

ผลของข้าวลิ้มผิวและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในซอสเครื่องเทศ

Effect of Leumpua Glutinous Rice and Bioactive
Compound in Spices Sauce



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF LEUMPUA GLUTINOUS RICE AND BIOACTIVE COMPOUND IN SPICES SAUCE



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN BIOTECHNOLOGY FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

ผลของข้าวสาลีเหนียวและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในซอสเครื่องเทศ
Effect of Leumpua Glutinous Rice and Bioactive Compound
in Spices Sauce

ชื่อนักศึกษา

นางสาว ทิฆัมภา ศรีวิวัฒน์ รหัสนักศึกษา 56050840
นางสาว ธนัชชา นวนกระโทก รหัสนักศึกษา 56050842
นางสาว วาสนา พระเทพ รหัสนักศึกษา 56050908

ปริญญา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต เทคโนโลยีชีวภาพ

ภาควิชา

ชีววิทยา

ปีการศึกษา

2559

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.มาริสา จาดุพรพิพัฒน์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
(เทคโนโลยีชีวภาพ) ประจำปีการศึกษา 2559

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.อารี ฤทธิบุรณ์ ประธานกรรมการ	
ดร. สุทธิจิต ศรีวัชรกุล กรรมการ	สุทธิจิต ศรีวัชรกุล
รศ.ดร. มาริสา จาดุพรพิพัฒน์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	ผลของข้าวลิ้มผิวและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในซอสเครื่องเทศ Effect of Leumpua Glutinous Rice and Bioactive Compound in Spices Sauce	
ชื่อนักศึกษา	นางสาว ทิฆัมภา ศรีวิวัฒน์	รหัสนักศึกษา 56050840
	นางสาว ธนชชา นวนกระโทก	รหัสนักศึกษา 56050842
	นางสาว วาสนา พระเทพ	รหัสนักศึกษา 56050908
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต เทคโนโลยีชีวภาพ	
ภาควิชา	ชีววิทยา	
ปีการศึกษา	2559	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์	

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในวัตถุดิบและเครื่องเทศได้แก่ ข้าวลิ้มผิว พริก และหอมแดง เพื่อนำมาเป็นส่วนผสมหลักในซอสเครื่องเทศ โดยในกระบวนการผลิตซอสเครื่องเทศมีการเติมข้าวลิ้มผิวในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน นำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบและเครื่องเทศ พบว่าวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด มีค่าสี (ระบบ CIE L*, a*, b*) ปริมาณความชื้น และค่าความเป็นกรดต่าง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ พบว่าในข้าวลิ้มผิวมีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด อีกทั้งในข้าวลิ้มผิวยังมีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 1,308.97 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ส่วนในพริกมีปริมาณแคปไซซินเท่ากับ 34.38 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และข้าวลิ้มผิวมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 50 หรือค่า IC₅₀ ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพริกและหอมแดงแสดงว่ามีการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด จากนั้นนำวัตถุดิบทั้งหมดมาเป็นส่วนผสมในซอส 4 สูตร โดยแต่ละสูตรมีการเติมข้าวลิ้มผิวในอัตราส่วนดังนี้ สูตรที่ 1 ไม่เติมข้าวลิ้มผิว สูตรที่ 2 เติมข้าวลิ้มผิ্বর้อยละ 5 สูตรที่ 3 เติมข้าวลิ้มผิ্বর้อยละ 10 และสูตรที่ 4 เติมข้าวลิ้มผิ্বর้อยละ 15 ตามลำดับ แล้วนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี พบว่าซอสสูตรที่ 1 มีค่าสี (ระบบ CIE L*, a*, b*) สูงที่สุด แต่มีค่าความหนืด ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณความชื้นและปริมาณโปรตีน น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 4 สูตร อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปริมาณไขมัน ปริมาณแคปไซซินและปริมาณเถ้าของซอสทั้ง 4 สูตร มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และค่าความเป็นกรดต่างของซอสทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง 5.86 ถึง 5.95 หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ โดยซอสสูตรที่ 4 มีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับซอสทั้ง 4 สูตร ส่วนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อค้นหาสูตรที่ผู้บริโภคไม่ว่ากรณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยอมรับมากที่สุด แล้วนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศและนำไปเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ซอส เครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

คำสำคัญ : ข้าวลิ้มผั่ว , ซอส , กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ , สารประกอบฟีนอลทั้งหมด , ฟลาโวนอยด์ , แคปไซซิน , แอนโทไซยานิน , กระบวนการฆ่าเชื้อทางการค้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Effect of Leumpua Glutinous Rice and Bioactive Compound in Spies Sauce		
Students	Miss. Thikampa	Seewiwat	Student ID 56050840
	Miss. Thanatcha	Nuankrathok	Student ID 56050842
	Miss. Wassana	Phrathep	Student ID 56050908
Degree	Bachelor of Science		
Department	Biotechnology		
Faculty	Science		
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)		
Academic Year	2016		
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Marisa Jatupornpipat		

Abstract

The research was to study the effect of bioactive compounds and antioxidant activities in raw materials and spices which are Leumpua Glutinous Rice, chilli and shallot. Main ingredient in spices sauce. In the process of producing spices sauce, Leumpua Glutinous Rice was added in different ratios. Analysis of physical and chemical properties of raw materials and spices. It was found that three raw materials colour value (CIE L^* , a^* , b^*), moisture content and pH was significant difference. And then, to analyze for finding the total phenolic and total flavonoid contents it was found the Leumpua Glutinous Rice was the most total than the others. Furthermore, Leumpua Glutinous Rice has anthocyanin 1,308.97 mg/ 100g dry weight. Chilli has capsaicin 34.38 mg/ 100g dry weight. And Leumpua Glutinous Rice has antioxidant activity with IC_{50} lowest, show up has the best antioxidant. And then, raw materials the ingredient in sauce 4 types which were consisted of 1 (control), 2 (add rice 5%), 3 (add rice 10%) and 4 (add rice 15%). Then analysis of physical and chemical properties it was found sauce 1 has highest L^* , a^* and b^* value, but has viscosity, water activity, moisture content and protein content lowest when comparing 4 types significantly. Crude fat, Capsaicin and crude ash of sauce 4 types by not different significantly and has pH levels of 5.86 – 5.95. Furthermore, Analysis of anthocyanin, total phenolic contents, flavonoid contents and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

antioxidant activity by sauce 4 has highest when comparing 4 types. The sensory evaluation will find type the most accepted consumer, then developed into a product of spices sauce and lead into the sterilization process and comparing product before and after into the sterilization process. Analysis of physical and chemical properties and bioactive compounds and antioxidant activities. These results demonstrate that product of spices sauce after into the sterilization process has higher than before into the sterilization process.

Keywords : Leumpua Glutinous Rice , Sauce , Antioxidant Activity , Total Phenolic Content , Flavonoid , Capsaicin , Anthocyanin , Commercial sterilization



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเรื่อง ผลของข้าวลิ้มผิวและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในซอสเครื่องเทศสำเร็จจุลวง
ไปได้ด้วยดีนั้นผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
โครงการพิเศษที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ช่วยเหลือ และแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงการ
พิเศษจนโครงการพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ อารี ฤทธิบุรณ์ และ ดร. สุทธิจิต ศรีวัชรกุล ประธานกรรมการ
และกรรมการ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำเพื่อให้การสอบโครงการพิเศษสำเร็จจุลวงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ดุษฎี ธนะบริพัฒน์ คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
รองศาสตราจารย์ดวงใจ โอชัยกุล หัวหน้าภาควิชาชีววิทยา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำคณะ
วิทยาศาสตร์ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำการทดลอง ให้คำแนะนำการใช้สารเคมีหรือเครื่องมือ
ต่างๆตลอดการทำโครงการพิเศษ ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิในหลากหลายสาขาที่คณะผู้จัดทำได้นำข้อมูลมา
ใช้ประกอบการทำการทดลอง

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้กำลังใจมาโดยตลอด และสนับสนุนทุนการศึกษาตลอด
ระยะเวลาการทำโครงการพิเศษนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกท่านที่เกี่ยวข้องที่คอยช่วยเหลือ แนะนำและคอย
ให้กำลังใจในการทำโครงการพิเศษ

ทิพย์ภา
ธัญชา
วาสนา

ศรีวิวัฒน์
นวนกระโทก
พระเทพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญเรื่อง.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ต
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการพิเศษ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ข้าว.....	4
2.1.1 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว.....	4
2.2 ข้าวลิ้มผิว.....	5
2.2.1 แหล่งที่มาและประวัติ.....	5
2.2.2 ลักษณะทางกายภาพ ผลผลิต และคุณค่าทางโภชนาการ.....	6
2.2.3 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในข้าวลิ้มผิว.....	11
2.3 หอมแดง.....	16
2.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์.....	17
2.3.2 นิเวศวิทยา.....	17
2.3.3 สรรพคุณ.....	17

เอกสารนี้ 2.3.3 สรรพคุณ.....ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น 17 คำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
2.3.4 สารประกอบในหอมแดง	18
2.3.5 สารเคมีที่สำคัญในหอมแดง.....	18
2.3.6 คุณค่าทางอาหารของหอมแดง.....	18
2.4 พริก	19
2.4.1 ลักษณะของพริก	19
2.4.2 องค์ประกอบของพริก	21
2.4.3 สารให้ความเผ็ดในพริก	22
2.4.4 สารให้สีในพริก.....	24
2.4.5 Oleoresin	24
2.4.6 ประโยชน์จากพริก.....	25
2.4.7 สรรพคุณของพริก	26
2.5 อนุมูลอิสระ (free radical).....	26
2.5.1 แหล่งกำเนิดอนุมูลอิสระ	27
2.5.2 บทบาทของอนุมูลอิสระในร่างกาย	28
2.5.3 ตัวอย่างอนุมูลอิสระ.....	29
2.5.4 การกำจัดอนุมูลอิสระ	29
2.6 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant).....	29
2.6.1 แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ	30
2.6.2 กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ.....	30
2.7 สารประกอบฟีนอล.....	33
2.7.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอล.....	33

เอกสารนี้ 2.7.2 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านใด 33 คำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
2.8. บรรจุภัณฑ์อาหาร.....	34
2.8.1. การบรรจุภัณฑ์ (Packaging)	34
2.8.2. คุณสมบัติพลาสติกที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์	34
2.9. กระบวนการฆ่าเชื้อ.....	35
2.9.1 เครื่องฆ่าเชื้อ.....	36
2.9.2. การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้ออาหาร.....	48
2.9.3. การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ.....	49
2.9.4. การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน.....	50
2.9.5. วิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน.....	52
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	53
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	56
3.1 วัสดุ.....	56
3.1.1 วัตถุดิบและเครื่องเทศ.....	56
3.1.2 สารเคมี.....	56
3.2 เครื่องมือวิเคราะห์และอุปกรณ์.....	57
3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	57
3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	57
3.3 วิธีการทดลอง.....	58
3.3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในวัตถุดิบและเครื่องเทศ ได้แก่ ข้าวสาลีผั้ว หอมแดง และพริก.....	58
3.3.2 การศึกษาอัตราส่วนของข้าวสาลีผั้วในซอสเครื่องเทศต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส.....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

หน้า

3.3.3 การศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ	62
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....	63
4.1 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	63
4.1.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในวัตถุดิบและเครื่องเทศ ได้แก่ ข้าวลิ้มผิว หอมแดง และพริก	63
4.1.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนของข้าวลิ้มผิวในซอสเครื่องเทศต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ...	68
4.1.3 ผลการศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ.....	79
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	86
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	86
5.2 ข้อเสนอแนะ	86
เอกสารอ้างอิง	90
ภาคผนวก	99
ภาคผนวก ก	100
ภาคผนวก ข	107
ภาคผนวก ค	152
ภาคผนวก ง.....	155
ภาคผนวก จ.....	160
ภาคผนวก ฉ	162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวลิ้มผิว คุณสมบัติ และโครงสร้างทางเคมี	8
2.2 ผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียวดำลิ้มผิว	10
2.3 คุณค่าทางอาหารโดยเฉลี่ยของหอมแดง ต่อน้ำหนัก 100 กรัม	19
2.4 คุณค่าทางอาหารโดยเฉลี่ยของพริกสดสีแดงและพริกสดสีเขียว ต่อน้ำหนัก 100 กรัม	22
2.5 สูตรโครงสร้างของกลุ่มสารให้ความเผ็ดในพริก	24
3.1 ส่วนประกอบสำหรับการทำซอสเครื่องเทศ	60
4.1.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบและ	64
เครื่องเทศ	64
4.1.2 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของวัตถุดิบและ	66
เครื่องเทศ	66
4.2.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของซอสเครื่องเทศ	69
4.2.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของซอสเครื่องเทศ	70
4.2.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของซอส	72
เครื่องเทศ	72
4.2.4 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของซอสเครื่องเทศ	78
4.3.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่	80
กระบวนการฆ่าเชื้อ	80
4.3.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่	82
กระบวนการฆ่าเชื้อ	82
4.3.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์	84
ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ	84
ข-1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทาง	107
เคมีโดยการวิเคราะห์ค่าสีของวัตถุดิบและเครื่องเทศ	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข-2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบและเครื่องเทศ.....	110
ข-3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างของวัตถุดิบและเครื่องเทศ	111
ข-4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1.2 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของวัตถุดิบและเครื่องเทศ.....	112
ข-5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1.2 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ของวัตถุดิบและเครื่องเทศ	113
ข-6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1.2 เปรียบเทียบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่ร้อยละ 50 (IC ₅₀) ด้วยวิธี DPPH assay ของวัตถุดิบและเครื่องเทศ.....	114
ข-7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวิเคราะห์ค่าสีของซอสเครื่องเทศ.....	115
ข-8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวิเคราะห์ความหนืดของซอสเครื่องเทศ.....	118
ข-9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระของซอสเครื่องเทศ	119
ข-10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของซอสเครื่องเทศ	120
ข-11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณไขมันของซอสเครื่องเทศ	121
ข-12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของซอสเครื่องเทศ	122
ข-13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของซอสเครื่องเทศ.....	123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข-14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างของซอสเครื่องเทศ.....	124
ข-15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลทั้งหมดของซอสเครื่องเทศ.....	125
ข-16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ของซอสเครื่องเทศ.....	126
ข-17 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินของซอสเครื่องเทศ.....	127
ข-18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซินของซอสเครื่องเทศ.....	128
ข-19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.3 เปรียบเทียบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่ร้อยละ 50 (IC ₅₀) ด้วยวิธี DPPH assay ของซอสเครื่องเทศ.....	129
ข-20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของซอสเครื่องเทศ ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic Scale 9 Points.....	130
ข-21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ.....	137
ข-22 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวิเคราะห์ความหนืดของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ.....	140
ข-23 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ...	141
ข-24 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ.....	142
ข-25 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ.....	143

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข-26 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ	144
ข-27 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ	145
ข-28 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ ..	146
ข-29 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ	147
ข-30 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ ..	148
ข-31 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ	149
ข-32 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยการวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซินของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ	150
ข-33 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.3 เปรียบเทียบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 50 (IC ₅₀) ด้วยวิธี DPPH assay ของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ.....	151
ฉ-1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก	163
ฉ-2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานควอซิติน	165

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของเมล็ดข้าวหลังกะเทาะเปลือกออก.....	5
2.2 ข้าวลืมผิว.....	6
2.3 โครงสร้างของฟีนอลิก	12
2.4 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน.....	13
2.5 หอมแดง.....	16
2.6 ต้นพริก.....	20
2.7 ปฏิกริยาระหว่างอนุมูล DPPH และสารต้านอนุมูลอิสระ.....	31
2.8 เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้น้ำ.....	36
2.9 เครื่องฆ่าเชื้อแนวตั้งแบบใช้น้ำ.....	40
2.10 เครื่องฆ่าเชื้อแนวตั้งแบบใช้น้ำร้อน.....	42
2.11 เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นน้ำร้อน.....	43
2.12 เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้น้ำร้อนท่วม.....	45
2.13 เครื่องฆ่าเชื้อที่ใช้รางเกลียวหมุนแบบ Continuous.....	47
4.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและพื้นที่ได้โครมาโตแกรมของสารแคปไซซินมาตรฐาน.....	66
4.1.2 โครมาโตแกรมของสารแคปไซซินมาตรฐาน.....	67
4.1.3 โครมาโตแกรมของสารสกัดพริก	67
4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและพื้นที่ได้โครมาโตแกรมของสารแคปไซซินมาตรฐาน.....	73
4.2.2 โครมาโตแกรมของสารแคปไซซินมาตรฐาน.....	74
4.2.3 โครมาโตแกรมของซอสเครื่องเทศ สูตรที่ 1.....	74
4.2.4 โครมาโตแกรมของซอสเครื่องเทศ สูตรที่ 2.....	74
4.2.5 โครมาโตแกรมของซอสเครื่องเทศ สูตรที่ 3.....	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2.6 โครมาโตแกรมของซอสเครื่องเทศสูตรที่ 4.....	75
4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและพื้นที่ใต้โครมาโตแกรมของสารแคปไซซินมาตรฐาน	84
4.3.2 โครมาโตแกรมของสารแคปไซซินมาตรฐาน.....	85
4.3.3 โครมาโตแกรมของซอสเครื่องเทศ สูตรที่ 3.....	85
4.3.4 โครมาโตแกรมของซอสเครื่องเทศ สูตรที่ 5.....	85
ก-1 ซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตร.....	100
ก-2 เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน.....	101
ก-3 เครื่องวัดสี Minolta CR-300.....	101
ก-4 เครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer Model DV-II.....	102
ก-5 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ AquaLab Series 3.....	102
ก-6 เครื่องสกัดปริมาณไขมัน (soxhlet apparatus).....	103
ก-7 เครื่องวัด pH Mettler Toledo SevenGO Pro.....	103
ก-8 ชุดย่อยโปรตีน.....	104
ก-9 ชุดกลั่นโปรตีน.....	104
ก-10 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer).....	105
ก-11 เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง.....	105
ก-12 การเตรียมซอสสำหรับทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส.....	106
ก-13 ผู้ทดสอบกำลังทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส.....	106
ฉ-1 กราฟมาตรฐานสารประกอบฟีนอลทั้งหมด.....	164
ฉ-2 กราฟมาตรฐานเคออสติน.....	166
ฉ-3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและพื้นที่ใต้กราฟของสารแคปไซซินมาตรฐาน.....	169

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการพิเศษ

ปัจจุบันเครื่องเทศที่ได้จากพืชมีความสำคัญในด้านเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก โดยเครื่องเทศที่ใช้ในอาหารมาจากส่วนต่างๆของพืช เช่น ผล ราก ใบ เปลือก เมล็ด ดอก หัว หรือรวมหมดทั้งต้นอาจจะใช้ในรูปของสดหรือแห้งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีเฉพาะตัวของพืชนั้นๆ เครื่องเทศให้กลิ่นที่มีความเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไปนำมาใช้ในการปรุงรสเพื่อเพิ่มกลิ่นหอม กลบรส กลบกลิ่น ไปจนถึงถนอมอาหารให้อยู่ได้นานขึ้น โดยเครื่องเทศ หมายถึง ของหอมฉุนและเผ็ดร้อนที่ได้มาจากพืช สำหรับใช้ทำยาหรือปรุงอาหาร (ราชบัณฑิตยสถาน, 2542) มนุษย์รู้จักการใช้เครื่องเทศมานานกว่า 50,000 ปีก่อนคริสตกาล นอกจากนี้เครื่องเทศยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการพัฒนารสชาติและค้นพบทวีปใหม่ จากความต้องการขยายเส้นทางการค้าเครื่องเทศ(หนังสือแม่บ้าน, 2557) ในตำรับอาหารไทยส่วนมากจะมีเครื่องเทศเป็นส่วนผสมอยู่ทั้งสิ้น ในโครงการพิเศษนี้ได้มีการเติมข้าวสาลี ผัก พริก และหอมแดงมาใช้เป็นวัตถุดิบและเครื่องเทศที่สำคัญในการทำซอสเครื่องเทศ โดยซอสเป็นเครื่องปรุงรสที่ใช้ในการประกอบอาหารและใช้เป็นเครื่องจิ้มโดยทั่วไปมี 2 ชนิด คือ ซอสใสและซอสข้น ซอสใสเป็นซอสที่มีปริมาณน้ำมาก เช่น ซอสถั่วเหลือง ส่วนซอสข้นเป็นซอสที่มีปริมาณน้ำน้อยที่ได้จากเครื่องเทศ ผัก หรือผลไม้ทำให้มีลักษณะข้นเหนียว เช่น ซอสมะเขือเทศ ซอสพริก และซอสเครื่องเทศ (พรทวี และคณะ, 2550) ในการทำซอสเครื่องเทศในครั้งนี้ใช้วัตถุดิบและเครื่องเทศต่างๆซึ่งแต่ละตัวมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญดังนี้

ข้าวสาลีมีลักษณะเด่น คือ มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงจนถึงสีดำประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นสารพฤกษเคมี ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และสารพฤกษเคมี ได้แก่ วิตามิน สารฟีนอล (Phenolics) ซึ่งอุดมไปด้วยสารประกอบต่างๆที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น แกมมา-โอไรซานอล (Gamma oryzanol) สารเบต้าแคโรทีน(Beta-carotene) สารแอนโทไซยานิน (anthocyanins) โดยรงควัตถุหลักที่พบได้แก่ ไซยานิดิน (Cyanidin) และพีโอนิดิน (Peonidine) ซึ่งเป็นสารที่ไม่พบในข้าวขาวทั่วไปจัดเป็นสารประกอบฟีนอล นอกจากนี้สารเหล่านี้ยังมีคุณสมบัติต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant) ช่วยหมุนเวียนของกระแสโลหิต ชะลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกาย สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งปอดได้และยังพบว่ามีแร่ธาตุที่สำคัญในข้าวสาลี เช่น มีปริมาณธาตุเหล็กสูงกว่าพันธุ์ข้าวขาว สามารถยับยั้งสารก่อมะเร็ง สารก่อการกลายพันธุ์ เพิ่มประสิทธิภาพของระบบภูมิคุ้มกัน ช่วยลดการอักเสบของเนื้อเยื่อ โรคหัวใจ บรรเทาโรคเบาหวาน ลดไขมันอุดตันในเส้นเลือดที่หัวใจและสมอง(วิลาสณี, 2556)

พริก เป็นพืชผักที่มีความสำคัญในการประกอบอาหารประจำวันสำหรับคนไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากคนไทยนิยมรับประทานอาหารที่มีรสชาติดกอนขางเผ็ด ซึ่งพริกสามารถนำมาแปรรูปเป็นเครื่องปรุงแต่งรส เช่น พริกแห้ง น้ำพริกแกง พริกป่น เป็นต้น(เจ้าของร้าน, 2559) พริกมีถิ่นกำเนิดมาจากทวีปอเมริกาใต้ มีการนำเข้ามาในประเทศไทยตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาตอนต้นโดยในพริกมีสารชื่อแคปไซซินเป็นเอกลักษณ์ซึ่งมีผลต่อการเผาผลาญไขมันและช่วยเพิ่มอัตราการเผาผลาญไขมันในร่างกาย นอกจากนี้พริกยังมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดได้

ไม่ว่าการณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคปไซซิน (Capsaisin) อยู่มากในบริเวณเยื่อแกนกลางสีขาวซึ่งเป็นส่วนที่เผ็ดมากที่สุด ส่วนเปลือกและเมล็ดจะมีสารนี้น้อย สารนี้จะทนทานต่อความร้อนและความเย็นเป็นอย่างมาก โดยในพริกอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ เช่น วิตามินซี วิตามินเอ วิตามินบี6 วิตามินซี ธาตุแมกนีเซียม ธาตุโพแทสเซียม ธาตุเหล็ก โยอาหาร มีประโยชน์มากมาย เช่น พริกมีสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความแก่ ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แข็งแรงยิ่งขึ้น สารแคปไซซินช่วยให้เกิดอาการตื่นตัวของร่างกาย ช่วยบรรเทาอาการไข้หวัด ลดน้ำมูก ลดความดันโลหิตสูง เป็นต้น (Medthai ,2016)

หอมแดง เป็นพืชผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของหัวหรือปลี นิยมนำมาประกอบอาหารและเป็นสมุนไพร (กองโภชนาการ ,2544) จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งประเทศไทยปลูกมากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือและทางภาคเหนือ ในหอมแดงมีสารเคมีและสารอาหารมากมาย เช่น ไดอัลลิล ไซโรซัลไฟต์ และยังมีฟลาโวนอยด์ โกลโคไซด์ เพคติน ลูโคคินี ซึ่งมีคุณสมบัติในการช่วยยับยั้งแบคทีเรีย ลดไขมันในเส้นเลือดและในหัวหอมยังมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งประกอบไปด้วยกำมะถันและแร่ธาตุอื่นๆไม่ว่าจะเป็นธาตุเหล็ก แคลเซียม และฟอสฟอรัส งานวิจัยพบว่าหอมแดงมีบทบาทช่วยเผาผลาญอาหารในร่างกาย ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล และลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจชนิดเส้นเลือดมาเลี้ยงหัวใจอุดตันได้ (Medthai ,2016)

โครงการพิเศษนี้มีจึงได้ศึกษาผลของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในวัตถุดิบและเครื่องเทศได้แก่ ข่าขี้เหล็ก พริก หอมแดง โดยมีข่าขี้เหล็กเป็นวัตถุดิบหลักในการทำซอสเครื่องเทศ ซึ่งในกระบวนการผลิตซอสจะมีการเติมข่าขี้เหล็กในอัตราส่วนต่างๆ ได้ทำการวิเคราะห์หาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในข่าขี้เหล็ก พริก หอมแดง และวิเคราะห์หากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังได้ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในซอสเครื่องเทศ และการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อนำสูตรที่เหมาะสมไปเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

1.2.1.ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในวัตถุดิบและเครื่องเทศ ได้แก่ ข่าขี้เหล็ก พริก หอมแดง และพริก

1.2.2.ศึกษาอัตราส่วนของข่าขี้เหล็กในซอสเครื่องเทศต่อคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1.2.3.ศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

โครงการพิเศษได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบและเครื่องเทศได้แก่ ข้าวสลิ้มผัว หอมแดง และพริก โดยมีการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ค่าสี คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์ความชื้น และวัดค่าความเป็นกรดต่าง อีกทั้งศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนของข้าวสลิ้มผัวในซอสเครื่องเทศต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าความหนืดและวิเคราะห์ค่าสี คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณความชื้น วิเคราะห์ปริมาณไขมัน วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน วิเคราะห์ปริมาณเถ้า และการวัดค่าความเป็นกรดต่าง การวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด วิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์ วิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานิน วิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน วิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อนำผลที่ได้ไปเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ โดยเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ โครงการพิเศษนี้ใช้ระยะเวลาเป็นเวลา 3 เดือน ตั้งแต่ เดือน ธันวาคม 2559 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2560

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1. ทราบคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมีและประโยชน์ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบในวัตถุดิบและเครื่องเทศ ได้แก่ ข้าวสลิ้มผัว พริก และหอมแดง

1.4.2. ทราบความแตกต่างของการเติมอัตราส่วนของข้าวสลิ้มผัวในซอสเครื่องเทศ โดยการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ โดยการใช้เครื่องมือและการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบ

1.4.3. ทราบกรรมวิธีเกี่ยวกับกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ และผลของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ เปรียบเทียบโดยการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว

ข้าวเป็นธัญพืชที่อยู่ในตระกูล Gramineae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. เป็นแหล่งอาหารหลักที่ทำให้คาร์โบไฮเดรตที่สำคัญในการดำรงชีวิตของประชากรโลก เช่น การทำเป็นขนมหวานชนิดต่างๆ ขนมปัง ในด้านอุตสาหกรรมใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์ เป็นต้น ในประเทศไทยข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศ เนื่องจากการเกษตรกรรมส่วนใหญ่ของประเทศปลูกข้าวเป็นพืชหลัก และปัจจุบันข้าวยังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ข้าวที่คนไทยบริโภคนั้นมีทั้งข้าวขาวและข้าวสี (ข้าวเก่าและข้าวกล้อง) ในอดีตคนไทยนิยมบริโภคข้าวที่ผ่านการสีด้วยวิธีโบราณโดยการใช้ครกไม้หรือครกกระเดื่อง ทำให้ได้ข้าวสารที่มีสีธรรมชาติและยังคงรักษาแร่ธาตุไว้ได้ สามารถช่วยป้องกันรักษาโรคบางชนิด ปัจจุบันข้าวสารที่รับประทานได้จากการสีของโรงสีข้าวโดยใช้เครื่องจักรกลขนาดใหญ่ ทำให้สีข้าวได้รวดเร็ว และได้ปริมาณมาก ข้าวสารที่ผ่านการขัดสีจากเครื่องจักรจะเป็นสีขาว แต่แร่ธาตุที่อยู่ในข้าวได้หายไปกับเปลือกข้าว และรำข้าว ในระหว่างกระบวนการแปรรูปซึ่งเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ปัจจุบันมีผู้บริโภคส่วนหนึ่งที่รักสุขภาพหันไปบริโภคข้าวสีเป็นหลัก (วัลลภา, 2556)

2.1.1 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าว (rice grain หรือ rice seed) เป็นผลชนิด caryopsis เนื่องจากส่วนที่เป็นเมล็ดเดี่ยว (single seed) ติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่ หรือเยื่อหุ้มผล (pericarp) (ปุนเรศวร์, 2554) เมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนใหญ่ๆ 2 ส่วน คือ

2.1.1.1 ส่วนที่ห่อหุ้ม เรียกว่า แกลบ (hull หรือ husk) ประกอบด้วยเปลือกใหญ่ (lemma) เปลือกเล็ก (palea) หาง (awn) ช่เมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemmas)

2.1.1.2 ส่วนที่รับประทานได้ เรียกว่า ข้าวกล้อง (caryopsis หรือ brown rice) เมล็ดข้าวที่เอาเปลือกออกแล้ว (ภาพ 2.1) ประกอบด้วย

1) เยื่อหุ้มผล (pericarp) หรือ fruit coat ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นด้วยกันคือ epicarp mesocarp และ endocarp ส่วน pericarp มีลักษณะเป็น fibrous ผนังเซลล์ประกอบด้วย protein cellulose และ hemicellulose

2) เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) อยู่ถัดจาก pericarp เข้าไปประกอบด้วยเนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกันเป็นแถว เป็นที่อยู่ของสารประเภทไขมัน

3) ชั้นแอลิวโรน (aleurone layer) อยู่ต่อจาก nucellus ห่อหุ้ม starchy endosperm (ข้าวสาร) และ embryo (คัพภะ) aleurone layer มีโปรตีนสูง นอกจากนี้ประกอบไปด้วย oil cellulose และ hemicellulose

4) ส่วนที่เป็นสตาร์ช (starch endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสารอยู่ชั้นในสุดของเมล็ดประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนอยู่บ้าง แป้งในเมล็ดข้าวมี 2 ชนิด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. Amylopectin เป็น polymer ของ D-glucose ต่อกันเป็น branch chain
 ข. Amylose เป็น polymer ของ D-glucose ที่ต่อกันเป็น linear chain
 ส่วนประกอบของแป้งทั้ง 2 ชนิดมีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามชนิดข้าวในข้าว
 เหนียวจะมี amylose อยู่ประมาณร้อยละ 0-2 ส่วนที่เหลือเป็น amylopectin ส่วนข้าวเจ้าจะมี
 amylose มากกว่าคือประมาณร้อยละ 7-33 ของน้ำหนักข้าวสาร

5) คัพภะ (embryo) อยู่ติดกับ endosperm ทางด้าน lemma เป็นส่วนที่จะ
 เจริญเป็นต้นต่อไป embryo ประกอบด้วยต้นอ่อน (plumure) รากอ่อน (radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน
 (coleoptile) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhizae) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum)
 embryo เป็นส่วนที่มีโปรตีนและไขมันสูง



2.2 ข้าวลิ้มผัว

2.2.1 แหล่งที่มาและประวัติ

ข้าวลิ้มผัว เดิมเป็นข้าวเหนียวนาปีของชาวม้ง บ้านรวมไทยพัฒนาที่ 3 ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ปลูกข้าวในสภาพไร่ สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 650 เมตร ต่อมานายพนัส สุวรรณธาดา ตำแหน่งในขณะนั้นคือ เจ้าพนักงานการเกษตร 5 ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร ได้พบและสนใจข้าวพันธุ์นี้ แล้วคัดเลือกให้บริสุทธิ์ระหว่างปี พ.ศ. 2534-2538 ณ ส่วนแยกของสถานีทดลองพืชสวนดอยมูเซอ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก เพื่อใช้ในโครงการตามพระราชเสาวนีย์ของพระบาทสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ เมื่อคัดเลือกจนได้พันธุ์บริสุทธิ์แล้วได้มอบเมล็ดให้นายไชยวัฒน์ วัฒนไชย ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตรในขณะนั้น เพื่อถวายแด่พระบาทสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ที่เสด็จมาเยี่ยมชมโครงการ จากนั้นนายพนัสจึงทำแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ในปีพ.ศ. 2539 แล้วนำเมล็ดที่ได้ไปให้ชาวไทยภูเขาเผ่าม้งที่ตำบลเอกราชนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมไทยพัฒนา อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ซึ่งเป็นแหล่งปลูกดั้งเดิมไว้ปลูกพันธุ์เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป แต่เมื่อเวลาผ่านไปด้วยวิธีการปลูกแบบชาวเขาที่มักปลูกข้าวหลายพันธุ์ใกล้กันหรือปลูกด้วยกัน จึงทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์อื่นปนและไม่เป็นพันธุ์บริสุทธิ์ ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกโดยนายอภิชาติ เนินพลับ นางอัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ นายพงศา สุขเสริมและศูนย์วิจัยข้าวแพร่โดยนายพจน์ วัจนะภูมิ จึงได้เริ่มการคัดเลือกพันธุ์บริสุทธิ์อีกครั้งในปีพ.ศ. 2550 เริ่มจากการคัดเลือกแบบหมู่ และโดยการเลือกรวงในปีพ.ศ. 2551 เพื่อนำมาปลูกแบบรวงต่อแถวเป็นพันธุ์คัดเลือกต่อไป และได้รับการขึ้นทะเบียนจากกรมวิชาการเกษตรเมื่อวันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2552 ขณะนี้อยู่ในโครงการนำร่องอนุรักษ์พันธุ์กรรมข้าวเพื่อใช้ประโยชน์ของสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว (อัจฉราพร และ อภิชาติ ,2553)

2.2.2 ลักษณะทางกายภาพ ผลผลิต และคุณค่าทางโภชนาการ



รูปที่ 2.2 ข้าวสลิမ်ผัว

ที่มา: <https://maekanoi.wordpress.com>

ชื่อสามัญ : ข้าวดำ

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Oryza sativa var. glutinosa*

ชื่อวงศ์ : POACEAE

ชื่อท้องถิ่น : ข้าวดำ ข้าวเหนียวดำ ข้าวสลิမ်ผัว

ลักษณะทั่วไป : ไม้ยืนต้น สูง 10-15 เมตร กิ่งมีหนามเป็นคู่ ใบประกอบแบบขนนกสองชั้น เรียงสลับยาว 9-17 เซนติเมตร ใบย่อยจำนวนมากรูปขอบขนาน ขนาดเล็ก ดอกช่อ ออกที่ซอกใบ รูปทรงกระบอกตรง กลีบดอกสีนวล ผลเป็นฝัก แบนยาว สีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 ลักษณะประจำพันธุ์

ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวลิ้มผิว เป็นข้าวเหนียวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องสีดำ ไรต่อแสง เกือบเกี่ยวประมาณกลางเดือนตุลาคม ลักษณะทรงกอตั้งต้นแข็ง ไม่ล้มง่ายปล้องสีเหลืองอ่อน กาบใบสีเขียว ลิ่นใบสีน้ำตาลอ่อน หูใบสีเหลืองน้ำตาล ใบธงหักลง คอรวงยาว รวงค่อนข้างแน่น กลีบดอกระยะออกรวงร้อยละ 50 มีสีเขียวอ่อน เมื่อระยะน้ำนมดอกเปลี่ยนสีเป็นแถบสีม่วงบนพื้นสีเขียวอ่อน ต่อมาเมื่อเข้าสู่ระยะแป้งแข็ง สีกลีบดอกจะเปลี่ยนเป็นสีฟางแถบม่วงดำและเมื่อข้าวอยู่ในระยะสุกแก่ สีเปลือกและเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีฟางแถบดำ ความสูงเฉลี่ย 151 เซนติเมตร น้ำหนักข้าวเปลือก 10.4 กิโลกรัมต่อถัง เปลือกเมล็ดสีฟางแถบดำ ข้าวเปลือกยาว 10.7 มิลลิเมตร หนา 1.9 มิลลิเมตร คุณภาพการสีที่ได้ข้าวเมล็ดเต็มและต้นข้าวร้อยละ 48.2 คุณภาพเมล็ดทางเคมีการสลายเมล็ดในด่างที่ร้อยละ 1.4 และ 1.7 KOH อัตราการยืดตัวปกติระยะพักตัว 5 สัปดาห์ (วิไลพร, 2556)

2.2.2.2 ลักษณะทางกายภาพ

ข้าวลิ้มผิวมีต้นสูงประมาณ 137 เซนติเมตร ออกดอกประมาณวันที่ 15 กันยายน จำนวนเมล็ดดีต่อรวงเฉลี่ย 130 เมล็ด เมล็ดค่อนข้างอ้วน น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 37.9 กรัม สถิติผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกในสภาพไร่และฟ้าอากาศตลอดจนช่วงเวลาที่เหมาะสมได้ 490 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อนำมาปลูกในพื้นที่ราบผลผลิตที่ได้ระหว่าง 200-350 กิโลกรัมต่อไร่ค่อนข้างอ่อนแอต่อโรคและแมลงศัตรูข้าว มีสีเปลือกหุ้มเมล็ดเปลี่ยนไปตามระยะการเจริญเติบโตของเมล็ด เยื่อหุ้มเมล็ด (pericarp) เป็นสีม่วงที่เรียกกันว่า “ข้าวเหนียวดำ” หรือ “ข้าวกำ” เป็นข้าวกล้องข้าวเหนียวที่มีกลิ่นหอม รสชาติอร่อย เมื่อเคี้ยวจะรู้สึกมันและนุ่มแบบหนุบๆ (อัคราพร และ อภิชาติ, 2553)

2.2.2.3 ลักษณะเด่น

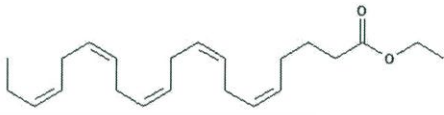
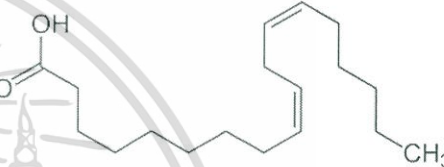

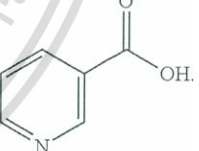
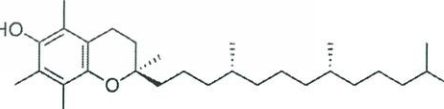
เมื่อหุงสุก มีกลิ่นหอม ลักษณะสัมผัสเมื่อแรกเคี้ยวจะกรุบ หนึบ ภายในนุ่มเหนียว เมล็ดมีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะสารต้านอนุมูลอิสระรวม สารเหล่านี้ได้แก่ แอนโทไซยานินและแกมมา-โอโรซานอล วิตามินอี ธาตุเหล็ก และแคลเซียม (วิลาสิณี, 2556)

2.2.2.4 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวลิ้มผิว

ข้าวลิ้มผิวเป็นข้าวที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารเป็นอย่างมากชนิดหนึ่ง โดยอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีส่วนช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง รวมทั้งอุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆ มากมาย ได้แก่ โปรตีน โอเมก้า 3 6 9 วิตามินบี วิตามินอี สารแกมมา-โอโรซานอล กรดไขมัน แอนโทไซยานิน สังกะสี ธาตุเหล็ก แมงกานีส และแคลเซียม (ตารางที่ 2.1)

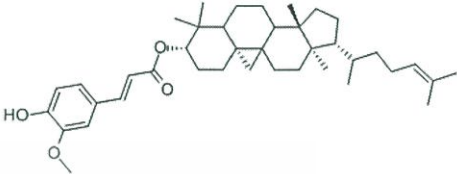
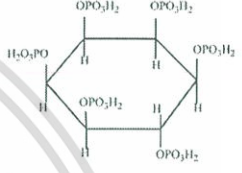
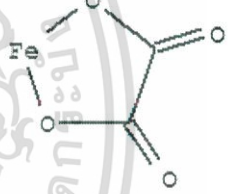
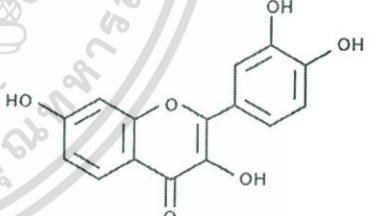
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวสาลีพันธุ์ คุณสมบัติ และโครงสร้างทางเคมี

คุณค่าทางโภชนาการ	คุณสมบัติ	โครงสร้างทางเคมี
Omega-3 (Linolenic Acid)	- เป็นกรดไขมันที่ช่วยควบคุมการขนส่งของสารอาหารต่างๆ ป้องกันและรักษาโรคเช่น โรคหัวใจ อัมพาต ลดการอักเสบของโรคโรคไขข้อเสื่อม ปวดประจำเดือนและลดอาการภูมิแพ้	
Omega-6 (Linoleic Acid)	- ช่วยป้องกันการเกิดโรคหัวใจ ลดการแข็งตัวของเลือด ลดอัตราการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ลดการขยายตัวของเซลล์มะเร็ง ช่วยบำรุงตับ และป้องกันโรคสมองเสื่อมหรืออัลไซเมอร์	
Omega-9 (Oleic Acid)	- ลดคอเลสเตอรอลโดยรวมทำให้เส้นเลือดไม่อุดตัน ช่วยบำรุงสมอง ช่วยให้ความจำดี ไม่เป็นโรคสมองเสื่อม ไม่เป็นโรคพาร์กินสันและลดความอ้วน	
Niacin (วิตามินบี3) (C ₆ H ₅ NO ₂)	- Lipid metabolism, Tissue respiration และ Glycogenolysis ดังนั้น Nicotinic Acid ในปริมาณสูงๆ จึงลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้	
Vitamin E (Alpha-Tocopherol) (C ₂₉ H ₅₀ O ₂)	- ช่วยลดสภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง ช่วยลดคอเลสเตอรอลที่อุดตันในเส้นเลือดในกลุ่มเส้นเลือดไปเลี้ยงไต ทำให้ยูริกในเลือดลดลง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) คุณค่าทางโภชนาการของข้าวลิ้มผั่ว คุณสมบัติ และโครงสร้างทางเคมี

คุณค่าทางโภชนาการ	คุณสมบัติ	โครงสร้างทางเคมี
Gamma Oryzanol (C ₄₀ H ₅₈ O ₄)	- ลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ ทั้งในเลือดและในอวัยวะต่างๆทำให้หลอดเลือดไม่มีไขมันอุดตัน	
Phytate (C ₆ H ₁₈ O ₂₄ P ₆)	- เกือบของกรดไฟติก (Phytic acid) โดยธรรมชาติ กรดไฟติกจะมีความสามารถในการจับกับสังกะสีและธาตุเหล็กสูง	
Iron	- ป้องกันโรคโลหิตจาง มีความจำเป็นมากสำหรับเด็กที่กำลังจะเจริญเติบโตและสตรีมีครรภ์	
Anthocyanin	- ช่วยลดการอักเสบของเนื้อเยื่อ ลดไขมันอุดตันในเส้นเลือดที่หัวใจ และสมอง บรรเทาโรคเบาหวานและช่วยบำรุงสายตา	

ดัดแปลงจาก : พานิชย์ ยศปัญญา (2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียวดำลิ้มผั่ว

รายการทดสอบ	ลิ้มผั่ว (เขาค้อ)	ลิ้มผั่ว (แพร่)	หอมนิล
-Myristic acid (C14:0) (g/100g)	0.02	0.03	0.05
-Palmitic acid (C16:0) (g/100g)	0.60	0.55	0.74
-Stearic acid (C18:0) (g/100g)	0.09	0.13	0.08
-Arachidic acid (C22:0) (g/100g)	0.02	0.03	0.02
-Behenic acid (C22:0) (g/100g)	0.01	0.01	0.01
-Lignoceric acid (C24:0) (g/100g)	0.02	0.03	0.02
-Saturated Fat (g/100g)	0.76	0.78	0.92
-cis-9-Oleic acid (C18:1n9c) (g/100g)	1.15	1.02	0.90
-cis-11-Elcosenoic acid (C20:1n11) (g/100g)	0.01	0.01	0.01
-Monounsaturated fatty acid (g/100g)	1.16	1.03	0.91
-cis-9,12-Linoleic acid (C18:2n6) (g/100g)	1.16	1.06	0.85
-alpha-Linolenic acid (C18:3n3) (g/100g)	0.03	0.03	0.03
-Polyunsaturated fatty acid (g/100g)	1.19	1.09	0.88
-Unsaturated fat (g/100g)	2.35	2.12	1.79
-Omega 3 (mg/100g)	33.94	30.83	31.51
-Omega 6 (mg/100g)	1,160.08	1,057.55	849.50
-Omega 9 (mg/100g)	1,146.41	1,021.72	901.40
-Vitamin B1 (mg/100g)	0.05	0.17	0.33
-Vitamin B2 (mg/100g)	0.035	0.043	0.028
-Niacin (mg/100g)	6.48	6.07	5.78
-Vitamin B6 (mg/100g)	<0.05	<0.05	-
-Vitamin B12 (µg/100g)	<0.1	<0.1	<0.1
-Dietary Fiber (g/100g)	2.33	4.87	6.89
-Vitamin E (Alpha-Tocopherol) (mg/kg)	16.83	16.58	7.78
-Vitamin E(Gamma-Tocopherol) (mg/kg)	6.48	4.72	11.3
-Vitamin E (Delta-Tocopherol) (mg/kg)	0.39	0.34	0.75
-Gamma Oryzanol (mg/kg)	490.49	508.09	411.90
-Phytate (mg/kg)	4,801.15	6,086.04	2,861.13
-Collagen (mg/kg)	<50	<50	<50
-Iron (Fe) (mg/kg)	84.18	17.70	13.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) แสดงผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียวดำลิ้มผั่ว

รายการทดสอบ	ลิ้มผั่ว (เขาค้อ)	ลิ้มผั่ว (แพร่)	หอมนิล
-Calcium (Ca) (mg/kg)	169.75	172.10	121.90
-Folic acid ($\mu\text{g/g}^*$)	<0.78	<0.78 (ดอยมูเซอ)	<0.78
-anthocyanin (mg/100g [*])	10.63	14.35 (ดอยมูเซอ)	1.44
-Protein (dry basis) (% ^{**})	9.46	8.54 (ดอยมูเซอ)	9.43
-Protein (wet basis) (% ^{**})	23.60	31.03	23.75
-Zinc (Zn) (mg/kg)	35.38	23.79	22.25
-Manganese (Mn) (mg/kg)	833.77	401.63	192.57
-Total antioxidant (mg Ascorbic acid/100g)	833.77	401.63	192.57

เมล็ดที่วิเคราะห์มาจากนาปี 2552 วิเคราะห์เรียบริ้อยสมบูรณ์ เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2553

ที่มา : บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาเชียงใหม่

* สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

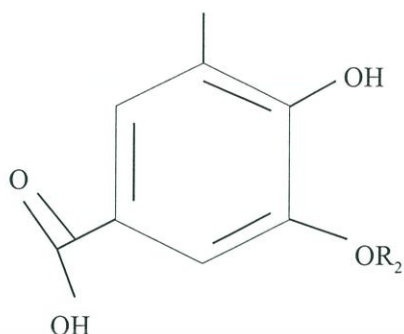
** ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

2.2.3 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในข้าวลิ้มผั่ว

2.2.3.1 สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound)

นงลักษณ์ (2556) สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่พบได้ทั่วไป มีคุณสมบัติเป็นสารอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนอะโรมาติก(aromatic ring)ที่มีจำนวนhydroxyl group อย่างน้อยหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งหมู่ในโมเลกุล สามารถละลายได้ในน้ำ ส่วนใหญ่สารประกอบฟีนอลิกมักพบอยู่ร่วมกับน้ำตาลในรูปของ glycoside สารประกอบฟีนอลิกที่พบในธรรมชาติมีหลายกลุ่มและมีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมี (รูปที่ 2.3) แตกต่างกัน กลุ่มใหญ่ที่พบจะเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ในข้าวพบว่ามีการประกอบฟีนอลิกหลายชนิดในสารสกัดจากส่วนต่างๆของเมล็ดข้าว เช่น ในส่วนรำข้าว (bran) มีสารประกอบฟีนอลิกชนิด ferulic acid, alpha-coumaric acid และsynaptic acid ส่วนในข้าวขาวพบสารประกอบฟีนอลิกชนิด guaiacol , phenol , pcesol , 4-vinylgu aiacol และ 4-vinylphenol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 โครงสร้าง Phenolic
ที่มา : Yu and Zhou (2004)

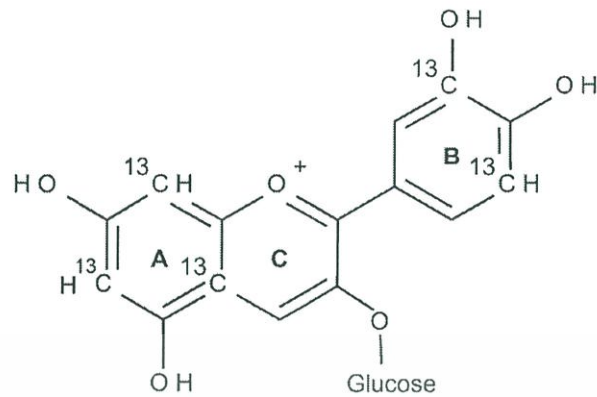
สารประกอบฟีนอลิกมีคุณสมบัติที่ได้รับความสนใจอย่างมากและเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญคือ ทำหน้าที่กำจัดโมเลกุลของอนุมูลอิสระและกำจัดโลหะหนักที่เป็นพิษต่อเซลล์ ป้องกันกระบวนการสร้างอนุมูลอิสระภายในเซลล์ รวมถึงป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันและโมเลกุลอื่นๆ ด้วยการให้อะตอมไฮโดรเจนแด่อนุมูลอิสระ อนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกค่อยข้างเสถียร ดังนั้นจึงไม่เกิดปฏิกิริยากับสารอื่นต่อไป นอกจากนี้อนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลบางชนิดยังสามารถรวมกับอนุมูลอิสระตัวอื่นเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระอีกด้วย

