รายงานการวิจัย

การศึกษาคุณค่าโภชนาการและกระบวนการผลิต เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

The Study on Nutritional Value and Production of Canned *Boletus griseipurpureus* Corner in brine

ดลฤดี พิชัยรัตน์ Donrudee Pichairat
นพรัตน์ มะเห Nopparat Mahae
อมรรัตน์ อังอัจฉริยะ Amornrat Angajchariya
ละอองวรรณ ศรีจันทร์ La-ongwon Srijan

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีชัย
งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2560

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและกระบวนการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

ดลฤดี พิชัยรัตน์[1] นพรัตน์ มะเห[1] อมรรัตน์ อังอัจฉะริยะ[2] และละอองวรรณ ศรีจันทร์[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและกระบวนการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง โดยศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเห็ดเสม็ด กรรมวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมเห็ดเสม็ด ระดับความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้ในการผลิตและสภาวะในการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม ผลจากการศึกษาพบว่าเห็ดเสม็ดมีปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 91.20 0.90 2.52 0.21 2.37 และ 5.17 โดยน้ำหนักมีกรดอะมิโนจำเป็นในช่วง 0.15-5.38 กรัม/100 กรัม มีปริมาณแคลเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม 0.1169 2.5835 และ 0.3912 มิลลิกรัม/กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 68.60 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักสด มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเท่ากับ 22.13 มิลลิกรัมสมมูลวิตามินซี/100 กรัมน้ำหนักสด และ 14.60 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักสด กรรมวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมเห็ดเสม็ดคือ การลวกเห็ดเสม็ดในสารละลายผสมระหว่างเกลือความเข้มข้นร้อยละ 4 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อัตราส่วนระหว่างเห็ดต่อสารละลายที่ใช้ลวก 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นาน 10 นาที ความเข้มข้นของน้ำเกลือที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตคือ น้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 1 ที่มีกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำการผลิตโดยบรรจุเห็ดเสม็ดในกระป๋องขนาด 307x113 ให้มีน้ำหนักบรรจุ 110 กรัมต่อน้ำเกลือ 90 กรัม สภาวะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ คือ การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 42 นาที (F_0= 10.08) และที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที (F_0= 10.35) ผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อทั้งสองระดับอุณหภูมิมีความปลอดภัยต่อการบริโภค และได้รับการยอมรับคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในทุกปัจจัยคุณภาพไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

คำสำคัญ: เห็ดเสม็ด อาหารกระป๋อง

---

[1]อาจารย์ สาขาอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์ประมง [2]อาจารย์ สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง

[3]อาจารย์ สาขาอาหารและโภชนาการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.ทุ่งใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช

The Study on Nutritional Value and Production of Canned *Boletus griseipurpureus* Corner in brine

Donrudee Pichairat[1] Nopparat Mahea[1] Amornrat Angajchariya[2] and La-ongwon Srijan[3]

Abstract

The objective of this research were to study the nutritional value and production of canned *Boletus griseipurpureus* Corner in brine. The nutritional value and antioxidant properties, the suitable process for raw material preparation, the suitable brine concentration for production and the suitable condition for sterilization process were studied. The results showed that the percentage of moisture content, ash, protein, fat, crude fiber and carbohydrate of *Boletus griseipurpureus* Corner were 91.20, 0.90, 2.52, 0.21, 2.37 and 5.17 respectively. Moreover essential amino acid, mineral (Ca, K and Na), phenolic content, DPPH radical scavenging capacity and ferric reducing antioxidant power (Frap) were 0.15-5.38 g/100 g, 0.1169, 2.5835 and 0.3912 mg/100 g, 68.60 mg gallic acid equivalent/100 g fresh weight, 22.13 mg ascorbic acid equivalent /100 g fresh weight and 14.6 mg gallic acid equivalent/100 g fresh weight respectively. The suitable process of raw material preparation was *Boletus griseipurpureus* Corner blanching in 4% salt and 0.3% citric acid solution (w/v). The ratio between the mushroom and blanching solution was 1:5 w/v for 10 minutes. The suitable concentration of brine for production was 1% salt and 0.1% citric acid (w/v). Canned *Boletus griseipurpureus* Corner in brine contained 110 gram of mushroom and 90 gram of brine in 307x113 lacquer can. The appropriate condition for sterilization were sterilized at 116 $^{\circ}$C for 42 minutes (F_0 = 10.08) and 121 $^{\circ}$C for 20 minutes (F_0 = 10.35). The products sterilized by both conditions were safe for consumption and no significant differences ($p > 0.05$) in every factor of sensory quality.

Keywords : *Boletus griseipurpureus* Corner, Canned food

[1]Department of Food Industry and Fisheries product, [2]Department of Physical science ,Faculty of Science and Fisheries Technology. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Sikao, Trang.
[3]Department of Food and Nutrition, Faculty of Agro Industry. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Thung Yai, Nakhon Si Th

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณแผ่นดินปี 2560 เป็นงานวิจัยประยุกต์ที่นำเอาวัตถุดิบในท้องถิ่นมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งนอกจากทำให้มีเห็ดเสม็ดบริโภคตลอดทั้งปีแล้ว ยังได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่น และผู้ที่สนใจสามารถนำความรู้จากงานวิจัยไปใช้เพื่อการผลิตจำหน่ายในเชิงการค้าได้

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณสาขาอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์ประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ที่ได้เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำการศึกษาทดลองงานวิจัยครั้งนี้

ดลฤดี พิชัยรัตน์
นพรัตน์ มะเห
อมรรัตน์ อังอัจฉริยะ
ละอองวรรณ ศรีจันทร์
กันยายน 2560

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วิธีการดำเนินการวิจัย	11
บทที่ 3 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	19
บทที่ 4 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม	46
ภาคผนวก	50

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 : คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดเสม็ด 3

ตารางที่ 2 : ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด 8

ตารางที่ 3 : คุณค่าทางโภชนาการและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเห็ดเสม็ด 19

ตารางที่ 4 : คุณภาพทางเคมีของเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกในสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ 24

ตารางที่ 5 : ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดลวกในสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ 25

ตารางที่ 6 : คุณภาพทางเคมีของเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกในสารละลายผสมระหว่างเกลือและกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ 26

ตารางที่ 7 : ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดลวกในสารละลายเกลือที่ผสมกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ 27

ตารางที่ 8 : คุณภาพทางเคมีของเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกในสารละลายผสมระหว่างเกลือและกรดซิตริกที่ระยะเวลาและจำนวนครั้งต่าง ๆ 29

ตารางที่ 9 : คุณภาพทางเคมีของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่เตรียมจากเห็ดที่ผ่านการลวกในสารละลายผสมระหว่างเกลือและกรดซิตริกที่ระยะเวลาและจำนวนครั้งต่าง ๆ 30

ตารางที่ 10 : ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่เตรียมจากเห็ดที่ผ่านการลวกในสารละลายผสมระหว่างเกลือและกรดซิตริกที่ระยะเวลาและจำนวนครั้งต่าง ๆ 31

ตารางที่ 11 : คุณภาพทางเคมีของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ภายหลังการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 34

ตารางที่ 12 : ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ภายหลังการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 35

ตารางที่ 13 : คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อที่สภาวะต่าง ๆ 38

ตารางที่ 14 : คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่าง ๆ 39

ตารางที่ 15 : คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างกันเปรียบเทียบกับเห็ดเสม็ดสดและเห็ดเสม็ดลวก 41

ตารางที่ 16 : คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างกัน 42

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 17 : ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างกัน 43

ตารางที่ 18 : ต้นทุนราคาวัตถุดิบในการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง 43

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 : เห็ดเสม็ด 2
ภาพที่ 2 : การวัดจุดที่ร้อนช้าที่สุดในอาหารกระป๋องที่บรรจุอาหารแข็งและเหลว 6
ภาพที่ 3 : ลักษณะของกราฟการแทรกผ่านความร้อนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ 7
ภาพที่ 4 : การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ (RT) อุณหภูมิภายในกระป๋อง (CT) และอัตราการทำลาย (lethal rate) ของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง ในระหว่างการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส 36
ภาพที่ 5 : การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ (RT) อุณหภูมิภายในกระป๋อง (CT) และอัตราการทำลาย (lethal rate) ของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง ในระหว่างการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 36

ภาพผนวกที่ 1 : กราฟมาตรฐานกรดแทนนิกในการวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินทั้งหมด 59
ภาพผนวกที่ 2 : กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 60
ภาพผนวกที่ 3 : กราฟมาตรฐานวิตามินซีในการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH 62
ภาพผนวกที่ 4 : กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก 63
ภาพผนวกที่ 5 : แผนภาพขั้นตอนการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง 66
ภาพผนวกที่ 6 : การติดเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบในการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนในผลิตภัณฑ์ 67
ภาพผนวกที่ 7 : การบรรจุเห็ดเสม็ดและน้ำเกลือ 67
ภาพผนวกที่ 8 : การไล่อากาศ 67
ภาพผนวกที่ 9 : เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือหลังการปิดฝากระป๋อง 68
ภาพผนวกที่ 10 : การฆ่าเชื้อเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องในรีทอร์ต 68
ภาพผนวกที่ 11 : ผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง 68

บทที่ 1
บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เห็ดเสม็ด (*Boletus griseipurpureus* Corner) เป็นเห็ดป่ากินได้ที่พบขึ้นตามพื้นดินบริเวณที่มีต้นเสม็ดขาว (*Corymbia citriodera*) ต้นกระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*) และต้นยูคาลิปตัส (*Eucalyptus* spp.) ขึ้นอยู่ มีลักษณะเป็นเห็ดทรงร่ม สีเทาอมม่วงหรือม่วงอ่อน ภายในมีสีขาว (สิริลักษณ์ และคณะ, 2550; สายพิณ, 2536) มีรสชาติขม นิยมบริโภคทางภาคใต้ โดยชาวบ้านมักนำมาต้มในน้ำเดือดใส่เกลือหรือใส่เกลือและใบมะขามเพื่อลดความขมก่อนนำไปบริโภค ซึ่งการบริโภคอาจนำมาจิ้มกินกับน้ำพริกหรือนำไปปรุงเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ เช่น แกงกะทิ (อัมพรศรี และคณะ, 2559) มีรายงานการศึกษาที่พบว่าเห็ดเสม็ดมีปริมาณโปรตีนและกากใยสูง แต่มีปริมาณไขมันต่ำ (อัมพรศรี และคณะ, 2559; Aung-aud-chariya *et al.*, 2012; Sudjaroen and Thongkao, 2017) และสารสกัดจากเห็ดเสม็ดมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียบางชนิด เช่น *Staphylococcus aereus* และ *Escherichia coli* (Aung-aud-chariya *et al*., 2015)

เห็ดเสม็ดออกผลผลิตเป็นช่วงฤดูกาล โดยจะพบในช่วงต้นฤดูฝน ประมาณเดือนเมษายน-พฤษภาคม มีอายุการเก็บรักษาสั้น จึงจัดเป็นเห็ดหายากและมีราคาแพง การหาแนวทางในการแปรรูปเห็ดเสม็ดให้เก็บไว้บริโภคได้นานจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ และผลิตภัณฑ์ที่ได้ถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่น การแปรรูปเห็ดเสม็ดให้อยู่ในรูปของอาหารกระป๋องเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของเห็ดเสม็ดให้เก็บไว้ได้นาน ทำให้มีเห็ดเสม็ดไว้บริโภคตลอดทั้งปี เนื่องจากการผลิตอาหารกระป๋องเป็นวิธีการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนที่สามารถทำลายสปอร์และจุลินทรีย์ที่ก่อโรค (pathogen) และทำให้อาหารเน่าเสียได้ (food spoilage) ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้โดยไม่ต้องใช้วิธีการอื่น ๆ ช่วยในการเก็บรักษาและปลอดภัยในการบริโภค (วิไล, 2547) และยังเป็นการช่วยให้สามารถใช้ประโยชน์จากเห็ดเสม็ดได้อย่างคุ้มค่า

พื้นที่อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ซึ่งเป็นที่ตั้งของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยเป็นแหล่งของป่าเสม็ดขาวอีกแหล่งหนึ่งที่มีเห็ดเสม็ดเกิดขึ้นทุกปี และเป็นแหล่งเห็ดเสม็ดให้กับชาวบ้านบริเวณใกล้เคียงมาเป็นเวลานาน การศึกษาในครั้งนี้จึงสนใจที่จะนำเห็ดเสม็ดซึ่งเป็นวัตถุดิบในท้องถิ่นมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง โดยศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของเห็ดเสม็ด สภาวะเบื้องต้นในการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องทั้งกรรมวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมเห็ดเสม็ด ระดับความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้ในการผลิต และสภาวะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ซึ่งข้อมูลที่ได้ทำให้ทราบถึงสภาวะการผลิตที่เหมาะสมได้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เห็ดเสม็ด

เห็ดเสม็ดหรือเห็ดเหม็ด มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Boletus griseipurpureus* Corner เป็นเห็ดป่ากินได้ที่พบขึ้นตามฤดูกาลบริเวณพื้นที่ที่มีต้นเสม็ดขาว (*Corymbia citriodera*)

ต้นกระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*) และต้นยูคาลิปตัส (*Eucalyptus* spp.) ในช่วงต้นฤดูฝน ประมาณเดือนเมษายน-พฤษภาคม สภาพอากาศที่เหมาะแก่การงอกของเห็ดชนิดนี้ คือ สภาพอากาศที่ร้อนและแห้งแล้งติดต่อกันเป็นเวลานาน และมีฝนตกหนักติดต่อกันภายหลัง โดยมักพบในพื้นที่ทางภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ (สายพิณ, 2541; อมรรัตน์ และคณะ, 2561; อัมพรศรี และคณะ 2559; Seehanan and Petcharat, 2008) เห็ดเสม็ดพบขึ้นเป็นดอกเดี่ยวหรือกลุ่ม มีลักษณะเป็นเห็ดทรงร่ม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-6 เซนติเมตร หมวกเห็ดมีรูปร่างโค้งนูนคล้ายรูปกระทะคว่ำ ภายนอกมีสีเทาอมม่วงหรือม่วงอ่อน ภายในมีสีขาว ด้านล่างของหมวกดอกมีลักษณะเป็นรูขนาดเล็ก ก้านดอกยาว 3-6 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5-3.0 เซนติเมตร ด้านนอกมีสีเหมือนดอกเห็ด ด้านในมีสีขาวและมีลักษณะเป็นรูกลวงตลอดความยาวก้านดอก (สิริลักษณ์ และคณะ, 2550; สายพิณ, 2536) เห็ดเสม็ดแสดงดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 เห็ดเสม็ด

เห็ดเสม็ดนิยมบริโภคทางภาคใต้ โดยชาวบ้านมักนำมาต้มในน้ำเดือดใส่เกลือหรือใส่ใบมะขามและเกลือเพื่อลดความขมก่อนนำไปบริโภค โดยอาจนำมาจิ้มกินกับน้ำพริกหรือนำไปปรุงเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ เช่น แกงกะทิ (อัมพรศรี และคณะ, 2559) มีรายงานการศึกษาที่พบว่าเห็ดเสม็ดมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยสูง และมีปริมาณไขมันต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากเห็ดเสม็ดมีฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันและเชื้อแบคทีเรียบางชนิด เช่น *Staphylococcus aereus* และ *Escherichia coli* (Aung-aud-chariya *et al*., 2012; Sudjaroen and Thongkao, 2017) คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดเสม็ดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดเสม็ด

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
1. องค์ประกอบทางเคมี (กรัม/100 กรัม นน. แห้ง)	
- เถ้า	0.24
- โปรตีน	4.76
- ไขมัน	0.16
- คาร์โบไฮเดรต	6.05
2. ปริมาณแร่ธาตุ (มิลลิกรัม/100 กรัม นน. แห้ง)	
- โซเดียม	25.37
- แมกนีเซียม	3.59
- แคลเซียม	3.78
- เหล็ก	1.16
- ทองแดง	0.204
- สังกะสี	1.41
- ซีลีเนียม	0.18

ที่มา: Sudjaroen and Thongkao, 2017

2.2 อาหารกระป๋อง (ทนง, 2559)

อาหารกระป๋องเป็นผลิตภัณฑ์อาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท ที่อากาศและจุลินทรีย์ไม่สามารถผ่านเข้าออกได้ และได้ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อนอย่างเพียงพอ จนทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารได้นานโดยไม่เน่าเสียภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติทั่วไป

2.2.1 ประเภทของอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท

ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารมีผลต่อการกำหนดอุณหภูมิและระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ การผลิตอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิทแบ่งชนิดของอาหารตามค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าวอเตอร์แอคติวิตี ดังนี้

1) อาหารที่เป็นกรด (acid food) คือ อาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างตามธรรมชาติน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6 และมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีมากกว่า 0.85 ตัวอย่างอาหารที่เป็นกรด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผัก ผลไม้ และอาหารหมักดอง

2) อาหารที่เป็นกรดต่ำ (low acid food) คือ อาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างตามธรรมชาติมากกว่า 4.6 และมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีมากกว่า 0.85 ตัวอย่างอาหารที่เป็นกรดต่ำ ได้แก่ ผัก เนื้อสัตว์ อาหารทะเล ผลิตภัณฑ์นม

3) อาหารปรับกรด (acidified food) คือ อาหารประเภทกรดต่ำที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยกรด เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.6 และมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีมากกว่า 0.85 กรดที่นิยมใช้ได้แก่ กรดซิตริกและกรดอะซิติก ซึ่งการเตรียมอาหารปรับกรดสามารถทำได้โดยการลวกอาหารในสารละลายกรด การจุ่มอาหารที่ลวกแล้วในสารละลายกรด การเติมกรดลงในการผลิตอาหาร เป็นต้น

การกำหนดค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 4.6 ในการแบ่งชนิดอาหาร เนื่องจากเชื้อ *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นเชื้อเป้าหมายที่มีผลต่อความปลอดภัยของอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท จะไม่เจริญเติบโตหรือสร้างสารพิษที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.6 ดังนั้นอาหารที่เป็นกรดจึงสามารถใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ก็เพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ให้หมดไปได้ และค่าวอเตอร์แอคติวิตีที่ 0.85 เป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่ำสุดที่เชื้อ *Staphylococcus areus* ต้องการใช้สำหรับผลิตสารพิษ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 301 พ.ศ. 2549 เรื่องอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท กำหนดให้อาหารที่เป็นกรดต่ำ ต้องดำเนินการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่กำหนด หรือจัดทำกรรมวิธีการผลิตที่กำหนด โดยให้ค่า F_0 (sterilization value) ไม่ต่ำกว่า 3 นาที ซึ่งเพียงพอในการทำลายสปอร์ของเชื้อ ทั้งนี้อุณหภูมิและเวลาที่กำหนดจะต้องมีการศึกษาการทดสอบการกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ (temperature distribution) และศึกษาการแทรกผ่านความร้อนในผลิตภัณฑ์อาหาร (heat penetration) ณ สถานที่ผลิตแห่งนั้น

2.2.2 การผลิตอาหารกระป๋อง (วิไล, 2547; สิรินาถ, 2548; ทนง, 2559)

การผลิตอาหารกระป๋องประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1) การเตรียมวัตถุดิบ

แตกต่างกันตามชนิดวัตถุดิบที่ใช้ เริ่มจากการทำความสะอาดวัตถุดิบเพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอม คัดขนาดและความแก่ อ่อน เพื่อความสม่ำเสมอของคุณภาพผลิตภัณฑ์ และตัดแต่งแยกส่วนที่ไม่ต้องการออก

2) การลวก (Blanching)

การลวกวัตถุดิบอาจทำได้หลายวิธีทั้งการลวกด้วยไอน้ำร้อนหรือจุ่มวัตถุดิบลงในน้ำเดือด โดยให้อาหารคงอุณหภูมิอยู่ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นจึงทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิห้อง ซึ่ง การลวกมีวัตถุประสงค์เพื่อ

- ทำลายเอนไซม์ในวัตถุดิบ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์
- กำจัดรสเฝื่อน ฝาด ขมและเมือกออกจากวัตถุดิบ
- ไล่อากาศ ที่แทรกอยู่ในเซลล์ของวัตถุดิบ ช่วยทำให้เกิดสภาวะสุญญากาศภายในกระป๋อง และป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ที่เกิดจากออกซิเจน
- ทำให้วัตถุดิบนิ่มและหดตัว ช่วยให้สะดวกในการบรรจุ และบรรจุได้ตามน้ำหนักที่ต้องการ
- ช่วยทำลายและลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอาหาร

3) การบรรจุ (Filling)

เป็นขั้นตอนการนำวัตถุดิบที่เตรียมไว้บรรจุลงในภาชนะบรรจุ ซึ่งผ่านการทำความสะอาดก่อนที่จะใช้บรรจุอาหาร โดยบรรจุอาหารส่วนที่เป็นของแข็งลงไปก่อน แล้วจึงบรรจุส่วนที่เป็นของเหลว เช่น น้ำเกลือ น้ำเชื่อม ในขณะร้อน และเว้นช่องว่างเหนืออาหาร (headspace) ไว้เล็กน้อย เพื่อการขยายตัวของอาหารเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง

4) การไล่อากาศ (Exhausting)

