ผลของสภาวะการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์ต่อคุณภาพของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

Effect of Sterilization Condition on Qualities of Canned *Boletus griseipurpureus* Corner in Brine

ดลฤดี พิชัยรัตน์* และ นพรัตน์ มะเห

Donrudee Pichairat* and Nopparat Mahae

Received: 15 September 2022, Revised: 1 June 2023, Accepted: 12 June 2023

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง โดยศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อและผลของการฆ่าเชื้อที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อทราบถึงสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ เห็ดเสม็ดที่ผ่านการต้มบรรจุในกระป๋องให้มีน้ำหนัก 110 กรัม เติมสารละลายเกลือ (สารละลายผสมระหว่างเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 กับกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ให้มีน้ำหนักรวม 200 กรัม เมื่อนำไปฆ่าเชื้อที่ 2 ระดับอุณหภูมิ คือ 116 และ 121 องศาเซลเซียส พบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ 42 นาที และการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ 20 นาที ได้ค่า F_0 เท่ากับ 10.08 และ 10.35 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส มีสีคล้ำและมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แต่มีคุณภาพทางเคมีใกล้เคียงกัน มีความปลอดภัยในการบริโภคและได้รับการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในทุกปัจจัยคุณภาพไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) การฆ่าเชื้อเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องจึงสามารถใช้ได้ทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องกับเห็ดเสม็ดต้มที่เตรียมเพื่อการบริโภคตามปกติ พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง (L*) ลดลงและมีเนื้อสัมผัสนิ่มมากขึ้น รวมถึงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกลดลง คงเหลืออยู่ในช่วงร้อยละ 78.00-78.13 73.99-77.41 และ 65.25-65.40 ตามลำดับ อันเป็นผลเนื่องมาจากการถูกทำลายด้วยความร้อนขณะฆ่าเชื้อ

คำสำคัญ: เห็ดเสม็ด, อาหารกระป๋อง, การฆ่าเชื้อ

สาขาวิชาอุตสาหกรรมอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

Program in Food Industry, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Sikao, Trang 92150, Thailand.

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): donrudee.j@rmutsv.ac.th

ABSTRACT

The production of canned *Boletus griseipurpureus* Corner in brine involved studying the product sterilization conditions and the effects of sterilization process on product properties. The objective of this study was to find proper sterilization conditions for producing the product. Boiled mushrooms, weighing 110 g, was packed into cans before adding a salt solution (1% sodium chloride and 0.1% citric acid (w/v)) to make a total weight of 200 g and they were sterilized at two temperature levels (116 and 121 °C). The results showed that the sterilization at 116 °C for 42 minutes and 121 °C for 20 minutes gave F_0 of 10.08 and 10.35, respectively. The comparison of canned mushroom qualities sterilized at two temperature levels found that the product sterilized at 116 °C exhibited a dark color and softer texture than product sterilized at 121 °C, but the chemical qualities of sterilized product analyzed in both temperature levels were similar, safe for consumption, and showed no significant differences ($p>0.05$) in all sensory quality factors. Therefore, both temperature levels estimated can be used for the sterilization process of canned *Boletus griseipurpureus* Corner in brine. The comparison of the canned products with boiled mushroom prepared for consumption found that the canned mushroom had a lower L* value and a softer texture. In addition, the total phenolic content, DPPH free radical scavenging activity and ferric reducing antioxidant power (Frap) decreased, with residuals falling within the ranges of 78.00-78.13%, 73.99-77.41% and 65.25-65.40% respectively as a result of thermal disruption during the sterilization process.

Key words: *Boletus griseipurpureus* corner, canned food, sterilization

บทนำ

เห็ดเสม็ด (*Boletus griseipurpureus* Corner) เป็นเห็ดป่ากินได้ที่พบขึ้นตามพื้นดินบริเวณที่มีต้นเสม็ดขาว (*Corymbia citriodera*) ต้นกระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*) และต้นยูคาลิปตัส (*Eucalyptus* spp.) ขึ้นอยู่ โดยมักพบในพื้นที่ทางภาคตะวันออกภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ของประเทศ (Seehanan and Petcharat, 2008; Pornpitakdamrong *et al*., 2016) มีลักษณะเป็นเห็ดทรงร่ม หมวกเห็ดมีรูปร่างโค้งนูนคล้ายรูปกระทะคว่ำ ภายนอกมีสีเทาอมม่วงหรือม่วงอ่อน ภายในมีสีขาว ด้านล่างของหมวกดอกมีลักษณะเป็นรู ก้านดอกด้านนอกมีสีเหมือนดอกเห็ด ด้านในมีสีขาวและมีลักษณะเป็นรูกลวงตลอดความยาวก้านดอก (Jantharathep, 1993; Seehanan *et al*., 2007) เห็ดเสม็ดมีรสชาติขม นิยมบริโภคทางภาคใต้ โดยชาวบ้านมักนำมาต้มในน้ำเดือดใส่เกลือหรือใส่ใบมะขามเพื่อลดความขมก่อนนำไปบริโภค ซึ่งการบริโภคอาจนำมาจิ้มกินกับน้ำพริกหรือนำไปปรุงเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ เช่น แกงกะทิ (Pornpitakdamrong *et al*., 2016) มีรายงานการศึกษาที่พบว่าเห็ดเสม็ดมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยสูง แต่มีปริมาณไขมันต่ำ โดยเห็ดเสม็ดที่ผ่านการทำแห้ง (ความชื้นร้อยละ 10.1) มีปริมาณเถ้า โปรตีน ไขมัน และเยื่อใยร้อยละ 8.6 31.4 0.9 และ 15 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ (Aung-aud-chariya *et al*., 2012; Pornpitakdamrong *et al*., 2016; Sudjaroen and Thongkao, 2017) และพบว่าสารสกัดจากเห็ดเสม็ดมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียบางชนิด เช่น

