รายงานการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้า

The Development of the Slow Freezing Spring Roll

คณะผู้วิจัย

1.นางสาวเบญจมาภรณ์ ภัทรนาวิก

2.นางดวงฤทัย ธำรงโชติ

3.นางสาวรุ่งทิวา วงค์ไพศาลฤทธิ์

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณผลประโยชน์ ปีพ.ศ. 2550

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้า

เบญจมาภรณ์ ภัทรนาวิก[1] ดวงฤทัย ธำรงโชติ[1] รุ่งทิวา วงค์ไพศาลฤทธิ์[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของปอเปี๊ยะที่มีจำหน่ายอยู่ตามท้องตลาดและจัดทำตำรับมาตรฐาน ศึกษาการเปลี่ยนแปลงและพัฒนากรรมวิธีการผลิตปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้า และศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บของปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้า โดยศึกษาสูตร แป้งปอเปี๊ยะที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้อัตราส่วนของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้ก เท่ากับ 100 : 0 : 0 , 0 :100 : 0 , 0 : 0 : 100 , 90 : 5 : 5 , 80 :10 :10 , 70 : 15 :15 , 60 : 20 : 20 , 50 : 25 : 25 , 40 : 30 : 30 และ 30 : 35 : 35 ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้ก เท่ากับ 100 : 0 : 0 ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรวมเท่ากับ 7.86 มีค่าความหนืด 249.67 Centi point รองลงมาแป้งปอเปี๊ยะที่ใช้อัตราส่วนของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้ก เท่ากับ 0 :100 : 0 , 95: 5: 5 , 80 :10 :10 , 70 :15 :15 , 0 : 0 : 100 , 60 : 20 : 20 , 40 : 30 : 30 , 50 : 25 : 25 และ30 : 35 : 35 โดยมีคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรวมเท่ากับ 6.13 , 5.93 , 5.66 , 5.33 , 5.06 , 4.73 , 4.66 , 4.33 และ4.00 ตามลำดับ ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาแป้งปอเปี๊ยะโดยเก็บที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บไว้ได้ 3 วัน และการเก็บรักษาแป้งปอเปี๊ยะโดยเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นในช่องแช่แข็งจะเก็บไว้ได้ 1 ½ เดือน ผลการเก็บรักษาแป้งปอเปี๊ยะ โดยเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นในช่องแช่แข็งพบว่าปีนที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตและคุณภาพของปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้สูตรพื้นฐานทั้งหมด 5 สูตร ของศรีสมร (2546) เสริมพร และคณะ (2545) ดิ่มซำ(2546) นิคดา (2547) และ อุบล (2547) ผลการศึกษาพบว่าผู้ชิมให้การยอมรับปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งสูตรที่ 5 ของอุบล (2547) มากที่สุดในลักษณะของไส้ผัด จากนั้นได้นำสูตรที่ 5 มาวางแผนการทดลองแบบ Mixture Designโดยแปรส่วนผสมหลักแล้วทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ การให้คะแนนแบบ 9-Point Hedonic Scale Scoring Test พบว่าได้ผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งในด้านสีมีคะแนนเฉลี่ย 7.33, กลิ่น 6.64, รสชาติ 7.67, เนื้อสัมผัส 7.60 และความชอบรวม 7.58 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปอเปี๊ยะแช่เยือก

แข็งแบบช้าในขณะแช่ตู้เย็น โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7°ซ และเก็บตัวอย่างตรวจสอบคุณภาพทุก ๆ 1 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 7°ซ ผลการทดลองพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม แล้วนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งพบว่า มีความชื้นร้อยละ 34.75 เถ้าร้อยละ 1.24 โปรตีนร้อยละ 0.02 ไขมันร้อยละ 5.01 เยื่อใยร้อยละ 1.86 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 57.12 และพลังงาน 273.65 กิโลแคลอรี่

---

[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

The Development of the Slow Freezing Spring Roll

Benjamaporn Pattaranavig[1] Doungruthai Thumrongchote[1] Rungthiwa Wongpaisanrit[1]

Abstract

The objective of this research was to study the quality of spring roll selling in markets and set up standard recipe; study the changing and develop the procedure in producing the slow freezing spring roll ; and study the quality and shelf-life of the slow freezing spring roll. The experiment of spring roll sheet pastry was using 10 difference ratios of wheat flour : bread flour : cake flour as follow 100:0:0, 0:100:0 , 0:0:100 , 95:5:5 , 80:10:10 , 70:15:15 , 60:20:20 , 50:25:25 , 40:30:30 and 30:35:35.The result showed that the most accepted by the tasters is as the ratio of 100 : 0 : 0 gotten 7.86 of overall liking score and 249.67 centi point of viscosity . The acceptance of the other a ratios were ranking as follow 0:100:0 , 95:5:5, 80:10:10 , 70:15:15, 0:0:100, 60:20:20, 40:30:30, 50:25:25 and 30:35:35, and the overall liking scores were6.13,5.93,5.66,5.33,5.06, 4.73,4.66,4.33 and 4.00 respectively. The study of shelf- life indicated that the spring roll sheet pastry could keep in room temperature for 3 days and in frozen state for 1 1/2 month.The experiment for procedure in producing and the quality of the frozen spring roll used 5 standard recipes that was accepted by the consumers i.e. Somsamorn's (2003) , Sermporn and Team's (2002), Dim Sum's (2003) , Nidda's (2004) and Ubon's(2004) Ubon's recipe got the most acceptance from the tasters for the fried stuff, therefore was used in the next experiment.This experiment design used was mixture design which main ingredients would be alternated. Then to assess the sensory perception of the product using 9-point hedonic scale scoring test got the average score of color 7:33, smell 6.64, taste 7.67, texture 7.60 and overall liking 7.58 To study the changing in quality, the slow freezing spring roll was stored in refrigerator at 7^0 C for 4 weeks. The samples was kept once a week to evaluate the quality of food. The result was us changing in quality of the product when storing at7^0 C and for the chemical composition analysis, frozen spring roll consists of 34.75% moisture, 1.24% ash , 0.02% protein, 5.01% fat 1.86% crude fiber, 57.12% carbohydrate and 273.65 calories of energy

---

[1] Rajamangala University of Technolongy Krungthep , Faculty of Home Economics

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ งบผลประโยชน์ปี 2550 ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ให้ความช่วยเหลือจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

สารบัญภาพ

สารบัญตาราง

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันนี้อาหารแช่เยือกแข็งมีบทบาทสำคัญมาก เนื่องจากมีส่วนช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษา และมีความสะดวกในการนำมารับประทาน เพราะประชาชนส่วนใหญ่ได้หันมานิยมรับประทานอาหารสำเร็จรูปเป็นจำนวนมากขึ้น จึงทำให้ตลาดภายในประเทศส่วนใหญ่มีการส่งออกในรูปแบบของอาหารแช่เยือกแข็งซึ่งเป็นการสนองนโยบายเชิงรุกของรัฐบาลในเรื่องครัวไทยสู่ครัวโลก เป็นการเพิ่มธุรกิจร้านอาหาร และเป็นการพัฒนาอาหารไทย ให้อยู่ในระดับมาตรฐานของอาหารแช่เยือกแข็ง นอกจากนี้อาหารแช่เยือกแข็งเป็นที่นิยมทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นการสนับสนุนการส่งออกวัตถุดิบของไทยไปต่างประเทศ ซึ่งเป็นการสร้างรายได้ให้กับผู้ผลิตและประเทศได้อีกด้วย

ปัจจุบันอาหารว่างที่ได้ผ่านกระบวนการแปรรูปแล้ว นำไปแช่เยือกแข็งมีมากมายหลายชนิด ซึ่งจะอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันและสำหรับผู้ที่ต้องการรับประทานอาหารประเภทนั้นแต่ไม่ต้องการซื้อหรือทำครั้งละมาก ๆ หรือยุ่งยากก็สามารถเก็บไว้ทานในครั้งต่อไปได้ อาหารแช่เยือกแข็งปัจจุบันมีหลายประเภท เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป , เฟรนช์ฟรายด์, ซาลาเปา, ขนมจีบ, อาหารทะเลแช่เยือกแข็ง ฯลฯ ซึ่งสามารถนำมาประกอบอาหารได้ เช่น ทอด ย่าง นึ่ง อบ ปิ้ง เป็นต้น แต่บางประเภทก็สามารถรับประทานได้ทันที

สำหรับการวิจัยการทำปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งเป็นการเก็บรักษาอาหารที่ผ่านการปรุงแล้วนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งซึ่งสะดวกในการรับประทานเพียงแค่นำมาทอดเท่านั้นแต่ต้องควบคุมเรื่องอุณหภูมิและวัตถุดิบที่ใช้ว่าชนิดไหนอยู่ในที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งได้นานและเมื่อนำมาทอดยังคงอยู่ในสภาพเดิม ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็ง โดยทำการศึกษาสูตรมาตรฐานและกรรมวิธีการผลิตและผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้ยังผลิตเป็นอุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็งที่ส่งออกได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาคุณภาพของปอเปี๊ยะที่มีจำหน่ายอยู่ตามท้องตลาดและจัดทำสูตรมาตรฐาน
2.เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงและพัฒนากรรมวิธีการผลิตปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้า
3. เพื่อศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บของปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้า

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

วัตถุดิบที่ใช้ผลิตปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้า

ปอเปี๊ยะ(Spring Roll)จัดเป็นอาหารว่างกึ่งสำเร็จรูป วัตถุดิบที่ใช้ผลิตปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้าได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นแผ่นแป้งสำหรับห่อไส้ และส่วนที่เป็นไส้ เพียงแต่นำแผ่นแป้งมาห่อไส้และทอดให้แป้งเหลืองกรอบก็สามารถรับประทานได้ทันทีเพราะส่วนของไส้ปอเปี๊ยะจะผ่านการทำให้สุกแล้วจึงไม่ต้องใช้เวลาในการทอดนาน(อุบล,2547) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตประกอบด้วย

1.แป้ง

พืชที่มีการสะสมแป้งไว้ที่ส่วนต่าง ๆ ส่วนที่เป็นเมล็ดได้แก่ พวกธัญพืชและถั่ว เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งสาลี แป้งข้าวโพด แป้งถั่วเขียว ส่วนที่เป็นรากและหัว ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งท้าวยายม่อม แป้งมันฝรั่ง ถ้าได้จากส่วนไส้กลางของลำต้น ได้แก่ แป้งสาคู จากต้นซาโกเป็นต้น(อบเชย และขนิษฐา,2544)

สำหรับ แป้งสาลีพบว่าเป็นแป้งที่มีคุณสมบัติพิเศษแตกต่างจากแป้งชนิดอื่น เพราะมีโปรตีนกลูเทนนิน (Glutenin) และไกลอะดิน (Gliadin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำแต่เมื่อผสมน้ำลงในแป้งในสัดส่วนที่เหมาะและนวดจนได้ที่ โปรตีนทั้งสองชนิดจะเปลี่ยนสภาพระหว่างการนวดดังนี้ คือกลูเทนนิน จะรวมเป็นเส้นใยเล็กๆ ส่วนไกลอะดินจะดูดน้ำเข้าไปแล้วพองขึ้นมีลักษณะคล้ายแป้งเปียก แล้วใยของกลูเทนนินจะเชื่อมประสารกันโดยไกลอะดินทำหน้าที่เป็นตัวช่วยยึดให้เส้นใยติดกันแน่นขึ้น เมื่อนวดได้ที่โปรตีนสองตัวจะรวมกันกลายเป็นโปรตีนที่มีชื่อใหม่ว่า กลูเทน (Gluten) หรือที่ชาวจีนเรียกว่า “ หมี่กึง ” และนิยมนำมาทำเป็นอาหารพวกมังสวิรัติ กลูเทนจะมีลักษณะเป็นร่างแหที่ยืดหยุ่นได้ สามารถกักเก็บก๊าซไว้ได้ และเมื่ออบจะกลายเป็นโครงร่างที่เป็นโพรงพรุนเหมือนฟองน้ำ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อละเอียด นุ่ม มีรูปร่างที่คงตัว การเลือกใช้แป้งสาลีเพื่อทำผลิตภัณฑ์ชนิดใดชนิดหนึ่งนั้นจะพิจารณาจากประเภท และปริมาณของกลูเทนที่มีอยู่ในแป้ง(มณฑิรา,2549)แป้งต่างชนิดกันจะมีส่วนประกอบต่างกันจึงทำให้แป้งมีคุณสมบัติทั้งทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ ทางด้านเคมี และทางด้านกายภาพต่างกันด้วย โดยทั่วไปแป้งจะมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด รองลงมา คือ โปรตีน นอกจากนี้มีไขมัน เซลลูโลส เถ้า วิตามิน สารสี

เอนไซม์ ความชื้นหรือน้ำมีประมาณ 2-3% คาร์โบไฮเดรตในแป้งอยู่ในรูปของสตาร์ช จะมีผลต่อการหุงต้มอาหารมากที่สุด ส่วนประกอบของ Starch มี 2 อย่าง คืออะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพคติน (amylopectin) ทั้งสองอย่างต่างก็เป็นน้ำตาลหลายชั้น ซึ่งประกอบด้วยกลูโคสหลายหน่วยต่อ ๆ กัน แต่ก็มีข้อแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อแตกต่างระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

อะไมโลส	**อะไมโลเพคติน**
1. ละลายน้ำได้ดีกว่า	1. ละลายน้ำได้น้อยกว่า
2. เมื่อต้มในน้ำหนืดข้นน้อยกว่าแต่ขุ่นกว่า	2. หนืดข้นมากกว่าและใส
3. ให้สีน้ำเงินแก่กับไอโอดีน	3. ให้สีม่วงหรือน้ำตาล
4. ประกอบด้วยโมเลกุลที่ต่อกันเป็นเส้นตรง	4. โมเลกุลต่อกันคล้ายกิ่งไม้
5. ประกอบด้วยกลูโคส 200-2100 หน่วย	5. แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย
6. ต้มแล้วทิ้งไว้จับเป็นวุ้นได้ (Gelation)	6. ไม่จับตัวเป็นวุ้น

แป้งจากพืชต่างชนิดกันจะมีสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินต่างกันแป้งที่มีอะไมโลเพคตินมากหรืออะไมโลสน้อยจะให้แป้งเปียกที่ใสหนืด ข้นมาก แป้งพวกนี้เรียกว่า Waxy starch ถ้าต้องการลักษณะอาหารให้เหนียวข้นแต่ไม่เป็นวุ้น เช่น ไส้ของพาย น้ำสลัด ซุป ครีม น้ำซอส น้ำผักราดหน้า เต้าส่วน ก็ควรใช้แป้งที่มีอะไมโลเพคตินสูง ปกติแล้วแป้งที่ได้จากพวกรากจะมีอะไมโลเพคตินสูงกว่าที่ได้จากเมล็ดธัญพืช ในระหว่างต้มข้าว น้ำจะทำให้แป้งจากเมล็ดข้าวพองตัวและใสขึ้น เมื่อยกลงตั้งทิ้งไว้จะเห็นมันจับตัวกันเป็นวุ้น ทั้งนี้ก็มาจากคุณสมบัติของอะไมโลส ซึ่งมีอยู่มากในข้าวเจ้า

ปัจจุบันนี้วิทยาการก้าวหน้าจึงมีการดัดแปลงปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพคตินให้เป็นไปตามที่ต้องการเพื่อให้ได้ลักษณะอาหารตามวัตถุประสงค์ เช่น ทำให้มีเฉพาะอะไมโลเพคติน ซึ่งแป้งพวกนี้ก็จะถูกเรียกว่าเป็น Waxy Starch เพราะให้แป้งเปียกที่ใสหนืด และข้นมาก ปริมาณอะไมโลสในสตาร์ชของแป้งชนิดต่างๆดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณอะไมโลสในสตาร์ช

ที่มาของแป้ง	ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละ)
ข้าวเจ้าชนิดดัดแปลง	0
ข้าวโพดชนิดดัดแปลง	0
ข้าวเจ้าธรรมดา	16
มันเทศ	18
สาคูจากมันสำปะหลัง	18
มันฝรั่ง	20
หัวเท้ายายม่อม	20
กล้วย	21
ข้าวสาลี	22
ข้าวโพดธรรมดา	24
แอปเปิ้ล	25
ต้นสาคู	26
ถั่ว , Smooth	30
ข้าวโพด ชนิดเติมอะไมโลสสูง	50-80

ที่มา: กล้าณรงค์ และเกื้อกูล , 2543

การเปลี่ยนแปลงของแป้งสตาร์ชเมื่อหุงต้มจากความร้อนชื้น (Moist Heat)

เมื่อน้ำลงในสตาร์ชจะเกิดสารแขวนลอยลักษณะยังไม่หนืดข้น เม็ดสตาร์ชที่คงรูปอยู่จะจมลงที่แตกแล้วจะดูดซึมเอาน้ำไว้ แล้วจะพองตัว ถ้าเอาสารแขวนลอยแป้งในน้ำนี้ตั้งไฟ มันจะพองตัวมากขึ้น จะเกิดความหนืดข้นซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและระยะเวลา ในที่สุดสีที่ขาวขุ่นจะเปลี่ยนเป็นใสเรียกขบวนการนี้ว่า เจลลาตินไนส์เซชั่น (gelatinization) ถ้าต้มต่อไปอีกจะมีตอนหนึ่งที่ความหนืดข้นจะลดลงเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นความหนืดข้นจะเพิ่มขึ้น แป้งต่างชนิดกันจะพองตัวใสที่อุณหภูมิต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อุณหภูมิการพองตัวใสของสตาร์ชในแป้งชนิดต่าง ๆ

ชนิดของแป้งอุณหภูมิ	การพองตัวใสของแป้ง		ลักษณะของแป้งเมื่อเย็น
	เริ่มข้น	สมบูรณ์	
	°C	°C	
แป้งมัน	66	82	ทิ้งไว้ให้เย็นจะจับตัวเหนียวใส
แป้งสาลี	61	89	ขุ่น ข้น และเหนียว
แป้งข้าวโพด	66	82	ข้นใสเหมือนวุ้น
แป้งข้าวเจ้า	66	87	ขุ่นข้น
แป้งเค้ก	61	82	ขาวข้น
แป้งท้าวยายม่อม	65	76	แป้งใส แข็งเหนียว
แป้งข้าวเหนียว	65	76	แป้งขุ่น เหนียว
แป้งถั่ว	67	82	ข้น ใส เป็นวุ้น แข็ง

ที่มา: กล้าณรงค์ และเกื้อกูล , 2543

การทำอาหารพวกน้ำแป้ง ควรตั้งไฟจนข้นและอยู่ตัว ปกติอาหารแป้งมันมักจะต้มจนอุณหภูมิ 95°C (203°F) หรือสูงกว่านี้ ส่วนผสมแป้งที่ต้มหรือตั้งไฟจนข้นแล้วมักจะตั้งต่อไปอีกสักพักหนึ่ง เพื่อให้รสชาติดีขึ้น ในระหว่างหุงต้มธรรมดา เม็ดแป้งส่วนใหญ่ยังอยู่ในรูปของเม็ดที่อุ้มหรือดูดซึมน้ำเอาไว้ มีแป้งเพียงบางส่วนน้อยที่หลุดจากเม็ดละลายในน้ำ หรือของเหลวข้างนอก อย่างไรก็ตาม เม็ดแป้งที่อุ้มน้ำไว้เหล่านั้นอาจแตกออกได้ถ้ากวนแรงเกินไป หรือใช้ไฟสูงเกินไป เป็นต้น

น้ำแป้งข้าวโพดและแป้งอื่น ๆ บางชนิด ที่ต้มหรือกวนได้ที่แล้วตั้งทิ้งไว้จะจับตัวคล้ายวุ้น (gels) ถ้าเข้มข้นพอ Gel จัดอยู่ในพวกของแข็งที่ยืดหยุ่นได้ (elastic Solid) ดูตัวอย่างได้จาก คัสตาร์ด อบ พุดดิ้งแป้งข้าวโพด ตะโก้แป้งข้าวเจ้า ขนมถ้วนตะไล คำว่า Gelatinization มีความหมายต่างจากคำว่า Gelation คำแรกนั้นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อสารแขวนลอยแป้ง (starch suspension) ที่มีแป้งมากพอได้รับความร้อน ส่วนคำหลังเป็นการที่สารแขวนลอยแข็งตัวขึ้น ซึ่งมักเกิดขึ้นเมื่อทิ้งไว้ให้เย็น ตัวอย่างอันแรกก็คือ สิ่งที่เราเห็นเมื่อต้มแป้งเต้าส่วนจนได้ที่ คือ มีลักษณะข้นใส ตัวอย่างคือสิ่งที่เราเห็นเมื่อเราต้มส่วนผสมแป้งตะโก้ที่กวนได้ที่แล้วใส่ในกระทงทิ้งให้เย็น ส่วนผสมแป้งนั้นจะมีลักษณะจับตัวกัน

เมื่อน้ำที่ใช้ผสมแป้งมีน้อยเกินไปหรือเมื่อเอาแป้งเทใส่ลงในของเหลวร้อน ๆ แป้งจะจับตัวเป็นก้อน ๆ เม็ดแป้งที่อยู่นอกก็จะดูดซึมน้ำและพองตัว แต่เม็ดแป้งภายในก้อนจะแห้งหรืออาจพุพองตัวได้น้อยมาก ถ้าเราตัดแป้งที่จับเป็นก้อนจะเห็นแป้งดิบอยู่ข้างใน ในกรณีอย่างนี้เราจะไม่ได้ความข้นที่เราต้องการ เช่น ในการทำซอสหรือน้ำเกรวี่ เพื่อป้องกันการเกิดก้อนแป้งดังกล่าวจะต้องแยกเม็ดแป้งออกจากกัน โดยผสมกับไขมันหรือของเหลวเย็นนิดหน่อยหรือน้ำตาล แล้วแต่ว่าจะเป็นอาหารชนิดใด จึงค่อยใส่ของเหลวร้อนหรือเย็นก็ได้ แล้วจึงตั้งไฟ อย่างใส่แป้งลงในของเหลวร้อนโดยตรง เพราะแป้งจะจับกันเป็นก้อนได้

ปัจจัยที่มีผลต่อการหุงต้มแป้ง

1. ความเข้มข้นของแป้ง ยิ่งมากยิ่งหนืดข้นมาก เพราะเม็ดแป้งพองตัวแต่ถ้ามากเกินไปแป้งบางส่วนไม่ได้รับน้ำก็จะไม่พองตัว
2. ชนิดของแป้ง แป้งที่มีส่วนประกอบของอะไมโลเพคตินมากกว่าจะข้นใส ส่วนที่มีอะไมโลสมากว่าจะขุ่นข้นน้อยกว่าและจับตัวคล้ายวุ้นได้
3. อุณหภูมิและระยะเวลาในการต้มแป้ง ถ้าไฟแรงจะได้แป้งเปียกที่ข้นกว่าและเป็นเงาใส สังเกตดูได้จากการต้มแป้งโดยตรง เปรียบเทียบกับที่ต้มในหม้อตุ๋นและขนมเปียกปูนใช้ไฟแรงและไฟอ่อน
4. การคน จะช่วยให้แป้งไม่ติดกัน ช่วยเร่งให้สุกเร็ว แต่ถ้ากวนหรือคนแรงและนานเกินไป ก็จะทำให้เม็ดแป้งแตก ความข้นก็จะลดลง จะดูใสขึ้นหรือที่เรียกว่าแป้งคืนตัว
5. ความเป็นกรดด่าง จะทำให้เม็ดแป้งสลายตัวให้ส่วนที่เล็กน้อยลง จึงมีผลต่อการพองตัว ความข้นลดลง แม้จะพองตัวใสเร็ว ถ้าจะต้องใส่สิ่งมีฤทธิ์เป็นกรดในส่วนผสมแป้งกวน เช่น ใส่พาย มะนาว ควรเติมน้ำมะนาวในตอนท้าย
6. ส่วนผสมอื่น หลายอย่างที่มีผลต่อการพองตัวใสและการสลายตัวของแป้ง เช่น น้ำตาล เกลือ ไขมัน ไข่ เป็นต้น ซึ่งจะขัดขวางทั้งสิ้น เช่น น้ำตาล ถ้าต้องใช้ในส่วนผสมแป้งกวนมากจะไปขัดขวางที่เรียกว่าน้ำตาลไปรัดตัว เช่น สาคูเปียก ซึ่งจะมีลักษณะเป็นไต ข้าวเหนียวเปียกจะยังแข็งอยู่ ดังนั้นถ้าทำขนมแป้งที่ต้องใช้น้ำตาลมาก อาจแบ่งน้ำตาลส่วนหนึ่งใส่ในตอนต้น หลังจากแป้งเพิ่มตัวใสแล้วจึงใส่ส่วนที่เหลือหรือใช้วิธีเติมน้ำตาลตอนสุกแล้วก่อนยกลง

แป้งชนิดต่าง ๆ ที่ผลิตในประเทศไทย อาจแบ่งเป็น 2 อย่าง คือ แป้งแห้ง และแป้งสด แห้งแป้งจะเก็บได้นานหรือไม่ขึ้นอยู่กับขบวนการผลิตว่าได้ดังน้ำหรือความชื้นออกไปมากน้อยเพียงใด ถ้ามีความชื้นสูงทำให้เป็นตัวและขึ้นราง่าย เหม็นและใช้ไม่ได้ ซึ่งในเรื่องนี้เรายังไม่กฎหมายควบคุม ส่วนแป้งสดซึ่งมีน้ำอยู่มากนั้น เมื่อซื้อมาแล้วก็ควรใช้เลย ถ้าจำเป็นต้องค้างคืนก็เก็บที่อุณหภูมิต่ำ เช่น

เก็บในตู้เย็น แต่ก็เก็บไว้ไม่นาน เพราะแป้งก็มีเอนไซม์โดยธรรมชาติที่จะเปลี่ยนแปลงให้เป็นน้ำตาล จากน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์เป็นน้ำส้มต่อไป จึงทำให้แป้งสดที่เก็บไว้นานมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว

สำหรับแป้งสาลีนั้นมีหลายชนิดหลายยี่ห้อด้วยกัน เช่น ตราเหรียญทอง ตรากบ ตราบัวแดง บัวขาว ตราดอกเก๊กฮวย ตรามังกรแดง มังกรขาว ตราดอกกุหลาบ แต่ละยี่ห้อมีคุณสมบัติในการทำขนมต่างกันจึงควรทราบรายละเอียดเกี่ยวกับแป้งสาลี เพื่อเป็นหลักในการเลือกต่อไป แป้งสาลีมีหลายชนิด บางชนิดเหมาะสมทำขนมปัง บางชนิดเหมาะสมทำเค้ก ทั้งนี้เพราะทำมาจากข้าวสาลีที่มีปริมาณโปรตีนมากน้อยต่างกัน และชนิดโปรตีนนั้น ๆได้จากแป้งสาลีที่มีพันธุ์ต่างกันด้วย ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีพันธุ์ต่าง ๆ

ชนิดของแป้ง	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)
Hard red spring	14.0
Hard red winter	12.2
Soft red winter	10.3
White (Winter and spring)	9.2
Durum	2.7

ที่มา: อรอนงค์ , 2532

แป้งสาลีได้มาจากข้าวสาลี 2 ชนิด คือ ข้าวสาลีชนิดแข็ง (Hard or Strong Wheat) เป็นข้าวที่มีโปรตีนสูง มีน้ำหนักมาก เมื่อผ่านการสีและโม่แล้วแป้งที่ได้จะมีลักษณะหยาบ ร่วน หนัก สีคล้ำ กับข้าวสาลีชนิดเบาหรืออ่อน (Soft Wheat) เป็นข้าวที่มีโปรตีนต่ำ มีน้ำหนักเบา เมื่อผ่านการสีและโม่แล้วแป้งที่ได้จะมีลักษณะละเอียดเบา มีสีขาวกว่าชนิดแรก (มณฑิรา,2549)

ประเภทของข้าวสาลี

ข้าวสาลีชนิดที่นำมาโม่เป็นแป้งสาลีนั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามความแข็งและสีของเมล็ดจัดเป็นข้าวสาลีชนิดแข็งและชนิดอ่อน

ข้าวสาลีชนิดแข็ง เมื่อนำมาโม่จะได้แป้งสาลีชนิดแข็ง ซึ่งเป็นแป้งที่มีโปรตีนสูงเหมาะสำหรับใช้ในการทำผลิตภัณฑ์พวกขนมปัง แป้งชนิดนี้มีโปรตีนที่มีคุณภาพดี สามารถนวดผสมให้ได้ก้อนแป้งที่มีความยืดหยุ่นสูง ทนต่อสภาพการผสม การหมัก อุณหภูมิที่ได้มีปริมาณและเนื้อสัมผัสที่ดี ก้อนโดที่ทำจากส่วนผสมของแป้งสาลีชนิดแข็งจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้สูง

3. แป้งเค้ก (Cake flour) เป็นแป้งที่โม่จากข้าวสาลีชนิดอ่อน มีโปรตีนต่ำประมาณ 7 – 9 % มีสีขาวกว่า 2 ชนิดแรก เนื้อละเอียด เหนียวน้อย แป้งชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้สารเคมี เช่น ผงฟู โซเดียมไบคาร์บอเนต เป็นตัวทำให้ขึ้นฟู ไม่นิยมใช้ยีสต์ เช่นแป้งตราเหรียญทอง ตราดอกบัว ตราดอกบัวแดง ตราพัดโบก และตรากิเลนแดง

นอกจากนี้ยังมีแป้งชนิดอื่นๆ เช่น Self-Rising Flour แป้งที่ผสมผงฟูไว้แล้ว, Pastry Flour แป้งที่มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างแป้งสาลีธรรมดากับแป้งเค้ก ใช้สำหรับทำเพสทรี คุกกี้ และEnriched Flour แป้งที่ได้เติมสารอาหารบางอย่างลงไปเป็นต้น

ส่วนผสมแป้ง (flour Mixtures)

ขนมแทบทุกชนิดที่ทำจากแป้งจะต้องผสมกับของเหลวอื่น ส่วนใหญ่มักจะเป็นน้ำ ขนมต่างชนิดกันจะใช้สัดส่วนของแป้งและน้ำต่างกันดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สัดส่วนแป้งและน้ำที่ใช้ในอาหาร

ประเภท	แป้งในน้ำ 1 ถ้วย	ลักษณะ	ตัวอย่างอาหาร
แป้งเหลวเทได้	1	สามารถเทเป็นทางได้	แพนเค้ก วอฟเฟิล ครีมพัฟฟ์
แป้งเหลวหยอดได้	2	ตักหยอดเป็นก้อนจากช้อน	เค้ก คุกกี้แบบหยอด มัฟฟิน
ก้อนแป้งนิ่มปั้นได้	3	ข้นพอปั้นได้แต่ไม่อยู่ตัว	บัสกิต โรส ขนมปัง
ก้อนแป้งคลึงได้	4	ข้นและยึดกันมากพอที่จะคลึงบนกระดานได้	แป้งพาย เส้นบะหมี่ คุกกี้ม้วน

ที่มา: ศิริลักษณ์ , 2535

2. เนื้อสัตว์

คำว่า เนื้อสัตว์ หมายถึง ส่วนที่รับประทานได้ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งเป็นสัตว์บก สัตว์สี่เท้า ในเมืองไทยเรารวมถึงเนื้อได้จากโค กระบือ สุกร กวาง อีเก้ง กระต่าย เนื้อสัตว์จัดเป็นอาหารโปรตีนที่มีคุณภาพสูง ทั้งยังเป็นแหล่งเกลือแร่และไวตามินต่าง ๆ อีกด้วย

การแบ่งแยกชั้น (meat grading) มีวิธีการ 2 แบบ คือ

1. แบ่งชั้นขณะสัตว์ยังมีชีวิต (slaughter grade)

2. แบ่งชั้นหลังฆ่าแล้ว (carcass grade)