การไล่อากาศออกจากภาชนะบรรจุ เป็นขั้นตอนสำคัญในการผลิตอาหารกระป๋อง เนื่องจากช่วยลดแรงดันในภาชนะบรรจุ ป้องกันการแตกของตะเข็บในระหว่างการฆ่าเชื้อ ช่วยรักษาคุณภาพของอาหารและป้องกันการบวมของกระป๋อง สามารถทำโดยการบรรจุอาหารส่วนที่เป็นของเหลวในขณะร้อนแล้วปิดผนึกทันที หรือใช้เครื่องไล่อากาศ (exhauster) โดยพ่นไอน้ำลงเหนืออาหาร เพื่อแทนที่อากาศบริเวณช่องว่างเหนืออาหาร (headspace) ด้วยไอน้ำ แล้วปิดผนึกฝากระป๋องทันที เมื่อกระป๋องเย็นลงไอน้ำจะรวมตัวเป็นหยดน้ำบริเวณช่องว่างเหนืออาหาร เกิดความเป็นสุญญากาศขึ้น หรืออาจปิดผนึกฝาบรรจุภัณฑ์ในสภาพที่เป็นสุญญากาศ โดยใช้เครื่องปิดฝากระป๋องระบบสุญญากาศ (vaccum seammer)

5) การปิดผนึก (Seaming)

อาหารกระป๋องที่ผ่านการไล่อากาศจะต้องทำการปิดฝากระป๋องทันที ด้วยเครื่องปิดฝากระป๋องที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เพื่อให้เกิดการเกี่ยวยึดติดกันระหว่างฝาและขอบกระป๋องเป็นแบบตะเข็บคู่ (double seam) ซึ่งการปิดผนึกกระป๋องสามารถใช้เครื่องอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ โดยขั้นตอนการปิดผนึกต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อป้องกันการรั่วของภาชนะบรรจุ

6) การฆ่าเชื้อ (Thermal Process)

เป็นการให้ความร้อนแก่อาหารกระป๋องภายหลังการบรรจุและปิดฝาแล้ว โดยอาหารกระป๋องที่ปิดฝาแล้วจะถูกส่งเข้ารีทอร์ตเพื่อฆ่าเชื้อ ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของอาหาร นอกจากนี้ยังขึ้นกับชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในอาหาร รูปร่างและขนาดของภาชนะบรรจุ การฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องต้องใช้ปริมาณความร้อนที่เพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่สำคัญสำหรับการผลิตอาหารกระป๋อง โดยเฉพาะอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ ดังนั้นในการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องนิดที่เป็นกรดต่ำจึงถือเอาอุณหภูมิและเวลาที่ทำลายสปอร์ของ *Clotridium botulinum* เป็นหลัก โดยใช้อุณหภูมิมากว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งหากอาหารปลอดภัยจากสปอร์และสารพิษของเชื้อนี้ก็จะปลอดภัยจากเชื้อชนิดอื่นด้วย สำหรับอาหารที่เป็นกรดหรืออาหารปรับกรดสามารถใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่าในการฆ่าเชื้อได้

7) การทำให้เย็น (Cooling)

มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการสูญเสียคุณภาพของอาหารเนื่องจากความร้อนส่วนเกิน โดยการลดอุณหภูมิของอาหารหลังการฆ่าเชื้อลงอย่างรวดเร็วด้วยน้ำเย็น จนอุณหภูมิลดลงถึง 40-45 องศาเซลเซียส ภายในเวลาไม่เกิน 30 นาที ซึ่งยังคงมีความร้อนเหลืออยู่เพียงพอที่จะทำให้กระป๋องแห้งสนิท ปราศจากหยดน้ำที่เกาะอยู่บนกระป๋อง เพื่อป้องกันการเกิดสนิมบนกระป๋องขณะเก็บรักษา และอาจใช้วิธีการเป่าด้วยพัดลมช่วย นอกจากนี้การทำให้เย็นยังช่วยยับยั้งการเจริญของสปอร์แบคทีเรียชนิดทนร้อน ซึ่งอาจไม่ถูกทำลายทั้งหมด

8) การปิดฉลากและการบรรจุหีบห่อ (Labeling and packing)

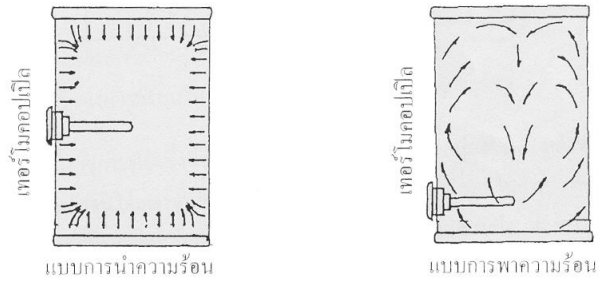
เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผลิต ก่อนที่จะจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไปสู่ผู้บริโภคต่อไป

2.2.3 หลักการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง

การกำหนดอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องต้องศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ (heat penetration data) และความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์ (heat resistance of microorganism)

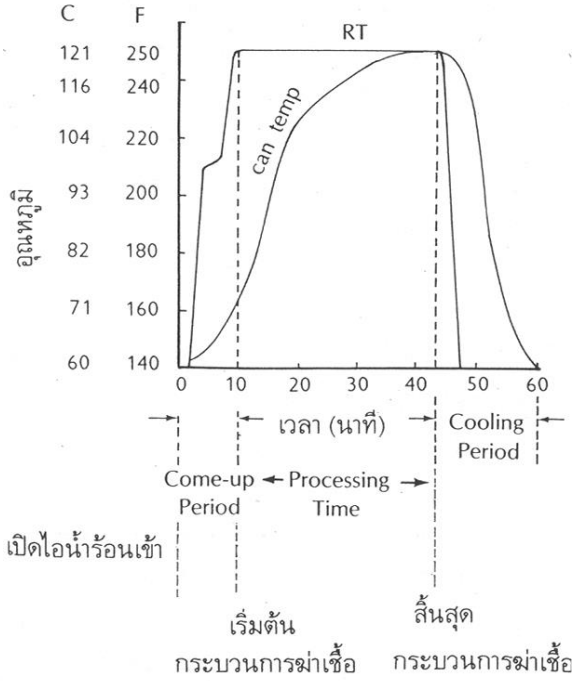
1) การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์

เป็นการศึกษาเพื่อวัดอัตราการเพิ่มอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์อาหาร จากการแทรกผ่านความร้อนจากภายนอกเข้าสู่จุดที่ร้อนช้าที่สุดของผลิตภัณฑ์อาหารในเครื่องฆ่าเชื้อ จากข้อมูลที่ได้ทำให้ทราบว่าอุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดของอาหารที่บรรจุในภาชนะบรรจุ ขณะได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นเร็ว/ช้าอย่างไร ซึ่งการศึกษาต้องออกแบบให้ครอบคลุมถึงสภาวะที่เลวร้ายที่สุด เช่น น้ำหนักบรรจุที่มากที่สุด ชิ้นอาหารที่ใหญ่ที่สุด เป็นต้น การถ่ายเทความร้อนในอาหารอาจเป็นแบบนำความร้อน พาความร้อน หรือแบบผสม ขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของอาหารและลักษณะการบรรจุอาหารในภาชนะบรรจุ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแทรกผ่านความร้อนในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ ชนิด รูปร่าง และขนาดของบรรจุภัณฑ์ ปริมาณสารละลายเกลือ น้ำตาล ไขมัน และน้ำมันที่เป็นองค์ประกอบของอาหาร ลักษณะและคุณสมบัติเนื้ออาหาร เช่น อัตราส่วนของเหลวกับชิ้นอาหาร ขนาด และชนิดของอาหาร ความหนืดและความคงตัวของอาหาร ลักษณะเครื่องฆ่าเชื้อ อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ น้ำหนักบรรจุและช่องว่างเหนืออาหาร ความเป็นสุญญากาศในกระป๋อง การเคลื่อนที่ของกระป๋อง เป็นต้น ก่อนเริ่มศึกษาการแทรกผ่านความร้อนควรศึกษาการกระจายอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อ (Temperature Distribution; TD) เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องฆ่าเชื้อและความสัมพันธ์ของการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ต่อการกระจายความร้อนภายในเครื่องฆ่าเชื้อ เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องฆ่าเชื้อสามารถฆ่าเชื้อได้ตามกรรมวิธีที่กำหนด โดยทั่วไปการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนทำโดยการวัดอุณหภูมิที่จุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหารในภาชนะบรรจุ (cold spot or critical point) โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่เรียกว่า thermocouple เพื่อวัดอุณหภูมิของอาหารในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน การวัดจุดที่ร้อนช้าที่สุดในอาหารกระป๋องแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การวัดจุดที่ร้อนช้าที่สุดในอาหารกระป๋องที่บรรจุอาหารแข็งและเหลว
ที่มา: ทนง (2559)

ในระหว่างการให้ความร้อน อุณหภูมิภายในกระป๋อง ซึ่งวัดจากจุดที่ร้อนช้าที่สุดจะมีการเปลี่ยนแปลงไป ตั้งแต่เริ่มให้ความร้อนจนกระทั่งทำให้เย็นลง สามารถนำอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่เพิ่มขึ้นมาสร้างกราฟ แสดงดังภาพที่ 3



RT = อุณหภูมิของรีทอร์ท

Can temp = อุณหภูมิของอาหารภายในกระป๋องโดยวัดที่จุดที่ร้อนช้าที่สุด

ภาพที่ 3 ลักษณะของกราฟการแทรกผ่านความร้อนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์

ที่มา: วราวุฒิ (2543)

2) ความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์

การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนอาหารกระป๋อง จำเป็นจะต้องทราบความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ในอาหาร ซึ่งความทนทานความร้อน (heat resistance) คือปริมาณความร้อนสูงสุดซึ่งคิดเป็นความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่เชื้อจุลินทรีย์จะสามารถทนมีชีวิตอยู่ได้ ปัจจัยที่มีผลต่อความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ได้แก่ ชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์เริ่มต้น อายุของจุลินทรีย์ อุณหภูมิ ลักษณะของอาหาร ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของอาหาร

สัญลักษณ์ที่แสดงถึงความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์

สัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ ได้แก่ ค่า D ค่า Z และค่า F ซึ่งบอกให้ทราบว่าการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อนั้น มีผลต่อการฆ่าหรือทำลายเชื้อมากเท่าไร

- ค่า D (D-value, Decimal reduction time)

หมายถึง เวลาการให้ความร้อนที่อุณหภูมิคงที่ ที่ทำให้กราฟอัตราการอยู่รอด (TDT-curve) ผ่าน 1 วงจรของล็อค (log cycle) หรือคือเวลาที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ได้ร้อยละ 90 ของปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ ณ อุณหภูมิคงที่หนึ่ง ๆ

- Z-value

ค่า Z หมายถึง จำนวนองศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}$F) หรือองศาเซลเซียส ($^{\circ}$C) ที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ ที่ทำให้ TDT curve เปลี่ยนแปลงไป 1 log cycle หรือคืออุณหภูมิที่ค่า D เปลี่ยนไป 10 เท่า

- F (thermal death time)

หมายถึง จำนวนเวลาเป็นนาทีที่ทำลายจุลินทรีย์ได้ ณ อุณหภูมิที่กำหนด การเขียนค่า F มักระบุอุณหภูมิที่ใช้กำกับไว้ด้านล่าง และค่า Z อยู่ทางด้านบน สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ F_T^Z เช่น F_{180}^{14} หมายถึง เวลาเป็นนาทีที่อุณหภูมิ 180 องศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}$F) ที่สามารถทำลายจุลินทรีย์จำนวนหนึ่ง ซึ่งมีค่า Z เท่ากับ 14 ลงได้

F_{250}^{18} จะมีค่าเท่ากับ F_0 ซึ่งหมายถึงจำนวนเวลาเป็นนาทีที่อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮต์ (121 องศาเซลเซียส) ซึ่งสามารถทำลายจุลินทรีย์จำนวนหนึ่งที่มีค่า Z เท่ากับ 18 องศาฟาเรนไฮต์ (10 องศาเซลเซียส) ลงได้ ซึ่งค่า Z ที่ 18 องศาฟาเรนไฮต์ จะเป็นค่า Z ของ *Clostridium botulinum* ดังนั้นค่า F_0 จึงเป็นเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮต์ ที่สามารถทำลาย *Clostridium botulinum* ได้ ค่า **F_0** ขึ้นกับ จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นในอาหารก่อนการฆ่าเชื้อ คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ และอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาอาหารแต่ละชนิดจึงมีค่า F_0 ที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด

ผลิตภัณฑ์อาหาร	ขนาดกระป๋อง	ค่า F_0
ถั่วลันเตาในน้ำเกลือ	307 x 409 หรือเล็กกว่า	6
เห็ดในน้ำเกลือ	300 x 410	8-10
แกงเนื้อใส่ผัก	300 x 410 หรือเล็กกว่า	8-12
ปลาในซอสมะเขือเทศ	300 x 410 หรือเล็กกว่า	10
ซุปมะเขือเทศ	ทุกขนาด	3
ซุปข้าวโพด	307 x 409	5-6
ข้าวโพดอ่อนในน้ำเกลือ	307 x 409	9

ที่มา: วิไล (2547)

3) การคำนวณกรรมวิธีการผลิตที่กำหนด

การกำหนดเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อน (thermal process) สำหรับอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทที่เหมาะสมนั้น นอกจากมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความปลอดภัยการบริโภคแล้ว ยังช่วยรักษาคุณภาพอาหารจากการถูกทำลายด้วยความร้อน โดยให้มีการ

เปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยที่สุด ซึ่งวิธีการคำนวณหาเวลาที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสามารถทำได้หลายวิธีแต่ที่นิยมกันทั่วไป คือ วิธีทั่วไป (general method) และวิธีการใช้สูตร (formular method) โดยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในอาหารซึ่งอยู่บรรจุในภาชนะบรรจุ และข้อมูลเกี่ยวกับความร้อนที่ใช้ทำลายเชื้อจุลินทรีย์

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปุณิกา และ ชาญณรงค์ (2550) ศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์ยอดมะพร้าวบรรจุกระป๋อง พบว่าอายุของยอดมะพร้าวที่เหมาะต่อการนำมาผลิต คือยอดมะพร้าวที่มีอายุในช่วง 18-21 เดือน รูปร่างและขนาดของยอดมะพร้าวที่เหมาะสมมีลักษณะเป็นสันคลื่นขนาด 1 x 1x 9 เซนติเมตร กระบวนการผลิตที่เหมาะสม คือ การลวกยอดมะพร้าวในน้ำเดือดที่ประกอบด้วยแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 กรดซิตริกร้อยละ 0.2 และโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.1 บรรจุในกระป๋องขนาด 307x409 ให้มีน้ำหนักเนื้อ 280 กรัม เติมน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกร้อยละ 0.2 ให้มีน้ำหนักสุทธิเป็น 565 กรัม ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่า F_0 เท่ากับ 3.87 นาที

ชมพูนุช และคณะ (2552) ศึกษากรรมวิธีการผลิตเห็ดเสม็ดดองในภาชนะปิดสนิท พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้ลวก (ร้อยละ 2 3 และ 4) และจำนวนครั้งในการลวกเห็ดเสม็ดที่เหมาะสมก่อนบรรจุในภาชนะ (1 และ 2 ครั้ง) คือ การลวกในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 2 จำนวน 2 ครั้ง โดยเกลือจะช่วยลดความขมของเห็ดเสม็ดและการลวก 2 ครั้งช่วยกำจัดรสขมและเมือกของเห็ดเสม็ดได้ โดยเมื่อระดับความเข้มข้นของน้ำเกลือสูงขึ้นผู้บริโภคให้การยอมรับลดลง สำหรับน้ำดองเห็ดพบว่าน้ำดองที่มีส่วนผสมของเกลือร้อยละ 1 และกรดอะซิติกร้อยละ 0.4 เป็นสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงสุด สำหรับการผลิตทำได้โดยบรรจุเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกแล้วลงในขวดแก้ว เติมน้ำเกลือ นำไปนึ่งเพื่อไล่อากาศ ปิดฝา ต้มฆ่าเชื้อในน้ำเดือดนาน 20 นาที และทำให้เย็น

ปัทมา และ จิราพร (2560) ศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์จากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน 2 ชนิด คือ เนื้อส่วนท้องปลาแซลมอนย่างซอสเทอริยากิและเนื้อส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในน้ำแดงบรรจุกระป๋อง โดยมีน้ำหนักบรรจุ 175 กรัม ผลจากการศึกษาพบว่าเนื้อส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋องฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส นาน 48 นาที และฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที มีค่า F_0 เท่ากับ 8.325 และ 9.553 นาที ตามลำดับ เนื้อส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในน้ำแดงบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส นาน 92 นาที และฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 52 นาที มีค่า F_0 เท่ากับ 14.484 และ 15.284 นาที ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิ มีความปลอดภัยในการบริโภคและได้รับการยอมรับคุณภาพด้านการบริโภคไม่ต่างกัน และผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับและมีความปลอดภัยในการบริโภคตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 4 เดือน

วิจิตรา และ วชิรญา (2558) ศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำเกลือที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตเห็ดตับเต่าในน้ำเกลือบรรจุขวดแก้ว โดยใช้น้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 1 1.5 และ 2 ผสมกรดซิตริกร้อยละ 0.1 ผลจากการศึกษาพบว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำเกลือเพิ่มขึ้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของเห็ดตับเต่ามีแนวโน้มลดลง การใช้น้ำเกลือ

เข้มข้นร้อยละ 1 มีผลให้เห็ดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระคงอยู่มากที่สุดเมื่อเทียบกับเห็ดตับเต่าสด การฆ่าเชื้อเห็ดตับเต่าในน้ำเกลือบรรจุขวดแก้วด้วยการนึ่งเป็นเวลา 30 นาที ช่วยให้สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องได้นาน 6 เดือน โดยไม่พบจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์

Sudjaroen and Thongkao (2017) ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ สมบัติการต้านออกซิเดชัน สมบัติการต้านมะเร็งและจุลินทรีย์ของเห็ดเสม็ด (*Boletus griseipurpureus* Corner) พบว่า เห็ดเสม็ดมีโปรตีน แร่ธาตุ เช่น ทองแดง สังกะสี และซีลิเนียมสูง มีไขมันต่ำ สารสกัดจากเห็ดเสม็ดพบสารประกอบฟีนอลิก มีสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันและจุลินทรีย์ แต่ไม่พบสมบัติการต้านมะเร็ง

Chandrasekar *et al*. (2004) ศึกษาการแทรกผ่านความร้อนและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เห็ดแชมปิญองในน้ำเกลือบรรจุถุงรีทอร์ตเพาช์ โดยบรรจุเห็ดที่ผ่านการลวกในสารละลายน้ำเกลือ (เกลือเข้มข้นร้อยละ 2 และกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.1) นาน 5 นาที จำนวน 10 กรัมในถุงเพาช์ขนาด 20x16 เซนติเมตร เติมน้ำเกลือ (เกลือเข้มข้นร้อยละ 2 และกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.1) 90 กรัมขณะร้อน นำไปศึกษาการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส กำหนดค่า F_0 เท่ากับ 9.6 นาที ผลจากการศึกษาพบว่าระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ (process time) เห็ดแชมปิญองในน้ำเกลือบรรจุถุงรีทอร์ตเพาช์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส คือ 15 นาที โดยมีค่า F_0 เท่ากับ 9.6 นาที เมื่อนำเห็ดไปทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับเห็ดในทุกปัจจัยคุณภาพตลอดอายุการเก็บรักษา (0-12 เดือน) และผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการรั่วซึมหรือเน่าเสียตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ปี

3. วัตถุประสงค์

3.1 เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเห็ดเสม็ด

3.2 เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

3.3 เพื่อศึกษาคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบข้อมูลทางด้านโภชนาการของเห็ดเสม็ดและเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง ตลอดจนได้องค์ความรู้และข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยไปเผยแพร่ให้กับผู้ประกอบการหรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่สนใจนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องเพื่อจำหน่ายในทางการค้าได้

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

เห็ดเสม็ด (*Boletus griseipurpureus* Corner) อาหารกระป๋อง (Canned food)

บทที่ 2
วิธีการดำเนินการวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบ

1.1.1 เห็ดเสม็ด ที่เก็บได้ในช่วงฤดูกาล ในพื้นที่อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

1.2 สารเคมี

1.2.1 กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid, H_2SO_4)	Merck	Germany
1.2.2 กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid, HCl)	Merck	Germany
1.2.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH)	Merck	Germany
1.2.4 กรดบอริก (boric acid, H_3BO_3)	Merck	Germany
1.2.5 คอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulfate, $CuSO_4$)	Merck	Germany
1.2.6 โพแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulfate, K_2SO_4)	Merck	Germany
1.2.7 ปิโตรเลียมอีเธอร์ (petroleumether)	Merck	Germany
1.2.8 เอธานอล (ethanol)	Merck	Germany
1.2.9 กรดแกลลิก (gallic acid)	Merck	Germany
1.2.10 Folin-Ciocalten reagent	Merck	Germany
1.2.11 โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)	Merck	Germany
1.2.12 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl(DPPH)	Sigma-Aldrich	Germany
1.2.13 วิตามินซี (ascorbic acid)	Sigma-Aldrich	Germany
1.2.14 2,4,6-Tris (2-pyridyl)-1,3,5-triazine (TPTZ)	Merck	Germany
1.2.15 Iron (III) chloride hexahydrat ($FeCl_3.6H_2O$)	Merck	Germany
1.2.16 กรดแทนนิก (tannic acid)	Merck	Germany
1.2.17 ซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate, $AgNO_3$)	Merck	Germany
1.2.18 โพแทสเซียมโครเมต (potassium chromate, K_2CrO_4)	Merck	Germany
1.2.19 โพแทสเซียมคลอไรด์ (potassium chloride, KCl)	Merck	Germany
1.2.20 แอมโมเนียมไทโอไซยาเนต (ammonium thiocyanate, NH_4SCN)	Merck	Germany
1.2.21 กรดไนตริก (nitric acid, HNO_3)	Merck	Germany
1.2.22 แอมโมเนียมเฟอร์ริกซัลเฟต (ammonium ferric sulfate, $FeNH_4(SO_4)_2.12H_2O$)	Merck	Germany

1.2.23 เกลือ (sodium chloride) ตราทิพย์

1.2.24 กรดซิตริก (citric acid anhydrous, food grade) บริษัท เคมีภัณฑ์

1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.3.1 อุปกรณ์สำหรับการเตรียมตัวอย่างและผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

1.3.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ องค์ประกอบโดยประมาณ กรดอะมิโน แร่ธาตุ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เกลือ แทนนิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

1.3.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ สี และลักษณะเนื้อสัมผัส

1.3.4 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

1.3.5 อุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพอาหารกระป๋อง

1.3.6 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, Germany)

1.3.7 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, Germany)

1.3.8 ตู้อบไฟฟ้า (Memmert, ULE 500, Germany)

1.3.9 เครื่องบดอาหาร

1.3.10 เตาเผา

1.3.11 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Gerhardt, Germany)

1.3.12 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน (Gerhardt, Germany)

1.3.13 เครื่องเขย่า (shaker) (Gerhardt, Laboshake, Germany)

1.3.14 ปั๊มสุญญากาศ

1.3.15 เครื่อง UV-VIS สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Shimadzu, UV-1601, Japan)

1.3.16 เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Miniscan EZ, U.S.A)

1.3.17 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) (Sartorius, Docu-pH^{+}, Germany)

1.3.18 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Stable micro systems, TA.XT.plus, U.K.)

