

การผลิตเจลปรับอากาศโดยใช้สารหอมที่สกัดได้จากใบเตยหอม

น้องนุช เจริญกุล¹ ณิชฐา เลาทกุลจิตต์² และ ดุษฎี อดุภาพ³

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตเจลปรับอากาศโดยใช้สารหอมที่สกัดได้จากใบเตยโดยวิธี simultaneous steam distillation and extraction ในการศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตเจลปรับอากาศโดยพิจารณาจากปริมาณของสาร 2-acetyl-1-pyrroline (ACPY) ร่วมกับผลทางประสาทสัมผัส พบว่าได้ส่วนผสมที่เหมาะสม 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 carrageenan ร้อยละ 1.5 ร่วมกับ propylene glycol ร้อยละ 2 และน้ำหอมร้อยละ 20, สูตรที่ 2 carrageenan ร้อยละ 2 ร่วมกับ propylene glycol ร้อยละ 3 และน้ำหอมร้อยละ 20, และสูตรที่ 3 carrageenan ร้อยละ 2.5 ร่วมกับ propylene glycol ร้อยละ 3 และน้ำหอมร้อยละ 20 เมื่อนำเจลปรับอากาศที่ผลิตได้ทั้ง 3 สูตร มาทำการศึกษาอายุการใช้งานโดยนำเจลมาเปิดทิ้งไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 22 ± 1 °C และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 69 ± 3 พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง เจลปรับอากาศสูตรที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณสาร ACPY ลดลงจากร้อยละ 77.90, 56.43 และ 12.29 ตามลำดับ และเมื่อทิ้งไว้ 2 วัน ไม่สามารถวิเคราะห์ปริมาณสาร ACPY ได้ แต่เมื่อใช้การดมจะมีกลิ่นหอมอ่อนๆ ของใบเตย ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเจลปรับอากาศ พบว่าสีของเจลทั้ง 3 สูตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการใช้งาน สำหรับความแข็งแรงของเจลยังไม่สามารถบอกแนวโน้มได้ในช่วงของการศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่าในวันที่ 10 เจลทั้ง 3 สูตร จะมีการสูญเสียรูปทรงและสูญเสียน้ำหนักไปประมาณร้อยละ 90 และ 50 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ใบเตยหอม / น้ำหอม / เจลปรับอากาศ / Simultaneous Steam Distillation and Extraction / 2-Acetyl-1-Pyrroline / Purge & Trap / GC-MS

¹ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

² อาจารย์ประจำ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

³ รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

Air Freshener Gel Production using Extracted Fragrance from Pandan (*Pandanus amaryllifolius*) Leaves

Nongnuch Charoenkul¹ Nutta Laohakuljit² and Dudsadee Uttapap³

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Toongkru, Bangkok 10400

Abstract

The aim of this research was to prepare air freshener gel using fragrance extracted from pandan leaves by simultaneous steam distillation and extraction. According to the 2-acetyl-1-pyrroline (ACPY) content combined with sensory evaluation, 3 gel formulas were chosen; formula 1 (1.5% carrageenan, 2% propylene glycol and 20% fragrance), formula 2 (2.0% carrageenan, 3% propylene glycol and 20% fragrance) and formula 3 (2.5% carrageenan, 3% propylene glycol and 20% fragrance). After storage the gels at 22 ± 1 °C and 69 ± 3 % RH for 4 hours, the ACPY content of formula 1, 2 and 3 decreased 77.90%, 56.43% and 12.29%, respectively. No ACPY was detected in all formulas after 2 days storage, however mild pandan odor still could be smelt. The color intensity of these gels increased with time, while the gel strength changed slightly during 4 days storage. About 90% dimension loss and 50% weight loss were found at day 10th.

Keywords : Pandan Leaves / Fragrance / Air Freshner Gel / Simultaneous Steam Distillation and Extraction / 2-Acetyl-1-Pyrroline / Purge & Trap / GC-MS

¹ Graduate Student, Biochemical Technology Program, School of Bioresources and Technology.

² Lecturer, Biochemical Technology Program, School of Bioresources and Technology.

³ Associate Professor, Biochemical Technology Program, School of Bioresources and Technology.

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับปรับอากาศมากมายในท้องตลาด เช่น สเปรย์ปรับอากาศ น้ำหอมปรับอากาศ และเจลปรับอากาศ ซึ่งน้ำหอมสำหรับผสมเพื่อให้กลิ่นในผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำหอมที่สังเคราะห์ขึ้น เช่น กลิ่นส้ม กลิ่นมะนาว กลิ่นกุหลาบ และกลิ่นดอกกล้วยไม้ เป็นต้น ซึ่งน้ำหอมเหล่านี้จะให้กลิ่นที่ค่อนข้างรุนแรง ผู้บริโภคบางคนอาจจะไม่ชอบ ดังนั้นการนำน้ำหอมที่สกัดจากธรรมชาติมาใช้จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ

ไบโอดีเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นพืชมีคุณค่าทางกลิ่นหอม ให้สารหอมที่ปลอดภัย ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค มีปริมาณมากในประเทศไทย และราคาถูก ถ้านำมาสกัดสารหอมเพื่อนำมาใช้สำหรับการปรับอากาศ เช่น ไซในรูปของเจลปรับอากาศ จะเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรของไบโอดี เจลปรับอากาศที่มีขายตามท้องตลาดส่วนใหญ่จะทำจากสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) เช่น carrageenan ผสมกับน้ำหอมสังเคราะห์ และมีส่วนประกอบอื่นๆ ที่ช่วยในการละลายน้ำหอมกับเจล หรือให้ความชุ่มชื้นกับเจล (humectant) เช่น propylene glycol นอกจากนี้ยังต้องมีบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันการสูญเสียของกลิ่น และให้ลักษณะปรากฏที่ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค

วิมลมาศและสุนทร [1] ได้รายงานการวิเคราะห์สารหอมจากไบโอดีเพื่อนำไปใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นบุหรีโดยนำไบโอดีมากลั่นด้วยไอน้ำและทำให้เข้มข้นโดยสกัดด้วยตัวทำละลายหลายชนิด และได้ทดลองใช้ส่วนสกัดไบโอดีสดใน ethyl alcohol ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กับบุหรีที่ใช้ใบยาไทยล้วน ซึ่งมีรสขมมากและฉุนปานกลาง ให้ผู้ทดลองสูบ 10 คนทดลองสูบ สำหรับบุหรีที่มีความฉุนมากผู้สูบไม่อาจบอกผลการเติมส่วนสกัดไบโอดีในบุหรีได้ เพราะรสขมกลบกลิ่นอื่นๆ ส่วนที่ความฉุนปานกลาง การใช้ความเข้มข้นส่วนสกัดไบโอดีสูงๆ ไม่เป็นผลดีเพราะสารอื่นๆ ที่ไม่ต้องการปะปนมากทำให้กลิ่นเพี้ยนไป การเติมส่วนสกัดไบโอดีเข้มข้นปานกลาง (ใช้ไบโอดี 100 กรัม ต่อแอลกอฮอล์เข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 100 มล.) 50 ไมโครลิตร ฉีดเข้าบุหรีผสมใบยาไทยจะให้ผลดีกว่า และได้มีข้อสังเกตว่าการใช้สารหอมจากไบโอดีหอมกับบุหรีมีแนวโน้มที่ทำให้บุหรีมีความฉุนและรสชาติเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นที่ต้องการของผู้ที่ชอบกลิ่นฉุน

