



การตรวจสอบปริมาณ เอส-อัลลิล ซิสทีอิน ในกระเทียมดำที่มาจากภาคเหนือ
และภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทย

QUANTITATIVE ANALYSIS OF S-ALLYLCYSTEINE (SAC) IN BLACK GARLIC
FROM NORTHERN AND NORTHEASTERN THAILAND

ชญณัฐ ท้าวแพทย์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ

สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

การตรวจสอบปริมาณ เอส-อัลลิล ซิสทีอีน ในกระเทียมดำที่มาจากภาคเหนือ
และภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทย

QUANTITATIVE ANALYSIS OF S-ALLYLCYSTEINE (SAC) IN BLACK GARLIC
FROM NORTHERN AND NORTHEASTERN THAILAND

ชญาณัฐ ท้าวแพทย์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ

สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

การตรวจสอบปริมาณ เอส-อัลลิล ซิสทีอิน ในกระเทียมดำที่มาจากภาคเหนือ
และภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทย

QUANTITATIVE ANALYSIS OF S-ALLYLCYSTEINE (SAC) IN BLACK GARLIC
FROM NORTHERN AND NORTHEASTERN THAILAND

ชญาณัฐ ท้าวแพทย์

การค้นคว้าอิสระนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ

2566

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทรวรรณ สิริธิประภาพร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.อาริญา สาริกะภูติ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วงเดือน ปั่นดี)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระเล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความเมตตาอย่างสูงจาก ดร.อาริยา สาริกะภูติ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษา ตลอดจนให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้ทำวิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของงานวิจัยฉบับนี้ให้สมบูรณ์ และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่อบรมสั่งสอนให้ความรู้ และให้คำแนะนำปรึกษาอันมีค่ายิ่งตลอดมา

ขอขอบพระคุณ ศูนย์นวัตกรรมสมุนไพรครบวงจร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีที่พบในกระเทียมดำ จนทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่สำคัญจนทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ชญาณัฐ ท้าวแพทย์

ชื่อเรื่องการค้นคว้าอิสระ	การตรวจสอบปริมาณ เอส-อัลลิล ซิสทีอิน ในกระเทียมดำที่มาจากภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทย
ชื่อผู้เขียน	ชญานัฐ ท้าวแพทย์
หลักสูตร	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ)
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.อาริญา สาริกะภูติ

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณ S-allylcyteine (SAC) ในกระเทียมดำที่จำหน่ายในประเทศไทยจากภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเพื่อเปรียบเทียบปริมาณ SAC ในกระเทียมดำจากแหล่งที่แตกต่างกัน โดยทำการคัดเลือกกระเทียมดำจากภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อย่างละ 1 ตัวอย่าง จากนั้นนำมาศึกษาปริมาณ SAC ที่พบในกระเทียมดำด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography; HPLC) ผลการวิจัยพบว่า กระเทียมดำจากจังหวัดลำพูน มีปริมาณ SAC สูงกว่ากระเทียมดำจากจังหวัดศรีสะเกษอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแสดงค่า SAC เท่ากับ 0.60 ± 0.03 และ 0.57 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระเทียมที่ปลูกในพื้นที่แตกต่างกันทำให้เกิดความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพ เคมี ตลอดจนชนิด และปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ

คำสำคัญ: กระเทียมดำ, กระเทียม, S-allylcyteine

Independent Study Title Quantitative Analysis of S-Allylcysteine (SAC) in Black Garlic from Northern and Northeastern Thailand

Author Chayanat Taowpat

Degree Master of Science (Anti-Aging and Regenerative Science)

Advisor Ariya Sarikaphuti, Ph. D.

ABSTRACT

The objective of this research was to find out, to the quantitative value of S-allylcysteine (SAC) in black garlic that is distributed in northern and northeastern Thailand, and the comparative value of SAC in different areas. Therefore, choose black garlic from Northern and northeastern, which 1 sample. Then, study quantitative SAC in black garlic by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). The research showed that black garlic in Lamphun province had the statistically significant highest SAC value compared to Sisaket province, which showed SAC values of 0.60 ± 0.03 and 0.57 ± 0.03 mg/ml, respectively. Therefore, garlic that is grown in different areas may cause differences in physiological, chemical, kind, and quantity of bioactive compounds.

Keywords: Black Garlic, Garlic, S-allylcysteine

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(3)
บทคัดย่อภาษาไทย	(4)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(5)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
2 การทบทวนวรรณกรรม	6
2.1 กระเทียม	6
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกระเทียม	8
2.3 กระเทียมดำ (Black Garlic)	11
2.4 ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่ส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญในกระเทียม	19
2.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารด้วยกราฟมาตรฐาน (Calibration Curve)	20
2.6 รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่	
3 วิธีดำเนินการวิจัย	26
3.1 ประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย	26
3.2 เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	27
3.3 การดำเนินงานวิจัย	28
3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ	31
4 ผลการวิจัย	32
4.1 ประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย	32
4.2 ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของกระเทียมดำ	33
4.3 ผลการตรวจสอบปริมาณ SAC ในกระเทียมดำด้วยวิธีโครมาโทกราฟี ของเหลวประสิทธิภาพสูง (HPLC)	35
5 สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ	38
5.1 อภิปรายผลการวิจัย	38
5.2 สรุปผลการศึกษาวิจัย	41
5.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม	41
รายการอ้างอิง	43
ประวัติผู้เขียน	50

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ปริมาณการนำเข้ากระเทียมและส่งออกย้อนหลังเป็นเวลา 4 ปี	7
2.2 การจำแนกกระเทียมตามหลักอนุกรมวิธาน	8
2.3 การเปรียบเทียบสารสำคัญในกระเทียมดำและกระเทียมสด	14
2.4 สารสำคัญในกระเทียมดำเมื่อเปรียบเทียบกับกระเทียมสด	15
3.1 สภาวะเครื่อง HPLC	30
4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์กระเทียมดำ	33
4.2 ลักษณะทางกายภาพของกระเทียมดำ	33
4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ SAC จากผลิตภัณฑ์กระเทียมดำ	36

สารบัญญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 การผลิตกระเทียมย้อนหลังเป็นระยะเวลา 5 ปี	7
2.2 ลักษณะกระเทียม	9
2.3 กระเทียมสด (ก) กระเทียมดำ (ข)	12
2.4 สภาวะการผลิตกระเทียมดำ	16
2.5 โครงสร้างโมเลกุลที่พบในกระเทียมส่วนใหญ่	18
3.1 วิธีดำเนินงานวิจัย	28
4.1 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่าง A	34
4.2 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่าง B	34
4.3 กราฟมาตรฐานของ S-allyl-cysteine (SAC)	35
4.4 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน SAC	36
4.5 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของกระเทียมดำตัวอย่าง A	37
4.6 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของกระเทียมดำตัวอย่าง B	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

กระเทียม (*Allium sativum* Linn.) จัดอยู่ในวงศ์ Alliaceae เป็นพืชสมุนไพรที่นิยมใช้ในการประกอบอาหารหลายชนิดเพื่อช่วยเพิ่มกลิ่นและรสสัมผัส ตลอดจนภูมิปัญญาชาวบ้านได้มีการใช้เป็นยาแผนโบราณในการรักษาโรคเบื้องต้น กระเทียมมีการเพาะปลูกกันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทย โดยภาคเหนือและภาคอีสานมีการเพาะปลูกกระเทียมมากที่สุด กระเทียมไทยมีกลิ่นหอม เนื้อแห้ง รสจัด จึงเป็นที่นิยมมากกว่ากระเทียมจีนที่มีขนาดใหญ่และน้ำมากกว่า การที่กระเทียมเป็นที่นิยมเพาะปลูก เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่าย โดยประเทศไทยมีผลผลิตกระเทียมสูงถึง 8 หมื่นตันต่อปี นอกจากนี้ยังพบว่า การค้าเสรีทำให้กระเทียมจากต่างประเทศซึ่งมีราคาถูกกว่านำเข้ามาในประเทศไทยมากขึ้น ส่งผลทำให้มีผลผลิตกระเทียมมากเกินไปเกินความต้องการบริโภค เกิดการเน่าเสียเป็นจำนวนมาก และเกิดปัญหาราคากระเทียมตกต่ำ จากความเสียหายที่เกิดขึ้นส่งผลทำให้หน่วยงานภาครัฐได้สนับสนุนการเพิ่มมูลค่า ตลอดจนยืดอายุการเก็บรักษาด้วยการแปรรูปกระเทียมในหลากหลายรูปแบบ เช่น กระเทียมดอง กระเทียมผง กระเทียมบด น้ำมันกระเทียม และแปรรูปเป็นกระเทียมดำ

ในระยะแรกการผลิตกระเทียมดำ (Black Garlic) เริ่มจากการใช้กระเทียมสดมาผ่านการบ่ม (Fermentation) ด้วยความชื้นและอุณหภูมิสูง เป็นระยะเวลา 30 - 100 วัน หรือจนกว่าเนื้อกระเทียมสีขาวจะเปลี่ยนเป็นสีดำ ปัจจุบันระยะเวลาในการผลิตกระเทียมดำสั้นลงด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ โดยพบว่าระยะเวลาที่สั้นที่สุดในผลิตกระเทียมดำ คือ หนึ่งสัปดาห์ กระเทียมดำมีลักษณะที่แตกต่างจากกระเทียมสดทั้งด้านรสชาติและลักษณะกายภาพภายนอก คือ เนื้อสัมผัสเหนียวยืดหยุ่น คล้ายเจลลี่ สีน้ำตาลออกดำ รสชาติหวาน กลิ่นไม่ฉุน ทำให้บริโภคได้ง่ายขึ้น โดยสีดำนี้นี้เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard Reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีระหว่างน้ำตาลรีดิวซิง (Reducing Sugar) กับกรดอะมิโน โดยสีจะเข้มข้นตามระยะเวลาการบ่ม (อรัญญา มานจำ และคณะ, 2560; Malaphong et al., 2022) และรสชาติหวานเกิดจากกระบวนการผลิตที่มีการใช้ความร้อนในการบ่ม ส่งผลให้น้ำตาลโพลีแซคคาไรด์ในกระเทียมสด คือ ฟรุคแทน (Fructan) สลายตัวกลายเป็นน้ำตาล

โมเลเดี่ยว คือ น้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตส รายงานการวิจัยเป็นจำนวนมากแสดงให้เห็นว่า กระเทียมดำมีคุณสมบัติมากกว่ากระเทียมสดหลายเท่า โดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในกระเทียมดำมีการเปลี่ยนแปลงและมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการผลิตจะมีการใช้อุณหภูมิสูงประมาณ 60 - 90 องศาเซลเซียส และมีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ระหว่างร้อยละ 80 - 90 ส่งผลทำให้สารที่ไม่คงตัวและกลั่นเฉพาะตัวของกระเทียมเปลี่ยนเป็นสารคงตัว และกลั่นน้อยลง สารดังกล่าวได้แก่ S-allylcyteine (SAC) จัดเป็นสารต้านออกซิเดชัน (Antioxidant) (ศวิตา ดิวจินดา, 2566) ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) สารต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial) ด้านการเจริญของเซลล์มะเร็ง (Anticancer) (Kosuge, 2020) รวมทั้งมีฤทธิ์ด้านการเกิดออกซิเดชันซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมสภาพของเซลล์ในสิ่งมีชีวิต (อรัญญา มานูจำ และคณะ, 2560) รวมทั้งมีฤทธิ์ลดความดันโลหิต ลดอาการท้องอืดท้องเฟ้อ มีฤทธิ์ช่วยป้องกันโรคอาหารเป็นพิษ และมีฤทธิ์ช่วยย่อยอาหารเป็นต้น (ชุติมา แก้วพิบูลย์ และณวงศ์ บุญนาค, 2563) เนื่องจากมีสารกลุ่ม allicin (Diallyl thiosulfinate หรือ allyl-2-propenethiosulfinate) ที่สามารถต้านการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (เจษฎา จิวากานนท์, 2546; อรัญญา มานูจำ และคณะ, 2560) นอกจากนี้ ยังพบว่า ปริมาณกรดอะมิโน Flavonoids และสารกลุ่ม Polyphenolics ในกระเทียมดำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกระเทียมสด

การผลิตกระเทียมดำมีปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณสารสำคัญและคุณภาพในกระเทียมดำ เช่น พื้นที่เพาะปลูก การควบคุมความชื้น ช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยว และอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่า การศึกษากระเทียมดำที่จำหน่ายในประเทศไทยยังมีผู้วิจัยศึกษาอย่างจำกัด ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจการตรวจสอบปริมาณ SAC ของกระเทียมดำ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่น่าสนใจและมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยสนับสนุนการแปรรูปกระเทียมดำเพื่อช่วยลดปัญหาผลผลิตที่มากกว่าความต้องการของตลาด รวมทั้งเพื่อเพิ่มมูลค่าและความหลากหลายให้สินค้าเกษตรกรและการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณ S-allylcyteine (SAC) ในกระเทียมดำที่จำหน่ายในประเทศไทยจากภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณ SAC ในกระเทียมดำจากแหล่งที่แตกต่างกัน

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

แหล่งที่แตกต่างกันมีปริมาณ SAC ต่างกัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1.4.1 สามารถนำความรู้ที่ได้จากการวิจัยนำมาใช้เป็นองค์ความรู้พื้นฐานในการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของกระเทียมดำจากแหล่งผลิตต่าง ๆ เพื่อพัฒนาและยกระดับสินค้าให้มีคุณภาพสูงขึ้น

1.4.2 สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยสนับสนุนการบริโภคกระเทียมดำเพื่อช่วยลดปัญหาผลผลิตที่มากกว่าความต้องการของตลาด รวมทั้งเพื่อเพิ่มมูลค่าและความหลากหลายให้กับผู้บริโภคในการเลือกรับประทานกระเทียม

1.4.3 สามารถนำความรู้เกี่ยวกับกระเทียมดำมาประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของผลิตภัณฑ์อาหารเสริม

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ทำการศึกษาและรวบรวมตัวอย่างผลิตภัณฑ์กระเทียมดำที่ผลิตและจัดจำหน่ายทั่วไปจำนวน 2 แหล่ง ได้แก่ ตัวอย่างจากภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทย อย่างละ 1 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างจากภาคเหนือคัดเลือกจากความนิยมสูงสุดในปี พ.ศ. 2566 (My Best, 2566) ในขณะที่ตัวอย่างจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือคัดเลือกจากข้อมูลทางวิชาการที่สนับสนุนว่ามีปริมาณของสาร SAC สูงสุดเมื่อเทียบกับสายพันธุ์อื่น

1.5.2 ทำการซื้อตัวอย่างในช่วงเวลาเดียวกัน คือ ระหว่างเดือนมีนาคม พ.ศ. 2567

1.5.3 ทำการตรวจสอบปริมาณกรด SAC ด้วยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

ในการศึกษารั้งนี้ได้นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ไว้ดังนี้

1. S-Allylcystein (SAC) หมายถึง สารประกอบของซัลเฟอร์ร่วมกับ L Cysteine โดย SAC เกิดจากการสลายตัวของ γ -glutamyl cysteine ซึ่งเป็นสารอนุพันธ์ของเตตระไฮโดรเบต้าคาโบลีน (Tetrahydro- β -carboline) เกิดจากการควบแน่นระหว่างทริปโตเฟน (Tryptophan) และ แอลดีไฮด์ (Aldehyde) ซึ่งผ่านการเกิดอัลลีนินซิน (Allininin Pathway) หรือกระบวนการเมลลาร์ด (Maillard Reaction) (กาญจนา แสงกล้า และคณะ, 2560) ซึ่ง SAC จัดเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ ลดไขมันในเลือด ต้านการอักเสบ มีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็ง เสริมภูมิคุ้มกันร่างกาย รวมทั้งสามารถรักษาระดับน้ำตาลในเลือด เป็นต้น โดยพบว่า ในกระเทียมดำ มีปริมาณมากกว่ากระเทียมสด 5 - 10 เท่า นอกจากนี้กระเทียมดำที่มีคุณภาพที่จำหน่ายในประเทศไทยในรูปแบบการค้า จะต้องมียปริมาณ SAC ที่ไม่น้อยกว่า 0.16 มิลลิกรัมต่อกรัมของกระเทียมดำ

2. กระเทียมดำ หมายถึง กระเทียมที่ผ่านกระบวนการบ่ม (Fermentation) ภายใต้การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และระยะเวลาในการบ่มที่เหมาะสม ส่งผลทำให้เปลี่ยนเป็นสีดำ กลิ่นฉุนลดลง รับประทานง่ายกว่ากระเทียมทั่วไป