Staphylococcus aereus และ *Escherichia coli* (Aung-aud-chariya *et al*., 2015)

เห็ดเสม็ดออกผลผลิตเป็นช่วงฤดูกาล โดยจะพบในช่วงต้นฤดูฝน ประมาณเดือนเมษายน-มิถุนายน สภาพอากาศที่เหมาะแก่การงอกของเห็ดชนิดนี้ คือ สภาพอากาศที่ร้อนและแห้งแล้งติดต่อกันเป็นเวลานาน และมีฝนตกหนักติดต่อกันภายหลัง (Pornpitakdamrong *et al.*, 2016; Aung-aud-chariya *et al.*, 2018; kaewsongsaeng *et al.*, 2018) ซึ่งเห็ดเสม็ดมีอายุการเก็บรักษาสั้น สามารถเก็บในรูปสดได้เพียง 1-2 วัน จึงจัดเป็นเห็ดหายากและมีราคาแพง การแปรรูปเห็ดเสม็ดให้อยู่ในรูปของอาหารกระป๋องเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของเห็ดเสม็ดให้เก็บไว้ได้นาน ทำให้มีเห็ดเสม็ดไว้บริโภคตลอดทั้งปี ทั้งนี้เนื่องจากการผลิตอาหารกระป๋องเป็นวิธีการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนที่สามารถทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ของจุลินทรีย์ทั้งชนิดที่ก่อให้เกิดโรค (pathogen) และชนิดที่ทำให้อาหารเน่าเสียได้ (food spoilage) จึงสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารไว้ได้นานและมีความปลอดภัยในการบริโภค (Rungsardthong, 2004) อีกทั้งการแปรรูปดังกล่าวยังเป็นการช่วยให้สามารถใช้ประโยชน์จากเห็ดเสม็ดได้อย่างคุ้มค่า มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดหลายชนิด เช่น Chandrasekar *et al*. (2004) ศึกษาการผลิตเห็ดแชมปิญองในน้ำเกลือบรรจุถุงรีทอร์ตเพาช์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 17 นาที มีค่า F_0 เท่ากับ 9.6 สามารถเก็บไว้ได้นาน 12 เดือน ขณะที่ Nketia *et al*. (2020) ศึกษาการผลิตเห็ดนางฟ้าในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องโดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่าสามารถเก็บไว้ได้นานกว่า 6 เดือน อย่างไรก็ตามการแปรรูปด้วยความร้อนดังกล่าวส่งผลต่อการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการและการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของเห็ดได้ โดย Liaotrakoon and Liaotrakoon (2017) ศึกษาการผลิตเห็ดตับเต่าในน้ำเกลือบรรจุขวดแก้ว โดยฆ่าเชื้อด้วยวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำเป็นเวลา 30 นาที ก่อนปิดฝาขวดและทำให้เย็น พบว่าผลิตภัณฑ์เห็ดตับเต่าในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระลดลงเหลือเพียงร้อยละ 42.09 และ 74.49 เมื่อเทียบกับเห็ดตับเต่าสด และการศึกษาของ Nketia *et al*. (2020) ที่พบว่าเห็ดนางรมในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในระดับสเตอริไลส์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีเนื้อสัมผัสที่นิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับเห็ดนางรมที่ผ่านการลวกด้วยไอน้ำและเห็ดนางรมสด การศึกษาสภาวะในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่เหมาะสมจะช่วยรักษาคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ได้

ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงสนใจที่จะนำเห็ดเสม็ดซึ่งเป็นวัตถุดิบในท้องถิ่นมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์และผลของการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งข้อมูลที่ได้ทำให้ทราบถึงสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างเห็ดเสม็ด

เห็ดเสม็ดที่เก็บได้ในช่วงฤดูกาล (เม.ย.-พ.ค.) ในพื้นที่อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง นำมาคัดแยกขนาด โดยคัดเลือกเห็ดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกเห็ดอยู่ในช่วง 1.5-2.5 เซนติเมตร จากนั้นนำมาตัดแต่งแยกเอาเศษดิน สิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ และส่วนที่กินไม่ได้ออก นำไปใช้ในการทดลอง

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเห็ดเสม็ด

เห็ดเสม็ดที่เตรียมได้ตามวิธีการในข้อที่ 1 นำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเห็ดเสม็ด ดังนี้

2.1 องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่

- ความชื้น ตามวิธีของ AOAC (2000)
- เถ้า ตามวิธีของ AOAC (2000)
- โปรตีน ตามวิธีของ AOAC (2000)
- ไขมัน ตามวิธีของ AOAC (2000)
- เยื่อใย ตามวิธีของ AOAC (2000)
- คาร์โบไฮเดรต โดยวิธีคำนวณ