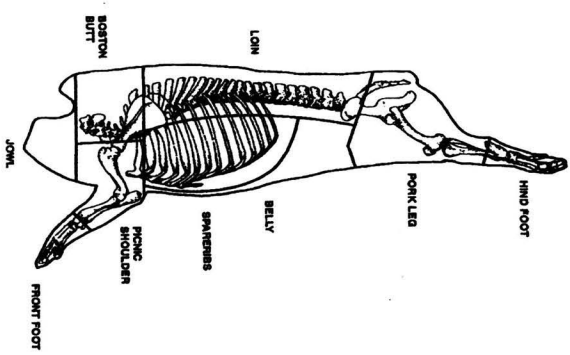
ในการแบ่งชั้นของสัตว์ขณะยังมีชีวิตนี้จะพิจารณาจากรูปร่างของสัตว์ ความอ้วนของสัตว์ และลักษณะบางอย่างของสัตว์ที่จะแสดงถึงคุณภาพของเนื้อสัตว์ได้เช่นความเป็นกล้ามเนื้อ (muscling)ของสุกร(ชัยณรงค์,2529) ส่วนการแบ่งชั้นภายหลังการฆ่าแล้วถือสิ่งต่อไปนี้เป็นหลัก

1. รูปร่างดูจากความเจริญเติบโตของสัตส่วนต่าง ๆ และอัตราส่วนของเนื้อต่อกระดูก กล้ามเนื้อหนาเต็มเมื่อเทียบกับความยาว

2. คุณภาพ เป็นลักษณะของทั้งเนื้อแดงและไขมันที่มีอยู่ในเนื้อ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่สุดต่อความอร่อยของเนื้อ คุณภาพนี้จะดูได้จากไขมันที่แทรกในเส้นกล้ามเนื้อมาก ลักษณะของเส้นกล้ามเนื้อละเอียดและมีความแน่นของเนื้อ สีของเนื้อปกติ อายุตามประเภทของเนื้อ

เนื้อวัวที่คุณภาพดีนั้นได้มาจากสัตว์ที่มีอายุน้อย เนื้อมีไขมันแทรกอยู่มากสม่ำเสมอ เนื้อสัมผัสละเอียด สีปกติ ในสัตว์อายุมากเนื้อจะหยาบขึ้น สีคล้ำ เราอาจดูลักษณะเนื้อวัวจัดอยู่ในขั้นดีหรือไม่จากการตัด เนื้อขั้นดีควรจะมีส่วนเป็นกล้ามเนื้อมาก ไขมันรอบนอกบาง ๆ มีไขมันล้อมรอบอวัยวะภายในน้อย ซึ่งผู้ซื้อจะได้เนื้อที่มีไขมันที่ไม่จำเป็นน้อย (ศิริลักษณ์, 2535)

จากภาพที่ 1 และ 2 บอกถึงตำแหน่งการตัดเนื้อและแสดงส่วนต่าง ๆ ของสุกรเพื่อเป็นข้อพิจารณาในการเลือกใช้ มีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงการตัดเนื้อหมู

ที่มา : http://labs.ansci.uiuc.edu/meatscience/Library. Retived:17 October 2006

ส่วนขาหน้า

1. ชั๊กหรือเบลด	2. ส่วนหน้าอก	3. ท่อนขาหน้า
4. ส่วนซี่โครงต้น	5. ซี่โครงสั้น	6. เพลท

ส่วนขาหลัง

1. ส่วนสีข้าง	2. เนื้อโคนขา	3. เนื้อสะโพก
4. เซอร์ลอยสะเต๊ก	5. พินโบนสะเต๊ก	6. พอร์เตอร์เฮาส์
7. ทีโบน	8. คลับสะเต๊ก	

ส่วนขาหน้า

1. ชั๊กหรือเบลด (chuck or blade) เป็นเนื้อชิ้นที่มีคอติดอยู่ อาจใช้อบหรือทำสะเต๊กได้
2. ส่วนหน้าอก (brisket หรือ breast bone) คือ ส่วนที่ตัดจากชั๊กหรือเบลดแล้ว ตัดขาหน้าตรงใต้รักแร้ออก
3. ท่อนขาหน้า (fore shank) ตัดจากส่วนหน้าอก อาจใช้ต้มทำเป็นน้ำซุป
4. ส่วนซี่โครงต้น (standing rib) ใช้อบและทำสะเต๊ก
5. ซี่โครงสั้น (short rib) เหมาะใช้อบในหม้อ (pot roast)
6. เพลท (plate) เหมาะทำสตูว์และสะเต๊กในบางโอกาส

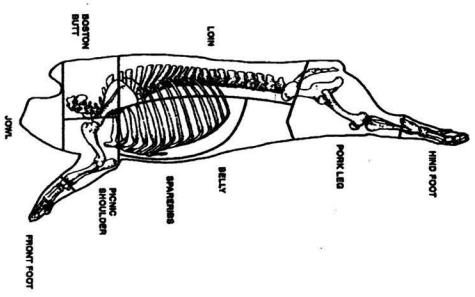
ส่วนขาหลัง

1. ส่วนสีข้าง (flank) เหมาะใช้ทำสตูว์ สะเต๊ก
2. เนื้อโคนขา (round) คือ ส่วนขาหลังขึ้นมาก่อนถึงกระดูกก้นกบ เหมาะทำสะเต๊ก
3. เนื้อสะโพก (rump) คือ ส่วนเนื้อที่ติดกระดูกเชิงกราน เหมาะสำหรับอบและย่างไฟ (Grilling)
4. เซอร์ลอยน์สะเต๊ก (sirloin steak) คือ ส่วนที่ต่อจากเนื้อสะโพกมาทางสันหลัง เหมาะสำหรับทำสะเต๊ก
5. พินโบนสะเต๊ก (pin bone steak) เป็นส่วนปลายสุดของกระดูกเชิงกราน ต่อกับกระดูกเอว
6. พอร์เตอร์เฮาส์ (porterhouse) คือ ส่วนที่มีเนื้อสันนอกและสันในประกอบกระดูกเอว ใช้ได้ทั้งอบและทำเป็นสะเต๊ก เป็นชิ้นที่มีราคาถูกที่สุดในจำนวนเนื้อทั้งหมด
7. ทีโบน (t bone) เป็นส่วนต่อจากพอร์เตอร์เฮาส์ มีเนื้อสันนอกและสันในส่วนน้อย ประกอบดับกระดูกเอวต่อกับกระดูกหลัง จะสังเกตเห็นรูปกระดูกเป็นรูปตัวที
8. คลับสะเต๊ก (club steak) เป็นเนื้อที่มีสันนอกติดอยู่กับกระดูกเท่านั้น ไม่มีสันในติดอยู่เลย เหมาะสำหรับทำสะเต๊ก

การเรียกชื่อส่วนต่าง ๆ ของเนื้อวัวและเนื้อหมูที่ใช้กันในท้องตลาดของไทยอาจแตกต่างจากเนื้อหาดังที่กล่าวไปบ้าง เช่น เนื้อวัวมีเนื้อลูกมะพร้าว ได้แก่ เนื้อสะโพก เหมาะสำหรับย่าง เนื้อสันนอกและสันใน อยู่บริเวณหลังวัว เนื้อสันในจะอยู่ติดกับกระดูกซี่โครงมีริ้วเดียว ส่วนสันนอกอยู่ถัดออกมา มีเนื้อสัมผัสเหนียวกว่า ยาวกว่าส่วนติดซี่โครงต้นจนถึงสะโพก เสือร้องไห้ได้แก่ส่วนหน้าอก มีมันติด ใช้ย่าง หรือใช้ทำแกงที่ต้องการมัน เนื้อพื้นท้อง คือ ส่วนเพลท เหมาะทำเนื้อเปื่อยหรือเนื้อตุ๋นรวมกับเนื้อที่มีเอ็น เพื่อใช้ราดหน้าข้าว หางใช้ทำซุปหางโค เนื้อน่อง ใช้เคี่ยวทำเนื้อเปื่อย เป็นต้น (ศิริลักษณ์ , 2535)

สำหรับเนื้อหมูมีเนื้อสันนอกและสันใน อยู่บริเวณหลังหมู คล้ายของวัว ซี่โครงหมู ชนิดกระดูกอ่อน อยู่ส่วนปลาย ใช้ทอด อบ ผัดเปรี้ยวหวาน ย่าง ส่วนชนิดกระดูกแข็ง อยู่ใกล้กระดูกสันหลัง ต้มเอาน้ำหวานทำแกงหรือซุป สามชั้น อยู่ส่วนพื้นท้อง ทำหมูหวาน พะโล้ ไส้ขนมโก๋ แกงบวน ไส้กรอก กุนเชียง เป็นต้น ขาหมู ใช้ทำต้มเค็ม ต้มยำ ขาหมูยัดไส้ ส่วนนี้จะมีกระดูก มีเนื้อติดเพียงเล็กน้อย มีมันบ้าง แต่มีหนังหุ้มหน้า หูหมู เป็นกระดูกอ่อนมีมันน้อยหนังหุ้มหน้า ใช้ต้มจิ้มน้ำปลาหรือใช้ทำยา ขาหน้าและขาหลัง ขาหน้าเหนียวกว่า ใช้เคี่ยว เนื้อส่วนคอ มีเอ็นมาก ควรใช้ความร้อนชื้น เคี่ยวนาน

ในการเลือกเนื้อหมู ควรเลือกชนิดมีกล้ามเนื้อเต็ม มีอัตราส่วนของเนื้อมากเมื่อเทียบกับไขมัน และกระดูก เนื้อต้องมีลักษณะแน่นละเอียด สีชมพูออกเทาหรือแดง มีเนื้อมาก ไขมันน้อย เนื้อหมูส่วนมากได้จากหมูอายุ 6 เดือน ถึง 1 ปี



ภาพที่ 2 แสดงส่วนต่าง ๆ ของสุกร

ที่มา : http://labs.ansci.uiuc.edu/meatscience/Library. Retived:17 October 2006

1. หัวหมู 2. เนื้อส่วนคอและไหล่ 3. เนื้อหน้าขา
4. หมูเนื้อสัน 5. ซี่โครงหมู 6.เนื้อสามชั้น
7. เนื้อขาหลัง

2.1 การเก็บเนื้อให้นุ่ม

หลังจากสัตว์ถูกฆ่าไม่กี่ชั่วโมง กล้ามเนื้อของสัตว์จะมีลักษณะแข็งตัว ลักษณะดังกล่าวเรียก rigor mortis และจะแข็งตัวประมาณหนึ่งถึงสองวัน เนื้อนั้นจะกลับอ่อนตัวลงอีกเราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการคลายตัวของ rigor mortis (ชัยณรงค์,2529) การเปลี่ยนแปลงนี้จะมีผลต่อความนุ่มของเนื้อ ถ้านำเนื้อที่อยู่ในระยะแข็งตัวมาหุงต้มก็จะได้เนื้อที่เหนียว ถ้าต้องการเนื้อนุ่มกว่าต้องทิ้งไว้ให้ผ่านระยะแข็งตัวนี้เสียก่อน ปกติเนื้อทุกชนิดจะถูกเก็บในห้องเย็นให้ผ่านระยะดังกล่าว เนื้อจะเย็นและตัดได้ง่าย สำหรับเนื้อหมูมักไม่ทิ้งไว้ให้ถึงกับผ่านระยะนี้ เพราะเนื้อหมูมีไขมันสูง เกิดการเหม็นหืนได้ จึงทำให้เกิดรสชาติและกลิ่นไม่น่ารับประทาน แต่เนื้อวัวสามารถเก็บได้นาน เพราะมีไขมันนอกเนื้อคลุมอยู่ทำหน้าที่ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ ยิ่งเก็บเนื้อนาน กล้ามเนื้อของเนื้อจะมีความนุ่มเพิ่มขึ้นใช้เวลาในการเก็บ 10 วันถึง 2 อาทิตย์ ในเมืองไทยเนื้อหมูที่ขายในท้องตลาดมักได้มาจากหมูที่ฆ่าตอนเช้าตรู่แล้วนำมาขายในวันนั้น ส่วนเนื้อวัวจะมีการเก็บทิ้งไว้ให้เนื้อนุ่มขึ้นหรือไม่ขึ้นกับบริษัทที่ผลิต (ศิริ

ลักษณ์ , 2535)สำหรับเนื้อที่ผ่านการฆ่าตามกรรมวิธีมาตรฐานสากลภายหลังการฆ่า จะมีการแช่เย็นซาก(chill)ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเนื้อที่ได้จะมีลักษณะค่อนข้างแน่นและลักษณะโครงร่างดีทำให้ตัดได้ง่าย(ชัยณรงค์,2529)

2.2 คุณค่าทางโภชนาการ

เนื้อเป็นแหล่งสำคัญของอาหารโปรตีนที่มีคุณภาพดี แหล่งของแร่เหล็กและวิตามินบี ซึ่งสารอาหารเหล่านี้อยู่ในส่วนเนื้อไขมันจะล้อมรอบกล้ามเนื้อเป็นชั้น ๆ และยังมีไขมันอีกพวกหนึ่งที่แทรกอยู่ในเนื้อกล้าม ผู้รับประทานอาหารจะได้คุณค่าทางโภชนาการเท่าใดนั้นขึ้นกับการตัดเอาส่วนออกขณะรับประทานด้วย ถ้าตัดไขมันออก แคลอรี่ที่ได้ก็จะน้อยลง แต่สารอาหารอื่นจะได้คล้าย ๆ ของเดิม นอกจากวิตามินเอที่ละลายอยู่ในไขมันจะได้ในปริมาณน้อยลง เนื้อหมูมีวิตามินบีหนึ่งสูงกว่าเนื้อชนิดอื่น และวิตามินนี้ไวต่อความร้อนมากกว่าวิตามินอื่นด้วย จึงสูญเสียไปได้มากในระหว่างการหุงต้ม การหุงต้มด้วยความร้อนต่ำจะเสียวิตามินบีหนึ่งน้อยกว่าการใช้ความร้อนสูง น้ำที่หยดจากการย่างเนื้อหรือน้ำจากการเคี่ยวเนื้อจะมีวิตามินบีหนึ่งอยู่ เช่น น้ำหยดจากการย่างหรืออบ นำมาปรุงรสทำน้ำราดเนื้อ เป็นต้น สำหรับสารอาหารอื่น ๆ นั้น นับว่าสูญเสียไปไม่มากนัก

ตับ เป็นส่วนที่มีเกลือแร่ วิตามินสูงมาก เมื่อเทียบกับส่วนที่เป็นเนื้อ ตับทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมอาหารของสัตว์ ซึ่งสารอาหารเหล่านั้นรวมคาร์โบไฮเดรต ซึ่งอยู่ในรูปของไกลโคเจนด้วย ในตับมีวิตามินเอสูงมาก นอกจากนี้ยังมีไนอะซินและวิตามินซีด้วย สารอาหารในส่วนอื่นของสัตว์ เช่น ลิ้นจะมีคล้ายคลึงกันกับที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อ

2.3 การเตรียมอาหารเนื้อ

ในระหว่างการหุงต้มเนื้อจะมีการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดก็คือ การเปลี่ยนสี เนื้อวัวดิบจะมีสีแดงสด ถ้าทำสุกปานกลางจะเป็นสีชมพู ถ้าทำสุกมากจะเป็นสีเทาออกน้ำตาล เนื้อหมูจะต้องทำให้สุกก่อนรับประทาน สังเกตได้จากเป็นสีเทาอ่อน การดูว่าเนื้อสุกขั้นที่เราต้องการหรือไม่นั้น อาจใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดเสียบเข้าไปในเนื้อได้ จึงวัดดูจากอุณหภูมิภายในก้อนเนื้อนั้นว่าสุกดิบแค่ไหน

ตารางที่ 6 อุณหภูมิกับระยะความสุกดิบของเนื้อ

ระยะความสุกดิบ	อุณหภูมิภายใน (°ซ)	ลักษณะเนื้อ
เนื้อสุก ๆ ดิบ ๆ	55-65	สีภายในเกือบทั้งหมดเป็นสีแดงหรือแดงปนเทา เนื้อชุ่ม
เนื้อสุกปานกลาง	65-70	สีออกชมพูมากกว่าสีแดงอาจมีสีเทาอ่อนปน ชุ่มน้อยลง หดเล็กน้อย
เนื้อสุก	70-80	สีชมพูหรือออกเทา ชุ่มน้อยลง ขนาดเล็กลงไปอีก
เนื้อสุกมาก	90-95	สีออกน้ำตาล แห้งไม่ชุ่ม และอาจจะยุ่ย

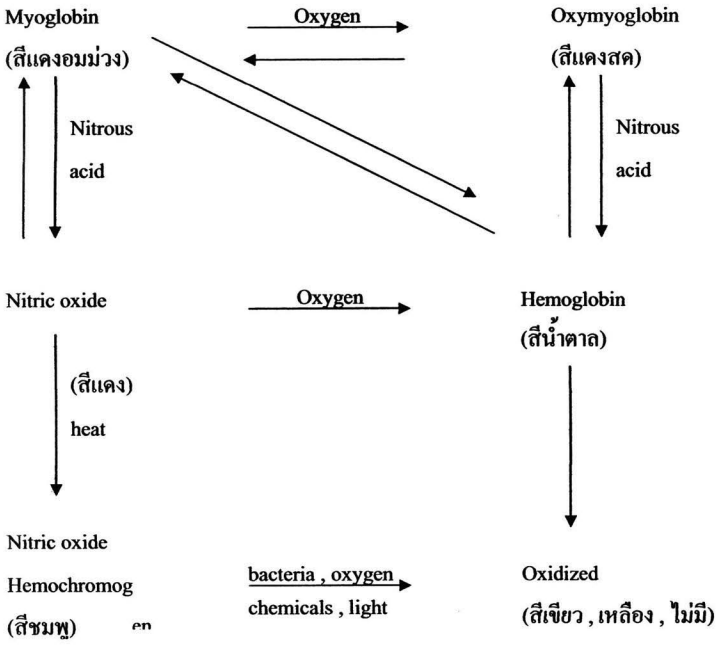
ที่มา : ศิริลักษณ์ , 2535

สีของเนื้อสัตว์มาจากสารสีไมโอโกลบิน (myoglobin) ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง ส่วนสีของเลือดนั้นคือ ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) มีหน้าที่นำออกซิเจนไปยังส่วนต่าง ๆ ส่วนไมโอโกลบินนั้นมีหน้าที่เก็บออกซิเจนไว้ในเนื้อเยื่อ ถ้ามีไมโอโกลบินสูงจะทำให้เนื้อส่วนนั้นมีสีคล้ำ เช่น ส่วนหัวใจเป็นต้น ในเนื้อเยื่อของสัตว์ที่มีชีวิต ไมโอโกลบินเป็นสีแดงอมม่วงและมีสัดส่วนสมดุลกันกับออกซีไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) ซึ่งเป็นสีแดงสด ภายหลังจากที่สัตว์นั้นตายออกซิเจนภายในเนื้อเยื่อถูกนำไปใช้อย่างรวดเร็วในการหดตัวหรือเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ และสารสีก็จะอยู่ในรูปของไมโอโกลบินแทบทั้งหมด ลักษณะอันนี้จะอยู่ได้นานภายในก้อนเนื้อเพราะไม่มีออกซิเจน ส่วนผิวเนื้อที่ถูกตัดนั้น เนื่องจากได้รับออกซิเจนจากอากาศ สีของมันจึงเป็นสีแดงสด แต่ก็จะเป็นเช่นนี้ในเวลาจำกัด ก้อนเนื้อที่ตัดทิ้งไว้มักจะเป็นสีแดงออกน้ำตาลทั้งนี้ก็เนื่องจากปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนแก่เหล็ก ซึ่งเป็นส่วนประกอบของไมโอโกลบิน จะเปลี่ยนจากเฟอรัส (ferrous) เป็น (ferric) การเปลี่ยนสีเช่นนี้จะเป็นไปได้รวดเร็วขึ้นด้วยความร้อน แบคทีเรีย การทำให้เย็นจนแข็ง เกลือและโลหะบางชนิด

นอกจากนี้การเปลี่ยนสีที่เกิดจากการเติมสารเคมีหรือเกิดจากการกระทำของแบคทีเรีย ยังมีผลต่อสีของเนื้อด้วย เช่น เนื้อที่หมักด้วยดินประสิว จะให้สีแดงเพราะดินประสิวให้กรดไนตรัสไปช่วยทำให้ไมโอโกลบินเปลี่ยนเป็นไนตริคออกไซด์ไมโอโกลบิน ซึ่งเป็นสีแดง และถ้าเนื้อนี้ได้รับออกซิเจนก็จะให้สีออกน้ำตาล แต่ถ้าสีนี้ได้รับความร้อนก็จะเปลี่ยนเป็นสารอื่น ซึ่งเป็นสีชมพู และถ้าปล่อยให้เนื้อสัมผัสแบคทีเรีย ออกซิเจน สารเคมี หรือแสง เนื้อสีชมพูนี้จะเปลี่ยนเป็นสารที่เป็นสีเขียวเหลือง หรือไม่มีสี ดังแสดงในภาพที่3 ในระหว่างการหุงต้ม โปรตีนในเนื้อกล้ามจะแข็งตัว การทำให้

สุกบางวิธีจะทำให้ใยกล้ามเหนียวขึ้น บางวิธีทำให้โปรตีนที่แข็งนั้นอ่อนตัวลงได้ ในการหุงต้มเนื้อพังผืด พวกคอลาเจนจะไม่แข็งตัว แต่มันจะเปลี่ยนเป็นเจลาติน ไขมันจะละลายทำให้เนื้อชุ่มและนุ่มขึ้น ส่วนที่เป็นน้ำระเหยออกไปจากก้อนเนื้อ น้ำเนื้อที่หยดออกมาประกอบด้วยน้ำ ไขมันที่ละลายแล้ว สารประกอบอื่นจากเนื้อ มีผู้ทดลองหาวิธีหุงต้มเนื้อให้เหมาะกับชนิดของเนื้อพบว่า การหุงต้มแต่ละวิธีจะบอกถึงความเร็วในการที่จะทำให้สุกได้ เช่น ผัดก็ย่อมใช้เวลาเร็วกว่าอบหรือตุ๋น ดังนั้นควรคำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการเตรียมด้วย

การย่าง (broiling) การย่างเป็นการใช้ความร้อนแห้ง ซึ่งเนื้อจะได้รับความร้อนจากไฟโดยตรง อาจจะเป็นจากเตาแก๊ส เตาไฟฟ้าหรือเตาถ่าน ความร้อนที่พอจะทำให้เนื้อเกิดสีน้ำตาลในระยะเวลาอันสั้น ถ้าใช้ไฟอ่อนเกินไป เนื้อจะเป็นสีเทาและน้ำเนื้อก็จะไหลออกไป เนื้อที่เหมาะสมในการย่างคือ เนื้อบริเวณสันนอก สันใน เบคอน แฮมที่แล่บาง ๆ แล้ว



ภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อ

ที่มา: Price and Schweigert 1981

ตารางที่ 7 วิธีการหุงต้มสำหรับเนื้อจากส่วนต่าง ๆ

วิธีหุงต้ม	เนื้อวัว	เนื้อหมู
การย่าง	เนื้อตัดเป็นแผ่นหนา	แฮมรมควันตัดเป็นแผ่น
	เซอร์ลอยน์	เบคอน
	พอเตอร์เฮาส์	
	ทีโบน	
	คลับ	
	ซี่โครง	
อบแห้งในหม้อหรือทอด	เนื้อตัดเป็นแผ่นบาง	แฮมรมควันตัดเป็นแผ่น
	บริเวณส่วนขา	เบคอน
	เซอร์ลอยน์	ตับ
	ทีโบน	
	คลับ	
	ซี่โครง	
	เนื้อบด	
	ตับ	
	ซี่โครง	แฮมสดหรือรมควัน
	เซอร์ลอยน์	เนื้อไหล่สดหรือรมควัน
	เนื้อสะโพก	เนื้อสัน
		ซี่โครง
	เนื้อสะโพก	แฮมตัดเป็นแผ่น
	เนื้อส่วนคอ	เนื้อตัดเป็นแผ่นหนา
	เนื้อน่อง	
	ซี่โครง	หมูสันใน
	เนื้อขา	ซี่โครงหมู
	เนื้อท้อง	ตับ
	ตับ	
เคี่ยวเนื้อเปื่อยและสตูว์	เนื้อน่อง	แฮมรมควัน
	เนื้อขาหน้า	เนื้อไหล่รมควัน
	ท่อนขา	ซี่โครงหมู
	ซี่โครงสั้น	

ที่มา : ศิริลักษณ์ , 2535

ตารางที่ 8 วิธีการหุงแบบไทยสำหรับเนื้อจากส่วนต่าง ๆ

	เนื้อวัว	เนื้อหมู
แกงจืด	หางวัว	ซี่โครง
	สะโพก	ขาหน้า ขาหลัง
	ขาหน้า หลัง	เครื่องใน
		เนื้อสะโพก
แกง	เนื้อสะโพก	เนื้อสะโพก
	เนื้อขาหลัง หน้า	ซี่โครง
		เครื่องใน
		ขาหน้า ขาหลัง
		เนื้อหน้าอก
ผัด	เนื้อสะโพก	เนื้อสามชั้น
	เนื้อสันใน สันนอก	เครื่องใน
	เนื้อใต้ท้อง	เนื้อสะโพก
		ซี่โครงอ่อน
ต้มยำ	เนื้อสะโพก	ขาหมู
	เนื้อขา	ซี่โครงหมู
		เครื่องใน
เคี่ยว	เนื้อคอ	เนื้อน่อง
	เนื้อน่อง	เนื้อคอ
	เนื้อสะโพก	
ทอด	สันใน	สันใน
	สันนอก	สันนอก
	สะโพก	สะโพก
	ตับ	ตับ
	เนื้อใต้ท้อง	เนื้อใต้ท้อง

ที่มา : ศิริลักษณ์, 2535

3. ไข่ไก่

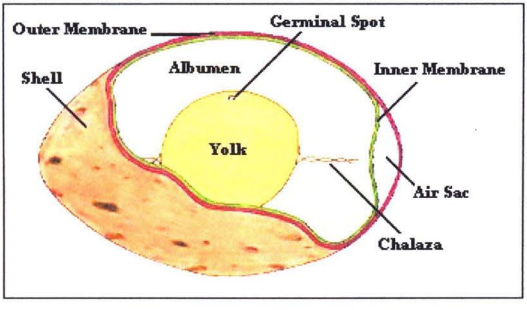
ภาพที่ 4 แสดงโครงสร้างภายนอกของไข่

ที่มา : http://image.3qmix.com/sakid/wp-content/uploads. Retived: 04 January 2007

ไข่เป็นอาหารที่นิยมกันมาก เป็นอาหารที่มีประโยชน์มีคุณค่าทางโภชนาการสูง หาซื้อได้ง่าย มีจำหน่ายทั่วไป และนำไปประกอบอาหารได้สะดวก ไข่ที่นิยมนำมาบริโภคเป็นอาหารกันมาก คือ ไข่เป็ดและไข่ไก่นอกนั้นมีไข่เต่า ไข่นกกระทา เป็นต้น

3.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของไข่

ไข่ไก่หนักประมาณฟองละ 40-60 กรัม เป็นเปลือกไข่และเยื่อหุ้มเนื้อไข่ประมาณ 5-8 กรัม ไข่แดง 12-18 กรัม และไข่ขาว 23-24 กรัม โครงสร้างและส่วนประกอบภายนอกและภายในของไข่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 5 แสดงโครงสร้างภายในของไข่

ที่มา: http://www.kidwings.com/eggs/eggdevelopment/ Retived: 04 January 2007.

1. โครงสร้างภายนอกของไข่ โครงสร้างภายนอกประกอบด้วยเปลือกไข่ ซึ่งมี 2 ชั้น

- เปลือกไข่ โดยทั่วไปมีสีค่อนข้างขาว สีน้ำตาลอ่อนหรือสีนวล ขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ของไก่ ไม่เกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ ไข่สีอะไรก็ตามมีคุณค่าทางโภชนาการเช่นเดียวกัน ผิวของเปลือกไข่เรียบบ้าง ขรุขระบ้าง แล้วแต่การจับเกาะของหินปูน และเส้นใยของโปรตีนคอลลาเจน

เปลือกไข่มีรูขนาดเล็กมาก มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น เป็นช่องที่อากาศและความชื้นผ่านเข้าออกได้ ไข่ใหม่จะมีเมือกเคลือบเปลือกไข่ ทำให้ผิวมีลักษณะเป็นนวลช่วยป้องกันน้ำระเหยออกจากไข่ และป้องกันจุลินทรีย์ไม่ให้เข้าไปในไข่ เมื่อเก็บไข่ไว้นานเมือกนี้จะแห้ง ทำให้มีลักษณะผิวเป็นมัน อากาศถ่ายเทเข้าออกได้มากขึ้น ทำให้คุณภาพด้อยลง

- เยื่อเปลือกไข่ มี 2 ชั้น คือ ชั้นที่ติดกับเปลือก เรียกว่า เยื่อเปลือกไข่ชั้นนอก (sjell membrane) และชั้นที่ติดกับไข่ขาวเรียกว่า เยื่อเปลือกไข่ชั้นใน (egg membrane) เยื่อเปลือกไข่ทั้ง 2 ชั้นอยู่ติดกันตลอด ไปแยกกันที่ด้านป้านของไข่ซึ่งมีโพรงอากาศ (air cell) โพรงอากาศเกิดขึ้นได้เพราะเมื่อไข่ออกจากตัวไก่แล้วกระทบกับอากาศภายนอกซึ่งเย็นกว่า ไข่จะหดตัวลง แต่เปลือกไข่จะหดตัวได้น้อยกว่าเนื้อไข่ ซึ่งหุ้มด้วยเยื่อเปลือกไข่ชั้นใน ทำให้เยื่อเปลือกไข่ชั้นในแยกออกจากเยื่อเปลือกไข่ชั้นนอก เมื่อเก็บไข่ไว้นานน้ำระเหยออกจากไข่มากขึ้น โพรงอากาศจะมีขนาดใหญ่ขึ้น ฉะนั้นไข่เก่าจะมีโพรงอากาศใหญ่กว่าไข่ใหม่

โพรงอากาศทางด้านป้านช่วยในการหายใจของเชื้อตัวอ่อนในไข่ เพราะทางด้านป้านเปลือกไข่มีรูอากาศมากกว่าทางด้านอื่น ถ้าโพรงอากาศอยู่ทางด้านแหลมของไข่ ตัวอ่อนอาจตายได้เพราะขาดอากาศหายใจ

2. โครงสร้างภายในของไข่ โครงสร้างภายในของไข่ คือ ส่วนที่อยู่ภายในเยื่อเปลือกไข่ชั้นใน ประกอบด้วย ไข่ขาว และไข่แดง ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้เป็นอาหาร

- ไข่ขาว มีประมาณ 60% ของเนื้อไข่ทั้งหมด ประกอบด้วยน้ำและโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ มีไขมันบ้างเล็กน้อย ไข่ขาวแบ่งออกได้เป็น 4 ชั้นนับจากชั้นที่อยู่ติดกับเยื่อเปลือกไข่ชั้นในจนถึงไข่แดงดังนี้

ก. ไข่ขาวใสชั้นนอก (outer liquid) หรือที่เรียกว่าน้ำค้างไข่ เป็นส่วนที่ค่อนข้างเหลว จำเป็นสำหรับการเจือจางน้ำเชื้อในการผสมพันธุ์เทียม และช่วยเพิ่มความฟูของขนม

ข. ไข่ขาวข้น (dense albumin) ช่วยประคองไข่แดงไม่ให้ได้รับความกระทบกระเทือน

ค. ไข่ขาวใสชั้นใน (inner liquid) เป็นไข่ขาวใสที่ยึดไข่แดงให้ลอยตัวอยู่ตรงกลางฟองไข่

ง. เยื่อขั้วไข่แดง (cheliferous layer) เป็นไข่ขาวข้นที่อยู่ติดกับไข่แดง หุ้มไข่แดงแล้วขมวดเป็นเกลียวอยู่หัวท้ายตามแกนยาวของไข่

- ไข่แดง จะถูกหุ้มด้วยเยื่อบาง ๆ ซึ่งเรียกว่า เยื่อหุ้มไข่แดง โดยทั่วไปไข่แดงมีความเข้มข้นมากกว่าไข่ขาว เพราะมีน้ำน้อยกว่า โปรตีนและไขมันสูง มีสีเหลืองอ่อนแก่ในระดับต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ ในไข่แดงอาจมีจุดเลือดซึ่งเกิดจากเส้นโลหิตฝอยภายในรับไข่ของแม่ไก่แตก มักจะเกิดขึ้นภายในสองสามวันก่อนออกไข่ จุดเลือดดังกล่าวไม่ได้ทำให้ไข่เสีย คงบริโภคได้ตามปกติ (สันทนา , 2539)

