การใช้พลาสมาสุกรในขนมปัง

Utilization of Porcine Plasma in Bread

ณัฐพร รัตนพรรณ์

Natthaporn Rattanapan

Order Key 20266
BIB Key 160749

เลขหมู่ TX558.B4 N63 2542 ฉ. 2
เลขทะเบียน
20 ก.ค. 2542

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Food Technology

Prince of Songkla University

2542

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้พลาสมาสุกรในขนมปัง

ผู้เขียน นายณัฐพร รัตนพรรณ์

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก)

.....ศึกษาต่อต่างประเทศ.....กรรมการ
(อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก)

.....ศึกษาต่อต่างประเทศ.....กรรมการ
(อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรัญ หันพงศ์กิตติกูล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อโนชา ตั้งโพธิธรรม)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ก้าน จันทร์พรหมมา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้พลาสมาสุกรในขนมปัง
ผู้เขียน นายณัฐพร รัตนพรรณ์
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

การใช้พลาสมาสุกรในขนมปังทำได้โดยการนำพลาสมาที่ได้จากกระบวนการแยกเม็ดเลือดแดงจากเลือดสุกร ที่เติมสารละลายกันการตกตะกอนที่ประกอบด้วยสารละลายโซเดียมซิเตรทร้อยละ 0.25 และโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.85 ในอัตราส่วนสารละลาย 1 ส่วนต่อเลือด 1 ส่วน และเหวี่ยงแยกตะกอน มาเสริมโปรตีนในขนมปัง วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของพลาสมาที่สำคัญ ได้แก่คุณสมบัติการเป็นโฟม พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามกระบวนการผลิต การทำพลาสมาให้เข้มข้นที่ 55 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดร้อยละ 10 มีคุณภาพการเป็นโฟมที่ดี ขนมปังที่เติมพลาสมาร้อยละ 1, 2 และ 3 ของน้ำหนักทั้งหมดในสูตร ให้ค่าความฟ่ามและแรงเฉือนไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสูตรควบคุม ($P>0.05$) การเพิ่มปริมาณของพลาสมาทำให้ขนมปังมีสีคล้ำ และมีเนื้อแน่นขึ้น การเติมพลาสมาร้อยละ 2 จะได้ขนมปังเป็นที่ยอมรับของผู้ประเมินและมีระดับโปรตีนในขนมปังเป็นร้อยละ 15.49

ขนมปังที่มีการเติมเกลือเพิ่มขึ้น มีปริมาณความชื้น และปริมาตรโดเพิ่มขึ้น แต่ปริมาตรขนมปังมีค่าลดลง การทดสอบทางประสาทสัมผัส สี และกลิ่นแปลกปลอมมีคะแนนเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความนุ่ม และความชอบรวมมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาที่มีปริมาณเกลือร้อยละ 1.25 ผู้บริโภคมีความชอบในระดับปานกลาง เมื่อนำขนมปังบรรจุถุงพลาสติกโพลีโพรไพลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมี เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าทีบีเอมีค่าเพิ่มขึ้นและการยอมรับลดลง แม้คุณภาพของทุกๆ ลักษณะของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง การเก็บรักษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ที่อุณหภูมิตู้เย็นยังคงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

Thesis Title	Utilization of Porcine Plasma in Bread
Author	Mr. Natthaporn Rattanapan
Major Program	Food Technology
Academic Year	1998

Abstract

Utilization of porcine plasma in bread was carried out by separating red blood cell from the blood which was added an equal volume of 0.85% sodium chloride solution containing 0.25% sodium citrate and centrifuged. The chemical, functional and physical properties of plasma were analyzed. The foaming property was affected by processing condition. Concentration of plasma at 55°C to 10% total soluble solid improved the foaming properties. Bread added concentrated plasma at 1, 2 and 3% of total weight showed that bulk density and shear force were not significantly different from the control ($P>0.05$). Increasing levels of concentrated plasma darkened the crumb color and made the texture firm and close cells. Bread supplemented with 2% of concentrated plasma had acceptable flavor with the protein content of 15.49%.

The high level of sodium chloride increased moisture content and dough volume but slightly decreased bread volume. The sensory evaluation showed that color and odor increased, while softness and overall acceptance decreased when sodium chloride increased. The panelists accepted the porcine plasma supplemented bread with 1.25% sodium chloride in the medium range. When the bread was packed in polypropylene bag, and stored at room and refrigerated temperature, the chemical, physical and sensory quality were affected by temperature significantly. The acceptability decreased as storage time increased. The TBA value and oxidized odor in all treatments increased while the acceptability decreased. Although the acceptability decreased, it was still acceptable after 2 weeks storage at refrigerated temperature.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม กรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำแนะนำในการค้นคว้าวิจัย และการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หันพงศ์กิตติกูล กรรมการผู้แทนคณะอุตสาหกรรมเกษตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโนชา ตั้งโพธิธรรม กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุธา วัฒนสิทธ์ ที่ให้คำแนะนำ และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ ที่เป็นกำลังใจในการศึกษา ขอขอบคุณสถาบันราชภัฏภูเก็ตที่ให้ทุนการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้ความอนุเคราะห์เงินทุนในการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครหาดใหญ่ที่อนุเคราะห์วัตถุดิบ คุณนาตยา รุณแสง คุณกฤษดา ดาวัลย์ คุณกอบพร ประทุมนพรัตน์ และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทผู้ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสตลอดจนเจ้าหน้าที่คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ณัฐพร รัตนพรรณ์

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... (3)

Abstract ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ ..... (5)

สารบาญ ..... (6)

รายการตาราง ..... (7)

รายการภาพประกอบ ..... (8)

บทที่

1. บทนำ 1

บทนำต้นเรื่อง 1

ตรวจเอกสาร 3

วัตถุประสงค์ 17

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ 18

3. ผลและวิจารณ์ 23

4. สรุป 60

เอกสารอ้างอิง 62

ภาคผนวก 70

ประวัติผู้เขียน 93

รายการตาราง

ตารางที่ หน้า

1. องค์ประกอบของพลาสมาสุกร 5
2. ปริมาณโปรตีนในพลาสมาจากสัตว์ 6
3. สูตรขนมปัง 20
4. คุณภาพขนมปังในท้องตลาด 24
5. องค์ประกอบทางเคมีของพลาสมาสด พลาสมาเข้มข้น และพลาสมาผง 26
6. คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของพลาสมาสด พลาสมาเข้มข้น และพลาสมาผง 27
7. ผลจากกระบวนการทำแห้งต่อค่าสีของพลาสมาสด พลาสมาเข้มข้น และพลาสมาผง 28
8. องค์ประกอบทางเคมีของขนมปังที่เติมพลาสมาเข้มข้น 31
9. คุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังที่เติมพลาสมาเข้มข้น 33
10. คะแนนเฉลี่ยของปัจจัยคุณภาพของขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธีทดสอบแบบ QDA 35
11. คุณภาพทางเคมี และกายภาพของขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาที่ทำการปรับปริมาณเกลือในสูตร 37
12. คะแนนเฉลี่ยของปัจจัยคุณภาพของขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่ทำการปรับปริมาณเกลือในสูตร จากการทดสอบประสาทสัมผัสโดยวิธี QDA 40
13. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าคะแนนความชอบรวมของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 47
14. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น 56
15. การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ผลิตขึ้นเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีขายในท้องตลาด 59

รายการภาพประกอบ

ภาพที่ หน้า

1. ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาสุกร 30
2. ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่ปรับเปลี่ยนปริมาณเกลือ 38
3. ข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จ.สงขลา จำนวน 150 คน 41
4. ทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคขนมปังของผู้บริโภค ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จ. สงขลา จำนวน 150 คน 43
5. คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ของผู้บริโภคภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จ.สงขลา 47
6. คุณภาพทางเคมีของขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่เก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น 50
7. การเปลี่ยนแปลงค่าสีของขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่เก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น 52
8. คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น 57
9. ภาพผนวกที่ 1 กราฟมาตรฐานระหว่างค่า ทีบีเอ (มก.มาโลนอัลดีไฮน์ ต่อกก.ตัวอย่าง) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 531 นาโนเมตร 80
10. ภาพผนวกที่ 2 เครื่อง Lloyd instrument testing LR 30K 83