1.3.19 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (autoclave)

1.3.20 เครื่องปิดฝากระป๋อง (can seamer)

1.3.21 หม้อฆ่าเชื้อภายใต้แรงดัน (retort)

1.3.22 เครื่องหา F_0 ยี่ห้อ Ellab รุ่น TM 14794 ประเทศเดนมาร์ก

1.3.23 กระป๋องโลหะขนาด 307x113 เคลือบแลคเกอร์ ชนิดฝาเปิดง่าย (easy open) จาก บริษัท ตรังแคนเนอรี จำกัด

2. วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

เห็ดเสม็ดที่เก็บได้ในช่วงฤดูกาล ในพื้นที่อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง นำมาคัดแยกขนาดโดยคัดเลือกดอกที่มีขนาดใกล้เคียงกัน จากนั้นนำมาตัดแต่งแยกเอาเศษดิน สิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ และส่วนที่กินไม่ได้ออก บรรจุถุงพลาสติก เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำไปใช้ในการทดลอง

2.2 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเห็ดเสม็ด

ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเห็ดเสม็ด โดยนำตัวอย่างเห็ดเสม็ดที่เตรียมได้ตามวิธีการในข้อ 2.1 มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบโดยประมาณ องค์ประกอบของกรดอะมิโน ปริมาณแร่ธาตุ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนี้

2.2.1 องค์ประกอบโดยประมาณ ได้แก่

- ปริมาณความชื้น (AOAC., 2000)
- เถ้า (AOAC., 2000)
- โปรตีน (AOAC., 2000)
- ไขมัน (AOAC., 2000)
- เยื่อใย (AOAC., 2000)
- คาร์โบไฮเดรต โดยวิธีคำนวณ

2.2.2 องค์ประกอบของกรดอะมิโน (Sarwar *et al*., 1988)

2.2.3 ปริมาณแร่ธาตุ (AOAC., 2005)

2.2.4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เตรียมสารสกัดจากเห็ดตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Sulaiman *et al*. (2011) โดยชั่งตัวอย่างเห็ดบดละเอียด 10 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปิดฝาขวดด้วยจุกยางและนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า (shaker) ที่ความเร็ว 200 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นกรองสารสกัดที่ได้ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บสารสกัดในขวดสีชาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นำไปตรวจหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไป

- วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic contents) ในตัวอย่างสารสกัด ตามวิธีของ Zhang *et al*. (2013) โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน

- วิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างสารสกัด โดยวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-Diphenyl-1-picryl-hydrazyl) ตามวิธีของ Zhang *et al*. (2013) โดยใช้วิตามินซีเป็นสารมาตรฐาน และวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric Reducing Antioxidant Power, Frap) ตามวิธีของ Benzie and Strain (1996) โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน

2.3 การศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมเห็ดเสม็ดเพื่อผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

2.3.1 การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมในการลวกเห็ดเสม็ดเพื่อผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

1) การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่เหมาะสมต่อการลวกเห็ดเสม็ด

นำเห็ดเสม็ดที่เตรียมได้ตามวิธีการในข้อ 2.1 มาลวกในสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 4 และ 6 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยใช้อัตราส่วนของเห็ดเสม็ดต่อสารละลายที่ใช้ลวก 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำการลวกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานำเห็ดเสม็ดขึ้น ทำให้เย็นในน้ำเย็นทันที ล้างน้ำ 1-2 ครั้ง จนไม่มีสิ่งสกปรก วางพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัส คัดเลือกระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการลวกเห็ดเสม็ด โดยพิจารณาจากคุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดภายหลังการลวก

2) การศึกษาความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายเกลือที่เหมาะสมต่อการลวกเห็ดเสม็ด

นำเห็ดเสม็ดที่เตรียมได้ตามวิธีการในข้อ 2.1 มาลวกในสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในข้อ 1) โดยมีส่วนผสมของกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0 0.2 0.3 และ 0.4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ใช้อัตราส่วนของเห็ดเสม็ดต่อสารละลายที่ใช้ลวก 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำการลวกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานำเห็ดเสม็ดขึ้น ทำให้เย็นในน้ำเย็นทันที ล้างน้ำ 1-2 ครั้ง จนไม่มีสิ่งสกปรก วางพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ และนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัส คัดเลือกระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายเกลือที่ใช้ในการลวกที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากคุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดภายหลังการลวก

2.3.2 การศึกษาระยะเวลาและจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการลวกเห็ดเสม็ดเพื่อผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

ศึกษาระยะเวลาและจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการลวกเห็ดเสม็ด โดยนำเห็ดเสม็ดที่เตรียมได้ตามวิธีการในข้อ 2.1 มาทำการลวกในสารละลายผสมระหว่างเกลือและกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1 โดยใช้อัตราส่วนของเห็ดเสม็ดต่อสารละลายที่ใช้ลวก 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำการลวกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 และ 10 นาที จำนวน 1 และ 2 ครั้ง เมื่อครบกำหนดเวลานำเห็ดเสม็ดขึ้น ทำให้เย็นในน้ำเย็นทันที ล้างน้ำ 1-2 ครั้ง จนไม่มีสิ่งสกปรก วางพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ นำไปตรวจสอบคุณภาพภายหลังการลวกทางด้านเคมี จากนั้นเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกในสารละลายเกลือที่ระยะเวลาและจำนวนครั้งต่าง ๆ นำมาบรรจุขวดแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร ที่ผ่านการล้างทำความสะอาดและลวกด้วยน้ำร้อนในปริมาณ 90 กรัม เติมน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ขณะร้อน 60 กรัม (น้ำหนักสุทธิ 150 กรัม) ปิดฝาขวดและทำการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (autoclave) ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที (Jaworska *et al*., 2011) เมื่อครบ

กำหนดเวลา ทำให้เย็น นำเห็ดเสม็ดมาตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมีและประสาทสัมผัส คัดเลือกระยะเวลาและจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการลวกเห็ดเสม็ด โดยพิจารณาจากคุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดภายหลังการลวกและหลังการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

2.3.3 การตรวจสอบคุณภาพ

1) คุณภาพทางเคมี

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC., 2000)
- ปริมาณเกลือ (Nacl) (AOAC., 2000)
- ปริมาณแทนนิน

เตรียมสารสกัดจากเห็ดตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Wen *et al*. (2010) โดยชั่งตัวอย่างเห็ดบดละเอียด 10 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปิดฝาขวดด้วยจุกยางและนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า (shaker) ที่ความเร็ว 200 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นกรองสารสกัดที่ได้ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บสารสกัดในขวดสีชาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นำไปตรวจหาปริมาณแทนนินตามวิธีของ Tamilselvi *et al*. (2012)

2) คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกหรือฆ่าเชื้อด้วยความร้อน โดยประเมินปัจจัยคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale กับผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 30 คน

2.4 การศึกษาความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้ในการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

ศึกษาความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้ในการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง โดยนำเห็ดเสม็ดที่เตรียมได้ตามวิธีการในข้อ 2.1 มาทำการลวกตามวิธีการที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3 จากนั้นนำเห็ดมาบรรจุขวดแก้วในปริมาณ 90 กรัม เติมน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกร้อยละ 0.1 และ 0.2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ขณะร้อน 60 กรัม ให้มีน้ำหนักสุทธิ 150 กรัม ปิดฝาขวดและทำการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอ (autoclave) ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที (Jaworska *et al*., 2011) ทำให้เย็น และนำเห็ดเสม็ดไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

2.4.1 คุณภาพทางเคมี

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC., 2000)
- ปริมาณเกลือ (Nacl) (AOAC., 2000)
- ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เตรียมสารสกัดจากเห็ดตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Sulaiman *et al*. (2011) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ตามวิธีการของ Zhang *et al*. (2013) และ Benzie and Strain (1996) เช่นเดียวกับวิธีการในข้อ 2.1

2.4.2 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน โดยประเมินปัจจัยคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scale กับผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 30 คน

คัดเลือกความเข้มข้นของน้ำเกลือที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง โดยพิจารณาจากคุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือภายหลังการฆ่าเชื้อ

2.5 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

2.5.1 การศึกษาการกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์

ศึกษาการกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ โดยการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน (heat penetration) ของผลิตภัณฑ์ โดยนำเห็ดเสม็ดที่เตรียมได้ตามกรรมวิธีที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3 มาบรรจุในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ขนาด 307 x 113 ที่ติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบ (thermocouple) บริเวณด้านข้างของกระป๋อง ตรงตำแหน่งกึ่งกลางของความสูงจากก้นของกระป๋อง โดยให้ปลายเข็มอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของกระป๋อง จำนวน 110 กรัม (ปลายเข็มวัดอุณหภูมิเสียบที่ชิ้นเห็ด) จากนั้นเติมน้ำเกลือความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ได้จาการศึกษาในข้อ 2.4 ขณะร้อน 90 กรัม ปิดผนึกฝาด้วยเครื่องปิดฝากระป๋องและตรวจสอบความเรียบร้อยของตะเข็บกระป๋อง ติดตั้งระบบวัดการแทรกผ่านความร้อน โดยต่อสายวัดอุณหภูมิจากเข็มวัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์เข้าเครื่องฆ่าเชื้อ ทำการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนในผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 115 และ 121 องศาเซลเซียส กำหนดค่า Lethality (F_0) เท่ากับ 10 นาที (Chandrasekar *et al*., 2004) บันทึกอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อและอุณหภูมิอาหารที่จุดร้อนช้าที่สุดภายในภาชนะบรรจุทุก 1 นาที จนสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อนและทำให้เย็น ทำการศึกษาโดยใช้สิ่งทดลองครั้งละ 10 กระป๋อง คำนวณหาค่า F_0 ด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิยี่ห้อ Ellab รุ่น TM 14794 ร่วมกับวิธีทั่วไป (general method) เพื่อกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน (process time) ในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ของแต่ละอุณหภูมิ

2.5.2 การศึกษาคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง โดยนำเห็ดเสม็ดที่เตรียมได้ตามกรรมวิธีที่เหมาะสมจากการศึกษาในข้อ 2.3 มาบรรจุในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ขนาด 307 x 113 จำนวน 110 กรัม เติมน้ำเกลือความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ได้จาการศึกษาในข้อ 2.4 ขณะร้อน 90 กรัม จากนั้นไล่อากาศออกจากกระป๋อง (exhausting) โดยการผ่านอุโมงค์ไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที และฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 116 และ 121 องศา

เซลเซียส ตามเวลาในการฆ่าเชื้อที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.5.1 แล้วนำตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) คุณภาพทางกายภาพ

สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชนิดละ 3 กระป๋อง นำมาตรวจคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่

- สภาพกระป๋อง (can condition)
- ลักษณะภายนอกกระป๋อง (can outside)
- ค่าสุญญากาศ (vacuum)
- น้ำหนักสุทธิ (net weight)
- น้ำหนักเนื้อ (drain weight)
- ลักษณะภายในกระป๋อง (can inside)
- ค่าสี (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องวัดสี
- ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส เลือกการทดสอบแบบเจาะทะลุ (penetration) (Gao *et al*., 2014)

2) คุณภาพทางจุลชีววิทยา

สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์อุณหภูมิละ 8 กระป๋อง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด, flat sour bacteria ชนิด thermophile และ mesophile, thermophilic anaerobes, mesophilic anaerobes, *Staphyloccus aureus*, *Salmonella* spp, Coliform bacteria และ *Clostridium botulinum* ตามวิธีการของ BAM (2001) โดยส่งตรวจที่บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

3) คุณภาพทางเคมี

สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชนิดละ 3 กระป๋อง นำมาตรวจคุณภาพทางเคมี ได้แก่

- องค์ประกอบโดยประมาณ ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และใยอาหาร (AOAC., 2000) และคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีคำนวณ
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC., 2000)
- ปริมาณเกลือ (Nacl) (AOAC., 2000)
- ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เตรียมสารสกัดจากเห็ดตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Sulaiman *et al*. (2011) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ตามวิธีการของ Zhang *et al*. (2013) และ Benzie and Strain (1996) เช่นเดียวกับวิธีการในข้อ 2.2

4) คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับเห็ดที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยนำมาแกงกะทิ ประเมินปัจจัยคุณภาพด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ

เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale กับผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝน (Untrained panel) จำนวน 30 คน

พิจารณาสภาวะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ร่วมกับอุณหภูมิและระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อการบริโภค

2.6 การศึกษาต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

คำนวณต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง ประกอบด้วยราคาเห็ดเสม็ด ราคาส่วนผสมในการผลิต และราคาภาชนะบรรจุ

2.7 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูล โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete randomized design, CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Rang Test (DMRT) สำหรับการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT)

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่างกัน 2 อุณหภูมิ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-Test

บทที่ 3
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเห็ดเสม็ด

ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเห็ดเสม็ด โดยนำเห็ดเสม็ดมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบโดยประมาณ องค์ประกอบของกรดอะมิโน ปริมาณแร่ธาตุ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้ผลแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเห็ดเสม็ด

องค์ประกอบ	**ปริมาณ**	
1. องค์ประกอบโดยประมาณ	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง
- ความชื้น	91.20±0.06	-
- เถ้า	0.90±0.04	10.26±0.48
- โปรตีน	2.52±0.01	28.61±0.15
- ไขมัน	0.21±0.01	2.33±0.05
- เยื่อใย	2.37±0.06	26.89±0.66
- คาร์โบไฮเดรต	5.17±0.05	58.80±0.50
2. กรดอะมิโน	กรัม/100 กรัมน้ำหนักสด	กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
- อะลานีน (Alanine)	0.56±0.02	6.41±0.23
- อาร์จินีน (Arginine)	1.26±0.04	14.34±0.45
- กรดแอสพาร์ติก (Aspartic acid)	0.39±0.004	4.43±0.05
- กรดกลูตามิก (Glutamic acid)	0.43±0.02	4.84±0.20
- ไกลซีน (Glycine)	0.47±0.02	5.33±0.24
- ฮิสทิดีน (Histidine)	0.19±0.0005	2.11±0.01
- กลูตามีน (Glutamine)	2.30±0.08	26.15±0.96
- ไอโซลูซีน (Isoleucine)	0.20±0.004	2.30±0.05
- ลูซีน (Leucine)	0.45±0.01	5.16±0.11
- ไลซีน (Lysine)	1.31±0.05	14.92±0.53
- เมทไทโอนีน (Methionine)	5.38±0.09	61.14±1.01
- ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine)	0.17±0.01	1.91±0.07
- โพรลีน (Proline)	0.30±0.01	3.45±0.15
- เซอรีน (Serine)	0.37±0.004	4.17±0.05
- ทรีโอนีน (Threonine)	1.16±0.02	13.20±0.21
- ทริปโตเฟน (Tryptophan)	0.05±0.01	0.57±0.06

ตารางที่ 3 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ปริมาณ	
ไทโรซีน (Tyrosine)	0.15±0.001	1.71±0.01
- วาลีน (Valine)	0.26±0.01	2.96±0.01
3. แร่ธาตุ	มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด	มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง
- แคลเซียม (Calcium)	0.1169±0.001	1.328±0.01
- ทองแดง (Copper)	0.0018±0.001	0.020±0.001
- เหล็ก (Iron)	0.0047±0.001	0.054±0.02
- แมกนีเซียม (Magnesium)	0.0737±0.001	0.838±0.005
- แมงกานีส (Manganese)	0.0007±0.001	0.008±0.001
- โพแทสเซียม (Potassium)	2.5835±0.076	29.358±0.86
- โซเดียม (Sodium)	0.3912±0.002	4.446±0.02
- สังกะสี (Zinc)	0.0156±0.001	0.178±0.006
4. สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง
- ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มก.สมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมตัวอย่าง)	68.60±0.15	840.65±1.82
- ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (มก.สมมูลวิตามินซี/100 กรัมตัวอย่าง)	22.13±0.06	271.26±1.15
- ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Frap) (มก.สมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมตัวอย่าง)	14.60±0.05	178.87±0.61

หมายเหตุ: 1 ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ
2 3 ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 2 ซ้ำ
4 ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 2 ซ้ำ แต่ละซ้ำนำมาวิเคราะห์ค่า 3 ซ้ำ

จากผลการศึกษาในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าเห็ดเสม็ดที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณความชื้นร้อยละ 91.20 เถ้าร้อยละ 0.90 โปรตีนร้อยละ 2.52 ไขมันร้อยละ 0.21 เยื่อใยร้อยละ 2.37 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 5.17 โดยน้ำหนัก มีกรดอะมิโนจำเป็นไอโซลูซีน ลูซีน ไลซีน เมทไทโอนีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน ไทโรซีนและวาลีน ในช่วง 0.15-5.38 กรัม/100 กรัมน้ำหนักสด มีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม และสังกะสี 0.1169 0.0737 2.5835 0.3912 และ 0.0156 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Srikram and Supapvanich (2016) ที่พบว่าเห็ดป่าและเห็ดทางการค้ากินได้จำนวน 15 ชนิดที่พบทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยมีปริมาณความชื้นในช่วงร้อยละ 84.15-90.21 เถ้าร้อยละ 0.27-1.53 โปรตีนร้อยละ

1.20-6.65 ไขมันร้อยละ 0.14-2.91 และเยื่อใยร้อยละ 0.24-5.62 โดยน้ำหนัก ซึ่งจากผลการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่าเห็ดเสม็ดมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยสูง แต่มีปริมาณไขมันต่ำ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sudjaroen and Thongkao (2017) ที่พบว่าเห็ดเสม็ดมีปริมาณโปรตีนสูง มีปริมาณไขมันต่ำ และมีปริมาณของธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และสังกะสีในปริมาณสูง เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Wang *et al*. (2014) และ Liu *et al*. (2016) ที่พบว่าเห็ดโบลีท (boletus mushroom) ที่พบในประเทศจีนมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยสูง ทั้งยังมีปริมาณไขมันต่ำ และส่วนใหญ่มีกรดอะมิโนจำเป็นครบ มีธาตุโพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียมและโซเดียมในปริมาณสูง เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบว่าเห็ดเสม็ดที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 68.60 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักสด มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก 22.13 มิลลิกรัมสมมูลวิตามินซี/100 กรัมน้ำหนักสด และ 14.60 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งเมื่อเทียบกับเห็ดป่ากินได้ที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย เช่น เห็ดเผาะ (*Astraeus odoratus*) เห็ดผึ้ง (*Heimiella retispora*) พบว่าเห็ดเสม็ดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่า (Srikram and Supapvanich, 2016) อย่างไรก็ตามเห็ดเสม็ดที่นำมาใช้ในการศึกษาอาจมีปริมาณองค์ประกอบโดยประมาณ แร่ธาตุ กรดอะมิโนหรือสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างจากเห็ดเสม็ดที่ศึกษาจากการศึกษาอื่น ๆ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการมีแหล่งที่พบ วิธีการเตรียมขั้นต้นรวมถึงวิธีวิเคราะห์ที่ต่างกัน

2. การศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมเห็ดเสม็ดเพื่อผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

2.1 การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมในการลวกเห็ดเสม็ดเพื่อผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

2.1.1 การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่เหมาะสมต่อการลวกเห็ดเสม็ด

การลวกเป็นขั้นตอนสำคัญในการเตรียมเห็ดเสม็ดให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการบริโภค การลวกเห็ดเสม็ดด้วยสารละลายเกลือ (Nacl) สามารถช่วยลดความขมและเมือกของเห็ดเสม็ด ทำให้เห็ดเสม็ดมีคุณภาพที่เหมาะสมต่อการบริโภค (ชมพูนุช, 2552) การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่เหมาะสมในการลวกเห็ดเสม็ด โดยนำเห็ดเสม็ดมาลวกในสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 4 และ 6 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ใช้อัตราส่วนระหว่างเห็ดเสม็ดต่อสารละลายที่ใช้ลวก 5:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ตรวจวัดคุณภาพเห็ดเสม็ดภายหลังการลวก ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4 และ 5

จากตารางที่ 4 ผลจากการศึกษาพบว่าการลวกเห็ดเสม็ดในสารละลายเกลือมีผลให้เห็ดเสม็ดภายหลังการลวกมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับเห็ดเสม็ดสดและเห็ดเสม็ดที่ลวกในน้ำเดือด ($p \leq 0.05$) โดยเห็ดเสม็ดลวกมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณเกลือเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่ใช้ลวกที่เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการลวกที่มีผลให้ผนังเซลล์พืชถูกทำลาย เยื่อหุ้มเซลล์ของพืชอ่อนตัวลงและเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่มีผลให้เกิดการถ่ายโอนมวลสารได้มากขึ้น ทำให้น้ำและตัวถูกละลาย

ไหลออกจากเซลล์ได้มากขึ้น และตัวทำละลายในสารละลายที่ใช้ลวกแพร่เข้าไปในเซลล์พืชได้ นอกจากนี้การลวกเห็ดเสม็ดในสารละลายเกลือทำให้เกิดความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลของเกลือจากสารละลายเกลือที่ใช้ลวกเข้าไปเนื้อเยื่อเห็ด และเกิดการแพร่ของน้ำบางส่วนออกจากเซลล์ เห็ดจึงมีค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น (สิริมา และคณะ, 2557; วิชมณี และคณะ, 2558; นรินทร์ และ น้ำทิพย์, 2561) แตกต่างจากปริมาณแทนนินของเห็ดเสม็ดที่พบว่าการลวกเห็ดเสม็ดในสารละลายเกลือมีผลให้เห็ดเสม็ดมีปริมาณแทนนินลดลง เมื่อเทียบกับเห็ดเสม็ดสดและเห็ดเสม็ดที่ลวกในน้ำเดือด ($p \leq 0.05$) โดยเห็ดเสม็ดจะมีปริมาณแทนนินลดลงตามระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่ใช้ในการลวกที่เพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณแทนนินใช้บ่งบอกถึงความขมของเห็ดเสม็ด การที่เห็ดเสม็ดมีปริมาณแทนนินลดลงเมื่อลวกในสารละลายเกลือหรือเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่ใช้ลวกเพิ่มขึ้นนั้น เป็นผลเนื่องมาจากการลวกที่มีผลให้เยื่อหุ้มเซลล์อ่อนตัวลง ทำให้สารให้รสขมในเห็ดสามารถแพร่ออกมาในสารละลายเกลือพร้อมกับน้ำ และความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่ใช้ลวกที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสารละลายระหว่างภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ของเห็ดเสม็ด ทำให้สารที่ให้รสขมละลายออกมายังสารละลายเกลือที่ใช้ลวกได้มากขึ้น ความขมของเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นจึงมีแนวโน้มลดลง (สิริมา และคณะ, 2557; วิชมณี และคณะ, 2558; นรินทร์ และ น้ำทิพย์, 2561) ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของอุมาภรณ์ และคณะ (2546) ที่พบว่าการแช่เนื้อส้มโอในน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ก่อนนำไปคั้นน้ำ สามารถช่วยลดความขมของน้ำส้มโอได้มากกว่าการแช่เนื้อส้มโอในสารละลายน้ำเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 2 ตามลำดับ และการศึกษาของสิริมา และคณะ (2557) ที่พบว่าการแช่เปลือกและกากส้มจี๊ดที่เหลือจากการคั้นน้ำในสารละลายเกลือความเข้มข้นร้อยละ 3 เป็นเวลานาน 5 นาที ที่อุณหภูมิสูง 90 และ 100 องศาเซลเซียส สามารถช่วยลดปริมาณลิโมนินซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดรสขมได้ดีกว่าการแช่ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงส่งผลให้ผนังเซลล์ของส้มจี๊ดอ่อนตัวลง สารลิโมนินแพร่จึงออกมายังสารละลายเกลือได้ง่ายขึ้น

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดและเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 5 พบว่าเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลือมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากเห็ดเสม็ดที่ลวกในน้ำเดือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีจะมีคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบรวมสูงกว่า ($p \leq 0.05$) โดยเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลือจะมีรสขมน้อยกว่าเห็ดเสม็ดที่ลวกในน้ำเดือด ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากการลวกเห็ดเสม็ดในสารละลายเกลือช่วยให้สารให้รสขมในเห็ดสามารถละลายออกมาในสารละลายที่ใช้ลวกได้มากขึ้น ทำให้เห็ดเสม็ดมีความขมลดลง และ Na^+ ในเกลือทำให้สภาพโครงสร้างของ G-protein coupled receptors (GPCR) เปลี่ยนไป ส่งผลให้เซลล์ประสาทรับรสยับยั้งความขมได้ (ช่อลัดดา และคณะ, 2553) เห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลือจึงมีรสขมน้อยกว่าเห็ดเสม็ดที่ลวกในน้ำเดือด ส่งผลให้มีคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบรวมสูงกว่า ขณะเดียวกันพบว่าความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่ใช้ในการลวกไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านสีของเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมของเห็ดเสม็ด ($p\leq0.05$) โดยเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 4 มีคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบรวมสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่ใช้ในการลวกเพิ่มขึ้น มีผลให้สารให้รสขมในเห็ดเสม็ดสามารถละลายออกมาในสารละลายที่ใช้ลวกได้มากขึ้น และส่งผลให้เซลล์ประสาทรับรสยับยั้งความขมได้มากขึ้น ตามระดับความเข้มข้นของเกลือที่เพิ่มขึ้น (ช่อลัดดา และคณะ, 2553) ดังนั้นเห็ดที่ลวกในสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นสูงเมื่อนำมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจึงมีรสขมน้อยลง อย่างไรก็ตามแม้ว่าการลวกเห็ดเสม็ดในสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นจะช่วยลดความขมของเห็ดได้มากกว่า แต่เสม็ดที่ได้จะมีรสชาติเค็ม ดังนั้นเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลือความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งมีรสชาติเค็มและขมในระดับปานกลาง จึงมีคะแนนความชอบทางด้านรสชาติและความชอบรวมสูงกว่าเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นอื่น ๆ

การคัดเลือกความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่เหมาะสมที่ใช้ในการลวกเห็ดเสม็ด พิจารณาจากคุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยจะต้องลดความขมของเห็ดเสม็ดได้และผู้ทดสอบให้การยอมรับ ดังนั้นระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่เหมาะสมที่ใช้ในการลวกเห็ดเสม็ด คือ ความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งให้เห็ดภายหลังการลวกที่มีรสชาติขมและเค็มในระดับปานกลาง และมีคะแนนความชอบทางด้านรสชาติและความชอบรวมสูงกว่าเห็ดเสม็ดที่ลวกในน้ำเดือดและสารละลายเกลือที่ระดับอื่น ๆ

ตารางที่ 4 คุณภาพทางเคมีของเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกในสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

คุณภาพ	เห็ดเสม็ดสด	ระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่ใช้ในการลวก (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร)			
		0	2	4	6
1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5.98±0.02^{d}	6.53±0.03^{c}	6.78±0.01^{b}	6.79±0.01^{b}	6.82±0.01^{a}
2. ปริมาณเกลือ (Nacl)	0.43±0.03^{d}	0.40±0.02^{d}	0.80±0.06^{c}	1.12±0.04^{b}	1.40±0.09^{a}
3. ปริมาณแทนนิน (มิลลิกรัมสมมูลกรดแทนนิก/100 กรัมตัวอย่าง)					
- น้ำหนักสด	72.32±0.22^{a}	63.19±0.30^{b}	59.69±0.53^{c}	52.18±0.39^{e}	56.44±0.59^{d}
- น้ำหนักแห้ง	947.31±1.33^{a}	658.25±3.10^{b}	651.24±1.73^{c}	618.62±2.08^{d}	604.26±3.25^{e}

หมายเหตุ: 1, 2 ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

3 ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ แต่ละซ้ำนำมาวิเคราะห์ค่า 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดลวกในสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ปัจจัยคุณภาพ	ระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่ใช้ในการลวก (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร)			
	0	2	4	6
ลักษณะปรากฏ	7.97±0.84^{ab}	8.27±0.65^{a}	7.96±0.73^{ab}	7.72±0.88^{b}
สี	7.69±0.60^{ns}	7.90±0.62^{ns}	7.79±0.67^{ns}	7.63±0.61^{ns}
กลิ่น	7.86±0.35^{a}	7.93±0.53^{a}	7.80±0.91^{a}	7.41±0.98^{b}
รสชาติ	6.17±0.65^{d}	6.89±0.97^{c}	8.03±0.91^{a}	7.45±0.74^{b}
เนื้อสัมผัส	7.80±0.65^{a}	7.83±0.76^{a}	7.72±0.80^{ab}	7.41±0.94^{b}
ความชอบรวม	6.72±0.45^{d}	7.86±0.69^{b}	8.38±0.90^{a}	7.27±0.65^{c}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2.1.2 การศึกษาความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายเกลือที่เหมาะสมต่อการลวก

ศึกษาความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายเกลือที่เหมาะสมต่อการลวก โดยลวกเห็ดเสม็ดในสารละลายผสมระหว่างเกลือที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 4 และกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.2 0.3 และ 0.4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อัตราส่วนของเห็ดเสม็ดต่อสารละลายที่ใช้ลวก 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ตรวจวัดคุณภาพเห็ดเสม็ดภายหลังการลวก ได้ผลแสดงดังตารางที่ 6 และ 7

จากผลการศึกษาในตารางที่ 6 พบว่าการลวกเห็ดเสม็ดในสารละลายเกลือที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกมีผลให้เห็ดเสม็ดภายหลังการลวกมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณแทนนินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลือเพียงอย่างเดียว โดยเห็ดเสม็ดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณแทนนินลดลงตามระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เกิดจากการถ่ายโอนมวลสารของกรดจากสารละลายที่ใช้ลวกเข้าไปในเห็ดในระหว่างการลวก เห็ดจึงมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นและมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงตามระดับความเข้มข้นของกรด ขณะที่ปริมาณแทนนิน ซึ่งบ่งชี้ถึงความขมของเห็ดไม่คงตัวในสภาวะที่เป็นกรด (Jone and Mangan, 1977) เมื่อระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายที่ใช้ลวกเพิ่มขึ้น จึงมีผลให้ปริมาณแทนนินลดลง และเมื่อพิจารณาปริมาณเกลือพบว่าเห็ดเสม็ดภายหลังการลวกทั้งในสารละลายเกลือและสารละลายเกลือที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือเพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างของปริมาณเกลือในวัตถุดิบตั้งแต่เริ่มต้นมากกว่าที่เป็นผลมาจากระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายที่ใช้ลวก เนื่องจากเห็ดเสม็ดเป็นวัตถุดิบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จึงมีความแปรปรวนสูง ขณะที่ความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่ใช้ลวกยังคงเท่ากันในทุกชุดการทดลอง

ตารางที่ 6 คุณภาพทางเคมีของเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกในสารละลายผสมระหว่างเกลือและกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

คุณภาพ	เห็ดเสม็ดสด	ระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายเกลือที่ใช้ในการลวก (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร)			
		0	0.2	0.3	0.4
1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.32±0.05^{c}	6.77±0.02^{a}	6.46±0.02^{b}	6.33±0.02^{c}	6.14±0.02^{d}
2. ปริมาณเกลือ (Nacl)	0.39±0.03^{c}	0.97±0.02^{ab}	0.90±0.06^{b}	0.92±0.03^{b}	1.02±0.02^{a}
3. ปริมาณแทนนิน (มิลลิกรัมสมมูลกรดแทนนิก/100 กรัมตัวอย่าง)					
- น้ำหนักสด	89.63±0.16^{a}	70.72±0.43^{b}	69.17±0.53^{c}	65.53±0.39^{d}	63.91±0.64^{e}
- น้ำหนักแห้ง	1031.42±1.87^{a}	809.01±0.77^{b}	778.26±1.30^{c}	726.11±1.08^{d}	745.84±3.25^{e}

หมายเหตุ: 1, 2 ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

3 ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ แต่ละซ้ำนำมาวิเคราะห์ค่า 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดลวกในสารละลายเกลือที่ผสมกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ปัจจัยคุณภาพ	ระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายเกลือที่ใช้ในการลวก (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร)			
	0	0.2	0.3	0.4
ลักษณะปรากฏ	7.67±0.80^{ns}	7.73±0.69^{ns}	7.90±0.99^{ns}	7.60±0.89^{ns}
สี	7.60±0.81^{ns}	7.70±0.52^{ns}	7.93±0.87^{ns}	7.57±0.70^{ns}
กลิ่น	7.53±0.86^{ns}	7.33±0.99^{ns}	7.30±0.97^{ns}	7.20±1.09^{ns}
รสชาติ	6.97±0.76^{bc}	7.30±0.92^{ab}	7.53±1.04^{a}	6.73±1.09^{c}
เนื้อสัมผัส	7.67±0.66^{ns}	7.76±0.81^{ns}	7.80±0.84^{ns}	7.63±0.72^{ns}
ความชอบรวม	7.27±0.90^{b}	7.63±0.81^{ab}	7.97±0.89^{a}	7.13±0.97^{b}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 7 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกในสารละลายเกลือและสารละลายผสมระหว่างเกลือและกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกในสารละลายเกลือที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีจะมีคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบรวมสูงกว่า ($p\leq0.05$) โดยเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลือที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกจะมีรสขมน้อยกว่าเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลือ ขณะเดียวกันพบว่าความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายเกลือที่ใช้ในการลวกไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัสของเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบรวมของเห็ดเสม็ด ($p\leq0.05$) โดยเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายผสมระหว่างเกลือและกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นจะมีความขมลดลง ขณะเดียวกันเห็ดเสม็ดจะมีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังนั้นเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลือที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นจึงมีคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบรวมลดลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลเนื่องมาจากการถ่ายโอนมวลสารของกรดในสารละลายที่ใช้ลวกเข้าไปในเนื้อเห็ด และการสูญเสียน้ำรวมถึงสารให้รสขมออกมาในสารละลายที่ใช้ลวกในระหว่างการลวก รวมถึงการที่กรดซิตริกสามารถช่วยลดความขมของเห็ดได้ โดยมีรายงานการศึกษาที่พบว่าการใช้กรดซิตริกเป็นส่วนผสมในยาเม็ด สามารถช่วยลดความขมของยาจากการทดสอบกับผู้ทดสอบได้ (Sotoyama *et al*., 2017) โดยเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลือที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งมีรสชาติขมและเปรี้ยวในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลือและสารละลายเกลือที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นสูงและต่ำกว่า ได้รับคะแนนความชอบทางด้านรสชาติและความชอบรวมสูงสุด

การคัดเลือกความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายเกลือที่เหมาะสมที่ใช้ในการลวกเห็ดเสม็ด พิจารณาจากคุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยจะต้องลดความขมของเห็ดเสม็ดได้และมีคุณภาพที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับ ดังนั้นสารละลายที่เหมาะสำหรับใช้ลวกเห็ดเสม็ด คือ สารละลายที่มีส่วนผสมของเกลือร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และกรดซิตริกร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งให้เห็ดภายหลังการลวกที่มีรสชาติขมและเปรี้ยวในระดับปานกลาง และมีคะแนนความชอบทางด้านรสชาติและความชอบรวมสูงกว่าเห็ดเสม็ดที่ลวกในสารละลายเกลือและสารละลายเกลือที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นอื่น ๆ

2.2 การศึกษาระยะเวลาและจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการลวกเห็ดเสม็ด เพื่อผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

ศึกษาระยะเวลาและจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการลวกเห็ดเสม็ด โดยลวกเห็ดเสม็ดในสารละลายเกลือที่มีส่วนผสมของเกลือร้อยละ 4 และกรดซิตริกร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยใช้อัตราส่วนของเห็ดเสม็ดต่อสารละลายที่ใช้ลวกในอัตราส่วน 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 และ 10 นาที จำนวน 1 และ 2 ครั้ง นำเห็ดเสม็ดที่ลวกแล้วไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 8 เห็ดเสม็ดส่วนที่เหลือนำมาบรรจุในขวดแก้ว เติมน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ขณะร้อน ปิดฝาขวดและทำการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอ (autoclave) ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที (Jaworska *et al*., 2011) นำเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ หลังการฆ่าเชื้อ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 9 และ 10

ผลจาการศึกษาในตารางที่ 8 และ 9 พบว่าระยะเวลาในการลวกและจำนวนครั้งในการลวก มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของเห็ดเสม็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคุณภาพของเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกที่ระยะเวลาและจำนวนครั้งต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังการฆ่าเชื้อให้ผลสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน โดยพบว่าระยะเวลาและจำนวนครั้งในการลวกที่เพิ่มขึ้นมีผลให้เห็ดเสม็ดมีค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณแทนนินลดลงตามระยะเวลาและจำนวนครั้งในการลวกที่เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับปริมาณเกลือ (Nacl) ของเห็ดที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาและจำนวนครั้งในการลวกเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการลวกที่ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของเห็ดอ่อนตัวลง เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่มีผลให้เกิดการถ่ายโอนมวลสารได้มากขึ้นและทำให้ตัวถูกละลายจากสารละลายที่ใช้ลวกสามารถแพร่เข้าไปในเซลล์ได้มากขึ้น ขณะเดียวกันสารที่ให้รสขมในเห็ดก็สามารถแพร่ออกมาในสารละลายที่ใช้ลวกได้ (วิชมณี และคณะ, 2558; สิริมาและคณะ, 2557; นรินทร์ และน้ำทิพย์, 2561) ดังนั้นเมื่อระยะเวลาและจำนวนครั้งในการลวกเพิ่มขึ้นจึงมีผลให้เกิดการแพร่ของเกลือและกรดจากสารละลายที่ใช้ลวกเข้ามาในเซลล์เห็ดได้เพิ่มขึ้น และเกิดการแพร่ของสารให้รสขมออกจากเซลล์ได้มาขึ้นด้วย เห็ดเสม็ดจึงมีค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณแทนนินลดลง และมีปริมาณเกลือ (Nacl) เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 8 คุณภาพทางเคมีของเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกในสารละลายผสมระหว่างเกลือและกรดซิตริกที่ระยะเวลาและจำนวนครั้งต่าง ๆ

คุณภาพ	เห็ดเสม็ดสด	ระยะเวลาและจำนวนครั้งที่ใช้ในการลวก			
		ลวก 5 นาที 1 ครั้ง	ลวก 5 นาที 2 ครั้ง	ลวก 10 นาที 1 ครั้ง	ลวก 10 นาที 2 ครั้ง
1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.23±0.06[a]	6.21±0.03[a]	6.15±0.02[b]	6.22±0.01[a]	5.58±0.03[c]
2. ปริมาณเกลือ (Nacl)	0.37±0.04[d]	0.97±0.06[c]	1.14±0.03[b]	1.08±0.07[b]	1.40±0.04[a]
3. ปริมาณแทนนิน (มิลลิกรัมสมมูลกรดแทนนิก/100 กรัมตัวอย่าง)					
- น้ำหนักสด	88.48±0.21[a]	62.12±0.08[b]	56.58±0.03[d]	57.41±0.44[c]	54.43±0.24[e]
- น้ำหนักแห้ง	1084.36±1.61[a]	752.93±0.98[b]	702.86±1.92[d]	708.11±0.43[c]	648.71±0.86[e]

หมายเหตุ: 1, 2 ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ
3 ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ แต่ละซ้ำนำมาวิเคราะห์ค่า 3 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 9 คุณภาพทางเคมีของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่เตรียมจากเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกในสารละลายผสมระหว่างเกลือและกรดซิตริกที่ระยะเวลาและจำนวนครั้งต่าง ๆ