3. High Performance Liquid Chromatography (HPLC) เป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการแยกสารผสมที่อยู่ในสถานะของเหลวออกจากกันโดยคุณสมบัติที่แตกต่างกันของสาร ซึ่งอาศัยหลักการโครมาโตกราฟี (Chromatography) ซึ่งอาศัยความแตกต่างกันของอัตราการเคลื่อนที่ของสารผสมที่ผ่านในคอลัมน์ (เฟสคงที่) ด้วยการพาของเฟสเคลื่อนที่ เทคนิคนี้จัดเป็นการตรวจวิเคราะห์สารเชิงคุณภาพ (Qualitative) และเชิงปริมาณ (Quantitative) หลักการของ HPLC คือ เป็นการแยกสารผสมด้วยเครื่องสูบล้างดันสูง (High Pressure Pump) ซึ่งจะสูบของเหลวที่ทำหน้าที่เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ (Mobile Phase) ซึ่งจะพาสารตัวอย่างที่ฉีดเข้าช่องฉีดสาร (Injector) เคลื่อนที่ผ่านวัฏภาคคงที่ (Stationary Phase) ที่อยู่ในคอลัมน์ (Column) โดยสารผสมที่เคลื่อนผ่านคอลัมน์จะถูกแยกออกจากกันในเวลาที่แตกต่างกัน โดยสารที่ถูกแยกออกมาจะผ่านเข้าสู่เครื่องตรวจวัด (Detector) โดยสัญญาณที่ตรวจวัดได้จะแสดงในรูปสัญญาณไฟฟ้าตามเวลาและปริมาณของสารที่ตรวจวัดได้ จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปเครื่องบันทึกสัญญาณ ซึ่งแสดงผลออกเป็นโครมาโตแกรม (Chromatogram) ประกอบด้วยพีค (Peaks) ของสารแต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบของสารผสม

4. Ultra High-performance liquid chromatograph (UHPLC) เป็นเครื่องมือที่สามารถแยกและวิเคราะห์สารที่อยู่ในรูปของเหลวออกจากกันพัฒนาต่อยอดมาจากเทคนิค HPLC เหมาะสำหรับการวิเคราะห์สารที่มีความเข้มข้นต่ำและวิเคราะห์ได้ครั้งละหลายตัวอย่าง ในภาพรวม UHPLC มีสมรรถนะสูงกว่า HPLC โดยมีการเพิ่มแรงดันของของเหลว และใช้คอลัมน์ (Column) สั้น และมีขนาดอนุภาคเล็กลง ทำให้ประสิทธิภาพของการแยก (Resolution, Rs) ดีขึ้น ปริมาณสารที่วิเคราะห์และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างลดลง ทำให้สิ้นเปลืองสารเคมีน้อยกว่า แต่ผลการแยก

สารดีกว่าการวิเคราะห์ด้วย HPLC โดยเครื่อง UHPLC ประกอบกับ Fluorescent detector และ Photo Diode Arra

5. สารสำคัญ หรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive Compound) เป็นสารที่สามารถแยกได้จากพืชและจุลินทรีย์ จัดจำแนกออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ สารปฐมภูมิ (Primary Metabolite) และสารทุติยภูมิ (Secondary Metabolite) ทั้งนี้พบว่า สารปฐมภูมิเป็นสารสำคัญที่พบในพืชทุกชนิด เนื่องจากมีความจำเป็นต่อการดำรงชีพ โดยสารสำคัญชนิดนี้เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน กรดอะมิโน และกรดนิวคลีอิก เป็นต้น ในขณะที่สารทุติยภูมิเกิดจากกระบวนการชีวสังเคราะห์โดยมีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการสังเคราะห์ที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามพบว่า สารทุติยภูมิเป็นสารที่ไม่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต แต่มักสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์บางอย่าง เช่น เพื่อป้องกันการเข้าทำลายโดยเชื้อโรค ใช้ในการล่อแมลง หรือไล่แมลง เป็นต้น ตัวอย่างสารทุติยภูมิที่พบในพืช ได้แก่ แทนนิน (Tannin) แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) คูมาริน (Cumarin) และซาโปนิน (Saponin) เป็นต้น

6. แหล่งที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาภูมิศาสตร์กายภาพพบว่า ความแตกต่างทางภูมิประเทศจะส่งผลต่อความสูง ความชัน รวมทั้งการวางตัวของลักษณะภูมิประเทศจะส่งผลโดยตรงต่อการไหลของน้ำบนผิวดิน และทำให้สภาพอากาศแตกต่างกันไป ดังนั้นการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศแตกต่างกันจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณและความหลากหลายของสารสำคัญ รวมทั้งคุณภาพของพืชที่เพาะปลูก ในการศึกษาครั้งนี้ แหล่งของกระเทียมดำคัดเลือกมาจากภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 2 แหล่ง

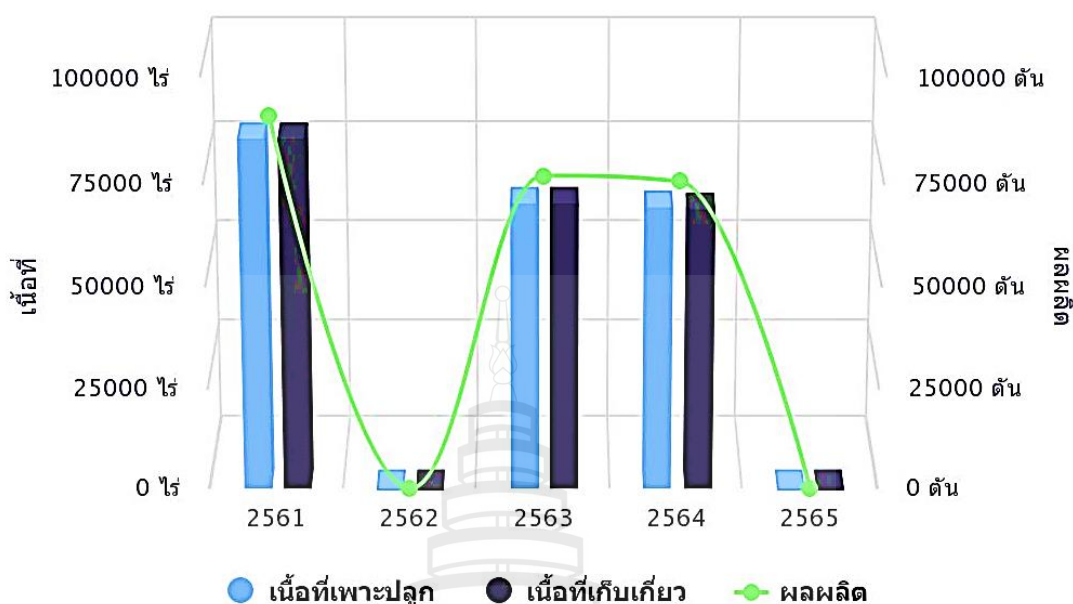
บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 กระเทียม

กระเทียม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Allium sativum* Linn. จัดอยู่ในวงศ์ Amaryllidaceae เช่นเดียวกับหอมแดง กุยฉ่าย และหอมหัวใหญ่ กระเทียมมีถิ่นกำเนิดจากบริเวณเอเชียกลาง หรือทวีปยุโรปตอนใต้ โดยมีชื่อเรียกทั่วไปแตกต่างกันตามภูมิภาค เช่น กระเทียมไทย (ภาคกลาง) หอมเทียม (ภาคเหนือ) กระเทียม (อีสาน) หัวเทียม (ภาคใต้) เป็นต้น (นิจศิริ เรื่องรังสี, 2534; ภัทรา เกรียงเพชร, 2552) กระเทียมเป็นพืชล้มลุกที่มีการเพาะปลูกกันมากในประเทศไทย โดยแหล่งสำคัญได้แก่ ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยแหล่งพื้นที่เพาะปลูกกระเทียมส่วนใหญ่อยู่บริเวณภาคเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย และแม่ฮ่องสอน เป็นต้น ในขณะที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นิยมเพาะปลูกกันมาที่จังหวัดศรีสะเกษ และบุรีรัมย์ ตามลำดับ และเริ่มมีการปลูกมากขึ้นในเขตภาคกลาง โดยจะเรียกชื่อพันธุ์ตามแหล่งเพาะปลูก ช่วงที่นิยมปลูกกระเทียมอยู่ ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม และช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยวคือช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน และเนื่องจากสภาพอากาศมีความหนาวเย็น ส่งผลให้ได้ผลผลิตดี ทั้งนี้ผลผลิตส่วนใหญ่ นิยมบริโภคภายในประเทศ ซึ่งพบว่า ร้อยละ 80 เป็นการบริโภคแบบสด และร้อยละ 20 เป็นการบริโภคกระเทียมในรูปแบบแปรรูป เช่น กระเทียมดอง กระเทียมอบแห้ง และกระเทียมผง

กระเทียมเป็นพืชเศรษฐกิจหลักอย่างหนึ่งของประเทศ โดยพบว่า ในปี 2565 มีจำนวนครัวเรือนผู้ปลูกกระเทียมเป็นจำนวนถึง 18,368 ครัวเรือน โดยภาคเหนือมีการเพาะปลูกมากที่สุด รองลงมา คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยจังหวัดที่มีการเพาะปลูกมากที่สุด ได้แก่ เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง และพะเยา ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564)



ที่มา กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2564)

ภาพที่ 2.1 การผลิตกระเทียมย้อนหลังเป็นระยะเวลา 5 ปี

อย่างไรก็ตาม พบว่า กระเทียมไทยได้รับผลกระเทียมจากการนำเข้ากระเทียมจากต่างประเทศ เนื่องจากหัวกระเทียมใหญ่ และมีราคาถูกกว่ากระเทียมไทย ส่งผลทำให้ราคาระเทียมตกต่ำ ทางภาครัฐจึงต้องหามาตรการแก้ไขและเพิ่มเสถียรภาพให้กับราคาระเทียมที่เพาะปลูกในประเทศ (นฤเทพ เวชภิบาล และนภัสสร เลียววัน, 2558) ปริมาณการนำเข้ากระเทียมและส่งออกย้อนหลังเป็นเวลา 4 ปี แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณการนำเข้ากระเทียมและส่งออกย้อนหลังเป็นเวลา 4 ปี

หน่วย : ปริมาณ (ตัน), มูลค่า (ล้านบาท)								
	2563		2564		2565		2566	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
นำเข้า	84,253.10	1,561.04	50,312.54	1,032.98	40,717.22	860.42	44,834.06	889.89
ส่งออก	1,403.68	107.50	2,430.88	116.79	1,744.52	91.08	674.66	47.50

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกระเทียม

กระเทียมเป็นพืชสมุนไพรที่นิยมนำมาใช้ในการประกอบอาหารเนื่องจาก มีรส กลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ จัดเป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจที่มีการเพาะปลูกกันอย่างแพร่หลาย โดยกระเทียมมีการจัดจำแนกตามหลักอนุกรมวิธาน ดังนี้

ตารางที่ 2.2 การจำแนกกระเทียมตามหลักอนุกรมวิธาน

Kingdom	Plantae
Subkingdom	Tracheobionta
Superdivision	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Class	Equisetopsida
Subclass	Magnoliidae
Superorder	Lilianae
Order	Asparagales
Family	Amaryllidaceae
Genus	<i>Allium</i>

สามารถจำแนกลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกระเทียมดังนี้ (กาญจนา แสนกล้า และคณะ, 2560; จารุพิชญา โสมลคร, 2563; รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ, 2540; Block, 2010)

1. หัว

กระเทียมมีลำต้นอยู่ใต้ดิน เรียกว่า หัว (Bulb) หัวมีลักษณะกลม แบน แต่ละหัวประกอบด้วยกลีบขนาดเล็ก (Clove) เรียงซ้อนกันประมาณ 4 - 15 กลีบ แตกต่างกันไปตามแต่ละสายพันธุ์ บางสายพันธุ์ มีกลีบเดียวเรียกว่า กระเทียมโทน โดยกระเทียมแต่ละกลีบมักจะมีเยื่อบาง ๆ หุ้มอยู่โดยรอบ

2. ราก

รากมีลักษณะแผ่ขยายออกจากฐานที่อยู่ด้านล่างของหัวกระเทียม (Adventitious Root) แผ่ออกกว้างประมาณ 10 นิ้ว โดยรากมีขนาดประมาณ 16 นิ้ว หยั่งลึกลงไปในดิน

3. ลำต้น

ลำต้นมีสีขาว ลักษณะแข็ง โดยลำต้นของกระเทียมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ลำต้นใต้ดิน ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอก และลำต้นเหนือดินซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกลม ซึ่งเป็นส่วนที่ยาวต่อเนื่องมาจากลำต้นใต้ดิน อย่างไรก็ตามพบว่า กระเทียมจะมีกาบใบหุ้มทับซ้อนกัน ส่งผลทำให้ไม่สามารถมองเห็นลำต้นของกระเทียมได้อย่างชัดเจน

4. ใบ

ใบมีลักษณะเป็นใบเลี้ยงเดี่ยวยาวแบน ปลายใบแหลมและแคบ สีเขียวเข้ม และค่อนข้างกลืนดู โดยกระเทียมจะมีใบประมาณ 14 - 16 ใบต่อดัน อย่างไรก็ตามพบว่า ลักษณะของใบจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ เช่น กระเทียมพันธุ์เบาจะมีใบแหลม ในขณะที่กระเทียมพันธุ์หนักใบจะกว้างและยาวกว่า ส่วนพันธุ์กลางใบจะเล็กและยาว

5. ดอก

ดอกกระเทียมจะมีลักษณะเป็นช่อกลม คล้ายหัวกระเทียม มีสีขาวอมม่วงหรือขาวอมชมพูเรียงล้อมรอบเกสรตัวเมีย กลีบดอกมีลักษณะยาวแหลม ปลายกลีบโค้งมน อับเรณูและก้านเกสรตัวเมียจะสูงกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ



ที่มา Sanjay et al. (2019)

ภาพที่ 2.2 ลักษณะกระเทียม

2.2.1 พันธุ์กระเทียม (รัชณี ศิริยาน และคณะ, 2556)

กระเทียมไทยมีลักษณะที่เด่นกว่ากระเทียมจากต่างประเทศ คือ เปลือกนอกสีขาว หรือปนม่วงแดง โดยเปลือกจะบางและเหนียว ขนาดหัวเล็กกว่าพันธุ์อื่น โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย เช่น พันธุ์บางช้าง พันธุ์เชียงใหม่ และพันธุ์ศรีสะเกษ เป็นต้น อย่างไรก็ตามเมื่อนำพันธุ์กระเทียมเหล่านี้ไปเพาะปลูกยังแหล่งต่าง ๆ จะนิยมเรียกชื่อตามแหล่งเพาะปลูกนั้น โดยขนาดหัว และลักษณะอื่น ๆ จะแตกต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อมที่เพาะปลูก เกณฑ์ในการจำแนกพันธุ์กระเทียม สามารถแยกตามน้ำหนักหัวอายุการเก็บเกี่ยว และระยะเวลาการเพาะปลูก ซึ่งสามารถจำแนกกระเทียมออกเป็น 3 พันธุ์หลักที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์เบา พันธุ์กลาง และพันธุ์หนัก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2528)

2.2.1.1 กระเทียมพันธุ์เบา เป็นกระเทียมพันธุ์พื้นเมืองที่มีลำต้นสูง หัวขนาดเล็กถึงปานกลาง เมื่อเทียบอัตราส่วนระหว่างหัวกับลำต้นและใบ พบว่า ส่วนหัวจะเบากว่า หัวกระเทียมอาจมีสีขาวอมชมพู ขาวอมม่วง หรือขาวอมเหลือง ขึ้นกับสภาพแวดล้อมที่เพาะปลูก กลีบกระเทียมพันธุ์เบาจะมีขนาดเท่ากัน โดยจำนวนกลีบต่อหัว 11 - 13 กลีบ และมีขนาดกลีบแตกต่างกัน โดยปลายกลีบจะมีเส้นยาวเหนือกลีบ เรียกว่า หาง ซึ่งจัดเป็นลักษณะเด่นในการตรวจสอบชนิดพันธุ์ ลักษณะเนื้อสีขาว แข็งและแน่น รสและกลิ่นฉุน มักเรียกชื่อตามแหล่งที่มา คือ เป็นกระเทียมพื้นเมืองของศรีสะเกษ หรือพันธุ์จากศรีสะเกษ มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 75 - 90 วัน

2.2.1.2 กระเทียมพันธุ์กลาง จัดเป็นพันธุ์กระเทียมที่นิยมเพาะปลูกสูงสุด ลำต้นเตี้ยและอวบกว่ากระเทียมพันธุ์เบาแต่ขนาดหัวใหญ่กว่า จำนวนกลีบต่อหัวประมาณ 9 - 15 กลีบ โดยกลีบชั้นนอกมีขนาดใกล้เคียงกับกลีบกระเทียมพันธุ์เบา และพบว่ากลีบแต่ละชั้นมีขนาดไม่เท่ากัน โดยกลีบชั้นนอกมีขนาดใหญ่กว่ากลีบชั้นใน เปลือกหุ้มมีสีม่วงปนแดง หรือชมพูอ่อน ใบสีเขียวเข้มลักษณะแบนกว้าง และปลายใบจะโน้มลงดิน รสและกลิ่นฉุนปานกลาง กระเทียมพันธุ์กลางมีหลายพันธุ์ เช่น กระเทียมพื้นเมืองเชียงใหม่ เรียก กระเทียมเชียงใหม่ กระเทียมพื้นเมืองภาคกลาง เรียก กระเทียมบางช้าง เป็นต้น อายุการเก็บเกี่ยวกระเทียมพันธุ์กลางประมาณ 90 - 120 วัน หากใช้กระเทียมแห้งเพื่อเป็นพันธุ์ในการปลูกปีถัดไป เกษตรกร จะทำการเก็บเกี่ยวที่อายุประมาณ 120 วัน