2.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เตรียมสารสกัดจากเห็ดเสม็ดตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Sulaiman *et al*. (2011) โดยใช้เห็ดเสม็ดบดละเอียด 10 กรัม ต่อเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร สกัดด้วยเครื่องเขย่า (shaker) ที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองสารสกัดที่ได้ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 นำไปตรวจวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic contents) ตามวิธีของ Zhang *et al*. (2013) โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน และตรวจวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ 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 ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (UV-1601 spectrophotometer, Shimadzu, Japan)

3. การศึกษาการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

เห็ดเสม็ดที่เตรียมตามวิธีการในข้อ 1 นำมาต้มในสารละลายผสมระหว่างเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 4 กับกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามวิธีการของ Pichairat and Mahae (2017) โดยมีอัตราส่วนระหว่างเห็ดต่อสารละลายที่ใช้ต้ม 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานำเห็ดเสม็ดขึ้นทำให้เย็นในน้ำเย็นทันที แล้วล้างน้ำ 1-2 ครั้ง จนไม่มีสิ่งสกปรก วางพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ ศึกษาการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์โดยนำเห็ดเสม็ดที่ผ่านการต้มจำนวน 110 กรัม มาบรรจุในกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ขนาด 307x113 ที่ติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบ (thermocouple) บริเวณด้านข้างของกระป๋องตรงตำแหน่งกึ่งกลางของความสูงจากก้นของกระป๋อง โดยให้ปลายเข็มอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของกระป๋อง (ปลายเข็มวัดอุณหภูมิเสียบที่ชิ้นเห็ด) จากนั้นเติมสารละลายผสมระหว่างเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 กับกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ขณะร้อนปริมาณ 90 กรัม ทำการไล่อากาศออกจากกระป๋อง (exhausting) โดยการผ่านอุโมงค์ไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที ปิดผนึกฝาด้วยเครื่องปิดฝากระป๋อง (JK Somme, Spain) และตรวจสอบความเรียบร้อยของตะเข็บกระป๋อง ติดตั้งระบบวัดการแทรกผ่านความร้อนโดยต่อสายวัดอุณหภูมิจากเข็มวัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิ (TM 14794, Ellab, Germany) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์เข้าเครื่องฆ่าเชื้อแบบใช้ไอน้ำ (steam retort) (Food Machinery, Thai) ทำการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 116 และ 121 องศาเซลเซียส กำหนดค่า F_0 เท่ากับ 10 นาที (Chandrasekar *et al*., 2004) บันทึกอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อและอุณหภูมิ

อาหารที่จุดร้อนช้าที่สุดภายในภาชนะบรรจุทุก 1 นาที จนสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อนและทำให้เย็น คำนวณหาค่า F_0 และระยะเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ของแต่ละอุณหภูมิ (process time) ด้วยวิธีทั่วไป (general method) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

4. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์

ทำการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง และฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 116 และ 121 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการฆ่าเชื้อตามที่ได้จากการศึกษาในข้อที่ 3 แล้วนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

4.1 คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Microscan EZ, Hunter Lab, U.S.A)

- ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) โดยวิธีคำนวณ

- ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (TA.XT plus Texture analyzer, Stable Micro Systems, UK) เลือกการทดสอบแบบเจาะทะลุ (penetration) โดยใช้หัววัด cylinder probe (P/2) ความเร็วระหว่างการทดสอบ 1.5 มิลลิเมตร/วินาที ระยะในการกด 5 มิลลิเมตร (Gao *et al*., 2014)

4.2 คุณภาพทางเคมี

- องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร ตามวิธีของ AOAC (2000) และคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีคำนวณ

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณเกลือ (Nacl) ตามวิธีของ AOAC (2000)

- ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เตรียมสารสกัดจากเห็ดเสม็ด ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Sulaiman *et al.* (2011) และวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Zhang *et al*., 2013) ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (Zhang *et al*., 2013) และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Benzie and Strain, 1996) เช่นเดียวกับวิธีการในข้อ 2.2

4.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อและนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด, Flat sour bacteria ชนิด thermophile, Flat sour bacteria ชนิด mesophile, Thermophilic anaerobes, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp, Coliform bacteria และ *Clostridium botulinum* ตามวิธีของ BAM (2001)

4.4 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง โดยนำเห็ดเสม็ดมาแกงกะทิ ประเมินปัจจัยคุณภาพด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale กับผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝน (Untrained panel) จำนวน 30 คน

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเห็ดเสม็ด

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเห็ดเสม็ด (แสดงดังตารางที่ 1) พบว่าเห็ดเสม็ดมีปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 91.20 0.90 2.52 0.21 2.37 และ 5.17 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

Table 1 Proximate composition, Total Phenolic content and Antioxidant properties of mushroom

