การพัฒนาสารตรึงกลิ่นบุหงาและดอกไม้แห้งโดยใช้ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังร่วมกับน้ำมันหอมระเหยจากพืช 5 ชนิด

ปานทิพย์ บุญส่ง[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2]* และ อรพิน เกิดชูชื่น[3]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ท่าข้าม บางขุนเทียน ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10150

บทคัดย่อ

การพัฒนาสารตรึงกลิ่นในบุหงาและดอกไม้แห้งโดยใช้ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังร่วมกับน้ำมันหอมระเหย (essential oil) จากพืช 5 ชนิด ได้แก่ กระวาน กานพลู อบเชย ขิง และใบเตย พบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมซอร์บิทอล (sorbitol) เข้มข้นร้อยละ 35 (w/w) มีความยืดหยุ่นสูง การซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนต่ำ และตรึงสารหอมระเหย benzyl benzoate ได้ดีกว่าสาร eugenol, cinnamaldehyde, cis-jasmone, 1,8-cineole, limonene และ 2,4,6-trimethylpyridine ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดน้ำมันหอมระเหยของพืช 5 ชนิดด้วยตัวทำละลายเอทานอลได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยและชนิดของสารหอมระเหย (volatile compounds) มากที่สุด จากการวิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS) เมื่อศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารตรึงกลิ่นในบุหงาและดอกไม้แห้งของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผสมน้ำมันหอมระเหย และ/หรือผสมผงพืช 5 ชนิด โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นโดยใช้ gas chromatography (GC) ร่วมกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูสามารถตรึงกลิ่นของบุหงาและดอกไม้แห้งได้นานที่สุด และผู้ทดสอบให้คะแนนรวมสูงที่สุด ถึงแม้ว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมผงกานพลูตรึงกลิ่นบุหงาและดอกไม้แห้งได้ดี แต่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏต่ำกว่าการใช้น้ำมันหอมระเหย การบรรจุบุหงาและดอกไม้แห้งในถุงกระดาษสาและถุงผ้าโปร่งสามารถรักษากลิ่นได้มากกว่า 1 เดือน ซึ่งการเก็บรักษากลิ่นได้นานมากขึ้นเมื่อบรรจุบุหงาและดอกไม้แห้งในถุงพลาสติก

คำสำคัญ : ฟิล์มแป้ง / สารตรึงกลิ่น / บุหงาและดอกไม้แห้ง / น้ำมันหอมระเหย

* *Corresponding author: E-mail: nutta.lao@kmutt.ac.th*

[1] *นักศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี*

[2] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี*

[3] *รองศาสตราจารย์ สายวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี*

Development of Aroma Fixative in Thai Pot-Pourri and Dry Flowers Using Starch Film and Essential Oil from 5 Herbs

Panthip Boonsong[1], Natta Laohakunjit[2*], and Orapin Kerdchoechuen[3]

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thakham, Bangkuntien, Bangkok 10150

Abstract

The development of aroma fixative in Thai pot-pourri and dry flowers using starch film with essential oils from 5 herbs; cardamom, clove, cinnamon, ginger and pandan, was investigated. Results showed that plasticized cassava starch films with sorbitol 35% (w/w) had a high elasticity and high barrier against water and oxygen transmission. The films could absorb particular volatile compounds ranged from benzyl benzoate, eugenol, cinnamaldehyde, cis-jasmone, 1,8 cineole, limonene and 2,4,6 trimethylpyridine, respectively. It was also found that ethanol extraction gave the highest yield and highest variety of volatile compounds identified by gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). Efficiencies as aroma fixative of cassava starch film with extracted essential oil and/or powder of herbs for Thai pot-pourri and dry flowers was monitored the aroma changes by gas chromatography (GC), accompanied with the sensory test. The results showed that the plasticized cassava starch film added with essential oil from clove could retain the best aroma of Thai pot-pourri and dry flowers and they also received the highest score from the panelists. Although plasticized cassava starch film with clove powder could have a good fixative property, however it had a lower score of appearance comparing with essential oils. Moreover, pot-pourri and dry flowers coated with aroma fixative, kept in wood paper bag and netted bag resulted in a longer of aroma retention for a month and they could be kept for longer than a month if they were kept in plastic bags.

Keywords : Starch Film / Aroma Fixative / Thai Pot-Pourri and Dry Flower / Essential Oils

* *Corresponding author: E-mail: nutta.lao@kmutt.ac.th*

[1] *Graduate Student, Division of Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology.*

[2] *Assistant Professor, Division of Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology.*

[3] *Associate Professor, Division of Natural Resource Management, School of Bioresources and Technology.*

1. บทนำ

บุหงาไทย (บุหงารำไป หรือ Thai pot-pourri) เป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติมีราคาถูก สามารถย่อยสลายได้ง่าย มีลักษณะปรากฏและสีสวยงาม และมีกลิ่นหอม นิยมใช้เป็นของชำร่วยในงานมงคล กลิ่นหอมของบุหงามาจากการเติมน้ำอบ น้ำปรุง และเครื่องเทศ ปัจจุบันมีการเติมน้ำหอมสังเคราะห์ลงในบุหงา ปัญหาที่สำคัญของบุหงาหรือดอกไม้แห้งคือไม่มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติ กลิ่นไม่คงทน แนวทางในการแก้ไขปัญหาคือ การเติมกลิ่นหรือหัวน้ำหอมผสมสารตรึงกลิ่น (fixative) จากธรรมชาติ โดยเฉพาะการเติมน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากพืชสมุนไพร ทั้งนี้เพื่อความคงทนของกลิ่นและประโยชน์ด้านการบำบัดโดยใช้กลิ่นหอมของน้ำมันหอมระเหย หรือที่เรียกกันว่า aromatherapy [1] สารตรึงกลิ่นจากธรรมชาติที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น orris root, calamus root, frankincense, patchuli, oakmoss, musk และ civet รวมทั้งเซลลูโลส (cellulose) ซึ่งเป็นสารโพลิเมอร์ (polymer) ที่ได้มาจาก corn cobs, cinnamon sticks, pine cone, และ cedar shaving สำหรับการเคลือบดอกไม้แห้งมีการใช้โพลิเมอร์สังเคราะห์ดังเช่น การเคลือบด้วยโพลิเมอร์ vinyl acetate based resin ช่วยป้องกันสีของดอกไม้แห้งซีด [2] ส่วนสาร polyvinyl alcohol, sodium carboxy methyl cellulose และ sodium alginate ที่ใช้เคลือบดอกไม้แห้งโดยการพ่น พบว่าผิวของดอกไม้แห้งมีลักษณะหนาและไม่สม่ำเสมอ ลักษณะปรากฏของดอกไม้เปลี่ยน [3] นอกจากนี้การใช้ฟิล์มโพลีเมอร์สังเคราะห์ทั้งชนิดเดียวหรือหลายชนิดผสม (1) photopolymerizablemonomers (2) silane coupling agent polymers และ (3) copolymers of photopolymerizable monomers และ silane coupling agent ทำให้ดอกไม้แห้งที่เคลือบไม่ชื้น ไม่เกิดรา และสีของดอกไม้แห้งไม่ซีดจาง [4]