2.2.1.3 กระเทียมพันธุ์หนัก หรือกระเทียมพันธุ์อื่น มักเป็นกระเทียมต่างประเทศ พบเพาะปลูกในประเทศไทยไม่มากนัก ลำต้นอวบ ขนาดใหญ่กว่ากระเทียมพันธุ์อื่น หัวและกลีบมีขนาดใหญ่ จำนวนกลีบ ต่อหัวน้อยประมาณ 4 - 8 กลีบ รูปร่างกลีบเกือบกลม เปลือกนอกที่หุ้มหัวสีขาวหรือขาวปนม่วง ส่วนใบมีขนาดใหญ่สีเขียวลักษณะหนา โดยรอยต่อระหว่างใบต่อใบ ค่อนข้างสั้น และแคบคล้ายโคนใบเรียงซ้อนกัน รสและกลิ่นไม่ฉุนฉุน มีอายุการเก็บเกี่ยวค่อนข้างนานประมาณ 150 วัน อย่างไรก็ตามพบว่า กระเทียมพันธุ์นี้จะฝ่อ เน่า รวมทั้งแห้งเร็วกว่าพันธุ์อื่น

2.2.2 การเพาะปลูกกระเทียม

การเพาะปลูกกระเทียมนิยมปลูก 2 ช่วง ได้แก่

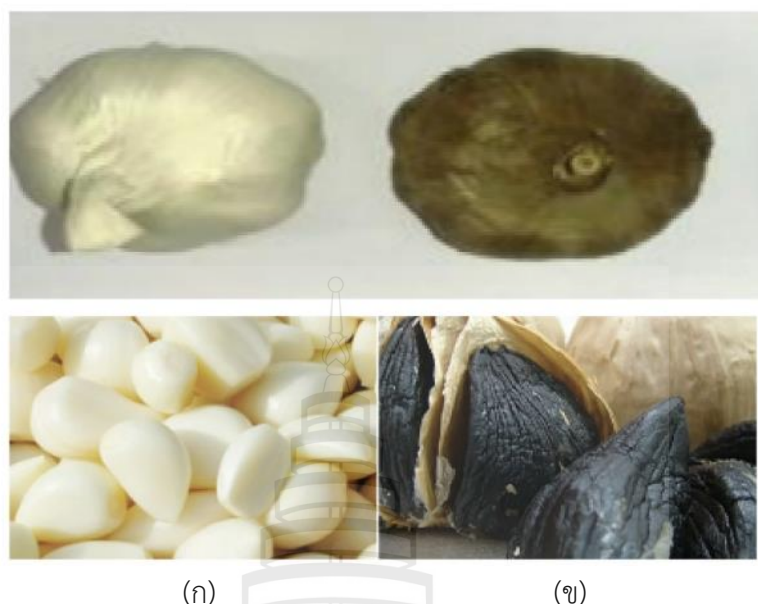
2.2.2.1 การเพาะปลูกช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน และทำการเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งจะมีอายุประมาณ 75 - 90 วัน โดยกระเทียมรุ่นนี้ เรียกว่า กระเทียมดอง หรือกระเทียมเบา อย่างไรก็ตามกระเทียมชนิดนี้นิยมใช้ในการทำกระเทียมดอง เนื่องจากอายุการเก็บรักษาสั้น หากเก็บไว้เป็นระยะเวลานานจะฝ่อและเหม็นคลิบ

2.2.2.2 การเพาะปลูกในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม และทำการเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน มีอายุประมาณ 90 - 120 วัน เรียกว่า กระเทียมปี ซึ่งเป็นกระเทียมแห้ง อายุการเก็บรักษานาน

อย่างไรก็ตามกระเทียมมักมีกลิ่นฉุน รสชาติเผ็ดร้อน ส่งผลทำให้เกิดลักษณะไม่พึงประสงค์ภายหลังจากการรับประทานกระเทียมสด คือ กลิ่นลมหายใจ รวมทั้งกระเทียมมีอายุการเก็บรักษาสั้น และเน่าเสียได้ง่าย รวมทั้งมีการผลิตออกมาปริมาณมากเกินความต้องการของตลาด ส่งผลทำให้ราคาตกต่ำ ทำให้มีการคิดค้นการแปรรูปกระเทียมสดเป็นกระเทียมดำ (Black Garlic) โดยการแปรรูปกระเทียมเป็นมาตรการที่สำคัญในการช่วยเพิ่มเสถียรภาพด้านราคาให้กับกระเทียมไทย เนื่องจากกระเทียมไทยมีจุดเด่นในเรื่องกลิ่นและรสชาติเผ็ดร้อนเฉพาะตัว

2.3 กระเทียมดำ (Black Garlic)

กระเทียมดำกำลังเป็นที่นิยมในอาหารเพื่อสุขภาพในเอเชีย โดยนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน รายงานว่า แหล่งกำเนิดของกระเทียมดำยังไม่ปรากฏหลักฐานแน่ชัด แต่เป็นที่ทราบกันดีว่ากระเทียมดำมีการบริโภคมาตั้งแต่สมัยโบราณในประเทศไทย ญี่ปุ่น และเกาหลี กระบวนการผลิตกระเทียมดำจะนำหัวกระเทียมสดผ่านความร้อนสูงและมีการควบคุมความชื้นสูง โดยระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มแตกต่างกันไปตามวัฒนธรรม การผลิต และวัตถุประสงค์ ซึ่งวิธีการผลิตนี้จะส่งผลทำให้กระเทียมมีสีเข้มขึ้น รสหวาน กลิ่นไม่ฉุน รสสัมผัส เหนียวหนึบคล้ายเจลลี่ ทำให้สามารถรับประทานได้ง่ายกว่ากระเทียมสด (Afzaal et al., 2021; Yuan et al., 2016)



ภาพที่ 2.3 กระเทียมสด (ก) กระเทียมดำ (ข)

2.3.1 การผลิตกระเทียมดำ

กระเทียมดำผลิตจากกระเทียมสด ทำโดยการคัดหัวกระเทียมที่มีคุณภาพ คือ สะอาด ไม่มีรอยโรค ตัดส่วนลำต้นและรากออกเหลือเฉพาะส่วนหัว จากนั้นนำมาจัดเรียงลงบนถาดอลูมิเนียมโดยไม่ให้ซ้อนทับกัน จากนั้นคลุมด้วยผ้าสะอาดและห่อด้วยฟรอยผลิตอาหาร นำเข้าตู้อบ (Incubator) โดยผ่านกระบวนการบ่ม (Fermentation) ที่มีการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 60 - 90 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50 - 90 เปอร์เซ็นต์ ใช้ระยะเวลาในการบ่มประมาณ 40 - 90 วัน โดยระหว่างกระบวนการบ่มไม่มีการใส่สารเติมแต่งใด ๆ เมื่อครบกระบวนการบ่มนำกระเทียมดำออกจากตู้อบแล้วนำมาพักไว้ให้ไอน้ำระเหย ปล่อยให้เย็นและทำการบรรจุหีบห่อ

ปัจจุบันมีการนำกระเทียมดำมาบริโภคกันอย่างแพร่หลาย โดยถูกนำไปประกอบอาหารหลายชนิด เช่น อาหารหมักดอง เป็นส่วนผสมในน้ำซอส แกง น้ำซุ้บ รวมทั้งผลิตภัณฑ์ทาขนมปัง โดยมีรายงานการศึกษา เป็นจำนวนมากที่สนับสนุนว่า กระเทียมดำอุดมไปด้วยคุณประโยชน์ วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิตามินซี ซีลีเนียม และโพแทสเซียม เนื่องจากกระบวนการผลิตทำให้สารอาหารต่าง ๆ มีการเพิ่มปริมาณมากกว่ากระเทียมสด นอกจากนี้ยังพบว่า กลิ่นฉุนรุนแรงของกระเทียมดำลดลงจากกระเทียมสดเนื่องจากปริมาณของสารอัลลิซิน (Allicin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในกระเทียมได้ลดปริมาณลงจากกระบวนการหมัก และเปลี่ยนไปเป็นสารที่ละลายน้ำได้ เช่น S-allylcysteine (SAC) tetrahydro- β -carboline สารกลุ่มอัลคาลอยด์ และฟลาโวนอยด์แทน

ส่งผลทำให้มีฤทธิ์ทางชีวภาพในการนำมาใช้บำรุงร่างกายและป้องกันโรคต่าง ๆ เช่น สามารถใช้ในการต้านอนุมูลอิสระ ลดความดันโลหิต ป้องกันอาการแพ้ มีฤทธิ์ด้านการเจริญของเชื้อแบคทีเรียซึ่งเป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ รวมทั้งมีประสิทธิภาพในการลดน้ำตาลและไขมันในเลือด ด้านภูมิแพ้และด้านการอักเสบได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้กระเทียมดำในการรักษาโรคสามัญต่าง ๆ เช่น เบาหวาน โรคหัวใจ ด้านการเกิดมะเร็ง ป้องกันระบบประสาท ป้องกันการเกิดโรคไตเสื่อม รวมทั้งสามารถใช้ในการลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดได้ (Ahmed & Wang, 2021; Choi et al., 2014; Yuan et al., 2016)

ทั้งนี้คุณภาพและรสชาติของกระเทียมดำขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ในกระบวนการบ่ม ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต ความชื้นสัมพัทธ์ ระยะเวลาในการบ่ม พื้นที่ในการเพาะปลูก ภูมิอากาศ สภาพการเจริญเติบโต พันธุ์ที่เพาะปลูก และระยะเวลาเก็บเกี่ยว เป็นต้น สิ่งเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของกระเทียมดำ ทั้งนี้พบว่า หากกระบวนการผลิตมีการใช้อุณหภูมิสูงเกินไป จะส่งผลทำให้รสขมหรือหากใช้ความชื้นที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลทำให้กระเทียมดำมีสีไม่น่ารับประทาน (กาญจนา แสนกล้า และคณะ, 2560; Manoonphol et al., 2023) นอกจากนี้ยังพบว่า ไธโอซัลไฟเนต (Thiosulfinate) ในกระเทียมดำมีปริมาณลดลงส่งผลทำให้กลิ่นฉุน และรสชาติเผ็ดร้อนเฉพาะตัวของกระเทียมเปลี่ยนเป็นมีรสหวานอมเปรี้ยวและกลิ่นหอมคล้ายคาราเมล ทำให้รับประทานง่าย

2.3.2 ปริมาณสารสำคัญในกระเทียมดำเมื่อเปรียบเทียบกับกระเทียมสด (Kimura et al., 2017)

กระบวนการบ่มในระหว่างการผลิตกระเทียมดำ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพฤกษเคมี ส่งผลให้การออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบต่าง ๆ มีดังนี้

2.3.2.1 การเปรียบเทียบองค์ประกอบระหว่างกระเทียมสดและกระเทียมดำ

กระเทียมสดประกอบด้วยน้ำประมาณร้อยละ 63 ฟรุกแทน ร้อยละ 28 สารประกอบกำมะถันอินทรีย์ ร้อยละ 2.3 เอนไซม์อัลลิเนส ร้อยละ 2 อาร์จีนิน ร้อยละ 1.2 และไฟเบอร์ ร้อยละ 1.5 และพบว่า กระเทียมสดมีปริมาณ γ -glutamylcysteines ในปริมาณสูง โดยสารประกอบเหล่านี้จะถูกไฮโดรไลซ์และออกซิไดซ์เพื่อสังเคราะห์อัลลิอิน (Alliin) ซึ่งปริมาณจะเพิ่มขึ้นตามธรรมชาติระหว่างการเก็บรักษากระเทียมในอุณหภูมิต่ำ หลังจากผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การตัด การบด การเคี้ยวหรือการดองน้ำออก พบว่า Alliinase จะสลายตัวอย่างรวดเร็วเกิดเป็นอัลลิอิน (Alliin) เพื่อสร้าง alkyl alkane-thiosulfates ที่เป็นพิษต่อเซลล์และให้กลิ่น เช่น อัลลิซิน (Allicin) โดยอัลลิซินนี้เป็นสารที่ให้กลิ่นและรสชาติที่เป็นลักษณะ เฉพาะของกระเทียม ขณะเดียวกันพบว่า γ -glutamylcysteines จะถูกเปลี่ยนเป็น SAC โดยมีรายงานว่า SAC ในกระเทียมมีคุณประโยชน์ต่อการส่งเสริมสุขภาพอย่างหลากหลาย เช่น สามารถใช้ในด้านเบาหวาน ด้านการเกิดอนุมูลอิสระ

รวมถึงมีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ เป็นต้น โดยปริมาณสารสำคัญในกระเทียมดำ เมื่อเปรียบเทียบกับกระเทียมสด แสดงดังตารางที่ 1.1

ในระหว่างกระบวนการแปรรูปกระเทียมดำด้วยความร้อน พบว่า สารประกอบทางเคมีบางอย่างจากกระเทียมดำถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบ Amadori/Heyns จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard Reaction) โดยสารประกอบทางเคมีของกระเทียมดำที่ผ่านการหมักมีความซับซ้อน และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ขึ้นอยู่กับขั้นตอนและขบวนการผลิต นอกจากนี้ยังพบว่า กระเทียมดำประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากกว่ากระเทียมสด โดยเฉพาะสารโพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และ SAC เป็นต้น อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิต กระเทียมดำที่มีการใช้ความร้อน ส่งผลให้น้ำตาลที่ละลายในน้ำ กรดอะมิโน สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และฟลาโวนอยด์ มีการเปลี่ยนแปลงโดยอาจมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลง เช่น ในกระเทียมดำพบว่า สารประกอบ Amadori 3 ชนิด และ Heyns 3 ชนิด เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญถึง 40 - 100 เท่า ในขณะที่ปริมาณของฟรุกแทนลดลง ทั้งนี้การเปรียบเทียบสารสำคัญในกระเทียมดำและกระเทียมสด แสดงดังตารางที่ 2.2 และ 2.3

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบสารสำคัญในกระเทียมดำและกระเทียมสด

สารสำคัญ	องค์ประกอบของกระเทียมดำ เมื่อเทียบกับกระเทียมสด	ความเข้มข้นดั้งเดิม
น้ำตาลที่ละลายน้ำได้	เพิ่มขึ้น 1.88-7.91 เท่า	450 มิลลิกรัม /กรัม
Polyphenol	เพิ่มขึ้น 4.19 เท่า	13.91 มิลลิกรัม GAE/กรัม
Flavonoid	เพิ่มขึ้น 4.77 เท่า	3.22 มิลลิกรัม RE/กรัม
Amadori & Heyns	เพิ่มขึ้น 40-100 เท่า	10 ไมโครกรัม/กรัม
Fructan	ลดลง 0.15-0.01 เท่า	580 มิลลิกรัม /กรัม
Leucine	เพิ่มขึ้น 1.06 เท่า	58.62 มิลลิกรัม /100 กรัม
Isoleucine	เพิ่มขึ้น 1.67 เท่า	50.04 มิลลิกรัม /100 กรัม
Cysteine	ลดลง 0.58 เท่า	81.06 มิลลิกรัม /100 กรัม
Phenylalanine	เพิ่มขึ้น 2.43 เท่า	55.64 มิลลิกรัม /100 กรัม
Tyrosine	ลดลง 0.18 เท่า	449.95 มิลลิกรัม /100 กรัม

หมายเหตุ GAE = ค่าเทียบเท่ากับกรดแกลลิก (Gallic Acid Equivalents)

RE = ค่าเทียบเท่าสารรูติน (Rutin Equivalents)

ตารางที่ 2.4 สารสำคัญในกระเทียมดำเมื่อเปรียบเทียบกับกระเทียมสด

	กระเทียมสด	กระเทียมดำ
พลังงาน (Kcal/100g)	138	227.1
โปรตีน	8.4%	9.1%
ไขมัน	0.1%	0.3%
คาร์โบไฮเดรต	28.7%	47.0%
S-allyl-cysteine (SAC)	23.7 µg/g	194.3 µg/g
γ-glutamyl-SOallylcysteine	748.7 µg/g	248.7 µg/g
สารกลุ่ม flavonoids	3.22 mg rutin equivalent/g	เพิ่มขึ้น 4.77 เท่า
สารกลุ่ม polyphenols	13 mg gallic acid equivalent/g	เพิ่มขึ้น 4.19 เท่า

ที่มา ศวิตา จิวจินดา (2566)

2.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตกระเทียมดำ (Kimura et al., 2017)