นอกจากนี้พบว่าสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิกและแทนนิน เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิกทำหน้าที่เป็นตัวจับโลอนุมูลอิสระที่สำคัญคือ peroxy โดยมีกลไก 2 แบบ คือ เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นต่ำเมื่อเทียบกับสารออกซิไดส์ สารประกอบฟีนอลิกจะหน่วงเหนี่ยวหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาจะถูกทำให้เป็นสารที่มีความเสถียร ดังนั้นจึงสามารถป้องกันการเกิดขั้นตอน propagation (Basu *et al.*, 1999)

2.2.3.2 แอนโทไซยานิน (Anthocyanins)

แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีโครงสร้างหลักเป็น $C_6C_3C_6$ เป็นรงควัตถุที่ละลายอยู่ใน cell sap ในพืชและทำให้เกิดสีในดอกไม้ ผลไม้และใบไม้หลายชนิด แอนโทไซยานินสามารถละลายในน้ำ แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายประเภท non-hydroxyl เช่น อะซีโตน เบนซีน คลอโรฟอร์ม และอีเทอร์ เป็นต้น แอนโทไซยานินมีสูตรโครงสร้างตามที่แสดงรูปที่ 2.4 การแทนที่ของหมู่เมทิลในตำแหน่ง R- ทำให้เกิดชนิดที่แตกต่างกันไป แอนโทไซยานินพบมากในธรรมชาติ ในรูป glycoside ซึ่งจับน้ำตาลด้วยพันธะไกลโคซิดิกหรือเรียกว่า anthocyanidin มี 6 ชนิด cyanidin, delphinidin, malvidin, pelargonidin, peonidin และ petunidin (Mazza and Maniati, 1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน
ที่มา: Alessandra (2013)

จักรกฤษณ์ (2550) ได้ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของเมล็ดข้าวในข้าวเหนียวเก่าพันธุ์พื้นเมือง 19 สายพันธุ์โดยใช้เทคนิค HPLC พบว่าลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดข้าวกล้องของข้าวเก่ามีความแตกต่างของปริมาณไซยานิดิน 3-กลูโคไซด์ที่แตกต่างกันในช่วงตั้งแต่ 16.23-265.01/100 g grain

ช่อแก้ว และคณะ (2554) ได้ทำการศึกษาแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวดำ 9 สายพันธุ์ โดยการสกัดแอนโทไซยานินและนำสารที่สกัดไปวัดปริมาณแอนโทไซยานินโดยวิธี HPLC และ Spectrophotometric จากนั้นนำค่าที่วัดได้จากทั้งสองวิธีไปศึกษาความสัมพันธ์ ผลการศึกษาพบว่าความแตกต่างของปริมาณแอนโทไซยานินระหว่างสองวิธีอยู่ในช่วง 9.34-44.17 mg/100g seed และพบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ระหว่างปริมาณแอนโทไซยานินที่วัดได้จากทั้งสองวิธีโดยมีค่าสหสัมพันธ์ (correlation coefficient) เท่ากับ 0.93 ดังนั้นผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธี spectrophotometric สามารถนำมาใช้วัดปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวได้ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายใช้เวลา น้อยและราคาถูกลงกว่าวิธีการวัดแบบ HPLC

พัชราภรณ์ และคณะ (2556) ศึกษากระบวนการงอกข้าวกล้อง 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียวดำ ข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยมีระยะเวลาการงอกที่ 0 20 24 48 และ 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการงอกมีปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้นและพบว่าข้าวเหนียวดำที่ผ่านการแช่น้ำ งอกเป็นระยะเวลา 20 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบแอนโทไซยานินสูงสุด (20.67 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) อีกทั้งข้าวเหนียวดำมีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และวิธี ABTS เท่ากับ 41.35 และ 54.83 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าข้าวหอมนิลมีค่าการต้านอนุมูลอิสระ 40.14 และ 49.56 ตามลำดับ และข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ร้อยละ 35.47 และ 40.92 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.3 แกมมา-โอโรซานอล

วัลลภา (2556) เป็นกลุ่มของสารประกอบเอสเทอร์ระหว่างกรดเฟอรูลิก (ferulic acid) และสเตอรอลแต่พบมากที่สุดมี 4 อนุพันธ์ คือ cycloartanyl ferulate, 2,4-methylene cycloartanyl ferulate, campesteryl ferulate และ beta-sitosteryl ferulate

แกมมา-โอโรซานอลละลายได้ดีในคลอโรฟอร์ม รองลงไปเป็นอีเทอร์ ละลายได้เล็กน้อยในเฮปแทนและไม่ละลายในน้ำ มีจุดหลอมเหลวสูงประมาณ 161.2 องศาเซลเซียส พบมากในรำข้าวขาวและรำข้าวเหนียวดำ โดยพบว่าข้าวสายพันธุ์ต่างๆมีปริมาณแกมมา-โอโรซานอลที่แตกต่างกัน แกมมา-โอโรซานอลเป็นสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ นอกจากนี้สารประกอบแกมมา-โอโรซานอลยังมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ลดคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ กระตุ้นการทำงานของต่อมไธมัส ยับยั้งการอักเสบในกระเพาะอาหาร ยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือด ลดน้ำตาลในเลือด และเพิ่มระดับของฮอร์โมนอินซูลินในเลือดของคนเป็นโรคเบาหวาน นอกจากนี้แกมมา-โอโรซานอลยังทำหน้าที่ในการต้านการหืนของไขมันในรำข้าวได้อีกด้วย

ปริตววรรณ (2556) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการสกัดตัวทำละลายและวิธีการสกัดเหนือจุดวิกฤตต่อปริมาณวิตามินอีและแกมมา-โอโรซานอลจากรำข้าวพันธุ์กข 6 โดยรำข้าวพันธุ์กข 6 ที่ผ่านทำให้คงสภาพด้วยวิธีการนึ่ง (อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส) หลังผ่านการเก็บ 30 วัน มีความชื้นร้อยละ 11.75 และมีปริมาณกรดไขมันอิสระร้อยละ 6.52 ส่วนรำข้าวที่ไม่ผ่านการคงสภาพมีกรดไขมันอิสระร้อยละ 38.37 เมื่อนำมาสกัดด้วยตัวทำละลาย (เฮกเซน ไอโซโพรพานอล และ เอทานอล) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 3 6 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่าชนิดของตัวทำละลายและเวลามีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำมันรำข้าว วิตามินอี และแกมมา-โอโรซานอล โดยไอโซโพรพานอลให้ผลผลิตของสารสกัดสูงสุด โดยการสกัดที่ใช้รำข้าวต่อไอโซโพรพานอล 1:30 กรัมต่อมิลลิลิตร อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 20 ชั่วโมงให้ปริมาณวิตามินอี และแกมมา-โอโรซานอลสูงที่สุดและจากการศึกษาการสกัดเหนือจุดวิกฤต ผลการศึกษาปัจจัยการสกัดด้วยวิธีสกัดเหนือจุดวิกฤต ได้แก่ ความดัน (250 350 และ 450 บาร์) และอุณหภูมิ (50 60 และ 70 องศาเซลเซียส) สกัดแบบไดนามิก 60 นาที พบว่า ความดันและอุณหภูมิมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณวิตามินอีอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยสภาวะที่สกัดเตลต้า-โทโคฟีรอลได้มากที่สุดคือ ความดัน 250 บาร์ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สภาวะที่สกัดแกมมา-โทโคฟีรอล และ แอลฟา-โทโคฟีรอลได้มากที่สุดคือ ความดัน 450 บาร์ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และพบว่าความดันมีผลต่อปริมาณน้ำมันรำข้าวและปริมาณแกมมา-โอโรซานอลอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยที่ความดัน 350 และ 450 บาร์ ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวและแกมมา-โอโรซานอลสูงที่สุด ขณะที่อุณหภูมิไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันรำข้าวและแกมมา-โอโรซานอลอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ศศิธร (2554) ได้ทดลองสกัดแกมมา-โอโรซานอลด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ภาวะเหนือวิกฤตและสกัดโปรตีนด้วยน้ำภาวะกึ่งวิกฤตแบบต่อเนื่องกัน โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองขั้นต้น จากการทดลองพบว่าการสกัดด้วยของไหลภาวะกึ่งวิกฤตแบบต่อเนื่องกันนั้นสามารถทำได้โดยให้ผลไม่ต่างจากการสกัดแบบแยกส่วนกัน ผลผลิตภัณฑ์ที่ได้นอกจากน้ำมันรำข้าวที่มีแกมมา-โอโรซานอล ความเข้มข้นสูงและโปรตีนแล้วยังได้น้ำตาล กรดอะมิโนและสารมูลค่าเพิ่มอื่นๆอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นพมาศ (2545) ได้ศึกษาปริมาณแกมมา-โอโรซานอลและวิตามินอีในข้าวไทย 18 สายพันธุ์ พบว่า ข้าวเหนียวดำมีปริมาณแกมมา-โอโรซานอลสูงที่สุด (1,890.70-1,965.97 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำมันดิบ) เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเหนียวขาวและข้าวเจ้า แต่มีปริมาณวิตามินอีที่ต่ำ (48.52-52.86 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำมันดิบ) ในกลุ่มของข้าวเจ้าพบว่า ข้าวนาสวนพันธุ์กข 13 ที่ปลูกในจังหวัดปราจีนบุรี มีแกมมา-โอโรซานอลสูงที่สุด (1,812.17 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำมันดิบ) และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในจังหวัดสกลนคร มีปริมาณวิตามินอีสูงที่สุด (5559.70 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำมันดิบ) ส่วนข้าวเจ้าที่อยู่ในกลุ่มข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวน้ำลึกมีปริมาณแกมมา-โอโรซานอลที่ต่ำ ดังนั้นปริมาณน้ำในนาอาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการสร้างแกมมา-โอโรซานอล

2.2.3.3 โทโคฟีรอล

วิตามินอี (Vitamin E, Tocopherol) เป็นเป็นสารชีวโมเลกุลที่พบมากในพืชและสัตว์ จัดเป็นสารสำคัญที่มีสรรพคุณในหลายด้าน อาทิเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน และช่วยป้องกันโรคต่างๆ อาทิโรคความดันเลือด โรคไต โรคมะเร็ง และโรคหลอดเลือดตีบ เป็นต้น

วิตามินอี เป็นแอลกอฮอล์ไม่อิ่มตัว มีสถานะเป็นของเหลว (น้ำมันสีเหลือง) ละลายได้ดีในไขมัน ทนต่อสภาพความร้อน และกรดได้ดี แต่เสื่อมสภาพได้ง่ายเมื่อถูกด่าง แสงแดด รังสีอัลตราไวโอเล็ต และเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเมื่อสัมผัสกับอากาศ ซึ่งจะทำให้เกิดการเหม็นหืนโดยมีชนิด Alpha - tocopherol เป็นชนิดที่สำคัญที่สุดเนื่องจากพบมากที่สุดและต้านอนุมูลอิสระได้ดี

กลุ่มของโทโคฟีรอลมี 4 ชนิด ได้แก่ แอลฟา เบต้า แกมมา และเดลต้าโทโคฟีรอล โดยแอลฟา-โทโคฟีรอลมีปริมาณมากที่สุดในกลุ่มวิตามินอีที่อยู่ในกระแสเลือด และเนื้อเยื่อ โทโคฟีรอลเหล่านี้เป็นสารต้านออกซิเดชันตามธรรมชาติ และเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญ ซึ่งวิตามินอีที่ได้จากธรรมชาติจะถูกออกซิไดส์ได้ง่าย และไวต่อการถูกทำลายด้วยความร้อนจึงมีการสูญเสียวิตามินอีในกระบวนการแปรรูปได้ และวิตามินอีมีคุณค่าทางชีวภาพลดลงจากแอลฟาไปยังเดลตา-โทโคฟีรอล และมี antioxidation active เพิ่มขึ้นจากแอลฟา-ไปยังเดลตา-โทโคฟีรอล นั่นคือ เดลตา-โทโคฟีรอลมีความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันดีที่สุด แต่มีคุณค่าทางชีวภาพต่ำที่สุด โทโคฟีรอลที่ได้จากธรรมชาติทั้งหมดเป็น D-form แต่โทโคฟีรอลสังเคราะห์จะเป็นส่วนผสมของ D และ L-isomer 50 ต่อ 50 และวิตามินอีที่ขายในท้องตลาดจะอยู่ในรูปแอสซีเตทเอสเทอร์ ซึ่งจะทำให้มีความคงตัวเพิ่มขึ้นเมื่อสัมผัสกับแสง และอากาศ แอลฟา-โทโคฟีรอลยังช่วยป้องกันไขมันที่อยู่ใน low density lipoproteins (LDLs) จากขบวนการออกซิเดชัน ซึ่ง LDLs ที่ถูกออกซิไดส์จากอนุมูลอิสระเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนทำให้เกิดโรคหัวใจ และหลอดเลือดได้ (นิธิยา, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หอมแดง

หอมแดง (Shallot) เป็นพืชผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของหัวหรือบัลบ เป็นพืชเศรษฐกิจระดับท้องถิ่นที่นิยมปลูกและรับประทานกันมากของคนไทย นิยมใช้ในการประกอบอาหารและเป็นสมุนไพร เนื่องจากมีสาร Allicin และ n-propyl disulphide ที่ทำให้มีกลิ่นฉุน หอมแดงจะสร้างกลุ่มหัวแยกออกจากกันอย่างชัดเจนโดยเชื่อมติดกันบริเวณฐานของหัว เมื่อปลูกจาก 1 หัวจะสามารถเติบโตแยกเป็นหัวใหม่ได้ประมาณ 2-10 หัวต่อกอ ขึ้นอยู่กับการดูแลรักษาและสภาพแวดล้อม (กองโภชนาการ, 2544)



รูปที่ 2.5 หอมแดง

ที่มา : <http://kaijeaw.com>

ชื่อสามัญ : Shallot

ชื่อทางวิทยาศาสตร์: *Allium ascaloicum* Linn.

ชื่อท้องถิ่น : ภาคกลางหรือเรียกทั่วไป หอมแดง หอมไทย หอมหัว หอมเล็ก
ภาคเหนือ หอมหัว หอมไทย หอมบัว หอมบัว
ภาคอีสาน หอมแดง หอมบัว
ภาคใต้ หัวหอมแดง

ถิ่นกำเนิด : แถบเอเชียกลาง และประเทศซีเรีย

ฤดูกาล : ให้ผลผลิตดีในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม

แหล่งปลูก : ภาคเหนือและภาคอีสาน แถบจังหวัดศรีสะเกษ นครราชสีมา เชียงใหม่ เชียงราย
พะเยา ลำพูน และอุตรดิตถ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (กองโภชนาการ ,2544)

2.3.1.1 ใบ มีลักษณะเป็นหลอดกลม ด้านในกลวง มีสารสีน้ำตาลเป็นไขเคลือบผิวใบ ใบมีลักษณะตั้งตรงสูงประมาณ 15-50 เซนติเมตร แตกกออกเป็นชั้นที่ 5-8 ใบอ่อนสดใช้ในการบริโภค

2.3.1.2 ส่วนหัวหรือบัลบ์ เป็นส่วนของกาบใบเรียงซ้อนกันแน่นจากด้านในของหัวออกมา เป็นแหล่งสะสมอาหารและน้ำ มีลักษณะเป็นกระเปาะเรียกว่า Bullbs มีลำต้นภายในมีลักษณะเป็นก้อนเล็กๆสีขาว ซึ่งเป็นที่เกิดของหัวหอม หัวหอมจะแตกใหม่ออกจากหัวเดิม โดยเฉลี่ย 2-10 หัวต่อกอ เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวประมาณ 1.5-3.5 เซนติเมตร

2.3.1.3 ต้น ต้นที่มองเห็นเหนือดินเป็นส่วนที่อยู่ต่อกับบัลบ์ จัดเป็นลำต้นเทียมที่เกิดจากกาบใบเรียงอัดกันแน่น ถัดมาจึงเป็นส่วนของใบ

2.3.1.4 ราก หอมแดงเป็นรากระบบรากฝอยจำนวนมาก งอกออกจากด้านล่างของต้น มีลักษณะเป็นกระจุกรวมกันที่ก้นหัวและแพร่ลงดินลึกระดับต้นประมาณ 10-15 เซนติเมตร

2.3.2 นิเวศวิทยา

รุ่งรัตน์ (2540) หอมแดงสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิดแต่ชอบดินร่วน ชอบสภาพของดินที่มีความเป็นกรดคือ ประมาณ 5.0-6.8 มีความชื้นในดินสูงสม่ำเสมอ แต่ขณะหัวแก่สภาพของดินต้องแห้ง ชอบอากาศชุ่มชื้นได้รับแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน ชอบอากาศเย็นช่วงอุณหภูมิเหมาะสมประมาณ 13-14 องศาเซลเซียส

2.3.3 สรรพคุณ

เยาวรัตน์ (2547) หอมแดงนอกจากจะมีคุณค่าต่อชีวิตมนุษย์ในแง่อาหารประเภทพืชผักและใช้ในการแต่งให้อาหารมีกลิ่นและรสชาติขึ้นแล้วยังใช้ประโยชน์ทางยามากมาย ทางการแพทย์ยอมรับว่าสารที่อยู่ในหอมแดงสามารถรักษาโรคโลหิตคั่งในเส้นเลือดแดงได้เป็นอย่างดี ใช้เป็นยาบำรุงธาตุ แก่ลมวิงเวียนศีรษะ แก้สะอึก แก้เสมหะ แก้ไข้และพิษต่างๆ ใช้ขับลม แก่ผมร่วงและช่วยให้ผดผื่นงาม ใช้บดหรือตำไปสูดที่กระหม่อมเด็กจะช่วยแก้ปวดศีรษะในเด็ก น้ำมันไหล ตัวร้อน มือและเท้าเย็นใช้หัวหอมสดทุบให้แตกแล้วต้มกับน้ำร้อนและนำไปสูดดมจะป้องกันการติดเชื้อของโรคแทรกซ้อนต่างๆได้ดี เช่น โรคคอและหลอดลมอักเสบ ใช้รักษากลากเกลื้อนโดยทาบริเวณที่เป็นจะหายอย่างรวดเร็ว ใช้เป็นยาขับปัสสาวะเป็นยาปลูกกำหนัด (Aphrodisiac) หรือเสริมสมรรถภาพทางเพศ ใช้ทำลายพยาธิ ใช้รักษาโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด ทั้งนี้เพราะในหัวหอมมีกรดลิโนเลอิก ซึ่งเป็นสารที่ช่วยลดปริมาณไขมันในเส้นเลือดและยังช่วยขยายเส้นเลือดให้กว้างขึ้น เป็นผลให้เลือดไหลเวียนไปเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกายได้สะดวกขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำสกัดจากหัวหอมช่วยลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดได้ดีกว่ากระเทียมอีกด้วย

โบราณไทยใช้หอมแดงแก้หวัดโดยใช้หัวหอมตำ สุมหัวเด็ก ลดอาการคัดจมูก แก้ไข้อ่อนๆเหมาะกับการทารก หัวหอมสดๆ 15-30 กรัม ต้มเอาน้ำกินแก้ท้องเดิน ท้องอืดแน่น ขับลม น้ำหัวหอมใช้คบเวลาเป็นลม เป็นยาบำรุงหัวใจ นำหัวหอมย่างไฟหรือผานบางๆใช้พอกแผล ฝีหรือสิ่ว ลดอาการอักเสบ แก้บวมซ้ำทำให้ร่างกายอบอุ่น ขับเหงื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.1 การเลือกซื้อ ควรเลือกซื้อหอมแดงที่แห้งสนิท ไม่ฝ่อ หัวมีสีสดใส เป็นมัน มีหัวเดี่ยวหรือหัวยังไม่แยกออก มีขนาดที่ไม่เล็กหรือใหญ่เกินไป ไม่มีเชื้อราขึ้น ใบต้องแห้ง รากตัดสั้นรากไม่เน่าซึ่งจะบ่งบอกว่าเก็บได้นาน

2.3.3.2 การเก็บรักษา หอมแดงมัดจุก อาจจะแขวนในที่ที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก อาจจะอยู่ในรูปหอมแดงแห้งในถุงตาข่าย ควรเก็บในสภาพที่แห้ง โปร่ง หากได้รับความชื้นอาจเกิดเชื้อราและมีการสร้างหน่อรากได้

2.3.4 สารประกอบในหอมแดง (ชัยโย และคณะ ,2525)

หัวหอมสดมีสารประกอบร้อยละของความชื้น แฉ่ำ ฟอสฟอรัส แคลเซียม และเหล็ก เท่ากับ 78.54 0.06 0.14 0.02 และ 0.002 ตามลำดับ หัวหอมอบแห้งมีสารประกอบร้อยละของแฉ่ำ ฟอสฟอรัส แคลเซียม และเหล็ก เท่ากับ 2.08 0.63 0.08 และ 0.01 ตามลำดับ กาบใบชั้นนอกมี quercetin , spiraeoside , quercetin-3,4'-diglucoside และ quercetin-7,4'-diglucoside ทั้งหมดประมาณร้อยละ 20 กาบใบชั้นใน(ตรงกลางหัว) มี flavonoid glycosides ประมาณร้อยละ 1 และใบสดมี spiraeoside และ quercetin-3,4' diglucosides ประมาณร้อยละ 1

2.3.5 สารเคมีที่สำคัญในหอมแดง

หอมแดง มีสารเคมีและสารอาหารมากมาย เช่น ไดอัลลิล ไตรซัลไฟด์(เช่นเดียวกับที่ได้ในกระเทียม) และยังมีฟลาโวนอยด์ โกลโคไซด์ เพคติน ลูโคคินิน ซึ่งสารต่างๆ เหล่านี้มีคุณสมบัติในการช่วยยับยั้งแบคทีเรีย ลดไขมันในเส้นเลือดและในหัวหอมยังมีน้ำมันหอมระเหย ซึ่งประกอบไปด้วยสารกำมะถันและแร่ธาตุอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นธาตุเหล็ก แคลเซียม และฟอสฟอรัส (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ ,2556)

สารเคมีสำคัญที่พบในหอมแดงโดยจะพบในส่วนของน้ำมันหอมระเหย(บัญญัติ, 2527) มีดังนี้ Ethanol, 1-propanol, 2-propanol, Methanol, 1-butanol, Acetone, Methyl Ethyl, Ketone, Hydrogen Sulfide, 1-propanethiol, Methyl Disulfide, Methyl-1-propyl Disulfide, 1-propyl Disulfide, Methyl Trisulfide, Methyl-1-propyl Trisulfide, 1-propyl Trisulfide, Thioalkanal-S-oxide, di-n-propyl Disulfide, n-propyl-allyl Disulfide, Diallyl Disulfide, Dithiocarbonate และ Thiuram Sulfide สารสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นในหัวหอมคือ Propyl Disulfide ส่วนสารที่มีความสำคัญในการช่วยลดปริมาณไขมันและน้ำตาลกลูโคสในเลือดคือ Propyl-allyl Disulfide และ Dipropyl Disulfide

2.3.6 คุณค่าทางอาหารของหอมแดง

หอมแดง อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีส่วนช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง และเป็นยาอายุวัฒนะรวมทั้งอุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆมากมาย (ดังตารางที่ 2.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางอาหารโดยเฉลี่ยของหอมแดงต่อน้ำหนัก 100 กรัม

องค์ประกอบ	คุณค่าทางอาหารโดยเฉลี่ย ของหอมแดง ต่อน้ำหนัก 100 กรัม
น้ำ (g)	83.90
ไขมัน (g)	0.20
คาร์โบไฮเดรต (g)	12.60
เส้นใย (g)	0.60
แคลเซียม (mg)	16.00
ฟอสฟอรัส (mg)	59.00
วิตามินเอ (μg)	28.00
โทอะมิน (mg)	0.09
ไนอะซิน (mg)	0.50
วิตามินซี (mg)	5.00

ดัดแปลงจาก : ศักดิ์ชาย (2554)

2.4 พริก

2.4.1 ลักษณะของพริก

พริกมีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมมาจากทวีปอเมริกาใต้โดย คริสโตเฟอร์ โคลัมบัสได้มีการสำรวจพบและได้นำเข้ามาในทวีปยุโรปในชื่อของ พริกแดง (*Capsicum* spp.) ตามลักษณะของสีโดยมีการนำเข้ามาในประเทศไทยตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาตอนต้น(สัจจะ, 2558) พริกสามารถปลูกได้ในดินเกือบทุกชนิดแต่จะปลูกได้ดีในดินร่วนปนทรายและเจริญได้ดีในอากาศร้อน เพราะเป็นพืชที่ไม่ชอบน้ำหรือที่ชื้นแฉะจะทำให้รากเน่าและตายได้ โดยในแถบเอเชียนอกจากประเทศไทยที่ปลูกพริกแล้วยังมีประเทศจีน อินโดนีเซีย ปากีสถาน และเกาหลีอีกด้วย การปลูกพริกในประเทศไทยนั้นปลูกทั่วทุกภาคของประเทศ แต่แหล่งผลิตที่สำคัญในการปลูกพริกขึ้นพุ่มผลใหญ่และผลเล็กจะมีเพียงแค่นครราชสีมา อุบลราชธานี ชัยภูมิ และกาญจนบุรี คิดเป็นร้อยละ 41.98 ของพื้นที่ปลูกพริกเล็กทั้งหมด ส่วนแหล่งที่ผลิตพริกใหญ่ที่สำคัญได้แก่ เชียงใหม่ เลย ลำพูน น่าน อุตรดิตถ์ นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 39.2 ของพื้นที่ทั้งหมด (มณีฉัตร, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 พริก

ที่มา : <https://www.dreamstime.com/royalty>

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Capsicum* spp.

ชื่อสามัญ : Chili, Chilli Pepper พริกขนาดใหญ่มีรสอ่อนๆ เรียกว่า Bell Pepper, Pepper, Paprika และ Capsicum เป็นต้น

พริก เป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Solanaceae เป็นตระกูลเดียวกับมะเขือเทศ มันฝรั่ง และยาสูบ โดยพืชในตระกูลนี้มีอยู่ประมาณ 90 สกุล(genus) 2,000 ชนิด(species) มีทั้งพืชล้มลุก ไม้พุ่มและไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตในเขตร้อน ส่วนพริกจะจัดอยู่ในสกุล *Capsicum* ซึ่งประกอบด้วยพืชชนิดต่างๆประมาณ 20-30 ชนิด (พิทักษ์, 2540) ลักษณะทั่วไปมีลำต้นตั้งตรง ความสูงของต้นขึ้นอยู่กับชนิดของพริก ใบมีลักษณะเรียบแบนเป็นมัน ดอกเป็นแบบสมบูรณ์เพศจึงสามารถผสมในดอกเดียวกันได้ ผลของพริกมีหลายขนาดขึ้นอยู่กับพันธุ์ ผลอ่อนมีสีเขียวเข้ม เมื่อผลสุกจะเปลี่ยนสีเป็นสีแดงหรือสีเหลือง (ทวีศักดิ์, 2532) โดย Purseglove *et al* (1981) จำแนกพริกที่นิยมปลูกกันทั่วโลกเป็น 5 ชนิด ได้แก่ *Capsicum annuum*, *C. frutescens*, *C. Pubescens*, *C. chinense* และ *C. baccatum*

Capsicum annuum L. เป็นพริกที่นิยมปลูกกันมากเพราะมีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากที่สุด เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ลำต้นตั้งตรง มีกิ่งก้านมาก สูงประมาณ 45-100 เซนติเมตร โดยทั่วไปดอกจะมีสีขาว แต่บางพันธุ์ที่มีดอกสีม่วง ดอกจะออกบริเวณซอกและเป็นดอกเดี่ยว ลักษณะของก้านดอกจะเรียวยาวและก้านจะชี้ขึ้นหรือห้อยลง (พยนต์ และคณะ, 2536) ผลและสีของผลมีรูปร่างต่างกันโดยปกติผลมีความกว้างเกิน 0.8 เซนติเมตร ยาว 0.8-25 มิลลิเมตร รสชาติจะมีทั้งรสเผ็ดและไม่เผ็ด ผลอ่อนจะมีสีเขียวหรือเหลือง ผลแก่มีสีแดง เหลือง หรือน้ำตาล เช่น พริกชี้ฟ้า พริกหวาน และพริกยักษ์ เป็นต้น

Capsicum frutescens L. เป็นพริกที่นิยมปลูกแพร่หลายในเขตเส้นศูนย์สูตรหรือเขตร้อน รวมทั้งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ต้นสูงประมาณ 45-47 เซนติเมตร ต้นและใบมีขนบ้างเล็กน้อย ดอกเป็นดอกเดี่ยว กลีบดอกมีสีเขียวอมเหลืองยาวประมาณ 6-10 มิลลิเมตร ผลมีลักษณะกลมรูปกรวยยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลายผลมีทั้งแบบแหลมและทู่ ผลกว้างประมาณ 0.3-1.0 เซนติเมตร ยาว 0.7-3.0 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียวหรือเหลือง ผลแก่มีสีแดง เหลือง หรือน้ำตาล เช่น พริกขี้หนูสวน เป็นต้น (พยนต์ และคณะ, 2536)

Capsicum Pubescens นิยมปลูกบนพื้นที่สูง จะปลูกมากในแถบภูเขาแอนดีสและบนที่สูงของอเมริกากลาง เนื่องจากสามารถทนต่อความหนาวได้ แต่ก็สามารถปลูกในที่ราบได้เช่นกัน แต่จะได้ผลผลิตไม่ดีเมื่อปลูกในเขตร้อน ผลของพริกมีเนื้อหนาและมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำสูงแต่มีรสเผ็ดลักษณะของพริกชนิดนี้จะมี กลีบดอกสีม่วง ไม่มีจุดและมีเมล็ดสีดำ (IBPGR, 1983) จากการสำรวจพบว่านิยมปลูกน้อยกว่าพริกชนิดอื่น และในประเทศไทยพบว่าอาจมีพริกชนิดนี้อยู่สายพันธุ์เดียวคือพริกขาวดำ (Worayos, 1986)

Capsicum chinense Jacq. เป็นพริกที่มีความสำคัญในแถบภูเขาแอนดีสในอเมริกาใต้ พริกชนิดนี้มีผลใหญ่ เนื้อหนาใช้รับประทานสด พริกที่เนื้อบางจะใช้ทำพริกแห้ง ส่วนพริกผลเล็กจะมีกลิ่นและรสเผ็ดจัด (มณีฉัตร, 2541) กลีบดอกมีสีเขียวอ่อน มีดอกสองดอกหรือมากกว่าสองดอกต่อข้อ ผลแก่จะมีรอยคอดที่กลีบเลี้ยงติดกับก้านของผล (IBPGR, 1983)

Capsicum baccatum L. พริกชนิดนี้ไม่นิยมปลูกในแถบทวีปเอเชียและแอฟริกา ส่วนมากจะปลูกในแถบประเทศเปรู อาร์เจนตินา บราซิลตอนใต้ ฮาวาย อินเดีย และยุโรป (มณีฉัตร, 2541) มีกลีบดอกสีขาวและมีจุดสีเหลืองที่กลีบดอก (IBPGR, 1983)

พันธุ์ทิพย์ (2547) พบว่าทั้งในพริก *C. annum* L. และพริก *C. frutescens* L. ความยาวของขั้วผลมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณ oleoresin ปริมาณสาร capsaicin และ dihydrocapsaicin ซึ่งหมายความว่า พริกที่มีขั้วผลยาวมีแนวโน้มที่จะให้ปริมาณ oleoresin ปริมาณสาร capsaicin และ dihydrocapsaicin มากตามไปด้วย

2.4.2 องค์ประกอบของพริก

Pearson (1976) รายงานว่า พริกเป็นแหล่งวิตามินเอและบีคอมเพล็กซ์ในปริมาณที่สูงเมื่อเทียบกับพืชผักชนิดอื่น ในพริกปนจะมีวิตามินเออยู่ระหว่าง 3,530 ถึง 6,165 หน่วยสากล และในปาปิกากจะมีวิตามินเออยู่ระหว่าง 3,350 ถึง 4,915 หน่วยสากล นอกจากองค์ประกอบที่ส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการแล้ว พริกยังมีสารที่ให้สีและสารที่ให้ความเผ็ด (Capsaicinoids) ซึ่งเป็นสารประกอบหลักที่ใช้กำหนดมาตรฐานสินค้าจากพริกและผลิตภัณฑ์จากพริก และยังใช้เป็นข้อมูลเพื่อกำหนดราคาสินค้าด้วย โดย Holland *et al.* รายงานผลคุณค่าทางอาหารเฉลี่ยของพริกสดสีแดงและพริกสดสีเขียวต่อน้ำหนัก 100 กรัม ดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางอาหารโดยเฉลี่ยของพริกสดสีแดงและพริกสดสีเขียวต่อน้ำหนัก 100 กรัม

องค์ประกอบ	พริกสดสีแดง	พริกสดสีเขียว
พลังงาน (Kcal)	32.00	15.00
โปรตีน (g)	0.80	1.00
เส้นใย (g)	1.90	1.90
แคลเซียม (mg)	8.00	8.00
เหล็ก (mg)	0.30	0.40
แคโรทีน (μ g)	3,840.00	265.00
โทอามีน (mg)	0.01	0.01
ไรโบเฟรวิน (mg)	0.03	0.01
ไนอาซีน (mg)	1.30	0.10
วิตามินเอ (หน่วยสากล)	21,450.00	8,778.00
วิตามินซี (mg)	140.00	120.00
วิตามินอี (mg)	0.80	0.80

ดัดแปลงจาก : Pearson (1976)

นอกจากนี้องค์ประกอบตามที่กล่าวในตารางแล้ว พริกยังเป็นแหล่งของกรด ascorbic ซึ่งสารเหล่านี้ช่วยขยายเส้นโลหิตในลำไส้ และกระเพาะอาหารเพื่อให้ดูดซึมอาหารได้ดีขึ้นช่วยร่างกายในการขับถ่ายของเสีย และนำธาตุอาหารเข้าสู่เนื้อเยื่อของร่างกาย (สัจจะ, 2558) โดยกองโภชนาการ(2530) รายงานว่าผู้บริโภคโดยทั่วไปจะไม่คำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการของพริกแต่จะคำนึงถึงคุณสมบัติที่ให้สีแดงตามธรรมชาติ ช่วยให้อาหารมีสีสันน่ารับประทาน และความเผ็ดของพริก รวมถึงกลิ่นเฉพาะที่ผลมีกระตุ้นให้อยากบริโภคอาหาร

2.4.3 สารให้ความเผ็ดในพริก

สารที่ให้ความเผ็ดในพริกถูกสกัดได้ครั้งแรกโดย Thresh เมื่อปี 1876 มีชื่อว่าแคปไซซิน (capsaicin) ต่อมาในปี 1923 Nelson และ Dawson สามารถสังเคราะห์แคปไซซินได้จากการทำปฏิกิริยาของ vanillyamine และ decanoic acid ที่สกัดได้จากผลพริกและพบว่าแคปไซซินมีโครงสร้างเป็น 8-methyl-N-vanillyl-6-noneamide มีสูตรโมเลกุลคือ $C_{18}H_{27}NO_3$ มีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมที่ 6 และ 7 เมื่อทำการสกัดการให้อยู่ในรูปสารบริสุทธิ์จะมีลักษณะเป็นผงผลึกไม่มีสี มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 305.4 มีจุดเดือดที่ 210-220 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลวที่ 64.5 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำแต่จะละลายได้ดีในเอทานอล อีเทอร์ อะซีโตน และคลอโรฟอร์ม (Stecher *et al.*,1968)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Govindarajan (1986) ทำการเปรียบเทียบระดับความเผ็ดของพริกโดยประเมินความเผ็ดด้วยการทดสอบชิมกับปริมาณสาร capsaicinoids แล้วจัดกลุ่มของพริกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มพริกที่มีความเผ็ดสูงมากมีปริมาณ capsaicinoids ประมาณร้อยละ 0.5-1.0 และมีระดับความเผ็ดที่ประเมินโดยการทดสอบชิม 75,000-150,000 SU. กลุ่มพริกที่มีความเผ็ดปานกลางมีสาร capsaicinoids ร้อยละ 0.1-0.5 มีระดับความเผ็ดที่ประเมินโดยการทดสอบชิม 30,000-75,000 SU. และกลุ่มพริกที่มีความเผ็ดต่ำถึงต่ำมากมีสาร capsaicinoids ต่ำกว่าร้อยละ 0.1 มีระดับความเผ็ดต่ำกว่า 30,000 SU.

จารุวรรณ (2554) ได้วิเคราะห์และเปรียบเทียบแคปไซซินอยด์ ค่าความเผ็ดรวมและค่าดัชนีความเผ็ดตามระยะการสุกแก่ของผลพริก ได้แก่ พริกดิบ (สีเขียว) พริกสุก (สีแดง) และพริกแห้งในพริกสายพันธุ์ต่างๆที่นิยมปลูกในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์หัวเรือ พันธุ์ทองดำ พันธุ์ซูปเปอร์ฮอท พันธุ์พริกขี้หนู และพันธุ์จินดา โดยทำการสกัดสารแคปไซซินอยด์โดยวิธี Solvent extraction และวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีเหลวสมรรถนะสูงโดยใช้ N-vanillylnonamide เป็นสารมาตรฐาน คำนวณและเปรียบเทียบปริมาณสารแคปไซซินอยด์ ค่าความเผ็ดรวมและค่าดัชนีความเผ็ดตามระยะการสุกแก่ของผลพริก ผลการศึกษาพบว่าพริกทุกสายพันธุ์และทุกระยะการสุกแก่ จะมีสารแคปไซซินอยด์ชนิดแคปไซซินในปริมาณมากที่สุด ระยะการสุกแก่ของผลพริกมีผลต่อปริมาณแคปไซซินอยด์พบว่าพริกดิบและพริกสุกพบความแตกต่างของปริมาณแคปไซซินอยด์ระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$)

ประเสริฐ (2544) ได้เปรียบเทียบเทคนิคการสกัดสารแคปไซซินในพริกพันธุ์ต่างๆด้วยวิธีการต่างๆ 4 วิธี คือ การสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบซอกเลท การเขย่า การกวน และการแช่ โดยใช้ acetone เป็นตัวทำละลาย พบว่า การสกัดด้วยวิธีการแช่ให้ปริมาณโอสตีโอเรซินมากที่สุดร้อยละ 17.24 ของน้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณสารแคปไซซินที่ได้จากการสกัด 4 วิธี ไม่แตกต่างกัน คือร้อยละ 0.238 0.237 0.237 และ 0.230 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ ปริมาณโอสตีโอเรซินและแคปไซซินที่สกัดได้ด้วยวิธีแช่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการสกัดนานขึ้น โดยปริมาณโอสตีโอเรซินเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.3 8.1 8.37 และ 8.46 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อใช้เวลาในการสกัด 1 3 5 และ 7 ชั่วโมง ส่วนปริมาณสารแคปไซซินเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.21 0.23 0.24 และ 0.25 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ในการสกัดจากแคปไซซินออกจากพริกโดยการตกผลึก เมื่อนำผลึกไปตรวจวิเคราะห์พบว่ามีการด 2 ชนิด ซึ่งกรด 2 ชนิดนี้จะพบมากในแคปไซซินที่สกัดจากพริกตระกูล *Capsicum annuum* L. โดย Bennett and Kirby (1968) ได้ทำการแยกเพื่อตรวจสอบโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ที่ให้ความเผ็ดในพริก โดยใช้วิธีแมสสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (mass spectrophotometer) และแมสแฟกเมนโตกราฟี (mass fragmentography) พบว่าประกอบด้วยสารหลัก 2 ชนิด คือ แคปไซซิน (capsaicin) ร้อยละ 61 ไดไฮโดรแคปไซซิน (dihydrocapsaicin) ร้อยละ 22 และสารรอง 3 ชนิด คือ นอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน (nordihydrocapsaicin) ร้อยละ 7 โฮโมแคปไซซิน (homocapsaicin) ร้อยละ 1 และโฮโมไดไฮโดรแคปไซซิน (homodihydrocapsaicin) ร้อยละ 1 ในปี 1970 Kosuge and Furuta ได้ทำการแยกสารประกอบอินทรีย์ที่ให้ความเผ็ดในพริกโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี และแมสสเปกโตรโฟโตเมตรี พบเพิ่มขึ้นจากเดิม คือ โนนานอิกแอซิด วานิลลิลเอมาย (nonanoic acid vanillylamide) และเดคาโนอิกแอซิด วานิลลิลเอมาย (decanoic acid vanillylamide) ดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนสิทธิ์ในการใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 สูตรโครงสร้างของกลุ่มสารให้ความเผ็ดในพริก

สูตรโครงสร้าง	ชื่อทางเคมี	ปริมาณ(ร้อยละ)
$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{-CO-R}$	Capsaicin	61.0
$(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_6\text{-CO-R}$	Dihydrocapsaicin	22.0
$(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_5\text{-CO-R}$	Nordihydrocapsaicin	7.0
$(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{-CO-R}$	Homodihydrocapsaicin	1.0
$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_5\text{-CO-R}$	Homocapsaicin	1.0
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CO-R}$	Nonanoic acid vanillylamide	1.0
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CO-R}$	Decanoic acid vanillylamide	1.5

ที่มา : Salzer *et al.* (1975)

2.4.4 สารให้สีในพริก

ชนิดและปริมาณของสารให้สีในพริกจะขึ้นอยู่กับอายุของผลพริก โดยในผลพริกจะมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) เป็นสารให้สีส้ม แดง และส้มแดง โดยสารในกลุ่มนี้มีมากกว่า 30 ชนิด และมีโครงสร้างใกล้เคียงกันมากโดยแคโรทีนอยด์ที่สำคัญที่สุดใน *Capsicum annuum* ชนิดผลแดง ได้แก่ capsanthin, capsorubin และ cryptocapsin นอกจากนี้ยังพบ violaxanthin, capsanthin-5,6-epoxides, zeaxanthin, lutein และ beta-carotene เล็กน้อย (Ahmed *et al.*, 2002) โดยสีของแคโรทีนอยด์จะแปรผันตามจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุล ถ้ามีจำนวนพันธะคู่มากจะทำให้มีสีแดงเข้มขึ้น พันธะคู่อาจอยู่ในรูปของซิส (cis) หรือ ทรานส์ (trans) แคโรทีนอยด์ที่พบในอาหารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ ออล-ทรานส์ (all-trans) ซึ่งจะมีสีเข้ม แต่ถ้าพันธะคู่อยู่ในรูป cis มากสีของแคโรทีนอยด์จะจางลง ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง คือ ความร้อน แสง และกรด เมื่ออาหารได้รับความร้อนสูงจะทำให้เกิด trans-cis isomerization ได้และหากโครงสร้างของแคโรทีนอยด์อยู่ในรูปของ cis แคโรทีนอยด์จะสลายตัวได้ง่ายเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (นิธิยา, 2549)

2.4.5 Oleoresin

Oleoresin คือ สารสกัดผสมระหว่างส่วนที่สามารถระเหยได้ คือ น้ำมันหอมระเหย (volatile oils) กับส่วนของสารที่ไม่ระเหย (non-volatile materials) ซึ่งประกอบด้วยสารหลายชนิด ได้แก่ น้ำมันที่สกัดได้จากพืชซึ่งจะอยู่ในรูปไตรกลีเซอไรด์ รงควัตถุ และสารประกอบที่ให้รสชาติ เช่น สารที่ให้ความเผ็ด และสารกันหืนตามธรรมชาติ (Hainrihar, 1991) oleoresin แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.4.5.1 *Capsicum oleoresin* ชนิดนี้มีสารให้ความเผ็ดสูง ให้กลิ่นรสที่เผ็ดร้อนแต่มีปริมาณค่าสีต่ำ โดยมีปริมาณสาร capsaicin ร้อยละ 3.9 ถึง 14 และมีค่าสี 400 ถึง 3,500 ASTA color units ผลิตจากพริกที่มีความเผ็ดมาก เช่น พริกผลเล็กที่ปลูกในแอฟริกา โดยทั่วไปนิยมใช้ผลิตภัณฑ์นี้ใน

ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแต่งรสชาติของอาหาร โดยทำการเจือจางให้มีระดับความเผ็ดที่เหมาะสมและอาจใช้ในการปรับปรุงคุณภาพทางด้านสีส้มของอาหารโดยใช้แทนสีผสมอาหาร โดยจะนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์นำไปเป็นส่วนประกอบของยาชนิดต่างๆ เช่น ทิงเจอร์ ยาธาตุ และพลาสติก เป็นต้น

2.4.5.2 Redpepper oleoresin มีลักษณะสีแดงเข้ม มีความเผ็ดปานกลางถึงสูง ให้กลิ่นที่เผ็ดร้อน มีปริมาณสาร capsaicin ร้อยละ 0.6 ถึง 3.9 และมีค่าสีสูงประมาณ 20,000 ASTA color units นำมาใช้ประโยชน์โดยเป็นสารแต่งสีและความเผ็ดในอาหาร เช่น เนื้อกระป๋อง หมูรมควัน ชุป และอาหารขบเคี้ยวบางชนิด

2.4.5.3 Paprika oleoresin มีปริมาณค่าสีสูงมาก โดยมีค่าสีอยู่ในช่วง 12,000 ถึง 100,000 ASTA color units มีความเผ็ดต่ำหรือไม่มีเลย ให้กลิ่นเผ็ดร้อนน้อย มีการใช้ 2 แบบคือ ที่ไม่มีความเผ็ดจะนิยมใช้เป็นสารให้สีในอาหารที่ทำจากเนื้อ การทำน้ำสลัด และมาการีน ส่วนที่มีความเผ็ด มักใช้ในรูปสารที่ให้สีและกลิ่นรสกับอาหารขบเคี้ยว

2.4.6 ประโยชน์จากพริก

2.4.6.1 ประโยชน์ทางด้านอาหาร พริกเป็นเครื่องเทศที่สำคัญที่ใช้ในการประกอบอาหารหรือเป็นเครื่องปรุงรส ประโยชน์ของพริกนอกจากช่วยปรุงแต่งให้อาหารมีสีส้มน่ารักรับประทานแล้ว ความเผ็ดของพริกยังมีผลกระตุ้นการเจริญอาหาร โดยช่วยกระตุ้นให้น้ำลายในปากออกมามาก เอนไซม์ในน้ำลายจะช่วยย่อยแป้ง ทำให้รู้สึกว่าการรับประทานอาหารดีขึ้นจึงทำให้รับประทานอาหารได้มากขึ้น (สรจักร, 2541) โดยในอุตสาหกรรมอาหารมีการนำพริกมาแปรรูปเป็นเครื่องปรุงแต่งรสอาหาร ได้แก่ การแปรรูปเป็นพริกแห้ง พริกป่น พริกแกง น้ำพริกเผา ซอสพริก รวมทั้งโอเลโอเรซินจากพริกซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปพริกโดยการสกัดด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยปัจจุบันได้มีการใช้ประโยชน์มากขึ้น คือ ใช้เป็นวัตถุเจือปนในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร เช่น ขนมขบเคี้ยว ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ พวกไส้กรอกชนิดต่าง (นนทวัฒน์, 2537)

2.4.6.2 ประโยชน์ทางการแพทย์ พริกเป็นสมุนไพรที่มีสรรพคุณมากมาย โดยในอดีตมีการนำพริกมาผสมกับสุราเพื่อใช้ทาบรรเทาอาการเจ็บปวดเนื่องจากถูกแมลงกัดต่อย นอกจากนี้ยังสามารถใช้พริกเป็นส่วนผสมของยาต่างๆ ทั้งที่ใช้รับประทานและทาภายนอกอย่างเช่น ยาขับลม ขับปัสสาวะ ยาแก้ไข้หวัด เป็นต้น (ทวีศักดิ์, 2532) โดยสารแคปไซซินจากพริกมีฤทธิ์ช่วยบรรเทาอาการปวดได้ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์โดยฝ่ายผลิตและทดสอบความปลอดภัย กองวิจัยและพัฒนาสมุนไพร ได้ผลิตครีมที่มีสารแคปไซซินความเข้มข้นร้อยละ 0.025 เพื่อใช้รักษาโรคและอาการปวดเนื่องจากโรคงูสวัดกับผู้ป่วยคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล (กรองแก้ว และ วุฒิชัย, 2535) ซึ่งสอดคล้องกับ จริยา และ นพรัตน์ (2539) ที่พบว่าครีมที่มีความเข้มข้นของสารแคปไซซินร้อยละ 0.075 สามารถช่วยบรรเทาอาการปวดของผู้ป่วยโรคเรื้อรังได้ นอกจากนี้ครีมที่มีส่วนผสมของสารแคปไซซินยังมีผลช่วยบรรเทาอาการฟกช้ำได้ โดยจะมีฤทธิ์กระตุ้นให้หลอดเลือดที่ผิวหนังขยายตัวทำให้เลือดไหลเวียนสะดวกขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 สรรพคุณของพริก (อำพิกา ,2547)

ช่วยขับเสมหะ ทำให้ทางเดินหายใจโล่งโดยสาร capsaicin จะช่วยลดความไวของปอดต่อการเกิดอาการต่างๆ เช่น การบวมของเซลล์หลอดลม ลดการหดเกร็งของกล้ามเนื้อบริเวณหลอดลม ดังนั้นในผู้ป่วยหอบหืดจึงมีประโยชน์ เพราะจะสังเกตว่าเมื่อเรารับประทานพริกเผ็ดๆ น้ำตาน้ำมูกจะไหลจึงทำให้เสมหะเหนียวขึ้น เจ็บจาง และทำให้ขับเสมหะออกมาได้ง่าย

สลายลิ่มเลือด ลดการเกิดการอุดตันของเส้นเลือดอันเป็นสาเหตุของเส้นเลือดหัวใจตีบได้โดยได้มีรายงานวิจัย จากคณะแพทย์โรงพยาบาลศิริราชยืนยันว่าคนที่ได้รับพริกจะมีการทำงานของร่างกายเพื่อนสลายลิ่มเลือดได้ดีและไวกว่าคนที่ไม่ได้รับพริก นอกจากนี้ยังรายงานของนักวิทยาศาสตร์ชาวอินเดียพบว่าคนเอเชียที่รับประทานพริกเป็นประจำ มีโอกาสเกิดปัญหาการอุดตันของเส้นเลือดและมีปริมาณ Fibrinogen ในเลือดต่ำกว่าคนทางยุโรปที่ไม่ค่อยได้ทานพริก

ลดอาการปวด โดยพบว่าสาร capsaicin จะออกฤทธิ์ที่เซลล์ประสาท โดยไปชะลอการหลั่งของสารสื่อประสาทที่ปลายประสาท substance ที่เกี่ยวข้องกับสมองที่รับรู้การเจ็บปวด

กระตุ้นสมองส่วนกลางให้หลั่งสารเอ็นดอร์ฟินซึ่งเป็นสารสร้างความสุข ทำให้เกิดการผ่อนคลาย ทำให้อาการหลับและช่วยให้ความดันโลหิตลดลง

กระตุ้นให้อาหารย่อย เนื่องจากเมื่อรับประทานพริกต่อมน้ำลายจะทำงานมากขึ้นและไปกระตุ้นปลายประสาทให้สมองส่วนกลางรับรู้การอยากอาหาร

ป้องกันการเกิดมะเร็ง เนื่องจากในพริกประกอบด้วยวิตามินเอ วิตามินซี ซึ่งเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ

มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา พริกมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus flavus*

มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย capsaicin มีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อ *B. cereus* และเชื้อ *B. subtilis*

2.5 อนุมูลอิสระ (free radical)

อนุมูลอิสระ (free radical) คือ โมเลกุลที่มีธาตุที่ไม่มั่นคงเนื่องจากขาดอิเล็กตรอนไป 1 ตัวซึ่งในสภาวะปกติมัน โมเลกุลต่างๆ ในร่างกายของเราจะมีอิเล็กตรอนอยู่รอบตัวเป็นคู่ซึ่งทำให้โมเลกุลมีความเสถียร ดังนั้นถ้าหากมีการสูญเสียอิเล็กตรอน หรือรับอิเล็กตรอนมาอีกเพียง 1 ตัวจะทำให้โมเลกุลนั้นเป็นโมเลกุลหรือไอออนที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวอยู่รอบนอกและมีอายุสั้นมากประมาณ 10^{-10} วินาที จึงจัดว่าเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียร และว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีจึงสามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลต่างๆ ที่อยู่ใกล้เคียงโดยจะไปแย่งอิเล็กตรอนจากโมเลกุลที่อยู่ใกล้เคียงและเมื่อถูกแย่งอิเล็กตรอนไปแล้วโมเลกุลที่สูญเสียอิเล็กตรอนไปก็จะแย่งอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นๆ อีกต่อไปเป็นทอดๆ กลายเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ซึ่งสร้างความเสียหายและเป็นอันตรายแก่เซลล์และร่างกายของเรา (อภิชาติ ,2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 แหล่งกำเนิดอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระเกิดขึ้นในร่างกายได้ตลอดเวลา โดยสาเหตุเกิดจากปัจจัยภายในและภายนอกร่างกาย (พิมพ์ธินา ,2557)

2.5.1.1 ปัจจัยในร่างกาย ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตจะมีปฏิกิริยามากมายที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและการสลายโมเลกุลของสารที่เรียกว่ากระบวนการเมตาบอลิซึมซึ่งถือเป็นสาเหตุหลักอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ตัวอย่างปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระได้แก่

1) ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเอง (auto-oxidation) เช่น การเกิดออกซิเดชันของไขมันซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะเหนี่ยวนำเริ่มต้น(initiation)เป็นระยะที่กรดไขมันแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระโดยมีแสงหรืออุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และเข้าสู่ระยะเพิ่มจำนวน(propagation)เป็นระยะที่อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกไซด์(peroxy radical) แล้วทำปฏิกิริยาต่อกับกรดไขมันเกิดเป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์(hydro peroxide) และอนุมูลอิสระซึ่งถ้ามีแสงและความร้อนเป็นตัวเร่งก็จะเกิดปฏิกิริยาต่อทำให้อนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น แล้วอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นก็สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนใหม่ได้ต่อเนื่องไปเรื่อยๆจนถึงระยะสิ้นสุด(termination) ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นรวมตัวกันกลายเป็นโมเลกุลที่เสถียร

2) ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีเอนไซม์ตัวเร่ง การทำงานของเอนไซม์สำคัญ 2 ชนิดที่มีผลกระทบต่อการสร้างอนุมูลอิสระภายในร่างกาย ได้แก่

2.1) เอนไซม์แซนธินออกซิเดส (xanthine oxidase :XO) ทำหน้าที่สำคัญในกระบวนการสลายเบสพิวรีน (purine) โดยเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนไฮโปแซนธิน(hypoxanthine) เป็นแซนธิน (xanthine)และแซนธินเป็นกรดยูริก (uric acid) พร้อมกับเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนให้ออกซิเจนเกิดเป็นอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์

2.2) เอนไซม์ไลโปออกซิจีเนส (lipoxygenase:LOX) ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acid) ซึ่งภายในโมเลกุลของเอนไซม์นี้มีเหล็ก (Fe^{2+}) เป็นส่วนประกอบอยู่ทำหน้าที่ดึงอะตอมไฮโดรเจนจากกรดและเติมออกซิเจนให้กับกรดไขมันเกิดเป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะสลายตัวเป็นอนุมูลของกรดไขมันต่อไป

3) กระบวนการกำจัดสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดขาว ในขั้นตอนการทำลายสิ่งแปลกปลอมโดยเฉพาะเชื้อโรคที่ถูกกลืนกินเข้ามาภายในร่างกาย เซลล์เม็ดเลือดขาวจะมีการดึงโมเลกุลออกซิเจนมาใช้เป็นจำนวนมากเพื่อผลิตเป็นอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ โดยการทำงานของเอนไซม์ NADPH ออกซิเดส (NADPH oxidase) ที่อยู่บนเยื่อหุ้มชั้นนอกของเม็ดเลือดขาว

4) โลหะทรานสิชัน (transition metal) โลหะทรานสิชัน 2 ชนิดคือ เหล็ก (Fe^{2+}) และทองแดง (Cu^{2+}) ที่มีอยู่ทั่วไปในร่างกาย สามารถเร่งการสร้างอนุมูลไฮดรอกซิลจากซูเปอร์ออกไซด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2)ในปฏิกิริยาเฟนตอน (fenton' reaction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.2 ปัจจัยภายนอกร่างกาย

- 1) ยารักษาโรค ยาบางชนิดที่รับประทานเข้าไปในร่างกายสามารถก่อให้เกิดอนุมูลอิสระได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งยาในกลุ่มต้านจุลชีพและต้านมะเร็ง เช่น แอนทราไซคลินส์ (anthracyclines) และ เมโททรีเสต (methotrexate) เนื่องจากมีฤทธิ์เสริมปฏิกิริยาออกซิเดชัน
- 2) รังสี การใช้รังสีรักษาโรค เช่น รังสีเอกซ์ (X-ray) รังสีแกมมา (γ -ray) อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นในร่างกายจากการถ่ายทอดพลังงานให้กับน้ำ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเซลล์แล้วก่อให้เกิดปฏิกิริยาขั้นต่อไป กับออกซิเจนที่ละลายอยู่ในเซลล์นั้นได้อนุมูลอิสระเกิดขึ้น
- 3) คาร์บอนมอนอกไซด์ ในควันบุหรี่มีส่วนประกอบของไนตริกออกไซด์ (NO), ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) และเพอร์ออกซีไนเตรต (ONOO^-) รวมทั้งสารมลพิษได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4) ซึ่งจะถูกกำจัดออกจากร่างกายโดยการทำงานของเอนไซม์ไซโทโครม P-450 ไฮดรอกซีเจส (cytochrome P-450 hydroxylase) ที่มีอยู่มากในเซลล์ตับ ในเซลล์ปอดและลำไส้เล็กทำให้เป็นสาเหตุของการสร้างอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ภายในเซลล์ดังกล่าว
- 4) โอโซน โอโซนไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระแต่จัดเป็นสารออกซิไดส์แรงสูงซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปเป็นอนุมูลไฮดรอกซิลได้จากการกระตุ้นของคลื่นแสง

2.5.2 บทบาทของอนุมูลอิสระในร่างกาย

อนุมูลอิสระนี้เป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้สภาวะต่างๆ ของร่างกายเสื่อมถอยลงเพราะเนื่องจากอนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา จึงสามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลต่างๆ ที่อยู่ใกล้เคียงซึ่งอาจได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน โครโมโซม กรดอะมิโนและอื่นๆ โดยจะไปแย่งอิเล็กตรอนจากโมเลกุลที่อยู่ใกล้เคียงนั้น ซึ่งเมื่อถูกแย่งอิเล็กตรอนไปแล้วโมเลกุลที่เสียอิเล็กตรอนไปจะแย่งอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นๆ อีกต่อไปเป็นทอดๆ เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ซึ่งทำให้เกิดเป็นการผิดปกติในการทำงานของเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย มีผลทำให้เซลล์ถูกทำลายซึ่งเป็นสาเหตุของความแก่และรุนแรงไปถึงทำให้เซลล์เกิดการกลายพันธุ์อันเป็นต้นเหตุของการเกิดมะเร็ง ซึ่งปัจจุบันเป็นภัยอันตรายที่คร่าชีวิตผู้คนจำนวนมากในแต่ละปี นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าอนุมูลอิสระหลายชนิดสามารถทำลายเซลล์สมองซึ่งเป็นสาเหตุของโรคอัลไซเมอร์ที่พบมาในผู้สูงอายุ และอนุมูลอิสระบางชนิดเป็นสาเหตุที่นำไปสู่สภาวะโรคหัวใจขาดเลือดได้ แต่เชื่อว่าอนุมูลอิสระจะให้โทษแก่ร่างกายอย่างเดียวเพราะร่างกายสามารถนำอนุมูลอิสระไปใช้ประโยชน์ได้ด้วยเช่น เซลล์เม็ดเลือดขาวสามารถนำอนุมูลอิสระบางชนิดไปใช้ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียหรือไวรัสได้ (อภิชาติ, 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ตัวอย่างอนุมูลอิสระ

Superoxide anion radical	$O_2^{\cdot-}$
Hydroxyl radical	HO^{\cdot}
Peroxide radical	ROO^{\cdot}
Peroxyl dicl	LOO^{\cdot}
Hydrogen peroxide	H_2O_2
Ozone	O_3
Singlet oxygen	1O_2
Hydrogen radical	H^{\cdot}
Methyl radical	CH_3^{\cdot}

2.5.4 การกำจัดอนุมูลอิสระ

การกำจัดอนุมูลอิสระออกจากร่างกายมีทั้งแบบที่ใช้เอนไซม์ และไม่ใช้เอนไซม์โดยมีอนุมูลอิสระมากกว่าที่ร่างกายต้องการมาก ร่างกายของเราจะผลิตเอนไซม์บางชนิดซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระขึ้นเพื่อใช้ป้องกันอนุมูลอิสระ แต่จากการศึกษาพบว่าถึงแม้จะมีการสร้างเอนไซม์ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระขึ้นในร่างกายแต่ยังคงไม่เพียงพอ เพราะการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยเอนไซม์มักมีขีดจำกัด เช่น ตามลักษณะทางพันธุกรรมของบางบุคคล สร้างเอนไซม์ได้น้อยกว่าคนอื่น ส่วนแบบไม่ใช้เอนไซม์นั้นสามารถเพิ่มความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระได้โดยรับประทานอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น เบต้าแคโรทีน วิตามินซี วิตามินอี และสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆที่มีในพืชผักผลไม้ โดยจะถูกสารต้านอนุมูลอิสระต้านเอาไว้ทำให้หยุดการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ (อภิชาติ, 2554)

2.6 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระ เป็นสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระโดยตรงเพื่อกำจัดอนุมูลให้หมดไปหรือหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ไม่ให้ดำเนินต่อ (วนิชฐี, 2552) กล่าวคือมีกลไกการปรับสมดุลของการผลิตอนุมูลอิสระโดยใช้สารต้านอนุมูลอิสระ โดยสารต้านอนุมูลอิสระจะไปจับกับอนุมูลที่เป็นปัญหาแล้วเกิดอนุมูลอิสระตัวใหม่ที่เสถียรกว่า ส่งผลให้หยุดวงจรการเกิดอนุมูลอิสระตัวใหม่ขึ้นมาอีกเพราะมันจะรวมกันเองกลายเป็นโมเลกุลที่เสถียร (วัชรวิ, 2549) อย่างไรก็ตามสารต้านอนุมูลอิสระในอุดมคติ ควรมีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้คือ มีความจำเพาะเจาะจงสูงในการเข้าจับอนุมูลอิสระโดยตรงและกำจัดอนุมูลให้หมดสิ้นไปรวมถึงไม่มีผลกระทบต่อการแสดงออกของยีนส์ (gene) นอกจากนี้ยังมีเกณฑ์ที่สำคัญอื่นๆที่ใช้บ่งชี้ถึงความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี ได้แก่ ความสามารถในการถูกดูดซึม หรือส่งผ่านเข้าทั้งภายในภายนอกเซลล์และที่เนื้อเยื่อต่างๆโดยมีความเข้มข้นเพียงพอที่จะสามารถออกฤทธิ์ได้ (จันทร์จารึก, 2550) สารต้านอนุมูลอิสระมีทั้งสารที่มาจากธรรมชาติและสารสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากธรรมชาติ ได้แก่ สารโพลีฟีนอลที่พบในพืชทั่วไป ซึ่งปัจจุบันพบว่ามีสารประกอบฟีนอลิกที่ทราบโครงสร้างที่แน่นอนจำนวนมากกว่า 8,000 ชนิด สารที่อยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ฟลาโวนส์ (flavones) กรดแกลลิก (gallic acid) ลิกนิน (lignin) แทนนิน (tannin) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) ไม่ว่ารณิดใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(anthocyanins) แคโรทีนอยด์ (carotenoids) และอนุพันธ์ของกรดซินนามิก (cinnamic acid) (นันทน์ภัส ,2551) โดยสามารถพบได้ในส่วนต่างๆของพืช เช่น เมล็ด (Bako *et al.*, 2009) ผล (อติยา ,2550) ใบ (Zandi and Gordon ,1999) และดอก (Kumar *et al.*,2008) จะมีความแตกต่างในด้านชนิดและปริมาณในพืชแต่ละชนิดสำหรับสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสารสังเคราะห์นั้นมียากมายหลายชนิด ตัวอย่างเช่น tert-butyl-4-hydroxytoluene (BHT) และ tert-butylthioquinone (TBHQ) เป็นต้น (ปิยาภักทร ,2550)

2.6.1 แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ

ปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ได้มาจากพืชผัก เครื่องเทศ องุ่น และสมุนไพรรได้รับความสนใจและศึกษากันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากกระแสเรื่องความปลอดภัยของสารสกัดจากธรรมชาติ สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งตามที่มาได้ 2 ชนิด (พิมพ์ธัญญา ,2557) ได้แก่

2.6.1.1 สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (synthetic antioxidants) สารประกอบฟีนอลิกสังเคราะห์ 5 ชนิดได้แก่ propyl gallate, 2-butylated hydroxyanisole, 3-butylated hydroxyanisole, BHT (butylated hydroxytoluene) และ tertiary butylhydroquinone เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน อันเป็นสาเหตุให้อาหารมีกลิ่น สี รสชาติที่เปลี่ยนไป สารสังเคราะห์เหล่านี้มีประสิทธิภาพและความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติ แต่มีข้อจำกัดของการใช้เนื่องจากปัญหาด้านความปลอดภัยในการบริโภค

2.6.1.2 สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (natural antioxidants) สารกลุ่มนี้ได้รับความสนใจและมีการค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากเชื่อว่าจะมีความปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้พบได้ทั้งในจุลชีพ สัตว์ และพืช ซึ่งมีทั้งที่เป็นวิตามิน เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีนและสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ(non-nutrient) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสารประกอบฟีนอลิกโดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenols) เช่น แซนโทน (xanthone) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นหรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้โดยการให้อนุมูล H แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น

2.6.2 กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ

เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระสามารถจำแนกออกได้เป็นหลายประเภท และมีกลไกในการทำปฏิกิริยาแตกต่างกันออกไปตามคุณสมบัติเฉพาะตัว ดังนั้นการวิเคราะห์หรือการทดสอบความสามารถในการยับยั้งหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระจึงไม่สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์โดยใช้วิธีการหนึ่งเพียงวิธีเดียว เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติย่อมมีความซับซ้อนของคุณสมบัติในทางเคมี (Tepe *et al.*, 2005)

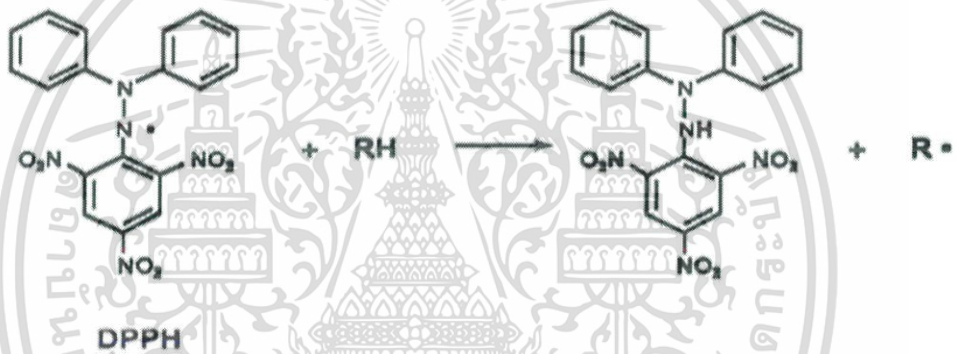
วิธีการทดสอบปฏิกิริยาของสารต้านอนุมูลอิสระ ปัจจุบันมีหลายวิธีโดยทั่วไปจะอาศัยหลักการของการเรโซแนนซ์ (electron spin resonance : ESR) และความสามารถในการปลดปล่อยพลังงานแสงของสารเคมี (chemiluminescence) เพื่อวัดปฏิกิริยาของสารต้านอนุมูลอิสระต่ออนุมูลอิสระและ ROS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Aruna, 2001) โดยต่อไปนี้เป็นคือ รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการทดสอบหาประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นที่นิยมในปัจจุบัน ได้แก่

2.6.2.1 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl assay (DPPH assay)

วิธี DPPH เป็นวิธีการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระที่เป็นที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีที่ทำได้รวดเร็วและประหยัด นอกจากนั้นยังสามารถใช้ทดสอบได้ทั้งสารต้านอนุมูลอิสระที่มีสถานะเป็นของแข็งและเป็นของเหลว วิธี DPPH มีหลักการคือ อิเล็กตรอนที่ไม่ได้จับคู่ (unpaired electron) ในโมเลกุลของอนุมูล DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) สามารถดูดกลืนพลังงานแสงได้ที่ความยาวคลื่นสูงสุด 517 นาโนเมตร ทำให้มองเห็นเป็นสีม่วงและเมื่ออนุมูล DPPH ถูกรีดิวซ์โดยสารต้านอนุมูลอิสระที่มีคุณสมบัติเป็น hydrogen donor อนุมูล DPPH จะเปลี่ยนเป็น DPPH-H (ภาพที่ 2.7) ซึ่งการสูญเสียอิเล็กตรอนดังกล่าวจะทำให้อนุมูล DPPH สามารถดูดกลืนพลังงานแสงได้น้อยลง สารดังกล่าวจึงเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (Aruna, 2001 และ Kulisic *et al.*, 2004)



รูปที่ 2.7 ปฏิกิริยาระหว่างอนุมูล DPPH และสารต้านอนุมูลอิสระ

ที่มา : Aruna (2001)

จากปฏิกิริยาดังกล่าว จะสามารถหาค่า percent radical scavenging activity (ร้อยละ RSA) ได้จากปริมาณอนุมูล DPPH (สีม่วง) ที่เหลืออยู่หลังจากเกิดปฏิกิริยาเทียบกับปริมาณอนุมูล DPPH ที่เหลืออยู่ในชุดควบคุม (control) ซึ่งไม่มีสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณ DPPH สามารถตรวจสอบได้โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ค่าความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร (Kulisic *et al.*, 2004)

2.6.2.2 Beta-Carotene Bleaching assay (BCB assay)

วิธี BCB เป็นวิธีการทดสอบประสิทธิภาพการเป็น oxygen scavenger ของสารต้านอนุมูลอิสระโดยตรวจวัดจากอัตราการสูญเสียสีเหลืองของเบต้าแคโรทีนในสารละลาย beta-carotene linoleic acid อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาระหว่างเบต้าแคโรทีนกับ conjugated diene hydroperoxides ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างออกซิเจนที่ให้แก่ระบบกับสารละลายกรดลิโนเลอิก โดยอัตราการฟอกจางสีเหลืองของเบต้าแคโรทีนจะลดลงตามความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารที่นำมาทดสอบ (Kulisic *et al.*, 2004 และ Tepe *et al.*, 2005)

ประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจโดยวิธี BCB จะอยู่ในรูป percent antioxidant activity (%AA) ซึ่งคำนวณจากอัตราการฟอกจางสีของเบต้าแคโรทีนในการทดสอบสาร
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นว่าเป็นประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้านอนุมูลอิสระในช่วงเวลาหนึ่ง เทียบกับอัตราการฟอกจางสีของเบต้าแคโรทีนในชุดควบคุมซึ่งไม่มีสารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าว ซึ่งอัตราการฟอกจางสีคำนวณได้จากค่าการดูดกลืนแสงของสารผสม (emulsion) ที่ค่าความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร (Zhang *et al.*, 2006)

2.6.2.3 Thiobarbituric acid reactive substance assay (TBARs assay)

วิธี TBARs เป็นวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระโดยอาศัยการวัดปริมาณสารสีชมพู (pink pigment) ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง thiobarbituric acid (TBA) กับสารต่างๆที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับสารดังกล่าว เช่น malondialdehyde (MDA) (Kulisic *et al.*, 2005) โดยประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบโดยวิธี TBARs จะอยู่ในรูป percent antioxidant index (% AI) ซึ่งคำนวณจากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตรของสารละลายในการทดลองเทียบกับชุดควบคุม (Linsley *et al.*, 2005)

2.6.2.4 Oxygen radical absorbance capacity assay (ORAC assay)

วิธี ORAC เป็นวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระโดยอาศัยหลักการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของโปรตีนที่เรืองแสงได้เช่น beta-phycoerythrin หรือ gamma-phycoerythrin (PE) เป็นต้น โดยใช้สาร 2,2-azobis(2-amidino-propane) dihydrochloride เป็นสารตั้งต้นของการเกิดอนุมูลเพอรอกซิลเพื่อทำปฏิกิริยากับ PE และใช้ trolox (alpha-tocopherol) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน (Sanchez *et al.*, 2007) ซึ่งผลการทดสอบจะอยู่ในรูปของค่า ORAC (ORAC value) หรือจำนวนโมล (μmol) สมมูลของ trolox ต่อ 1 ลิตรของตัวอย่าง (Bonanni *et al.*, 2007) โดยค่า ORAC จะคำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟเมื่อค่าคงที่ของอัตราการเรืองแสงของ PR ลดลงถึง lag phase (Wang *et al.*, 2004)

2.6.2.5 2,2-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline)-6-sulfonic acid assay (ABTS assay)

วิธี ABTS เป็นวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระที่คล้ายกับวิธี DPPH โดยมีหลักการเกี่ยวกับการทดสอบหาความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการเป็น hydrogen donor เหมือนกัน (Aruna, 2001) แต่ในวิธี ABTS อนุมูลอิสระจะถูกสร้างขึ้นในสารละลาย potassium persulfate แล้วจึงเติมสารอนุมูลอิสระที่ผสมกับ ABTS ลงไปทำปฏิกิริยาและวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร (Sanchez *et al.*, 2007)

2.6.2.6 Ferric reducing ability of plasma (FRAP)

FRAP เป็นวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของอนุมูลอิสระที่คิดค้นขึ้นมาในครั้งแรกเพื่อทดสอบประสิทธิภาพดังกล่าวของพลาสมา อย่างไรก็ตามวิธีนี้ยังสามารถใช้เพื่อทดสอบของเหลวประเภทอื่นได้ด้วย หลักการของ FRAP คือการวัดความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการรีดิวซ์ ferric tripyridyltriazine (Fe^{3+} -TPTZ) ให้อยู่ในรูป Fe^{2+} โดยจะวัดจากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร (Jamroz and Behowski, 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 สารประกอบฟีนอล

2.7.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอล

สารประกอบฟีนอลมีโครงสร้างทางเคมีที่เอื้อต่อการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเป็นตัวให้อิเล็กตรอน หรืออิเล็กตรอนซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระนี้ สามารถวัดได้จากปฏิกิริยา 3 รูปแบบ (Rice-Evans C *et al.*, 1998) คือ

- 1) ปฏิกิริยาที่มีการขนถ่ายไฮโดรเจน และอิเล็กตรอนซึ่งเกี่ยวเนื่องกับการเปลี่ยนรูป
- 2) ปฏิกิริยาการทำลายอนุมูลอิสระซึ่งได้จากกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ
- 3) คุณสมบัติในการเป็นตัวจับโลหะ

Murcia *et al.* (2004) รายงานว่าสารประกอบฟีนอลเป็นพฤษเคมีที่สำคัญในพืช มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยสารสกัดจากพืชมีส่วนช่วยให้ประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค ซึ่งเกิดจากการป้องกันอนุมูลอิสระที่เป็นตัวทำให้เซลล์ในร่างกายเสื่อมโทรม และทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Lipid oxidation) ซ้ำลงและมีตำแหน่งในการจับกับอนุมูลอิสระที่ยาวกว่า BHA และ BHT

2.7.1.1 สารประกอบฟีนอลในวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหาร (ประสาร ,2547) ได้แก่

- 1) สารประกอบฟีนอลทั่วไป (Simple phenol) รวมทั้งโมนอฟีนอล (Monophenol) เช่น คาเทคอล (Catechol) พบได้ในพืชพวกชาและกรดแกลลิก (Gallic acid) ซึ่งพบมากในผลมะม่วง
- 2) อนุพันธ์ของกรดซินนามิก (Cinnamic acid derivatives) สารตัวสำคัญที่สุดในกลุ่มนี้ได้แก่ กรดคลอโรเจนิค (Chlorogenic acid) สารอื่นๆในกลุ่มนี้ได้แก่ กรดพารา-คูมาริก (p-Coumaric acid) กรดเฟอร์ูลิก (Ferulic acid) และกรดซินาปิก (Sinapic acid) พบมากในรำข้าว
- 3) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) สารกลุ่มนี้ทุกตัวมีโครงสร้างสัมพันธ์กับฟลาโวน (Flavone) โดยฟลาโวนอยด์ที่สำคัญที่สุดในวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหาร คือ แคเทชิน (Catechim) ลิวโคแอนโทไซยานิดิน (Leucoanthocyanidin) แอนโทไซยานิน (Anthocyanidin) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

2.7.2 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอล

Aqil *et al.* (2006) ได้ศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของพืชในอินเดียที่มีคุณสมบัติทางยา 12 ชนิด ด้วยวิธี DPPH assay, Ferric Thiocyanate (FTC) และ Thiobarbituric acid (TBA) โดยมีวิธีวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในพืชแต่ละชนิดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu assay โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่วิเคราะห์ได้ในพืชทั้ง 12 ชนิด อยู่ในช่วง 29.66-169.67 มิลลิกรัมต่อกรัมและพบว่าความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกที่วัดได้ในพืชแต่ละชนิดมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8. บรรจุกฎภัณฑ์อาหาร (เจาะญา, 2547)

2.8.1. การบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

เป็นองค์ประกอบสำคัญในการบริหารโซ่อุปทาน(Supply Chain Management) เพราะเป็นการดำเนินงานที่ทำให้สินค้ามีความปลอดภัยด้วยต้นทุนที่เหมาะสมในการกระจายสินค้าสู่ผู้บริโภคตามกลยุทธ์การตลาด บรรจุกฎภัณฑ์มีความสำคัญทั้งทางเชิงเทคนิคการผลิตและเชิงกลยุทธ์ ในการดำเนินการด้านการตลาดเป็นส่วนที่ทำให้เกิดภาพลักษณ์ของสินค้าที่ชัดเจนได้รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจต่อผู้บริโภค ได้มีการให้ความหมายเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ (Packaging) ไว้หลากหลายซึ่ง (Coles *et al.*,2003) ได้รวบรวมไว้ดังนี้

2.8.1.1. การดำเนินการให้เกิดความปลอดภัยกับสินค้าในระหว่างการขนส่งกระจายสินค้าไปยังผู้บริโภคสุดท้าย ภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับราคาที่เหมาะสม

2.8.1.2. การดำเนินการให้สามารถเกิดเป็นระบบที่ประสานกันได้ตั้งแต่การเตรียมสินค้าเพื่อการขนส่ง การกระจาย การเก็บรักษา ตลอดจนถึงการค้าปลีกและผู้บริโภคสุดท้าย

2.8.1.3. เป็นการดำเนินการเพื่อให้เกิดประสานกันของเทคโนโลยีและการบริหารการขายด้วยต้นทุนที่เหมาะสมสอดคล้องกับการขนส่ง กระจายสินค้าให้จำหน่ายได้มากและให้ได้กำไรสูงสุด

2.8.2 คุณสมบัติพลาสติกที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์

พลาสติก เป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์เพราะใช้กับอาหารได้หลายชนิดหากมีเทคโนโลยีเพียงพอ น้ำหนักเบา ต้นทุนต่ำ สะดวกในการใช้งาน ชนิดพลาสติกที่นิยมใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมอาหาร พลาสติกที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทของนั้นอาศัยการขึ้นรูป จากฟิล์มพลาสติกที่ผ่านการทดสอบแล้วว่าปลอดภัยไม่เกิดปฏิกิริยากับอาหาร สำหรับคุณสมบัติพลาสติกที่เหมาะสม โดยงามทิพย์ (2538) ได้รวบรวมคุณสมบัติที่สำคัญในการพิจารณาเลือกมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ไว้ดังนี้

2.8.2.1. การซึมผ่านของก๊าซ (Gas Permeability) การกำหนดค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซเพื่อเลือกชนิดของวัสดุบรรจุภัณฑ์นำมาใช้ขึ้นกับปัจจัยหลายประการคือ ชนิดของผลิตภัณฑ์ อายุของการเก็บรักษา และสภาวะการเก็บรักษาโดยทั่วไปหากต้องการใช้วัสดุที่ป้องกันก๊าซได้ดีมาก (High Gas Barrier) ควรเลือกวัสดุที่มีค่าอัตราการซึมผ่านไม่เกิน $2 \text{ cc./m}^2 \cdot \text{atm} \cdot 24 \text{ hr}$

2.8.2.2. อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Transmission Rate, WVTR) กรณีที่ต้องการวัสดุบรรจุภัณฑ์ป้องกันไอน้ำได้ดี ควรพิจารณาวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีค่า WVTR ไม่เกิน $4 - 6 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ hr}$ การเลือกวัสดุบรรจุภัณฑ์จาก WVTR ต้องระมัดระวังปัญหาหยดน้ำภายในภาชนะบรรจุและปัญหาการสูญเสียความชื้นของผลิตภัณฑ์ แต่มักเกิดปัญหาหยดน้ำภายในภาชนะ การแก้ปัญหานี้อาจแก้ได้โดยการเติมสารป้องกันการเกิดหยดน้ำ (Antifogging Agent) ในฟิล์มพลาสติกหรือเจาะรูเล็กๆ (Perforation) เพื่อช่วยระบายไอน้ำบางส่วนออกไปจากภาชนะ

2.8.2.3. การปิดผนึกด้วยความร้อน (Heat Sealability) ผลิตภัณฑ์อาหารบรรจุถุงพลาสติกของโดยเฉพาะเครื่องปรุงรส ซอสมะเขือเทศ ซอสมะขาม ซอสผลไม้ นิยมปิดผนึกด้วยความร้อน ทั้งนี้สาเหตุที่การปิดผนึกด้วยความร้อนได้รับความนิยมมาก เนื่องจากการปิดผนึกสนิทแน่นดีมากกว่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันการผ่านเข้าออกของกลิ่น ก๊าซ ไอน้ำและจุลินทรีย์ได้ดีมาก การปิดผนึกทำได้ง่ายและสะดวก เครื่องมือที่ใช้ราคาไม่สูงมากรวมทั้งระยะเวลาในการปิดผนึกสั้นมาก

วัสดุที่ใ้หมักเป็นฟิล์มพลาสติกหลายชั้นโดยแต่ละชั้นจะทำหน้าที่แตกต่างกันออกไป เช่น ป้องกันการซึมผ่านของกลิ่น ก๊าซ ไอน้ำ ป้องกันแสง หรือเป็นชั้นสำหรับการพิมพ์ เป็นต้น ฟิล์มชั้นในสุด (ชั้นที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์) จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางสำหรับการปิดภาชนะด้วยความร้อน ฟิล์มพลาสติกที่นิยมมากได้แก่ LDPE, MDPE, LLDPE, Lonomer (Surlyn), PP, EVA และ PVDC (Saran) เป็นต้น

2.8.2.4. การป้องกันการซึมผ่านของไขมัน (Grease and Oil Resistance)

คุณสมบัตินี้มีความสำคัญมากต่อผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันสูง ฟิล์มพลาสติกชั้นในสุดนั้นนอกจากทำหน้าที่ปิดผนึกด้วยความร้อนแล้ว ยังต้องป้องกันไขมันจากผลิตภัณฑ์ไม่ให้ซึมผ่านมาที่ฟิล์มชั้นถัดออกมา หรือจนกระทั่งออกมาภายนอกบรรจุภัณฑ์ได้ มิฉะนั้นแล้วจะทำให้เกิดผลเสียดังนี้

- 1) ทำให้ฟิล์มหลายชั้นลอกออกจากกันได้ (Delamination)
- 2) ไขมันที่ซึมออกมาภายนอกจะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายทำให้ผลิตภัณฑ์เหม็นหืน
- 3) ลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากเข้าใจว่าเป็นผลิตภัณฑ์เก่า

2.8.2.5. การป้องกันแสง (Opacity) คุณสมบัตินี้เป็นคุณสมบัติสำรองจะมีความจำเป็น

กับผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อแสงหรือผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันมากเท่านั้น วัสดุทึบแสงอาจเลือกใช้ฟิล์มพลาสติกออบโลหะ หรือวัสดุหลายชั้นที่มีแผ่นเปลวอลูมิเนียมรวมอยู่ด้วย กรณีที่ต้องการใช้ฟิล์มพลาสติกโปร่งแสง อาจต้องใช้กล่องกระดาษพับได้บรรจุอีกชั้นหนึ่ง

2.8.2.6. เหมาะสมกับเครื่องบรรจุอัตโนมัติ (Machine Ability) คุณสมบัตินี้สำคัญ

มากสำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรมใหญ่ๆ การบรรจุจะใช้เครื่องจักรอัตโนมัติทั้งสิ้น วัสดุที่นำมาใช้ต้องไม่ก่อปัญหา เช่น เกาะติดกับผิวโลหะ ดึงออกจากม้วนฟิล์มยาก ยึดตัวมากหรือน้อยเกินไป จุดอ่อนตัวหรือหลอมละลายสูงเกินไป เป็นต้น การเลือกวัสดุบรรจุที่เหมาะสมจึงต้องพิจารณาความเหมาะสมกับทั้งผลิตภัณฑ์และเครื่องบรรจุภัณฑ์ไปพร้อมๆกัน

2.8.2.7. ลักษณะปรากฏและอำนวยความสะดวกให้ผู้บริโภค การออกแบบภาชนะ

บรรจุผลิตภัณฑ์อาหารและผลิตภัณฑ์อื่นๆ จะคำนึงถึงความเหมาะสมทางเทคนิคเพียงประการเดียวไม่เพียงพอ จะต้องคำนึงถึงผลทางด้านการตลาดด้วย ภาชนะบรรจุจะต้องช่วยส่งเสริมการขายได้จึงมักเรียกว่าเป็น Silent Salesman การออกแบบภาชนะจึงต้องคำนึงถึงความสวยงามและสื่อความหมายให้ผู้บริโภคทราบถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ต้องอำนวยความสะดวกในการนำผลิตภัณฑ์มาใช้

2.9. กระบวนการฆ่าเชื้อ

ท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 249) พ.ศ. 2556 เรื่อง วิธีการผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ ในการผลิตและการเก็บรักษาอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ และชนิดที่ปรับ กรดรายการเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำและชนิดที่ปรับกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

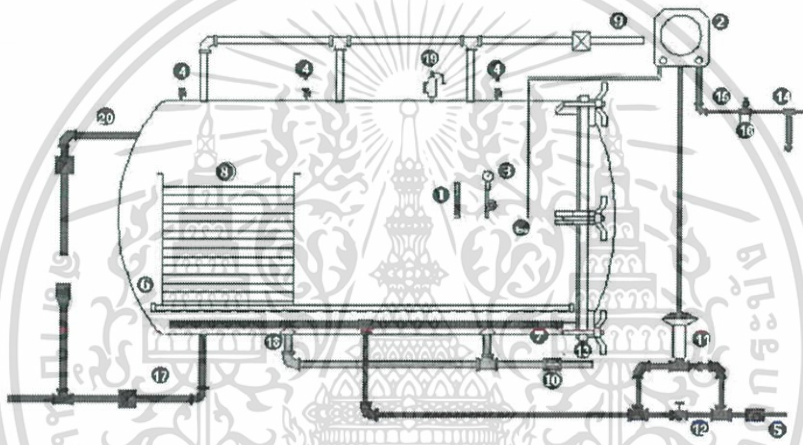
2.9.1 เครื่องฆ่าเชื้อ

ใช้สำหรับส่งผ่านความร้อนแก่อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำและชนิดที่ปรับกรด เพื่อทำลายจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยในเชิงการค้า (Commercial Sterility) และไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ปัจจุบันแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

2.9.1.1 เครื่องฆ่าเชื้อด้วยความร้อนชนิดภายใต้ความดัน (Retorts)

1) เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้น้ำ (Horizontal Steam Retorts)

เครื่องฆ่าเชื้อชนิดนี้ให้ความร้อนด้วยไอน้ำอิมมัว ดังนั้นในการฆ่าเชื้อจึงต้องไล่อากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อให้หมดเพื่อป้องกันการเกิดจุดที่ร้อนช้า (Cold Spots) ภายในเครื่องฆ่าเชื้อ การควบคุมอุณหภูมิทำได้โดยการควบคุมความดันของไอน้ำอิมมัว เครื่องฆ่าเชื้อแบบนี้จะมีลักษณะตัวอย่างดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้น้ำ (Horizontal Steam Retorts)

ที่มา : ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2556)

1.1) เทอร์โมมิเตอร์อ้างอิง (Reference Thermometer) หรือ เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในแท่งแก้ว (Mercury in Glass Thermometer) หรือ (Master Temperature Indicator) เครื่องฆ่าเชื้อด้วยความร้อนชนิดภายใต้ความดัน ต้องมีอุปกรณ์วัดอุณหภูมิอ้างอิงที่มีความเที่ยงตรง เช่น เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในแท่งแก้ว (Mercury in Glass Thermometer) หรือเครื่องมืออุปกรณ์อื่นที่มีความเที่ยงตรงกัน ต้องอ่านอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 0.5 องศาเซลเซียส และมีสเกลไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส ต่อเซนติเมตร มีป้ายแสดงวันเดือนปีที่ทำการสอบเทียบครั้งสุดท้ายและเก็บรักษาบันทึกการตรวจสอบไว้เป็นหลักฐานโดยมีการสอบเทียบอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เทอร์โมมิเตอร์อ้างอิงต้องติดตั้งไว้ในที่ที่อ่านได้ง่าย โดยทั่วไปนิยมใช้เทอร์โมมิเตอร์อ้างอิงแบบปรอทเป็นเครื่องบอกอุณหภูมิขณะฆ่าเชื้อ การติดตั้งกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อยู่ระหว่างผนังของเครื่องฆ่าเชื้อหรือในช่องภายนอกซึ่งต่อกับเครื่องฆ่าเชื้อ กรณีติดตั้งกระเปาะไว้ที่ช่องภายนอกต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดอย่างน้อย 3/4 นิ้ว และมีช่องระบายไอน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 1/16 นิ้ว ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่สามารถให้ไอน้ำผ่านไปได้อย่างสะดวกของกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อย่างต่อเนื่องตลอดเวลาการฆ่าเชื้อ ไม่นานุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) เครื่องควบคุมและบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Controller and Recording Device) เครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดันต้องติดตั้งเครื่องบันทึกอุณหภูมิและเวลาที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $+1$ ถึง -0.5 องศาเซลเซียส กราฟบันทึกอุณหภูมิมีขีดแบ่งช่องตลอดช่วงการใช้งาน โดยขีดแบ่งช่องไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส อุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิอาจใช้ร่วมกับเครื่องควบคุมไอน้ำและสามารถใช้เป็นเครื่องบันทึกอุณหภูมิและควบคุมอุณหภูมิในเครื่องเดียวกัน การติดตั้งกระเปาะของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิต้องอยู่ระหว่างผนังของเครื่องฆ่าเชื้อ หรือในช่องภายนอกซึ่งต่อกับเครื่องฆ่าเชื้อที่มีช่องระบายไอน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย $1/16$ นิ้ว ขึ้นไปเพื่อให้ไอน้ำผ่านออกมาต่อเนื่องกัน ตลอดเวลาการฆ่าเชื้อ กรณีใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบใช้อากาศควบคุมการเปิดปิดวาล์ว (Air Diaphragm) ต้องมีระบบกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพเพียงพอเพื่อให้อากาศแห้งและสะอาด ทั้งนี้ก่อนการฆ่าเชื้อทุกรอบการผลิตต้องสอบเทียบความถูกต้องกับเทอร์โมมิเตอร์อ้างอิงทุกครั้งและต้องปรับการบันทึกอุณหภูมิตามแผ่นกระดาษบันทึกให้อ่านค่าได้ใกล้เคียงกับเทอร์โมมิเตอร์อ้างอิงแต่ต้องไม่สูงกว่าและต้องมีมาตรการป้องกันไม่ให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องมาปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขอุณหภูมิ เช่น การใส่กุญแจ เป็นต้น

1.3) มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) เครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดันต้องมีมาตรวัดความดันที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้าปัดอย่างน้อย 4 นิ้ว เพื่อให้อ่านได้ชัดเจนมีการแบ่งขีดอ่านได้ละเอียดถึง 2 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้วช่วงการวัดอยู่ที่ประมาณ 1.5 เท่าของความดันที่ใช้งานของเครื่องฆ่าเชื้อ การติดตั้งควรผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่าหางหมู (Gauge Siphon) เพื่อป้องกันความเสียหายต่อมาตรวัดมีการเทียบความเที่ยงตรงอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

1.4) ช่องระบายไอน้ำ (Bleeder) เครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่ใช้ไอน้ำอัดตัวต้องมีช่องระบายไอน้ำ (Bleeders) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 3 มิลลิเมตร ($1/8$ นิ้ว) จำนวน 1 ช่อง เป็นอย่างน้อยอยู่ตรงข้ามกับท่อไอน้ำเข้าช่องระบายไอน้ำนี้ต้องเปิดกว้างตลอดเวลาที่ทำการฆ่าเชื้อและอยู่ในตำแหน่งที่ผู้ควบคุมสามารถสังเกตได้โดยง่าย

ทั้งนี้ให้มีวิธีการกำจัดน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำ (Condensate) ออกจากเครื่องฆ่าเชื้อระหว่างการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อ เช่น เปิดทางระบายน้ำไว้เล็กน้อยหรือใช้กับดักไอน้ำ (Steam Trap) โดยที่ผู้ควบคุมสามารถสังเกตได้เพราะการสะสมของคอนเดนเสทหรือน้ำกลั่นตัวในเครื่องฆ่าเชื้อจะส่งผลให้การฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์บริเวณด้านล่างของเครื่องฆ่าเชื้อไม่สมบูรณ์ (Under Processing)

สำหรับเครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้ไอน้ำ การติดตั้งช่องระบายไอน้ำให้อยู่ที่แนวบนสุดของเครื่องฆ่าเชื้อโดยมีระยะห่างจากปลายสุดทั้งสองด้านของเครื่องฆ่าเชื้อตามแนวนอนไม่เกิน 1 ฟุตและต้องมีการติดตั้งช่องระบายเพิ่มทุกระยะห่าง 8 ฟุต ทั้งนี้อาจติดตั้งช่องระบายไอน้ำไว้ที่อื่นๆเพิ่มเติมได้หากจำเป็นเพื่อให้การกระจายความร้อน ไล่อากาศและไอน้ำหมุนเวียนได้ดีขึ้น

1.5) ท่อไอน้ำเข้า (Steam Inlet) ท่อไอน้ำเข้าที่ต่อเข้าสู่เครื่องฆ่าเชื้อโดยตรง ต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะทำให้มีการกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อได้ดี โดยตำแหน่งท่อไอน้ำเข้าอาจติดตั้งไว้ทางด้านบนหรือด้านล่างของเครื่องฆ่าเชื้อแต่ต้องติดตั้งอยู่ในตำแหน่งตรงข้ามกับท่อไล่อากาศท่อไม่ควรยาวเกินไปและไม่ควรมีส่วนหักงอมากและควรมีฉนวนหุ้มกันความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6) **ที่รองรับตะกร้า (Crate Support)** ที่รองรับตะกร้าหรือรถเข็นต้องมีลักษณะที่ไม่กีดขวางการไหลอากาศ มีตัวบังคับเพื่อให้มีช่องว่างระหว่างตะกร้ากับผนังเครื่องฆ่าเชื้อและไม่ควรใช้แผ่นเหล็กรองที่กั้นของเครื่องฆ่าเชื้อ

1.7) **ท่อกระจายไอน้ำ (Steam Spreader)** ท่อกระจายไอน้ำ มีช่องเปิด(รู)ซึ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแต่ละรูควรมีขนาดอย่างน้อย 5 มิลลิเมตร (3/16 นิ้ว) อยู่บนส่วนผิวบนของท่อโดยมีระยะทำมุมข้างละ 45 องศา กับแนวกึ่งกลางท่อ พื้นที่ของช่องเปิดของท่อกระจายไอน้ำรวมกันแล้วต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ½ ถึง 2 เท่าของพื้นที่หน้าตัดของส่วนที่เล็กที่สุดของท่อไอน้ำเข้า การติดตั้งท่อกระจายไอน้ำให้ต่อเข้ากับท่อไอน้ำเข้าบริเวณตอนกลางของเครื่องฆ่าเชื้อและยาวขนานไปกับความยาวเครื่องฆ่าเชื้อ

1.8) **อุปกรณ์สำหรับจัดเรียงตำแหน่งของบรรจุภัณฑ์ (Stacking Equipment)** มีลักษณะที่เอื้อต่อการไหลอากาศและการกระจายอุณหภูมิ โดยทั่วไปการเจาะรูอุปกรณ์สำหรับจัดเรียงตำแหน่งของบรรจุภัณฑ์ควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) โดยมีระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางเป็น 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) หรือมีร้อยละของพื้นที่ว่างเทียบเท่าและต้องใช้แผ่นรองกันแบบชั้นเดียว เนื่องจากการใช้แผ่นรองกันสองชั้นอาจมีผลให้ช่องเปิดลดลงปิดกั้นการไหลเวียนของไอน้ำ

1.9) **ท่อไหลอากาศ (Vent)** ใช้สำหรับระบายอากาศในช่วงการไหลอากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อ (Venting) ก่อนเริ่มต้นการฆ่าเชื้อ ซึ่งอาจเปิดสู่บรรยากาศโดยตรงหรือรวมเป็นท่อรวม (Manifold) ก่อนเปิดออกสู่บรรยากาศก็ได้แต่ต้องไม่มีสิ่งใดขัดขวางการไหลอากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อ ท่อไหลอากาศต้องมีขนาดเท่ากับหรือใหญ่กว่าท่อไอน้ำเข้า การติดตั้งท่อไหลอากาศอยู่ในตำแหน่งที่อยู่ตรงข้ามกับท่อไอน้ำเข้า และมีวาล์วชนิดประตูน้ำ (Gate Valve) หรือวาล์วที่มีลักษณะไม่กีดขวางการระบาย เป็นตัวควบคุมการเปิดปิดซึ่งวาล์วนี้ต้องเปิดเต็มที่ขณะไหลอากาศ กรณีที่เครื่องฆ่าเชื้อมีท่อไหลอากาศหลายท่อมารวมกันเป็นท่อรวม พื้นที่หน้าตัดของท่อรวมต้องเทียบเท่าหรือมากกว่าพื้นที่หน้าตัดของท่อไหลอากาศทุกตัวที่ต่อรวมกันและไม่มีสิ่งกีดขวาง

1.10) **วาล์วที่ใช้กับท่อน้ำ (Water Valve)** เครื่องฆ่าเชื้อที่ใช้น้ำในการหล่อเย็นต้องใช้วาล์วที่สามารถป้องกันการรั่วของน้ำเย็นเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ ในระหว่างการฆ่าเชื้อ เพราะถ้าเกิดการรั่วซึมของน้ำระหว่างการฆ่าเชื้อจะทำให้อุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อลดลงและอาจทำให้การฆ่าเชื้อไม่สมบูรณ์

1.11) **วาล์วควบคุมไอน้ำ (Steam Control Valve)** การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อ ควรใช้วาล์วควบคุมการทำงานของไอน้ำแบบกึ่งอัตโนมัติหรือแบบอัตโนมัติ (Automatic Steam Controller) เพื่อการควบคุมที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยอาจเป็นส่วนร่วมของเครื่องวัด บันทึกและควบคุมอุณหภูมิ ทั้งนี้มีข้อเสนอแนะการเลือกใช้วาล์วควบคุมไอน้ำควรเป็นชนิดที่เมื่อได้รับสัญญาณจึงเปิดหรืออาจควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อโดยการควบคุมความดันไอน้ำของเครื่องฆ่าเชื้อก็ได้

1.12) **ท่อทางเบี่ยงไอน้ำ (Steam By Pass)** เป็นท่อที่ต่อคร่อมขนานไปกับท่อไอน้ำเข้าที่ติดตั้งวาล์วควบคุมอัตโนมัติเพื่อเป็นทางผ่านของไอน้ำ การเปิดปิดวาล์วท่อทางเบี่ยงไอน้ำให้ไอน้ำผ่านเป็นแบบที่ควบคุมด้วยมือ โดยทั่วไปจะใช้งานเมื่ออุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติขัดข้อง ไฟฟ้าขัดข้อง แหล่งจ่ายความดันอากาศอัดขัดข้อง หรือกรณีที่ต้องการไหลอากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อให้เร็วขึ้นซึ่งการดำเนินการกรณีดังกล่าวต้องมีพนักงานอยู่ดูแลตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.13) ท่อน้ำเข้า (Water Inlet) เครื่องฆ่าเชื้อที่ใช้ในการหล่อเย็นต้องใช้ท่อที่มีขนาดและแรงดันน้ำเพียงพอที่สามารถทำเป็นกระป๋องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บางกรณีอาจมีท่อน้ำเข้าในตำแหน่งบนหรือล่างของเครื่องฆ่าเชื้อก็ได้ สำหรับท่อกระจายน้ำต้องมีความยาวตลอดเครื่องฆ่าเชื้อและมีรูกระจายน้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ

1.14) ท่ออากาศสำหรับอุปกรณ์วัด บันทึกลง และควบคุมอุณหภูมิ (Compressed Air Pipe) เนื่องจากอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิใช้ร่วมกับวาล์วควบคุมไอน้ำอัตโนมัติที่มีการบังคับเปิดปิดด้วยอากาศอัดจึงต้องมีอากาศเพื่อจ่ายอากาศใช้ในระบบ

1.15) อุปกรณ์กรองอากาศ (Air Filter) ติดตั้งที่ท่ออากาศอัดที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ควบคุมและบันทึกอุณหภูมิ เพื่อใช้กรองละอองและสิ่งสกปรกที่อาจติดไปกับอากาศซึ่งจะเป็นผลให้ระบบเสียหายหากเข้าสู่อุปกรณ์ควบคุมและบันทึกอุณหภูมิ

