan and Celik, 1995) นอกจากนี้ลำไยเข้มข้นยังมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ ซึ่งอาจมีผลต่อพฤติกรรมการดูดซับความชื้นของลำไยผงดกก่อนด้วย โดยลำไยเข้มข้นมีค่า L^* ต่ำ เนื่องจากลำไยเข้มข้นได้ผ่านการต้มเพื่อปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ซึ่งจะส่งผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ลำไยผงดกก่อนที่ได้ด้วย สูตรที่มีส่วนผสมของน้ำลำไยเข้มข้นมากก็จะทำให้ลำไยผงดกก่อนที่ได้มีสีน้ำตาลเข้ม และสูตรที่มีการเติมน้ำลำไยเข้าไปออกโทสนีเหลือง ลำไยเป็นผลไม้ที่มีรสหวานมากจึงส่งผลให้น้ำลำไยเข้มข้นที่ได้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงคือมีค่าเท่ากับ 12.25 กรัม/100 กรัม

ลักษณะของซอร์ปชันไอโซเทอร์มของลำไยผงดกก่อนแสดงดัง Fig.1 ลักษณะของเส้นกราฟของค่าความชื้นในลำไยผงดกก่อนมีความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์ลำไยผงดกก่อนมีความสามารถในการดูดความชื้นได้มาก เส้นกราฟแอดซอร์ปชันไอโซเทอร์มมีความชันมาก แสดงว่าลำไยผงดกก่อนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่เพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะแอดซอร์ปชันไอโซเทอร์มดังกล่าวเป็นสมบัติของอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูง ดังนั้นอาหารที่ไวต่อการดูดความชื้นเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจะทำให้ปริมาณความชื้นในอาหารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (นิธิยา, 2549) สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Chayjan and Esna-Ashari (2011) ซึ่งศึกษาซอร์ปชันไอโซเทอร์มขององุ่นโดยพบว่าที่ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีสูงกว่า 0.50 ปริมาณความชื้นสมดุลขององุ่นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอีกทั้งจากรายงานการวิจัยของ Yan et al. (2007) ซึ่งได้ศึกษาซอร์ปชันไอโซเทอร์มของกล้วยผงบพบว่าปริมาณความชื้นสมดุลของกล้วยผงบจะเพิ่มขึ้น เมื่อระดับค่าวอเตอร์แอกทิวิตีสูงขึ้นที่ระดับ 0.58 ลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์มประเภทนี้จะเกิดกับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งจัดเป็นซอร์ปชันไอโซเทอร์มประเภทที่ 3 เมื่อจำแนกตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นสมดุลของอาหารที่อุณหภูมิเดียวกัน (Brunauer et al., 1938; Rahman, 1995) เนื่องจากสมบัติเฉพาะตัวของเนื้อลำไยที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูงจึงสามารถดูดซับความชื้นได้มากขึ้น เช่นเดียวกับผลการวิจัยของ Myhara and Sablani (2001) ซึ่งพบว่าลูกเกดมีน้ำตาลกลูโคส

เป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก ซึ่งมีปริมาณความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