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

สุกรเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย สามารถส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศ และมีความต้องการบริโภคในประเทศสูง ในปี 2537 มีความต้องการบริโภคสุกรภายในประเทศประมาณ 9.16 ล้านตัว และจะเพิ่มเป็น 11.17 ล้านตัว ในปี 2544 โดยมีอัตราการเพิ่มเฉลี่ยร้อยละ 2.87 ต่อปี (เศรษฐกิจการเกษตร, 2538) ขั้นตอนการชำแหละต้องเอาเลือดออกจากตัวสัตว์ให้มากที่สุด เพื่อเป็นการรักษาคุณภาพซาก ทำให้ได้เลือดเป็นผลพลอยได้เป็นจำนวนมาก ร้อยละ 70 ของเลือดประกอบด้วยพลาสมาที่มีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 64 - 70 ของน้ำหนักแห้ง ประกอบด้วยโปรตีนอัลบูมิน โกลบูลิน และไฟบริโนเจนเป็นส่วนสำคัญ อัลบูมินจะเป็นก้อนเมื่อได้รับความร้อน เป็นสารช่วยสร้างความคงตัวที่ดี โกลบูลินทนต่อความร้อนมากที่สุด ให้โฟมที่มีปริมาตรสูง เนื้อละเอียดและให้โครงสร้างแข็งแรง ที่อุณหภูมิ 76 องศาเซลเซียสพลาสมาจะเกิดเจลที่มีโครงสร้างแข็งแรง การแยกพลาสมาสามารถทำได้โดยนำเลือดที่เติมสารกันการตกตะกอนไปเหวี่ยงแยกตะกอน ซึ่งเป็นเม็ดเลือดแดงออก พลาสมาที่ได้สามารถนำไปผสมในอาหารจำพวกขนมอบ เนื่องจากพลาสมามีโปรตีนสูง จึงพบว่าการใช้พลาสมาในขนมปัง ทำให้ได้ขนมปังที่มีปริมาณโปรตีนสูงขึ้น (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2530; Khan, *et al.*, 1979; Howell and Lawrie,1984a 1984b; Faraji and Decker, 1991)

ขนมปังเป็นอาหารคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญของชาวตะวันตก แต่ชาวตะวันออกก็มีการบริโภคเพิ่มขึ้น พบว่าประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีการบริโภคขนมปังเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ต่อปี (ฉันทนา นันทพงษ์, 2522) มีวางขายทั่วไปในท้องตลาดจึงซื้อหามาบริโภคได้ง่าย ราคาไม่แพง เนื่องจากสภาวะปัจจุบันผู้คนต้องทำงานนอกบ้าน ทำให้มีเวลาน้อยในการประกอบอาหารประจำวัน ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกซื้ออาหารพวกขนมปังรับประทานเป็นอาหารเช้าและอาหารว่าง ดังนั้นการใช้พลาสมาเสริมคุณค่าโปรตีนในขนมปัง นอกจากจะเป็นการเพิ่มคุณค่าอาหารแล้ว ยังจะนำไปสู่แนวทางการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าของ

พลาสมาสุกรอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับผู้ประกอบการอีกทางหนึ่งด้วย

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการทดลองใช้พลาสมาสุกรเสริมคุณค่าโปรตีนในขนมปัง แล้วทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ อันจะเป็นการเพิ่มศักยภาพการใช้ประโยชน์ เพิ่มมูลค่าของผลพลอยได้จากการฆ่าสัตว์อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยรักษาสภาวะแวดล้อม

ตรวจเอกสาร

1. เลือดและองค์ประกอบ

ไววิทย์ พุทธารี และคณะ (2523) กล่าวว่าเลือดเป็นของเหลวในร่างกายที่อยู่ภายนอกเซลล์ (extracellular fluid) ซึ่งจะพบอยู่ภายในเส้นเลือด มีความถ่วงจำเพาะ 1.06 - 1.07 ประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่าน้ำเลือด และส่วนที่เป็นเซลล์ ซึ่ง Hirchberg (1957) กล่าวว่าความถ่วงจำเพาะของ เลือด เม็ดเลือดและพลาสมาเท่ากับ 1.05, 1.03 และ 1.09 ตามลำดับ

1.1 น้ำเลือด (blood plasma) หรือพลาสมาเลือด น้ำเลือดเป็นของเหลวเกือบใส มีปริมาตรร้อยละ 55 - 57 ของเลือด ประกอบด้วยสารหลายอย่างคือ

1.1.1 น้ำ ประมาณร้อยละ 90 มีหน้าที่คือ ละลายและแขวนลอยสารต่างๆ ทำให้เกิดการมีประจุ (ionization) และนำความร้อน

1.1.2 สารอิเล็กโตรไลต์ มีประมาณร้อยละ 1 ของน้ำเลือด เช่น โซเดียม แคลเซียม โปแตสเซียม แมกนีเซียมคลอไรด์ ไบคาร์บอเนต ฟอสเฟต โปรตีน และสารอิเล็กโตรไลต์มีหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดความดันออสโมซิส ทำให้เนื้อเยื่อต่างๆ สามารถตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ของระบบบัฟเฟอร์

1.1.3 ในเลือด 100 มิลลิลิตร จะพบสารประกอบพวกไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนประมาณ 33 มิลลิกรัม ยูเรียประมาณ 8 - 25 มิลลิกรัม ครีเอตินีน (creatinine) ประมาณ 0.7 - 1.5 มิลลิกรัม และกรดอะมิโนประมาณ 0.1 - 3.0 มิลลิกรัม

1.1.4 โปรตีน มีประมาณร้อยละ 6 - 8 ของน้ำเลือด มีหน้าที่คือทำให้เลือดมีความหนืด และมีความดันออสโมซิส ช่วยปรับปริมาตรของเลือด รักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย ช่วยให้เลือดแข็งตัวเมื่อเป็นบาดแผล โปรตีนในน้ำเลือดที่พบได้แก่ (ก) อัลบูมิน (albumin) ร้อยละ 6.01 ซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดความดันออสโมซิส (ข) อัลฟาโกลบูลิน (α -globulin) ซึ่งเป็นตัวพาสารพวกบิลิรูบิน (bilirubin) ไขมัน และสเตอรอยด์ในน้ำเลือด (ค) เบตาโกลบูลิน (β-globulin) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของแอนติบอดี และ (จ) ไฟบริโนเจน (fibrinogen) ร้อยละ 0.42 มีหน้าที่เกี่ยวกับการแข็งตัวของเลือด

1.1.5 กลูโคส มีประมาณ 60 - 100 มิลลิกรัมใน 100 มิลลิลิตรของเลือด มีหน้าที่เป็นแหล่งของพลังงานให้แก่เนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย

1.1.6 ไขมัน เลือด 100 มิลลิลิตรพบกรดไขมัน 190 - 420 มิลลิกรัม คอเลสเทอรอล ประมาณ 159 - 280 มิลลิกรัม และไตรกลีเซอไรด์ประมาณ 20 มิลลิกรัม

1.1.7 เอนไซม์ มีหน้าที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ

1.1.8 ก๊าซที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ ที่สำคัญคือคาร์บอนไดออกไซด์ และ ออกซิเจน

1.1.9 วิตามิน เช่น วิตามินเอ วิตามินดี โทโคเฟอรอล ไทอามิน ไรโบฟลาวิน วิตามิน B_6 กรดนิโคทีนิก วิตามิน B_{12} กรดโฟลิก และวิตามินซี

1.2 ส่วนที่เป็นเซลล์และชิ้นส่วน ประกอบด้วยเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และแผ่นเลือด

1.2.1 เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดแดงเป็นเซลล์สร้างจากไขกระดูก แล้วจึงปล่อยเข้าสู่กระแสเลือด มีหน้าที่คือขนส่งออกซิเจนไปยังเยื่อต่างๆ ขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ไปยังปอด ฮีโมโกลบินภายในเม็ดเลือดแดงทำหน้าที่เป็นตัวบัฟเฟอร์ เป็นรงควัตถุที่ใช้ในการหายใจ (respiratory pigment) มีความสามารถรวมตัวกับก๊าซต่างๆ

1.2.2 แผ่นเลือด แผ่นเลือดเป็นส่วนของชิ้นไซโตพลาสซึมของเซลล์ ที่มีขนาดใหญ่ เรียกว่าเมกาคารีโอไซต์ (megakaryocyte) ที่มีเยื่อหุ้มเซลล์ แต่ไม่มีนิวเคลียส ซึ่งสร้างจากไขกระดูก แผ่นเลือดมีจำนวนประมาณ 250,000 - 350,000 ชิ้นต่อเลือดหนึ่งลูกบาศก์เซนติเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 - 4 ไมโครเมตร มีหน้าที่สำคัญในการแข็งตัวของเลือด

