Published Online: 30 OCT 2024

# ฤทธิ์ทางเครื่องสำอางของวัสดุเศษเหลือกะหล่ำปลี

# Cosmetic Activities of White Cabbage Waste

**ภาวินี พรตระกูลพิพัฒน์**

อีเมล: 6351701289@lamduan.mfu.ac.th

วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัตฐาวุฒิ ฐิติปราโมทย์**

อีเมล: natthawut.thi@mfu.ac.th

สำนักวิชาวิทยาศาตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

**บทคัดย่อ**

การศึกษานี้มุ่งเน้นศึกษาฤทธิ์ทางเครื่องสำอางของใบนอกกะหล่ำปลีที่เป็นวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการตัดแต่งก่อนจำหน่าย โดยสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบนอกกะหล่ำปลีด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำปราศจากไอออน, 50% เอทานอล และ 95% เอทานอล และพัฒนาครีมบำรุงผิวกายที่มีสารสกัดกะหล่ำปลีดังกล่าว ผลการศึกษาพบว่า สารสกัด 50% เอทานอลได้ร้อยละผลผลิตมากที่สุด อยู่ที่ร้อยละ 31.43 ± 0.71 การทดสอบปริมาณรวมฟีนอลิก (TPC) และฟลาโวนอยด์ (TFC) พบว่าสารสกัด 95% เอทานอลมีปริมาณสารออกฤทธิ์ TPC และ TFC สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (54.11 ± 6.13 มิลลิกรัมสมมูล กรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด และ 47.74 ± 4.60 มิลลิกรัมสมมูลเควอซิตินต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ) ในขณะที่ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดจาก 50% เอทานอลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด (30.23 ± 7.75 มิลลิกรัมสมมูลโทรลอกซ์ต่อกรัมสารสกัด) นำสารสกัดมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิวกาย 3 ตำรับ (F1A-F1C) ได้แก่ F1A (0.1% w/w สารสกัด 50% เอทานอล), F1B (0.1% w/w สารสกัด 95% เอทานอล) และ F1C (0.1% w/w สารสกัดผสมจาก 0.05% w/w สารสกัด 50% เอทานอล และ 0.05% w/w สารสกัด 95% เอทานอล) พบว่า ตำรับ F1A ที่มีสารสกัด 50% เอทานอล (0.1% w/w) ซึ่งเป็นสารสกัดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะทางกายภาพดีที่สุด

**คำสำคัญ**: กะหล่ำปลี, การตั้งตำรับเครื่องสำอาง, ปริมาณฟีนอลิก, ปริมาณฟลาโวนอยด์, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, วัสดุเศษเหลือ

**Abstract**

This study aimed to evaluate cosmetic activities of the outer leaves of white cabbage, which are waste materials from trimming processing before market distribution. Bioactive compounds from these cabbages were extracted using three different solvents (deionized water, 50%, and 95% ethanol). Body creams with these leaves cabbage extracts were developed. The study was found that the 50% ethanol extract was significantly highest yields (31.43 ± 0.71%). The determination of total phenolic (TPC) and flavonoid (TFC) contents showed that the highest TPC and TFC were founded from the 95% ethanol extract (54.11 ± 6.13 mg GAE/g extract and 47.74 ± 4.60 mg QE/g extract, respectively). For antioxidant activity, DPPH assay was highest in 50% ethanol extract (30.23 ± 7.75 mg TEAC/g extract). Body cream with these extracts were developed into 3 formulas (F1A-F1C) that were F1A (0.1% w/w of 50% Ethanol extract), F1B (0.1% w/w 95% ethanol extract) and F1C (0.1% w/w mixed extracts; 0.05% w/w of either 95% or 50% ethanol extracts). The suitable formula was F1A containing 50% ethanol extract which was highest antioxidant had a best physical appearance.

**Keywords**: Antioxidant activity, *Brassica Oleracea*, Cabbage, Cosmetic formulation, Total Flavonoid Content, Total Phenolic Content, Waste

**บทนำ (Introduction)**

กะหล่ำปลีเขียว (White cabbage ชื่อวิทยาศาสตร์ *Brassica oleracea var. capitata* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่ถือได้ว่ามีความสำคัญมากชนิดหนึ่งในประเทศไทย นอกจากการนำมารับประทานสดแล้ว ยังเป็นพืชที่สามารถส่งเข้าโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อทำกะหล่ำปลีดองที่ทำให้เก็บไว้บริโภคได้นานขึ้น ปัจจุบันมีการบริโภคกะหล่ำปลีเขียวเพื่อประโยชน์ทางสุขภาพหลายประการ เช่น รับประทานเพื่อควบคุมน้ำหนัก รักษาแผลในทางเดินอาหาร ลดระดับคลอเรสเตอรอลในเลือด ควบคุมน้ำหนัก เพิ่มการดูดซึมของธาตุเหล็ก หรือใช้ในผลิตภัณฑ์ลดการอักเสบบนผิวหนัง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่พบว่ากะหล่ำปลีเขียวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และต้านการอักเสบได้

อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการขนส่งและเตรียมกะหล่ำปลีเพื่อบริโภค หรืออุตสาหกรรมอาหารจะต้องมีการตัดแต่งใบกะหล่ำปลีที่ทำเกิดวัสดุเศษเหลือจากการตัดแต่งจำนวนมาก ในปัจจุบันวัสดุเศษเหลือดังกล่าวถือว่ามีมูลค่าต่ำ และนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย เช่น นำไปเป็นอาหารสัตว์ ทำปุ๋ย ส่วนเกินจากความต้องการก่อให้เกิดขยะ และอาจก่อมลพิษต่อสุขภาพได้ ดังนั้นหากนำวัสดุเศษเหลือเหล่านี้มาใช้ประโยชน์จะเป็นการเพิ่มมูลค่ากะหล่ำปลี และลดขยะได้

การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณรวมฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ของสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือจากการตัดแต่งของกะหล่ำปลีเขียวโดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำปราศจากไอออน 50% เอทานอล และ 95% เอทานอล และนำสารสกัดจากสารละลายที่ให้ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ หรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพดีที่สุดมาเป็นสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวกายเพิ่มความชุ่มชื้น ต้านริ้วรอยที่มีลักษณะทางกายภาพดีจากสารสกัดใบนอกของกะหล่ำปลีเขียว

**วัตถุประสงค์ของการศึกษา**

1. เพื่อศึกษาการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเครื่องสำอางจากวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียวจากตัวทำละลายต่างชนิด
2. เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณรวมฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ของสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียวในตัวทำละลายที่แตกต่างกัน
3. เพื่อตั้งตำรับผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวกายที่มีส่วนผสมของสารสกัดวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียว

**ขอบเขตของการศึกษา**

1. สกัดสารสำคัญจากวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียวด้วยตัวทำละลายน้ำปราศจากไอออน 50% เอทานอล และ 95% เอทานอล
2. ทดสอบและเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกรวม และปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ของสารสกัดจากตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด
3. ทดสอบและเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด
4. ตั้งตำรับผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวกายให้ความชุ่มชื้น ต้านริ้วรอยจากสารสกัดวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียวที่มีลักษณะทางกายภาพ และผ่านการทดสอบความคงตัว

**การทบทวนวรรณกรรม**

Mabuchi et al. (2019) ทำการศึกษาสารเมแทบอไลท์ปฐมภูมิของกะหล่ำปลีโดยใช้ Gas chromatogrphy - Mass spectrometry (GC-MS) พบว่าองค์ประกอบหลักที่มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบโดยวิธี DPPH scavenging activity คือ 4-aminobutyric acid ในขณะที่ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่พบ เช่น fructose 1-phosphate, adipic acid, 5-oxoproline, N-acetyl glycine, O-phosphoethanolamine และ homovanillic acid คือ ส่วนประกอบที่สำคัญต่อลักษณะทางรสชาติของกะหล่ำปลี

การศึกษาของ Ahmad et al. (2012) ได้ศึกษาลักษณะทางเคมีสรีระและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกะหล่ำปลี สกัดด้วยกระบวนการ cold percolation method (Soxhlet apparatus) ที่อุณหภูมิ 55°C นาน 18 ชั่วโมง พบว่า ผลการทดสอบที่ดีที่สุดได้จากสารที่สกัดจากเอทานอล โดยที่ร้อยละของผลสารสกัดจากเอทานอลจะมีปริมาณมากที่สุด (27.78 กรัมต่อผงกะหล่ำปลี 200 กรัม) ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH อยู่ที่ 75.65±0.06 และปริมาณฟีนอลิกรวม 556 มิลลิกรัมต่อกรัมของสารสกัด

Rokayya et al. (2013) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านการอักเสบของกะหล่ำปลีโดยนำไปเข้ากระบวนการทำให้แห้งโดยวิธีเยือกแข็ง และทำให้เป็นผง นำผงที่ได้มาสกัดด้วย 80% เมทานอลและสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกนาน 20 นาที หลังการทดสอบพบว่า กลุ่มกะหล่ำปลีสีเขียวมีฤทธิ์ต้าน DPPH และฤทธิ์ต้านการอักเสบสูงที่สุด

Lee et al. (2017) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านการอักเสบของสารสกัดกะหล่ำปลีจากเมทานอลในหนู Mice ที่มีภาวะผิวหนังอักเสบ (Contact dermatitis) นำไปทำเป็น MEBO solution พบว่า MEBO ยับยั้งการบวมแดงของผิวได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังยับยั้งการหนาตัวของผิวหนังชั้น epidermal, ลดการทำงานของสารที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ เช่น Tumor necrosis factor-alpha, interferon-gamma และ interleukin-6 ในเนื้อเยื่อที่มีการอักเสบได้

การศึกษาของ Nosek et al. (2011) เกี่ยวกับการกระจายของสารที่เกี่ยวข้องกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินซี วิตามินอี ในส่วนต่าง ๆ ของกะหล่ำปลี โดยแบ่งจากใบส่วนนอกสุด ส่วนกลาง ใบอ่อนด้านใน และใบร่วง พบว่า วิตามินซีจะพบมากที่ส่วนกลาง และส่วนใบอ่อนด้านใน ในขณะที่วิตามินอีจะพบมากที่ส่วนนอก การศึกษาแนะนำว่า กะหล่ำปลีแต่ละส่วนอาจจะมีส่วนประกอบและฤทธิ์ทางชีววิทยาแตกต่างกัน

**ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology)**

1. การเตรียมกะหล่ำปลี

นำกะหล่ำปลีที่ยังไม่ผ่านการตัดแต่งจากตลาดผักขายส่ง ดำเนินการแกะใบด้านนอก ชั้นที่ 3-4 ใบแรกจากด้านนอกสุด โดยเลือกเฉพาะใบที่มีสีเขียวเข้ม สภาพสมบูรณ์ ไม่ช้ำ ไม่โดนแมลงกัดเจาะ นำมาทำความสะอาดและหั่นเป็นฝอย อบผ่านเครื่องอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 80°C จนน้ำหนักคงที่ นำไปปั่นจนเป็นผงละเอียด

2. การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากกะหล่ำปลี

เตรียมผงกะหล่ำปลีจำนวน 20 กรัม ใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำปราศจากไอออน, 50% เอทานอล และ 95% เอทานอล เติมสารละลายจนได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร เขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 18 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำการกรองแยกกากเก็บส่วนสารละลาย สารละลายน้ำปราศจากไอออนทำแห้งด้วยวิธีเยือกแข็ง ในขณะที่ 50% เอทานอล และ 95% เอทานอล นำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40°C จากนั้นจึงทำแห้งด้วยวิธีเยือกแข็งอีกครั้งแล้วจึงนำสารสกัดที่ได้ไปศึกษาฤทธิ์ต่อไป

3. การหาปริมาณฟีนอลิกรวมด้วย Folin-Ciocalteu colorimetric method โดยดัดแปลงจาก Thitipramote และคณะ (2022) โดยใช้สารละลายกรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน นำสารละลายกรดแกลลิก เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มาเจือจางด้วยสารละลายไดเมททิล ซัลฟอกไซด์ (Dimethyl sulfoxide, DMSO) ลดลงทีละสองเท่า ให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 7.8125 - 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกและสารละลายตัวอย่างปริมาตร 20 ไมโครลิตรลงบนไมโครเพลตตามด้วยโฟลิน-ซิโอแคลทู รีเอเจนต์ (Folic-Ciocalteu reagent) เจือจางสิบเท่า ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 1 นาที ที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงเติม 7.5% (w/v) โซเดียมคาร์บอเนต ปริมาตร 80 ไมโครลิตรผสมให้เข้ากัน และทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร รายงานในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด

4. การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมด้วย Aluminum chloride colorimetric method โดยใช้สารละลายเควอซิทินเป็นสารมาตรฐาน นำสารละลายเควอซิทิน เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรมาเจือจางด้วยสารละลายไดเมททิล ซัลฟอกไซด์ (Dimethyl sulfoxide, DMSO) ลดลงทีละสองเท่า ให้มีความเข้มข้นในช่วง 7.8125 - 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานเควอซิทินและสารละลาย

ตัวอย่าง ปริมาตร 25 ไมโครลิตร ตามด้วย 95% เอทานอล ปริมาตร 75 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติม 10% อลูมิเนียม คลอไรด์ 5 ไมโครลิตร, โพแทสเซียม อะซีเตท 5 ไมโครลิตร และน้ำปราศจากไอออน 140 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร รายงานในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของเควอซิทินต่อกรัมของสารสกัด (Moreno-Montoro et al., 2015)

5. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH โดยใช้สารละลายโทรลอกซ์เป็นสารมาตรฐาน โดยเตรียมสารละลายโทรลอกซ์ มาเจือจางด้วยสารละลายไดเมททิล ซัลฟอกไซด์ (Dimethyl sulfoxide, DMSO) ลดลงทีละห้าเท่า ให้มีความเข้มข้นในช่วง 1.6 - 200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ และสารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 10 ไมโครลิตรผสมกับสารละลาย DPPH ปริมาตร 190 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันอย่างรวดเร็ว ทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง ในสภาวะมืด เป็นเวลา 120 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร รายงานในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลโทรลอกซ์ต่อกรัมสารสกัด (Tesoriere et al., 2009)

6. การตั้งตำรับพื้นผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวกาย โดยมีคุณสมบัติเป้าหมาย (Target characteristic) คือ ครีมเกลี่ยง่าย ให้สัมผัสที่ดี ไม่เหนอะหนะจนเกินไปหลังทาลงบนผิว ไม่แต่งกลิ่น ไม่เติมสีสังเคราะห์ และมีความคงตัว

**ตารางที่ 1** สูตรตำรับพื้นผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวกาย

| Part | ส่วนประกอบ | หน้าที่ในตำรับ | F1 (%w/w) | F2 (%w/w) | F3 (%w/w) |
|---|---|---|---|---|---|
| A | Deionized Water | Diluent | qs. to 100 | qs. to 100 | qs. to 100 |
| | Sodium EDTA | Chelating agent | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| | Glycerin | Humectant | 3 | 3 | 3 |
| | 1,3-Butylene glycol | Humectant | 5 | 5 | 5 |
| | Polyacrylamide C13-14 Isoparaffin Laureth-7 (Sepigel™ 305) | Thickener | 5 | 5 | 5 |
| B | Steareth-21 | Emulsifier | 5 | 5.5 | 5.5 |

**ตารางที่ 1** (ต่อ)

| Part | ส่วนประกอบ | หน้าที่ในตำรับ | F1 (%w/w) | F2 (%w/w) | F3 (%w/w) |
|---|---|---|---|---|---|
| C | Steareth-2 | Emulsifier | 3 | 3 | 2.5 |
| | Behenyl alcohol | Co-emulsifier | 2 | 2 | 2 |
| | Shea Butter | Emolleint | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| | Jojoba Oil | Emollient | 1 | 1 | 1 |
| | Dimethicone | Texture enhancer | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| | Hydrogenated Caster Oil | Emollient | 3 | 3 | 3 |
| | Liquid germall plus | Preservative | 0.3 | 0.3 | 0.3 |

เตรียมครีมโดยหลอมองค์ประกอบส่วนที่ละลายน้ำ (Part A) และหลอมองค์ประกอบส่วนที่เป็นไขมัน (Part B) ให้ร้อนจนถึงอุณหภูมิ 70-75°C เติม Part B ลง Part A อย่างช้า ๆ พร้อมทั้งคนโดยใช้แท่งแก้ว จนอุณหภูมิไม่เกิน 55°C จนเกิดเนื้อครีมขึ้น จากนั้นเติม Part C และคนจนเข้ากัน

7. ประเมินลักษณะทางกายภาพของตำรับพื้นผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวกาย โดยสังเกตลักษณะเนื้อครีม กลิ่น การเกลี่ยโดยผู้วิจัย ความเป็นกรด-ด่าง โดยเครื่อง pH meter ทดสอบสีด้วยเครื่องวัดสี และทดสอบความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด

8. การทดสอบความคงตัวของตำรับพื้นผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวกาย ในสภาวะเร่งด้วย 2 วิธี ดังนี้

1) Centrifuge test นำผลิตภัณฑ์ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6000 rpm นาน 20 นาที ที่อุณหภูมิ 25°C และให้คะแนนตามเกณฑ์ของ มอก. 152 (2539) เครื่องสำอางตัวอย่างต้องได้คะแนนไม่เกิน 1 (ไม่ปรากฏร่องรอยการแยกชั้น) จึงจะถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด (มอก.152, 2539)

2) Heating – Cooling test เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 ± 2°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 45 ± 2°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำสลับกันจบครบ 4 ครั้ง ตรวจสอบลักษณะทั่วไปเทียบกับสภาพเดิมของผลิตภัณฑ์ (มอก.152, 2539)

9. การตั้งตำรับโดยนำตำรับพื้นผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวกายที่ให้ลักษณะทางกายภาพ และความคงตัวเหมาะสมที่สุดมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวที่มีสารสกัดกะหล่ำปลี ที่มีปริมาณสารออกฤทธิ์

ทางชีวภาพสูงที่สุดเป็นสารออกฤทธิ์ โดยใส่สารสกัดเป็นสารออกฤทธิ์ที่มีความเข้มข้น 0.1% ของผลิตภัณฑ์ จากนั้นทดสอบความคงตัวด้วยวิธี Centrifuge test

10. การทดสอบทางสถิติ การศึกษาจะทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วย Komolgorov-Smirnov test กรณีข้อมูลมีการกระจายตัวปกติ วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างด้วย One-way ANOVA โดยวิธีการ Duncan ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p$ <0.05) ในกรณีข้อมูลที่มีการกระจายตัวไม่ปกติ วิเคราะห์ข้อมูลด้วย Kruskal-Wallis H test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p$ <0.05) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IBM SPSS 29.0.2.0

**ผลวิจัย (Results)**

1. การเตรียมตัวอย่างพืชจากวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียว

การเตรียมตัวอย่างพืชจากวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียว พบว่าส่วนของวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการตัดแต่งเพื่อจำหน่าย คิดเป็นน้ำหนักร้อยละ 15.33 ± 0.01 ของน้ำหนักหัวทั้งหมด เมื่อนำไปอบจนแห้ง พบปริมาณความชื้นที่หายไปเฉลี่ยร้อยละ 94.03 ± 0.01

2. การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียวด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน

การศึกษาพบว่า สารสกัดจาก 50% เอทานอล ได้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุดที่ 31.43 ± 0.71 อย่างมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$ <0.05) ลักษณะของสารสกัดจาก 50% เอทานอลเป็นของเหลวหนืด สีเหลืองอมเขียวเข้ม และสารสกัดจาก 95% เอทานอลเป็นของเหลวหนืด สีเขียวเข้ม ในขณะที่สารสกัดจากน้ำปราศจากไอออนมีลักษณะเป็นผงหยาบสีเขียวอมเหลือง ในการศึกษาของ Rahman et al. (2022) พบว่า ร้อยละผลผลิตของกะหล่ำปลีในเอทานอล อยู่ที่ 13.62 ± 0.76 ในขณะที่การศึกษาของ Efendi et al. (2022) ได้ร้อยละผลผลิตของกะหล่ำปลีในสารละลายน้ำผสมกับเมทานอล สัดส่วน 50:50 อยู่ในช่วงร้อยละ 24.4 – 25.28 การศึกษานี้ให้ร้อยละผลผลิตที่สูง และมีลักษณะสารสกัดหนืด อาจเป็นเพราะกระบวนการทำแห้งโดยใช้วิธีเยือกแข็งไม่สมบูรณ์ การศึกษานี้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C นาน 48 ชั่วโมง และนำเข้าเครื่องทำให้แห้งด้วยวิธีเยือกแข็งนาน 24 ชั่วโมง ในขณะที่ในการศึกษาอื่น ๆ แช่แข็งที่อุณหภูมิ −80 ± 2 °C นาน 12-48 ชั่วโมง และนำเข้าเครื่องทำให้แห้งโดยวิธีเยือกแข็งนาน 24-72 ชั่วโมง (Kaulmann et al., 2016; Rutnakornpituk et al., 2018; Xing et al., 2023)

**ตารางที่ 2** ผลการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียวด้วยตัวทำละลายต่างชนิด

| สารสกัดวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียว | ร้อยละผลผลิต | ลักษณะของสารสกัด |
|---|---|---|
| น้ำปราศจากไอออน | 27.02 ± 1.33[b] | ผงหยาบสีเขียวอมเหลือง |
| 50% เอทานอล | 31.43 ± 0.71[a] | ของเหลวหนืดสีเขียวอมเหลือง |
| 95% เอทานอล | 17.78 ± 0.28[c] | ของเหลวหนืดสีเขียวเข้ม |

**หมายเหตุ** Mean ± SD (n=3) ตัวอักษรยก แสดงถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$; ANOVA, Duncan test)

3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากวัสดุ เศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียวด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน

1) การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (TPC)

การศึกษาพบว่า 95% เอทานอลมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุด ที่ 39.75 ± 2.12 มก.สมมูลของกรดแกลลิกต่อ 1 มก.สารสกัด อย่างมีนัยสำคัญ ($p$ <0.05) ตามด้วย 50% เอทานอล และน้ำปราศจากไอออน สอดคล้องกับการศึกษาของนิตยา จันกา และคณะ (2012) ที่พบว่าสารสกัดของกะหล่ำปลีม่วงจากตัวทำละลาย 95% เอทานอลมีปริมาณฟีนอลิกรวม และปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด

2) การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (TFC)

การศึกษาพบว่า สารสกัดจาก 95% เอทานอลมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด ที่ 47.74 ± 4.60 มก.สมมูลของเคอร์ซิตินต่อ 1 กรัมสารสกัดอย่างมีนัยสำคัญ ($p$ <0.05) ตามด้วย 50% เอทานอล และน้ำปราศจากไอออน ดังตารางที่ 3 สอดคล้องกับการศึกษาของ Herpandi et al. (2021) ที่พบว่าปริมาณฟีนอลิกของจอก (Water cabbage หรือ Pistia stratiotes) ที่สกัดจาก 70% เอทานอลมีปริมาณสูงกว่าสารสกัดจากน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3) การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาพบว่า สารสกัดจาก 50% เอทานอล มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ที่ 30.23 ± 7.75 มิลลิกรัมสมมูลโทรลอกซ์ต่อกรัมสารสกัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$ <0.05) ในขณะที่ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดจากน้ำปราศจากไอออน และ 95% เอทานอลไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Herpandi et al. (2021) ที่ศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของจอก (Water

cabbage หรือ Pistia stratiotes) พบว่า สารสกัดจาก 70% เอทานอลมี $IC_{50}$ สูงกว่าสารสกัดจากน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**ตารางที่ 3** ปริมาณฟีนอลิกรวม (TPC) ฟลาโวนอยด์รวม (TFC) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเปลือกนอกของกะหล่ำปลีในสารละลายต่างชนิด

| สารสกัดวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียว | TPC (mg GAE/g extract) | TFC (mg QE/g extract) | DPPH Assay (mg TEAC/g extract) |
|---|---|---|---|
| น้ำปราศจากไอออน | $26.70 \pm 0.57^{C}$ | $4.42 \pm 0.18^{c}$ | $8.17 \pm 4.28^{B}$ |
| 50% เอทานอล | $39.75 \pm 2.12^{B}$ | $8.14 \pm 1.46^{b}$ | $30.23 \pm 7.75^{A}$ |
| 95% เอทานอล | $54.11 \pm 6.13^{A}$ | $47.74 \pm 4.60^{a}$ | $14.33 \pm 10.81^{B}$ |

**หมายเหตุ** Mean ± SD (n=3) ตัวอักษรยกในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$ โดยตัวอักษรยกพิมพ์ใหญ่ ABC : ANOVA, Duncan test ตัวอักษรยกพิมพ์เล็ก abc : Kruskal-Wallis H.)

4. ประเมินลักษณะทางกายภาพและความคงตัวของตำรับครีมพื้นบำรุงผิวกาย

1) การประเมินลักษณะทางกายภาพของตำรับครีมพื้น

ครีมพื้นทั้ง 3 ตำรับ ได้แก่ สูตร F1 F2 และ F3 มีลักษณะทางกายภาพดังที่แสดงในตารางที่ 4 เป็นครีมสีขาว มันวาว และมีความข้นหนืด ไม่แยกชั้น ไม่ตกตะกอน มีกลิ่นธรรมชาติ เมื่อเทียบความหนืดและการเกลี่ยผลิตภัณฑ์ พบว่า สูตร F2 เป็นสูตรที่มีความหนืด (cp) สูงที่สุด อยู่ที่ 66,155.67 และใช้เวลาในการเกลี่ยยากที่สุด เมื่อพิจารณาจากสูตรตำรับ พบว่า สูตร F2 เป็นสูตรที่มีอีมัลซิไฟเออร์ที่เป็นของแข็ง ได้แก่ steareth-21, steareth-2 และ behenyl alcohol รวมสูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 10.5 ของตำรับ ในขณะที่สูตร F1 และ F3 มีปริมาณรวมอีมัลซิไฟเออร์ที่เป็นของแข็งรวมอยู่ที่ร้อยละ 10.0 ของตำรับ ค่า pH ของตำรับอยู่ในช่วง 5.50-5.54 เมื่อเทียบลักษณะทางกายภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยผู้วิจัย พบว่า F1 เกลี่ยง่าย และให้สัมผัสที่ดีที่สุด

2) การทดสอบความคงตัวของตำรับครีมพื้น

ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพและความคงตัว พบว่า หลังทดสอบความคงตัวของตำรับด้วยวิธี Centrifuge test ทั้งตำรับ F1-F3 ได้คะแนนตามเกณฑ์ มอก. 152 อยู่ที่ 1 คะแนน (ไม่พบ

การแยกชั้นของตำรับ) เมื่อทดสอบความคงตัวด้วย Heating-Cooling ทั้ง 3 สูตรมีค่า pH ลดลงเล็กน้อย อยู่ในช่วง 4.30-4.52 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะผลิตภัณฑ์ กลิ่น สี และความหนืดหลังการทดสอบ โดยสูตร F1 มีลักษณะเป็นครีมสีขาว มันวาว หนืดข้น ไม่แยกชั้น ไม่ตกตะกอน มีกลิ่นตามธรรมชาติ เกลี่ยแล้วให้ความรู้สึกลื่น เหนอะหนะเล็กน้อย สูตร F2 และ F3 มีลักษณะเป็นครีมสีขาว มันวาว หนืดข้น ไม่แยกชั้น ไม่ตกตะกอน มีกลิ่นตามธรรมชาติ เกลี่ยแล้วให้ความรู้สึกลื่น เหนอะหนะ ใช้เวลาในการเกลี่ยนาน จึงสรุปว่า สูตร F1 เป็นสูตรที่มีลักษณะทางกายภาพน่าพึงพอใจที่สุดและผ่านการทดสอบความคงตัวทางกายภาพ จึงใช้สูตร F1 เป็นสูตรตำรับสำหรับการเตรียมครีมจากสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียวต่อไป

