

การใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก Microwave assisted for extraction of mucilage from hairy basil seed

ปิยนุสรณ์ น้อยดั่ง¹ จิรนาถ บุญคง¹ และภัทธรร งามวัฒนกุล¹
Noiduang, P.¹, Boonkong, J.¹ and Ngamwattanakul, P.¹

Abstract

This research was to study the use of the microwaves-assisted extraction of mucilage from hairy basil seed. The effects of microwave power and extraction time on the %yield of mucilage were determined. Results showed that microwaves-assisted method gave the highest yield and 9.41% increase as compared to the conventional method. It indicated that the microwave assisted extraction made the mucilage powder darker. The viscosity of mucilage extracted from both methods was similar, which increase mucilage powder content increased viscosity of mucilage solution. Oil absorption, emulsion capacity and water holding capacity was investigated. The results showed that there was no different in the mucilage powder extracted by both methods. Functional groups of dried mucilage powder was extracted by both methods were analyzed by Fourier Transform Infrared Spectroscopy technique. It indicated that microwave heating could not change the main functional groups of the mucilage powder.

Keywords: mucilage, hairy basil seed, extraction, microwave heating

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นศึกษาการใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยในการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก โดยศึกษาผลของกำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟ และเวลาในการสกัดต่อร้อยละการผลผลิตสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก ผลการทดลองพบว่าการใช้ไมโครเวฟจะให้ร้อยละผลผลิตสูงสุดและมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.41 เมื่อเทียบกับวิธีเดิม ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัดจะทำให้ผงเมือกมีสีคล้ำมากกว่า ความหนืดของสารละลายเมือกที่สกัดได้จากทั้งสองวิธี มีผลในลักษณะเดียวกัน และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของผงเมือกจากเมล็ดแมงลักมากขึ้นมีผลทำให้สารละลายเมือกมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่าการดูดซับน้ำมัน ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และค่าการอุ้มน้ำของผงเมือกที่สกัดได้จากทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อนำผงเมือกที่สกัดได้จากทั้งสองวิธีมาตรวจวิเคราะห์หุ้หมูฟังก์ชันภายในโครงสร้างด้วยเทคนิคฟูรีเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ พบว่าการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟไม่มีผลทำให้หุ้หมูฟังก์ชันหลักของผงเมือกเปลี่ยนแปลงไปจากวิธีเดิม

คำสำคัญ: สารเมือก เมล็ดแมงลัก การสกัด ไมโครเวฟ

คำนำ

แมงลัก (*Ocimum canum* Sims) อยู่ในวงศ์ Lamiaceae ส่วนเมล็ดมีสารเมือก (mucilage) ที่สามารถพองตัวในน้ำได้ดี และเป็นแหล่งของใยอาหารที่ช่วยเพิ่มความหนืดในทางเดินอาหาร เพิ่มปริมาณอุจจาระและอัตราการส่งผ่านในลำไส้ใหญ่ และเป็นยาระบาย (ลักษณะ, 2545) ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น การใช้เป็นสารเพิ่มความเหนียวในเบหมี พบว่าการเพิ่มผงเมือกแมงลักทำให้เบหมีมีร้อยละของการดูดน้ำเพิ่มขึ้น เวลาในการคั้นรูปลดลงและมีความเหนียวเพิ่มขึ้น (กมลทิพย์ และมาลี, 2546) การใช้เป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีม พบว่าไอศกรีมสามารถต้านทานการละลายได้ดี (ปิยนุสรณ์ และวันชัย, 2547) และซอสพริกและน้ำจิ้มไก่ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณผงเมือก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดสูงขึ้น (ละอองดาว และกุลยา, 2545; ปิยนุสรณ์และเนตรนภา, 2549) ส่วนมายองเนส พบว่าค่าความคงตัว ความนุ่ม และการปาดทามีค่าเพิ่มขึ้น และการใช้ผงเมือกร้อยละ 0.075 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดในทุกด้าน (ละอองดาว และกุลยา, 2545) ถึงแม้ว่าสารเมือกจากเมล็ดแมงลักจะมีสมบัติที่ดีในการประยุกต์ใช้ในด้านๆ แต่กระบวนการผลิตแบบเดิมที่ 60°C นาน 1 ชั่วโมง มีร้อยละผลผลิตต่ำ และปัจจุบันได้มีการใช้คลื่นไมโครเวฟในการช่วยในการสกัดสารเมือก โดย Shah และ Seth. (2011) ใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยแยกสารเมือกจากฝักกระเจี๊ยบเขียว โดยใช้กำลังไฟฟ้าที่ 160W นาน 40 นาที พบว่ามีร้อยละของผลผลิตเพิ่มขึ้น 11.55 และ Ravalji และคณะ (2012) ศึกษาการสกัดสารเมือกจากผลบวบด้วยไมโครเวฟ พบว่าที่กกำลังไฟฟ้า 640W นาน 5 นาที มีร้อยละของผลผลิตเพิ่มขึ้น 23.07 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิม ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยในการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก โดย