Buttery และคณะ [2] ได้ค้นพบสาร 2-acetyl-1-pyrroline (ACPY) เป็นครั้งแรกในข้าวหอม ซึ่งเป็นสารประกอบ heterocyclic ที่ให้กลิ่นหอมคล้ายกลิ่นของไบโอดีถ้าผู้ทดสอบเป็นคนเอเชียหรือให้กลิ่นคล้ายข้าวโพดถ้าผู้ทดสอบไม่ใช่คนเอเชีย [3] โดยพบสารดังกล่าวปรากฏอยู่ทั้งในพันธุ์ข้าวหอมและไม่หอม แต่ปริมาณที่พบในข้าวไม่หอมจะน้อยกว่าข้าวหอมมาก ต่อมาจึงพบว่าสาร ACPY เป็นสารหอมที่ให้กลิ่นหลักของไบโอดี โดยสารดังกล่าวในไบโอดีมีความเข้มข้นมากกว่าในข้าวหอมถึง 10 เท่า และมากกว่าในข้าวไม่หอมถึง 100 เท่าเมื่อเทียบต่อน้ำหนักแห้งที่เท่ากัน [4] Laksanalamai และคณะ [5] ได้ยืนยันว่าสาร ACPY เป็นสารที่ให้กลิ่นคล้ายไบโอดีในข้าวหอมมะลิ

โดยการศึกษาเปรียบเทียบสารประกอบที่ให้กลิ่น ACPY จากใบเตยและข้าวหอมของไทยพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ด้วยวิธีสกัดด้วยไอน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์แบบต่อเนื่อง แล้วใช้ gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) พิสูจน์เอกลักษณ์ของสาร

สาร ACPY ในใบเตยเป็นสารระเหยที่มีจุดเดือดต่ำมาก ถ้าสารนี้อยู่ในสภาพบริสุทธิ์จะต้องเก็บในภาชนะที่ปิดมิดชิดและที่อุณหภูมิต่ำ (น้อยกว่า -20°C) จึงจะสามารถป้องกันการระเหยของสารได้อีกวิธีหนึ่งคือการเก็บไว้ในสภาพสารละลาย เช่น ในสารละลายกรดอ่อนหรือในตัวทำละลายเบนซีน ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกและสามารถยืดอายุการเก็บสารหอมนี้ได้ระยะหนึ่ง [6] นอกจากนี้ใบเตยจะมีสาร ACPY ซึ่งเป็นสารหลักที่ให้กลิ่นหอมแล้ว ยังพบว่าในสารสกัดจากใบเตยมีสารที่ให้กลิ่นเสริมอีกไม่ต่ำกว่า 24 ชนิด ประกอบด้วยสารประเภท aldehydes 4 ชนิด, ketones 4 ชนิด, carboxylic acids 2 ชนิด, hydrocarbon, acyclic terpene 1 ชนิด, furanone 1 ชนิด, pyridines 3 ชนิด, furan 1 ชนิด, pyrroline 1 ชนิด, benzene compound 1 ชนิด และ phenol 1 ชนิด [7]

จากการที่เตยหอมเป็นพืชที่คนไทยรู้จักกันมานานและนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันกันมาก สามารถหาง่ายในประเทศไทย ราคาถูก เป็นพืชที่ให้กลิ่นไม่เป็นพิษภัยในการนำมาประกอบอาหาร ใบเตยมีสารต่างๆ อยู่หลายชนิดและมีสารที่ให้กลิ่นหอมด้วย งานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีการนำสารหอมจากใบเตยมาใช้ โดยได้ศึกษาการผลิตเจลปรับอากาศกลิ่นใบเตย งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาศักยภาพต่างๆ ที่มีผลต่อการผลิตเจลปรับอากาศ รวมถึงคุณภาพและอายุการใช้งานของเจลปรับอากาศ

2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง

1. การเตรียมวัตถุดิบสำหรับการสกัดด้วยวิธี Simultaneous Distillation and Extraction (SDE)

ใบเตยที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้จากสวน ต. ท่าอิฐ อ. เมือง จ. นนทบุรี โดยการสกัดสารหอมจะใช้เฉพาะใบที่แก่จัดนับจากยอดลงมา 3 ใบ จึงเริ่มตัดตั้งแต่ใบที่ 4 ลงมา นำใบเตยที่ได้มาล้าง หั่น และชั่งน้ำหนัก 1,000 กรัม หลังจากนั้นจึงนำมาบดละเอียดกับน้ำ 2 ลิตร ด้วยเครื่องปั่นและกรองเอาเฉพาะส่วนน้ำ แล้วนำกากที่ได้มาคั้นกับน้ำ 2 ลิตร ซ้ำ 2 ครั้ง รวมน้ำที่คั้นได้ทั้งหมดและปรับปริมาตรให้ครบ 6 ลิตร แล้วจึงเทใส่ flask ก้นกลมขนาด 10 ลิตร เพื่อนำไปใช้ในการสกัดต่อไป

2. การสกัดด้วยวิธี SDE

นำน้ำใบเตยมาสกัดตามวิธี SDE ที่ดัดแปลงมาจาก Liken และ Nickerson [8] โดยนำน้ำใบเตยที่เตรียมได้มาใส่ใน flask 10 ลิตร และตั้งบน heating mantle ส่วนอีกข้างหนึ่งของชุดสกัดเป็น flask ก้นกลมขนาด 250 มล. ซึ่งบรรจุด้วย น้ำกลั่น 80 มล. ตัวทำละลาย diethyl ether 120 มล. และกรดซัลฟูริก เข้มข้น 1 N 2 มล. และ flask นี้จะตั้งใน water bath ควบคุมอุณหภูมิที่ 50°C แล้วจึงประกอบ

ชุดสกัด จากนั้นจึงเริ่มการสกัดโดยจับเวลาหลังจากสารละลายเดือดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำสารละลายที่ได้มาแยกชั้น diethyl ether ออกไป แล้วนำชั้นน้ำมาระเหย diethyl ether ที่อาจติดมาด้วย rotary evaporator เก็บสารสกัดที่ได้ที่อุณหภูมิ -18°C ในสภาพที่เป็นกรด (pH 2) และนำมาปรับ pH ให้เป็นด่าง (8.0-8.5) ด้วย Na_2HCO_3 อิมตัว เมื่อจะนำไปใช้ในการทดลอง

3. การวิเคราะห์สารระเหยที่สกัดได้จากใบเตยด้วยเครื่อง GC-MS

การนำสารเข้าสู่ GC-MS ใช้เทคนิค purge & trap โดยนำตัวอย่างสารหอมที่สกัดได้ปริมาตร 2 มล. ใส่ใน frit sparger ขนาด 5 มล. และ purge ด้วยก๊าซฮีเลียมที่อุณหภูมิ 30°C นาน 30 นาที สารระเหยทั้งหมดจะถูกดูดซับอยู่บนตัวดูดซับ หลังจากนั้นจึงใช้ความร้อนในการไล่สารระเหยออกจากตัวดูดซับด้วยอุณหภูมิ 180°C นาน 20 นาที เพื่อให้สารเข้าคอลัมน์ของเครื่อง GC

สภาวะของเครื่อง GC-MS: ใช้การฉีดด้วยระบบ split โดยใช้ split ratio 10:1 ที่ split flow 6 มล./นาที ในส่วนของคอลัมน์จะตั้งอัตราการไหลของก๊าซฮีเลียมเข้าคอลัมน์เป็น 0.6 มล./นาที ส่วนอุณหภูมิคอลัมน์จะตั้งแบบ temperature program โดยใช้อุณหภูมิเริ่มต้น 50°C นาน 2 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นด้วยอัตราเร็ว $10^{\circ}\text{C}/\text{นาที}$ จนถึงอุณหภูมิ 170°C และคงอุณหภูมิไว้ที่ 170°C นาน 5 นาที