1.16) อุปกรณ์ควบคุมความดันอากาศสำหรับอุปกรณ์วัด บันทึกลง และควบคุมอุณหภูมิ (Air Pressure Regulator) การควบคุมความดันอากาศสำหรับอุปกรณ์วัด บันทึกลง และควบคุมอุณหภูมิควรใช้อุปกรณ์ควบคุมความดันอัตโนมัติ (Automatic Pressure Controller) เพื่อปรับความดันภายในให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการใช้งานของอุปกรณ์ควบคุมและบันทึกผลและควรมีการติดตั้งวาล์วกันย้อนกลับ (Check Valve) เพื่อป้องกันไอน้ำหรือความชื้นไหลย้อนกลับเข้าสู่ระบบอากาศ

1.17) ท่อระบายน้ำ (Drain) ทำหน้าที่ระบายน้ำที่ใช้ในการหล่อเย็นผลิตภัณฑ์อาหารออกจากเครื่องฆ่าเชื้อเมื่อสิ้นสุดการฆ่าเชื้อ ดังนั้นท่อระบายน้ำควรมีขนาดใหญ่เพียงพอให้การระบายน้ำออกจากเครื่องฆ่าเชื้อเป็นไปได้อย่างรวดเร็วติดตั้งวาล์วชนิดประตูน้ำ (Gate Valve) หรือวาล์วที่มีลักษณะไม่กีดขวางการระบายน้ำ

1.18) ที่กระบังน้ำเข้า (Water Inlet Baffles) เป็นอุปกรณ์ที่ขวางทางเข้าของน้ำหล่อเย็นเพื่อกระจายน้ำหล่อเย็นและป้องกันไม่ให้เกิดสถานะสูญญากาศบริเวณน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อจนทำให้เกิดปัญหาแก๊สผลิตภัณฑ์ที่บริเวณนั้น

1.19) วาล์วนิรภัย (Safety Valve) เครื่องฆ่าเชื้อต้องติดตั้งวาล์วนิรภัยเพื่อป้องกันไม่ให้ความดันไอน้ำภายในเครื่องสูงเกินกว่าความดันที่ใช้งานส่งผลให้เกิดความปลอดภัยต่อการปฏิบัติงานของพนักงานเนื่องจากวาล์วดังกล่าวจะช่วยลดความดันที่สูงเกินกำหนดความปลอดภัยลงอย่างรวดเร็วโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้ควรมีการทดสอบการทำงานเป็นครั้งคราวเพื่อให้แน่ใจว่าวาล์วทำงานได้ตามปกติ

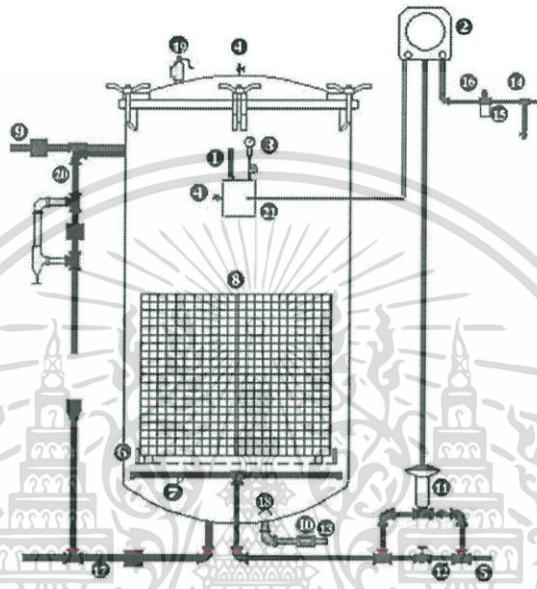
1.20) ท่อน้ำล้น (Overflow Line) เป็นท่อระบายน้ำส่วนที่ท่วมล้นผลิตภัณฑ์อาหารออกในการทำให้บรรจุภัณฑ์เย็นลงด้วยน้ำ ทั้งนี้ภายในเครื่องฆ่าเชื้อควรติดตั้งวาล์วประเภท วาล์วประตูน้ำ (Gate Valve) หรือวาล์วที่มีลักษณะไม่กีดขวางการระบายน้ำเพื่อระบายน้ำออกอย่างรวดเร็ว

1.21) อุปกรณ์ส่งสัญญาณวัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) สายส่งสัญญาณวัดค่าอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อทำหน้าที่ส่งสัญญาณกระแสไฟฟ้าไปที่อุปกรณ์ควบคุมสัญญาณซึ่งจะถูกแปลงเป็นความดันอากาศไปควบคุมการเปิดปิดวาล์วควบคุมไอน้ำให้เปิดปิดตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เครื่องฆ่าเชื้อแนวตั้งแบบใช้ไอน้ำ (Vertical Steam Retorts)

เครื่องฆ่าเชื้อชนิดนี้มีลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกับเครื่องฆ่าเชื้อตามข้อ 1.1 คือให้ความร้อนด้วยไอน้ำอ้อมตัว ดังนั้นในการฆ่าเชื้อจึงต้องไล่อากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อให้หมดเพื่อป้องกันการเกิดจุดที่ร้อนช้า (Cold Spots) ภายในเครื่องฆ่าเชื้อการควบคุมอุณหภูมิทำได้โดยการควบคุมความดันของไอน้ำอ้อมตัว เครื่องฆ่าเชื้อชนิดนี้มีลักษณะตัวอย่างดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 เครื่องฆ่าเชื้อแนวตั้งแบบใช้ไอน้ำ (Vertical Steam Retorts)

ที่มา : ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2556)

2.1) เทอร์โมมิเตอร์อ้างอิง (Reference Thermometer หรือ MIG Thermometer หรือ Master Temperature Indicator) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ 1.1

2.2) เครื่องควบคุมและบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Controller and Recording Device) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ 1.2

2.3) มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ 1.3

2.4) ช่องระบายไอน้ำ (Bleeder) และการไล่น้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำ (Condensate) เครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่ใช้ไอน้ำอ้อมตัวต้องมีช่องระบายไอน้ำ (Bleeders) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 3 มิลลิเมตร (1/8 นิ้ว) จำนวน 1 ช่อง เป็นอย่างน้อยอยู่ตรงข้ามกับท่อไอน้ำ ช่องระบายไอน้ำนี้ต้องเปิดกว้างตลอดเวลาที่ทำการฆ่าเชื้อ การติดตั้งอยู่ในตำแหน่งสูงสุดของเครื่องฆ่าเชื้อ และผู้ควบคุมสามารถสังเกตได้โดยง่าย ทั้งนี้ให้มีวิธีการกำจัดน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำออกจากเครื่องฆ่าเชื้อระหว่างการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อ เช่น เปิดทางระบายน้ำไว้เล็กน้อย

2.5) ท่อไอน้ำเข้า (Steam Inlet) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ 1.5

2.6) ที่รองรับตะกร้า (Crate Supports) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ 1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7) ท่อกระจายไอน้ำ (Steam Spreader) ถ้าใช้ท่อเจาะรูเป็นตัวกระจายไอน้ำควรมีลักษณะเป็นรูปกากบาทหรือวงกลม พื้นที่เปิดของรูที่เจาะทั้งหมดต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 1½ ถึง 2 เท่าของพื้นที่หน้าตัดของท่อไอน้ำเข้าโดยพิจารณาถึงช่วงที่เล็กที่สุดของท่อไอน้ำเข้า

2.8) อุปกรณ์สำหรับจัดเรียงตำแหน่งของบรรจุภัณฑ์ (Stacking Equipment) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ 1.8

2.9) ท่อไล่อากาศ (Vent) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ 1.9

2.10) วาล์วที่ใช้กับท่อน้ำ (Water Valve) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ 1.10

2.11) วาล์วควบคุมไอน้ำ (Steam Control Valve) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ

1.11

2.12) ท่อทางเบี่ยงไอน้ำ (Steam By Pass) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ 1.12

2.13) ท่อน้ำเข้า (Water Inlet) เครื่องฆ่าเชื้อที่ใช้ในการหล่อเย็น ท่อน้ำเข้าควรมีขนาดใหญ่เพียงพอเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เย็นตัวอย่างรวดเร็วและติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่น้ำที่ไหลเข้าจะไม่พุ่งไปกระทบบรรจุภัณฑ์โดยตรงเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบรรจุภัณฑ์อย่างฉับพลัน (Thermal Shock) อันอาจทำให้เกิดตำหนิของรอยฉนวนได้

2.14) ท่ออากาศสำหรับอุปกรณ์วัด บันทีก และควบคุมอุณหภูมิ (Compressed Air Pipe) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.14

2.15) อุปกรณ์กรองอากาศ (Air Filter) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.15

2.16) อุปกรณ์ควบคุมความดันอากาศสำหรับอุปกรณ์วัด บันทีก และควบคุมอุณหภูมิ (Air Pressure Regulator) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.16

2.17) ท่อระบายน้ำ (Drain) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.17

2.18) กระบังน้ำเข้า (Water Inlet Baffles) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.18

2.19) วาล์วนิรภัย (Safety Valve) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.19

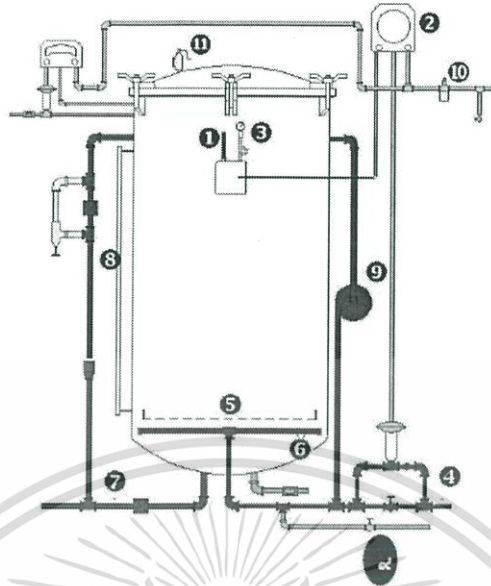
2.20) ท่อน้ำล้น (Overflow Line) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.20

2.21) อุปกรณ์ส่งสัญญาณวัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.21

3) เครื่องฆ่าเชื้อแนวตั้งแบบใช้น้ำร้อน (Vertical Water Retorts)

เครื่องฆ่าเชื้อที่ใช้น้ำร้อนอุณหภูมิสูงโดยมีความดันอากาศส่วนเกินช่วยป้องกันไม่ให้น้ำร้อนอุณหภูมิสูงนั้นแปรสภาพกลายเป็นไอน้ำ รวมทั้งป้องกันการเสีรูปทรงของบรรจุภัณฑ์และช่วยให้ฝาขวดแก้วปิดแน่นสนิทลักษณะการทำงานมีการควบคุมอุณหภูมิและความดันแยกจากการกันโดยสิ้นเชิง เครื่องฆ่าเชื้อชนิดนี้มีลักษณะตัวอย่างดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 เครื่องฆ่าเชื้อแนวตั้งแบบใช้น้ำร้อน (Vertical Water Retorts)

ที่มา : ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2556)

3.1) เทอร์โมมิเตอร์อ้างอิง (Reference Thermometer หรือ MIG Thermometer หรือ Master Temperature Indicator) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ 1.1 โดยตำแหน่งการติดตั้งของกระเปาะ เทอร์โมมิเตอร์ควรอยู่ที่ระดับตรงกลางของเครื่องฆ่าเชื้อและต้องอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำร้อนเสมอตลอดกระบวนการฆ่าเชื้อ

3.2) เครื่องควบคุมและบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Controller and Recording Device) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ 1.2

3.3) มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ 1.3

3.4) ท่อไอน้ำเข้า (Steam Inlet) ท่อไอน้ำเข้าควรมีขนาดใหญ่พอที่จะทำให้เกิดการกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อได้ดี โดยตำแหน่งของท่อควรติดตั้งไว้ทางด้านล่างของเครื่องฆ่าเชื้อ

3.5) ที่รองรับตะกร้า (Crate Support) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ 1.6 ควรมีตัวบังคับตะกร้าที่จะทำให้ระยะห่างระหว่างตะกร้ากับผนังของเครื่องฆ่าเชื้ออย่างน้อย 35 มิลลิเมตร

3.6) ท่อกระจายไอน้ำ (Steam Spreader) ควรอยู่ด้านล่างของเครื่องฆ่าเชื้อ เพื่อช่วยให้การกระจายความร้อนภายในเครื่องฆ่าเชื้อเพียงพอ

3.7) ท่อระบายน้ำ (Drain) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ 1.17

3.8) อุปกรณ์แสดงระดับน้ำ (Water Level Indicator) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อชนิดนี้ การจัดวางบรรจุภัณฑ์ทั้งหมดต้องอยู่ภายใต้ไอน้ำร้อนไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร (6 นิ้ว) ดังนั้นจึงต้องมีตัวแสดงเพื่อให้ทราบระดับน้ำ เช่น ท่อแก้ว ช่องมองหรืออุปกรณ์แสดงระดับน้ำที่ถูกต้อง

3.9) อุปกรณ์หมุนเวียนน้ำร้อน (Water Circulation Device) มีอุปกรณ์หรือระบบหมุนเวียนน้ำร้อนที่เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อตามที่กำหนดไว้ เช่น ใช้ปั๊ม (Pump) หรือใช้อากาศอัดโดยติดตั้งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในลักษณะที่ทำให้การกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้ออย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ทั้งนี้ต้องมีการติดตั้งสัญญาณเตือนเมื่อปั๊มหรือระบบหมุนเวียนทำงานผิดปกติ

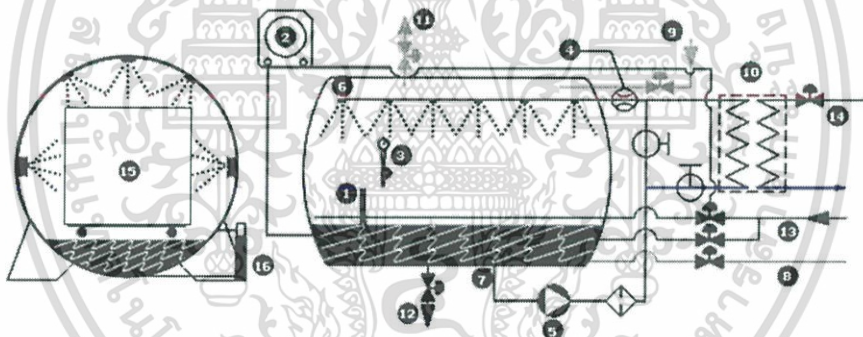
กรณีใช้อากาศอัดช่วยในการหมุนเวียนน้ำร้อน ควรป้อนอากาศเข้าไปที่ท่อไอน้ำเข้า ณ ตำแหน่งที่อยู่ระหว่างเครื่องฆ่าเชื้อกับวาล์วควบคุมไอน้ำที่ทางด้านล่างของเครื่องฆ่าเชื้อและควรควบคุมความดันภายในเครื่องฆ่าเชื้อด้วยระบบควบคุมความดันอัตโนมัติและต้องบันทึกความดันไว้ด้วย

3.10) อุปกรณ์กรองอากาศ (Air Filter) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับ ข้อ 1.1

3.11) วาล์วนิรภัย (Safety Valve) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.19

4) เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นน้ำร้อน (Horizontal Shower Water / Water Spray / Water Cascade Retorts)

เครื่องฆ่าเชื้อชนิดนี้ใช้ปริมาณของน้ำร้อนที่ใช้ในระหว่างการฆ่าเชือน้อย การทำงานอาศัยอัตราการไหลสูงกับระบบหัวพ่นน้ำร้อนที่ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะและมีการใช้ความดันส่วนเกินเพื่อทำให้น้ำร้อนยังมีสภาพเป็นของเหลวร้อน ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีการไล่อากาศ นิยมใช้กับภาชนะบรรจุชนิดขวดแก้วและภาชนะบรรจุอ่อนตัวและกึ่งอ่อนตัว ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นน้ำร้อน (Horizontal Water Spray Retorts)

ที่มา : ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2556)

4.1) เทอร์โมมิเตอร์อ้างอิง (Reference Thermometer หรือ MIG Thermometer หรือ Master Temperature Indicator) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.1 และกระเปาะสำหรับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิอ้างอิง ควรอยู่ในตำแหน่งที่มีตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อนไหลเวียนผ่านได้ดี

4.2) เครื่องควบคุมและบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Controller and Recording Device) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.2 ในกรณีที่มีการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของน้ำร้อนแบบโดยอ้อม ตำแหน่งของหัววัดการควบคุมอุณหภูมิควรติดตั้งที่ท่อน้ำร้อนทางออกของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและตำแหน่งของหัววัดสำหรับ การบันทึกค่าอุณหภูมิกับเวลาควรอยู่ที่ท่อน้ำร้อนก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3) มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.3

4.4) อุปกรณ์วัดและควบคุมอัตราการไหลของน้ำ (Flow Meter) ต้องมีการติดตั้ง อุปกรณ์วัดและควบคุมอัตราการไหลของน้ำร้อนหมุนเวียนในตำแหน่งที่เหมาะสมและมีสัญญาณเตือน หรือระบบป้องกันกรณีอัตราการไหลของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากที่กำหนด

4.5) ปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อน (Water Circulation Pump) ต้องติดตั้งอุปกรณ์สัญญาณเตือนในกรณีที่ปั๊มไม่ทำงานโดยอาจวัดจากความดันของน้ำร้อนที่ออกจากปั๊ม

4.6) หัวพ่นน้ำร้อน (Hot Water Spray Nozzle) ต้องตรวจสอบหัวพ่นน้ำร้อนอย่างน้อยทุกสัปดาห์เพื่อให้มั่นใจว่าไม่อุดตัน ไม่มีสนิม ไม่มีตะกอนหรือชิ้นส่วนจากบรรจุภัณฑ์อุดตันรูของหัวพ่นน้ำร้อน ถ้ามีแนวโน้มว่าอาจเกิดการอุดตันควรทำความสะอาดโดยวิธีการที่ผู้ผลิตเครื่องฆ่าเชื้อแนะนำ เช่น การเช็ยหรือดึงสิ่งอุดตันออก การล้างหรือขัดด้วยกรดหรือต่าง

ในกรณีที่ใช้แผ่นเหล็กเจาะรูเป็นตัวควบคุมการกระจายน้ำร้อน ควรมีการตรวจสอบการอุดตันอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง ซึ่งหากมีการถอดตัวควบคุมการกระจายน้ำร้อนดังกล่าวออกมาล้างทำความสะอาด ควรตรวจสอบการติดตั้งกลับคืนให้เหมือนเดิม

4.7) ท่อทางดูดของปั๊มและไส้กรอง (Suction Pipe and Strainer) การติดตั้งท่อทางดูดของปั๊ม ไม่ควรอยู่ในตำแหน่งที่บรรจุภัณฑ์อาจตกลงมาอุดตันได้และควรติดตั้งไส้กรองที่สามารถถอดล้างทำความสะอาดได้ง่ายอย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง

4.8) ท่อน้ำ (Process Water) ให้เติมน้ำเพิ่มลงในเครื่องฆ่าเชื้อก่อนดำเนินการฆ่าเชื้อ และในระหว่างการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อต้องไม่มีการเติมน้ำเพิ่มอีกเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อน ภายหลังการฆ่าเชื้อ (Post Contamination)

4.9) ท่ออากาศอัด (Compressed Air Inlet) ต้องมีความดันส่วนเกินมากพอที่จะทำให้น้ำร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อยังคงสภาพเป็นของเหลวหรือน้ำร้อน ณ อุณหภูมิฆ่าเชื้อทั้งนี้การควบคุมความดันควรควบคุมทั้งวาล์วอากาศเข้าและวาล์วที่ควบคุมส่วนผสมของไอน้ำกับอากาศออก และต้องมีการบันทึกค่าความดันส่วนเกินแบบต่อเนื่องโดยความดันส่วนเกินนี้จะช่วยควบคุมการขยายตัวของบรรจุภัณฑ์เมื่อได้รับความร้อนในระหว่างการฆ่าเชื้อ

4.10) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ในกรณีที่มีการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิโดยตรงแต่ใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ควรทำความสะอาดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้งสองด้านด้วยกรดที่ไม่กัดกร่อนโลหะเพื่อให้มีอัตราการถ่ายโอนความร้อนที่ดี

4.11) วาล์วระบายแรงดัน (Pressure Release Valve) ใช้สำหรับระบายแรงดันส่วนเกินจากที่ตั้งไว้ ตรวจสอบการทำงานของวาล์ว

4.12) ท่อระบายน้ำ (Drain) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.17

4.13) ท่อไอน้ำเข้า (Steam Inlet) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.5

4.14) ท่อน้ำหล่อเย็น (Cooling Water Inlet) ตรวจสอบความสมบูรณ์ของท่อและแรงดันน้ำต้องไม่สูงกว่าท่อน้ำในกระบวนการฆ่าเชื้อ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของน้ำหล่อเย็นเข้าสู่ระบบ

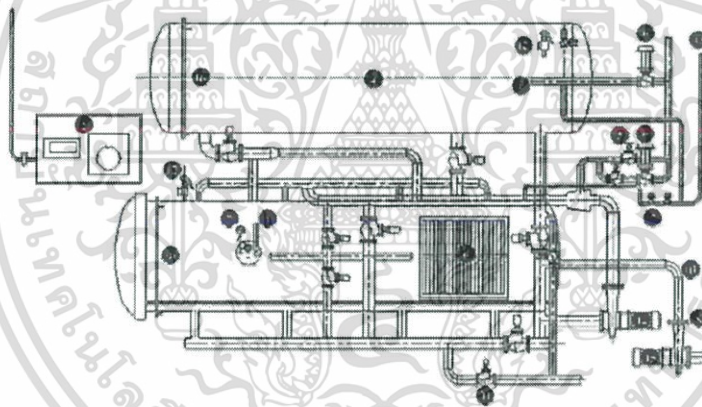
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.15) ตะกร้า และแผ่นรองกัน (Crate and Divider Plate) ตะกร้า ถาด หรือแผ่นรองกันระหว่างชั้นบรรจุภัณฑ์ควรมีขนาดของรูเปิดกว้างเพียงพอที่จะทำให้น้ำร้อนไหลผ่านบรรจุภัณฑ์ได้อย่างทั่วถึง

4.16) อุปกรณ์แสดงระดับน้ำ (Water Level Indicator) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 3.8

5) เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้น้ำร้อนท่วม (Horizontal Total Immersion Water Retorts)

เครื่องฆ่าเชื้อชนิดนี้ใช้น้ำร้อนเป็นตัวกลางให้ความร้อนโดยทั่วไปจะมีถึงทนความดันสูงสองถึง ถึงบนใช้เป็นส่วนอุ่นน้ำให้ร้อนและถึงด้านล่างใช้เป็นที่บรรจุภัณฑ์จะจมอยู่ในน้ำร้อนตลอดเวลา การฆ่าเชื้อมีการทำให้น้ำร้อนหมุนเวียนระหว่างถึงทั้งสองด้วยปั๊ม มีความดันส่วนเกินป้องกันกับเครื่องฆ่าเชื้อเป็นอิสระจากระบบให้ความร้อน การควบคุมความดันและอุณหภูมิเป็นอิสระต่อกัน ตัวอย่างของเครื่องฆ่าเชื้อชนิดนี้มีลักษณะตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้น้ำร้อนท่วม (Horizontal Total Immersion Water Retorts)
ที่มา : ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2556)

5.1) เทอร์โมมิเตอร์อ้างอิง (Reference Thermometer หรือ MIG Thermometer หรือ Master Temperature Indicator) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.1.1 และ 1.3.1 และควรติดตั้งอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของเครื่องฆ่าเชื้อโดยมีความยาวของก้านวัดที่จุ่มในน้ำร้อนอย่างน้อย 5 เซนติเมตร (2 นิ้ว)

5.2) เครื่องควบคุมและบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Controller and Recording Device) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.2 และ 4.2

5.3) มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4) ถังอุ่นน้ำให้ร้อน (Preheat Hot Water Tank) ก่อนฆ่าเชื้อถึงไบบนาจะถูกทำให้ร้อนขึ้นโดยการใช้ไอน้ำจากท่อไอน้ำเจาะรูที่วางอยู่ด้านล่างของถังนั้น ส่วนในระหว่างการฆ่าเชื้ออาจป้อนไอน้ำเข้าในระบบหมุนเวียนน้ำร้อนโดยตรงเพื่อรักษาอุณหภูมิให้ได้ตามที่กำหนด

5.5) ท่อไอน้ำเข้า (Steam Inlet) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.5

5.6) ตะกร้าและแผ่นรองกัน (Crate and Divider Plate) การใช้ตะกร้าหรือแผ่นรองกันรับและแยกชั้นบรรจุภัณฑ์ ควรออกแบบให้น้ำร้อนสามารถไหลเวียนได้อย่างดีเพื่อสามารถกระจายความร้อนภายในเครื่องฆ่าเชื้อได้อย่างทั่วถึงสม่ำเสมอตามที่กำหนดโดยทั่วไปน้ำร้อนในถังบนมีปริมาตรน้อยกว่าที่จะต้องใช้ในเครื่องฆ่าเชื้อ ดังนั้นหากมีการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์จำนวนน้อยกว่าปกติอาจต้องใส่บรรจุภัณฑ์ตัวแทนเข้าไปในถังใบล่างด้วยเพื่อเพิ่มปริมาตรในเครื่องฆ่าเชื้อ

กรณีที่มีน้ำร้อนในถังบนมีปริมาตรมากเพียงพอหรือมากกว่าที่ต้องการใช้ในเครื่องฆ่าเชื้อ ควรตรวจสอบการกระจายอุณหภูมิก่อนการใช้งานด้วย

5.7) อุปกรณ์กรองอากาศ (Air Filter) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.15

5.8) วาล์วที่ใช้กับท่อน้ำ (Water Valve) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.10

5.9) วาล์วควบคุมไอน้ำ (Steam Control Valve) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ

1.11

5.10) ท่อน้ำเข้า (Water Inlet) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.13

5.11) ท่อระบายน้ำ (Drain) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.17

5.12) วาล์วนิรภัย (Safety Valve) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.19

5.13) ท่ออากาศอัด (Compressed Air Inlet) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 4.9

5.14) อุปกรณ์หมุนเวียนน้ำร้อน (Water Circulation Device) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 4.5

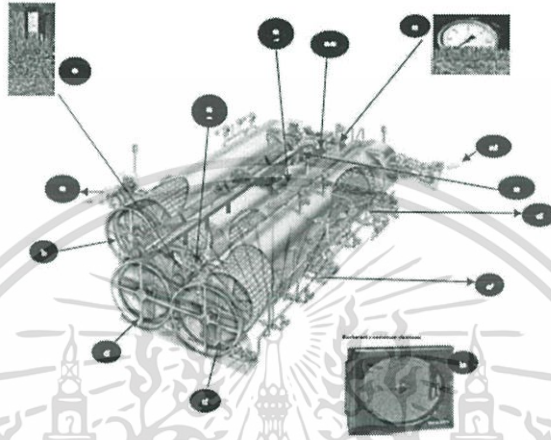
5.15) ปั๊มหมุนเวียนน้ำหล่อเย็น (Water Cooling Pump) ต้องติดตั้งอุปกรณ์สัญญาณเตือนในกรณีที่ปั๊มไม่ทำงานโดยอาจวัดจากความดันของน้ำร้อนที่ออกจากปั๊ม รวมถึงตรวจสอบการอุดตันของปั๊ม

5.16) อุปกรณ์แสดงระดับน้ำ (Water Level Indicator) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) เครื่องฆ่าเชื้อที่ใช้รางเกลียวหมุน (Reel and Spiral Retorts)

เครื่องฆ่าเชื้อแบบนี้มีลักษณะเป็นชุดของถังทรงกระบอกที่ต่ออนุกรมกันแต่ละถังทำหน้าที่ต่างกันโดยทั่วไปมักประกอบด้วยถังเครื่องฆ่าเชื้อและถังสำหรับทำให้บรรจุภัณฑ์เย็นตัวลง การฆ่าเชื้ออาจใช้ไอน้ำอ้อมตัวหรือใช้น้ำร้อน หรือแบบผสม บรรจุภัณฑ์จะถูกป้อนเข้าสู่ระบบด้วย Rotary Pressure Valve และหมุนไปตามรางเกลียวภายในถังอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งระบบ ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 เครื่องฆ่าเชื้อที่ใช้รางเกลียวหมุน แบบ Continuous (Reel and Spiral Retorts)

ที่มา : ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2556)

- 6.1) เทอร์โมมิเตอร์อ้างอิง (Reference Thermometer หรือ MIG Thermometer หรือ Master Temperature Indicator) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.1
- 6.2) เครื่องควบคุมและบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Controller and Recording Device) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.2
- 6.3) มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1.3
- 6.4) ถังเพิ่มอุณหภูมิ (Pre-Heater Shell) มีการควบคุมอุณหภูมิในถังด้วยน้ำ โดยมีน้ำครึ่งถัง และไอน้ำ วาล์วไอน้ำเปิดเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้
- 6.5) ถังสำหรับการฆ่าเชื้อ (Cooker Shell) ถังสำหรับฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ด้วยไอน้ำ
- 6.6) ถังสำหรับลดอุณหภูมิ (Cooler Shell) มีการควบคุมอุณหภูมิในถังด้วยน้ำ โดยมีน้ำครึ่งถัง และไอน้ำ วาล์วไอน้ำเปิดเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้
- 6.7) ทางเข้าที่ถังเพิ่มอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น (In Feed) ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแล้วจะถูกส่งเข้าสู่ทางเข้าถังเพิ่มอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น
- 6.8) วาล์วควบคุมไอน้ำเข้าที่ Pre-Heater Shell (Steam Inlet) เปิดปิดอัตโนมัติเพื่อรักษาอุณหภูมิให้ได้ตามค่าที่ตั้งไว้
- 6.9) ท่อน้ำเข้าถังเพิ่มอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น (Water Pipe) เปิดปิดอัตโนมัติเพื่อรักษาอุณหภูมิให้ได้ตามค่าที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 6.10) วาล์วระหว่างถัง (Transfer Valve) วาล์วที่ทำหน้าที่ส่งกระป๋องผลิตภัณฑ์ข้ามไปในแต่ละถัง
- 6.11) วาล์วระบาย (Vent Valve) เปิดในขั้นตอน Venting ปิดหลังจากจบขั้นตอน Venting
- 6.12) ชุดขับเคลื่อนหลัก (Main Drive) ทำหน้าที่ขับเคลื่อน Shell ทั้ง 3 Shell
- 6.13) ทางออกของเครื่อง (Discharge) คุณสมบัติจะเป็นทางออกของเครื่องที่อยู่ในส่วนท้ายสุด ของ Cooler Shell โดยที่จะมี Valve ส่งกระป๋องออกมา
- 6.14) ระบายที่ Cooker Shell (Bleeder) ขนาด 1/8 นิ้ว เปิดขณะทำการฆ่าเชื้อ

2.9.1.2. เครื่องฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้บรรยากาศปกติ (Cooker)

เครื่องฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้บรรยากาศปกติโดยทั่วไปสร้างจากวัสดุประเภทโลหะ ใช้สำหรับส่งผ่านความร้อนให้อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่ปรับกรด (Acidified Foods) หรืออาหารที่มีความเป็นกรด (Acid Foods) มีหลายรูปแบบทั้งประเภทที่มีการทำงานแบบเป็นชุด (Batch) ซึ่งมีลักษณะคล้ายหม้อขนาดใหญ่และอ่างสำหรับหล่อเย็นหรือเป็นเครื่องฆ่าเชื้อที่มีการทำงานแบบต่อเนื่อง ได้แก่ Open Canal Pasteurizers, Atmospheric Continuous Cooker ซึ่งมีลักษณะเป็นรางลำเลียงผลิตภัณฑ์อาหารลงในถังน้ำร้อนหรือตัวกลางให้ความร้อนอย่างอื่น ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นเครื่องฆ่าเชื้อแบบใด ต้องมีอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่มีความเที่ยงตรง เช่น เทอร์โมมิเตอร์ชนิดก้านโลหะหรือเครื่องมืออุปกรณ์อื่นที่มีความหัดเทียมกันต้องอ่านอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 0.5 องศาเซลเซียสและมีสเกลไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสต่อเซนติเมตร มีป้ายแสดงวันเดือนปีที่ทำการสอบเทียบครั้งสุดท้ายและเก็บรักษานบันทึกการตรวจสอบไว้เป็นหลักฐานโดยมีการสอบเทียบอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง แต่ไม่จำเป็นต้องติดตั้งไว้ที่เครื่องฆ่าเชื้อโดยตรง ทั้งนี้ไม่ควรใช้ชนิดแท่งแก้วเนื่องจากมีโอกาสแตกและปนเปื้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตได้

2.9.1.3. เครื่องฆ่าเชื้อด้วยระบบการผลิตแบบปลอดเชื้อ (Aseptic Systems)

ระบบการผลิตแบบปลอดเชื้อ (Aseptic Systems) ซึ่งทำการฆ่าเชื้ออาหารด้วยความร้อนก่อนการบรรจุในภาชนะบรรจุที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ต้องมีหลักฐานว่าได้ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแบบเชิงการค้าแล้วและแสดงไว้ในกรรมวิธีการผลิตที่กำหนด เครื่องฆ่าเชื่อนี้มีหลายรูปแบบซึ่งแตกต่างกันในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตอาหารแต่ละชนิด ดังนั้นหากมีการติดตั้งผู้ประกอบการต้องนำรายละเอียดให้สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาพิจารณาเป็นกรณีไป

2.9.2. การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้ออาหาร (ทิพพร, 2555)

หลักสำคัญในการใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท คือ ทำให้อาหารอยู่ใน “สภาวะปลอดเชื้อแบบเชิงการค้า” (Commercial sterility) หมายความว่า ทำให้อาหารปราศจากเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและไม่มีจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียซึ่งสามารถเจริญในอาหารภายใต้สภาวะอุณหภูมิปกติของการเก็บรักษาคือว่า “ภาชนะปิดสนิท” (Hermetically sealed container) ซึ่งหมายถึงไม่มีอะไรสามารถผ่านเข้าออกภาชนะนั้นได้ เพื่อคงสภาพปลอดเชื้อของอาหารในภาชนะนั้นไว้หลังการฆ่าเชื้อ ภาชนะปิดสนิทได้แก่ กระป๋องโลหะ ขวดแก้ว (ที่ผาด้านในเคลือบด้วยเอกสารเป็นเอกสารทสวงนวิสาหรับการเชางนเพื่อกการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตเนาไปเชประเยชนดานการค้ำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Plastisol) กระจกทอร์ต (ที่ปิดผนึกด้วยความร้อน) กล่องลามิเนต เป็นต้น กระบวนการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อที่สำคัญและต้องระวังเป็นพิเศษ คือ ที่ใช้กับ “อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ” (Low-acid food) ซึ่งหมายถึง อาหารใดก็ตามที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 4.6 และมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity, a_w) สูงกว่า 0.85 อาหารพวกนี้มีปริมาณกรดต่ำและ ปริมาณน้ำสูงพอที่จะให้จุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายสำคัญๆ เจริญได้ ทั้งนี้รวมถึงกระบวนการให้ความร้อน “อาหารปรับกรด” (Acidified food) ซึ่งคืออาหารที่เติมเป็นกรดต่ำแต่มีการใส่กรดเพื่อปรับให้มีค่า pH เท่ากับ 4.6 หรือต่ำกว่า และมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีสูงกว่า 0.85 และอาหารควบคุมวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity controlled food) ซึ่งมีค่า a_w น้อยกว่า 0.85 ด้วย

2.9.3. การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ

การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารเป็นวิธีหนึ่งในการถนอมอาหารให้เก็บไว้ได้นาน โดยความร้อนไปทำลายจุลินทรีย์ในอาหารซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและเป็นสาเหตุให้อาหารเน่าเสีย ในขั้นตอนการผลิตจะทำการบรรจุอาหารในภาชนะปิดสนิทแล้วทำให้เกิดสุญญากาศระหว่างการปิดผนึก จากนั้นจึงนำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อน โดยใช้อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมบรรจุภัณฑ์ที่ใช้จะทำหน้าที่ป้องกันอาหารจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ภายนอก ทำให้เก็บรักษาไว้ได้นานและปลอดภัยแก่ผู้บริโภค วิธีการในการผลิตอาหารในภาชนะปิดสนิทมี 2 วิธี ได้แก่ การผลิตแบบดั้งเดิมที่ใช้กันมานานแล้ว (Conventional canning) และการผลิตบรรจุแบบปลอดเชื้อ (Aseptic processing and packaging) สำหรับการผลิตแบบดั้งเดิมจะบรรจุอาหารในภาชนะบรรจุแล้วทำการปิดผนึกแน่น (Hermetic sealing) จากนั้นใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อทั้งอาหารและภาชนะบรรจุไปพร้อมกัน ในกรณีของการผลิตและบรรจุแบบปลอดเชื้อจะทำการฆ่าเชื้ออาหารและภาชนะบรรจุแยกกันแล้วนำอาหารที่ฆ่าเชื้อแล้วมาบรรจุลงในภาชนะบรรจุที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้วทำการปิดผนึกภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ ทั้งสองวิธีนี้สามารถใช้ได้กับทั้งอาหารปรับกรดและอาหารที่เป็นกรดต่ำ

การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้ออาหารแบ่งได้เป็น 2 วิธี แต่ละวิธีมีวัตถุประสงค์เฉพาะระดับความร้อนที่ใช้จึงขึ้นกับวัตถุประสงค์เหล่านั้น ดังนี้

2.9.3.1. การพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization) เป็นการใช้ความร้อนในระดับที่ไม่สูงมาก (Mild heat) อุณหภูมิที่ใช้มักจะน้อยกว่า 100 องศาเซลเซียส วัตถุประสงค์ของการพาสเจอร์ไรซ์สามารถแบ่งออกตามค่า pH ของอาหารเป็นอาหารที่มีค่า pH มากกว่า 4.6 และอาหารที่มีค่า pH น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6

1) อาหารที่มีค่า pH มากกว่า 4.6 การพาสเจอร์ไรซ์ทำเพื่อฆ่าจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย (Pathogen) ต่อผู้บริโภค จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียบางส่วนอาจเหลือรอดจากการพาสเจอร์ไรซ์ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้การถนอมอาหารแบบอื่นควบคู่ไปด้วยเพื่อป้องกันการเน่าเสีย

2) อาหารที่มีค่า pH น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6 การพาสเจอร์ไรซ์อาหารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่แล้วทำเพื่อทำลายเซลล์ปกติ (Vegetative cell) เนื่องจากเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะต่อการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคและต่อการงอกของสปอร์ ในกรณีของน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง เช่น มะนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพาสเจอร์ไรซ์เพื่อทำลายยีสต์หรือรา ส่วนพวกเครื่องดื่มที่ได้จากการหมักเช่น ไวน์ หรือเบียร์ การพาสเจอร์ไรซ์เพื่อทำลายพวกยีสต์แปลกปลอม (Wild yeast)

2.9.3.2 การสเตอริไลซ์ (Sterilization) เป็นการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำลายสปอร์ของแบคทีเรียซึ่งมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าเซลล์ปกติ (Vegetative cell) จุดมุ่งหมายหลักของการสเตอริไลซ์อาหาร คือ การทำให้จุลินทรีย์และสปอร์ของมันไม่สามารถเจริญเติบโตได้ภายใต้สภาวะปกติที่ใช้ในการเก็บรักษาหมายความว่าอาจมีจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเหลือรอดอยู่บ้างในอาหาร (พวกที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคต้องถูกทำลายหมด) แต่สภาวะแวดล้อมทำให้มันไม่สามารถเจริญขึ้นได้ เรียกการให้ความร้อนกับอาหารโดยใช้หลักการนี้ว่า “การฆ่าเชื้อแบบเชิงการค้า”(Commercial sterilization)

โดยทั่วไปอาหารที่อยู่ในสภาพปลอดเชื้อแบบเชิงการค้าจะอยู่ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (Hermetically sealed containers) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนขึ้นอีกหลังการฆ่าเชื้อ นอกจากนี้ตามหลักการผลิตอาหารในภาชนะปิดสนิทจะต้องทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีปริมาณออกซิเจนเหลืออยู่ในระดับต่ำมากดังนั้นจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจน(Obligate aerobes) จึงไม่สามารถเจริญ และทำให้อาหารเน่าเสียหรือเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค นอกจากนี้สปอร์ของแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนมีความทนทานต่อความร้อนน้อยกว่าสปอร์ของพวกที่ไม่ต้องการออกซิเจน(Facultative หรือ obligate anaerobes)

2.9.4. การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

การให้ความร้อนในการฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะปิดสนิท เช่น กระป๋องเป็น “กรรมวิธีการผลิตที่กำหนด” (Scheduled process หรือ Process schedule) ซึ่งหมายถึง ข้อกำหนดการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิทด้วยความร้อน ที่กำหนดโดยผู้กำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Process authority) ข้อกำหนดดังกล่าวต้องประกอบด้วยข้อมูล ชนิดและขนาดของภาชนะบรรจุ ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหาร ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของอาหาร ส่วนประกอบของอาหารหรือสูตรอาหาร ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนที่ใช้ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด และแต่ละขนาดบรรจุ และปัจจัยวิกฤตอื่นๆที่มีผลต่อการส่งผ่านความร้อนของอาหาร

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 349) พ.ศ.2556 เรื่องวิธีการผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตและการเก็บรักษาอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำและชนิดที่ปรับกรด กำหนดไว้ในบัญชีแนบท้ายหมายเลข 1 หัวข้อที่ 3.3 ให้ผู้ผลิตต้องจัดทำเป็นเอกสารแสดงกรรมวิธีการผลิตที่กำหนดซึ่งได้จากการศึกษาการกระจายอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อ(Temperature distribution: TD) และการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนในอาหาร (Heat penetration: HP) ภายใต้ปัจจัยเกี่ยวกับการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์เป้าหมาย คือ คลอสทริเดียม โบทูลินัม (*Clostridium botulinum*) หรือกรณีใช้จุลินทรีย์เป้าหมายอื่นต้องมีหลักฐานทางวิชาการว่ามีค่าความต้านทานต่อความร้อนที่เทียบเท่าหรือสูงกว่าสปอร์ของคลอสทริเดียม โบทูลินัม

กรรมวิธีการผลิตที่กำหนดเป็นวิธีการที่ผู้ผลิตเลือกใช้และมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์จะได้รับการฆ่าเชื้อแบบเชิงการค้าอย่างเพียงพอ ส่วน Operating process คือกระบวนการให้ความร้อนที่ผู้ผลิตเลือกใช้ซึ่งเท่ากับหรือเกินกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ใน “กรรมวิธีการผลิตที่กำหนด” ในการกำหนดกระบวนการ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฆ่าเชื้อด้วยความร้อน มีขั้นตอนที่ใช้เพื่อพิจารณาโดยมีปัจจัยที่สำคัญ คือ อัตราเร็วที่ปริมาณความร้อนแทรกผ่านไปยังจุดที่ร้อนที่สุดในอาหารและสมบัติในการทนต่อความร้อนของสปอร์ของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร

2.9.4.1. ความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ ความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ มีมากน้อยเพียงใดขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1) **ชนิดและจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น** สามารถใช้ความร้อนทำลายยีสต์และราส่วนใหญ่ได้ง่ายกว่าแบคทีเรียและสปอร์ของแบคทีเรียทนความร้อนได้มากกว่าเซลล์ปกติ (Vegetative cell) ระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อขึ้นกับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น ถ้าปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นมากเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อุณหภูมิและเวลาที่กำหนดไว้ในกระบวนการฆ่าเชื้อก็จะไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้หมด ก่อให้เกิดปัญหาอาหารผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ(Under process) ได้

2) **อายุของจุลินทรีย์** ความต้านทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์แตกต่างกันไปตามระยะการเจริญของจุลินทรีย์โดยจุลินทรีย์จะมีความทนทานต่อความร้อนได้สูงสุดในระยะ Stationary phase (Old cells) รองลงมาคือช่วงของ Lag phase (ช่วงพักตัวก่อนการเจริญเติบโต) ส่วนช่วง Logarithmic phase จุลินทรีย์ไม่ทนต่อความร้อน

3) **อุณหภูมิ** จุลินทรีย์ทนความร้อนได้มากที่สุดเมื่อเจริญอยู่ในสภาพที่อุณหภูมิเหมาะสมต่อการเจริญของมัน (Optimum temperature) ยิ่ง Optimum temperature ของจุลินทรีย์นั้นสูงขึ้นเท่าไรจุลินทรีย์ก็จะยิ่งทนต่อความร้อนได้มากยิ่งขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิที่อาหารถูกทิ้งไว้ก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อจะมีผลต่อความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ด้วย

4) **ลักษณะของอาหาร** จุลินทรีย์สามารถทนต่อความร้อนได้มากขึ้น เมื่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ในอาหารลดลง สารประกอบต่างๆที่เป็นองค์ประกอบในอาหาร เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือ (เกลือของแคลเซียมและแมกนีเซียม) รวมทั้งเกลือแกงและน้ำตาลที่เติมลงไปและมีผลไปลดค่า a_w ของอาหารลงก็จะมีผลไปช่วยเพิ่มความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ แต่สารประกอบที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Inhibitory compounds) ทั้งที่มีในอาหารตามธรรมชาติหรือที่เติมลงไปในอาหารจะมีผลไปลดความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์

5) **ความเป็นกรด-ด่างของอาหาร (pH)** pH เป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในกระบวนการฆ่าเชื้ออาหาร ทั้งนี้เพราะ pH มีผลโดยตรงต่อกระบวนการให้ความร้อนและความสามารถในการเจริญของจุลินทรีย์ ปกติจุลินทรีย์จะทนต่อความร้อนได้มากที่สุดเมื่อเจริญอยู่ในสภาพที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม (Optimum pH) อาหารสามารถแบ่งตามความเป็นกรด-ด่างออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

5.1) **อาหารที่เป็นกรด มีค่า pH ต่ำกว่า 4.6** เช่น ส้ม มะนาว สับปะรด เป็นต้น ความเป็นกรดทำให้จุลินทรีย์(โดยเฉพาะแบคทีเรียที่สร้างสปอร์)ไม่เติบโตและมีความทนทานต่อความร้อนได้น้อยจึงถูกทำลายได้ง่าย การฆ่าเชื้ออาหารประเภทนี้โดยทั่วไปมุ่งมาที่ยีสต์และราและใช้ความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเดือดปกติ(100 องศาเซลเซียส)

5.2) **อาหารที่เป็นกรดต่ำ มีค่า pH สูงกว่า 4.6** เช่น เนื้อสัตว์ อาหารทะเล ผัก ข้าวโพด สำหรับอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท สภาพไร้อากาศในบรรจุภัณฑ์เหมาะที่ *C. botulinum* จะเจริญและสร้างสารพิษ นอกจากนั้นมันยังสามารถสร้างสปอร์ที่ทนทานต่อความร้อนได้ดี จึงต้องใช้ความระมัดระวังสูงในการฆ่าเชื้อทุกครั้งที่มี การนำเอาอาหารประเภทนี้ไปใช้

ความร้อนสูงถึง 116–121 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายสปอร์ของแบคทีเรียตัวนี้ซึ่งเป็นเป้าหมายที่สำคัญในการฆ่าเชื้ออาหารที่มีความเป็นกรดต่ำเพราะสารพิษที่มันสร้างเป็นชนิดเฉียบพลันและมีพิษร้ายแรงมาก แต่สามารถทำลายได้โดยใช้ความร้อนชื้น (Moist heat) ที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

2.9.5. วิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

การฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารในภาชนะปิดสนิทให้ปลอดภัยแบบเชิงการค้ามีหลายวิธีขึ้นกับว่าจะใช้วิธีการแบบดั้งเดิมโดยการฆ่าเชื้อในเครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (Retort) หรือใช้วิธีการผลิตแบบปลอดเชื้อหรือใช้เทคนิคการพาสเจอร์ไรซ์ในกรณีของอาหารปรับกรด

2.9.5.1 การฆ่าเชื้อในเครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (Retort) เครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน คืออุปกรณ์ปิดที่ใช้ฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทโดยทำงานภายใต้ความดันเพื่อให้อุณหภูมิขึ้นสูงกว่า 100 องศาเซลเซียสมีหลายระบบแต่มีคุณลักษณะร่วมกัน ดังนี้

- 1) ระบบทำงานภายใต้ความดันและมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิน้ำเดือดมาก
- 2) ระบบใช้ตัวกลางเพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับผลิตภัณฑ์ ตัวกลางที่ใช้มีทั้งไอน้ำ น้ำร้อน (โดยให้บรรจุภัณฑ์อยู่ในน้ำร้อน หรือสเปรย์ด้วยน้ำร้อน เป็นต้น) และไอน้ำผสมกับอากาศ
- 3) บางระบบใช้ความดันเพิ่ม (Overpressure) ระหว่างการฆ่าเชื้อและการหล่อเย็นเพื่อคงความสมบูรณ์ของภาชนะบรรจุไว้และเพื่อให้เกิดสมดุลกับความดันที่เกิดขึ้นในภาชนะบรรจุ ระบบนี้จำเป็นสำหรับภาชนะบรรจุบางประเภทที่มีความหนานที่จำกัดต่อความดันที่เกิดขึ้นภายในภาชนะบรรจุ ตัวอย่างเช่นบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว บรรจุภัณฑ์กึ่งแข็งตัว ถาดโลหะ (Metal trays) กล่องกระดาษ (Paperboard containers) และขวดแก้ว
- 4) เครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน ต้องทำงานอย่างถูกต้องเพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนเพียงพอต่อการฆ่าเชื้อแบบเชิงการค้า

2.9.5.2. การฆ่าเชื้ออาหารปรับกรดและอาหารควบคุมวอเตอร์แอกติวิตี เนื่องจาก pH (ต่ำกว่า 4.6) หรือวอเตอร์แอกติวิตี (ต่ำกว่า 0.85) ช่วยหยุดยั้งการเจริญของคลอสทริเดียม โบทูลินัม อาหารปรับกรดและอาหารควบคุมวอเตอร์แอกติวิตีจึงต้องการความร้อนที่ไม่สูง (Mild heat) ซึ่งอาจทำการ Hot-fill-hold technique หรือ Atmospheric processing โดยใช้เครื่องพาสเจอร์ไรซ์หรือ Atmospheric cooker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Abdel-Aal *et al.* (2006) รายงานว่าปริมาณแอนโธไซยานินมีค่าอยู่ในช่วง 273.72-14.09 mg/100 gdb และกลุ่มของข้าวเหนียวดำจะมีปริมาณแอนโธไซยานินสูงกว่ากลุ่มของข้าวเจ้าดำ โดยข้าวพันธุ์ KKU-GL-BL 06-043 มีปริมาณแอนโธไซยานินสูงที่สุด รองลงมาคือ KKU-GL-BL 05-003 หอมนิล และหอมมะลิแดง ตามลำดับ ปริมาณแอนโธไซยานินจะมีผลต่อความเข้มของสีในข้าวเนื่องจากแอนโธไซยานินเป็นรงควัตถุที่มีสีแดงถึงม่วงโดยสารแอนโธไซยานินในธัญพืชจะพบอยู่ในบริเวณเนื้อเยื่อชั้นนอกและเนื้อเยื่อชั้นใน