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม, บางหว้า, ภาษีเจริญ, กรุงเทพฯ, 10160

¹ Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bang wa, Phasicharoen, Bangkok, 10160

เปรียบเทียบค่าร้อยละผลผลิตกับวิธีสกัดเดิม และหาภาวะที่เหมาะสมในการใช้คลื่นไมโครเวฟ และตรวจสอบสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของสารเมือกที่สกัดได้เปรียบเทียบกับวิธีสกัดเดิม

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยในการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก ทำการเตรียมสารเมือกจากเมล็ดแมงลักในรูปผงแห้งวิธีเดิม (ศศิธร และปราณี, 2545a) โดยนำเมล็ดแมงลักร่อนผ่านตะแกรง เพื่อแยกฝุ่นและสิ่งสกปรก แช่เมล็ดแมงลักในน้ำสะอาด ในอัตราส่วน 1:45 ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 60°C นาน 1 ชั่วโมง กรองแยกน้ำส่วนเกินออก นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นผสมที่ความเร็วต่ำสุด นาน 3 นาที ปั่นแยกสารเมือกด้วยผ้าขาวบาง เทสารเมือกที่ได้ใส่ถาดอะลูมิเนียม รองด้วยพลาสติก ขนาด 30×30 ตารางเซนติเมตร หนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่ 85°C นาน 2 ชั่วโมง แล้วนำไปบดให้เป็นผง พร้อมทั้งคำนวณหาร้อยละของผลผลิต (%yield) ส่วนวิธีการใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยในการสกัด ทำการผลิตสารเมือกเช่นเดียวกับวิธีเดิม โดยแปรผันภาวะในการให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า (Intensity) และระยะเวลาในการให้ความร้อนต่างๆ ได้แก่ กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ระยะเวลาให้ความร้อน 3, 5 และ 7 นาที กำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ ระยะเวลาให้ความร้อน 7, 9 และ 11 นาที กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ ระยะเวลาให้ความร้อน 11, 13 และ 15 นาที (ดัดแปลงจากวิธีของ Ravalji, N.H. และคณะ, 2012) แทนการให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ และเลือกสภาวะที่เหมาะสม แล้วนำผงเมือกที่ได้มาตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab รุ่น Color Flex 4510 ค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer (รุ่น RVDV-E, USA) โดยแปรผันความเข้มข้นของผงเมือกต่างๆ (ร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 (w/v) ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2°C) และแปรผันอุณหภูมิต่างๆ (อุณหภูมิ 50, 65, 80°C) ที่ความเข้มข้นของผงเมือกร้อยละ 1 (w/v) ค่าดูดซับน้ำมัน (oil absorption) ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (emulsion capacity) และความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ตามวิธีของ Chau และคณะ (1997) การตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ด้วยเครื่อง Perkin Elmer รุ่น Spectrum One