ส่วนของ MS เป็นแบบ quadrupole ที่ต่อเข้ากับ GC โดยตรง ซึ่งผ่านส่วนเชื่อมต่อ (transfer line) ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ 170°C และอุณหภูมิของ ion source เป็น 230°C ในระบบ electron impact ionization (EI) โดยมีพลังงานเฉลี่ยของอิเล็กตรอนเท่ากับ 70 eV โดยให้ผลการแยกองค์ประกอบของสารระเหยเป็น total ion chromatogram (TIC) ในระบบ scan mode ใช้ช่วงของ mass 40 ถึง 200 โดยตั้ง solvent delay เป็น 6.5 นาที การพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารระเหยใช้การเปรียบเทียบกับสเปกตรัมกับสเปกตรัมมาตรฐานของ Wiley275 library

4. การวิเคราะห์ปริมาณสาร ACPY ที่สกัดได้จากใบเตยในชั้นน้ำ

นำใบเตยที่เก็บได้ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกันยายน (เก็บ 4 ชุดๆ ละ 3 ครั้ง) มาทำการสกัดสารหอมตามวิธีในข้อ 2 จากนั้นนำสารสกัดมาปรับค่า pH แล้วผสมกับสารมาตรฐาน 2, 4, 6-trimethyl-pyridine (TMP, จากบริษัท Sigma) ความเข้มข้น 2 พีพีเอ็ม ในอัตราส่วน 1:1 นำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง purge & trap และ GC-MS โดยแต่ละตัวอย่างจะทำการทดลอง 4 ซ้ำ การคำนวณปริมาณสาร ACPY จะใช้ความสัมพันธ์ของพื้นที่ใต้กราฟกับปริมาณสารมาตรฐาน

5. การศึกษาหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตเจลปรับอากาศ

วิธีการผลิตเจลปรับอากาศ

ในการศึกษาเบื้องต้นสูตรที่ใช้ในการผลิตเจลปรับอากาศได้ดัดแปลงมาจากสิทธิบัตรของ McClintock [9], Evans [10], และ Modi [11] ซึ่งมีขั้นตอนในการเตรียมดังนี้

1. ละลาย carrageenan (Satiagel VG11) ชนิด kappa จากบริษัท SKW Biosystems ประเทศฝรั่งเศส (ในปริมาณที่ทำให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายในเจลตามที่ระบุไว้ในแต่ละการทดลอง) ในน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิห้อง พร้อมกับปั่นกวนตลอดเวลาด้วยเครื่องกวนแบบแท่งแม่เหล็ก จนกระทั่งเป็นเนื้อเดียวกัน

2. เพิ่มอุณหภูมิของผสมจนถึง 65 °ซ จากนั้นค่อยๆ เติม propylene glycol (ในปริมาณที่ทำให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายในเจลตามที่ระบุไว้ในแต่ละการทดลอง), propylparahydroxybenzoate 0.05% (w/w ของเจลปรับอากาศ) และสารละลายสีเขียวสังเคราะห์ ชื่อทางการค้า Dylon รหัส A24 เข้มข้น 0.03% (w/v) (ปริมาตร 5 มล. ต่อ 100 กรัม ของเจลปรับอากาศ) ตามลำดับ แล้วปั่นกวนให้เข้ากัน จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 70 °ซ

3. ลดอุณหภูมิของผสมลงถึง 60 °ซ แล้วจึงเติมน้ำหอมและปั่นกวนให้เข้ากันอีก 1 นาที

4. เทเจลที่ได้ลงในภาชนะบรรจุที่เป็นพลาสติกทรงกระบอก และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นาน 15-20 นาที เพื่อให้เกิดเจลแล้วปิดฝาให้สนิท

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตเจลปรับอากาศ

ก. แปรค่าความเข้มข้นของ carrageenan เป็น 3 ระดับ คือ 1.5, 2.0 และ 2.5% (w/w ของเจลปรับอากาศ)

ข. แปรค่าความเข้มข้นของ propylene glycol เป็น 3 ระดับ คือ 2.0, 3.0 และ 4.0% (w/w ของเจลปรับอากาศ)

ค. แปรค่าปริมาณของสารสกัดจากใบเตยเป็น 2 ระดับ คือ 10.0 และ 20.0% (w/w ของเจลปรับอากาศ)

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเจลปรับอากาศ

ก. การวิเคราะห์ค่า %syneresis โดยดัดแปลงวิธีจากสิทธิบัตรของ Lin และคณะ [12]

ข. วิเคราะห์ความแข็งของเจลด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron รุ่น 4301) ดัดแปลงวิธีจากสิทธิบัตรของ Lin และคณะ [12] และ Modi [11] โดยใช้หัววัดแบบ cylindrical ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.3 มม. บันทึกค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เจลแตก

ค. วัดค่าสีด้วยระบบ hunter [7] โดยใช้เครื่องวัดสี (colorimeter) Juki รุ่น JP7100

ง. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นโดยนำตัวอย่างเจลมาบดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20 mesh ใส่ใน frit sparger 2.0 กรัม แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง purge & trap และ GC-MS

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเจลปรับอากาศ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเจลปรับอากาศใช้สถานที่ห้องวิจัย สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี โดยใช้ตัวอย่างเจลที่อยู่ในภาชนะทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.4 ซม. สูง 1.5 ซม. ทำการทดสอบแบบ scoring test โดยให้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน (semi-train) จำนวน 12 คน ที่ผ่านการคัดเลือกโดยทดสอบ dilution test และ triangle test

การวางแผนการทดลองทางสถิติ

นำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณค่าทางสถิติ โดยวางแผนทดลองแบบ Asymmetrical factorial ขนาด 3x3x2 ทดลอง 2 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS for Windows

6. การศึกษาอายุการใช้งานของเจลปรับอากาศ

นำเจลปรับอากาศในที่ผ่านการวิเคราะห์และยอมรับทางประสาทสัมผัสจำนวน 3 สูตร มาทำการศึกษาอายุการใช้งาน โดยนำเจลมาเปิดทิ้งไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 22x1 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 69±3 เปอร์เซ็นต์ ทำการเก็บตัวอย่างและนำมาวิเคราะห์ผลทุกวัน เป็นเวลา 5 วัน ดังนี้

ก. วัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสีระบบ hunter โดยใช้เครื่องวัดสี (colorimeter) Juki รุ่น JP7100

ข. วิเคราะห์ความแข็งของเจล

ค. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นโดยนำตัวอย่างเจลมาบดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20 mesh ใส่ใน frit sparger 2.0 กรัม แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง purge & trap และ GC-MS