**ตารางที่ 4** ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของตำรับครีมพื้นบำรุงผิวกาย

| | F1 | F2 | F3 |
|---|---|---|---|
| ลักษณะทางกายภาพ | ครีมมันวาว มีความหนืดข้น ไม่แยกชั้น ไม่ตกตะกอน | ครีมมันวาว หนืดข้นมาก ไม่แยกชั้น ไม่ตกตะกอน | ครีมมันวาว มีความหนืดข้น ไม่แยกชั้น ไม่ตกตะกอน |
| กลิ่น | กลิ่นธรรมชาติของสารเคมีไขมัน | กลิ่นธรรมชาติของสารเคมีไขมัน | กลิ่นธรรมชาติของสารเคมีไขมัน |
| สี | สีขาว | สีขาว | สีขาว |
| L* | 72.80 ± 3.02 | 73.01 ± 2.69 | 72.91 ± 2.91 |
| a* | 0.42 ± 0.07 | 0.42 ± 0.07 | 0.41 ± 0.07 |
| b* | 1.31 ± 0.22 | 1.29 ± 0.21 | 1.30 ± 0.19 |
| การเกลี่ย | ลื่น เหนอะหนะเล็กน้อย | ลื่น ใช้เวลาเกลี่ยนานค่อนข้างเหนอะหนะ | ลื่น ใช้เวลาเกลี่ยนานค่อนข้างเหนอะหนะ |
| pH | 5.50 | 5.51 | 5.54 |
| ความหนืด (cp) | 56,235.67 ± 481.41 | 66,155.67 ± 138.91 | 55,255.00 ± 122.26 |
| %T | 95.60 ± 0.82 | 95.23 ± 0.21 | 93.93 ± 0.21 |
| ภาพตำรับครีม | | | |

**หมายเหตุ** การวัดความหนืดใช้เข็มเบอร์ 6 ความเร็วรอบ 17 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25°C

3) การตั้งตำรับครีมบำรุงผิวกายที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียว

เตรียมตำรับโดยเตรียมจากครีมพื้นสูตร F1 ที่มีลักษณะทางกายภาพดีที่สุด และผ่านการทดสอบความคงตัวทางกายภาพ เติมสารสำคัญที่ให้ผลทดสอบดีที่สุด ได้แก่ สารสกัดจาก 50% เอทานอลที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และสารสกัดจาก 95% เอทานอลที่ให้ปริมาณฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์สูงที่สุด โดยพัฒนาเป็น 3 ตำรับ (F1A-F1C) ได้แก่ F1A (0.1% w/w สารสกัด 50% เอทานอล), F1B (0.1% w/w สารสกัด 95% เอทานอล) และ F1C (0.1% w/w สารสกัดผสมจาก 0.05% w/w สารสกัด 50% เอทานอล และ 0.05% w/w สารสกัด 95% เอทานอล) พบว่า ทั้ง 3 สูตรมีเนื้อครีมมันวาว หนืดข้น ไม่แยกชั้น ไม่ตกตะกอน เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์พบว่า สูตร F1A มีลักษณะเนื้อครีมมันวาว สีขาวอมเขียว กลิ่นตามธรรมชาติของสารเคมี เกลี่ยลื่น เหนอะหนะเล็กน้อย ในขณะที่สูตร F1B และ F1C มีลักษณะเนื้อครีมมันวาว สีเขียวชัดเจนมากขึ้น เหนอะหนะ มีกลิ่นเขียวของกะหล่ำในผลิตภัณฑ์ โดย F1B มีสีเขียวของเนื้อครีม ความเหนอะหนะขณะเกลี่ย และมีกลิ่นเขียวของกะหล่ำปลีมากที่สุด เนื่องจากสารสกัด 95% เอทานอลมีลักษณะหนืดที่สุด และมีสีเขียวเข้มที่สุด ปริมาณสารสกัด 95% เอทานอลที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเขียวเข้มขึ้น เหนอะหนะขึ้น และกลิ่นเขียวของกะหล่ำปลีที่เพิ่มขึ้นได้ จากทั้ง 3 ตำรับ (F1A-F1C) พบว่า สูตร F1A ที่ใส่สารสกัด 50% เอทานอล (0.1% w/w) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด มีสี กลิ่น และสัมผัสขณะเกลี่ยของผลิตภัณฑ์ดีที่สุด

**ตารางที่ 5** ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของตำรับครีมบำรุงผิวกายที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียว (F1A-F1C)

| | F1A | F1B | F1C |
|---|---|---|---|
| ลักษณะทางกายภาพ | ครีมมันวาว มีความหนืดข้น ไม่แยกชั้น ไม่ตกตะกอน | ครีมมันวาว หนืดข้นมาก ไม่แยกชั้น ไม่ตกตะกอน | ครีมมันวาว มีความหนืดข้น ไม่แยกชั้น ไม่ตกตะกอน |
| กลิ่น | กลิ่นธรรมชาติของสารเคมี | กลิ่นเขียวของกะหล่ำ | กลิ่นเขียวกะหล่ำเล็กน้อย |
| สี | สีขาวอมเขียว | สีเขียวเข้ม | สีเขียวอ่อน |
| L* | 71.87 ± 3.05 | 66.95 ± 3.36 | 69.05 ± 3.38 |
| a* | -0.58 ± 0.02 | -1.56 ± 0.05 | -1.05 ± 0.01 |
| b* | 8.36 ± 0.61 | 16.34 ± 1.46 | 11.94 ± 0.42 |
| การเกลี่ย | ลื่น เหนอะหนะเล็กน้อย | เหนอะหนะ | ค่อนข้างเหนอะหนะ |
| pH | 5.20 | 5.28 | 5.30 |
| ความหนืด | 56,902.00 ± 89.69 | 58,117.67 ± 311.63 | 56,098.33 ± 295.97 |