Faraji และ Decker (1991) พบว่าพลาสมาสุกรมีโปรตีนร้อยละ 9.1$\pm$0.35 ความชื้นร้อยละ 90.9$\pm$0.04 เถ้าร้อยละ 1.0$\pm$0.05 และเหล็ก 2.0$\pm$0.42 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 กรัม Jobling (1986) กล่าวว่าเลือดสุกรมีโปรตีนร้อยละ 17 - 19 เมื่อเหวี่ยงแยกตะกอนจะได้พลาสมาร้อยละ 60 - 70 ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 8 (อัลบูมิน โกลบูลิน และไฟบริโนเจน) และเม็ดเลือดแดงร้อยละ 30 - 40 ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 36 เป็นฮีโมโกลบินถึงร้อยละ 90 สอดคล้องกับ Howell และ Lawrie (1983) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของพลาสมาสุกร

ชนิดพลาสมา[1]	โปรตีน (Nx6.25)	ความชื้น	เถ้า	โซเดียม	ซิเตรท	ไขมัน
พลาสมาสุกร						
สด	6.80±0.10	91.00±1.00	1.10±0.10	0.50±0.10	0.40±0.20	0.20±0.01
แห้ง	70.00±1.00	8.90±0.40	11.80±0.40	5.10±0.20	4.10±0.10	1.50±0.50
พลาสมาวัว						
แห้ง	70.00±1.00	9.40±0.50	10.30±0.50	5.00±0.10	4.00±0.05	1.50±0.50

ที่มา: Howell และ Lawrie (1983)

หน่วย : ร้อยละโดยน้ำหนัก

[1]ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยมาตรฐานจากการทดลอง 5 ซ้ำ

จากตารางที่ 1 พบว่าพลาสมาสุกรสดประกอบด้วยน้ำร้อยละ 91.00 โดยมีโปรตีนร้อยละ 6.80 โดยน้ำหนัก ปริมาณโปรตีนและไขมันในพลาสมาวัวแห้งมีค่าใกล้เคียงกับพลาสมาสุกรแห้ง ขณะที่ความชื้นในพลาสมาวัวแห้งมีค่าสูงกว่า Jobling (1986) กล่าวว่าเลือดสุกรมีโปรตีนร้อยละ 17 - 19 เมื่อเหวี่ยงแยกตะกอนจะได้พลาสมาร้อยละ 60 -70 มีโปรตีนร้อยละ 8 (อัลบูมิน โกลบูลิน และไฟบริโนเจน) และเม็ดเลือดแดงร้อยละ 30 - 40 มีโปรตีนร้อยละ 36 เป็นฮีโมโกลบินถึงร้อยละ 90 Kelly (1984) พบว่าพลาสมามีโปรตีนองค์ประกอบ 3 ชนิดคือ อัลบูมิน โกลบูลิน และไฟบริโนเจน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณโปรตีนในพลาสมาจากสัตว์

ชนิดสัตว์	ปริมาณโปรตีน (กรัม/ลิตร)	โกลบูลิน แอลฟา (กรัม/ลิตร)	โกลบูลิน เบต้า (กรัม/ลิตร)	โกลบูลิน แกมมา (กรัม/ลิตร)	อัลบูมิน (กรัม/ลิตร)	ไฟบริโนเจน (กรัม/ลิตร)	อัตราส่วน อัลบูมิน/ โกลบูลิน
วัว	71.0	9.0	10.0	21.0	34.0	3.0 - 7.0	1.0
แกะ	70.0	12.0	5.0	14.0	29.0	1.0 - 5.0	0.7
แพะ	71.0	-	-	-	-	1.0 - 4.0	-
สุกร	84.0	17.0	13.0	16.0	35.0	3.0 - 7.0	0.6

ที่มา: ดัดแปลงจาก Kelly (1984)

จากตารางที่ 2 เห็นได้ว่าปริมาณโปรตีนในพลาสมาสุกรมีค่าสูงสุดที่ระดับ 84 กรัมในพลาสมา 1 ลิตร รองลงมาคือพลาสมาของวัวและแพะซึ่งมีค่าเท่ากับ 71 กรัมในพลาสมา 1 ลิตร และพลาสมาแกะมีค่าต่ำสุด ในพลาสมาจะมีโปรตีนองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ อัลบูมิน โกลบูลิน และไฟบริโนเจน ปริมาณไฟบริโนเจนของวัวและสุกรจะเท่ากัน ปริมาณแกมมาโกลบูลินของพลาสมาวัวและสุกรเท่ากับ 21 และ 16 กรัมต่อลิตรตามลำดับ แต่พลาสมาสุกรมีอัตราส่วนระหว่างอัลบูมินและโกลบูลิน ต่ำกว่าพลาสมาของวัวและแพะ

2. กรรมวิธีการแยกพลาสมาจากองค์ประกอบของเลือด

Swenson (1977) กล่าวว่าพลาสมาได้จากการนำเลือด มาเติมสารป้องกันการตกตะกอน และนำเซลล์ที่หนักกว่าแยกออกไปโดยการเหวี่ยงแยกตะกอน Delaney (1977a) นำเลือดสุกรมาเติมสารกันการตกตะกอน แล้วเหวี่ยงแยกตะกอนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำเข้มข้นพลาสมาจากเลือดสุกร และวัวได้ด้วยวิธีกรองผ่านเยื่อกรอง (utrafiltration) และทำแห้งพลาสมาด้วยวิธีพ่นฝอย (spray drying) เช่นเดียวกับ Delaney (1977b) ได้ทำการแยกโปรตีนเข้มข้นจากพลาสมา ซึ่งมีโปรตีนร้อยละ 95 - 98 บนฐานน้ำหนักแห้ง ด้วยการเหวี่ยงแยกตะกอน แยกเม็ดเลือดแดงของสุกรออกไป ซึ่ง Johnson และคณะ (1979) นำเลือดวัวเติมสารกันการตกตะกอนที่ประกอบด้วยโซเดียมซิเตรทร้อยละ 0.25 และโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.85 ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แล้วนำไปแยกเหวี่ยงตะกอนที่ความเร็ว 1,000 xg

แยกพลาสมามาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -28 องศาเซลเซียส Faraji และ Decker (1991) ได้นำเลือดสุกรมาเติมสารละลายที่ประกอบด้วยโซเดียมซิเตรทร้อยละ 0.5 เหวี่ยงแยกตะกอนที่ความเร็ว 900 xg เป็นเวลา 30 นาที เก็บพลาสมาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และนำไปใช้งานภายใน 4 วัน Howell และ Lawrie (1983) นำเลือดมาแยกเม็ดเลือดแดงออก โดยการเหวี่ยงแยกตะกอนที่ความเร็ว 14,000 xg ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และมีการเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.85 (น้ำหนักต่อปริมาตร) พลาสมาที่ได้จะเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส Lee และคณะ (1991) รายงานว่าได้นำเลือดมาเติมสารกันการจับตัวตกตะกอน ซึ่งได้แก่สารผสมระหว่างโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมซิเตรท ลดอุณหภูมิ แล้วนำไปเหวี่ยงแยกตะกอน Raeker และ Johnson (1995b) นำเลือดที่ผ่านการแช่แข็งมาทำละลายที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและเหวี่ยงแยกตะกอนที่ความเร็ว 613 xg เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะได้ส่วนใสซึ่งเป็นส่วนสารละลายและตะกอน หรือส่วนที่เป็นเซลล์เม็ดเลือด Kelly (1984) กล่าวว่าเม็ดเลือดแดงจะมีการเปลี่ยนรูปน้อยมากเมื่อใช้ EDTA เป็นสารป้องกันการแข็งตัว Wang และ Barry (1995) นำเลือดแกะมาเติมสารเฮปารินกันการตกตะกอนแล้วเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยความเร็ว 3,000 xg เพื่อแยกพลาสมา จะได้พลาสมามีสีขาวเหลือง (pale-yellow-color plasma) ในอัตราส่วนของพลาสมาและเซลล์เม็ดเลือดร้อยละ 70 และ 30 ตามลำดับ Tyber และคณะ (1973) ทำการทดลองโดยนำเลือดวัวเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.85 และโซเดียมซิเตรทร้อยละ 0.5 นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการแยกภายใน 24 ชั่วโมง ต่อมา Donnelly และ Delaney (1977) พบว่าการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นเจล (gel filtration) สามารถแยกองค์ประกอบของพลาสมาสุกรได้เป็น 3 ส่วน ส่วนแรกคือแอลฟาโกลบูลิน ส่วนที่สองคือแกมมา แอลฟา และเบตาโกลบูลิน ส่วนที่สามได้แก่อัลบูมิน แอลฟา และเบตาโกลบูลิน