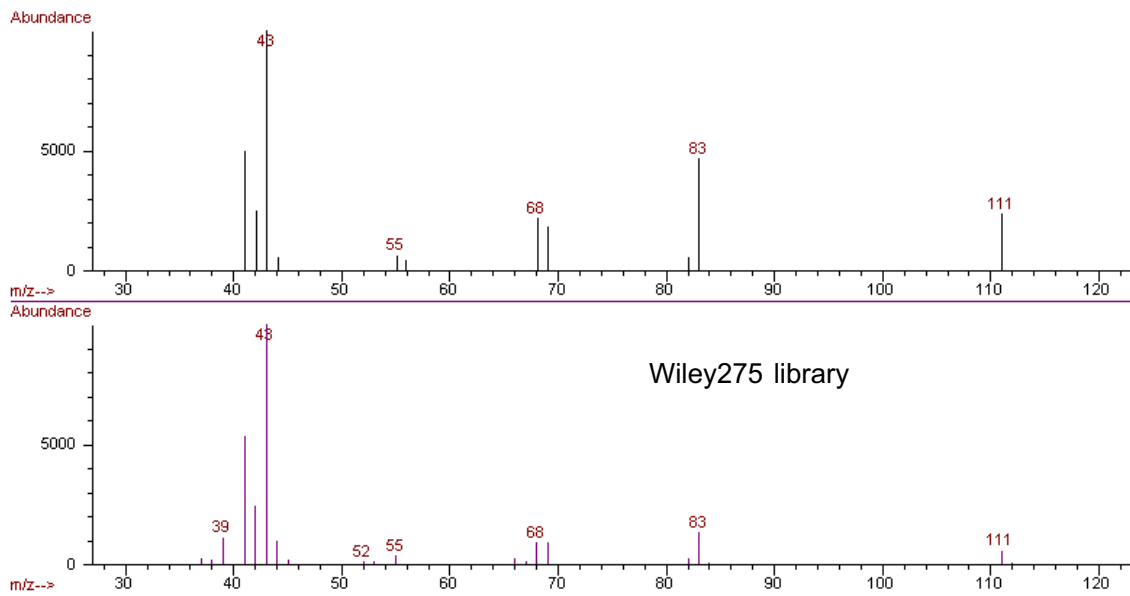
ง. วิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียรูปทรง (%dimensional loss) ตามวิธีของ Modi [11]

จ. วัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเจล ตามวิธีของ Modi [11]

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร ACPY ของสารหอมจากใบเตยในชั้นน้ำ

เมื่อนำสารหอมที่สกัดได้จากใบเตยในชั้นน้ำมาฉีดเข้าเครื่อง purge & trap และ GC-MS พบว่ามีองค์ประกอบของสาร ACPY เนื่องจากสเปคตรัมที่ได้ตรงกับสเปคตรัมมาตรฐานของ ACPY ใน Wiley275 library ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะสเปกตรัมของสาร ACPY ที่สกัดได้จากใบเตยในชั้นน้ำเทียบกับสเปกตรัมมาตรฐาน

ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสาร ACPY จะใช้สาร 2, 4, 6-trimethylpyridine (TMP) เป็นสารมาตรฐาน [13] เนื่องจากไม่มีการสังเคราะห์และจำหน่ายสาร ACPY ในทางการค้า โดยทำการฉีดสารมาตรฐาน TMP ความเข้มข้น 2 พีพีเอ็ม ไปพร้อมกับสารตัวอย่าง และคำนวณปริมาณโดยใช้พื้นที่ใต้กราฟของสาร ACPY เทียบกับพื้นที่ใต้กราฟของสาร TMP ซึ่งสาร ACPY และ TMP มีค่า retention time ที่ 10.00 และ 10.35 นาที ตามลำดับ พบว่าความเข้มข้นของสาร ACPY ในชั้นน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 1.29-2.88 พีพีเอ็ม (2.04 ± 0.799 พีพีเอ็ม) จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นของสาร ACPY เป็นช่วงที่ค่อนข้างกว้าง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากใบเตยเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรที่ควบคุมความสม่ำเสมอของวัตถุดิบเริ่มต้นได้ยาก ซึ่งขึ้นกับฤดูกาลและสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยชุดที่นำไปใช้ในการทดลองผลิตเจลปรับอากาศมีความเข้มข้น 1.755 ± 0.021 พีพีเอ็ม

2. ผลการศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตเจลปรับอากาศ

จากการศึกษาหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตเจลปรับอากาศ โดยแปรปริมาณการใช้ carrageenan, propylene glycol, และน้ำหอมเป็น 3, 3 และ 2 ระดับ ตามลำดับ นำเจลที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณสมบัติของกลิ่นโดยใช้เครื่อง purge & trap และ GC-MS ร่วมกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแรงของกลิ่น แล้วนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ผลการทดลองดังนี้

2.1 ผลของส่วนผสมต่อค่า %syneresis (รูปที่ 2 a)

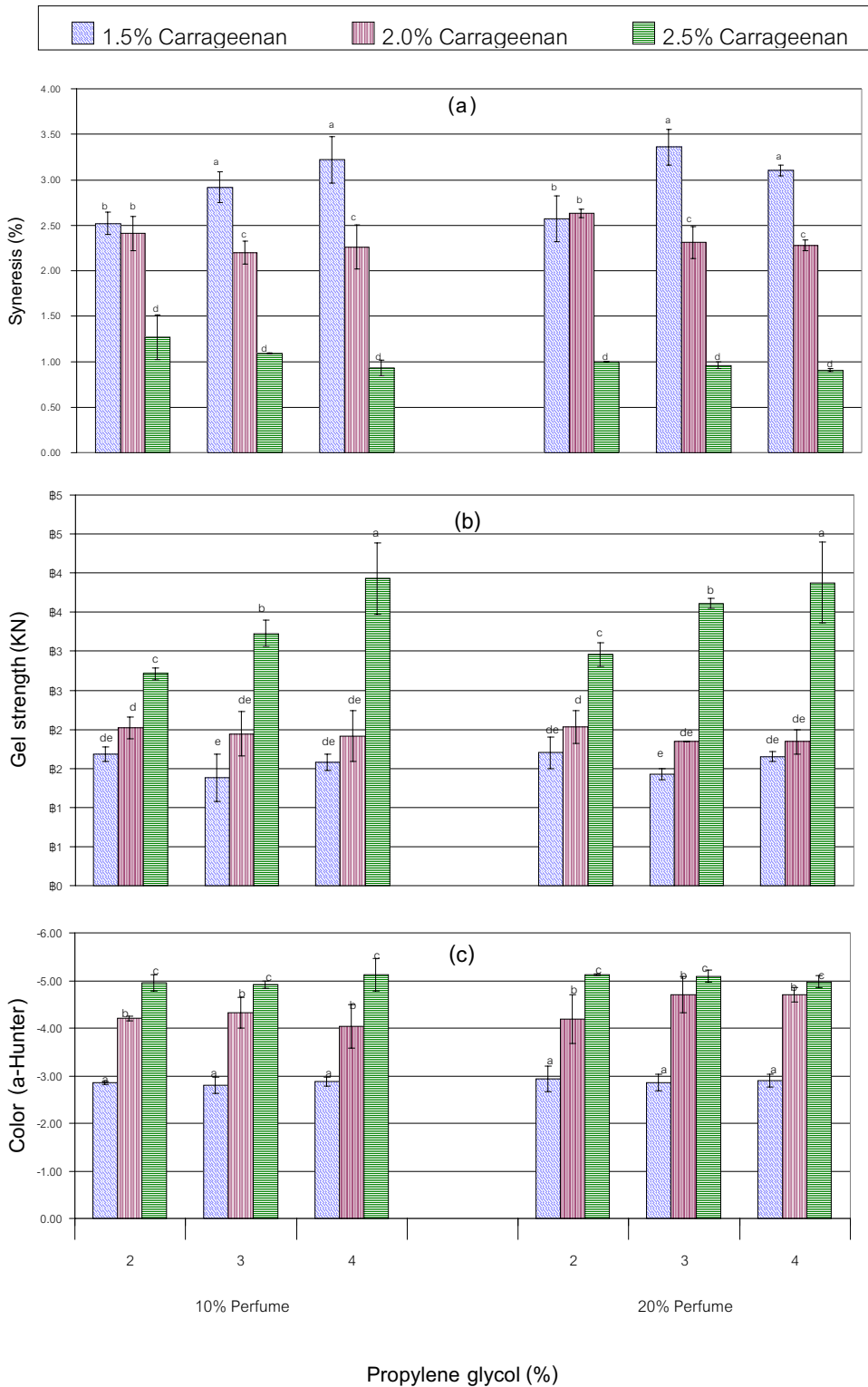
จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ carrageenan กับ propylene glycol มีผลต่อค่า %syneresis ของเจลอย่างมีนัยสำคัญ แต่ปริมาณน้ำหอมไม่มีผลต่อค่า %syneresis อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณ carrageenan ที่ใช้ร่วมกับ propylene glycol ที่ระดับต่างๆ จะให้ค่า %syneresis ลดลง โดยพบว่าปริมาณ carrageenan 2.5% จะมีค่า %syneresis ไม่แตกต่างกัน และเป็นค่าต่ำที่สุด เนื่องจาก carrageenan สามารถเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายได้มากขึ้นทำให้อุ้มน้ำได้ดีขึ้น [14] แต่การลดปริมาณ carrageenan เป็น 1.5% ร่วมกับการเพิ่มปริมาณ propylene glycol จะให้ค่า %syneresis สูงขึ้น เนื่องจาก carrageenan ที่ความเข้มข้นต่ำ จะมีปริมาณ functional group ที่จะจับกับน้ำลดลง เมื่อเติม propylene glycol ลงไป หมู่ -OH ของ propylene glycol จะเกิดพันธะไฮโดรเจนกับ carrageenan ทำให้น้ำจับกับ carrageenan ได้น้อยลง นั่นคือมีน้ำอิสระเหลือมากขึ้น ค่า %syneresis จึงมีค่าสูงขึ้น