3.2 คุณค่าทางโภชนาการของไข่

ดังได้กล่าวแล้วว่า ไข่เป็นอาหารที่อุดมด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย และจัดเป็นอาหารหลักของไทยในหมู่ที่ 1 สารอาหารที่มีมาก คือ น้ำ โปรตีน ไขมันและเกลือแร่ ไข่ไก่ที่หนัก 60 กรัม จะมีน้ำประมาณ 37 กรัม โปรตีนและไขมันอย่างละประมาณ 6 กรัม มีคาร์โบไฮเดรตอีกเล็กน้อย

คุณค่าทางโภชนาการคิดเป็นกรัมของไข่ 1 ฟอง หนัก 60 กรัม

	น้ำหนัก	น้ำ	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า
ไข่แดง	18.7	8.9	3.1	6.1	0.04	0.28
ไข่ขาว	33	28.9	3.4	น้อยมาก	0.2	0.21

ไข่มีโปรตีน ไขมันและเกลือแร่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่ไขมันอยู่ในไข่แดงเกือบทั้งหมด ฉะนั้นในไข่แดงจึงมีคอลเลสเตอรอลสูง คือ ประมาณ 300 มิลลิกรัมต่อฟอง การบริโภคไข่มาก ๆ จึงทำให้ปริมาณคอลเลสเตอรอลในเลือดสูงได้ คาร์โบไฮเดรตในไข่แดงมีน้อยกว่าในไข่ขาวจะรวมอยู่กับโปรตีนชนิดต่าง ๆ

3.3 ลักษณะเฉพาะของไข่

ลักษณะเฉพาะของไข่เป็นคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์กับการประกอบอาหารการเปลี่ยนแปลงของไข่เกิดขึ้นทันทีที่ไข่ออกจากตัวไก่ ดังต่อไปนี้

1. เปลือกไข่ ไข่ที่เก็บไว้นานช่องอากาศที่เปลือกไข่จะขนาดใหญ่ขึ้นทำให้มีความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของน้ำ ไข่จึงลอยน้ำ ไข่ใหม่จึงจมน้ำ ส่วนไข่ไก่จะลอยน้ำ ลักษณะอันนี้จึงมีประโยชน์ในการตรวจสอบคุณภาพของไข่ นอกจากนี้ยังมีการระเหยของน้ำออกจากไข่ การดูดออกซิเจนและการถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา การระเหยของน้ำทำให้ของเหลวภายในมีขนาดเล็กลง โพรงอากาศมีขนาดใหญ่ขึ้น การระเหยของคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ไข่มีฤทธิ์เป็นด่างมากขึ้น

2. ไข่ขาว ระหว่างเก็บไข่ขาวจะเหลวลง เพราะมีการย่อยโปรตีน โดยเอนไซม์ที่อยู่ในไข่ขาวเอง ไข่เก่าจึงมีไข่ขาวเหลวกว่าไข่ใหม่ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ของไก่ด้วย

3. ไข่แดง ไข่แดงจะเหลวเช่นเดียวกับไข่ขาวเมื่อเก็บไว้นาน เพราะน้ำซึมผ่านเยื่อหุ้มไข่แดงเข้าไปในไข่แดงได้ ดังนั้นจึงสังเกตได้ว่าไข่ไก่เก่าเมื่อนำมาทอดไข่ดาว ไข่ขาวจะเหลวแตกเป็นวงกว้าง ไข่แดงมีขนาดใหญ่และแบนราบ ส่วนไข่ใหม่ไข่ขาวจะข้นกระจายเป็นวงกลมแคบ ไข่แดงกลมและนูน หรือเมื่อนำมาต้มแข็ง ไข่แดงในไข่เก่าจะติดเปลือกไม่กลม ส่วนไข่ใหม่ไข่แดงจะอยู่ตรงกลางฟองและกลม

4. การแข็งตัวของโปรตีน โปรตีนในไข่จะแข็งตัวเมื่อถูกความร้อนทำให้สุก แต่ถ้าได้รับความร้อนสูงเกินไปจะเหนียวถ้าเป็นการทอด ในการตุ๋น เช่น การทำสังขยาถ้าใช้ความร้อนสูงเกินไปไข่จะจับตัวกันเป็นก้อน หดตัวและบีบน้ำออกมา ไข่แดงจะแข็งตัวในอุณหภูมิสูงกว่าไข่ขาวเล็กน้อย ปริมาณน้ำตาลที่เติมลงไปมีผลต่อการแข็งตัวของโปรตีน ถ้ามีน้ำตาลมากทำให้ไข่แข็งตัวได้ช้าลง สังขยาที่หวานจัดจึงเหลวกว่าสังขยาที่ไม่ค่อยหวาน การเติมน้ำหรือนมซึ่งทำให้โปรตีนเจือจางลงทำให้โปรตีนแข็งตัวได้ช้าลง แต่การเติมเกลือหรือกรด เช่น มะนาว จะทำให้โปรตีนแข็งตัวเร็วขึ้น

5. การเกิดฟอง เมื่อเอาไข่ขาวมาตีหรือปั่นจะเกิดเป็นฟองฟู เพราะโปรตีนในไข่เข้าไปหุ้มอากาศไว้ ขนมที่ใช้ไข่จึงโปร่งฟูโดยไม่ต้องใช้ผงฟู แต่ถ้าตีมากเกินไป โปรตีนที่หุ้มอากาศไว้มีความแข็งแรงน้อยลง เมื่อนำไปอบอากาศที่ขยายตัวขึ้นจะดันเส้นใยโปรตีนออกมาทำให้ขนมยุบ ไข่แดงที่นำมาตีจะไม่ขึ้นฟูเหมือนไข่ขาว เพราะไขมันที่มีอยู่มากในไข่แดง การเติมน้ำหรือน้ำตาลลงไปในไข่มีผลต่อการเกิดฟองน้ำทำให้ไข่ขาวเกิดฟองฟูมากขึ้น แต่จะไม่คงตัว ทำให้นุ่ม ส่วนน้ำตาลทำให้ไข่ขาวขึ้นฟูช้า

6. การเกิดอิมัลชั่น (emulsion) ไข่แดงสามารถทำให้น้ำกับน้ำมันเข้ากันได้ดี ในการทำน้ำสลัดถ้าไม่ต้องการให้น้ำมันแยกกันเป็นชั้นให้ใส่ไข่แดงดิบลงไปเขย่าสักครู่น้ำกับน้ำมันจะผสมกัน

4. ไขมัน/น้ำมัน

น้ำมันที่ใช้ในการประกอบอาหาร

น้ำมันหมู (lard) ได้มาจากเนื้อเยื่อไขมันหมู ผ่านกระบวกการแยกเอาน้ำออก ถ้าเป็นมันเปลว ซึ่งได้จากรอบใต้ท้อง เอาใส่กระทะตั้งไฟอ่อน มันเปลวนี้ถือเป็นมันที่มีคุณภาพดีที่สุด เพราะมีจุดมีควันสูง จุดหลอมเหลวต่ำ เจียวน้ำมันได้มาก สีใสกว่ามันแข็ง มันหมูจากส่วนอื่น เช่น ส่วนหลัง จากลำไส้ คุณภาพต่ำกว่า สมัยนี้เมื่อผลิตมาก ๆ เขาใช้หม้อไอน้ำมีแรงดันช่วยในการสกัดน้ำมัน คุณภาพของน้ำมันหมูย่อมขึ้นกับว่าได้จากมันส่วนไหน

ในบางประเทศการผลิตน้ำมันหมูเขาจะต้องผ่านกระบวนการต่าง ๆ หลายขั้นตอน เช่น เติมสารกันหืน ฟอกสี ทำให้แข็งตัว เอากลิ่นออก เติมสารช่วยการรวมตัวของน้ำมัน เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้มีคุณสมบัติเหมาะสมตามความต้องการ มันหมูที่ได้จึงมีลักษณะแข็งตัวในอุณหภูมิห้อง ไม่มีกลิ่น สีขาวสะอาด ไม่เหม็นหืนได้ง่าย สามารถนำไปผสมกับส่วนผสมแป้งให้เข้ากันได้ดี จึงนำไปใช้ทำพวกแป้งอบได้

ไขมันวัว (beef fat) แยกน้ำมันออกจากเนื้อเยื่อไขมันโดยอุณหภูมิต่ำ แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 32 °ซ หลายวัน จะได้ส่วนที่เป็นผลึกเรียก oleo stearin และส่วนที่เป็นน้ำมันเรียก oleo oil ใช้ในการทำเนยเทียม บิสกิต แครกเกอร์ ที่เรียกว่า oleo เพราะมี oleoic acid

เนยแท้ (butter) ได้มาจากส่วนครีมของน้ำนม โดยเอาน้ำนมเข้าเครื่องเหวี่ยง ส่วนครีมเบากว่าก็ลอยขึ้นมาข้างบน แยกส่วนนี้ไปพาสเจอร์ไรซ์แล้วปั่นจะได้ไขมันเนยจับเป็นก้อน ส่วนที่ได้นี้จะอยู่ในลักษณะการรวมตัวชนิดน้ำมันในน้ำ (oil in water emulsion) จะต้องแยกเอาของเหลวที่มีมากเกินที่เรียก butter milk ออกจึงจะได้เนยแท้ที่อยู่ในลักษณะการรวมตัวชนิดน้ำมันในน้ำ (water in oil emulsion) รสชาติและกลิ่นของเนยแท้นี้มาจากพวกกรดไขมันที่ระเหยได้และพวกไดอะซีทิล (diacytyl) มีกฎหมายควบคุมว่าเนยแท้ต้องมีไขมันจากน้ำนมไม่ต่ำกว่า80% ในการผลิตอาจเติมสีได้

เนยเทียม (margarine) ทำคล้ายเนยแท้ แต่ใช้ไขมันอื่นแทน เริ่มโดยใช้ไขมันวัวจึงเรียกว่า oleo margarine ปัจจุบันนี้ทำจากไขมันถั่ว น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันถั่วเหลือง เนยเทียมนี้ตามกฎหมายก็ต้องมีไขมัน 80% เช่นเดียวกัน ปัจจุบันนี้มีผู้หันมาใช้เนยเทียมกันมาก เนื่องจากราคาถูกกว่าเนยแท้

น้ำมันพืช (vegetable oils) ได้จากเมล็ดพืชที่มีน้ำมันมาก เช่น ข้าวโพด เมล็ดฝ้าย ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เปลือกผลไม้บางอย่าง เช่น มะกอก จากเนื้อผลไม้ เช่น มะพร้าว กระบวนการสกัดเอาน้ำมันจากพืชเหล่านี้มีหลายแบบ เช่น ใช้เครื่องบีบอัดเอาน้ำมันออก สกัดด้วยสารเคมี หรืออาจใช้ทั้งสองวิธีด้วยกัน เป็นต้น น้ำมันพืชเหล่านี้บางชนิดอาจมีกลิ่นรสที่ไม่ต้องการจึงต้องผ่านกระบวนการเอากลิ่นออก ซึ่งกลิ่นเหล่านั้นมาจากสารพวกแอลดีไฮด์ (aldehyde) คีโทน (ketone) น้ำมันหอมระเหย

(essential oils) และกรดไขมันอิสระ ในบางกรณีเขาจะทำให้น้ำมันนี้เย็นลงเพื่อให้บางส่วนที่มีกรดไขมันที่อิ่มตัวกว่า โมเลกุลสูงตกผลึกแล้วแยกผลึกออก น้ำมันที่เหลือก็จะมีจุดแข็งตัวต่ำลงไปอีก เหมาะในการทำอาหารที่ต้องเก็บในตู้เย็น เช่น น้ำสลัด ขบวนการนี้เราเรียกว่า winterization

ปัจจุบันมักนำน้ำมันพืชมาทำให้แข็ง แล้วเตรียมสารช่วยการรวมกับของเหลวอื่นเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีขึ้น ผลที่ได้จะมีลักษณะคล้ายเนย แต่เป็นสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ใช้ทำขนมได้ดี โดยเฉพาะพวกขนมปัง นิยมใช้กันมาก ไขมันที่ผลิตโดยวิธีนี้ที่กระป๋องมักเขียนว่า shortening ซึ่งก็คือสิ่งที่ช่วยทำให้จุดมีควันต่ำลง จึงไม่เหมาะในการทอด

กะทิ คือ ส่วนที่ได้จากการคั้นมะพร้าวขูด ถ้าต้องการหัวกะทิแท้ ๆ อาจบีบโดยไม่เติมน้ำหรือบางทีก็เติมน้ำบ้างเล็กน้อย แล้วแต่จะต้องการหัวกะทิที่ข้นเพียงใด กะทิที่คั้นจากมะพร้าวทิ้งไว้ได้นานขึ้นเล็กน้อย กะทิต้มจะข้นขึ้น ถ้าตั้งไฟนานกะทิจะแตกมัน ด้วยเหตุที่มะพร้าวขูดและกะทิเสียง่าย จึงมีการขูดและคั้นกะทิเมื่อเวลาต้องการใช้ ซึ่งนับว่ายุ่งยาก ขณะนี้ได้มีการเก็บถนอมกะทิ โดยระเหยน้ำออก ผ่านการต้มฆ่าเชื้อ เติมสารกันบูด แล้วบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท

4.1 คุณสมบัติบางอย่างของน้ำมันและไขมัน

ความถ่วงจำเพาะ น้ำมันมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1 ดังนั้นเมื่อผสมกับของเหลวอื่นจึงแยกตัวขึ้นข้างบน

จุดหลอมเหลว จุดหลอมเหลวของไขมันมีสิ่งที่เราควรทราบ ดังนี้

ก. ถ้ามีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมาก จะมีจุดหลอมเหลวต่ำ เช่น น้ำมัน

ข. ถ้ามีกรดไขมันชนิดอิ่มตัว แต่มีคาร์บอนต่อกันสั้น จะมีจุดหลอมเหลวปานกลาง เช่น น้ำมันมะพร้าว

ค. ถ้ามีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและมีคาร์บอนต่อกันยาวด้วย จะมีจุดหลอมเหลวสูง เช่น มันจากแกะ จะมีจุดหลอมเหลวสูง

เนยที่ผลิตในฤดูร้อน จะมีจุดละลายต่ำกว่าที่ผลิตในฤดูหนาว ทั้งนี้เนื่องจากที่ผลิตในฤดูร้อนจะมีเปอร์เซ็นต์ความไม่อิ่มตัวมากกว่า

จุดแข็งตัว (congealing point) ถ้าจุดแข็งตัวนี้ต่ำกว่าจุดละลายยิ่งมากยิ่งดี เพราะเมื่อผสมกันจะไม่แข็งตัวเร็ว ไขมันถ้าละลายแล้วจะทำให้แข็งอีก จุดแข็งตัวจะต่ำกว่าเดิม

ความหยุ่น (plasticity) คือ ความสามารถของไขมันที่จะคงรูปต่อแรงกดเบา ๆ แต่จะยอมเปลี่ยนตามแรงกดที่สูง เป็นลักษณะของไขมันที่ไม่แข็งเกินไปหรือเหลวเกินไป ไขมันที่เราใช้ทำขนม เช่น เค้ก ควรจะมีความหยุ่นดีเพื่อผลดีในการคนให้ขึ้นครีม ในการผลิตไขมัน ลักษณะอย่างนี้บางทีเขาผสมไขมันที่ทำให้แข็งแล้วกับน้ำมันบางส่วนทำให้ไขมันที่ได้มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงขึ้น จะได้

ไขมันที่หยุ่นดี หรือบางครั้งเขาจะนำไขมันที่ทำให้แข็งเพียงบางส่วน (partoal hydrogenated fats) มาทำให้เย็นแล้วดีขึ้นเพื่อผิวสัมผัสที่นุ่ม

ขบวนการทำไขมัน (hydrogenation) น้ำมันที่อยู่สถานะของเหลวอาจถูกเปลี่ยนให้แข็งได้โดยการเติมโฮโดรเจนที่ double bond โดยใช้ความร้อนมีนิคเคิลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การทำให้แข็งนี้มีหลายระดับ มีแข็งมาก แข็งน้อย จึงมีคำว่า "hydrogenated", "partially hydrogenated", "hardened" ขบวนการทำให้น้ำมันเปลี่ยนเป็นไขมัน เช่นนี้เรียกว่า hydrogenation ลักษณะไขมันพวกนี้จะหยุ่นดี

4.2 คุณค่าทางโภชนาการ

เนื่องจากไขมันเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูงและย่อยได้ช้า จึงทำให้อิ่มได้นาน ไขมันมีกรดที่จำเป็นต่อร่างกาย ชนิดไม่อิ่มตัวจำนวนมาก จะเป็นตัวนำวิตามินพวกเอ ดี อี เค เข้าสู่ร่างกายเรา

หน้าที่ในการประกอบอาหารของน้ำมันและไขมัน

1. ให้รสชาติ ให้กลิ่น เช่น เนย และเป็นตัวทำละลายให้แก่สารละลาย ให้กลิ่นรส เช่น น้ำมันหอมระเหยกลิ่นมะนาว
2. เป็นส่วนทำให้เกิดการรวมตัวที่เรียก emultion เช่น น้ำสลัด

ตารางที่ 9 ปริมาณสารอาหารโดยประมาณที่ให้พลังงาน 100 แคลอรี่

อาหาร	ไขมัน (ร้อยละ)	น้ำหนัก (กรัม)	ตวงโดยประมาณ (ช้อนโต๊ะ)
เนยแท้	80	13	1
เนยเทียม	80	13	1
ไขมันขาว	100	11	1
น้ำมันหมู	100	11	1
น้ำมันสลัด	100	11	1
น้ำมันจากเบคอน	100	11	1
เนยถั่วลิสง	46	11	1
ครีม	20	50	3
ครีม	35	53	2 (4 ถ้าตีให้ฟู)

ที่มา: นภาศรี ไวศยะนันท์, 2541

3. ทำให้ขนมนุ่ม และร่วน เช่น ใยเค้ก พาย

4. เป็นตัวช่วยหุ้มอากาศไว้ตอนผสม เช่น ครีมข้นจนขึ้นขาว

5. ใช้ในการทอด

ที่สำคัญที่สุด คือ การใช้น้ำมันในการทอดอาหาร การทอดนี้จะทำให้ลักษณะอาหารเปลี่ยนและอาจเปลี่ยนเนื้อสัมผัสด้วย ลักษณะของอาหารส่วนนอกที่เป็นสีน้ำตาลกรอบ ทำให้น่ารับประทาน และกลิ่นที่หอมจะชวนให้น่ารับประทานยิ่งขึ้น อาหารทอดจะมีลักษณะดีหรือไม่ดีนั้นย่อมขึ้นกับความร้อนหรืออุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร มีผู้ทำการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับทอดอาหารบางอย่าง เช่น โดนัท ใช้อุณหภูมิ 177-185° ซ (350-365° ฟ) ปลาใช้อุณหภูมิ 185-195° ซ (365-382° ฟ) มันฝรั่งหั่นเป็นแท่งทอด (french fried potatoes) 195-200° ซ (382-390° ฟ) ถ้าไม่มีเทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอาจทดสอบว่าได้อุณหภูมิที่ต้องการแล้วหรือยัง โดยการใส่ขนมปังขนาด 1 ลูกบาศก์นิ้วลงไป ถ้าขนมปังนั้นให้สีออกน้ำตาลในเวลา 60 วินาที ก็เป็นความร้อนของน้ำมันที่เหมาะสมจะใช้ทอดโดนัท ถ้าเป็นสีน้ำตาลในเวลา 40 วินาที ก็เป็นความร้อนใช้ทอดปลา ถ้าเป็นสีน้ำตาลในเวลา 20 วินาที เป็นความร้อนใช้ทอดมันฝรั่งเป็นแท่ง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดอาหารจะอยู่ระหว่าง 177-196° ซ

5. วุ้นเส้น

วุ้นเส้นเป็นที่รู้จักกันดีว่า เป็นอาหารแห้งชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นเส้นยาว ไม่มีสี ใส มีขายทั่วไปในตลาด ใช้สำหรับทำแกง ยำ ผัด ทำสุกี้ยากี้ วุ้นเส้นมีลักษณะภายนอกแตกต่างจากเส้นหมี่ ความใสและเหนียวกว่า ทั้งนี้เพราะวุ้นเส้นทำมาจากแป้งถั่วเขียว ส่วนเส้นหมี่นั้นทำมาจากแป้งข้าวจ้าว วุ้นเส้นจัดอยู่ในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต แต่จะทำจากถั่วเขียวซึ่งเป็นพืชมีโปรตีน แต่ก็มิได้นำเอาส่วนโปรตีนของถั่วมาผ่านขบวนการการทำวุ้นเส้นด้วย

ภาพที่ 6 แสดงลักษณะวุ้นเส้น

ที่มา:http://sitthinan.co.th/product/pdf/

เข้าถึงเมื่อ: 17 ตุลาคม 2549

กรมวิทยาศาสตร์ได้ทำการรายงานเกี่ยวกับเรื่องวุ้นเส้นว่า ในสมัยก่อนมีการผลิตวุ้นเส้นด้วยเครื่องมือง่าย ๆ โดยล้างแช่ถั่วในถังไม้ เติมน้ำยาซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลงไปด้วยเพื่อกันบูดและเพื่อการฟอกสีแป้งให้ขาวด้วย ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง ถั่วก็จะเปื่อย จึงนำไปโม่ เติมน้ำเชื้อแล้วกรองด้วยแร่ง จะต้องคอยคนขณะกรอง และต้องคอยเติมน้ำเชื้อลงไปล้างแป้งออกจากกาก แป้งผสมน้ำเชื้อนี้

เมื่อทิ้งไว้ 20-30 นาที จะตกตะกอน ตักตะกอน ตักเอาน้ำส่วนบนและตะกอนเบาสีเขียวที่อยู่บนออก เติมน้ำแล้วคนอีก ตั้งทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมงจึงถ่ายน้ำใสและตะกอนเบา ๆ ชั้นบนออกแล้วเติมน้ำลงไปล้างอีก แป้งที่ได้จะมีสีขาว ตั้งทิ้งไว้จนแป้งตกตะกอนแล้วจึงเทน้ำใสข้างบนทิ้ง ก็นำแป้งใส่ถุงผ้า เมื่อน้ำส่วนมากไหลไปหมดแล้วจึงทับด้วยของหนัก ๆ ก้อนแป้งนี้นำไปทำวุ้นเส้นอาจตากเก็บไว้ใช้ต่อไป

นำแป้งดิบนี้มา 1 ส่วน ผสมกับน้ำต้มพอแป้งสุก จึงเติมแป้งไปประมาณ 50 ส่วน เติมน้ำแล้วเคล้ากันในถังสำหรับนวด นวดจนเข้ากันดี และจนแป้งมีความเหนียวพอกับความต้องการ แล้วจึงนำไปใส่ในภาชนะรูปกลมมีรูเล็ก ๆ ซึ่งวางอยู่เหนือกระทะน้ำร้อน ค่อย ๆ ตบแป้งให้ไหลเป็นเส้นลงในน้ำร้อน เมื่อเส้นสุกแล้วจึงเอาขึ้นมาใส่ลงในน้ำเย็น ขยี้เบา ๆ ด้วยมือให้คลี่ออกจากกัน ขึ้นแขวนบนไม้ไผ่ จัดให้เส้นแผ่ออกไปเต็มไม้ แล้วนำไปแขวนตากจนเส้นแห้งสนิทดีแล้วจึงเก็บ

ในสมัยปัจจุบันการอุตสาหกรรมเจริญขึ้น มีการนำเครื่องมือทันสมัยมาใช้เพื่อทุ่นทุน สะอาด มีประสิทธิภาพ วิธีการทำก็โดยแยกเมล็ดถั่วเขียวออกจากดินและทรายที่ปนอยู่ ล้างให้สะอาดแล้วจึงแช่ในน้ำที่ผสมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อเมล็ดถั่วเขียวพองตัวเต็มที่จึงนำมาเข้าเครื่องโม่ ซึ่งแยกส่วนที่บดละเอียดแล้วกับกากออกจากกัน ส่วนที่เป็นแป้ง โปรตีน น้ำ จะเข้าเครื่องปั่นเพื่อแยกส่วนที่หนัก คือ แป้งออกจากส่วนที่เบา ซึ่งส่วนมากเป็นโปรตีนที่แป้งจะถูกส่งเข้าเครื่องเหวี่ยง เพื่อแยกน้ำออกเอาแป้งนี้ไปทำวุ้นเส้น ทั้งยังหมาด ๆ อยู่ตากแห้งไว้ใช้ทำวุ้นเส้น และจำหน่ายเป็นแป้งถั่วเขียว การทำวุ้นเส้นก็คงใช้ตามแบบเดิมไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนเบาซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตีนที่แยกออกจากแป้งจะถูกส่งไปยังถังพัก ทิ้งไว้ประมาณ 4-5 ชั่วโมง น้ำข้างบนจะค่อนข้างใสไขน้ำทิ้ง แล้วกรองเอาตะกอนไปตากแห้งจะได้ของแข็งซึ่งประกอบด้วยโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ คือประมาณ 68% ผลิตผลพลอยได้นี้อาจจะใช้เป็นอาหารโปรตีนผสมอาหารสัตว์ หรือนำไป Hydrolyses ทำเป็นเครื่องจิ้มต่าง ๆ โดยใช้เป็นวัตถุดิบผสมกับถั่วเหลืองหรืออื่น ๆ

วุ้นเส้นที่ทำจากถั่วเขียวล้วนนับเป็นวุ้นเส้นอย่างดี แต่เนื่องจากถั่วเขียวมีราคาแพง และถ้าโม่ไม่ละเอียดก็ได้แป้งน้อย เหลือทิ้งไปกับกากมากก็จะทำให้วุ้นเส้นน้อย ราคาของวุ้นเส้นก็จะสูง ต่อมามีการนำเอาแป้งมันสำปะหลังผสมลงไปด้วย ในปริมาณร้อยละ 10-20 โรงงานบางแห่งก็ใช้ถั่วขาวปนกับถั่วเขียว นับเป็นวุ้นเส้นอย่างรอง เมื่อดูแต่เผิน ๆ ไม่ค่อยเห็นความแตกต่างกัน ผลของการวิเคราะห์ส่วนประกอบก็ไม่แตกต่างมากพอจะบอกได้ว่า ชนิดไหนทำจากแป้งมัน แต่ถ้าใช้วิธีสังเกตอย่างดีแล้วจะเห็นว่า วุ้นเส้นที่ทำจากถั่วเขียนล้วนนั้นใสกว่าชนิดผสมแป้งอื่น

คุณค่าทางโภชนาการ วุ้นเส้นจัดเป็นอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งก็มีความสำคัญในทางโภชนาการเช่นเดียวกับอาหารประเภทอื่น แต่การมีผู้เข้าใจผิดคิดว่า วุ้นเส้นเป็นอาหารโปรตีน เพราะทำจากถั่วเขียวนั้น จะทำให้เกิดผลเสียในด้านโภชนาการได้ ส่วนประกอบของวุ้นเส้นที่ทำจากถั่วเขียว

ดิบคิดเป็นร้อยละได้ดังนี้ ความชื้น 15.7 ไขมัน 0.6 โปรตีน 0.13 เถ้า 0.17 กาก 0.46 คาร์โบไฮเดรต 82.9 ในวุ้นเส้นสุก 100 กรัม จะให้พลังงาน 80 แคลลอรี่ วุ้นเส้นดิบ 100 กรัม ให้ 338 แคลลอรี่ (สันทนา, 2539)

การประกอบเป็นอาหาร วุ้นเส้นชนิดดีจะมีลักษณะเส้นเล็กและใส เมื่อนำมาหุงต้มจะพองตัวใสเมื่อสุก แม้จะตั้งทิ้งไว้นานจะไม่พองตัวต่อไปอีก ถ้าพองตัวต่อไปที่เรียกว่า "ขึ้นอืด" นับเป็นลักษณะที่มีคุณภาพไม่ดี ซึ่งลักษณะนี้เกิดขึ้นกับวุ้นเส้นที่ทำโดยผสมแป้งอื่นลงไปในแป้งถั่วเขียวด้วย

ก่อนจะหุงต้มจะต้องทำให้วุ้นเส้นอ่อนตัวลงเสียก่อน การทำให้อ่อนตัวนี้ทำได้ 2 วิธี 1. แช่ในน้ำเย็นจนนิ่มประมาณ 20-25 นาที 2. เอาน้ำเดือดเทลงในวุ้นเส้นให้ท่วมซึ่งใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที เมื่อวุ้นเส้นนิ่มแล้ว ใส่กระชอนผ่านน้ำเย็นทันที จึงนำมาตัด โดยใช้มีดหรือกรรไกรก็ได้ ถ้าทำในปริมาณมากควรดึงวุ้นเส้นมาปริมาณหนึ่ง แล้วตัดใส่ภาชนะรองรับ แล้วดึงและตัดต่อ ๆ ไปจนหมด โดยวิธีนี้จะทำให้การตัดสะดวกและรวดเร็วขึ้น ขนาดของวุ้นเส้นที่ตัดแล้วควรประมาณ 3 นิ้ว วุ้นเส้นที่ตัดแล้วนี้จะนำไปประกอบอาหารประเภทต่าง ๆ ได้ เช่น แกง ยำ ผัด เป็นต้น

ในการทำแกงจืดวุ้นเส้น อาจเตรียมได้ 2 วิธี คือ

1. ทำน้ำซุป ปรุงรสเรียบร้อยแล้วจึงใส่วุ้นเส้นก่อนเสิร์ฟ

2. ทำน้ำซุป ปรุงรสเรียบร้อยแล้วแยกเส้นผัดในน้ำมัน เจียวกระเทียมพริกไทยป่นให้หอม ปรุงรสด้วยน้ำปลา และน้ำตาลด้วยถ้าชอบ เมื่อถึงเวลาเสิร์ฟจึงตักเส้นใส่ชาม ตักน้ำซุปร้อน ๆ ใส่ โรยด้วยผักชีต้นหอมซอย วิธีนี้เหมาะสมในการทำอาหารจำนวนมาก

ในการผัดวุ้นเส้น ควรใช้วุ้นเส้นที่สะเด็ดน้ำแล้ว ใส่น้ำมันพอเส้นไม่ติดกระทะ ควรใช้ไฟปานกลาง ถ้าจะเติมไข่อาจต้องเติมน้ำเล็กน้อย เพื่อป้องกันมิให้ไข่ติดกระทะ แล้วให้ดูน่ารับประทานยิ่งขึ้น การใช้วุ้นเส้นในอาหารประเภทยำ ควรผสมผักและเครื่องปรุงรสต่าง ๆ ก่อน จึงใส่วุ้นเส้นที่ลวกตัดและสะเด็ดน้ำแล้ว(ศรีสมร , 2546)

6. พริกไทย

ภาพที่ 7 แสดงลักษณะพริกไทย

ที่มา: http://z.about.com/d/greekfood/1/0/s/1/black-pepper-2585

Retived:17 October 2006.

พริกไทยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Piper nigrum* Linn. ถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในเกาะมะละกาต่อมาแพร่เข้าสู่ประเทศแถบมหาสมุทรอินเดีย เช่น อินเดีย ศรีลังกา อินโดนีเซีย มาเลเซีย และไทย

พริกไทย เป็นเครื่องเทศที่ได้ชื่อว่า เป็นราชาแห่งเครื่องเทศ พริกไทยนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งผลอ่อนและผลสุก พริกไทยอ่อนมีน้ำมันหอมระเหย นิยมปรุงในผัดเผ็ดเพื่อดับกลิ่นคาว ช่วยย่อยอาหาร แก้ปวดหัว ปวดตามข้อ และแก้ท้องเสียได้ นอกจากนี้ยังมีแคลเซียมสูงและเบต้าแคโรทีน ผลสุกนำมาเป็นเมล็ดพริกไทยทั้งสองชนิดคือ พริกไทยดำและพริกไทยขาวแตกต่างกันตรงวิธีการผลิต พริกไทยดำจะมีรสเผ็ดและกลิ่นหอมว่าพริกไทยขาว พริกไทยช่วยบรรเทาอาการนอนไม่หลับ ขับเสมหะ ไอ สะอึกได้ ช่วยกระตุ้นการไหลของน้ำลายและน้ำย่อย ขับลมในกระเพาะอาหาร กระตุ้นให้กล้ามเนื้อในกระเพาะและลำไส้เคลื่อนไหวได้สม่ำเสมอ อาหารจึงย่อยง่าย จากรายงานวิจัยพบว่าสารฟีนอลิกส์ในพริกไทยมีคุณสมบัติเป็นAntioxidantสามารถต้านมะเร็งได้ (นิดดา , 2547)

7. ผักชี

ภาพที่ 8 แสดงลักษณะผักชี

ที่มา: http://www.vegetableseed.net/herb-seeds/coriander.Retived:17 October 2006

ผักชีมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Coriandrum sativum* Linn. ถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเมดิเตอร์เรเนียน เป็นพืชล้มลุก ลำต้นตั้งตรงขึ้นเป็นกอ ใบออกแบบสลับ ก้านใบประกอบด้วยใบย่อย สีเขียว ขอบใบหยัก ดอกสีขาวออกเป็นช่อคล้ายร่ม มีกลิ่นหอมและรสชาติเฉพาะตัว ผักชีมี 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ก้านแดงและพันธุ์ก้านเขียว ปลูกได้ทุกฤดู แต่จะขึ้นได้ดีเป็นพิเศษในฤดูหนาว สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย ผักที่โดดเด่นทั้งรูปร่าง กลิ่น และคุณค่าต่อร่างกาย ส่วนของผักชีที่เรามักนำมาใช้ประโยชน์ก็คือ เมล็ดและต้น ซึ่งทั้งสองส่วนนี้จะมีกลิ่นเฉพาะตัว เมล็ดผักชีใช้รักษาอาการปวดท้องและช่วยย่อยอาหาร ส่วนใบที่เรานำมาทำเป็นผักแนมรับประทานกับอาหารอื่น หรือแต่งหน้าอาหารนั้น ก็มีสรรพคุณช่วยย่อยเช่นกัน และยังมีเบต้าแคโรทีนด้วยแม้จะไม่มากเท่าผักอื่นก็ตามนอกจากนั้นผักชียังมีฤทธิ์เผ็ดร้อนช่วยขับลม บำรุงธาตุ แก้คลื่นไส้ได้ (นิดดา , 2547)

8. แครอท

ภาพที่ 9 แสดงลักษณะแครอท

ที่มา:http://thaiorganicagri.com/images/product. เข้าถึงเมื่อ: 4 มกราคม 2550

แครอทมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Daucus carota* Linn.ถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ที่ทวีปเอเชีย หัวแครอทมีรูปร่างยาวเรียว บริเวณโคนใหญ่ปลายเรียวแหลม เปลือกสีส้ม บางพันธุ์สีส้มแดง หรือสีส้มอมเหลือง เนื้อสีส้ม ส้มอมแดง หรือส้มอมเหลือง ตามสภาพสีผิวของเปลือกแข็งกรอบ ใบเป็นรูปหอกสีเขียวรวมกันเป็นกระจุกบริเวณโคนหัว ดอกมีสีขาวเหลือง เมล็ดมีขนาดเล็กสีน้ำตาล ปลูกมากที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย พิษณุโลก เพชรบรูณ์ ตาก และนครราชสีมา แครอทอุดมไปด้วยเบต้าแคโรทีน แครอท 1 หัว จะให้วิตามินเอในปริมาณที่ร่างกายต้องการเพียงพอสำหรับ 1 วัน และยังมีวิตามินซีด้วย แครอทมีคุณสมบัติช่วยรักษาโรคทางเดินหายใจ โรคผิวหนังและสายตา แครอทเป็นผักที่ได้ชื่อว่า ช่วยป้องกันมะเร็งอีกด้วย โดยเฉพาะมะเร็งในปอด เพราะเบต้าแคโรทีนเป็นสารต้านอนุมูลอิสระหรือ Antioxidant หากจะอดอาหารเพื่อสุขภาพ (fast) สัก 2-3 วัน โดยไม่รับประทานอะไรเลย นอกจากน้ำแครอทสดจะช่วยรักษาโรคตับ น้ำแครอทมีประโยชน์ต่อคนเป็นดีซ่านด้วย การรับประทานแครอทจะช่วยเพิ่มเซลล์เม็ดเลือดแดงจากผลการวิจัยยังพบว่าแครอทช่วยปกป้องอันตรายจากรังสีอัลตราไวโอเลตได้ด้วย ดังนั้นถ้าอยากจะอ่อนวัยและมีสุขภาพดีควรรับประทานแครอทเป็นประจำ (ทนง, 2546)

9. ถั่วงอก

ภาพที่ 10 แสดงลักษณะถั่วงอก

ที่มา: http://commhum.mccneb.edu/fstdatabase/californiasummer.

เข้าถึงเมื่อ: 17 ตุลาคม 2549

ถั่วงอก ผักต้นจิ๋ว ๆ ที่มีคุณค่ามากมาย สามารถปลูกรับประทานเองได้ง่าย เพียงแช่ถั่วเขียวค้างคืนไว้ 1 คืน แล้วนำมาวางในกล่องกระดาษหนา รดน้ำให้ชุ่มตลอด 3 วัน ก็จะได้ถั่วงอกปลอดสารพิษไว้รับประทาน ถั่วงอกมีโปรตีนอยู่ในตัวเอง โดยเฉพาะถั่วงอกหัวโตที่ทำจากถั่วเหลือง นอกจากนี้ถั่วงอกยังมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินบี วิตามินซี ธาตุเหล็ก แม้จะมีอย่างละไม่มากนัก แต่เมื่อนำมาประกอบอาหารแล้วดูน่ารับประทาน (วัลยา, 2544)

10. ต้นหอม

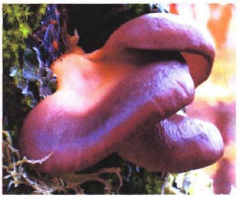
ภาพที่ 11 แสดงลักษณะต้นหอม

ที่มา: http://www.tcsiam.com/tcsiam/images/Shallot1.jpg.เข้าถึงเมื่อ:17 ตุลาคม 2549

ต้นหอมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Allium ascalonicum* Linn. ถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบทวีปเอเชีย เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก ลำต้นอยู่ใต้ดินเรียกว่า “หัว” ใบสีเขียว มีลักษณะกลมกลวง ใบยาว ปลายแหลม ดอกสีขาวหรือชมพูแล้วแต่พันธุ์ ออกเป็นช่อ ก้านช่อดอกยาว สามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย

ต้นหอม นอกจากจะใช้ร่วมกับผักชีในการทำหน้าที่โรยหน้าและประดับจานอาหารแล้ว ยังมีคุณประโยชน์ในฐานะ"ผัก" อีกด้วย โดยอาจนำไปแกงหรือต้มจืด ต้นหอมมีกลิ่นฉุน เนื่องจากมีสารพวกกำมะถัน จึงทำให้รู้สึกแสบตา แสบจมูก คุณค่าทางอาหารของต้นหอมก็เหมือนกับผักอื่น ๆ คือ มีแคลเซียม ฟอสฟอรัส เบต้าแคโรทีน และที่สำคัญคือ มีสารพวกฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารตัวหนึ่งที่ทำหน้าที่ป้องกันมะเร็งได้ด้วย (ทนง, 2546)

11. เห็ดหูหนู



ภาพที่ 12 แสดงลักษณะเห็ดหูหนู

ที่มา: http://i1.treknature.com/photos/5207/three-mushroom.

Retived:17 October 2006. From

เห็ดหูหนูสีน้ำตาลหรือเห็ดหูหนูธรรมดา มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Auricularia auricula* Judae. ลักษณะเป็นวุ้นสีน้ำตาล รสหวาน เนื้ออ่อนนุ่ม ที่นิยมนำมาใช้มีทั้งแบบแห้งและแบบสดเห็ดหูหนู ที่เห็นโดยทั่วไปมี 2 ชนิด คือ เห็ดหูหนูขาวและเห็ดหูหนูสีน้ำตาล เห็ดหูหนูมีรสหวานเล็กน้อย มีธาตุอาหารจำนวนโปรตีน แคลเซียม เหล็ก และมีไวตามินบี จึงช่วยบำรุงกระดูกและฟัน กำจัดอาการอ่อนเพลีย บำรุงเลือก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเห็นหูหนูขาวจะมีคุณสมบัตินี้มากกว่าสีน้ำตาล เห็ดหูหนูช่วยบรรเทาอาหารโรคความดันโลหิตสูงหลอดเลือดแข็งตัวยับยั้งสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง(ทวีทอง,2546)

12. กะหล่ำปลี

ภาพที่ 13 แสดงลักษณะกะหล่ำปลี

ที่มา: http://www.agric-prod.mju.ac.th/vegetable/veg_image/

เข้าถึงเมื่อ: 17 ตุลาคม 2549

กะหล่ำปลีมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* Linn. var. *capitata* Linn. ถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเมดิเตอร์เรเนียน กะหล่ำปลีเป็นพืชล้มลุก ลำต้นสั้นใบเป็นใบเดี่ยวเกาะกันแน่นหุ้มซ้อนหลายชั้น ใบหนาสีเขียวและสีเขียวอ่อน รูปร่างกลม กลมแบน หรือรูปหัวใจ เนื้อกรอบ รสหวาน กะหล่ำปลีปลูกได้ตลอดปีทั่วทุกภาคของประเทศไทย ปลูกได้ดีในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

น้ำกะหล่ำปลีคั้นสดสามารถรักษาโรคแผลในกระเพาะอาหารได้ ผู้ที่เป็นโรคโลหิตจางควรรับประทานกะหล่ำปลี เพราะมีธาตุเหล็กสูง จากการทดลองพบว่า เม็ดเลือดแดงของกระต่ายอยู่ในระดับปกติเมื่อได้กินกะหล่ำปลี กะหล่ำปลี ยังมีประโยชน์ต่อผู้ที่เครียดจัดและผู้ป่วยด้วยโรคหัวใจ กะหล่ำปลีเป็นสารต้านมะเร็งอีกชนิดหนึ่ง จากผลการวิจัย กินกะหล่ำปลีมากว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ จะลดโอกาสเป็นมะเร็งลำไส้ในผู้ชายได้ถึง 66 % ผู้ป่วยโรคไทรอยด์ไม่ควรกินกะหล่ำปลีสดมาก เพราะในกะหล่ำปลีสดมีสาร Goitrogen ซึ่งถ้ามากจะขัดขวางการทำงานของต่อมไทรอยด์ได้ (ทวีทอง, 2546)

13. กระเทียม

ภาพที่ 14 แสดงลักษณะกระเทียม

ที่มา: http://www.bigoven.com/uploads/garlic. Retived:17 October 2006.

กระเทียมเป็นพืชมีหัว (bulb) มีอายุอยู่ได้หลายปี หัวประกอบด้วยกลีบ (cloves) หลากลีบแต่ละกลีบมีเยื่อบางสีขาวอมชมพูหุ้มอยู่ กระเทียมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Allium sativum* Linn. วงศ์ Alliaceae ชื่ออังกฤษเรียกว่า common garlic sinv Allium มีถิ่นกำเนิดในทวีปยุโรปและตอนกลางของทวีปเอเชีย เนื่องจากเป็นพืชที่มีประโยชน์ จึงได้มีการนำมาปลูกกันในหลายภูมิภาค ส่วนที่นำมาใช้คือหัวสดหรือหัวแห้ง ใบสด น้ำมันกระเทียม(garlic oil) ได้จากการนำกระเทียมสดบุบพอช้ำมากลั่นด้วยไอน้ำ ส่วนผงกระเทียม(powdered garlic) เตรียมได้จากกระเทียมแห้งที่เอาน้ำออกแล้วกระเทียมสดมีน้ำมัน (garlic oil) อยู่ประมาณร้อยละ 0.1 – 0.36 สารอินทรีย์กำมะถันหลายชนิดคือ alliin น้ำย่อยหลายชนิดคือ alliinase, peroxidase และ myroxinase โปรตีน แร่ธาตุ วิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอะซีน นอกจากนี้ยังมีไขมัน กรดอะมิโนและสารอื่น ๆ อีก กระเทียมใช้เป็นยาพื้นบ้านเพื่อใช้บำบัดอาการไอ ไข้หวัด หลอดลมอักเสบเรื้องรัง ปวดฟัน ปวดหู ความดันโลหิตสูง เส้นเลือดเปราะ โรคประสาท ฯลฯ ในแง่ของการเป็นอาหาร กระเทียมทั้งสดและแห้งใช้แต่งกลิ่นอาหารกันอย่างแพร่หลายในประเทศตะวันออก น้ำมันกระเทียมใช้แต่งกลิ่นอาหารได้หลายชนิด สารที่พบในกระเทียมที่สำคัญคือ อัลลิซิน กระตุ้นการหลั่งของเอนไซม์จากกระเพาะอาหารและกระตุ้นการหดและบีบตัวของลำไส้ ทำให้การย่อยอาหารและการขับถ่ายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อัลลิซินสามารถรวมตัวกับวิตามินบี 1 และโปรตีนได้ จึงช่วยในการดูดซึมอาหารที่ลำไส้และยังเกี่ยวข้องกับการลดโคเลสเตอรอลในเลือดอีกด้วย การที่อัลลิซินสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้ดีนั้นเนื่องจากไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ โดยเอนไซม์เหล่านี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจหรือการเจริญของเซลล์ เป็นทำให้จุลินทรีย์ถูกทำลาย (นิจศิริ, 2534)

14. น้ำปลา

ภาพที่ 15 แสดงลักษณะน้ำปลา

ที่มา: http://www.tiparos.co.th/products.htm.เข้าถึงเมื่อ: 17 ตุลาคม 2549.

น้ำปลาเป็นผลิตภัณฑ์ปลาหมักดองที่ใช้เป็นเครื่องปรุงรสซึ่งวัตถุดิบที่ใช้คือ ปลาตัวเล็กและเกลือ ปลาที่ใช้อาจเป็นปลาน้ำจืดหรือปลาทะเลก็ได้ ปลาน้ำเค็มที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำน้ำปลาส่วนมากเป็นปลาขนาดเล็กและที่นิยมใช้ทำน้ำปลาที่มีคุณภาพสูงได้แก่ปลาไส้ตัน(*Stolephorus indicus*) รองลงมาคือปลากะตัก (*Stolephorus trill*) และปลามะลิ (*Stolephorus commersonii*) (นฤคม, 2532)

15. ซีอิ๊วขาว

ซีอิ๊วขาวหรือซีอิ๊วกวางตุ้ง นิยมมากทางภาคเหนือของจีนมีลักษณะใสสีจาง มีกลิ่นเฉพาะตัวผลิตง่ายกว่าซีอิ๊วดำ เค็มใช้ในการปรุงรสอาหาร (อาภัสรา, ม.ป.ป.)

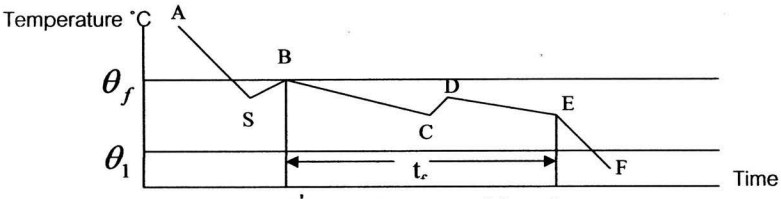
ภาพที่ 16 แสดงลักษณะซีอิ๊วขาว

ที่มา: http://www.yanwalyun.com/product/thai.html.เข้าถึงเมื่อ: 17 ตุลาคม 2549.

กรรมวิธีการผลิต

การแช่เยือกแข็ง

กราฟ การเยือกแข็ง - Freezing curve (time -temperatureplot)



ภาพที่ 17 กราฟแสดงการแช่เยือกแข็ง

ที่มา: อานนท์, 2548

AS – อาหารจะถูกทำให้เย็นจนมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของอาหาร (θ_f) ซึ่งต่ำกว่า 0°C ที่จุด S แม้น้ำจะมีอุณหภูมิต่ำกว่า (θ_f) แต่น้ำก็ยังไม่กลายเป็นน้ำแข็ง เรียกภาวะนี้ว่า super cooling หรือ under cooling บางทีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (θ_f) ถึง 10°C โดยน้ำไม่กลายเป็นน้ำแข็ง

SB – น้ำเริ่มกลายเป็นน้ำแข็งพร้อมกับอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นจนถึง (θ_f) เกิดจากความร้อนแฝงของการเกิดผลึก (latent heat crystallization) ถูกกำจัด หรือเกิดจากอาหารปล่อยความร้อนแฝงของการเกิดผลึก

BC – ความร้อนแฝงของการผลึก (latent heat of crystallization) ยังถูกกำจัดออกต่อไป ผลึกน้ำแข็งเกิดมากขึ้น โดยอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ แต่ค่อย ๆ ลดลงต่ำลงเล็กน้อย (θ_f) ต่ำลง เนื่องจากความเข้มข้นของ solute ใน solution เพิ่มขึ้น (น้ำที่กลายเป็นน้ำแข็งทีหลังจะมี (θ_f) ต่ำลง)

CD – ตัวถูกละลาย (solute) ชนิดหนึ่งเกิดภาวะอิ่มตัวยวดยิ่ง (super saturated) และตกผลึกออกมาพร้อมทั้งปล่อยความร้อนแฝงของการเกิดผลึก (heat of crystallization) ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นสู่ eutectic temperature / eutectic point ของ solute นั้น กราฟรูป "BC-CD" อาจเกิดขึ้นหลายครั้งเพราะอาหารมี solute หลายชนิด

EF – อุณหภูมิของอาหาร (ซึ่งประกอบด้วย ice-water mixture) ลดต่ำลงจนถึงอุณหภูมิห้องของ freezer (θ_f) น้ำส่วนหนึ่งยังคงไม่เป็นน้ำแข็ง แต่จะอยู่สภาพสารละลายที่มี solute อยู่อย่างเข้มข้นมาก (อานนท์, 2548)

2.4.1ปริมาณของน้ำในอาหารที่กลายเป็นน้ำแข็งขึ้นอยู่กับ

1. ชนิดและส่วนประกอบของอาหาร เช่น ในการเก็บรักษาที่ -20°C เนื้อแกะมีน้ำแข็ง 88% ปลามีน้ำแข็ง 91% ไข่ขาวมีน้ำแข็ง 93%

2. อุณหภูมิในการเก็บรักษา อุณหภูมิยิ่งต่ำ น้ำที่เป็นน้ำแข็งก็ยิ่งมาก เช่น เนื้อไม่ติดมัน (74.5% H_2O) มี % น้ำแข็งที่อุณหภูมิต่าง ๆ ดังนี้ -1°C / 2%, -2°C / 48%, -3°C / 64%, -4°C / 71%, -5°C / 74%, -10°C / 83%, -20°C, 88%

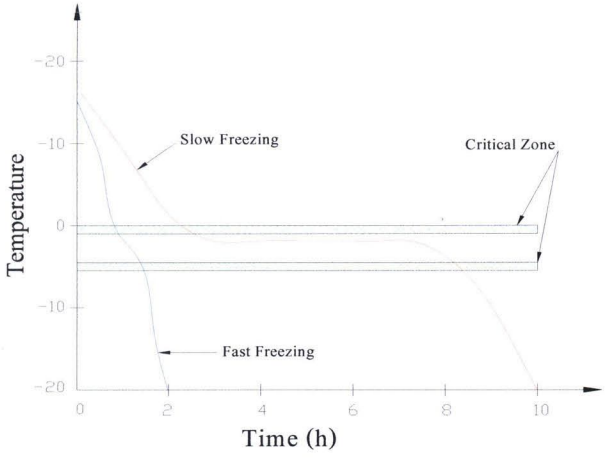
น้ำในอาหารไม่กลายเป็นน้ำแข็งทั้งหมด (100%) จะต้องมีน้ำที่ไม่กลายเป็นน้ำแข็งเสมอ หาปริมาณน้ำที่ไม่กลายเป็นน้ำแข็งในแต่ละกรณีได้จาก 100-% น้ำที่กลายเป็นน้ำแข็ง เช่น ปลาเยือกแข็งเก็บที่ -20°C จะมีน้ำที่ไม่กลายเป็นน้ำแข็ง 9% เนื้อไม่ติดมันที่ -20°C มีน้ำที่ไม่กลายเป็นแข็ง 12%

2.4.2 การเกิดผลึกน้ำแข็ง (crystallization of water)

การเกิดผลึก/การตกผลึก หมายถึง การเปลี่ยนรูปจากสารละลาย (solution) ของเหลว (melt) ไอ (vapor) มาเป็นวัฏภาคของแข็ง (solid phase) ที่มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคอย่างเป็นระบบ การเกิดผลึกน้ำแข็งประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ

1.Nucleation หมายถึง การรวมกันของโมเลกุลเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็ก แต่ใหญ่พอที่จะคงตัวอยู่ได้ และเป็นจุดเริ่มต้นของผลึกให้ผลึกเติบโต (growth) ต่อไป super cooling เกิดจาก Nucleation เกิดจาก Nucleation มี 2 ชนิด คือ 1. Homogeneous nucleation เป็นการเกิด Nuclei ของน้ำบริสุทธิ์ การแช่เยือกแข็งทั่ว ๆ ไป จะไม่เกี่ยวกับ Homogeneous nucleation 2. Heterogeneous nucleation เกิดในอาหารและตัวอย่างที่เป็นสิ่งมีชีวิต โมเลกุลของน้ำจะรวมกันเป็น nuclei ใกล้ ๆ กับอนุภาคอื่นที่แขวนลอย อาจเกิดบน film ผิวของภาชนะบรรจุ อัตราการเกิด Nuclei ขึ้นอยู่กับการกำจัดความร้อนออกไป ถ้าความร้อนถูกกำจัดออกไปเร็ว จะเกิด Nuclei จำนวนมาก

2. Crystal growth โมเลกุลของน้ำเคลื่อนเข้ามารวมกับ nuclei แล้วเปลี่ยนสถานะมาเป็นของแข็ง โดยทั่วไปโมเลกุลของน้ำจะมารวมกับ nuclei ที่มีอยู่แล้ว ทำให้ผลึกโตขึ้นมากกว่าที่จะเกิดเป็น nuclei ใหม่ ดังนั้นถ้ากำจัดความร้อนออกไปช้า จะเกิด nuclei จำนวนน้อย ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ มีมีจำนวนน้อย โดยทั่วไป crystal growth จะเกิดที่อุณหภูมิใกล้จุดเยือกแข็ง (อุณหภูมิเดียวกับจุดหลอมเหลว) ในขณะที่ nucleation เกิดได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า crystal growth มาก



ภาพที่ 18 กราฟแสดงการเกิดผลึกน้ำแข็ง

ที่มา: อานนท์, 2548

อัตราการถ่ายเทความร้อนในช่วงของ Freezing plateau (ช่วงที่อุณหภูมิคงที่และเกิดผลึกน้ำแข็งมากมาย) ช่วงเวลาที่อุณหภูมิผ่าน Critical zone จะกำหนดจำนวนผลึกและขนาดของผลึกน้ำแข็ง ถ้าช่วงเวลานี้สั้น จะได้ผลึกน้ำแข็งจำนวนมากและมีขนาดเล็ก Fast freezing อุณหภูมิผ่าน Critical zone ภายใน 30 นาที Slow Freezing-อุณหภูมิผ่าน Critical zone ในเวลาหลาย ๆ ชั่วโมง

2.4.3 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลาย (solution concentration)

ระหว่าง Freezing น้ำบางส่วนกลายเป็นน้ำแข็ง สารละลายจึงมีความเข้มข้นสูงขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยน pH ความข้นหนืด (viscosity) ความต่างศักย์ในการเกิด Oxidation reduction เมื่อความเข้มข้นของตัวถูกละลาย (solute) เพิ่มถึงระดับอิ่มตัว จะเกิดผลึกของ (solute) นั้น อุณหภูมิที่ผลึกของ (solute) ชนิดหนึ่งอยู่ในภาวะสมดุลกับของเหลวที่ยังไม่เป็นผลึกและผลึกน้ำแข็ง เรียกว่า Eutectic Temperature / Eutectic Point ของ Solute เช่น Glucose = 5°C , Sucrose = 14°C , Nacl = -21.13°C , $CaCl_2$ = -55°C ในอาหารมี Solute หลายอย่างทำให้ยากที่จะหา Eutectic temperature ของแต่ละ Solute จึงต้องใช้ Final Eutectic Temperature ซึ่งหมายถึง Eutectic temperature ต่ำสุดของ Solute ในอาหารนั้น เช่น Ice-cream มี Final eutectic temperature =

-55°C เนื้อสัตว์ = -50 ถึง -60°C ขนมปัง = -70°C เมื่ออุณหภูมิลงมาถึง Final eitectocte,[eratire ผลึกน้ำแข็งจะเกิดขึ้นได้มากที่สุดแต่การแช่เยือกแข็งทั่วไปไม่ได้ใช้อุณหภูมิต่ำขนาดนั้น อาหารแช่เยือกแข็งจึงต้องมีน้ำที่ยังไม่กลายเป็นน้ำแข็ง (unfrozen water) รวมอยู่ด้วยเสมอ

2.4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ (volume Changes)

เมื่อน้ำกลายเป็นน้ำแข็ง ปริมาตรจะเพิ่มขึ้น 9% ดังนั้นอาหารแช่เยือกแข็งจึงมีการขยายตัว โดยระดับการขยายตัวของอาหารแช่เยือกแข็งจะขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

1. ปริมาณความชื้น ถ้าความชื้นสูง ปริมาณจะเพิ่มขึ้นมาก (ความชื้นสูงเกิดน้ำแข็งมาก)

2. ช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular air space) ถ้ามีช่องว่างระหว่างเซลล์มาก ปริมาณจะเพิ่มน้อยเพราะน้ำขยายตัวเข้าไปที่ว่างนั้น เช่น เมื่อแช่เยือกแข็งที่ -20°C สตอเบอร์รี่ทั้งลูกจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเพียง 3.0% แต่สตอเบอร์รี่บดหยาบ ๆ จะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นถึง 8.2%

3. ความเข้มข้นของ (solute) อาหารที่มี (solute) สูงจะมีจุดเยือกแข็งต่ำ ทำให้อาหารที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งเกิดผลึกน้ำแข็งน้อย อาหารจึงไม่ขยายตัวหรือขยายตัวน้อย

4. อุณหภูมิของเครื่องแช่เยือกแข็ง (freezer temperature) มีผล 2 ด้าน คือ 1. มีผลต่อการเกิดผลึกน้ำแข็งของน้ำ กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิต่ำเกิดน้ำแข็งมาก อาหารขยายตัวมาก อุณหภูมิสูง เกิดน้ำแข็งน้อย อาหารขยายตัวน้อย 2. มีผลต่อผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นแล้ว คือ เมื่ออุณหภูมิต่ำลง ผลึกน้ำแข็งรวมทั้งผลึกของแข็งอื่น ๆ จะหดตัว เมื่ออุณหภูมิของเครื่องแช่เยือกแข็งต่ำลง อาหารจะเกิดทั้งขยาย (ผลข้อ 1) และหดตัว (ผลข้อ 2) ดังนั้นผลสรุปว่า อาหารขยายตัวหรือหดตัวจึงขึ้นอยู่กับว่าเกิดผลแบบใดมากกว่า (ส่วนมากจะขยายตัว เพราะน้ำแข็งหดตัวเมื่ออุณหภูมิต่ำน้อยมาก)

2.4.5 freezing preservation

การถนอมอาหารด้วยการแช่เยือกแข็งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. Prefreezing treatment หมายถึง การปฏิบัติก่อนการแช่เยือกแข็งต่ออาหารที่เป็นเนื้อเยื่อ ซึ่งมีดังนี้

(1) ผักและผลไม้ (fruit and vegetable) ต้องมีการคัดเลือกวัตถุดิบ ล้าง คัดคุณภาพ ตัดแต่ง บรรจุในภาชนะ และที่สำคัญที่สุดต้องยับยั้งเอนไซม์ ในผักยับยั้งเอนไซม์ด้วยการทำ Blanching คือ ลวกน้ำร้อน/ อบไอน้ำที่อุณหภูมิ 80-100°C ในเวลาไม่กี่นาที แต่ในผลไม่ใช้ Blanching ไม่ได้ รสชาติจะเสีย ต้องใช้สารเคมี เช่น Sulfur dioxide (So_2) (ถ้ารมควันกำมะถันเรียก Sculpturing ถ้าเติมในรูปเกลือ Sulfites เรียกว่า Sulfating) , Citric acid , Ascorbic เป็นต้น เอนไซม์ที่ต้องการยับยั้งในผักคือ Calase และในผลไม้คือ Polyphenol oxidase ซึ่งทำให้เกิด Enzymatic browning และนำไปสู่ Off-flavor อาจมีการเติมน้ำตาล น้ำเชื่อมในผลไม้เพื่อเพิ่มความหวาน ลดปริมาณน้ำที่จะกลายเป็น

น้ำแข็ง ป้องกัน Browning อาจเติมหรือแช่ในสารละลาย Calcium chloride ($CaCl_2$) เพื่อช่วยให้เนื้อแน่นขึ้น

(2) ปลา (fish) ปัญหาสำคัญได้แก่ 1. Oixdation 2. สูญเสียความชื้น 3. เนื้อเหนียว 4. สูญเสียความฉ่ำ 5. สูญเสียของเหลวที่ไหลออกจากตัวปลาเมื่อละลายน้ำแข็งเรียกว่า DRIP นอกนั้นปลายังเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และการย่อยสลายตัวเองได้ ซึ่งป้องกันได้โดย 1. ปฏิบัติตามหลักสุขาภิบาลอย่างเคร่งครัด เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ 2. ลดอุณหภูมิลงใกล้หรือถึง 0°C โดยเร็ว และเก็บที่อุณหภูมินี้จนกว่าจะทำการแช่เยือกแข็ง 3. รีบนำไปแช่เยือกแข็ง อย่าเก็บไว้นาน 4. ใช้วิธีแช่เยือกแข็ง (freezing) ที่เหมาะสม 5. เก็บปลาในสภาพแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิเหมาะสมและเป็นเวลาสั้นที่สุด (รีบนำไปบริโภค) 6. ทำการแช่เยือกแข็งก่อนหรือหลังระยะ Rigor mortis แต่ต้องไม่ทำในระยะ Rigor mortisเพราะเนื้อปลาจะเหนียว 7. ป้องกัน Oxidation โดยกำจัด Oxygen ใช้การเคลือบ ห่อกัน Oxygen หลีกเลี่ยงตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โลหะ (Zn, Cu), แสง, รังสี, เติม Antioxidation, เก็บที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลาสั้น ๆ แล้วรีบนำมาใช้ 8. เคลือบผิว (protective coating) เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น 9. ป้องกันการเกิด Thawing drip ด้วยการควบคุมระดับและอัตรา Glycolysis ก่อนการแช่เยือกแข็ง และด้วยการเติมสารช่วยอุ้มน้ำ เช่น Polyphosphate

(3) สัตว์ปีก (poultry) คัดเลือกที่มีสภาพดี อายุเหมาะสม ไม่เลี้ยงด้วยน้ำมันปลาในระยะใกล้ ๆ ฆ่า ทำการฆ่าและตกแต่งซากด้วยวิธีที่ไม่ทำให้ Glycolysis สูงขึ้น เพราะจะทำให้เนื้อเหนียว ป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยลดอุณหภูมิลงถึง 10°C / 50°F หรือต่ำโดยเร็ว โดยจุ่มในน้ำผสมน้ำแข็ง ไม่ควรใช้ลมเย็นเป่า เพราะจะทำให้สูญเสียความชื้น การแช่เย็นที่ 0°C นาน 1-6 ชั่วโมง (aging) จะช่วยให้เนื้อนุ่มขึ้น เพราะลดอัตรา Glycolysis และปล่อยให้เกิด Rigor mortis อย่างสมบูรณ์ ห่อหุ้มด้วย Film plastic แบบ Skin-tight เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น และ Oxidation

