รายงานการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แห้วทอดแบบสุญญากาศ

Product development of Chinese water chestnut chip by vacuum frying

ชื่อผู้วิจัย
1. ดร. กัลยาณี เต็งพงศธร หัวหน้าโครงการ
2. นางสาวชุตินันท์ ตระสินชัย ผู้ช่วยวิจัย
3. นายฐิตวัฒฒ์ จงยิ่งเจริญ ผู้ช่วยวิจัย
4. นางสาวอุบล สุขเจริญ ผู้ช่วยวิจัย

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2554
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แห้วทอดแบบสุญญากาศ

Product development of Chinese water chestnut chip by vacuum frying

ชื่อผู้วิจัย
1. ดร. กัลยาณี เต็งพงศธร หัวหน้าโครงการ
2. นางสาวชุตินันท์ ตระสินชัย ผู้ช่วยวิจัย
3. นายฐิตวัฒฒ์ จงยิ่งเจริญ ผู้ช่วยวิจัย
4. นางสาวอุบล สุขเจริญ ผู้ช่วยวิจัย

RCH
ก412ก
2554

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 143094
วัน.เดือน ปี 22 มิ.ย. 2559

b 12784084
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2554

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์แห้วทอดแบบสุญญากาศ

Product development of Chinese water chestnut chip by vacuum frying

ทุนสนับสนุน ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปี 2554 จำนวนเงิน 35000 บาท

ระยะเวลาการทำวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ เดือนตุลาคม 2553 ถึง เดือนกันยายน 2554

ผู้วิจัย นางกัลยาณี เต็งพงศธร อาจารย์ประจำ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โทรศัพท์ 02-3298526, 02- 3298527 โทรสาร 02-3298526, 02- 3298527

บทคัดย่อ

การทอดแห้วด้วยเครื่องทอดระบบสุญญากาศ (760 mm.Hg) ที่อุณหภูมิ 90°C โดยใช้วิธีการเตรียมแห้วก่อนทอด 7 วิธี พบว่าแห้วที่ได้มีลักษณะปรากฏ รสชาติ และกลิ่นรส เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในบางวิธี จึงได้ทำการคัดเลือกเหลือขั้นตอนที่เหมาะสม 3 วิธี คือ ต้ม, นึ่ง และเชื่อม แล้วนำไปแช่เยือกแข็ง จากนั้นนำแห้วมาทอดด้วยเครื่องทอดระบบสุญญากาศ (760 mm.Hg) ที่อุณหภูมิ 90°C ผลวิเคราะห์ทางด้านกายภาพและทางด้านเคมีของแห้วทอดภายใต้ระบบสุญญากาศ พบว่า ค่า water activity (a_w) ของแห้วทอดสุญญากาศทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าค่า a_w มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเวลาที่ใช้ในการทอดเพิ่มขึ้น ส่วนค่า ร้อยละของความชื้นพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแห้วทอดที่วิธีการเตรียมทั้ง 3 วิธี พบว่าค่าร้อยละความชื้น มีแนวโน้มลดลงถ้าเวลาในการทอดเพิ่มขึ้น คุณสมบัติของแห้วทอดทางด้านกายภาพ คือ ค่าความสว่าง (L*) และ ค่าสีแดง (a*) ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ค่าสีเหลือง (b*) จากวิธีแห้วต้ม แตกต่างจากวิธีแห้วนึ่ง, แห้วเชื่อม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยการทดสอบระดับความชอบแบบ 1-7 Hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏ, ด้านสี, ด้านกลิ่นรส และด้านความชอบโดยรวม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่คุณสมบัติของแห้วทอดที่ผ่านการเตรียมแบบวิธีการต้ม มีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากสุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอีก 2 วิธีการเตรียมที่เหลือ โดยผลที่ได้มีความสอดคล้องกับค่าความแข็ง (Hardness) นอกจากนั้นพบว่าแห้วทอดสุญญากาศที่เตรียมจากวิธีการเชื่อม มีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติมากที่สุด โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอีก 2 วิธีการเตรียมที่เหลือ

Abstract

The vacuum frying of Chinese water chestnut chip at 90 degree C and 760 mm.Hg. using 7 preparing methods. It was found that some preparing methods affected to appearance, taste and flavor attributes of chips in order to receive consumer acceptances. So researchers selected only three appropriate preparing methods (boiled, steamed, dipping

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

into sucrose solution and then freezing). The chemical and physical properties of chips from three preparing method after deep-fat fried with a vacuum system (760 mm.Hg) showed that there was significant difference between the water activity (aw) of chips from three preparing methods. The aw of chips trended to increase when using more time of frying. While the moisture content of chips did not differ significantly between three methods. However, moisture content trended to decrease when using more frying time. The physical properties of chips such as the brightness (L *) and redness (a *) were not significantly different but the yellow (b *) color of a water chestnut was significant difference. The results of sensory evaluation by using 1-7 Hedonic scale of liking in terms of appearance, color, odor, taste and overall liking were not significantly different. However, the average texture liking of chips from boiling preparing method was high score and significantly differed from the left two methods. This result was in the same way of hardness attribute of chips. Moreover, the chips made from the preparing method of dipping into sucrose solution and then freezing received high score of taste liking from the consumers and significantly differed from the left preparing methods.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	2
สารบัญ	4
สารบัญตาราง	6
สารบัญภาพ	7
บทที่ 1 บทนำ	8
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	9
2.1 แห้ว	9
2.1.1. ประวัติความเป็นมาของแห้วจีน	9
2.1.2. ลักษณะโดยทั่วไป	9
2.1.3. การเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา	9
2.1.4. คุณสมบัติ	10
2.2 การทอด (Frying)	10
2.2.1. กระบวนการทอด	11
2.2.2. เวลาที่ใช้ในกระบวนการทอดอาหาร	11
2.2.3. น้ำมันและไขมันที่ใช้ในการทอด	12
2.2.4. สมบัติของน้ำมันชนิดต่างๆ	12
2.2.5. ประโยชน์ของน้ำมันรำข้าวและจมูกข้าว	13
2.3 การทอดภายใต้ความดันสุญญากาศ	14
2.3.1. ส่วนประกอบเครื่องทอดสุญญากาศ	14
2.3.2. หลักการทำงานของเครื่องทอดสุญญากาศ	15
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	16
3.1 อุปกรณ์	16
3.1.1. อุปกรณ์การเตรียม ก่อนทอดและการทอด	16
3.1.2. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ความชื้น	16
3.1.3. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส	16
3.1.4. อุปกรณ์สำหรับการวัดสี	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 วัตถุดิบ	16
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	16
3.4 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของแห้วทอด	17
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	20
4.1 ผลการคัดเลือกวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอด	20
4.2 ผลการทดสอบทางกายภาพและเคมีของแห้วทอดสุญญากาศ	23
4.3 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของแห้วทอดสุญญากาศ	24
4.4 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางกายภาพและระดับความชอบคุณลักษณะที่สำคัญของแห้วทอดสุญญากาศ	26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง ข้อเสนอแนะ	32
เอกสารอ้างอิง	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 มาตรฐานคุณลักษณะของน้ำมันปาล์ม น้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันทานตะวัน	13
4.1 ผลการศึกษาวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอดต่อคุณภาพของแห้วทอดสุญญากาศ	21
4.2 แสดงผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของแห้วทอดสุญญากาศ	23
4.3 ผลการวิเคราะห์คะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสของแห้วทอดสุญญากาศ	25
4.4 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางกายภาพกับระดับความชอบต่อคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญของแห้วทอดสุญญากาศ	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 เครื่องทอดระบบสุญญากาศ	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

บางฤดูกาลผลผลิตทางการเกษตรอย่างพวกผลไม้จะออกสู่ตลาดมากเกินความต้องการทำให้ผลไม้เน่าเสียโดยไม่เกิดประโยชน์ จึงมีการคิดค้นวิธีการต่างๆเพื่อแก้ปัญหานี้ ผลไม้ทอดสุญญากาศก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เพื่อให้เก็บได้นานขึ้นโดยใช้เครื่องทอดในสภาวะสุญญากาศทดลองทอดเพื่อหาสภาวะที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ออกมามีคุณภาพและสำรวจตลาดร่วมกับทดลองจำหน่ายจริง จากงานวิจัยของ Krupanyamat และ Bhumiratana ในปี ค.ศ.1994 พบว่าอุณหภูมิน้ำมันมีผลกระทบต่อสีที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มมากขึ้น และการทอดที่สุญญากาศช่วยให้สุกเร็วขึ้น ปริมาณความชื้นและน้ำมันในผลิตภัณฑ์น้อยลงแต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการทอดที่ความดันและอุณหภูมิต่ำกว่าการทอดปกติจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะและคุณภาพดีขึ้น โดยเฉพาะด้านสี, กลิ่น, รส และคุณค่าทางอาหาร เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Yamsaengsung และ Rungsee ในปี ค.ศ.2003 ซึ่งศึกษาการทอดผักและผลไม้ที่สภาวะสุญญากาศโดยสร้างเครื่องทอดสุญญากาศขนาดความจุ 35 ลิตร เพื่อแปรรูปผักและผลไม้รวมถึงการสร้างเครื่องเหวี่ยงแยกน้ำมัน โดยทดลองกับมันฝรั่งขนาด 3×3×0.5 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 120, 140, 160°C ความดัน 260, 360, 460 mmHg ตามลำดับ เพื่อศึกษาคุณสมบัติต่างๆของผลิตภัณฑ์ เช่น ความกรอบ, ความแข็ง และสีสัน สรุปได้ว่า การทอดที่อุณหภูมิสูงและความดันต่ำ มีอัตราการระเหยน้ำสูงกว่าอุณหภูมิต่ำความดันสูง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Taechapattana และคณะในปี ค.ศ.2004 ทำการทอดปลากะตักโดยเครื่องทอดสุญญากาศ เพื่อศึกษาอัตราการระเหยของน้ำและปริมาณการดูดซับน้ำมันระหว่างการทอด คำนวณค่าใช้จ่ายต่างๆ โดยใช้ปลากะตัก 2 ชนิด คือชนิดขาวและดำเป็นวัตถุดิบ ได้สภาวะที่เหมาะสมสำหรับปลาขาว คือที่อุณหภูมิ 120°C ใช้เวลาทอด 20 นาที และอุณหภูมิ 140°C ใช้เวลาทอด 15 นาที สำหรับปลาดำ ในช่วงแรกของการทอด อัตราการระเหยของน้ำค่อนข้างคงที่แล้วลดลงเมื่อเวลานานขึ้น แต่ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรกและค่อยๆคงที่ และจากงานวิจัยของ Moreira และ Garayo ในปี ค.ศ.2002 ซึ่งศึกษาความเป็นไปได้ของการลดปริมาณน้ำมันในมันฝรั่งทอด พบว่าการดูดซึมของน้ำมันในชิ้นอาหารจะขึ้นอยู่กับอัตราการระเหยออกของน้ำจากชิ้นอาหาร โดยการดูดซึมของน้ำมันเข้าสู่ชิ้นมันฝรั่งทอดจะแปรผันตามอัตราการระเหยของน้ำ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจศึกษาวิธีการเตรียมวัตถุดิบ และขั้นตอนวิธีการผลิตต่างๆ ของแห้วทอดสุญญากาศ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของแห้วทอดสุญญากาศที่ผ่านวิธีการเตรียมวัตถุดิบแห้วที่แตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของแห้วทอดสุญญากาศที่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบที่แตกต่างกัน
3. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางกายภาพกับระดับความชอบด้านประสาทสัมผัสของแห้วทอดสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 แห้ว

2.1.1. ประวัติความเป็นมาของแห้วจีน

แห้วหรือแห้วจีน มีชื่อภาษาอังกฤษว่า วอเทอร์นัท (waternut) หรือไชนิส วอเทอร์เชสต์นัต (Chinese water chestnut) หรือ มาไต (Matai) แห้วเป็นพืชดั้งเดิมของแถบร้อน ขึ้นเองตามธรรมชาติ ในประเทศทางแถบเอเชียตะวันออกมีการนำแห้วมาปลูกเป็นครั้งแรกในประเทศทางแถบอินโดจีน หรือจีนภาคตะวันออกก่อน ปัจจุบันมีการปลูกแห้วเป็นการค้าในประเทศจีน ฮ่องกง ฟิลิปปินส์ สหรัฐอเมริกา (รัฐฮาวาย) อินเดีย อเมริกาใต้ และ ประเทศไทย ไม่ทราบแน่ชัดว่ามีการปลูกแห้วเป็นการค้าในประเทศไทยเมื่อใด แต่มีผู้นำแห้วมาปลูกที่จังหวัดเชียงรายนานมาแล้ว และได้นำมาปลูกในเขตอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี เมื่อปี พ.ศ. ๒๔๙๓ ปรากฏว่าปลูกได้ผลดี

ที่มา : (http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK5/chapter5/t5-5-l5.htm. มปก. ตุลาคม 2553)

2.1.2. ลักษณะโดยทั่วไป

"แห้วจีน" เป็นพืชปีเดียวและเป็นพืชเขตร้อน ขึ้นในน้ำเหมือนข้าว ลำต้นแข็ง อวบ ลำต้นกลวง ตั้งตรงมีความสูง 90-110 เซนติเมตร ต้นเล็กเรียวคล้ายต้นหอม หรือใบกก หรือใบหญ้า ทรงกระเทียม ใบน้อย เป็นพืชที่ต้องมีน้ำหล่อเลี้ยงหรือการชลประทานตลอดระยะการเพาะปลูกซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 6-8 เดือน

"หัว" เป็นประเภทคอร์ม (CORM) สีน้ำตาลไหม้ หัวกลมมีลักษณะคล้ายหอมหัวใหญ่แต่มีขนาดเล็กกว่ามาก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-4 เซนติเมตร เนื้อสีขาว

ที่มา : (http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK5/chapter5/t5-5-l5.htm. มปก. ตุลาคม 2553)

2.1.3. การเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา

2.1.3.1 การเก็บเกี่ยว

แห้วจีนจะเก็บเกี่ยวเมื่ออายุประมาณ 6-8 เดือน เมื่อแห้วจีนเริ่มแก่ คือ ใบเหี่ยวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและสีน้ำตาล ผิวนอกของหัวเป็นสีน้ำตาลไหม้ แสดงว่าเริ่มทำการเก็บได้บางครั้งราคาจูงใจ เกษตรกรอาจเก็บแห้วจีนออกมาจำหน่ายตั้งแต่อายุได้ประมาณ 6 เดือน การเก็บเกี่ยวแห้วจีนจะเก็บเกี่ยวประมาณเดือนพฤศจิกายน –ธันวาคม ระยะเดียวกันกับการเก็บเกี่ยวข้าว

ที่มา : (http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK5/chapter5/t5-5-l5.htm. มปก. ตุลาคม 2553)

2.1.3.2 การเก็บรักษา

หัวแห้วจีนสามารถเก็บรักษาไว้ได้ โดยตากให้แห้งบรรจุในภาชนะที่รักษาความชื้นได้ หรือเก็บในอุณหภูมิ 1-4 องศาเซลเซียสได้นานกว่า 6 เดือนขึ้นไป เกษตรกรไว้ได้เองโดยเก็บไว้ในภาชนะปิดสนิท เช่น ตุ่ม ลังไม้ หรือทรายแห้งสนิท เก็บได้นานประมาณ 6 เดือน ถ้าอยู่ในอุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส หัวแห้วจีนจะงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4. คุณสมบัติของแห้วจีน

"หัวแห้วจีน" จะประกอบด้วยส่วนที่รับประทานได้ร้อยละ 46 ส่วนที่เป็นของแข็งประมาณร้อยละ 22 ซึ่งในจำนวนนี้เป็น โปรตีน ร้อยละ 1.4 คาร์โบไฮเดรตและเส้นใยต่ำกว่าร้อยละ 1 จากการวิเคราะห์หัวแห้วสด ประกอบด้วย ความชื้นร้อยละ 77.9 , โปรตีนร้อยละ 1.53 ไขมันร้อยละ 0.15 , ไนโตรเจนร้อยละ 18.9 , น้ำตาลร้อยละ 1.94 , ซูโครส ร้อยละ 6.35 , แป้งร้อยละ 7.34 , เส้นใยร้อยละ 0.94 , เถ้าร้อยละ 1.19 , แคลเซียม 2-10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของส่วนที่กินได้ ฟอสฟอรัส 52.2-65 มิลลิกรัม , เหล็ก 0.43-0.6 มิลลิกรัม , ไทอามีน 0.24 มิลลิกรัม , ไรโบฟลาวิน 0.007 มิลลิกรัม , ไนอาซิน 0.007 มิลลิกรัม , กรดแอสโคบิค (ascobic acid) 9.2 มิลลิกรัม

"แป้ง" แป้งที่ให้จากหัวแห้วมีลักษณะคล้ายคลึงแป้งจากมันเทศหรือมันสำปะหลัง และมีขนาดใหญ่จนถึง 27 ไมครอน

ที่มา : (http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK5/chapter5/t5-5-l5.htm. มปก. ตุลาคม 2553)

2.2 การทอด (Frying) (สุมาลี และคณะ, 2548)

กระบวนการทอดถือว่าเป็นกระบวนการที่ใช้ในการผลิตอาหารที่เก่าแก่วิธีหนึ่ง เป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนของน้ำมันมาทำให้อาหารสุก มีการสันนิฐานว่ากระบวนการทอดนั้นเริ่มต้นมีการผลิตมาจากประเทศจีน ปัจจุบันพบว่ากระบวนการทอดเป็นกรรมวิธีหนึ่งที่ใช้ในการผลิตอาหารอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม ร้านอาหาร จนกระทั่งครัวเรือนต่างๆ (Rossell, 2001)

กระบวนการทอดเป็นหนึ่งในหน่วยปฏิบัติการให้ความร้อนแก่อาหารเพื่อทำให้สุกเมื่อนำอาหารที่ต้องการให้สุกใส่ในน้ำมันที่ร้อนอุณหภูมิอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยที่จะมีการระเหยของน้ำออกจากอาหาร ผิวหน้าของอาหารที่ทอดจะแห้งเหมือนกับการให้ความร้อนด้วยวิธีการอบ (baking) เมื่อทำการทอดอาหารจะเกิดเปลือกนอกขึ้นมาห่อหุ้มภายในไว้ อุณหภูมิภายในของอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงประมาณ 100 องศาเซลเซียส อัตราการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอุณห 5.
และอาหารรวมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ส่วนอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านเข้าไป
ขึ้นกับการนำความร้อน (thermal conductivity) ของอาหาร พื้นที่ผิวของอาหารที่ได้จากกระบวนการทอดด้านนอกมันมีโครงสร้างรูพรุนซึ่งประกอบไปด้วยขนาดของรูที่แตกต่างกัน ขณะที่ทำการทอดทั้งน้ำและไอน้ำเคลื่อนที่ออกจากรูที่มีขนาดใหญ่ก่อนเป็นอันดับแรกและน้ำมันเข้าไปแทนที่น้ำและไอน้ำที่เคลื่อนที่ออกไป ความชื้นที่เคลื่อนที่ออกมาจากผิวหน้าของอาหารนั้นจะเคลื่อนท่านไปยังผิวของน้ำมัน (Fellow, 1990)

2.2.1. กระบวนการทอด Fellow(1990) แบ่งกระบวนการทอดเป็น 2 วิธีคือ

2.2.1.1 Shallow หรือ Contact frying

วิธีนี้จะมีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง ตัวอย่าง เช่น เบคอน ไข่ เบอร์เกอร์ และ พายบางชนิด โดยความรอนเคลื่อนที่ไปสู่อาหารโดยตัวนำความร้อนจากผิวหน้าอาหารของกระทะที่ร้อนผ่านไปยังชั้นของน้ำมัน ซึ่งความหนาของชั้นน้ำมันนั้นแตกต่างกันไปตามขนาดที่ไม่สม่ำเสมอของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิวหน้าของอาหาร ด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้อุณหภูมิที่แตกต่างกันในการทอดทำให้เกิดลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอของการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการทอดแบบ Shallow frying การทอดด้วยวิธีนี้มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนประมาณ 200-450 W/m^2K

2.2.1.2 Deep-fat frying

การถ่ายเทความร้อนด้วยน้ำมันที่ร้อนไปยังภายในของอาหารโดยที่ทุกๆผิวหน้าของอาหารจะได้รับความร้อนที่เท่าๆกัน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีและลักษณะปรากฏเหมือนกัน วิธี Deep-fat frying นี้เหมาะสมกับอาหารที่มีรูปร่างต่างๆ แต่ในอาหารที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอนั้นจะมีแนวโน้มมีปริมาณของน้ำมันมากขึ้น จากการทอดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะมีค่า 250-300 W/m^2K ก่อนที่จะมีการระเหยของความชื้นไปสู่ผิวหน้าและจะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 800-1000 W/m^2K

2.2.2. เวลาที่ใช้ในกระบวนการทอดอาหาร นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ดังนี้

2.2.2.1 ชนิดอาหาร

2.2.2.2 อุณหภูมิ

2.2.2.3 วิธีที่ใช้ในการทอด (Shallow หรือ Deep-fat frying)

2.2.2.4 ความหนาของอาหาร

2.2.2.5 ความต้องการในการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอาหาร

อุณหภูมิที่ใช้ในการทอดอาหารนั้นต้องคำนึงถึงความประหยัดและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ที่อุณหภูมิสูงใช้ระยะเวลาในการทอดน้อยลงและได้อัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการทอดที่อุณหภูมิสูงนั้นทำให้เกิดการเสื่อมเสียของน้ำมันไปเป็นกรดไขมันอิสระและเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืด กลิ่นรสและสีของน้ำมันที่ใช้ในการทอด การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นดังกล่าวนี้ทำให้ต้องเปลี่ยนน้ำมันที่ใช้ในการทอดบ่อยครั้ง ซึ่งมีผลต่อต้นทุนในการทอด (Fellow, 1990)

2.2.3. น้ำมันและไขมันที่ใช้ในการทอด

น้ำมันหรือไขมันที่ใช้ในการทอดอาหารจะเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ด้วยการแทนที่น้ำที่ระเหยไปเป็นไอและกลายเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นคุณภาพของน้ำมันจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการทอด คุณภาพของน้ำมันจะมีผลต่อการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหาร (Kochhar, 2001)

ไขมันนอกจากจะมีบทบาทสำคัญทางด้านคุณค่าทางโภชนาการแล้วยังมีส่วนสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการทอดคือลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่นรส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการทอดนั้นจะอาศัยน้ำมันเป็นตัวกลางในการส่งผ่านความร้อนขณะที่การทอดที่อุณหภูมิสูง ไขมันจะสลายตัวเป็นสารที่ให้กลิ่นรสและถูกดูดซับไว้จึงช่วยส่งเสริมกลิ่นรสแก่ผลิตภัณฑ์และการสูญเสียน้ำไปในระหว่างกระบวนการทอดทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แห้งกรอบ (รุ่งนภา, 2540)

น้ำมันใช้สำหรับเป็นตัวกลางในการเปลี่ยนแปลงความร้อนระหว่างการทอด จะถูกดูดซับไว้แล้วกลายเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ ในมันฝรั่งทอดกรอบแบบดั้งเดิมนั้นพบว่ามีน้ำมันเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบ 35-40% และแม้ว่าในผลิตภัณฑ์ที่มีการลดปริมาณไขมันแล้วระดับของน้ำมันที่มีอยู่ยังสูงมาก (โดยทั่วไปน้อยกว่า 25%) ขึ้นกับการเลือกชนิดของน้ำมัน การขนส่ง การเก็บ

ไขมันและน้ำมันจากพืชเป็นแหล่งไขมันบริโภคที่สำคัญที่สุดเนื่องจากมีปริมาณการใช้สูงสุด วัตถุดิบที่นำมาผลิตจะมีปริมาณไขมันและมีสมบัติที่แตกต่างกันเนื่องจากมีระดับความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบต่างกัน น้ำมันพืชที่นิยมบริโภค ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันเมล็ดฝ้าย เป็นต้น

2.2.4. สมบัติของน้ำมันชนิดต่างๆ มีดังต่อไปนี้ (Hui, 1996)

2.2.4.1. น้ำมันปาล์ม (Palm oil) น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเนื่องจากไม่มีกลิ่นที่อุณหภูมิห้อง สามารถทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้สูงและมีคุณค่าทางโภชนาการเนื่องจากมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัว น้ำมันปาล์มมีสีที่ดี (favorable light) เมื่อเทียบกับน้ำมันชนิดอื่นๆ สมบัติในการทอดที่ดีของน้ำมันปาล์มคือกรดไขมันไม่อิ่มตัวปานกลางมี กรดลิโนเลนิก และ วิตามินอี (380 -890 ppm) ซึ่งเป็นสารกันหืนจากธรรมชาติทำให้มีน้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่มีประสิทธิภาพ

2.2.4.2. น้ำมันรำข้าว (Rice bran oil) ในประเทศญี่ปุ่นนิยมใช้น้ำมันรำข้าวในการทอดน้ำมันรำข้าวมีการคงตัวต่ออุณหภูมิที่ดีกว่าน้ำมันปาล์ม โอเลอีน นอกจากนี้น้ำมันรำข้าวทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้พอๆกัน หรืออาจจะเท่ากับน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันคาโนบา น้ำมันเมล็ดฝ้ายและน้ำมันดอกคำฝอย ในการทอดองค์ประกอบของน้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันปาร์มิติก โอเลอิก และลิโนเลอิกมากกว่า 90% ของกรดไขมันโมเลกุลกลีเซอไรด์

2.2.4.3. น้ำมันถั่วเหลือง (Soybean oil) น้ำมันถั่วเหลืองจะมีกรดลิโนเลนิก ที่สูงซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีความไม่อิ่มตัวสูง และมีคุณค่าทางโภชนาการ น้ำมันถั่วเหลืองที่มีการเติมไฮโดรเจนบางส่วนนั้นจะทำให้น้ำมันมีความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีขึ้น

2.2.4.4. น้ำมันทานตะวัน (Sunflower oil) เป็นน้ำมันพืชที่ดี เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการมีประโยชน์ต่อสุขภาพ นิยมใช้เนื่องจากสะอาดและมีกลิ่นรสที่ดี น้ำมันทานตะวันเป็นน้ำมันพืชที่เหมาะต่อการทอดเนื่องจากมีจุดเกิดควันสูง (มากกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ) ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของน้ำมันทานตะวัน คือมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่สูงซึ่งจะช่วยลดระดับโคเรสตอรอลในร่างกาย นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของ กรดลิโนเลอิก ซึ่งเป็นกรดที่จำเป็นต่อร่างกายและมีวิตามินอีสูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ

จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้กำหนดถึงคุณลักษณะของน้ำมันปาล์ม น้ำมันรำ น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันทานตะวัน ที่ต้องการไว้ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณลักษณะของน้ำมันปาล์ม น้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันทานตะวัน

ชนิดของน้ำมัน	Peroxide value (meq. Peroxide/1kg oil)	Acid value (mg KOH/1g. oil)	แหล่งที่มา
น้ำมันปาล์ม	10	0.6	มอก. 288-2535
น้ำมันรำข้าว	10	0.6	มอก. 44-2516
น้ำมันถั่วเหลือง	10	0.6	มอก. 176-2519
น้ำมันทานตะวัน	10	0.6	Hui (1996)

ที่มา : นุช (2545)

2.2.5. ประโยชน์ของน้ำมันรำข้าวและจมูกข้าว

2.2.5.1.1 มีสารแกมมา ออริซานอล (Gamma Oryzanol) ในปริมาณสูงซึ่งพบในน้ำ มันรำข้าวเท่านั้นช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลตัวที่เลว (LDL) และ เพิ่มปริมาณโคเลสเตอรอลตัวที่ดี (HDL)

2.2.5.1.2 ช่วยป้องกันโรคหัวใจ และโรคที่เกิดจากหลอดเลือดตีบตัน

2.2.5.1.3 ช่วยขจัดไขมันในเส้นเลือด ทำให้หลอดเลือดสะอาด

2.2.5.1.4 ปรับสมดุลของระดับฮอร์โมนของสตรีวัยทอง ลดอาการร้อนวูบวาบ (Hot Flashes) นอนไม่หลับ

2.2.5.1.5 มีสารโอเมก้า 3 ช่วยบำรุงสมอง, ประสาท ทำให้ความจำดี ป้องกันโรคสมองเสื่อม

2.2.5.1.6 มีโอเมก้า 6 บำรุงผิวพรรณและระบบสืบพันธุ์

2.2.5.1.7 ช่วยป้องกันมะเร็ง และเนื้องอกเนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระอยู่มาก

2.2.5.1.8 มีสารเซอราไมด์ และวิตามินอีสูง บำรุงผิวพรรณให้สดใส ชุ่มชื้น มีน้ำมีนวล ชะลอความเหี่ยวย่น

2.2.5.1.9 ช่วยชะลอความชรา และทำให้เส้นผมดกดำ เงางาม

2.2.5.1.10 ลดไขมันที่สะสมอยู่ในส่วนต่างๆของร่างกาย

2.2.5.1.11 ช่วยให้ระบบเผาผลาญดีขึ้นทำให้ไม่อ้วน

2.2.5.1.12 ทำให้ความดันโลหิตลดลง ช่วยลดน้ำตาลในเลือดและโรคเบาหวาน

2.2.5.1.13 ช่วยให้ร่างกายผลิตฮอร์โมนได้สม่ำเสมอ

2.2.5.1.14 ป้องกันโรคหย่อนสมรรถภาพทางเพศได้ทั้งเพศชายและเพศหญิง

2.2.5.1.15 มีวิตามินเอ และเบต้าแคโรทีนสูง ช่วยบำรุงสายตา

2.2.5.1.16 มีวิตามินบีคอมเพล็กซ์สูง ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา หรือชาตามปลายมือปลายเท้า

2.2.5.1.17 มีสารเมลาโทนิน ช่วยให้นอนหลับสนิท หลับลึก ทำให้ร่างกายพักผ่อนอย่างพอเพียง สดชื่น ไม่หงุดหงิด

2.2.5.1.18 ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายให้แข็งแรง ปราศจากโรคต่างๆ

2.2.5.1.19 ช่วยบรรเทาอาการภูมิแพ้ในผู้ที่เป็นโรคภูมิแพ้

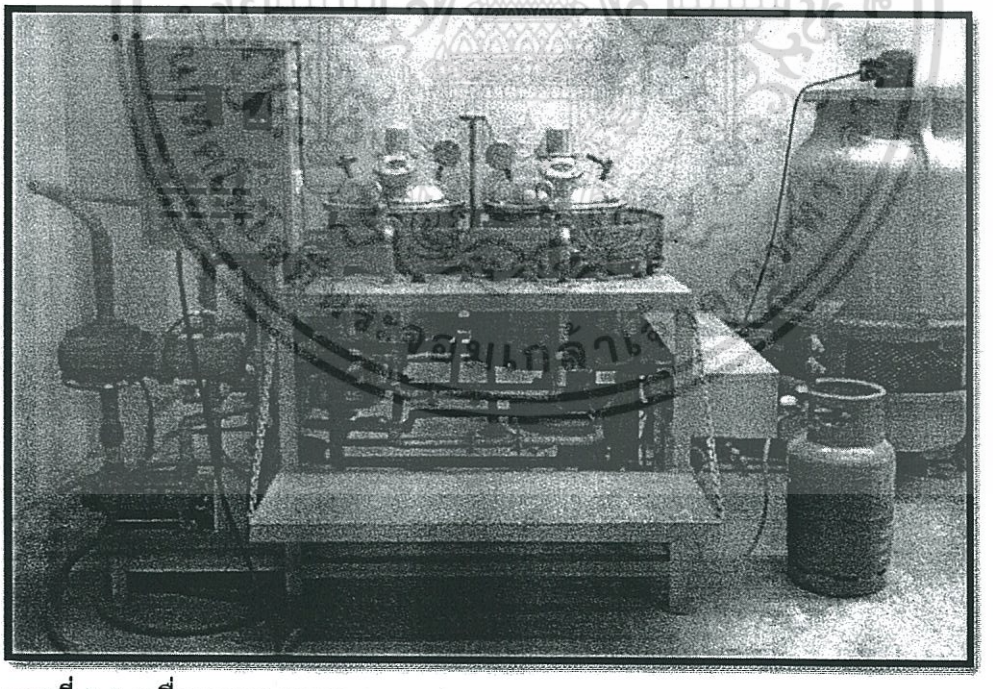
ที่มา : (http://www.4richy.com/images/4richy-rice_bran_oil.pdf. มปก. มีนาคม 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การทอดภายใต้ความดันสุญญากาศ

เครื่องทอดภายใต้ความดันสุญญากาศหรือเครื่องทอดสุญญากาศนั้นได้ผ่านการทดสอบแล้วว่าเป็นเทคโนโลยีที่ทนสมัย ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ มีปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าการทอดทั่วๆไป โดยอุณหภูมิของน้ำมันและความดันของเครื่องทอดสุญญากาศ ถือว่าเป็นสิ่งที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมันเครื่องทอดสุญญากาศถือว่าเป็นทางเลือกสำหรับผลิตภัณฑ์พวกผักและผลไม้ที่ต้องการลดปริมาณไขมันแต่รักษากลิ่นและรสของผักผลไม้เอาไว้ ซึ่งเครื่องจะทำการทอดภายใต้สุญญากาศ (50 Torr หรือ 6.65 Pak) ซึ่งจะทำให้จุดเดือดของน้ำมันและความชื้นในอาหารให้ต่ำลงด้วย (Moreia and Garrayo. 2002) การทอดภายใต้ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศจะมีน้ำมันเป็นตัวถ่ายเทความร้อน ทำให้น้ำระเหยออกจากอาหารได้ที่อุณหภูมิ ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบซึ่งยากต่อการลดความชื้นด้วยวิธีอื่น การทอดภายใต้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศยังเป็นกรรมวิธีหนึ่งที่เพิ่มอัตราการระเหยของน้ำโดยที่จุดเดือดของน้ำจะต่ำลง ทำให้น้ำในอาหารระเหยได้เร็วขึ้นเมื่อทอดที่อุณหภูมิสูง ปริมาณน้ำมันที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายจึงมีปริมาณน้อยลง เนื่องจากอาหารจมในน้ำมันในเวลาสั้น หลังจากการทอดควรมีการหมุนเหวี่ยงสลัดน้ำมันออกจากอาหารที่ความดันสุญญากาศเพื่อลดปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ ดังนั้น การทอดภายใต้สุญญากาศจึงเป็นกระบวนการแปรรูปวิธีหนึ่งที่สามารถรักษาคุณภาพ กลิ่น สี รสชาติของผลผลิตให้มีคุณภาพใกล้เคียงธรรมชาติ (ณัฏชา และ เชาว์. 2547)

เครื่องทอดระบบสุญญากาศ



ภาพที่ 2.1 เครื่องทอดระบบสุญญากาศ

ที่มา: คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2554

2.3.1 ส่วนประกอบของเครื่องทอดสุญญากาศ

2.3.1.1. ถังทอดระบบสุญญากาศ สามารถทอดแต่ละครั้งไม่เกิน 15 กิโลกรัม ความจุน้ำมันทอดไม่เกิน 70 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2. มีระบบควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่อง และมีจอแสดงอุณหภูมิภายในเครื่อง

2.3.1.3. มี Over flow ซึ่งทำหน้าที่ดักน้ำมัน ด้านหน้า และ ด้านหลังอย่างละชุด

2.3.1.4. ถังทอดมีลักษณะแบบสลัดน้ำมันในตัว มีอินเวอร์เตอร์เป็นตัวควบคุม ขณะทอดเสร็จสามารถสลัดน้ำมันในระบบสุญญากาศได้ทันที

2.3.1.5. ถังพักน้ำมัน ขนาดเหมาะสมกับความจุน้ำมันของเครื่อง 1 ชุด

2.3.1.6. ถังทอดพร้อมถังพัก มีกระจกขาว (White Glass) พร้อมอุปกรณ์ให้แสงสว่างสามารถตรวจสอบการทำงานของเครื่อง หรือ เกจ์ วัดระดับน้ำมัน

2.3.1.7. ถังทอดให้ระบบความร้อนด้วยระบบแก๊ส

2.3.1.8. ถังทอดของเครื่องทอดระบบสุญญากาศสามารถหมุนในขณะทอดเพื่อให้ความร้อนสามารถกระจายได้อย่างทั่วถึง

2.3.1.9. มีตู้ควบคุมการใช้งานระบบติดแก๊สอัตโนมัติ สามารถควบคุมการใช้งานได้และมีจอแสดงผลแบบดิจิตอล

2.3.1.10. ใช้ระบบไฟฟ้า 380V/50Hz

2.3.1.11. หอทำความเย็น (Cooling Power) ขนาด 150 ลิตร สำหรับทำน้ำหล่อเย็นแก่ Conderser

2.3.1.12. ปั๊มแว็คคั่ม (Vacuum Pump) เป็นแบบ 2 ตอนมีขนาดไม่ต่ำกว่า 5 แรงม้า สามารถทนต่อความชื้นได้ดี

ที่มา : (บริษัท อาร์ เอ็น พี อินเตอร์เนชั่นแนล แอ จำกัด. 2553)

2.3.2 หลักการทำงานของเครื่องทอดสุญญากาศ

ความร้อนที่ให้แก่น้ำมันที่ใช้ในเครื่องทอดสุญญากาศได้จากการให้ความร้อนแก๊สโดยการทำการเปิดวาล์วถังแก๊สแล้วสปาร์คเตาแก๊สทอดอาหาร (ต้องทำการเปิด Cooling ก่อนทำการเปิดแก๊ส) อุ่นน้ำมันในหม้อทอดน้ำมัน จนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำมันถึงระดับที่ต้องการ ปิดแก๊ส จากนั้น ทำการดูดน้ำมันกลับไปที่ถังพักน้ำมันแล้วนำตัวอย่างที่ต้องการทอดใส่ในตะแกรงทอดก่อนการบรรจุลงในหม้อทอด ปิดฝาหม้อทอดให้สนิท จากนั้นดูดน้ำมันจากถังพักน้ำมันไปสู่หม้อทอด เปิดแก๊ส หลังจากนั้นเปิดระบบแว็คคั่มเพื่อลดความดันในหม้อทอดจนเป็นสุญญากาศ จนกระทั่งครบเวลาในการทอด ปิดแก๊ส ย้ายน้ำมันกลับมายังหม้อพักตามเดิม แล้วทำการสลัดน้ำมันโดยการหมุนเหวี่ยงตะแกรง ลดความดัน จากนั้นนำตัวอย่างที่ทอดออกจากหม้อทอด สังเกตุและบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 อุปกรณ์การเตรียม ก่อนทอดและการทอด

3.1.1.1 อุปกรณ์ครัว

3.1.1.2 กระดาษไข

3.1.1.3 เครื่อง Refractometer : ยี่ห้อ ATAGO รุ่น N-1E

3.1.1.4 ตู้แช่แข็ง : ยี่ห้อ FENWAL รุ่น CTL821

3.1.1.5 เครื่องทอดสุญญากาศ : (บริษัท อาร์ เอ็น พี อินเตอร์เนชั่นแนล แอ จำกัด. 2553)

3.1.1.6 เครื่องสไลด์ : ยี่ห้อ PHILIP รุ่น CUSINA

3.1.2 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ความชื้น

3.1.2.1. เครื่องวัดความชื้นระบบอินฟราเรด : ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น MJ

3.1.2.2. เครื่องวัด a_w : ยี่ห้อ AQUA LAB รุ่น 3TE

3.1.2.3. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง : ยี่ห้อ AND รุ่น HR 200

3.1.3 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

3.1.3.1. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer): ยี่ห้อ STABLE MICRO SYSTEM รุ่น TAXi2

3.1.3.2. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง : ยี่ห้อ รุ่น HR 200

3.1.4 อุปกรณ์สำหรับ การวัดสี

3.1.4.1. เครื่องวัดสี (Chroma Meter) : ยี่ห้อ MINOLTA รุ่น CR 300 เปลี่ยนเป็นหัวของเครื่อง CR 400

3.1.4.2. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง : ยี่ห้อ AND รุ่น HR 200

3.2. วัตถุดิบ

3.2.1 แห้วดิบปอกเปลือกแช่ในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20 w/v

3.2.2 แห้วดิบปอกเปลือก

3.3. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 เตรียมแห้วเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบ (ใช้แห้วดิบปอกเปลือกแช่ในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20 w/v)

3.3.1.1. นำแห้วที่แช่ในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20 w/v ปริมาณ 2 กิโลกรัม มาแช่ในน้ำปริมาตร 3 ลิตร เป็นเวลา 40 นาที เพื่อล้างความเค็มของเกลือในแห้วออกให้หมด

3.3.1.2. นำแห้วมาทำความสะอาดด้วยน้ำอีกครั้ง และนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งและบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.3.2 การศึกษาวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอดต่อคุณภาพของแห้วทอดแบบสุญญากาศ

3.3.2.1. การทดลองศึกษาขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทอด

ตัวแปรอิสระ คือ วิธีการเตรียมแห้วก่อนทอด แบ่งเป็น 7 กลุ่ม คือ

3.3.2.1.1. แช่เยือกแข็งแห้ว

- นำแห้ว 4 กิโลกรัมไปแช่เยือกแข็งที่ตู้แช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ – 60 °C เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

3.3.2.1.2. ต้มแห้ว

- นำแห้ว 4 กิโลกรัม ไปต้มในน้ำเดือดปริมาตร 8 ลิตร เป็นเวลานาน 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

3.3.2.1.3. นึ่งแห้ว

- นำแห้ว 4 กิโลกรัม ไปนึ่งในน้ำเดือดปริมาตร 4 ลิตร เป็นเวลานาน 40 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

3.3.2.1.4. ต้มแห้วจากนั้นแช่น้ำเชื่อมก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง

- นำแห้ว 4 กิโลกรัม ไปต้มในน้ำเดือดปริมาตร 8 ลิตร เป็นเวลานาน 40 นาที จากนั้นนำไปแช่ในน้ำเชื่อม ความเข้มข้น 60°Brix ปริมาตร 4 ลิตร เป็นเวลานาน 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล จากนั้นแบ่งเนื้อแห้วที่เชื่อมแล้ว 5 กรัมไปปั่นเพื่อคั้นน้ำ นำน้ำแห้วนั้นมาวัดบริกซ์ แ (เพื่อที่จะได้ทราบความเข้มข้นจริงในเนื้อแห้ว) นำไปแช่เยือกแข็งที่ตู้แช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ – 6 13. เวลานาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

3.3.2.1.5. นึ่งแห้วจากนั้นแช่น้ำเชื่อมก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง

- นำแห้ว 4 กิโลกรัม ไปนึ่งในน้ำเดือดปริมาตร 8 ลิตร เป็นเวลานาน 50 นาที จากนั้นนำไปแช่ในน้ำเชื่อม ความเข้มข้น 60°Brix ปริมาตร 4 ลิตร เป็นเวลานาน 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล จากนั้นแบ่งเนื้อแห้วที่เชื่อมแล้ว 5 กรัมไปปั่นเพื่อคั้นน้ำ นำน้ำแห้วนั้นมาวัดบริกซ์และบันทึกผล (เพื่อที่จะได้ทราบความเข้มข้นจริงในเนื้อแห้ว) นำไปแช่เยือกแข็งที่ตู้แช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ – 60°C เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

3.3.2.1.6.คัดขนาดแห้ว ต้มแห้วในน้ำเชื่อมแล้วนำไปแช่เยือกแข็ง

- นำแห้วมาคัดขนาด แบ่งแห้วเป็น 2 ขนาด คือ 1.) แห้วขนาดเล็กกว่า 2 เซนติเมตร 2.) แห้วขนาดตั้งแต่ 2 เซนติเมตรขึ้นไป มาจำนวนขนาดละ 2 กิโลกรัม นำทั้ง 2 ขนาดมาแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 1 กิโลกรัม แล้วนำส่วนหนึ่งของแต่ละขนาดไปต้มในน้ำเดือดปริมาตร 2 ลิตร และอีกส่วนนำไปต้มในน้ำเชื่อมเดือด ความเข้มข้น 15°Brix ปริมาตร 2 ลิตร เป็นเวลานาน 30 นาที นำไปแช่เยือกแข็งที่ตู้แช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ – 60 °C เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

3.3.2.1.7. คัดขนาดแห้วจากนั้นสไลด์เป็นชิ้นจากนั้นต้มในน้ำเชื่อมก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง

- นำแห้วมาคัดขนาดแล้วนำไปสไลด์ตามแนวนอนของแห้ว แบ่งแห้วเป็น 2 ขนาด คือ 1.) แห้วขนาดเล็กกว่า 2 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) แห้วขนาดตั้งแต่ 2 เซนติเมตรขึ้นไป มาจำนวนขนาดละ 2 กิโลกรัม จากนั้นนำทั้ง 2 ขนาดมาแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 1 กิโลกรัม นำแต่ละส่วนของทั้ง 2 ขนาด ไปต้มในน้ำเชื่อมเดือด ความเข้มข้น 15°Brix ปริมาตร 2 ลิตร เป็นเวลานาน 45 นาที นำไปแช่เยือกแข็งที่ตู้แช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ – 60 °C เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

3.3.2.2. การศึกษาขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทอด (ใช้แห้วดิบปอกเปลือก)

ตัวแปรอิสระ คือ วิธีการเตรียมแห้วก่อนทอด แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

3.3.2.2.1. แห้วสไลด์ต้มก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง

- นำแห้วมาสไลด์ตามแนวนอนของแห้ว เป็นจำนวน 4 กิโลกรัม (แห้วที่สไลด์แล้ว) จากนั้นนำ ไปต้มในน้ำเดือด ปริมาตร 8 ลิตร เป็นเวลานาน 40 นาที หลังจากนั้นนำไปแช่เยือกแข็งที่ตู้แช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ – 60 °C เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

3.3.2.2.2. แห้วสไลด์นึ่งก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง

- นำแห้วมาสไลด์ตามแนวนอนของแห้ว เป็นจำนวน 4 กิโลกรัม (แห้วที่สไลด์แล้ว) จากนั้นนำ ไปนึ่งในน้ำเดือด ปริมาตร 4 ลิตร เป็นเวลานาน 50 นาที หลังจากนั้นนำไปแช่เยือกแข็งที่ตู้แช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ – 60 °C เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

3.3.2.2.3. แห้วสไลด์ต้มในน้ำเชื่อก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง

- นำแห้วมาสไลด์ตามแนวนอนของแห้ว เป็นจำนวน 4 กิโลกรัม (แห้วที่สไลด์แล้ว) จากนั้นนำ ไปต้มในน้ำเชื่อมเดือด ความเข้มข้น 15°Brix ปริมาตร 8 ลิตร เป็นเวลานาน 60 นาที หลังจากนั้นนำไปแช่เยือกแข็งที่ตู้แช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ – 60 °C เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

3.4 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของแห้วทอดแบบสุญญากาศ

ตัวแปรตาม คือ นำแห้วที่ได้หลังการทอด มาศึกษาคุณภาพของแห้วทอดแบบสุญญากาศ คือ

3.4.1. การวัดความชื้น

- โดยการวัดค่า ความชื้น จากเครื่องยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น MJ 33

3.4.2. การวัดเนื้อสัมผัส

- โดยการวัดค่า Hardness จากเครื่องยี่ห้อ STABLE MICRO SYSTEM รุ่น TAXi2

3.4.3. การวัดค่าสี

- โดยการวัดค่า L*, a *, b * จากเครื่องยี่ห้อ MINOLTA รุ่น CR 300 แต่เปลี่ยนเป็นหัวของเครื่อง CR 400

3.4.4. การวัดค่า a_w

- โดยการวัดค่า a_w จากเครื่องยี่ห้อ AQUA LAB รุ่น 3TE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การศึกษาคุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสของแห้วทอดสุญญากาศ

ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส แบบ 1-7 Hedonic Scale ในคุณลักษณะของแห้วทอดดังนี้ ความแข็ง สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมโดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นตัวแทนกลุ่มผู้บริโภคจำนวน 30 คน (ในการทดลองนี้จะใช้ผู้ทดสอบคือนักศึกษาคณะอุตสาหกรรมเกษตรชั้นปีที่ 1-4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการคัดเลือกการศึกษาขั้นต้นของขั้นตอนการเตรียมแห้วก่อนการทอด

การคัดเลือกวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมแห้วก่อนทอด ใช้การคัดเลือกเบื้องต้น 2 วิธี คือ

1. การมองเห็นผลิตภัณฑ์จากลักษณะปรากฏภายนอก เช่น สี รูปร่าง ขนาด และ กลิ่นรส
2. การทดสอบโดยการชิมรสชาติ

จากการคัดเลือกโดยวิธีเบื้องต้น พบว่า แห้วที่มีความเหมาะสมในการนำมาเป็นวิธีการเตรียมแห้วในขั้นตอนทดลองจริง ต้องมีการคัดเลือกเบื้องต้นโดยการมองเห็นผลิตภัณฑ์จากลักษณะปรากฏภายนอก และการทดสอบชิมรสชาติ (ตารางที่ 4.1) พบว่า แห้วที่นำมาทอดทั้งลูกโดยไม่ผ่านการคัดขนาดหรือทำการคัดขนาดแล้วและไม่ได้ทำการสไลด์ก่อนนำมาทอด พบว่า แห้วที่ได้จะมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ซึ่งเป็นลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เกิดการไหม้ หรือสีที่ได้เป็นสีเหลืองแต่ลักษณะด้านเนื้อสัมผัสมีความแข็งมาก จนไม่สามารถชิมรสชาติได้ หรือ ไม่มีความกรอบ มีความกรอบเพียงเล็กน้อย และ มีความเหนียว ขนาดที่ได้ไม่มีความสม่ำเสมอกัน ด้านรสชาติ พบว่า แห้วมีรสชาติจืดเกินไป และส่วนวิธีการเตรียมแห้วแบบที่มีการแช่น้ำเชื่อมรสชาติแห้วที่ได้จะมีความหวานมากเกินไป ด้านกลิ่นรส พบว่า มีกลิ่นรสของแห้วเล็กน้อยถึงไม่มีกลิ่นรสของแห้วเลย ซึ่งจากการมองเห็นลักษณะปรากฏภายนอกและด้านรสชาติ ถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ด้วยสาเหตุนี้จึงได้ทำการคัดเลือกวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอดในขั้นตอนจริงออก 4 กลุ่มจาก 7 กลุ่ม ดังเหตุผลที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น คือ

1.แห้วแช่เยือกแข็ง

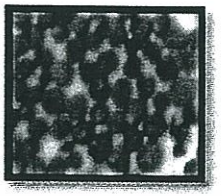
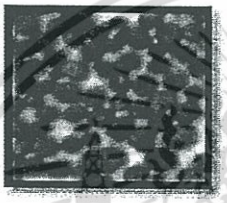
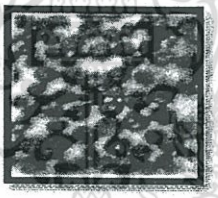
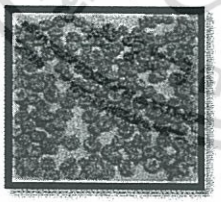
2.แห้วต้ม

3.แห้วนึ่ง

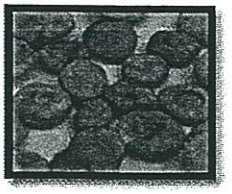
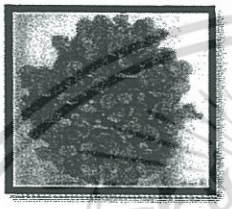
4. แห้วคัดขนาดต้มในน้ำเชื่อมแล้วแช่เยือกแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอดต่อคุณภาพของแห้วทอดสุญญากาศ

วิธีการเตรียมแห้วก่อนทอด	ภาพประกอบ	บรรยายคุณลักษณะ
1 .แห้วแช่เยือกแข็ง		ลักษณะปรากฏ : แห้วมีขนาดไม่สม่ำเสมอ สี : สีน้ำตาลเข้มคล้ายกล้วยฉาบถึงสีดำ เนื้อสัมผัส : ผิวแห้งและแข็ง กลิ่น : ไม่มีกลิ่นแห้ว รสชาติ : ไม่มีรสชาติแห้ว
2. แห้วต้ม		ลักษณะปรากฏ : แห้วมีขนาดไม่สม่ำเสมอ สี : สีน้ำตาลเข้มมากกว่าแห้วแช่เยือกแข็ง เนื้อสัมผัส : ผิวแห้งและแข็ง กลิ่น : ไม่มีกลิ่นแห้ว รสชาติ : ไม่มีรสชาติแห้ว
3. แห้วนึ่ง		ลักษณะปรากฏ : แห้วมีขนาดไม่สม่ำเสมอ สี : สีน้ำตาลเข้มมากกว่าแห้วต้ม เนื้อสัมผัส : ผิวแห้งและแข็ง กลิ่น : ไม่มีกลิ่นแห้ว รสชาติ : ไม่มีรสชาติแห้ว
4. แห้วต้มแช่น้ำเชื่อมก่อนนำไป แช่เยือกแข็ง		ลักษณะปรากฏ : แห้วมีขนาดไม่สม่ำเสมอ สี : สีเหลืองอ่อน เนื้อสัมผัส : ผิวแห้งและแข็งเล็กน้อย กลิ่น : มีกลิ่นของแห้วแต่น้อยกว่าแห้วนึ่งแช่น้ำเชื่อมก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง รสชาติ : มีรสจืดคล้ายมันฝรั่งแผ่นทอด มีรสแห้วเล็กน้อย
5. แห้วนึ่งแช่น้ำเชื่อมก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง		ลักษณะปรากฏ : แห้วมีขนาดไม่สม่ำเสมอ สี : สีเหลืองอ่อน เนื้อสัมผัส : ผิวแห้งและแข็งเล็กน้อย กลิ่น : มีกลิ่นรสของแห้วเล็กน้อย รสชาติ : มีรสชาติแห้วก็เล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเตรียมแห้วก่อนทอด	ภาพประกอบ	บรรยายคุณลักษณะ
6. แห้วคัดขนาดต้มในน้ำเชื่อม แล้วแช่เยือกแข็ง		ลักษณะปรากฏ : แห้วมีขนาดสม่ำเสมอ สี : สีเหลืองทอง เนื้อสัมผัส : ผิวแห้งและแข็ง กลิ่น : มีกลิ่นรสของแห้วมากขึ้น รสชาติ : มีความหวานของน้ำเชื่อม และมีรสแห้วเล็กน้อย
7. แห้วตัดขนาดสไลด์เป็นชิ้น ต้มในน้ำเชื่อมก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง		ลักษณะปรากฏ : เป็นแผ่นมีขนาดสม่ำเสมอ สี : สีเหลืองเข้มมีความมันวาว เนื้อสัมผัส : เหนียวและไม่มีความกรอบ กลิ่น : มีกลิ่นของแห้วและน้ำเชื่อม รสชาติ : มีความหวานมาก และมีรสแห้วเล็กน้อย

จากผลการทดลองข้างต้น เมื่อทำการคัดเลือกวิธีการเตรียมแห้วที่ไม่เหมาะสมออก 4 กลุ่ม ทำให้ได้วิธีการเตรียมแห้วที่เหมาะสมในการเตรียมแห้วก่อนทอดในขั้นตอนการทดลองจริง เป็นตัวแปรอิสระ คือ วิธีการเตรียมแห้วก่อนทอด แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. แห้วสไลด์ต้มก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง
2. แห้วสไลด์นึ่งก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง
3. แห้วสไลด์ต้มในน้ำเชื่อก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง

เมื่อพิจารณาจากวิธีการเตรียมแห้วที่เหมาะสมในการเตรียมแห้วก่อนทอดในขั้นตอนการทดลองจริง พบว่า แห้วที่ผ่านการสไลด์เมื่อนำไปทอดจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นสวยงาม มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่หนาและบางจนเกินไปและยังคงความเป็นเอกลักษณ์ของของแห้วไว้ได้ และเมื่อทำการสไลด์เป็นแผ่นบางๆทำให้มีการเพิ่มพื้นที่ผิวความร้อนจึงส่งผ่านไปได้ทั่วทั้งแผ่น ทำให้แห้วได้รับความร้อนทั่วถึงทั้งชิ้นและสีของแห้วที่ได้มีความสม่ำเสมอกันด้วย ส่วนการคัดเลือกวิธีการเตรียมแห้วแบบนึ่งและต้ม เนื่องจาก ทำการคัดเลือกวิธีการเตรียมแห้วโดยวิธีการคัดเลือกเบื้องต้น 2 วิธี จากการการมองเห็นผลิตภัณฑ์จากลักษณะปรากฏภายนอก และการทดสอบชิม พบว่า ทางด้านกลิ่นรส เมื่อทำการทดสอบชิมวิธีการนึ่งจะมีกลิ่นรสของแห้วดีกว่าวิธีการต้ม เนื่องจากวิธีการนึ่งก่อนการทอดทำให้แป้งบางส่วนเกิดการเจลาติไนซ์ (Gelatinization) เมื่อถูกความร้อนในน้ำโดยเกิดการพองตัว (Puffy) ในขั้นตอนการทอด เนื่องจากการเกิดรูพรุนจำนวนมากของแป้ง (Starch granules) ที่เกิดจากการนึ่ง (Fennema, O.R., 1996) แต่เป็นการเกิดเจลาติไนซ์ที่ไม่สมบูรณ์ ส่วนวิธีการต้มจะทำให้เกิดการเจลาติไนซ์ที่สมบูรณ์มากกว่า วิธีการนึ่ง ทำให้วิธีการนึ่งยังคงมีกลิ่นรสของแห้วมากกว่าวิธีการต้ม ส่วนด้านสี พบว่า วิธีการต้มจะให้สีเหลืองสวยกว่าวิธีการนึ่ง ด้านรสชาติ พบว่าเมื่อทำการทดสอบชิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการต้มในน้ำเชื่อมมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 15 °Brix จะให้ความหวานอยู่ในระดับพอดีทำให้แห้วที่ได้มีรสชาติอร่อยกลมกล่อมมากยิ่งขึ้น ด้วยสาเหตุนี้จึงทำการคัดเลือกวิธีการเตรียมแห้วสไลด์ต้ม นึ่งและต้มในน้ำเชื่อมก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง เป็นวิธีการเตรียมแห้วที่เหมาะสมในการเตรียมแห้วก่อนทอดในขั้นตอนการทดลองจริงต่อไป

4.2 ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของแห้วทอดสุญญากาศ

ผลจากการนำแห้วมาทอดภายใต้ระบบสุญญากาศ (760 mm.Hg) โดยกำหนดให้อุณหภูมิที่ใช้ในการทอดคงที่ อุณหภูมิ 90°C เวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอดสุญญากาศ ซึ่งมีวิธีการเตรียมทั้งหมด 3 วิธี คือ 1. แห้วต้มแช่เยือกแข็ง 2. แห้วนึ่งแช่เยือกแข็ง 3. แห้วเชื่อมแช่เยือกแข็ง โดยได้ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของแห้วทอดสุญญากาศ

ปัจจัยคุณภาพด้านกายภาพและเคมี	วิธีการเตรียมแห้วก่อนทอดสุญญากาศ		
	แห้วต้มแช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ 90°C	แห้วนึ่งแช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ 90°C	แห้วเชื่อมแช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ 90°C
a_w	0.5345^{b}	0.5665^{b}	0.6810^{a}
L*	49.1350^{a}	38.2750^{a}	43.5200^{a}
a*	+0.2150^{a}	+4.1300^{a}	-0.3550^{a}
b*	21.9250^{a}	21.1950^{ab}	19.4550^{b}
Hardness	295.3400^{b}	473.6900^{b}	1248.9000^{a}
% Moisture content	0.5900^{a}	0.2200^{a}	0.1700^{a}

* หมายเหตุ : สัญลักษณ์ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยใช้แผนการทดลองแบบ CBD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey Test

จากตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพและเคมีของแห้วทอดภายใต้ระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิคงที่ 90 °C โดยเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอด 3 วิธี คือ 1. แห้วต้มแช่เยือกแข็ง 2. แห้วนึ่งแช่เยือกแข็ง 3. แห้วเชื่อมแช่เยือกแข็ง โดยใช้เวลาในการทอด 40, 50 และ 60 นาที ตามลำดับ

คุณสมบัติแห้วทอดสุญญากาศทางด้านเคมี พบว่า ค่าวอเตอร์แอคตีวิตี้ (a_w) ของแห้วทอดสุญญากาศทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.5345 0.5665 และ 0.6810 ตามลำดับ โดยแห้วต้มแช่เยือกแข็งมีค่า a_w มากที่สุด เท่ากับ 0.5345 และแห้วเชื่อมแช่เยือกแข็งมีค่า a_w น้อยที่สุดเท่ากับ 0.6810 แต่อย่างไรก็ตามถ้าเปรียบเทียบค่า a_w ของแห้วต้มแช่เยือกแข็งและแห้วนึ่งแช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เยือกแข็งไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งเห็นได้ว่าค่า a_w มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเวลาที่ใช้ในการทอดเพิ่มขึ้น เนื่องจากในระหว่างการทอด เมื่ออาหารได้รับความร้อน น้ำในอาหารจะเคลื่อนที่ออกจากอาหาร ส่งผลให้ปริมาณน้ำในอาหารลดลง ทำให้ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ลดลงไปด้วย (Sahin, และ Sumnu, 2008) ซึ่งระดับค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง (0.53 – 0.68) ซึ่งค่า a_w มีค่าน้อยกว่า 0.70 ผลิตภัณฑ์จะมีความคงตัวดี เก็บได้นานโดยไม่เสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์และแบคทีเรียส่วนใหญ่จะไม่สามารถเจริญและสร้างสารพิษได้ (พรพล, 2545)

ส่วนค่าร้อยละของความชื้น (%MC) พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 0.59 0.22 และ 0.17 ตามลำดับ และค่า %MC มีแนวโน้มลดลง โดยแห้วต้มแช่เยือกแข็งมีค่า %MC มากที่สุด เท่ากับ 0.59 และ แห้วเชื่อมแช่เยือกแข็งมีค่า %MC น้อยที่สุด เท่ากับ 0.17 เนื่องมาจากเวลาที่ใช้ในการทอดเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นในแห้วทอดลดลงให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองของ Shyu และ Hwang (2001) และนิลุบล และ อนุกูล (2549) และ เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำตาล คือ สามารถเพิ่มความเข้มข้น ของตัวถูกละลายและน้ำในเซลล์ได้ ทำให้ค่า a_w ลดลง (ศิวาพร, 2535) ซึ่งค่า a_w มีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับค่าร้อยละของความชื้น

คุณสมบัติแห้วทอดสุญญากาศทางด้านกายภาพด้านสี พบว่า ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีแดง (a*) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องมาจากสีของแห้วทอดที่ทอดออกมานั้นมีความสว่างที่ใกล้เคียงกันและค่าสีแดง (a*) ที่วัดได้ (ค่าจากการวัดจริง) ไม่แตกต่างกันมาก

ส่วนค่าสีเหลือง (b*) (b+ = สีเหลือง , b- = สีน้ำเงิน) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสังเกตจากสีของแห้วหลังจากการทอดสุญญากาศ พบว่า แห้วต้มแช่เยือกแข็งจะมีค่าสีเหลืองมากที่สุด เท่ากับ 21.9250 และแห้วเชื่อมแช่เยือกแข็งมีค่าสีเหลืองน้อยที่สุด เท่ากับ 19.4550 เนื่องจากค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวลดลงมากกว่าอีกสองตัวอย่าง สีผลิตภัณฑ์จึงมีสีที่ซีดจางกว่านั่นเอง

ส่วนค่า Hardness ของแห้วทอดสุญญากาศทั้ง 3 วิธี พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 295.34 473.69 และ 1248.90 ตามลำดับ โดยแห้วต้มแช่เยือกแข็งมีค่า Hardness น้อยที่สุดเท่ากับ 295.34 และแห้วเชื่อมแช่เยือกแข็งมีค่า Hardness มากที่สุดเท่ากับ 1248.90 อย่างไรก็ตามถ้าเปรียบเทียบค่า Hardness ของแห้วต้มแช่เยือกแข็งและแห้วนึ่งแช่เยือกแข็งไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นว่าค่า Hardness มีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากแรงกดที่ใช้ในการทดสอบมีค่าน้อยแสดงว่าแห้วทอดมีความกรอบมาก ส่วนแห้วทอดที่ใช้แรงกดในการทดสอบมากแสดงว่าแห้วทอดมีความกรอบน้อย หรือ มีความเหนียว เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำเชื่อมสูงจะสามารถดึงน้ำอิสระที่มีอยู่ในแห้วทอดออกมาได้มากกว่าทำให้ปริมาณน้ำอิสระในแผ่นแห้วทอดมีน้อยลง ซึ่งเป็นผลทำให้ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมในแผ่นแห้วทอดเพิ่มมากขึ้นความเหนียวจึงเพิ่มขึ้น (Kinsella, 1983)

4.3 ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของแห้วทอดสุญญากาศ

มีวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอดทั้งหมด 3 วิธี คือ

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แห้วต้มแช่เยือกแข็ง
2. แห้วนึ่งแช่เยือกแข็ง
3. แห้วเชื่อมเยือกแข็ง

จึงนำวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอดสุญญากาศทั้ง 3 วิธี มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้การทดสอบความชอบด้วยวิธีทดสอบ Hedonic scale แบ่งระดับความชอบเป็น 7 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบเพศชายและเพศหญิงจำนวน 30 คน ผลการวิเคราะห์คะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์คะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสของแห้วทอดสุญญากาศ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	วิธีการเตรียมแห้วก่อนทอดสุญญากาศ		
	แห้วต้มแช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ 90°C	แห้วนึ่งแช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ 90°C	แห้วเชื่อมแช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ 90°C
ลักษณะปรากฏ	4.5500[a]	4.5833[a]	4.4167[a]
สี	4.5667[a]	4.5167[a]	4.7167[a]
เนื้อสัมผัส	5.1000[a]	4.4000[b]	2.8167[c]
รสชาติ	4.0167[b]	4.3833[b]	4.9333[a]
กลิ่นรส	4.3833[a]	4.6833[a]	4.7833[a]
ความชอบโดยรวม	4.7667[a]	4.6500[a]	4.5333[a]

* หมายเหตุ : สัญลักษณ์ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยใช้แผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey Test

จากตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแห้วทอดสุญญากาศ โดยมีวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอดสุญญากาศ 3 วิธี กำหนดให้อุณหภูมิคงที่ที่ 90°C เวลาที่ใช้ในการทอดขึ้นอยู่กับวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอด โดยแห้วต้ม แห้วนึ่ง และแห้วเชื่อม ใช้เวลาในการทอด 40, 50 และ 60 นาที ตามลำดับ (ภาพที่ ฌ.1) ด้านลักษณะปรากฏ พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยของแห้วต้ม แห้วนึ่ง และแห้วเชื่อม ที่อุณหภูมิคงที่ 90°C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากใช้เครื่องสไลด์ในการสไลด์แห้วเป็นแผ่นจึงทำให้แผ่นแห้วมีความหนา ใกล้เคียงกัน ในขณะที่ผู้ทดสอบสามารถบอกได้ว่า ชอบลักษณะปรากฏของแห้วนึ่งมากที่สุดเท่ากับ 4.5833 และชอบแห้วเชื่อมน้อยที่สุดเท่ากับ 4.4167 โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยที่มีค่ามากที่สุดและน้อยสุด ตามลำดับ

ด้านสี พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยของแห้วต้ม แห้วนึ่ง และแห้วเชื่อม ที่อุณหภูมิคงที่ 90 °C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากการทอดแบบน้ำมันท่วมมีการถ่ายเทความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนที่เป็นทั้งการพาและการนำความร้อนเข้าสู่ภายในชิ้นอาหาร ผิวอาหารทั้งหมดจะได้รับความร้อนใกล้เคียงกันทำให้เกิดสีและลักษณะภายนอกที่สม่ำเสมอ (Mellema, 2003) ในขณะที่ผู้ทดสอบสามารถบอกได้ว่า ชอบสีของแห้วเชื่อมมากที่สุดเท่ากับ 4.7167 และชอบสีของแห้วนึ่ง น้อยที่สุดเท่ากับ 4.5167 โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยที่มีค่ามากที่สุดและน้อยสุด ตามลำดับ

ด้านเนื้อสัมผัส พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยของแห้วต้ม แห้วนึ่ง และแห้วเชื่อม ที่อุณหภูมิคงที่ 90° C มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยแห้วทอดสุญญากาศที่เตรียมจากวิธีการต้ม มีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากสุด รองลงมาคือ แห้วนึ่ง และแห้วเชื่อมตามลำดับ เนื่องมาจากลักษณะเนื้อสัมผัสของแห้วต้มมีความกรอบมากที่สุดเท่ากับ 5.1000 และแห้วเชื่อมมีความกรอบน้อยที่สุดเท่ากับ 2.8167 เป็นลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์ทอด ซึ่งถือว่าเป็นระดับคะแนนเฉลี่ยที่ยอมรับได้ โดยผลที่ได้มีความสอดคล้องกับคุณลักษณะทางด้านกายภาพของค่า Hardness จากตารางที่ 4.2 ค่า Hardness ที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องมาจากแรงที่ใช้กดทับในการวัดค่าความกรอบนั้น แห้วต้มมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 295.34 และแห้วเชื่อมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 1248 .90 ตามลำดับ

ด้านรสชาติ พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยของแห้วต้ม แห้วนึ่ง และแห้วเชื่อม ที่อุณหภูมิคงที่ 90°C มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยแห้วทอดสุญญากาศที่เตรียมจากวิธีการเชื่อม มีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติมากที่สุดเท่ากับ 4.9333 และแห้วต้มมีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติน้อยที่สุดเท่ากับ 4.0167 แต่อย่างไรก็ตามถ้าเปรียบเทียบด้านรสชาติของแห้วต้มและแห้วนึ่งไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องมาจากวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอด โดยแห้วเชื่อมมีปริมาณน้ำตาลในน้ำเชื่อมมากกว่าแห้วต้มและแห้วนึ่ง แห้วเชื่อมจึงมีรสชาติหวานกว่าแห้วต้มและแห้วนึ่ง ทำให้ผู้ทดสอบชอบรสชาติหวานของแห้วเชื่อม ซึ่งทำให้แห้วทอดมีรสชาตินำรับประทานมากยิ่งขึ้น

ด้านกลิ่นรส พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยของแห้วต้ม แห้วนึ่ง และแห้วเชื่อม ที่อุณหภูมิคงที่ 90°C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าผู้ทดสอบมีความชอบด้านกลิ่นรสเท่ากัน เนื่องจากกลิ่นรสไม่มีอิทธิพลมากต่อความชอบของแห้วทอดสุญญากาศทั้ง 3 วิธี เนื่องจากมีการควบคุมวัตถุดิบตั้งแต่เริ่มต้น

ด้านความชอบโดยรวม พบว่า คะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยของแห้วต้ม แห้วนึ่ง และแห้วเชื่อม ที่อุณหภูมิคงที่ 90°C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากปัจจัยคุณภาพด้านอื่นๆที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่แห้วต้มทอดสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 90°C ใช้เวลาในการทอด 40 นาที มีคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 4.7667 จึงเลือกเป็นอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทอดแห้วสุญญากาศ

4.4 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางกายภาพกับระดับความชอบต่อคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญของแห้วทอดสุญญากาศ

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ และผลการประเมินระดับความชอบต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส มาทำการหาค่าความสัมพันธ์ (Correlation) ดังตารางที่ 4.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางกายภาพกับระดับความชอบต่อคุณลักษณะด้าประสาทสัมผัสที่สำคัญของแห้วทอดสุญญากาศ

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

[1] หมายถึง คะแนนความชอบด้านต่างๆหมายถึงคะแนนความชอบแบบ 1-7 point hedonic scale

	a_w	L*	a*	b*	Hardness	% MC	Appearance[1]	Color[1]	Texture[1]	Taste[1]	Flavor[1]	Total[1]
a_w	1	-.188	-.377	-.830*	.952**	-.236	-.262	-.503	-.723	.907*	.586	-.556
L*	-.188	1	-.822*	.444	-.199	-.253	.574	.235	.286	-.249	-.598	.647
a*	-.377	-.822*	1	.106	-.344	.331	-.312	.115	.043	-.279	.302	-.289
a*	-.830*	.444	.106	1	-.904*	-.138	.524	.303	.351	-.885*	-.630	.721
hardness	.952**	-.199	-.344	-.904*	1	-.009	-.316	-.262	-.585	.929**	.695	-.653
% MC	-.236	-.253	.331	-.138	-.009	1	-.684	.352	.243	-.256	.373	-.591
Appearance[1]	-.262	.574	-.312	.524	-.316	-.684	1	.409	.211	.099	-.465	.838*
Color[1]	-.503	.235	.115	.303	-.262	.352	.409	1	.541	-.235	.031	.226
xture[1]	-.723	.286	.043	.351	-.585	.243	.211	.541	1	-.467	-.634	.513
Taste[1]	.907*	-.249	-.279	-.885*	.929**	-.256	-.099	-.235	-.467	1	.562	-.448
Flavor[1]	.586	-.598	.302	-.630	.695	.373	-.465	.031	-.634	.562	1	-.868*
Total[1]	-.556	.647	-.289	.721	-.653	-.591	.838*	.226	.513	-.448	-.868*	1

จากตารางที่ 4.4 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพกับผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสได้ดังต่อไปนี้

1. ค่า a_w

1.1 a_w มีความสัมพันธ์กับความแข็ง (hardness) มากเป็นอันดับหนึ่งเนื่องจาก ในระหว่างการทอดเมื่ออาหารสัมผัสกับน้ำมันซึ่งมีอุณหภูมิสูง จะทำให้ผิวหน้าของอาหารนั้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นน้ำที่ผิวหน้าก็จะเริ่มเดือดทันที ทำให้น้ำมันบริเวณรอบๆนั้น ถูกทำให้เย็นลงเนื่องจากไอน้ำที่ระเหยออกมา แต่อุณหภูมิที่ลดลงของน้ำมันนี้จะได้รับการทดแทนจากการพาความร้อนของแหล่งความร้อนที่ให้มายังน้ำมัน ทำให้น้ำที่บริเวณผิวหน้าของอาหารนั้นเกิดการเดือดและระเหยกสายเป็นไอน้ำออกมาได้อีก เป็นผลให้ที่บริเวณผิวหน้าของอาหารนั้นเกิดลักษณะที่แห้ง (คงวุฒิ, 2549) มีผลทำให้อาหารนั้นเกิดความแข็งมากขึ้น

1.2 a_w มีความสัมพันธ์กับความชอบด้านรสชาติ (Taste liking) มากเป็นอันดับสอง เกิดจากในตัวผลิตภัณฑ์แห้วทอดสุญญากาศนั้นน้ำที่อยู่ในแต่ละตัวอย่างมีไม่เท่ากันซึ่งไปมีผลต่อรสชาติ ทำให้ความชอบในด้านรสชาติมีความสัมพันธ์กับ a_w

1.3 a_w มีความสัมพันธ์กับ ค่าสีเหลือง (b*) มากเป็นอันดับสาม เกิดจากน้ำถูกระเหยออก มีผลทำให้แห้วหดตัว สีที่เด่นชัดของแห้ว คือสีเหลืองนั้นเข้มขึ้น

2. ค่าความสว่าง (L*) มีความสัมพันธ์กับค่าสีแดง (a*) มากเป็นอันดับหนึ่งเนื่องจาก ค่าสีแดง (a*) อาจเกิดจากอุณหภูมิสูง มีผลให้เร่งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Millard reaction) และคาราเมลไรเซชัน (Caramelization) เป็นต้น (Jamradloedluk และคณะ, 2007) เป็นผลให้ความสว่างลดลง

3. ค่าสีแดง (a*) มีความสัมพันธ์กับค่าความสว่าง (L*) มากเป็นอันดับหนึ่งเช่นเดียวกับค่าความสว่าง L* มีความสัมพันธ์กับค่าสีแดง (a*) มากเป็นอันดับหนึ่ง

4. ค่าสีเหลือง (b*)

4.1 ค่าสีเหลือง (b*) มีความสัมพันธ์กับความแข็ง (hardness) มากเป็นอันดับหนึ่งเนื่องจากความแข็งของแต่ละตัวอย่างไม่เท่ากัน เกิดจากการที่น้ำถูกระเหยออก มีผลทำให้แห้วหดตัวสีที่เด่นชัดของแห้ว คือสีเหลืองนั้นเข้มขึ้น

4.2 ค่าสีเหลือง (b*) มีความสัมพันธ์กับความชอบด้านรสชาติ (Taste liking) มากเป็นอันดับสอง เกิดจากสีเหลืองเป็นสีหลักที่ควรจะมีในผลิตภัณฑ์อาหารทอด ดังนั้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีสีสันที่ดี ก็อาจจะส่งผลให้ผู้ชิมมีทัศนะบวกในด้านรสชาติเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ค่าสีเหลือง (b*) มีความสัมพันธ์กับ a_w มากเป็นอันดับสามเช่นเดียวกับ a_w มีความสัมพันธ์กับ ค่าสีเหลือง (b*) มากเป็นอันดับสาม

5. ความแข็ง (hardness)

5.1 ความแข็ง (hardness) มีความสัมพันธ์กับ a_w มากเป็นอันดับหนึ่งเช่นเดียวกับ a_w มีความสัมพันธ์กับความแข็ง (hardness) มากเป็นอันดับหนึ่ง

5.2 ความแข็ง (hardness) มีความสัมพันธ์กับความชอบด้านรสชาติ (Taste liking) มากเป็นอันดับสอง เกิดจากความแข็งหรือความกรอบนั้นเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกผลิตภัณฑ์อาหารทอดจึงมีผลกับความชอบในด้านรสชาติ

5.3 ความแข็ง (hardness) มีความสัมพันธ์กับค่าสีเหลือง (b*) มากเป็นอันดับสาม เนื่องมาจากความแข็งของแต่ละตัวอย่างไม่เท่ากัน มีผลต่อค่าสีที่วัดจากผลิตภัณฑ์

6. ร้อยละของความชื้น (% MC) มีความสัมพันธ์กับความชอบด้านลักษณะปรากฏ (Appearance liking) มากเป็นอันดับหนึ่งเนื่องจากความชื้นในผลิตภัณฑ์ส่งผลต่อลักษณะปรากฏเช่นถ้าผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ดูไม่มีความกรอบซึ่งจะมีผลต่อความชอบด้านลักษณะปรากฏ

7. ความชอบด้านลักษณะปรากฏ (Appearance liking) มีความสัมพันธ์กับความชอบโดยรวม (Total liking) มากเป็นอันดับหนึ่งเนื่องจากไม่ว่าจะซื้อสินค้าใดนั้น ก็ต้องตัดสินใจจากปัจจัยด้านลักษณะปรากฏก่อนผลิตภัณฑ์แห้วทอดสุญญากาศก็น่าจะเป็นเช่นเดียวกัน

8. ความชอบด้านสี (Color liking) มีความสัมพันธ์กับความชอบด้านเนื้อสัมผัส (Texture liking) มากเป็นอันดับหนึ่งเนื่องจากผู้ชิมอาจมีทัศนะคติไปในทางบวกกับความชอบด้านสีส่งผลให้ผู้ชิมมีทัศนะคติที่ดีกับเนื้อสัมผัสด้วย

9. ความชอบด้านเนื้อสัมผัส (Texture liking) มีความสัมพันธ์กับ a_w มากเป็นอันดับหนึ่งเนื่องจากเนื้อสัมผัสที่ดีของอาหารทอดนั้นควรมี a_w ต่ำ ความชอบด้านเนื้อสัมผัส (Texture liking) จึง มีความสัมพันธ์กับ a_w มากเป็นอันดับหนึ่ง

10. ความชอบด้านรสชาติ (Taste liking) มีความสัมพันธ์กับความแข็ง (hardness) มากเป็นอันดับหนึ่ง เกิดจากความแข็งหรือความกรอบนั้นเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกผลิตภัณฑ์อาหารทอดจึงมีผลกับความชอบในด้านรสชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ความชอบด้านกลิ่นรส (Flavor liking) มีความสัมพันธ์กับความชอบโดยรวม (Total liking) มากเป็นอันดับหนึ่งเนื่องจากกลิ่นรสเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการเลือกความชอบรวม กลิ่นรสเป็นสิ่งที่บอกว่าผลิตภัณฑ์ทอดนี้ใช้วัตถุดิบใดเช่นเดียวกับ แห้วทอดก็ควรมีกลิ่นรสของแห้วทอด

12. ความชอบโดยรวม (Total liking)

12.1 ความชอบโดยรวม (Total liking) มีความสัมพันธ์กับความชอบด้านกลิ่นรส (Flavor liking) มากเป็นอันดับหนึ่งเช่นเดียวกับ. Flavor มีความสัมพันธ์กับ Total มากเป็นอันดับหนึ่ง

12.2 12. ความชอบโดยรวม (Total liking) มีความสัมพันธ์กับความชอบด้านลักษณะปรากฏ (Appearance liking) มากเป็นอันดับสอง มาจากเหตุผลเดียวกับความชอบด้านลักษณะปรากฏ (Appearance liking) มีความสัมพันธ์กับความชอบโดยรวม (Total liking)

ดังนั้นกล่าวโดยสรุปพบว่า a_w มีความสัมพันธ์กับความแข็ง (hardness)มากที่สุด โดยมีค่าระหว่างความสัมพันธ์เท่ากับ 0.952 แต่ค่าที่สามารถนำไปทำนายความสัมพันธ์ของความชอบโดยรวม (Total liking) คือ ความชอบด้านกลิ่นรส (Flavor liking) และความชอบด้านลักษณะปรากฏ (Appearance) กล่าวคือ ถ้าผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสและลักษณะปรากฏที่ดี (ผู้บริโภคชอบ) ก็จะทำให้ความชอบมากตามด้วย เพราะสิ่งที่จะทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ก็คือกลิ่นรสและลักษณะปรากฏ ถ้าผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสและลักษณะปรากฏที่ไม่ดี ก็จะทำให้ความชอบโดยรวม (Total liking) ของผู้บริโภคไปทางด้านลบไปด้วย และค่าที่สำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ทอดก็คือความชอบด้านรสชาติ (Taste liking) กับความแข็ง (hardness) โดยความแข็งหรือความกรอบนั้น ถ้ามีความกรอบมากก็จะสามารถทำนายได้เลยว่าจะส่งผลทำให้คะแนนความชอบด้านรสชาติ (Taste liking) มีมากขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ค่าทางกายภาพของแห้วทอดสุญญากาศที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) คือค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าร้อยละของความชื้น (%MC) ส่วนค่าค่าวอเตอร์แอคตีวิตี้ (a_w) และค่า Hardness มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยวิธีการเตรียมแห้วแบบวิธีการต้มแช่เยือกแข็งกับวิธีการเตรียมแห้วแบบวิธีการต้มแช่เยือกแข็ง มีค่าใกล้เคียงกันแตกต่างจากวิธีวิธีการเตรียมแห้วแบบวิธีการเชื่อมแช่เยือกแข็ง

5.1.2 ผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างของวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอดสุญญากาศได้ในระดับปานกลาง และเมื่อนำมาศึกษาการยอมรับผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แห้วทอดสุญญากาศ พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับวิธีการเตรียมแห้วแบบวิธีการเชื่อมแช่เยือกแข็ง พบว่า คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสี รสชาติ และกลิ่นรส มีค่ามากที่สุด โดยคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนวิธีการเตรียมแห้วทอดสุญญากาศแบบวิธีการต้มแช่เยือกแข็งมีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมีค่ามากที่สุด โดยคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่แนวโน้มในการเลือกวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอดสุญญากาศนั้นจำเป็นต้องศึกษาถึงลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์อาหารทอดเพิ่มเติม ถึงอิทธิพลต่อการยอมรับและการซื้อผลิตภัณฑ์แห้วทอดสุญญากาศ