2.3.3.1 ผลของอุณหภูมิในการบ่มต่อคุณภาพของกระเทียมดำ

การบ่มกระเทียมที่อุณหภูมิสูงจะใช้ระยะเวลาการบ่มสั้นกว่าอุณหภูมิต่ำ จากการศึกษาพบว่า การบ่มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความเร็วของการบ่มจะเร็วเป็นสองเท่าของ 60 องศาเซลเซียส เมื่อประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า ที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส คุณภาพของกระเทียมดำดีกว่าและสีดำมีความสม่ำเสมอมากกว่า เนื่องจากหากบ่มที่ 90 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการบ่มจะเร็วกว่า แต่รสชาติที่จะขมและเปรี้ยว ในขณะที่หากบ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สีของกระเทียมจะไม่ดำสนิท

Temperature	Relative Humidity	Durations (Days)	Results
60 °C 70 °C 80 °C 90 °C	80%	69 33 24 12	Temp. { ↓ Moisture Allicin ↑ HMF Total phenols Total acids
70 °C	90%	35	↑ Redness ↓ Brightness and yellowness Crude fat, crude protein, total sugar, total pyruvate, glucose, amino acids
70 °C	90%	21	↑ Redness ↓ Lightness and yellowness pH Total polyphenol, total flavonoid, total acidity, reducing sugar
65 °C 75 °C 78 °C	70% 75% 80% 85%	16	↑ Polyphenol content (85 °C, 70% RH) ↑ Reducing sugar, total sugar total acids, 5-HMF (75 °C, 85% RH)
72 °C 75 °C 78 °C	~90%	33	pH Temp. Polyphenols, antioxidant, Browning intensity
90 °C (1st step) 80 °C (2nd step) 60 °C (3rd step) 40 °C (4th step)		2 4 4 1	↑ Moisture (4th step) ↑ Total phenolic and flavonoids (4th step) ↑ Total pyruvate and thiosulfate (4th step) ↑ Mineral content (4th step)
65-80 °C	70-80%	30-40	↑ SAC
70 °C	90%	10 15 20	↑ SAC (15 days)
40 °C 55 °C 70 °C 85 °C	70%	45	Moisture pH Temp. Browning density SAC Antioxidant activity

ที่มา Ahmed and Wang (2021)

ภาพที่ 2.4 สภาวะการผลิตกระเทียมดำ

2.3.3.2 ผลของความชื้นในการบ่มต่อคุณภาพของกระเทียมดำ

ผลของความชื้นมีผลต่อคุณภาพของกระเทียมดำ คือ เมื่อปริมาณความชื้นของกระเทียมถึง 400 - 500 กรัม/กิโลกรัม กระเทียมดำจะมีความนุ่ม ยืดหยุ่น เนื้อสัมผัสดีเหมาะแก่การรับประทาน หากปริมาณความชื้นเท่ากับ 350 - 400 กรัม/กิโลกรัม พบว่า กระเทียมดำจะแห้งกว่าและความยืดหยุ่นน้อยลง และเมื่อความชื้นลดลงต่ำกว่า 350 กรัม/กิโลกรัม พบว่า จะไม่สามารถรับประทานได้ เนื่องจากกระเทียมดำจะแข็งมาก

2.3.3.3 ผลของความเร็วในการบ่มต่อคุณภาพของกระเทียมดำ

เมื่อแปรรูปกระเทียมสดให้เป็นกระเทียมดำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นช้า ในขณะที่กระบวนการแปรรูปที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียสจะ

เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามเป็นการยากที่จะหาสภาวะการบ่มที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากปริมาณสารฟีนอล และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในกระเทียมไม่แน่นอน

2.3.3.4 ผลของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่อคุณภาพของกระเทียมดำ

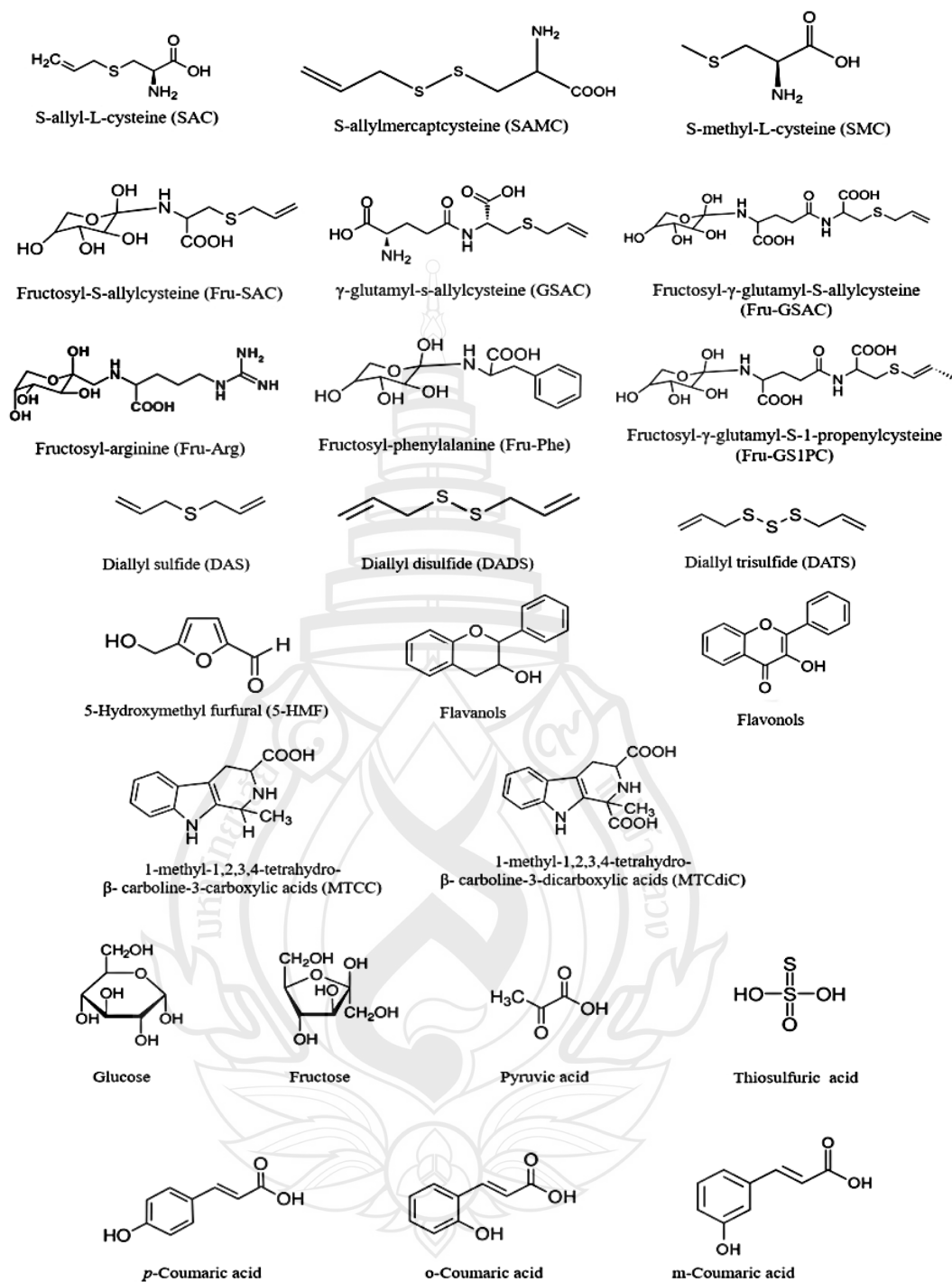
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการบ่ม โดยน้ำตาลและกรดอะมิโนบางชนิดจำเป็นสำหรับปฏิกิริยาเมลลาร์ด โดยพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นระหว่างกระบวนการ ที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส กล่าวคือ ที่อุณหภูมิดังกล่าวอัตราการสร้างน้ำตาลรีดิวซ์จะเร็วกว่าอัตราการใช้ อย่างไรก็ตามแม้ว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิสูง แต่กระบวนการผลิตที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้กระเทียมดำไม่มีกลิ่น รสรวมถึงความหวานที่เหมาะสม เนื่องจากการใช้น้ำตาลรีดิวซ์ในปริมาณที่มากในสภาวะอุณหภูมิที่สูง นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดขึ้นปริมาณกรดอะมิโนจะลดลงตามลำดับ เป็นที่น่าสนใจว่า 5-hydroxymethylfurfural (5-HMF) ซึ่งเป็นผลผลิตขั้นกลางที่สำคัญในปฏิกิริยาเมลลาร์ด ปริมาณสารนี้ไม่มีการเพิ่มขึ้นตลอดระหว่างกระบวนการบ่ม หากบ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ปริมาณสาร 5-HMF เพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ามาก

2.3.3.5 ผลของสภาวะในการบ่มต่อคุณภาพของกระเทียมดำ

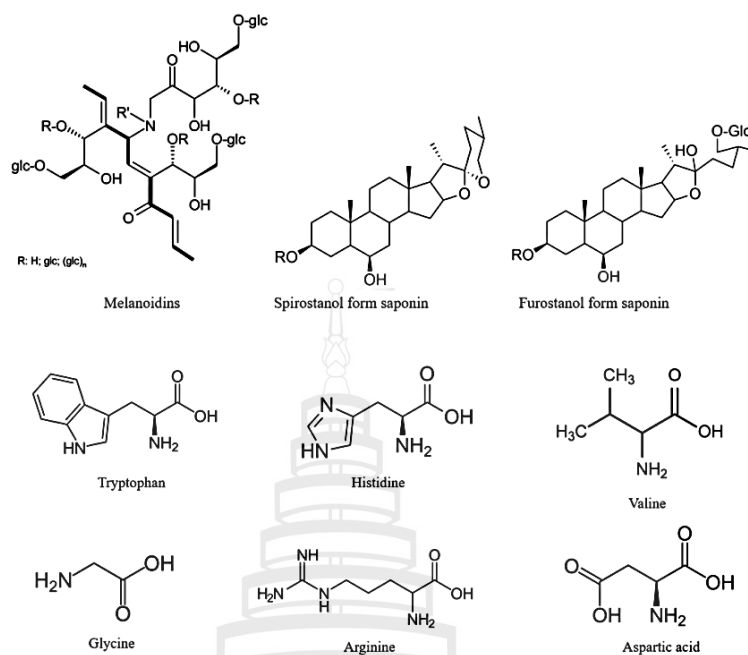
คุณภาพของกระเทียมดำด้านการออกฤทธิ์ทางชีวภาพและเนื้อสัมผัสขึ้นกับอุณหภูมิระหว่างกระบวนการผลิตด้วยความร้อน มีรายงานว่า กระเทียมดำหมักมีฤทธิ์ทางชีวภาพมากกว่ากระเทียมดำที่ผ่านกระบวนการบ่ม โดยพบว่า ระยะเวลาในการบ่มกระเทียมดำจะสั้นกว่าในอุณหภูมิที่สูง ในขณะที่การควบคุมปริมาณของสารสำคัญบางชนิดทำได้ยากที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากส่วนประกอบจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วระหว่างกระบวนการบ่ม ผลการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์หลายท่านรายงานว่า อุณหภูมิของการบ่มที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการแปรรูปกระเทียม นอกจากนี้คุณภาพของกระเทียมดำมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ความชื้น และการหมัก

2.3.3.6 สารพิษที่พบในกระเทียมดำ (Ahmed & Wang, 2021)

ปัจจุบันประชากรส่วนใหญ่เริ่มมีความตระหนักเกี่ยวกับสุขภาพ ทำให้กระเทียมดำ เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่กำลังเป็นที่น่าสนใจ กระบวนการผลิตมีการใช้ความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อเพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัส ความน่ารับประทาน รวมถึงเพื่อความหลากหลายของสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของอาหาร นอกจากนี้ กระบวนการผลิตที่ใช้ความร้อนยังสามารถผลิตสารประกอบทางชีวภาพ ซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นตั้งแต่แรกที่มีอยู่ในอาหาร เมื่อกระเทียมดำผ่านการหมักตามธรรมชาติหรือกระบวนการบ่มจะส่งผลทำให้กลีบกระเทียมเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลหรือดำ เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard) หรือเรียกว่า อะมิโน-คาร์บอนิล (Amino-carbonyl Reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ไม่ใช่เอนไซม์ที่เกิดขึ้นระหว่างรีดิวซ์น้ำตาลกับอะมิโน กลุ่มที่พบในกรดอะมิโน เปปไทด์ และเมื่อตรวจสอบสารพิษที่พบในกระเทียมดำ แสดงดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างโมเลกุลที่พบในกระเทียมส่วนใหญ่



ภาพที่ 2.5 (ต่อ)

2.4 ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่ส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญในกระเทียม

ความแตกต่างของลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพ ทั้งด้านความสูง ความชัน รวมทั้งการวางตัวของลักษณะภูมิประเทศส่งผลโดยตรงต่อการไหลของน้ำบนผิวดิน และทำให้สภาพอากาศแตกต่างกันไป ดังนั้นการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศแตกต่างกันจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณและความหลากหลายของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบในกระเทียม รวมทั้งคุณภาพของกระเทียมที่เพาะปลูก โดยแหล่งเพาะปลูกและสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน ทำให้กระเทียมมีลักษณะทางกายภาพและเคมีแตกต่างกัน ได้แก่ ชนิดและปริมาณสารสำคัญ ขนาดหัว ลักษณะเปลือก คุณลักษณะด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่า ช่วงระยะเวลาในการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยว อุณหภูมิและความชื้นที่ใช้ในกระบวนการผลิต ระยะเวลาการบ่ม วิธีการเก็บรักษา การขนส่ง ฯลฯ ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อปริมาณสารสำคัญในกระเทียมเช่นเดียวกัน (กรุณรัตน์ สกุลนามรัตน์ และคณะ, 2566; จิรายุ มุสิกกา และคณะ, 2565; Yuan et al., 2018)

2.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารด้วยกราฟมาตรฐาน (Calibration Curve)

กราฟมาตรฐาน (Calibration Curve) หรือกราฟมาตรฐานความเข้มข้น (Concentration Calibration Curve) เป็นหลักการสำคัญสำหรับการวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยเป็นการเทียบสารที่สนใจวิเคราะห์ทางอ้อมเทียบกับสารมาตรฐาน (Standard Reagent) ทั้งนี้การสร้างกราฟมาตรฐานเป็นวิธีสร้างความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนกับค่าความเข้มข้นของสารที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์ โดยกราฟที่สร้างขึ้นเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหรือความเข้มข้นของสารที่วัดได้ (แกน y) กับความเข้มข้นของสารที่สนใจวิเคราะห์ (Analyte) ที่เตรียมเป็นสารมาตรฐาน (แกน x) ทั้งนี้สัญญาณตอบสนองที่วัดได้ต้องแปรผันตรงกับปริมาณสารที่สนใจวิเคราะห์ อย่างไรก็ตามการสร้างกราฟมาตรฐานต้องกำหนดช่วงความเข้มข้นให้เหมาะสมและครอบคลุม โดยเป็นช่วงความเข้มข้นที่สัมพันธ์กับสัญญาณที่วัดได้ให้เป็นเส้นตรงมากที่สุด เรียกว่าช่วงความเป็นเส้นตรง (Linearity Range) (วรวิทย์ จันทรสุวรรณ, 2565) ทั้งนี้การสร้างกราฟมาตรฐานทำได้โดย

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานที่มีช่วงความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 - 5 ความเข้มข้นหรือแล้วแต่ความเหมาะสม และแบลงค์ (Blank) โดยอาจใช้ Reagent blank หรืออาจใช้ตัวทำละลายเป็นแบลงค์
2. ทำการปรับศูนย์ด้วยแบลงค์ จากนั้นทำการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐาน และนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแกน y และแกน x จากนั้นหาสมการเส้นตรงของกราฟ
3. เตรียมสารละลายที่สนใจวิเคราะห์เช่นเดียวกับการเตรียมสารละลายมาตรฐาน โดยอาจทำการเจือจางสารตัวอย่างก่อนในกรณีที่ตัวอย่างมีความเข้มข้นสูง
4. วิเคราะห์สารละลายตัวอย่าง จากนั้นแทนค่าผลลัพธ์ที่ได้ในสมการเส้นตรงเพื่อคำนวณความเข้มข้นของสารละลายที่สนใจตรวจวิเคราะห์ และคำนวณเป็นความเข้มข้นของตัวถูกละลายในสารตัวอย่างจริง
5. ความเข้มข้นของสารที่วิเคราะห์ต้องอยู่ในช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน ไม่ต่ำและไม่สูงกว่าความเข้มข้นที่วัดได้ของความเข้มข้นของสารมาตรฐาน ในกรณีที่สารตัวอย่างมีความเข้มข้นต่ำกว่าต้องทำการเพิ่มความเข้มข้น (Pre-concentration) และหากความเข้มข้นสูงกว่าต้องทำการเจือจาง (Dilution) ให้ความเข้มข้นอยู่ในช่วงความเป็นเส้นตรง

เมื่อพิจารณาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบในกระเทียมดำ โดยเฉพาะ SAC พบว่า ในกระเทียมสดจะพบ SAC ในปริมาณน้อย คือ 30 ไมโครกรัมต่อกรัม ในขณะที่หากทำการ