(4) เนื้อสัตว์ (mammalian meat) ควรแช่เย็นซากสัตว์ทันทีหลังการฆ่าที่ 10-20°C เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 20 ชั่วโมง เพื่อให้เกิด Glycolysis อย่างช้า ๆ (เรียกว่า aging) ทำให้เนื้อไม่เหนียวและลดการเจริญของจุลินทรีย์ ไม่ควรลดอุณหภูมิลงต่ำกว่า 10°C ถ้ายังไม่พ้นระยะ Rigor mortis เพราะจะเกิด Cold shortening คือ เนื้อเหนียวเพราะอุณหภูมิต่ำทำให้กล้ามเนื้อหดตัวและสามารถอุ้มน้ำลดลงเนื้อหมูไม่ควรทำ Aging เพราะไขมันเกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วมาก การตัดเนื้อเป็นชิ้นทำให้มีพื้นที่ผิวมากขึ้น จะสูญเสีย Drip มากขึ้น เกิด Dehydration และ Oxidation ได้ง่าย ต้องป้องกันด้วยการบรรจุแบบ Skin-tight หรือ Close-fitting หรือบรรจุในภาชนะแบบสุญญากาศหรือบรรจุในก๊าซเฉื่อย อาจเติม Anoxidation ควันจากการรมควันก็มีฤทธิ์ยับยั้ง Oxidation ได้ดี อาจฉีด Enzyme ที่ย่อยโปรตีน เช่น Papain เข้าในสัตว์ก่อนฆ่า หรือจุ่มเนื้อในสารละลาย Papain หรือ ฉีดพ่นสารละลาย Papain บนเนื้อสัตว์เพื่อให้อ่อนนุ่ม

2. Freezing

การลดอุณหภูมิจนน้ำในอาหารกลายเป็นน้ำแข็ง แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน

(1) การลดอุณหภูมิระยะแยก (pull down) จากอุณหภูมิเดิมของผลิตภัณฑ์ไปถึงจุดเยือกแข็ง (°C)

(2) การเกิดผลึกน้ำแข็ง (ice formation) ช่วงที่น้ำเปลี่ยนสถานะไปเป็นน้ำแข็ง เป็นช่วงที่นานที่สุด

(3) การลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์เยือกแข็งลงไปจนถึงอุณหภูมิเก็บรักษา (ประมาณ –18°C ถึง -21°C)

วิธีการแช่เยือกแข็งที่ใช้ในทางการค้าอาจแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

(1) การแช่เยือกแข็งในอากาศเย็น (air freezing) เช่น still-air freezing, air-blast freezing, fluidized-ble freezing

(2) การแช่เยือกแข็งแบบไม่สัมผัสโดยตรงกับสารทำความเย็น (indirect contact freezing) เช่น plate freezing

(3) การแช่เยือกแข็งแบบสัมผัสโดยตรงกับสารทำความเย็น (direct immersion freezing) เช่น จุ่มอาหารในสารละลายที่มีจุดเยือกแข็งต่ำ ๆ, cryogenic freezing

3. Frozen storage

อาหารเยือกแข็งจะถูกเก็บในห้องเก็บเยือกแข็ง ซึ่งแยกต่างหากจากเครื่องแช่เยือกแข็ง (freezer) โดยมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศในห้องดังนี้

การควบคุมอุณหภูมิ : ปกติจะเก็บรักษาอาหารแช่เยือกแข็งที่ -18°C / 0°F บางครั้งอาจต้องใช้อุณหภูมิ -17 ถึง -30°C ยิ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ก็ยิ่งรักษาคุณภาพได้ดีขึ้น เก็บได้นานขึ้น แต่การใช้อุณหภูมิต่ำ จะมีค่าใช้จ่ายสูง ต้องพิจารณาให้เหมาะสม นอกจากรักษาอุณหภูมิต่ำแล้ว ต้องรักษาให้อุณหภูมิคงที่ให้มากที่สุด เพราะการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ (fluctuation) ของอุณหภูมิ ทำให้เกิดผลเสียอย่างมากต่อคุณภาพของอาหาร

การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องเก็บเยือกแข็ง : % R.H. ควรสูงใกล้จุดอิ่มตัว เพื่อลดการสูญเสียความชื้น การสูญเสียน้ำหนักของอาหารและการเกิด Freezer burn ความชื้นสูงไม่ก่อปัญหาด้านจุลินทรีย์ เพราะอุณหภูมิต่ำมาก ควรจัดให้มีการหมุนเวียนอากาศภายในห้อง (forced air circulation) เพื่อให้ทุก ๆ จุดมีอุณหภูมิเท่ากัน การจัดว่างอาหารเยือกแข็งในห้องเก็บต้องคำนึงถึงการไหลเวียนอากาศภายในห้องด้วย ถ้ามีการเก็บอาหารเยือกแข็งหลายชนิดไว้ด้วยกัน (ในห้องเก็บ

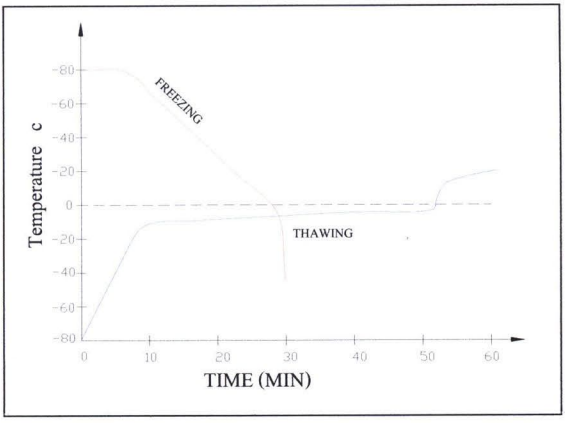
เดียวกัน) จะต้องระวังมิให้เกิดการแลกเปลี่ยนกลิ่นรส อาหารบางอย่างดูดกลิ่นรสได้ดี เช่น เนย ไขมันอื่น ๆ ไข่ ไอศกรีม เนื้อสัตว์ สัตว์ปีก ดูดกลิ่นอาหารอื่น อาหารบางอย่างมีกลิ่นแรงพร้อมจะปล่อยกลิ่นนั้นให้แก่อาหารอื่น ๆ เช่น ปลา ผัก ผลไม้บางชนิด นอกจากนี้ยังต้องป้องกันการปนเปื้อนระหว่างอาหารโดยใช้การบรรจุหีบห่อให้มิดชิด

2.4.6 การละลายอาหารเยือกแข็ง (thawing)

เป็นกระบวนการตรงข้ามกับการเยือกแข็ง (freezing) คือ เมื่ออาหารเยือกแข็งได้รับความร้อนน้ำแข็งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดหลอมเหลวแล้วกลายเป็นน้ำ อาหารพวกเนื้อเยื่อเจล และอาหารที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบอื่น ๆ จะมีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน (concuction) และมีอัตราการละลาย (thawing) ของอาหารชิ้นเดียวกันช้ากว่าอัตราการเยือกแข็ง (freezing) ทั้งที่ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอาหารกับสภาวะแวดล้อมเหมือนกันในการเปรียบเทียบ Freezing กับ Thawing ด้วย Time-temperature plot (อุณหภูมิที่ศูนย์กลางของอาหารรูปทรงกระบอกชิ้นเดียวกัน) พบว่าใน Freezing curve อุณหภูมิลดลงจาก 80°C จนเป็นน้ำแข็งใช้เวลา 28 นาที ในขณะที่ไหน Thawing curve อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก -80°C จนกระทั่งน้ำแข็งละลายหมดใช้เวลา 52 นาที ตอนแรกอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอยู่อย่างรวดเร็ว แต่เมื่อใกล้ถึงจุดหลอมเหลวจะเปลี่ยนเป็นเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้ามาก ๆ และใช้เวลาในช่วงนี้นานมากกว่า 30 นาที

การที่มีช่วงอุณหภูมิใกล้ (แบบต่ำกว่า) จุดหลอมเหลวนี้นาน ๆ เป็นผลเสียต่ออาหารเพราะ

1. จะเกิด Recrystalliztion ของผลึกน้ำแข็ง
2. จุลินทรีย์เจริญที่อุณหภูมิช่วงนี้ได้คิดว่าอุณหภูมิต่ออื่น ๆ
3. ปฏิกิริยาเคมีหลายอย่างเกิดได้เร็ว



ภาพที่ 19 กราฟแสดงการละลายอาหารแช่เยือกแข็ง

ที่มา: Snowman, 1996 อ้างโดย ศิรินทรา, 2544

ความแตกต่างของ Freezing กับ Thawing ในด้านอัตราเร็วเกิดจาก

1. น้ำแข็งนำความร้อนได้ดีกว่าน้ำ 4 เท่า (thermal conductivity ของน้ำแข็งสูงกว่าน้ำ 4 เท่า)
2. น้ำแข็งมีการกระจายความร้อนสูงกว่าน้ำ 9 เท่า (thermal diffusivity ของน้ำแข็งสูงกว่าน้ำ 9 เท่า)

ใน Freezing การส่งผ่านความร้อนจากศูนย์กลางมายังผิวด้านนอก ต้องผ่านน้ำ ต่อมาน้ำจะกลายเป็นน้ำแข็งโดยเกิดจากผิวด้านนอกเข้าไป ทำให้การส่งผ่านความร้อนแบบการนำเร็วขึ้น (เพราะผ่านของแข็งคือน้ำแข็ง) ยิ่งเกิดขึ้นน้ำแข็งหนา การส่งผ่านความร้อนก็ยิ่งเร็ว ทำให้การแช่เยือกแข็งใช้เวลาไม่นานนัก ใน Thawing การส่งผ่านความร้อนจำนวนเดิม (ที่กำจัดออกไปเมื่อทำ freezing) จากผิวด้านนอกเข้าไปสู่ศูนย์กลาง จะผ่านน้ำแข็งจึงเกิดได้เร็วในตอนแรก ต่อมาน้ำแข็งละลายโดยเริ่มจากผิวด้านนอกเข้าไป การส่งผ่านความร้อนผ่านน้ำ (ที่ละลายจากน้ำแข็ง) จะช้า ยิ่งน้ำแข็งละลายไปมาก การส่งความร้อนเข้าไปศูนย์กลางก็ยิ่งช้า ทำให้การละลายใช้เวลานานกว่าการแช่เยือกแข็ง

การละลายอาหารเยือกแข็ง (thawing) อาจแบ่งตามวิธีให้ความร้อนเป็น 2 วิธี ดังนี้

1. การให้ความร้อนจากผิวด้านนอกเข้าไป ได้แก่

(1) การละลายด้วยอากาศหรือหมุนเวียนแบบธรรมชาติหรือใช้เครื่องมือช่วย อุณหภูมิไม่เกิน 20° C สำหรับผัก

(2) การละลายด้วยน้ำซึ่งสัมผัสหรือไม่สัมผัสกับอาหารโดยตรง ให้อุณหภูมิเหมือนอากาศ คือเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 20°C ผักไม่เกิน 30°C

(3) การละลายด้วยไอน้ำภายใต้สุญญากาศ เช่น ปลาเยือกแข็งใช้ไอน้ำความดัน 20 MM HG. อุณหภูมิ 21°C

(4) การละลายโดยการสัมผัสกับแผ่นโลหะ เหมาะกับอาหารที่แช่เยือกแข็งด้วย Plate freezer ใช้อุณหภูมิของเหลวที่ถ่ายเทความร้อนไม่เกิน 20°C สำหรับอาหารของแข็ง ถ้าเป็นอาหารของเหลว อาจใช้อุณหภูมิสูง 40-50°C

2. ทำให้เกิดความร้อนขึ้นในอาหารด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) ได้แก่ Dielectric heating (ความถี่ต่ำ) Microwave heating (ความถี่สูง) เช่น ปลาเยือกแข็งหนา 102 MM ถ้าใช้ Microwave ความถี่ 27-40 MHz จะใช้เวลา 40-60 นาที เร็วกว่าการใช้อากาศหรือน้ำที่ 20°C ถึง 4 เท่า แต่ต้นทุนและค่าใช้จ่ายสูงมาก จึงเป็นข้อจำกัดการนำไปใช้

วิธีการละลายน้ำแข็งอาหารเยือกแข็ง (thawing) ระดับครัวเรือน

ผักส่วนใหญ่สามารถละลายน้ำแข็งและประกอบอาหารโดยแช่ในน้ำเดือด แต่สำหรับผลไม้ต้องใช้อุณหภูมิต่ำกว่านั้น เช่น อุณหภูมิแวดล้อม , อุณหภูมิในตู้เย็น , ในน้ำเย็นหรือค่อนข้างอุ่น เมื่อละลายน้ำแข็งแล้ว ควรบริโภคทันที เพราะผลไม้จะสูญเสียคุณลักษณะด้านสีและลักษณะเนื้ออย่างรวดเร็ว เนื้อสัตว์ , ปลา , และสัตว์ปีกที่ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ อาจใช้ประกอบอาหารได้โดยตรง แต่สำหรับชิ้นใหญ่จะต้องละลายในตู้เย็น หรือละลายอุณหภูมิแวดล้อม สัตว์ปีกที่ห่อหุ้มด้วย Skin-tingt plastic film. ละลายโดยแช่ในน้ำเย็นหรือค่อนข้างอุ่นถ้าใช้วิธีละลายที่อุณหภูมิแวดล้อมหรือแช่น้ำเย็น ควรให้ระยะเวลาในการละลายน้ำแข็งสั้นที่สุดเพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์

2.4.7 การเปลี่ยนแปลงในอาหารเยือกแข็ง

1. ผลของการแช่เยือกแข็ง (effects of freezing) โดยมากจะเป็นผลในด้านลักษณะเนื้อ (texture) เช่น เซลล์เสียหาย (damage) เนื่องจากเกิดผลึกน้ำแข็ง (ไม่ใช่เกิดจากอุณหภูมิต่ำ) , Emulsion เกิดการแยกชั้น , Protein ตกตะกอน , อาหารอบ (baked foods) เกิด Retrogradation และ Staling , เนื้อเยื่อของสัตว์ทนทานต่อการแช่เยือกแข็งได้ดีกว่าเนื้อเยื่อพืช เพราะเนื้อเยื่อสัตว์มีโครงสร้างเส้นใยที่ยืดหยุ่นได้ แต่เนื้อเยื่อพืช (ผักผลไม้) ประกอบด้วยเซลล์ซึ่งมีโครงสร้างที่ค่อนข้างคงตัว (rigid) จึงถูก

ทำลายโดยผลึกน้ำแข็ง ระดับความเสียหายนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของผลึกน้ำแข็ง ซึ่งอยู่กับอัตราการถ่ายเทความร้อนในระหว่างการแช่เยือกแข็ง ผลของ Freezing rate ในเนื้อเยื่อพืช

(1) Slow freezing ระหว่างการแช่เยือกแข็งอย่างช้า (slow freezing) จะเกิดผลึกน้ำแข็งในช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular space) แล้วโตขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้เซลล์ที่อยู่รอบ ๆ ถูกเบียดจนเสียรูป (deform) และผนังเซลล์แตก ผลึกน้ำแข็งมีความดันไอต่ำกว่าน้ำภายในเซลล์ น้ำในเซลล์จึงเคลื่อนออกมารวมกับผลึกน้ำแข็ง เซลล์จะเสียน้ำ (dehydration) และเกิดความเสียหายอย่างถาวรเมื่อความเข้มข้นของ Solute สูงขึ้น เมื่อนำไปทำให้ละลาย (thaw) เซลล์จะไม่กลับไปมีรูปร่างและความเต่งเหมือนเดิม อาหารจะนุ่มและสารในเซลล์จะไหลออกมานอกเซลล์เรียก Drip

(2) Fast freezing ใน Fast freezing จะเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก ๆ ทั้งภายในและภายนอกเซลล์ (intercellular and intercellular spaces) ทำให้เกิดความเสียหายด้านโครงสร้างน้อยมาก ความดันไอของน้ำภายในเซลล์ไม่สูงกว่าน้ำภายนอกเซลล์ น้ำในเซลล์จึงไม่เคลื่อนออกมานอกเซลล์ เซลล์จึงเกิด Dehydration น้อยมาก Fast freezing จึงรักษาคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสได้ดีมาก

2. ผลการเก็บรักษาแบบเยือกแข็ง (frozen storage) เมื่ออุณหภูมิในการเก็บเยือกแข็งต่ำ อัตราการเจริญของจุลินทรีย์และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจาก Enzymes ก็ยิ่งต่ำ แต่ Freezing และ Frozen storage ไม่มีผลในการ Inactivate enzyme ดังนั้นจึงต้องทำ Blanching ผักและใช้สารเคมี (เช่น SO_2) ในผลไม้เพื่อควบคุมเอนไซม์ อุณหภูมิในการเก็บเยือกแข็งมีผลต่อจุลินทรีย์ต่างกัน ถ้า Storage temperature ค่อนข้างสูง (-4 ถึง -10°C) จะมีผลในการทำลายจุลินทรีย์สูงกว่า Storage temperature ที่ต่ำ (-15 ถึง -30°C) สปอร์จะทนอุณหภูมิต่ำได้ดีกว่าเซลล์ (vegetative cell) โดยทั่วไปอุณหภูมิเก็บรักษาเยือกแข็งคือ -18°C / 0°F ซึ่งอาหารเยือกแข็งจะเสื่อมคุณภาพอย่างช้า ๆ เนื่องจากปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์การเสื่อมคุณภาพจะเร็วขึ้นถ้า 1. รอบ ๆ ผลึกน้ำแข็งนั้นมี Solute ที่เข้มข้นสูง 2. มีการลด A_w 3. มีการเปลี่ยนแปลง pH Redoxpotential การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ ๆ ของอาหารในระหว่างการเก็บเยือกแข็ง ได้แก่ การสลายตัวของสารสี (degradation of pigments) การสูญเสียวิตามิน (loss of vitamins) การเสื่อมเสียเนื่องจากเอนไซม์ที่เหลืออยู่ (residual enzyme activity) การเกิด Oxidation ของไขมัน (lipids) ทำให้เกิด Off-oder , Off-flavor

3. ผลของการเกิดผลึกซ้ำ (recrystallization) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลึกน้ำแข็ง เช่น รูปร่าง ขนาด การจัดทิศทางของผลึก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมเสียของอาหารเยือกแข็งบางชนิด Recrystallization มี 3 ชนิด

(1) Isomass recrystallization ผลึกเปลี่ยนแปลงด้านรูปร่างภายนอก โครงสร้างภายใน ทำให้ขนาดใหญ่ขึ้น (อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมีค่าน้อยลง) เปลี่ยนภายในแต่ละผลึกไม่เกี่ยวกับผลึกอื่น

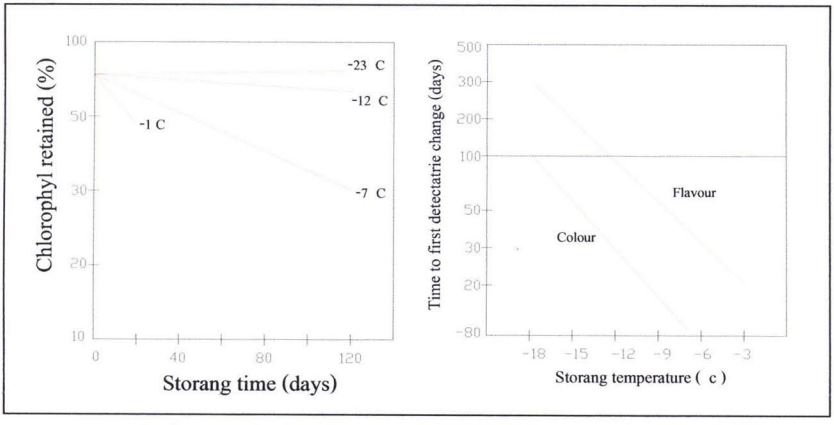
(2) Accretive recrystallization ผลึกน้ำแข็ง 2 ผลึกที่ติดอยู่ติดกัน รวมกันเป็นผลึกใหญ่ผลึกเดียว จำนวนผลึกรวมน้อยลง

(3) Migratory recrystallization ผลึกน้ำแข็งเล็ก ๆ เคลื่อนที่ไปรวมกับผลึกใหญ่ ทำให้ผลึกน้ำแข็งใหญ่ขึ้นและจำนวนผลึกน้อยลง มักเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในการเก็บเยือกแข็ง เช่น เมื่อเปิดประตูห้องเก็บรักษาเยือกแข็ง ความร้อนจากภายนอกเข้าไป ผิวอาหารด้านที่ได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและน้ำแข็งละลายไปบ้าง น้ำแข็งที่ละลายทำให้ความดันไอสูงขึ้น น้ำจึงเคลื่อนไปสู่อีกด้านที่ความดันไอน้ำต่ำกว่าและเมื่ออุณหภูมิต่ำลง จะเกิดเป็นน้ำแข็งใหม่ (อีกครั้ง) โดยการเข้ารวมกับผลึกน้ำแข็งที่มีอยู่แล้ว ทำให้ผลึกใหญ่ขึ้นและเกิดความเสื่อมเสียแบบเดียวกับ Slow freezing

4. ผลของการเกิดระเหิด (sublimation) บรรยากาศในห้องเก็บรักษาเยือกแข็งมักมีความชื้นต่ำ น้ำแข็งในอาหารเยือกแข็งจะระเหิด (sublimation) ออกจากอาหาร ทำให้ผิวส่วนนั้นมีสีอ่อน คล้ำ เรียกว่า Freezer burn มักเป็นปัญหากับอาหารที่มีพื้นที่ผิว ปริมาตรสูง ไม่มีการห่อหุ้ม ฯลฯ

2.4.8 การประเมินคุณภาพอาหารเยือกแข็ง

อาหารเยือกแข็งจะถูกประเมินโดยใช้หลัก HQL (hight-quality-life) ซึ่งหมายถึง ระยะเวลาที่เก็บรักษาอาหารไว้ได้โดย 70-80% ของผู้ชิม (taste panelists) ไม่พบว่าคุณภาพมีการเปลี่ยนแปลง หรือระยะเวลาที่อาหารเยือกแข็งคงมีคุณภาพเหมือนกับก่อนแช่เยือกแข็ง (ในความเห็นของผู้ชิมจำนวน 70-80%) ซึ่งแตกต่างกับอายุการเก็บ (storage life) หรือการยอมรับของผู้บริโภค (consumer acceptability) เพราะอาหารนั้นจะยังได้รับการยอมรับไปอีกเป็นเวลานานกว่า HQL ถึง 2-3 เท่า



ภาพที่ 20 กราฟแสดงการประเมินคุณภาพอาหารแช่เยือกแข็ง

ที่มา: อานนท์, 2548

ตัวอย่าง HQL ของผักบางชนิด (เป็นจำนวนวัน) ที่อุณหภูมิ -18, -12, -7°C

กะหล่ำปลี 291 (-18°C), 61 (-12°C), 13 (-7°C)

ถั่วลันเตา 305 (-18°C), 90 (-12°C), 27 (-7°C)

อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปมา (fluctuation) ระหว่างการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพอาหารแบบสะสม สัดส่วนของ HQL ที่สูญเสียหาได้จากการ Integrate loss over time หลักการนี้มีประโยชน์มากสำหรับการ Identify จุดที่เกิดการเสื่อมคุณภาพ (อานนท์, 2548)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

วัตถุดิบ

1. วุ้นเส้น	ตราต้นสน	สิธินันท์	ไทย
2. ซีอิ๊วขาว	ตราเด็กสมบูรณ์	หยั่นหว่อหยุ่น	ไทย
3. น้ำตาลทราย	ตรามิตรผล	มิตรผล	ไทย
4. น้ำมันพืชปาล์ม	ตรามรกต	มรกต อินดัสตรีส์	ไทย
6. น้ำปลา	ตราทิพรส	ไพโรจน์	ไทย
7. แครอท	ตลาดแสงจันทร์		กรุงเทพมหานคร
8. เห็ดหูหนู	ตลาดแสงจันทร์		กรุงเทพมหานคร
9. กะหล่ำปลี	ตลาดแสงจันทร์		กรุงเทพมหานคร
10. เห็ดหูหนู	ตลาดแสงจันทร์		กรุงเทพมหานคร
11. ไขไก่	ตลาดแสงจันทร์		กรุงเทพมหานคร
12. เนื้อหมูสับ	ตลาดแสงจันทร์		กรุงเทพมหานคร
13. กระทียม	ตลาดแสงจันทร์		กรุงเทพมหานคร
14. แผ่นปอเปี๊ยะ	ตลาดบางรัก		กรุงเทพมหานคร
15. แป้งสาลีอเนกประสงค์	ตราว่าว		ไทย
16. แป้งขนมปัง	ตราห่าน		ไทย
17. แป้งเค้ก	ตราพัดโบก		ไทย

สารเคมี

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato dextrose agar)		
2. เมทธิลเรด (methyl red ; $C_{15}H_{15}N_3O_2$)	Panrcac	สหภาพยุโรป
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide ; NaOH)	Merck	เยอรมันนี
4. กรดบอริก (boric acid ; H_3BO_3)	Merck	เยอรมันนี
5. คอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulphate ; $CuSo_4 \cdot {}_5H_2O$)	Ajax	ออสเตรเลีย
6. ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)	Mallinckrodt	สหรัฐอเมริกา

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์งานครัว	ตั้งจิบเส็ง	ไทย
2. เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง และ 4 ตำแหน่ง	SARTORIUS GMBH GOTTINGEN type B 1209	เยอรมันนี
3. เตาแก๊ส	Electrolux	ไทย
4. ตู้แช่แข็ง / ตู้เย็น	Sharp Appliaances	ไทย
5. ตู้อบลมร้อน	WTB binder 7200 tuttlingen	เยอรมันนี
6. เตาเผาเถ้า	Carbolite Furnaces CSF 12/7	อังกฤษ
7. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน	Soxhlet apparatus SER 148 Solvent Extractor	อิตาลี
8. เครื่องวิเคราะห์โปรตีน	Micro-Kjeldahl distillation apparatus VELP Scietifica	อิตาลี
9. เครื่องวิเคราะห์เส้นใย	fibertec system M1017	สวีเดน
10. อุปกรณ์เครื่องแก้ว	Pyrex	เยอรมันนี
11. เครื่องวัดค่าความหนืด(RVA)	CHARPA TECENTER	ไทย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. ไมโครคอมพิวเตอร์
2. แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิธีการ

1. ศึกษาสูตรพื้นฐานปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้า

ศึกษาสูตรพื้นฐานปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้าที่มีลักษณะเป็นปอเปี๊ยะทอด โดยใช้สูตรพื้นฐาน 5 สูตร คือ สูตรที่ 1 (ดัดแปลงจากศรีสมร คงพันธ์, 2546) สูตรที่ 2 (ดัดแปลงจากเสริมพร สาตรพันธุ์และคณะ, 2545) สูตรที่ 3 (ดัดแปลงจากติ่มซำ, 2546) สูตรที่4 (ดัดแปลงจากนิดดา หงส์วิวัฒน์, 2547) สูตรที่ 5 (ดัดแปลงจากอุบล ดีสวัสดิ์, 2547) ในการศึกษาสูตรปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้า ดังตารางที่ 9 นำสูตรพื้นฐานที่ได้มาทำการทดสอบคุณภาพประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมโดยการให้คะแนนแบบ 9 – Point Hedonic Scale โดยคะแนน 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ตาราง ANOVA ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test)

ตารางที่ 10 ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะ

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละ)				
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
แผ่นปอเปี๊ยะ	*	*	*	*	*
เนื้อหมูสับ	24	25	31	22	22
วุ้นเส้นแช่น้ำตัดให้สั้น	12	13	-	11	11
ถั่วงอกเด็ดหาง	12	13	-	-	-
แครอท	-	-	-	-	11
กะหล่ำปลี	-	-	-	-	11
เห็ดหูหนูแช่น้ำหั่นฝอย	12	13	16	11	11
ไข่ไก่ตีพอแตก	17	-	23	16	16
กระเทียมสับ	6	5	8	5	4
พริกไทยป่น	1	1	2	1	1
น้ำปลา	2	3	-	-	-
ซีอิ๊วขาว	-	-	3	3	2
น้ำตาลทราย	2	2	3	2	2
น้ำมันสำหรับผัด	12	13	15	11	11
ผักชีซอย	-	6	-	1	-
ต้นหอมซอย	-	4	-	5	-

หมายเหตุ : สูตรที่ 1 (ดัดแปลงจากศรีสมร คงพันธ์, 2546)

สูตรที่ 2 (ดัดแปลงจากเสริมพร สาตรพันธุ์และคณะ, 2545)

สูตรที่ 3 (ดัดแปลงจากติ่มซำ, 2546)

สูตรที่ 4 (ดัดแปลงจากนิดดา หงส์วิวัฒน์, 2547)

สูตรที่ 5 (ดัดแปลงจากอุบล ดีสวัสดิ์, 2547)

* แผ่นปอเปี๊ยะ 500 กรัม

2. ศึกษาการพัฒนาสูตรปอเปี๊ยะทอด

2.1 แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ

2.1.1 ศึกษาเปรียบเทียบสูตรพื้นฐาน 2 สูตรโดยใช้สูตรพื้นฐานของร้านทำแป้งปอเปี๊ยะ 2 ร้านชื่อร้านคุณแมว(2550)และร้านคุณตึ้ง(2550) เพื่อพัฒนาเป็นสูตรมาตรฐานในการทดลอง ดังตารางที่ 10 ใช้ผู้ชิม 15 คน ให้คะแนนแบบ paired-comparison test

ตารางที่ 11 สูตรพื้นฐานแป้งปอเปี๊ยะ

ส่วนผสม	สูตรแป้งปอเปี๊ยะ		เวลาที่ใช้หมัก(นาที)
	1	2	
แป้งสาลีอเนกประสงค์	500 กรัม	500 กรัม	15 - 30
เกลือ	7 กรัม	10 กรัม	
น้ำ	350 กรัม	350 กรัม	

สูตรที่ 1 ได้จากร้านทำแป้งปอเปี๊ยะ ร้านคุณแมว อ. เมือง จ. เพรชบุรี พ.ศ. 2550 โทร 089-1485269, 085 – 9364361

สูตรที่ 2 ได้จากร้านทำแป้งปอเปี๊ยะ ร้านคุณตึ้ง ที่อยู่ 13 / 29 ซ.ตลาดคลองเตย ถ. สุพนาราย์ แขวงคลองเตย เขตคลองเตย กทม. 10110 โทร 02 – 3502632 , 089 – 9835597

สูตรมาตรฐานในการทดลอง

แป้งสาลีอเนกประสงค์	500 กรัม (ร้อยละ 58.34)
เกลือ	7 กรัม (ร้อยละ 0.82)
น้ำ	350 กรัม (ร้อยล ะ40.84)

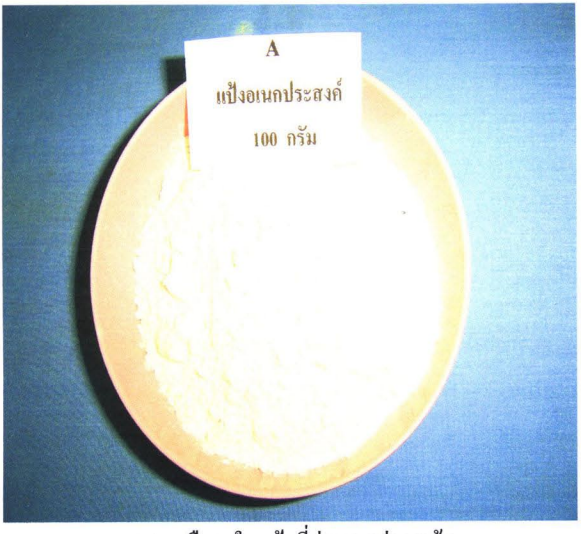
กรรมวิธีการผลิตแผ่นแป้งปอเปี๊ยะ

1.ร่อนแป้งสาลีแล้วชั่งตามน้ำหนักที่กำหนดในสูตร
2.ผสมแป้งสาลี เกลือ และน้ำ นวดให้เข้ากันจนแป้งมีเนื้อเนียนพักไว้ 15 นาทีแป้งที่ได้จะมีลักษณะนุ่มเหนียว นำก้อนแป้งที่หมักไว้มาเลี้ยงไว้บนมือโดยค่อยๆตะล่อมก้อนแป้งให้อยู่แต่ในมือแล้วนำก้อนแป้งกดวนบนกระทะเหล็กแผ่นเรียบที่ร้อน และดึงก้อนแป้งขึ้นจะได้แผ่นแป้งเป็นวงกลม
3.แซะแผ่นแป้งออกจากกระทะด้วยเกรียงเมื่อแป้งเริ่มร่อนตรงขอบ