สารโพลิเมอร์จากธรรมชาติที่สามารถใช้เป็นสารตรึงกลิ่น ได้แก่ แป้ง (starch) จากมันสำปะหลัง มันฝรั่ง ข้าว ข้าวโพด โดยแป้งเหล่านี้มีคุณสมบัติสำคัญ คือสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นฟิล์มได้ มีคุณสมบัติแข็ง เหนียว ยืดหยุ่น มีคุณสมบัติทางกล (mechanical properties) ที่ดี ป้องกันการแพร่ผ่านของออกซิเจน สามารถละลายน้ำได้ และให้ลักษณะผิวที่เรียบ จึงสามารถนำมาพัฒนาเป็นฟิล์มบริโภคได้ (edible film) และใช้เป็น encapsulating agent ในการเคลือบ (coat, bound, trap) กลิ่นรสในอุตสาหกรรมอาหารและยา นอกจากนั้นฟิล์มเหล่านี้ยังสามารถเก็บรักษากลิ่นต่างๆ ได้ดีจากคุณสมบัติ aroma barrier properties และสามารถป้องกันออกซิเจนเพื่อไม่ให้เกิด oxidation [5] เป็นสาเหตุในการทำให้กลิ่นรสเปลี่ยนแปลง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรึงกลิ่นของสารหอมระเหยของแป้ง ได้แก่ ปริมาณอะมิโลส ซึ่งปริมาณอะมิโลสมากขึ้นการตรึงกลิ่นจะดีขึ้น แป้งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านได้ต่างกัน คุณสมบัติในการเคลื่อนที่ ความสามารถในการระเหย ขนาดและรูปร่างของโมเลกุลของสารหอมระเหย รวมทั้งความเข้มข้นของแป้งที่ใช้ โดยแป้งที่มีความเข้มข้นสูงทำให้มีการฟอร์มตัวเป็นฟิล์มได้ดีขึ้น [6]

การใช้แป้งเป็นสารเคลือบ นอกจากสามารถปรับปรุงลักษณะปรากฏและรักษากลิ่นหอมให้ติดทนนานแล้ว ยังเป็นการประยุกต์และพัฒนาสินค้าทางการเกษตรที่สามารถหาได้ในประเทศไทย ช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์บุหงาและดอกไม้แห้ง และลดการนำเข้าของสารตรึงกลิ่นจากต่างประเทศ ดังนั้นการศึกษานี้เพื่อวิจัยและพัฒนาการนำสารโพลิเมอร์จากธรรมชาติมาใช้เป็นสารตรึงกลิ่นร่วมกับสารตรึงกลิ่นจากธรรมชาติ ทดแทนสารตรึงกลิ่นสังเคราะห์ สารตรึงกลิ่นจากธรรมชาติของไทย ได้แก่ อบเชย (cinnamon) กระวาน (cardamom) กานพลู (clove) ขิง (ginger) และใบเตย (pandan) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายภายในประเทศ และสามารถนำมาสกัดเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของสารตรึงกลิ่นให้กลิ่นทนนาน (long lasting) ร่วมกับสารโพลิเมอร์จากธรรมชาติได้

2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยตัวทำละลายอินทรีย์

นำเครื่องเทศ 5 ชนิด ได้แก่ กระวาน กานพลู อบเชย จากบริษัทง่วนสูนตรามือที่ 1 จำกัด ส่วนขิง และใบเตยจากตลาดท้องถิ่น มากำจัดสิ่งเจือปนออก ล้างทำความสะอาดและผึ่งให้แห้ง ปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบดไฟฟ้า นำเครื่องเทศที่เตรียมไว้ชนิดละ 500 ก. ใส่ลงใน flask ขนาด 1 ล. แล้วเติมตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์ ชนิดละ 500 มล. ใส่ให้

ท่วมตัวอย่าง ปิดให้สนิทด้วย อะลูมิเนียมฟอล์ยและพาราฟิล์ม แช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นกรองเอากากเครื่องเทศออกด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำตัวทำละลายที่อิ่มตัวด้วยสารหอม ไประเหยเอาตัวทำละลายออกด้วย Rotary evaporator ใช้อุณหภูมิ 30 °ซ จนตัวทำละลายระเหยออกไปหมด นำน้ำมันหอมระเหยบริสุทธิ์บรรจุในขวดแก้วสีชา แล้ววิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่อง Gas chromatography mass spectrometry: GC-MS (รุ่น GC 8060 MS บริษัท FISONS Instruments ประเทศอิตาลี) โดยใช้ column ชนิด ZB5 ใช้ก๊าซฮีเลียม เป็น carrier gas มีอัตราการไหล 0.7 psi ซึ่ง detector temperature 230 °ซ และสภาวะของ injector temperature (IT) และ oven temperature (OT) ของพืชแต่ละชนิดมีดังนี้

- กระวาน IT 250 °ซ, OT 50 °ซ คงไว้ 2 นาที และเพิ่มจาก 50-230 °ซ ด้วยอัตรา 5 °ซ/นาที
- กานพลู IT 300 °ซ, OT 40 °ซ คงไว้ 5 นาที และเพิ่มจาก 40-180 °ซ ด้วยอัตรา 4 °ซ/นาที คงไว้ 10 นาที
- อบเชย IT 250 °ซ, OT 50 °ซ คงไว้ 2 นาที เพิ่มจาก 50-140 °ซ ด้วยอัตรา 4 °ซ/นาที และเพิ่มจาก 140-220 °ซ ด้วยอัตรา 10 °ซ/นาที
- ขิง IT 200 °ซ, OT 50 °ซ คงไว้ 1 นาที และเพิ่มจาก 50-240 °ซ ด้วยอัตรา 10 °ซ/นาที คงไว้ 2 นาที
- ใบเตย IT 200 °ซ, OT 50 °ซ คงไว้ 2 นาที เพิ่มจาก 50-170 °ซ ด้วยอัตรา 7 °ซ/นาที และเพิ่มจาก 140-200 °ซ ด้วยอัตรา 5 °ซ/นาที

2.2 การศึกษาประสิทธิภาพฟิล์มแป้งมันสำปะหลังต่อการกั้นการซึมผ่านของน้ำมันหอมระเหย

เตรียมฟิล์มแป้งมันสำปะหลังโดยนำน้ำแป้งมันสำปะหลังที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก มาให้ความร้อนจนแป้งสุก ทิ้งไว้ให้อุ่น เติมซอร์บิทอลความเข้มข้นร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก เทลงบนแท่นพิมพโพลีเอทิลีน ที่ปรับระดับความหนาของแผ่นฟิล์มเท่ากับ 2 มม. วางบน water bath อุณหภูมิ 80 °ซ จนแผ่นฟิล์มแห้ง และตัดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.3 ซม. นำไปปิดปากบีกเกอร์ขนาด 5 มล. ที่บรรจุสารหอมระเหย 7 ชนิดที่มีหมู่ฟังก์ชันต่างกัน ได้แก่ cinnamaldehyde, cis-jasmone, benzyl benzoate, eugenol, 1,8-cineol, limonene, 2,4,6-trimethylpyridine (TMP) ใช้เป็นตัวแทนของสารหอมระเหยที่มีอยู่ในสารสกัดจากเครื่องเทศ 5 ชนิด ชนิดละปริมาณ 0.5 ก. หลังจากปิดด้วยฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง ผนึกให้สนิทด้วยแว็กซ์ นำบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดและปิดผนึกแล้ว ใส่ใน desiccator ที่บรรจุซิลิกาเจลและแมกนีเซียมซัลเฟต ชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเป็นเวลา 9 วัน โดยเปรียบเทียบกับที่ไม่ปิดด้วยฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง แล้วคำนวณตามสูตร [7]

$$J = D\,\Delta C/h$$

ซึ่ง J = the steady-state flux (mg/cm^2h)

D = the diffusion coefficient (cm^2/h)

h = the thickness of the film (cm)

และ ΔC = the concentration difference (mg/cm^3)

2.3 การศึกษาประสิทธิภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังร่วมกับน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากเครื่องเทศและผงเครื่องเทศในการตรึงกลิ่นของบุหงาและดอกไม้แห้ง

2.3.1 ประสิทธิภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังร่วมกับน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากเครื่องเทศ