คุณภาพ	เห็ดเสม็ดสด	ระยะเวลาและจำนวนครั้งที่ใช้ในการลวก			
		ลวก 5 นาที 1 ครั้ง	ลวก 5 นาที 2 ครั้ง	ลวก 10 นาที 1 ครั้ง	ลวก 10 นาที 2 ครั้ง
1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.23±0.06[a]	6.04±0.01[b]	5.58±0.03[d]	5.91±0.01[c]	5.44±0.01[e]
2. ปริมาณเกลือ (Nacl)	0.37±0.04[d]	0.85±0.02[c]	0.98±0.03[b]	0.90±0.03[c]	1.16±0.05[a]
3. ปริมาณแทนนิน (มิลลิกรัมสมมูลกรดแทนนิก/100 กรัมตัวอย่าง)					
- น้ำหนักสด	88.48±0.21[a]	55.03±0.19[b]	52.87±0.11[d]	54.07±0.01[c]	52.51±0.07[e]
- น้ำหนักแห้ง	1084.36±1.61[a]	682.21±1.37[b]	658.57±0.88[d]	669.43±1.31[c]	649.03±0.84[e]

หมายเหตุ: 1, 2 ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

3 ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ แต่ละซ้ำนำมาวิเคราะห์ค่า 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่เตรียมจากเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกในสารละลายผสมระหว่างเกลือและกรดซิตริกที่ระยะเวลาและจำนวนครั้งต่าง ๆ

ปัจจัยคุณภาพ	ระยะเวลาและจำนวนครั้งที่ใช้ในการลวกเห็ดเสม็ด			
	ลวก 5 นาที 1 ครั้ง	ลวก 5 นาที 2 ครั้ง	ลวก 10 นาที 1 ครั้ง	ลวก 10 นาที 2 ครั้ง
ลักษณะปรากฏ	7.10±1.32^{ns}	7.13±1.25^{ns}	7.10±1.35^{ns}	7.20±1.21^{ns}
สี	7.30±1.12^{ns}	7.20±1.16^{ns}	7.23±1.19^{ns}	7.07±1.20^{ns}
กลิ่น	7.53±0.86^{ns}	7.47±0.90^{ns}	7.47±0.86^{ns}	7.50±0.90^{ns}
รสชาติ	6.80±1.06^{b}	6.93±2.00^{b}	7.13±1.45^{ab}	7.40±1.16^{a}
เนื้อสัมผัส	7.53±0.78^{a}	7.37±0.81^{ab}	7.70±0.70^{a}	7.07±0.75^{b}
ความชอบรวม	7.27±0.80^{ab}	6.93±0.98^{b}	7.60±1.04^{a}	7.20±1.09^{ab}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากผลการศึกษาในตารางที่ 10 พบว่าระยะเวลาและจำนวนครั้งในการลวกไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สีและกลิ่นของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือภายหลังการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของเห็ดเสม็ด ($p\leq0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาและจำนวนครั้งในการลวกเพิ่มขึ้นส่งผลให้เห็ดเสม็ดมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มมากขึ้น มีรสชาติเค็มและเปรี้ยวเพิ่มขึ้น แต่จะมีความขมลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะการลวกที่ระยะเวลาและจำนวนครั้งที่มากขึ้นทำให้ผนังเซลล์สูญเสียความแข็งแรง เยื่อหุ้มเซลล์ของเห็ดอ่อนตัวลง ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของเห็ดนิ่มมากขึ้น ขณะเดียวกันระยะเวลาและจำนวนครั้งในการลวกที่เพิ่มขึ้นก็ส่งผลเกิดการแพร่ของสารละลายที่ใช้ลวกเข้าไปในเนื้อเยื่อของเห็ดได้มากขึ้น และเกิดการแพร่ของสารที่ให้รสขมออกมาในสารละลายที่ใช้ลวกได้มากขึ้นส่งผลให้เห็ดมีรสขมน้อยลง แต่จะมีรสเค็มและเปรี้ยวมากขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ นรินทร์ และ น้ำทิพย์ (2561) ที่พบว่าเมื่อระยะเวลาในการลวกเพิ่มขึ้น มันเทศจะมีความแน่นเนื้อลดลง มีเนื้อสัมผัสนิ่มและฉ่ำน้ำ เนื่องจากการลวกมีผลให้เยื่อหุ้มเซลล์ของมันเทศอ่อนตัวลง ความแข็งแรงในโครงข่ายผนังเซลล์ของมันเทศลดลง ทำให้เนื้อสัมผัสของมันเทศที่ผ่านการลวกอ่อนตัวลง และการศึกษาของ ช่อลัดดาและคณะ (2553) ที่พบว่าจำนวนครั้งในการต้มและระยะเวลาในการต้มที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณสารแอนไฮโดรบาราคอลซึ่งเป็นสารที่ช่วยลดความเครียดในใบขี้เหล็กลดลง โดยจะละลายออกมาในน้ำที่ใช้ต้ม ซึ่งการลวกเห็ดเสม็ดที่ระยะเวลาและจำนวนครั้งที่มากขึ้นแม้จะสามารถช่วยลดความขมของเห็ดเสม็ดได้ แต่เห็ดเสม็ดมีเนื้อสัมผัสที่นิ่ม ส่งผลให้เห็ดเสม็ดที่ลวกที่ระยะเวลาและจำนวนครั้งที่มากมีคะแนนความชอบด้านรสชาติสูง แต่มีคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวมน้อย โดยเห็ดเสม็ดที่ผ่านการลวกเป็นเวลา 10 นาที จำนวน 1 ครั้ง ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติที่ไม่ต่างจากเห็ดเสม็ดที่ลวกเป็นเวลา 10 นาที 2 ครั้ง แต่มีคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงกว่าเห็ด

เสม็ดที่ลวกที่ระยะเวลาและจำนวนครั้งอื่น เนื่องจากให้เห็ดเสม็ดที่มีรสขมในระดับปานกลาง แต่ยังคงไว้ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี

การคัดเลือกระยะเวลาและจำนวนครั้งในการลวกที่เหมาะสมพิจารณาจากคุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยต้องสามารถลดความขมของเห็ดเสม็ดได้และผู้ทดสอบให้การยอมรับ ตลอดจนมีระยะเวลาและจำนวนครั้งในการลวกที่เหมาะสม สะดวกต่อการปฏิบัติงาน ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาและจำนวนครั้งในการลวกที่เหมาะสม คือ ลวกเห็ดเสม็ดในสารละลายผสมระหว่างเกลือความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรและกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นาน 10 นาที 1 ครั้ง เนื่องจากให้เห็ดเสม็ดที่มีรสชาติขม เค็ม เปรี้ยวในระดับที่พอเหมาะ (ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณเกลือ และปริมาณแทนนินปานกลาง) มีคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสที่ดี อีกทั้งยังมีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ไม่ยุ่งยาก

3. การศึกษาความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้ในการผลิตเห็ดเสม็ดบรรจุกระป๋อง

ศึกษาความเข้มข้นของน้ำเกลือที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง โดยลวกเห็ดเสม็ดในสารละลายผสมระหว่างเกลือความเข้มข้นร้อยละ 4 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อัตราส่วนระหว่างเห็ดต่อสารละลายที่ใช้ลวก 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที 1 ครั้ง นำเห็ดเสม็ดที่ได้มาบรรจุขวดแก้ว 90 กรัม เติมสารละลายเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกร้อยละ 0.1 และ 0.2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ขณะร้อนจำนวน 60 กรัม ปิดฝาขวดและทำการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอ (autoclave) ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที (Jaworska *et al*., 2011) นำเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ หลังการฆ่าเชื้อ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 11 และ 12

ผลจากการศึกษาในตารางที่ 11 พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้บรรจุ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือมีค่าลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นของกรดในน้ำเกลือที่ใช้บรรจุเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการให้ความร้อนในระหว่างการฆ่าเชื้อที่มีผลให้เยื่อหุ้มเซลล์ของพืชอ่อนตัวลง ทำให้ตัวทำละลายในน้ำเกลือที่ใช้บรรจุแพร่เข้าไปในเซลล์เนื้อเยื่อของเห็ด และเกิดการแพร่ของน้ำบางส่วนออกจากเซลล์ จึงมีผลให้เห็ดมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง (สิริมา และคณะ, 2557; วิชมณี และคณะ, 2558; นรินทร์ และ น้ำทิพย์, 2561) สอดคล้องกับปริมาณเกลือ (Nacl) ของเห็ดเสม็ดที่มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นของเกลือในน้ำเกลือที่ใช้บรรจุเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเห็ดเสม็ดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อความเข้มข้นของเกลือเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการถูกทำลายด้วยความร้อนในระหว่างการฆ่าเชื้อและการแพร่ออกมาในน้ำเกลือที่ใช้บรรจุในระหว่างการฆ่าเชื้อ ซึ่งโดยทั่วไปสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในพืชจะถูกทำลายได้ด้วยความร้อน (Barros *et al*., 2007) โดยเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 และกรดซิตริกร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงสุด สอดคล้องกับผลการศึกษาของวิจิตรา และ วชิรญา (2560) ที่พบว่าระดับ

ความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้บรรจุเห็ดตับเต่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเห็ด โดยความเข้มข้นของน้ำเกลือที่เพิ่มขึ้นมีผลให้เห็ดมีปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลง ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากความไม่คงตัวของสารต้านอนุมูลอิสระต่อความร้อนในระหว่างการฆ่าเชื้อ ซึ่งสารละลายเกลือที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดตับเต่าในน้ำเกลือบรรจุขวดแก้วคือสารละลายน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 1 ที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกร้อยละ 0.1 เนื่องจากให้เห็ดที่มีรสชาติไม่เค็ม และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงสุด

จากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในตารางที่ 12 พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำเกลือที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นและลักษณะเนื้อสัมผัสของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือภายหลังการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และความชอบรวมของเห็ดเสม็ด ($p\leq0.05$) โดยเห็ดเสม็ดที่บรรจุในน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกร้อยละ 0.1 มีคะแนนความชอบทางด้านสี รสชาติ และความชอบรวมสูงกว่าเห็ดเสม็ดที่บรรจุในน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ความเข้มข้นดังกล่าวมีรสเปรี้ยว และเค็มไม่มากจนเกินไปเมื่อเทียบกับเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้นของกรดและเกลืออื่น ๆ (ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.77 ปริมาณเกลือร้อยละ 0.83) ซึ่งผู้บริโภคทั่วไปไม่ชอบเห็ดที่มีรสเค็มหรือเปรี้ยวมากเกินไป เนื่องจากต้องนำไปปรุงเป็นอาหารหรือรับประทานควบคู่กับน้ำพริก

การคัดเลือกระดับความเข้มข้นของน้ำเกลือที่เหมาะสมเพื่อใช้ผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง พิจารณาจากคุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัส โดยเลือกใช้สารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง เนื่องจากให้เห็ดเสม็ดที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณเกลือในระดับต่ำ ทำให้เห็ดที่มีรสชาติที่ไม่เปรี้ยวหรือเค็มมาก มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิชันสูงสุด และมีคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสดีที่สุด เมื่อเทียบกับเห็ดเสม็ดในสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นอื่น ๆ

ตารางที่ 11 คุณภาพทางเคมีของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ภายหลังการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

คุณภาพ	ความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้บรรจุเห็ดเสม็ด				
	เห็ดเสม็ดสด	เกลือร้อยละ 1 กรดร้อยละ 0.1	เกลือร้อยละ 1 กรดร้อยละ 0.2	เกลือร้อยละ 2 กรดร้อยละ 0.1	เกลือร้อยละ 2 กรดร้อยละ 0.2
1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.23±0.06[a]	5.77±0.01[c]	5.46±0.01[d]	5.97±0.01[b]	5.38±0.02[e]
2. ปริมาณเกลือ (Nacl)	0.36±0.06[c]	0.83±0.08[b]	0.89±0.11[b]	1.21±0.11[a]	1.30±0.07[a]
3. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มล.สมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมนน.ตัวอย่าง)					
- น้ำหนักสด	68.60±0.15[a]	51.02±0.65[b]	47.38±0.34[d]	43.50±0.35[e]	48.87±0.78[c]
- น้ำหนักแห้ง	840.65±1.82[a]	616.91±2.86[b]	588.58±1.22[c]	542.45±1.38[e]	574.94±0.14[e]
4. ความสามารถในการต้านมูลอิสระ DPPH (มล.สมมูลวิตมินซี/100 กรัมนน.ตัวอย่าง)					
- น้ำหนักสด	22.13±0.06[a]	14.76±0.42[b]	12.24±0.07[e]	13.52±0.13[d]	14.35±0.28[c]
- น้ำหนักแห้ง	271.26±1.15[a]	173.64±1.88[b]	152.02±0.82[d]	168.60±1.69[c]	173.51±1.35[b]
5. ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (มก.สมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมนน.ตัวอย่าง)					
- น้ำหนักสด	14.60±0.05[a]	10.78±0.11[b]	9.64±0.06[d]	9.30±0.01[e]	10.30±0.07[c]
- น้ำหนักแห้ง	175.87±0.61[a]	130.30±1.30[b]	119.71±0.74[d]	115.98±0.19[e]	121.15±0.82[c]

หมายเหตุ: 1, 2 ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

3 ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ แต่ละซ้ำนำมาวิเคราะห์ค่า 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ภายหลังการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

ปัจจัยคุณภาพ	ความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้บรรจุเห็ดเสม็ด			
	เกลือร้อยละ 1 กรดร้อยละ 0.1	เกลือร้อยละ 1 กรดร้อยละ 0.2	เกลือร้อยละ 2 กรดร้อยละ 0.1	เกลือร้อยละ 2 กรดร้อยละ 0.2
ลักษณะปรากฏ	7.70 ± 0.75^{a}	7.20 ± 0.66^{b}	7.63 ± 0.76^{a}	7.37 ± 0.76^{ab}
สี	7.93 ± 0.78^{a}	7.10 ± 0.76^{bc}	7.43 ± 0.86^{b}	6.93 ± 0.74^{c}
กลิ่น	7.67 ± 0.76^{ns}	7.37 ± 0.76^{ns}	7.30 ± 0.88^{ns}	7.23 ± 0.97^{ns}
รสชาติ	8.10 ± 0.96^{a}	6.67 ± 0.88^{c}	7.43 ± 0.86^{b}	6.87 ± 0.97^{c}
เนื้อสัมผัส	7.67 ± 0.84^{ns}	7.27 ± 0.87^{ns}	7.40 ± 0.77^{ns}	7.30 ± 0.84^{ns}
ความชอบรวม	8.13 ± 0.97^{a}	6.93 ± 0.78^{c}	7.70 ± 0.70^{b}	6.90 ± 0.66^{d}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

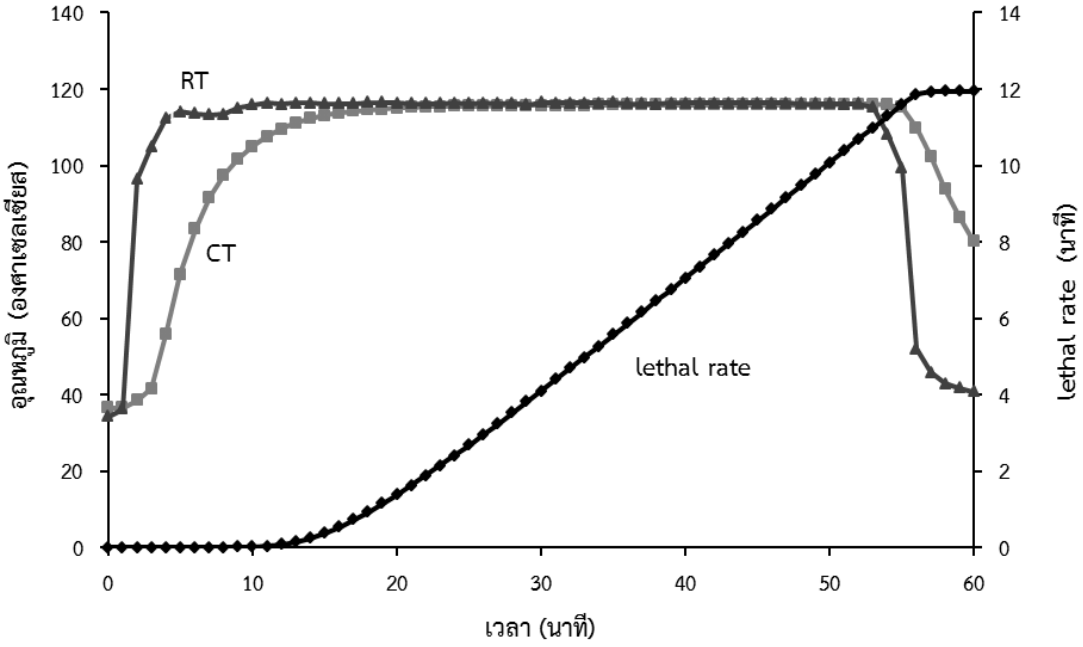
^{ns} แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

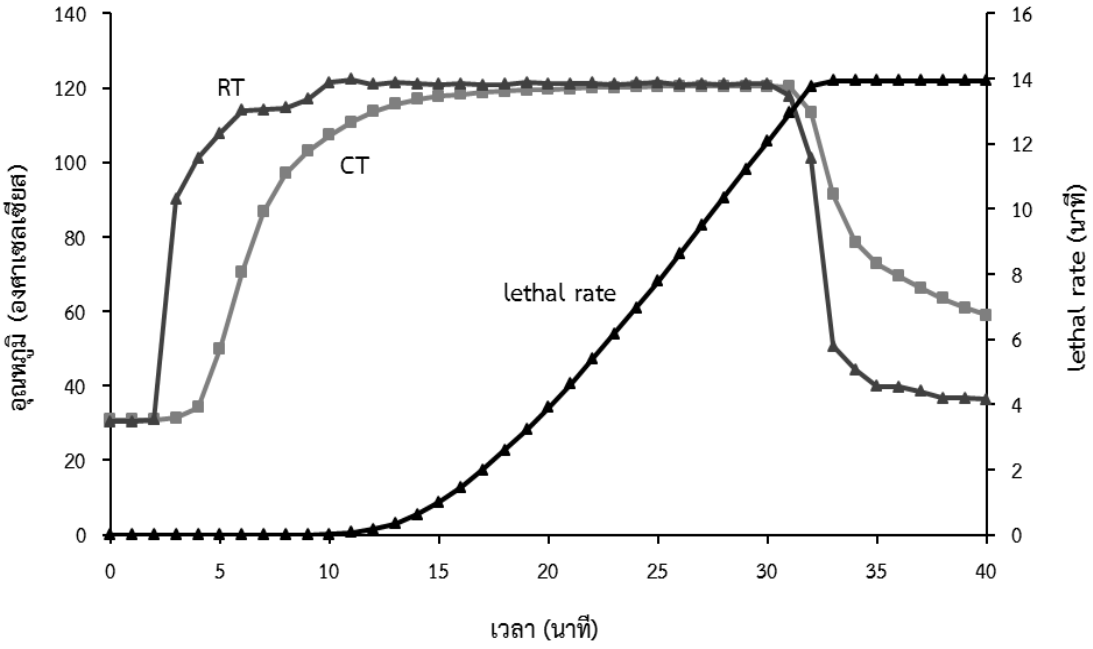
4.1 การศึกษาการกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง เป็นอาหารบรรจุในภาชนะปิดสนิทประเภทกรดต่ำ (ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) > 4.6 และค่า a_w > 0.85) ซึ่งข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 พ.ศ. 2556 เรื่องอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท กำหนดให้อาหารประเภทกรดต่ำที่บรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิทต้องผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่กำหนด โดยให้ค่า F_0 ไม่น้อยกว่า 3 นาที ซึ่งเพียงพอในการทำลายเชื้อ *Clostridium botulinum*

การศึกษาการแทรกผ่านความร้อน (heat penetration) ของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส และ 121 องศาเซลเซียส โดยกำหนดให้ค่า F_0 = 10 นาที ข้อมูลการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนและบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ที่ทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิ แสดงดังภาพที่ 4 และ 5 ซึ่งผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและเวลาที่จุดร้อนช้าที่สุดของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการฆ่าเชื้อ เมื่อนำมาคำนวณหาค่า F_0 และกำหนดระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ (process time) พบว่าการฆ่าเชื้อเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ (process time) 42 นาที ได้ค่า F_0 เท่ากับ 10.08 นาที ขณะที่การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ (process time) 20 นาที ได้ค่า F_0 เท่ากับ 10.35 นาที โดยมีค่า come up time (CUT) เท่ากับ 8 นาที ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Chandrasekar *et al*. (2004) ที่พบว่าการฆ่าเชื้อเห็ดแชมปิญอง (*Agaricus bisporus*) ในน้ำเกลือบรรจุถุงรีทอร์ตเพาท์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ (process time) 17 นาที ได้ค่า F_0 เท่ากับ 9.6 นาที ซึ่งผลิตภัณฑ์เห็ดในน้ำเกลือควรมีค่า F_0 ในช่วง 8-10 นาที



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ (RT) อุณหภูมิภายในกระป๋อง (CT) และอัตราการทำลาย (lethal rate) ของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง ในระหว่างการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ (RT) อุณหภูมิภายในกระป๋อง (CT) และอัตราการทำลาย (lethal rate) ของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง ในระหว่างการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส

4.2 การศึกษาคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 และ 121 องศาเซลเซียสตามสภาวะที่ได้จากการศึกษาในข้อ 4.1 นำมาตรวจสอบคุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