แปรรูปเป็นกระเทียมดำแล้วจะมีปริมาณ SAC เพิ่มขึ้นกว่ากระเทียมสดถึง 5 – 6 เท่า (Kodera et al., 2002; Sato et al., 2006, Wang et al., 2010) ดังนั้น ในการสร้างกราฟมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์ปริมาณ SAC จะต้องใช้ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน SAC ให้ครอบคลุมช่วงความเข้มข้นดังกล่าว

2.6 รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระเทียมเป็นหนึ่งในเครื่องเทศและสมุนไพรที่นิยมใช้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในอาหารของหลายประเทศ รวมทั้งถูกนำมาใช้เป็นองค์ประกอบในยาแผนโบราณเพื่อใช้ในการป้องกันและรักษาโรคหลายชนิดเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการและสรรพคุณทางยาสูง โดยมีรายงานผลการศึกษากะเทียมดำที่ผลิตจากกระเทียมสดด้วยอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์สูง พบว่า สารสำคัญในกระเทียมจะเปลี่ยนแปลงไปภายหลังจากกระบวนการหมัก เช่น S-allyl cysteine (SAC), S-allylmercapto-cysteine และ arginine นอกจากนี้ยังพบว่า สีของกระเทียมเข้มข้นระหว่างกระบวนการผลิตจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด และรสชาติหวานของกระเทียมดำเกิดจากองค์ประกอบแซคคาไรด์หลัก ได้แก่ ฟรุคโตส กลูโคส และซูโครส โดยมีปริมาณ 57.14, 6.78 และ 7.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านมะเร็ง ฤทธิ์ปกป้องตับจากสารพิษ นอกจากนี้ยังพบว่า กระเทียมดำยังมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ลดความดันโลหิต ลดไขมันในเลือด รวมทั้งยังมีฤทธิ์ป้องกันภูมิแพ้ (Sembiring & Iskandar, 2019)

นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยจำนวนมากที่สนับสนุนการออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของกระเทียมทั้งในหลอดทดลองและสัตว์ทดลอง โดยในกระเทียมประกอบด้วยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น S-allylcysteine (SAC) ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) สารต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial) ด้านการเจริญของเซลล์มะเร็ง (Anticancer) ชนิดต่าง ๆ เช่น มะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งทรวงอก มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งตับ และมะเร็งลำไส้ใหญ่และทวารหนัก มะเร็งกระเพาะอาหาร เป็นต้น (Kosuge, 2020; Stepien et al., 2024) รวมทั้งมีฤทธิ์ด้านการเกิดออกซิเดชันซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมสภาพของเซลล์ในสิ่งมีชีวิต (อรัญญา มานูจำ และคณะ, 2560) นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ลดความดันโลหิต ลดอาการท้องอืดท้องเฟ้อ ช่วยป้องกันโรคอาหารเป็นพิษ และมีฤทธิ์ช่วยย่อยอาหาร เป็นต้น เนื่องจากมีสารกลุ่ม allicin (Diallyl thiosulfinate หรือ allyl-2-propenethiosulfinate) ที่สามารถต้านการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ (เจษฎา จิวากานนท์, 2546; อรัญญา มานูจำ และคณะ, 2560; Lu et al., 2017) ภายหลังจากกระบวนการแปรรูปเป็นกระเทียมดำพบว่า กระเทียมดำมีปริมาณโพลีแซคคาไรด์ น้ำตาลรีดิวซ์ โปรตีน สารประกอบฟีนอล สารประกอบอินทรีย์ซัลเฟอร์ และมีเมลานอยดิน (Melanoidins) เป็นจำนวนมาก โดยพบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ของกระเทียมดำมีความสัมพันธ์กับปริมาณโพลีฟีนอล รวมทั้งมีฤทธิ์ในการป้องกันโรคเบาหวานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการลดระดับน้ำตาลในเลือด นอกจากนี้ยังพบว่า มีรายงานการวิจัยเป็นจำนวนมากที่สนับสนุนการนำกระเทียมดำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

กรณรัตน์ สกุนามรัตน์ และคณะ (2566) รายงานว่า กระเทียมดำศิริสะเกษ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่ากระเทียมดำเชียงใหม่ และกระเทียมจีน ซึ่งเป็นผลมาจากการที่มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูง โดยเฉพาะ SAC ทั้งนี้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจะแปรผันตรงกับปริมาณ SAC ที่เพิ่มขึ้น (กาญจนา แสนกล้า และคณะ, 2560; ชูติมา แก้วพิบูลย์ และณวงศ์ บุนนาค, 2563; รัชฎาพร อุ่นศิริไพลย์, 2566; อรัญญา มานุกา และคณะ, 2560)

ชูติมา แก้วพิบูลย์ และณวงศ์ บุนนาค (2563) ได้ทำการศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกระเทียมโทนสดและกระเทียมโทนดำพบว่า กระเทียมโทนดำมีปริมาณฟีนอลิก 31.15 ± 0.39 มิลลิกรัม สมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ซึ่งมากกว่ากระเทียมโทนสด และเมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่า กระเทียมโทนดำมีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่ากระเทียมโทนสด โดยแสดงค่า $EC_{50} = 15.91 \pm 0.13$ และ 3.80 ± 0.16 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และเมื่อตรวจสอบด้วยวิธี FRAP พบว่า กระเทียมโทนดำมีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนมากกว่ากระเทียมโทนสดเช่นเดียวกัน โดยมีค่า FRAP value 443.05 ± 21.24 และ 117.33 ± 4.76 มิลลิโมลาร์ ของ Fe^{2+} ต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ นอกจากนี้ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อคุณภาพของกระเทียมดำ คือ อยู่ระหว่าง 60 – 80 องศาเซลเซียส เนื่องจาก หากบ่มต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส สีของกระเทียมดำจะไม่สม่ำเสมอ และหากบ่มที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส จะมีรสขม ไม่เหมาะต่อการบริโภค นอกจากนี้ความชื้นที่ใช้ควรอยู่ที่ร้อยละ 60 - 90 จะทำให้เนื้อสัมผัสนุ่ม และมีความยืดหยุ่น แต่หากความชื้นในการผลิตน้อยจะส่งผลทำให้กระเทียมดำแห้งและเหนียว

Manoonphol et al. (2023) ทำการศึกษานุณหภูมิที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตกระเทียมดำ เพื่อให้สามารถสร้าง SAC ในปริมาณสูงสุด โดยวิธี A ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ และวิธี B ที่อุณหภูมิ 60 – 75 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80 – 85 เปอร์เซ็นต์ เมื่อตรวจสอบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกระเทียมไทยสด กระเทียมไทยดำ และกระเทียมจีน พบว่า วิธี A เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการผลิตกระเทียม โดยพบว่า หลังจากการหมักกระเทียมดำเป็นเวลา 7 วัน จะมีการผลิต SAC ในปริมาณสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากนั้นจะมีการผลิตลดลง และเมื่อตรวจสอบพบว่า ในกระบวนการหมักแบบอุตสาหกรรม อุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิต SAC ของกระเทียมดำไทยสดและกระเทียมจีนสด คือ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 วัน โดยปริมาณ SAC ของกระเทียมไทยดำ และกระเทียมจีนดำ เพิ่มขึ้นถึง 139 และ 122 เท่า ตามลำดับ นอกจากนี้

เมื่อตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และวิธีการวัดกิจกรรมของสารต้านออกซิเดชัน (ORAC) พบว่า ประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นกว่ากระเทียมสด 34, 6 และ 3 เท่า ตามลำดับ

Saputra et al. (2024) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของ SAC ที่แยกได้จากกระเทียมดำในการนำมาใช้เป็นอาหารเสริมเพื่อสุขภาพ (Stamilic) โดยทำการบดกระเทียมดำด้วยกระบวนการมิลลิ่งและทำการแยกชั้นด้วยการปั่นเหวี่ยง จากนั้นกระเทียมดำสดถูกสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และตรวจสอบหาปริมาณ SAC ด้วยวิธี LCMS ผลการทดลองพบว่า SAC ในกระเทียมดำที่สกัดได้ มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 122 เป็น 335,46 ไมโครกรัมต่อกรัม จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อ SAC มีปริมาณเพิ่มขึ้นจะสามารถเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ Stamilic และลดต้นทุนในระดับอุตสาหกรรม รวมทั้งยังพบว่า SAC ที่แยกได้จากกระเทียมดำสามารถลดปริมาณ Plasminogen Activated Inhibitor (PAI-1) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการติดเชื้อไวรัสก่อโรคโควิด-19 ได้

Zhang et al. (2015) และคณะทำการศึกษา การแปรรูปกระเทียมสดเป็นกระเทียมดำที่อุณหภูมิ 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่า ความชื้น กรดอะมิโนที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และอัลลิซินมีปริมาณลดลงในระหว่างการผลิตด้วยความร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน นอกจากนั้นยังพบว่าน้ำตาลรีดิฟซ์ คือ 5-hydroxymethylfurfural ฟีนอลทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด และการเกิดสีน้ำตาล มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวบ่งชี้คุณภาพและรสชาติของกระเทียมดำแปรผันตามอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม เมื่อกระเทียมดำมีอายุมากขึ้นพบว่าความเข้มข้นของบราวีนสูงประมาณ 74 นอกจากนั้นยังพบว่า คะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกระเทียมดำที่บ่มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (39.95 ± 0.31) เมื่อเทียบกับอุณหภูมิอื่น ๆ ด้วยเหตุผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ในระหว่างกระบวนการผลิตอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการบ่มกระเทียมดำคือ 70 องศาเซลเซียส เหมาะสมในการเพิ่มคุณภาพและรสชาติที่ดีของกระเทียมดำ

Lu et al. (2017) ทำการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและองค์ประกอบทางเคมีของกระเทียมดำด้วยการแยกองค์ประกอบแบบลำดับส่วนออกเป็น 5 ส่วน (Fraction) ผลการวิจัยพบว่าส่วน F3 และ F4 มีปริมาณฟีนอลิกสูงที่สุด และมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด จากนั้นนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญด้วย semiprep-HPLC, HPLC-DAD-ESI-MS, ^1H NMR และ ^{13}C NMR spectrometry พบว่า F3 และ F4 ประกอบด้วย adenosine, uridine และ 2-acetylpyrrole ยกเว้น 5-HMF, (1S, 3S)-1-methyl-1,2,3,4-tetrahydro-b-carboline-3-carboxylic acid และ (1R, 3S)-1-methyl-1,2,3,4-tetrahydro-b-carboline-3-carboxylic acid อย่างไรก็ตามพบว่า โดยทั่วไปสารที่แยกได้จากกระเทียมดำจะออกฤทธิ์ทางชีวภาพเสริมกัน (Synergistic Effect)

Choi et al. (2014) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพ ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ เมื่อต้มกระเทียมดำภายใต้สภาวะควบคุมที่ 70 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 เป็นระยะเวลา 35 วัน ผลการวิจัยพบว่า น้ำตาลรีดิวซ์และความเป็นกรดรวมของกระเทียมดำมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงอายุการต้ม ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงจาก 6.33 เป็น 3.74 และเมื่อศึกษาค่าความสว่างและความเหลืองของกระเทียมดำ พบว่า ในระหว่างการต้มมีค่าลดลงอย่างมาก ในขณะที่ค่าความแดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของกระเทียมดำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจนถึงวันที่ 21 ของการต้มตามลำดับ และเมื่อตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกระเทียมดำด้วยวิธี DPPH, ABTS, FRAP และวิธี Reducing power assays พบว่า ในวันที่ 21 ของการต้มมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า กระเทียมดำมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในทุกช่วงของการต้ม โดยช่วงที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดคือ วันที่ 21 ของการต้ม

รัชฎาพร อุณศิริไทย์ (2566) ทำการตรวจสอบปริมาณฟีนอลิกในกระเทียมดำและกระเทียมขาว โดยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยมี gallic acid, cuamaric acid, ferulic acid, protocatechuic acid, caffeic acid, apigenin และ sinapic acid เป็นสารมาตรฐาน พบว่า สารที่พบในกระเทียมดำส่วนใหญ่ประกอบด้วย caffeic acid และ gallic acid โดยมีปริมาณสารสำคัญ เท่ากับ 354.7 ± 20.3 และ 74.66 ± 14.20 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ ในขณะที่กระเทียมขาวส่วนใหญ่เป็น gallic acid และ protocatechuic acid โดยมีปริมาณสารสำคัญเท่ากับ 60.39 ± 8.87 และ 18.18 ± 1.39 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ

Tantiwatcharachai (2021) ทำการวิจัยผลการยับยั้งสารยับยั้งอัลฟาไกลูโคซิเดส (α -glucosidase) จากกระเทียมดำ ผลการวิจัยพบว่า เมื่อทำการแยกสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบของกระเทียมดำ ได้สารสำคัญ 4 ชนิด ได้แก่ 5-(hydroxymethyl) furan-2-carbaldehyde (5-HMF), 5-(hydroxymethyl) furan-2-carboxylic acid (HMFA), 4-(hydroxymethyl) phenol และ 2-Deoxy-ribo-1,4 lactone เมื่อทำการตรวจสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อัลฟาไกลูโคซิเดส พบว่า HMFA, 4-(Hydroxymethyl) phenol และ 2-Deoxy-ribo-1,4 lactone มีประสิทธิภาพยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ ซึ่งมีค่ามอลเทส IC_{50} เท่ากับ 18.83 ± 0.91 , 23.70 ± 1.52 และ 9.26 ± 0.31 mM ตามลำดับ ในขณะที่ซูเครสมีค่าเท่ากับ 17.42 ± 0.84 และ 6.78 ± 0.17 mM ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า HMFA และ 4-(hydroxymethyl) phenol มีประสิทธิภาพต้านมอลเทสและซูเครสด้วยกลไก แบบ uncompetitive ในขณะที่ 2-Deoxy-ribo-1, 4 lactone สามารถยับยั้งมอลเทสผ่านกลไก competitive

Bae et al. (2014) ทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อกระบวนการผลิตกระเทียมดำ รวมทั้งตรวจสอบปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของการเกิดสีน้ำตาล ปริมาณ S-allyl cysteine (SAC) และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และพลังงานที่ลดลง ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณความชื้นของกระเทียมจะค่อย ๆ ลดลงตามระยะเวลาการให้ความร้อน ในขณะที่อัตราการกำจัดความชื้นจะสูงกว่าที่อุณหภูมิสูงเมื่อเทียบกับอุณหภูมิต่ำ และเมื่อตรวจสอบค่า pH พบว่า ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในกระเทียมที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูง ในขณะที่ความเข้มข้นของการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จากนั้นทำการตรวจสอบปริมาณ SAC ของกระเทียมดำ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามอุณหภูมิความร้อน โดยกระเทียมที่ถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำจะมีปริมาณ SAC ที่สูงกว่าอุณหภูมิสูง เมื่อศึกษากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระและพลังงานที่ลดลงพบว่า จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อกระเทียมสัมผัสกับอุณหภูมิที่สูงขึ้น

การผลิตกระเทียมดำมีปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณสารสำคัญและคุณภาพในกระเทียมดำ เช่น การควบคุมความชื้น ช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยว อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต และพื้นที่เพาะปลูก เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่า การศึกษากระเทียมดำในแต่ละพื้นที่ยังมีผู้วิจัยศึกษาอย่างจำกัด ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจการตรวจสอบปริมาณ SAC และคุณค่าทางโภชนาการของกระเทียมดำ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่น่าสนใจและมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยสนับสนุนการแปรรูปกระเทียมดำเพื่อช่วยลดปัญหาผลผลิตที่มากกว่าความต้องการของตลาด รวมทั้งเพื่อเพิ่มมูลค่าและความหลากหลายให้สินค้าเกษตรกรและการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบงานวิจัย (Research Design) ในครั้งนี้ เป็นการศึกษาข้อมูลเชิงปฏิบัติการ (Laboratory Research) ซึ่งเป็นการทดลองวิจัยทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ และการศึกษาข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Research) โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณ SAC ที่พบในตัวอย่างกระเทียมดำที่คัดเลือกและวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

3.1 ประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ กระเทียมดำที่คัดเลือกจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลกระเทียมดำที่จำหน่ายทั่วไปในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยจะต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกตามที่กำหนดคือ

3.1.1.1 ตัวอย่างเป็นกระเทียมดำที่ผลิตมาจากกระเทียมไทย จากภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3.1.1.2 ตัวอย่างมีลักษณะเป็นหัวกระเทียมดำ ที่ไม่ผ่านการแปรรูปในรูปแบบต่าง ๆ

3.1.1.3 บรรจุภัณฑ์เป็นมาตรฐาน มี อย. รับรองความปลอดภัย

3.1.1.4 ฉลากระบุข้อมูลชัดเจน เช่น สถานที่จัดจำหน่าย แหล่งผลิต วันผลิต และวันหมดอายุ เป็นต้น

3.1.1.5 รอบการผลิตอยู่ในช่วงเดียวกัน คือ เดือนมีนาคม พ.ศ. 2567

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้คัดเลือกโดยการนำตัวอย่างกระเทียมดำที่มาจากภูมิภาคแตกต่างกัน ได้แก่ ตัวอย่างจากภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อย่างละ 1 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างจากภาคเหนือคัดเลือกจากความนิยมสูงสุดในปี พ.ศ. 2566 (My Best, 2566) ในขณะที่ตัวอย่างจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือคัดเลือกจากข้อมูลทางวิชาการที่สนับสนุนว่า มีปริมาณของสาร