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองแปรกำลังไฟฟ้าของคลื่นไมโครเวฟ และระยะเวลาการให้ความร้อนในภาวะต่างๆ แสดงใน Table 1 พบว่าภาวะที่มีร้อยละการผลิตมากที่สุด คือ กำลังไฟฟ้า 800W นาน 5 นาที มีค่าร้อยละของผลผลิต เท่ากับ 51.06 และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิม พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของร้อยละการผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 9.41 รองลงมา คือ กำลังไฟฟ้า 300W นาน 13 นาที พบว่ามีร้อยละของผลผลิตเท่ากับ 49.86 และมีการเพิ่มขึ้นของร้อยละการผลิต เท่ากับ 6.84 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิม จากผลการทดลองจะเห็นว่า การเพิ่มระยะเวลาในการให้ความร้อนที่มากขึ้น จะทำให้อุณหภูมิของเมล็ดแมงลักหลังการไมโครเวฟสูงขึ้น และมีผลทำให้อุณหภูมิของผลผลิตมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจเกิดจากการใช้อุณหภูมิสูงและเป็นเวลานาน มีผลทำให้เกิดการละลายของสารเมือก (mucilage) ออกมาในน้ำที่แช่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mazza และ biliaderis (1989) ที่พบว่าเมื่อใช้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงสกัดสารเมือกจากเมล็ดป่านทำให้ได้ปริมาณสารเมือก ละลายออกมาในน้ำที่สกัดมากขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองในขั้นตอนการผลิต มีการกรองน้ำส่วนเกินออกก่อนทำการปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม จึงทำให้อุณหภูมิของผลผลิตที่ลดลง

Table 1 The percentage of production of basil seed mucilage extracted by the conventional method and the use of microwaves in extraction in various conditions and increases in the percentage of production compared to the conventional method.

Microwave power (watts)	Heat duration (min)	Temperature after heating (°C)	Yield (%)	Percent increase in yield
conventional method	60	60	46.67 ± 0.18 ^d	-
800	3	89	42.96 ± 0.28 ^e	-
	5	91.67	51.06 ± 0.51 ^a	9.41
	7	93.67	47.33 ± 0.20 ^{cd}	1.41
600	7	92	48.07 ± 0.40 ^c	3.00
	9	93	47.19 ± 0.63 ^c	1.11
	11	93.33	46.93 ± 0.87 ^d	0.56
300	11	90.67	48.01 ± 0.80 ^{bc}	2.87
	13	91.67	49.86 ± 1.04 ^b	6.84
	15	93.33	46.85 ± 0.80 ^d	0.39

Note: Repeat the experiment 3 times.

Values with different letters in superscript in columns are significantly different ($p < 0.05$)

เมื่อนำผงเมือกจากเมล็ดแมงลักที่สกัดได้จากทั้ง 2 วิธี มาศึกษาสมบัติทางกายภาพต่างๆ พบว่าผงเมือกที่สกัดด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาที มีค่าความสว่าง (L*) ต่ำกว่าผงเมือกที่สกัดด้วยวิธีเดิม (Table 2) ทั้งนี้อาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งในการผลิตผงเมือกมีการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟและการอบแห้ง จึงทำให้น้ำตาลแตกตัวแล้วทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนที่แตกตัวจากโปรตีนในเมล็ดแมงลัก เกิดเป็นสีน้ำตาลของเมลานอยดิน (melanoidin) (นิธิยา, 2553) จึงส่งผลทำให้ผงเมือกมีสีคล้ำขึ้น ส่วนค่าการดูดซับน้ำมัน ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และค่าการอุ้มน้ำ พบว่าผงเมือกที่สกัดได้จากทั้ง 2 วิธี มีค่าการดูดซับน้ำมัน และความสามารถในการทำให้เกิดอิมัลชันมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของศศิธร และปราณี (2545b) ในส่วนของค่าการเกิดอิมัลชันมีค่าสูง ทั้งนี้เนื่องจากในส่วนของผงเมือกเมล็ดแมงลักมีส่วนผสมที่เป็นโปรตีนปนอยู่ ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ จึงทำให้มีสูงกว่าเมื่อเทียบกับกัมทางการค้าทั่วไป ส่วนค่าการอุ้มน้ำของผงเมือกเมล็ดแมงลักที่สกัดจากวิธีเดิมและวิธีที่ใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุธินี และคณะ (2555) ที่ศึกษาในสารเมือกจากเมล็ดแมงลักที่ได้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 195.03 กรัม น้ำ/กรัมตัวอย่างแห้ง