4.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 13 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อทั้งสองสภาวะมีลักษณะกระป๋องปกติ ไม่พบการกัดกร่อนทั้งภายในและภายนอกกระป๋อง ผลิตภัณฑ์มีค่าสุญญากาศเป็นปกติ โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียสจะมีการสูญเสียน้ำหนักเนื้อภายหลังการฆ่าเชื้อมากกว่า มีค่าความสว่าง (L*) ลดลงโดยเฉพาะก้าน และมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการใช้เวลาในการฆ่าเชื้อที่นานกว่า จึงส่งผลให้เห็ดมีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น มีสีคล้ำมากขึ้น และมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มมากขึ้น

4.2.2 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 2 สภาวะ เมื่อนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน ไม่พบความผิดปกติใด ๆ และเมื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยาได้ผลแสดงดังตารางที่ 14 โดยพบว่าผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 2 สภาวะ คือ อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส นาน 42 นาที และที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ไม่พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, thermophilic flat sour, mesophilic flat sour, thermophilic anaerobes, mesophilic anaerobes, *Staphyloccus aureus, Salmonella* spp, Coliform bacteria และ *Clostridium botulinum* ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางจุลชีววิทยาที่เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 พ.ศ. 2556 เรื่องอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิทที่กำหนดให้ไม่พบจุลินทรีย์ที่เจริญได้ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 364 พ.ศ. 2556 เรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่กำหนดให้อาหารสำเร็จรูปพร้อมบริโภคอื่นตรวจไม่พบ *Salmonella* spp. ในตัวอย่าง 25 กรัม และตรวจไม่พบ *Staphyloccus aureus* ในตัวอย่าง 0.1 กรัม แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อที่สภาวะดังกล่าวมีความปลอดภัยต่อการบริโภค

ตารางที่ 13 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อที่สภาวะต่าง ๆ

ลักษณะคุณภาพ	คุณภาพผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง (อุณหภูมิฆ่าเชื้อ; องศาเซลเซียส/เวลาในการฆ่าเชื้อ; นาที)	
	116/42	121/20
สภาพกระป๋อง (can condition)	ปกติ	ปกติ
ลักษณะภายนอกกระป๋อง (can outside)	ปกติ	ปกติ
ลักษณะภายในกระป๋อง (can inside)	ปกติ	ปกติ
ค่าสุญญากาศ (vacuum)	9.21±0.38	9.33±0.53
น้ำหนักสุทธิ (net weight)	196.92±0.58	193.50±0.15
น้ำหนักเนื้อ (drain weight)	127.96±0.31	129.12±0.73
ลักษณะภายในกระป๋อง (can inside)	ปกติ	ปกติ
ค่าสี (L*, a*, b*)		
- ก้าน		
L*	28.28±0.38^{b}	30.36±0.20^{a}
a*	5.64±0.08^{a}	5.23±0.13^{b}
b*	13.40±0.22^{b}	15.82±0.48^{a}
- ดอก		
L*	18.48±0.73^{a}	19.74±0.46^{a}
a*	5.43±0.36^{a}	5.85±0.01^{a}
b*	7.92±0.74^{a}	8.64±0.07^{a}
ค่าความแน่นเนื้อ (firmness; N)		
- ก้าน	1.20±0.08^{b}	1.49±0.05^{a}
- ดอก	0.93±0.11^{b}	1.24±0.11^{a}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ ยกเว้นค่าสีและเนื้อสัมผัสที่ได้จากการทดลอง 5 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 14 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่าง ๆ

คุณภาพทางจุลชีววิทยา	**ผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง** (อุณหภูมิฆ่าเชื้อ; องศาเซลเซียส/เวลาในการฆ่าเชื้อ; นาที)	
	116/42	**121/20**
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC)	< 10 cfu/g	< 10 cfu/g
Thermophilic flat sour	ไม่พบ/2 g ตัวอย่าง	ไม่พบ/2 g ตัวอย่าง
Mesophilic flat sour	ไม่พบ/2 g ตัวอย่าง	ไม่พบ/2 g ตัวอย่าง
Thermophilic anaerobes	ไม่พบ/2 g ตัวอย่าง	ไม่พบ/2 g ตัวอย่าง
Mesophilic anaerobes	ไม่พบ/2 g ตัวอย่าง	ไม่พบ/2 g ตัวอย่าง
Staphyloccus aureus	< 3 MPN/g	< 3 MPN/g
Salmonella spp	ไม่พบ/25 g ตัวอย่าง	ไม่พบ/25 g ตัวอย่าง
Coliform bacteria	< 10 cfu/g	< 10 cfu/g
Clostridium botulinum	ไม่พบ/2 g ตัวอย่าง	ไม่พบ/2 g ตัวอย่าง

หมายเหตุ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด/Coliform bacteria < 10 cfu/g หมายถึง ไม่พบโคโลนีขึ้นบนจานเพาะเชื้อ *Staphyloccus aureus* < 3 MPN/g หมายถึง ไม่พบโคโลนีขึ้นบนจานเพาะเชื้อ

4.2.3 คุณภาพทางเคมี

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างกัน แสดงดังตารางที่ 15 และ 16 พบว่าการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณองค์ประกอบโดยประมาณซึ่งได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน และไขมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีผลให้เห็ดเสม็ดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงและมีปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) อันเป็นผลเนื่องมาจากการบรรจุในน้ำเกลือ เมื่อให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อมีผลให้เยื่อหุ้มเซลล์บางส่วนถูกทำลายและอ่อนตัวลง เกิดการถ่ายโอนมวลสารจากน้ำเกลือเข้าไปในเนื้อเยื่อเห็ด เห็ดจึงมีปริมาณเกลือและกรดเพิ่มขึ้น (วิชมณี และคณะ, 2558; สิริมา และคณะ, 2557; นรินทร์ และ น้ำทิพย์, 2561) ขณะเดียวกันความร้อนในการฆ่าเชื้อก็มีผลให้เห็ดเสม็ดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลง เนื่องจากการถูกทำลายด้วยความร้อน (Barros *et al*., 2007) และเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในสภาวะที่ต่างกัน พบว่าเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 2 สภาวะมีคุณภาพทางเคมีที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะปริมาณองค์ประกอบโดยประมาณ ซึ่งน่าจะเป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างในวัตถุดิบเริ่มต้น โดยเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่สูงกว่าและมีปริมาณเกลือที่ต่ำกว่าเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อน้อยกว่า การถ่ายโอนมวลสารจากน้ำเกลือเข้าไปในเนื้อเห็ดจึงเกิดขึ้นได้น้อยกว่า นอกจากนี้เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส

มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่สูงกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงมีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่น้อยกว่าจึงทำให้สารที่มีฤทธิ์ดังกล่าวถูกทำลายได้น้อยกว่าหรือสภาวะการฆ่าเชื้อดังกล่าวอาจก่อให้เกิดสารชนิดใหม่ที่มีฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Choi *et al*. (2006) ที่พบว่าการให้ความร้อนกับเห็ดหอมชิทาเกะ (*Lentinus edodes*) ในหม้อนึ่งความดันไอ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส มีผลให้เห็ดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเห็ดสดหรือเห็ดที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า โดยเมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นเห็ดก็มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ทั้งนี้เป็นเพราะความร้อนที่ให้มีผลในการปลดปล่อยสารที่มีฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งอยู่ในรูปที่จับกับสารอื่นให้อยู่ในรูปอิสระ จึงถูกสกัดออกมาได้มากขึ้น หรือทำให้เกิดสารชนิดใหม่ที่มีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น สารที่เกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลอันเนื่องมาจากความร้อน จึงมีผลให้เห็ดมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น

4.2.4 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างกันคือ อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส 42 นาทีและอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 20 นาที โดยนำมาแกงกะทิและประเมินความชอบในปัจจัยคุณภาพทางด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 17 จากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างกันมีคะแนนความชอบในทุกปัจจัยคุณภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทุกปัจจัยคุณภาพในระดับชอบปานกลาง ซึ่งเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที มีคะแนนความชอบในทุกปัจจัยคุณภาพสูงกว่าเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส นาน 42 นาที เล็กน้อย สอดคล้องกับคุณภาพทางกายภาพที่พบว่าเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่าง (L^*) ทั้งส่วนดอกและก้านสูงกว่าเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส รวมถึงมีเนื้อสัมผัสที่ดีกว่า โดยแม้ว่าเป็นการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงกว่าแต่ใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อน้อยกว่า จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพที่ดีกว่า

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลคุณภาพของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อด้วยสภาวะที่ต่างกัน พบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาที่ไม่ต่างกันมากนัก ตลอดจนได้รับคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังนั้นการฆ่าเชื้อเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องจึงสามารถใช้ได้ทั้งสภาวะการฆ่าเชื้อที่ระดับอุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส นาน 42 นาที หรือ 121 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที

ตารางที่ 15 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างกันเปรียบเทียบกับเห็ดเสม็ดสดและเห็ดเสม็ดลวก

คุณภาพทางเคมี	ปริมาณ			
	เห็ดเสม็ดสด	**เห็ดเสม็ดลวก**	**ผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง** (อุณหภูมิฆ่าเชื้อ; องศาเซลเซียส/เวลาในการฆ่าเชื้อ; นาที)	
			116/42	**121/20**
ความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนักสด)	90.95±0.08^{a}	90.49±0.03^{bc}	90.41±0.15^{c}	90.68±0.11^{b}
เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	6.34±0.25^{b}	7.14±0.40^{ab}	7.31±0.37^{ab}	8.26±0.99^{a}
โปรตีน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	24.29±0.14^{b}	23.15±0.09^{c}	25.32±0.23^{a}	23.24±0.09^{c}
ไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	1.27±0.12^{b}	1.53±0.15^{a}	1.65±0.04^{a}	1.01±0.02^{c}
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.41±0.01^{a}	6.25±0.01^{b}	5.25±0.04^{d}	5.52±0.01^{c}
ปริมาณเกลือ (Nacl) (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	4.21±0.39^{c}	8.18±0.85^{b}	10.07±0.49^{a}	9.98±0.54^{a}
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มก.สมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	775.78±1.89^{a}	538.73±0.81^{b}	420.92±1.53^{c}	420.24±0.50^{c}
ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (มก.สมมูลวิตามินซี/100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	223.58±1.82^{a}	177.15±2.17^{b}	131.07±1.11^{d}	137.13±0.67^{c}
ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (มก.สมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	151.97±0.58^{a}	128.88±1.23^{b}	84.09±0.35^{c}	84.29±0.12^{c}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 16 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างกัน

คุณภาพทางเคมี	ผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง (อุณหภูมิฆ่าเชื้อ; องศาเซลเซียส/เวลาในการฆ่าเชื้อ; นาที)			
	116/42	121/20	116/42	121/20
	ปริมาณ (น้ำหนักสด)		ปริมาณ (น้ำหนักแห้ง)	
ความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	90.41±0.15[a]	90.68±0.11[a]		
เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	0.70±0.04[a]	0.77±0.09[a]	7.31±0.37[a]	8.26±0.99[a]
โปรตีน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	2.42±0.02[a]	2.20±0.01[b]	25.32±0.23[a]	23.24±0.09[b]
ไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	0.16±0.01[a]	0.09±0.01[b]	1.65±0.04[a]	1.01±0.02[b]
ใยอาหาร (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	3.27±0.19[a]	3.31±0.02[a]	34.44±0.21[a]	35.85±0.23[a]
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	6.32±0.13[a]	6.26±0.13[a]	65.72±0.43[a]	67.49±0.11[a]
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5.25±0.04[b]	5.52±0.01[a]		
ปริมาณเกลือ (Nacl) (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	0.96±0.05[a]	0.94±0.05[a]	10.07±0.49[a]	9.98±0.54[a]
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มก.สมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนัก)	40.37±0.34[a]	39.75±0.05[b]	420.92±1.53[a]	420.24±0.50[a]
ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (มก.สมมูลวิตามินซี/100 กรัมน้ำหนัก)	12.50±0.30[b]	12.97±0.06[a]	131.07±1.11[b]	137.13±0.67[a]
ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (มก.สมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนัก)	8.06±0.03[a]	7.86±0.01[b]	84.09±0.35[a]	84.29±0.12[a]

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 17 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างกัน

ปัจจัยคุณภาพ	ผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง (อุณหภูมิฆ่าเชื้อ; องศาเซลเซียส/เวลาในการฆ่าเชื้อ; นาที)	
	116/42	121/20
สี	7.51±0.74^{ns}	7.74±0.82^{ns}
ลักษณะปรากฏ	7.54±0.78^{ns}	7.86±0.77^{ns}
กลิ่น	7.49±0.70^{ns}	7.66±0.76^{ns}
รสชาติ	7.71±0.93^{ns}	7.74±0.98^{ns}
เนื้อสัมผัส	7.49±0.92^{ns}	7.71±0.75^{ns}
ความชอบรวม	7.69±0.96^{ns}	7.80±0.76^{ns}

หมายเหตุ: ^{ns} แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5. การศึกษาต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

ต้นทุนราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง แสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ต้นทุนราคาวัตถุดิบในการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

วัตถุดิบ	ราคา (บาท/กิโลกรัม)	ปริมาณการใช้ต่อกระป๋อง (กรัม)	ปริมาณ (ร้อยละ)	ราคาต่อกระป๋อง (บาท)
เห็ดเสม็ดลวก	245.55	110	55	27.01
เกลือ	10.00	0.9	0.45	0.009
กรดซิตริก	120.00	0.1	0.05	0.006
น้ำ	1.00	89.00	44.5	0.089
สารละลายที่ใช้ลวกเห็ดเสม็ด				1.19
กระป๋อง + ฝา				5
รวม				33.30

เห็ดเสม็ดสดราคา 200 บาท/กิโลกรัม นำมาผ่านกระบวนการเตรียมวัตถุดิบโดยการลวกคงเหลือผลผลิตร้อยละ 81.45 ดังนั้นเห็ดเสม็ดลวก 1 กิโลกรัม จึงมีราคา 245.55 บาท ซึ่งในการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องใช้เห็ดเสม็ดลวก 110 กรัม/กระป๋อง คิดเป็นราคาต้นทุนวัตถุดิบ 27.01 บาท/กระป๋อง นอกจากนี้ในขั้นตอนการเตรียมเห็ดเสม็ดเพื่อผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องต้องทำการลวกเห็ดเสม็ดในสารละลายเกลือผสมกรดซิตริก ซึ่งมีส่วนผสมที่

ประกอบด้วยน้ำ เกลือ และกรดซิตริก เมื่อคำนวณต้นทุนสารละลายที่ใช้ในการลวกเห็ดเสม็ดต่อกระป๋องพบว่ามีราคา 1.19 บาท/กระป๋อง แยกเป็นน้ำราคา 0.67 บาท เกลือ 0.27 บาท และกรดซิตริก 0.25 บาท/เห็ดเสม็ดลวก 110 กรัม ดังนั้นต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องเท่ากับ 33.30 บาท/กระป๋อง

บทที่ 4
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเห็ดเสม็ด พบว่าเห็ดเสม็ดมีองค์ประกอบโดยประมาณ ได้แก่ ปริมาณความชื้นร้อยละ 91.20 เถ้าร้อยละ 0.90 โปรตีนร้อยละ 2.52 ไขมันร้อยละ 0.21 เยื่อใยร้อยละ 2.37 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 5.17 โดยน้ำหนัก มีกรดอะมิโนจำเป็นในช่วง 0.15-5.38 กรัม/100 กรัม มีปริมาณแคลเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม 0.1169 2.5835 และ 0.3912 มิลลิกรัม/กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 68.60 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักสด มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก 22.13 มิลลิกรัมสมมูลวิตามินซี/100 กรัมน้ำหนักสด และ 14.60 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักสด กรรมวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมเห็ดเสม็ดเพื่อผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง คือ ลวกเห็ดเสม็ดในสารละลายผสมระหว่างเกลือและกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 4 และกรดซิตริกร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยใช้อัตราส่วนระหว่างเห็ดเสม็ดต่อสารละลายที่ใช้ลวก 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ความเข้มข้นของน้ำเกลือที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง คือ น้ำเกลือที่มีส่วนผสมของเกลือร้อยละ 1 และกรดซิตริกร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร สภาวะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่มีน้ำหนักบรรจุ 110 กรัมต่อน้ำเกลือ 90 กรัม ในกระป๋องขนาด 307x113 คือ การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 42 นาที (F_0= 10.08) และที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที (F_0= 10.35) โดยสภาวะในการฆ่าเชื้อทั้งสองให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ไม่แตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อมีความปลอดภัยต่อการบริโภคและได้รับการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในทุกปัจจัยคุณภาพในระดับชอบปานกลาง ซึ่งเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องมีปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และใยอาหารในช่วงร้อยละ 90.41-90.68, 0.70-0.77 2.20-2.42 0.09-0.16 และ 3.27-3.31 โดยน้ำหนัก มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในช่วง 39.45-40.37 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักสด มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในช่วง 12.50-12.97 มิลลิกรัมสมมูลวิตามินซี/100 กรัมน้ำหนักสด และ 39.75-40.37 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องมีราคาต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตต่อกระป๋องเท่ากับ 33.30 บาท

ควรมีการศึกษาการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือในภาชนะปิดสนิทรูปแบบอื่นเพิ่มเติม รวมทั้งศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเห็ดเสม็ดในภาชนะบรรจุปิดสนิท เพื่อเพิ่มชนิดและรูปแบบของผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายและตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้มากขึ้น

บรรณานุกรม

กิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ กรรณิการ์ สุรรักษ์ดิสัย และศิริพร บุญจะกุล. 2553. ผลของระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อน้ำพริกกะปิบรรจุกระป๋อง. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต**. 3(1): 75-85.

ชมพูนุช โสมาลีย์ นวพร งานประสิทธิ์ ประดล บ่อม่วง และวิชิต พึ่งบุญ. 2552. ศึกษาวิธีการแปรรูปเห็ดเสม็ดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและส่งเสริมอาชีพสู่ชุมชนในอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

ช่อลัดดา เที่ยงพุก, อุไร เผ่าสังข์ทอง, เย็นใจ ฐิตะฐาน, สมจิต อ่อนเหม และวินัศ ภูมินาศ. 2553. ผลการต้มใบขี้เหล็กต่อปริมาณแอนไฮโดรบาราคอล. น. 538-546. *ใน* **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ

ทนง ภัครัชพันธุ์. 2559. การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน, น. 171-183. ใน คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, บรรณาธิการ. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เล่ม 1**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

นรินทร์ เจริญพันธ์ และน้ำทิพย์ มีมุข. 2561. ผลของวิธีการลวกที่แตกต่างกันต่อคุณภาพมันเทศเนื้อสีส้ม. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 26(6): 981-992.

ปัทมา ระตะนะอาพร และจิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร. 2560. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องจากเศษเหลือส่วนท้องของปลาแซลมอนจากอุตสาหกรรมปลาแช่แข็ง. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปุณิกา ภูวรรณตระกูล และ ชาญณรงค์ วันทา. 2550. การวิจัยและพัฒนายอดมะพร้าวอ่อนบรรจุกระป๋อง. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2543. การถนอมและแปรรูปอาหารด้วยความร้อน. น. 87-136. ใน คณะกรรมการกลุ่มผลิตชุดวิชาการถนอมและการแปรรูปอาหาร (ผู้รวบรวม). **เอกสารการสอนชุดวิชาการถนอมและการแปรรูปอาหาร หน่วยที่ 1-7**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

วิจิตรา เหลียวตระกูล และวชิรญา เหลียวตระกูล. 2558. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เห็ดตับเต่าในน้ำเกลือบรรจุขวดแก้วของชุมชนสามเรือน อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. **วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต**. 5(1): 174-185.

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, อนุสรา พลบจู และพเยีย มหาขันตี. 2558. ผลของการลวกร่วมกับการดึงน้ำออกด้วยวิธีการออสโมซีสต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการถ่ายเทมวลสารของขิงแปรรูป. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 46(3): 289-292.

วิไล รังสาดทอง. 2547. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 4. เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชัน, กรุงเทพ ฯ.

สายพิณ จันทรเทพ. 2536. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอกของเห็ดเสม็ดในสภาพธรรมชาติและการใช้ประโชน์. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สายพิณ จันทรเทพ. 2541. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดเสม็ดในสภาพธรรมชาติและการใช้ประโยชน์. รวมบทคัดย่อผลงานวิจัยของคณาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษาไทยในระหว่างปี 2538-2540. สำนักงานปลัดทบวงมหาวิทยาลัย สำนักงานมาตรฐานอุดมศึกษา, กรุงเทพ ฯ. 317-318 น.

สิรินาถ ตัณฑเกษม. 2548. **เอกสารประกอบการสอนวิชาปฏิบัติการกรรมวิธีการแปรรูปอาหาร 2**. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, กรุงเทพ ฯ.

สิริมา ชินสาร, ชุติมน ศรีสุวรรณ และกัญญ์พิญาน์ เรืองแจ่ม. 2557. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ดและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดกวน. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 45(2): 401-404.

สิริลักษณ์ สีหะนันท์, วสันณ์ เพชรรัตน์ และสมปอง เตโช. 2550. เห็ดโบลีทส์บางชนิดในประเทศไทย. **วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** 29(3): 737-754.

อมรรัตน์ อังอัจฉะริยะ, อาคม ขัดฟั่น และดวงใจ ส่งเสริม. 2561. คุณค่าทางโภชนาการของน้ำพริกเผาเห็ดเสม็ดและการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่อไส้ขนมปังจากเห็ดเสม็ด, น. 1-7. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ครั้งที่ 10**. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, นครศรีธรรมราช.