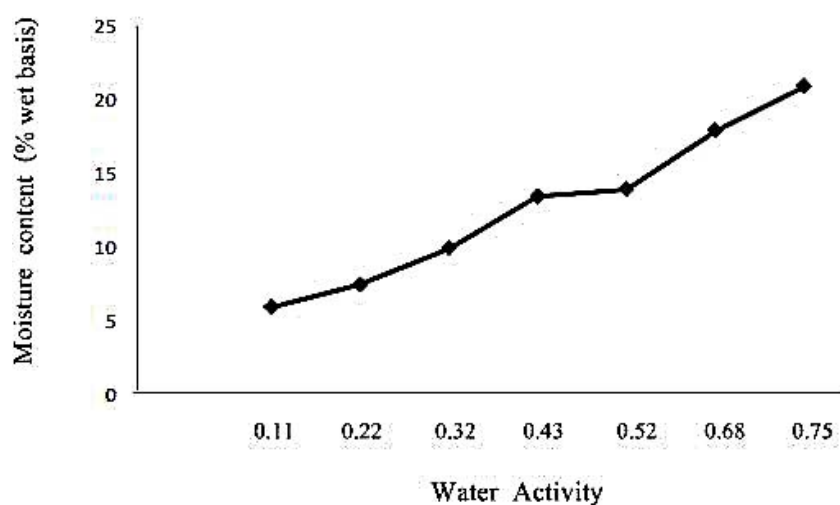


Figure 1. Sorption isotherm of powdered longan cube

Table 1 Sorption isotherm and colour characteristics of powdered longan cube

a_w	Relative humidity (%)	L^*	a^*	b^*	Moisture content (%)
0.110	11.0	71.57±1.24 ^a	4.26±1.13 ^b	21.42±0.45 ^d	4.32±0.14 ^g
0.220	22.0	71.38±1.21 ^a	4.39±1.12 ^b	21.69±1.14 ^d	6.10±0.10 ^f
0.320	32.0	71.12±1.23 ^a	4.64±0.45 ^b	22.02±0.65 ^c	7.85±0.08 ^e
0.430	43.0	70.86±0.79 ^b	4.82±0.76 ^b	22.36±0.24 ^c	9.84±0.10 ^d
0.520	52.0	70.51±1.24 ^b	4.96±1.24 ^b	22.84±1.26 ^c	12.39±0.03 ^c
0.680	68.0	62.43±1.31 ^c	5.02±1.14 ^a	29.42±0.32 ^b	17.25±0.05 ^b
0.750	75.0	61.42±0.74 ^d	5.23±0.74 ^a	30.13±0.41 ^a	20.12±0.09 ^a

Note : Different superscripts in each column represent significant differences between the mean values at 95% confidential level ($p \leq 0.05$).

ระดับความชื้นสัมพัทธ์ของการเก็บรักษามีผลต่อสีของลำไยผงอัดก้อน โดยค่าสี L^* ลดลงเมื่อระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น ค่าสี L^* ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 32 สำหรับค่าสี a^* เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 52 โดยค่าที่เพิ่มขึ้นแสดงว่าค่าสีแดงเพิ่มขึ้น และค่าสี b^* เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 22 การที่ลำไยผงอัดก้อนมีสีเหลืองเข้มขึ้นเรื่อยๆ ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น เนื่องจากลำไยประกอบด้วยน้ำตาล 3 ชนิด ได้แก่ กลูโคส ฟรุคโทส และซูโครส เมื่อได้รับความร้อนจะทำให้โมเลกุลของน้ำแยกออกและเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของสารประกอบคาร์บอน ได้เป็นสารสีน้ำตาลแดงเรียกปฏิกิริยานี้ว่า คาราเมลไรเซชัน ซึ่งอัตราเร็ว

ของการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในอาหารที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบจะมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น 5-10 เท่า (นิธิยา, 2549) นอกจากนั้นยังอาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอนิลในน้ำตาลรีดิวซ์กับเอมิโนอิสระที่มีอยู่ในเนื้อลำไยที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Fennema, 1976) โดยปฏิกิริยานี้จะไม่เกิดขึ้นเมื่อค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของอาหารมีค่าต่ำกว่า 0.25 แต่จะเริ่มสูงขึ้นเมื่อค่าวอเตอร์แอคทิวิตีมีค่าอยู่ในช่วง 0.3-0.4 และจะเกิดอย่างรวดเร็วและถึงจุดสูงสุดเมื่อค่าวอเตอร์แอคทิวิตีมีค่าเท่ากับ 0.8 เพราะความชื้นที่เพิ่มมากขึ้นช่วยให้ซับสเตรตเคลื่อนย้ายได้ง่าย (นิธิยา, 2549)

3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของลำไยผงอัดก้อน

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของลำไยผงอัดก้อนมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 3.36 ± 0.41 เป็นร้อยละ 4.51 ± 0.42 (wet basis) ดัง Fig. 2 และมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเพิ่มขึ้นจาก 0.26 ± 0.02 เป็น 0.42 ± 0.05 (Fig. 3) ลำไยผงอัดก้อนมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีมีค่าต่ำกว่า 0.5 และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของลำไยผง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งมีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำที่อยู่ในอากาศได้ดี (นางสุดา, 2545) จึงทำให้ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของผลิตภัณฑ์ลำไยผงอัดก้อนที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ โดยค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษานั้น อาจเกิดจากการถ่ายเทความชื้นระหว่างผลิตภัณฑ์และบรรยากาศภายในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งสอดคล้องกับการเก็บรักษานมอัดเม็ดเสริมโปรตีนของมยุรฉัตร (2550) ซึ่งเก็บรักษาตัวอย่างในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิห้องพบว่ามีค่าความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.31 เป็นร้อยละ 2.79 (wet basis) และค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเพิ่มขึ้นจาก 0.22 เป็น 0.32

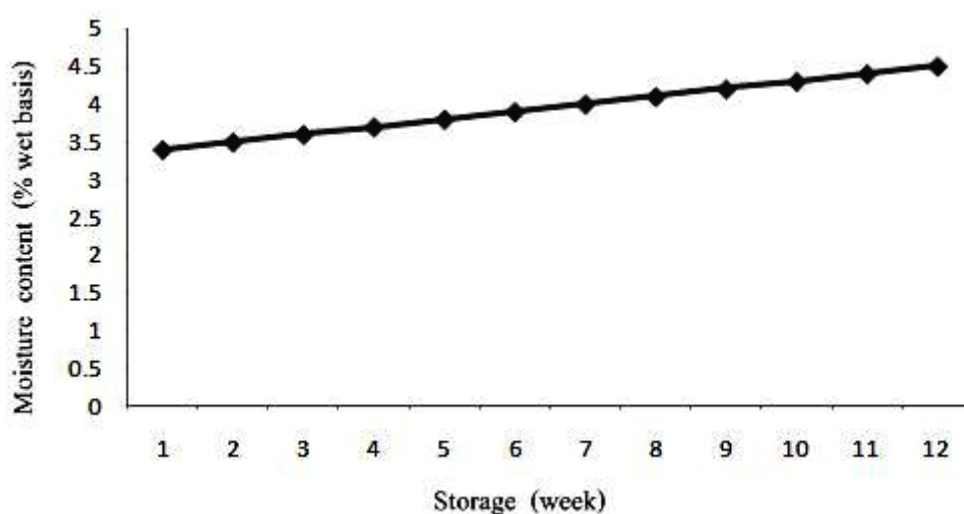


Figure 2. Moisture content of powdered longan cube during storage

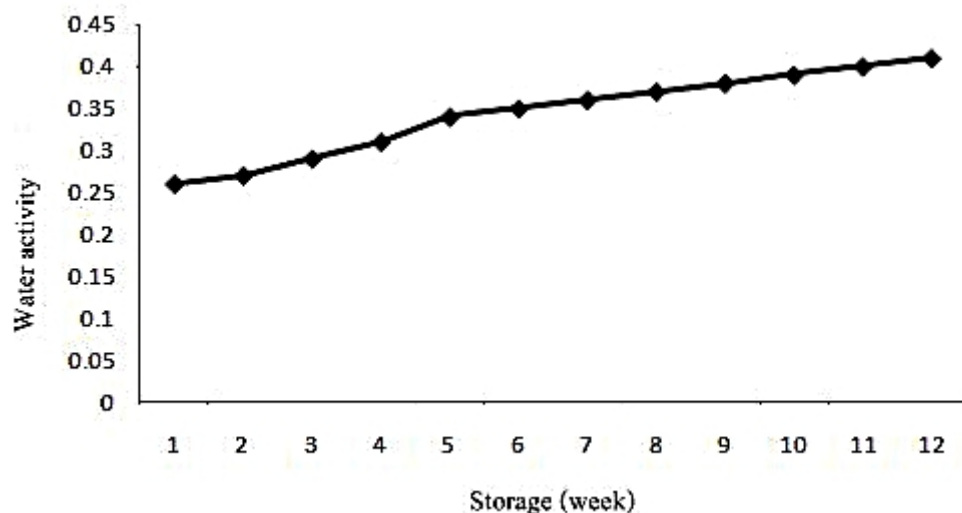


Figure 3. Water activity of powdered longan cube during storage

ส่วนค่าความสามารถในการละลายมีค่าลดลงตลอดการเก็บรักษา มีค่าร้อยละ 85.5 ± 0.47 ลดลงเหลือร้อยละ 75.12 ± 0.34 (Fig. 4) ปฏิกริยาที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลหรือปฏิกริยาเมลลาร์ด ซึ่งเกิดระหว่างหมู่คาร์บอนิลในน้ำตาลรีดิวซ์กับเอมิโนอิสระที่มีอยู่ในเนื้อลำไยทำให้เกิดสารประกอบที่ละลายน้ำ จึงทำให้ลำไยผงอัดก้อนมีค่าการละลายลดลงด้วย (Fennema, 1976) ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาลำไยผงอัดก้อนโดยใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำต่ำ และควรเก็บรักษาลำไยผงอัดก้อนที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 32-43 เพราะถ้าเก็บรักษาที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเกินไปจะทำให้ลำไยผงอัดก้อนมีลักษณะแห้งเกินไป ทำให้ร่วนและยุ่ยง่าย และหากเก็บรักษาที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงจะทำให้ลำไยผงอัดก้อนมีลักษณะเหนียวเพราะลำไยผงอัดก้อนไวต่อความชื้น

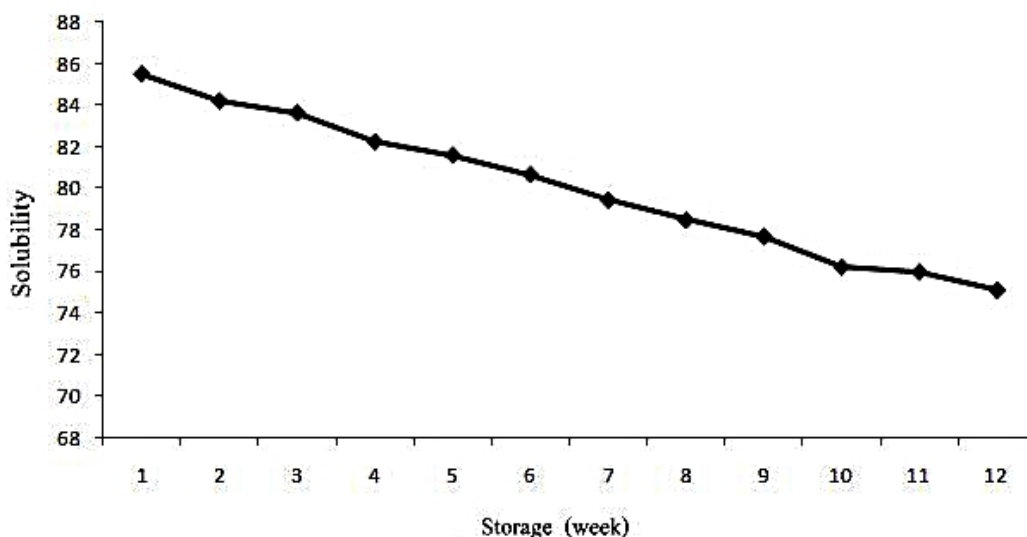


Figure 4. Solubility of powdered longan cube during storage

Fig.5-7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าสีของลำไยผงอัดก้อนตลอดการเก็บรักษา เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าลำไยผงอัดก้อนมีค่าสี L^* และ b^* มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ค่าสี a^* มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทำให้ลำไยผงอัดก้อนมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นเรื่อยๆ อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในลำไยผงอัดก้อน ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา ได้แก่ ความชื้น ค่าออกซิเจนอิสระและอุณหภูมิ (Miao and Roos, 2006) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cano-Chauca (2002) พบว่า กล้วยผงมีค่าความสว่าง L^* มีค่าลดลงและค่าสี a^* มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตลอดการเก็บรักษา เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงจะเร่งอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไมซ์เอนไซม์เพิ่มขึ้นและจากการศึกษาการผลิตน้ำลำไยผงโดยวิธีการอบแห้งแบบโฟม-เมท พบว่า ลำไยผงมีค่าความสว่าง L^* ลดลงและค่าสี a^* มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตลอดการเก็บรักษา (ชนันท์, 2545)

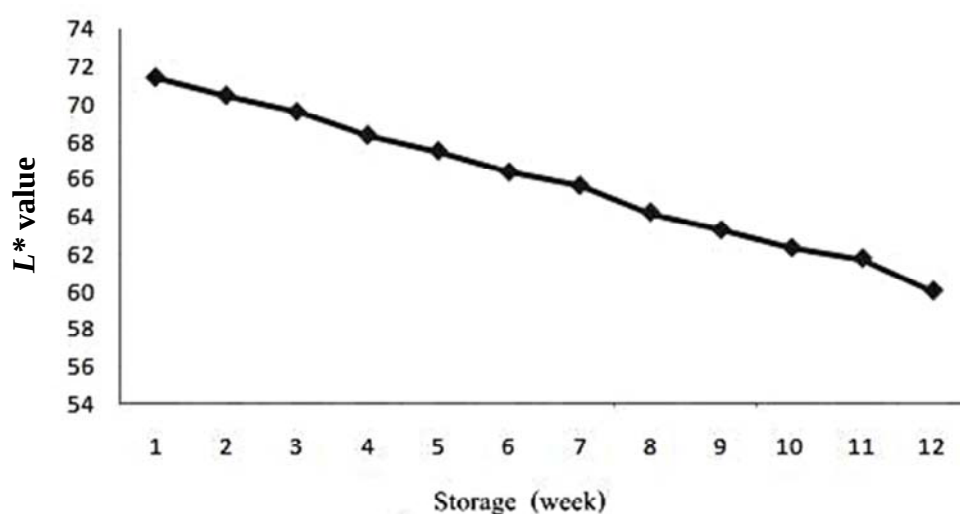


Figure 5. L^* value of powdered longan cube during storage.