Table 2 Color, oil absorption, emulsion capacity and water holding capacity of basil seed mucilage extracted by the conventional method and the use of microwaves in extraction (800 watts, 5 min)

Physical properties		conventional method	microwaves in extraction
Color	L*	33.01 ± 0.06 ^a	32.18 ± 0.04 ^b
	a*	4.51 ± 0.04 ^b	4.78 ± 0.05 ^a
	b*	12.49 ± 0.16 ^b	12.98 ± 0.10 ^a
Oil Absorption (g oil/g sample) ^{ns}		5.29 ± 0.11	5.20 ± 0.01
Emulsion Capacity (%) ^{ns}		68.61 ± 0.92	68.44 ± 0.77
Water holding capacity (g water/g dry sample) ^{ns}		180.54 ± 0.91	180.52 ± 0.93

Note: Repeat the experiment 3 times.

Values with different letters in superscript in rows are significantly different ($p < 0.05$)

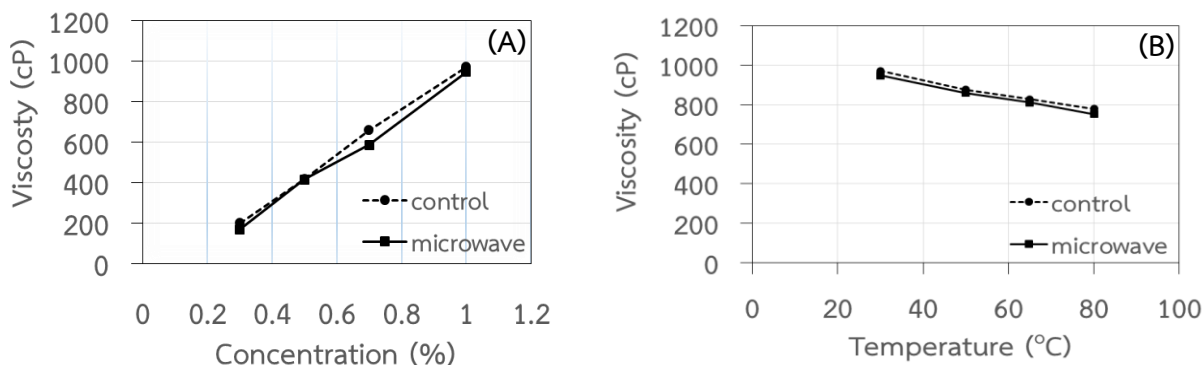


Figure 1 The viscosity of mucilage powder from the basil seed extracted by the conventional method (control) and the use of microwaves in extraction (microwave).