อุมาภรณ์ สุจริตทวีสุข, เบญจมาส รัตนชินกร และอนุวัตร แจ้งชัด. 2546. การลดความขมในน้ำส้มโอ. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 34(4-6): 100-103.

อัมพรศรี พรพิทักษ์ดำรง, อมรรัตน์ อังอัจฉะริยะ และยุทธนา สุดเจริญ. 2559. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดดอง. น. 161-172. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ครั้งที่ 5**. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, กรุงเทพ ฯ.

AOAC. 2000. **Official methods of analysis of AOAC (Association of Official Analytical Chemits) international(18thed.)**. AOAC International, Gaithersburg, MD.

AOAC. 2005. **Official methods of analysis of AOAC (Association of Official Analytical Chemits) international(18thed.)**. AOAC International, Gaithersburg, MD.

Aung-aud–chariya, A., Bangrak, P., Dell, B., Lumyoung, S. and Kamlangdee, N. 2012. Preliminary molecular identification of *Boletus griseipurpureus* Corners from Thailand and its nutritional value. **Journal of Agricultural Technology**. 8(6): 1667-1674.

Bacteriological Analytical Manual Online. 2001. ***Staphylococcus aureus***. Available source: http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm071429.htm, May 20, 2017.

Bacteriological Analytical Manual Online. 2001. **Aerobic Plate Count**. Available source : http://www.fda.gov /Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm063346.htm, May 20, 2017.

Barros, L., Baptista, P., Correia, D.M., Morais, J.S. and Ferreira, I.C.F.R. 2007. Effect of conservation treatment and cooking on the chemical composition and antioxidant activity of Portuguese wild edible mushrooms. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 55(12): 4781-4788.

Benzie, I.F.F. and Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power : The frap assay. **Analytical Biochemistry**. 239(1): 70-76.

Chandrasekar, v., Srinivasa Gopal, T.K. and Rai, R.D. 2004. Heat penetration characteristics and shelf-life studies of mushroom in brine processed in retort pouches. **Packaging technology and science**. 17: 213-217.

Choi, Y., Lee, S.M., Chun, J., Lee, H.B. and Lee, J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. **Food Chemistry**. 99(2): 381-387.

Gao, M., Feng, L. and Jiang, T. 2014. Browning inhibition and quality preservation of button mushroom (*Agaricus bisporus*) by essential oils fumigation treatment. **Food Chemistry.** 149. 107-113.

Jaworska, G., Bernas, E. and Mickowska, B. 2011. Effect of production process on the amino acid content of frozen and canned *Pleurotus ostreatus* mushrooms. **Food Chemistry**. 125(3): 936-943.

Jones, G.A. and Mangan, W.T. 1977. Complexed of the condensed tannins of sainfoin (Onobrychis viciifolia Scop.) with fraction 1 leaf protein and with submaxillary mucoprotein, and their reversal by polyethylene glycol and pH. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 28: 126-136.

Liu, Y., Chen, D., You, Y., Zeng, S., Li, Y., Tang, Q., Han, G., Liu, A., Feng, C., Li, C., Su, Y., Su, Z. and Chen, D. 2016. Nutritional composition of boletus mushrooms from Southwest China and their antihyperglycemic and antioxidant activities. **Food Chemistry**. 211: 83-91.

Sarwar, G., Botting, H.G. and Peace, R.W. 1988. Complete amino acid analysis in hydrolysates of foods and feces by liquid chromatography of precolumn phenylisothiocyanate derivatives. **Journal Association of Official Analytical Chemistry**. 71(6): 1172-1175.

Seehanan, S. and Petcharat, V. 2008. Some species of wild boletes in Thailand. **Journal of Agricultural Technology**. 4: 109-118.

Sotoyama, M., Uchida, S., Tanaka, S., Hakamata, A., Odagiri, K., Inui, N., Watanabe, H. and Namiki, N. 2017. Citric acid suppresses the bitter taste of olopatadine hydrochloride orally disintegrating tables. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**. 40(4): 451-457.

Sudjaroen, Y. and Thongkao, K. 2017. Screening of nutritive values, in vitro antioxidant, anticancer and antimicrobial activities from Boletus griseipurpureus Corner. **International Journal of Green Pharmacy**. 11(1): 174-181.

Sulaiman, S.F., Sajak, A.A.B., Ooi, K.L., Suprino and Seow, E.M. 2011. Effect of solvents in extracting polyphenols and antioxidants of selected raw vegetable. **Journal of Food Composition and Analysis**. 24: 506-515.

Srikram, A. and Supapvanich, S. 2016. Proximate compositions and bioactive compounds of edible wild and cultivated mushrooms from Northeast Thailand. **Agriculture and Natural Resources**. 50: 432-436.

Wang, X-M., Zhang, J., Wu, L-H., Zhao, Y-L., Li, T., Li, J-Q., Wang, Y-Z. and Liu, H-G. 2014. A mini-review of chemical composition and nutritional value of edible wild-grown mushroom from China. Food Chemistry. 151: 279-285.

Wen, T.N., Prasad, K.N., Yang, B. and Ismail, A. 2010. Bioactive substance contents and antioxidant capacity of raw and blanched vegetables. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 11(3): 464-469.

Zhang, R., Zeng, Q., Deng, Y., Zhang, M., Wei, Z., Zhang Y. and Tang, X. 2013. Phenolic profiles and antioxidant activity of litchi pulp of different cultivars cultivated in southen china. **Food Chemistry**. 136(3-4): 1169-1176.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

1.1 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.1.1 ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (aluminium can/moisture can)

1.1.2 ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven)

1.1.3 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

1.1.4 โถดูดความชื้น (desiccator)

1.1.5 ที่คีบ (Tong)

1.1.6 อุปกรณ์สำหรับเตรียมตัวอย่าง (มีด เขียง เครื่องบดอาหารแห้ง)

1.1.7 ช้อนตักสาร

1.2 วิธีวิเคราะห์

1.2.1 อบภาชนะสำหรับหาปริมาณความชื้นพร้อมฝาในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น วางทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง (ใช้เวลาประมาณ 15-30 นาที) ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

1.2.2 อบภาชนะอะลูมิเนียมซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้น้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.001-0.003 กรัม) บันทึกน้ำหนักที่ได้

1.2.3 เตรียมตัวอย่างโดยสับหรือบดตัวอย่างอาหารให้มีขนาดเล็กเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวทำให้ระเหยน้ำได้ง่าย

1.2.4 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 3-5 กรัม (บันทึกเป็นน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ) ใส่ในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว (ทำซ้ำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ)

1.2.5 นำไปอบในตู้อบไฟฟ้า โดยเปิดฝาภาชนะที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาปิดฝาภาชนะ นำออกจากตู้อบและวางไว้ในโถดูดความชื้นจนกระทั่งอุณหภูมิลดลงจนเท่าอุณหภูมิห้อง (ใช้เวลาประมาณ 15-30 นาที) ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

1.2.6 นำไปอบซ้ำอีกประมาณครั้งละ 30 นาที และกระทำเช่นเดิมจนได้น้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.001-0.003 กรัม) บันทึกน้ำหนักที่ได้

1.2.7 คำนวณหาปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{(นน.ตัวอย่างก่อนอบ-นน.ตัวอย่างหลังอบ) (กรัม)}}{\text{นน. ตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)}} \times 100$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

2.1 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ

2.1.1 ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible) สำหรับใส่ตัวอย่าง

2.1.2 เตาเผา (muffle furnace)

2.1.3 เตาไฟฟ้า (Hot plate)

2.1.4 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2.1.5 โถดูดความชื้น (desiccator)

2.1.6 ที่คีบ (Tong)

2.1.7 อุปกรณ์สำหรับเตรียมตัวอย่าง (มีด เขียง เครื่องบดอาหารแห้ง)

2.1.8 ช้อนตักสาร

2.2 วิธีวิเคราะห์

2.2.1 เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบพร้อมฝาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง ปิดสวิทช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาทีเพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาลดลง จากนั้นนำถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น วางทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง (ใช้เวลาประมาณ 15-30 นาที) ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

2.2.2 เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบซ้ำอีกประมาณครั้งละ 30 นาที และกระทำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้น้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.001-0.003 กรัม) บันทึกน้ำหนักที่ได้

2.2.3 เตรียมตัวอย่างโดยสับหรือบดตัวอย่างอาหารให้มีขนาดเล็ก

2.2.4 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 3-5 กรัม (บันทึกเป็นน้ำหนักก่อนเผา) ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบซึ่งทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว (ทำซ้ำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ)

2.2.5 นำถ้วยกระเบื้องเคลือบที่บรรจุตัวอย่างไปเผาบนเตาไฟฟ้า (Hot plate) จนหมดควัน (ทำในตู้ดูดควัน) แล้วจึงนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส โดยเปิดฝาภาชนะเป็นเวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาวหรือสีเทาอ่อน

2.2.6 เมื่อครบกำหนดเวลาปิดสวิทช์เตาเผา แล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลง จากนั้นนำถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผานำไปใส่ในโถดูดความชื้น โดยปิดฝาถ้วยในแต่ละตัวอย่าง ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง (ใช้เวลาประมาณ 15-30 นาที) ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

2.2.7 นำไปเผาซ้ำอีกประมาณครั้งละ 30 นาที และกระทำเช่นเดิมจนได้น้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.001-0.003 กรัม) บันทึกน้ำหนักต่ำสุด

2.2.8 คำนวณหาปริมาณเถ้า

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)}} \times 100$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

3.1 อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมี

3.1.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.1.2 kjeldalh flask

3.1.3 เครื่องย่อย

3.1.4 เครื่องกำจัดไอกรด

3.1.5 เครื่องกลั่น

3.1.6 บิวเรต (Buret) ขนาด 50 มิลลิลิตร

3.1.7 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.1.8 Boiling chip

3.1.9 กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4)

3.1.10 mixed catalyst : $CuSO_4$: K_2SO_4 = 1:10

3.1.11 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 40%

3.1.12 สารละลายกรดบอริกเข้มข้น 4 % (เตรียมโดยใช้น้ำร้อน)

3.1.13 สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 0.1 N

3.1.14 mixed indicator

3.2 วิธีวิเคราะห์

3.2.1 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1-5 กรัม (ขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างมีปริมาณโปรตีนมากให้ใช้ตัวอย่างน้อย) ใส่ลงในหลอดย่อย (kjeldalh flask) เติม mixed catalyst ($CuSO_4$: K_2SO_4 อัตราส่วน 1:10) จำนวน 10 กรัม ($CuSO_4$ 0.91 กรัม, K_2SO_4 9.09 กรัม) เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร และใส่ Boiling chip 2-3 เม็ด (การเติมกรดซัลฟิวริกให้ทำในตู้ดูดควัน โดยนำหลอดย่อยใส่ใน insert ract นำไปเตรียมในตู้ดูดควัน)

3.2.2 นำ insert ract ที่มีหลอดย่อยตัวอย่างวางครบทุกช่องวางประกอบเข้ากับเครื่องย่อย และเปิดเครื่องกำจัดไอกรด ตั้งอุณหภูมิในการย่อยตัวอย่างที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นปรับเพิ่มอุณหภูมิเป็น 350 องศาเซลเซียส ทำการย่อยตัวอย่างจนได้สารละลายใส ใช้เวลาประมาณ 60 นาที รอให้ไอกรดถูกดูดไปจนหมดและทิ้งไว้ให้เย็น

3.2.3 เปิดน้ำเข้าเครื่องกลั่น เปิดสวิตส์เครื่องกลั่น รอสัญญาณที่เครื่องเปลี่ยนจาก H เป็น P

3.2.4 ตรวจสอบปริมาณน้ำกลั่นและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40% ในถังตลอดจนสายน้ำกลั่นและสายโซเดียมไฮดรอกไซด์ว่าจุ่มในถังถูกต้องหรือไม่ กดปุ่ม H_2O และ NaOH ให้น้ำกลั่นและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ไหลเต็มสาย โดยอาจใช้หลอดย่อยโปรตีนรองรับ

3.2.5 เติมน้ำกลั่นลงในหลอดย่อยที่วางทิ้งไว้จนเย็นแล้วประมาณ 75 มิลลิลิตร ให้ปริมาตรรวมในหลอดเท่ากับ 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำหลอดย่อยมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่น

3.2.6 นำขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุสารละลายกรดบอริกเข้มข้น 4 % ปริมาตร 25 มิลลิลิตร หยด mixed indicator 2-3 หยด ไปวางไว้ที่ตำแหน่งรองรับของเครื่องกลั่น โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มอยู่ในสารละลาย

3.2.7 ตั้ง program เครื่องกลั่น โดย

- กด program
- Step 1 เติมน้ำกลั่น (น้ำกลั่นไหลประมาณ 10 มิลลิลิตร/วินาที) หากเติมน้ำกลั่นข้างนอกเอง ตั้งเวลาเป็น 0
- Step 2 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40 % 50 มิลลิลิตร ตั้งเวลาประมาณ 7 วินาที (สารละลาย NaOH ไหลประมาณ 10 ml ต่อวินาที)
- Step 3 รอทำปฏิกิริยา ไม่ต้องตั้งค่าอะไร เวลาเป็น 0
- Step 4 การกลั่น ตั้งเวลาประมาณ 7 นาที (420 วินาที)

  Steam ตั้งเวลา 70 วินาที
- Step 5 ดูดทิ้ง ตั้งเวลา 30 วินาที

3.2.8 กด Run เครื่องจะเริ่มทำงานตาม Step ที่ตั้งโปรแกรมไว้ โดยใน Step 2 เมื่อเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป สารละลายในหลอดจะเปลี่ยนจากสารละลายสีเขียวใสเป็นสีดำหรือสีน้ำเงินเข้ม หากสารละลายไม่เปลี่ยนสีให้เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มโดยกดปุ่ม NaOH จนสารละลายในหลอดย่อยเปลี่ยนสีเป็นสีดำหรือสีน้ำเงินเข้ม

3.2.9 หลังกลั่นเสร็จเครื่องจะหยุดทำงาน นำหลอดย่อยและสารละลายกรดบอริกในขวดรูปชมพู่ออก ล้างส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในภาชนะรองรับ และกลั่นล้างระบบทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนตัวอย่าง โดยใส่น้ำกลั่นในหลอดย่อยแล้วทำการกลั่นโดยไม่เติมด่างประมาณ 3 นาที (วางขวดรูปชมพู่เปล่าในตำแหน่งที่รองรับ)

3.2.10 ไทเทรตสารละลายกรดบอริกด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอมชมพู (ทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ)

3.2.11 ทำ blank ตามวิธีการในข้อ 1-10 โดยไม่ใส่ตัวอย่าง (หลังกลั่น Blank ไม่เปลี่ยนสี)

3.2.12 หลังกลั่นตัวอย่างสุดท้ายเสร็จ ให้ให้ล้างส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่น และกลั่นล้างระบบเช่นเดียวกับข้อ 9 พร้อมทั้งเช็ดทำความสะอาดเครื่องทั้งหมด

3.2.13 คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนจากสูตร

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{(A-B) \times N\ HCl \times 14.007}{Wt.sample \times 1000} \times 100$$

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน} \times F$$

เมื่อ A คือ ปริมาณสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาณสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (นอร์มอล)

Wt คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

F คือ แฟคเตอร์ (Conversion factor)
14.07 คือ น้ำหนักสมมูลย์ของไนโตรเจน

4. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

4.1 อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมี

4.1.1 ชุดสกัดไขมัน ประกอบด้วย
1) เครื่องสกัดไขมัน (Soxtherm automatic รุ่น SE3M Gerhardt) ประกอบด้วย
- บีกเกอร์สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (Glass extraction beaker)
- ลวดรองหลอดใส่ตัวอย่าง (Extraction holder thimbles)
- ชุดอุปกรณ์การกลั่น
- เตาให้ความร้อน
2) ปั๊มสุญญากาศ
3) เครื่องทำความเย็น (cooling bath)

4.1.2 หลอดใส่ตัวอย่าง (Thimble)
4.1.3 ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven)
4.1.4 โถดูดความชื้น (desiccator)
4.1.5 ที่คีบ (Tong)
4.1.6 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4.1.7 กระดาษกรองเบอร์ 4
4.1.8 ปิโตรเลียมอีเทอร์
4.1.9 โกร่งสำหรับบดตัวอย่าง

4.2 วิธีวิเคราะห์

4.2.1 อบบีกเกอร์สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณไขมันพร้อม Boiling ship ที่ใส่ลงในบีกเกอร์ประมาณ 5-6 เม็ด ในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง วางทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน บันทึกผล

4.2.2 ทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้น้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.001-0.003 กรัม) บันทึกน้ำหนักที่ได้

4.2.3 ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งและบดละเอียดแล้วประมาณ 1-2 กรัม (สำหรับตัวอย่างที่มีไขมันมาก) และ 3-5 กรัม (สำหรับตัวอย่างที่มีไขมันน้อย) ลงบนกระดาษกรอง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

4.2.4 ห่อตัวอย่างด้วยกระดาษกรองให้มิดชิด แล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง (thimble)

4.2.5 วางลวดรองหลอดใส่ตัวอย่างลงในบีกเกอร์ไขมัน แล้วนำหลอดใส่ตัวอย่างใส่ลงในลวดรองหลอดตัวอย่างที่วางอยู่ในบีกเกอร์ไขมัน

4.2.6 เปิดเครื่องสกัดไขมัน โดยเปิดปั๊มลมทิ้งไว้จนไม่มีเสียงดัง จากนั้นเปิดสวิตส์เครื่องสกัดไขมัน ตั้งอุณหภูมิเครื่องที่ 150 องศาเซลเซียส และตั้งอุณหภูมิเครื่อง cooling bath ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

4.2.7 เติมปิโตรเลียมอีเทอร์จำนวน 150 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์ไขมันที่มีตัวอย่างอยู่แล้วต่อบีกเกอร์เข้ากับตัวเครื่องสกัดไขมัน

4.2.8 เมื่ออุณหภูมิเครื่องสกัดไขมันที่ตั้งไว้ ถึงอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ให้เริ่มจับเวลาในการสกัดประมาณ 30 นาที (ปุ่มอยู่ที่ตำแหน่ง circulation)

4.2.9 เมื่อครบกำหนดเวลา ให้หมุนปุ่มจากตำแหน่ง circulation ไปที่ตำแหน่ง recovery โดยค้างไว้ประมาณ 10-15 นาที โดยดูจากระดับ solvent เป็นหลัก ซึ่งระดับของ solvent ต้องลดลงอยู่ต่ำกว่าระดับหลอดใส่ตัวอย่าง

4.2.10 เมื่อระดับ solvent ลดลงอยู่ต่ำกว่าหลอดใส่ตัวอย่าง ให้หมุนปุ่มกลับไปที่ circulation

4.2.11 ทำการ rinsing 30 นาที-1 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวทำละลายระเหยและกลั่นตัวไหลชะผ่านตัวอย่างลงมา

4.2.12 เมื่อครบกำหนดเวลา ให้หมุนปุ่มมาที่ recovery และค้างไว้จนตัวทำละลายแห้งหมด แล้วจึงหมุนปุ่มกลับมาที่ circulation

4.2.13 ยกบีกเกอร์ขึ้นจากเตาให้ความร้อนและค้างไว้ประมาณ 15 นาที

4.2.14 ตั้งอุณหภูมิของเครื่องสกัดไขมันจาก 150 องศาเซลเซียส ให้ลดลงเหลือ 0 องศาเซลเซียส

4.2.15 ยกบีกเกอร์ออกจากเครื่องสกัดไขมัน นำบีกเกอร์ไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100-102 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่ได้

4.2.16 ทำซ้ำโดยอบนานครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.001-0.003 กรัม) บันทึกน้ำหนัก

4.2.17 คำนวณหาปริมาณไขมัน

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละโดยนน.)} = \frac{\text{นน. ไขมัน (กรัม)} \times 100}{\text{นน.ตัวอย่าง (กรัม)}}$$

5. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC., 2000)

5.1 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ

5.1.1 บีกเกอร์

5.1.2 กระบอกตวง

5.1.3 เครื่องบดอาหาร

5.1.4 ขวดปรับปริมาตร

5.1.5 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

5.1.6 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

5.2 วิธีวิเคราะห์

5.2.1 เตรียมเปิดเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ตามคู่มือการใช้งานของเครื่อง จากนั้นทำการ calibrate เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็น กรด-ด่าง 4, 7 และ 10

5.2.2 ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม นำมาบดผสมกับน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร

5.2.3 ตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

6. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยวิธีการคำนวณ (AOAC, 2000)

การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) หาได้จาก 100 ลบด้วยผลรวมระหว่างปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน และปริมาณเถ้า

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) = 100 - (ความชื้น+เถ้า+โปรตีน+ไขมัน)

7. การวิเคราะห์หาปริมาณเกลือ (sodium chloride)

7.1 อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี

7.1.1 บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร

7.1.2 ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร

7.1.3 บิวเรตต์

7.1.4 เตาไฟฟ้า (hot plate)

7.1.5 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

7.1.6 สารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) 0.1 N

7.1.7 สารละลายมาตรฐานแอมโนเนียมไทโอไซยาเนต (NH_4SCN) 0.1 N

7.1.8 สารละลายอิ่มตัวแอมโมเนียมเฟอร์ริกซัลเฟต ($FeNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$)