วัลลภา (2556) รายงานว่าผลกระทบของกระบวนการแปรรูปข้าวจำกัดปริมาณ และคุณภาพของสารออกฤทธิ์ชีวภาพของเมล็ดข้าวจำกัดที่ใช้ศึกษา มี 3 พันธุ์ คือ ก่ำพะเยา ก่ำลิ้มผิวและก่ำดอยสะเก็ด จากการวิเคราะห์ทางกายภาพของข้าวจำกัดปริมาณ พบว่า ข้าวจำกัดปริมาณ มีขนาดเมล็ดใหญ่ และน้ำหนักมากที่สุด ส่วนคุณภาพด้านองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน พบว่า ข้าวจำกัดปริมาณทั้ง 3 พันธุ์ มีความชื้น ไขมัน และเส้นใยไม่แตกต่างกัน และพบว่าข้าวจำกัดปริมาณมีสารออกฤทธิ์ชีวภาพซึ่งได้แก่ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด แทนนิน แอนโธไซยานิน และสมบัติการต้านออกซิเดชันมากที่สุดแต่มีปริมาณแกมมา-โอริซานอล GABA และโทโคฟีรอลต่ำที่สุด และการเก็บรักษาข้าวจำกัดปริมาณในสภาพบรรจุสุญญากาศช่วยรักษาคุณภาพ และปริมาณของสารออกฤทธิ์ชีวภาพได้ดีกว่าการเก็บไว้ในถังเปิดและกระสอบพลาสติก

นิจจรา (2552) รายงานว่า พริกและหอมแดงเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการทำน้ำพริก เมื่อวิเคราะห์คุณภาพของวัตถุดิบแล้วพบว่าหอมแดงมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อเทียบเท่ากับวิตามินซี ในวิธี DPPH assay เท่ากับ 28.09 และมีสารประกอบฟีนอลเท่ากับร้อยละ 6.74 โดยน้ำพริกตาแดงในการทดลองแต่ละสูตรได้ปรับเปลี่ยนส่วนผสมวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิดผลิตโดยผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ได้ตัวอย่างที่มีคะแนนความชอบจากผู้บริโภคและประสิทธิภาพสูงสุด คือ น้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดและสูงเป็น 1.63-1.80 เท่าของน้ำพริกตาแดงที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

ณัฐฐา และคณะ (2557) รายงานว่าการพัฒนาซอสซุบไก่ย่างกอและ เพื่อศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่ย่างกอและพร้อมบริโภคโดยคัดเลือกสูตรต้นแบบจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจากสูตรพื้นฐานไก่ย่างกอและ พบว่า สูตรที่ 3 ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส (Hedonic Scale 9 Points) โดยคะแนนความชอบโดยรวมมีค่าเฉลี่ยมีค่าสูงสุด (7.41) โดยส่วนผสมของซอสซุบไก่ย่างกอและสูตรที่ 3 ประกอบด้วย หอมแดง พริกชี้ฟ้าแดงแห้ง กระเทียม ชিং หัวกะทิ น้ำสะอาด น้ำตาลปีบ เกลือป่น ผงลูกผักชี ผงยี่ห่วย ถั่วลิสงคั่ว พริกไทย ไขมันและมะขามเปียก นำสูตรที่ได้นี้เป็นสูตรต้นแบบเพื่อศึกษาอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และซอสไก่ย่างกอและ ได้แก่ 1:0 1:1 1:2 และ 1:3 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) หมักที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงนำไปอบบนเตาอบที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ผลวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสพบว่าอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่ต่อซอสไก่ย่างกอและ 1:2 ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสได้แก่ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความโดยชอบรวมสูงที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 8.05 7.90 7.80 7.90 และ 8.35 ตามลำดับ ส่วนปริมาณแคปไซซินในซอสซุบไก่ย่างกอและเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีค่าเท่ากับ 7.94 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีปริมาณค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 50.47 มิลลิกรัม eqTrolox/100 กรัม ส่วนผลิตภัณฑ์ไก่ออกและมีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใย และเถ้า คิดเป็น ร้อยละ 35.22 14.62 11.85 0.90 และ 28.30 ตามลำดับ

จากรูธรรม (2554) ได้วิเคราะห์และเปรียบเทียบแคปไซซินอยด์ ค่าความเผ็ดรวมและค่าดัชนีความเผ็ดตามระยะเวลาการสุกแก่ของผลพริก ได้แก่ พริกดิบ (สีเขียว) พริกสุก (สีแดง) และพริกแห้งในพริกสายพันธุ์ต่างๆที่นิยมปลูกในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์หัวเรือ พันธุ์ทองดำ พันธุ์ซูปเปอร์ฮอท พันธุ์พริกช่อ และพันธุ์จินดา โดยทำการสกัดสารแคปไซซินอยด์โดยวิธี Solvent extraction และวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีเหลวสมรรถนะสูง โดยใช้ N-vanillylnonamide เป็นสารมาตรฐาน คำนวณและเปรียบเทียบปริมาณสารแคปไซซินอยด์ ค่าความเผ็ดรวม และค่าดัชนีความเผ็ดตามระยะเวลาการสุกแก่ของผลพริก ผลการศึกษาพบว่าพริกทุกสายพันธุ์และทุกระยะการสุกแก่ จะมีสารแคปไซซินอยด์ชนิดแคปไซซินในปริมาณมากที่สุด ระยะเวลาการสุกแก่ของผลพริกมีผลต่อปริมาณแคปไซซินอยด์ พบว่าพริกดิบและพริกสุกพบความแตกต่างของปริมาณแคปไซซินอยด์ระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$)

Wangcharoen and Morasuk (2007) รายงานว่าปริมาณสารแคปไซซินที่วิเคราะห์จากเครื่อง HPLC สามารถคำนวณเป็นค่าดัชนีความเผ็ดในหน่วยสโควิลล์ได้จากสมการ $SHU = \text{ปริมาณสารแคปไซซิน (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)} \times 150,000$ โดยผู้คิดค้นวิธีวัดค่าดัชนีความเผ็ดคนแรกเป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ วิลเบอร์ สโควิลล์ ในปี 1912 โดยกำหนดชุดทดสอบประกอบด้วยกลุ่มคนซึ่งทำหน้าที่ในการชิมและให้คะแนนความเผ็ด แต่ในระยะหลังได้มีการนำเครื่อง HPLC นำมาใช้วัดปริมาณของสารแคปไซซินในพริกแต่ละชนิดโดยตรง และเทียบปริมาณสารที่วัดได้เป็นหน่วยสโควิลล์ (Scoville Heat Unit : SHU) โดยกำหนดให้สารแคปไซซิน 1 ในล้านส่วนมีค่าเท่ากับ 15 หน่วยสโควิลล์

จรงค์ และคณะ (2546) ได้หาดัชนีความเผ็ด (SHU) ของพริก 3 ชนิด ได้แก่ พริกจินดา พริกชี้ฟ้า และพริกชี้หนู จากการสกัดในอะซิโตนนาน 22 ชั่วโมงแล้ววิเคราะห์ด้วย HPLC ใช้เครื่อง Walter 600E คอลัมน์ YMC-Pack ODS-A, S-5 12 ไมโครเมตร และ 12 นาโนเมตรขนาด 50x4.6 ไมโครเมตร เครื่องตรวจวัดการเรืองแสงของสาร (UV Detector) 280 นาโนเมตร ใช้สารตัวพา คือ เมทานอล : น้ำ ในอัตราส่วน 75 : 25 ที่อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที พบว่าพริกจินดามีความเผ็ดสูงสุด โดยมีค่าดัชนีความเผ็ดอยู่ระหว่าง 28,050-40,200 SHU รองลงมาคือพริกชี้หนูสด มีค่าดัชนีความเผ็ดอยู่ระหว่าง 19,500-28,050 SHU และพริกชี้ฟ้าสดมีดัชนีความเผ็ดอยู่ระหว่าง 7,500-16,500 SHU

Sudathip *et al.* (2011) ได้ศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและสีของพริกแกง โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 75 90 105 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 10 20 30 40 50 และ 60 นาที พบว่า พริกแกงที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพริกแกงที่อุณหภูมิอื่น

Massaretto *et al.* (2011) รายงานว่าการแปรรูปข้าวกล้องให้สุกด้วยความร้อนต่อการลดลงของสารออกฤทธิ์ชีวภาพ โดย พบว่าเมื่อนำข้าวกล้องไปผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน สารประกอบฟีนอลทั้งหมดลดลงจาก 409.7 เหลือ 202.6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Qureshi *et al.* (2002) รายงานว่าการให้ความร้อนในข้าวที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30-120 นาที เวลาที่มีผลทำให้กิจกรรมการต้านออกซิเดชันในเมล็ดข้าวลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับ เมล็ดข้าวที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนอาจเป็นเพราะอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนส่งผลให้สาร ที่มีคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวนั้นถูกทำลายไปเนื่องจากความร้อนและระยะเวลา ในการให้ความร้อนนั่นเอง เช่น สารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารที่ไม่ทนร้อนพบมากบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ด ดังนั้นกิจกรรมการต้านออกซิเดชันที่ยังคงเหลืออยู่ในเมล็ดข้าวอาจเป็นผลมาจากสารที่มีคุณสมบัติในการ ต้านออกซิเดชันที่ยังไม่ถูกทำลายหรือยังถูกทำลายไม่หมด เช่น สารแกมมาโอโรซานอล สารในกลุ่ม ไฟโตสเตอรอล กลุ่มพอลิฟีนอล และวิตามินอี (โทโคเฟอรอลและโทโคไตรอีนอล) ซึ่งสารเหล่านี้เป็นไขมัน ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพเนื่องจากการมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

Yayuan Tang *et al.* (2016) รายงานว่าข้าวเจ้าดำที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนมีปริมาณ สารประกอบฟีนอล เท่ากับ 4.92 มิลลิกรัมGAEต่อกรัม และเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนด้วยการต้ม เปื่อยเป็นเวลา 35 นาที พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลลดลงเหลือเพียง 3.37 มิลลิกรัมGAEต่อกรัม และข้าวเจ้าดำที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนมีปริมาณฟลาโวนอยด์ เท่ากับ 3.91 มิลลิกรัมGAEต่อ กรัม และเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนด้วยการต้มเปื่อยเป็นเวลา 35 นาที พบว่ามีปริมาณ ฟลาโวนอยด์ลดลงเหลือเพียง 2.87 มิลลิกรัมGAEต่อกรัม

อริสรา และคณะ (2555) รายงานว่าการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ เครื่องต้มใหม่ข้าวโพดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 30 35 และ 40 นาที และที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 1 2 และ 3 นาที เปรียบเทียบกับเครื่องต้มใหม่ข้าวโพดสด พบว่า เครื่องต้มใหม่ ข้าวโพดสดมีค่าร้อยละความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณ ฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับเครื่องต้มใหม่ข้าวโพด พาสเจอร์ไรซ์ทุกชนิด โดยเครื่องต้มใหม่ข้าวโพดสดมีค่าร้อยละความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด คือ ร้อยละ 96.31 0.31 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และ 10.28 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร ตามลำดับ เครื่องต้มใหม่ข้าวโพดพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 30 35 และ 40 นาทีและที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเวลา 1 2 และ 3 นาที มีค่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยร้อยละ 86.42 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ย 0.25 ไมโครกรัม ต่อมิลลิลิตรและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเฉลี่ย 9.54 ไมโครกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัสดุ

3.1.1 วัตถุดิบและเครื่องเทศ

- 1) ข้าวลิ้มผิว (จากกลุ่มเกษตรอินทรีย์ พะวอพีซผล จังหวัดตาก)
- 2) พริก (บริษัท สยามแม็คโคร จำกัด มหาชน)
- 3) หอม (บริษัท สยามแม็คโคร จำกัด มหาชน)
- 4) ถั่วลิสง (บริษัท สยามแม็คโคร จำกัด มหาชน)
- 5) เครื่องเทศ (บริษัท สยามแม็คโคร จำกัด มหาชน)
- 6) เครื่องปรุง (บริษัท สยามแม็คโคร จำกัด มหาชน)

3.1.2 สารเคมี

- 1) เมทานอล (Methanol) ; บริษัท Fisher,UK
- 2) สารแคปไซซินมาตรฐาน (Capsaicin standard) ; บริษัท Sigma-Aldrich, Switzerland
- 3) กรดอะซิติก (Acetic acid) ; บริษัท Merck, Germany
- 4) แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide) ; บริษัท Merck, Germany
- 5) 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ; บริษัท Sigma-Aldrich, Germany
- 6) Folin - Ciocalteu reagent ; บริษัท Sigma-Aldrich, Switzerland
- 7) กรดแกลลิก (Gallic acid) ; บริษัท Sigma-Aldrich, China
- 8) โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium persulfate) ; บริษัท Loba chemie, India
- 9) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) ; บริษัท Fisher, India
- 10) โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) ; บริษัท Loba chemie, India
- 11) โซเดียมอะซิเตต (Sodium acetate) ; บริษัท Ajax Finechem, Australia
- 12) กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid) ; บริษัท Merck, Germany
- 13) กรดบอริก (Boric acid) ; บริษัท Merck, Germany
- 14) กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid) ; บริษัท Sigma-Aldrich, China
- 15) อลูมิเนียมคลอไรด์ (Aluminum trichloride) ; บริษัท Loba chemie, India
- 16) เคอร์ซิติน (Quercetin) ; บริษัท Fisher, India
- 17) ปีโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether) ; บริษัท Merck, Germany
- 18) โบรโมครีซอล กรีน (Bromocresol green) ; บริษัท Fisher, India
- 19) เมทิล เรด (Methyl red) ; บริษัท Fisher, India
- 20) โซเดียมไนเตรท (Sodium Nitrate) ; บริษัท Sigma-Aldrich, China

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21) น้ำกลั่น คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯลาดกระบัง

3.2 เครื่องมือวิเคราะห์และอุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

- 1) ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask)
- 2) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
- 3) ปีกเกอร์ (Beaker)
- 4) กรวยกรอง (Funnel)
- 5) ขวดสีชา (Amber Reagent Bottle)
- 6) กระดาษกรองเบอร์ 4 (Whatman paper No.4)
- 7) ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucible)
- 8) โถดูดความชื้น (Desiccator)
- 9) อุปกรณ์ทำครัว (Kitchen utensils)
- 10) อุปกรณ์การย่อย (digestion unit)
- 11) อุปกรณ์การกลั่น (distillation unit)
- 12) อุปกรณ์ไทเทรต (titration unit)

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

- 1) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ; Shimadza UV-1201
- 2) เครื่องโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ; Shimadzu; FCV-10 ALvp
- 3) เครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน; Heidolph Rotary Evaporator
- 4) ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus)
- 5) เตาเผา (Muffle furnace)
- 6) เครื่องวัดสี ; Minolta CR 300
- 7) เครื่องวัดค่าความหนืด ; Brookfield viscometer Model DV-II
- 8) เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ ; AquaLab Series 3
- 9) เครื่องวัดค่าความเป็นกรดต่าง ; Mettler Toledo SevenGO Pro
- 10) ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส (Hot air oven) ; ED 53
- 11) เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง ; Sartorius analytic A200S
- 12) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ; Sartorius analytic TE2145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1

3.3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในวัตถุดิบและเครื่องเทศ ได้แก่ ข้าวสาลีผั่ว หอมแดง และพริก

3.3.1.1 การเตรียมตัวอย่างจากวัตถุดิบและเครื่องเทศ

การเตรียมตัวอย่างจากวัตถุดิบและเครื่องเทศ ใช้วัตถุดิบและเครื่องเทศที่สำคัญ 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวสาลีผั่ว หอมแดง และพริก โดยมีวิธีการเตรียมดังนี้

1) การสกัดสารจากตัวอย่างข้าวสาลีผั่ว (วัลลภา, 2556)

นำข้าวสาลีผั่วปริมาณ 5 กรัม มาบดให้ละเอียด เติมน้ำละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 ในปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำไปเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 จากนั้นนำไปทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุนสกัดจนได้ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ดังนั้นความเข้มข้นของสารตัวอย่างเริ่มต้นเท่ากับ 1 กรัมต่อมิลลิลิตร

2) การสกัดสารจากหอมแดง (นิจฉรา, 2552)

นำหอมแดง ปริมาณ 50 กรัม มาบดให้ละเอียด เติมน้ำละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ในปริมาตร 300 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีแล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 จากนั้นนำไปทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน สกัดจนได้ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ดังนั้นความเข้มข้นของสารตัวอย่างเริ่มต้นเท่ากับ 10 กรัมต่อมิลลิลิตร

3) การสกัดสารจากตัวอย่างพริก (นิจฉรา, 2552)

นำพริก ปริมาณ 50 กรัม มาบดให้ละเอียด เติมน้ำละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ในปริมาตร 300 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีแล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 จากนั้นนำไปทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน สกัดจนได้ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ดังนั้นความเข้มข้นของสารตัวอย่างเริ่มต้นเท่ากับ 10 กรัมต่อมิลลิลิตร

3.3.1.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัตถุดิบและเครื่องเทศ โดยวิเคราะห์จากวัตถุดิบและเครื่องเทศด้วยวิธีการ ดังนี้

1) คุณภาพทางกายภาพ

1.1) วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Minolta CR-300 (ตั้งภาคผนวก ค-2)

2) คุณภาพทางเคมี

2.1) วิเคราะห์ความชื้น (AOAC., 2000) (ตั้งภาคผนวก ง-1)

2.2) วิเคราะห์ความเป็นกรดต่างด้วยเครื่อง Mettler Toledo SevenGO Pro

(ตั้งภาคผนวก ง-5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.3 การศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิเคราะห์จากวัตถุดิบและเครื่องเทศด้วยวิธีการ ดังนี้

1) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (อภิตดา ,2548)

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัดของข้าวสาลีผั่ว พริก และหอมแดง โดยใช้สารละลาย Folin-Ciocalteu Reagent และสารละลาย Gallic acid เป็นสารมาตรฐาน วิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer) ที่ค่าการดูดกลืนแสง 765 นาโนเมตร (ดังภาคผนวก ฉ-2)

2) วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ (ดัดแปลงจากวิธี Oyedemi *et al* ,2013)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์ในตัวอย่างสารสกัดของข้าวสาลีผั่ว พริก และหอมแดง โดยใช้วิธี Aluminium trichloride ($AlCl_3$) colorimetric และใช้สารละลาย Quercetin เป็นสารมาตรฐาน วิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer) ที่ค่าการดูดกลืนแสง 510 นาโนเมตร (ดังภาคผนวก ฉ-3)

3) วิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานิน (ดัดแปลงจากวิธี Hosseinian *et al*.,2008 และ AOAC,2005)

การวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินในตัวอย่างสารสกัดของข้าวสาลีผั่ว โดยวิธี pH differential ใช้บัฟเฟอร์เป็นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 1.0 และ โซเดียมอะซิเตท ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.5 วิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer) ที่ค่าการดูดกลืนแสง 557 และ 700 นาโนเมตร (ดังภาคผนวก ฉ-4)

4) วิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน (Batchelor and Jones ,2000)

วิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน ในตัวอย่างสารสกัดของพริกโดยใช้ Capsaicin standard เป็นสารมาตรฐาน วิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) ที่ความยาวคลื่น 222 นาโนเมตร (ดังภาคผนวก ฉ-5)

5) วิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity assay (ดัดแปลงจากวิธี Laokuldilok *et al.*, 2011)

การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยใช้สารละลายเป็น DPPH Solution วิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer) ที่ค่าการดูดกลืนแสง 517 นาโนเมตร (ดังภาคผนวก ฉ-6)

3.3.1.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2

3.3.2 การศึกษาอัตราส่วนของข้าวลิ้มผิวในซอสเครื่องเทศต่อคุณสมบัติทางกายภาพทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการเตรียมซอสเครื่องเทศตามสูตรและวิธีดัดแปลงจาก มาริสา (2559) โดยศึกษาอัตราส่วนการเติมข้าวลิ้มผิวร้อยละ 5 10 และ 15 เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่เติมข้าวลิ้มผิว

3.3.2.1 สูตรและการเตรียมซอสเครื่องเทศ
ส่วนประกอบของวัตถุดิบในแต่ละสูตรแสดงดังตารางที่ 3.1 ดัดแปลงจาก มาริสา (2559)

ตาราง 3.1 ส่วนประกอบสำหรับการทำซอสเครื่องเทศ

สูตร	ส่วนประกอบ (ร้อยละ)							รวม
	ข้าวลิ้มผิว	น้ำ	พริก	ถั่วลิสง	หอมแดง	เครื่องเทศ	เครื่องปรุงรส	
สูตรพื้นฐาน	6 (ข้าวสาร)	70	6	2	7	3	6	100
1 (ควบคุม)	0.00	76	6	2	7	3	6	100
2	5.00	71	6	2	7	3	6	100
3	10.00	66	6	2	7	3	6	100
4	15.00	61	6	2	7	3	6	100

3.3.2.2 กรรมวิธีการผลิตซอสเครื่องเทศ (มาริสา, 2559)

นำส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่ ข้าวลิ้มผิว พริก ถั่วลิสง หอมแดง เครื่องเทศ เครื่องปรุงปั่น ผสมกันให้ละเอียด เติมน้ำ และนำไปผัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

นำซอสเครื่องเทศสูตรต่างๆที่ได้มาทำการศึกษาโดยการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2 การเตรียมตัวอย่างจากซอสเครื่องเทศ

1) การเตรียมสารสกัดซอสเครื่องเทศ (นิจฉรา, 2552)

การเตรียมสารสกัดของซอสเครื่องเทศเพื่อนำไปวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เตรียมดังข้อ 3.3.1

3.3.2.3 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

โดยทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ด้วยวิธีการดังนี้

1) คุณภาพทางกายภาพ

1.1) วิเคราะห์ค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer Model DV-II

(ดังภาคผนวก ค-1)

1.2) วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Minolta CR-300 (ดังภาคผนวก ค-2)

1.3) วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (AquaLab Series 3) (ดังภาคผนวก ค-3)

2) คุณภาพทางเคมี

2.1) วิเคราะห์ความชื้น (AOAC., 2000) (ดังภาคผนวก ง-1)

2.2) วิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Crude Fat) (AOAC., 2000) (ดังภาคผนวก ง-2)

2.3) วิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC.,2000) (ดังภาคผนวก ง-4)

2.4) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC.,2000) (ดังภาคผนวก ง-3)

2.5) วิเคราะห์ความเป็นกรดต่างด้วยเครื่อง Mettler Toledo SevenGO Pro

(ดังภาคผนวก ง-5)

3.3.2.4 การศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระจากซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตร โดยมีวิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 3.3.1.4

3.3.2.5 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบการยอมรับโดยใช้สเกลแบบ 9-point hedonic จากผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน ระดับการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อการเติมข้าวลิ้มผิวในซอสเครื่องเทศโดยให้คะแนนความชอบที่ระดับ 1-9 (Meilgaard *et al.*, 1999) ให้คะแนน 9 เป็นระดับที่ชอบมากที่สุดและให้คะแนน 1 เป็นระดับที่ไม่ชอบมากที่สุด ใช้แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยคุณลักษณะที่ทดสอบได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความโดยชอบรวม จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) โดยนำข้อมูลที่ได้อมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป SPSS (ดังภาคผนวก จ)

3.3.2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3

3.3.3 การศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

3.3.3.1 การเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์

1) การเตรียมขอสเครื่องเทศ

เตรียมขอสเครื่องเทศจากสูตรที่เหมาะสมในตอนที 2 จากนั้นแบ่งเป็น 2 ส่วนโดยส่วนแรกไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ ส่วนที่สองนำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ โดยนำขอสเครื่องเทศบรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบถั่ว 170 กรัม ปิดฝาด้วยแผ่นฟิล์ม จากนั้นทำการฆ่าเชื้อด้วยระบบสเปรย์น้ำร้อนที่อุณหภูมิใน 120 องศาเซลเซียสที่ความดัน 21 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลา 30 นาที นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้ง 2 ส่วนไปวิเคราะห์ค่าต่างๆ ได้แก่ วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี วิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยมีวิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับตอนที่ 2

3.3.3.2 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในวัตถุดิบและเครื่องเทศ ได้แก่ ข้าวสลิမ်ผิว หอมแดง และพริก

จากผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Minolta CR-300 คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าความชื้นและการวิเคราะห์ความเป็นกรดต่างด้วยเครื่อง Mettler Toledo SevenGO Pro นอกจากนี้ยังมีการศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ การวิเคราะห์แอนโทไซยานิน การวิเคราะห์แคปไซซิน และการวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

4.1.1.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัตถุดิบและเครื่องเทศ

จากการวิเคราะห์ค่าสีของวัตถุดิบและเครื่องเทศ ด้วยเครื่อง Minolta CR-300 ในระบบ CIE Lab scale เมื่อพิจารณาจากค่าสีวัดในรูป $L^* a^* b^*$ โดยค่า L^* คือ ความสว่าง ค่า a^* คือ ค่าสีแดง และค่า b^* คือค่าสีเหลือง พบว่าวัตถุดิบและเครื่องเทศที่ต่างชนิดกันมีผลทำให้ค่า L^* มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยวัตถุดิบและเครื่องเทศ ได้แก่ ข้าวสลิမ်ผิว หอมแดง และพริก ได้ค่าเท่ากับ 55.22 48.90 และ 46.60 ตามลำดับ ค่า a^* มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ได้ค่าเท่ากับ 2.43 4.90 และ 11.44 ตามลำดับ และค่า b^* มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับค่า L^* และค่า a^* ได้เท่ากับ 3.05 2.64 และ 22.22 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1.1 เหตุที่วัตถุดิบและเครื่องเทศมีค่าสี $L^* a^* b^*$ แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดอาจเป็นเพราะวัตถุดิบและเครื่องเทศทั้ง 3 ชนิดนั้น มีชนิด ลักษณะ และสีที่ต่างกัน โดยข้าวมีค่าความสว่าง ค่า L^* สูงที่สุด และพริกมีค่าสี a^* และ b^* สูงที่สุด

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในวัตถุดิบและเครื่องเทศ ได้แก่ ข้าวสลิမ်ผิว หอมแดง และพริก ในตัวอย่าง 5 กรัมพบว่าวัตถุดิบและเครื่องเทศที่ต่างชนิดกันมีผลทำให้ปริมาณความชื้นมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 11.84 84.69 และ 34.50 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1.1 โดยหอมแดงมีปริมาณความชื้นมากกว่าข้าวสลิမ်ผิว และพริก เนื่องจากหอมแดงมีน้ำเป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 83.90 จึงทำให้มีปริมาณความชื้นมากที่สุด (ศักดิ์ชาย ,2554)

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างโดยใช้เครื่อง Mettler Toledo SevenGO Pro ในวัตถุดิบและเครื่องเทศ ได้แก่ ข้าวสลิမ်ผิว หอมแดง และพริกโดยชุดควบคุม (น้ำกลั่น) มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 7.34 เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบและเครื่องเทศทั้ง 3 ชนิด พบว่าวัตถุดิบและเครื่องเทศที่ต่างชนิดกัน มีผลทำให้ค่าความเป็นกรดต่างมีค่าแตกต่างกันโดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นว่าเป็นประโยชน์อื่นใด กรุณา
ไม่ทำการฉีกใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) คิดเป็นร้อยละ 6.33 6.37 และ 5.93 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1.1 โดยพริกมีค่าความเป็นกรดมากกว่าข้าวลิ้มผิวและหอมแดง เนื่องจากสารแคปไซซินที่อยู่ในพริกมีฤทธิ์เป็นกรด (สัจจะ, 2558)

ตารางที่ 4.1.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบและเครื่องเทศ

วัตถุดิบและเครื่องเทศ	การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบและเครื่องเทศ				
	ค่าสี			ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ค่าความเป็นกรดต่าง
	L*	a*	b*		
ข้าวลิ้มผิว	55.22 ^a ±0.01	2.43 ^c ±0.00	3.05 ^b ±0.00	11.84 ^c ±0.16	6.33 ^b ±0.00
หอมแดง	48.90 ^b ±0.01	4.90 ^b ±0.02	2.64 ^c ±0.01	84.69 ^a ±0.27	6.37 ^a ±0.01
พริก	46.60 ^c ±0.01	11.44 ^a ±0.02	22.22 ^a ±0.02	34.50 ^b ±0.08	5.93 ^c ±0.01

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.1.1.2 การศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิเคราะห์จากวัตถุดิบและเครื่องเทศ

อนุมูลอิสระโดยวิเคราะห์จากวัตถุดิบและเครื่องเทศ

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu อาศัยการเกิดปฏิกิริยารีดักชันของสารประกอบจำพวกฟีนอลสามารถวิเคราะห์ได้โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร แล้วนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก สำหรับวัตถุดิบและเครื่องเทศทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวลิ้มผิว หอมแดง และพริก พบว่า มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6,872.26 1,691.77 และ 4,275.12 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1.2 โดยข้าวลิ้มผิวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลมากที่สุด รองลงมาคือพริกและหอมแดง ตามลำดับ เหตุที่ข้าวลิ้มผิวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลมากที่สุด เนื่องจากข้าวลิ้มผิวมีสารหลายชนิด ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ แทนนิน ferulic acid alpha-coumaric acid และ synapctic acid ที่เป็นสารประกอบฟีนอล (นงลักษณ์ ,2556)

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์โดยวิธี Alumimium trichloride ($AlCl_3$) colorimetric สามารถวิเคราะห์ได้โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร แล้วนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเคอเวอซิทิน โดยวัตถุดิบและเครื่องเทศทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวลิ้มผิว หอมแดง และพริก มีปริมาณฟลาโวนอยด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 1,405.46 345.21 และ 1,169.60 มิลลิกรัมต่อ 100กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลและฟลาโวนอยด์ในข้าวลิ้มผิว หอมแดง และพริก พบว่าข้าวลิ้มผิวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลและฟลาโวนอยด์สูงกว่าหอมแดงและพริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (สัจจะ, 2558) ที่พบว่าข้าวลิ้มผิวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลและฟลาโวนอยด์สูงกว่าหอมแดงและพริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังสื่อออนไลน์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 โดยปริมาณฟลาโวนอยด์ของข้าวลิ้มผัวมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ พริกและหอมแดง ตามลำดับ เหตุที่ข้าวลิ้มผัวมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุด เป็นเพราะในข้าวลิ้มผัวมีสารหลายชนิดทั้งฟลาโวนอยด์ รวมถึงแอนโทไซยานินที่เป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ซึ่งพบมากในข้าวลิ้มวงหรือดำ (Mazza and Maniati, 1993)

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินโดยวิธี pH differential โดยใช้ฟเฟอร์ที่ค่าความเป็นกรดต่าง 1.0 และ 4.5 วิเคราะห์โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 557 และ 700 นาโนเมตร พบว่าในข้าวลิ้มผัวมีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 1,308.97 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ดังตารางที่ 4.1.2 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วัลลภา (2556) ได้ทำการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวกำพะเยา ข้าวกำดอยสะเก็ดและข้าวกำลิ้มผัว พบว่ามีค่าเท่ากับ 166.67 254.73 และ 777.61 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยข้าวกำลิ้มผัวมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุดเมื่อเทียบกับข้าวกำพะเยา และข้าวกำดอยสะเก็ด

จากการวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซินโดยใช้สารสกัดพริกด้วยเครื่อง HPLC กรองด้วย filter membrane ขนาด 0.45 ไมโครเมตร แล้วนำไปเปรียบเทียบกับกราฟแคปไซซินมาตรฐานโดยใช้คอลัมน์ C₁₈ ขนาด 50 x 4.6 mm I.D. วิเคราะห์ได้โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 222 นาโนเมตร พบว่าในสารสกัดพริกมีปริมาณแคปไซซินเท่ากับ 34.38 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ดังตารางที่ 4.1.2 ซึ่งปริมาณแคปไซซินเป็นสารที่อยู่ในแคปไซซินอยด์ เป็นตัวใช้บ่งชี้ถึงความเผ็ดร้อนในพริกโดยในงานวิจัยได้ใช้พริกแห้งเป็นส่วนประกอบในซอสเครื่องเทศ สำหรับงานวิจัยของ จารุวรรณ (2554) กล่าวว่าพริกทุกสายพันธุ์และทุกระยะการสุกแก่จะมีสารแคปไซซินอยด์ชนิดแคปไซซินในปริมาณมากที่สุด ระยะการสุกแก่ของผลพริกมีผลต่อปริมาณแคปไซซินอยด์

จากการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ในตัวอย่างวัตถุดิบและเครื่องเทศ 3 ชนิด โดยคำนวณค่าความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC₅₀) โดยใช้สารละลาย BHT เป็นสารละลายมาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH มีค่าเท่ากับ 0.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนข้าวลิ้มผัว หอมแดง และพริก มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 26.31 203.61 และ 117.94 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1.2 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05) จะเห็นว่าข้าวลิ้มผัวมีค่า IC₅₀ ต่ำที่สุดแสดงว่าข้าวลิ้มผัวมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าพริก และหอมแดง เนื่องจากค่า IC₅₀ คือค่าความเข้มข้นของสารที่ใช้ทดลองซึ่งสารสกัดที่ให้ค่า IC₅₀ ต่ำ หมายถึงมีการยับยั้งอนุมูลอิสระของ DPPH ได้ดี แสดงว่ามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดี โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของวัลลภา (2556) ได้ทำการศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในข้าวกำพะเยา ข้าวกำดอยสะเก็ดและข้าวกำลิ้มผัว พบว่าข้าวกำลิ้มผัวมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 94.06 ของค่า %inhibition ซึ่งมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวกำพะเยา และข้าวกำดอยสะเก็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1.2 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของ
วัตถุดิบและเครื่องเทศ

วัตถุดิบ และเครื่องเทศ	สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง)				กิจกรรมการต้าน อนุมูลอิสระ
	สารประกอบ ฟีนอลทั้งหมด	ปริมาณ ฟลาโวนอยด์	ปริมาณ แอนโทไซยานิน	ปริมาณ แคปไซซิน	IC ₅₀ จากวิธี DPPH assay (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
ข้าวลิ้มผิว	6,872.26 ^a ±2.86	1,405.46 ^a ±11.00	1,308.97	-	26.31 ^c ±0.01
หอมแดง	1,691.77 ^c ±0.66	345.21 ^c ±1.24	-	-	203.61 ^a ±0.16
พริก	4,275.12 ^b ±4.08	1,169.60 ^b ±2.13	-	34.38	117.94 ^b ±0.17

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น
ร้อยละ 95

หมายเหตุ เครื่องหมาย - หมายถึง ตัวอย่างวัตถุดิบและเครื่องเทศชนิดนั้น ไม่ได้ทำการทดสอบ

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน

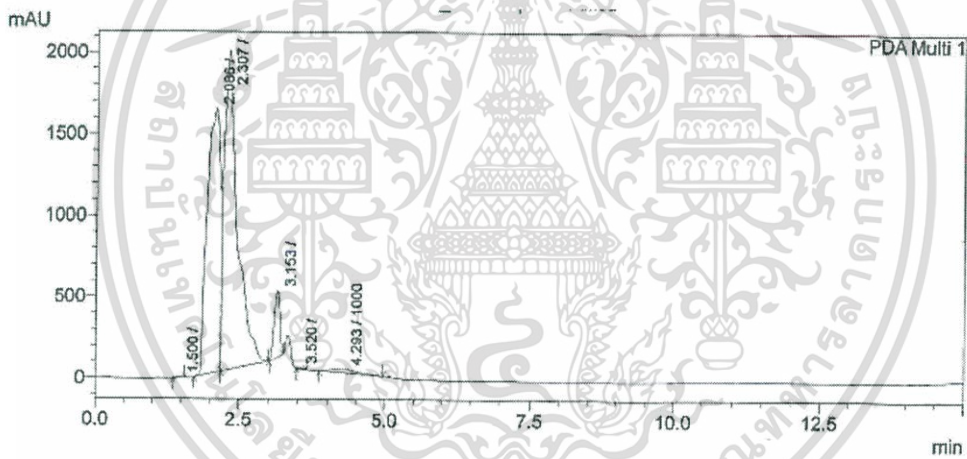


รูปที่ 4.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและพื้นที่ใต้โครมาโตแกรมของสารแคปไซซินมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1.2 โครมาโตแกรมของสารแคเฟอีนมาตรฐาน



รูปที่ 4.1.3 โครมาโตแกรมของสารสกัดพริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนของข้าวลิ้มผิวในซอสเครื่องเทศต่อคุณสมบัติทางกายภาพทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการศึกษาอัตราส่วนของข้าวลิ้มผิวในซอสเครื่องเทศในสูตรต่างๆ ได้แก่ สูตรที่ 1 ไม่มีการเติมข้าวลิ้มผิว สูตรที่ 2 มีการเติมข้าวลิ้มผิวร้อยละ 5 สูตรที่ 3 มีการเติมข้าวลิ้มผิวร้อยละ 10 และสูตรที่ 4 มีการเติมข้าวลิ้มผิวร้อยละ 15 ตามลำดับ โดยได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Minolta CR-300 การวิเคราะห์ค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer Model DV-II และการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้เครื่อง AquaLab Series 3 คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าความชื้น การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า และการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างด้วยเครื่อง Mettler Toledo SevenGO Pro อีกทั้งยังทำการศึกษาหาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ การวิเคราะห์แอนโทไซยานิน การวิเคราะห์แคปไซซิน และการวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อนำสูตรที่เหมาะสมที่สุดไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4.1.2.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของซอสเครื่องเทศ

จากการวิเคราะห์ค่าสีของซอสเครื่องเทศ ด้วยเครื่อง Minolta CR-300 ในระบบ CIE Lab scale เมื่อพิจารณาจากค่าสีวัดในรูป L^* a^* b^* โดยค่า L^* คือ ความสว่าง ค่า a^* คือ ค่าสีแดง และค่า b^* คือค่าสีเหลือง พบว่าซอสเครื่องเทศที่มีอัตราส่วนของข้าวลิ้มผิวที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่า L^* ในสูตรที่ 1 มีค่าเท่ากับ 46.93 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 2 3 และ 4 โดยสูตรที่มีการเติมข้าวลิ้มผิว 2 3 และ 4 มีแนวโน้มลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 36.95 32.01 และ 29.51 ตามลำดับ ค่า a^* มีค่าเท่ากับ 21.95 15.38 11.60 และ 11.44 ตามลำดับ อีกทั้งค่า b^* มีค่าเท่ากับ 44.13 25.95 16.12 และ 14.22 ตามลำดับ โดยค่าสี a^* และ b^* มีแนวโน้มลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เช่นกันกับค่า L^* ดังตารางที่ 4.2.1

จากการวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer Model DV-II ในซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรพบว่ามีความหนืดอยู่ในช่วง 7435.91 ถึง 14931.81 cP ดังตารางที่ 4.2.1 โดยสูตรที่ไม่มีการเติมข้าวลิ้มผิว สูตรที่ 1 มีความหนืดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 2 3 และ 4 ซึ่งสูตรที่มีการเติมข้าวลิ้มผิว 2 3 และ 4 มีความหนืดเพิ่มมากขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยซอสเครื่องเทศที่มีการเติมข้าวลิ้มผิวในปริมาณต่างๆ มีความหนืดมากกว่าซอสเครื่องเทศที่ไม่มีการเติมข้าวลิ้มผิว อาจมีผลมาจากข้าวลิ้มผิวที่เป็นของแข็ง เมื่อเติมลงไปจะทำให้ซอสมีความหนืดและความหนืดก็ยิ่งเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณข้าวลิ้มผิวที่เติมในแต่ละสูตร

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง AquaLab Series 3 โดยชุดควบคุม (น้ำกลั่น) มีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.99 และซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรมีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.95 0.96 0.99 และ 0.98 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2.1 เมื่อเปรียบเทียบซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรพบว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่ว่าสูตร 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) เหตุที่ซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรมีปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันอาจเป็นเพราะ ในกรรมวิธีการผลิตซอสเครื่องเทศมีการเติมน้ำแตกต่างกัน โดยหากสูตรไหนมีการเติมน้ำในปริมาณมากก็จะเติมน้ำในปริมาณที่น้อย

ตารางที่ 4.2.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของซอสเครื่องเทศ

ซอส เครื่องเทศ	การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของซอสเครื่องเทศ				
	ค่าสี			ความหนืด (cP)	ปริมาณน้ำอิสระ
	L*	a*	b*		
สูตรที่ 1	46.93 ^a ±0.04	21.95 ^a ±0.03	44.13 ^a ±0.04	7,435.91 ^d ±2.50	0.95 ^c ±0.00
สูตรที่ 2	36.95 ^b ±0.01	15.38 ^b ±0.03	25.95 ^b ±0.02	14,871.83 ^c ±5.00	0.96 ^b ±0.00
สูตรที่ 3	32.01 ^c ±0.01	11.60 ^c ±0.03	16.12 ^c ±0.01	14,906.82 ^b ±8.66	0.99 ^a ±0.00
สูตรที่ 4	29.50 ^d ±0.02	11.44 ^c ±0.19	14.22 ^d ±0.03	14,931.81 ^a ±5.00	0.98 ^a ±0.00

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในสัทมภ์ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.1.2.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของซอสเครื่องเทศ

จากการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตร จากตัวอย่าง 5 กรัม มีปริมาณความชื้นร้อยละ 58.08 64.84 63.78 และ 63.98 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2.2 เมื่อเปรียบเทียบซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตร พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ยกเว้นสูตร 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของซอสเครื่องเทศสูตรที่มีการเติมน้ำส้มฝั้ว พบว่าสูตรที่ 2 มีปริมาณความชื้นมากกว่าสูตรที่ 3 และ 4 อีกทั้งความชื้นยังมีผลต่อความคงตัวและคุณภาพของอาหาร เพราะหากมีความชื้นมากเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเสียหายได้ เช่น มีการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้น (กุลยา และคณะ ,2556)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตร โดยนำตัวอย่างจากการหาปริมาณความชื้นก่อนหน้าแล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณไขมันพบว่าปริมาณไขมันของซอสทั้ง 4 สูตรมีค่าร้อยละ 40.55 35.54 42.65 และ 40.34 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2.2 ซึ่งซอสทั้ง 4 สูตรมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) เนื่องจากในซอสเครื่องเทศมีปริมาณไขมันจากกะทิในอัตราส่วนที่เท่ากันในกรรมวิธีการผลิต ทำให้ปริมาณไขมันไม่ได้มีเพิ่มขึ้นหรือลดลงเพียงแต่ความเปลี่ยนแปลงในลักษณะภายนอก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tangsuphoom และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coupland (2005) รายงานว่าเมื่อให้ความร้อนกับกะทิ อนุภาคน้ำมันของกะทิจะเกาะกลุ่มกันมากขึ้น ทำให้ชั้นครีมมีลักษณะหนาและอนุภาคน้ำมันเกิดการรวมตัวเป็นอนุภาคขนาดใหญ่

จากการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl ในซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตร จากตัวอย่าง 2 กรัม พบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.67 0.71 0.81 และ 0.86 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2.2 โดยซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) อาจมีสาเหตุมาจากโปรตีนของข้าวลิ้มผิวที่เป็นส่วนประกอบในกรรมวิธีการผลิตมีอัตราส่วนที่แตกต่างกันจึงส่งผลให้มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน ซึ่งปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณข้าวลิ้มผิวที่เพิ่มขึ้นในแต่ละสูตร

จากการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าในซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตร จากตัวอย่าง 2 กรัม พบว่ามีปริมาณเถ้าร้อยละ 2.34 1.85 1.73 และ 1.60 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2.2 โดยซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) เนื่องจากเถ้าคือปริมาณสารอนินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่จากการเผาผลาญด้วยความร้อนทำให้ทราบว่าซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรมีปริมาณสารอนินทรีย์ที่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างโดยใช้เครื่อง Mettler Toledo SevenGO Pro ในซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตร โดยชุดควบคุม(น้ำกลั่น) มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 7.34 เมื่อเปรียบเทียบกับซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรพบว่าสูตรที่ 1 ที่ไม่มีการเติมข้าวลิ้มผิวมีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.86 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับซอสเครื่องเทศสูตร 2 3 และ 4 ที่มีการเติมข้าวลิ้มผิว โดยมีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.94 5.95 และ 5.93 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2.2 เนื่องจากข้าวลิ้มผิวมีผลต่อค่าความเป็นกรดต่าง เพราะข้าวลิ้มผิวจะช่วยลดค่าความเป็นกรดในซอสเครื่องเทศได้โดยข้าวลิ้มผิวดิบมีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ที่ 6.33

ตารางที่ 4.2.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของซอสเครื่องเทศ

ซอสเครื่องเทศ	การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของซอสเครื่องเทศ (ร้อยละ)				ค่าความเป็นกรดต่าง
	ปริมาณความชื้น	ปริมาณไขมัน	ปริมาณโปรตีน	ปริมาณเถ้า	
สูตรที่ 1	58.08 ^c ± 0.00	40.55 ^a ± 0.16	0.67 ^d ± 0.00	2.34 ^a ± 0.03	5.86 ^b ± 0.00
สูตรที่ 2	64.84 ^a ± 0.00	35.54 ^a ± 1.47	0.71 ^c ± 0.00	1.85 ^b ± 0.01	5.94 ^a ± 0.01
สูตรที่ 3	63.78 ^b ± 0.00	42.65 ^a ± 4.17	0.81 ^b ± 0.01	1.73 ^c ± 0.01	5.95 ^a ± 0.01
สูตรที่ 4	63.98 ^b ± 0.13	40.34 ^a ± 0.14	0.86 ^a ± 0.01	1.60 ^d ± 0.02	5.93 ^a ± 0.01

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.3 การศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของซอสเครื่องเทศ

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu อาศัยการเกิดปฏิกิริยารีดักชันของสารประกอบจำพวกฟีนอลสามารถวิเคราะห์ได้โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร แล้วนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกของซอสเครื่องเทศ 4 สูตร พบว่ามีปริมาณของสารประกอบฟีนอลเท่ากับ 375.70 548.49 580.96 และ 691.31 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2.3 ซอสทั้ง 4 สูตรมีปริมาณสารประกอบฟีนอลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) โดยซอสเครื่องเทศจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับการเติมข้าวลิ้มผิวในปริมาณที่เพิ่มขึ้นของแต่ละสูตร เพราะข้าวลิ้มผิวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่สูงมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ วัลลภา (2556) รายงานว่า ผลกระทบของกระบวนการแปรรูปข้าวกล้องต่อปริมาณและคุณภาพของสารออกฤทธิ์ชีวภาพของเมล็ดข้าวกล้องที่ใช้ศึกษา มี 3 พันธุ์ คือ ข้าวกล้องพะเยา ข้าวกล้องผิว และข้าวกล้องดอยสะเก็ด พบว่าข้าวกล้องลิ้มผิวมีสารประกอบฟีนอลทั้งหมดมากกว่าข้าวกล้องพะเยาและข้าวกล้องดอยสะเก็ด

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์โดยวิธี Aluminium trichloride ($AlCl_3$) colorimetric สามารถวิเคราะห์ได้โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตรแล้วนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเคอซีทินของซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตร พบว่ามีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 137.81 268.45 302.81 และ 359.68 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2.3 ซอสทั้ง 4 สูตรมีปริมาณฟลาโวนอยด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) โดยซอสเครื่องเทศจะมีปริมาณฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับการเติมข้าวลิ้มผิวในปริมาณที่เพิ่มขึ้นของแต่ละสูตร เพราะข้าวลิ้มผิวมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูง ส่งผลให้ซอสเครื่องเทศที่เติมข้าวลิ้มผิวมีค่าสูงขึ้นเช่นกัน

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินโดยวิธี pH differential โดยใช้บัฟเฟอร์ที่ค่าความเป็นกรดต่าง 1.0 และ 4.5 วิเคราะห์โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 557 และ 700 นาโนเมตร พบว่าสูตรที่ 1 ที่ไม่มีการเติมข้าวลิ้มผิวมีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 29.21 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนสูตรที่ 2 3 และ 4 ที่มีการเติมข้าวลิ้มผิวมีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 568.35 659.29 และ 1,278.00 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับดังตารางที่ 4.2.3 ซึ่งสูงกว่าสูตรที่ 1 โดยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) โดยจะเห็นว่าซอสเครื่องเทศที่ไม่มีการเติมข้าวลิ้มผิวมีปริมาณแอนโทไซยานินที่น้อยมาก ส่วนซอสเครื่องเทศที่เติมข้าวลิ้มผิวมีปริมาณแอนโทไซยานินที่สูงมากเช่นกัน เพราะข้าวลิ้มผิวมีแอนโทไซยานินที่เป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์อยู่ในเมล็ดข้าวในปริมาณที่สูงซึ่งมีโครงสร้างหลักคือ $C_6C_3C_6$ เป็นรงควัตถุที่ละลายอยู่ใน cell sap ในพืชและทำให้เกิดสีในดอกไม้ ผลไม้และใบไม้บางชนิด (Mazza and Maniati, 1993)

จากการวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซินโดยใช้สารสกัดซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตร กรองด้วย filter membrane ขนาด 0.45 ไมโครเมตร วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC แล้วนำไปเปรียบเทียบกับกราฟแคปไซซินมาตรฐานโดยใช้คอลัมน์ C_{18} ขนาด 50×4.6 mm I.D. วิเคราะห์ได้โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 222 นาโนเมตร พบว่าปริมาณแคปไซซินในซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรมีค่าเท่ากับ 13.94 13.87 13.52 และ 13.62 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับดังตารางที่ 4.2.3 โดยปริมาณแคปไซซินมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) เนื่องจากแคปไซซินเป็นสารสำคัญที่พบในพริกเป็นส่วนใหญ่ โดยซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรจะมีการเติมพริกที่เท่ากันจึงส่งผลให้ซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรมีปริมาณแคปไซซินไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ในตัวอย่างซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตร โดยคำนวณค่าความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) โดยใช้สารละลาย BHT เป็นสารละลายมาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH มีค่าเท่ากับ 0.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่ซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 50 (IC_{50}) เท่ากับ 386.59 371.29 305.38 และ 144.56 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 4.2.3 โดยพบว่าซอสเครื่องเทศสูตรที่ 4 มีค่าการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 50 (IC_{50}) ต่ำที่สุด แสดงว่ามีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงที่สุด เนื่องจากค่า IC_{50} คือค่าความเข้มข้นของสารที่ใช้ทดลองซึ่งสารสกัดที่ให้ค่า IC_{50} ต่ำ หมายถึงมีการยับยั้งอนุมูลอิสระของ DPPH ได้ดี แสดงว่ามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดี นอกจากนี้ค่าการต้านอนุมูลอิสระที่สูงของซอสเครื่องเทศสูตรที่ 4 อาจมีผลมาจากปริมาณข้าวลิ้มฝัวที่เป็นส่วนผสมมากกว่าสูตรอื่นๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ พิชารกรณ์และคณะ (2556) ข้าวลิ้มฝัวหรือข้าวเหนียวดำ มีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 41.35 ซึ่งมีค่าสูงกว่าข้าวหอมนิลที่มีค่าการต้านอนุมูลอิสระที่ร้อยละ 40.14 และข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ร้อยละ 35.47

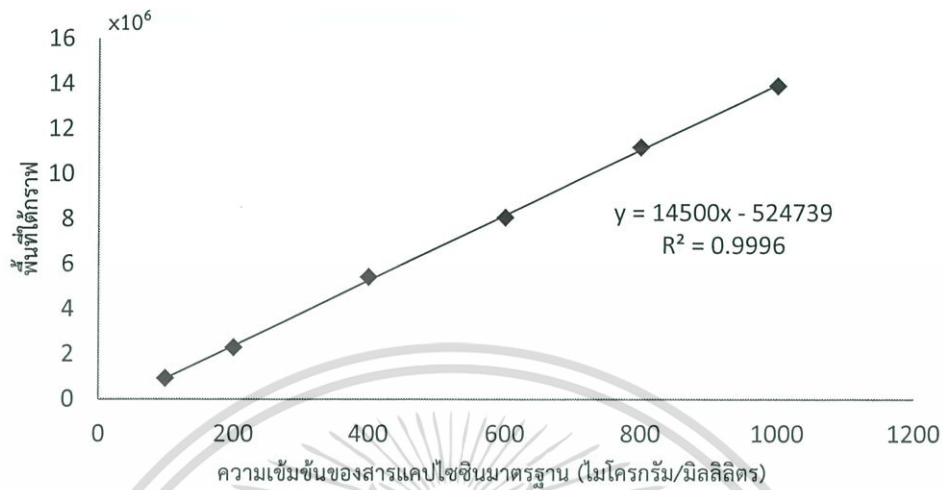
ตารางที่ 4.2.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของซอสเครื่องเทศ

ซอสเครื่องเทศ	สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง)				กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ IC_{50} จากวิธี DPPH assay (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
	สารประกอบฟีนอลทั้งหมด	ปริมาณฟลาโวนอยด์	ปริมาณแอนโทไซยานิน	ปริมาณแคปไซซิน	
สูตรที่ 1	375.70 ^d ± 1.05	137.81 ^d ± 0.34	29.21 ^d ± 1.33	13.94 ^a ± 0.71	386.59 ^a ± 8.88
สูตรที่ 2	548.49 ^c ± 1.32	268.45 ^c ± 0.40	568.34 ^c ± 1.58	13.87 ^a ± 0.02	371.29 ^b ± 0.20
สูตรที่ 3	580.96 ^b ± 2.10	302.81 ^b ± 0.53	659.29 ^b ± 2.66	13.52 ^a ± 0.03	305.38 ^c ± 2.28
สูตรที่ 4	691.31 ^a ± 1.01	359.68 ^a ± 1.13	1278.00 ^a ± 3.09	13.62 ^a ± 0.03	144.56 ^d ± 0.03

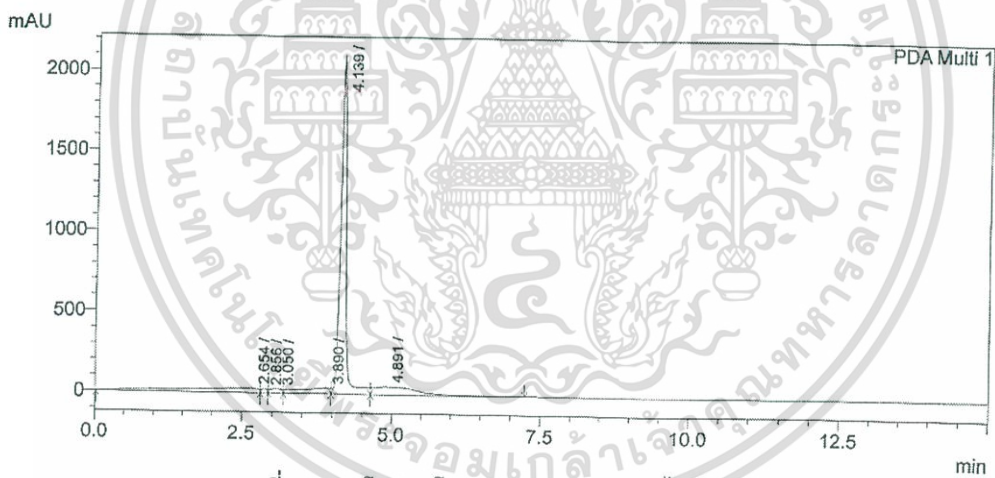
หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน

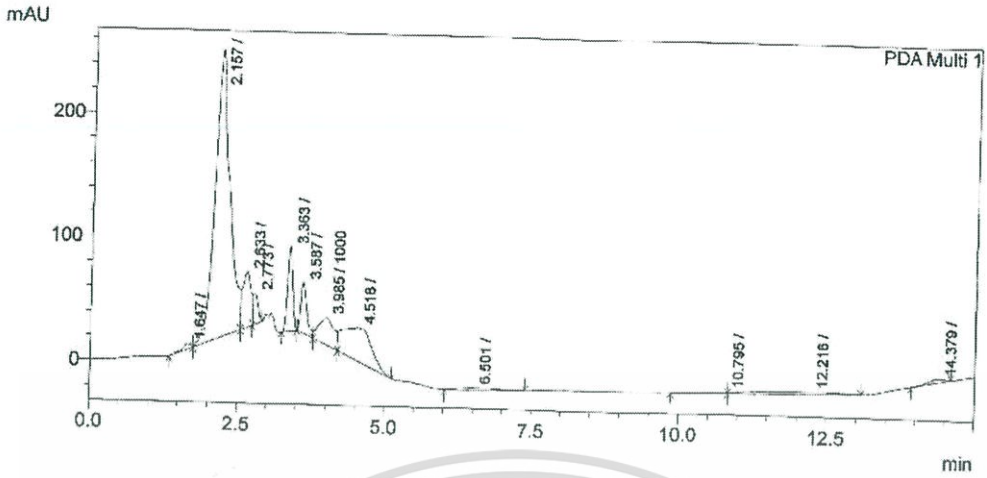


รูปที่ 4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและพื้นที่ใต้โครมาโตแกรมของสารแคปไซซินมาตรฐาน

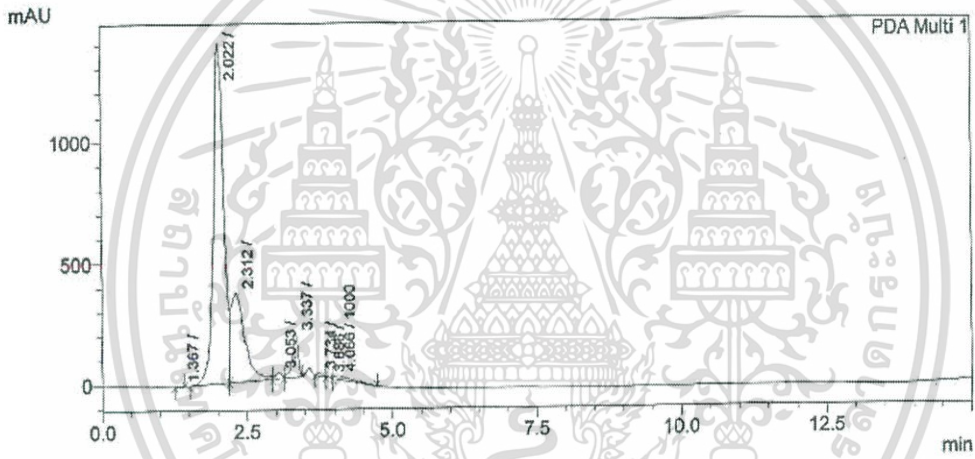


รูปที่ 4.2.2 โครมาโตแกรมของสารแคปไซซินมาตรฐาน

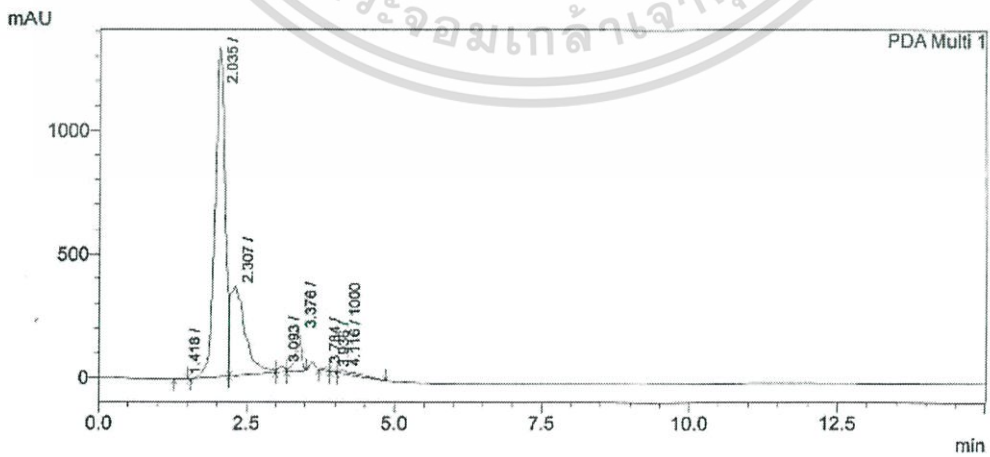
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2.3 โครมาโตแกรมของซอสเครื่องเทศสูตรที่ 1

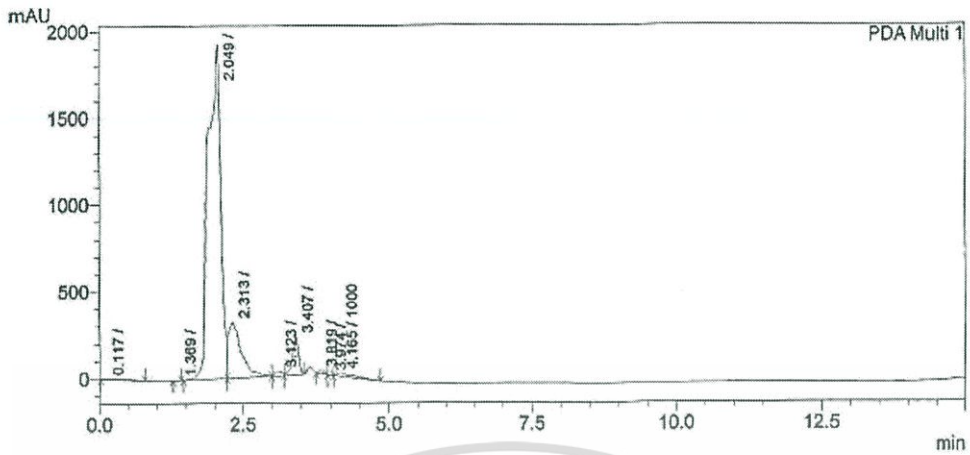


รูปที่ 4.2.4 โครมาโตแกรมของซอสเครื่องเทศสูตรที่ 2



รูปที่ 4.2.5 โครมาโตแกรมของซอสเครื่องเทศสูตรที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2.6 โครมาโตแกรมของซอสเครื่องเทศสูตรที่ 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.4 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคในซอสเครื่องเทศโดยสนใจทางด้านลักษณะที่ปรากฏ สี รสหวาน รสเผ็ด รสเค็ม กลิ่น รสชาติ ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม โดยในงานวิจัยมีกระบวนการและขั้นตอนเชิงวิเคราะห์ถึงลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สำคัญของผลิตภัณฑ์โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโดยให้คะแนนความชอบที่ระดับ 1-9 (Meilgaard *et al.*, 1999)

ลักษณะที่ปรากฏ (Appearance)

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะที่ปรากฏได้ค่าความชอบเฉลี่ยของซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรเท่ากับ 5.90 6.90 6.10 และ 5.27 ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ทดสอบมีความชอบอยู่ในระดับเฉยๆถึงชอบเล็กน้อยโดยพบว่าซอสเครื่องเทศสูตรที่ 1 2 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) ส่วนสูตรที่ 4 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq 0.05$) กับสูตรที่ 2 ดังตารางที่ 4.2.4

สี (Color)

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีได้ค่าความชอบเฉลี่ยของซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรเท่ากับ 6.27 6.97 6.03 และ 5.13 ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ทดสอบมีความชอบอยู่ในระดับเฉยๆถึงชอบเล็กน้อยโดยพบว่าซอสเครื่องเทศสูตรที่ 1 2 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) ส่วนสูตรที่ 4 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq 0.05$) กับสูตรที่ 1 และ 2 ดังตารางที่ 4.2.4

รสหวาน (Sweet)

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานได้ค่าความชอบเฉลี่ยของซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรเท่ากับ 4.57 3.97 4.97 และ 4.83 ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ทดสอบมีความชอบอยู่ในระดับไม่ชอบปานกลางถึงไม่ชอบเล็กน้อยโดยพบว่าซอสเครื่องเทศสูตรที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) ดังตารางที่ 4.2.4

รสเผ็ด (Spicy)

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสเผ็ดได้ค่าความชอบเฉลี่ยของซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรเท่ากับ 5.93 5.10 5.30 และ 5.30 ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ทดสอบมีความชอบอยู่ในระดับเฉยๆโดยพบว่าซอสเครื่องเทศสูตรที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) ดังตารางที่ 4.2.4

กลิ่น (Oder)

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นได้ค่าความชอบเฉลี่ยของซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรเท่ากับ 6.07 5.43 5.20 และ 4.90 ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ทดสอบมีความชอบอยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อยถึงชอบเล็กน้อยโดยพบว่าซอสเครื่องเทศสูตรที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) ดังตารางที่ 4.2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รสชาติ (Flavor)

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติได้ค่าความชอบเฉลี่ยของซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรเท่ากับ 5.60 5.70 5.33 และ 5.40 ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ทดสอบมีความชอบอยู่ในระดับเฉยๆโดยพบว่าซอสเครื่องเทศสูตรที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) ดังตารางที่ 4.2.4

ความข้นหนืด (Viscous)

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความข้นหนืดได้ค่าความชอบเฉลี่ยของซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรเท่ากับ 6.20 6.53 6.77 และ 6.50 ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ทดสอบมีความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยโดยพบว่าซอสเครื่องเทศสูตรที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) ดังตารางที่ 4.2.4

ความชอบโดยรวม (Overall acceptance)

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมได้ค่าความชอบเฉลี่ยของซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรเท่ากับ 6.00 5.77 5.70 และ 6.20 ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ทดสอบมีความชอบอยู่ในระดับเฉยๆถึงชอบเล็กน้อยโดยพบว่าซอสเครื่องเทศสูตรที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) ดังตารางที่ 4.2.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.4 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของซอสเครื่องเทศ ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic Scale 9 Points

ซอสเครื่องเทศ	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	รสหวาน	รสเผ็ด	กลิ่น	รสชาติ	ความขื่นหนืด	ความชอบโดยรวม
สูตรที่ 1	5.90 ^{ab} ±0.40	6.27 ^a ±0.40	4.57 ^a ±0.39	5.93 ^a ±0.37	6.07 ^a ±0.45	5.60 ^a ±0.31	6.20 ^a ±0.32	6.00 ^a ±0.30
สูตรที่ 2	6.90 ^a ±0.30	6.97 ^a ±0.26	3.97 ^a ±0.39	5.10 ^a ±0.37	5.43 ^a ±0.43	5.70 ^a ±0.31	6.53 ^a ±0.31	5.77 ^a ±0.27
สูตรที่ 3	6.10 ^{ab} ±0.34	6.03 ^{ab} ±0.28	4.97 ^a ±0.37	5.30 ^a ±0.34	5.20 ^a ±0.38	5.33 ^a ±0.30	6.77 ^a ±0.21	5.70 ^a ±0.26
สูตรที่ 4	5.27 ^b ±0.40	5.13 ^b ±0.41	4.83 ^a ±0.38	5.30 ^a ±0.36	4.90 ^a ±0.41	5.40 ^a ±0.33	6.50 ^a ±0.27	6.20 ^a ±0.29

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสหวาน รสเผ็ด กลิ่น รสชาติ ความขื่นหนืดและความชอบโดยรวม ของซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) ยกเว้นค่าเฉลี่ยความชอบทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏและสี ที่ผู้ทดสอบให้ค่าเฉลี่ยความชอบของซอสเครื่องเทศที่ 1 2 และ 3 มากกว่าซอสสูตรที่ 4 อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องดูปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ประโยชน์จากการเติมข้าวลิ้มผิว การใช้วัตถุดิบได้อย่างเหมาะสม สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในซอสเครื่องเทศที่สูงที่สุด โดยเมื่อดูผลการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอล ปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณแคปไซซิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์คือซอสเครื่องเทศสูตรที่ 3 ซึ่งมีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสูตรที่ 1 และ 2

4.1.3 ผลศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศเมื่อเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนด้วยเครื่องฆ่าเชื้อระบบสเปรย์น้ำร้อน เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะพบความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยจึงต้องการหาความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทางด้านกายภาพ ทางด้านเคมี การเปลี่ยนแปลงของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Minolta CR-300 การวิเคราะห์ค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer Model DV-II และการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้เครื่อง AquaLab Series 3 คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าความขื่น การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าและการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างด้วยเครื่อง Mettler Toledo SevenGO Pro อีกทั้งยังทำการศึกษหาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ การวิเคราะห์แอนโทไซยานิน การวิเคราะห์แคปไซซิน และการวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

4.1.3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

จากการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Minolta CR-300 ในระบบ CIE Lab scale เมื่อพิจารณาจากค่าสีวัดในรูป $L^* a^* b^*$ โดยค่า L^* คือ ความสว่าง ค่า a^* คือ ค่าสีแดงและค่า b^* คือค่าสีเหลือง พบว่า ค่า L^* ของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีค่าความสว่างลดลง เท่ากับ 31.52 เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อที่เท่ากับ 32.01 ซึ่งมีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อเท่ากับ 14.73 โดยเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อเท่ากับ 11.60 และค่า b^* มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันกับค่า a^* ซึ่งผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีค่าเท่ากับ 17.88 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สู่กระบวนการฆ่าเชื้อที่มีค่าเท่ากับ 16.12 โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 4.3.1 อาจมีสาเหตุมาจากในกระบวนการฆ่าเชื้อมีการให้ความร้อนที่ 120 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงจึงทำให้สีของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยมีความสว่างลดลง ส่วนค่าสีเหลืองและค่าสีแดงมีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐวุฒิ (2550) ได้รายงานว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหุงสุกในถุงฆ่าเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 25 นาที พบว่าค่าสีในระบบ L^* a^* b^* ของผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยค่าสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น

จากการวิเคราะห์ค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer Model DV-II พบว่าค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีค่าเท่ากับ 7480.90 cP โดยมีความหนืดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อที่มีค่าเท่ากับ 14,906.82 cP ดังตารางที่ 4.3.1 อาจเป็นเพราะความร้อนสูงของกระบวนการฆ่าเชื้อส่งผลให้ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศมีการเปลี่ยนแปลง

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง AquaLab Series 3 โดยชุดควบคุม (น้ำกลั่น) มีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.99 เมื่อทำการวิเคราะห์พบว่าผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.94 โดยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อซึ่งมีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.95 ดังตารางที่ 4.3.1 โดยผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีปริมาณน้ำอิสระลดลง อาจเป็นเพราะในกระบวนการฆ่าเชื้อ ช่วยควบคุมปริมาณน้ำอิสระและลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.3.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

ผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ	การวิเคราะห์คุณสมบัติคุณสมบัติทางกายภาพ				
	ค่าสี			ค่าความหนืด (cP)	ปริมาณน้ำอิสระ
	L^*	a^*	b^*		
ผลิตภัณฑ์ก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ	32.01 ^a ± 0.03	11.60 ^b ± 0.05	16.12 ^b ± 0.02	14,906.82 ^a ± 8.66	0.95 ^a ± 0.00
ผลิตภัณฑ์หลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ	31.52 ^b ± 0.02	14.73 ^a ± 0.08	17.88 ^a ± 0.03	7480.90 ^b ± 2.50	0.94 ^b ± 0.00

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

จากการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นจากตัวอย่าง 5 กรัม ในผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ พบว่ามีปริมาณความชื้นร้อยละ 58.87 โดยมีค่าปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อที่มีร้อยละ 63.78 ดังตารางที่ 4.3.2 อาจเป็นเพราะเมื่อผลิตภัณฑ์เข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนสูงที่ 120 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ปริมาณความชื้นลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐวุฒิ (2550) รายงานว่าผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหุงสุกในถุงฆ่าเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 15 นาที พบว่าปริมาณความชื้นของข้าวหุงสุกมีค่าลดลง

จากการวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ โดยนำตัวอย่างจากการหาปริมาณความชื้นก่อนหน้า มาวิเคราะห์หาปริมาณไขมันพบว่า ผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีปริมาณไขมันร้อยละ 44.45 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อที่มีปริมาณไขมันร้อยละ 42.65 ดังตารางที่ 4.3.2 เนื่องจากกระบวนการฆ่าเชื้อไม่ได้มีผลทำให้ปริมาณไขมันเพิ่มหรือลดลง เพียงแต่กะทิกเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tangsuphoom และ Coupland (2005) รายงานว่าเมื่อให้ความร้อนกับกะทิกที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส ขึ้นไปอนุภาคน้ำมันของกะทิกจะเกาะกลุ่มกันมากขึ้นทำให้ชั้นครีมีลักษณะหนาขึ้นและทำให้อนุภาคน้ำมันเกิดการรวมตัวเป็นอนุภาคน้ำมันขนาดใหญ่

จากการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl ในผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ จากตัวอย่าง 2 กรัม พบว่า ผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.67 โดยมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.81 ดังตารางที่ 4.3.2 โดยเหตุที่ปริมาณโปรตีนลดลงอาจเป็นเพราะเมื่อเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงจะทำให้โปรตีนเสียสภาพซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวิมล (2557) รายงานว่า การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะทำให้โปรตีนในกะทิกเสื่อมสภาพตามธรรมชาติ โปรตีนจับตัวเป็นก้อนหรือเกิดการเกาะกันทำให้อิมัลชันกะทิกเปลี่ยนแปลงและสูญเสียความคงตัว

จากการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าในผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ จากตัวอย่าง 2 กรัม พบว่า ผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีปริมาณเถ้าร้อยละ 1.67 โดยมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อที่มีปริมาณเถ้าร้อยละ 1.73 ดังตารางที่ 4.3.2 อาจมีสาเหตุมาจากเมื่อผลิตภัณฑ์เข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงมีผลทำให้สารอนินทรีย์หรือแร่ธาตุลดลงสอดคล้องกับบทความของ สมใจ (2521) ได้ให้ข้อมูลว่าความร้อนสำคัญมากต่ออาหารโดยมีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารลดลง รวมทั้งสูญเสียแร่ธาตุประมาณร้อยละ 0 ถึง 3

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างโดยใช้เครื่อง Mettler Toledo SevenGO Pro ในผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ โดยชุดควบคุม (น้ำกลั่น) มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 7.34 พบว่าผลิตภัณฑ์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.85 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.95 ดังตารางที่ 4.3.2

ตารางที่ 4.3.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

ผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ	การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี (ร้อยละ)				ความเป็นกรดต่าง
	ปริมาณความชื้น	ปริมาณไขมัน	ปริมาณโปรตีน	ปริมาณเถ้า	
ผลิตภัณฑ์ก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ	63.78 ^a ±0.00	42.65 ^a ±4.17	0.81 ^a ±0.01	1.73 ^a ±0.01	5.95 ^a ±0.01
ผลิตภัณฑ์หลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ	58.87 ^b ±0.05	44.45 ^a ±0.68	0.59 ^b ±0.05	1.67 ^b ±0.02	5.85 ^b ±0.01

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในสัณฐาน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.1.3.3 การศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu อาศัยการเกิดปฏิกิริยารีดักชันของสารประกอบจำพวกฟีนอลสามารถวิเคราะห์ได้โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร แล้วนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก พบว่าผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 450.95 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง โดยสารประกอบฟีนอลทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อที่มีสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 580.96 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง โดยคิดส่วนต่างได้ร้อยละ 22.38 ดังตารางที่ 4.3.3 อาจมีผลเนื่องมาจากความร้อนสูงที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อส่งผลให้ปริมาณของสารประกอบฟีนอลทั้งหมดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อริสรา และคณะ (2555) รายงานว่าการให้ความร้อนเพื่อพาสเจอร์ไรซ์เครื่องดื่มหมักข้าวโพดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที พบว่าเครื่องดื่มหมักข้าวโพดพาสเจอร์ไรซ์มีปริมาณฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 0.26 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรซึ่งน้อยกว่าเครื่องดื่มหมักข้าวโพดสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเครื่องดื่มหมักข้าวโพดสดมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 0.315 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์โดยวิธี Alumimium trichloride ($AlCl_3$) colorimetric สามารถวิเคราะห์ได้โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตรแล้วนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเคอซิทิน พบว่าผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีปริมาณฟลาโวนอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้บริษัทรับจ้างผลิตอาหารเพื่อการค้าเท่านั้น มิใช่ข้อมูลให้เผยแพร่ไปยังประชาชนที่สนใจการค้า
ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 162.85 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง โดยปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ ที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 302.81 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง โดยคิดส่วนต่างได้ร้อยละ 46.22 ดังตารางที่ 4.3.3 อาจมีผลเนื่องมาจากความร้อนสูงที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อส่งผลให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอริสรา และคณะ (2555) รายงานว่าการให้ความร้อนเพื่อพาสเจอร์ไรซ์เครื่องดื่มข้าวโพดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบว่าเครื่องดื่มข้าวโพดพาสเจอร์ไรซ์มีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 9.62 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าเครื่องดื่มข้าวโพดสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเครื่องดื่มข้าวโพดสดมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 10.28 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินโดยวิธี pH differential โดยใช้บัฟเฟอร์ที่ค่าความเป็นกรดต่าง 1.0 และ 4.5 วิเคราะห์โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 557 และ 700 นาโนเมตร พบว่าผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 205.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง โดยปริมาณแอนโทไซยานินลดลงถึงร้อยละ 60 เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อที่มีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 659.29 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง โดยคิดส่วนต่างได้ร้อยละ 68.79 ดังตารางที่ 4.3.3 สาเหตุที่ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงเมื่อเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงอาจเป็นเพราะความร้อนมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim *et al.* (2012) รายงานว่า ความร้อนส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานินในมันฝรั่งลดลงมากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งการทำให้สุกด้วยอุณหภูมิสูงทำให้โมเลกุลโปรตีนเสียหาย (degradation) จากนั้นโปรตีนจะจับกับแอนโทไซยานินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนและตกตะกอนส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง

จากการวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซินโดยใช้สารสกัดผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ กรองด้วย filter membrane ขนาด 0.45 ไมโครเมตร ด้วยเครื่อง HPLC แล้วนำไปเปรียบเทียบกับกราฟแคปไซซินมาตรฐาน โดยใช้คอลัมน์ C_{18} ขนาด 50 x 4.6 mm. วิเคราะห์โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 222 นาโนเมตร พบว่าผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีปริมาณแคปไซซินเท่ากับ 10.23 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง โดยปริมาณแคปไซซินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อที่มีปริมาณแคปไซซินเท่ากับ 13.52 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง โดยคิดส่วนต่างได้ร้อยละ 24.33 ดังตารางที่ 4.3.3 อาจมีผลเนื่องมาจากกระบวนการฆ่าเชื้อที่ให้ความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปริมาณของแคปไซซินลดลงเนื่องจากสารแคปไซซินในพริกจะสลายตัวเมื่อโดนความร้อนสูง (นุชรี, 2552)

จากการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ในผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อโดยคำนวณค่าความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) และใช้สารละลาย BHT เป็นสารละลายมาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH มีค่าเท่ากับ 0.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 50 (IC_{50}) เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

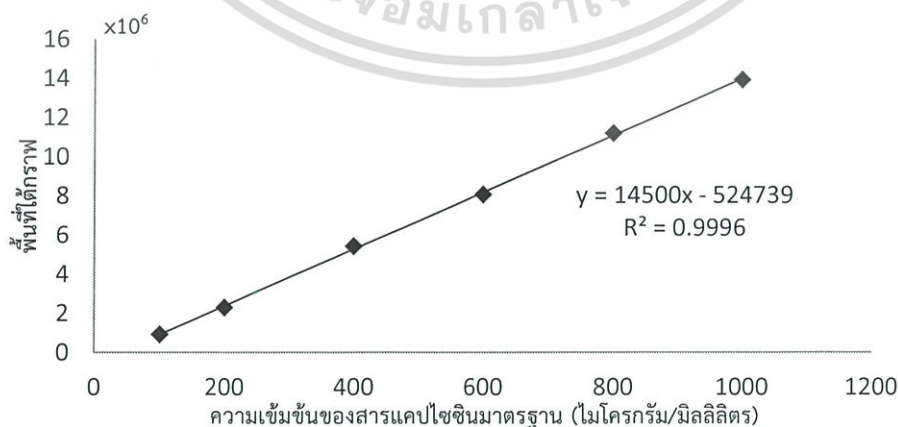
289.95 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง มีค่า IC_{50} ต่ำ แสดงว่ามีการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อที่มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 50 (IC_{50}) เท่ากับ 305.38 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง โดยคิดส่วนต่างได้ร้อยละ 5.05 ดังตารางที่ 4.3.3 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่า โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sudathip *et al.* (2011) ได้ศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและสีของพริกแกงโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 75 90 105 และ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0 10 30 40 50 และ 60 นาที พบว่าพริกแกงที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพริกแกงที่อุณหภูมิต่ำอื่น

ตารางที่ 4.3.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

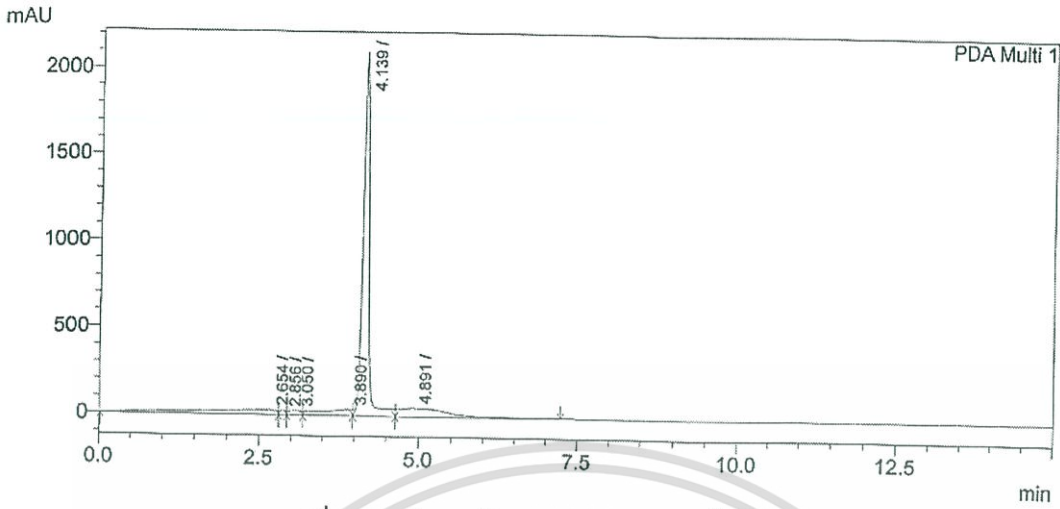
ผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ	สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)				กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ IC_{50} วิถี DPPH assay (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
	สารประกอบฟีนอลทั้งหมด	ปริมาณฟลาโวนอยด์	ปริมาณแอนโทไซยานิน	ปริมาณแคปไซซิน	
ผลิตภัณฑ์ก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ	580.96 ^a ± 2.10	302.81 ^a ± 0.53	659.29 ^a ± 2.66	13.52 ^a ± 0.03	305.38 ^a ± 2.28
ผลิตภัณฑ์หลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ	450.95 ^b ± 1.76	162.85 ^b ± 0.34	205.71 ^b ± 1.35	10.23 ^b ± 0.02	289.95 ^b ± 0.46

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในสัณฐาน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

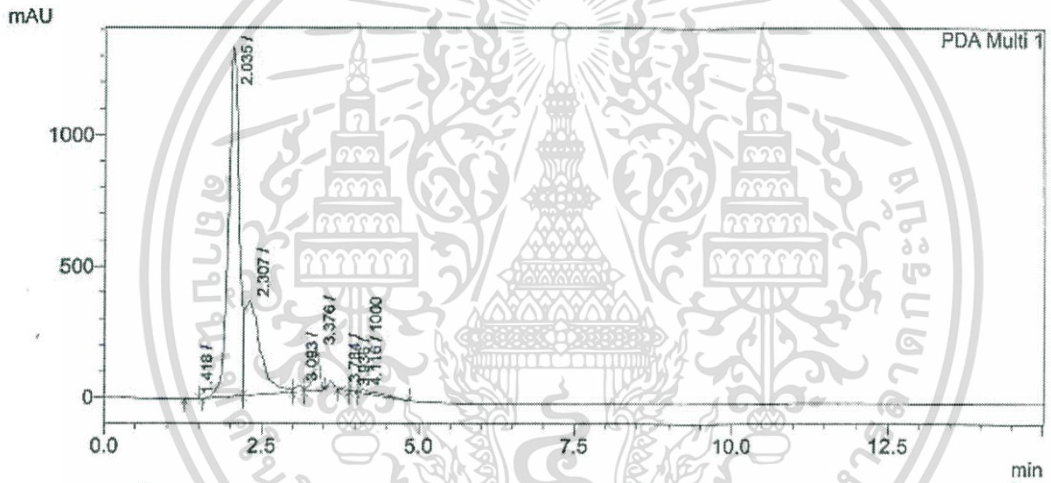
ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน



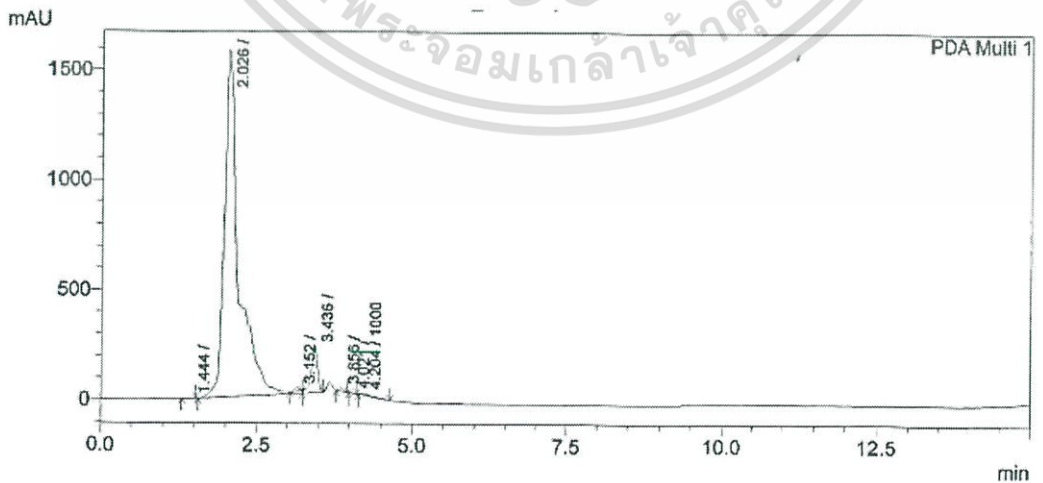
รูปที่ 4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและพื้นที่ใต้โครมาโตแกรมของสารแคปไซซินมาตรฐาน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3.1 โครมาโตแกรมของสารแคปไซซินมาตรฐาน



รูปที่ 4.3.2 โครมาโตแกรมของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ



รูปที่ 4.3.3 โครมาโตแกรมของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในวัตถุดิบและเครื่องเทศ ได้แก่ ข้าวสาลีผั่ว หอมแดง และพริก

ข้าวสาลีผั่ว หอมแดง และพริก เป็นวัตถุดิบและเครื่องเทศที่สำคัญในการนำมาเป็นส่วนผสมของซอสเครื่องเทศ เมื่อทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าค่าสีของวัตถุดิบและเครื่องเทศทั้ง 3 ชนิดมีค่าสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยข้าวสาลีผั่วมีค่าความสว่าง (L^*) สูงที่สุดรองลงมาคือ หอมแดง และพริก ตามลำดับ ส่วนค่าสีแดง (a^*) และสีเหลือง (b^*) พริกมีค่าสีสูงที่สุด นอกจากนี้ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบและเครื่องเทศทั้ง 3 ชนิดก็มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยหอมแดงมีปริมาณความชื้นร้อยละ 84.69 ซึ่งสูงที่สุด เนื่องจากหอมแดงมีน้ำเป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 83.90 (ศักดิ์ชาย ,2554) ส่วนค่าความเป็นกรดต่างของวัตถุดิบและเครื่องเทศ 3 ชนิดมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยอยู่ในช่วง 5.93 ถึง 6.37 เหตุที่วัตถุดิบและเครื่องเทศทั้ง 3 ชนิดมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากลักษณะและชนิดของวัตถุดิบมีความแตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพพบว่าข้าวสาลีผั่วมีปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์สูงสุดที่สุด คือ 1,308.97 6,872.26 และ 1,405.46 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนพริกมีปริมาณแคปไซซินเท่ากับ 34.38 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของข้าวสาลีผั่ว พริก และหอมแดงมีค่าเท่ากับ 26.31 203.61 และ 117.94 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยข้าวสาลีผั่วมีค่า IC_{50} ต่ำที่สุด แสดงว่าข้าวสาลีผั่วมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าพริก และหอมแดง เนื่องจากค่า IC_{50} คือค่าความเข้มข้นของสารที่ใช้ทดลอง ซึ่งสารสกัดที่ให้ค่า IC_{50} ต่ำ หมายถึงมีการยับยั้งอนุมูลอิสระของ DPPH ได้ดีหรือมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูง เนื่องจากข้าวสาลีผั่วเป็นวัตถุดิบทางธรรมชาติที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูง โดยมีสารประกอบฟีนอล ได้แก่ ฟลาโวนอยด์แทนนิน ferulic acid และ synaptic acid (นงลักษณ์ ,2556)

5.1.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนของข้าวสาลีผั่วในซอสเครื่องเทศต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ซอสเครื่องเทศเป็นเครื่องปรุงรสที่ใช้ในการประกอบอาหารโดยมีส่วนประกอบของเครื่องเทศที่สำคัญ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารและมีประโยชน์กับร่างกาย ผู้วิจัยได้นำวัตถุดิบและเครื่องเทศได้แก่ หอมแดง และพริกมาเป็นส่วนผสมในซอสเครื่องเทศ (มาริสสา ,2559) และได้นำวัตถุดิบที่สำคัญคือ ข้าวสาลีผั่วมาเป็นส่วนผสมหลัก เนื่องจากข้าวสาลีผั่วมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่ออกสารเป็นเอกลักษณ์สูงเหมาะสำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับว่าเห็นไปเชิงประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูง โดยศึกษาอัตราส่วนของข้าวลิ้มผิวในซอสเครื่องเทศ 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ไม่มีการเติมข้าวลิ้มผิว สูตรที่ 2 เติมข้าวลิ้มผิวร้อยละ 5 สูตรที่ 3 เติมข้าวลิ้มผิวร้อยละ 10 และสูตรที่ 4 เติมข้าวลิ้มผิวร้อยละ 15 ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าซอสเครื่องเทศ มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ลดลงสัมพันธ์กับปริมาณข้าวลิ้มผิวที่เติมในแต่ละสูตร โดยสูตรที่ 1 มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูงที่สุด เท่ากับ 36.95 21.95 และ 44.13 ตามลำดับ รองลงมาคือ สูตรที่ 2 3 และ 4 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นอกจากนี้ค่าความหนืด ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีนของสูตรที่ 1 มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 2 3 และ 4 ที่มีการเติมข้าวลิ้มผิว ส่วนปริมาณไขมัน และปริมาณแคลเซียมของซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และปริมาณเถ้าของซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากเถ้าคือปริมาณสารอนินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่จากการเผาผลาญด้วยความร้อน ทำให้ทราบว่าซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรมีปริมาณสารอนินทรีย์ที่แตกต่างกัน และค่าความเป็นกรดต่างของซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตรอยู่ในช่วง 5.86 ถึง 5.95 โดยจัดเป็นอาหารกรดต่ำ เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพพบว่าซอสสูตรที่ 4 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณแอนโทไซยานิน สูงที่สุด ตามด้วย สูตรที่ 3 2 และ 1 ตามลำดับโดยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณข้าวลิ้มผิวที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากข้าวลิ้มผิวมีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สูง เมื่อนำมาเป็นส่วนผสมในอาหารผ่านการให้ความร้อนก็ยังให้กลิ่นหอม (วิลาสิณี, 2556) เมื่อวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าซอสสูตรที่ 1 2 3 และ 4 มีค่า IC_{50} เท่ากับ 386.59 371.29 305.38 และ 144.56 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยซอสสูตรที่ 4 มีค่า IC_{50} ต่ำที่สุดแสดงว่ามีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงที่สุดเนื่องจากค่า IC_{50} คือค่าความเข้มข้นของสารที่ใช้ทดลองซึ่งสารสกัดที่ให้ค่า IC_{50} ต่ำ หมายถึงมีการยับยั้งอนุมูลอิสระของ DPPH ได้ดี แสดงว่ามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดี นอกจากนี้ยังทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสหวาน รสเผ็ด กลิ่น รสชาติ ความชื้นหนืด และความชอบโดยรวม ของซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตร มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นค่าเฉลี่ยความชอบในด้านลักษณะปรากฏและสี ผู้ทดสอบให้ค่าเฉลี่ยความชอบของซอสเครื่องเทศที่ 1 2 และ 3 มากกว่าซอสสูตรที่ 4 ผู้วิจัยจึงได้ทำการเลือกซอสเครื่องเทศสูตรที่ 3 เนื่องจากเป็นที่ยอมรับต่อผู้บริโภคได้ประโยชน์จากข้าวลิ้มผิว ทำให้มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่สูงเพื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ผลศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท จะทำให้อาหารปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยโรงงานพิเศษได้ทำการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อระบบสเปรย์น้ำร้อน ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เพื่อให้อาหารอยู่ใน “สภาวะปลอดเชื้อเชิงการค้า” แต่การฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิที่สูง ก็มีผลต่อคุณค่าทางอาหาร เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ พบว่า ผลิตภัณฑ์หลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีค่าความสว่าง (L^*) ลดลงเท่ากับ 31.52 ส่วนค่าสีแดง (a^*) และสี เหลือง (b^*) มีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 14.73 และ 17.88 ตามลำดับ อาจเป็นเพราะอาหารเมื่อผ่านการให้ความ ร้อนในอุณหภูมิที่สูงจะทำให้มีสีเข้มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐวุฒิ (2550) ได้รายงานว่า ผลิตภัณฑ์ ข้าวกล้องหุงสุกในถุงฆ่าเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 25 นาที พบว่า ค่าสีในระบบ $L^* a^* b^*$ ของผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ส่วน ค่าความหนืด และปริมาณน้ำอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดย ผลิตภัณฑ์หลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีปริมาณน้ำอิสระลดลง เนื่องจากกระบวนการฆ่าเชื้อช่วยควบคุม ปริมาณน้ำอิสระ เพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เช่นเดียวกับปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า ค่าความเป็นกรดต่างของผลิตภัณฑ์หลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อที่มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นปริมาณไขมันที่มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ นอกจากนี้ปริมาณของ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณ แอนโทไซยานิน และปริมาณแคปไซซินของผลิตภัณฑ์หลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อมีค่าลดลงอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยค่า IC_{50} ของผลิตภัณฑ์หลังการเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อเท่ากับ 289.95 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ก่อนการเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อที่มากเท่ากับ 305.38 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง เนื่องจากค่า IC_{50} คือค่าความเข้มข้นของสารที่ใช้ทดลองซึ่งสารสกัดที่ได้ค่า IC_{50} ต่ำ หมายถึงมีการยับยั้งอนุมูลอิสระของ DPPH ได้ดี แสดงว่ามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดี สอดคล้องกับ งานวิจัยของ Sudathip *et al.* (2011) ได้ศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อความสามารถในการต้าน อนุมูลอิสระและสีของพริกแกงโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 75 90 105 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 10 20 30 40 50 และ 60 นาที พบว่าพริกแกงที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพริกแกงที่อุณหภูมิอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ผลិតภักข์ซอสเครื่องเทศที่มีการเติมข้าวลิ้มผัว จะมีสีซอสเป็นสีน้ำตาล มีรสชาติที่กลมกล่อมได้กลิ่นหอมจากเครื่องเทศและข้าวลิ้มผัว สามารถนำมาทำเป็นซอสราดสเต็ก สปาเก็ตตี้ หรือจะนำซอสมารับประทานทานคู่กับขนมปัง แครกเกอร์ มันทอด หรือออเดิร์ฟต่างๆ ได้

5.2.2 ผลิตภักข์ซอสเครื่องเทศ เป็นผลิตภักข์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยกระบวนการฆ่าเชื้อในระบบสเปรย์น้ำร้อน จึงมั่นใจได้ว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค สามารถนำผลิตภักข์อาหารต่างๆ เช่น ซอสธัญพืช หรือซอสชนิดต่างๆมาประยุกต์เพื่อทำเป็นผลิตภักข์ปลอดภัยทางการค้าได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. 2556. “องค์ความรู้เรื่องข้าว (rice knowledge bank)”. แหล่งที่มา:
<http://www.brrd.in.th/rkb> (18 ธันวาคม 2559)
- กรองแก้ว เนาสราญ และ วุฒิชัย นุตกุล. 2535. ปริมาณและองค์ประกอบของสารรสเผ็ดร้อนจากพริก.
 วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 34(3): 133-140.
- กองโภชนาการ. 2530. ตารางแสดงคุณค่าทางอาหารไทยในส่วนที่กินได้หนึ่งร้อยกรัม. กรมอนามัย,
 กรุงเทพฯ. 48 น.
- กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2544. หอมแดง สรรพคุณ และการปลูกหอมแดง.
 แหล่งที่มา:<http://puechkaset.com/%E0%B8%AB%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B9%81%E0%B8%94%E0%B8%87/> (25 ธันวาคม 2559)
- กาญจนา ดำริห์ และวนิดา พิทักษ์. 2547. การศึกษากระบวนการผลิตและอายุการเก็บรักษาขอสพุทรา.
 ปัญหาพิเศษปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
- กุลยา สมบูรณ์วิวัฒน์, นภา ศิวรังสรรค์, เสาวรัตน์ จันทะโร และเกื้อการุณย์ ครูส่ง. 2556. ตำรา
 ปฏิบัติการเชิงชีวเคมี. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- กิตติพงษ์ แนวกิจ และ อรนนท์ เกิดพิณธ์. 2536. ปริมาณสารแคปไซซินอยด์จากพริกชนิดต่าง ๆ ใน
 ประเทศไทย. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. ศึกษากับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร :
 โรงพิมพ์ลิ้นคอรัน โปรโมชัน.
- จักรกฤษณ์ ชันทอง. 2550. ความหลากหลายทางพันธุกรรมของคุณภาพเมล็ดในข้าวเหนียวกำแพง
 พื้นเมือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชไร่, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- จันทร์จาริก รัตนเดชสกุล. 2550. การพัฒนาตำรับครีม และเจลสารสกัดเอ็กโคไคนาเซีย เพอร์ฟูเรีย.
 วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- จรรยา อุทัยทวีป และ นพรัตน์ แซ่ลี. 2539. การเตรียมสารสกัดพริกบริสุทธิ์ 2: พัฒนาครีมพริกและ
 ศึกษาผลต่อ blood flow ที่ผิวหนังคน. ปริญญาเภสัชศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- จารุวรรณ ธนวิรุฬห์ และ สุदारัตน์ หอมหวล. 2554. การเปรียบเทียบปริมาณแคปไซซินอยด์และค่า
 ดัชนีความเผ็ดในพริกตามระยะการสุกแก่ของผล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 : หน้า 6-13.
- จู่ไร ศยามานนท์. 2523. การวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซิน (Capsaicin) ในพริกพันธุ์ห้วยสีทน โดยวิธี
 High pressure liquid chromatography (HPLC). การประชุมทางวิชาการของ
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 23, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เจษฎา ทิพย์มณฑิธร. 2547. การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ
 กระบวนการบรรจุและปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ในการผลิตซอสผลไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชัยโย ชัยชาญพิทยุทธ เกรียงศักดิ์ พูนสุข มยุรี หาญตระกูล และโสภณ เรืองสำราญ. 2525. สมุนไพร; การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นสำหรับงานวิจัย 2. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ข้อแก้ว อนิลบล ปรเมศ บันเทิง และ จิรวัดน์ สนิทชน. 2554. การศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวดำ โดยใช้วิธี HPLC และ spectrophotometric. แก่นเกษตร 39 ฉบับพิเศษ : 353-357.
- ณัฐฉัตร อินทร์เกษ. 2550. การศึกษากระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกสูงในถุงฆ่าเชื้อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ณัฐฐา ศรีสวัสดิ์ นิชกานต์ สมจิต และสุนิสา สมนิยาม. 2556. การพัฒนาซอสซุบไก่ย่างกอลและ. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ทวีศักดิ์ นวลพลับ. 2532. การปลูกพริก. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม, นนทบุรี.
- ทัตดาว ภาษีผล, ปนัดดา มาลาศรี และ สุภาวิตา ศรีลำไย. 2560. สมบัติทางเคมีกายภาพของสารสกัดจากพริกชี้ฟ้าที่ใช้ตัวทำละลายที่ไม่ใช้น้ำ. แก่นเกษตร 45 ฉบับพิเศษ 1.
- ทิพาพร อยู่วิทยา. 2555. การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้ออาหาร. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- นงลักษณ์ สิงห์บัวขาว. 2556. การใช้สารต้านอนุมูลอิสระของรำข้าวเหนียวดำในอาหารปลานิล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- นพมาศ มั่นสรวากุล. 2545. การสำรวจปริมาณแกมมา-แกมมาโอโรซานอลและวิตามินอีในข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- นิจฉรา ทูลธรรม, มุทิตา มีนุ่น และวิไลศนา โพธิ์ศรี. 2551. ผลของพริกแห้งและกระเทียมที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงและการยอมรับของผู้บริโภค. ใน: การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 10 มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 18 มกราคม 2551.
- นิจฉรา ทูลธรรม. 2552. ลักษณะกลิ่นรส และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- นิธิยา รัตนพนนท์. 2553. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.
- นุชรี ชาตวิงศากุล. 2552. เครื่องดื่มย่ำส้มแขกสำเร็จรูป : ผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์และเทคนิคการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการเก็บรักษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- นันทน์ภัส เต็มวงศ์. 2551. ความสัมพันธ์ของสารประกอบฟีนอลิกกับความสามารถรวมในการต้านอนุมูลอิสระในพืช. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์ 8 (2): 114-124.
- บัญญัติ สุขศรีงาม. 2527. เครื่องเทศที่ใช้เป็นสมุนไพร เล่ม 1. อมรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตและการเก็บรักษาอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ และชนิดที่ปรับกรด. 2556 ประกาศ ณ วันที่ 3 มกราคม พ.ศ. 2556. ราชกิจจานุเบกษา. ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 130 ตอนพิเศษ 24. 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประสาร สวัสดิ์ชิตัง. 2547. การสำรวจความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำผลไม้. ขอนแก่น. ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 92 น.
- ประเสริฐ ประภานภสิทธิ์. 2544. เปรียบเทียบเทคนิคการสกัดสารแคปไซซินในพริกพันธุ์ต่างๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปรีดาวรรณ ขอช่วยกลาง. 2556. การเปรียบเทียบวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายและวิธีการสกัดเหนือจุดวิกฤตต่อปริมาณวิตามินอีและแกมมา-โอโรซานอลจากรำข้าวพันธุ์กข 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปัทธิตา อุดมไพจิตรกุล. 2557. อาหารกรดต่ำและอาหารปรับกรดในภาวะบรรจุกที่ปิดสนิท. นิตยสาร Food Focus Thailand, Vol. 9 มิถุนายน 2557.
- ปิยาภัทร ไตรสนธิ. 2550. ผลของความสูงพื้นที่และสายพันธุ์ต่อกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระของตะไคร้ต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พนิตตรา ชำนาญศิลป์. 2554. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแกมมาโอโรซานอล แอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านออกซิเดชันของข้าวไม่ขัดสีระหว่างการแช่ที่อุณหภูมิสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พัชราภรณ์ รัตนธรรม ญัญญา เลานกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น. 2556. สารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องสีงอก. ว.วิทย์. กษ. 44(2) : 441- 444.
- พันธุ์ทิพย์ ปานกลาง. 2547. ลักษณะทางกายภาพ ปริมาณ oleoresin และความเผ็ดของผลพริก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิทักษ์ เทพสมบุรณ์. 2540. การปลูกพริก. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 72 น.
- พิมพ์ธัญญา นาคกรสิงห์. 2557. การตรวจวัดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในสมุนไพรชนิดต่างๆด้วยวิธี DPPH. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.
- พยนต์ คุ้มภัย นริศร์ ขจรผล และ ปรีดา จาติกวนิช. 2536. การศึกษาพันธุ์พริกในประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร 16(4): 295-303.
- พรทวี ธนสัมพันธ์ นานฎิญา สารีพวง และอรรณ สุระชาติ. 2550. ซอสถัฝัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- มณีฉัตร นิกรพันธุ์. 2541. พริก. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 196 น.
- มารีสา จาตุพรพิพัฒน์. 2559. แบบเสนอโครงการวิจัยการพัฒนาด้านแบบกรรมวิธีการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนในผลิตภัณฑ์ไก่กอบและพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวแบบถั่ว (รีทอร์ท โบวล์). ทุนพัฒนางานวิจัยประยุกต์กองทุนวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปี 2560.
- ไมตรี สุทธิจิตต์. 2535. ผลของสารสกัดหยาบจากเมล็ดข้าวเหนียวบางสายพันธุ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 91 หน้า.
- เยาวรัตน์ นาคด้อย. 2547. ผลของสารสกัดคาร์โบไฮเดรตจากหอมแดง (*Allium ascalonicum* Linn.) ฝรั่ง (*Psidium guajava* Linn.) และมันแกว (*Pachyrrhizus erosus* Linn.) ต่อ
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจริญของ *Lactobacillus acidophilus* . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วัชรีย์ หาญยิ่ง. 2549. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระในกลไกการเกิดมะเร็ง. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 34(3): 199-208.

วนิชฐี สร้อยสุวรรณ. 2552. สารต้านอนุมูลอิสระจากเซรั่มน้ำยางพารา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วัลลภา โพธาสินธ์. 2556. ผลของกระบวนการแปรรูปข้าวเก่าต่อสารออกฤทธิ์ชีวภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วัลลภา โพธาสินธ์. 2556. ผลของกระบวนการแปรรูปข้าวเก่าต่อสารออกฤทธิ์ชีวภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. อ้างถึง ปุณเรศวร์ รัตนประดิษฐ์. 2554. ผลของข้าวเหนียวเก่าพันธุ์เก่าดอยสะเก็ดต่อคุณภาพเนื้อของสุกรขุน. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิลาสณี ดีปัญญา. 2556. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เมี่ยงคำชาวลิมผิว. งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุน ประเภททั่วไป, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

วิไลพร ปองเพียร. 2556. การพัฒนาสูตรสบู่ชาวลิมผิวและสบู่ถ่านฝักมะขาม. งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุน ประเภททั่วไป, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

วิไลพร ปองเพียร. 2556. การพัฒนาสูตรสบู่ชาวลิมผิวและสบู่ถ่านฝักมะขาม. งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุน ประเภททั่วไป, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. อ้างถึง อัจฉราพร ณ ลำปาง และอภิชาติ เนินพลับ. 2553. ข้าวเหนียวพันธุ์ลิมผิว:พันธุ์อนุรักษ์เพื่อคุณค่าโภชนาการ. พิษณุโลก: ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว.

ศักดิ์ชาย เลชะคุณ. 2554. ผลของสารสกัดจากหอมแดง *Allium ascalonicum* Linn. ต่อการควบคุมทางชีวภาพยุงลาย *Aedes aegypti* Linn. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

ศศิธร สรรพอคำ. 2554. การสกัดแกมมา-ออร์นิทีนและโปรตีนจากรำข้าวและกากรำข้าวด้วยของไหลภาวะกึ่งวิกฤตและเหนือวิกฤต. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมใจ ศิริเวช. 2521. ความร้อนกับคุณค่าอาหาร ในนิตยสารแม่บ้าน, ปีที่ 2 เล่มที่ 5: หน้า 35-38.

สรจักร ศิริบริรักษ์. 2541. พริก. วารสารหมออนามัย 8(2): 33-36.

สัจจะ ประสงค์ทรัพย์. 2558. พริก. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://hort.ezathai.org/?p=4428> (17 ธันวาคม 2559)

สันต์กฤต ต้นแทน. 2551. การพัฒนากระบวนการผลิตพริกแห้งโดยการอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวิมล อริยประกาย. 2557. อิมัลเกท. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ปีที่ 37 ฉบับที่ 1 มกราคม-มีนาคม 2557, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2526. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพริกแห้ง มอก. 456-2526.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อัจฉราพร ณ ลำปาง และ อภิชาติ เนินพลับ. 2553. ข้าวเหนียวพันธุ์สีม่วง : พันธุ์อนุรักษ์เพื่อคุณค่าโภชนาการ. พิษณุโลก: ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว.
- อัจฉราพร ณ ลำปาง และ อภิชาติ เนินพลับ. 2553. ผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียวดำสีม่วง. พิษณุโลก: ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว.
- อัจฉรา พิงทะวงศ์กุล. 2551. การเจริญเติบโตและการพัฒนาการของข้าวเหนียวเก่า (*Oryza sativa* L.) ที่สัมพันธ์กับการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อติยา เรื่องจักรเพ็ชร. 2550. ผลของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในมะขามป้อม และอายุของมะกอกน้ำต่อปริมาณฟีนอลิกฟลาโวนอยด์และกิจกรรมต้านออกซิเดชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- อภิชาติ ทัพพชาติโยธิน. 2554. การตรวจวัดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำพริกแกงไทยสำเร็จรูป 4 ชนิด ด้วยวิธี DPPH (น้ำพริกแกงเขียวหวาน, น้ำพริกแกงพะเนง, น้ำพริกแกงส้ม และน้ำพริกเครื่องต้มยำกุ้ง). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.
- อภิรดา รินพล. 2548. ผลของอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาต่อคุณภาพของผลลำไยพันธุ์ที่รมด้วยก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อริสรา โพธิ์สนาม, ศรีัญญา สารพัต และสุพร ใจทัศน์ (2555). ผลของความร้อนและระยะเวลาเก็บรักษาต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในเครื่องต้มหม้อข้าวโพด. วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า 4 (1): หน้า 36-44
- อำพิกา นพเกียรติ. 2547. การศึกษาของสารสกัดจากฟริกซ์หนูสวนต่อการยับยั้ง *Aspergillus parasiticus* และ *Aspergillus fumigatus*. ทนุอดหนุนการวิจัยจากสำนักวิจัยและบริการวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- Abdel-Aal ESM, Youg JC, Rablski I. 2006. Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple, and Red Cereal Grains. *J Agric Food Chem* 54; 4696-4704.
- Ahmed, J., U.S. Shivhare and H.S. Ramaswamy. 2002. A Fraction conversion kinetic model for thermal degradation of color in red chilli puree and paste. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*. 35: 497-503.
- Anonymous. 1970. Maceration and percolation. *Flavours Ind*. 1(1): 449-451.
- AOAC. 2005. *Official Methods of AOAC International*. 1st. New York : The Association of Official Analytical Chemists.
- Aruna, P. 2001. Medallion laboratories analytical process: Antioxidant activity. *Take you to the heart of giant resource* 19(2): 1-4
- Arvouet-Grand, A., Vennat, B., Pourrat, A., & Legret, P. (1994). Standardisation d'un extrait de propolis et identification des principaux constituants. *Journal de pharmacie de Belgique*, 49, 462-468.
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Aqil F, Ahmad I, Mehmood Z. 2006. Antioxidant and free radical scavenging properties of twelve traditionally used Indian medicinal plant. *Turk J Biol* 30. 177-183.
- Bako, I.G., M.A. Mabrouk and A. Abubakar. 2009. Antioxidant effect of ethanolic seed extract of *Hibiscus sabdariffa* Linn (Malvaceae) alleviate the toxicity induced by chronic administration of sodium nitrate on some haematological parameters in wistar rats. *Advance Journal of Food Science and Technology* 1 (1): 39-42.
- Balbaa, S.I., M.S. Karawya and A.N. Girgis. 1968. The capsaicin content of capsicum fruits at different stages of maturity. *Loloydia* 31(3): 272-274.
- Batchelor JD and Jones BT. 2000. Determination of the scoville Heat value for Hot Sauces and Chilies : An HPLC Experiment, *JCE* 77(2) : 266-267
- Bauer , V.P.R. , Zambiasi, R.C., Mendonce, C.R.B., Cambra, B.C..M. and Ramos, G.R. 2012 . Y-Oryzanol and tocopherol contents in residues of rice bran oil refining. *Food Chemistry*, 134, 1479–1483.
- Basu, T.K., N.J. Temple and M.L. Garg. 1999. *Antioxidant in human Health and Disease*. CABI Publishing,UK.
- Bhatnagar, A.P. and D. Singh. 1981. *Edible Oil Technology*. Small Business Publ. co., Inc., Delhi.
- Coles, R., D. Mcdowell and M. J. Kirwan. *Food Packaging Technology*. London : Blackwell, 2003.
- Diplock AT, Charleux J-L, Crozier-Willi G, Kok F, Rice-Evans C และ Roberfroid M. 1998. Functional food science and defence against reactive oxygen species. *Br J Nutr* 80 (1) : S77-112.
- Eshbaugh, W.H. 1979. A biosystematics and evolutionary study of the *Capsicum pubescens* complex. *Nat. Geogr. Soc. Res. Rep.* 42: 143-162.
- Govindarajan, V.S. 1986. Capsicum-production, technology, chemistry and quality. Part 2. Processed products, standards, world production and trade. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 21(3): 207-288.
- Hainrihar, G. 1991. Spice oleoresin: production, benefits and application, pp. 17-21. In *Food Ingredients Asia Conference Proceeding 1991*. ExpoconsultPublishers, Netherland.
- Holland, B., A.A. Welch, I.D. Unwin, D.H. Buss, A.A. Paul and D.A.T. Southgate. 1995. *The composition of foods*. Clay Ltd., Cambridge. 462 p.
- Hosseinian, F. S., Li, W. and Beta, T. 2008. Measurement of anthocyanins and other phytochemicals in purple wheat. *Food Chemistry*, 109, 916–924.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- IBPGR Secretariat. 1983. "Genetic Resources of Capsicum" International Board for Plant Genetic Resources. AGPG/IBPGR, Rome.
- Imsanguana, P., Roaysubtaweeea, A., Boriraka, R., Pongamphaia, S., Douglsa, S. and Douglasb, P. L. 2008. Extraction of α -tocopherol and γ -oryzanol from rice bran. *Food Science and Technology*, 41, 1417-1424.
- Jamroz, A. and J. Behowski. 2001. Antioxidant capacity of selected wines. *Medical science monitor*, 7(6): 1198-1202.
- Johnson, T.S., G.A. Ravishankar and L. V. Venkataraman. 1992. Separation of capsaicin from phenylpropanoid compounds by high performance liquid chromatography to determine the biosynthetic status of cells and tissues of *Capsicum frutescens* L. in vivo and in vitro. *J. Agri. Food Chem.* 40: 2461-2463.
- Kim, H. W., J. B. Kim, S. M. Chao, M. N. Chung, Y. M. Lee, S. M. Chu, J. H. Che, S. N. Kim, S. Y. Kim, Y. Cho, J. H. Kim, H.J. Park, and D.J. Lee. 2012. Anthocyanin changes in the Korean purple-fleshed sweet potato, Shinzami, as affected by steaming and baking. *Food Chem.* 130:966-972.
- Kosuge, S. and M. Furuta. 1970. Chemical composition of the principles of capsicum. *Agr. Biol. Chem.* 34(2): 248-256.
- Kulisic, T., A. radonic, V. Katalinic and M. Milos. 2004. Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. *Food chemistry*, 85: 633-640.
- Kumer, S., D. Kumar and O. Prakash. 2008 Evaluation of antioxidant potential, phenolic and flavonoid contents of *Hibiscus tiliaceus* flowers. *Electronic Journal of Environment, Agricultural and Food Chemistry* 7(4): 2863-2871.
- Laokuldilok, T., Shoemaker, C., Jongkaewwattana and Tulyathan, V. 2011. Antioxidants and antioxidant activity of several pigmented rice brans. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 59, 193-199.
- Linsley, M.D., F.J. Ekinici, D. Ortiz, E. Rogers and T.B. Shea. 2004. Monitoring thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) as an assay for oxidative damage in neuronal cultures and central nervous system. *Journal of neuroscience method*, 141: 219-222.
- Maga, J.A. 1975. Capsicum. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 6(2): 177-199.
- Morazzoni, P., S. Maalandrino. 1998. Anthocyanins and Their Alglycons as Scavengers of Free Radocals and Antiproperoxidant Agents. *Pharmacology Res Commission* 20:2.
- Massaretto, I. L., Alves, M. F. M., Mira, N. V. M., Carmona, A. K. and Marquez, U. M. L. 2011. Phenolic compounds in raw and cooked rice (*Oryza sativa* L.) and their
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- inhibitory effect on the activity of angiotensin I-converting enzyme. *Journal of Cereal Science*, 54, 236-240.
- Murcia MA, Egea I, Romojaro F, Parras P, Jimenez AM, Tome MM. 2004. Antioxidant evaluation in dessert spices compared with common food additives. Influence of irradiation procedure. *J Agric Food Chem* 52 : 1872-1881.
- Nelson, E.K and L.E. Dawson. 1923. The constitution of capsaicin, the pungent principle of capsicum III. *J. Amer. Chem. Soc.* 45(8): 2179-2184.
- Pearson, D. 1976. **The Chemical Analysis of Foods**. 7th ed., Churchill, London. 575 p.
- Pickersgill, B. 1967. Interspecific isolating mechanisms in some South American chilli pepper. *Amer. J. Bot.* 54: 654.
- Purseglove, J.W., E.G. Brown, C.L. Green and S.R.J. Robbins. 1981. **Chillies: Capsicum spp., Spices. Vol 1**. Tropical Agricultural Series, Longman Publ. Co. Inc., New York. 439 p
- Qureshi A, Samai S, Khan F. 2002. Effects of stabilized rice bran, its soluble and fiber fractions on blood glucose levels and serum lipid parameters in humans with diabetes mellitus Types I and II. *J. Nutr. Biochem.* 13: 175-187.
- Rice-Evan, C.A., N.J. Miller, P.G. Bolwell, P.M. Bramley and J.B. Pridham. 1995. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Radic Res.* 22: 375-385.
- Sadabpods K, Kangsadalamporn K, Tongyongk. 2010. Antioxidant activity and antimutagenicity of hominin rice and black glutinous rice. *J Health Res.* 24(2): 49-54.
- Sanchez, C.S., A.M. Troncoso Gonzalez, M.C. Garcia-Parrilla, J.J. Quesada Granados, H. Lopez Garcia de la Serrana and M.C. Lopez Martinez. 2007. Different radical scavenging tests in virgin olive oil and their relation to the total phenolic content. *Analytica chemical acta*.
- Salzer, U.L., G. Haarmann and G. Reimer. 1975. Analytical evaluation of seasoning extracts (oleoresin) and essential oils from seasonings. Part 2. *Flavours* 6(4)
- Sarma, S., W.E. Poe and R.P. Wilson. 1989. Effect of supplemental phytate and/or tricalcium phosphate on weight gain, feed efficiency and zinc content in vertebrae of channel catfish. *Aquaculture*, 80: 155-161.
- Shipp, J. and Abdel-Aal, E. S. 2010. Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients. *Food Science Journal*, 4, 7-22.
- Stecker, P.G., M. Windholz, D.S. Leahy, D.M. Balton and L.G. Eaton. 1968. **Merck Index; The Encyclopedia of Chemicals and Drugs**. Merck and Rahway N.J., Co., Inc., New Jersey. 1713 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Sudathip I., Pornchaloempong P., Narkruga W. and Tungkananuruk K. 2011. Influence of heat treatment on antioxidant capacity and color of thai red curry paste. *Kasetsart Journal (Nat. Sci.)*. 45:136-146.
- Tangsuphoom, N. and Coupland, J.N., 2005, "Effect of heating and Homogenization on the Stability of Coconut Milk Emulsion". *Journal of Food Science*, Vol. 70, NO.8, pp. E466-E470
- Tepe, B., M. Sokmen, A. Sokmen, D. Daferera and M. Polissiou. 2004. Antimicrobial and antioxidative activity of the essential oil and various extracts of *Cyclotrichium origanifolium* (Labill.) Maden. & Scheng. *Journal of food engineering*, 69: 335-342.
- Thresh, J.C. 1876. Capsaicin: an alkaloid said to be contained in capsicum fruit. *Pharm. J.* 6: 941.
- Vinikumar, Y.T. Vaishali, N.S. Uravashi, D.S. Manish, P.S. 2011. Simutaneous estimation of gallic acid, Curcumin and Quercetin by HPLC method. *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research* 1: 70-80.
- Wang, C.C., C.Y. Chu, K.O. Chu, K.W. Choy, K.S. Khaw, M.S. Rogers and C.P. Pang. 2004. Trolox-equivalent antioxidant capacity assay versus oxygen radical absorbance capacity assay in plasma. *Clinical chemistry*, 50(5) : 952-954.
- Wang, H., M.G. Nair, G.M. Strabury, Y.C. Chang, A.M. Booren, J.I. Gray and D.L. Dewitt. 1999. Antioxidant and anti-inflammatory activities of anthocyanins and their aglycon cyaniding from tart cherries. *J. Nat. Prod.* 62: 294-296.
- Wangcharoen W and Morasuk W. 2007. Antioxidant Capacity and Phenolic Content of Chiles. *Kasetsart Journal (Nat. Sci)* 41 : 561-569.
- Worayos, Y. 1986. Collection of capsicum Germplasm in Thailand. *IBPGR Newsletter*. 10(3): 175- 182.
- Yayuan Tang, Weixi Cai and Baojun Xu. 2016. From rice bag to table: Fate of phenolic chemical compositions and antioxidant activities in waxy and non-waxy black rice during home cooking. *Food Chemistry*. 191: 81-90.
- Yu. L. and K. Zhou. 2004. Antioxidant properties of bran extracts from Platte wheat grown at different location. *J. food Chem.* 90: 311-316.
- Zandi, P. and M.H. Gordon. 1999. Antioxidant activity of extracts from old *Food Chemistry* 64: 285-288.
- Zhang, H., F. Chen, X. Wang and H.Y. Yao. 2006. Evaluation of antioxidant parsley (*Petroselinum crisoum*) essential oil and identification of its antioxidant constituents. *Food reseach international*, 39 (8) : 833-839.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



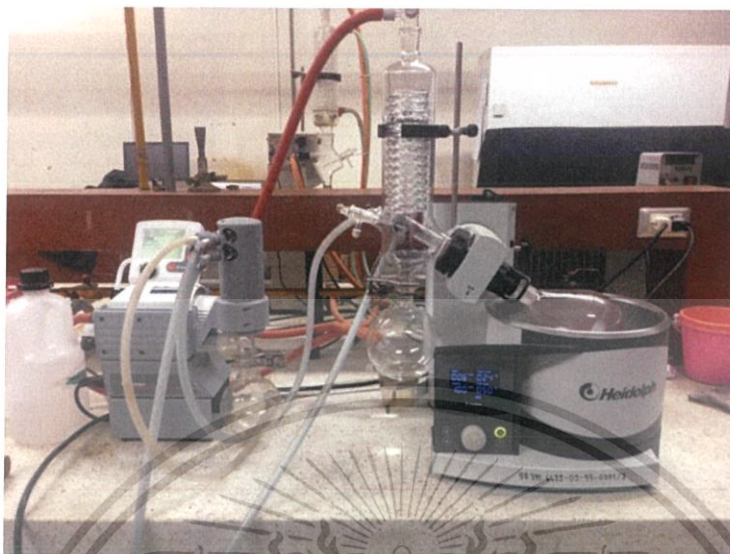
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก รูปภาพ



รูปที่ ก-1 ซอสเครื่องเทศทั้ง 4 สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-2 เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน



รูปที่ ก-3 เครื่องวัดสี Minolta CR-300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-4 เครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer Model DV-II



รูปที่ ก-5 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ AquaLab Series 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

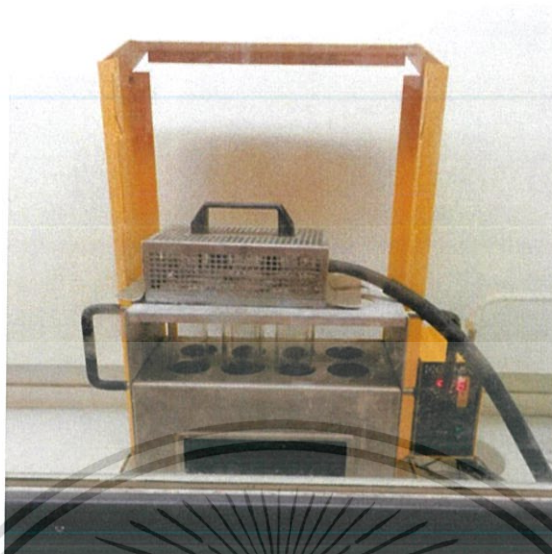


รูปที่ ก-6 เครื่องสกัดปริมาณไขมัน (soxhlet apparatus)



รูปที่ ก-7 เครื่องวัด pH Mettler Toledo SevenGO Pro

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-8 ชุดย่อยโปรตีน



รูปที่ ก-9 ชุดกลั่นโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-10 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer)



รูปที่ ก-11 เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-12 การเตรียมซอสสำหรับทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส



รูปที่ ก-13 ผู้ทดสอบกำลังทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

สถิติที่ใช้ในการวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ตารางที่ ข-1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ค่าสีของวัตถุดิบและเครื่องเทศ

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
L	1.00	3	55.2200	.01000	.00577	55.1952	55.2448	55.21	55.23
	2.00	3	48.9033	.01155	.00667	48.8746	48.9320	48.89	48.91
	3.00	3	46.5967	.01155	.00667	46.5680	46.6254	46.59	46.61
	Total	9	50.2400	3.86626	1.28875	47.2681	53.2119	46.59	55.23
a	1.00	3	2.4333	.00577	.00333	2.4190	2.4477	2.43	2.44
	2.00	3	4.8967	.03786	.02186	4.8026	4.9907	4.87	4.94
	3.00	3	11.4400	.03606	.02082	11.3504	11.5296	11.40	11.47
	Total	9	6.2567	4.03127	1.34376	3.1580	9.3554	2.43	11.47
b	1.00	3	3.0533	.00577	.00333	3.0390	3.0677	3.05	3.06
	2.00	3	2.6400	.01000	.00577	2.6152	2.6648	2.63	2.65
	3.00	3	22.2200	.02646	.01528	22.1543	22.2857	22.19	22.24
	Total	9	9.3044	9.68833	3.22944	1.8573	16.7516	2.63	22.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L*	Between Groups	119.583	2	59.791	489202.636	.000
	Within Groups	.001	6	.000		
	Total	119.584	8			
a*	Between Groups	130.003	2	65.002	70483.699	.000
	Within Groups	.006	6	.001		
	Total	130.009	8			
b*	Between Groups	750.908	2	375.454	1351635.040	.000
	Within Groups	.002	6	.000		
	Total	750.910	8			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3.00	3	46.5967		
2.00	3		48.9033	
1.00	3			55.2200
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a*

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.00	3	2.4333		
2.00	3		4.8967	
3.00	3			11.4400
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b*

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2.00	3	2.6400		
1.00	3		3.0533	
3.00	3			22.2200
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบและเครื่องเทศ

Descriptives

moistness

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	11.8433	.27135	.15667	11.1693	12.5174	11.53	12.00
2.00	3	84.6900	.46765	.27000	83.5283	85.8517	84.42	85.23
3.00	3	34.5000	.14000	.08083	34.1522	34.8478	34.40	34.66
Total	9	43.6778	32.28704	10.76235	18.8598	68.4958	11.53	85.23

ANOVA

Moistness

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8338.997	2	4169.499	40099.902	.000
Within Groups	.624	6	.104		
Total	8339.621	8			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Moistness

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.00	3	11.8433		
3.00	3		34.5000	
2.00	3			84.6900
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างของวัตถุดิบและเครื่องเทศ

Descriptives

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	6.3333	.00577	.00333	6.3190	6.3477	6.33	6.34
2.00	3	6.3667	.01155	.00667	6.3380	6.3954	6.36	6.38
3.00	3	5.9333	.01528	.00882	5.8954	5.9713	5.92	5.95
Total	9	6.2111	.20907	.06969	6.0504	6.3718	5.92	6.38

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.349	2	.174	1308.333	.000
Within Groups	.001	6	.000		
Total	.350	8			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

pH

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3.00	3	5.9333		
1.00	3		6.3333	
2.00	3			6.3667
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1.2 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของวัตถุดิบและเครื่องเทศ

Descriptives

Total Phenolic Content

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	6872.2633	4.95944	2.86333	6859.9434	6884.5833	6869.40	6877.99
2.00	3	1691.7700	1.14315	.66000	1688.9302	1694.6098	1691.11	1693.09
3.00	3	4275.1200	7.06699	4.08013	4257.5646	4292.6754	4267.41	4281.29
Total	9	4279.7178	2243.22629	747.74210	2555.4214	6004.0141	1691.11	6877.99

ANOVA

Total Phenolic Content

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	40256361.893	2	20128180.947	796155.800	.000
Within Groups	151.690	6	25.282		
Total	40256513.583	8			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Total Phenolic Content

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2.00	3	1691.7700		
3.00	3		4275.1200	
1.00	3			6872.2633
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1.2 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ของวัตถุดิบและเครื่องเทศ

Descriptives

Flavonoid

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	1405.4567	19.05508	11.00145	1358.1212	1452.7921	1383.85	1419.86
2.00	3	345.2100	2.15933	1.24669	339.8459	350.5741	343.48	347.63
3.00	3	1169.5933	3.70098	2.13676	1160.3996	1178.7871	1166.36	1173.63
Total	9	973.4200	482.19878	160.73293	602.7692	1344.0708	343.48	1419.86

ANOVA

Flavonoid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1859362.386	2	929681.193	7311.574	.000
Within Groups	762.912	6	127.152		
Total	1860125.298	8			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Flavonoid

Duncan^a

sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2.00	3	345.2100		
3.00	3		1169.5933	
1.00	3			1405.4567
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1.2 เปรียบเทียบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่ร้อยละ 50 (IC_{50}) ด้วยวิธี DPPH assay ของวัตถุดิบและเครื่องเทศ

Descriptives

IC_{50}

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	26.3100	.01732	.01000	26.2670	26.3530	26.30	26.33
2.00	3	203.6067	.28290	.16333	202.9039	204.3094	203.28	203.77
3.00	3	117.9433	.30006	.17324	117.1980	118.6887	117.64	118.24
Total	9	115.9533	76.78649	25.59550	56.9300	174.9767	26.30	203.77

ANOVA

IC_{50}

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	47168.982	2	23584.491	415301.157	.000
Within Groups	.341	6	.057		
Total	47169.323	8			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

IC_{50}

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.00	3	26.3100		
3.00	3		117.9433	
2.00	3			203.6067
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวิเคราะห์ค่าสีของซอสเครื่องเทศ

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
L*	1.00	3	46.9333	.07506	.04333	46.7469	47.1198	46.89	47.02
	2.00	3	36.9500	.02000	.01155	36.9003	36.9997	36.93	36.97
	3.00	3	32.0067	.02517	.01453	31.9442	32.0692	31.98	32.03
	4.00	3	29.5067	.04619	.02667	29.3919	29.6214	29.48	29.56
	Total	12	36.3492	6.96880	2.01172	31.9214	40.7769	29.48	47.02
a*	1.00	3	21.9533	.05859	.03383	21.8078	22.0989	21.91	22.02
	2.00	3	15.3767	.04619	.02667	15.2619	15.4914	15.35	15.43
	3.00	3	11.6033	.05132	.02963	11.4759	11.7308	11.56	11.66
	4.00	3	11.4400	.32741	.18903	10.6267	12.2533	11.16	11.80
	Total	12	15.0933	4.45412	1.28579	12.2633	17.9233	11.16	22.02
b*	1.00	3	44.1333	.06658	.03844	43.9679	44.2987	44.09	44.21
	2.00	3	25.9467	.03512	.02028	25.8594	26.0339	25.91	25.98
	3.00	3	16.1233	.02309	.01333	16.0660	16.1807	16.11	16.15
	4.00	3	14.2233	.05774	.03333	14.0799	14.3668	14.19	14.29
	Total	12	25.1067	12.37894	3.57349	17.2415	32.9719	14.19	44.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L*	Between Groups	534.188	3	178.063	80937.590	.000
	Within Groups	.018	8	.002		
	Total	534.206	11			
a*	Between Groups	218.000	3	72.667	2518.781	.000
	Within Groups	.231	8	.029		
	Total	218.231	11			
b*	Between Groups	1685.601	3	561.867	235748.336	.000
	Within Groups	.019	8	.002		
	Total	1685.620	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
4.00	3	29.5067			
3.00	3		32.0067		
2.00	3			36.9500	
1.00	3				46.9333
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a*

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
4.00	3	11.4400		
3.00	3	11.6033		
2.00	3		15.3767	
1.00	3			21.9533
Sig.		.273	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b*

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
4.00	3	14.2233			
3.00	3		16.1233		
2.00	3			25.9467	
1.00	3				44.1333
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวิเคราะห์ความหนืดของซอสเครื่องเทศ

Descriptives

Viscosity

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	7435.9100	4.33013	2.50000	7425.1534	7446.6666	7430.91	7438.41
2.00	3	14871.8300	8.66025	5.00000	14850.3167	14893.3433	14861.83	14876.83
3.00	3	14906.8200	15.00000	8.66025	14869.5579	14944.0821	14891.82	14921.82
4.00	3	14931.8133	8.65448	4.99667	14910.3144	14953.3123	14921.82	14936.81
Total	12	13036.5933	3377.4230	974.9780	10890.6811	15182.5055	7430.91	14936.81

ANOVA

Viscosity

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	125476062.168	3	41825354.056	425000.386	.000
Within Groups	787.300	8	98.413		
Total	125476849.468	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Viscosity

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1.00	3	7435.9100			
2.00	3		14871.8300		
3.00	3			14906.8200	
4.00	3				14931.8133
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000. ปรึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระของซอสเครื่องเทศ

Descriptives

Water activity

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	.9477	.00058	.00033	.9462	.9491	.95	.95
2.00	3	.9560	.00000	.00000	.9560	.9560	.96	.96
3.00	3	.9877	.00058	.00033	.9862	.9891	.99	.99
4.00	3	.9810	.00781	.00451	.9616	1.0004	.98	.99
Total	12	.9681	.01774	.00512	.9568	.9794	.95	.99

ANOVA

Water activity

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.003	3	.001	72.207	.000
Within Groups	.000	8	.000		
Total	.003	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Water activity

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.00	3	.9477		
2.00	3		.9560	
4.00	3			.9810
3.00	3			.9877
Sig.		1.000	1.000	.071

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000. เอกสารนี้เผยแพร่ทางที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนที่ออกสอบเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์
คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของซอสเครื่องเทศ

Descriptives

Moistness

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	2	58.0752	.00021	.00015	58.0732	58.0771	58.08	58.08
2.00	2	64.8402	.00580	.00410	64.7881	64.8923	64.84	64.84
3.00	2	63.7796	.00269	.00190	63.7555	63.8037	63.78	63.78
4.00	2	63.9788	.19368	.13695	62.2386	65.7189	63.84	64.12
Total	8	62.6684	2.86781	1.01392	60.2709	65.0660	58.08	64.84

ANOVA

Moistness

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	57.533	3	19.178	2042.809	.000
Within Groups	.038	4	.009		
Total	57.570	7			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Moistness

Duncan^a

sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.00	2	58.0752		
3.00	2		63.7796	
4.00	2		63.9788	
2.00	2			64.8402
Sig.		1.000	.109	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้นั้น เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์
คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณไขมันของซอสเครื่องเทศ

Descriptives

Fat

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Mini mum	Maxi mum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	2	40.5492	.22373	.15820	38.5391	42.5593	40.39	40.71
2.00	2	36.5402	2.08186	1.47210	17.8354	55.2450	35.07	38.01
3.00	2	42.6478	5.89967	4.17170	-10.3587	95.6543	38.48	46.82
4.00	2	40.3371	.20237	.14310	38.5188	42.1554	40.19	40.48
Total	8	40.0186	3.33855	1.18035	37.2275	42.8097	35.07	46.82

ANOVA

Fat

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	38.790	3	12.930	1.318	.385
Within Groups	39.231	4	9.808		
Total	78.021	7			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Fat

Duncan^a

sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
2.00	2	36.5402
4.00	2	40.3371
1.00	2	40.5492
3.00	2	42.6478
Sig.		.128

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของบริษัทฯ เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของซอสเครื่องเทศ

Descriptives

Protein

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	.6664	.00000	.00000	.6664	.6664	.67	.67
2.00	3	.7081	.00000	.00000	.7081	.7081	.71	.71
3.00	3	.8052	.02405	.01388	.7455	.8650	.79	.83
4.00	3	.8608	.02405	.01388	.8010	.9205	.83	.87
Total	12	.7601	.08163	.02356	.7082	.8120	.67	.87

ANOVA

Protein

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.071	3	.024	81.833	.000
Within Groups	.002	8	.000		
Total	.073	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Protein

Duncan^a

sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1.00	3	.6664			
2.00	3		.7081		
3.00	3			.8052	
4.00	3				.8608
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000. เอกสารนี้ยื่นเข้าที่แจ้งให้ใช้ฟรีเพื่อประโยชน์ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์
คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของซอสเครื่องเทศ

Descriptives

Ashes

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	2.3380	.06000	.03464	2.1890	2.4871	2.28	2.40
2.00	3	1.8458	.02129	.01229	1.7929	1.8987	1.82	1.86
3.00	3	1.7329	.01965	.01135	1.6840	1.7817	1.72	1.75
4.00	3	1.6044	.03837	.02215	1.5091	1.6997	1.57	1.65
Total	12	1.8803	.29193	.08427	1.6948	2.0658	1.57	2.40

ANOVA

Ashes

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.926	3	.309	208.755	.000
Within Groups	.012	8	.001		
Total	.937	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Ashes

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
4.00	3	1.6044			
3.00	3		1.7329		
2.00	3			1.8458	
1.00	3				2.3380
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์
คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างของซอสเครื่องเทศ

Descriptives

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	5.8600	.00000	.00000	5.8600	5.8600	5.86	5.86
2.00	3	5.9400	.01732	.01000	5.8970	5.9830	5.93	5.96
3.00	3	5.9500	.01732	.01000	5.9070	5.9930	5.93	5.96
4.00	3	5.9333	.05132	.02963	5.8059	6.0608	5.89	5.99
Total	12	5.9208	.04441	.01282	5.8926	5.9490	5.86	5.99

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.015	3	.005	6.278	.017
Within Groups	.006	8	.001		
Total	.022	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

pH

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	3	5.8600	
4.00	3		5.9333
2.00	3		5.9400
3.00	3		5.9500
Sig.		1.000	.510

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean-Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลทั้งหมดของซอสเครื่องเทศ

Descriptives

Total Phenolic Content

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	375.7033	1.81726	1.04920	371.1890	380.2177	374.02	377.63
2.00	3	548.4867	2.27913	1.31586	542.8250	554.1483	546.76	551.07
3.00	3	580.9600	3.64427	2.10402	571.9071	590.0129	576.78	583.47
4.00	3	691.3100	1.74860	1.00955	686.9662	695.6538	689.35	692.71
Total	12	549.1150	118.30863	34.15276	473.9453	624.2847	374.02	692.71

ANOVA

Total Phenolic Content

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	153916.569	3	51305.523	8263.367	.000
Within Groups	49.670	8	6.209		
Total	153966.239	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Total Phenolic Content

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1.00	3	375.7033			
2.00	3		548.4867		
3.00	3			580.9600	
4.00	3				691.3100
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ของซอสเครื่องเทศ

Descriptives

Flavonoid

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	137.8133	.58046	.33513	136.3714	139.2553	137.18	138.32
2.00	3	268.4500	.68739	.39686	266.7424	270.1576	267.85	269.20
3.00	3	302.8100	.91033	.52558	300.5486	305.0714	302.08	303.83
4.00	3	359.6800	1.96448	1.13420	354.7999	364.5601	357.52	361.36
Total	12	267.1883	85.12038	24.57214	213.1054	321.2712	137.18	361.36

ANOVA

Flavonoid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	79689.282	3	26563.094	19327.985	.000
Within Groups	10.995	8	1.374		
Total	79700.277	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Flavonoid

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1.00	3	137.8133			
2.00	3		268.4500		
3.00	3			302.8100	
4.00	3				359.6800
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-17 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินของซอสเครื่องเทศ

Descriptives

Anthocyanin

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	29.2127	2.29959	1.32767	23.5002	34.9252	27.89	31.87
2.00	3	568.3447	2.74241	1.58333	561.5321	575.1572	565.18	569.93
3.00	3	659.2877	4.61050	2.66187	647.8345	670.7408	654.68	663.90
4.00	3	1277.9917	5.35319	3.09067	1264.6936	1291.2897	1274.90	1284.17
Total	12	633.7092	462.84237	133.61108	339.6332	927.7852	27.89	1284.17

ANOVA

Anthocyanin

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2356328.208	3	785442.736	50090.173	.000
Within Groups	125.445	8	15.681		
Total	2356453.652	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Anthocyanin

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1.00	3	29.2127			
2.00	3		568.3447		
3.00	3			659.2877	
4.00	3				1277.9917
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

หมายเหตุ: ใช้ Harmonic Mean Sample Size = 3.000. การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซินของซอสเครื่องเทศ

Descriptives

Capsaicin

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	13.9400	1.22295	.70607	10.9020	16.9780	13.08	15.34
2.00	3	13.8667	.04041	.02333	13.7663	13.9671	13.83	13.91
3.00	3	13.5167	.05508	.03180	13.3799	13.6535	13.48	13.58
4.00	3	13.6233	.05132	.02963	13.4959	13.7508	13.58	13.68
Total	12	13.7367	.55303	.15965	13.3853	14.0880	13.08	15.34

ANOVA

Capsaicin

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.358	3	.119	.318	.812
Within Groups	3.006	8	.376		
Total	3.364	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Capsaicin

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	13.5167
4.00	3	13.6233
2.00	3	13.8667
1.00	3	13.9400
Sig.		.448

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000. ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.3 เปรียบเทียบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่ร้อยละ 50 (IC₅₀) ด้วยวิธี DPPH assay ของซอสเครื่องเทศ

Descriptives

IC₅₀

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	386.5867	15.38503	8.88255	348.3681	424.8052	369.89	400.19
2.00	3	371.2900	.34641	.20000	370.4295	372.1505	371.09	371.69
3.00	3	305.3800	3.94825	2.27952	295.5720	315.1880	302.67	309.91
4.00	3	144.5633	.05033	.02906	144.4383	144.6884	144.51	144.61
Total	12	301.9550	100.34758	28.96785	238.1972	365.7128	144.51	400.19

ANOVA

IC₅₀

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	110261.186	3	36753.729	582.444	.000
Within Groups	504.821	8	63.103		
Total	110766.006	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

IC₅₀

Duncan^a

sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
4.00	3	144.5633			
3.00	3		305.3800		
2.00	3			371.2900	
1.00	3				386.5867
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000. เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของซอสเครื่องเทศ ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic Scale 9 Points

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Appear	1.00	30	5.9000	2.17113	.39639	5.0893	6.7107	1.00	9.00
	2.00	30	6.9000	1.66816	.30456	6.2771	7.5229	2.00	9.00
	3.00	30	6.1000	1.86344	.34022	5.4042	6.7958	2.00	9.00
	4.00	30	5.2667	2.16450	.39518	4.4584	6.0749	1.00	9.00
	Total	120	6.0417	2.03910	.18614	5.6731	6.4102	1.00	9.00
Color	1.00	30	6.2667	2.18037	.39808	5.4525	7.0808	2.00	9.00
	2.00	30	6.9667	1.44993	.26472	6.4253	7.5081	3.00	9.00
	3.00	30	6.0333	1.54213	.28155	5.4575	6.6092	3.00	9.00
	4.00	30	5.1333	2.27025	.41449	4.2856	5.9811	1.00	9.00
	Total	120	6.1000	1.98482	.18119	5.7412	6.4588	1.00	9.00
Sweet	1.00	30	4.5667	2.12835	.38858	3.7719	5.3614	1.00	9.00
	2.00	30	3.9667	2.10882	.38502	3.1792	4.7541	1.00	8.00
	3.00	30	4.9667	2.02541	.36979	4.2104	5.7230	2.00	9.00
	4.00	30	4.8333	2.10227	.38382	4.0483	5.6183	1.00	8.00
	Total	120	4.5833	2.10075	.19177	4.2036	4.9631	1.00	9.00
Spicy	1.00	30	5.9333	2.03306	.37118	5.1742	6.6925	2.00	9.00
	2.00	30	5.1000	2.02314	.36937	4.3445	5.8555	1.00	8.00
	3.00	30	5.1000	1.88186	.34358	4.3973	5.8027	1.00	8.00
	4.00	30	5.2333	1.99453	.36415	4.4886	5.9781	1.00	8.00
	Total	120	5.3417	1.98945	.18161	4.9821	5.7013	1.00	9.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Smell	1.00	30	6.0667	2.44855	.44704	5.1524	6.9810	1.00	9.00
	2.00	30	5.4333	2.37346	.43333	4.5471	6.3196	1.00	9.00
	3.00	30	5.2000	2.05779	.37570	4.4316	5.9684	1.00	9.00
	4.00	30	4.9000	2.26442	.41342	4.0545	5.7455	1.00	8.00
	Total	120	5.4000	2.30236	.21018	4.9838	5.8162	1.00	9.00
Tast	1.00	30	5.6000	1.71404	.31294	4.9600	6.2400	1.00	9.00
	2.00	30	5.7000	1.72507	.31495	5.0558	6.3442	2.00	9.00
	3.00	30	5.3333	1.60459	.29296	4.7342	5.9325	3.00	8.00
	4.00	30	5.4000	1.81184	.33079	4.7234	6.0766	2.00	9.00
	Total	120	5.5083	1.70020	.15521	5.2010	5.8157	1.00	9.00
Sticky	1.00	30	6.2000	1.74988	.31948	5.5466	6.8534	3.00	9.00
	2.00	30	6.5333	1.67607	.30601	5.9075	7.1592	2.00	9.00
	3.00	30	6.7667	1.16511	.21272	6.3316	7.2017	4.00	8.00
	4.00	30	6.5000	1.50287	.27439	5.9388	7.0612	3.00	9.00
	Total	120	6.5000	1.53393	.14003	6.2227	6.7773	2.00	9.00
Liking	1.00	30	6.0000	1.68154	.30701	5.3721	6.6279	2.00	9.00
	2.00	30	5.7667	1.47819	.26988	5.2147	6.3186	3.00	9.00
	3.00	30	5.7000	1.41787	.25887	5.1706	6.2294	3.00	8.00
	4.00	30	6.2000	1.56249	.28527	5.6166	6.7834	4.00	9.00
	Total	120	5.9167	1.53165	.13982	5.6398	6.1935	2.00	9.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Appear	Between Groups	40.825	3	13.608	3.477	.018
	Within Groups	453.967	116	3.914		
	Total	494.792	119			
Color	Between Groups	51.533	3	17.178	4.775	.004
	Within Groups	417.267	116	3.597		
	Total	468.800	119			
Sweet	Between Groups	17.700	3	5.900	1.349	.262
	Within Groups	507.467	116	4.375		
	Total	525.167	119			
Spicy	Between Groups	14.358	3	4.786	1.216	.307
	Within Groups	456.633	116	3.936		
	Total	470.992	119			
Oder	Between Groups	22.067	3	7.356	1.402	.246
	Within Groups	608.733	116	5.248		
	Total	630.800	119			
Flavor	Between Groups	2.625	3	.875	.297	.827
	Within Groups	341.367	116	2.943		
	Total	343.992	119			
Viscous	Between Groups	4.867	3	1.622	.684	.564
	Within Groups	275.133	116	2.372		
	Total	280.000	119			
Overall acceptance	Between Groups	4.700	3	1.567	.662	.577
	Within Groups	274.467	116	2.366		
	Total	279.167	119			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Appear

Duncan^a

series	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
4.00	30	5.2667	
1.00	30	5.9000	5.9000
3.00	30	6.1000	6.1000
2.00	30		6.9000
Sig.		.126	.066

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

Color

Duncan^a

series	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
4.00	30	5.1333	
3.00	30	6.0333	6.0333
1.00	30		6.2667
2.00	30		6.9667
Sig.		.069	.073

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sweet

Duncan^a

series	N	Subset for alpha = 0.05
		1
2.00	30	3.9667
1.00	30	4.5667
4.00	30	4.8333
3.00	30	4.9667
Sig.		.093

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

Spicy

Duncan^a

series	N	Subset for alpha = 0.05
		1
2.00	30	5.1000
3.00	30	5.1000
4.00	30	5.2333
1.00	30	5.9333
Sig.		.142

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oder

Duncan^a

series	N	Subset for alpha = 0.05
		1
4.00	30	4.9000
3.00	30	5.2000
2.00	30	5.4333
1.00	30	6.0667
Sig.		.073

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

Flavor

Duncan^a

series	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	30	5.3333
4.00	30	5.4000
1.00	30	5.6000
2.00	30	5.7000
Sig.		.458

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Viscous

Duncan^a

series	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1.00	30	6.2000
4.00	30	6.5000
2.00	30	6.5333
3.00	30	6.7667
Sig.		.199

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

Overall acceptance

Duncan^a

series	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	30	5.7000
2.00	30	5.7667
1.00	30	6.0000
4.00	30	6.2000
Sig.		.258

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อน และ หลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum	
					Lower Bound	Upper Bound			
L*	1.00	3	32.0067	.02517	.01453	31.9442	32.0692	31.98	32.03
	2.00	3	32.0067	.02517	.01453	31.9442	32.0692	31.98	32.03
	3.00	3	31.5233	.01528	.00882	31.4854	31.5613	31.51	31.54
	4.00	3	31.5233	.01528	.00882	31.4854	31.5613	31.51	31.54
	Total	12	31.7650	.25304	.07305	31.6042	31.9258	31.51	32.03
a*	1.00	3	11.6033	.05132	.02963	11.4759	11.7308	11.56	11.66
	2.00	3	11.6033	.05132	.02963	11.4759	11.7308	11.56	11.66
	3.00	3	14.7333	.08386	.04842	14.5250	14.9417	14.68	14.83
	4.00	3	14.7333	.08386	.04842	14.5250	14.9417	14.68	14.83
	Total	12	13.1683	1.63566	.47218	12.1291	14.2076	11.56	14.83
b*	1.00	3	16.1233	.02309	.01333	16.0660	16.1807	16.11	16.15
	2.00	3	16.1233	.02309	.01333	16.0660	16.1807	16.11	16.15
	3.00	3	17.8767	.03055	.01764	17.8008	17.9526	17.85	17.91
	4.00	3	17.8767	.03055	.01764	17.8008	17.9526	17.85	17.91
	Total	12	17.0000	.91594	.26441	16.4180	17.5820	16.11	17.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L*	Between Groups	.701	3	.234	539.103	.000
	Within Groups	.003	8	.000		
	Total	.704	11			
a*	Between Groups	29.391	3	9.797	2026.945	.000
	Within Groups	.039	8	.005		
	Total	29.429	11			
b*	Between Groups	9.223	3	3.074	4192.061	.000
	Within Groups	.006	8	.001		
	Total	9.228	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	31.5233	
4.00	3	31.5233	
1.00	3		32.0067
2.00	3		32.0067
Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a*

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	3	11.6033	
2.00	3	11.6033	
3.00	3		14.7333
4.00	3		14.7333
Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b*

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	3	16.1233	
2.00	3	16.1233	
3.00	3		17.8767
4.00	3		17.8767
Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-22 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวิเคราะห์ความหนืดของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ ก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

Descriptives

Viscosity

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	14906.8200	15.00000	8.66025	14869.5579	14944.0821	14891.82	14921.82
2.00	3	14906.8200	15.00000	8.66025	14869.5579	14944.0821	14891.82	14921.82
3.00	3	7480.9000	4.33013	2.50000	7470.1434	7491.6566	7475.90	7483.40
4.00	3	7480.9000	4.33013	2.50000	7470.1434	7491.6566	7475.90	7483.40
Total	12	11193.8600	3878.0716	1119.5028	8729.8508	13657.8692	7475.90	14921.82

ANOVA

Viscosity

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	165432863.539	3	55144287.846	452465.952	.000
Within Groups	975.000	8	121.875		
Total	165433838.539	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Viscosity

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	7480.9000	
4.00	3	7480.9000	
1.00	3		14906.8200
2.00	3		14906.8200
Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000. และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-23 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ ก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

Descriptives

Water activity

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	.9490	.00000	.00000	.9490	.9490	.95	.95
2.00	3	.9490	.00000	.00000	.9490	.9490	.95	.95
3.00	3	.9447	.00208	.00120	.9395	.9498	.94	.95
4.00	3	.9447	.00208	.00120	.9395	.9498	.94	.95
Total	12	.9468	.00259	.00075	.9452	.9485	.94	.95