(A) Effect of the concentration of mucilage on the viscosity

(B) Effect of temperature on viscosity of mucilage at 1% (w/v) concentration

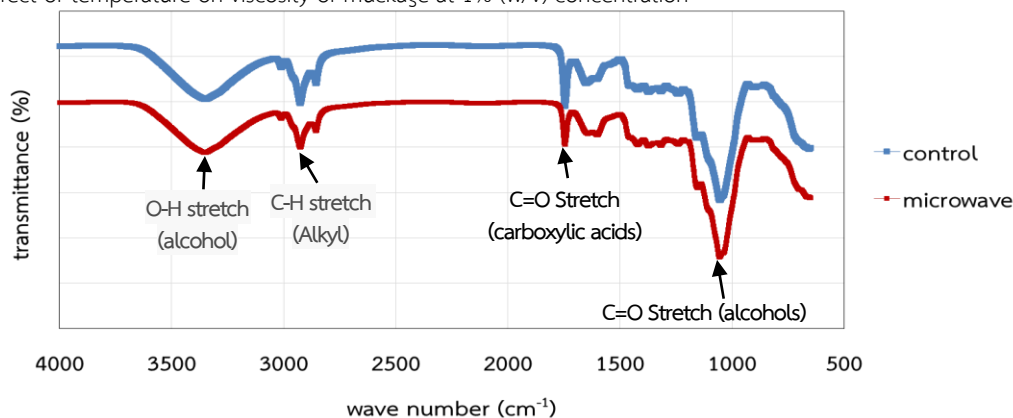


Figure 2 FTIR spectral characterization of mucilage powder from the basil seed extracted by the conventional method (control) and the use of microwaves in extraction (microwave).

จากการศึกษาโดยเทคนิค FT-IR แสดงผลใน Figure 2 นี้ เป็นการวัดค่าการส่งผ่าน (transmittance) พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในช่วงเลขคลื่น ตั้งแต่ 400-4000 cm^{-1} จะเห็นว่าวงเมือกจากทั้งสองวิธี มีสเปกตรัมของ FT-IR ที่ 3347.89 และ 3350.56 cm^{-1} แสดงผลเป็น hydroxyl group (-OH) สเปกตรัมที่ 2926.52 และ 2926.16 cm^{-1} แสดงผลเป็น -C-H stretch (-CH₂, CH₃) สเปกตรัมที่ 1745.10 และ 1745.28 cm^{-1} เป็นพันธะ C=O ของหมู่ carboxylic group และสเปกตรัมที่ 1054.83 และ 1054.92 cm^{-1} แสดงผลเป็นหมู่ฟังก์ชัน C=O stretch (alcohols) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต และกรดยูโรนิกที่เป็นน้ำตาลกรดในองค์ประกอบของสารเมือก (Monroy และคณะ, 2017) และจากการทดลอง จะเห็นว่าสเปกตรัมของ FT-IR ของวงเมือกที่สกัดได้จากวิธีเดิมและการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด มีลักษณะไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อลิฟ และคณะ (2554) จากผลการทดลองพบว่า การให้ความร้อนโดยไม่โครเวฟไม่มีผลทำให้หมู่ฟังก์ชันหลักในวงเมือกเมล็ดแมงลักเปลี่ยนแปลงไปจากวิธีการให้ความร้อนแบบเดิม แสดงผลใน Figure 2

สรุปผล

ภาวะที่ให้อุณหภูมิการผลิตมากที่สุด คือ การใช้คลื่นไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ และระยะเวลาในการให้ความร้อน 5 นาที แล้วนำวงเมือกจากเมล็ดแมงลักที่ได้จากภาวะในการให้ความร้อนที่มีร้อยละการผลิตสูงที่สุด และมีค่าการผลิตเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 9.41 เมื่อเทียบกับวิธีการสกัดแบบเดิม จากนั้นนำวงเมือกที่ได้ไปตรวจสอบสมบัติทางกายภาพเปรียบเทียบกับวิธีสกัดแบบเดิม พบว่าการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัดจะทำให้วงเมือกมีสีคล้ำมากกว่า ส่วนค่าความหนืดของสารละลายเมือกที่สกัดได้ ค่าการดูดซับน้ำมัน ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และค่าการอุ้มน้ำของวงเมือกที่สกัดได้จากทั้งสองวิธี พบว่าให้ผลในลักษณะเดียวกัน และเมื่อนำวงเมือกที่สกัดได้จากทั้งสองวิธี มาตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันภายในโครงสร้างด้วยเทคนิคฟูริเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ (FT-IR) พบว่าวงเมือกที่สกัดได้จากทั้งสองวิธี ให้สเปกตรัมในลักษณะเดียวกัน แสดงว่าการให้ความร้อนโดยไม่โครเวฟไม่มีผลทำให้หมู่ฟังก์ชันหลักของวงเมือกจากเมล็ดแมงลักเปลี่ยนแปลงไปจากวิธีการให้ความร้อนแบบเดิม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กมลทิพย์ สัจจอนันตกุล และมาลี ชัมศรีสกุล, 2546, ผลการใช้วงเมือกแมงลักเป็นสารเพิ่มความเหนียวในผลิตภัณฑ์ขนมเค้ก, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. 3-7 ก.พ. 2546. กรุงเทพฯ. หน้า 268-276.
- นิธิยา รัตนานันท์, 2553, เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ. หน้า 316-332.
- ปิยนุสรณ์ น้อยดวง และเนตรนภา วิเลปะนะ, 2549, การใช้วงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มไก่, วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 3 (1): 22-29.
- ปิยนุสรณ์ น้อยดวง และวันชัย ศรีโสม, 2547, การใช้มิวซิเลจแห้งจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมช็อกโกแลต, การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 6, 28-29 พฤษภาคม, ณ ศูนย์แสดงสินค้าและการประชุมอิมแพ็ค เมืองทองธานี, กรุงเทพฯ, หน้า 29-30.
- ละอองดาว ว่องเอกลักษณ์ และกุลยา ลีรุ่งเรืองรัตน์, 2545, การใช้มิวซิเลจแห้งจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริกและมายองเนส, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 7(1): 17-24.
- ลักขณา เหมะหมาย, 2545, การแยก การควบคุมคุณภาพ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากสารเมือกเมล็ดแมงลัก. วิทยานิพนธ์เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 108.
- ศศิธร เรืองจักรเพชร และปรานี อานปร็อง, 2545a, การผลิตวงเมือกเมล็ดแมงลัก, วารสารอาหาร, 32(2): 144-153.
- ศศิธร เรืองจักรเพชร และปรานี อานปร็อง, 2545b, ลักษณะทางกายภาพของวงเมือกเมล็ดแมงลัก, วารสารอาหาร, 32(3): 223-232.
- สุทินี คำเพ็ง จอมใจ พิรพัฒนา และเกษม นันทชัย, 2555, การสกัดและคุณสมบัติของสารเมือกเมล็ดแมงลัก, วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 43 (3): 372-375.
- อลิฟ ดือระ กวิน โนคำ ณีภูษิพัชร์ ภิรมย์กิจ พิษามณูชย์ องค์กรีระกุล โชคชัย บุญช่วยและสุรัต อารีรัตน์, 2554, การลดน้ำหนักโมเลกุลยางธรรมชาติด้วยเทคนิคคลื่นไมโครเวฟเหนี่ยวนำความร้อน, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมเคมี, หน้า 44-48.
- Mazza, G. and Biliaderis, G., 1989, Functional Properties of Flax Seed Mucilage, Journal of Food Science, 54 (5): 1302–1305.
- Monroy, M. Garcia, E. Rios, K. and Garcia, J. R., 2017, Extraction and Physicochemical Characterization of Mucilage from *Opuntia cochenillifera* (L.) Miller., Journal of Chemistry: 1-9.
- Ravalji, N.H., Shah, N., Modi, D. C. and Lambole, V. B., 2012, Novel Approach for Isolation of Mucilage from *Luffa acutangula* Fruits and Screening of Its Binding Property, [Online] http://www.pharmasm.com/pdf_files/20130118120137_neha_241.pdf [September 2, 2012].
- Shah, B.N. and Seth, A.K., 2011, Microwave Assisted Isolation of Mucilage from the Fruits of *Abelmoschus esculentus*. Hygeia Journal for Drugs and Medicines, 3 (1): 54- 57.
- Srichamroen A., 2007, Influence of Temperature and Salt on Viscosity Property of Guar Gum, Naresuan Journal, 15 (2): 55-62.