**ตารางที่ 5** (ต่อ)

| | F1A | F1B | F1C |
|---|---|---|---|
| ภาพตำรับครีม | | | |

**หมายเหตุ** การวัดความหนืดใช้เข็มเบอร์ 6 ความเร็วรอบ 17 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 22.4°C

4) การประเมินลักษณะทางกายภาพ และทดสอบความคงตัวของครีมบำรุงผิวกายที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลีเขียว

ทดสอบความคงตัวด้วย Centrifuge test ที่ความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที นาน 20 นาที พบว่า ทั้ง 3 ตำรับไม่ปรากฏร่องรอยของการแยกชั้น ประเมินคะแนนตามเกณฑ์ของ มอก. 152 (2539) ได้ 1 คะแนน ถือว่าทั้ง 3 ตำรับผ่านเกณฑ์การทดสอบความคงตัว

## อภิปรายผล (Discussion)

ผลการศึกษาพบว่า ส่วนใบนอกของกะหล่ำปลีที่เป็นวัสดุเศษเหลือในกระบวนการตัดแต่งคัดทิ้งเพื่อนำหัวกะหล่ำปลีมาจำหน่าย มีวัสดุเศษเหลือคิดเป็นน้ำหนักประมาณร้อยละ 15.33 ± 0.01 ของน้ำหนักหัวกะหล่ำปลีทั้งหมด ปริมาณน้ำที่ระเหยไปหลังการอบ เฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 94.03 ± 0.01 ร้อยละของผลผลิตที่ได้จากการสกัดโดย 50% เอทานอลได้ผลมากที่สุด อยู่ที่ร้อยละ 31.43 ± 0.71 ตามด้วยน้ำปราศจากไอออน และ 95% เอทานอล ตามลำดับ โดยแต่ละชนิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อนำสารสกัดไปทำการวิเคราะห์พบว่า สารสกัดใน 95% เอทานอล ให้ปริมาณฟีนอลิกรวมและฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุดที่ อยู่ที่ 54.11 ± 6.13 มก. สมมูลของกรดแกลลิก ต่อ 1 มก.สารสกัด และ 47.74 ± 4.60 มก.สมมูลของเคอร์ซิตินต่อ 1 มก.สารสกัด ตามลำดับ มากกว่าสารสกัดใน 50% เอทานอล และน้ำปราศจากไอออนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่สารสกัดใน 50% เอทานอล มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อยู่ที่ 30.23 ± 7.75 มิลลิกรัมสมมูลโทรลอกซ์ต่อกรัมสารสกัด ในขณะที่ 95% เอทานอล และน้ำปราศจากไอออนไม่แตกต่างกัน

การพัฒนาสูตรตำรับครีมพื้น ทดสอบความคงตัว และประเมินลักษณะทางกายภาพ พบว่า สูตรครีมพื้นที่มีลักษณะทางกายที่น่าพึงพอใจ เกลี่ยง่าย ให้สัมผัสดีที่สุด และผ่านการทดสอบความคงตัว คือสูตร F1 ที่มีอีมัลซิไฟเออร์ที่เป็นของแข็ง ได้แก่ steareth-21, steareth-2 และ behenyl alcohol ปริมาณร้อยละ 5, 3 และ 2 ของสูตรตามลำดับ เมื่อนำสูตร F1 มาพัฒนาเป็นตำรับครีมบำรุงผิวกายที่มีสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลี โดยใช้สารสกัดที่ดีที่สุด พบว่า สูตร F1A ที่ใส่สารสกัด 50% เอทานอล (0.1% w/w) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด มีสี กลิ่น และสัมผัสขณะเกลี่ยของผลิตภัณฑ์ดีที่สุดเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการพัฒนาตำรับครีมบำรุงผิวกายที่มีสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือใบนอกของกะหล่ำปลี

**ข้อเสนอแนะ (Suggestion)**

1. ใบนอกของกะหล่ำปลีมีรงควัตถุสีเขียวค่อนข้างมาก และการสกัดในเอทานอลจะได้สีเขียวของกะหล่ำออกมาเยอะที่สุด ซึ่งอาจมีผลกับสีของผลิตภัณฑ์

2. การศึกษานี้ ให้ผลฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ของเปลือกนอกของกะหล่ำปลีเท่านั้น อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการเป็นสารออกฤทธิ์ทางเครื่องสำอางในเปลือกนอกของกะหล่ำปลีเพิ่มเติม เช่น ฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย

3. การศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในการศึกษามีเพียงความคงตัวด้วยการปั่นเหวี่ยงตามเกณฑ์ของ มอก. 152 (2539) เท่านั้น แนะนำให้มีการศึกษาความคงตัวในสภาวะเร่ง และการทดสอบความคงตัวในสภาวะห้องในระยะเวลา 1-3 เดือน

4. การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาการทำแห้งโดยวิธีเยือกแข็งในสารสกัดจาก 50% เอทานอล และ 95% เอทานอล นาน 24 ชั่วโมงยังไม่เพียงพอ ควรเพิ่มระยะเวลาทำแห้งเพื่อให้สารสกัดแห้งสนิท หรือลดอุณหภูมิในการแช่แข็งสารสกัดก่อนนำเข้าเครื่อง

5. เนื่องจากกะหล่ำปลีเป็นพืชที่มีการใช้ยาฆ่าแมลงหรือสารเคมีเพื่อการเกษตรสูง อาจส่งผลต่อร้อยละผลผลิตของสารสกัด ควรมีการตรวจสอบสารเคมีเจือปนเพิ่มเติม