3. การประยุกต์ใช้พลาสมาในอาหาร

หลายประเทศมีการบริโภคเลือดจากสัตว์ในหลายรูปแบบ นำมาผ่านความร้อนจนเป็นก้อนเติมเป็นส่วนผสมในอาหารประจำวัน เลือดที่แห้งแล้วนั้นเป็นวัสดุที่มีโปรตีนสูง จึงนำไปผสมในอาหารสัตว์ อาหารปลาก็นิยมใช้เลือดเป็นส่วนประกอบ (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529) Khan และคณะ (1979) กล่าวว่า เลือดเป็นของเสียที่เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ มีมากกว่า 2 ล้านปอนด์ต่อปี ร้อยละ 95 ได้นำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ทำผลิตภัณฑ์พุดดิ้งเลือด

ไส้กรอกเลือด Tyber และคณะ(1973) รายงานว่าพลาสมาเป็นแหล่งสำคัญของกรดอะมิโนไลซีน ลิวซีน และ ซีสตีน แต่จะมีเมทไธโอนีนต่ำ ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency ratio : PER) ของพลาสมาโปรตีนเท่ากับ 2.15 ขณะที่เคซีน มีค่า 2.50 ต่อมา Hazarika และ Biro (1993) ใช้พลาสมา เลือด และโปรตีนที่แยกจากพลาสมามาเป็นวัตถุดิบและเป็นส่วนผสมของไส้กรอก พบว่ามีปริมาณโปรตีนสูงขึ้นกว่าสูตรควบคุม

มีการศึกษาหน้าที่ของพลาสมาโปรตีนในอาหาร การละลาย การเป็นอิมัลชัน การเกิดโฟมในขนมอบ เนื้อ และผลิตภัณฑ์นม พบว่าการละลายของพลาสมาโปรตีนไม่ขึ้นกับ pH และมีการละลายได้มากกว่าร้อยละ 93 (Tyber, *et al.*,1973) Crenwelge และคณะ (1974) รายงานว่าการเป็นสารช่วยให้คงตัวของพลาสมาโปรตีน ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโปรตีน และพบว่าที่ความเข้มข้นโปรตีน 1 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรของสารละลายเป็นสารช่วยให้คงตัวได้ดีที่สุด ทำให้เกิดความคงตัวได้ดี เช่นเดียวกับไข่ขาว บุญยืน สาริกะภูติ (2522) กล่าวว่า อัลบูมินมีคุณสมบัติละลายในน้ำ จับตัวได้โดยความร้อน ตกตะกอนได้โดยเติมแอมโมเนียมซัลเฟตลงไปให้อิ่มตัว โอวาลบูมิน แลกตาลบูมิน ไมโอเจนจากกล้ามเนื้อ และอัลบูมินจากซีรั่มเป็นโปรตีนที่ละลายในน้ำและสารละลายเกลือเจือจาง ส่วนโกลบูลินไม่ละลายน้ำ ละลายเล็กน้อยในสารละลายเกลือเจือจาง ละลายได้ดีในสารละลายของกรดและด่าง ตกตะกอนและรวมตัวเป็นก้อนได้ด้วยสารละลายที่ทำให้อิ่มตัวด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต โกลบูลินเป็นส่วนประกอบสำคัญของโปรตีนในพืช และสัตว์ ต่อมา Raeker และ Johnson (1995b) พบว่าแกมมาโกลบูลินจะทนต่อความร้อนมากที่สุด ส่วนไฟบริโนเจนทนต่อความร้อนน้อยที่สุด พลาสมาจะมีโฟมที่เหมือนกับไข่ขาวแต่ความคงตัวต่ำกว่า โดยที่โกลบูลินเป็นโปรตีนที่มีคุณสมบัติเป็นโฟมที่ดีที่สุด

4. ผลิตภัณฑ์ขนมปัง

4.1 ส่วนประกอบและหน้าที่ในผลิตภัณฑ์ขนมปัง

ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ประกอบด้วยส่วนผสมหลักที่สำคัญคือ แป้งสาลี ยีสต์ น้ำ และเกลือ ส่วนผสมแต่ละอย่างจะทำหน้าที่เฉพาะในขนมปัง

4.1.1 แป้งสาลี

แป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิดที่อยู่ร่วมกันในสัดส่วนที่เหมาะสมคือ กลูเตนิน และไกลอะดิน (glutenin and gliadin) เมื่อผสมแป้งกับน้ำจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งเรียกว่ากลูเต็น (gluten) มีลักษณะเป็นยางเหนียวยืดหยุ่นได้ กลูเต็นนี้เป็นตัวเก็บก๊าซเอาไว้ทำให้เกิดโครงร่างผลิตภัณฑ์ และเป็นโครงร่างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อน

4.1.2 น้ำ

น้ำที่ใช้ในการทำขนมอบอาจเป็นน้ำทั่วๆ ไป หรือเป็นน้ำที่อยู่ในนม หรือน้ำผลไม้ก็ได้ มีหน้าที่รวมตัวกับแป้งให้เกิดเป็นกลูเต็น ช่วยควบคุมความหนืดและอุณหภูมิของโด ละลายส่วนผสมต่างๆ ให้เป็นเนื้อเดียวกัน ช่วยให้เอนไซม์ทำงานได้ดี ได้ผลิตภัณฑ์ที่เก็บได้นานขึ้น ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในโดจะมีผลอย่างยิ่งต่อโครงสร้างของขนมปัง น้ำจะทำให้เนื้อขนมปัง (crumb) อ่อนนุ่ม มีขนาดและรูปร่างของเซลล์ปิด โดที่แน่น จะทำให้เนื้อขนมปังมีขนาดและรูปร่างของเซลล์ปิดแน่น มีเปลือกนอก (crust) แข็งและมีขนาดเล็ก

4.1.3 เกลือ

เกลือที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ หมายถึงโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นเกลือปนที่ใช้ประกอบอาหาร มีหน้าที่ช่วยให้การหมักคงตัว โดยการควบคุมการทำงานของยีสต์ให้ช้าลง เพื่อให้มีโครงร่างดี ขึ้นฟูสม่ำเสมอ ให้กลิ่นรสแก่ขนมปัง เพิ่มความแข็งแรงและคงทนแก่โด และทำให้โดไม่แฉะ

4.1.4 ยีสต์

ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ขยายพันธุ์โดยการแตกหน่อ อาหารที่จำเป็นคือน้ำตาล ยีสต์สามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแอลกอฮอล์ได้ในกระบวนหมัก ยีสต์ที่ใช้ในกระบวนการหมักมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Saccharomyces cerevisiae* ยีสต์จะเริ่มเจริญเพิ่มจำนวนมากขึ้น โดยเจริญดีที่สุดที่อุณหภูมิ 21 - 35 องศาเซลเซียส ขณะเจริญเติบโตยีสต์จะผลิตเอนไซม์มาย่อยคาร์โบไฮเดรต จนได้คาร์บอนไดออกไซด์ และแอลกอฮอล์ เอนไซม์ที่ผลิตออกมามี 3 กลุ่มคือเอนไซม์อินเวอร์เทส (invertase) ซึ่งเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสที่มีอยู่ในส่วนผสมให้เป็นน้ำตาลอินเวอร์ท (invert sugar) ส่วนเอนไซม์มอลเทส (maltase) ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลมอลโตส (maltose) ให้เป็นน้ำตาลกลูโคส (glucose) และเอนไซม์ไซเมส (zymase) ซึ่งทำปฏิกิริยาโดยตรงกับน้ำตาลอินเวอร์ท และกลูโคส นอกจากนี้

ส่วนประกอบอื่น เช่น ไขมันที่ช่วยให้ขนมปังมีความนุ่ม มีรสชาติดี ช่วยให้กลูเต็นมีความแน่น และหล่อลื่นให้มีการยืดหยุ่นของกลูเต็นดีขึ้น ทำให้ขนมปังมีปริมาตรดี ส่วนน้ำตาล นม อาหารยีสต์ และสารเสริมคุณภาพ อาจเติมเข้าไปกับส่วนผสมหลักเพื่อให้เกิดคุณลักษณะบางประการของขนมปัง ที่ส่วนผสมหลักไม่สามารถทำให้เกิดลักษณะนั้นได้

