

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ฟักทองอัดเม็ด

ทิพากร คำเกิด¹ และ ชีรพร กงบังเกิด²

Abstract

Kamgoed, T., and Kongbangkerd, T.

Product development of pumpkin tablet

Songklanakarini J. Sci. Technol., 2007, 29(3) : 847-855

The development of pumpkin tablet was studied and the drying conditions of pumpkin using a double drum dryer were optimized. The study factors were drying agents (maltodextrin D.E.13-16 and tapioca flour) at different levels (3 and 5%), drying temperatures (130 and 140°C) and drum dryer speeds (4 and 5 rpm). The results showed that the optimal conditions were using 3% maltodextrin D.E.13-16, drying temperature of 130°C and drum dryer speed of 4 rpm. The moisture, fat, bulk density, reducing sugars and granulometric retention of the obtained pumpkin powder were 3.39%, 1.42%, 1.004 g/ml, 12.63% and 0.67%, respectively and L*, a* and b* values were 73.85, -0.60 and 35.23, respectively. A study of suitable amount of icing sugar using different contents for tablet production (0, 10, 20, 30 and 40%) was performed and showed that using 20% icing sugar was the most acceptable. The obtained pumpkin tablet was subjected to chemical, physical and microbiological analysis. The ash, moisture, protein, fat, fiber and carbohydrate contents were 1.87, 3.60, 3.34, 1.00, 2.26 and 87.99%, respectively. The reducing sugars and β -carotene contents were $5.44 \pm 0.61\%$ and 3.79 ± 0.57 mg/100g, respectively. The Aw, hardness and solubility were 0.56, 3.25 kgf and 25.00 %, respectively. The L*, a* and b* values were 79.85, 0.28 and 23.64, respectively. The

Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Mueang, Phitsanulok, 65000 Thailand.

¹นักศึกษาระดับปริญญาโทหลักสูตร วท.ม. สาขาอุตสาหกรรมเกษตร ²Dr. nat. techn. (Agricultural Science) รองศาสตราจารย์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Corresponding e-mail : teerapornk@nu.ac.th

รับต้นฉบับ 14 กรกฎาคม 2549

รับลงพิมพ์ 20 พฤศจิกายน 2549

total microbial count and the yeast and mould count were <10 CFU/g. The shelf life of the pumpkin tablet was at least 4 months at room temperature (35±2°C).

Key words : pumpkin tablet, maltodextrin, tapioca flour, β-carotene

บทคัดย่อ

ทิพากร คำเกิด และ ชีรพร กงบังเกิด

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ฟักทองอัดเม็ด

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2550 29(3) : 847-855

การศึกษาการผลิตฟักทองอัดเม็ด โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งฟักทองผงโดยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ ศึกษาชนิดของสารช่วยทำแห้ง 2 ชนิด คือ มอลโตเด็คซ์ตริน D.E. 13-16 และแป้งมันสำปะหลัง ปริมาณสารที่ช่วยทำแห้ง 2 ระดับคือ 3 และ 5% อุณหภูมิของลูกกลิ้ง 130 และ 140°C ความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 4 และ 5 rpm พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งฟักทองผงคือ การใช้มอลโตเด็คซ์ตริน 3% อุณหภูมิลูกกลิ้ง 130°C ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 4 rpm โดยฟักทองผงที่ได้มีค่าความชื้น ไขมัน ความหนาแน่นปรากฏ น้ำตาลรีดิวซ์ และค่า granulometric retention เท่ากับ 3.39%, 1.42%, 1.004 กรัม/มล., 12.63% และ 0.67% ตามลำดับ ค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 73.85, -0.60 และ 35.23 ตามลำดับ และการศึกษาปริมาณน้ำตาลไอซิ่งที่เหมาะสมในการผลิตฟักทองอัดเม็ด 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30% พบว่า ปริมาณน้ำตาลไอซิ่งที่เหมาะสมในการผลิตฟักทองอัดเม็ดคือ 20% เมื่อนำฟักทองอัดเม็ดสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับไปวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบทางเคมี ภายภาพ และจุลินทรีย์ พบว่า มีปริมาณเถ้า ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 1.87, 3.60, 3.34, 1.004, 2.26 และ 87.99% ตามลำดับ น้ำตาลรีดิวซ์ 5.44% เบต้า-แคโรทีน 3.79 มก./100 กรัม ค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.56 ค่าความแข็ง 3.25 kgf ค่าการละลาย 25.00% ค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 79.85, 0.28 และ 23.64 ตามลำดับ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา <10 CFU/กรัม และพบว่าสามารถเก็บรักษาได้ไม่ต่ำกว่า 4 เดือนที่อุณหภูมิห้อง (35±2°C)