การผลิตแป้งปอเปี๊ยะ

ร่อนแป้ง

↓



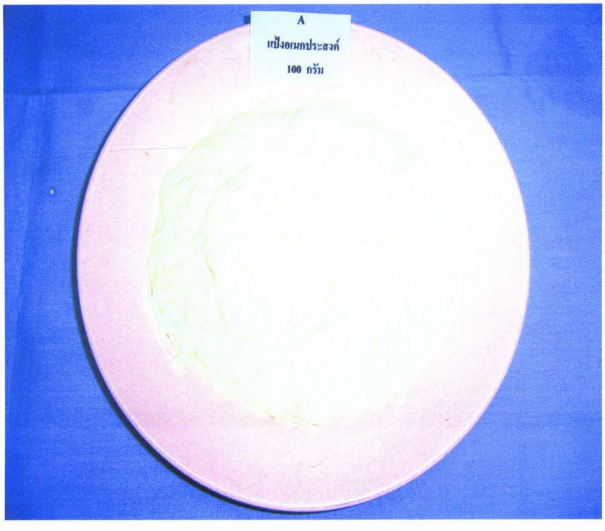
ผสมเกลือลงในแป้งที่ผ่านการร่อนแล้ว

เติมน้ำ

↓

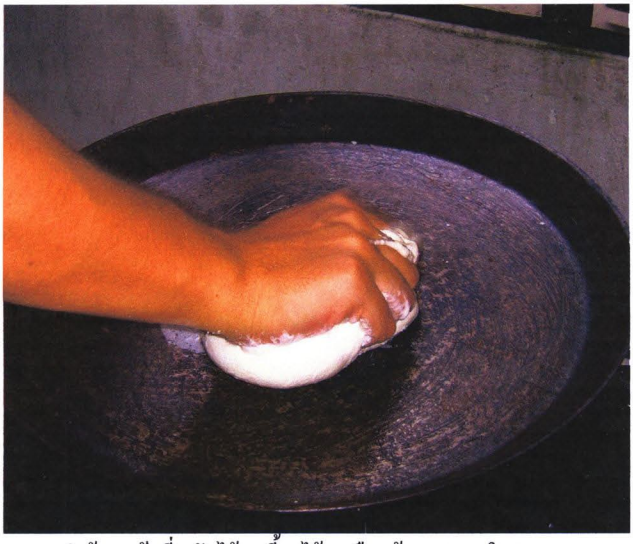
นำส่วนผสมมานวดให้เข้ากัน

↓



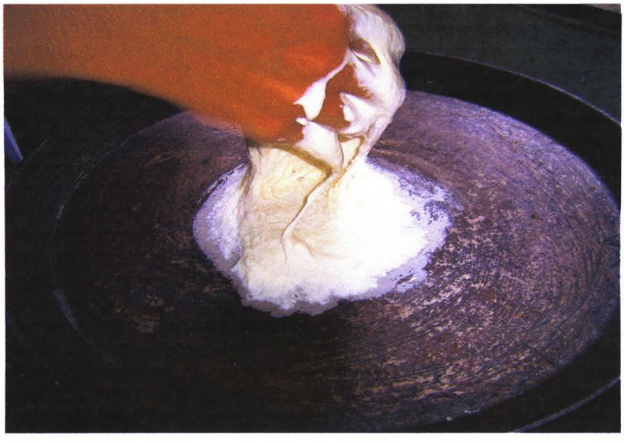
จะได้ลักษณะแป้งที่ผ่านการนวดและหมักแล้ว

↓



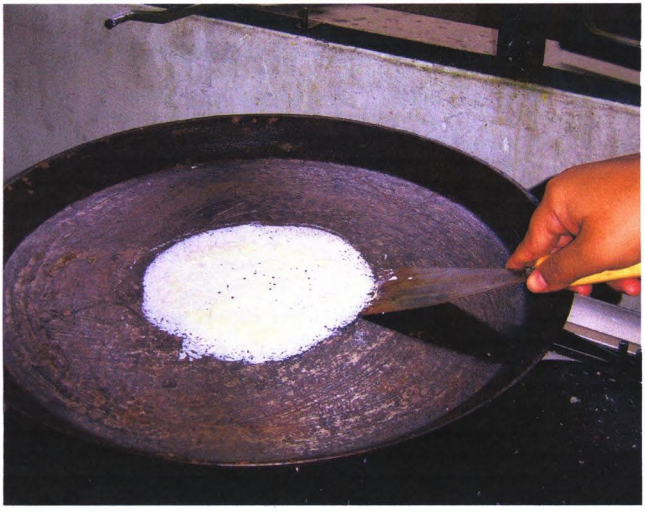
นำก้อนแป้งที่หมักไว้มาเลี้ยงไว้บนมือแล้วกดวนลงในกระทะ

↓



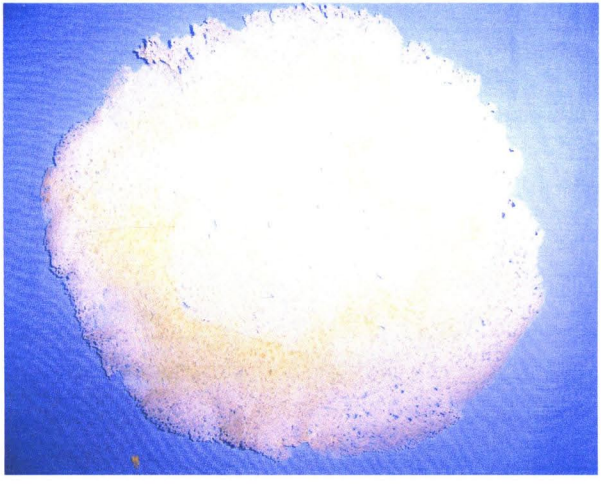
ดึงก้อนแป้งขึ้นจะได้แป้งเป็นวงกลม

↓



พอแป้งเริ่มร่อนตรงขอบใช้เกรียงแซะแป้งออก

↓



จะได้แป้งปอเปี๊ยะที่สำเร็จแล้ว

ภาพที่ 21 แสดงขั้นตอนการผลิตแป้งปอเปี๊ยะ

2.1.2 นำสูตรมาตรฐานจากข้อ2.1.1 มาศึกษาอัตราส่วนของแป้งสาลีชนิดต่างๆและให้ส่วนผสมอื่นๆในสูตรมีค่าคงที่ โดยใช้แป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้ก ในอัตราส่วน 0 : 0 : 100, 0 : 100 : 0, 100 : 0 : 0, 90 : 5 : 5, 80 :10 : 10, 70 : 15 : 15, 60 : 20 : 20, 50 : 25 : 25 , 40 : 30 : 30 และ 30 : 35 : 35 ตามลำดับ ทำการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ชิม 15 คน ให้คะแนนแบบ 9-Point Hedonic Scale Scoring Test และหาความแตกต่างของแต่ละตัวอย่างโดยใช้วิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

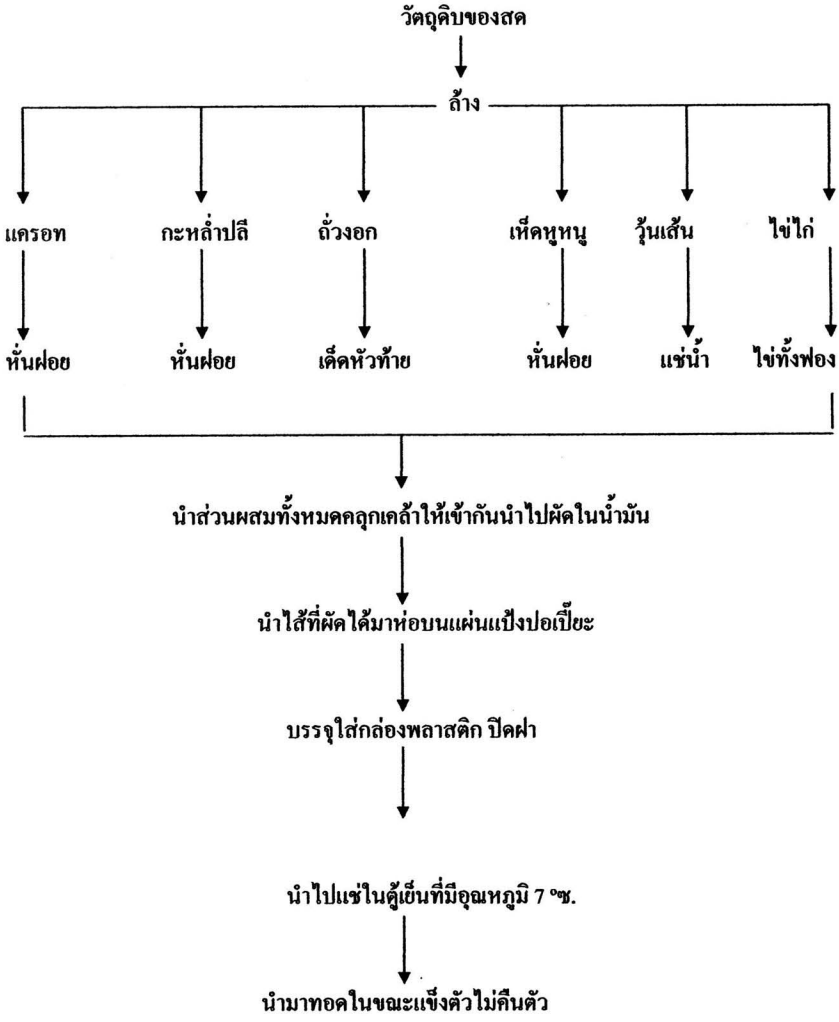
2.1.3 นำตัวอย่างจากข้อ2.1.2 มาหาค่าความหนืดด้วยเครื่องวัดค่าRVA เพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในแต่ละตัวอย่าง

2.2 สูตรปอเปี๊ยะทอด

นำสูตรที่ผ่านการทดสอบแล้ว จากข้อ 1 โดยใช้ส่วนผสมหลักที่มีค่าต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ คือ แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ เนื้อหมูสับ วุ้นเส้น ถั่วงอก เห็ดหูหนู ไข่ไก่ ดังตารางที่ 12 และนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ โดยมีกรรมวิธีการผลิตดังภาพที่ 22และ24

ตารางที่ 12 สิ่งทดลองในการศึกษาหาสูตรการผลิตปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้า

สิ่งทดลอง	ปัจจัยที่ทำการศึกษา (ร้อยละ)				
	เนื้อหมู	ไข่ไก่	วุ้นเส้น	ถั่วงอก	เห็ดหูหนู
1	55	15	10	10	10
2	40	10	15	15	15
3	30	25	15	15	15
4	35	25	10	20	10
5	30	15	15	20	20



ภาพที่ 22 กรรมวิธีผลิตปอเปี๊ยะ

ที่มา : ดัดแปลงจากกรรมวิธีการผลิตปอเปี๊ยะทอด (ศรีสมร , 2546)

ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็ง

ส่วนผสม

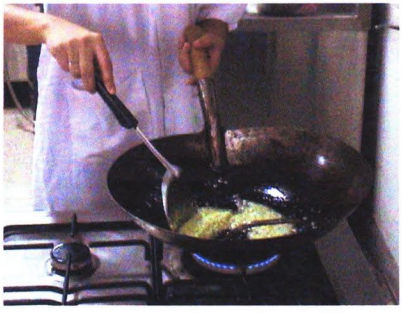
แผ่นปอเปี๊ยะ	500	กรัม
เนื้อหมูสับ	200	กรัม
วุ้นเส้น	100	กรัม
ไข่ไก่	50	กรัม
กะหล่ำปลี	100	กรัม
แครอท	100	กรัม
เห็ดหูหนู	100	กรัม
กระเทียม	50	กรัม
พริกไทยป่น	10	กรัม
ซีอิ๊วขาว	20	กรัม
น้ำมันพืช	10	กรัม
รากผักชี	10	กรัม
น้ำตาลทราย	10	กรัม

วิธีทำ

1. แช่วุ้นเส้นนานประมาณ 15 นาที จนนุ่ม ตัดเป็นท่อนสั้น
2. โขลกรากผักชี กระเทียม พริกไทยเข้าด้วยกันให้ละเอียด
3. ใส่น้ำมันลงในกระทะ ตั้งไฟพอร้อนใส่เครื่องที่โขลกผัดให้หอม ใส่เนื้อหมู ผัดให้สุก
4. ใส่แครอท วุ้นเส้น เห็ดหูหนู กะหล่ำปลี ไข่ไก่ ผัดให้ส่วนผสมเข้ากันดี
5. ปรุงรสด้วยซีอิ๊วขาวและน้ำตาลทรายผัดให้เข้ากันยกลง
6. นำไส้ปอเปี๊ยะที่ผัดแล้ว นำมาห่อกับแผ่นปอเปี๊ยะตามขนาดที่ต้องการ
7. นำปอเปี๊ยะที่ห่อได้บรรจุในกล่องพลาสติกแช่เย็นที่อุณหภูมิ 7 °ซ.

ภาพที่ 23 แสดงส่วนผสมของปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็ง

การผลิตไส้ปอเปี๊ยะ

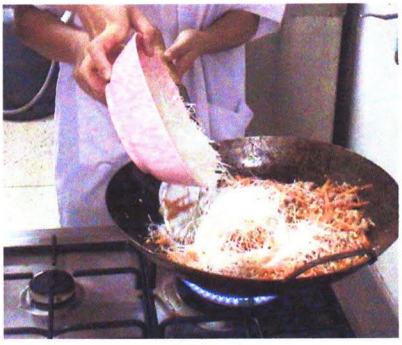


ผัดกระเทียมกับน้ำมันให้หอมใส่เนื้อหมูผัดพอสุกเล็กน้อย

↓

ใส่แครอท

↓

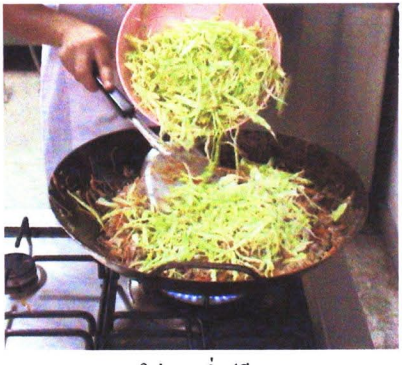


ใส่วุ้นเส้น

↓

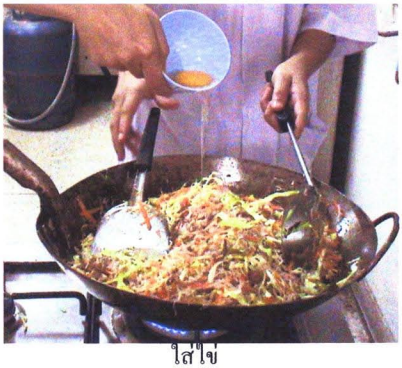
ใส่เห็ดหูหนู

↓



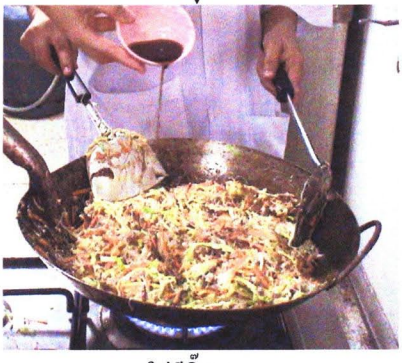
ใส่กะหล่ำปลี

↓



ใส่ไข่

↓

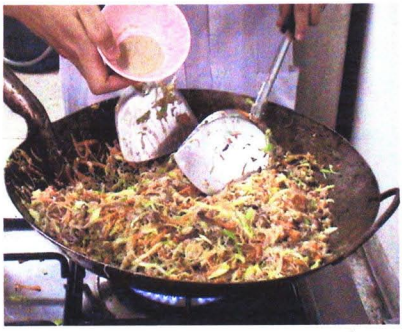


ใส่ซีอิ๊วขาว

↓

ใส่น้ำตาลทราย

↓



ใส่พริกไทยป่นผัดจนส่วนผสมของไส้ปอเปี๊ยะสุก

↓

ห่อไส้ปอเปี๊ยะด้วยแผ่นแป้ง

↓

ปอเปี๊ยะที่ห่อสำเร็จก่อนแช่เยือกแข็ง

ภาพที่ 24 แสดงกรรมวิธีการผลิตปอเปี๊ยะที่ห่อสำเร็จก่อนแช่เยือกแข็ง

จากนั้นนำมาทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยการให้คะแนนแบบ 9-Point Hedonic scale โดยคะแนน 1 คะแนนหมายถึง ไม่ชอบมากที่สุดและคะแนน 9 คะแนนหมายถึง ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ตาราง ANOVA ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test)

3.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้าขณะเก็บรักษา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้าในขณะแช่ตู้เย็น โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 °ซ. ทุก ๆ 1 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยมีการตรวจคุณภาพดังนี้

3.1 คุณภาพทางกายภาพ

- ตรวจคุณลักษณะทางด้านสี
- ตรวจคุณลักษณะทางด้านรสชาติ
- ตรวจคุณลักษณะทางด้านกลิ่น
- ตรวจคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส
- ตรวจคุณลักษณะทางด้านความชอบรวม

3.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยใช้ Total plate count โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA

3.3 คุณภาพทางเคมี

- การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยหาปริมาณของ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการของ A.O.A.C. (1995)

บทที่4

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้า

ศึกษาสูตรพื้นฐานปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้าที่มีลักษณะเป็นปอเปี๊ยะทอด โดยใช้สูตรพื้นฐาน 5 สูตร และนำมาทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนแบบ 9-Point Hedonic Scale Scoring Test ใช้ผู้ชิมจำนวน 50 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้ตาราง ANOVA ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ได้ผลดังตารางที่ 13

ตารางที่13 แสดงลักษณะทางประสาทสัมผัสของปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งที่ได้จากการทดสอบชิม

ผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็ง	คะแนนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัส				
	สี ^{ns}	กลิ่น*	รสชาติ *	เนื้อสัมผัส ^{ns}	ความชอบรวม ^{ns}
สูตร 1	5.96	5.84 ^{dc}	5.50 ^{c}	5.62	5.84
สูตร 2	6.06	6.24 ^{c}	5.68 ^{c}	5.80	5.96
สูตร 3	6.40	6.36 ^{cb}	6.48 ^{b}	5.92	6.06
สูตร 4	7.14	6.62 ^{b}	6.24 ^{b}	6.04	6.32
สูตร 5	7.22	7.22 ^{a}	7.42 ^{a}	7.78	7.78

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

* ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งทั้ง 5 สูตร พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ชิม ทางด้านกลิ่นและรสชาติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อทางด้านสี เนื้อสัมผัสและความชอบรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กล่าวคือ

ด้านสี

พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสีของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งที่ได้ทั้ง 5 สูตร โดยสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดคือสูตรที่ 5 อยู่ในระดับความชอบมากที่สุดได้คะแนนเฉลี่ย 7.22, 7.14, 6.40, 6.06 และ5.96 ตามลำดับซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ด้านกลิ่น

พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งที่ได้ทั้ง 5 สูตร โดยสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดคือสูตรที่ 5 อยู่ในระดับความชอบมากที่สุดได้คะแนนเฉลี่ย 7.22 รองลงมาได้คะแนนเฉลี่ย 6.62, 6.36 ,6.24 และ5.84 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับสูตรที่ 4, 3, 2 และ 1ตามลำดับเนื่องจากสูตรที่ 5 มีความหอมของเครื่องเทศมากกว่า

ด้านรสชาติ

พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งที่ได้ทั้ง 5 สูตร โดยสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดคือสูตรที่ 5 อยู่ในระดับความชอบมากที่สุดได้คะแนนเฉลี่ย 7.42 รองลงมาได้คะแนนเฉลี่ย 6.48, 6.24, 5.68 และ5.50 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับสูตรที่ 3, 4, 2 และ 1ตามลำดับเนื่องจากสูตรที่ 5 มีปริมาณส่วนผสมและเครื่องปรุงมากกว่าทำให้รสชาติของปอเปี๊ยะกลมกล่อม ดังนั้นสูตรที่ 5 เป็นสูตรที่ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุด

ด้านเนื้อสัมผัส

พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งที่ได้ทั้ง 5 สูตร โดยสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดคือสูตรที่ 5 อยู่ในระดับความชอบมากที่สุดได้คะแนนเฉลี่ย 7.78, 6.04, 5.92, 5.80 และ5.62 ตามลำดับซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กับสูตรที่ 4, 3, 2 และ 1

ด้านความชอบรวม

พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งที่ได้ทั้ง 5 สูตร โดยสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดคือสูตรที่ 5 อยู่ในระดับความชอบมากที่สุดได้คะแนนเฉลี่ย 7.78, 6.32 ,6.06 ,5.96 และ5.84 ตามลำดับซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับสูตรที่ 4, 3,2 และ 1

ดังนั้นสูตรที่ใช้เป็นสูตรมาตรฐานสำหรับการทดลองคือสูตรที่ 5 ซึ่งผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในเรื่องสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมมากที่สุด

2. ผลการศึกษาการพัฒนาสูตรปอเปี๊ยะทอด

2.1 แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ

นำสูตรมาตรฐานของแผ่นแป้งปอเปี๊ยะมาศึกษาอัตราส่วนของแป้งสาลีชนิดต่างๆและให้ส่วนผสมอื่นๆในสูตรมีค่าคงที่ โดยใช้แป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้ก ในอัตราส่วน 0 : 0 : 100, 0 : 100 : 0, 100 : 0 : 0, 90 : 5 : 5, 80 :10 : 10, 70 : 15 : 15, 60 : 20 : 20, 50 : 25 : 25 , 40 : 30 : 30 และ 30 : 35 : 35 ตามลำดับ ทำการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ชิม 15 คน ให้คะแนนแบบ 9-Point Hedonic Scale Scoring Test และหาความแตกต่างของแต่ละตัวอย่างโดยใช้วิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ผลการทดลองพบว่าสูตรแป้งที่เหมาะสมในการทำแป้งปอเปี๊ยะ คือแป้งที่ใช้ อัตราส่วนของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้ก เท่ากับ 100 : 0 : 0 รองลงมาคือ 0 : 100 : 0 , 90 : 5 : 5 , 80 : 10 : 10 , 70 : 15 : 15 , 0 : 0 : 100 , 60 : 20 : 20 , 40 : 30 : 30 , 50 : 25 : 25 และ 30 : 35 : 35 ตามลำดับ มีคะแนนการชิม7.86^{a}, 6.13^{b}, 5.93^{bc}, 5.66^{bcd}, 5.33^{bcde}, 5.06^{bcdef}, 4.73^{bcdefg}, 4.66^{bcdefg} และ 4.00^{bcdefg} ตัวอย่างแป้งที่ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุดเป็นตัวอย่างที่ใช้แป้งสาลีอเนกประสงค์เพียงชนิดเดียวมีคะแนนการชิม7.86 พบว่าจะมีความแตกต่างจากทุกๆตัวอย่าง แผ่นแป้งที่ได้จะมีลักษณะกลมบางเหนียวนุ่มมีฟองอากาศเล็กๆกระจายอยู่ทั่วไป แผ่นแป้งที่มีคุณภาพรองลงมาเป็นตัวอย่างที่ใช้แป้งขนมปังเพียงชนิดเดียวมีคะแนนการชิม6.13 แผ่นแป้งที่ได้จะมีลักษณะกลมบางเหนียวนุ่มเล็กน้อยมีฟองอากาศมาก แผ่นแป้งที่ทำจากแป้งเค้กจะมีลักษณะนิ่มมาก แป้งหนาและไม่มีฟองอากาศมีคะแนนการชิม5.06 ผู้ชิมให้การยอมรับปานกลางค่อนข้างน้อย ดังแสดงในตารางที่14 และ 15

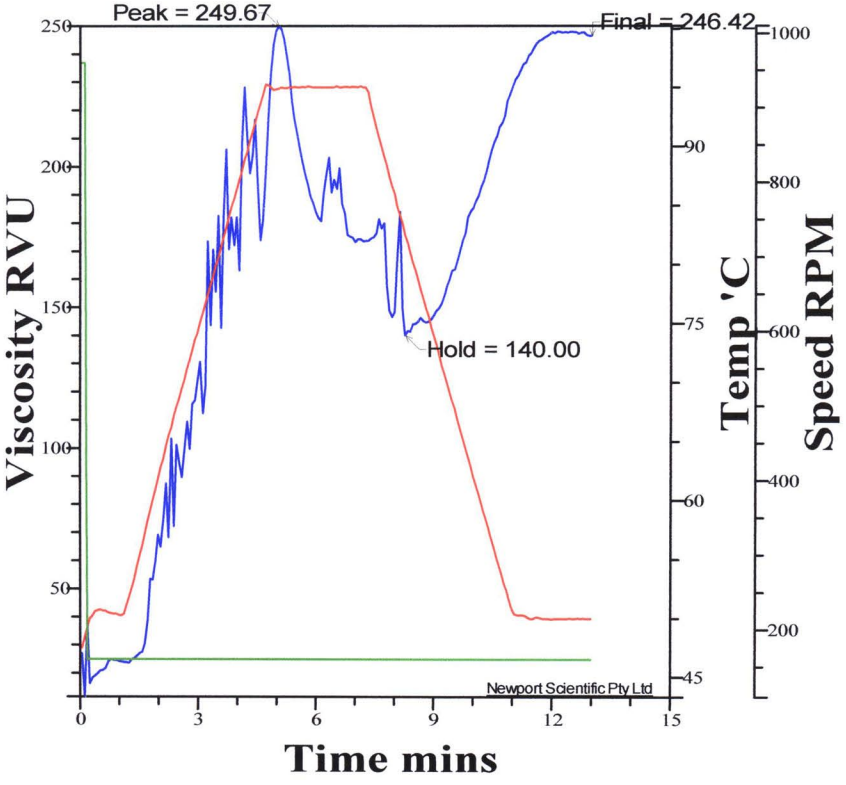
ตารางที่14 ตารางแสดงลักษณะคุณภาพของแผ่นแป้งปอเปี๊ยะ

อัตราส่วนของ แป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้ก	ลักษณะแป้ง
100 : 0 : 0	สีขาว นิ่ม มีฟองอากาศเล็ก ๆ แผ่นแป้งบาง
0 : 100 : 0	สีขาว นิ่มเล็กน้อย มีฟองอากาศมาก แผ่นแป้งบาง
0 : 0 : 100	สีขาว นิ่มมาก แป้งหนา ไม่มีฟองอากาศ
90 : 5 : 5	สีขาว นิ่มเล็กน้อย มีฟองอากาศมาก
80 : 10 : 10	สีขาว นิ่มเล็กน้อย มีฟองอากาศมาก แป้งหนาเล็กน้อย
70 : 15 : 15	สีขาว นิ่มเล็กน้อย มีฟองอากาศมาก แป้งหนาเล็กน้อย
60 : 20 : 20	สีขาว นิ่มเล็กน้อย มีฟองอากาศมาก แป้งหนาเล็กน้อย
50 : 25 : 25	สีขาว นิ่ม มีฟองอากาศน้อย แป้งหนาเล็กน้อย
40 : 30 : 30	สีขาว นิ่ม มีฟองอากาศน้อย แป้งหนาเล็กน้อย
30 : 35 : 35	สีขาว นิ่มมาก มีฟองอากาศน้อย แป้งหนาเล็กน้อย

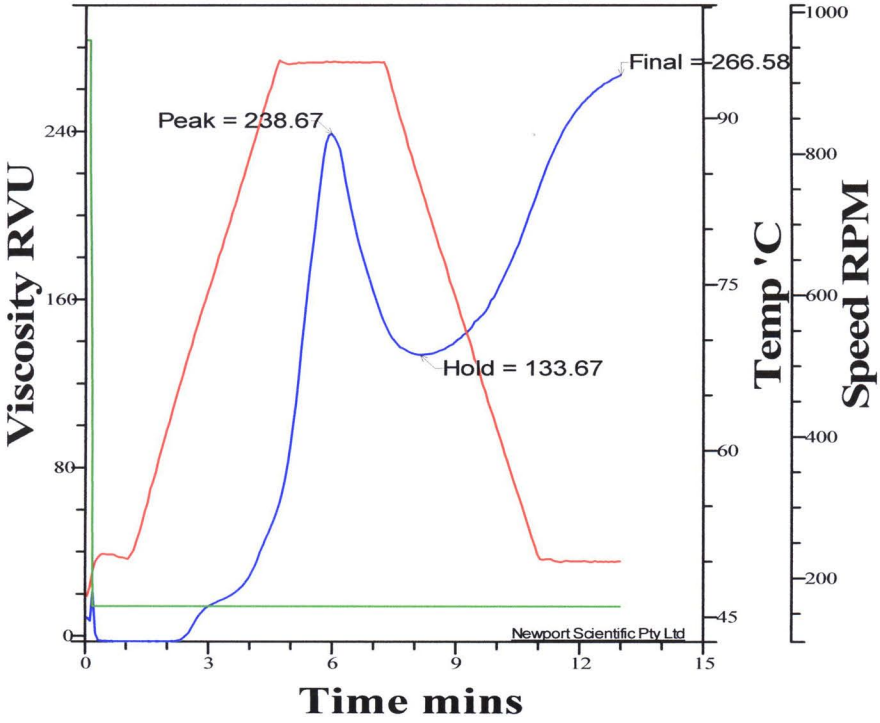
ตารางที่15 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสเรื่อง ความชอบรวม ของแผ่นแป้งปอเปี๊ยะ

ผู้ชิม	อัตราส่วนของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้ก									
	100:0:0	0:100:0	0:0:100	90:5:5	80:10:10	70:15:15	60:20:20	50:25:25	40:30:30	30:35:35
1	7	7	4	6	5	5	5	5	5	6
2	9	7	5	7	6	4	4	3	5	6
3	7	6	3	6	5	5	5	4	5	6
4	7	6	4	5	6	5	4	4	5	5
5	8	6	5	7	6	4	4	4	6	5
6	8	7	5	6	5	5	4	4	6	4
7	8	6	6	6	6	6	4	4	6	3
8	7	5	7	6	5	7	5	5	7	4
9	8	5	4	7	5	7	5	4	4	3
10	9	7	5	6	5	6	4	4	3	3
11	7	6	5	5	6	6	4	4	3	3
12	8	6	5	5	6	4	3	6	4	3
13	9	5	6	6	7	5	7	4	4	3
14	8	6	7	5	5	5	6	4	3	3
15	8	7	5	6	7	6	7	6	4	3
รวม	118	92	76	89	85	80	71	65	70	60
ค่าเฉลี่ย	7.86	6.13	5.06	5.93	5.66	5.33	4.73	4.33	4.66	4.00

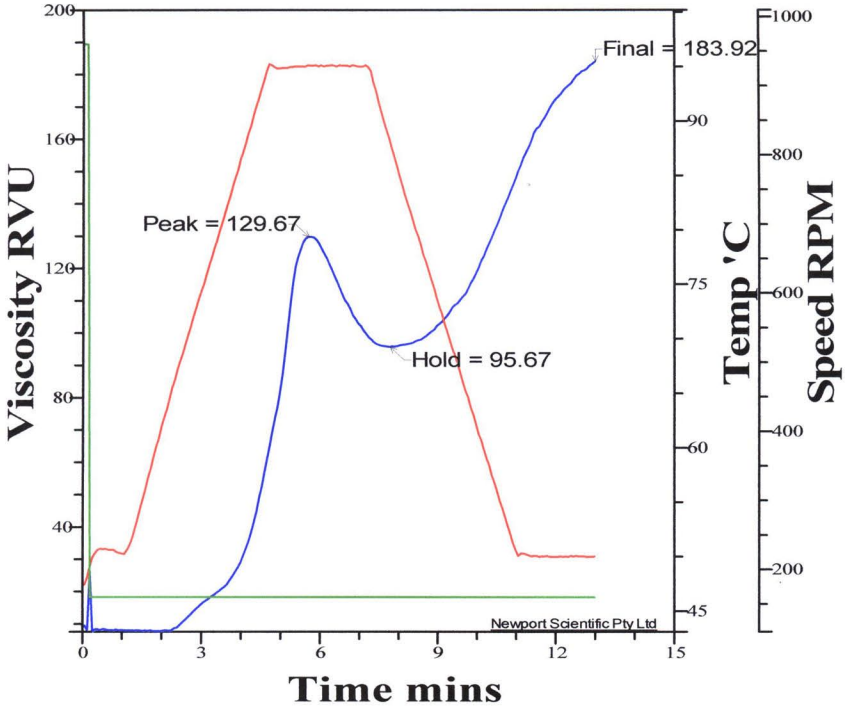
ผลการศึกษาตรวจสอบคุณลักษณะทางเคมีกายภาพ เพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในแต่ละตัวอย่างใช้อัตราส่วนของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้ก เท่ากับ 0 : 0 : 100 , 0 : 100 : 0 , 100 : 0 : 0 , 90 : 5 : 5 , 80 : 10 : 10 , 70 : 15 : 15 , 60 : 20 : 20 , 50 : 25 : 25 , 40 : 30 : 30 และ 30 : 35 : 35 ตามลำดับ โดยการวัดความข้นหนืดของแป้งปอเปี๊ยะแบบรวดเร็วด้วยเครื่องวัดค่า Rapid Viscose Analyzer (RVA) ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 25 - 34