2.2 ผลของส่วนผสมต่อค่าความแข็งแรงของเจล (รูปที่ 2 b)

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ carrageenan กับ propylene glycol มีผลต่อความแข็งแรงของเจลอย่างมีนัยสำคัญ แต่ปริมาณน้ำหอมไม่มีผลต่อความแข็งแรงของเจลอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณ carrageenan ที่ใช้ร่วมกับ propylene glycol ที่ระดับต่างๆ จะให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงขึ้น โดยเมื่อใช้ปริมาณ carrageenan 2.5% ร่วมกับ propylene glycol 4.0% จะให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงที่สุด และเมื่อใช้ปริมาณ carrageenan 1.5% ร่วมกับ propylene glycol ที่ระดับต่างๆ จะให้ค่าความแข็งแรงของไม่แตกต่างกันและให้ค่าต่ำที่สุด ($P\leq 0.05$) การเพิ่มปริมาณ carrageenan ในการผลิตเจลปรับอากาศจะทำให้ความแข็งแรงของเจลสูงขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของ carrageenan ที่สูงขึ้น ทำให้พันธะที่เกิดขึ้นจากการจับกันระหว่างสายโพลีเมอร์เกิดมากขึ้น และการใช้ propylene glycol ที่ปริมาณมากขึ้นร่วมกับ carrageenan 2.5% จะทำให้ความแข็งแรงของเจลสูงขึ้น คาดว่าเนื่องจากหมู่ -OH ทั้งสองหมู่ของ propylene glycol จะช่วยเพิ่มพันธะระหว่างสายโพลีเมอร์ของ carrageenan ทำให้เจลมีความแข็งแรงมากขึ้น

2.3 ผลของส่วนผสมต่อค่าสีของเจล (รูปที่ 2 c)

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ carrageenan, propylene glycol, และน้ำหอม ไม่มีผลต่อค่าสีของเจลอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณ carrageenan เพียงอย่างเดียว ที่มีผลต่อค่าสีของเจลอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณ carrageenan ค่าสีเขียวของเจลจะสูงขึ้นโดย carrageenan ที่ 2.5% จะให้ค่าสีเขียวสูงที่สุด ($P\leq 0.05$) ซึ่งพบว่าค่าสีของเจลแปรผันตรงกับปริมาณ carrageenan ที่ใช้ เนื่องจากการวัดค่าสีใช้หลักการสะท้อนกลับของแสงที่ตกกระทบกับผิววัตถุ [15] การใช้ปริมาณ carrageenan สูงขึ้น จะทำให้สีโครงสร้างของเจลมีลักษณะขุ่นและทึบแสงมากกว่าที่ปริมาณ carrageenan ต่ำๆ จึงทำให้การสะท้อนกลับของแสงมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ propylene glycol และน้ำหอมเป็นสารที่มีลักษณะใส ไม่มีสี จึงไม่มีผลต่อค่าสีของเจลปรับอากาศ



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง (a) %syneresis (b) ค่าความแข็งแรงของเจล และ (c) ค่าสี กับส่วนผสมของเจลปรับอากาศ [a, b, c...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)]

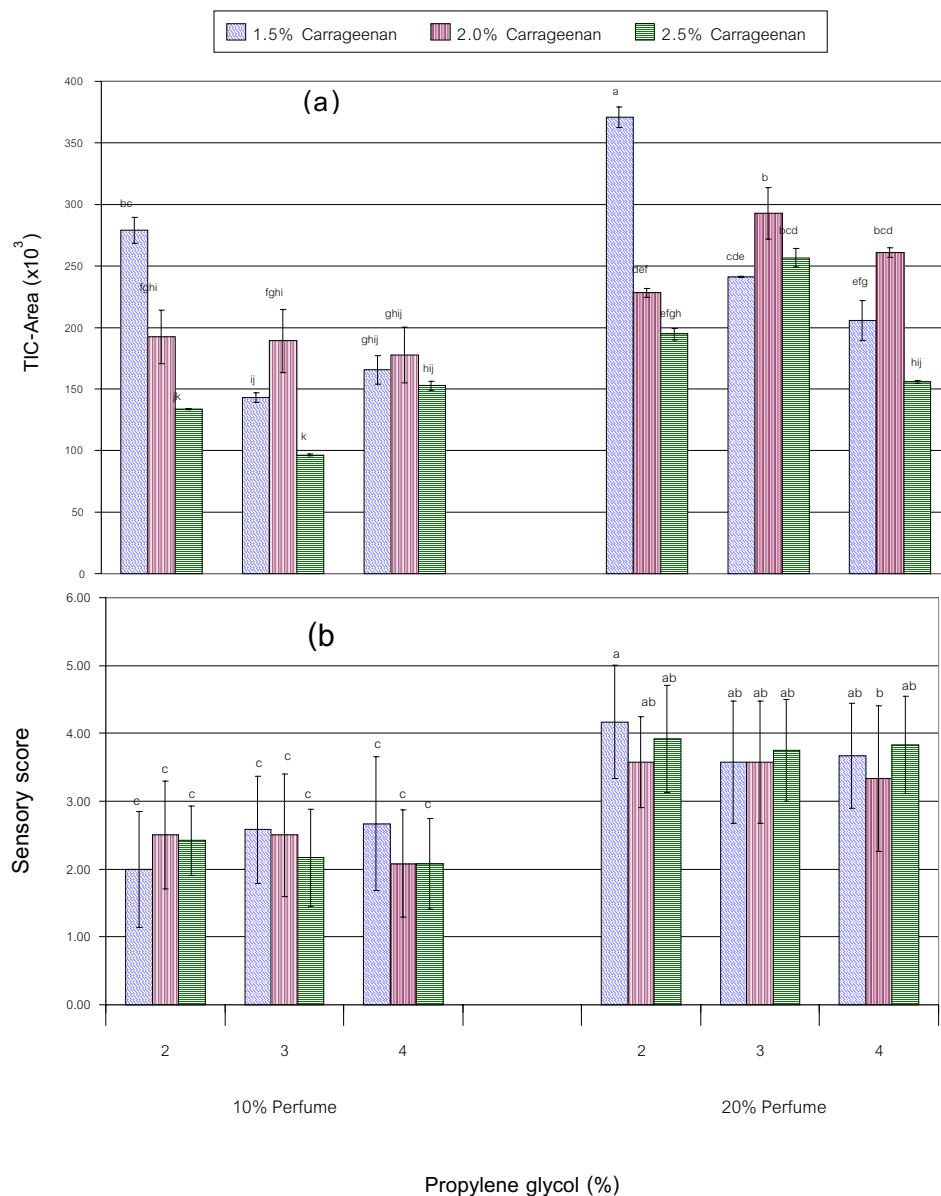
2.4 ผลของส่วนผสมต่อปริมาณ ACPY ที่ระเหยจากเจล (รูปที่ 3 a)