เตรียมน้ำแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ให้ความร้อนจนแป้งสุกเกิดเจลาติไนซ์ ปล่อยทิ้งไว้ให้อุ่นเติมซอร์บิทอลความเข้มข้นร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก (เช่นเดียวกับข้อ 2.2) แล้วเติมน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิดที่สกัดไว้ในข้อ 2.1 ชนิดละ 3 เปอร์เซนต์ เติมหัวน้ำหอมสังเคราะห์กลิ่นโรสแมรี่เข้มข้นร้อยละ 5 แล้วนำไปพ่นลงบนบุหงาและดอกไม้แห้ง โดยใช้ spray gun ทำให้แห้งด้วยลมเย็นอุณหภูมิ 25 °ซ บรรจุในถุงผ้าโปร่ง ถุงกระดาษสา และถุงพลาสติก เก็บเป็นเวลา 1 เดือน วิเคราะห์ทุก 1, 7, 15 และ 30 วัน โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงกลิ่น (ด้วยเครื่อง GC-FID โดยใช้ column ชนิด DB-WAX สภาวะของ GC-FID คือ ใช้ก๊าซฮีเลียมและก๊าซไนโตรเจนเป็น carrier gas มีอัตราการไหล 70 kPa และใช้ air zero และก๊าซไฮโดรเจน ในการจุด flame มีอัตราการไหล 50 และ 60 kPa ตามลำดับ IT 200 °ซ, OT 40 °ซ คงไว้ 1 นาที และเพิ่มจาก 40-240 °ซ ด้วยอัตรา 10 °ซ/

นาที คงไว้ 1 นาที ใช้ detector temperature 230 °ซ) และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส (Sensory test) ของบุหงาและดอกไม้แห้ง โดยใช้แบบทดสอบ hedonic scale ทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และความชอบโดยรวม ให้คะแนนตั้งแต่ 0-9 คะแนน (0 คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 15 คน ทดสอบ 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม SAS 6.12

2.3.2 ประสิทธิภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังร่วมกับผงเครื่องเทศ

เตรียมน้ำแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ให้ความร้อนจนแป้งสุกเกิดเจลาติไนซ์ ปล่อยทิ้งไว้ให้อุ่นเติมซอร์บิทอลร้อยละ 35 (เช่นเดียวกับข้อ 2.2) นำเครื่องเทศ 4 ชนิด ได้แก่ กระวาน กานพลู อบเชย และขิง มาทำการกำจัดสิ่งปนเปื้อน ล้างทำความสะอาด บดให้เป็นผงด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าร่อนด้วยตะแกรงอะลูมิเนียมขนาด 100 เมช นำผงเครื่องเทศแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 มาผสมกับน้ำแป้งมันสำปะหลังดังกล่าวข้างต้น เติมหัวน้ำหอมกลิ่นที่ต้องการที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก นำไปพ่นลงบนบุหงาและดอกไม้แห้งโดยใช้ spray gun ทำให้แห้งด้วยลมเย็นอุณหภูมิ 26 °ซ บรรจุในถุงผ้าโปร่ง ถุงกระดาษสา และถุงพลาสติก ติดตามผลการเปลี่ยนแปลงกลิ่นของบุหงาที่เก็บ ด้วย GC-FID ทุก 7 วัน เป็นเวลา 1 เดือน และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของบุหงาและดอกไม้แห้ง เหมือนข้อ 2.3.1

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยตัวทำละลาย (เอทานอลและปิโตรเลียมอีเทอร์)

ผลการเปรียบเทียบวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากกระวาน กานพลู อบเชย ขิง และใบเตย ด้วยตัวทำละลายเอทานอลและปิโตรเลียมอีเทอร์ พบว่าการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยเอทานอลให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงกว่าการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ โดยให้กลิ่นที่ใกล้เคียงกับธรรมชาติมาก แต่น้ำมันที่ได้มีสีของเครื่องเทศที่นำมาสกัดอยู่ด้วย ส่วนการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ให้น้ำมันในปริมาณที่น้อยกว่า โดยน้ำมันที่ได้มีลักษณะสีเหลืองใสไปจนถึงสีน้ำตาล เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิด โดยใช้ GC-MS พบว่าเครื่องเทศแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบแตกต่างกันดังนี้ สารที่เป็นองค์ประกอบหลักของกระวาน ได้แก่ 1,8-cineole, linalyl propanoate และ terpineol ; กานพลู ได้แก่ eugenol, alloaromadendrene และ eugenolacetate ; อบเชย ได้แก่ cinnamaldehyde, coumarin และ cinnamic alcohol ; ขิง ได้แก่ zingiberene, B-phellandren และ bisabolene ; ใบเตย ได้แก่ 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4(H)-pyran-4-one (DDMP), 3-methyl-2(5H)-furanone และ 2-acetyl-1-pyrroline (ACPY) (ตารางที่ 1) นำน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลไปศึกษาการเป็นสารตรึงกลิ่นร่วมกับแป้งต่อไป

3.2 การศึกษาประสิทธิภาพฟิล์มแป้งมันสำปะหลังต่อการกั้นการซึมผ่านของน้ำมันหอมระเหย

ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารหอมระเหย 7 ชนิด ได้แก่ cinnamaldehyde, cis-jasmone, benzyl benzoate, eugenol, 1,8-cineol, limonene, 2,4,6-trimethylpyridine (TMP) ที่บรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดด้วยตัวอย่างฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง ทำการเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ปิดด้วยฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังป้องกันการซึมผ่าน TMP ได้ต่ำสุด โดยมีค่า steady flux rate (J) สูงสุดเท่ากับ 0.239 mg $cm^{-2}h^{-1}$ มีค่า diffusion coefficient (D) เท่ากับ 4.858 ($x10^{-4}$) cm^2/h รองลงมาคือ limonene, cinnamaldehyde, cis-jasmone, 1,8-cineol, eugenol และ benzyl benzoate โดยมีค่า steady flux rate (J) เท่ากับ 0.176, 0.100, 0.074, 0.041, 0.015 และ 0.011 mg $cm^{-2}h^{-1}$ ตามลำดับ มีค่า diffusion coefficient (D) เท่ากับ 4.447, 3.989, 3.401, 3.059, 2.798 และ 2.584 ($x10^{-4}$) cm^2/h (รูปที่ 1) แสดงว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังสามารถป้องกันการซึมผ่านของสารหอมระเหยได้ดีจากมากไปน้อย คือ benzyl benzoate > eugenol > cinnamaldehyde > cis-jasmone > 1,8-cineol > limonene > TMP ตามลำดับ การที่ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังสามารถป้องกันการซึม

ผ่านของสารหอมระเหยได้ เนื่องจากคุณสมบัติของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังประกอบด้วยโครงสร้างร่างแหของอะมิโลสเหมือนกับฟิล์มแป้งข้าว [8] และฟิล์มแป้งมันสำปะหลังมีลักษณะผิวเรียบ รูพรุนของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังมีขนาดเล็ก จึงทำให้โมเลกุลของสารหอมระเหยซึมผ่านได้ยาก [9] และการที่ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังป้องกันการซึมผ่านของ benzyl benzoate ได้ดี เพราะ benzyl benzoate เป็นสารที่มีมวลโมเลกุลสูง โครงสร้างสารมีขนาดใหญ่ มีจุดเดือดสูงจึงมีอัตราการระเหยต่ำ [10] ทำให้การซึมผ่านฟิล์มได้ยาก ส่วน TMP มีค่า steady flux rate สูงที่สุด แสดงว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังสามารถป้องกันการซึมผ่านของ TMP ได้น้อย เพราะ TMP เป็นสารที่ระเหยได้ง่าย มีจุดเดือดต่ำ มวลโมเลกุลต่ำ และขนาดโครงสร้างเล็กกว่าสารอื่นอีก 6 ชนิด [11]

3.3 การศึกษาประสิทธิภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังร่วมกับน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากเครื่องเทศและผงเครื่องเทศในการตรึงกลิ่นบุหงาและดอกไม้แห้ง

3.3.1 ประสิทธิภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังร่วมกับน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากเครื่องเทศ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกลิ่นของบุหงาและดอกไม้แห้งเมื่อเติมน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากเครื่องเทศ 5 ชนิด ร่วมกับฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง กับการเติมน้ำหอมเพียงอย่างเดียว หลังจากเก็บที่เวลา 1, 7, 15 และ 30 วัน (รูปที่ 2) พบว่าบุหงาและดอกไม้แห้งที่เติมน้ำหอมเพียงอย่างเดียวมีกลิ่นลดลงสูงสุด ลักษณะปรากฏของบุหงาและดอกไม้แห้งที่เติมน้ำหอมและฟิล์มแป้ง มีความแข็งแรงขึ้น มีการลดลงของกลิ่นน้อยกว่าการเติมน้ำหอมเพียงอย่างเดียว แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยที่เติมลงไปร่วมกับฟิล์มแป้งมันสำปะหลังมีแนวโน้มที่ช่วยให้กลิ่นระเหยได้ช้าลง [11-12] โดยน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูสามารถช่วยในการคงกลิ่นของบุหงาและดอกไม้แห้งได้ดีที่สุด เพราะน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีองค์ประกอบหลายชนิด (ตารางที่ 1) ซึ่งเป็นสารที่มีจุดเดือดสูง [13-14] จึงมีแนวโน้มในการระเหยได้ช้า [15] ดอกไม้มีกลิ่นที่ติดทนนานขึ้น และดอกไม้ที่เคลือบด้วยแป้งมันสำปะหลังและน้ำมันหอมระเหยกานพลูมีลักษณะเป็นมันเงา มีสีน้ำตาลซึ่งเป็นสีของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูที่สกัดได้ และดอกไม้มีความแข็งแรงขึ้นเนื่องจากการเคลือบของแป้ง ส่วนน้ำมันหอมระเหยกระวาน น้ำมันหอมระเหยอบเชย น้ำมันหอมระเหยขิง และสารสกัดใบเตยนั้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับกานพลู แต่สารสกัดใบเตยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันชนิดอื่นๆ ที่กล่าวมาแล้ว มีความสามารถในการตรึงกลิ่นได้น้อยที่สุด เพราะสารสกัดใบเตยที่ใช้มีองค์ประกอบของสาร ได้แก่ 3-methyl-2(5H)-furanone และ 2-acetyl-1-pyrroline ซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้ง่าย มีจุดเดือดต่ำ มวลโมเลกุลต่ำ และขนาดโมเลกุลเล็ก [10] จึงทำให้สารสกัดใบเตยมีความสามารถในการตรึงกลิ่นได้น้อยกว่าน้ำมันชนิดอื่นๆ เพราะฟิล์มสามารถป้องกันการซึมผ่านได้ต่ำสุด จากข้อที่ 3.2 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเก็บในถุง 3 ชนิดพบว่าการเก็บดอกไม้ในถุงพลาสติกสามารถเก็บกลิ่นได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นการเก็บในถุงผ้าโปร่งและถุงกระดาษสา โดยมีกลิ่นหอมนานมากกว่า 1 เดือน

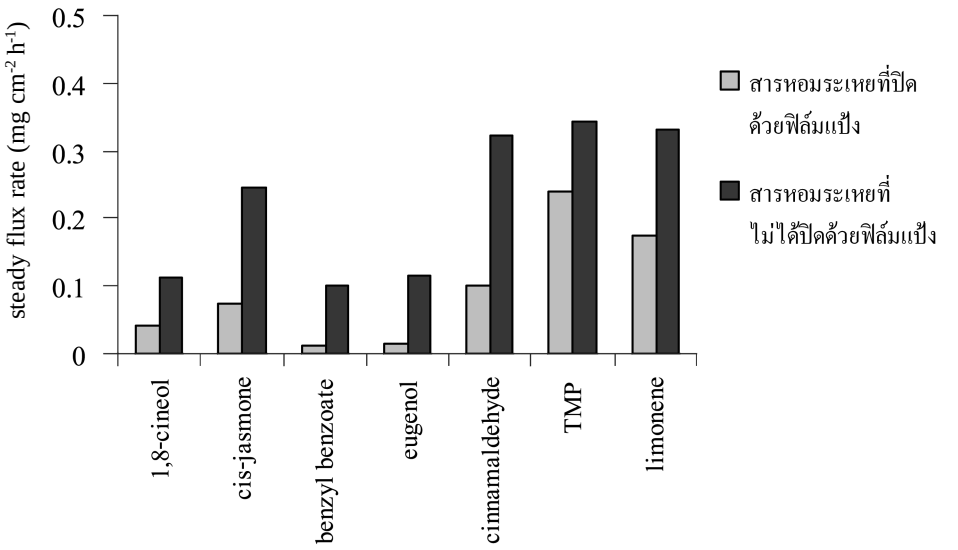
3.3.2 ประสิทธิภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังร่วมกับผงเครื่องเทศ

การเติมผงเครื่องเทศเพื่อใช้เป็นสารตรึงกลิ่นร่วมกับแป้ง พบว่าผงกานพลูช่วยในการตรึงกลิ่นได้ดีกว่าผงเครื่องเทศชนิดอื่น มีร้อยละการลดลงของกลิ่นต่ำที่สุด ดังที่กล่าวมาแล้วว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีจุดเดือดที่สูงจึงทำให้กลิ่นของน้ำมันกานพลูติดทนนาน นอกจากนี้การใช้ผงกานพลูซึ่งมีสารหอมระเหยที่อยู่ในวัตถุดิบปริมาณสูงและไม่ผ่านการสกัดด้วยความร้อน ทำให้องค์ประกอบของสารหอมระเหยไม่สูญเสีย เมื่อนำมาใช้ร่วมกับแป้งในการพ่นลงบนบุหงาและดอกไม้แห้งจึงให้กลิ่นที่แรงกว่าการเติมน้ำมันหอมระเหยโดยตรง แต่ลักษณะของดอกไม้แห้งที่พ่นผงเครื่องเทศลงไปพร้อมแป้งให้ลักษณะที่ไม่ดี คือผงของเครื่องเทศไม่เป็นเนื้อเดียวกันกับแป้งจึงทำให้มีลักษณะผิวที่ไม่เรียบ ส่วนผงอบเชย ผงกระวาน และผงขิง มีร้อยละการลดลงของกลิ่นสูงขึ้นตามลำดับ แต่มีแนวโน้มในการช่วยตรึงกลิ่นได้ดีเช่นกัน ส่วนใบเตยเนื่องจากไม่สามารถนำมาบดเป็นผงละเอียดได้ และการอบแห้งใบเตยก่อนทำการบดทำให้สารหอมระเหยสูญเสียไป จึงไม่สามารถนำมาศึกษาได้ เมื่อเปรียบเทียบชนิดของถุงในการเก็บรักษากลิ่นบุหงาและดอกไม้แห้งพบว่าถุงพลาสติกสามารถเก็บกลิ่นได้ดีกว่าถุงกระดาษสาและถุงผ้าโปร่ง

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของสารหอมระเหยจากเครื่องเทศทั้ง 5 ชนิดที่สกัดด้วยเอทานอล (EtOH) และสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ (PE)