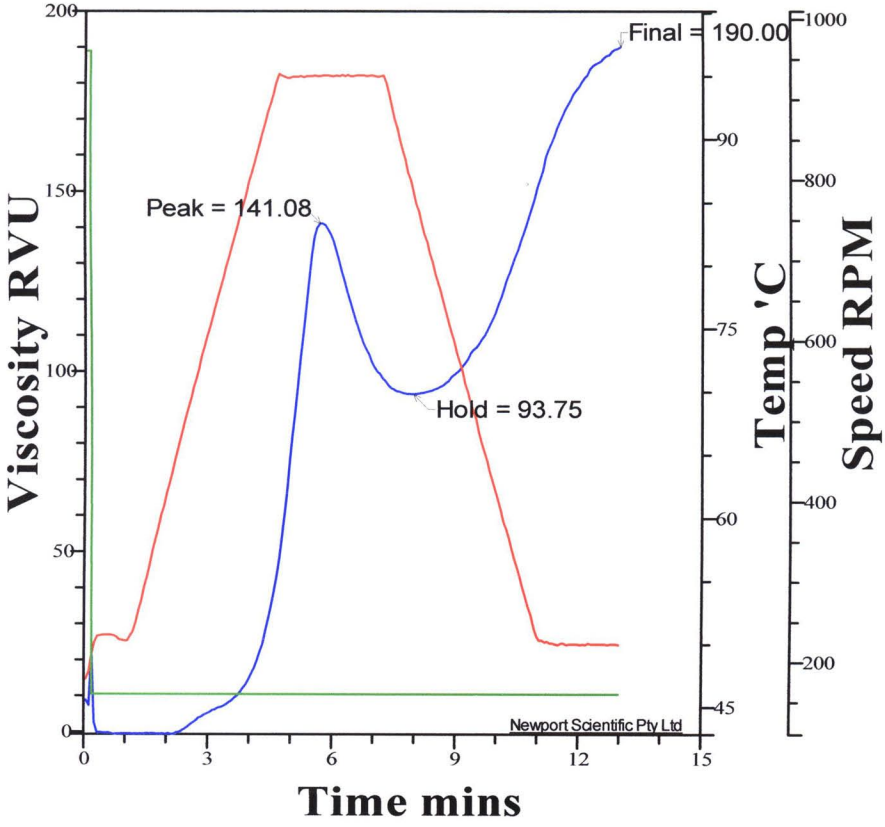
ภาพที่ 25 กราฟแสดงความหนืดของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้กเท่ากับ 100 : 0 : 0



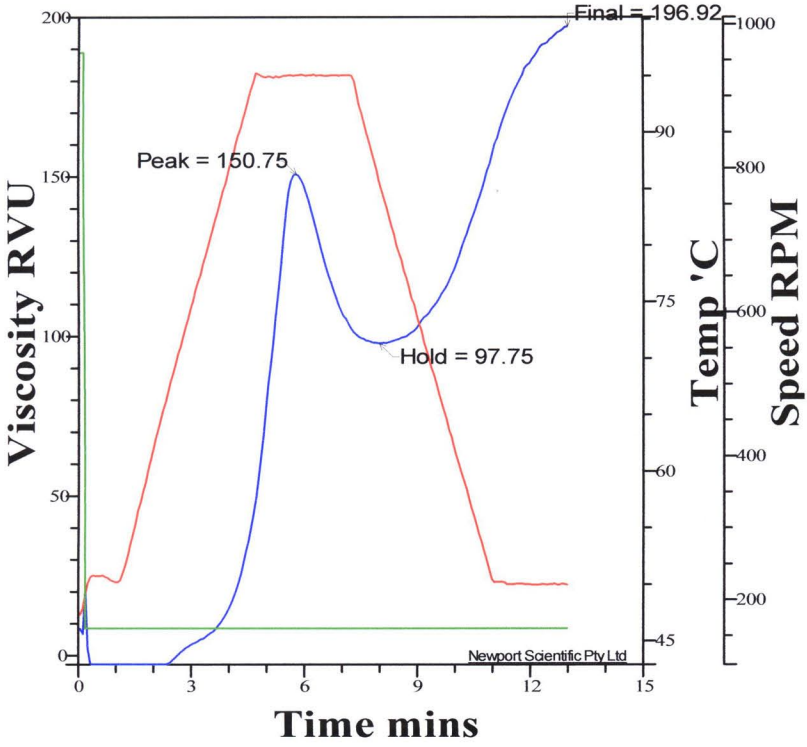
ภาพที่ 26 กราฟแสดงความหนืดของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนม: แป้งเค้กเท่ากับ 0 : 100 : 0



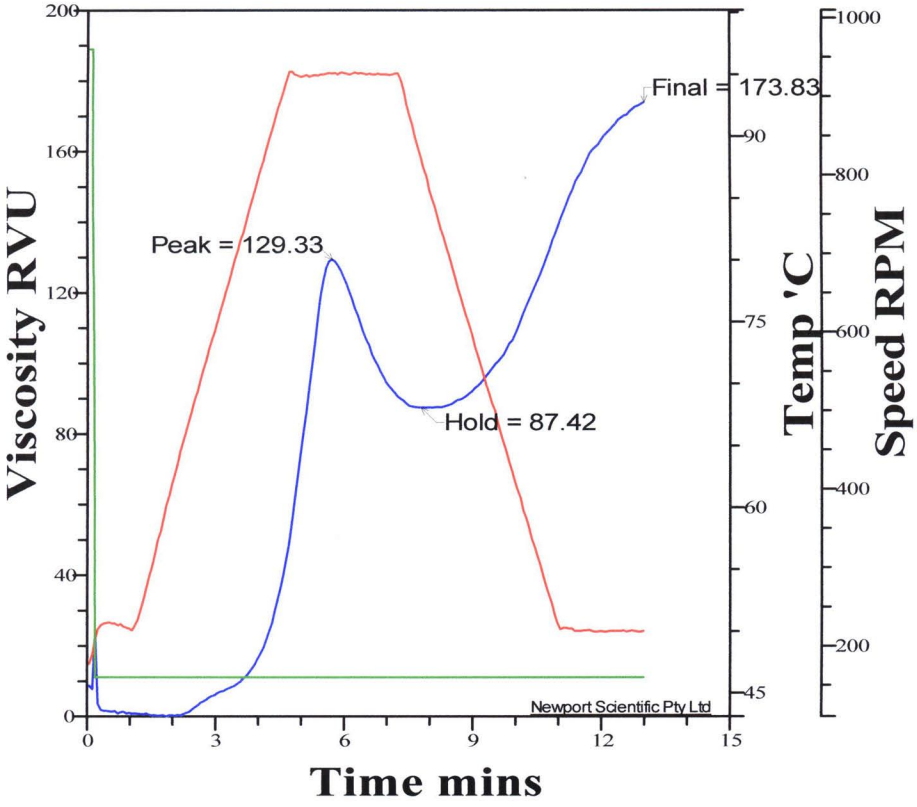
ภาพที่ 27 กราฟแสดงความหนืดของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้กเท่ากับ 0 : 0 : 100



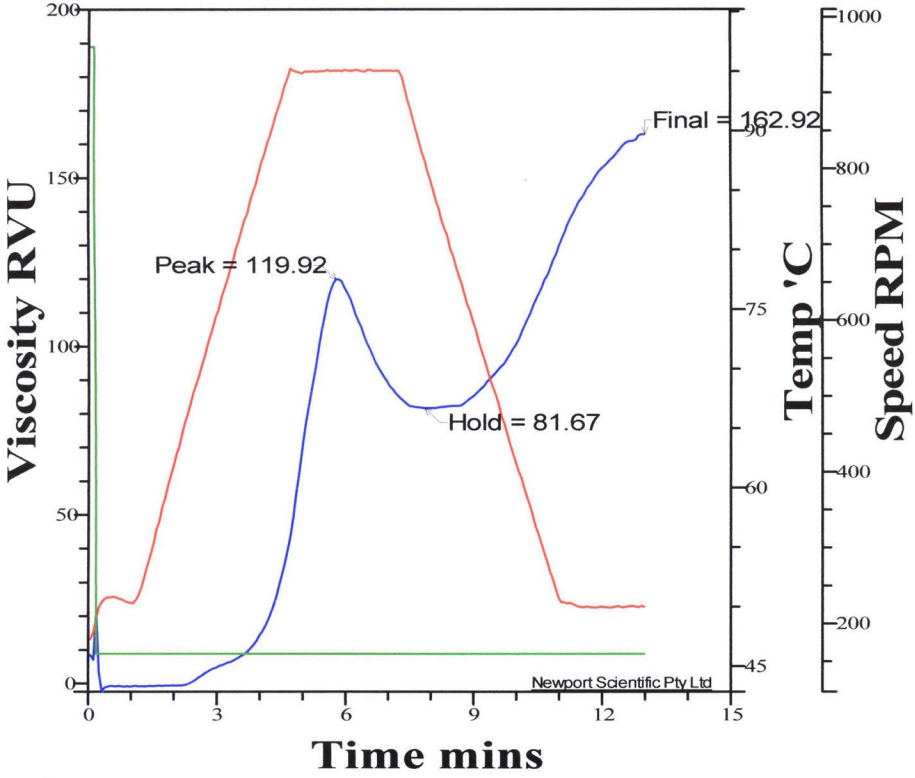
ภาพที่ 28 กราฟแสดงความหนืดของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้กเท่ากับ 90 : 5 : 5



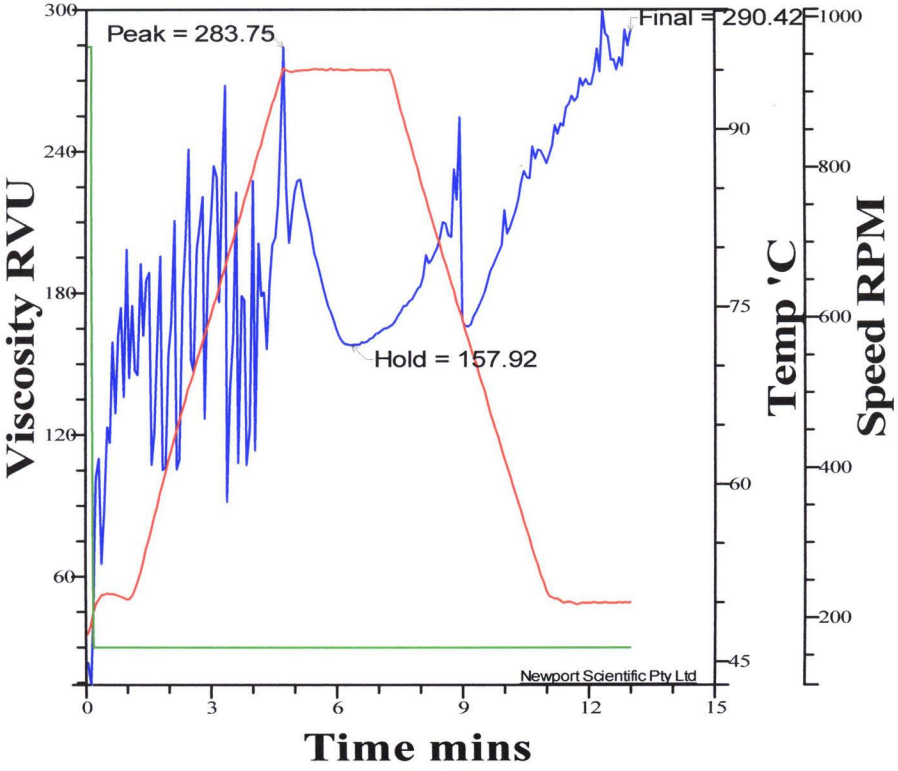
ภาพที่ 29 กราฟแสดงความหนืดของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้กเท่ากับ 80 : 10 :10



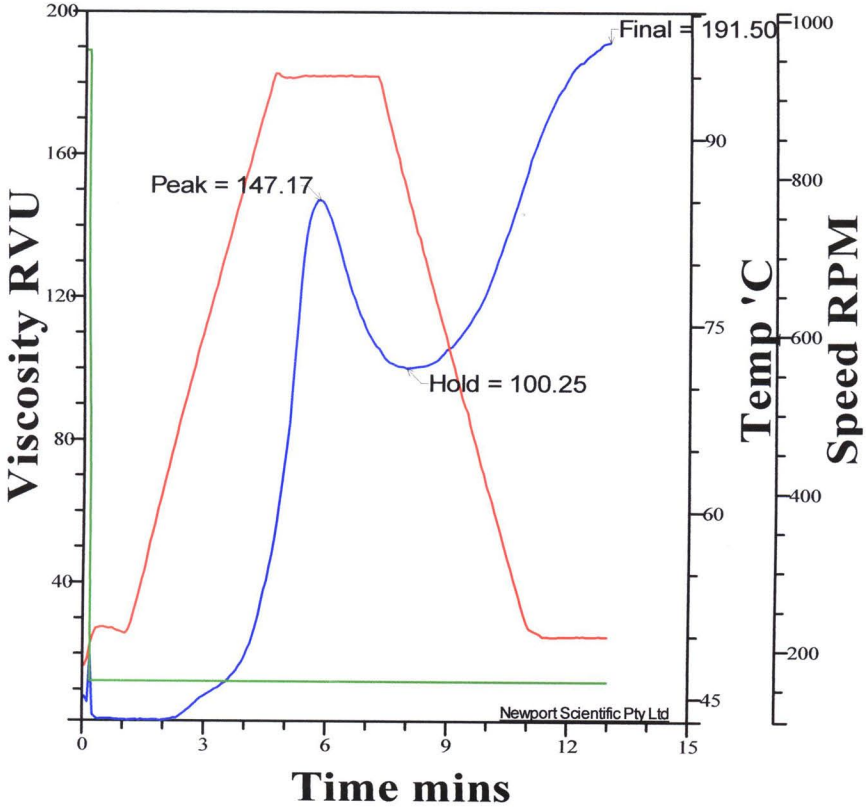
ภาพที่ 30 กราฟแสดงความหนืดของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้กเท่ากับ 70 : 15 :15



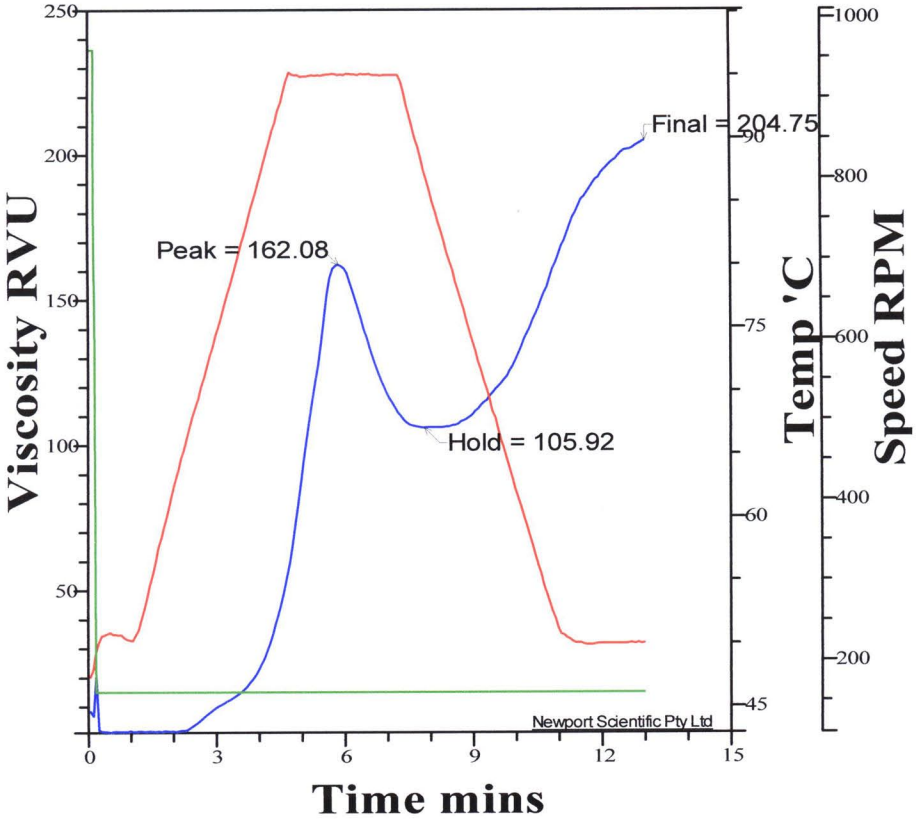
ภาพที่ 31 กราฟแสดงความหนืดของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้กเท่ากับ 60 : 20 :20



ภาพที่ 32 กราฟแสดงความหนืดของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้กเท่ากับ 50 : 25 :25



ภาพที่ 33 กราฟแสดงความหนืดของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้กเท่ากับ 40 : 30 :30



ภาพที่ 34 กราฟแสดงความหนืดของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้กเท่ากับ 50 : 25 :25

ตารางที่ 16 แสดงสภาวะที่ใช้ในการวัดความหนืดของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้ก

การเตรียมตัวอย่าง แป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้ก เท่ากับ 0 : 0 : 100 , 0 : 100 : 0 , 100 : 0 : 0 , 90 : 5 : 5 , 80 : 10 : 10 , 70 : 15 : 15 , 60 : 20 : 20 , 50 : 25 : 25 , 40 : 30 : 30 และ 30 : 35 : 35 เกลือ 7 กรัม และน้ำ 350 กรัม โดยใช้น้ำและเกลือเป็นมาตรฐานตลอดการทดลอง

Time	Type	Value
00.05.07	Temp	100 rpm
00.06.00	Temp	88 C
00.05.73	Temp	79 C
00.05.73	Temp	83 C
00.05.80	Temp	88 C
00.05.73	Temp	82 C
00.05.80	Temp	78 C
00.04.73	Temp	98 C
00.05.87	Temp	86 C
00.05.87	Temp	82 C

ตารางที่ 17 การเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ บนเส้นโค้งความหนืดจากการตรวจสอบความหนืดของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้ก ตามอัตราส่วนดังนี้ 0 : 0 : 100 , 0 : 100 : 0 , 100 : 0 : 0 , 90 : 5 : 5 , 80 : 10 : 10 , 70 : 15 : 15 , 60 : 20 : 20 , 50 : 25 : 25 , 40 : 30 : 30 และ 30 : 35 : 35

อัตราส่วนแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้ก	Peak (CP)	Trough (CP)	Breakdown (CP)	FinalVisc (CP)	Setback	Peak Time (MIN)
100 : 0 : 0	249.67	140.00	109.67	246.42	106.42	5.07
0 : 100 : 0	238.67	133.67	150.00	266.58	132.92	6.00
0 : 0 : 100	129.67	95.67	34.00	183.92	88.25	5.73
90 : 5 : 5	141.08	93.75	47.33	190.00	96.25	5.73
80 : 10 : 10	150.75	97.75	53.00	196.92	99.17	5.80
70 : 15 : 15	129.33	87.42	41.92	173.83	86.42	5.73
60 : 20 : 20	119.92	81.67	38.25	162.92	81.25	5.80
50 : 25 : 25	283.75	157.92	125.83	290.42	132.50	4.73
40 : 30 : 30	147.17	100.25	46.92	191.50	91.25	5.87
30 : 35 : 35	162.08	105.92	56.17	204.75	98.83	5.87

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 16-17 แสดงให้เห็นว่าสภาวะที่ใช้ในการวัดความหนืดของแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้ก ตามอัตราส่วน100 : 0 : 0 Peak Time 5.07 นาที ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่แป้งมีความหนืดสูงสุด (Peak) 249.67 Centi point ทำซ้ำจุดนี้เป็นจุดที่เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลารวมทั้งมีการกวนอย่างต่อเนื่องจะทำให้โครงสร้างภายในเม็ดแป้งแตกออก ทำให้ความหนืดลดลง ซึ่งแสดงเป็นค่า Trough พบว่ามีค่า 140.00 Centi point มีค่า Breakdown มีค่า 109.67 Centi point มีค่า Final Visc 246.42 Centi point และเมื่ออุหภูมิลดลงทำให้เกิดเกิดรีโทรเกรเดชั่น ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งเกิดจากโมเลกุลอะไมโลที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการเรียงตัวกันใหม่ มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียวแสดงออกเป็นค่า Setback 106.42 จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าลักษณะของผลิตภัณฑ์จากแป้งสาลีอเนกประสงค์ : แป้งขนมปัง : แป้งเค้ก ที่จะเกิดเจลหลังการหุงต้มและทำให้เย็น

2.2 สูตรปอเปี๊ยะทอด

นำสูตรที่ผ่านการทดสอบแล้ว จากข้อ 1 ใช้ส่วนผสมหลักที่มีค่าต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ คือ แผ่นปอเปี๊ยะ เนื้อหมูสับ วุ้นเส้น ถั่วงอก เห็ดหูหนู ไข่ไก่ จากนั้นนำมาทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมใช้ผู้ชิม 50 คน โดยการให้คะแนนแบบ 9-Point Hedonic scale scoring test ได้ผลดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงระดับคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่อลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็ง

ลักษณะคุณภาพ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความชอบ
สี	7.33	ชอบปานกลาง
กลิ่น	6.64	ชอบเล็กน้อย
รสชาติ	7.67	ชอบปานกลาง
เนื้อสัมผัส	7.60	ชอบปานกลาง
ความชอบรวม	7.58	ชอบปานกลาง

จากการทดลองสูตรพื้นฐานในสูตรที่ 5 ได้ผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งในด้านสี (7.33 คะแนน) ด้านกลิ่น (6.64 คะแนน) ด้านรสชาติ (7.67 คะแนน) ด้านเนื้อสัมผัส (7.60 คะแนน) และด้านความชอบรวม (7.58 คะแนน)

จากผลการชิมพบว่าคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

ตารางที่ 19 รายละเอียดเกี่ยวกับผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งที่ทำการสำรวจ

	ข้อมูลทั่วไป	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	48	24
	หญิง	152	76
อายุ	16-20 ปี	42	21
	21-25 ปี	157	78.5
	26-30 ปี	1	0.5

จากตารางที่19พบว่าการสำรวจรายละเอียดเกี่ยวกับผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็ง จำนวน 200 คนโดยใช้ผู้ทดสอบชิมเพศชายและเพศหญิงที่มีอายุแตกต่างกันได้ผลดังนี้

เพศชายจำนวน 48 คน คิดเป็นร้อยละ 24 เพศหญิงจำนวน 152 คน คิดเป็นร้อยละ 76 ในด้านอายุ 16-20 ปีจำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 21 อายุ 21-25 ปีจำนวน 157 คน คิดเป็นร้อยละ 78.5 อายุ 26-30 ปีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 0.5 และผู้บริโภคแนะนำว่าอยากได้ปอเปี๊ยะทอดที่มีชิ้นขนาดพอดีคำหรือมีรูปร่างที่เปลี่ยนไปจากเดิม

3. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้าขณะเก็บรักษา

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้าในขณะแช่ตู้เย็น โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 °ซ. ทุก ๆ 1 สัปดาห์นำตัวอย่างมาตรวจสอบ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองดังแสดงตารางที่ 20และ 21

ตารางที่ 20 แสดงลักษณะปรากฏของปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งที่ได้จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ระยะเวลาการเก็บ (ทุก 1 สัปดาห์)	ลักษณะปรากฏที่อุณหภูมิ 7 °ซ.
0	มีลักษณะโดยทั่วไปปกติ
1	มีลักษณะโดยทั่วไปปกติ
2	มีสีขาวนวลเริ่มมีน้ำแข็งเกาะ , กลิ่นปกติ
3	มีสีขาวนวล, กลิ่นปกติ, เกิดการแข็งตัว
4	แข็งตัวมาก , มีลักษณะทั่วไปปกติ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้าในขณะแช่ตู้เย็น โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7°ซ. ทุก ๆ 1 สัปดาห์นำตัวอย่างมาตรวจสอบ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าก่อนเก็บรักษาปอเปี๊ยะมีลักษณะปรากฏโดยทั่วไปปกติ สัปดาห์ที่ 1 มีลักษณะปรากฏโดยทั่วไปปกติไม่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ สัปดาห์ที่ 2 ปอเปี๊ยะมีสีขาวนวลเริ่มมีน้ำแข็งเกาะ , กลิ่นปกติ

สัปดาห์ที่ 3 ปอเปี๊ยะมีสีขาวนวล, กลิ่นปกติ, เกิดการแข็งตัว สัปดาห์ที่ 4 ปอเปี๊ยะแข็งตัวมากลักษณะทั่วไปปกติและจากการเก็บรักษาปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 7°ซ. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

ตารางที่ 21 จุลินทรีย์ทั้งหมดและผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 7°ซ. ตั้งแต่ 0 สัปดาห์จนถึง 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (°ซ.)	ระยะเวลา(สัปดาห์)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)
7	0	ไม่พบ
	1	ไม่พบ
	2	< 100
	3	< 100
	4	< 100

จากการวิเคราะห์จุลินทรีย์จากผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 7°ซ. ตั้งแต่ 0 สัปดาห์จนถึง 4 สัปดาห์พบว่าก่อนเก็บรักษาจนถึงระยะเวลา 1 สัปดาห์ไม่พบจำนวนจุลินทรีย์ สัปดาห์ 2, 3 และสัปดาห์ที่ 4 พบจำนวนจุลินทรีย์< 100 โคโลนี/กรัม

4. ผลการการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็ง

นำผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งมาวิเคราะห์ทางเคมีโดยนำมาหาปริมาณความชื้นเถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการของ A.O.A.C. (1995) และคำนวณคุณค่าทางโภชนาการจากตารางคุณค่าทางโภชนาการกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2540 ผลดังแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่22 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าอาหารทางโภชนาการของปอเปี๊ยะแช่ เยือกแข็ง

องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางอาหาร	ร้อยละ
ความชื้น	34.75
เถ้า	1.24
โปรตีน	0.02
ไขมัน	5.01
เยื่อใย	1.86
คาร์โบไฮเดรต	57.12
พลังงาน	273.65 กิโลแคลอรี่

จากตารางที่ 22 ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ ความชื้นร้อยละ 34.75 เถ้าร้อยละ 1.24 โปรตีนร้อยละ 0.02 ไขมันร้อยละ 5.01 เยื่อใยร้อยละ 1.86 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 57.12 และได้พลังงาน 273.65 กิโลแคลอรี

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสูตรพื้นฐานปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้า โดยใช้สูตรพื้นฐาน 5 สูตร พบว่าผู้ชิมให้การยอมรับสูตร 5 มากที่สุด ($p < 0.05$) ซึ่งมีส่วนประกอบของ เนื้อหมู่สับ ร้อยละ22 วุ้นเส้นร้อยละ11 แครอทร้อยละ 11 กะหล่ำปลีร้อยละ 11 เห็ดหูหนูร้อยละ 11 ไข่ไก่ร้อยละ 16 กระเทียมสับร้อยละ 4 พริกไทยป่นร้อยละ1 เครื่องปรุงรสร้อยละ 4 และน้ำมันพืชร้อยละ 11 การพัฒนาสูตรปอเปี๊ยะทอดในเรื่องแผ่นแป้งปอเปี๊ยะพบว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ต่อแป้งขนมปังต่อแป้งเค้กในอัตราส่วนเท่ากับ100 :0:0 ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุดมีคะแนนการชิม 7.86 แผ่นแป้งที่ได้จะมีลักษณะกลม บาง อ่อนนุ่ม มีฟองอากาศเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วไป เมื่อนำมาวัดค่า RVA พบว่าแป้งมีค่าความหนืดสูงสุด เท่ากับ 249.67 Centi point ส่วนไส้ปอเปี๊ยะได้นำสูตรที่5 มาพัฒนาสูตรให้มีรสชาติที่เข้มข้นขึ้น จากนั้นนำมาทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยการให้คะแนนแบบ 9-Point Hedonic Scale Scoring Test พบว่าผู้ชิมให้การยอมรับในระดับชอบปานกลาง – ชอบมาก จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งแบบช้าในขณะแช่ตู้เย็น โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 °ซ และทดสอบคุณภาพ ทุก ๆ 1 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งมีลักษณะปรากฏที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก สำหรับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปอเปี๊ยะแช่เยือกแข็งพบว่า มีความชื้นร้อยละ 34.75 เถ้าร้อยละ 1.24 โปรตีนร้อยละ 0.02 ไขมันร้อยละ 5.01 เยื่อใยร้อยละ 1.86 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 57.12 และพลังงาน 273.65 กิโลแคลอรี่

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ มั่นภักดี. 2542. **การดัดแปรสตาร์ชในแป้งข้าวเพื่อทำแป้งผสมสำหรับประกอบอาหารทอดแช่เยือกแข็ง**.กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กล้าณรงค์ ศรีราชาและเกื้อกูล ปิยะจอมเจริญ. 2543. **เทคโนโลยีของแป้ง**.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. **วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว**.กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิชจำกัด.

ทนง ภัครัชพันธุ์. 2546. **การใช้ความร้อนในขบวนการแปรรูป**.ม.ป.ท.

ทวีทอง หงส์วิวัฒน์. 2546. **ผักและสุขภาพ**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แสงแดด.

นภาศรี ไวศยะนันท์. 2541. **น้ำมันไขมันและผลิตภัณฑ์**. กรุงเทพฯ : การพิมพ์พระนคร.

นฤดม บุญหลง. 2532. **หลักการวิเคราะห์และการควบคุมคุณภาพอาหาร**.กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.

นิจศิริ เรืองรังษี. 2534. **เครื่องเทศ**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิดดา หงส์วิวัฒน์. 2547. **ผักและสุขภาพ**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แสงแดด.

พลกฤษณ์ วิมุกติพันธุ์. 2547. **การผลิตข้าวผัดแช่เยือกแข็ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มณฑิรา เนตรทิพย์.2549.**ขนมปัง**.กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ (พระนครใต้).

รัชนี ศรีวรรณวิทย์. 2541. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูปแช่เยือกแข็ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เลิศเกียรติ พูลผล. 2542.**การผลิตหอยแมลงภู่ แช่เยือกแข็งแบบลมเย็น และแบบไครโอจินิค**.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรัญญา โชติช่วง. 2546. **การผลิตมันฝรั่งทอดแบบก้อน**.ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิรินทรา บุญสำเร็จ. 2544. **ผลของกระบวนการแช่เยือกแข็ง**.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2535. **ทฤษฎีอาหาร**.กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์บำรุงนุกูลกิจ.

ศรีสมร คงพันธุ์. 2546. **ตำรับภัตตาคาร**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ยูไนเต็ดบุ๊คส์.

สุชาดา ไม้สนธิ์. 2546. **การใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยในผลิตภัณฑ์ขนมอบ**. กรุงเทพ ฯ:

สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สันทนา สุธาดารัตน์. 2539. **อาหารและโภชนาการ1**. กรุงเทพฯ : บริษัทประชาชน.

สุนีย์ ชลนากิจกุล. 2540. **การผลิตโดนมปังแช่เยือกแข็ง**. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภาวรรณ ตรงธรรมกิจ. 2544. **การลดการดูดกลืนน้ำมันในผลิตภัณฑ์ปลาชิ้นรูปแช่เยือกแข็ง** .ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2526. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำปลา**. มอก. 3-2526. กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ: 1.

เสริมพร สาตรพันธุ์. 2545. **อาหาร – ขนม 2**. กรุงเทพฯ : พรานนกการพิมพ์.

แสงแดด , สำนักพิมพ์. 2546. **ติ่มซำ**.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แสงแดด.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. **ข้าวสาลี**. กรุงเทพฯ : สมาคมข้าวสาลีแห่งอเมริกา.

อานนท์ อาจศิริ. 2548. **เอกสารประกอบการสอนกระบวนการแปรรูปอาหาร1**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ (พระนครใต้).

อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล.2544. เอกสารประกบการสอนหลักการประกอบอาหาร. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุบล ดีสวัสดิ์. 2547. **อาหารทำมาค้าขาย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : แม่บ้าน.