4.2 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการอบของผลิตภัณฑ์ขนมปัง

อรอนงค์ นัยวิกุล (2532ก); จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล (2523) กล่าวว่า ระหว่างการอบอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) ที่ผิวขนมปัง ซึ่งเกี่ยวข้องกับน้ำตาลและโปรตีน การเปลี่ยนแปลงของแข็งไปเป็นเดกซ์ตริน (dextrin) จะสร้างกลิ่นและรสชาติขนมปัง แรกๆ ที่อุณหภูมิ 50 - 60 องศาเซลเซียส ยีสต์และแบคทีเรียจะถูกทำลาย แป้งจะเป็นเจลาตินไนซ์ โปรตีนจะตกตะกอน เอนไซม์จะไม่ทำงาน ต่อมาเมื่อไอน้ำมีอุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส ทำให้ขนมปังมีรูพรุน การขึ้นฟูด้วยไอน้ำเกิดจากการที่น้ำในส่วนผสมขยายตัวขึ้นเมื่อได้รับความร้อน ปริมาตรของขนมที่ขึ้นฟูด้วยไอน้ำนั้น ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของแป้งกับน้ำที่มีอยู่ในส่วนผสมนั้น ที่ผิวนอกขนมปังอาจมีอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 111 - 150 องศาเซลเซียสจะมีสีน้ำตาลของเดกซ์ตริน ถ้าต้องการสีน้ำตาลเข้มต้องอบที่อุณหภูมิ 150 - 200 องศาเซลเซียส รสชาติขนมปังจะขึ้นกับองค์ประกอบของโดรวมถึงขั้นตอนการหมัก และการอบ ส่วนสำคัญของโดคือน้ำตาลและเกลือ เกลือจะช่วยให้เกิดโด น้ำตาลจะเป็นอาหารของยีสต์ ปกติยีสต์จะไม่ทำงานที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส และจะตายไปที่อุณหภูมิประมาณ 54 องศาเซลเซียส เม็ดแป้งที่มีอยู่ในกลูเต็นเกิดเป็นเจลที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และมีการเปลี่ยนเป็นน้ำตาลโดยเอนไซม์อะไมเลส ซึ่งทำงานต่อไปจนกระทั่งถึงอุณหภูมิประมาณ 69 - 75 องศาเซลเซียส กลูเต็นจะรวมตัวกันที่อุณหภูมิ 73 องศาเซลเซียสเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เปลือกนอกของโดก็จะแห้งแข็งเป็นสีน้ำตาล และมันเป็นเงา เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างภายนอกแข็ง และภายในโปร่งเบา อ่อนนุ่ม

4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพขนมปัง

คุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมปังมีความสำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมปังมีหลายประการดังนี้

4.3.1 ส่วนผสม

ส่วนผสมในสูตรขนมปัง ซึ่งหมายถึงสัดส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมในสูตร เช่นการใช้ยีสต์น้อยเกินไป ใช้เกลือมากเกินไป ปริมาณน้ำตาลในแป้งน้อยเกินไป จะส่งผลให้ได้ ขนมปังมีปริมาตรน้อยกว่าที่ควร

4.3.2 การใช้วัตถุดิบที่ไม่ถูกต้องหรือไม่มีคุณภาพ

วัตถุดิบที่ไม่มีคุณภาพได้แก่ การใช้ยีสต์ที่เสื่อมคุณภาพ ความเป็นกรด - ด่าง ไม่เหมาะสม แป้งที่มีปริมาณโปรตีนต่ำเกินไป การใช้น้ำอ่อน หรือน้ำกระด้าง ทำให้ได้โดที่ไม่มีคุณภาพ อ่อนหรือแข็งเกินไป ส่งผลให้ขนมปังที่ได้ไม่มีคุณภาพ

4.3.3 กรรมวิธีในการผลิต

ก. การผสมวัตถุดิบ ต้องผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อให้ยีสต์ได้รับออกซิเจน เป็นการเพิ่มออกซิเจนให้กับแป้งและเพื่อให้เกิดกลูเต็น ทั้งนี้เพราะในขณะผสมจะทำให้โปรตีนในแป้งรวมตัวกับน้ำ เกิดเป็นกลูเต็นในส่วนผสมอย่างสม่ำเสมอ และทำให้ก้อนแป้งมีความยืดหยุ่นพอเหมาะ

ข. เวลาที่ใช้ในการผสม เวลาที่เหมาะสมในการผสมสามารถหาได้จากการวัดโดยเครื่องมิกโซกราฟ (Mixograph) หรือฟาริโนกราฟ (Farinograph) โดยเป็นเวลาที่จุดซึ่งโดมีความยืดหยุ่นสูงสุด ขณะผสมส่วนผสมจะมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปเป็น 6 ระยะ คือ ระยะแรกแป้งจะเริ่มดูดซึมของเหลว และรวมกันเป็นก้อนโดที่หยาบไม่สม่ำเสมอ ต่อมาระยะที่สองส่วนผสมของโดจะเริ่มจับตัวกันมากขึ้น ต่อไปโดจะเริ่มมีความยืดหยุ่นมากขึ้นผิวเรียบเนียนขึ้น แต่พบว่าโดจะขาดง่ายเป็นระยะที่สาม ระยะที่สี่เป็นช่วงที่โดมีความยืดหยุ่นดี สามารถดึงได้เป็นฟิล์มบาง แสงส่องผ่านได้ มีเนื้อเนียนเป็นมัน เป็นลักษณะที่เหมาะสม หากนวดต่อไปจะทำให้โครงร่างของโดเริ่มอ่อนแอขาดง่าย และแฉะยิ่งขึ้น

ค. การหมัก เมื่อสภาวะเหมาะสมในการเจริญเติบโต ยีสต์จะเริ่มทำให้เกิดการหมักได้ทั้งสภาพมีและไม่มีอากาศ โดจะพองตัวจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรดแลกติกจากการหมักทำให้ความเป็นกรด - ด่างของโดลดลง นอกจากนี้ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงต้องสมดุลระหว่างปริมาณก๊าซที่เกิด และความสามารถของโดในการเก็บกักก๊าซ และกลิ่นรส

ง. การไล่อากาศและการพักโด ในขณะหมักโด เซลล์อากาศจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ส่วนการนวด และการคลึงโดทำให้เซลล์อากาศเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ เป็นการกระจายยีสต์ให้ทั่วถึงกัน และเพิ่มอากาศใหม่เข้ามาทำให้การทำงานของยีสต์ดีขึ้น การพักโด เพื่อที่จะให้โดมีปริมาตรเพิ่มขึ้นหลังจากไล่อากาศออกไปแล้ว

จ. การอบ โดยปัจจัยที่สำคัญคือการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และเวลาให้เหมาะสม ซึ่งอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบขึ้นอยู่กับ

- ขนาดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ ถ้าขนาดใหญ่ต้องใช้อุณภูมิต่ำและเวลานาน ขนาดเล็กต้องใช้อุณหภูมิสูงและเวลาอบสั้นลง

- ปริมาณน้ำตาล หากมีน้ำตาลในสูตรสูง ต้องใช้อุณหภูมิต่ำในการอบเพื่อป้องกันการไหม้ของเปลือกนอก

- ความชื้นสัมพัทธ์ ขนมปังที่ต้องการเปลือกนอกที่แข็ง กรอบ เป็นมันเงาต้องใช้ความชื้นสัมพัทธ์สูงๆ อาจต้องมีการฉีดไอน้ำเข้าไปในเตาอบแต่ถ้ามากเกินไปจะทำให้เปลือกขนมปังเหนียว

ฉ. การทำให้เย็นและการบรรจุ ขนมปังที่ออกจากเตาอบจะมีอุณหภูมิภายในประมาณ 98 องศาเซลเซียส เปลือกนอกมีอุณหภูมิประมาณ 150 องศาเซลเซียส เมื่อเอาออกจากเตาอบแล้วรีบเอาออกจากถาด ต้องรีบทำให้เย็นจนมีอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส มิฉะนั้นเมื่อบรรจุถุงจะทำให้เกิดหยดน้ำในถุง และส่งผลให้เสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย แต่การลดอุณหภูมิต่ำเกินไปทำให้ขนมปังกรอบ และแข็งกระด้างมากขึ้น (อรอนงค์ นัยวิกุล และจิตธนา แจ่มเมฆ, 2523)

4.4 ความสำคัญของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปัง

เพลินใจ ตังคณะกุลและคณะ (2537) อ้างถึง Wichaidit และคณะ (1993) กล่าวว่าในประเทศไทยทุพโภชนาการในเด็กวัยเรียน ยังคงเป็นปัญหาสาธารณสุขของประเทศ การขาดโปรตีนและพลังงาน พบในเด็กทั้งที่อยู่ในชนบทและเขตเมือง เมื่อสำรวจสภาวะโภชนาการของเด็กอายุ 4 - 12 ปีจำนวน 1,665 คนในกรุงเทพมหานครเมื่อต้นปี 2537 พบว่าทุพโภชนาการเกี่ยวกับการขาดโปรตีน และพลังงานมีประมาณร้อยละ 10 - 12 และจากการติดตามเฝ้าระวังสภาวะโภชนาการ ของนักเรียนประถมศึกษาของโรงเรียนทดลอง ในเขตอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม พบว่ามีปัญหาการขาดโปรตีนและพลังงานในจำนวนที่สูง