Composition	Contents	
	% Fresh weight	% Dry weight
1. Proximate composition		
- Moisture	91.20±0.06	-
- Ash	0.90±0.04	10.26±0.48
- Protein	2.52±0.01	28.61±0.15
- Fat	0.21±0.01	2.33±0.05
- Crude fiber	2.37±0.06	26.89±0.66
- Carbohydrate	5.17±0.05	58.80±0.50
2. Total Phenolic Content (mg GAE/100 g)	68.60±0.15	840.65±1.82
3. Antioxidant properties		
- DPPH (mg AAE/100 g)	22.13±0.06	271.26±1.15
- Frap (mg GAE/100 g)	14.60±0.05	178.87±0.61

ซึ่งจากผลการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่าเห็ดเสม็ดมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยสูง แต่มีปริมาณไขมันต่ำ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sudjaroen and Thongkao (2017) ที่พบว่าเห็ดเสม็ดแห้งที่นำมาศึกษา (ความชื้นร้อยละ 10.1) มีปริมาณโปรตีนสูงและมีปริมาณไขมันต่ำ โดยมีโปรตีนร้อยละ 4.28 และไขมันร้อยละ 0.14 โดยน้ำหนัก และผลการศึกษาของ Liu *et al*. (2016) ที่พบว่าเห็ดสกุลโบลีทัส (boletus mushroom) มีปริมาณโปรตีนสูง (ร้อยละ 21.72-30.59 โดยน้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณไขมันต่ำ (ร้อยละ 1.96-7.87 โดยน้ำหนักแห้ง) เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบว่าเห็ดเสม็ดที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 68.60 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักสด มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเท่ากับ 22.13 มิลลิกรัมสมมูลวิตามินซี/100 กรัมน้ำหนักสด และ 14.60 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเทียบกับเห็ดป่ากินได้ที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย เช่น เห็ดเผาะ (*Astraeus odoratus*) เห็ดผึ้ง (*Heimiella retispora*) พบว่าเห็ดเสม็ดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่า (Srikram and Supapvanich, 2016) โดยเห็ดทั้งสองชนิดมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยสูง แต่มีปริมาณไขมันต่ำด้วยเช่นกัน

2. ผลการศึกษาการฆ่าเชื้อเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

ข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 พ.ศ. 2556 เรื่องอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท กำหนดให้อาหารประเภทกรดต่ำที่บรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิทต้องผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่กำหนด โดยให้มีค่า F_0 ไม่น้อยกว่า 3 นาที เพื่อให้เพียงพอต่อการทำลายเชื้อ *Clostridium botulinum* (Ministry of Public Health, 2013) การศึกษาการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียสและ 121 องศาเซลเซียส กำหนดให้ค่า F_0 เท่ากับ 10 นาที ข้อมูลการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน (heat penetration) และบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิ แสดงดังภาพที่ 1 และ 2 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 ซึ่งผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Pursito *et al.* (2020) ที่ศึกษาการฆ่าเชื้อเห็ดแชมปิญอง (*Agaricus bisporus*) ในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 115 121 และ 130 องศาเซลเซียส โดยให้ค่า F_0 เท่ากับ 10 นาที พบว่าใช้เวลาในการฆ่าเชื้อนาน 39.32 11.22 และ 1.30 นาที ตามลำดับ และพบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูง เวลาในการฆ่าเชื้อสั้น ให้ประสิทธิภาพของการใช้ไอน้ำสูงสุด ทำให้เกิดความคุ้มค่าของต้นทุน ขณะที่ผลการศึกษาของ Chandrasekar *et al.* (2004) พบว่าการฆ่าเชื้อเห็ดแชมปิญอง (*Agaricus bisporus*) ในน้ำเกลือบรรจุถุงรีทอร์ตเพาท์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ (process time) 17 นาที ได้ค่า F_0 เท่ากับ 9.6 นาที ซึ่งผลิตภัณฑ์เห็ดในน้ำเกลือควรมีค่า F_0 ในช่วง 8-10 นาที

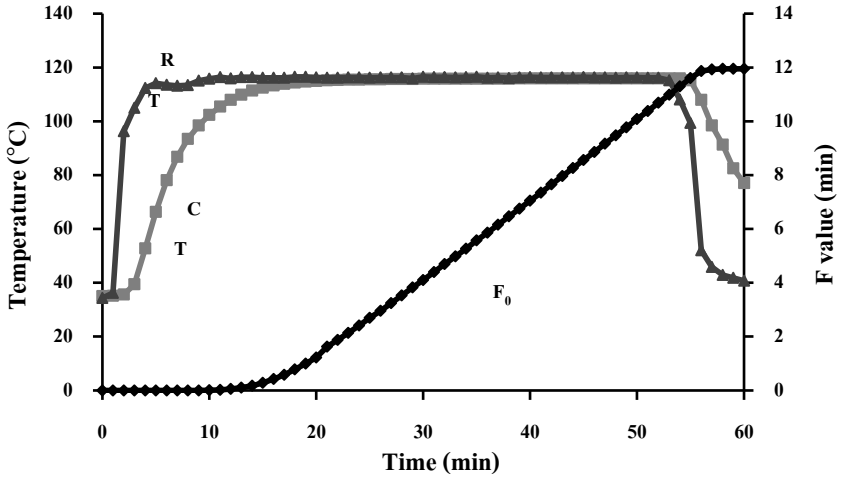

Figure 1 Heat penetration and F_0 of canned mushroom in brine during sterilization at 116 °C