ฤทธิชัย อัศวราชันย์. 2546 . **การศึกษาค่าการนำไฟฟ้าและวิธีการละลายด้วยวิธี Ohmic ของซูริมิ แช่เยือกแข็ง**.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กะหล่ำปลี. (ออนไลน์).เข้าถึงเมื่อ: 17 ตุลาคม 2549. จาก www.agric- prod.mju.ac.th/vegetable/veg_image.

ซีอิ๊วขาว.(ออนไลน์).เข้าถึงเมื่อ: 17 ตุลาคม 2549. จาก www.yanwalyun.com/product/thai.html

ต้นหอม. (ออนไลน์).เข้าถึงเมื่อ:17 ตุลาคม 2549. จากwww.tcsiam.com/tcsiam/images/Shallot1.jpg

ถั่วงอก. (ออนไลน์).เข้าถึงเมื่อ: 17 ตุลาคม 2549. จาก http://commhum.mccneb.edu/fstdatabase/californiasummer.

น้ำปลา.(ออนไลน์).เข้าถึงเมื่อ: 17 ตุลาคม 2549. จาก www.tiparos.co.th/products.htm

วุ้นเส้น.(ออนไลน์).เข้าถึงเมื่อ: 17 ตุลาคม 2549. จาก http://sitthinan.co.th/product/pdf/

แครอท.(ออนไลน์).เข้าถึงเมื่อ: 4 มกราคม 2550. จาก http://thaiorganicagri.com /images/product/

Coriander. (Online).Retived:17 October 2006. From www.vegetableseed.net /herb-seeds/coriander.

Egg. (Online). Retived: 04 January 2007.From http://image.3qmix.com/sakid/wp-content/uploads.

Egg. (Online). Retived: 04 January 2007. From www.kidwings.com/eggs/ eggdevelopment/

Garlic. (Online).Retived:17 October 2006. From www.bigoven.com/uploads/garlic

Mushroom. (Online).Retived:17 October 2006. From http://i1.treknature.com/ photos/5207/three-mushroom.

Pepper. (Online).Retived:17 October 2006. From http://z.about.com/d/greekfood /1/0/s/1/black-pepper-2585.

Pork. (Online).Retived:17 October 2006. From http://labs.ansci.uiuc.edu /meatscience/Library.

Price,J.F. and Schweigert.B.S. 1981. **The Science of Meat and Meat Products**. 2 nd edn. W.H. Freeman and Co; San Francisco.

Snowman ,J.W. 1996. Lyophilization, 275 – 299 .In M.S. Verrall ed. **Downstream Processing of Natural Products**. John Wiley & Sons Ltd ; Chichester.

ภาคผนวก

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฤทธิชัย อัศวราชันย์ (2546) ได้ศึกษาค่าการนำไฟฟ้าและวิธีการละลายด้วยวิธี Ohmic ของซูริมิแช่เยือกแข็ง วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของค่าการนำไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง ในช่วงอุณหภูมิ 273.15 ถึง 291.15 องศาเคลวินของตัวอย่างซูริมิที่มีขนาดผลึกน้ำแข็งแตกต่างกัน โดยสร้างอุปกรณ์วัดค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างอาหารแช่เยือกและการสร้างค่าการนำไฟฟ้าอ้างอิงเพื่อใช้ตรวจสอบความแม่นยำสำหรับช่วงอุณหภูมิดังกล่าว ในงานวิจัยนี้พบว่า ตัวอย่างซูริมิแช่เยือกแข็งที่มีขนาดผลึกน้ำแข็งใหญ่ให้ค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำกว่าตัวอย่างซูริมิแช่เยือกแข็งที่มีขนาดผลึกน้ำแข็งเล็ก และการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ ผลการทดลองที่ได้สามารถสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าและอุณหภูมิ ได้ดังนี้ $\sigma = (5.56 \times 10^{44})\exp\left(-\frac{31035}{T}\right)$ และ $\sigma = (1.08 \times 10^{45})\exp\left(-\frac{31549}{T}\right)$ μS /cm สำหรับตัวอย่างซูริมิที่ใช้วิธี การแช่เยือกแข็งแบบเร็ว (ที่มีอัตราการแช่เยือกแข็งประมาณ 3.125 เซนติเมตร ต่อชั่วโมงและตัวอย่างซูริมิเยือกแข็งแบบช้า (อัตราการแช่เยือกแข็งประมาณ 0.02 เซนติเมตร ต่อชั่วโมง) ตามลำดับเมื่อนำสมการแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวมาใช้ในการทำนายอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับการทดลองพบว่า สมการที่สร้างมีความแม่นยำในช่วงอุณหภูมิ 273.15 ถึง 291.15 องศาเคลวิน

พลกฤษณ์ วิมุกติพันธ์ (2547) ได้ศึกษาการตรวจสอบคุณภาพข้าวเพื่อผลิตข้าวผัดแช่เยือกแข็ง ให้ผลของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1, ปทุมธานี 1 และกข 6 เป็นข้าวที่มีรูปร่างเมล็ดยาวเรียว และมีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน เมื่อหาค่าการสลายตัวในเบสปรากฏว่า ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีอุณหภูมิในการเจลาทิไนซ์อยู่ในช่วง 70 – 74 °C ส่วนข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และกข6 มีอุณหภูมิในการเจลาทิไนซ์ต่ำกว่า 65°C ข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีความชื้น 12.57 – 13.76 %, ไขมัน 0.32 – 0.39 % และโปรตีน 7.21 – 8.63 % ส่วนปริมาณอะมิโลสในข้าวพันธุ์ชัยนาท1, ปทุมธานี 1 และกข6 มีค่าเท่ากับ 27 %, 19% และ 4% ตามลำดับ ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ปทุมธานี 1 มีค่าอัตราส่วนข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1: 2.3 และ 1:2.2 ตามลำดับ สำหรับข้าวกข6 เตรียมแช่น้ำ 2 ชั่วโมง จึงนำไปนึ่ง และล้างในน้ำเย็น จากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคเพื่อหาเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมในการผลิตคือ ข้าวผัดน้ำพริกกะปิ เมื่อนำสูตรส่วนผสมที่ได้นี้มาผลิตด้วยวิธีการผัดให้ลักษณะข้าวนุ่ม และมีความสมบูรณ์ของเมล็ดดีกว่าการผลิตด้วยวิธีการหุง และคลุก ลักษณะข้าวผัดแช่เยือกแข็งจากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และปทุมธานี 1 คือ 5% ของน้ำหนักข้าวหุงสุก เนื่องจากให้ลักษณะของข้าวหุงสุกภายหลังการคืนรูปที่ใกล้เคียงกับข้าวหุงสุกที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็ง เปรียบเทียบวิธีแช่เยือกแข็ง 3 แบบ (ตู้แช่เยือกแข็ง, ระบบแผ่นสัมผัส และระบบเย็นยวดยิ่งแบบพ่นไนโตรเจนเหลวอย่างไม่ต่อเนื่อง) กับการแช่เย็น แสดงให้เห็นว่า การแช่เยือกแข็งระบบแผ่นสัมผัสและระบบเย็นยวดยิ่งแบบพ่นไนโตรเจนเหลวอย่างไม่ต่อเนื่อง เป็นวิธีที่

เหมาะสมต่อการผลิตข้าวผัดแช่เยือกแข็ง การคืนรูปวิธีที่ 2 โดยใช้ความร้อนระดับปานกลาง (ระดับ 5) จากเตาอบไมโครเวฟนาน 6 นาที ทำให้ข้าวนุ่ม และมีลักษณะโดยรวมที่ใกล้เคียงกับข้าวผัดใหม่ และมีลักษณะดีกว่าข้าวผัดคืนรูปวิธีที่ 1 ซึ่งใช้ความร้อนระดับสูงสุด (ระดับ 10) นาน 3 นาที เมื่อตรวจสอบคุณภาพข้าวผัดแช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นระยะเวลา 7 วัน พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและ *B. cereus* มากกว่าเกณฑ์ความปลอดภัยต่อผู้บริโภคส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 18 °C เป็นระยะเวลา 21 วัน มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิดอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาข้าวผัดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ 10 °C ประมาณ 3 วัน และที่อุณหภูมิ 0 และ -18 °C สามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 21 วัน

สุนีย์ ชลนากิจกุล (2540) ได้ศึกษาชนิดและปริมาณของสารปรับปรุงคุณภาพ ปริมาณยีสต์ที่ใช้ในการผลิตโดขนมปังแช่เยือกแข็ง ภาวะการเตรียมโดก่อนแช่เยือกแข็ง วิธีการแช่เยือกแข็งและศึกษาอายุการเก็บโดขนมปังแช่เยือกแข็ง จากการทดลองพบว่าชนิดและปริมาณสารปรับปรุงคุณภาพที่เหมาะสมในการทำโดขนมปัง(140±2กรัม) แบบทุ่นเวลา โดยใช้สารปรับปรุงคุณภาพ 2 ชนิดร่วมกัน คืออะโซไดคาร์โบนาไมด์ (ADA) และกรดแอสคอร์บิก (AA) พบว่า ในอัตราส่วน 15:100 และ 15:150 ppm จะมีค่าปริมาตรจำเพาะและคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด ในการผลิตโดขนมปังแช่เยือกแข็งพบว่า อัตราส่วนของ ADA : AA ที่เหมาะสมเท่ากับ 30 : 100 ppm ปริมาณยีสต์แห้งที่ระดับร้อยละ 3 ของน้ำหนักแป้งจะให้ค่าเฉลี่ยปริมาตรจำเพาะ ปริมาณยีสต์ที่เหลือรอด และคะแนนการทดทางด้านประสาทสัมผัสสูงสุด รวมทั้งมีปริมาณสารรีดิวซ์น้อยกว่ายีสต์ที่ระดับอื่น ๆ ศึกษาการเตรียมโดขนมปังก่อนแช่เยือกแข็งที่เหมาะสม โดยศึกษาภาวะปกติซึ่งไม่มีการให้ความร้อนโดและภาวะที่ให้ความร้อนแก่โด ที่อุณหภูมิ 42, 44 และ46 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที พบการเตรียมโดขนมปังเยือกแข็งโดยไม่ให้ความร้อนแก่โดขนมปังจะเป็นวิธีที่ดีที่สุดเนื่องจากค่าปริมาตรจำเพาะและอัตราการรอดชีวิตของยีสต์สูงสุดสำหรับภาวะที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นที่อุณหภูมิลมเย็น -32 °C พบว่า เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์แบบลมเย็น จนอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่จุดกึ่งกลางเป็น -18°C ใช้เวลา 87 นาที และภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ด้วยไนโตรเจนเหลวคือ ที่อุณหภูมิ -60°C ใช้เวลา 20 นาที จาการทดลองเก็บโดขนมปังที่แช่เยือกแข็งแบบลมเย็นและไนโตรเจนเหลว ที่อุณหภูมิ -18°C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า อัตราการรอดชีวิตของยีสต์ลดลงและเวลาที่ใช้ในการพักโดเพิ่มขึ้น ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าแรงดึงต่อความยืดของโดลดลง สำหรับคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมปังจากโดขนมปังแช่เยือกแข็งทั้งสองวิธี พบว่า เมื่อเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์ คะแนนเฉลี่ยในด้านความชอบรวมจะลดลงแต่คุณภาพยังเป็นที่ยอมรับ

เลิศเกียรติ พูลผล (2542) ได้ศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบ และกระบวนการการผลิตหอยแมลงภู่แช่เยือกแข็ง ในขั้นตอนแรกศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น พบว่าหอยแมลงภู่มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นความชื้น 81.88% โปรตีน 9.82% ไขมัน 1.71% เถ้า 2.25% และมีโลหะหนักประเภทตะกั่ว แคดเมียมในปริมาณต่ำ และตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อหอยแมลงภู่สดเท่ากับ 2.1 x 10^3 cfu/g โดยพบ Faecal coliforms เท่ากับ 43 MPN/g ขั้นต่อมาศึกษาหาวิธีการ และเวลาที่เหมาะสมในการลวกหอยแมลงภู่ แปรวิธีการลวกเป็น 2 วิธี คือ ลวกด้วยน้ำเดือด และไอน้ำ และแปรเวลาในการลวกเป็น 2,4,6,8 และ 10 นาที พบว่าเวลาในการลวกที่ 4 นาที เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการแยก เนื้อหอยแมลงภู่ออกจากเปลือก และสมารถทำลายเชื้อ Faecal coliforms ได้หมด จากนั้นศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว โดยแปรอุณหภูมิในการแช่เยือกแข็งเป็น 4 ระดับ คือ -70, -80, -90 และ -100 °C พบว่าใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งจนอุณหภูมิกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เท่ากับ -18 °C คือ 4 นาที, 2 นาที, 30 วินาที, 2 วินาที และ 1 นาที ตามลำดับ โดยหอยแมลงภู่ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -80 °C ได้รับคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด จากนั้นศึกษาหาความเข้มข้น และเวลาที่เหมาะสมในการแช่สารละลาย Sodium Triphosphate (STP) หอยแมลงภู่ โดยแปรความเข้มข้นของ STP เป็น 3 ระดับ คือ 5, 6, และ 7% และแปรเวลาในการแช่เป็น 3 ระดับคือ 30, 60, และ 90 วินาที พบว่า ที่ความเข้มข้น 7% เวลาที่ใช้ใช้ในการแช่ 60 วินาที ให้ค่า %weight gain สูงและให้ค่า %thawing loss ต่ำ รวมทั้งได้รับคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากการแช่ที่ 90 วินาที ขั้นตอนต่อมาศึกษาวิธีการแช่เยือกแข็งแบบ Air Blast และ Cryogenic ร่วมกับ การละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิตู้เย็น และละลายในน้ำที่อุณหภูมิห้องไม่มีผลต่อ %thawing loss และค่า Cutting force แต่พบว่าวิธีการแช่เยือกแข็งมีผลต่อ % Freezing loss โดยการแช่เยือกแข็งแบบ Air Blast จะให้ค่า %Freezing loss สูงกว่า จากนั้นศึกษาวิธีการแช่เยือกแข็ง ร่วมกับ ระยะเวลาในการเก็บรักษา พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า %Thawing loss และปริมาณ TBA เพิ่มขึ้น ส่วนการแช่หอยแมลงภู่ในสารละลาย STP และการเคลือบด้วยน้ำหลังการแช่เยือกแข็ง สามารถลด %thawing loss และปริมาณ TBA ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาได้ และพบว่าวิธีการแช่เยือกแข็ง แบบ Cryogenic ตัวอย่าง จะมีปริมาณ TBA และ %thawing loss ต่ำกว่าวิธีการแช่เยือกแข็งแบบ Air Blast

รัชนี ศรีวรรณวิทย์ (2541) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูปแช่เยือกแข็ง ขั้นแรกสำรวจความต้องการของผู้บริโภค เพื่อหาค้าโครงผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์เป็นข้าวผัดกุ้งใส่ซอสมะเขือเทศใส่ไข่ มีต้นหอมและมะเขือเทศเป็นวัตถุดิบประกอบ จากการคัดเลือกพันธุ์ข้าวตาแห้ง17 เนื่องจากให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะปรากฏและคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีที่สุด ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณค่าทางโภชนาการ ร้อยละ 25 ของคุณค่าโภชนาการที่ควรได้รับใน 1

วัน สูตรที่ได้ประกอบด้วย ข้าว ร้อยละ 59.14 กุ้งกุลาดำ ร้อยละ 9.6 มะเขือเทศ ร้อยละ 7 ต้อนหอม ร้อยละ 3 น้ำมันหอม ร้อยละ 7.28 ไข่ ร้อยละ 7.28 และเครื่องปรุงรสและไข่ จากนั้นนำมาคลุกกับผักที่ผ่านการลวกแล้วคลุกผสมกับวิตามินซีและบี1 นำกุ้งที่ผ่านการทอด 2 นาที เรียงบนข้าวผัด บรรจุในกล่องพลาสติกพีอี ปิดสนิท แช่เยือกแข็งด้วยระบบพ่นลมเย็นจัด และใช้วิธีการเตรียมก่อนการบริโภคคือการใช้ไมโครเวฟที่ระดับความร้อนสูงนาน 3 นาที คุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูปแช่เยือกแข็งหลังผ่านการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตพบว่า ให้พลังงาน 723 กิโลแคลอรี่ โปรตีน 19.2 กรัม วิตามินซี 7.735 มิลลิกรัม วิตามินบี1 0.24 มิลลิกรัม วิตามินเอ 335.47 IU ไขมัน 24.05 กรัม ผลิตภัณฑ์ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ ทดสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์สามารถเก็บที่อุณหภูมิ -18 °C ได้เกินกว่า 2 เดือน จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคมีความชอบต่อผลิตภัณฑ์ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก

ศิรินทรา บุญสำเร็จ (2544) ได้ศึกษาผลการแช่เยือกแข็งกุ้งกุลาดำ (Penaeus monodon) ด้วยวิธีแบบลมพ่นและแบบไครโอจินิค ตลอดจนผลของวิธีการละลายน้ำแข็ง และการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำ (Freeze-thaw cycles) ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีและกายภาพของกุ้งกุลาดำ โดยในวิธีการแช่เยือกแข็งแบบลมพ่นได้แปรความเร็วลมเย็นที่ใช้เป็น 4 ถึง 8 เมตร ต่อวินาที ที่อุณหภูมิ -28± 2°C และวิธีการแช่เยือกแข็งแบบไครโอจินิคได้แปรอุณหภูมิในการแช่เยือกแข็งเป็น -70 ถึง -100°Cคัดเลือกภาวะที่เหมาะสมในแต่ละวิธีการแช่เยือกแข็งโดยพิจารณาจากอัตราเร็วที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง (%FL) และแรงต้านทานการตัดขาดในกุ้งที่ละลายน้ำแข็งแล้ว (CF) ในการศึกษาวิธีละลายน้ำแข็งได้เปรียบเทียบการละลายน้ำแข็งด้วยไมโครเวฟและการละลายที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 5°C) การแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำได้ทำ 4 ครั้ง และติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีและกายภาพ ได้แก่ ค่า Thiobarbituric acid number (TBA) ปริมาณด่างทั้งหมดที่ระเหยได้ (TVB) ค่าความเป็นกรด- ด่าง (pH) ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือ (SSP) ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง (%TL) และค่าต้านทานการตัดขาด พบว่าการแช่เยือกแข็งแบบลมพ่นมีอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งเป็น 6.85-7.42 เซนติเมตร / ชั่วโมง โดยที่ความเร็วลม 6 เมตรต่อวินาที %FL มีค่าน้อยที่สุดและ CF มีค่าแตกต่างกับกุ้งกุลาดำสดอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในขณะที่การแช่เยือกแข็งแบบไครโอจินิคมีอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งเป็น 11.82-21.98 เซนติเมตร / ชั่วโมง ทุกอุณหภูมิที่ใช้ไม่มีผลต่อค่า %FL โดยกุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียสมีค่า CF ไม่แตกต่างกับกุ้งกุลาดำสดอย่างมีนัยสำคัญ($p>0.05$) เมื่อนำกุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งตามภาวะที่คัดเลือกแล้วจากทั้งสองวิธีมาละลายน้ำแข็งพบว่าวิธีการละลายน้ำแข็งไม่มีผลต่อค่า pH SSP และ CF แต่มีผลต่อค่า TBA โดยการละลายน้ำแข็งด้วยไมโครเวฟจะให้ค่า TBA สูงกว่าการละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิตู้เย็นการเพิ่มจำนวน

ครั้งของการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำทำให้ค่า TBA pH และ CF เพิ่มขึ้น แต่ค่า SSP ลดลงผลร่วมของวิธีการละลายน้ำแข็งและการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำมีผลต่อค่า TVB และ %TL โดยการละลายน้ำแข็งด้วยไมโครเวฟจะให้ค่า %TL สูงกว่าการละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิตู้เย็น และเมื่อจำนวนครั้งของการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า TVB และ %TL เพิ่มขึ้น ผลวิเคราะห์ลักษณะเนื้อเยื่อด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและวิธีทาง Histology โดยการส่องกล้องจุลทรรศน์ในกุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีแบบไครโอจินิคตามภาวะที่คัดเลือกแล้ว พบว่ากุ้งที่ผ่านจำนวนครั้งของการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำซ้ำเพิ่มขึ้นมีระยะห่างระหว่าง muscle fiber เพิ่มขึ้น และ muscle fiber bundle เรียงตัวกันอย่างไม่ต่อเนื่องและขาดออกจากกัน ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในกุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป

วรัญญา โชติช่วง (2546) ได้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งที่มีคุณภาพดี เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการลวกชิ้นมันฝรั่ง แปรขนาดรูของ Shredder อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ลวก และเวลาที่ใช้ พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการลวกมันฝรั่งที่ไสด้วย Shredder ขนาด 3.6 และ 6.2 มิลลิเมตร คือ ลวกในน้ำที่มีอุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 2 และ 3 นาทีตามลำดับ ศึกษาผลของขนาดรูของ Shredder อุณหภูมิน้ำมัน และเวลาทอด พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมผลิตภัณฑ์คือ มันฝรั่งที่ไสด้วย Shredder ขนาด 6.2 มิลลิเมตรขึ้นรูปโดยใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์เป็นตัวเชื่อม ทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 190 °C เป็นเวลา 3 นาที แล้วศึกษาผลของเวลาทอดสำหรับ prefrozen potato patties และเวลาทอดสำหรับ frozen potato patties ที่อุณหภูมิ 190 °C พบว่าภาวะที่เหมาะสมคือทอดผลิตภัณฑ์ก่อนแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 1 นาที และทอดหลังการแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 2 นาที โดยปริมาณเกลือที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงรสชาติผลิภัณฑ์ คือ 0.50% ของน้ำหนักมันฝรั่ง แล้วศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งแบบ air blast โดยหาเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งแบบ air blast อุณหภูมิลมเย็นในตู้เย็น -32 °C จนผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิใจกลางเป็น -18 °C พบว่าใช้เวลา 42 นาที ศึกษาภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ด้วย liquid nitrogen แปรอุณหภูมิแช่เยือกแข็ง 4 ระดับ พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งคือ -60°C เป็นเวลา 4 นาที 23 วินาที ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยแปรวิธีแช่เยือกแข็ง 2 วิธีคือ แบบใช้ liquid nitrogen และ air blast แปรวิธีเตรียมผลิตภัณฑ์เพื่อบริโภค โดยการทอดที่ 190 °C และอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 250°C พบว่าวิธีการให้ความร้อนโดยการทอดมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ศึกษาปริมาณ sodium acid pyrophosphate (SAPP) ที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์ ซึ่งพบว่าปริมาณ ที่เหมาะสมคือ 0.075% (โดยน้ำหนัก/ปริมาตร) และศึกษาผลของปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง และระยะเวลาเก็บแช่เยือกแข็ง ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ เคมี ประสาทสัมผัส และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบ

ก้อนที่ได้ โดยบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nyion laminate กับ LLDPE แล้วเก็บแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 °C เป็นเวลา 5 เดือน พบว่าการแช่เยือกแข็งโดยใช้ liquid nitrogen มีผลให้ % weight loss, % thawing loss และ % heating loss ต่ำกว่า และคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ และลักษณะเนื้อสัมผัสสูงกว่า การใช้ air blast การใช้มันฝรั่งที่ลวกในน้ำที่มี SAPP 0.075% (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองสูงกว่าแนวโน้มการลดลงของค่าความสว่าง และการเพิ่มขึ้นของค่า Thiobarbituric acid (TBA) ต่ำกว่า การใช้มันฝรั่งที่ลวกในน้ำที่ไม่มี SAPP เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน ผู้ทดสอบยังให้การยอมรับรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรา น้อยกว่า 300 โคโลนี/กรัม

สุภาวรรณ ตรงธรรมกิจ (2544) ได้ศึกษาผลของพอลิเมอร์ชีวภาพต่อการดูดกลืนน้ำมันในผลิตภัณฑ์ปลาขึ้นรูปแช่เยือกแข็งที่ผลิตจากปลาทรายแดงและซูริมิ ปลาทรายแดงที่ใช้มีค่า ความชื้น 82.74 % โปรตีน 15.66 % ไขมัน 0.66 % เถ้า 0.64 % คาร์โบไฮเดรต 0.30 % total volatile base (TVB) 17.56 mg/100g และโปรตีนละลายในเกลือ 54.06 % ของปริมาณโปรตีนทั้งหมด ซูริมิมีค่า ความชื้น 80.23 % โปรตีน 15.69 % ไขมัน 0.09 % เถ้า 0.84 % คาร์โบไฮเดรต 3.15 % และ gel strength 500 g.cm แป้งชุบทอดที่ใช้ผลิตจาก แป้งสาลีและแป้งข้าวโพด แป้งสาลี มีค่าความชื้น 12.80 % โปรตีน 11.07 % ไขมัน 0.20 % คาร์โบไฮเดรต 75.47 % และเถ้า 0.46 % แป้งข้าวโพดมีค่าความชื้น 10.57 % โปรตีน 0.18 % ไขมัน 0.02 % คาร์โบไฮเดรต 89.09 % และเถ้า 0.14 % ในขั้นต้นได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันปาล์มโอเลอีนระหว่างทอด โดยทอดปลาขึ้นรูปชุบแป้งทอดสูตรควบคุมในน้ำมันที่อุณหภูมิ 170 °C นาน 4 นาที 30 วินาที จำนวนรวมทั้งสิ้น 16 ชิ้น ในเวลา 120 นาที สุ่มตัวอย่างน้ำมันทุก ๆ 30 นาที วัดค่าความหนืดและปริมาณกรดไขมันอิสระ ต่อมาศึกษาผลการเติมพอลิเมอร์ชีวภาพในแป้งชุบทอด โดยแทนที่แป้งด้วย hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) ร้อยละ0.2, 0.4, 0.6 และ0.8 โดยน้ำหนักแป้ง high amylase corn starch ร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักแป้ง ไข่ขาวผงร้อยละ 1.5, 3.0, 4.5 และ 6.0 โดยน้ำหนักแป้ง เลือกปริมาณที่เหมาะสมโดยวัดค่าความหนืดปรากฏว่าของน้ำแป้งดิบ ความชื้นของชั้นแป้งและเนื้อในไขมันของชั้นแป้งและเนื้อในและค่าความแข็ง(hardess) และสี(L, a*, b*)ของชั้นแป้ง และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ใช้พอลิเมอร์ชีวภาพ สุดท้ายเปรียบเทียบประสิทธิภาพของพอลิเมอร์ชีวภาพทั้ง 3 ชนิดผลการประเมินคุณภาพน้ำมัน พบว่า ความหนืดและกรดไขมันอิสระที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลาทอด 120 นาทีไม่มีผลต่อการดูดกลืนน้ำมันของผลิตภัณฑ์ การเพิ่มปริมาณ HPMC ทำให้ความหนืดปรากฏของน้ำแป้งดิบสูงขึ้น ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเพิ่มขึ้นไขมันลดลง ความแข็งของชั้นแป้งลดลง ค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ค่าสีแดงและสีเหลืองลดลง และคุณภาพทางประสาท

สัมผัสด้อยลง ระดับเหมาะสมของ HPMC คือ 0.4 % โดยน้ำหนักแป้ง ซึ่งที่ระดับนี้มีไขมันรวมทั้งชิ้น 14.02 % high amylase corn starch ทำให้ความหนืดปรากฏน้ำแป้งดิบลดลง ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเพิ่มขึ้น ไขมันลดลง ความแข็งของชั้นแป้งลดลง แต่ที่ระดับ 20 % มีค่าเพิ่มขึ้น และคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพิ่มขึ้น ระดับที่เหมาะสมของ high amylase corn starch คือ 10 % โดยน้ำหนักแป้ง ที่ระดับนี้มีไขมันรวมทั้งชิ้น 14.32 % ไข่ขาวทำให้ความหนืดปรากฏน้ำแป้งดิบลดลง ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเพิ่มขึ้น ไขมันลดลง ค่าความสว่างลดลง ค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้อยลง ระดับที่เหมาะสมของไข่ขาวผง คือ 3.0 % โดยน้ำหนักแป้ง ที่ระดับนี้มีไขมันรวมทั้งชิ้น 13.37 % ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของพอลิเมอร์ชีวภาพทั้ง 3 ชนิด พบว่าไข่ขาวผง 3.0 % โดยน้ำหนักแป้ง ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ดีที่สุด และปริมาณไขมันทั้งชิ้นกับราคาต้นทุนต่ำสุด

กมลทิพย์ มั่นภักดี (2542) ได้ศึกษาการดัดแปรสตาร์ชในแป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวทำโดยใช้เอนไซม์แอลฟา-อะมิเลสจาก *Bacillus licheniformis* ความเข้มข้น 77 หน่วยต่อกรัมน้ำหนักแป้งแห้ง ทำปฏิกิริยาในสภาวะที่มีแคลเซียม 200 ส่วนในล้านส่วน pH 6.9 อุณหภูมิ 50°C นาน 6 ชั่วโมง หยุดกิจกรรมโดยปรับpHเป็น 2 นาน 10 นาที แล้วดัดแปรต่อด้วยวิธีพันธะข้ามโดยใช้โซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตร้อยละ 0.5 และ 0.1 สำหรับแป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวเหนียวตามลำดับ ทำปฏิกิริยาที่pH 11 อุณหภูมิ 50 °C นาน 1 ชั่วโมง แล้วปรับpHเป็น 6.5 กรอง ล้าง อบแห้ง นำมาดัดแปรต่อด้วยวิธีพรีเจลาติไนเซชันด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่ความดันไอน้ำ 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 137 °C ความเร็วรอบ 4.6 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.15 มม. นำสตาร์ชดัดแปรมาบดและอบจนมีความชื้นร้อยละ 9 ใช้แป้งข้าวเจ้าผสมกับสตาร์ชดัดแปรในแป้งข้าวเจ้าอัตราส่วน 80:20 และแป้งข้าวเจ้าผสมกับสตาร์ชดัดแปรในแป้งข้าวเหนียวอัตราส่วน 90:10 ในการชุบอาหารทอดแช่เยือกแข็งพบว่าแป้งผสมทั้ง 2 แบบมีคุณสมบัติดังนี้คือ ปริมาณอะมิโลสร้อยละ 34.67 และ 34.84 อุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืด 77.18 และ 76.88 °C ความหนืดสูงสุดขณะร้อน 398.0 และ 416.0 RVU ความหนืดลดลง 134.5 และ 143.0 RVU ตามลำดับ แป้งผสมทั้ง 2 แบบสามารถกระจายตัวได้ดีในน้ำให้ความข้นหนืดได้ทันที ไม่หยด ควบคุมปริมาณการเกาะติดอาหารได้ดีในผลิตภัณฑ์ที่มีสีเกือบน้ำตาลทอง มีการเกาะติดดี การอมน้ำมันปานกลาง มีความกรอบสูง แป้งข้าวเจ้าผสมกับสตาร์ชดัดแปรในแป้งข้าวเหนียวให้ความกรอบแบบกรอบร่วนเปราะซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการ เมื่อแช่เยือกแข็งแล้วนำมาทอดอีกครั้ง แป้งผสมทั้ง 2 แบบมีคะแนนลักษณะรวม (คะแนนเต็ม 100) 74.2 และ 76.5 และมีคะแนนความชอบรวมเป็น 4.0 และ 4.2 ตามลำดับ (5 คะแนนทดสอบ) มากกว่าแป้งข้าวเจ้าที่มีคะแนนลักษณะรวม 50.0 และคะแนนความชอบรวม 2.3 นอกจากนี้พบว่า เมื่อค่าเซตแบค ของแป้งเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย (r= 0.726) เมื่อค่าความหนืดสูงสุด และความหนืดลดลง

ของแป้งมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าการแตกหักทางเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง (r= 0.733 และ -0.813 ตามลำดับ) เมื่อผลิตภัณฑ์มีค่าความเข้มสี ปริมาณน้ำมันและการแตกหักลดลง ผู้ทดสอบพบว่า ผลิตภัณฑ์มีสีอ่อนลง ดูดซับน้ำมันลดลง และมีความกรอบสูง (r= 0.674, 0.523 และ -0.408 ตามลำดับ)