กว่าเด็กนักเรียนในกรุงเทพมหานคร (ร้อยละ 6.8 - 14.0) เมื่อใช้น้ำหนักต่ออายุเป็นเกณฑ์ เนตรนภิส วัฒนสุชาติ และคณะ (2538) กล่าวว่าในปัจจุบันประเทศที่กำลังพัฒนากำลังเผชิญกับการขาดแคลนแหล่งอาหารโปรตีน เพราะเนื้อสัตว์มีราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นการหาแหล่งโปรตีนอื่นมาทดแทนจึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่ง เพลินใจ ตังคณะกุล และคณะ (2538) กล่าวว่าผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทขนมปังเป็นอาหารที่คนไทยนิยมบริโภคกันมากไม่จำกัดว่าเป็นอาหารมื้อใดมื้อหนึ่ง ขนมปังใช้แป้งสาลีเป็นส่วนผสมหลัก จึงประกอบด้วยสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ ถึงร้อยละ 74 โดยน้ำหนัก โปรตีน และไขมันเพียงร้อยละ 11 และ 0.9 ตามลำดับ (กรมอนามัย, 2530) ซึ่งหากมีการปรับปรุงอาหารที่ประชาชนนิยมบริโภคให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้นก็น่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการที่จะลดปัญหาดังกล่าวได้

5. การประยุกต์ใช้พลาสมาในผลิตภัณฑ์ขนมปัง

ขนมปังเป็นอาหารบริโภคทั่วไปที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ จึงเหมาะที่จะเพิ่มคุณค่าโปรตีน ระหว่างสงครามโลกครั้งที่สองมีการใช้เลือดร้อยละ 10 ในขนมปัง (Droste, 1915; Kobert,1915) แต่รสชาติไม่เป็นที่ยอมรับ เก็บรักษายาก และมีปริมาตรลดลง (Bates,*et al.*, 1974) Tyber และคณะ (1975) รายงานว่าการขจัดสีออก ได้พลาสมามีสีขาวครีม เป็นผงละลายได้ง่าย ทำให้การยอมรับขนมปังเพิ่มขึ้นและสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนได้ร้อยละ 62 พลาสมามีอัลบูมินร้อยละ 50 - 60 ที่เมื่อได้รับความร้อนจะสร้างโพรงอากาศ และเป็นโครงสร้างได้ดี Giese (1994) กล่าวว่าหน้าที่ของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ขนมอบคือการเกิดเจล (gelation) ช่วยจับยึดน้ำ (water holding) เพิ่มความเหนียว (adhesion,cohesion) เกิดอิมัลชัน (emulsification) เป็นโฟมขึ้นฟู (foaming, whipping) สร้างโครงร่างที่ดี และเพิ่มคุณค่าอาหาร สอดคล้องกับ He และ Hoseney (1992) ได้ศึกษาอิทธิพลของปริมาณโปรตีนในแป้งข้าวสาลีต่อปริมาตรของขนมปังพบว่า ที่ระดับโปรตีนสูงกว่า จะขยายตัวเร็วกว่า มากกว่าและเพิ่มปริมาตรของขนมปัง Brooks และ Ratcliff (1959); Tyber และคณะ (1971) ; Khan และคณะ (1979) และ Lee และคณะ (1991) รายงานว่าขนมปังที่ทำด้วยพลาสมาโปรตีนที่ระดับร้อยละ 2 - 6 มีปริมาตรเพิ่มขึ้นมากกว่าขนมปังที่ทำด้วยแป้งสาลีล้วนๆ การเพิ่มระดับของพลาสมาโปรตีน จะทำให้ผิวขนมปังมีสีเข้ม เนื้อหยาบและมีรูพรุน ส่วน Khan และคณะ (1979) ได้ใช้พลาสมาโปรตีนไอโซเลต (โปรตีนร้อยละ 96 บนฐานน้ำหนักแห้ง) ทดแทนแป้ง (โปรตีน

ร้อยละ 14.3 บนฐานน้ำหนักแห้ง) ที่ระดับร้อยละ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ในขนมปัง ปกติขนมปังจะมีโปรตีนร้อยละ 8 - 9 พบว่าขนมปังที่มีพลาสมาโปรตีนไอโซเลต (plasma protein isolate) ร้อยละ 2 จะมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 15 ขึ้นไป ซึ่ง ชัยณรงค์ คันธพนิต (2529) กล่าวว่า US Food and Nutrition Board ได้แนะนำให้คนวัยหนุ่มสาวได้รับโปรตีนประมาณ 56 กรัมต่อวัน ดังนั้นจำนวนเพียงเล็กน้อยของพลาสมาจะเพิ่มคุณค่าทางอาหารในขนมปังอย่างมีนัยสำคัญ

6. การประยุกต์ใช้พลาสมาในเค้ก

Brooks และ Ratcliff (1959) ใช้พลาสมาโปรตีน ร้อยละ 30 แทนไข่ในยูโรเปี้ยนเค้ก จะให้คุณสมบัติเค้กที่ดี แต่ปริมาตรเค้กลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มระดับของพลาสมาโปรตีน เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เป็นที่น่าพอใจ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมทำจากไข่สด คุณสมบัติของเค้กที่ทำจากพลาสมา พบว่าใช้เวลาในการผสมน้อย ผสมน้ำได้มากกว่าไข่ขาวเมื่อเทียบส่วนที่เท่ากัน มีการใช้เลซิทิน ร้อยละ 1 ในพลาสมาผงเพื่อทดแทนปริมาณที่ได้จากไข่สด Lee และคณะ (1993) สามารถใช้พลาสมาผงแทนไข่ขาวได้ในอัตราส่วนที่ระดับร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยไม่ลดปริมาตร เค้กจะนุ่ม มีความชื้น เหนียว และหวานกว่าชุดควบคุม เค้กที่ใช้พลาสมาโปรตีนในอัตรา 1.1 ส่วนแทนโปรตีนจากไข่ขาว 1 ส่วน จะให้คุณภาพใกล้เคียงกัน คุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของ angel food cake ที่เติมพลาสมาร้อยละ 25 แทนไข่ขาว จะได้รับการยอมรับทั้งกลิ่น สีและรสชาติ การใช้พลาสมาแทนไข่ขาวทั้งหมดในเค้ก ให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านสมมาตร (symmetry) การหดตัว สีและคุณสมบัติของเนื้อเค้ก พลาสมาโปรตีนสามารถใช้แทนไข่ในเค้กที่ระดับร้อยละ 50 และ Raeker และ Johnson (1995a) รายงานว่าเค้กจากโกลบูลินจะให้ปริมาตรที่สูงที่สุด เนื้อละเอียด และมีโครงสร้างที่ดี โอวอลบูมินให้โครงสร้างและปริมาตรเค้กคล้ายกับไข่ขาว แต่เนื้อหยาบ โอโวมิวคอยด์ไม่ให้โครงสร้างที่แข็งแรงระหว่างการอบ โคนอลบูมิน และไลโซไซม์ให้ปริมาตรเค้กไม่ดี มีเนื้อหยาบ ไฟบริโนเจนให้ปริมาตรเค้กต่ำสุด อัลบูมินให้เค้กคุณสมบัติต่ำกว่าเค้กที่ทำจากพลาสมา แกมมาโกลบูลินให้เค้กที่ดี แอลฟาโกลบูลินให้เค้กที่มีปริมาตรสูงแต่เนื้อหยาบ การแยกเอาไฟบริโนเจนออกจากพลาสมาจะเพิ่มปริมาตร และให้โครงสร้างเค้กที่ดี