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติของปริมาณสาร ACPY ในเจลปรับอากาศจากเครื่อง purge & trap และ GC-MS พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ carrageenan, propylene glycol และน้ำหอม มีผลต่อปริมาณสาร ACPY ของเจลอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และเมื่อนำปริมาณสาร ACPY ของเจล มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์กับส่วนผสมที่ทำการศึกษาดังรูปที่ 2 พบว่าการใช้น้ำหอม 20% จะให้ปริมาณสาร ACPY มากกว่าการใช้น้ำหอม 10% โดยสูตรเจลปรับอากาศที่มีปริมาณ carrageenan สูง มีแนวโน้มที่จะปลดปล่อย ACPY ออกมาต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Carr และคณะ [16] ที่พบว่าการใช้ปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลมากขึ้นการปลดปล่อยกลิ่นจะน้อยลง อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองในงานวิจัยนี้มีข้อยกเว้นในกรณีของสูตรที่มี carrageenan 1.5% ร่วมกับ propylene glycol ที่ 3 และ 4% ซึ่งให้ค่าการปลดปล่อย ACPY ต่ำกว่าสูตรที่มี carrageenan 2% ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการระเหยของ ACPY จากเจลน่าจะมียทธิพลร่วมจาก propylene glycol ด้วย โดยมีจุดที่น่าสังเกตคือ ACPY จะระเหยได้ต่ำเมื่อใช้ propylene glycol ในปริมาณสูง (3-4%) แสดงว่า propylene glycol อาจมีผลหน่วงการระเหยของ ACPY ได้

2.5 ผลของส่วนผสมต่อคะแนนทางประสาทสัมผัส (รูปที่ 3 b)

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติในด้านความแรงของกลิ่นโดยดมกลิ่นเจลปรับอากาศ พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ carrageenan, propylene glycol และน้ำหอม มีผลต่อความแรงของกลิ่น ACPY อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อใช้ปริมาณน้ำหอม 20% ร่วมกับ carrageenan และ propylene glycol ที่ระดับต่างๆ จะให้ความแรงของกลิ่น ACPY สูงกว่าการใช้ปริมาณน้ำหอม 10% และเมื่อพิจารณาเฉพาะปริมาณน้ำหอม 20% ร่วมกับ carrageenan และ propylene glycol ที่ระดับต่างๆ พบว่าการใช้ carrageenan 1.5% ร่วมกับ propylene glycol 2% จะให้ความแรงของกลิ่นสูงที่สุด และการใช้ carrageenan 2.0% ร่วมกับ propylene glycol 4% จะให้ความแรงของกลิ่นต่ำที่สุด ส่วนสัดส่วนของ carrageenan และ propylene glycol ที่ระดับอื่นๆ จะให้ผลไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ความแรงของกลิ่นโดยใช้การดมกลิ่นเจลปรับอากาศ พบว่าผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างของเจลปรับอากาศที่ใช้ปริมาณ carrageenan, propylene glycol และน้ำหอมที่ระดับต่างๆ ได้ โดยผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างของเจลปรับอากาศที่ใช้น้ำหอมระดับต่างกันได้ดีกว่าเจลปรับอากาศที่ใช้ปริมาณ carrageenan และ propylene glycol ต่างๆ กัน ดังจะเห็นได้จากเจลปรับอากาศที่ใช้น้ำหอม 10% ร่วมกับ carrageenan และ propylene glycol ที่ระดับต่างๆ ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างของเจลแต่ละสูตรได้ เนื่องจากเจลปรับอากาศสูตรต่างๆ ที่ใช้น้ำหอม 10% จะให้ความแรงของกลิ่นใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเป็นเพราะความแรงของกลิ่นต่ำกว่า difference threshold แต่สูงกว่าระดับ absolute threshold ของผู้ทดสอบ [17] ทำให้ผลการทดลองในรูป 3a และ 3b ไม่สอดคล้องกัน



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง (a) ค่า TIC-Area ของสาร ACPY และ (b) คะแนนทางประสาทสัมผัส กับส่วนผสมของเจลปรับอากาศ

เมื่อทำการเลือกส่วนผสมเจลปรับอากาศที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากความแรงของกลิ่นโดยใช้เครื่อง purge & trap และ GC-MS ร่วมกับการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส สามารถเลือกสูตรเจลปรับอากาศได้ 3 สูตร ดังนี้

- สูตรที่ 1 (G1522) carrageenan 1.5% ร่วมกับ propylene glycol 2% และน้ำหอม 20%
- สูตรที่ 2 (G2032) carrageenan 2.0% ร่วมกับ propylene glycol 3% และน้ำหอม 20%
- สูตรที่ 3 (G2532) carrageenan 2.5% ร่วมกับ propylene glycol 3% และน้ำหอม 20%

(G = Gel, ตัวเลขสองตัวแรกคือ %carrageenan, ตัวเลขที่ 3 คือ %propylene glycol และตัวเลขที่ 4 คือ %น้ำหอม)

เนื่องจากสูตรที่ 1 (1522) มีปริมาณสาร ACPY และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส มีค่าสูงที่สุด ส่วนสูตรที่ 2 (G2032) มีปริมาณสาร ACPY และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส มีค่ารองจากสูตรที่ 1 แต่ในการเลือกสูตรที่ 3 (G2532) พิจารณาเลือกจากเจลปรับอากาศ 2 สูตร คือ G2532 และ G2042 ซึ่งทั้ง 2 สูตร มีปริมาณสาร ACPY ไม่แตกต่างกัน แต่คะแนนทางประสาทสัมผัส ของเจลสูตร G2532 มีค่าสูงกว่าเจลสูตร G2042 ดังนั้นจึงเลือกเจลสูตร G2532 เป็นสูตรที่ 3 สำหรับเจลปรับอากาศสูตรอื่นๆ ที่ไม่ได้พิจารณาเลือก เช่น G1521 มีปริมาณสาร ACPY สูงเป็นอันดับ 3 แต่คะแนนทางประสาทสัมผัสมีค่าต่ำกว่าเจลสูตรอื่นๆ ส่วนเจลสูตรที่มีคะแนนทางประสาทสัมผัส ไม่แตกต่างจากสูตรที่เลือก (สูตรที่ 2 และ 3) เช่น G1532, G1542, G2022, G2042, G2522, และ G2542 แต่ไม่ได้เลือกเนื่องจากมีปริมาณสาร ACPY ต่ำ

เมื่อพิจารณาคูณภาพทางกายภาพของเจลปรับอากาศที่ได้ทำการศึกษาไว้ข้างต้นของเจลทั้ง 3 สูตร ที่เลือกมาจากคุณสมบัติด้านกลิ่นของเจลปรับอากาศ พบว่าค่า %syneresis ของเจลสูตร G1522 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นสูตร G2032 และ G2532 ตามลำดับ ส่วนค่าความแข็งแรงของเจล พบว่าเจลสูตร G2532 มีค่าความแข็งแรงสูงที่สุด ส่วนสูตร G1522 และ G2032 มีค่าความแข็งแรงของเจลไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ค่าสีของเจลปรับอากาศทั้ง 3 สูตร จะให้ค่าแตกต่างกัน โดยเจลสูตร G2532 มีสีเขียวยเข้มมากที่สุด รองลงมาเป็นสูตร G2032 และ G1522 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเจลปรับอากาศทั้ง 3 สูตร มีคุณภาพทางกายภาพแตกต่างกัน ซึ่งในที่นี้จะใช้คุณภาพทางกายภาพ เป็นตัวบ่งบอกลักษณะปรากฏของเจลที่ผลิตได้ มากกว่าที่จะใช้เป็นเกณฑ์หลักในการเลือกสูตรที่เหมาะสม

3. ผลการศึกษาอายุการใช้งานของเจลปรับอากาศ

นำเจลปรับอากาศที่ผลิตได้จากส่วนผสมที่เหมาะสมตามข้อ 2 ซึ่งผ่านการวิเคราะห์และยอมรับทางประสาทสัมผัสจำนวน 3 สูตร คือ G1522, G2032, และ G2532 มาทำการศึกษาอายุการใช้งานโดยนำเจลมาเปิดทิ้งไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 22 ± 1 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69 ± 3 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงกลิ่นของ ACPY, ค่าสี ความแข็งแรงของเจล เปอร์เซ็นต์การสูญเสียรูปทรง และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ซึ่งมีรายละเอียดของผลการทดลองดังนี้

3.1 ผลของระยะเวลาการใช้งานต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นของเจล

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกลิ่นของสาร ACPY ในเจลปรับอากาศทั้ง 3 สูตรโดยนำมาทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกลิ่นเบื้องต้น พบว่าจากการดมกลิ่นเจลปรับอากาศหลังจากเปิดฝาทิ้งไว้มีกลิ่นหอมลดลงเร็วมาก จึงได้กำหนดระยะเวลาในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกลิ่นทุกๆ ชั่วโมงเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ตั้งแต่เริ่มเปิดฝาเจล (ที่เวลา 0 ชั่วโมง) ได้ผลการเปลี่ยนแปลงค่า TIC-Area ของสาร ACPY ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่า TIC-Area ของสาร ACPY ที่เวลาต่างๆ

Time (hr)	TIC-Area ($\times 10^3$)		
	G1522	G2032	G2532
0	142.63	119.75	76.25
1	104.46	72.10	75.22
2	87.55	61.70	73.63
3	70.45	53.14	68.54
4	31.52	52.17	66.88
% Loss	77.90	56.43	12.29

ที่เวลาเริ่มต้น เจลปรับอากาศทั้ง 3 สูตร มีปริมาณ ACPY ใน head space แตกต่างกันอย่างค่อนข้างมาก ทั้งๆ ที่มีปริมาณน้ำหอมในเนื้อเจลเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากการระเหยของสาร ACPY จากเจลสู่บริเวณ headspace จะขึ้นกับโครงสร้างของเจล โดยเจลปรับอากาศที่มีความหนาแน่นของโพลีเมอร์ (carrageenan) สูง ACPY จะแพร่ผ่านเจลได้ยากกว่า ดังนั้นในสูตรที่มีปริมาณ carrageenan สูงสุดจึงพบ ACPY ใน headspace ต่ำสุด เมื่อตั้งทิ้งไว้ เจลปรับอากาศสูตร G1522 มีปริมาณสาร ACPY ลดลงอย่างรวดเร็ว ตามเวลาที่เปลี่ยนไปทุกชั่วโมง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเจล G1522 มีความเข้มข้นของ carrageenan ต่ำที่สุด จึงมีความสามารถในการจับ (trap) สารหอมไว้ได้น้อยทำให้ปลดปล่อยกลิ่นของสาร ACPY ได้เร็วกว่าเจลสูตรอื่นๆ แต่เจลปรับอากาศสูตร G2532 มีปริมาณสาร ACPY เปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ อาจเนื่องมาจากเจล G2532 มีความเข้มข้นของ carrageenan สูงที่สุด สายโพลีเมอร์ที่มีอยู่มากจึงสามารถจับน้ำหอมไว้ในเจลได้มากและปลดปล่อยสาร ACPY ออกมาน้อยที่สุด ส่วนเจลปรับอากาศสูตร G2032 จะมีการสูญเสียปริมาณสาร ACPY ไปมากในช่วงเริ่มเปิดฝาจนถึงชั่วโมงที่ 1 แต่หลังจากชั่วโมงที่ 2 ปริมาณการสูญเสียสาร ACPY จะเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ และเมื่อพิจารณาเจลปรับอากาศทั้ง 3 สูตร ร่วมกับการวิเคราะห์ค่า %syneresis ที่ได้ทดลองในขั้นตอนการหาสูตรที่เหมาะสม พบว่าสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงกลิ่นของสาร ACPY ที่เวลาต่างๆ โดยเมื่อค่า %syneresis มีค่าสูงจะทำให้มีการสูญเสียน้ำออกจากเจลมาก ซึ่งส่งผลให้มีการสูญเสียสาร ACPY ออกมาพร้อมกับน้ำที่สูญเสียน้ำออกไป

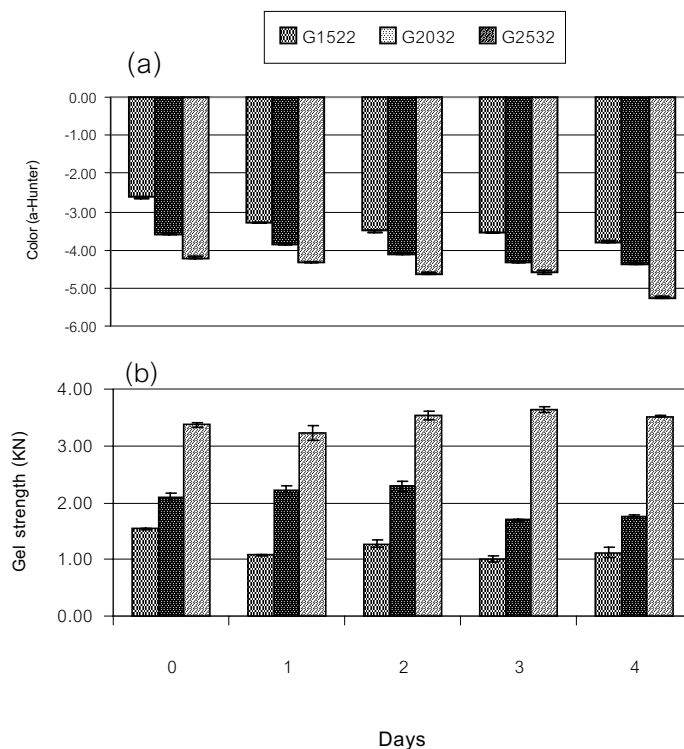
3.2 ผลของระยะเวลาการใช้งานต่อสีและความแข็งแรงของเจล

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเจลปรับอากาศทั้ง 3 สูตร ในด้านสีและความแข็งแรงของเจลหลังจากเปิดฝาเจลปรับอากาศทิ้งไว้ เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ตั้งแต่เริ่มเปิดฝาเจล (วันที่ 0) ทุกวันเป็นเวลา 5 วัน ได้ผลการเปลี่ยนแปลงของสีและความแข็งแรงของเจล ดังรูปที่ 4

จากรูปที่ 4 (a) พบว่าค่าสีของเจลปรับอากาศทั้ง 3 สูตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการใช้งานที่เปลี่ยนไป เนื่องจากเมื่อเปิดฝาทิ้งไว้ จะมีการระเหยของน้ำออกจากเจลทำให้สีมีความเข้มข้น

มากขึ้น และยังพบว่าเมื่ออายุการใช้งานของเจลเพิ่มขึ้นค่าสีจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณ carrageenan ที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการวัดค่าสีในขั้นตอนการหาสูตรที่เหมาะสม ส่วนในด้านความแข็งแรงของเจลจากรูปที่ 4 (b) พบว่าค่าความแข็งแรงของเจลทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกัน โดยในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษายังไม่สามารถบอกแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงของเจลได้ แต่เจลสูตรที่ใช้ carrageenan สูงก็ยังคงให้ค่าความแข็งแรงของเจลที่สูงตลอดอายุการใช้งานที่ทำการศึกษา

จากการสังเกตลักษณะของเจลปรับอากาศเมื่อเปิดฝาทิ้งไว้ในช่วงเวลา 5 วัน จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของเจลในด้านรูปทรงและน้ำหนักเปลี่ยนแปลงไปมาก จึงทำให้การวัดค่าสีและความแข็งแรงของเจลอาจเกิดการผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงวัดค่าสีและความแข็งแรงของเจลเฉพาะ 5 วันแรก



รูปที่ 4 ผลของอายุการใช้งานเจลปรับอากาศที่มีต่อ (a) การเปลี่ยนแปลงสี และ (b) ความแข็งแรงของเจล

3.3 ผลของระยะเวลาการใช้งานต่อรูปทรงและน้ำหนักของเจล

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเจลปรับอากาศทั้ง 3 สูตร ในด้านการสูญเสียรูปทรงและน้ำหนักของเจลหลังจากเปิดฝาจลปรับอากาศทิ้งไว้เปรียบเทียบกับ การวิเคราะห์ตั้งแต่เริ่มเปิดฝาจล (วันที่ 0) ทุกวันเป็นเวลาสองสัปดาห์ พบว่าเจลปรับอากาศทั้ง 3 สูตร มีอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าการสูญเสียรูปทรงและน้ำหนักของเจล ใกล้เคียงกัน และเมื่อเก็บไว้จนถึงวันที่ 10 เจลทั้งหมดจะมีการสูญเสียรูปทรงและน้ำหนักของเจลไปประมาณร้อยละ 90 และ 50 ตามลำดับ

4. สรุป

จากการศึกษาการผลิตเจลปรับอากาศโดยใช้สารหอมที่สกัดได้จากใบเตย พบว่า เจลปรับอากาศที่ผลิตขึ้นนี้ ยังมีคุณภาพไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งานได้จริงเนื่องจากกลิ่นลดลงเร็ว อายุการใช้งานเพียงประมาณ 2 วัน ในขณะที่เจลปรับอากาศทางการค้าที่ใช้น้ำหอมสังเคราะห์ จะมีอายุการใช้งานได้นานประมาณ 15-20 วัน ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาปรับปรุงเจลปรับอากาศ ให้ปลดปล่อยกลิ่นได้ช้าลง ซึ่งอาจทำได้ดังนี้ (1) เติมสารที่ช่วยในดูดซับน้ำหอมหรือสารที่สามารถควบคุมการปลดปล่อยกลิ่นให้เป็นไปอย่างช้าๆ เช่น สาร zeolites, silica และ active carbon (2) ใช้สารที่ทำให้เกิดเจลชนิดอื่น เช่น carboxymethyl cellulose [11][12] หรือ (3) ปรับ pH ของเจล เนื่องจากการระเหยของกลิ่นจะขึ้นกับ pH อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้น่าจะเป็นแนวทางในการนำสาร สกัดจากธรรมชาติชนิดอื่นๆ มาใช้เป็นน้ำหอมในการผลิตเจลปรับอากาศได้

5. เอกสารอ้างอิง

1. วิมลมาศ พวงนาค และ สุนทรี วรผลึก, 2524, “การศึกษาสารหอมจากใบเตยเพื่อนำมาใช้เป็นสารปรุงบุหรี,” *วารสารวิทยาศาสตร์*, ปีที่ 35, ฉบับที่ 1, หน้า 29-35.
2. Buttery, R. G., Ling, L. C., and Juliano, B. O., 1982, “2-Acetyl-1-Pyrroline: An Important Aroma Component of Cooked Rice,” *Chemistry and Industry*, December, pp. 958-959.
3. Paule, C. M., and Powers, J. J., 1989, “Sensory and Chemical Examination of Aromatic and Nonaromatic Rices,” *Journal of Food Science*, Vol. 54, No. 2, pp. 343-346.
4. Buttery, R. G., Juliano, B. O., and Ling, L. C., 1983, “Identification of Rice Aroma Compound 2-Acetyl-1-Pyrroline in Pandan Leaves,” *Chemistry and Industry*, June, No. 23, pp. 478.
5. Laksanalamai, V. and Ilangantileke, S., 1993, “Comparison of Aroma Compound (2-Acetyl-1-Pyrroline) in Leaves from Pandan (*Pandanus amylifolius*) and Thai Fragrant Rice (Khao Dawk Mali-105),” *Cereal Chemistry*, Vol. 70, No. 4, pp. 381-384.
6. สุกัญญา มหาธีระนนท์, 2540, “การศึกษาสารให้ความหอมในเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105,” *เอกสารวิชาการศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ฉบับที่ 1/2540*, 33 หน้า.
7. น้อยนุช เจริญกุล, 2543, การผลิตเจลปรับอากาศโดยใช้สารหอมที่สกัดได้จากใบเตยหอม, *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*, หน้า 60-62.
8. Likens, S. T. and Nickerson, G. B., 1964, “Detection of Certain Hop Oil Constituents in Brewing Products,” *Process American Society Brewery Chemistry*, p. 5.

9. McClintock, C. A. L., 1995, UK. *Patent Application GB. 2,297,909: Fragrance Gel Composition*, pp. 1-8.
10. Evans, C. A. L., 1997, *US. Patent No. 5,698,188: Gel Air Fragrancing Composition and Method for Making the Same*, pp. 1-10.
11. Modi, J. J., 1998, *US. Patent No. 5,741,482: Air Treatment Gel Compositions*, pp. 1-16.
12. Lin, C. F. and Tarrytown, N. J., 1977, *US. Patent No. 4,056,612: Air Freshener Gels*, pp. 1-10.
13. Buttery, R. G., Ling, L. C., and Mon, T. R., 1986, "Quantitative Analysis of 2-Acetyl-1-Pyrroline in Rice," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 34, pp. 112-114.
14. Trius, A. and Sebranek, J. G., 1996, "Carrageenan and Their Use in Meat Products," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 36, No. 1&2, pp. 69-85.
15. Francis, F. J. and Clydesdale, F. M., 1975, *Food Colorimetry: Theory and Application*, Westport, The AVI Publishing Company, p. 477.
16. Carr, J., Baloga, D., Guinaid, J. X., Lawter, L., Marty, C., and Squire, C., 1994, "The Effect of Gelling Agent Type and Concentration on Flavor Release in Model Systems," *Flavor Food Interactions*, Edited by McGorin, R. J. and Leland, J. V., Washington D. C., American Chemical Society, pp. 98-108.
17. ณรงค์ นียมวิทย์, 2537, *การชิมอาหาร: ทฤษฎีและวิธีการปฏิบัติ*, วี.บี. บุ๊คเซ็นเตอร์ (เค.ยู.) หน้า 109-115.