ฟักทองเป็นพืชที่คนไทยส่วนใหญ่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายและนิยมปลูกทั่วทุกภูมิภาค มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด มีราคาถูก ฟักทองเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยมีสารที่สำคัญคือ เบต้า-แคโรทีน ที่ร่างกายสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ Biesalski (1996) รายงานว่าเบต้า-แคโรทีนมีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากรายงานทางการแพทย์ พบว่า ฟักทองมีฤทธิ์ป้องกันโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง ดับและไต ทั้งนี้เนื่องจากการบริโภคฟักทองสามารถกระตุ้นการหลั่งของอินซูลินในร่างกาย และช่วยเสริมสมรรถภาพของตับและไต (กรมอนามัย, 2544) เนื้อฟักทองให้รสชาติมันอมหวาน มีกลิ่นหอมเมื่อนำไปประกอบอาหาร เนื้อมีสีเหลืองนํารับประทานโดยส่วนใหญ่จะนิยมนำมาปรุงอาหารทั้งคาวหวานมากกว่าที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ปัจจุบันได้มีการนำ

ฟักทองมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย และเป็นการเพิ่มมูลค่า ซึ่งเป็นการนำฟักทองมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น และสามารถที่จะเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น เช่น การทำแป้งฟักทอง เพื่อสะดวกในการใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารต่างๆ เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่อยู่ในรูปแบบของแข็ง มีน้ำหนักเบา เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภครับประทานสะดวกโดยการอมหรือเคี้ยวให้ละลายในปาก มีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 6 เดือน มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (อัจฉรา, 2536) มีการขึ้นรูปโดยผ่านกระบวนการอัดเม็ด โดยมีลักษณะเป็นรูปทรงต่างๆ นำไปผ่านการปรุงแต่งรสด้วยน้ำตาลไอซิ่งและส่วนประกอบที่สำคัญอื่นๆ เช่น สารช่วยในการทำแห้ง ซึ่งช่วยรักษาสารให้กลั่นในกระบวนการทำแห้ง และช่วยห่อหุ้มส่วนประกอบของอาหาร ลดการดูดความชื้น

ของผลิตภัณฑ์แห้งและช่วยลดการจับตัวกันเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์ระหว่างเก็บรักษา ซึ่งสารที่มีคุณสมบัติในการเป็นสารช่วยทำแห้ง ได้แก่ มอลโตเด็คซ์ตริน เด็กซ์ตรินและนมผงขาดมันเนย ซึ่งสารเหล่านี้นอกจากจะช่วยทำแห้งแล้วยังช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งให้กับวัตถุดิบก่อนที่จะนำมาเข้าเครื่องทำแห้งอีกด้วย การนำไปอัดเป็นเม็ดด้วยเครื่องตอกเม็ดจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อแน่นเป็นเนื้อเดียวกัน ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดนอกจากจะใช้ในอุตสาหกรรมยาแล้ว ยังนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอื่นๆ เช่น ผลไม้อัดเม็ด นมอัดเม็ด หรือแม้แต่การใช้ผักต่างๆ มาอัดเม็ด โดยมีการผลิตผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากวัตถุดิบต่างๆ เช่น น้านมถั่วเหลืองอัดเม็ด (วชิรา และคณะ, 2545) กลัวยำอัดเม็ด (นครินทร์, 2546) ถั่วแดงหลวงอัดเม็ด (นงสุดา, 2545) อาหารเสริมโปรตีนชนิดอัดเม็ดจากไข่แดงและนมผง (วุฒินันท์, 2541) และผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสำเร็จรูปอัดเม็ด ได้แก่ เครื่องดื่มผสมแอลกอฮอล์อัดเม็ด (Alberto, 1970) เมล็ดกาแฟอัดเม็ด (Barani and Avanesions, 1997) เบียร์อัดเม็ด (Belz, 2001) เป็นต้น

ดังนั้นเพื่อสะดวกในการรับประทาน เพิ่มอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น เพิ่มคุณค่าทางอาหารและเป็นการเพิ่มผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดให้มีความแปลกใหม่และหลากหลายขึ้น ผู้วิจัยได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ฟักทองอัดเม็ด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตฟักทองผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ ศึกษาปริมาณน้ำตาลไอซิ่งที่เหมาะสมในการผลิตฟักทองอัดเม็ด ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และการยอมรับทางประสาทสัมผัสและศึกษาอายุการเก็บรักษาของฟักทองอัดเม็ดที่พัฒนาได้

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

ฟักทองพันธุ์ศรีเมือง ซึ่งมาจากตลาดเทศบาล 1 ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก สารช่วยในการทำแห้ง 2 ชนิดคือ แป้งมันสำปะหลัง ทรายขาวแดงดาวเทียมลูกโลก และมอลโตเด็คซ์ตริน D.E.13-16 สารช่วยในการอัดเม็ด ได้แก่ ทลคัม น้ำตาลแลคโตส แมกนีเซียมสเตียเรต น้ำตาลไอซิ่ง ทั้งหมดจำหน่ายโดยบริษัทเวชกิจเคมีภัณฑ์

อุปกรณ์

1. เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (Johnson-Millder JM-T)
2. เครื่องตอกเม็ด (หจก. จรัสชัยแมชชีนเนริง)
3. เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (Nissei Am-10)
4. เครื่องบดอาหาร (National MX-795 N)
5. ตะแกรงร่อนขนาด (100 mesh)
6. เครื่องปิดผนึกถุงด้วยความร้อน (SFM-20)
7. เครื่องวัด Aw (Novasina, Aw-CENTER 200 S/N)

วิธีการทดลอง

1. วิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของฟักทอง

โดยสุ่มฟักทอง 10 ผล ล้างทำความสะอาดส่วนนอกแล้วปอกเปลือก นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า เยื่อใย โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1990) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ น้ำตาลรีดิวซ์ (AOAC, 1990) และปริมาณ-เบต้าแคโรทีน (Reardon, 1996; Heinonen *et al.*, 1989) โดยใช้ HPLC คอลัมน์ C-18 (3 μ m, 4.6 x 150 มม.) mobile phase: 99.5% flow rate: 1.0 มล./นาที column oven: 25°C การวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ สี (Hunter Lab รุ่น DP 9000) และความแข็ง (INSTRON รุ่น 4411) โดยตัดฟักทองให้มีขนาด 2 x 1 x 1 ซม. ใช้หัววัดชนิดหัวตัดด้วยความเร็ว 100 มม./นาที ค่าที่อ่านได้เป็นค่า max load หน่วยเป็น kgf

2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำฟักทองผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่

นำฟักทองไปล้างน้ำทำความสะอาด ปอกเปลือก ควักไส้ออก หั่นเป็นชิ้น ขนาดกว้าง 6 x 9 x 2.5 ซม. นึ่งด้วยหม้อนึ่งประมาณ 10 นาที ผสมด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (รุ่น Nissei Am-10) โดยใช้เนื้อฟักทอง 500 กรัม น้ำ 300 มล. ตีปั่นด้วยความเร็ว 5,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที ทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง โดยวางแผนการทดลองแบบ 2 x 2 x 2 x 2 factorial in completely randomized design (CRD) โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

แบบลูกกลิ้ง 4 ปัจจัย ๆ ละ 2 ระดับ คือ อุณหภูมิที่ผิวลูกกลิ้ง คือ 130 และ 140°C ความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 4 และ 5 rpm ชนิดของ สารช่วยในการทำแห้ง 2 ชนิด คือ มอลโต เด็กซ์ตริน และ แป้งมันสำปะหลัง และปริมาณของสารช่วยในการทำแห้ง 2 ระดับคือ 3 และ 5% รวมทั้งหมด 16 สภาวะ

ฟักทองเมื่อผ่านการทำแห้งแบบลูกกลิ้งจะได้ฟักทองที่มีลักษณะเป็นแผ่นจากนั้นนำไปทำให้เป็นผงโดยใช้เครื่องบดอาหาร นำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และทดสอบทางด้านคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ สี ความหนาแน่น ปริมาตร (Al-Kahtani and Hassan, 1990) โดยนำฟักทอง ผง 20 กรัม เทลงในกระบอกตวงขนาด 50 มล. ซึ่งยึดติดกับเครื่องสั่นบน sieve shaker ที่สั่นด้วยความเร็ว 100 รอบ/นาที่ เป็นเวลา 5 นาที บันทึกปริมาตรของผงหลังจากการสั่นแล้วคำนวณค่าความหนาแน่นปรากฏของฟักทองซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราส่วนของน้ำหนักฟักทองต่อปริมาตรของฟักทองที่ปรากฏหลังจากการสั่น และการไหลโดยสะดวก (Cal-Vidal *et al.*, 1985) โดยการวัดค่า Granulometric retention ของฟักทองผง โดยนำฟักทองผง 100 กรัม มาร่อนในตะแกรงที่มีขนาดรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มม. แล้ววัดส่วนที่ค้างเหลือบนตะแกรงเทียบกับปริมาตรของฟักทองทั้งหมดที่นำมาร่อน โดยคิดเป็นร้อยละ และคุณภาพทางเคมี โดยวิเคราะห์ความชื้น ไขมันและน้ำตาลรีดิวซ์ เพื่อเปรียบเทียบและเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการทำแห้ง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อเลือกสภาวะการทำแห้งที่ดีที่สุด

3. การศึกษาปริมาณน้ำตาลไอซิ่งที่เหมาะสมในการผลิตฟักทองอัดเม็ด

โดยนำฟักทองผงไปตอกเม็ดด้วยเครื่องตอกเม็ด มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.8 ซม. หนา 0.2 ซม. มีความแข็งอยู่ระหว่าง 1.50-3.0 kgf โดยมีสูตรพื้นฐานคือ ฟักทอง ผง 100 กรัม น้ำตาลแลกโตส 70 กรัม แมกนีเซียมสเตียเรต 1 กรัม และทัลคัม 5 กรัม โดยศึกษาปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30% (w/w) นำฟักทองอัดเม็ดทั้ง 4 สูตรไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของ

ผู้บริโภคแบบ 9 Point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน ที่เป็นนิสิตระดับปริญญาตรีและโทที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว โดยทำการประเมินคุณภาพต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความหวาน ความแข็ง การละลายในปาก และความชอบโดยรวม นำสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับไปทดสอบคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต น้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาตรเบต้า-แคโรทีน และค่าวอเตอร์แอกติวิตี โดยใช้เครื่องวัด Aw (รุ่น Aw-CENTER) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ สี ความแข็ง และการละลาย (Anderson *et al.*, 1985) โดยการวัดดัชนีการละลายน้ำ นำตัวอย่างฟักทองผง 2.5 กรัม ใส่ลงในหลอดเซ็นทรีฟิวจ์ เติมน้ำกลั่น 30 มล. ผสมให้เข้ากัน คนด้วยแท่งแก้วทุก 5 นาที เป็นเวลา 30 นาที นำแท่งแก้วออกพร้อมกับล้างส่วนที่ติดกับแท่งแก้วลงในหลอดเซ็นทรีฟิวจ์ โดยใช้น้ำกลั่น 5 มล. นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 3000Xg เป็นเวลา 10 นาที เทส่วนใสลงในถ้วยวัดความชื้นที่ทราบน้ำหนัก นำไปอบจนแห้งแล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณหาอัตราส่วนการละลาย น้ำจากอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้งโดยคิดเป็นร้อยละ และการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 1990)

4. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ฟักทองอัดเม็ด

นำฟักทองอัดเม็ดสูตรที่ได้รับการคัดเลือกมาศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ไม่ลามิเนตขนาด 10x10 ซม. ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกด้วยความร้อนโดยใส่อากาศออกให้เหลือน้อยที่สุด บรรจุถุงละ 20 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 35±2.0°C และทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ทุกเดือน โดยวิเคราะห์ความชื้น วอเตอร์แอกติวิตี ความแข็ง สี และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองชั่งน้ำหนักวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

ผลและวิจารณ์ผล

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของผักทองที่ใช้ในการศึกษา

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของผักทองพันธุ์ศรีเมือง ผลการวิเคราะห์แสดงใน Table 1 พบว่า ผักทองสดที่ใช้ในการวิจัยมีปริมาณเถ้า ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 0.62, 85.45, 1.53, 0.25, 0.9 และ 11.25% ตามลำดับ ผลดังกล่าวใกล้เคียงกับองค์ประกอบของผักทองซึ่งวิเคราะห์โดยกองโภชนาการ กรมอนามัย (2530) ที่รายงานว่าผักทองมีปริมาณเถ้าความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต 0.52, 85.20, 1.63, 0.2, 0.8 และ 12.5% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 2.41% และเบต้า-แคโรทีน 3.41 มก./100 กรัม ขณะที่ Veljkovic (1992) รายงานว่าในผักทองมีเบต้า-แคโรทีนประมาณ 1.19-3.49 มก./100 กรัม ของผักทองสด ทางด้านความแข็งของผักทองที่ใช้ในการวิจัยพบว่ามีค่าเฉลี่ย 6.89 kgf คุณภาพด้านสีของเนื้อผักทองพบว่ามีค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 65.83, 2.23 และ 36.47 ตามลำดับ โดยเนื้อผักทองจะมีสีเหลืองออกแดง

2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผักทอง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผักทอง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ ได้ผลการทดลองดัง Table 2 และ 3 โดยเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 16 ตัวอย่าง พบว่าสภาวะที่

เหมาะสมในการทำแห้งผักทอง คือ ตัวอย่าง A ซึ่งสภาวะที่ใช้ในการทำแห้ง คือ การใช้หมอลโตเด็กซ์ตริน 3% อุณหภูมิ ลูกกลิ้ง 130°C และความเร็วรอบ 4 rpm โดยพบว่า มีปริมาณความชื้นต่ำ มีค่าการไหลโดยสะดวกสูงซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญของการอัดเม็ด และมีสีใกล้เคียงกับผักทองสด (ค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 65.83, 2.23 และ 36.47 ตามลำดับ) โดยผักทองผงมีค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 73.85, -0.60 และ 35.23 ตามลำดับ และมีความชื้น ไขมัน น้ำตาลรีดิวซ์ ความหนาแน่นปรากฏ และค่าการไหลโดยสะดวก เท่ากับ 3.39%, 1.42%, 12.63%, 1.00 กรัม/มล. และ 0.67% ตามลำดับ ซึ่งสภาวะดังกล่าวพบว่าจะช่วยประหยัดพลังงานและต้นทุนในการผลิตเนื่องจากใช้อุณหภูมิและสารช่วยในการทำแห้งที่ต่ำกว่า และจากการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยร่วมที่มีอิทธิพลต่อการทำแห้งผักทองทั้ง 4 ปัจจัย ได้แก่ ชนิด ของสารช่วยทำแห้ง ปริมาณสารช่วยในการทำแห้ง อุณหภูมิของลูกกลิ้งและความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่ระดับต่างๆ พบว่าผลของอิทธิพลร่วมของปัจจัยต่างๆ ไม่มีผลต่อการทำแห้งผักทองผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

3. การศึกษาปริมาณน้ำตาลไอซิ่งที่เหมาะสมในการผลิตผักทองอัดเม็ด

จากผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผักทองอัดเม็ดที่ใช้ปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 0, 10, 20 และ 30% (Table 4) พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผักทองอัดเม็ดที่ใช้ใช้น้ำตาลไอซิ่ง 20% มากที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความหวาน ความแข็ง การละลายในปากและความชอบโดยรวม นอกจากนั้นในขั้นตอน

Table 1. Chemical composition and physical properties of fresh pumpkin

Composition	Mean ¹ ± SD	Property	Mean ¹ ± SD
Ash (%)	0.62±0.31	Hardness (kgf)	6.89±0.31
Moisture (%)	85.45±0.23	Color	
Protein (%)	1.53±0.39	L*	65.83±0.27
Fat (%)	0.25±0.16	a*	2.23±0.33
Fiber (%)	0.9±0.73	b*	36.47±0.29
Carbohydrate (%)	11.25±0.86		
Reducing sugar (%)	2.41±0.53		
β-carotene (mg/100 g)	3.41±0.57		

¹ Mean of analysis of three replications

Table 2. Chemical and physical properties of pumpkin powder obtained from drum drying with various drying conditions*

Sample	Moisture (%)	Fat (%)	Bulk density (g/ml)	Reducing sugars (%)	Granulometric retention (%)
A	3.39 ^{bc} ±0.27	1.42 ^a ±0.17	1.004 ^{bcde} ±0.02	12.63 ^{cdef} ±0.61	0.67 ^a ±0.03
B	3.40 ^{bc} ±0.14	0.97 ^{cde} ±0.12	0.985 ^e ±0.01	12.49 ^{cdef} ±0.42	0.75 ^a ±0.04
C	2.46 ^{ef} ±0.17	1.23 ^{abc} ±0.26	1.027 ^{abc} ±0.03	13.18 ^{abcde} ±0.51	0.75 ^a ±0.06
D	3.14 ^{cd} ±0.32	1.15 ^{abcd} ±0.15	1.011 ^{abcd} ±0.01	13.15 ^{abcde} ±0.64	0.82 ^{ab} ±0.09
E	3.53 ^{bc} ±0.26	0.69 ^f ±0.07	1.022 ^{abcd} ±0.02	14.39 ^{ab} ±0.72	1.05 ^b ±0.10
F	3.78 ^b ±0.22	0.39 ^g ±0.08	1.015 ^{abcd} ±0.02	14.02 ^{abc} ±0.42	0.77 ^a ±0.10
G	2.26 ^{ef} ±0.36	0.75 ^{ef} ±0.19	1.034 ^a ±0.03	14.71 ^a ±0.30	0.75 ^a ±0.04
H	2.74 ^{de} ±0.33	0.39 ^g ±0.08	1.029 ^{ab} ±0.02	13.96 ^{abc} ±0.94	1.80 ^d ±0.10
I	4.48 ^a ±0.46	1.15 ^{abcd} ±0.08	1.000 ^{bcde} ±0.00	12.91 ^{bcdef} ±0.91	1.65 ^{cd} ±0.08
J	4.69 ^a ±0.28	1.15 ^{abcd} ±0.51	0.994 ^{de} ±0.01	11.93 ^{ef} ±1.67	1.57 ^{cd} ±0.06
K	3.38 ^{bc} ±0.65	1.12 ^{bcd} ±0.26	1.000 ^{bcde} ±0.00	13.25 ^{abcde} ±1.04	1.50 ^c ±0.01
L	3.47 ^{bc} ±0.24	1.32 ^{ab} ±0.29	1.000 ^{bcde} ±0.00	12.66 ^{cdef} ±0.95	2.20 ^e ±0.06
M	4.29 ^a ±0.27	0.92 ^{def} ±0.02	0.996 ^{cde} ±0.01	13.68 ^{abcde} ±2.02	2.17 ^e ±0.02
N	4.70 ^a ±0.25	1.06 ^{bcd} ±0.13	1.000 ^{bcde} ±0.00	12.30 ^{cdef} ±0.74	1.67 ^{cd} ±0.03
O	2.19 ^f ±0.15	1.25 ^{abc} ±0.20	1.002 ^{bcde} ±0.00	12.18 ^{def} ±0.34	3.40 ^f ±0.04
P	2.65 ^{ef} ±0.29	0.99 ^{cde} ±0.06	1.000 ^{bcde} ±0.00	11.41 ^f ±0.65	4.52 ^g ±0.01

* Means within the same column not sharing a common superscript are significantly different (p<0.05)

A = 3% maltodextrin, 130°C, 4 rpm

B = 3% maltodextrin, 13°C, 5 rpm

C = 3% maltodextrin, 140°C, 4 rpm

D = 3% maltodextrin, 140°C, 5 rpm

E = 5% maltodextrin, 130°C, 4 rpm

F = 5% maltodextrin, 130°C, 5 rpm

G = 5% maltodextrin, 140°C, 4 rpm

H = 5% maltodextrin, 140°C, 5 rpm

I = 3% tapioca, 130°C, 4 rpm

J = 3% tapioca, 130°C, 5 rpm

K = 3% tapioca, 140°C, 4 rpm

L = 3% tapioca, 140°C, 5 rpm

M = 5% tapioca, 130°C, 4 rpm

N = 5% tapioca, 130°C, 5 rpm

O = 5% tapioca, 140°C, 4 rpm

P = 5% tapioca, 140°C, 5 rpm

การดกเม็ดยังสามารถดกเม็ดได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้ปริมาณน้ำตาลไอซิ่งอื่นๆ ขณะที่นครินทร์ (2546) พบว่าสูตรที่ผู้บริโภครู้จักให้การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่ผงอัดเม็ด คือการใช้ปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง 10% เมื่อนำฟักทองอัดเม็ดจากสูตรที่ใช้น้ำตาลไอซิ่ง 20% ไปศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ พบว่า ฟักทองอัดเม็ด มีความแข็ง 3.25 kgf มีการละลาย 25.00% และค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 79.85, 0.28 และ 23.64 ตามลำดับ คุณสมบัติทางเคมีพบว่าปริมาณเถ้า ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 1.87, 3.60, 3.34, 1.00, 2.20 และ 87.99% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีน้ำตาลรีดิวซ์ 5.44% เบบิตา-แคโรทีน 3.53 มก./100 กรัม และค่าวอเตอร์แอกติวิตีเท่ากับ 0.56 และมีปริมาณจุลินทรีย์

ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 10 CFU/กรัม ผลการวิเคราะห์แสดงดัง Table 5

4. การศึกษาอายุการเก็บรักษาฟักทองอัดเม็ด

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษา พบว่า ทั้งปริมาณ ความชื้น ความแข็ง และค่าวอเตอร์แอกติวิตีของฟักทองอัดเม็ด มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Table 6) ซึ่งเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษาจะมีความชื้น ความแข็งและค่าวอเตอร์แอกติวิตีสูงกว่าเดือนอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ความชื้นดังกล่าวยังคงต่ำกว่า 5% และมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำกว่า 0.7 ซึ่งระดับความชื้น และค่าวอเตอร์แอกติวิตีดังกล่าว พบว่า ผลิตภัณฑ์ยังมีสถานะที่ค่อนข้างคงตัวและปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ (Beuchat, 1981)

Table 3. Color values of pumpkin powder obtained from drum drying with various drying conditions

Sample	Color value ¹ ± S.D.		
	L*	a*	b*
A	73.85 ^{bc} ±0.73	-0.60 ^{de} ±1.21	35.23 ^{ab} ±0.05
B	74.68 ^{ab} ±0.27	-0.08 ^{cd} ±0.64	36.16 ^a ±0.16
C	69.89 ^f ±1.33	1.58 ^a ±0.65	30.67 ^{fg} ±0.12
D	71.62 ^c ±1.16	0.90 ^b ±0.63	30.99 ^{efg} ±1.13
E	75.27 ^a ±0.25	-1.41 ^f ±0.53	32.83 ^{cd} ±1.09
F	75.44 ^a ±0.53	-2.43 ^g ±0.15	33.93 ^{bc} ±2.34
G	72.89 ^{cd} ±0.84	0.30 ^c ±0.99	31.03 ^{efg} ±2.46
H	72.96 ^{cd} ±1.44	-0.42 ^{de} ±0.26	32.32 ^{de} ±1.66
I	71.96 ^{de} ±0.76	-0.61 ^{de} ±0.40	34.82 ^b ±0.47
J	73.85 ^{bc} ±1.28	-1.73 ^f ±0.60	34.66 ^b ±0.80
K	68.83 ^{fg} ±0.77	1.24 ^{ab} ±0.40	31.08 ^{efg} ±0.37
L	68.06 ^g ±2.85	1.53 ^a ±0.05	31.50 ^{def} ±1.81
M	75.32 ^a ±1.12	-1.99 ^{fg} ±0.34	32.18 ^{de} ±1.44
N	74.45 ^{ab} ±0.81	-1.78 ^f ±0.43	32.59 ^d ±0.72
O	71.54 ^c ±0.23	0.24 ^c ±0.15	29.86 ^g ±0.36
P	71.62 ^c ±0.37	-0.80 ^e ±0.36	31.87 ^{def} ±0.36

¹ Means within the same column not sharing a common superscript are significantly different (p<0.05)

- A = 3% maltodextrin, 130°C, 4 rpm
- B = 3% maltodextrin, 130°C, 5 rpm
- C = 3% maltodextrin, 140°C, 4 rpm
- D = 3% maltodextrin, 140°C, 5 rpm
- E = 5% maltodextrin, 130°C, 4 rpm
- F = 5% maltodextrin, 130°C, 5 rpm
- G = 5% maltodextrin, 140°C, 4 rpm
- H = 5% maltodextrin, 140°C, 5 rpm
- I = 3% tapioca, 130°C, 4 rpm
- J = 3% tapioca, 130°C, 5 rpm
- K = 3% tapioca, 140°C, 4 rpm
- L = 3% tapioca, 140°C, 5 rpm
- M = 5% tapioca, 130°C, 4 rpm
- N = 5% tapioca, 130°C, 5 rpm
- O = 5% tapioca, 140°C, 4 rpm
- P = 5% tapioca, 140°C, 5 rpm

สำหรับความแข็งที่เพิ่มขึ้นพบว่ามีความสัมพันธ์กับความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี โดยเมื่อความชื้นและวอเตอร์แอกติวิตีที่เพิ่มสูงขึ้น อาจเนื่องมาจากการซึมผ่านของไอน้ำหรืออากาศตรงบริเวณที่ปิดผนึก จะมีผลทำให้ส่วนผสมที่เป็นน้ำตาลในฟักทองอัดเม็ดชื้นและเหนียวทำให้อนุภาคของน้ำตาลเกาะติดกันแน่นขึ้น และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มขึ้น ในส่วนของค่า L*, a* และ b* พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยค่า b* ซึ่งบ่งบอกถึงสีเหลืองพบว่ามีความลดลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสีอาจเนื่องจากการที่เบต้าแคโรทีนถูกออกซิไดส์จากอากาศหรือออกซิเจนที่ยังหลงเหลือภายในถุงฟอลซ์หรืออากาศที่ซึมเข้าตรงบริเวณรอยผนึก เมื่อพิจารณาคุณภาพโดยรวมของฟักทองอัดเม็ดจากงานวิจัยนี้ พบว่า สามารถเก็บรักษาได้ไม่ต่ำกว่า 4 เดือน ทั้งนี้อายุการเก็บรักษาของผลไม้อัดเม็ดจะขึ้นอยู่กับสถานะต่างๆ ที่ใช้ในการเก็บรวมทั้งภาชนะบรรจุที่ใช้ (Cal-Vidal *et al.*, 1985)

สรุปผลการทดลอง

สถานะที่เหมาะสมในการผลิตฟักทองผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เพื่อนำฟักทองผงมาผลิตเป็นฟักทองอัดเม็ด คือ ใช้มอลโตเด็คซ์ตริน 3% ที่อุณหภูมิลูกกลิ้ง 130°C ความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 4 rpm ปริมาณน้ำตาลไอซิ่งที่เหมาะสมในการผลิตฟักทองอัดเม็ดที่ผู้บริโภครับคือการยอมรับคือ 20% มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ไขมัน โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 1.87±0.71, 3.60±0.56, 3.34±0.93, 1.00±0.21, 2.20±0.49 และ

Table 4 Sensory scores of pumpkin tablet with various icing contents

Formula	Sensory score ¹ ± S.D.						
	Appearance	Color	Odor	Sweetness	Hardness	Soluble in mouth	Overall
1	6.60 ^a ±1.18	6.90 ^{ab} ±0.97	6.70 ^{ns} ±0.130	5.80 ^b ±1.64	5.35 ^b ±1.27	5.95 ^b ±1.27	6.55 ^b ±1.31
2	6.40 ^a ±1.46	6.80 ^{ab} ±1.10	7.00 ^{ns} ±1.26	6.75 ^a ±1.45	7.00 ^{ab} ±1.26	6.40 ^{ab} ±0.94	6.75 ^b ±1.11
3	7.20 ^a ±1.28	7.30 ^a ±1.17	7.20 ^{ns} ±1.01	7.15 ^a ±0.93	7.20 ^a ±1.00	7.00 ^a ±1.21	7.60 ^a ±0.99
4	7.20 ^a ±1.15	6.25 ^b ±1.07	6.70 ^{ns} ±1.22	6.65 ^a ±1.14	6.70 ^{ab} ±1.22	6.90 ^a ±1.02	6.80 ^b ±0.95

¹ Means within the same column not sharing a common superscript are significantly different (p<0.05) (formula 1 : 0% icing, formula 2 : 10% icing, formula 3 : 20% icing, formula 4 : 30% icing)

Table 5. Properties of acceptable pumpkin tablet¹

Quality	Content
Physical	
Hardness (kgf)	3.25±0.37
Soluble (%)	25.00±0.56
Color	
L*	79.85±0.19
a*	0.28±0.21
b*	23.64±0.37
Chemical	
Ash (%)	1.87±0.71
Moisture (%)	3.60±0.56
Protein (%) (Nx6.25)	3.34±0.93
Fat (%)	1.00±0.21
Fiber (%)	2.20±0.49
Carbohydrates (%)	87.99±0.33
Reducing sugars (%)	5.44±0.61
β-carotene (mg/100 g)	3.53±0.57
Water activity	0.56±0.02
Microbiological	
Total microbial count (CFU/g)	< 10
Yeast and Mold count (CFU/g)	< 10

¹ Mean of analysis three replications

87.99±0.33% ตามลำดับ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 5.44±0.61% ปริมาณเบต้า-แคโรทีน 3.53±0.57 มก./100 กรัม ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี 0.56±0.02 ค่าการละลาย 25±0.56% ค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 79.85±0.19, 0.28±0.21 และ 23.64±0.37 ตามลำดับ และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรา น้อยกว่า 10 cfu/กรัม สามารถเก็บรักษาได้ไม่น้อยกว่า 4 เดือน โดยบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 35±2.0°C

เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย. 2544. โรคขาดวิตามินเอ. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.

นครินทร์ แพรชาย. 2546. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อัดเม็ด. การศึกษาอิสระ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

นางสุดา บุนนาค. 2545. การพัฒนาถั่วแดงหลวงอัดเม็ดสำหรับเด็กวัยเรียนและวัยรุ่น. วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วชิรา สุริต วิลาวรรณ นาควังไทร และสุวรรณา แซ่ลิ้ม. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองอัดเม็ด. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วุฒินันท์ คงทัด. 2541. การพัฒนาอาหารเสริมโปรตีนชนิดอัดเม็ดจากไข่แดงฟงและนมผงเพื่อเป็นอาหารของเด็กในวัยเรียน. วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัจฉรา อูทิศวรรณกุล. 2536. รูปแบบเภสัชภัณฑ์. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

Alberto, C.C. 1970. Effervescent tablets. FSTA Database.

AL-Kahtani, H.A. and Hassan., B.H. 1990. Spray drying of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. J. Food Sci. 55 : 1073-1076.

Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L.J. 1985. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. Cereal Sci. Today 14: 4-12.

AOAC. 1990. Official Method of the Association of Official Chemists. (15th ed.). Association Official

Table 6. Physicochemical properties of acceptable pumpkin tablet at various storage time¹

Storage time (Month)	Moisture (%)	Hardness (kgf)	A _w	Color value		
				L*	a*	b*
0	3.37 ^c ±0.03	1.93 ^d ±0.18	0.55 ^{ab} ±0.01	77.06 ^c ±0.32	0.37 ^c ±0.24	30.98 ^c ±1.11
1	3.34 ^c ±0.08	2.85 ^c ±0.51	0.48 ^b ±0.20	76.90 ^c ±0.03	0.73 ^a ±0.03	30.21 ^{ab} ±0.12
2	3.49 ^c ±0.14	3.36 ^c ±0.41	0.58 ^{ab} ±0.01	78.18 ^a ±0.10	0.53 ^b ±0.02	29.69 ^{bc} ±0.67
3	3.76 ^b ±0.15	5.36 ^b ±0.48	0.62 ^a ±0.02	77.01 ^c ±0.51	0.33 ^c ±0.08	29.47 ^{bc} ±0.88
4	4.12 ^a ±0.09	7.94 ^a ±0.47	0.66 ^a ±0.12	77.71 ^b ±0.04	0.29 ^c ±0.05	28.80 ^c ±0.46

¹Means within the same column not sharing a common superscript are significantly different (p<0.05)

- Analytical Chemist, Washington, D.C.
- Belz, K. 2001. Beer tablet. FAST Database.
- Barani, R. and Avanesions, Z.S. 1997. A tablet for preparation of coffee drinks and a process for obtaining the tablet. Europe : FSTA Database.
- Beuchat, L.R. 1981. Microbial stability as affected by water activity. Cereal Food World 26(7): 345-349.
- Biesalski, H.K., Hermes, C., Hopfenmueller, W., Schmid, C., Gollnick, H.P.M. 1996. Effects of controlled exposure of sunlight on plasma and skin levels of β -carotene. Free Radical Res. 24: 215-224.
- Cal-Vidal, J., Carvalho, R.F.D. and Satons, S.C.S. 1985. Caking Phenomena in Tropical Fruit Powder (4th Intl). FSTA Database.
- Falkenstein, K. 1997. Coffee tablets with integrated roast aroma. FSTA Database.
- Heinonen, M., Olliainen, V., Linkola, E.K., Varo, P.T. K. and Koivistoinen, P.E. 1989. Carotenoid in Finish Food : Vegetable Fruit and Berries. J. Agri. Food. Chem. 37 : 655-659.
- Kenke, D. and Walkkowiak, R. 2000. Easily used tablets containing a beverage mix. FSTA Database.
- Reardon, K. 1996. Vitamin A Analysis (Retinol, alpha and beta-carotene). Government Chemical Laboratory. Brisbane, Australia.
- Veljkovic, S. 1992. Nutritional and Dietetic Value of Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) Hrana-I-Ishrana (Yugoslavia) 33(3-4) : 137-139.