องค์ประกอบ	กระวาน		กานพลู		อบเชย		ขิง		ใบเตย		กลิ่น	จุดเดือด (°ซ)
	EtOH	PE	EtOH	PE	EtOH	PE	EtOH	PE	EtOH	PE		
1,8-cineole	/	/			/	/					fresh, eucatyptus	177
Linalyl propanoate	/	/									fresh, bergamot	226
Terpineol	/	/									nutmeg	219
β-bulnesene	/	/									woody	-
Linalool	/	/									light, lavender	154
Myrcene	/	/									fresh	165
Eugenolacetate	/	/	/	/							warm, spicy	206
Limonene	/										lemon	178
Eugenol			/	/							warm, clove	121
Alloaromadendrene			/	/							wood	267
Humulene			/	/							fresh, green	107
Farnesene			/	/			/	/			fresh	262
α-cubebene			/	/							herbal, wax	-
Cinnamaldehyde					/	/					spicy, cinnamon	253
Coumarin					/	/					sweet, hay	153
Cinnamic alcohol					/	/					cinnamon, fruit	257
Copene					/	/					-	-
Cinnamyl acetate					/						sweet, balsamic	140
Methyleugenol					/						herbal	255
Campene					/	/					fresh, light	159
Zingiberene							/	/			warm, woody	-
β-phellandren							/	/			woody	66
Bisabolene							/	/			woody, balsamic	148
Curcumene							/	/			woody	-
Gingerone							/	/			spicy, ginger	-
Neral							/	/			lemon	119
Geraniol							/	/			citrus	230
Geranial							/				lemon	119
2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-												
methyl-4(H)-pyran-4-one									/	/	caramel, sweet	-
3-methyl-2(5H)-furanone									/	/	caramel, honey	-
1,2,3-propanetriol, diacetate									/	/	odorless	259
Methyl-6-oxoheptane									/	/	-	-
4,5-diamino-2-hydroxypyrimidine									/	/	-	-
Corymbolone									/		-	-
Caryophyllene oxide									/	/	herbal	-
2,3-dihydro-benzofuran									/		-	-
2-acetyl-1-pyrroline									/	/	sweet, pleasant	-

ที่มา : odor description, boiling point [13,14]



รูปที่ 1 ค่า steady state flux (J) ของสารหอมระเหยทั้ง 7 ชนิด

3.4 การประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของบุหงาและดอกไม้แห้ง

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของบุหงาและดอกไม้แห้งที่เก็บไว้ในถุงผ้าโปร่ง ถุงกระดาษสา และถุงพลาสติก แสดงดังรูปที่ 4, 5 และ 6 ตามลำดับ พบว่าเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บต่อลักษณะปรากฏของบุหงาและดอกไม้แห้งที่เติมเครื่องเทศชนิดต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง จากการพ่นฟิล์มแป้งเคลือบบุหงาและดอกไม้แห้งทำให้ดอกไม้มีความมันเงา มีความแข็งแรงไม่เปราะแตกง่ายแล้ว น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดที่เติมลงไปยังให้สีที่ได้แตกต่างกันด้วย บุหงาและดอกไม้แห้งที่พ่นด้วยน้ำหอมเพียงอย่างเดียวให้ลักษณะปรากฏที่ไม่ดี มีลักษณะแห้งกรอบ ไม่สวยงาม ส่วนดอกไม้ที่พ่นด้วยแป้งที่ผสมกับผงเครื่องเทศ ให้ลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกันกับฟิล์มแป้ง และเกิดการหลุดร่อนของผงเครื่องเทศ อาจเนื่องมาจากผงเครื่องเทศมีขนาดไม่ละเอียดพอจึงทำให้แป้งไม่สามารถจับยึดผงเครื่องเทศได้ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะเวลาในการเก็บต่อกลิ่นของบุหงาและดอกไม้แห้งพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยบุหงาและดอกไม้แห้งที่ตรึงกลิ่นด้วยแป้งมันสำปะหลังร่วมกับน้ำมันกานพลู และผงกระวาน มีการยอมรับทางด้านกลิ่นดีที่สุด เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากเครื่องเทศมีค่าจุดเดือดที่สูงจึงทำให้ระเหยได้ยาก กลิ่นติดคงทนนาน ส่วนผงของเครื่องเทศซึ่งมีปริมาณของน้ำมันหอมระเหยอยู่ในปริมาณที่สูงจึงทำให้กลิ่นติดทนนานเช่นกัน นอกจากนั้นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังยังมีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและสารหอมระเหย เนื่องจากลักษณะผิวที่เรียบ รูพรุนของฟิล์มที่มีขนาดที่เล็ก [9] จึงทำให้โมเลกุลของสารหอมระเหยซึมผ่านได้ยาก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเก็บในถุง 3 ชนิดพบว่าการเก็บในถุงพลาสติกเก็บกลิ่นได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นการเก็บในถุงผ้าโปร่ง และถุงกระดาษสา เพราะการเก็บด้วยถุงผ้าโปร่งและกระดาษสา ดอกไม้มีโอกาสสัมผัสกับอากาศได้มากกว่าถุงพลาสติก จึงทำให้การสูญเสียของกลิ่นมีมากกว่า นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสถานที่ๆ ใช้เก็บด้วย ซึ่งถ้าเก็บในที่ที่มีอากาศร้อน ยิ่งทำให้กลิ่นของบุหงาและดอกไม้แห้งสูญเสียไปได้อย่างรวดเร็ว เพราะความร้อนจะทำให้กลิ่นระเหยเร็วขึ้น [16] ส่วนบุหงาและดอกไม้แห้งที่เติมแป้งมันสำปะหลังร่วมกับน้ำมันกระวาน น้ำมันกานพลู และสารสกัดใบเตยมีการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมดีที่สุด เนื่องจากการพ่นฟิล์มแป้งร่วมกับน้ำมันหอมระเหยลงไปเพื่อเคลือบทำให้ดอกไม้มีความมันเงา มีความแข็งแรง และทำให้กลิ่นของบุหงาและดอกไม้แห้งติดทนนาน และหลังจาก 30 วัน การยอมรับทางประสาทสัมผัสของบุหงาและดอกไม้แห้งที่ตรึงกลิ่นด้วยฟิล์มแป้งมันสำปะหลังร่วมกับน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากเครื่องเทศ ยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

4. สรุปผลการทดลอง

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเครื่องเทศ 5 ชนิด ได้แก่ กระวาน กานพลู อบเชย ขิง และใบเตย ด้วยเอทานอลให้ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยสูงกว่าวิธีการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลและปิโตรเลียมอีเทอร์โดยแต่ละวิธีมีสารหอมระเหยที่เป็นองค์ประกอบหลักคล้ายคลึงกัน แต่มีปริมาณของสารแตกต่างกัน ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมซอร์บิทอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก สามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารหอมระเหยโดยสามารถป้องกัน benzyl benzoate ได้ดีกว่า eugenol, cis-jasmone, cinnamaldehyde, 1,8-cineol, limonene และ 2,4,6-trimethylpyridine (TMP) ตามลำดับ

ประสิทธิภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังร่วมกับน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากเครื่องเทศและผงเครื่องเทศในการตรึงกลิ่นบุหงาและดอกไม้แห้ง พบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังร่วมกับน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากกานพลูให้ลักษณะทางกายภาพและสามารถช่วยในการคงกลิ่นของบุหงาและดอกไม้แห้งได้มากที่สุด แต่สารสกัดใบเตยมีความสามารถในการตรึงกลิ่นได้น้อยที่สุด การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของบุหงาและดอกไม้แห้งที่เติมแป้งมันสำปะหลังร่วมกับน้ำมันหอมระเหยมีลักษณะปรากฏ มีการยอมรับทางด้านกลิ่นและมีการยอมรับด้านความชอบโดยรวมดีที่สุด ส่วนการเติมแป้งมันสำปะหลังร่วมกับผงกานพลูช่วยในการตรึงกลิ่นได้ดีกว่าผงเครื่องเทศชนิดอื่น แต่ลักษณะทางกายภาพของดอกไม้ที่พ่นผงเครื่องเทศลงไปพร้อมฟิล์มแป้งมันสำปะหลังให้ลักษณะที่ไม่ดี การเก็บรักษาดอกไม้แห้งและบุหงาที่ตรึงกลิ่นด้วยแป้งมันสำปะหลังร่วมกับน้ำมันหอมระเหยในถุงกระดาษสา ถุงผ้าโปร่ง และถุงพลาสติกสามารถเก็บรักษากลิ่นหอมได้นานมากกว่า 1 เดือน ถึงแม้ว่าถุงพลาสติกสามารถเก็บกลิ่นหอมได้ดีที่สุดก็ตาม

5. เอกสารอ้างอิง

1. Rosenthal, J. and Gojak, N, 2004, “Fixatives for Potpourri”, October 19, from http://www.fragrancesuppliers. com/ pom-supp/poms04.htm

2. Akisuke, O., 1984, “Liquid for Preservation of Plant and Method Forming Dried Plant using Said Preservation Liquid”,*US. Patent,* JP59227801A2.

3. Kenzo, H. and Kozo, H., 1987, “Production of Dry Flower”, *US. Patent,* JP62265202A2.

4. Fukai, H., Michihiro, Y., Naoto, O., and Yasushi, N., 1995, “Dry Flower and Process for Production of Same”, *US. Patent,* 1996.

5. Miller, K.S. and Krochta, J.M., 1997, “Oxygen and Aroma Barrier Properties of Edible Films: a Review”, *Trends in Food Science Technology,* July, Vol. 8, pp.228-237.

6. Hau, M.Y.M., Gray, DE.A., and Taylor, A.J.,1996, “Flavor Food Interaction : Binding of Volatiles to Starch”, *Journal of the American Chemical Society,* Washington, D.C., pp. 109-117.

7. Yilmaz, G., Jongboom, R., Feil, H., Dijk, C.V., and Hennink, W.E., 2004, “Permeation of Volatile Compounds through Starch Films”, *Biomacromolecules,* Vol. 5, pp. 650-656.

8. Laohakunjit, N. and Noomhorm, A., 2004, “Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch Film”, *Starch/Stake,* Vol. 56, pp. 348-356.

9. ปนัดดา พวงเกษม, 2540, “การเตรียมฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังและแนวทางการใช้ประโยชน์”, *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,* 127 หน้า.

10. Wood, A., 2005, “Index of Molecular Formulae”, June 22, from http://www.hclrss.demon.co.uk

11. Howard, D., 2005, “Boiling Point”, June 22, from http://en.wikipedia.org

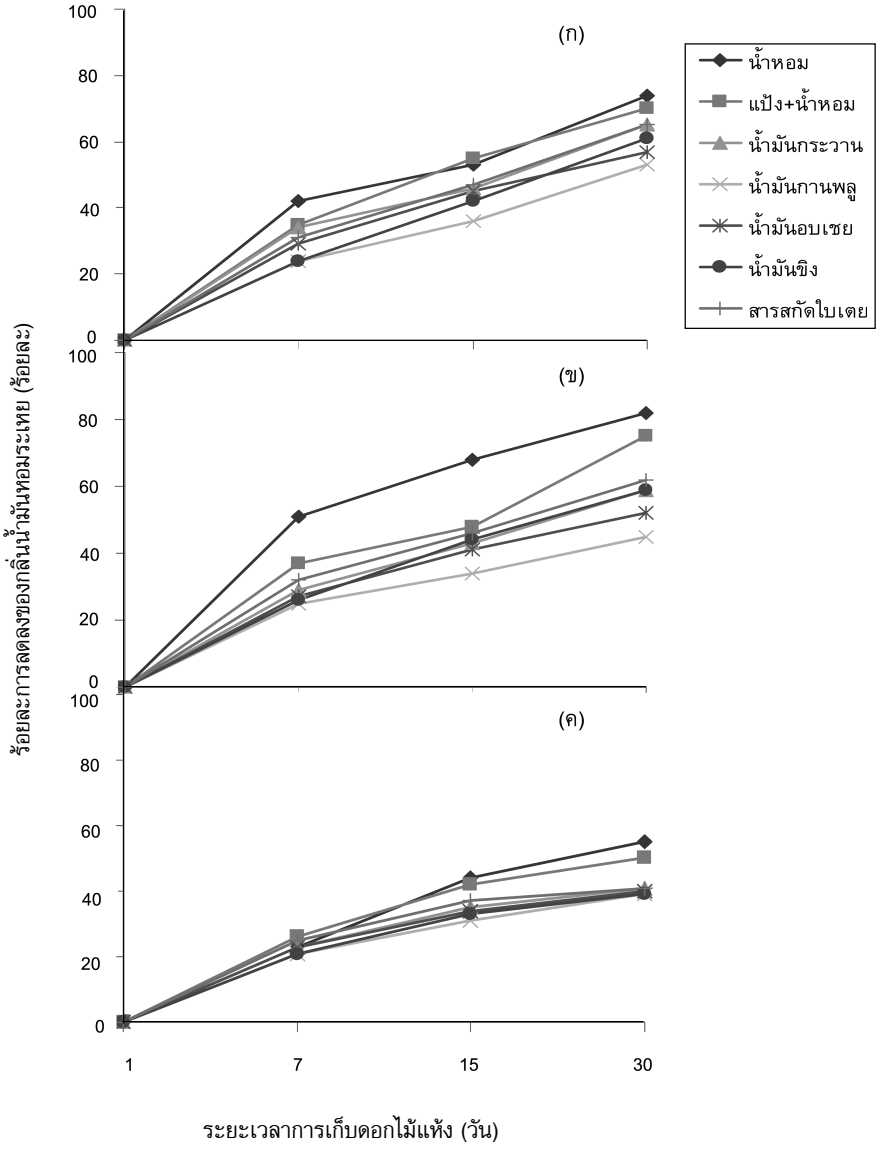
12. Taylor, A.J., 2002, “Release and Transport of Flavors In Vivo: Physicochemical, Physiological, and Perceptual Considerations”, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety,* Vol. 1, pp. 46-57.

13. ปานทิพย์ บุญส่ง, 2548, *"การพัฒนาสารตรึงกลิ่นในบุหงาและดอกไม้แห้งโดยใช้ฟิล์มแป้ง",* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, *137 หน้า.*

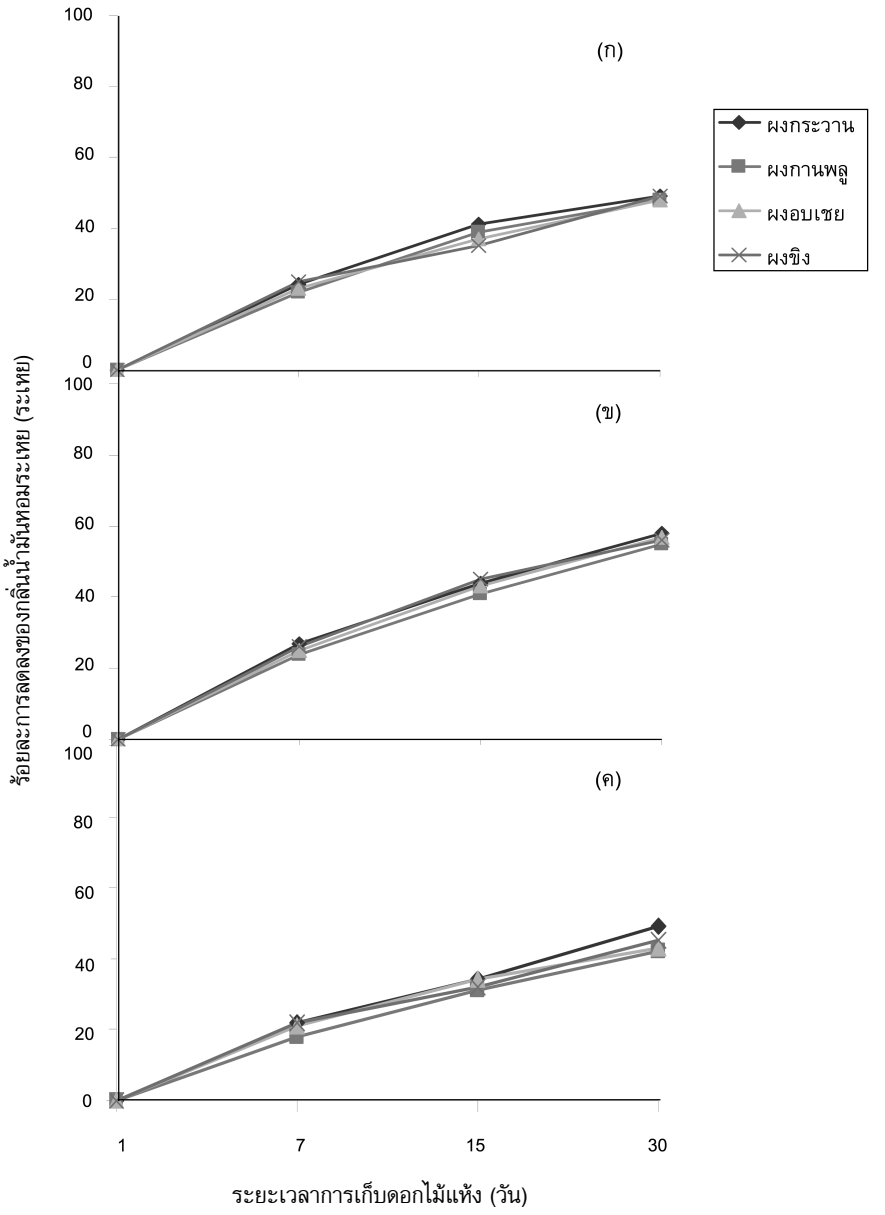
14. Bauer, K., Garbe, D., and Surburg, H., 1990, *Common Fragrance and Flavor Materials*, VCH Publishers, New York, 218 p.

15. Lee, K.G. and Shibamoto, T., 2001, "Antioxidant Property of Aroma Extract Isolated from Clove Dubs [*Syzygium aromaticum* (L.)]", *Food Chemistry,* Vol. 74, pp. 443-448.

16. Draper K., 2004, "How to Make Potpourri", October 19, from http://www. essortment.com/howtomakepo__rdrg.htm

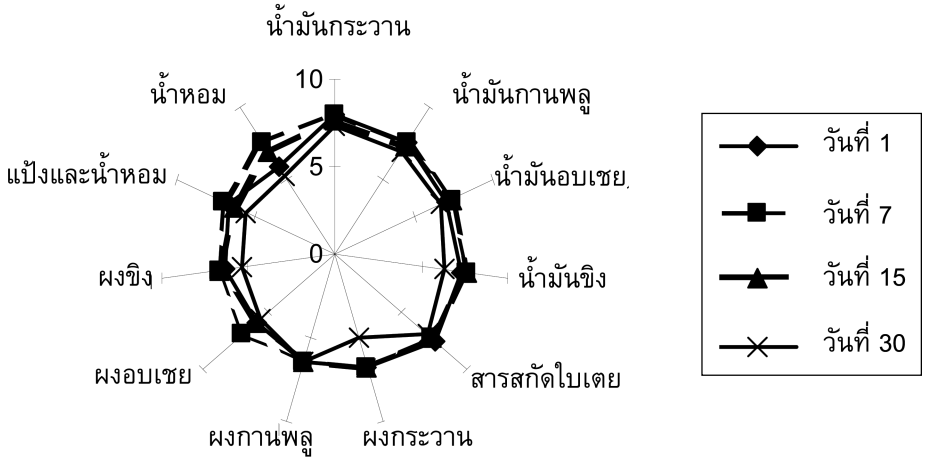


รูปที่ 2 ร้อยละการลดของกลิ่นในบุหงาดอกไม้แห้งที่เติมน้ำหอม แป้งและน้ำหอม น้ำมันกระวาน น้ำมันกานพลู น้ำมันอบเชย น้ำมัน ขิง และสารสกัดใบเตย ใน (ก) ถุงผ้าโปร่ง (ข) ถุงกระดาษสา และ (ค) ถุงพลาสติก หลังเก็บรักษา 1 วัน, 7 วัน, 15 วัน และ 30 วัน ตามลำดับ

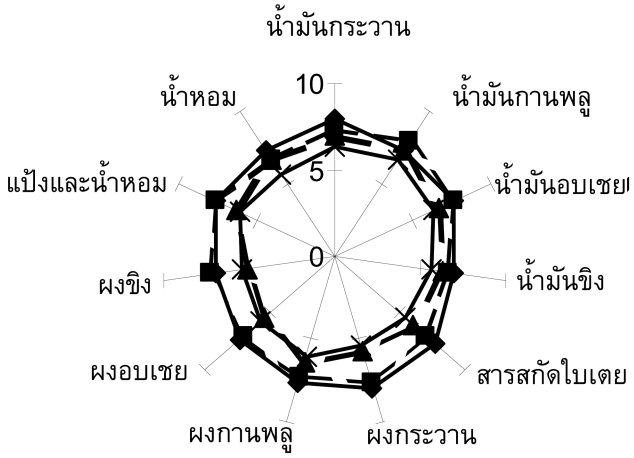


รูปที่ 3 ร้อยละการลดของกลิ่นในบุหงาดอกไม้แห้งที่เติมผงกระวาน ผงกานพลู ผงอบเชย และผงขิงใน (ก) ถุงผ้าโปร่ง (ข) ถุงกระดาษสา และ (ค) ถุงพลาสติก หลังเก็บรักษา 1 วัน, 7 วัน, 15 วัน และ 30 วัน ตามลำดับ

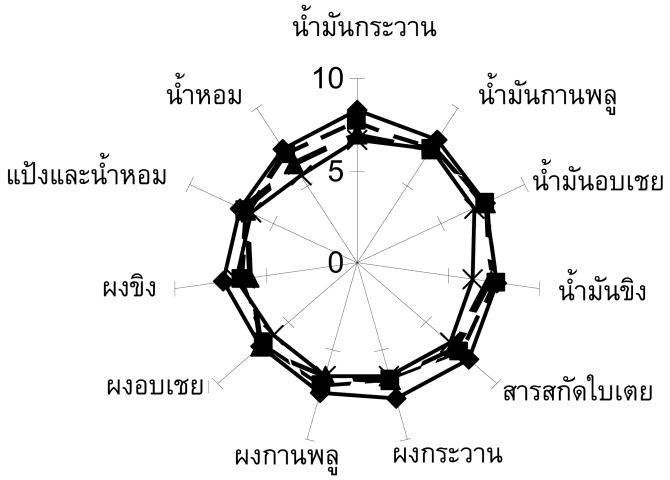
(ก)



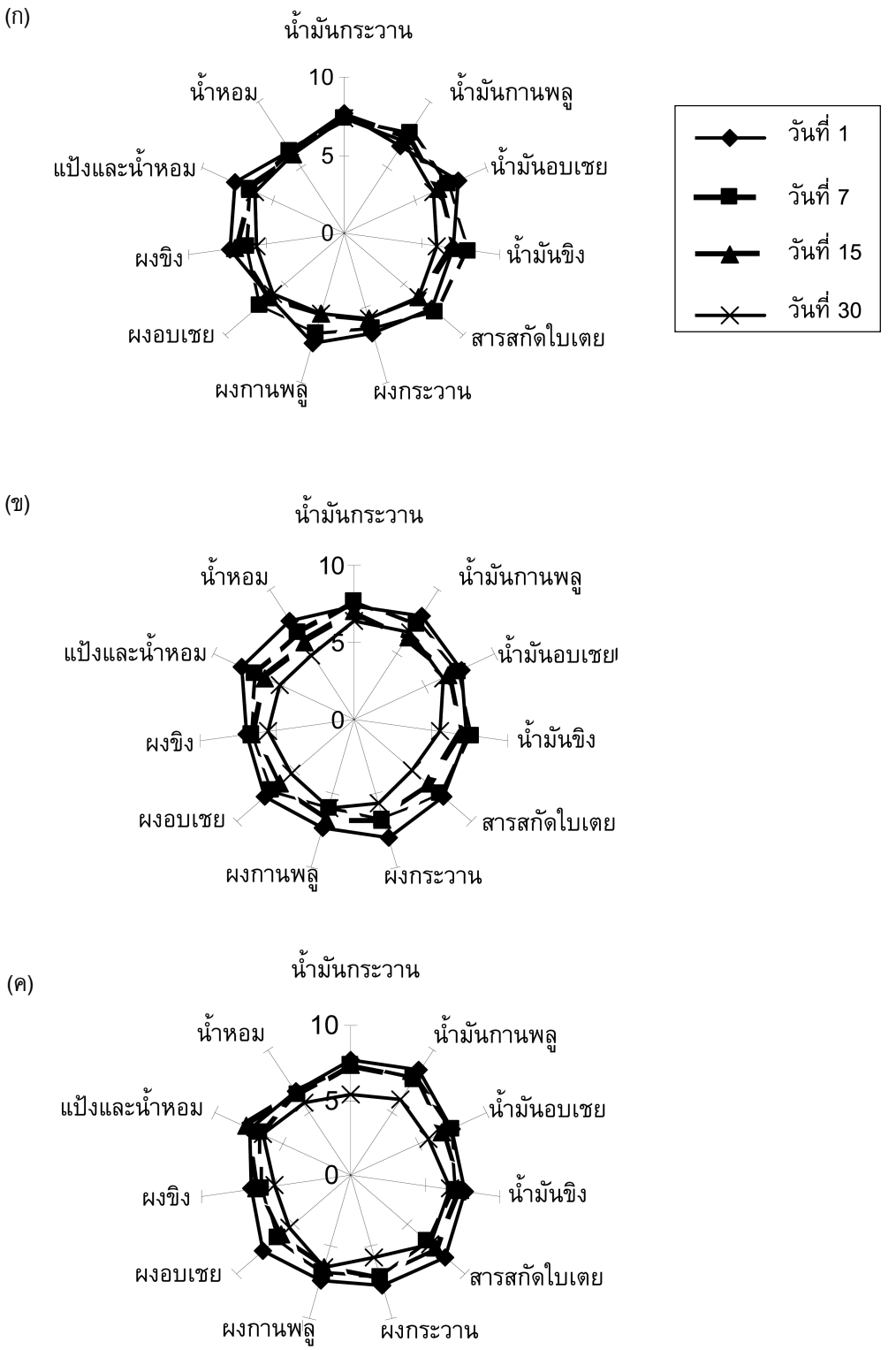
(ข)



(ค)

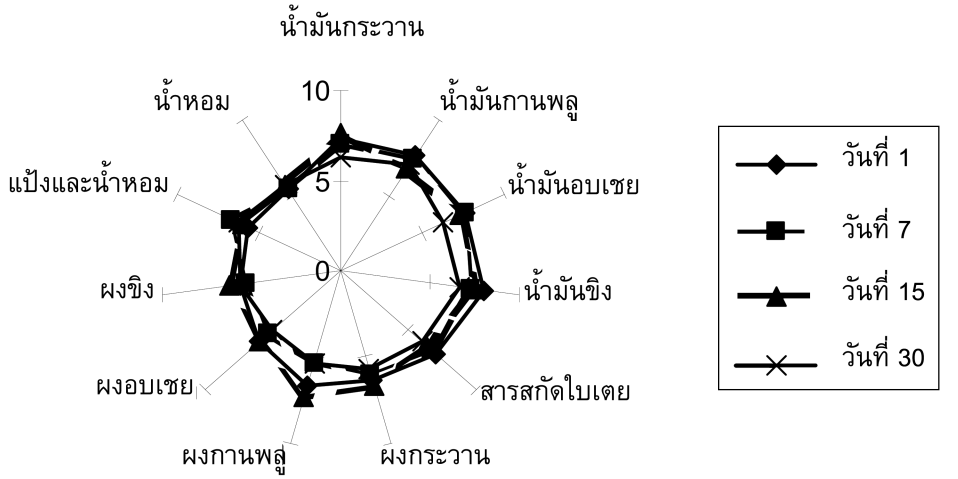


รูปที่ 4 การประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส (ก) ลักษณะปรากฏ (ข) กลิ่น (ค) ความชอบโดยรวมของบุหงาและดอกไม้แห้งที่เก็บในถุงผ้าโปร่ง

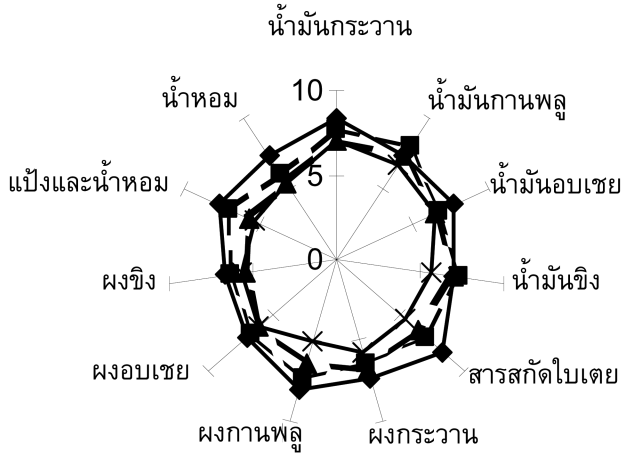


รูปที่ 5 การประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส (ก) ลักษณะปรากฏ (ข) กลิ่น (ค) ความชอบโดยรวมของบุหงาและดอกไม้แห้งที่เก็บในถุงกระดาษสา

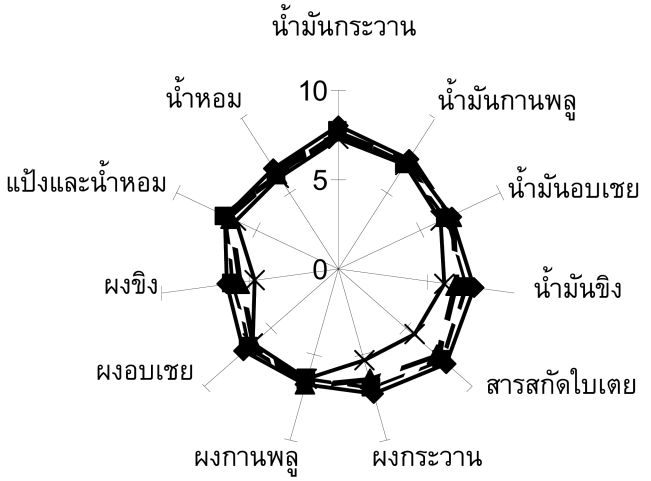
(ก)



(ข)



(ค)



รูปที่ 6 การประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส (ก) ลักษณะปรากฏ (ข) กลิ่น (ค) ความชอบโดยรวม ของบุหงาและดอกไม้แห้งที่เก็บในถุงพลาสติก