ANOVA

Water activity

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	3	.000	8.667	.007
Within Groups	.000	8	.000		
Total	.000	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Wateractivity

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	.9447	
4.00	3	.9447	
1.00	3		.9490
2.00	3		.9490
Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000. ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-24 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

Descriptives

Moistness

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	2	63.7796	.00269	.00190	63.7555	63.8037	63.78	63.78
2.00	2	63.7796	.00269	.00190	63.7555	63.8037	63.78	63.78
3.00	2	58.8678	.04907	.03470	58.4269	59.3087	58.83	58.90
4.00	2	58.8678	.04907	.03470	58.4269	59.3087	58.83	58.90
Total	8	61.3237	2.62560	.92829	59.1286	63.5188	58.83	63.78

ANOVA

Moistness

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	48.252	3	16.084	13317.755	.000
Within Groups	.005	4	.001		
Total	48.256	7			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Moistness

Duncan^a

sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	2	58.8678	
4.00	2	58.8678	
1.00	2		63.7796
2.00	2		63.7796
Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ข-25 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

Descriptives

Fat

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	2	42.6478	5.89967	4.17170	-10.3587	95.6543	38.48	46.82
2.00	2	42.6478	5.89967	4.17170	-10.3587	95.6543	38.48	46.82
3.00	2	44.4457	.95799	.67740	35.8385	53.0529	43.77	45.12
4.00	2	44.4457	.95799	.67740	35.8385	53.0529	43.77	45.12
Total	8	43.5468	3.33622	1.17953	40.7576	46.3359	38.48	46.82

ANOVA

Fat

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.465	3	2.155	.121	.943
Within Groups	71.448	4	17.862		
Total	77.913	7			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Fat

Duncan^a

sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1.00	2	42.6478
2.00	2	42.6478
3.00	2	44.4457
4.00	2	44.4457
Sig.		.693

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000. ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-26 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

Descriptives

Protein

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	.8053	.02402	.01387	.7456	.8649	.79	.83
2.00	3	.8053	.02402	.01387	.7456	.8649	.79	.83
3.00	3	.5860	.08833	.05100	.3666	.8054	.54	.69
4.00	3	.5860	.08833	.05100	.3666	.8054	.54	.69
Total	12	.6956	.12712	.03670	.6149	.7764	.54	.83

ANOVA

Protein

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.144	3	.048	11.475	.003
Within Groups	.034	8	.004		
Total	.178	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Protein

Duncan^a

sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	.5860	
4.00	3	.5860	
1.00	3		.8053
2.00	3		.8053
Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000. ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-27 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

Descriptives

Ashes

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	1.7329	.01965	.01135	1.6840	1.7817	1.72	1.75
2.00	3	1.7329	.01965	.01135	1.6840	1.7817	1.72	1.75
3.00	3	1.6712	.03292	.01900	1.5895	1.7530	1.64	1.71
4.00	3	1.6712	.03292	.01900	1.5895	1.7530	1.64	1.71
Total	12	1.7020	.03963	.01144	1.6769	1.7272	1.64	1.75

ANOVA

Ashes

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.011	3	.004	5.169	.028
Within Groups	.006	8	.001		
Total	.017	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Ashes

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	1.6712	
4.00	3	1.6712	
1.00	3		1.7329
2.00	3		1.7329
Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ข-28 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ ก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

Descriptives

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	5.9500	.01732	.01000	5.9070	5.9930	5.93	5.96
2.00	3	5.9500	.01732	.01000	5.9070	5.9930	5.93	5.96
3.00	3	5.8533	.01155	.00667	5.8246	5.8820	5.84	5.86
4.00	3	5.8533	.01155	.00667	5.8246	5.8820	5.84	5.86
Total	12	5.9017	.05202	.01502	5.8686	5.9347	5.84	5.96

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.028	3	.009	43.128	.000
Within Groups	.002	8	.000		
Total	.030	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

pH

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	5.8533	
4.00	3	5.8533	
1.00	3		5.9500
2.00	3		5.9500
Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000. ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-29 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

Descriptives

Total Phenolic Content

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	580.9600	3.64427	2.10402	571.9071	590.0129	576.78	583.47
2.00	3	580.9600	3.64427	2.10402	571.9071	590.0129	576.78	583.47
3.00	3	450.9467	3.06565	1.76996	443.3312	458.5622	447.51	453.40
4.00	3	450.9467	3.06565	1.76996	443.3312	458.5622	447.51	453.40
Total	12	515.9533	67.95795	19.61777	472.7749	559.1318	447.51	583.47

ANOVA

Total Phenolic Content

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	50710.401	3	16903.467	1490.676	.000
Within Groups	90.716	8	11.339		
Total	50801.116	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Phenol

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	450.9467	
4.00	3	450.9467	
1.00	3		580.9600
2.00	3		580.9600
Sig.		1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ทำงานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ข-30 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

Descriptives

Flavonoid

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	302.8100	.91033	.52558	300.5486	305.0714	302.08	303.83
2.00	3	302.8100	.91033	.52558	300.5486	305.0714	302.08	303.83
3.00	3	162.8467	.59138	.34143	161.3776	164.3157	162.20	163.36
4.00	3	162.8467	.59138	.34143	161.3776	164.3157	162.20	163.36
Total	12	232.8283	73.09640	21.10111	186.3851	279.2716	162.20	303.83

ANOVA

Flavonoid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	58769.204	3	19589.735	33247.082	.000
Within Groups	4.714	8	.589		
Total	58773.918	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Flavonoid

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	162.8467	
4.00	3	162.8467	
1.00	3		302.8100
2.00	3		302.8100
Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-31 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

Descriptives

Anthocyanin

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	659.2900	4.61000	2.66158	647.8381	670.7419	654.68	663.90
2.00	3	659.2900	4.61000	2.66158	647.8381	670.7419	654.68	663.90
3.00	3	205.7067	2.34404	1.35333	199.8837	211.5296	203.00	207.06
4.00	3	205.7067	2.34404	1.35333	199.8837	211.5296	203.00	207.06
Total	12	432.4983	236.89670	68.38619	281.9814	583.0153	203.00	663.90

ANOVA

Anthocyanin

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	617213.521	3	205737.840	15384.205	.000
Within Groups	106.987	8	13.373		
Total	617320.507	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Anthocyanin

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	205.7067	
4.00	3	205.7067	
1.00	3		659.2900
2.00	3		659.2900
Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 30 นครราชสีมา มีอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่หวังผลกำไร หวังส่งเสริมให้สังคมได้มีแหล่งเรียนรู้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-32 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.3 เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซินของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศ ก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

Descriptives

Capsaicin

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	13.5167	.05508	.03180	13.3799	13.6535	13.48	13.58
2.00	3	13.5167	.05508	.03180	13.3799	13.6535	13.48	13.58
3.00	3	10.2300	.03606	.02082	10.1404	10.3196	10.20	10.27
4.00	3	10.2300	.03606	.02082	10.1404	10.3196	10.20	10.27
Total	12	11.8733	1.71686	.49562	10.7825	12.9642	10.20	13.58

ANOVA

Capsaicin

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	32.407	3	10.802	4985.621	.000
Within Groups	.017	8	.002		
Total	32.424	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Capsaicin

Duncan^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	10.2300	
4.00	3	10.2300	
1.00	3		13.5167
2.00	3		13.5167
Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. ม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000. ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-33 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3.3 เปรียบเทียบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่ร้อยละ 50 (IC₅₀) ด้วยวิธี DPPH assay ของผลิตภัณฑ์ซอสเครื่องเทศก่อนและหลังเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ

Descriptives

IC₅₀

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	305.3800	3.94825	2.27952	295.5720	315.1880	302.67	309.91
2.00	3	305.3800	3.94825	2.27952	295.5720	315.1880	302.67	309.91
3.00	3	289.9533	.80326	.46376	287.9579	291.9488	289.07	290.64
4.00	3	289.9533	.80326	.46376	287.9579	291.9488	289.07	290.64
Total	12	297.6667	8.41472	2.42912	292.3202	303.0131	289.07	309.91

ANOVA

IC₅₀

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	713.946	3	237.982	29.319	.000
Within Groups	64.936	8	8.117		
Total	778.882	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

IC50

Duncan^a

sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	289.9533	
4.00	3	289.9533	
1.00	3		305.3800
2.00	3		305.3800
Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000. ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ค-1. การวัดความหนืด โดยใช้เครื่อง Brookfield viscometer Model DV-II

1.1 วิธีการ Setting ค่า

1.1.1 บันทึกลักษณะตัวอย่างอาหาร

1.2 การเตรียมเครื่องมือ

1.2.1 ตรวจสอบคูกลูกน้ำในช่องให้อยู่ตรงกลาง

1.2.2 กดปุ่มทำงานของเครื่องซึ่งอยู่ทางด้านขวามือ จนกระทั่งค่าบนจอได้ตัวเลขที่ คงที่

1.2.3 ปรับปุ่มให้อ่านค่าได้ 0.00 หรือ 0.01 ปิดมอเตอร์

1.2.4 จุ่มเข็มเบอร์ที่ต้องการลงในตัวอย่างอาหารจนถึงรอยกึ่งกลางเข็ม

1.3 ป้อนข้อมูลของเข็มที่ต้องการวัด

1.3.1 กดปุ่ม Selec Spindle

1.3.2 กดปุ่มลูกศรขึ้น-ลง เพื่อเลือกรหัสของเข็มที่จะใช้

1.3.3 กดปุ่ม Selec Spindle อีกครั้ง เมื่อได้รหัสเข็มที่ต้องการภายใน (ภายใน 3 วินาที)

1.4 เลือกความเร็วรอบ

1.4.1 กดปุ่ม Set Speed

1.4.2 กดปุ่มลูกศรขึ้น-ลง เพื่อเลือกความเร็วรอบที่ต้องการ

1.4.3 กดปุ่ม Set Speed อีกครั้ง เมื่อได้ความเร็วรอบที่ต้องการ (ภายใน 2 วินาที)

1.5 ในกรณีที่ต้องการหยุดเครื่อง ขณะทำการวัดให้กดปุ่ม Motor ON/OFF

1.6 ในกรณีต้องการดูข้อมูลอื่นๆในค่าอื่นๆ เช่น %Scale, Viscosity (cps) ให้กดปุ่ม Select

Display

1.7 ปุ่ม Auto range ใช้ในกรณีเราต้องการทราบว่าเข็มสามารถวัดได้ความหนืดสูงสุดเท่าไร

1.8 ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงลูกตุ้มหรือเปลี่ยนตัวอย่างของใหม่ จะต้องปิดมอเตอร์ก่อนทุกครั้งที่จะทำการทดลองต่อไปและถอดลูกตุ้มออกทุกครั้งที่จะทำความสะอาด ถ้าต้องการใช้เครื่องมือเป็นระยะเวลานานๆ ควรมีการเช็คค่าศูนย์ในบางโอกาสโดยต้องถอดลูกตุ้มทุกครั้งที่มีการปรับค่าศูนย์

1.9. ถ้าใช้ตัวอย่างที่เป็น Non-newtonian fluid ค่าความหนืดจะเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ ดังนั้น ต้องจับเวลาในการวัดค่าความหนืดภายใน 1 นาที ถ้าเป็น Newtonian Fluid เช่น น้ำ น้ำมัน ความหนืด คงที่

1.10 หาสภาวะที่ให้ได้ร้อยละ 100 สูงสุด

1.11 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน โดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-2. การวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR-300

2.1 วิธีการ Setting ค่า

กดปุ่ม Index Set แล้วกดปุ่ม วนขึ้นหน้าจอแล้วเลือกที่ Light Source C หรือ D 65
หลังจากนั้นกดปุ่ม Enter

2.2 วิธี Calibrate เครื่อง CR-300

2.2.1. กดปุ่ม Calibrate หน้าจอจะขึ้นค่า Y...x...y และให้ใส่ค่าตรงกับแหล่งกำเนิดแสง
ที่ได้เลือกไว้ คือ C หรือ D 65 ตามค่าที่ให้มาตามแผ่น White plate เมื่อค่า Y...x...y ตรงกับแหล่งกำเนิด
แสงที่เลือกแล้ว จึงนำหัววัดมาวางบนแผ่น White plate แล้วจึงกดปุ่ม measure ไฟจะแฟลช 3 ครั้ง
แสดงว่าเครื่องทำการ Calibrate เรียบร้อยแล้ว

2.2.2. กดปุ่ม Color Space select เพื่อให้หน้าจอขึ้นค่า L....a....b...เพื่อจะใช้ในการวัด
สีต่อไป

1) วิธีการวัดแบบทั่วไป

นำหัววัดวางบนสิ่งที่ต้องการวัด หลังจากนั้นกดปุ่ม measure จะได้ค่าสี L,a,b

2) วิธีการวัดแบบหาค่าเฉลี่ย

2.1) กดปุ่ม All data clear กด Enter เพื่อล้างข้อมูลเก่า

2.2) นำหัววัดวางบนสิ่งที่ต้องการวัด กดปุ่ม measure วัดครั้งที่ 1, 2, 3, 4, 5
(อย่างน้อย 5 จุด)

2.3) กดปุ่ม statistical กด Enter เพื่อหาค่าเฉลี่ย

3) วิธีการวัดสี Standard และ Sample เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง

3.1) กดปุ่ม Target Color Set แล้วนำหัววัดวางบนแผ่น Standard ที่ต้องการ
แล้วกดปุ่มวัดเพื่อวัดค่า L....a....b... ของ Standard

3.2) นำหัววัดมาวางบน Sample กดปุ่ม measure เพื่อทำการวัด ตัวอย่าง ซึ่ง
จะได้ค่า L, a และ b ของ Standard

3.3) กดปุ่ม ABS/DIFF เพื่อทำการเปรียบเทียบ Standard กับ Sample ซึ่ง
หน้าจอจะปรากฏค่า

E =, L =

a =, b =

2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน
โดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์
โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-3. การปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้เครื่อง AquaLab Series 3

3.1. วิธีการเตรียมตัวอย่าง

3.1.1. ตัวอย่างต้องเป็นเนื้อเดียวกัน บรรจุตัวอย่างในถ้วยตัวอย่างควรบรรจุตัวอย่างใส่ให้เต็มกันถ้วยหากเป็นไปได้ แต่ถึงแม้ว่าจะบรรจุตัวอย่างไม่เต็มกันถ้วยเครื่อง AquaLab ก็สามารถวัดค่าได้เที่ยงตรงเช่นกัน

3.1.2. อย่าใส่ตัวอย่างเกินครึ่งถ้วย เนื่องจากทำให้ตัวอย่างเปื้อนตัวเซนเซอร์ในเครื่องได้

3.1.3. ขอบและภายนอกถ้วยใส่ตัวอย่างต้องสะอาด หากมีตัวอย่างเปื้อนภายนอกหรือที่ขอบถ้วยใส่ตัวอย่างต้องเช็ดออกด้วยกระดาษที่สะอาดเนื่องจากจะไปเปื้อนตัวเซนเซอร์ในเครื่องทำให้อ่านค่าผิดพลาดได้

3.1.4. หากต้องอ่านค่าตัวอย่างเดิมซ้ำอีกครั้งให้ปิดฝาถ้วยใส่ตัวอย่างไว้เพื่อป้องกันน้ำระเหย ซึ่งอาจใช้แผ่นฟิล์มหรือฝาของถ้วยใส่ตัวอย่างปิดไว้ก็ได้

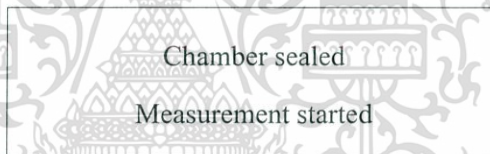
3.2. วิธีการวัดตัวอย่าง

3.2.1. ปิดปุ่มจับลิ้นชักไปที่ OPEN/LOAD และดึงให้ลิ้นชักเปิดออก

3.2.2. วางตัวอย่างที่เตรียมไว้ลงในลิ้นชัก ตรวจสอบว่าที่ขอบ ถ้วยใส่ตัวอย่างไม่มีคราบ

3.2.3. เลื่อนลิ้นชักปิดเบาๆ โดยเฉพาะตัวอย่างที่เป็นของเหลวเพราะจะกระเด็นได้

3.2.4. หมุนปุ่มจับลิ้นชักไปที่ READ หน้าจอต่อไปนี้จะปรากฏขึ้น



เป็นการเริ่มอ่านค่า ภายใน 40 วินาที ค่าวอเตอร์แอกติวิตีค่าแรกที่อ่านได้จะปรากฏบนจอ ซึ่งการอ่านค่าจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของตัวอย่างและภายในเครื่องและคุณสมบัติอื่นๆ ของตัวอย่าง

3.3. การอ่านค่าของเครื่อง

เครื่อง AquaLab จะอ่านค่าเป็นรอบๆจนกระทั่งค่าที่อ่านได้ติดกัน 2 ค่าคลาดเคลื่อนห่างกันไม่เกิน 0.001 และเมื่ออ่านค่าเสร็จสิ้นเครื่องจะแสดงสัญญาณไฟกะพริบและเสียงเตือน (ขึ้นอยู่กับว่าได้ตั้งไว้หรือไม่)

3.4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ทางเคมี

ง-1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC,2000)

1.1 อุปกรณ์

1.1.1 ตู้อบลมร้อน 105 องศาเซลเซียส (Hot Air Oven)

1.1.2 เตาเคลือบ (Porcelain crucible)

1.1.3 โถดูดความชื้น (Desiccator)

1.2 วิธีการทดลอง

1.2.1 นำเตาเคลือบอบความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมง นำออกมาใส่โถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W_1)

1.2.2 ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในเตาเคลือบอบความชื้นที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว (W_2)

1.2.3 อบเตาเคลือบอบความชื้นที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาใส่โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำอีกครั้งละ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักไม่เกิน 3 มิลลิกรัม (W_3)

$$\text{ปริมาณร้อยละของความชื้น} = [W_2 - (W_2 - W_1) \times 100] / W_2$$

โดยที่ W_1 = น้ำหนักของเตาเคลือบอบความชื้น (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของเตาเคลือบอบความชื้นและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

1.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง-2. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Crude Fat) (AOAC., 2000)

การวิเคราะห์ Crude Fat โดย Soxhlet

2.1 สารเคมีและอุปกรณ์

- 2.1.1 ปีโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether)
- 2.1.2 ชุดอุปกรณ์ สกัดไขมัน (soxhlet apparatus)
- 2.1.3 Fat Extraction thaimble
- 2.1.4 Drying Oven

2.2 วิธีการทดลอง

- 2.2.1 ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบความชื้นแล้ว โดยทราบน้ำหนักที่แน่นอน (W_1)
- 2.2.2 นำตัวอย่างใส่ในกระดาดกรองแล้วห่อให้เรียบร้อยนำไปใส่ลงในทิมเบอร์ (timber)
- 2.2.3 นำทิมเบอร์ใส่ชุดกลั่นซอกท์กล
- 2.2.4 เติมปีโตรเลียมอีเทอร์ประมาณ 160 มิลลิลิตร ลงในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตรที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว (W_2)
- 2.2.5 เปิดเครื่องทำน้ำหล่อเย็นก่อนทำการสกัดประมาณ 30 นาที ตั้งอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เปิดเตาหลุมให้ความร้อนตั้งระดับความร้อนที่ระดับ 4-5 ทำการสกัดไขมัน 3 ชั่วโมง
- 2.2.6 เมื่อครบเวลาที่กำหนดให้ปิดเตาหลุมให้ความร้อน และระเหยปีโตรเลียมอีเทอร์ออกจากตัวอย่าง
- 2.2.7 นำขวดก้นกลมอบต่อในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_3)

โดยที่ ปริมาณร้อยละของไขมัน = $(W_2 - W_1) \times 100 / W_1$

W_1 = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของขวดก้นกลม (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของขวดก้นกลมที่มีไขมัน (กรัม)

2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน โดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง-3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Crude Protein) โดยวิธี Kjeldahl method

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1.1 กรดซัลฟูริกเข้มข้น

3.1.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 40

3.1.3 สารละลายกรดบอริกร้อยละ 4

3.1.4 Catalyst (ตัวเร่งปฏิกิริยา)

3.1.5 สารละลายอินดิเคเตอร์ (Mix indicator) เตรียมโดยผสม Bromocresol green ร้อยละ 0.1 ในแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กับ Methyl red ร้อยละ 0.1 ในแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร

3.1.6 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N

3.1.7 อุปกรณ์การย่อย (digestion unit)

3.1.8 อุปกรณ์การกลั่น (distillation unit)

3.1.9 อุปกรณ์ไทเทรต (titration unit)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1. ขั้นตอนการย่อย

1) ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัมให้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ลงในหลอดย่อย

2) ใส่ตะลิตลงประมาณ 5 กรัม

3) เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงไปประมาณ 20-25 มิลลิลิตร

4) เปิดเครื่องย่อยแล้วตั้งหลอดย่อยในเครื่อง สวมเครื่องดักจับไอกรดลงบนส่วนบนของหลอดย่อย และเปิด Power ของเครื่องดักจับไอกรดโดยทำการย่อยในตู้ดูดควัน

5) กดปุ่ม start ที่เครื่องย่อย เมื่ออุณหภูมิได้ 420 องศาเซลเซียส แล้วทำการย่อยต่อไปอีก 2 ชั่วโมง จนตัวอย่างเป็นสารละลายสีเขียวใส จากนั้นยกหลอดย่อยออกมาตั้งพักไว้ให้เย็น

6) ปิด Power เครื่องย่อย แต่ยังคงเปิดเครื่องดักจับไอกรดไว้เพื่อดักจับไอกรดที่ยังคงเหลืออยู่

3.2.2. ขั้นตอนการกลั่น

1) เปิด Power เครื่องหล่อเย็น แล้วเช็คระบบการทำงานของเครื่องกลั่น จากนั้นเปิดเครื่องกลั่นทำการล้างระบบด้วยน้ำกลั่น

2) ตวงสารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร พร้อมหยดอินดิเคเตอร์ซึ่งจะทำให้กลายเป็นสารละลายสีชมพูอ่อน

3) นำหลอดย่อยประกอบเข้ากับเครื่องกลั่น และวางขวดรูปชมพู่ที่บรรจุสารละลายกรดบอริกไว้บริเวณ Platform ให้แท่งแก้วจุ่มอยู่ใต้กรดบอริก

4) ปิด Safety door ทำการกลั่นเป็นเวลาประมาณ 4 นาที

5) เมื่อกลั่นเสร็จแล้ว เอาขวดรูปชมพู่ และหลอดย่อยออกจากเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3. ขั้นตอนการไทเทรต

1) นำสารละลายในขวดรูปชมพู่ไปไทเทรตกับสารละลายไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1 N จนได้สารละลายเป็นสีชมพูอ่อน

2) คำนวณผลการวิเคราะห์ดังนี้

% ไนโตรเจน = $\left[\left(\text{ปริมาตร H}_2\text{SO}_4 \text{ ที่ใช้ไทเทรต} - \text{ปริมาตร H}_2\text{SO}_4 \text{ ที่ใช้ไทเทรต Blank} \right) / \text{น้ำหนักตัวอย่าง} \right] \times 0.1 \times 0.014 \times 100$

% โปรตีน = % ไนโตรเจน \times conversion factor

3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน โดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ง-4. การวิเคราะห์เถ้า (Total ash) (AOAC., 2000)

4.1 อุปกรณ์

4.1.1 เตาเผาความร้อนสูง 500 องศาเซลเซียส (Muffle furnace)

4.1.2 เตาเคลือบ (Porcelain crucible)

4.1.3 โถดูดความชื้น (Desiccator)

4.2 วิธีการทดลอง

4.2.1 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนัก 2-5 กรัม ใส่ใน Crucible ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปเผาใน hood หมดควัน (ถ้าตัวอย่างอาหารเป็นของเหลวให้นำไปทำให้แห้งบนหม้อต้มน้ำปรับอุณหภูมิได้ก่อนแล้วจึงนำไปเผาต่อในเตาเผาที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 500 องศาเซลเซียส จนเป็นสีขาวประมาณ 3-4 ชั่วโมง)

4.2.2 นำไปทำเย็นใน desiccators แล้วชั่งน้ำหนักของสารที่เหลือเป็นน้ำหนักของแร่ธาตุหรือเถ้า แล้วคำนวณเป็น %

$$\% \text{ เถ้าในอาหาร} = (b - a) \times 100 / w$$

a = น้ำหนัก crucible

b = น้ำหนัก crucible + น้ำหนักเถ้าภายหลังการเผา

w = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

4.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน โดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง-5. การวัดพีเอช ด้วยเครื่อง Mettler Toledo SevenGO Pro

5.1 วิธีการ Setting

5.1.1 เตรียม Electrode โดยนำ Cap ที่ปิด Electrode ออก

5.1.2 ล้าง Electrode ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นซับด้วยกระดาษทิชชู

5.2 วิธีการ Calibrate Electrode

5.2.1 จุ่ม Electrode ใน Buffer 7 กวนเล็กน้อย ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาทีแล้วกด Cal

5.2.2 ล้าง Electrode ด้วยน้ำกลั่น

5.2.3 ทำซ้ำข้อ 2.1 ด้วย Buffer 4.01 หรือ 9.21 กด Read

5.3 วิธีการวัดตัวอย่าง

5.3.1 ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาณ 50 มิลลิลิตร

5.3.2 ปั่นผสมตัวอย่างกับน้ำกลั่นเป็นเวลา 2 นาที

5.3.3 จุ่ม Electrode ในตัวอย่าง กวนเล็กน้อย ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาทีแล้วกด Read

5.3.4 รอให้เครื่องอ่านค่า \sqrt{A}

5.3.5 ล้าง Electrode ในน้ำกลั่นและเก็บใน Electrolyte แล้วซับด้วยกระดาษทิชชู

5.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน โดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทริทเมนต์ โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คนเพื่อให้ทราบถึงระดับการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่ออัตราส่วนข้าวลิ้มผิวในซอสเครื่องเทศ โดยให้คะแนนความชอบที่ระดับ 1-9 (Hedonic Scaling 9 Point, Meilgaard et al., 1999) ให้คะแนน 9 เป็นระดับที่ชอบมากที่สุด คะแนน 1 เป็นระดับที่ไม่ชอบมากที่สุด ใช้แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี รสหวาน รสเผ็ด กลิ่น รสชาติ ความข้นหนืดและความโดยชอบรวมเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

การให้คะแนนความชอบ (hedonic scaling test) เป็นวิธีการที่ใช้ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ บอความชอบ และไม่ชอบ ออกมาเป็นสเกลความชอบ (hedonic scale) โดยเสนอตัวอย่างให้ผู้ทดสอบทีละ 1 ตัวอย่าง (monadically serve, one at a time) ในสเกลความชอบ อาจจะมีการใช้คำต่าง ๆ เช่น ดีเลิศ (excellent) ดีมาก (very good) ดี (good) หรือไม่ดี (poor) เป็นต้น สเกลที่ใช้อาจเป็น 5 หรือ 7 แต่สเกลความชอบที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ สเกลความชอบ 9 คะแนน (Nine-point hedonic scale) วิเคราะห์ตัวอย่างใช้วิธี t-test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส
ผลิตภัณฑ์ : ซอสเครื่องเทศ

ชื่อ.....

วันที่.....

คำแนะนำ : ผลิตภัณฑ์ 4 ตัวอย่าง กรุณาชิมทีละตัวอย่างตามลำดับจากซ้ายไปขวา แล้วใส่คะแนนลงในช่องว่างให้ตรงกับระดับความชอบของท่าน และกรุณาตีม้มน้ำทุกครั้งก่อนชิมตัวอย่างถัดไปการให้คะแนนถือหลักเกณฑ์ต่อไปนี้

ชอบมากที่สุด	9	คะแนน	ไม่ชอบเล็กน้อย	4	คะแนน
ชอบมาก	8	คะแนน	ไม่ชอบปานกลาง	3	คะแนน
ชอบปานกลาง	7	คะแนน	ไม่ชอบมาก	2	คะแนน
ชอบเล็กน้อย	6	คะแนน	ไม่ชอบมากที่สุด	1	คะแนน
เฉยๆ	5	คะแนน			

คุณลักษณะ	รหัสคะแนนของตัวอย่าง			
	Pt13	Gd12	Ko13	Fd14
ลักษณะปรากฏ				
สี				
รสหวาน				
รสเผ็ด				
กลิ่น				
รสชาติ				
ความข้นหนืด				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ:.....

.....

.....

ขอบคุณค่ะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรม การต้านอนุมูลอิสระ

ฉ-1. การเตรียมสารตัวอย่าง

1.1 การสกัดตัวอย่าง

1.1.1 การสกัดสารตัวอย่างจากข้าวลิ้มฝัว (วัลลภา ,2556)

นำข้าวลิ้มฝัวปริมาณ 5 กรัม มาบดให้ละเอียด เติมน้ำละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 ในปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำไปแช่ยาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 จากนั้นนำสารละลายที่กรองได้ไปทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน สกัดจนได้ปริมาณ 5 มิลลิลิตร เก็บสารสกัดที่ได้บรรจุในภาชนะปิดสนิท (ขวดสีชา)

สารตัวอย่างน้ำหนักเริ่มต้น 5 กรัม ถูกทำให้เข้มข้นเหลือปริมาตร 5 มิลลิลิตร ดังนั้นความเข้มข้นของสารตัวอย่างเริ่มต้นเท่ากับ 1 กรัมต่อมิลลิลิตร

1.1.2 การสกัดสารตัวอย่างจากพริก หอมแดง และขอสเครื่องเทศ (นิจฉรา ,2552)

นำขอสเครื่องเทศปริมาณ 50 กรัม มาบดให้ละเอียด เติมน้ำละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ในปริมาตร 300 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีแล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 จากนั้นนำสารละลายที่กรองได้ไปทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน สกัดจนได้ปริมาณ 5 มิลลิลิตร เก็บสารสกัดที่ได้บรรจุในภาชนะปิดสนิท (ขวดสีชา)

สารตัวอย่างน้ำหนักเริ่มต้น 50 กรัม ถูกทำให้เข้มข้นเหลือปริมาตร 5 มิลลิลิตร ดังนั้นความเข้มข้นของสารตัวอย่างเริ่มต้นเท่ากับ 10 กรัมต่อมิลลิลิตร

ฉ-2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

หลักการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu อาศัยการเกิดปฏิกิริยารีดักชันของสารประกอบฟีนอล โดยสารละลาย Folin-Ciocalteu ในสภาวะที่เป็นด่างให้สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร แล้วนำไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานโดยมีวิธีวิเคราะห์ (อภิตดา ,2548) ดังนี้

2.1 การเตรียมสารละลาย

2.1.1 สารประกอบฟีนอลมาตรฐานความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เตรียมโดยชั่งสาร gallic acid น้ำหนัก 0.01 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรนำมาเจือจางเพื่อเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ความเข้มข้น 0 20 40 60 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 10 มิลลิลิตร ดังตารางที่ ฉ-1 (Vinitikumar *et al.*, 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ-1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

ความเข้มข้นสารละลาย กรดแกลลิก (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน กรดแกลลิกความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)
0	0	10
20	2	8
40	4	6
60	6	4
80	8	2
100	10	0

2.1.2 สารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 เตรียมโดยตวงเมทานอลร้อยละ 99.9 ปริมาตร 80 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

2.1.3 สารละลาย Folin-Ciocalteu Reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 เตรียมโดยการตวง Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

2.1.4 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 7.5 เตรียมโดยชั่งโซเดียมคาร์บอเนตน้ำหนัก 7.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

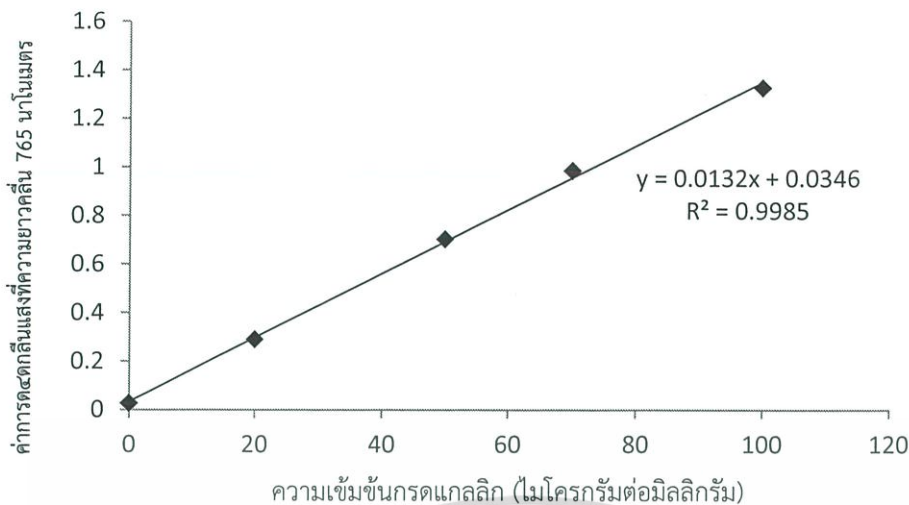
2.2 การสร้างกราฟมาตรฐานฟีนอลทั้งหมด

ปิเปตสารละลายมาตรฐานฟีนอลความเข้มข้น 0 20 40 60 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับอย่างละ 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองความเข้มข้นละ 3 หลอด จากนั้นเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu Reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 8 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 4 มิลลิลิตรลงไปตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณ gallic acid กับค่าการดูดกลืนแสง โดยให้แกน x เป็นปริมาณความเข้มข้นของ gallic acid (ไมโครกรัม) ส่วนแกน Y เป็นค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ที่มีความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

นำของเหลวที่สกัดได้มา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu Reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 8 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ลงไป ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลทั้งหมดจากกราฟมาตรฐาน (รูป ฉ-1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑-1 กราฟมาตรฐานสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

2.4 การคำนวณหาสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

นำค่าที่อ่านได้จากกรดเกลือมาตรฐานที่เตรียมไว้ในขั้นตอนการสร้างกราฟมาตรฐานมาคำนวณหาสูตรสมการเส้นตรง ได้ดังนี้

$$y = 0.0132x + 0.0346$$

โดยที่ y คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้

x คือ ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่าง (ไม่โครกรัมต่อมิลลิลิตร)

จากนั้นนำค่า x ที่อ่านได้ มาคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในข้าวสาลีผั่ว

สารละลายปริมาตร 1 มิลลิลิตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 60.56 ไมโครกรัม
ดังนั้น สารละลายปริมาตร 1 มิลลิลิตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 0.0605 มิลลิกรัม

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดได้มาจากการเจือจาง 1000 เท่าโดยปริมาตร
แสดงว่า สารละลายปริมาตรสารประกอบฟีนอลทั้งหมด $0.0605 \times 1000 = 60.56$ มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

สารที่สกัดได้มีปริมาตรเฉลี่ย 5 มิลลิลิตร แสดงว่า สารละลายมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด $60.56 \times 5 = 302.80$ มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ถ้าสารสกัดปริมาตร 1 มิลลิลิตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด $302.80/5 = 60.56$ มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดได้มาจากตัวอย่างข้าวสาลีผั่วน้ำหนัก 5 กรัม ได้สารสกัด 5 มิลลิลิตร
แสดงว่าได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 1 กรัมต่อมิลลิลิตร

ข้าวสาลีผั่ว 1 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด $60.56/1 = 60.56$ มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างข้าวลึ่มฟัวมีความชื้นร้อยละ 11.84 แสดงว่า มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 88.16 แสดงว่าข้าวลึ่มฟัวมีปริมาณของแข็งร้อยละ 88.16 กรัม

ถ้าข้าวลึ่มฟัว 1 กรัม จะมีปริมาณของแข็ง $88.16 / 100 = 0.8816$

แสดงว่าข้าวลึ่มฟัว 1 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด $60.56 / 0.8816 = 68.69$ มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง หรือ ข้าวลึ่มฟัว 100 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 6869 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง

รายงานผลของปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ในหน่วย มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง

ฉ-3. การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์

การวิเคราะห์หารปริมาณฟลาโวนอยด์โดยวิธี Aluminium trichloride ($AlCl_3$) colorimetric ตัดแปลงจากวิธีของ Oyedemi *et al* (2013) อาศัยการเกิดปฏิกิริยารีดักชันของสารประกอบฟลาโวนอยด์โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร แล้วนำไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานโดยมีวิธีวิเคราะห์ดังนี้

3.1 การเตรียมสารละลายในการทดสอบ

3.1.1 เตรียมสารละลายเควอซีตินความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเควอซีติน 0.01 กรัมละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้เป็น 100 มิลลิลิตร นำมาเจือจางเพื่อเตรียมสารละลายมาตรฐานเควอซีติน ความเข้มข้น 0 20 40 60 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 10 มิลลิลิตร ดังตารางที่ ฉ-2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานเควอซีติน

ตารางที่ ฉ-2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานเควอซีติน

ความเข้มข้นสารละลาย เควอซีติน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน เควอซีตินความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)
0	0	10
20	2	8
40	4	6
60	6	4
80	8	2
100	10	0

3.1.2 เตรียม Sodium Nitrate ($NaNO_3$) ความเข้มข้นร้อยละ 5 ในน้ำกลั่น

3.1.3 สารละลาย Aluminium trichloride ($AlCl_3$) ความเข้มข้นร้อยละ 10 ในน้ำกลั่น

3.1.4 เตรียม Sodium hydroxide ($NaOH$) ความเข้มข้นร้อยละ 4 ในน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่มีอยู่ให้เห็นาเป็นเชิงพาณิชย์ขึ้นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การสร้างกราฟมาตรฐานเคออสิติน (Vinikumar et al., 2011)

ปีเปตสารละลายมาตรฐานเคออสิติน ความเข้มข้น 0 20 40 60 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ อย่างละ 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองความเข้มข้นละ 3 หลอด จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 4 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากัน เติม Sodium Nitrate (NaNO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 6 นาที จากนั้นเติม Aluminium chloride (AlCl_3) ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร และเติม NaOH ความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงและสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของเคออสิติน โดยให้แกน x เป็นปริมาณความเข้มข้นเคออสิติน ส่วนแกน Y เป็นค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร

3.3 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Total Flavonoids Content)

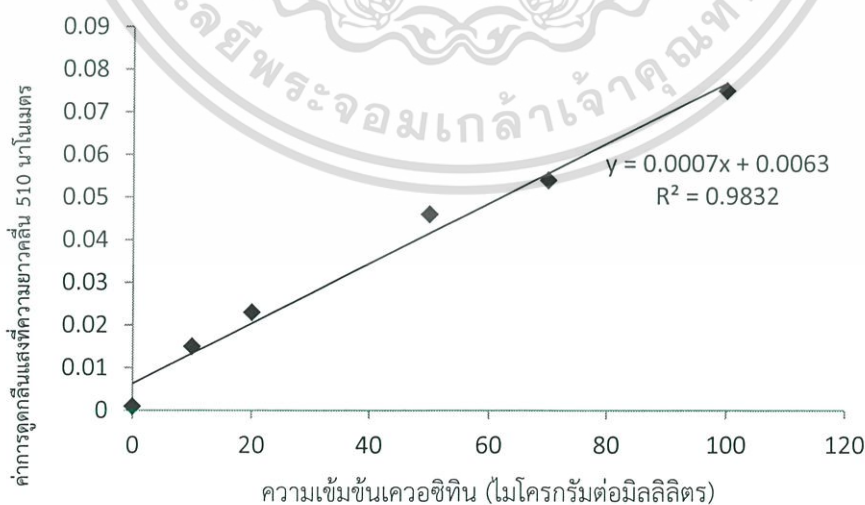
3.3.1 เตรียมตัวอย่างใช้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 4 มิลลิลิตร

3.3.2 เติม Sodium Nitrate (NaNO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 6 นาที

3.3.3 เติม Aluminium chloride (AlCl_3) ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร

3.3.4 เติม NaOH ความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที

3.3.5 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้ไปหาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดและใช้เคออสิตินเป็นสารมาตรฐาน โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทริทเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (รูป ฉ-2)



รูปที่ ฉ-2 กราฟมาตรฐานเคออสิติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 คำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์

นำค่าที่อ่านได้จากควอดริทินมาตรฐานที่เตรียมไว้ในขั้นตอนการสร้างกราฟมาตรฐานมา คำนวณหาสูตรสมการเส้นตรง ได้ดังนี้

$$y = 0.0007x + 0.0063$$

โดยที่ y คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้

x คือ ปริมาณฟลาโวนอยด์ในตัวอย่าง (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

จากนั้นนำค่า x ที่อ่านได้ มาคำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์ในหอมแดง

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์ในหอมแดง

สารละลายปริมาตร 1 มิลลิลิตร มีปริมาณฟลาโวนอยด์ 52.7 ไมโครกรัม
ดังนั้น สารละลายปริมาตร 1 มิลลิลิตร มีปริมาณฟลาโวนอยด์ 0.0527 มิลลิกรัม

ปริมาณฟลาโวนอยด์ได้มาจากการเจือจาง 100 เท่าโดยปริมาตร
แสดงว่า สารละลายมีฟลาโวนอยด์ $0.0527 \times 100 = 5.27$ มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
สารที่สกัดได้มีปริมาตรเฉลี่ย 5 มิลลิลิตร

แสดงว่า สารละลายมีปริมาณฟลาโวนอยด์ $5.27 \times 5 = 26.37$ มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ถ้าสารสกัดปริมาตร 1 มิลลิลิตร มีปริมาณฟลาโวนอยด์ $26.37/5 = 5.27$ มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ปริมาณฟลาโวนอยด์ได้มาจากตัวอย่างหอมแดงน้ำหนัก 50 กรัม ได้สารสกัด 5 มิลลิลิตร
ได้ปริมาณฟลาโวนอยด์ 10 : 1 หรือ 10 กรัมต่อมิลลิลิตร
แสดงว่าหอมแดง 10 กรัม มีปริมาณฟลาโวนอยด์ 5.27 มิลลิกรัม

ถ้าหอมแดง 1 กรัม มีปริมาณฟลาโวนอยด์ $5.27/10 = 0.527$ มิลลิกรัม

ตัวอย่างหอมแดงมีความชื้นร้อยละ 84.69 แสดงว่า มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15.31
แสดงว่าหอมแดงมีปริมาณของแข็งร้อยละ 15.31 กรัม

ถ้าหอมแดง 1 กรัม จะมีปริมาณของแข็ง $15.31/100 = 0.1531$

หอมแดง 1 กรัม มีปริมาณฟลาโวนอยด์ $0.527/0.1531 = 3.4452$ มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง
หรือหอมแดง 100 กรัม มีปริมาณฟลาโวนอยด์ 344.52 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง
รายงานผลของปริมาณฟลาโวนอยด์ในหน่วย มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน โดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละที่ทรีทเมนต์ โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ-4. การวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานิน

การวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินโดยวิธี pH differential โดยปรับระดับความเจือจางของตัวอย่าง 0.03 โมลาร์ และใช้บัฟเฟอร์เป็นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ความเป็นกรด-ด่าง 1.0 และ 0.4 โมลาร์ โซเดียมอะซิเตทที่ความเป็นกรด-ด่าง 4.5 โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 557 และ 700 นาโนเมตร ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์ (ดัดแปลงวิธีการจาก Hosseinian *et al* (2008) และ AOAC (2005) ดังนี้

4.1 การเตรียมสารละลาย

4.1.1 สารละลายเมทานอลิก เตรียมโดยใช้อัตราส่วนระหว่างเมทานอลร้อยละ 80 และไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 นอร์มอล เท่ากับ 85 ต่อ 15 (ปริมาตรต่อปริมาตร)

4.1.2 สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 0.03 โมลาร์ (บัฟเฟอร์พีเอช 1.0) เตรียมโดยชั่งโพแทสเซียมคลอไรด์ 1.86 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 980 มิลลิลิตรปรับพีเอชให้ได้ 1.0 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นโดยใช้ขวดปรับปริมาตร

4.1.3 สารละลายโซเดียมอะซิเตท 0.4 โมลาร์ (บัฟเฟอร์พีเอช 4.5) เตรียมโดยชั่งโซเดียมอะซิเตท 54.43 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 960 มิลลิลิตรปรับพีเอชให้ได้ 4.5 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นโดยใช้ขวดปรับปริมาตร

4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนโทไซยานิน

4.2.1 นำของเหลวใสที่สกัดได้มา 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองจากนั้นเติมบัฟเฟอร์พีเอช 1.0 ปริมาณ 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 557 และ 700 นาโนเมตร

4.2.2 นำของเหลวใสที่สกัดได้มา 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมบัฟเฟอร์พีเอช 4.5 ปริมาณ 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 557 และ 700 นาโนเมตร

4.3 การคำนวณหาแอนโทไซยานิน

นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้ไปแทนค่าในสูตรหาปริมาณแอนโทไซยานิน มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ดังนี้

$$\text{Anthocyanin pigment (cyaniding - 3 - glucoside equivalents)} = (A \times MW \times DF \times 10^3) / \epsilon \times 1$$

โดยที่	A	คือ ค่าดูดกลืนแสง ($A_{557} - A_{700}$) pH 1.0 - ($A_{557} - A_{700}$) pH 4.5
	MW	คือ มวลโมเลกุลของ cyaniding -3- glucoside มีค่าเท่ากับ 449.2 กรัมต่อโมล
	DF	คือ ระดับการเจือจาง
	ϵ	คือ ค่าสัมประสิทธิ์ มีค่าเท่ากับ 26,900 โมลาร์
	10^3	คือ เปลี่ยนหน่วยจาก กรัม เป็น มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน โดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ฉ-5. การวิเคราะห์ปริมาณสารแคปไซซินจากเครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC)

การวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน ในตัวอย่างสารสกัด โดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยมีวิธีการวิเคราะห์ ดังนี้

5.1 เตรียมตัวอย่างสารสกัด

ดูดตัวอย่างสารสกัดใส่ในหลอดทดลอง (vial) และกรองด้วย filter membrane ขนาด 0.45 ไมโครเมตร เปลี่ยน filter membrane ทุกครั้งที่เปลี่ยนตัวอย่างสารละลาย

5.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน

โดยใช้สารแคปไซซินสังเคราะห์บริสุทธิ์ (N-[(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)methyl]-8-methyl-6-nonenamide) ของบริษัท Sigma เตรียมสารแคปไซซินมาตรฐานให้มีความเข้มข้น 100 200 400 600 800 และ 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ของเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 60

5.3 การเตรียม mobile phase

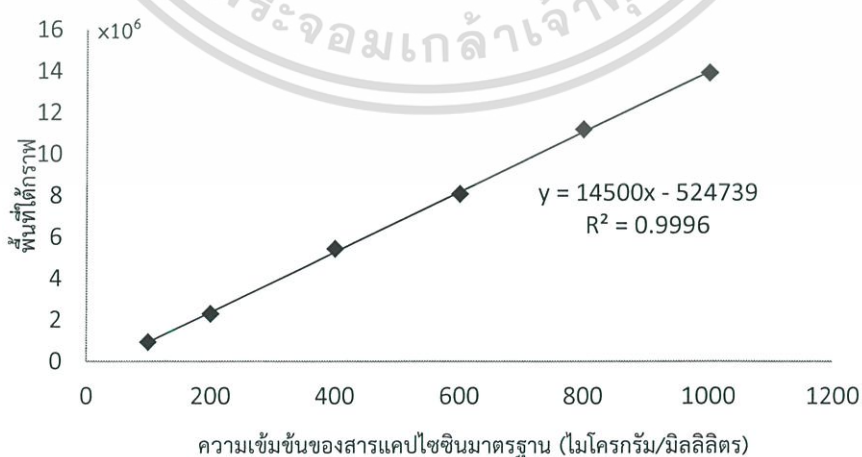
5.3.1 Mobile phase ที่ใช้คือเมทิลแอลกอฮอล์ (HPLC grade) และน้ำกลั่นที่ deion

5.3.2 นำสารทั้ง 2 ชนิด มากรองด้วย filter membrane ขนาด 0.45 ไมโครเมตร

5.3.3 นำสารที่กรองได้ไปใส่ฟองอากาศด้วยเครื่อง Ultra sonic 30 นาที

5.4 วิเคราะห์ปริมาณสารแคปไซซินโดยใช้เครื่อง HPLC

วิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซินของสารแคปไซซินมาตรฐานและสารละลายตัวอย่างโดยใช้คอลัมน์ C₁₈ ขนาด 50 x 4.6 mm I.D. เครื่องตรวจวัดการเรืองแสงของสาร (UV Detector) ความยาวคลื่น 222 นาโนเมตรโดยใช้เวลาในการแยกสาร 15 นาที อัตราการไหล 1 มิลลิเมตร/นาที (รูป ฉ-3)



รูปที่ ฉ-3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและพื้นที่ใต้กราฟของสารแคปไซซินมาตรฐาน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การคำนวณปริมาณสารแคปไซซิน

นำค่าที่อ่านได้จากแคปไซซินมาตรฐานที่เตรียมไว้ในขั้นตอนการสร้างกราฟมาตรฐานมาคำนวณหาปริมาณแคปไซซินจากสมการเส้นตรง ได้ดังนี้

$$y = 14500x - 524739$$

โดยที่ y คือ พื้นที่ใต้กราฟ

x คือ ปริมาณแคปไซซินในตัวอย่าง (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

$$\text{แทนค่า } 2774135 = 14500x - 524739$$

$$x = (2774135 + 524739) / 14500$$

$$x = 227.51 \text{ ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร}$$

ดังนั้น พริก มีปริมาณแคปไซซิน 227.51 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

5.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน โดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ฉ-6. การวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay

เป็นการทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยให้สารตัวอย่างทำปฏิกิริยากับ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่เสถียรมีสีม่วง เมื่อ DPPH ได้รับอิเล็กตรอนหรืออนุมูลไฮโดรเจนจะเปลี่ยนเป็น DPPH:H โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร มีวิธีการวิเคราะห์ (Laokuldilok *et al.*, 2011) ดังนี้

6.1 การเตรียมสารละลาย

สารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ความเข้มข้นร้อยละ 0.004 เตรียมโดยชั่งสารละลาย DPPH 0.004 กรัม ละลายในเมทานอลจากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรโดยใช้ขวดปรับปริมาตร

6.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐาน Butylated hydroxytoluene (BHT) เป็นสารมาตรฐานที่แสดงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้ปิเปตดูดสารละลาย BHT ปริมาณ 100 ไมโครลิตร นำมาเจือจางที่ความเข้มข้น 0.08 0.06 0.05 0.04 0.02 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ใน Absolute Methanol

6.3 การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านออกซิเดชันวิธี DPPH

นำของเหลวที่สกัดได้หรือสารมาตรฐาน BHT มา 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้นร้อยละ 0.004 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องและมีดนา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยนำสารตัวอย่างมาเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน BHT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 การคำนวณหาฤทธิ์การต้านออกซิเดชันวิธี DPPH

นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้ไปแทนค่าในสูตรการต้านออกซิเดชัน มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง ดังนี้

$$\text{ฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน (\%)} = [(A_0 - A_e) / A_0] \times 100$$

โดย A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายไม่เติมสารสกัดตัวอย่าง

A_e คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเติมสารสกัดตัวอย่าง

6.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้