SAC สูงสุด ทั้งนี้การระบุผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 แหล่ง จะใช้อักษรย่อ แทนการระบุชื่อของกระเทียมดำได้แก่

ตัวอย่าง A เป็นกระเทียมดำที่ผลิตจากจังหวัดเชียงใหม่ เป็นตัวแทนภาคเหนือ

ตัวอย่าง B เป็นกระเทียมดำที่ผลิตจากจังหวัดศรีสะเกษ เป็นตัวแทนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3.2 เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือ

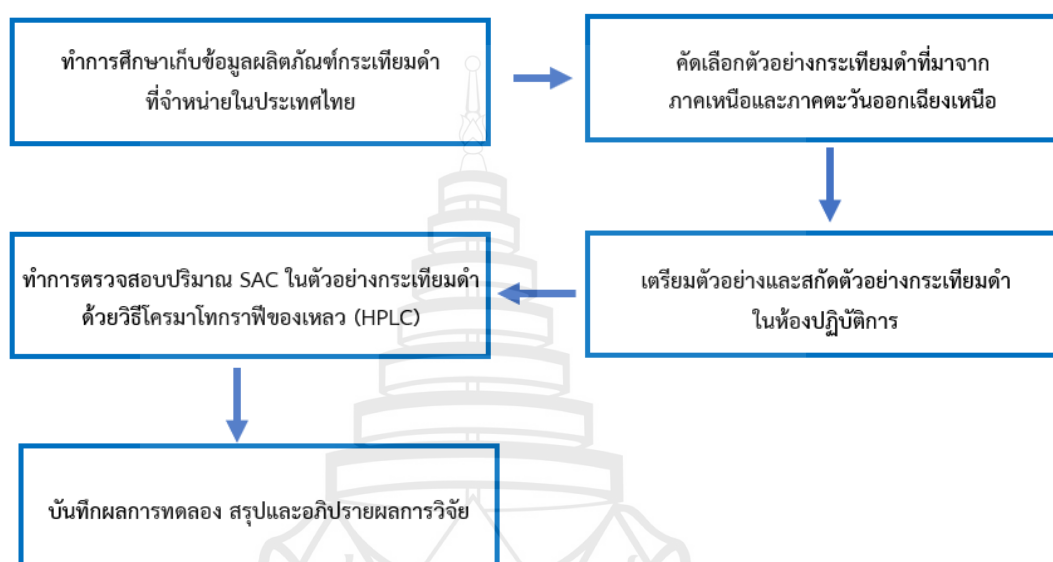
- 3.2.1.1 Homogenizer (SILVERSON L5M-A, England)
- 3.2.1.2 pH Meter (QIS B200, Japan)
- 3.2.1.3 ตู้อบ (Hot Air Oven) (BINDER BD56, Germany)
- 3.2.1.4 เครื่องชั่งแบบดิจิทัล 2 ตำแหน่ง (RADWAG WLC 2/A2, Poland)
- 3.2.1.5 โถดูดความชื้น (Desiccator)
- 3.2.1.6 ปิเปต (Pipette)
- 3.2.1.7 ขวดสีชา (Amber Glass Bottle)
- 3.2.1.8 ตู้เย็น (Refrigerator)
- 3.2.1.9 หลอดทดสอบ (Test Tube)
- 3.2.1.10 เครื่องปั่นไฟฟ้า (Electric Blender)
- 3.2.1.11 กระดาษกรอง Whatman No.1
- 3.2.1.12 กระดาษกรอง 0.45 μm nylon syringe filter

3.2.2 สารเคมี

- 3.2.2.1 เมทานอล (Methanol [CH_3OH])
- 3.2.2.2 น้ำกลั่น
- 3.2.2.3 น้ำปราศจากไอออน (Deionizing Water)
- 3.2.2.4 สารละลาย SAC มาตรฐาน
- 3.2.2.5 แดนซิล คลอไรด์ (Dansyl Chloride)
- 3.2.2.6 โซเดียม อะซิเตรท ไฮเดรต (Sodium Acetate Hydrated)
- 3.2.2.7 กรดฟอร์มิก (Formic Acid)

3.3 การดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยมีระเบียบวิจัย ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.1 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างกระเทียมดำ

ทำการจัดซื้อกระเทียมดำตัวอย่าง A และ B จากสถานที่จัดจำหน่ายในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2567 และทำการตรวจสอบข้อมูลการผลิตเบื้องต้น พบว่า ตัวอย่างกระเทียม A เป็นสายพันธุ์กระเทียมพันธุ์กลาง อายุการเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 90 - 120 วัน จากนั้นนำมาแขวนในโรงเรือนเปิดที่มีอากาศถ่ายเทสะดวกอย่างน้อย 1 - 2 สัปดาห์ และเข้าสู่กระบวนการบ่มกระเทียมดำ โดยใช้กระเทียมทั้งเปลือกมาบ่มที่อุณหภูมิในการผลิตประมาณ 70 - 80 องศาเซลเซียส ในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สูง 80 - 90 เปอร์เซ็นต์ บ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอย่างน้อยเป็นเวลา 30 วัน จนกระเทียมเปลี่ยนเป็นสีดำ จากนั้นนำมาบรรจุหีบห่อจำหน่ายและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตัวอย่างกระเทียม B เป็นสายพันธุ์กระเทียมเบา อายุการเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 80 - 100 วัน จากนั้นนำมาแขวนในโรงเรือนเปิด ที่มีอากาศถ่ายเทสะดวกอย่างน้อย 1 - 2 สัปดาห์ และเข้าสู่กระบวนการบ่มกระเทียมดำ โดยใช้กระเทียมทั้งเปลือกนำมาอุณหภูมิในการผลิตประมาณ 70 องศาเซลเซียส ในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สูง บ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเป็นเวลา 30 วัน จากนั้นนำมาบรรจุหีบห่อจำหน่ายและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

เมื่อได้ตัวอย่างกระเทียมดำจำนวน 2 แหล่ง ทำการชั่งปริมาณกระเทียมดำตัวอย่างละ 0.5 กิโลกรัม นำมาคัสดขนาดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใกล้เคียงกัน เก็บไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป

3.3.2 การสกัดตัวอย่างกระเทียมดำ (ดัดแปลงจาก Malaphong et al., 2022)

ทำการสุมตัวอย่างกระเทียมดำปริมาณ 2.0 กรัม ใส่ในขวดก้นกลม (Round bottom flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร ปิดเมทานอลเต็มลงไปในตัวอย่างปริมาตร 25 มิลลิลิตร ทำการสกัดสารแบบ Reflux เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้กรองด้วยกระดาษกรองที่มีขนาดรูเท่ากับ 0.45 ไมโครเมตร และนำสารละลาย Derivatization ดังกล่าวทำอนุพันธ์กับ Dansyl Chloride เพื่อเพิ่มความสามารถในการวิเคราะห์

3.3.3 การตรวจสอบปริมาณ SAC ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC)

3.3.3.1 การเตรียมสารละลาย SAC มาตรฐาน

ทำการเตรียมสารละลาย SAC มาตรฐานที่ความเข้มข้นแตกต่างกันเพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration Curve) โดยชั่งสารมาตรฐาน SAC ปริมาณ 2.0 มิลลิกรัม นำมาละลายด้วยน้ำและผสมให้เข้ากัน จากนั้นทำการเจือจางด้วยสารละลายเอทานอล : น้ำ ที่อัตราส่วน 7 : 3 ปริมาตร/ปริมาตร และนำสารละลาย Derivatization ดังกล่าวทำอนุพันธ์กับ Dansyl Chloride

3.3.3.2 ระบบโครมาโทกราฟี

วิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงในการวิเคราะห์ SAC ในกระเทียมดำ เป็นการแยกสารโดยใช้องค์ประกอบของเฟสคงที่ (Stationary Phase) แบบเดียวตลอดการวิเคราะห์ (Isocratic) บรรจุในคอลัมน์ C18 ขนาด 150 x 4.6 มิลลิเมตร ขนาดอนุภาค 5 ไมโครเมตร อุณหภูมิ column เท่ากับ 25 องศาเซลเซียส เฟสเคลื่อนที่ (Mobile Phase) ประกอบด้วยส่วนผสมของ อะซีโตนไตรล์และน้ำในอัตราส่วน 70 : 30 ปริมาตร/ปริมาตร เนื่องจากเป็นความเข้มข้นที่สามารถละลายสารตัวอย่างได้ดีที่สุด จากนั้นทำการฉีดสารที่ต้องการวิเคราะห์ในคอลัมน์ปริมาตร 20 ไมโครลิตร โดยมีอัตราการไหล (Flow Rate) 1 มิลลิลิตร/นาที โดยสภาวะเครื่อง HPLC ที่ใช้ในการวิจัยแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สภาวะเครื่อง HPLC

Mobile phase	Condition gradient	Column Type	Column Temperature	Runtime	Flow rate	Injection Volume	Detection
A: 50 mmol/L sodium acetate hydrated (Univar) pH 5.0 adjusted with formic acid B: MeOH	30% B (0 min), 30-40% B (35 min), 75% B (60 min), 75% B (65 min), and 30% B (72 min).	InfinityLab Poroshell 120 EC-C18 (4.6 mm x 150 mm, 4.6 μ m) (Agilent)	30 °c	72 min	1.0 ml/min	10 μ L	250 nm

3.3.3.3 การทำอนุพันธ์ (Derivatization) (Malaphong et al., 2022)

ทำการปิเปตสารละลายตัวอย่างกระเทียมดำหรือสารมาตรฐาน ปริมาตร 100 ไมโครลิตร จากนั้นทำการเติมสารละลาย Dansyl chloride ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลต่อลิตร ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ลงไป และเติมสารละลาย Sodium tetraborate buffer (pH 9.2) ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลต่อลิตร ปริมาตร 650 μ L จากนั้นทำการเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex เป็นเวลา 1 นาที และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที จนสารละลายเหลืองใส และกรองด้วยกระดาษกรองที่มีรูพรุนขนาด 0.45 ไมโครเมตร และวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC

3.3.3.4 ความยาวคลื่นที่ใช้ในการวิเคราะห์

สารละลายมาตรฐานและสารละลายตัวอย่างกระเทียมดำทั้ง 2 แหล่ง ถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC ที่ความยาวคลื่น 250 นาโนเมตร

3.3.3.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานด้วยเทคนิค HPLC

ทำการเจือจางสารตัวอย่างที่เตรียมไว้ตามวิธีข้อ 3.3.2 ให้มีความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 200 ไมโครกรัม และนำสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้ตามวิธีข้อ 3.3.3.1 ซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากับ 5, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัม มาฉีดเข้าเครื่อง HPLC เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ SAC ที่ศูนย์นวัตกรรมสมุนไพรครบวงจร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกระเทียมดำแต่ละตัวอย่างโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) ทำการตรวจสอบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำ และทำการเปรียบเทียบปริมาณ SAC ที่พบในแต่ละตัวอย่างกับค่ามาตรฐานด้วยสถิติ t-test ทั้งนี้ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) โดยใช้โปรแกรม SPSS (Trial Version) ในการวิเคราะห์ข้อมูล



บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การตรวจสอบปริมาณ เอส-อัลลิล ซิสทีอิน ในกระเทียมดำที่มาจากภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณ S-allylcyteine (SAC) ในกระเทียมดำจากภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และเพื่อเปรียบเทียบปริมาณ SAC ในกระเทียมดำจากแหล่งที่ต่างต่างกัน โดยในการวิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมผลิตภัณฑ์กระเทียมดำที่จัดจำหน่ายในประเทศไทยจำนวน 2 แหล่ง มาทำการศึกษาข้อมูลเชิงปฏิบัติการ (Laboratory Research) ซึ่งเป็นการทดลองวิจัยทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ และการศึกษาข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Research) โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณ SAC ที่พบในตัวอย่างกระเทียมดำที่จัดจำหน่ายทั่วไปในประเทศไทย จากภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือและวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยมีผลการวิจัยดังนี้

4.1 ประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยนี้คัดเลือกโดยการนำตัวอย่างกระเทียมดำที่มาจากภูมิภาคต่างกันได้แก่ ตัวอย่างจากภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อย่างละ 1 ตัวอย่าง ซึ่งผ่านเกณฑ์พิจารณาเบื้องต้น ได้แก่ ลักษณะเป็นหัวกระเทียมดำ ที่ไม่ผ่านการแปรรูปในรูปแบบต่าง ๆ บรรจุภัณฑ์เป็นมาตรฐาน มีอยู่ รับรองความปลอดภัย ฤดูกาลระบุข้อมูลชัดเจน มีการระบุแหล่งผลิตกระเทียมดำและรอบการผลิตอยู่ในช่วงเดียวกัน คือ เดือนมีนาคม พ.ศ. 2567 เป็นต้น โดยตัวอย่างจากภาคเหนือคัดเลือกจากความนิยมสูงสุดในปี พ.ศ. 2566 ในขณะที่ตัวอย่างจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือคัดเลือกจากข้อมูลทางวิชาการที่สนับสนุนว่า มีปริมาณของสาร SAC สูงสุด จากนั้นทำการระบุอักษรย่อแทนการระบุชื่อของกระเทียมดำ ดังนี้ ตัวอย่าง A เป็นกระเทียมดำที่ผลิตจากจังหวัดลำพูน เป็นตัวแทนภาคเหนือ และตัวอย่าง B เป็นกระเทียมดำที่ผลิตจากจังหวัดศรีสะเกษ เป็นตัวแทนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งนี้ข้อมูลเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์กระเทียมดำที่ใช้ในการวิจัย แสดงดังตารางที่

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์กระเทียมดำ

ตัวอย่าง	ราคาจัดจำหน่าย	แหล่งเพาะปลูก	สถานที่ผลิต
A	890 บาท / 100กรัม	กระเทียมโทนจากจังหวัดลำพูน	โรงงานผลิตอยู่ที่จังหวัดสมุทรปราการ
B	280 บาท/250 กรัม	กระเทียมโทนภูเขาไฟจากจังหวัดศรีสะเกษ	โรงงานผลิตอยู่ที่จังหวัดศรีสะเกษ

ที่มา My Best (2566)

4.2 ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของกระเทียมดำ

ทำการประเมินลักษณะทางกายภาพของกระเทียมทั้ง 2 ตัวอย่าง ด้วยการศึกษาคู่มือเชิงพรรณนา ทั้งนี้พบว่า ตัวอย่าง A ซึ่งเป็นกระเทียมดำที่ผลิตจากภาคเหนือ มีลักษณะสีน้ำตาลอมดำ ให้เนื้อสัมผัสเหนียวนุ่มคล้ายเนื้อเจลลี่ กลิ่นคล้ายผลไม้อบแห้ง ไม่เหม็นฉุน ให้รสสัมผัสหวานอมเปรี้ยว รสชาติไม่เผ็ดร้อน

ในขณะที่ตัวอย่าง B ซึ่งเป็นตัวแทนจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะสีน้ำตาลเข้มอมดำ มีกลิ่นฉุนน้อยกว่า เนื้อสัมผัสเหนียวนุ่มคล้ายเจลลี่ แต่เหนียวน้อยกว่าตัวอย่าง A นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวอย่าง B เนื้อกระเทียมค่อนข้างแฉะ เนื่องจากมีความชื้นค่อนข้างสูง ไม่แห้งสนิท ให้รสสัมผัสหวานอมเปรี้ยว รสชาติไม่เผ็ดร้อน ทั้งนี้ลักษณะทางกายภาพของกระเทียมดำทั้ง 2 ตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.1 – 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของกระเทียมดำ

ตัวอย่าง	เนื้อสัมผัส	กลิ่น	สี	รสสัมผัส
A	ลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียว นุ่มคล้ายเจลลี่	- มีกลิ่นฉุนของ กระเทียมสดลง - มีกลิ่นหอม คล้ายผลไม้อบ	สีน้ำตาลอม ดำ	- รสชาติหวาน อมเปรี้ยวคล้ายผลไม้อบ - ไม่มีความเผ็ดร้อน

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ตัวอย่าง	เนื้อสัมผัส	กลิ่น	สี	รสสัมผัส
B	- ลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียว - นุ่มคล้ายเจลลี่ - เนื้อสัมผัสแฉะ ไม่แห้ง	- กลิ่นฉุนของ - กระเทียมเล็กน้อย - มีกลิ่นหอม - คล้ายผลไม้อบ	- สีน้ำตาลเข้ม - อมดำ	- รสชาติหวาน - อมเปรี้ยวคล้ายผลไม้อบ - ไม่มีความเผ็ดร้อน



