Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 516-519 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 516-519 (2553)

การพัฒนาสารป้องกันการเกาะติดจากไขผึ้งและน้ำมันปาล์มโอเลอินสำหรับผลไม้อบแห้ง

Development of Anti-sticking Agent from Beeswax and Palm Olein Oil for Dried Fruits

กีรตินาฏ พูลเกษร[1,2], **อนุวัตร แจ้งชัด**[1,2] **และ กมลวรรณ แจ้งชัด**[1,2]
Kiratinart Poolkesorn[1,2], Anuvat Jangchud[1,2] and Kamolwan Jangchud[1,2]

Abstract

The objective of this study was to optimize the ratio of beeswax to palm olein oil and the amount of usage as an anti-sticking agent for dried fruits. Central Composite Design (CCD) was used in this study. The blends of beeswax and palm olein oil (1:99, 1.6:98.4, 3:97, 4.4:95.6 and 5:95 w/w) and the amount of usage (0.5 – 2.0% of dried fruits, w/w) were established according to preliminary tests. The data were fitted with the second-order polynomial model to explain the variable relationship and optimized by response surface method (RSM) on the criteria of stickiness, gloss, overall acceptability, and cost. The results showed that the amount of usage was the main factor significantly ($p \leq 0.05$) influencing stickiness and gloss. Increasing the amount of usage was associated with increasing gloss and decreasing stickiness and overall acceptability of consumers. Based on the contour plots, the optimum ratio of beeswax to palm olein oil was 3:97 (w/w) and the amount of usage was 1% of dried fruits (w/w).

Key word: Beeswax, Palm olein oil, Dried fruit

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไขผึ้งต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินและปริมาณการใช้เพื่อเป็นสารป้องกันการเกาะติดสำหรับผลไม้อบแห้ง มีการวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) 2 ปัจจัย คือ อัตราส่วนของไขผึ้งต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ 1:99, 1.6:98.4, 3:97, 4.4:95.6 และ 5:95 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) และปริมาณที่ใช้ในการเคลือบ คือ ร้อยละ 0.5 – 2.0 ต่อน้ำหนักผลไม้อบแห้ง (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) วิเคราะห์ค่าการเกาะติดกัน ความมันวาว ความชอบรวม และต้นทุน นำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระ โดยใช้สมการลำดับที่สอง หาค่าที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response surface method) จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณที่ใช้ในการเคลือบส่งผลต่อค่าการเกาะติดกันและความมันวาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้ พบว่า ค่าความมันวาวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าการเกาะติดกันและความชอบรวมของผู้บริโภคลดลง จากแผนภาพคอนทัวร์ของคุณลักษณะต่างๆ พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของไขผึ้งต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน คือ 3:97 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) และปริมาณที่ใช้ในการเคลือบ คือ ร้อยละ 1 ต่อน้ำหนักผลไม้อบแห้ง (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)

คำสำคัญ ไขผึ้ง, น้ำมันปาล์มโอเลอิน, ผลไม้อบแห้ง

คำนำ

ปัจจุบันการส่งออกสินค้าผลไม้แปรรูปโดยเฉพาะกลุ่มผลไม้อบแห้งจะมีโอกาสขยายตัวเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 20 เนื่องจากสินค้ากลุ่มนี้เป็นที่ต้องการสูงในฐานตลาดเดิมและตลาดใหม่ๆ เช่น กลุ่มประเทศยุโรปตะวันออก (นิรนาม, 2550) Kearns and Saleeb (1993) พบว่าปัญหาหลักในการเก็บรักษาผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง คือ เมื่อมีการเก็บไว้เป็นระยะเวลานานจะมีแนวโน้มในการเกาะติดกันเอง (clumping) ซึ่งปัญหานี้จะเชื่อมโยงไปถึงการนำผลไม้อบแห้งนี้ไปแปรรูปต่อด้วย นั่นคือ ต้องเสียแรงงานและเวลา หรืออาจต้องใช้เครื่องจักรเฉพาะในการแกะผลไม้ที่ติดกันก่อนนำไปแปรรูป ซึ่งเป็นการสูญเสียค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น ขณะที่ William et al. (1997) พบว่า ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ อาทิเช่น ลูกกวาดประเภทต่างๆ รวมทั้งผลไม้อบแห้งและลูกเกดที่มีความมันวาวและไม่ติดกัน ดังนั้น ผลิตภัณฑ์เหล่านี้จึงมักถูกเคลือบด้วยสารเพิ่มความมันเงา (glazing