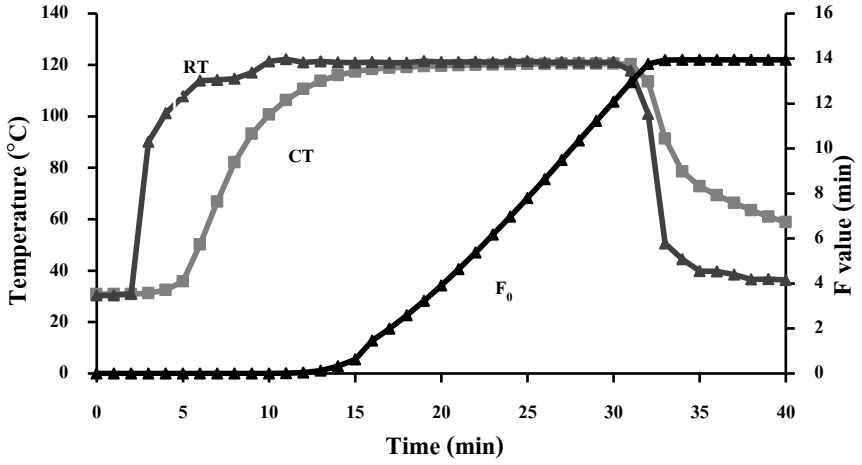

Figure 2 Heat penetration and F_0 of canned mushroom in brine during sterilization at 121 °C

3. ผลการศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง

การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 และ 121 องศาเซลเซียสตามสภาวะที่ได้จากการศึกษาข้างต้น ได้ผลแสดงดังตารางที่ 2-5 พบว่า การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนระดับสเตอริไลส์ส่งผลให้เห็ดเสม็ดทั้งส่วนก้านและดอกเห็ดเกิดการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) โดยมีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเทียบกับเห็ดเสม็ดต้มที่เตรียมเพื่อบริโภคตามปกติ (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อส่งผลให้เห็ดเสม็ดมีสีคล้ำมากขึ้น และยังส่งผลให้เห็ดเสม็ดมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มมากขึ้นทั้งส่วนก้านและดอกเห็ด ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน พบว่าเห็ดเสม็ดที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) มากกว่าเห็ดเสม็ดที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะในส่วนของก้านที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีมากกว่าส่วนของดอกเห็ด ซึ่งทั้งส่วนก้านและดอกเห็ดจะมีค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ลดลง เมื่อเทียบกับเห็ดเสม็ดที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ($p\leq0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่นานขึ้น ส่งผลให้เกิดการสูญเสียอากาศและน้ำออกจากชิ้นเห็ดมากขึ้น รวมถึงการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (ปฏิกิริยาเมลลาร์ด) และการทำปฏิกิริยาระหว่างเห็ดกับดีบุกหรือเหล็กที่เป็นส่วนประกอบของกระป๋องในระหว่างการให้ความร้อน ส่งผลให้เห็ดมีสีคล้ำมากขึ้น (Nketia *et al.*, 2020; Garcia *et al.*, 2021) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Garcia *et al.* (2021) ที่พบว่าการปรุงเห็ดพอร์ชินี (*Boletus edulis*) ด้วยความร้อน เช่น การตุ๋น การย่าง และการอบ ส่งผลให้เห็ดทั้งส่วนของก้านและดอกเห็ดมีสีคล้ำมากขึ้นจากการสูญเสียน้ำและอากาศ และการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล โดยเฉพาะส่วนของดอกเห็ด ในส่วนของเนื้อสัมผัสพบว่าเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส มีเนื้อสัมผัสทั้งส่วนของก้านและดอกเห็ดนิ่มมากกว่าเห็ดเสม็ดที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะในส่วนของดอกเห็ด โดยดอกเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส มีค่าความแน่นเนื้อลดลงร้อยละ 40.38 ในขณะที่ดอกเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือ

ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส มีค่าความแน่นเนื้อลดลงร้อยละ 20.51 เมื่อเทียบกับเห็ดเสม็ดต้มที่เตรียมเพื่อบริโภคตามปกติ ทั้งนี้การใช้เวลาในการฆ่าเชื้อที่นานขึ้น ส่งผลให้เห็ดมีการสูญเสียน้ำหนักและปริมาตรมากขึ้น โปรตีนเกิดการเสียสภาพ เยื่อหุ้มเซลล์และพันธะไฮโดรเจนของผนังเซลล์ถูกทำลาย ทำให้เห็ดมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มมากขึ้น (Jaworska and Bernas, 2010) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Nketia *et al*. (2020) ที่พบว่ากระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน เช่น การลวกด้วยไอน้ำและการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในระดับสเตอริไลส์ส่งผลให้เห็ดนางรมมีค่าความสว่าง (L*) ลดลง และพบว่าการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนส่งผลให้ผนังเซลล์ของเห็ดแตกออก โปรตีนเกิดการเสียสภาพ เกิดการสูญเสียเพคตินและเกิดการซึมผ่านได้มากขึ้น เห็ดจึงมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มมากขึ้นและสูญเสียความเต่งจากการสูญเสียน้ำ โดยเห็ดนางรมในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในระดับสเตอริไลส์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีค่าความสว่าง (L*) ลดลงและมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับเห็ดนางรมที่ผ่านการลวกด้วยไอน้ำและเห็ดนางรมสด ขณะที่ผลการศึกษา Jaworska and Bernas (2010) พบว่า การลวกเห็ดพอร์ชินีส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของส่วนของก้านเห็ดมากกว่าดอกเห็ด โดยส่วนของดอกเห็ดจะมีค่าความแข็งลดลงร้อยละ 17-36 ส่วนก้านเห็ดมีค่าความแข็งลดลงร้อยละ 55-60 เมื่อเทียบกับเห็ดสด ซึ่งความแตกต่างของเนื้อสัมผัสของเห็ดอันเป็นผลจากการให้ความร้อน อาจเกิดจากความแตกต่างของสายพันธุ์เห็ด รวมถึงรูปแบบและระยะเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน

Table 2 Physical quality of boiled mushroom and canned mushroom in brine which sterilized under different conditions

Characteristic	Boiled mushroom	Process treatment	
		116 °C 42 min	121 °C 20 min
1. Colour (L*, a*, b*)			
- Stipe			
L*	31.43±0.68[a]	28.28±0.34[c]	30.36±0.20[b]
a*	8.91±0.95[a]	5.64±0.08[b]	5.23±0.13[b]
b*	21.64±0.54[a]	13.40±0.22[c]	15.82±0.48[b]
ΔE		9.40±0.32[a]	6.97±0.32[b]
- Cap			
L*	19.64±0.17[a]	18.48±0.73[b]	19.74±0.46[a]
a*	8.02±0.28[a]	5.43±0.36[b]	5.85±0.01[b]
b*	11.71±0.21[a]	7.92±0.74[c]	8.64±0.07[b]
ΔE		4.75±0.97[a]	3.78±0.06[a]
2. Firmness (N)			
- Stipe	1.79±0.05[a]	1.20±0.08[c]	1.49±0.05[b]
- Cap	1.56±0.09[a]	0.93±0.11[c]	1.24±0.11[b]

Remark: Values with different letters in the same row are significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 3 Chemical quality of boiled mushroom and canned mushroom in brine which sterilized under different conditions

Composition	Boiled mushroom	Process treatment	
		116 °C 42 min	121 °C 20 min
- Moisture (% fresh weight)	90.49±0.03^{ab}	90.41±0.15^{b}	90.68±0.11^{a}
- Ahs (% dry weight)	7.14±0.40^{ns}	7.31±0.37^{ns}	8.26±0.99^{ns}
- Protein (% dry weight)	23.15±0.09^{b}	25.32±0.23^{a}	23.24±0.09^{b}
- Fat (% dry weight)	1.53±0.15^{a}	1.65±0.04^{a}	1.01±0.02^{b}
- Dietary fiber (% dry weight)	35.83±0.18^{ns}	34.44±0.21^{ns}	35.85±0.23^{ns}
- Carbohydrate (% dry weight)	68.18±0.19^{a}	65.72±0.43^{c}	67.49±0.11^{b}
- pH	6.25±0.01^{a}	5.25±0.04^{c}	5.52±0.01^{b}
- Salt (% dry weight)	8.18±0.85^{b}	10.07±0.49^{a}	9.98±0.54^{a}
- Total Phenolic Content (mg GAE/100 g dry weight)	538.73±0.81^{a}	420.92±1.53^{b}	420.24±0.50^{b}
- DPPH (mg AAE/100 g dry weight)	177.15±2.17^{a}	131.07±1.11^{c}	137.13±0.67^{b}
- Frap (mg GAE/100 g dry weight)	128.88±1.23^{a}	84.09±0.35^{b}	84.29±0.12^{b}

Remark: Values with different letters in the same row are significantly different ($p \leq 0.05$).

คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 3) พบว่าการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน ใยอาหารและคาร์โบไฮเดรตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเทียบกับเห็ดเสม็ดต้มที่เตรียมบริโภคตามปกติ แต่มีผลให้เห็ดเสม็ดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงและมีปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) อันเป็นผลเนื่องมาจากการบรรจุในสารละลายเกลือ เมื่อให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อมีผลให้เยื่อหุ้มเซลล์บางส่วนถูกทำลายและอ่อนตัวลง เกิดการถ่ายโอนมวลสารจากสารละลายเกลือเข้าไปในเนื้อเยื่อเห็ด และเกิดการแพร่ของน้ำบางส่วนจากเซลล์ของเห็ดออกสู่สารละลาย เห็ดจึงมีปริมาณเกลือและกรดเพิ่มขึ้น (Chinnasarn *et al*., 2014; Yuenyongputtakal *et al*., 2015; Charoenphun and Meemuk, 2018) ขณะเดียวกันความร้อนในการฆ่าเชื้อมีผลให้เห็ดเสม็ดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลง เนื่องจากการถูกทำลายด้วยความร้อน (Barros *et al*., 2007) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Liaotrakoon and Liaotrakoon (2017) ที่พบว่าเห็ดตับเต่าในน้ำเกลือบรรจุขวดมีปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น และมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างเห็ดสด โดยคงเหลือเพียงร้อยละ 42.09 และ 74.49 เนื่องจากการถูกทำลายด้วยความร้อน เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิต่างกัน พบว่าเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 2 อุณหภูมิมีคุณภาพทางเคมีที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่สูงกว่าและมีปริมาณเกลือที่ต่ำกว่าเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศา

เซลเซียส เนื่องจากมีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อน้อยกว่า การถ่ายโอนมวลสารจากสารละลายที่ใช้บรรจุเข้าไปในเนื้อเห็ดจึงเกิดขึ้นได้น้อยกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกที่ไม่แตกต่างจากเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส ($p>0.05$) แต่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่สูงกว่าเล็กน้อย ($p\leq0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสมีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่น้อยกว่า จึงทำให้สารที่มีฤทธิ์ดังกล่าวถูกทำลายได้น้อยกว่า หรืออาจก่อให้เกิดสารชนิดใหม่ที่มีฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากขึ้น และอาจเกิดจากความแตกต่างของวิธีการตรวจวัดที่ใช้ ซึ่งมีกลไกในการเกิดปฏิกิริยาต่างกัน ส่งผลให้ค่าความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่วัดได้จาก 2 วิธีแตกต่างกัน (Roncero-Ramos *et al.*, 2017) คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4) พบว่าผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ทั้ง 2 อุณหภูมิ มีคุณภาพทางจุลชีววิทยาที่เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 พ.ศ. 2556 เรื่องอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิทที่กำหนดให้ไม่พบจุลินทรีย์ที่เจริญได้ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 พ.ศ. 2563 เรื่องกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ที่กำหนดให้อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทตรวจไม่พบ *Salmonella* spp. ในตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ตรวจไม่พบ *Staphylococcus aureus* ในตัวอย่างอาหาร 0.1 กรัม และตรวจไม่พบ *Clostridium botulinum* ในตัวอย่างอาหาร 1 กรัม (Ministry of Public Health, 2020) ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 2 อุณหภูมิจึงมีความปลอดภัยต่อการบริโภค

Table 4 Microbiological quality of canned mushroom in brine which sterilized under different conditions

Microbiological quality	**Process treatment**	
	116 °C 42 min	**121 °C 20 min**
Total plate count (TPC)	< 10 cfu/g	< 10 cfu/g
Thermophilic flat sour	not found	not found
Mesophilic flat sour	not found	not found
Thermophilic anaerobes	not found	not found
Staphylococcus aureus	< 3 MPN/g	< 3 MPN/g
Salmonella spp	not found	not found
Coliform bacteria	< 10 cfu/g	< 10 cfu/g
Clostridium botulinum	not found	not found

การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 2 อุณหภูมิ เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาแกงกะทิและประเมินความชอบได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีคะแนนความชอบในทุกปัจจัยคุณภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทุกปัจจัยคุณภาพในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

Table 5 Sensory score of canned mushroom in brine which sterilized under different conditions

Characteristic	Process treatment	
	116 °C 42 min	**121 °C 20 min**
Color	7.51±0.74^{ns}	7.74±0.82^{ns}
Appearance	7.54±0.78^{ns}	7.86±0.77^{ns}
Flavor	7.49±0.70^{ns}	7.66±0.76^{ns}
Taste	7.71±0.93^{ns}	7.74±0.98^{ns}
Texture	7.49±0.92^{ns}	7.71±0.75^{ns}
Overall acceptance	7.69±0.96^{ns}	7.80±0.76^{ns}

Remark: ns = not significant ($p>0.05$)

สรุป

การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนระดับสเตอริไลส์ในการผลิตเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง ส่งผลให้เห็ดเสม็ดมีค่าความสว่าง (L*) ลดลง และมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มมากขึ้น รวมถึงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลง เมื่อเทียบกับเห็ดเสม็ดต้มที่เตรียมเพื่อการบริโภคตามปกติ อันเป็นผลเนื่องมาจากการถูกทำลายด้วยความร้อน โดยการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส นาน 42 นาที (F_0 = 10.08) ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีคล้ำและมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มมากกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที (F_0 = 10.35) แต่จะมีคุณภาพทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน มีความปลอดภัยในการบริโภคและได้รับการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในทุกปัจจัยคุณภาพไม่แตกต่างกัน (คะแนนความชอบระดับปานกลางถึงชอบมาก) ดังนั้นการฆ่าเชื้อเห็ดเสม็ดในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องจึงสามารถใช้ได้ทั้งสภาวะการการฆ่าเชื้อที่ระดับอุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส นาน 42 นาที และ 121 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ทั้งนี้ขึ้นกับความคุ้มทุนในการผลิตจากการใช้พลังงานในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2000. **Official methods of analysis of AOAC (Association of Official Analytical Chemists) international.** 17th ed. 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.

Aung-aud-chariya, A., Bangrak, P., Lumyong, S., Phupong, W., Aggangan, NS. and Kamlangdee, N. 2015. RNA polymerase II second largest subunit molecular identification of Boletus griseipurpureus Corner from Thailand and antibacterial activity of Basidiocarp extracts. **Jundishapur Journal of Microbiology** 8(3): e15552.

Aung-aud-chariya, A., Khatfan, A. and Songserm, D. 2018. Nutritional Value of Boletus griseipurpureus Corner Chilli Paste and Consumer Acceptance Evaluation of Bread with *Boletus griseipurpureus* Corner filling, pp. 1-7. *In* Dam-O, P. and Kueseng, P., eds. **Walailak Research National Conference 10th.** Walailak University, Nakhon Si Thammarat. (in Thai)

BAM. 2001. **Food and Drug Administration Bacteriological Analytical Manual.** Available Source: https: / / www. fda. gov/ food/ laboratory- methods- food/ bacteriological-analytical-manual-bam, May 20, 2021.

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.

Charoenphun, N. and Meemuk, N. 2018. Effects of Different Blanching Methods on Quality of Orange Sweet Potatoes. **Thai Science and Technology Journal** 26(6): 981-992.

Chinnasarn, S., Srisuwan, C. and Reungjam, K. 2014. Determination of Nutritive Value of Kumquat and Development of Sweetened Mashed Kumquat Product. **Agricultural Science Journal** 45(2)(Suppl.): 401-404. (in Thai)

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.

Garcia, M.M., Paula V.B., Olloqui, N.D., Garcia, D.F., Combarros-Fuertes, P., Estevinho, L.M., Arias, L.G., Banuelos, E.R. and Baro, J.M.F. 2021. Effect of different cooking methods on the total phenolic content, antioxidant activity and sensory properties of wild *Boletus edulis* mushroom. **International Journal of Gastronomy and Food Science** 26: 1-11.

Jantharathep, S. 1993. **Research Reports on Study on Factors Affecting Natural Growth of Boietus Mushroom (*Boletus griseipurpureus*) and Its Uses.** Prince of Songkla University, Songkla. (in Thai)

Jaworska, G. and Bernas, E. 2010. Effects of pre-treatment, freezing and frozen storage on the texture of *Boletus edulis* (Bull: Fr.) mushrooms. **International Journal of Refrigeration** 33: 877-885.

kaewsongsaeng, L., Piyang, T., Jitpukdee, S., Na ranong, S., Jantharathep, P. and Aung-aud-chariya, A. 2018. Behavior for the Collection of Boletus griseipurpureus Corner and Attitudes toward Conservation of Local Community Members in Sikao District, Trang Province. **Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University** 20(2): 193-205. (in Thai)

Liaotrakoon, V. and Liaotrakoon, V. 2017. Product Development of Bottled Brine Bolete of SamRuean Subdistrict, Bang Pa-in District, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province. **Journal of Community Development and Life Quality** 5(1): 174-185. (in Thai)

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.

Ministry of Public Health. 2013. **Notification of the Ministry of Public Health (No. 355) 2013 Title: Food in a Hermetically Sealed Container.** Government Gazette vol. 130, Special Part 87. (dated July 24, 2013). (in Thai)

Ministry of Public Health. 2020. **Notification of the Ministry of Public Health (No. 416) 2020 Title: Prescribing the quality or standard, principles, conditions and methods of analysis for pathogenic microorganisms in foods.** Government Gazette vol. 137, Special Part 237. (dated October 9, 2020). (in Thai)

Nketia, S., Buckman, E. S., Dzomeku, M. and Akonor, P. T. 2020. Effect of processing and storage on physical and texture qualities of Oyster Mushrooms canned in different media. **Scientific African** 9: 1-7.

Pichairat, D. and Mahae, N. 2017. Effect of boiling on the Quality Change of *Boletus griseipurpureus* Corner, pp. 937-944. *In* **29th Thaksin University Academic National Conference on Research and Innovation for Sustainability Development.** Thaksin University, Songkhla.

Pornpitakdamrong, A., Aung-aud-chariya, A. and Sudjaroen, Y. 2016. Development of pickled "Hed sa med" mushroom (*Boletus griseipurpureus* corner), pp. 161-172. *In* **5th Suan Sunandha Academic National Conference on Research for Sustainable Development.** Suan Sunandha University, Bangkok.

Pursito, D.J., Purnomo, E.H., Fardiaz, D. and Hariyadi, P. 2020. Optimizing Steam Consumption of Mushroom Canning Process by Selecting Higher Temperatures and Shorter Time of Retorting. **International Journal of Food Science** 2020: 1-8.

Roncero-Ramos, I., Mendiola-Lanao, M., Perez-Clavijo, M. and Delgado-Andrade, C. 2017. Effect of different cooking methods on nutritional value and antioxidant activity of cultivated mushrooms. **International Journal**

of Food Sciences and Nutrition 68(3) : 287-297.

Rungsardthong, V. 2004. **Food Processing Technology.** King Mongkut' s University of Technology North Bangkok, Bangkok. (in Thai)

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

Seehanan, S., Petcharat, V. and Te-chato, S. 2007. Some Boletes of Thailand. **Songklanakarin Journal of Science and Technology** 29(3): 737-754.

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.

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, S. 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.

Yuenyongputtakal, W., Plobju, A. and Mahakhuntee, P. 2015. Effect of Blanching Prior to Osmotic Dehydration on the Sensory Quality and Mass Transfer of Processed Ginger. **Agricultural Science Journal** 46(3)(Suppl.): 289-292. (in Thai)

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 southern china. **Food Chemistry** 136(3-4): 1169-1176.