6. การศึกษานี้เปรียบเทียบฤทธิ์ของสารสกัดจากสารละลายที่แตกต่างกันเท่านั้น ยังคงแนะนำให้มีการวัดฤทธิ์ทางเครื่องสำอางของใบนอกของกะหล่ำปลีด้วยวิธีการสกัดอื่นร่วมด้วย

**รายการอ้างอิง**

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง ยกเลิกและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องสำอาง: ข้อกำหนดทั่วไป. (2555, 7 ธันวาคม). *ราชกิจจานุเบกษา.* เล่ม 129, ตอนพิเศษ 155 ง. หน้า 10

นิตยา จันนา, ศิริชัย กัลยาณรัตน์, และเฉลิมชัย วงษ์อารีย์. (2555). การศึกษาชนิดและสัดส่วนที่เหมาะสมของตัวทำละลายอินทรีย์ต่อฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกะหล่ำปลีม่วง. *วารสารเกษตรศาสตร์*, *43*(3), 502-505. https://www.phtnet.org/download/phtic-seminar/1165.pdf

Ahmad, F., Avanapu, S. R., Shaik, R. A., & Ibrahim, M. (2012). Phytochemical studies and antioxidant activity of Brassica oleracea L. var. capitata. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4(3), 374-378.

Efendi, R., Pradana, R. I., Dewi, L. K., & Cahyani, C. (2023). The Effect of drying on anthocyanin content and antioxidant activity in red cabbage and white cabbage. *Reaktor, 22*(3), 86-91. https://doi.org/10.14710/reaktor.22.3.86-91

Herpandi, L., SD., B., & Sudirman, S. (2021). Antioxidant activity of the fractions from water lettuce (Pistia stratiotes) extract. *Food Research, 5*, 451-455.

Junka, N., Rattanamechaiskul, C., Wongs-Aree, C., & Kanlayanarat, S. (2017). Comparative study of organic solvents and extraction conditions on colour and antioxidant capacity in red cabbage. *International Food Research Journal, 24*(2), 518–524.

Kaulmann, A., André, C. M., Schneider, Y.-J., Hoffmann, L., & Bohn, T. (2016). Carotenoid and polyphenol bioaccessibility and cellular uptake from plum and cabbage varieties. *Food Chemistry, 197*(A), 325–332. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.049

Lee, Y., Kim, S., Yang, B., Lim, C., Kim, J. H., Kim, H., & Cho, S. (2018). Anti-inflammatory effects of *Brassica oleracea* Var. *capitata* L. (Cabbage) methanol extract in mice with contact dermatitis. *Pharmacognosy Magazine, 14*(54), 174–179. https://doi.org/10.4103/pm.pm_152_17

Mabuchi, R., Tanaka, M., Nakanishi, C., Takatani, N., & Tanimoto, S. (2019). Analysis of primary metabolites in Cabbage (Brassica oleracea var. capitata) varieties correlated with antioxidant activity and taste attributes by metabolic profiling. Molecules (Basel, Switzerland), 24(23), 4282. https://doi.org/10.3390/molecules24234282

Moreno-Montoro, M., Olalla-Herrera, M., Gimenez-Martinez, R., Navarro-Alarcon, M., & Rufián-Henares, J. A. (2015). Phenolic compounds and antioxidant activity of Spanish commercial grape juices. *Journal of Food Composition and Analysis, 38*, 19–26. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.10.001

Nosek, M., Surówka, E., Cebula, S., Libik, A., Grzesiak, W., Szwonek, E., . . . Libik-Konieczny, M. (2011). Distribution pattern of antioxidants in white cabbage heads (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. alba). *Acta Physiologiae Plantarum, 33*(6), 2345-2351. https://doi.org/10.1007/s11738-011-0752-6

Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53*(10), 4290–4302. https://doi.org/10.1021/jf0502698

Rahman, M. M., Abdullah, A. T. M., Sharif, M., Jahan, S., Kabir, M. A., Motalab, M., . . . Khan, T. A. (2022). Relative evaluation of in-vitro antioxidant potential and phenolic constituents by HPLC-DAD of Brassica vegetables extracted in different solvents. *Heliyon, 8*(10), e10838. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10838

Rokayya, S., Li, C. J., Zhao, Y., Li, Y., & Sun, C. H. (2014). Cabbage (Brassica oleracea L. var. capitata) phytochemicals with antioxidant and anti-inflammatory potential. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention : *APJCP*, *14*(11), 6657–6662. https://doi.org/10.7314/apjcp.2013.14.11.6657

Rutnakornpituk, B., Boonthip, C., Sanguankul, W., Sawangsup, P., & Rutnakornpituk, M. (2018). Study in total phenolic contents, antioxidant activity and analysis of glucosinolate compounds in cruciferous vegetables. *Naresuan University Journal: Science and Technology, 26*(2), 1-11.

Tesoriere, L., Allegra, M., Gentile, C., & Livrea, M. A. (2009). Betacyanins as phenol antioxidants. Chemistry and mechanistic aspects of the lipoperoxyl radical-scavenging activity in solution and liposomes. *Free Radical Research, 43*(8), 706–717. https://doi.org/10.1080/10715760903037681

Thitipramote, N., Imsompan, S., Sukhpopetch, P., Pradmeeteekul, P., Nimkamnerd, J., Nantanitanon, W., . . . Chaiyana, W. (2022). Health benefits and safety of red pigmented rice (*Oryza sativa* L.): In vitro, cellular, and in vivo activities for hair growth promoting treatment. *Cosmetics, 9*(6), 111. https://doi.org/10.3390/cosmetics9060111