5.1.3 เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของแห้วทอดสุญญากาศจากวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอดสุญญากาศทั้ง 3 วิธี พบว่า วิธีแห้วต้มแช่เยือกแข็ง เป็นวิธีที่ดีที่สุดและมีความกรอบมากที่สุด โดยผลที่ได้มีความสอดคล้องกับการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบด้านเนื้อสัมผัส โดยผู้ทดสอบส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็นว่า วิธีแห้วต้มแช่เยือกแข็งมีความกรอบมากที่สุด และ a_w มีความสัมพันธ์กับความแข็ง (hardness)มากที่สุด แต่ค่าที่สามารถนำไปทำนายความสัมพันธ์ของความชอบโดยรวม (Total liking) คือ ความชอบด้านกลิ่นรส (Flavor liking) และความชอบด้านลักษณะปรากฏ (Appearance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1. ด้านวัตถุดิบ

5.2.1.1 การคัดเลือกแห้วสดควรคัดเลือกแห้วที่มีอายุ (ความแก่อ่อนใกล้เคียงกัน) เนื่องจากว่าปริมาณแป้งในแห้วมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ ลักษณะปรากฏ สี และรสชาติ ส่วนขนาดของแห้วควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแห้วตั้งแต่ 2.5 cm. ขึ้นไป เพราะเมื่อนำแห้วไปสไลด์แล้วทอดแผ่นชิ้นแห้วที่ได้หลังจากการทอดจะได้มีความสม่ำเสมอและมีขนาดไม่เล็กเกินไป

5.2.1.2 ในขั้นตอนการขนส่งแห้วสดที่ปอกเปลือกแล้วควรทำการควบคุมการขนส่งตั้งแต่เริ่มต้น โดยทำการควบคุมตั้งแต่การจัดเรียงถุงแห้วให้เป็นระเบียบ ไม่ควรวางเรียงซ้อนทับกันและใส่ถุงที่ปิดมิดชิดเพื่อป้องกันอากาศเข้า และเมื่อแห้วมาถึงควรรีบทำการจัดเก็บแห้วไว้ในห้องแช่เย็น (chilling room) เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Enzymatic Browning) ที่ผิวของแห้ว ซึ่งมีผลต่อลักษณะทางด้านกายภาพและทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏและสีที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

5.2.1.3 ในขั้นตอนการสไลด์แห้วเป็นแผ่น เครื่องสไลด์ที่ใช้ทำการสไลด์สามารถใส่แห้วได้เพียงแค่ 3 – 4 ชิ้นต่อการสไลด์แห้วหนึ่งครั้งเท่านั้น ซึ่งถือว่าเป็นจำนวนที่น้อยมาก รวมถึงแห้วที่สไลด์ได้มีปริมาณการสูญเสียเป็นจำนวนค่อนข้างมาก ถ้าในอนาคตจะทำการผลิตผลิตภัณฑ์แห้วทอดสุญญากาศขายจริงในท้องตลาด ควรผลิตเครื่องสไลด์สำหรับสไลด์แห้วโดยเฉพาะ เนื่องจากแห้วเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีขนาดเล็กมาก เพื่อลดปริมาณการสูญเสียแห้วให้น้อยลงและขนาดแผ่นแห้วที่สไลด์ได้มีความหนาสม่ำเสมอกัน

5.2.2. ด้านเครื่องจักร

5.2.2.1 ก่อนการทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศควรมีการศึกษาถึงวิธีการใช้งานให้เข้าอย่างละเอียดและควรทำการตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆว่าอยู่ในสภาพปกติพร้อมใช้งานหรือไม่ เพราะอาจส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แห้วทอด สูญเสียเวลาและวัตถุดิบได้ เนื่องจากว่าเครื่องทอดสุญญากาศของทางคณะอุตสาหกรรมเกษตรเครื่องนี้ เป็นเครื่องที่ทางคณะอุตสาหกรรมเกษตรสร้างขึ้นเองจึงมีความแปรปรวนเกิดขึ้นในบางจุด เช่น

- อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอยู่บ่อยครั้งทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการทอดไม่คงที่ เนื่องมาจากว่าไฟวงในที่ใช้เป็นตัวให้ความร้อนติดๆดับๆในขณะทำการทอดผลิตภัณฑ์ จึงต้องทำการก้มมองบ่อยครั้งเพราะสาเหตุนี้จึงควรมีกระจก 1 บาน เพื่อไว้ใช่ส่องไฟวงในว่าติดหรือไม่ เพื่อป้องกันอันตรายจากประกายไฟที่เกิดขึ้นในขณะสปาร์คแก๊สด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ควรตรวจดูระดับน้ำที่มีอยู่ในหอทำความเย็น (Cooling Tower) ว่าอยู่ในระดับที่พร้อมใช้งานหรือไม่ ถ้าระดับน้ำน้อยเกินไปควรทำการเติมน้ำลงไปในหอทำความเย็นก่อนทำการทอดผลิตภัณฑ์ เพราะถ้าระดับน้ำน้อยเกินไปจะทำให้ตัว condenser ทำงานหนักส่งผลทำให้เครื่อง condenser เสียและทำให้เครื่องทอดสุญญากาศไม่สามารถทำงานได้

- ตะกร้าที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์แห้วในเครื่องทอดสุญญากาศควรมีการเพิ่มตาข่ายหรือแผ่นสแตนเลส ตามแนวช่องว่างของตะกร้าทอดเพื่อป้องกันแผ่นแห้วหลุดออกนอกตะกร้าขณะทำการทอด และเพื่อป้องกันแผ่นแห้วไปอุดตันท่อขณะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำมัน

5.2.3. ด้านการผลิต

5.2.3.1 การทดสอบด้านประสาทสัมผัสของแห้วทอดสุญญากาศที่อุณหภูมิคงที่ 90°C เป็นเวลา 40 50 และ 60 นาที (ตารางที่ 4.2) พบว่า ปัจจัยคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส และ รสชาติมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยวิธีการเตรียมแห้วก่อนทอดสุญญากาศแบบวิธีการต้มแช่เยือกแข็ง พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวมและคะแนนเฉลี่ยทางด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด จึงเลือกวิธีการต้มแบบแช่เยือกแข็ง โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดแห้วสุญญากาศที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 40 นาที แต่ในทางอุตสาหกรรมและทางด้านการตลาดควรพิจารณาถึงปัจจัยสำคัญที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินเลือกซื้อผลิตภัณฑ์แห้วทอดสุญญากาศ คือ ปัจจัยทางด้านรสชาติซึ่งจากผลคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ (ตารางที่ 4.2) พบว่า ผู้ทดสอบชอบรสชาติหวานของวิธีเชื่อมแช่เยือกแข็ง และชอบเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของวิธีการต้มแช่เยือกแข็งซึ่งถือว่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้อยู่ในระดับปานกลางเท่านั้น แสดงว่าถ้าในอนาคตจะผลิตผลิตภัณฑ์แห้วทอดสุญญากาศออกวางขายในท้องตลาดเราควรจะผลิตแห้วทอดสุญญากาศที่มีความกรอบมากขึ้นโดยความกรอบนี้ควรอยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ยดีถึงดีมาก (คะแนนเฉลี่ย 6 -7 คะแนน) และควรมีการเพิ่มรสชาติให้มีความหลากหลายเพิ่มมากขึ้น เช่น รสเค็ม รสหวาน เป็นต้น หรืออาจทำการขึ้นรูปแห้วเป็นแบบใหม่โดยการนำแห้วมาปั่นแล้วทำการขึ้นรูปใหม่เป็นแบบต่างๆ เช่น แบบแท่งคล้ายเฟรนช์ฟราย หรือมันฝรั่งแบบแผ่นเรียบและแผ่นหยัก เป็นต้น ซึ่งการทำแห้วแบบขึ้นรูปใหม่นี้สามารถทำการควบคุมปริมาณแป้งที่มีในแห้วได้เป็นอย่างดี โดยไม่จำเป็นต้องทำการคัดขนาดแห้วหรือทำการคัดเลือกความแก่ – อ่อนของแห้วก่อนนำมาทอด เนื่องจากเมื่อนำแห้วมาปั่นรวมกันแล้วจะทำการวัดปริมาณของแป้งที่มีในแห้วอีกครั้งก่อนทำการทดลอง ซึ่งถือว่าเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ใช้เวลาน้อยกว่าและยังช่วยลดปริมาณการสูญเสียแห้วระหว่างการสไลด์เป็นแผ่นซึ่งเป็นการประหยัดต้นทุนในการผลิตได้ และสามารถนำแห้วทอดแบบสุญญากาศด้วยวิธีการขึ้นรูปใหม่มาพัฒนาให้มีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งทางด้านกายภาพและทางด้านประสาทสัมผัสได้ดีมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

คงวุฒิ นิรันตสุข. 2549. การศึกษาการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ของมะม่วงสุญญากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยศิลปากร. หน้า 3

ณัฏชา เปี่ยมคล้า และ เชาว์ อินทร์ประสิทธ์. 2547. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทอดทุเรียนสุกด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 1 – 66.

นิลุบล สัพโส และ อนุกูล วัฒนสุข. 2549. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระเทียมเจียวสุญญากาศ ด้วยเทคนิคพื้นผิวสะท้อน : การประชุมวิชาการครั้งที่ 7 สมาคมวิศวะกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. จังหวัดมหาสารคาม 8 หน้า

นุช ผลนาค. 2545. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารขบเคี้ยวจากกระบวนการทอด.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์(พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บริษัท อาร์ เอ็น พี อินเตอร์เนชั่นแนล แอ จำกัด, 2553, ส่วนประกอบของเครื่องทอดระบบสุญญากาศ

พรพล รมน์นุกูล. 2542. การถนอมอาหาร. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏนครราชสีมา.

ราม แย้มแสงสังข์และคณะ. 2548, การออกแบบเครื่องทอด สุญญากาศให้มีประสิทธิภาพและสะดวกในการใช้งานเพื่อการดำเนินงานด้านการตลาด. การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 15. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. 2540. การประเมินอายุการเก็บของอาหาร. เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 169 หน้า

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. วัตถุเจือปนอาหาร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุมาลี กาบแก้ว, วิภา เกตุเกี้ยว , วัชระ ปั้นประดับ. 2548. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทอดปลานิลโดยใช้เครื่องทอดสุญญากาศ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fellow, P.J. 1990. Food Processing Technology Principle and Practice. Ellis Horwood Limited. 505p.

Fennema, O.R. 1996 Granule gelatinization and pasting. *Food Chemistry*. Marcel Dekker, New York, p 195.

Hui, Y.H. 1996. Bailey's industrial oil and fat products. : Volume 5 Tndustrailand Consumer Nonedible Products from Oil and Fat. 5th ed., John Wiley & Sons, Inc. New York. 708 p.

Jamradloedluk, J., Nathakaranakule, A., Soponronnarit, S. and Prachayawarakorn, S., 2007, Influences of Drying Medium and Temperature on Drying Kinetics and Quality Attributes of Durian Chip, Journal of Food Engineering, 78: 198-205.

Kinsella, J.E. 1983. Function properties of food protein : Thermal modification involving denaturation and gelation, pp. 226-246. *In* Kinsella, J.E. (ed)., Research in Food and Nutrition. Vol 5. Dublin.

Kochhar, S.P. 2001. The composition of frying oils, pp 87-114. In J.B.Rossell.(eds.) Frying improving quality. Woodhead publishing limited canbridga England. 369 p.

Krupanyamat, V. and Bhumiratana, S.(1994). Effects of Operating Condition on Product Quality of Vegetable Vacuum Frying. Research Paper, Department of Food Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Mellema, M. 2003. Mechanism and reduction of fat up take in deep-fat fried foods. *Trends in* Food Sci & Technol. 14 : 364 – 373.

Moreira R. and Garayo, J., 2002, "Vacuum Frying of Potato Chips", Journal of Food Engineer, 55: 181- 191.

Rossell, J.B. 2001. Frying Improving Quality. Woodhcad publishing limited Cambridge England. 369 p.

Sahin, S. and Sumnu, S.G., 2008, Advances in Deep-Fat Frying of Foods, CRC Press, Florida, USA, 321 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T143094

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้