ภาพที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่าง A

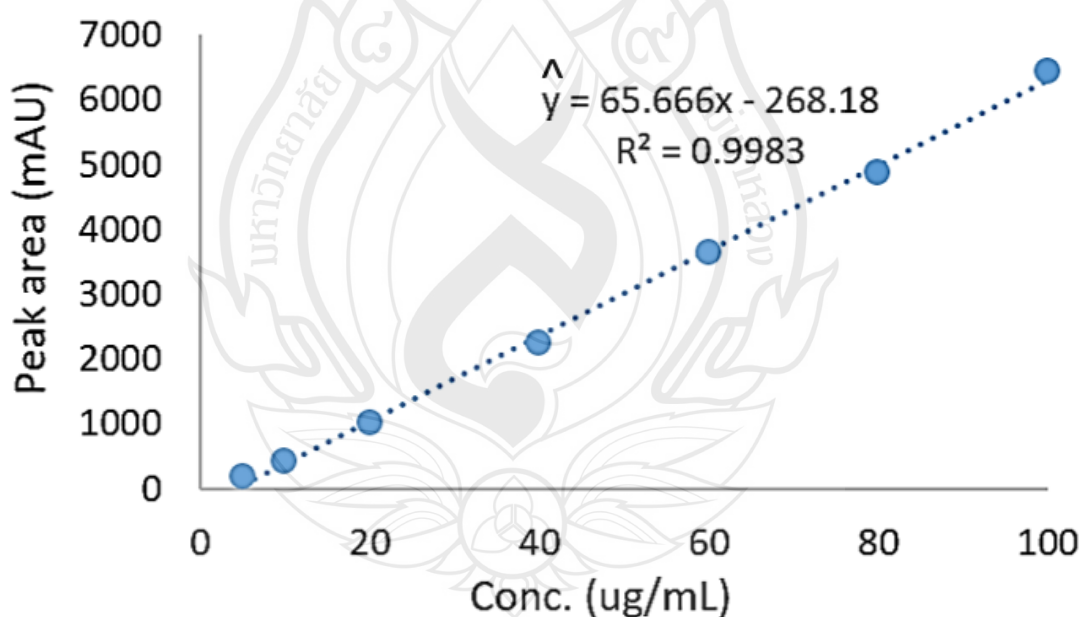


ภาพที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่าง B

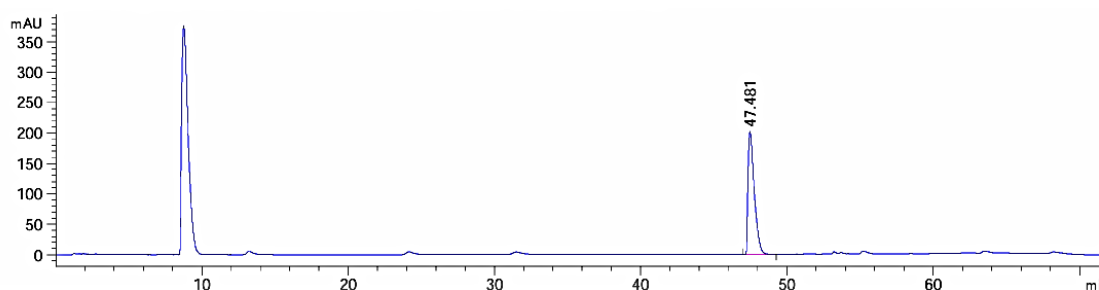
4.3 ผลการตรวจสอบปริมาณ SAC ในกระเทียมดำด้วยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวประสิทธิภาพสูง (HPLC)

4.3.1 ผลการเตรียมสารละลายมาตรฐาน

เมื่อทำการเตรียมสารละลายมาตรฐาน SAC เพื่อสร้างกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณ SAC ในกระเทียมดำ พบว่า เมื่อนำสารมาตรฐานที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันไปวิเคราะห์ และนำพื้นที่ใต้กราฟมาสร้างเป็นกราฟมาตรฐาน จะได้ค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟกับความเข้มข้นของ SAC ที่มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0 – 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และพบว่า เมื่อวิเคราะห์ ความสัมพันธ์เชิงเส้นจะได้สมการเส้นตรง คือ $y = 65.666x - 268.18$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.9983 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้ ≥ 0.995 และตรวจพบว่า สาร SAC ออกมาที่ Retention time เท่ากับ 47.481 นาที ที่ความยาวคลื่น 250 nm ทั้งนี้กราฟมาตรฐานของ SAC แสดงดังภาพที่ 4.3 และโครมาโตแกรมของสารมาตรฐานแสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.3 กราฟมาตรฐานของ S-allyl-cysteine (SAC)



ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน SAC

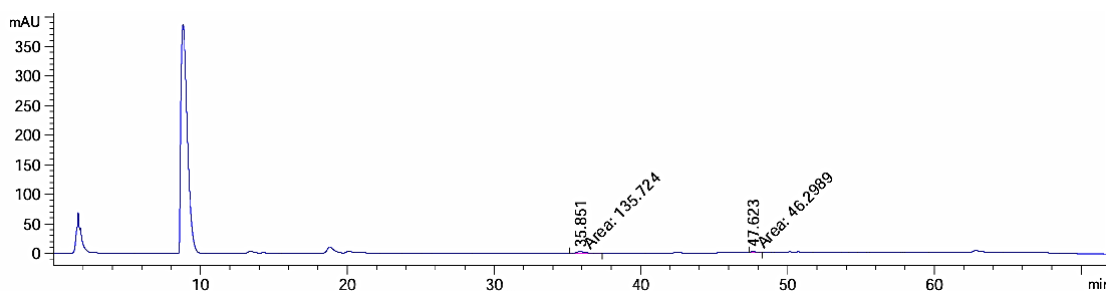
4.3.2 ผลการตรวจสอบปริมาณ SAC

ผลการตรวจสอบปริมาณ SAC ในตัวอย่างกระเทียมดำจำนวน 2 ตัวอย่าง ด้วยวิธี HPLC พบว่า ตัวอย่าง A ซึ่งเป็นตัวแทนของกระเทียมดำจากภาคเหนือ มีปริมาณ SAC เท่ากับ 0.60 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อกรัม โดยตรวจพบสาร SAC ออกมาที่ Retention time เท่ากับ 47.465 - 47.623 นาที ในขณะที่ตัวอย่าง B ซึ่งเป็นตัวแทนของกระเทียมดำจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีปริมาณ SAC เท่ากับ 0.57 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อกรัม และตรวจพบสาร SAC ออกมาที่ Retention time เท่ากับ 46.907 - 47.478 นาที จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่า กระเทียมดำทั้งสองตัวอย่างที่มาจากแหล่งแตกต่างกัน มีปริมาณ SAC ที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ปริมาณ SAC และโครมาโตแกรมของตัวอย่างกระเทียมดำแสดงดังตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.5 - 4.6

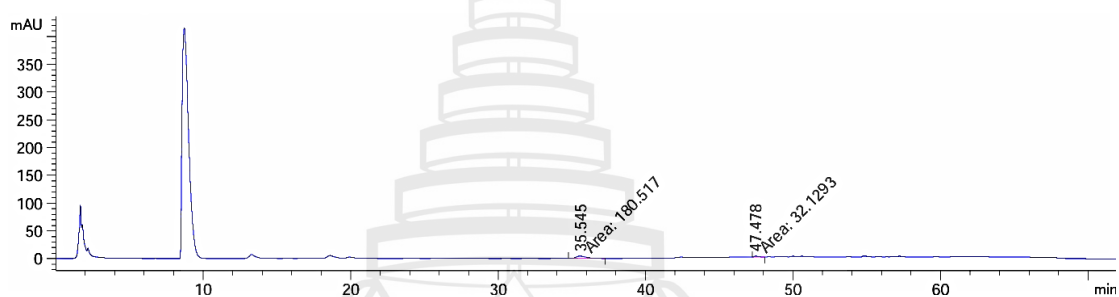
ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ SAC จากผลิตภัณฑ์กระเทียมดำ

ตัวอย่าง	n	ปริมาณ SAC (mg/g $\pm$ SD)
A	3	0.60 ± 0.03
B	3	0.57 ± 0.03
T, df, p		α , 1, < 0.05

หมายเหตุ p-value เปรียบเทียบปริมาณ SAC ของตัวอย่างกระเทียมดำสองแหล่ง โดยใช้สถิติ t-test ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
Degree of freedom = 1



ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของกระเทียมดำตัวอย่าง A



ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของกระเทียมดำตัวอย่าง B

บทที่ 5

สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองวิจัยทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบปริมาณ SAC ในกระเทียมดำที่มาจากภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทย และเปรียบเทียบปริมาณ SAC ในกระเทียมดำจากแหล่งที่แตกต่างกัน จากการรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการคัดเลือกตัวอย่างกระเทียมดำ พบว่า ตัวอย่าง A เป็นกระเทียมดำจากภาคเหนือคัดเลือกจากความนิยมสูงสุดในปี พ.ศ. 2566 จากเว็บไซต์ <https://th.my-best.com> ซึ่งเป็นกระเทียมดำจากจังหวัดลำพูน ในขณะที่ตัวอย่าง B ซึ่งเป็นกระเทียมดำจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือคัดเลือกจากข้อมูลทางวิชาการที่สนับสนุนว่า มีปริมาณของสาร SAC สูงสุด เป็นกระเทียมดำจากจังหวัดศรีสะเกษ (กรุณรัตน์ สกุลนามรัตน์ และคณะ, 2566)

จากนั้นทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างกระเทียมดำทั้งสองแหล่ง พบว่ากระเทียมทั้งสองตัวอย่างมีกลิ่นคล้ายผลไม้ ทั้งนี้เนื่องมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด นอกจากนี้ยังพบว่าสีของกระเทียมดำจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะสีเข้มกว่ากระเทียมดำจากภาคเหนือ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระเทียมดำจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะหัวและกลีบค่อนข้างเล็ก ดังนั้นระหว่างการบ่มจึงอาจทำให้ปริมาณน้ำภายในระเหยได้เร็วกว่ากระเทียมที่มีลักษณะกลีบและขนาดหัวที่ใหญ่กว่า และส่งผลทำให้กลายเป็นสีน้ำตาลได้เร็วกว่ากระเทียมจากภาคเหนือ สอดคล้องกับงานวิจัยของ กรุณรัตน์ สกุลนามรัตน์ และคณะ (2566) ที่รายงานว่า กระเทียมดำศรีสะเกษมีลักษณะสีเข้มกว่ากระเทียมดำจากจีนและจังหวัดเชียงใหม่ นอกจากนี้การที่กระเทียมสดเปลี่ยนเป็นกระเทียมดำที่มีสีน้ำตาลหรือดำเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีซึ่งเป็นผลมาจากความร้อนและความชื้นในกระบวนการผลิต เกิดขึ้นโดยสารตั้งต้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และโปรตีนหรือสารประกอบไนโตรเจนทำให้กระเทียมเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและดำเข้มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาการบ่ม (ศศิธร ทองสาย และคณะ, 2560; Malaphong et al., 2022; Ryu et al., 2018; Stepien et al., 2024)

นอกจากนี้ยังพบว่า กระเทียมดำทั้งสองแหล่งไม่มีกลิ่นฉุนเหมือนกระเทียมสด เนื่องจากในกระบวนการผลิตกระเทียมดำสารประกอบอัลลิซิน ซึ่งเป็นสารที่ไม่คงตัวและทำให้กระเทียมมีกลิ่นฉุนจะเปลี่ยนไปเป็น SAC และสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีความคงตัว และไม่มีกลิ่นฉุน (ชุดิมา แก้วพิบูลย์ และณวงศ์ บุณนาค, 2563; อรัญญา มานูจำ และคณะ, 2560; Chen et al., 2017; Kimura et al., 2017) เมื่อพิจารณาเนื้อสัมผัสพบว่า ตัวอย่างกระเทียมดำทั้งสองตัวอย่างมีลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายเจลลี่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความชื้นที่ใช้ในกระบวนการผลิตที่อยู่ในช่วงร้อยละ 60 - 90 ส่งผลทำให้กระเทียมดำมีความนุ่ม และยืดหยุ่น แต่หากความชื้นน้อยจะส่งผลทำให้กระเทียมดำเหนียวและแห้ง และพบว่าหากกระเทียมมีขนาดหัวเล็กจะส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความชื้นระหว่างการบ่มเกิดได้มากกว่าสภาวะอื่น (ชุดิมา แก้วพิบูลย์ และณวงศ์ บุณนาค, 2563; Kilic-Buyukkurt et al., 2023) การวิจัยยังพบว่า กระเทียมดำทั้งสองตัวอย่างมีรสชาติดหวาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อกระเทียมดำผ่านกระบวนการบ่ม ซึ่งมีการใช้ความร้อนในขั้นตอนการผลิต ส่งผลให้ฟรุคแทน (Fructan) สลายตัวเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือ กลูโคส (Glucose) และฟรุคโตส (Fructose) ทำให้รสชาติของกระเทียมมีรสหวาน และพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่พบในกระเทียมดำมีปริมาณสูงกว่ากระเทียมสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ศวิตา จิวจินดา, 2566; Kimura et al., 2017; Choi et al., 2014) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Choi et al. (2008) ที่รายงานว่า ปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มสูงขึ้นในกระเทียมดำเมื่อเปรียบเทียบกับกระเทียมสดและกระเทียมนึ่งสุก กล่าวคือ ปริมาณน้ำตาลที่พบในกระเทียมดำแปรผันตรงกับความหวานของกระเทียมดำ

เมื่อทำการตรวจสอบปริมาณ SAC ในกระเทียมดำด้วยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวประสิทธิภาพสูง (HPLC) พบว่า ตัวอย่าง A ซึ่งเป็นตัวแทนกระเทียมดำจากภาคเหนือ มีปริมาณ SAC มากกว่าตัวอย่าง B ตัวแทนกระเทียมดำจากภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งแสดงปริมาณ SAC เท่ากับ 0.60 ± 0.03 และ 0.57 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Malaphong et al. (2022) ที่วิเคราะห์ปริมาณ SAC ในกระเทียมดำที่จำหน่ายในประเทศไทย พบว่า มีปริมาณ SAC ระหว่าง 27.7 ถึง 393.4 ไมโครกรัมต่อกรัม และเมื่อพิจารณาปริมาณ SAC ที่พบในกระเทียมดำทั้งสองตัวอย่าง จะเห็นได้ว่า มี SAC ในปริมาณสูงกว่าเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Ai and Huong (2018) ที่รายงานว่า กระเทียมดำเวียดนามมีปริมาณ SAC เท่ากับ 159.81 ไมโครกรัมต่อกรัม และ Sasaki et al. (2007) ซึ่งพบว่า กระเทียมดำญี่ปุ่นมีปริมาณ SAC เท่ากับ 194.30 ไมโครกรัมต่อกรัม ในขณะที่สารสกัดกระเทียมดำเกาหลีมีปริมาณ SAC เท่ากับ 656.5 ไมโครกรัมต่อกรัม (Al-Shehri, 2021) และเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Saputra et al. (2024) พบว่า กระเทียมดำทั้งสองตัวอย่างจากประเทศไทยมีปริมาณ SAC มากกว่ากระเทียมโทนสด กระเทียมโทนดำ และสารสกัดกระเทียมดำ ที่แสดงปริมาณ SAC เท่ากับ 11.23, 122 และ 335.46 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ahmed and Wang (2021)

ที่รายงานว่ ในกระเทียมสดมีปริมาณ SAC ระหว่าง 21 - 23 ไมโครกรัมต่อกรัม และจะเพิ่มสูงขึ้น 3 - 6 เท่า เมื่อให้ความร้อนในการผลิตกระเทียมดำ ในขณะที่กระเทียมดำเกาหลีมีปริมาณ SAC เพิ่มขึ้นกว่ากระเทียมสด 6.36 เท่า

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ SAC ด้วยวิธี HPLC แสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างกระเทียมดำจากภาคเหนือมีปริมาณ SAC สูงกว่าตัวอย่างกระเทียมจากภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสายพันธุ์กระเทียม พื้นที่เพาะปลูก สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ สภาพที่เจริญ รวมทั้งขึ้นกับกระบวนการผลิตที่ใช้อุณหภูมิ ความร้อน ระยะเวลา และความชื้น ฯลฯ แตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยสำคัญเหล่านี้ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี ประสาทสัมผัสของกระเทียมดำ รวมทั้งส่งผลสำคัญต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะ SAC แตกต่างกัน (Kimura et al., 2017; Yuan et al., 2018)

นอกจากนี้ยังพบว่า คุณภาพ เนื้อสัมผัสและรสชาติที่ดีของกระเทียมดำขึ้นกับขั้นตอนการผลิต ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ รวมทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการผลิต (Kimura et al., 2017; Manoonphol et al., 2023) โดย Bae et al. (2014) รายงานว่า หากใช้อุณหภูมิในการบ่ม 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วัน จะพบปริมาณ SAC เท่ากับ 124.67 ไมโครกรัมต่อกรัม และปริมาณ SAC จะลดลงเหลือ 85.46 ไมโครกรัมต่อกรัม เมื่อใช้อุณหภูมิในการบ่ม 85 องศาเซลเซียส ในขณะที่ Ai and Huong (2018) พบว่า เมื่อบ่มกระเทียมเกาหลีที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 เป็นเวลา 38 วัน ปริมาณ SAC จะเพิ่มสูงขึ้นจาก 3.5 ไมโครกรัมต่อกรัม เป็น 159.81 ไมโครกรัมต่อกรัม คือเพิ่มสูงขึ้นถึง 46 เท่า ส่วนกระเทียมเกาหลี เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 เป็นเวลา 45 วัน พบว่า มีปริมาณ SAC เพิ่มขึ้นกว่ากระเทียมสด 6.36 เท่า แต่เมื่อใช้อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสมีปริมาณ SAC เพิ่มขึ้น 5.78 เท่า (Bae et al., 2014)

เมื่อพิจารณาถึงแหล่งในการเพาะปลูกกระเทียมจากตัวอย่างกระเทียมทั้งสองตัวอย่าง พบว่า ตัวอย่าง A เป็นกระเทียมดำที่เพาะปลูกจากภาคเหนือ คือ จังหวัดลำพูน เป็นกระเทียมพันธุ์กลาง มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 100 - 120 วัน ลำต้นใหญ่อวบเตี้ย เมื่อแก่จัดลำต้นจะแห้งเหี่ยว ไม่ล้มเอน ขนาดของกลีบชั้นนอกจะโตกว่ากลีบชั้นใน มักทำการเพาะปลูกระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม เพาะปลูกในสภาพภูมิอากาศเหมาะสม ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาที่อุดมสมบูรณ์ ลักษณะเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ของแร่ธาตุ สารอาหาร สภาพความเป็นกรด - ด่างของดินเหมาะสม มีฝนตกในปริมาณที่เหมาะสม และมีการระบายน้ำได้ดี รวมทั้งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญสูง ได้แก่ ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียม เป็นต้น ส่งผลทำให้กระเทียมจากภาคเหนือเป็นกระเทียมที่มีน้ำหนักดี เนื้อแน่น และมีปริมาณสารสำคัญสูงกว่าตัวอย่างกระเทียมจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งในการวิจัยนี้ ตัวอย่างคือ

กระเทียมดำจากจังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งทำการเพาะปลูกในดินมูลทราย เป็นกระเทียมพันธุ์เบา มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 75 วัน ขนาดของลำต้นจะสูงพอม เมื่อแก่จัดลำต้นจะราบบไปกับพื้น ขนาดของกลีบแต่ละชั้นจะมีขนาดใกล้เคียงกัน เป็นกระเทียมที่เพาะปลูกในสภาพภูมิอากาศหนาวเย็น ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิตคือ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2528)

อย่างไรก็ตาม กระเทียมดำที่มีคุณภาพที่จำหน่ายในประเทศไทยในรูปแบบการค้า จะต้องมียปริมาณ SAC ที่ไม่น้อยกว่า 0.16 มิลลิกรัมต่อกรัมของกระเทียมดำ (Ministry of Public Health, 2001; สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2564) แสดงว่าให้เห็นว่า ตัวอย่างกระเทียมดำทั้งสองแหล่งจากภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมียปริมาณ SAC เป็นไปตามมาตรฐาน โดยมีปริมาณ SAC เท่ากับ 0.67 ± 0.03 และ 0.57 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และมีศักยภาพในการจัดจำหน่ายเป็นสินค้าพร้อมบริโภคเพื่อเสริมสร้างสุขภาพที่ดีให้กับผู้บริโภค ตลอดจน เป็นการสนับสนุนการผลิตและจำหน่ายกระเทียมดำเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าทางการเกษตร ลดปัญหากระเทียมล้นตลาดและราคาตกต่ำ และเป็นอีกแนวทางเลือกให้กับกระเทียมไทยยุคใหม่ที่สามารถตอบสนองของกลุ่มผู้รักสุขภาพ รวมถึงสามารถพัฒนาให้กระเทียมเป็นพืชที่สามารถทำรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้เพาะปลูกอย่างมั่นคงและยั่งยืนต่อไป

5.2 สรุปผลการศึกษาวิจัย

การศึกษาเรื่อง การตรวจสอบปริมาณ เอส-อัลลิซิน ซีสทีอิน ในกระเทียมดำที่มาจากภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทย ตามสมมุติฐาน แหล่งที่แตกต่างกันมียปริมาณ SAC ต่างกัน พบว่า เมื่อทำการตรวจสอบปริมาณ SAC ด้วยวิธี HPLC แสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างกระเทียมดำจากภาคเหนือ มียปริมาณ SAC มากกว่าตัวอย่างกระเทียมดำที่มาจากภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า SAC เท่ากับ 0.67 ± 0.03 และ 0.57 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระเทียมที่ปลูกในพื้นที่แตกต่างกันทำให้เกิดความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพ เคมี ตลอดจนชนิดและปริมาณของสารสำคัญ

5.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม

จากการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ ผู้ทำวิจัยพบว่า มีข้อเสนอแนะที่สามารถนำไปใช้ในการศึกษาเพิ่มเติม ได้แก่ ควรมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ ของกระเทียมดำทั้งสองแหล่ง เช่น สารอัลลิซิน ฟลาโวนอยด์ ปริมาณฟีนอลิกรวม ตลอดจนข้อมูลทางโภชนาการ เป็นต้น เพื่อเป็นข้อมูลทางวิชาการ

ในการสนับสนุนการบริโภคกระเทียมดำ นอกจากนี้ควรมีการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของกระเทียมดำในด้านต่าง ๆ เช่น ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ก่อโรค ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านมะเร็ง ฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือด และลดความดันโลหิต เป็นต้น เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการยกระดับกระเทียมดำว่ามีคุณประโยชน์หลากหลาย มีข้อมูลทางวิชาการสนับสนุน ตลอดจนสามารถนำข้อมูลไปประกอบการพิจารณาตัดสินใจของผู้บริโภคได้





รายการอ้างอิง

รายการอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2564). *การปลูกกระเทียม* [แผ่นพับ].
กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2528). *การปลูกกระเทียม* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สามเจริญพานิช.
- กรุณรัตน์ สกุลนามรัตน์, อรอนงค์ ภูสีฤทธิ์, วิทวัส ไตรรัตนากุล และสุทธิดา ปัญญาอินทร. (2566). ผลของอุณหภูมิการบ่มต่อสมบัติทางเคมีของกระเทียมดำ. *Journal of Vocational Education in Agriculture*, 7(2), 79-96.
- กาญจนา แสนกล้า, วริศรา ไกรสุข, รุ่งนภาภรณ์ เกลียวศรี, อนันตญา เทียนชัย, อรณัฐ เกิดโชค, พิษญา เกิดโชค และกรุณรัตน์ สกุลนามรัตน์. (2560). คุณสมบัติสารเคมี กายภาพ และสารประกอบฟีนอลของกระเทียมดำเชียงใหม่และจีน. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาตินวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ 2017 เรื่อง วิจัยจากองค์ความรู้สู่การพัฒนาอย่างมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืน* (หน้า 435-443). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์.
- จารุพิชญา โสมลคร. (2563). *การศึกษาวิธีการสกัดและผลของอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวต่อปริมาณอินนูลินในกระเทียม* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยพะเยา.
- จิรายุ มุสิกกา, ธนวรรณ มุสิกกา และพนารัตน์ สังข์อินทร์. (2565). สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระเทียมดำต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์กระเทียมดำ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ*, 2(2), 54-62.
- เจษฎา จิวากานนท์. (2546). การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในไก่และสุกร. *สัตวแพทยศาสตร์*, 13(2), 24-37.
- ชุติมา แก้วพิบูลย์ และณวงศ์ บุณนาค. (2563). การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกระเทียมโทนดำ. *Thai Science and Technology Journal*, 29(1), 111-118.

นฤเทพ เวชภิบาล และนภัสสร เลียบวัน. (2558). *การแปรรูปเพื่อยืดอายุกระเทียมสดพร้อมบริโภคในภาชนะบรรจุ*. กรมวิชาการเกษตร.

นิจศิริ เรืองรังสี. (2534). *เครื่องเทศ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภัทรา เกรียงเพชร. (2552). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการบริโภคกระเทียมไทยในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รัชฎาพร อุ่นศิริไธย์. (2566). *การศึกษาสารสำคัญในกระเทียมดำ*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

รัชนี ศิริยาน, วศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล, จิรภา ออสติน, จันทนา โชคพาชื่น, เสาวนี เขตสกุล และ อรรถพล รุกขพันธ์. (2566). ศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกระเทียมจากแหล่งปลูกต่าง ๆ. *Agricultural Sci. J.*, 52(1), 125-128.

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. (2540). *พืชเครื่องเทศสมุนไพร*. โอเดียนสโตร์.

วรวิทย์ จันทรสุวรรณ. (2565). *เคมีวิเคราะห์: หลักการและเทคนิคการคำนวณเชิงปริมาณ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศวิตา จิวจินดา. (2566). *กระเทียมดำ*. มหาวิทยาลัยมหิดล.

ศศิธร ทองสาย, สุปัตตรา บุญยศ, พชร พาหะมาก, จิสรพร จันทรจรัส, ขวัญดี โพธิ์รัญ และ กรุณรัตน์ สกุลนามรัตน์. (2560, 5-26 ธันวาคม). ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณสารประกอบฟีนอล ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และคุณสมบัติเคมีของกระเทียมดำศรีสะเกษ. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ “นวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ 2017”* วิจัยจากองค์ความรู้สู่การพัฒนาอย่างมั่นคง มั่นคั่งและยั่งยืน (หน้า 426 – 434). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2564). *แนวทางการพิจารณาอนุญาตกระเทียมดำเป็นอาหาร*. กองอาหาร. <https://food.fda.moph.go.th/for-entrepreneurs5/guidelines-for-granting-black-garlic-as-food>

อรัญญา มานูจำ, มลฤดี อย่างบุญ, พัฒนชัย สายคุณ, ปิณฑนา ชมชื่นชู, วิภาพร บุญทะลา, นฤทธิ วาดเขียน และกรณรัตน์ สกุลนามรัตน์. (2560). คุณสมบัติเคมีและกายภาพของกระเทียมดำศรีสะเกษ. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ นวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ 2017 เรื่องวิจัยจากองค์ความรู้สู่การพัฒนาอย่างมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืน* (หน้า 401-408). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์.

Afzaal, M., Saeed, F., Rasheed, R., Hussain, M., Aamir, M., Hussain, S., . . . Anjum, F. M. (2021). Nutritional, biological, and therapeutic properties of black garlic: A critical review. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 1387-1402.

Ahmed, T., & Wang, C-K. (2021). Black Garlic and its bioactive compounds on human health diseases: A review. *Molecules*, 26.

Ai, T. T., & Huong, N. T. (2018). Research on the production of black garlic juice. *International Journal of Pharmaceutical Science Invention*, 7, 7-14.

Al-Shehri, S. A. (2021). Efficacy of Black Garlic extract on anti-tumor and anti-oxidant activity enhancement in rats. *Clinical Nutrition Open Science*, 36, 126-139

Bae, S-E., Cho, S-Y., Won, Y-D., Lee, S-H., & Park, H-J. (2014). Changes in S-allyl cysteine contents and physicochemical properties of black garlic during heat treatment. *LWT - Food Science and Technology*, 55(1), 397-402.

Block, E. (2010). *Garlic and other alliums: The lore and the science*. Royal Society of Chemistry.

Chen, Z., Xu, M. J., Wang, C., Zhou, H., Fan, L., & Huang, X. (2017). Thermolysis kinetics and thermal degradation compounds of Alliin. *Food Chemistry*, 223, 25-30.

Choi, D. J., Lee, S. J., Kang, M. J., Cho, H. S., Sung, N. J., & Shin, J. H. (2008). Physicochemical Characteristics of Black Garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 37, 465-471.

- Choi, Il-S., Cha, H-S., & Lee, Y. S. (2014). Physicochemical and antioxidant properties of Black Garlic. *Molecules*, *19*, 16811-16823.
- Kilic-Buyukkurt, O., Kelebek, H., Bordiga, M., Keskin, M., & Selli, S. (2024). Changes in the aroma and key odorants from White Garlic to Black Garlic using approaches of molecular sensory science: A review. *Heliyone*, *9*, e19056.
- Kimura, S., Tung, Y. C., Pan, M. H., Su, N. W., Lai, Y. L., & Cheng, K. C. (2017). Black garlic: a critical review of its production, bioactivity, and application. *Journal of Food and Drug Analysis*, *25*, 62-70.
- Kodera, Y., Suzuki, A., Imada, O., Kasuga, S., Sumioka, I., Kanezawa, A., . . . Ono, K. (2002). Physical, chemical, and biological properties of S-allylcysteine, an amino acid derived from garlic. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*(3), 622-632.
- Kosuge, Y. (2020). Neuroprotective mechanisms of S-allyl-L-cysteine in neurological disease. *Experimental and Therapeutic Medicine*, *19*(2), 1565-1569.
- Lu, X., Li, N., Qiao, X., Qui, Z., & Liu, P. (2017). Composition analysis and antioxidant properties of black garlic extract. *Journal of Food and Drug Analysis*, *25*, 340-349.
- Malaphong, C., Tangwanitchakul, A., Boriboon, S., & Tangtreamjitmun, N. (2022). A simple and rapid HPLC method for determination of S-allyl-L-cystein and its use in quality control of black garlic samples. *Lwt*, *160*, 113290.
- Manoonphol, K., Suttisansanee, U., Promkum, C., & Butryee, C. (2023). Effect of Thermal Processes on S-Allyl Cysteine Content in Black Garlic. *Foods*, *12*(6), 1227.
- Ministry of Public Health. (2001). *Re: Labelling of ready-to-cook foods and ready-to-eat foods*. https://food.fda.moph.go.th/law/announ_moph201-250.php
- My Best. (2566). *จัดลำดับสินค้าที่ได้รับความนิยมสูงสุดในปี 2566*. <https://th.my-best.com>

- Ryu, J. H., Kang, D., Slusarenko, A. J., Gruhlke, M. C. H., & Mcphee, D. J. (2017). Physicochemical properties, biological activity, health benefits, and general limitations of aged Black Garlic: A review. *Molecules*, 22, 919.
- Sanjay, S. S., Darshan, K. N., Radhakrishna, D. B., Rakesh, M. N., & Kabbinavar, S. (2019). Phytochemicals and potential biological activities of *Allium sativum* Linn. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1), 662-670.
- Saputra, F. A., Khayrani, A. C., Fauzantoro, R. A., Marwanta, E., Mahsunah, A. H., Marasabessy, A., . . . Herianto, G. (2024, March). Optimizing s-allyl-cysteine (SAC) content in extract black garlic (Stamilic) for health supplement. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3080, No. 1). AIP Publishing.
- Sasaki, J. I., Lu, C., Machiya, E., Tanahashi, M., & Hamada, K. (2007). Processed Black Garlic (*Allium sativum*) extracts enhance anti-tumor potency against mouse tumors. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnolgy*, 1, 271 – 281.
- Sato, E., Kohno, M., Hamano, H., & Niwano, Y. (2006). Increased anti-oxidative potency of garlic by spontaneous short-term fermentation. *Plant Foods for Human Nutritiuiion*, 61, 157–160.
- Sembiring, N., & Iskandar, Y. (2019). A review of component and pharmacology activities of Black Garlic. *Traditional Medicine Journal*, 24(3), 178 – 183
- Stepien, A. E., Trojniak, J., & Tabarkiewicz, J. (2024). Anti-cancer and anti-inflammatory properties of Black Garlic. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(3), 1801.
- Tantiwatcharachai, P. (2021). *Identification of α -glucosidase inhibitors from black garlic* (Master's thesis). Chulalongkorn University.
- Wang, D., Feng, Y., Liu, J., Yan, J., Wang, M., Sasaki, J., & Lu, C. (2010). Black garlic (*Allium sativum*) extracts enhance the immune system. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 4(1), 37 – 40.

- Yuan, H., Sun, L., Chen, M., & Wang, J. (2016). The comparison of the contents of sugar, Amadori, and Heyns compounds in fresh and Black Garlic. *Journal of Food Science*, 81, 1662 - 1668.
- Yuan, H., Sun, L., Chen, M., & Wang, J. (2018). An analysis of the changes on intermediate products during the thermal processing of black garlic. *Food Chemistry*, 239, 56–61.
- Zhang, X., Li, N., Lu, X., Liu, P., & Qian, X. (2015). Effects of temperature on the quality of black garlic. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(7), 2366-2372.





ประวัติผู้เขียน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ

ชญาณัฐ ท้าวแพทย์

ประวัติการศึกษา

2552

ปริญญาตรี พยาบาลศาสตรบัณฑิต
วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีนีพระยา
สมทบมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติการทำงาน

2553-ปัจจุบัน

พยาบาลวิชาชีพปฏิบัติการ
กลุ่มงานการพยาบาลผู้ป่วยนอก ภารกิจด้านการพยาบาล
สถาบันมะเร็งแห่งชาติ กรมการแพทย์

2552-2553

พยาบาลวิชาชีพ
กลุ่มงานการพยาบาลผู้ป่วยใน ภารกิจด้านการพยาบาล
โรงพยาบาลราชวิถี กรมการแพทย์