7. การเก็บรักษาและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมปัง

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาซึ่งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้แก่ สภาวะในการเก็บรักษา ซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะลดต่ำลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น การเสื่อมเสียคุณภาพของขนมปังจนผู้บริโภคไม่ยอมรับคือ การเน่าเสียจากจุลินทรีย์และการแห้งแข็ง สาเหตุการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ เนื่องจากขนมปังมีลักษณะที่เชื้อราและแบคทีเรียเจริญได้ดี หากยิ่งมีการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อม และบรรยากาศมีความชื้นสูง การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์จะมีมากยิ่งขึ้น ส่วนการแห้งเกิดขึ้นเนื่องจากการสูญเสียความชื้นภายในก้อนขนมปัง มีผลโดยตรงต่อการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งทั่วไปจะเก็บรักษาขนมปังไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ขนมปังแห้ง ดังนั้นภาชนะที่ใช้ต้องป้องกันการสูญเสียความชื้นที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วของขนมปัง วัสดุที่ใช้ต้องมีไอน้ำซึมผ่านอย่างเหมาะสม จิตธนา แจ่มเมฆ และคณะ (2540) กล่าวว่าหลังจากหั่นเสร็จและทิ้งให้เย็น จากนั้นจัดลงในถุงโพลีเอทีลีนหรือกระดาษเคลือบไข โพลีเอทิลีน (polyethylene, PE) เป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุด เนื่องจากมีชนิด และคุณภาพหลายระดับ โดยมีคุณสมบัติโดยรวมโปร่งแสง นิ่ม ยืดหยุ่นและมีความเหนียว ไม่มีกลิ่นรส ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ต่ำ ป้องกันไอน้ำ และฝ้าได้ดี ส่วนโพลีโพรไพลีน (polypropylene, PP) เป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างคล้ายกับโพลีเอทิลีนมาก ทำให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน โดยป้องกันการซึมผ่านของความชื้น ก๊าซ และกลิ่นได้ดีกว่า นอกจากนั้นยังมีความต้านทานไขมันได้ดี โคโพลีเมอร์ของวัสดุทั้งสองชนิดจะใช้งานได้ดียิ่งขึ้น จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล (2523) กล่าวว่าเมื่อวางขนมปังในบรรยากาศจะเกิดการสูญเสียความชื้นหรือได้รับความชื้นจากบรรยากาศ จนกระทั่งสมดุล สิ่งที่มีอิทธิพลคือความชื้นในบรรยากาศหรือความชื้นสัมพัทธ์ ขนมปังที่อยู่ในลักษณะดีจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 30 ขนมปังจะสูญเสียความชื้นไปได้มากหากในบรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าร้อยละ 70 และขณะที่ทำการอบแป้งจะเกิดเจลาตินไนซ์ คุณสมบัติของเจลจะไม่เปลี่ยนหากนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส หากเก็บขนมปังที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้เจลจะแข็งขึ้น เมื่อแข็งขึ้นจะมีการขับน้ำออกจากเซลล์ และขบวนการนี้จะรวดเร็วยิ่งขึ้นหากอุณหภูมิต่ำกว่า 55 องศาเซลเซียสมากๆ Puhr and D'appolonia (1992) พบว่าค่า A_w (water activity) ของขนมปังอยู่ระหว่าง 0.99 - 0.98 และปริมาณความชื้นจะมีค่าลดลงตลอดเวลาการเก็บรักษา สายใจ จริยาเอกภาส (2536) ได้ศึกษาการเก็บรักษาแคบหมูปรุงรสในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรไพลีนที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์เก็บที่

อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นและค่าทีบีเอ (Thiobarbituric acid : TBA) การยอมรับผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการยอมรับสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง ส่วนการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ได้แก่ แบคทีเรีย ราและยีสต์ ซึ่งทำให้ขนมปังเน่าเสีย แบคทีเรียจะเจริญในอาหารที่มีความชื้นสูง กล่าวคือเจริญได้ดีในอาหารที่มีค่า A_w ตั้งแต่ 0.91 ขึ้นไป ส่วนพวกราและยีสต์เจริญได้ดีในอาหารที่มี A_w ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป ราที่พบได้แก่ราที่มีกระจุกใยรา (mycelium) สีขาวและมีสปอร์สีดำ ซึ่งเป็นชนิด *Rhizopus nigricans* และชนิดที่มีสปอร์สีเขียวหรือสีฟ้า ซึ่งเป็นราชนิด *Penicillium expansum* หรือ *Penicillium stoloniferum* สำหรับแบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่จะเป็น *Bacillus subtillis* ซึ่งจะทำให้โปรตีน และสตาร์ชเกิดการย่อยสลายทำให้ขนมปังมีกลิ่นเหม็นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เป็นเมือกลื่น และมีกลิ่นเหม็นรุนแรง ปริมาณความชื้นที่พอเพียงต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อธิบายในรูปของ A_w โดยจุลินทรีย์ต่างๆ ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์และรามีความต้องการที่จำเพาะต่อค่า A_w ต่างกัน ซึ่งวราวุฒิ ครูส่ง (2538) กล่าวว่าปกติอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเร็วกว่ายีสต์หรือรา ดังนั้นในกรณีอาหารที่มีค่า A_w สูงจึงเกิดการเสื่อมเสียได้ง่ายเนื่องจากแบคทีเรีย แต่เมื่ออาหารถูกควบคุมให้มีค่า A_w ลดลง สาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารชนิดนั้นจะเกิดจากเชื้อรา (ปราณี วราสวัสดิ์, 2534) โดยที่จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล (2523) กล่าวว่าการเสื่อมเสียที่มีสาเหตุจากวัตถุดิบมีน้อยมาก เนื่องจากวัตถุดิบต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอน นอกจากนี้ในขั้นตอนสุดท้ายยังต้องผ่านเตาอบซึ่งมีอุณหภูมิสูง ซึ่งไม่มีเชื้อราใดๆ สามารถทนทานได้ และเชื้อราได้ตายหมดแล้ว ส่วนแบคทีเรียจะทำให้เกิดการเน่าเสียที่เรียกว่าโรบ (Rope) คือภายในเนื้อขนมปังมีลักษณะเหนียว สีจะเปลี่ยนไปจากเดิม และมีกลิ่นเหม็น ซึ่งการเน่าเสียแบบดังกล่าวพบน้อย สามารถป้องกันได้โดยเพิ่มความเป็นกรดในโด และใช้เวลาในการอบขนมปังให้นานขึ้น นอกจากนี้ยังต้องรักษาความสะอาดเครื่องมือและสุขลักษณะของผู้ผลิต รวมถึงภายในโรงงานด้วย

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการนำผลพลอยได้จากการฆ่าสัตว์มาใช้ในกระบวนการผลิตขนมปัง

2. ทำการพัฒนาสูตรขนมปังเสริมโปรตีน โดยมีพลาสมาจากเลือดสุกรเป็นส่วนประกอบให้เป็นที่ยอมรับแก่ผู้บริโภคทั่วไป

3. ศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ตลอดจนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ได้

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุ

1. เลือดสุกรจากโรงฆ่าสัตว์ของเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
2. สารเคมีที่ใช้กันการตกตะกอนของเลือดได้แก่โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมซิเตรท
3. วัตถุดิบในการทำขนมปังได้แก่ แป้งสาลี นมผง เกลือ น้ำตาล น้ำ และชอทเทนนิ่งจากตลาดในเทศบาลนครหาดใหญ่
4. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมีได้แก่ปริมาณเถ้า โปรตีน ไขมัน และค่าทีบีเอ
5. อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์ได้แก่ ยีสต์และรา และจุลินทรีย์ทั้งหมด
6. ถุงพลาสติกซนิดโพลีโพรไพลีนขนาด 20.1 x 34.8 เซนติเมตร หนา 0.038 มิลลิเมตร

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าสี JUKI รุ่น JP 7100F
2. เครื่องเหวี่ยงแยกตะกอน DUPONT รุ่น RC 5B plus
3. เครื่องวัดค่า Water activity (A_w) Novasina รุ่น TH 200
4. เสปกโตรโฟโตมิเตอร์ SHIMADZU รุ่น UV-1601
5. เครื่องอบแห้งสูญญากาศ (vacuum dryer)
6. เครื่องระเหย (rotary evaporatory) EYELA รุ่น N-N
7. ชุดเครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เกลือ และค่าทีบีเอ
9. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำขนมปัง
10. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส
11. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์

วิธีการ

1. การวิเคราะห์คุณภาพของขนมปังที่มีอยู่ในท้องตลาด

ประเมินคุณภาพขนมปังที่มีวางขายในท้องตลาด จำนวน 3 ยี่ห้อ สุ่มตัวอย่างเดือนละครั้งจำนวน 3 ครั้ง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน และเกลือโดยวิธี AOAC (1990) ตามวิธีการในภาคผนวก ก. วัดค่า A_w ด้วยเครื่องวัดค่า Water activity วัดค่าสีโดยเครื่องวัดสี Juki วิเคราะห์ค่าความฟ่าม (bulk density) ด้วยวิธีแทนที่เมล็ดงา (เพลินใจ ตังคณะกุล และคณะ, 2538) และวัดค่าแรงเฉือน (shear force) โดย Lloyd instrument testing ตามรูปและวิธีการในภาคผนวก ข.

2. การเตรียมพลาสมาจากเลือดสุกร

2.1 นำเลือดจากสุกรผสมด้วยสารละลายกันการตกตะกอน ประกอบด้วยสารละลายโซเดียมซิเตรทร้อยละ 0.25 และโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.85 ในอัตราส่วนสารละลาย 1 ส่วนต่อเลือด 1 ส่วน (Johnson, *et al.*,1979) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป

2.2 การแยกพลาสมาโดยเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกตะกอน ด้วยความเร็ว 10,000 xg ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (Faraji and Decker,1991) แล้วนำไปเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลอง

2.3 วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid) เถ้า ปริมาณโปรตีน ไขมัน และเกลือโดยวิธี AOAC (1990) วัดค่าสีโดยเครื่องวัดสี Juki และวิเคราะห์การเป็นโฟม (Tyber, *et al.*, 1973) ตามวิธีการในภาคผนวก ข.