7.1.9 กรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3)

71.10 น้ำกลั่น

7.1.11 ตัวอย่างอาหาร

7.2 วิธีวิเคราะห์

7.2.1 ชั่งตัวอย่างบดละเอียด 1 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

7.2.2 ปิเปตสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ใส่ลงไปจำนวน 20 มิลลิลิตร (เพื่อให้อนุมูลคลอไรด์ตกตะกอนเป็น AgCl) จากนั้นเติมกรดไนตริกเข้มข้นลงไป 20 มิลลิลิตร โดยทำในตู้ควัน

7.2.3 นำสารละลายไปต้มให้เดือดอ่อน ๆ บน hot plate ประมาณ 15 นาที จนตะกอนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ตะกอน AgCl ลายหมด วางทิ้งไว้ให้เย็น

7.2.4 เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร และเติมสารละลายอิ่มตัวแอมโมเนียมเฟอร์ริกซัลเฟต 5 มิลลิลิตร เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์

7.2.5 นำไปไทเทรตกับสารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต 0.1 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน (ซึ่งแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต จะไปทำปฏิกิริยากับซิลเวอร์ไนเตรทส่วนที่เหลืออยู่) บันทึกปริมาตรของสารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนตที่ใช้ในการไทเทรต

7.2.6 หักลบปริมาตรของสารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนตที่ใช้ในการไทเทรตออกจากปริมาตรของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทที่ใช้เติมลงไป จะได้ปริมาตรของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทที่ทำปฏิกิริยากับอนุมูลคลอไรด์ นำค่าที่ได้คำนวณหาปริมาณโซเดียมคลอไรด์

$$\text{ปริมาณเกลือ (NaCl, ร้อยละ)} = \frac{5.8 \times ((a \times N\ AgNO_3) - (b \times N\ NH_4SCN))}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$$

a = ปริมาตรของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (มิลลิลิตร)

N $AgNO_3$ = ความเข้มข้นของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (นอร์มอล)

b = ปริมาตรของสารละลายแอมโมเนียมไธโอไซยาเนต (มิลลิลิตร)

N NH_4SCN = ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียมไธโอไซยาเนต (นอร์มอล)

8. การวิเคราะห์ปริมาณแทนนินทั้งหมด (Tamilselvi *et al*., 2012)

8.1 สารเคมี

8.1.1 สารละลาย folin–Ciocalteu

8.1.2 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 35

8.1.3 สารละลายกรดแทนนิกความเข้มข้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

8.1.4 เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50

8.2 การเตรียมกราฟมาตรฐานกรดแทนนิก

8.2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก โดยให้มีความเข้มข้น 0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

8.2.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองแต่ละหลอดที่มีน้ำกลั่นอยู่ 7.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

8.2.3 เติมสารละลาย Folin–Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

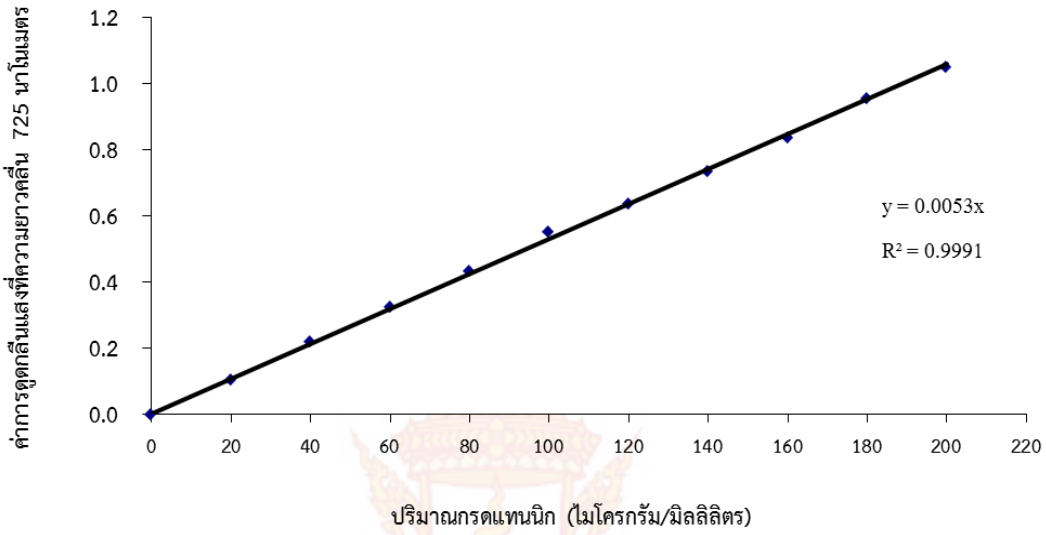
8.2.4 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

8.2.5 เติมน้ำกลั่นปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

8.2.6 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร

8.2.7 สำหรับ blank ใช้เอธานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ แทนในตัวอย่างสารสกัดในปริมาณที่เท่ากัน

8.2.8 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแทนนินทั้งหมดกับปริมาณกรดแทนนิกในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลกรดแทนนิก/100 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง



ภาพผนวกที่ 1 กราฟมาตรฐานกรดแทนนิกในการวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินทั้งหมด

8.3 การวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัด

8.3.1 ปิเปตตัวอย่างสารสกัดปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นอยู่ 7.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

8.3.2 เติมสารละลาย Folin – Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

8.3.3 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

8.3.4 เติมน้ำกลั่นปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

8.3.5 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร

8.3.6 สำหรับ blank ใช้เอธานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ แทนในตัวอย่างสารสกัดในปริมาณที่เท่ากัน

8.3.7 คำนวณปริมาณแทนนินทั้งหมดในสารสกัด

9. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Zhang *et al*., 2013)

9.1 สารเคมี

9.1.1 สารละลาย Folin - Ciocalteu

9.1.2 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์

9.1.3 สารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

9.1.4 เอธานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์

9.2 การเตรียมกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

9.2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก โดยให้มีความเข้มข้น 20 40 60 80 100 120 140 160 180 และ 200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

9.2.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกแต่ละความเข้มข้น ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองแต่ละหลอดที่น้ำกลั่นอยู่ 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

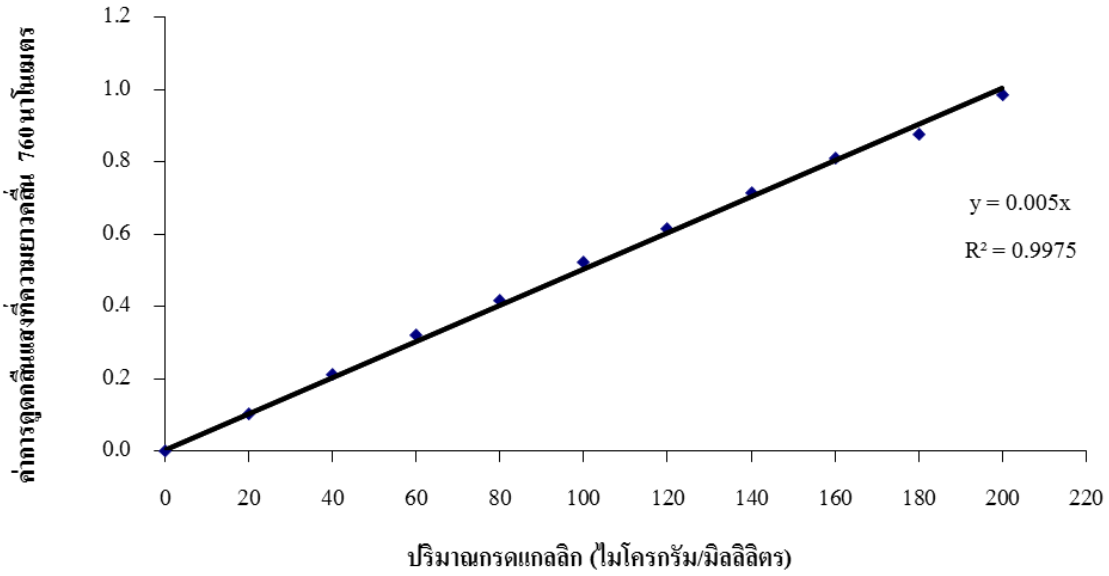
9.2.3 เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 6 นาที

9.2.4 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

9.2.5 เติมน้ำกลั่นปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 90 นาที

9.2.6 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร โดยใช้เอธานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ เป็น blank

9.2.7 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม/มิลลิลิตร



ภาพผนวกที่ 2 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

9.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัด

9.3.1 ปิเปตตัวอย่างสารสกัดปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นอยู่ 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

9.3.2 เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 6 นาที

9.3.3 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

9.3.4 เติมน้ำกลั่นปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 90 นาที

9.3.5 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร

9.3.6 สำหรับ blank ใช้เอธานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ แทนตัวอย่างสารสกัดในปริมาณที่เท่ากัน

9.3.7 คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัด

10. การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (Zhang *et al*., 2013)

10.1 สารเคมี

10.1.1 สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.07 มิลลิโมลาร์

10.1.2 สารละลายวิตามินซี ความเข้มข้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

10.1.3 สารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

10.1.4 เอธานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์

10.2 การเตรียมกราฟมาตรฐานวิตามินซี

10.2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินซี โดยให้มีความเข้มข้น 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 60 และ 65 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

10.2.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐานวิตามินซีแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองแต่ละหลอด

10.2.3 ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.07 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 5.6 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

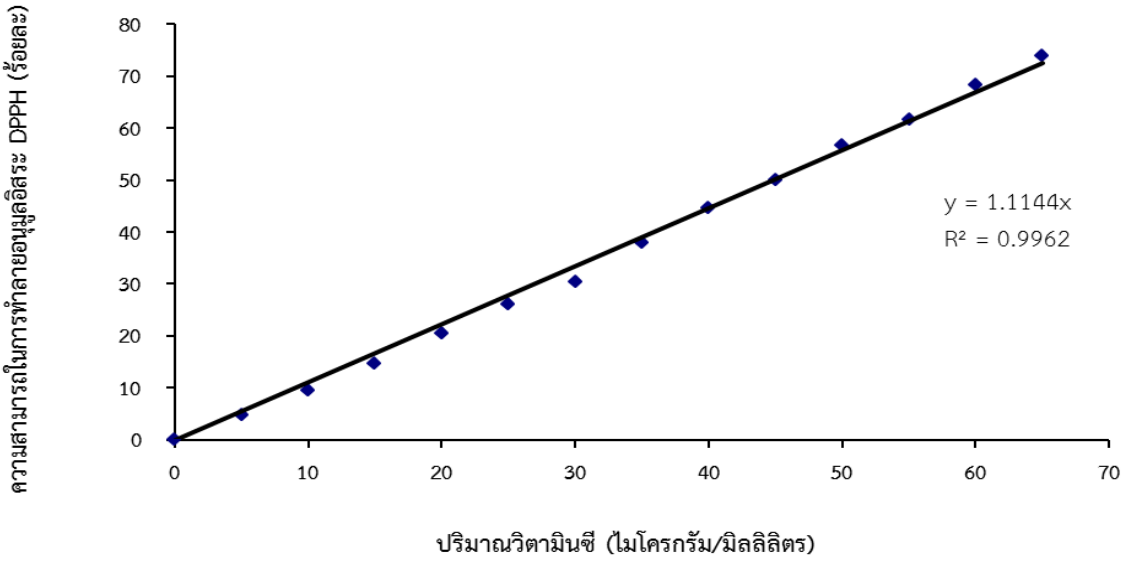
10.2.4 ผสมให้เข้ากัน วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที

10.2.5 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอธานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์เป็น blank และในหลอดควบคุมจะใช้เอธานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์แทนสารละลายมาตรฐานวิตามินซี

10.2.6 คำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ จากสูตร

$$\frac{(\text{ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม} - \text{ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง})}{(\text{ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม})} \times 100$$

10.2.7 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH กับปริมาณวิตามินซีในหน่วยไมโครกรัม/มิลลิลิตร



ภาพผนวกที่ 3 กราฟมาตรฐานวิตามินซีในการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

10.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างสารสกัด

10.3.1 ปิเปตตัวอย่างสารสกัดปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง

10.3.2 ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.07 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 5.6 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากัน วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที

10.3.3 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอธานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์เป็น blank และในหลอดควบคุมจะใช้เอธานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์แทนตัวอย่างสารสกัดในปริมาณที่เท่ากัน

10.3.4 คำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างสารสกัด

11. การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Benzie and Strain, 1996)

11.1 สารเคมี

11.1.1 อะซิเตต บัฟเฟอร์ (Acetate buffer) pH 3.6 ความเข้มข้น 0.3 โมลาร์

- ชั่ง sodium acetate trihydrate 3.1 กรัม ผสมกับ gracial acetic acid 16 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

11.1.2 สารละลาย TPTZ (2,4,6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ใน HCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์

- ชั่ง TPTZ 0.1562 กรัม ละลายใน HCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

11.1.3 สารละลาย Iron (III) chloride hexahydrat ($FeCl_3.6H_2O$) ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์

- ชั่ง $FeCl_3.6H_2O$ 0.2703 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

11.1.4 FRAP reagent

- เตรียมโดยผสมสารละลายที่เตรียมไว้ทั้งหมดดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยให้มีอัตราส่วนของอะซิเตตบัฟเฟอร์ : สารละลาย TPTZ : สารละลาย $FeCl_3.6H_2O$ เป็น 10 : 1 : 1 โดยปรับปริมาตรตามลำดับ ซึ่งต้องเตรียมใหม่ทุกวัน

11.2 การเตรียมกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

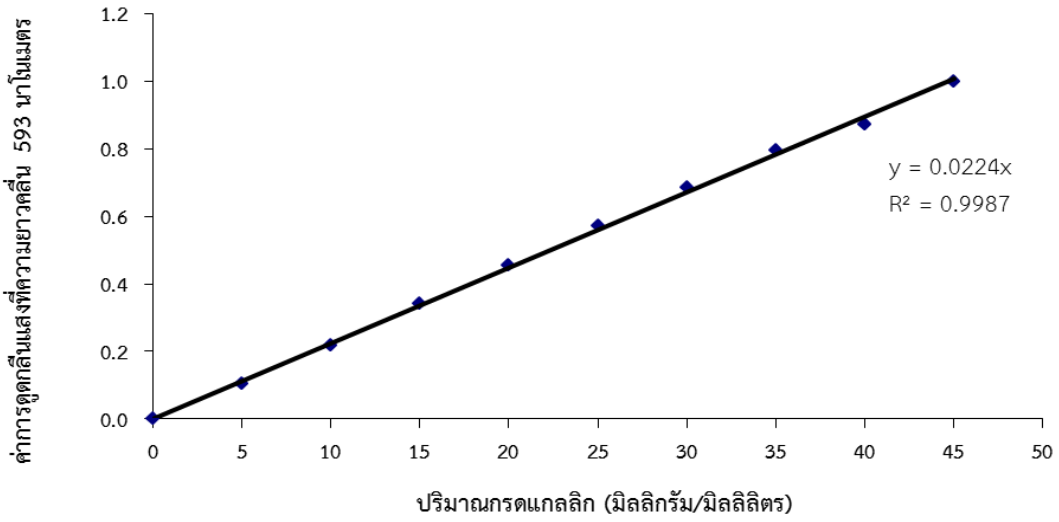
11.2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก โดยให้มีความเข้มข้น 5 10 15 20 25 30 35 และ 40 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

11.2.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกแต่ละความเข้มข้น ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองแต่ละหลอด

11.2.3 เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 นาที

11.2.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยใช้เอธานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ เป็น blank โดยใช้แทนสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกในปริมาณที่เท่ากัน

11.2.5 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม/มิลลิลิตร



ภาพผนวกที่ 4 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

11.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในตัวอย่างสารสกัด

11.3.1 ปิเปตตัวอย่างสารสกัดปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

11.3.2 เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 6 มิลลิลิตร

11.3.3 ผสมให้เข้ากัน วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 นาที

11.3.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร สำหรับ blank ใช้เอธานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ แทนตัวอย่างสารสกัดในปริมาณที่เท่ากัน

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1. ค่าสี

1.1 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.1.1 เพลทพลาสติก

1.1.2 เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น MiniScan

1.2 วิธีวิเคราะห์

1.2.1 ปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวและสีดำมาตรฐาน

1.2.2 เรียงเห็ดในภาชนะสำหรับวัดค่าสี จากนั้นนำไปวางในตำแหน่งของเครื่อง บันทึกค่าที่เครื่องอ่านได้ (L*, a*, b*)

โดย L* คือ ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0-100

a* คือ ค่าสีแดงและสีเขียว เมื่อมีค่าเป็นบวก เป็นสีแดง

เมื่อมีค่าเป็นลบ เป็นสีเขียว

b* คือ ค่าสีเหลืองและน้ำเงิน เมื่อมีค่าเป็นบวก เป็นสีเหลือง

เมื่อมีค่าเป็นลบ เป็นสีน้ำเงิน

2. ความแน่นเนื้อ (Firmness)

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

2.1.1 บีกเกอร์

2.1.2 ถ้วยใส่ตัวอย่าง

2.1.3 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

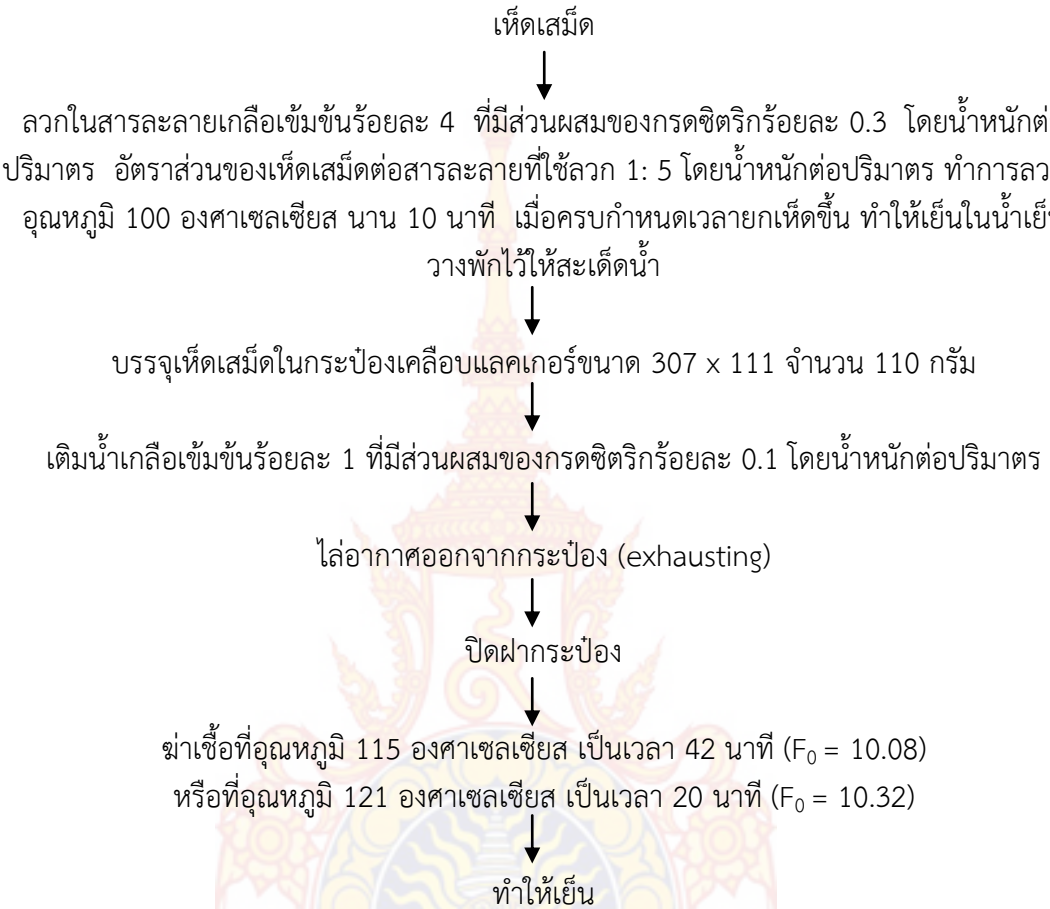
2.1.4 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer)

2.2 วิธีวิเคราะห์

2.2.1 เตรียมตัวอย่างเห็ดเสม็ด

2.2.2 ตรวจวัดค่าความแน่นเนื้อ (firmness, N) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) เลือกการทดสอบแบบเจาะทะลุ (penetration) โดยใช้ load cell ขนาด 5 กิโลกรัม หัววัด cylinder probe (P/2) ความเร็วของหัววัดระหว่างการทดสอบ (test speed) 1.5 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทางในการกด 5 มิลลิเมตร

ภาคผนวก ค
กระบวนการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง



ภาพผนวกที่ 5 แผนภาพขั้นตอนการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

ภาพผนวกที่ 6 การติดเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบในการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนในผลิตภัณฑ์

ภาพผนวกที่ 7 การบรรจุเห็ดเสม็ดและน้ำเกลือ

ภาพผนวกที่ 8 การไล่อากาศ

ภาพผนวกที่ 9 เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือหลังการปิดฝากระป๋อง

ภาพผนวกที่ 10 การฆ่าเชื้อเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องในรีทอร์ต

ภาพผนวกที่ 11 ผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง