การพัฒนาคุณภาพผงปรุงรสต้มยำอบแห้งจากเห็ดนางฟ้า

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ

Quality Development of Dried Tom Yam Seasoning from Grey Oyster Mushroom

Somkiat Phornphisutthimas

ภาควิชาชีววิทยา และหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ 10110

Department of Biology and Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Bangkok 10100, Thailand.

Corresponding author. E-mail address: somkiatp@swu.ac.th, phsomkiat@hotmail.com (S. Phornphisutthimas)

Received 10 September 2008; accepted 17 August 2009

บทคัดย่อ

ต้มยำ เป็นอาหารประเภทซุปที่มีชื่อเสียงของประเทศไทย ซึ่งปัจจุบัน มีการแปรรูปเป็นเครื่องปรุงรส แต่ยังขาดกลิ่นรสต้มยำ ที่คล้ายคลึงกับต้มยำแบบดั้งเดิม งานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาคุณภาพผงปรุงรสต้มยำ จากเห็ดนางฟ้าในระดับห้องปฏิบัติการและระดับขยายส่วน ผลการทดลองพบว่า ผงปรุงรสที่ใช้ส่วนผสมของต้มยำเข้มข้น เป็น 4.0 เท่า จากสูตรดัดแปลงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคอายุ 15-45 ปี มากที่สุด และภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผงปรุงรสต้มยำ คือ อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 ^{o}C ความเร็วลม 0.71 m/s เป็นเวลา 12 ชั่วโมง โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะทางกายภาพ ดังนี้ ร้อยละความชื้น ร้อยละการคืนตัว ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และค่าสี L*a*b* เป็น 7.72, 98.67, 0.457, 33.09, 15.03 และ 27.75 ตามลำดับ มีองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณดังนี้ เถ้า คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กากใย และพลังงาน เท่ากับ 16.98%, 61.77%, 7.08%, 2.12%, 4.33% และ 294.56 kcal ตามลำดับ และตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ ด้วยวิธีการนับ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและการนับยีสต์/รา ลักษณะของน้ำต้มยำที่ได้จากการคืนตัวผงปรุงรสต้มยำมีคุณภาพใกล้เคียงกับต้มยำแบบดั้งเดิม เมื่อผลิตในระดับขยายส่วนและวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต พบว่า ราคาต้นทุนการผลิตเท่ากับ 1.39 บาทต่อกรัม นอกจากนี้ ผู้บริโภคยังให้การยอมรับ ผลิตภัณฑ์ในระดับมาก โดยมีคะแนนความชื่นชอบเฉลี่ยเท่ากับ 9.07

คำสำคัญ: การอบแห้ง; เห็ดนางฟ้า; คุณภาพ; ผงปรุงรส; ต้มยำ

Abstract

Tom Yam is Thai famous soup that has been processed for seasoning production. However, the seasoning had a lack of flavour as traditional one. This research aimed at developing the quality of dried seasoning from grey-oyster mushroom in both laboratory and scale-up levels. The results revealed that seasoning containing 4.0 concentration of modified formula had been accepted from a consumer group who was 15 - 45 years old. The optimal processing condition for this seasoning was a drying at 60 ^{o}C, 0.71 m/s of air velocity for 12 hours. The physical characteristics as moisture, rehydration, water activity, L*a*b* colour were 7.72%, 98.67%, 0.457, 33.09, 15.03 and 27.75, respectively, and the proximate analysis as ash, carbohydrate, protein, fat, crude fibre and energy were 16.98%, 61.77%, 7.08%, 2.12%, 4.33% and 294.56 kcal, respectively. The microbial growth was not found when examining with total plate count and yeast/mould count. Tom Yam soup from this seasoning had quality as traditional cooking. After scaling-up and analysis of production cost, the product cost was 1.39 baht/gram. Moreover, the product acceptability of the product was in a best level with 9.07 of mean favourable score.

Keywords: Drying; Grey-oyster mushroom; Quality; Seasoning; Tom Yam

บทนำ

ต้มยำ เป็นอาหารประเภทซุป แบบดั้งเดิมของไทยที่มีชื่อเสียงชนิดหนึ่งในโลก และเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ที่มีรสเผ็ด และเปรี้ยวนำ มีกลิ่นเครื่องเทศหลายชนิดรวมกัน อย่างเหมาะสม (สุวรรณี, 2539) นอกจากนี้ ยังมีการนำ ชื่ออาหารประเภทนี้ มาใช้แทนภาวะวิกฤตทางเศรษฐกิจของโลก ที่มีผลกระทบจากประเทศไทยว่า "ภาวะวิกฤตต้มยำกุ้ง (Tom Yam Kung Crisis)" การประกอบต้มยำของไทยในอดีตใช้คนปรุงและมีผลผลิตปริมาณน้อยเพื่อใช้บริโภคในครอบครัว มีกลิ่นรสที่ประณีตและไวต่อการสัมผัสรสของผู้บริโภค ปัจจุบันโรงงานอาหารแปรรูปของไทย สามารถผลิตเครื่องปรุงรส ต้มยำก้อน (cube) และของเหลวข้น (paste) ด้วยกระบวนการผลิต ที่ถูกสุขลักษณะ ซึ่งมีรสชาติใกล้เคียงกับรสชาติต้มยำสูตรที่นิยมบริโภคทั่วไปในปัจจุบัน (Fujio, 2001) แต่สำหรับ ผงต้มยำที่มีผลิต ขายในท้องตลาด ผลิตจากการนำเครื่องเทศต่าง ๆ มาบดรวมกันเป็นผง และไม่มีน้ำพริกเผาเป็นส่วนผสม ทำให้สีของน้ำต้มยำที่ได้จากสีของพริกบด

และกลิ่นรสแตกต่างไปจากรสชาติของน้ำต้มยำ สูตรที่นิยมบริโภคทั่วไปในปัจจุบัน

ต้มยำเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่ประกอบด้วยส่วนผสมหลัก 3 อย่าง ได้แก่ ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด ซึ่งมีฤทธิ์ต่อต้านการเกิดเนื้องอกและมะเร็งในระบบทางเดินอาหาร (Murakami et al., 1993, 1994, 1995) นอกจากนี้ส่วนผสมของต้มยำยังมีสมบัติต่อต้านจุลินทรีย์และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย (Shelef, 1983; Nishimura et al., 2000; Siripongvuthikorn et al., 2005) และส่วนผสมบางชนิด เช่น กระเทียม ในต้มยำเป็นสารต้านเชื้อรา ปรสิต และไวรัส ต้านการเกิดโรคเบาหวาน ต้านการสะสมของคอเลสเทอรอล และเป็นสารป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง (Ankri & Mirelman, 1999; Nishimura et al., 2000)

ผงปรุงรส เป็นสารประกอบที่มีเครื่องเทศ หรือสารสกัดจากเครื่องเทศเป็นองค์ประกอบซึ่งเติมลงไปในระหว่างการผลิตหรือการปรุงก่อนบริโภคเพื่อปรุงแต่งกลิ่นรสของอาหารและเพิ่มการยอมรับอาหารของผู้บริโภค (Farrell, 1985; Underriner & Hume, 1994) นอกจากนี้ ยังอาจเพิ่มสีสันให้อาหารด้วย (Bowers, 1992) สารสกัดจากเครื่องเทศบางชนิด มีเกลือหรือน้ำตาลเดกซ์โทรสทำให้สามารถละลายน้ำได้ดี รูปแบบของผงปรุงรสละลายน้ำได้ (soluble seasoning) ที่ผลิตเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ ผงแห้งและของเหลวข้น แต่รูปแบบผงแห้งมีข้อดีมากกว่าแบบของเหลวข้น คือ สามารถชั่งตวงเพื่อผลิตแบบกะ (batch production) ได้ง่าย และมีความแม่นและความเที่ยงในการชั่งตวงเพื่อผลิตในระดับขยายส่วน (Tainter & Grenis, 1993) ปัจจัยสำหรับการผลิต เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และเวลาในการผลิต มีผลต่อลักษณะของผลผลิตผงปรุงรส (Underriner & Hume, 1994) นอกจากนี้ องค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสม ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และอายุการเก็บ (shelf-life) ยังใช้เป็นเกณฑ์สำหรับตัดสินลักษณะผงปรุงรสที่ดีด้วย การรักษากลิ่นรสพิเศษของเครื่องปรุงแต่ละชนิดทำให้ไม่สามารถกำจัดปริมาณจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด โดยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องมีค่าต่ำกว่า $5x10^4$ cfu/g (Underriner & Hume, 1994; Man & Jones, 2000)

เครื่องปรุงรสต้มยำที่ผลิตในปัจจุบัน มีลักษณะเป็นเครื่องปรุงรสแบบผง ซึ่งอาจมีน้ำมันพืชเป็นส่วนประกอบแยกบรรจุ สำหรับผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป (Poovarodom & Praditduang, 2002) การพัฒนาผงปรุงรสต้มยำอาจได้จากการควบคุมกระบวนการผลิต เช่น ต้มยำแซ่เยือกแข็ง (จักรี, 2536) หรือจากการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ เช่น การใช้ส้มแขกเป็นสารให้รสเปรี้ยวในต้มยำก้อน (สุวรรณี, 2539) ปัจจุบันมีการนำเห็ดนางฟ้ามาใช้ปรุงอาหารประเภทต้มยำ เนื่องจาก มีราคาถูกและมีกลิ่นรสดีกว่าเห็ดชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ดอกเห็ดที่อยู่ในน้ำต้มยำ ยังสามารถดูดซับน้ำต้มยำและให้รสชาติเช่นเดียวกับน้ำต้มยำด้วย ดังนั้น งานวิจัยที่ผ่านมาได้พัฒนาวิธีการผลิตผงปรุงรส ต้มยำจากเห็ดนางฟ้าในระดับห้องปฏิบัติการ (Phomphisutthimas, 2008) สำหรับงานวิจัยนี้ มีจุดประสงค์เพื่อการผลิตและปรับปรุงคุณภาพผงปรุงรสต้มยำจากเห็ดนางฟ้า ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและระดับขยายส่วน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องเทศและพืชสมุนไพร ได้แก่ น้ำพริกเผา มะนาว ตะไคร้ ใบมะกรูด หอมแดง ข่า พริกขี้หนู ใบกระเพรา กระเทียม จากตลาดบางแค กรุงเทพฯ เห็ดที่ใช้เป็นตัวดูดซับ (adsorbent) คือ เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer) จากสวนเห็ดอรัญญิก จังหวัดนครปฐม

การเตรียมผงปรุงรสต้มยำจากเห็ด

ล้างเห็ดให้สะอาดและตากให้แห้ง จนมีความชื้นร้อยละ 60 ± 5 และนำมาใช้เป็นตัวดูดซับน้ำต้มยำที่มีส่วนผสมตามสูตรน้ำต้มยำดัดแปลงจาก จักรี (2536) โดยกระบวนการผลิตทุกครั้งใช้เห็ดต่อน้ำต้มยำในอัตราส่วน 1:3 และต้มเคี่ยวในน้ำต้มยำ ที่อุณหภูมิ 95 - 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้น นำเห็ดที่ดูดซับน้ำต้มยำแล้วไปอบในเครื่องอบแห้งแบบถาด (tray drier รุ่น TD10 บริษัทโอเนอร์ฟูดส์ ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 40 - 70 °C ความเร็วลม 0.71 m/s เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำเห็ดปรุงรสที่อบแห้งแล้วมาบดให้เป็นผง

การตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณและจุลชีววิทยา

องค์ประกอบทางเคมี โดยประมาณ ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน (N x 3.99, Fujihara et al., 1995) ไขมัน และกากใย วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (AOAC, 2000) และพลังงาน (kcal) คำนวณจาก (คาร์โบไฮเดรต x 4 kcal/กรัม) + (โปรตีน x 4 kcal/กรัม) + (ไขมัน x 9 kcal/กรัม) สีของผลิตภัณฑ์แบบ CIE L^* (ความสว่าง) a^* (สีแดงจนถึงสีเขียว) b^*(สีเหลืองจนถึงสีน้ำเงิน) วัดด้วยมาตรวัดสี (รุ่น ColorFlex®, Hunter Lab, USA) ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ตรวจสอบด้วยวิธีนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) และวิธีนับยีสต์/รา ตามวิธีของ USFDA (USFDA, 1998) ปริมาณความชื้นที่ลดลง (dehydration) และร้อยละการคืนตัว (rehydration) ตรวจสอบด้วยวิธีดัดแปลงจาก Bobic et al. (2002) และ Suguna et al. (1995) โดยชั่งตัวอย่าง 2 กรัม เติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ปริมาตร 20 มิลลิลิตร แช่ตัวอย่างไว้ประมาณ 30 นาที กรองของผสมตัวอย่าง ชั่งน้ำหนักของผสมตัวอย่าง และนำมาคำนวณหาร้อยละการคืนตัว ดังนี้

$$\text{ร้อยละการคืนตัว} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างสุดท้าย} - \text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เตรียมน้ำต้มยำที่คืนตัว จากผงปรุงรสต้มยำ เข้มข้นร้อยละ 5

ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และทดสอบกับผู้ชิมอายุระหว่าง 15-45 ปี จำนวน 50 คน โดยผู้ชิมให้คะแนนความชื่นชอบต่อน้ำต้มยำ 5 ระดับ (5-hedonic rank test) ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบโดยใช้วิธี Friedman's Least Significance (LSD) ที่ $p < .05$ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสต้มยำใช้วิธีทางประสาทสัมผัสแบบพรรณาตัวอย่าง (QDA) โดยทดสอบกับผู้ชิมที่ผ่านการอบรมจำนวน 20 คน และประเมินด้วยแบบให้คะแนนชนิดไม่มีโครงสร้าง ซึ่งมีความยาวของเส้นตรง 15 เซนติเมตร

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองแต่ละครั้งทำ 5 ซ้ำ โดยใช้วัตถุดิบต่างรุ่นห่างกันประมาณ 2-3 สัปดาห์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้รูปแบบเชิงเส้นตรงทั่วไป (general linear model, GLM) โดยใช้โปรแกรมสถิติ SPSS for Windows รุ่น 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทำโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ $p < .05$

ผลการศึกษา

จากการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ (Phornphisutthimas, 2008) สามารถคัดเลือกการผลิตผงปรุงรส ต้มยำจากเห็ดได้ โดยใช้วิธีต้มเคี่ยวเห็ดให้อิ่มตัวในน้ำต้มยำ เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 40-70 °C ความเร็วลม 0.71 m/s เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และนำมาบดเป็นผงปรุงรสจากเห็ด ในการวิจัยนี้ เป็นการทดลองในระดับขยายส่วนเพื่อการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป โดยคัดเลือกความเข้มข้นของน้ำต้มยำสูตรดัดแปลงจาก จักรี (2536) ซึ่งใช้ส่วนผสมเพิ่มขึ้นจากเป็น 2.0 - 4.0 เท่า และนำมาผลิตเป็นผงปรุงรสต้มยำอบแห้งโดยใช้วิธีการผลิตเช่นเดียวกับในระดับห้องปฏิบัติการ จากนั้นทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้วยผู้บริโภคอายุ 15-45 ปี (ตารางที่ 1) พบว่า ผู้บริโภคชื่นชอบผงปรุงรสจากเห็ดนางฟ้าที่เพิ่มส่วนผสมของน้ำต้มยำ เป็น 4.0 เท่ามากที่สุด โดยมีคะแนนความชื่นชอบเฉลี่ยเท่ากับ 3.8 คะแนน ด้วยวิธีการผลิตเช่นเดียวกับระดับห้องปฏิบัติการ ความชื้นที่ลดลงของผงปรุงรสต้มยำจากเห็ดนางฟ้าที่ดูดซับน้ำต้มยำทั้ง 4 สูตร มีปริมาณ ไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่า a^* พบว่า ผงปรุงรสจากเห็ดนางฟ้าที่ดูดซับน้ำต้มยำความเข้มข้น 3.0 และ 4.0 เท่า ให้ค่าสีแดง ($+a^*$) ไม่แตกต่างกัน โดยค่าเฉลี่ยของค่า a^* ที่ความเข้มข้นของน้ำต้มยำ 4.0 มีเท่ากับ 17.60 ซึ่งให้ค่าใกล้เคียงกับคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ต้มยำกุ้ง โดยค่า a^* เท่ากับ 15.00 (วรัญญา, 2545) ส่วนค่า L^* และค่า b^* ของผลิตภัณฑ์ที่ดูดซับน้ำต้มยำทั้ง 4 สูตร ให้ผลไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาจากค่า a^* และคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสต้มยำจากเห็ดนางฟ้า ทำให้สามารถคัดเลือกสูตรน้ำต้มยำที่เหมาะสมได้ คือ สูตรส่วนผสมของน้ำต้มยำ 4.0 เท่า

การผลิตในระดับขยายส่วนโดยใช้ปริมาณเห็ดนางฟ้าเพิ่มขึ้น เป็น 10 เท่า จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยแปรผันค่าอุณหภูมิในการอบแห้งและระยะเวลาในการอบแห้งตาม Marimuthu et al. (1989) และ Saengow et al. (2001) จากผลการทดลองแปรผันอุณหภูมิในอบแห้งในช่วง 40 - 70 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง (ตารางที่ 2) พบว่า ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C มีความชื้นน้อยที่สุด แต่การลดขนาดให้เป็นผลิตภัณฑ์ทำได้ยาก เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่า a^* และร้อยละการคืนตัวระหว่างการอบแห้งที่ 60 °C และ 70 °C พบว่า ค่า a^* และร้อยละการคืนตัวที่อุณหภูมิทั้ง 2 ระดับไม่แตกต่างกัน แต่การลดขนาดเพื่อทำผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 60 °C ทำได้ง่ายกว่า จึงเลือกอุณหภูมิที่ 60 °C เพื่อใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์

จากผลการทดลองแปรผันเวลาในการผลิต (ตารางที่ 3) พบว่า เมื่ออบแห้งเห็ดนางฟ้าที่ดูดซับน้ำต้มยำที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ร้อยละความชื้นลดลงประมาณครึ่งหนึ่งของที่เวลา 9 ชั่วโมง ร้อยละการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ มีการกระจายของน้ำพริกเผา และให้สีแดงของน้ำพริกเผาไม่แตกต่างจากน้ำต้มยำกุ้ง ($p > .05$, ไม่แสดงข้อมูล) นอกจากนี้ค่า a_w ยังมีค่าต่ำกว่า 0.600 ทำให้จุลินทรีย์ทั่วไปและจุลินทรีย์ทนแล้วไม่สามารถเจริญได้ (Adam & Moss, 2000) จึงเลือกการอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ในการผลิตผงปรุงรสจากเห็ดนางฟ้าต่อไป

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสต้มยำจากเห็ดนางฟ้ามาตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ เคมีกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมี โดยประมาณ (ตารางที่ 4) พบว่า ผงปรุงรสต้มยำนี้มีคุณค่าทางโภชนาการไม่แตกต่างไปจากต้มยำที่ปรุงรับประทาน และเมื่อตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์/รา ในอาหาร พบว่า ไม่มีจุลินทรีย์เจริญในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ จากการประเมินทางประสาทสัมผัสเกี่ยวกับสี เนื้อสัมผัส และกลิ่นรสของน้ำต้มยำจากการคืนตัวของผงปรุงรสต้มยำอบแห้งด้วยใช้วิธีทางประสาทสัมผัสแบบพรรณาตัวอย่างโดยมีผู้ประเมินที่ผ่านการอบรมแล้ว จำนวน 20 คน (ตารางที่ 5) จะเห็นได้ว่า ผู้ประเมินชื่นชอบผงปรุงรสต้มยำและน้ำต้มยำจากการคืนตัวของผงปรุงรสต้มยำนี้โดยให้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.07 ± 1.44 นอกจากนี้ผู้ประเมินยังได้ประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยให้ข้อแนะนำว่า ควรเพิ่มความหวานและรสเผ็ดขึ้นเล็กน้อยและลดความเค็มของผลิตภัณฑ์ลงเล็กน้อยด้วย

จากการวิเคราะห์ต้นทุนผันแปรในการผลิตผงปรุงรสต้มยำจากเห็ดนางฟ้า โดยใช้เห็ดนางฟ้าเริ่มต้น 3,000 กรัม พบว่า ผลผลิตที่ได้จากเห็ดนางฟ้าคิดเป็นร้อยละ 20.33 ของเห็ดนางฟ้าเริ่มต้น ซึ่งในแต่ละขั้นตอนสูญเสียผลผลิตรวม 7.96 กรัม คิดเป็นมูลค่า 11.07 บาท ต้นทุนผันแปรของสูตรการผลิต ค่าสาธารณูปโภคและค่าจ้างแรงงาน คิดเป็นร้อยละ 38.42 21.67 และ 39.89 ของทุนแปรผันทั้งหมด ตามลำดับ และลักษณะของผงปรุงรสอบแห้งจากเห็ดนางฟ้าในถุงพอลิโพรพิลีนแสดงในรูปที่ 1

ตารางที่ 1 ผลของระดับความเข้มข้นของน้ำต้มยำที่ใช้ผลิตผงปรุงรสต้มยำจากเห็ดนางฟ้าต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ลดลง ค่าสี L*a*b* และการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคอายุ 15 - 45 ปี

ความเข้มข้นของน้ำต้มยำ	ร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ลดลง	ค่าสี			คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์
		L*	a*	b*	
1.0 ×	75.95ns ± 3.61	35.84ns ± 0.69	12.96c ± 0.43	30.02ns ± 0.15	1.0d
2.0 ×	76.74ns ± 2.94	35.84ns ± 0.69	15.25b ± 0.52	31.18ns ± 0.05	2.1c
3.0 ×	73.74ns ± 2.95	35.13ns ± 0.87	17.19a ± 0.92	29.98ns ± 0.14	3.1b
4.0 ×	70.49ns ± 1.61	36.58ns ± 0.84	17.60a ± 0.50	29.85ns ± 0.36	3.8a

ผลการทดลองในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่แสดงด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < .05$) และ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p > .05$

ตารางที่ 2 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณความชืน ค่าสี L*a*b* และร้อยละการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสต้มยำจากเห็ดนางฟ้า

อุณหภูมิ (°C)	ร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์	ค่าสี			ร้อยละการคืนตัว
		L*	a*	b*	
40	27.83a ± 0.89	34.38c ± 0.04	16.43b ± 0.13	20.62b ± 0.34	121.62b ± 10.88
50	17.66b ± 1.58	33.42bc ± 0.91	16.54b ± 0.42	19.01b ± 1.28	158.50a ± 17.30
60	12.80c ± 2.01	38.81a ± 0.78	17.27a ± 0.27	24.48a ± 0.51	177.80a ± 8.04
70	9.09d ± 0.98	35.06b ± 1.64	17.61a ± 0.51	20.40b ± 2.26	178.71a ± 23.94

ผลการทดลองในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 5 ซ้ำ โดยใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 12 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยที่แสดงด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < .05$)

ตารางที่ 3 ผลของเวลาในการอบแห้งต่อปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ค่าสี L*a*b* และร้อยละการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสต้มยำจากเห็ดนางฟ้า

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	ร้อยละความชื้น	ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี	ค่าสี			ร้อยละการคืนตัว
			L*	a*	b*	
9	15.03a ± 2.38	0.572a ± 0.024	37.10a ± 0.03	17.76a ± 0.06	31.11ns ± 0.13	70.20b ± 3.01
12	7.47b ± 1.62	0.463b ± 0.040	38.98b ± 0.05	17.44a ± 0.04	31.23ns ± 0.13	82.80a ± 1.04
15	5.61b ± 1.29	0.405c ± 0.033	43.42b ± 0.06	16.75b ± 0.07	33.51ns ± 0.21	91.40a ± 2.61

ผลการทดลองในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่แสดงด้วยตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ($p < .05$) และ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p > .05$

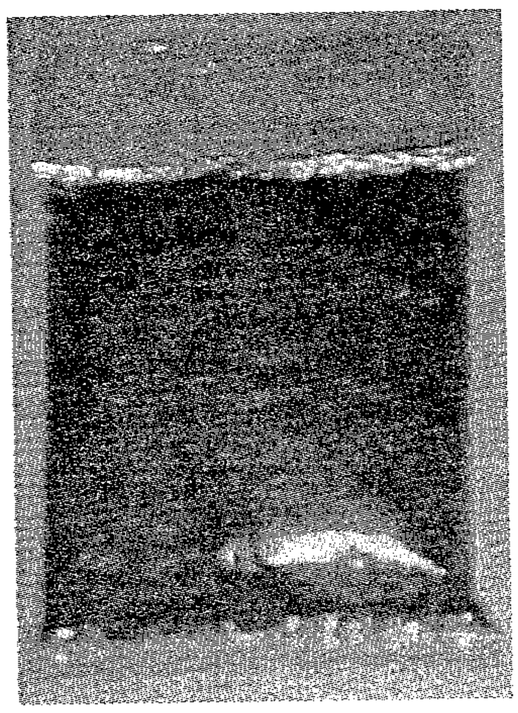
ตารางที่ 4 ลักษณะทางกายภาพ เคมีกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผงปรุงรสต้มยำจากเห็ดนางฟ้า

ลักษณะทางกายภาพและเคมีกายภาพ		ปริมาณ	องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ	ปริมาณ
ร้อยละความชื้น		7.72 ± 0.13	เถ้า (%)	16.98
ร้อยละการคืนตัว		98.67 ± 3.75	คาร์โบไฮเดรต (%)	61.77
ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี		0.457 ± 0.004	โปรตีน (%)	7.08
สี	L*	33.09 ± 0.05	ไขมัน (%)	2.12
	a*	15.03 ± 0.05	กากใย (%)	4.33
	b*	27.75 ± 0.07	พลังงาน (kcal)	294.56

ผลการทดลองในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 5 ซ้ำ

ตารางที่ 5 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบพรรณนาตัวอย่างของผงปรุงรสต้มยำอบแห้งและน้ำต้มยำจากการคืนตัวผงปรุงรสต้มยำอบแห้ง

ตัวอย่าง	ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระดับคะแนนความชอบเฉลี่ย
ผงปรุงรสต้มยำอบแห้ง	สีแดง	7.10 ± 1.50
	กลิ่น	8.34 ± 1.38
	เนื้อสัมผัส	7.75 ± 1.76
น้ำต้มยำจากการคืนตัวของ	รสเปรี้ยว	8.24 ± 1.50
ผงปรุงรสต้มยำอบแห้ง	รสหวาน	5.72 ± 1.48
	รสเค็ม	7.44 ± 1.03
	รสเผ็ด	5.35 ± 0.91
	รสชาติโดยรวม	9.41 ± 1.35
	กลิ่น	8.48 ± 1.30
	การกระจายตัวของน้ำมัน	7.79 ± 1.07
	เนื้อสัมผัส	8.52 ± 1.43
การยอมรับผลิตภัณฑ์		9.07 ± 1.44



รูปที่ 1 ผงปรุงรสต้มยำอบแห้งจากเห็ดนางฟ้าในถุงพอลิโพรพิลีน

อภิปรายผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาคุณภาพผงปรุงรสต้มยำอบแห้งจากเห็ดนางฟ้า ในระดับขยายส่วนเพื่อผลิตในระดับอุตสาหกรรม โดยเลือกน้ำต้มยำที่มีส่วนผสมเข้มข้นเป็น 4.0 เท่าจากน้ำต้มยำสูตรปกติ และทดสอบหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิต ซึ่งจากงานวิจัยของ Marimuthu et al. (1989) พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งเห็ด คือ 50 °C และในงานวิจัยของ กิตติ และคณะ (2544) เลือกใช้อุณหภูมิในการอบแห้งเห็ดหอมในช่วง 40 - 70 °C จึงทดลองแปรผันอุณหภูมิในช่วง 40 - 70 °C โดยใช้ความเร็วลม 0.71 m/s (Bobic et al., 2002) นาน 12 ชั่วโมง พบว่า ผงปรุงรสต้มยำซึ่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีลักษณะของผงปรุงรสต้มยำที่ดีที่สุด โดยให้ร้อยละความชื้นในผลิตภัณฑ์และร้อยละการคืนตัวภายใน 30 นาที เท่ากับ 12.80 และ 177.80 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังให้สีแดงเข้มที่สุด และมีน้ำมันกระจายตัวออกมามาก เมื่อศึกษาลักษณะการอบแห้งผงปรุงรสต้มยำจากเห็ดนางฟ้าที่อุณหภูมิ 60 °C โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผงปรุงรสทุก ๆ 3 ชั่วโมง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการอบแห้งปริมาณความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วและเห็ดดูดน้ำกลับได้ในปริมาณมาก หลังจากนั้นความชื้นลดลงอย่างช้า ๆ จนเกือบคงที่ ในทางตรงข้ามกันเห็ดดูดน้ำเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนเกือบคงที่ ภายหลัง 9 ชั่วโมงของการอบแห้ง ผงปรุงรสต้มยำอบแห้งมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.600 ซึ่งเป็นลักษณะของอาหารอบแห้งทำให้จุลินทรีย์ทั่วไปและจุลินทรีย์ทนแล้งไม่สามารถเจริญได้ (Adam & Moss, 2000) ดังนั้น เมื่อตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์/รา จึงไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งสอดคล้องกับค่า a_w ที่วัดได้จากผลิตภัณฑ์ จากลักษณะการอบแห้งดังกล่าวจึงคัดเลือกระยะเวลาที่ 9 12 และ 15 ชั่วโมง เพื่อใช้คัดเลือกระยะเวลาที่เหมาะสม สำหรับการอบแห้งผงปรุงรสต้มยำ

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกัน พบว่า ระยะเวลาที่ 12 และ 15 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำกว่าเกณฑ์ที่โคเดกซ์กำหนด คือ ร้อยละ 12 (Codex Alimentarius, 1981) แต่ผลิตภัณฑ์ซึ่งอบแห้งที่ 12 ชั่วโมง มีสีแดงเข้มกว่าเมื่ออบแห้งที่ 15 ชั่วโมง และเมื่อเห็ดคืนตัวในน้ำร้อนอุณหภูมิ

50 °C นาน 30 นาที ผลิตภัณฑ์คืนตัวได้ดี และมีน้ำมันกระจายตัวออกมาได้ดีกว่าเมื่ออบแห้งที่ 15 ชั่วโมง จึงเลือกระยะเวลาในการอบแห้งที่ 12 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการผลิตระดับขยายส่วนจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผงปรุงรสต้มยำให้ส่วนประกอบของสารอาหารบางชนิดสูงกว่าน้ำต้มยำแบบดั้งเดิมที่วิเคราะห์โดย National Food Authority (1995) ข้อดีของผงปรุงรสต้มยำ คือ นอกจากจะให้กลิ่นรสต้มยำใกล้เคียงกับน้ำต้มยำสูตรที่นิยมบริโภคทั่วไปแล้ว ยังมีเนื้อสัมผัสที่มีลักษณะคล้ายเนื้อสัตว์บดหยาบกระจายอยู่ในน้ำต้มยำด้วย

เมื่อคิดต้นทุนแปรผันทั้งกระบวนการผลิตและคำนวณต้นทุนผันแปรต่อผลิตภัณฑ์ 1 กรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.39 บาท ต้นทุนเฉพาะสูตรการผลิตต่อ 1 กรัมมีค่าเท่ากับ 0.11 บาท จะเห็นว่า ต้นทุนแปรผันที่คำนวณได้มีค่าต่ำ มีการสูญเสียในระหว่างการผลิตน้อยประมาณ 7.96 กรัม และเมื่อเก็บรักษาในถุงพอลิโพรพิลีนเป็นเวลานาน 3 เดือน คุณภาพของต้มยำยังไม่เปลี่ยนแปลง สียังคงแดงเข้ม และไม่มีความหืนของน้ำมันที่มีในผงปรุงรส จากการทดสอบผงปรุงรสต้มยำอบแห้ง ด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสแบบพรรณาตัวอย่าง พบว่าผงปรุงรสต้มยำอบแห้งมีสีแดง กลิ่น และเนื้อสัมผัสนี้ได้รับการยอมรับในระดับปานกลาง น้ำต้มยำที่ได้มีรสเปรี้ยวนำซึ่งเป็นลักษณะของต้มยำแบบดั้งเดิม ส่วนรสเผ็ดมีอยู่ในระดับน้อย เนื่องจาก ต้องการให้เป็นที่ยอมรับของทั้งผู้บริโภคชาวไทยทั่วไปและชาวต่างประเทศ ผู้ชิมให้คะแนนรสชาติโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง กลิ่น การกระจายตัวของน้ำมัน และเนื้อสัมผัสอยู่ในระดับค่อนข้างดี ดังนั้นผู้ชิมจึงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับค่อนข้างมาก โดยให้คะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 9.07 สำหรับข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้น ผู้ชิมมีความเห็นว่า รสเปรี้ยวและการกระจายตัวของน้ำมันอยู่ในระดับพอดี ต้องการให้เพิ่มรสหวานและเผ็ดเล็กน้อย ส่วนรสเค็มต้องการให้ลดลงเล็กน้อย สำหรับกลิ่นขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละบุคคล ซึ่งอาจเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายที่ต้องการผลิตจำหน่าย

สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ภาวะที่เหมาะสมการผลิตผงปรุงรสต้มยำจากเห็ดนางฟ้าโดยใช้น้ำต้มยำที่มีความเข้มข้น 4.0 เท่าของสูตรน้ำต้มยำดัดแปลงจาก จักรี (2536) คือ อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 0.71 m/s นาน 12 ชั่วโมง ซึ่งให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีที่สุด และคุ้มทุนในการผลิตมากที่สุด นอกจากนี้ ควรศึกษาบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บผงปรุงรสต้มยำจากเห็ดนางฟ้าในระดับขยายส่วนเพื่อผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป และในการทดลองคุณภาพทางจุลชีววิทยาทุกครั้งไม่พบเชื้อจุลินทรีย์เจริญ เนื่องจาก ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของผงปรุงรสต้มยำอบแห้งมีค่าต่ำจนจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้

เอกสารอ้างอิง

กิตติ แซ่โง้ว ยุทธนา เกติพันธ์ วรวรรณ สุทธิธนาเลิศ ทิพาพร อยู่วิทยา และ นภาพร รัตนสมบูรณ์. (2544). ผลของสภาวะการอบแห้งต่อปริมาณสารให้กลิ่นในเห็ดหอม. *วิจัยและพัฒนา มจธ.*, *24*(3), 285 -297.

จักรี ทองเรือง. (2536). *การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารทะเลมูลค่าเพิ่ม: ต้มยำกุ้งแช่เยือกแข็ง*. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วารุณี วารัญญานนท์. (2545). *รายงานฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การวิจัยเพื่อจัดทำข้อมูลด้านคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ต้มยำกุ้ง*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวรรณี อาจหาญณรงค์. (2539). *การใช้ส้มแขกแห้งเป็นสารให้รสเปรี้ยวในต้มยำก้อน*. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Adam, A. R., & Moss, M. O. (2000). *Food Microbiology*. (2nd ed.). Cambridge: Royal Society of Chemistry.

Ankri, S., & Mirelman, D. (1999). Antimicrobial properties of allicin from garlic: A review. *Microbes and Infection*, *1*, 125-129.

AOAC. (2000). *The official methods of analysis of AOAC international*. (17th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.

Bobic, Z., Bauman, I., & Curic, D. (2002). Rehydration ration of fluid bed-dried vegetables. *Sãdhanã*, *27*, 365 - 374.

Bowers, J. (1992). *Food Theory and Applications*. (2nd ed.). New York: Macmillan.

Codex Alimentarius. (1981). *Codex general standard for edible fungi and fungus product [Codex stan. 38]*. Rome: Codex Alimentarius.

Farrell, K. T. (1985). *Spices, Condiments, and Seasonings*. Connecticut: The AVI.

Fujihara, S., Kasuga, A., & Aoyagi, Y. (1995). Nitrogen-to-protein conversion factors for some edible mushroom. *Journal of Food Science*, *60*(5), 1045 - 1047.

Fujio, Y. (2001). Tom Yam Khung. Foods & Food Ingredient Journal of Japan No. 158. Retrieved May 19, 2008, from http://www.ffcr.or.jp/zaidan/FFCRHOME.nsf/pages/ffij-e158

Man, C. M. D., & Jones, A. A. (2000). *Shelf-life evaluation*

of foods. (2nd ed.). Gaitherburg: Aspen.

Matimuthu, T., Krishanamoorthy, A. S., Sivanprakasam, K., & Jayarajan, R. (1989). *Oyster Mushroom Production*. Coimbatore: Tamiknadu University.

Murakami, A. Kondo, A., Nakamura, Y., Ohigashi, H., & Koshimizu, K. (1993). Possible anti-tumour promoting properties of edible plants from Thailand and identification of an active constituent cardomonin (2′,4′ dihydroxy-6′ methoxychalcone) of *Boesenbergia pandurata*. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, *57*, 1971 - 1973.

Murakami, A., Kondo, A., Nakamura, Y., Ohigashi, H., & Koshimizu, K. (1995). Glyceroglycolipids from Citrus hystrix, a traditional herb in Thailand, potently inhibit the tumour promoting activity of 12-O-tetradecanoylphorbol 13-actate in mouse skin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *43*, 2779 - 2783.

Murakami, A., Ohigashi, H., & Koshimizu, K. (1994). Possible anti-tumour promoting properties of traditional Thai items and some of their active constitutes. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, *19*, 185 - 191.

National Food Authority. (1995). *Composition of Foods, Australia Volume 7: Ethic Foods Amino Acids Update*. Australia: Author.

Nishimura, H., Takahashi, T., Wijaya, C. H., Satoh, A., & Ariga, T. (2000). Thermochemical transformation of sulfur compounds in Japanese domestic Allium, *Allium victoralis* L. *Biofactors*, *13*, 257 - 263.

Phornphisutthimas, S. (2008, June). *Development of dried seasoning blend with Tom Yam flavour from Grey Oyster mushroom*. Paper presented at Food Innovation-Propak Asia 2008, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand.

Poovarodom, N., & Praditduang, S. (2002). *The development of biodegradable packages from cassava starch*. Department of Packaging Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University.

Saengow, K., Katipun, Y., Suttihanalert, W., Yoovidhya, T., & Rattanasomboon, N. (2001). Effect of drying condition on shiitake mushroom flavor. *KMUTT Research and Development Journal*, *24*, 285 - 297.

Shelef, L. (1983). Antimicrobial effects of species. *Journal of Food Safety*, *6*, 29 - 44.

Siripongvuthikorn, S., Thummaratwasik, P., & Huang, Y. (2005). Antimicrobial and antioxidant effects of Thai seasoning, Tom-Yum. *LWT-Food Science and Technology*, *38*, 347 - 352.

Suguna, S., Usha, M., Sreenarayanan, V. V., Raghupathy, R., & Gothandapani, L. (1995). Dehydration of mushroom by sun-drying, thin-layer drying, fluidized bed drying and solar cabinet drying. *Journal of Food Science and Technology*, *32*, 284 - 288.

Tainter, D. R., & Grenis, A. T. (1993). *Spices and seasonings: A food technology handbook*. New York: AVC.

Underriner, E. W., & Hume, I. R. (1994). *Handbook of industrial seasonings*. New York: Chapman & Hall.

USFDA. (1998). *Food and drug administration: Bacteriological analytical manual*. (8th ed., Revision A). Gaithersburg, MD: AOAC International.