[1] ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University,Bang Khen Campus, Bangkok 10900
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

agent) เพื่อช่วยเพิ่มความมันวาวและยังช่วยลดการเกาะติดกันภายในภาชนะบรรจุได้ด้วย ในทางการค้าสารเพิ่มความมันวาวส่วนใหญ่จะเป็นการผสมกันของน้ำมันสายโซ่โมเลกุลปานกลาง (Medium chain triglyceride oil – MCT oil) หรือน้ำมันที่มีความคงตัวสูง ผสมกับไขธรรมชาติหรือสังเคราะห์ เช่น ไขผึ้ง เป็นต้น ในปัจจุบันสารป้องกันการเกาะติดหลายชนิดต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้น เพื่อเป็นการลดมูลค่าการนำเข้าของสารป้องกันการเกาะติดทางการค้า และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ทั้งยังเป็นการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบในประเทศอีกด้วย ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาพัฒนาสารป้องกันการเกาะติด ที่มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มและไขผึ้ง เนื่องจากประเทศไทยมีการนำน้ำมันปาล์มมาใช้ประโยชน์อยู่ในปริมาณสูง โดยน้ำมันปาล์มมีส่วนแบ่งทางการตลาดถึงร้อยละ 60-65 และน้ำมันปาล์มโอเลอิน มีส่วนประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวค่อนข้างสูง ดังนั้นเมื่อโดนความร้อนในการแปรรูปจะไม่สร้างอนุมูลอิสระ (วินัย, 2544) ในส่วนของไขเลือกใช้ไขจากธรรมชาติ คือ ไขผึ้ง เนื่องจากเป็นไขจากสัตว์ที่มีความสำคัญ และมีการใช้เป็นส่วนประกอบในสารป้องกันการเกาะติดทางการค้า งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไขผึ้งต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินและปริมาณในการเคลือบ เพื่อใช้เป็นสารป้องกันการเกาะติดสำหรับผลไม้อบแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำมันปาล์มกับไขผึ้ง และปริมาณที่ใช้ในการเคลือบที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) (Cochran and Cox, 1992) มีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 2 ปัจจัย ดังนี้ ปัจจัยแรก คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำมันปาล์มกับไขผึ้ง (1:99, 1.6:98.4, 3:97, 4.4:95.6 และ 5:95 น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ปัจจัยที่สอง คือ ปริมาณที่ใช้ในการเคลือบ ร้อยละ 0.5 – 2.0 ต่อน้ำหนักผลไม้อบแห้ง (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) (สุวรรณา, 2543) ได้สิ่งทดลอง 9 สิ่งทดลอง และทำซ้ำที่จุดกึ่งกลาง 3 ซ้ำ ดังนั้น จะได้จำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 11 สิ่งทดลอง ดัง Table 1

การเตรียมสารป้องกันการเกาะติด (ดัดแปลงจากวิธีของ Curtis et al., 1998) ผสมไขผึ้งและน้ำมันปาล์มโอเลอินตามอัตราส่วนใน Table 1 ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 10 นาที จนกระทั่งไขหลอมละลายจนหมด จากนั้นนำมาโฮโมจิไนซ์ด้วยเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ (Hand homogenizer) รุ่น Ultra-Turrax® T25 basic ที่ความเร็วรอบ 21,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง โฮโมจิไนซ์อีกครั้งที่ความเร็วรอบ 21,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จะได้สารป้องกันการเกาะติดที่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน นำสารป้องกันการเกาะติดที่ได้มาเคลือบมะละกออบแห้งเต๋าขนาด 8x10 มม.ในอ่างเคลือบ (coating pan) ที่หมุนตลอดเวลา เป็นเวลา 15 นาที เป่าด้วยลมเย็นเพื่อให้แห้ง จากนั้นนำไปผึ่งที่อุณหภูมิห้อง ก่อนการบรรจุ

Table 1 Experimental Design in Central Composite Design (CCD)

TRT	Code (X_1)	Code (X_2)	ไขผึ้ง (% w/w) ; X_1	น้ำมันปาล์มโอเลอิน (% w/w)	ปริมาณที่ใช้ (% of dried fruit, w/w) ; X_2
T1	-1	-1	1.6	98.4	0.72
T2	-1	+1	1.6	98.4	1.78
T3	+1	-1	4.4	95.6	0.72
T4	+1	+1	4.4	95.6	1.78
T5	-1.414	0	1.0	99.0	1.25
T6	+1.414	0	5.0	95.0	1.25
T7	0	-1.414	3.0	97.0	0.50
T8	0	+1.414	3.0	97.0	2.00
T9	0	0	3.0	97.0	1.25
T10	0	0	3.0	97.0	1.25
T11	0	0	3.0	97.0	1.25

การวัดค่าคุณภาพและวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าความมันวาวและร้อยละการเกาะติดของมะละกออบแห้ง (ดัดแปลงจาก William et al., 1997) และความชอบรวม โดยใช้ 9-point hedonic scale นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) และวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (ร้อยละการเกาะติด ความมันวาว

ความชอบรวม; Yi) กับตัวแปรอิสระ (อัตราส่วนของไขผึ้งต่อน้ำมันปาล์ม; X_1 และปริมาณที่ใช้เคลือบ; X_2) โดยใช้สมการลำดับสอง (second-order polynomial) ดังแสดงในสมการ (1)

$$Yi = b_0 + b_1.X_1 + b_2.X_2 + b_3.X_1^2 + b_4.X_1.X_2 + b_5.X_2^2 \quad (1)$$

จากนั้นนำไปสร้างแผนภาพคอนทัวร์ (Contour Plot) ตามวิธี Response Surface Methodology (RSM) เพื่อดูความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของไขผึ้งต่อน้ำมันปาล์มและปริมาณที่ใช้เคลือบ ต่อค่าคุณภาพของมะละกอออบแห้ง โดยประเมินความเหมาะสมของแบบจำลองจากค่า R^2

ผลและวิจารณ์

สารป้องกันการเกาะติดที่ได้จากการทดลองมีลักษณะปรากฏเป็นของเหลวสีเหลืองถึงสีเหลืองครีม รวมเป็นเนื้อเดียวกัน (Figure 1) มีความหนืดตั้งแต่น้อยถึงมาก (69.8 – 235.0 cP) โดยมีค่าคุณภาพดัง Table 2 (ผลการทดลองสำหรับสิ่งทดลองที่ 9 รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองที่ 9-11) และเมื่อนำผลมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับตัวแปรอิสระ โดยใช้สมการลำดับสอง (second-order polynomial) ได้ผลดัง Table 3

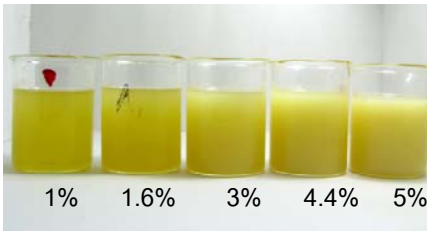


Figure 1 Anti-sticking agent from beeswax and palm olein oil.

Table 2 Quality properties of coated papaya

Trt	Stickiness (%)	Gloss (5-point Category scale)	Overall liking (9-point Hedonic scale)	Cost (THB / Ton dried fruits)
T1	16.64c	2.00d	6.37b	4.43
T2	0.00f	3.30c	5.57c	10.94
T3	15.97d	3.60bc	6.50b	5.54
T4	0.00f	4.40a	3.93d	13.70
T5	17.21b	3.40bc	6.73ab	7.27
T6	13.98e	3.80c	5.67c	10.04
T7	17.86a	2.00d	5.63c	3.46
T8	0.00f	4.80a	4.03d	13.85
T9	0.01f	3.50bc	6.91a	8.65

*a-f Means at same column with different letters are significantly different (DMRT, $p \leq 0.05$)

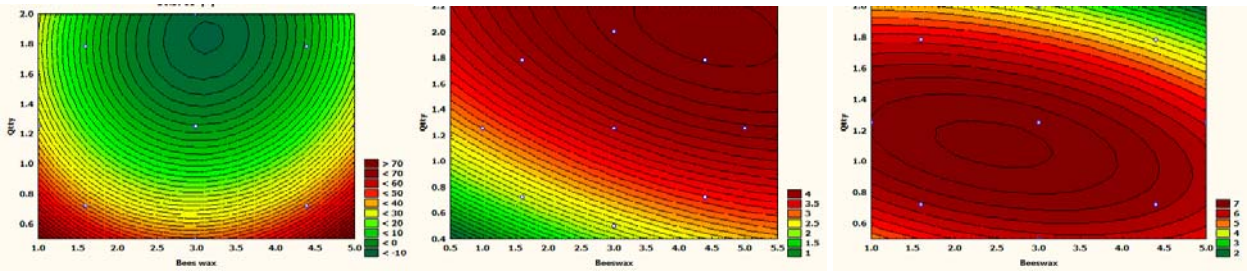
Table 3 Predictive model for properties of coated papaya

Properties	Predictive Model	R^2
Stickiness	$69.332-21.231.X_1-45.219.X_2+3.414.X_1^2+0.226.X_1.X_2+12.360.X_2^2$	0.945
Gloss	$-1.177+0.835.X_1+3.725.X_2-0.056.X_1^2-0.168.X_1.X_2-0.732.X_2^2$	0.648
Overall liking	$-0.066+1.495.X_1+9.546.X_2-0.170.X_1^2-0.595.X_1.X_2-3.635.X_2^2$	0.638

* x_1 = ratio of beeswax to palm olein oil (w/w), x_2 = the amount of usage (% of dried fruit, w/w)

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการเกาะติด ความมันวาว และความชอบรวมกับปัจจัยที่ต้องการศึกษาได้ร้อยละ 94.5 ร้อยละ 64.8 และร้อยละ 63.8 ตามลำดับ เมื่อนำแบบจำลองนี้มาสร้าง

แผนภาพคอนทัวร์ดัง Figure 2 (a-c) และพิจารณาจากสมการถดถอย พบว่า ทั้งอัตราส่วนของอัตราส่วนของไขผึ้งต่อน้ำมันปาล์ม และปริมาณที่ใช้เคลือบมีอิทธิพลต่อร้อยละการเกาะติด ความมันวาว และความชอบรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้ พบว่า ค่าความมันวาวและต้นทุนเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าการเกาะติดกันและความชอบรวมของผู้บริโภคลดลง เนื่องจากสารป้องกันการเกาะติดที่พัฒนาขึ้นนั้นมีส่วนผสมของน้ำมันซึ่งจะเคลือบอยู่ที่บริเวณผิวของมะละกอออบแห้ง ทำให้ลดการเกาะติดกันของผลิตภัณฑ์ได้ ขณะเดียวกันหากเคลือบในปริมาณสูงจะส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ และกลิ่นด้วย ซึ่งหากใช้ในปริมาณมากจะส่งผลให้ลักษณะปรากฏมันและเปียกแฉะ ไม่น่ารับประทาน ส่งผลให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับตัวอย่างนั้น สรุปโดยรวมได้ว่าผู้บริโภคชอบมะละกอที่มีความมันวาวพอเหมาะ



(a) (b) (c)

Figure 2 Contour plot of (a) Stickiness (b) Gloss and (c) Overall liking.

เมื่อพิจารณาต้นทุนของแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า ปริมาณที่ใช้เคลือบที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ต้นทุนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ในขณะที่อัตราส่วนของไขผึ้งที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ต้นทุนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

จากแผนภาพคอนทัวร์ พบว่า สูตรของสารป้องกันการเกาะติดจากไขผึ้งที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนของไขผึ้งต่อน้ำมันปาล์มร้อยละ 3:97 น้ำหนักโดยน้ำหนัก และปริมาณที่ใช้เคลือบ 1% ต่อน้ำหนักผลไม้อบแห้ง

สรุป

จากการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไขผึ้งต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินและปริมาณการใช้เพื่อเป็นสารป้องกันการเกาะติดสำหรับผลไม้อบแห้ง พบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อร้อยละการเกาะติด ความมันวาว ความชอบรวม และต้นทุนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือ ปริมาณที่ใช้ในการเคลือบ โดยเมื่อเพิ่มปริมาณที่ใช้ในการเคลือบ พบว่า ชิ้นมะละกอออบแห้งเกาะติดกันลดลง มีค่าความมันวาวเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ค่าความชอบรวมจะลดลงหากใช้ปริมาณในการเคลือบมากเกินไป และยังทำให้ต้นทุนสูงขึ้นอีกด้วย จากการพิจารณาแผนภาพคอนทัวร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามต่างๆ พบว่า จุดที่เหมาะสมที่สุดคือ สารป้องกันการเกาะติดที่มีอัตราส่วนของไขผึ้งต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ร้อยละ 3:97 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) และปริมาณที่ใช้ในการเคลือบ คือ ร้อยละ 1 ต่อน้ำหนักผลไม้อบแห้ง (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2551 และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

นิรนาม. 2550. เปิดตัว "Asia Fruit Logistica2007" ไฮไลต์ผลไม้ไทยมะม่วง-มังคุด-ลำไย. แหล่งที่มา: http://www.kasetcity.com/Agtoday/Agtodaylist.asp?GID=1089, 1 กุมภาพันธ์ 2551.

วินัย ดะห์ลัน. 2544. เรื่องของน้ำมันปาล์ม. เนชั่นสุดสัปดาห์ 10 (493): 10.

สุวรรณา สุภิมารส. 2543. เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและชอกโกแลต. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์, กรุงเทพฯ. 393 น.

Cochran, W.G. and G.M. Cox. 1992. Experimental Design. 2nd ed., John Wiley & Son, Inc., New York. 611p.

Curtis, L.W., A. Gennadios and R.A. Salaiva. 1998. Edible Bilayer Films from Zein and Grain Sorghum Wax or Carnauba Wax. Lebensm.-Wiss. u.-Technol 31: 279–285.

Kearns, J.M. and F.Z. Saleeb. 1993. Dried fruits and cereal combination thereof. USA Patent 5223287.

William, C.F., H.A. David and L.J. Dirk. 1997. Glazing composition. USA Patent 5641528.