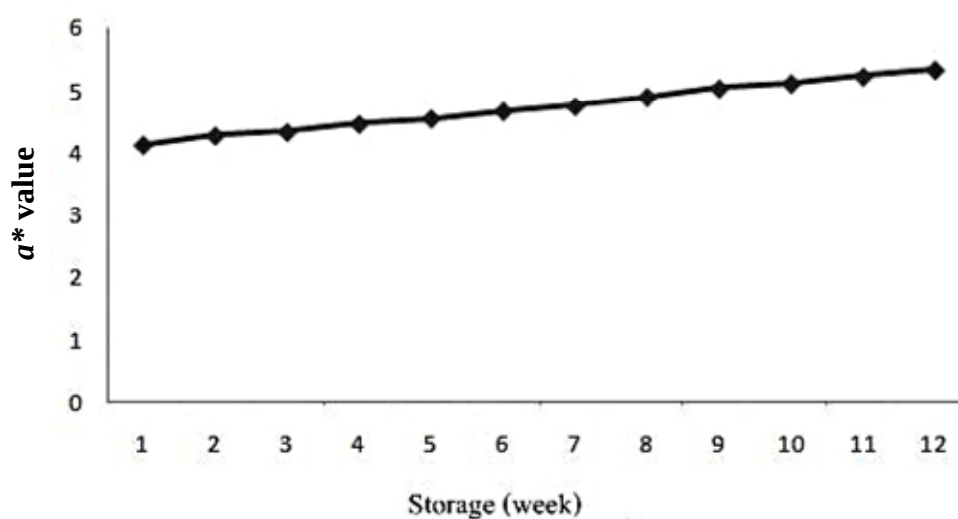


Figure 6. a^* value of powdered longan cube during storage

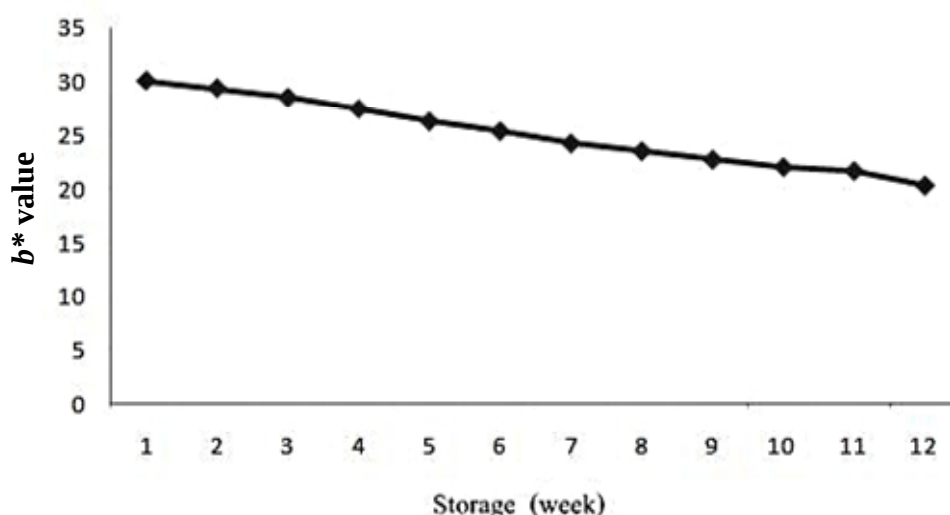


Figure 7. b^* value of powdered longan cube during storage

4. สรุป

ลักษณะของซอร์ปชันไอโซเทอร์มของลำไยผงอัดก้อนมีความสามารถในการดูดความชื้นได้มาก เส้นกราฟแอต-ซอร์ปชันไอโซเทอร์มมีความชันมาก แสดงว่าลำไยผงอัดก้อนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของลำไยผงอัดก้อนระหว่างการเก็บรักษาตลอดระยะเวลา 3 เดือนลำไยผงอัดก้อนมีปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาส่วนค่าความสามารถในการละลายมีค่าลดลง ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาลำไยผงอัดก้อนโดยใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีสภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำต่ำ และควรเก็บรักษาลำไยผงอัดก้อนที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 32-43 เพราะถ้าเก็บรักษาที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเกินไปจะทำให้ลำไยผงอัดก้อนมีลักษณะแห้งเกินไป ทำให้ร่วนและยุ่ยง่าย และหากเก็บรักษาที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงจะทำให้ลำไยผงอัดก้อนมีลักษณะเหนียวเพราะลำไยผงอัดก้อนไวต่อความชื้น

เอกสารอ้างอิง

- ชนันท์ ราษฎร์นิยม. 2545. การผลิตลำไยผงโดยวิธีอบแห้งแบบโฟมแมท.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นางสุดา บุนนาค.2545. การพัฒนาถั่วแดงหลวงอัดเม็ด. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นิธิยา รัตนปณนธ์. 2549. เคมีอาหาร.ภาควิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มยุรฉัตร นาทวรทัต. 2550. การพัฒนาผลิตภัณฑ์นมอัดเม็ดเสริมโปรตีนสำหรับนักเรียนในชนบท. ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- AOAC. 2000. Official methods of analysis of AOAC international. 17th ed. The United States of America.
- Boonyai, P. 2005. Development of instrumental techniques for measurement of stickiness of solid particulate food powders. Ph.D. Thesis, The University of Queensland, Australia.
- Brunauer, S., Emmett, P. H., and Teller, E. (1938). Adsorption of gases in multimolecular layers. *Journal of the American Chemists' Society*. 60: 309–319.
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P.C., Ramos, A.M and Cal-Vidal, J. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powders obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technology*. 40: 792-1797.
- Chayjan, R. A. and Esna-Ashari, M. 2011. Effect of moisture content on thermodynamic characteristics of grape: Mathematical and artificial neural network modeling. *Czech Journal of Food Science*. 29(3): 250-259.
- Fennema, O.R. 1976. Principle of food science Part 1. Food Chemistry (pp. 347-461). Marcel Dekker, New York.
- Myhara, R.M. and Sablani, S. 2001. Water sorption isotherms and transitions in kiwifruit. *Journal of Food Engineering*. 72: 147-156.
- Miao, S. and Roos, Y.H. 2006. Isothermal study of nonenzymatic browning kinetics in spray-dried and freeze-dried systems at different relative vapor pressure environments. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 7: 182-194.
- Mollan, M.J. and Celik, M. 1995. The effect of humidity and storage time on the behavior of maltodextrins for direct compression. *International Journal of Pharmaceutical*. 114: 23-32.
- Rahman, S. 1995. Food Properties Handbook. CRC Press, New York.
- Rao M.A. and Hartel, R.W. 1998. State transitions in foods. Marcel Dekker, New York.
- Sasa, B., Odon, P., Stane, S. and Julijana, K. 2006. Analysis of surface properties of cellulose ethers and drug release from their matrix tablets. *European Journal of Pharmaceutical Science*. 27: 375-383.
- Shittu, T.A. and Lawal, M.O. 2007. Factors effecting instant of powdered cocoa beverages. *Food Chemistry*. 100: 91-98.
- Yan, Z., Sousa-Gallagher, M.J. and Oliveira, F.A.R. 2008. Sorption isotherm and moisture sorption hysteresis of intermediate moisture content banana. *Journal of Food Engineering*. 86: 342-348.