3. การนำพลาสมามาใช้ในขนมปัง

3.1 ศึกษาผลของการทำแห้งพลาสมาต่อขนมปัง ประกอบด้วย

- พลาสมาสด (fresh plasma, FP)

- พลาสมาเข้มข้น (concentrated plasma, CP) โดยทำให้พลาสมาเข้มข้นด้วยเครื่องระเหยที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสจนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) ร้อยละ 10 เมื่อวัดด้วย Hand refractometer

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

- พลาสมาผง (powder plasma, PP) โดยทำแห้งในระบบสูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

3.1.1 นำพลาสมาทั้ง 3 ชนิดมาทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็ง และปริมาณเกลือ โดยวิธี AOAC (1990) วัดค่าสีโดยเครื่องวัดสี Juki และวิเคราะห์ความสามารถในการละลาย (ดัดแปลงจาก Suzuki and Shimizu,1982)

3.1.2 เติมพลาสมาที่ได้ในสูตรขนมปัง (ตารางที่3) ให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดของพลาสมาในปริมาณร้อยละ 1, 2 และ 3 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

ตารางที่ 3 สูตรขนมปัง

ส่วนผสม	ร้อยละโดยน้ำหนัก
แป้งขนมปัง	100.00
น้ำตาล	5.00
เกลือ	1.75
น้ำ	59.00
นมผง	4.00
ชอทเทนนิ่ง	5.00
ยีสต์	1.00

ที่มา. จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล (2523)

3.1.3 นำขนมปังมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และเกลือ โดยวิธี AOAC (1990) วัดค่าA_w ด้วยเครื่องวัดค่า Water activity วิเคราะห์ปริมาตรของโดด้วยกระบอกวัดปริมาตร วิเคราะห์ค่าความฟ่ามของขนมปังด้วยวิธีแทนที่เมล็ดงา (เพลินใจ ตังคณะกุล และคณะ (2538)) และวัดค่าแรงเฉือน โดย Lloyd instrument testing

3.1.4 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมปัง ด้วยวิธีทดสอบแบบพรรณาคุณลักษณะเชิงปริมาณ (quantitative descriptive analysis : QDA) ในปัจจัยคุณภาพสี ความสม่ำเสมอของรูพรุน เนื้อสัมผัส กลิ่นแปลกปลอม ความรู้สึกหลังการชิม ใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกในห้องปฏิบัติการ 10 คน วางแผนการทดลองแบบ Factorial มี 4 สิ่งทดลอง

เปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน แต่ละสิ่งทดลองทำ 2 ซ้ำ

3.2 พัฒนาสูตรขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมา

3.2.1 ใช้ปริมาณพลาสมาที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3.1

3.2.2 ศึกษาอัตราส่วนของพลาสมาต่อปริมาณเกลือ โดยส่วนผสมอื่นเป็นไปตามสูตรพื้นฐาน

3.2.3 นำขนมปังมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีทดสอบแบบ QDA ในปัจจัยคุณภาพสี ความสม่ำเสมอของรูพรุน เนื้อสัมผัส รสเค็ม และกลิ่นแปลกปลอม ใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกในห้องปฏิบัติการ 10 คน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.4 นำขนมปังวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และเกลือ โดยวิธี AOAC (1990) วัดค่าA_w ด้วยเครื่องวัด Water activity วิเคราะห์ปริมาตรของโดโดยกระบอกวัดปริมาตร ค่าความฟ่ามของขนมปังด้วยวิธีแทนที่เมล็ดงา (เพลินใจ ตังคณะกุล และคณะ (2538))

4. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมา

นำขนมปังสูตรที่พัฒนาแล้วจากข้อ 3 และได้รับการยอมรับจากผู้ประเมินในห้องปฏิบัติการ มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 150 คน โดยสอบถามพฤติกรรมการบริโภค และความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาในปัจจัยคุณภาพต่างๆ ได้แก่ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม โดยวิธีให้คะแนนความชอบ (hedonic scale) 5 ระดับคะแนน (คะแนน 1 = ชอบน้อยที่สุด 5 = ชอบมากที่สุด)

5. ประเมินคุณภาพการเก็บรักษาขนมปังที่เสริมโปรตีนจากพลาสมา

5.1 นำขนมปังที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3 มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (31 - 33 องศาเซลเซียส) และ ที่อุณหภูมิตู้เย็น (10 องศาเซลเซียส) โดยบรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรไพลีน

5.2 สุ่มตัวอย่างทุก 2 วัน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธี AOAC(1990) วัดค่าทีบีเอ โดยวิธี Salih และคณะ (1987) วัดค่าสีโดยเครื่องวัดสี วัดค่าA_w และตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาจนขนมปังที่อุณหภูมิห้องเสื่อมคุณภาพ และ 2 สัปดาห์ที่อุณหภูมิตู้เย็น

ก. ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total viable count) โดยวิธี Pour plate (AOAC,1990)

ข. ยีสต์และรา โดยวิธี Spread plate (AOAC, 1990)

ค. ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีทดสอบแบบ QDA ในปัจจัยคุณภาพสี ความสม่ำเสมอของรูพรุน เนื้อสัมผัส กลิ่นแปลกปลอม และวิธีให้คะแนนความชอบ ในปัจจัยการยอมรับรวม 9 ระดับคะแนน (โดยคะแนน 1 = ชอบน้อยที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกในห้องปฏิบัติการ 10 คน โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

1. การประเมินคุณภาพขนมปังที่วางขายอยู่ในท้องตลาด

ทำการประเมินคุณภาพขนมปังที่วางขายอยู่ในตลาดเทศบาลนครหาดใหญ่ จำนวน 3 ยี่ห้อ ได้แก่เลิศเบเกอรี่ ยินดีเบเกอรี่ และรอแยลเบเกอรี่ให้ผลดังตารางที่ 4

1.1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพขนมปังที่วางขายอยู่ในท้องตลาด

จากการวิเคราะห์พบว่าขนมปังทั้ง 3 ยี่ห้อประกอบด้วย เลิศเบเกอรี่ ยินดีเบเกอรี่ และรอแยลเบเกอรี่ มีความชื้นร้อยละ 35.93, 32.68 และ 42.86 ตามลำดับ โดยขนมปังยี่ห้อรอแยลเบเกอรี่มีความชื้นสูงกว่าขนมปังยี่ห้ออื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าขนมปังยี่ห้ออื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ค่า A_w ของขนมปังทุกยี่ห้อไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ขนมปังยี่ห้อรอแยลเบเกอรี่มีปริมาณเถ้าสูงกว่ายี่ห้ออื่น แต่ไม่แตกต่างกันกับยี่ห้อเลิศเบเกอรี่ ($P>0.05$) เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน และมีมาตรฐานการผลิตที่ใกล้เคียงกัน และพบว่าปริมาณโปรตีนของขนมปังยี่ห้อรอแยลเบเกอรี่สูงกว่าขนมปังยี่ห้ออื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังจากท้องตลาด

การวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องมือ Lloyd instrument testing และวัดค่าแรงเฉือนตามวิธีการในภาคผนวกที่ 1 โดยการตัดเนื้อขนมปังให้ขาดออกจากกันด้วยเครื่องมือที่ไม่มีความคม ผลที่ได้แสดงถึงความนุ่มของเนื้อขนมปัง ดังตารางที่ 2 เห็นได้ว่าความฟ่ามของขนมปังยี่ห้อรอแยลเบเกอรี่มีค่าต่ำกว่าอีก 2 ยี่ห้ออย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือขนมปังยี่ห้อรอแยลเบเกอรี่จะให้ขนมปังที่มีปริมาตรสูงกว่าอีกสองยี่ห้อ ส่วนแรงเฉือนของขนมปังทั้ง 3 ยี่ห้อให้ค่าที่ไม่ต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แสดงว่าขนมปังทั้ง 3 ยี่ห้อให้คุณสมบัติด้านความนุ่มไม่แตกต่างกัน

ค่าสีของเนื้อขนมปัง (crumb color) เมื่อวัดค่าในรูปของค่า L a และ b ค่า L เป็นค่าของความสว่าง เริ่มจากสีขาวที่มีค่าเท่ากับ 100 ไปเป็นสีดำที่มีค่า L เป็น 0 ถ้าค่า L เพิ่มขึ้นแสดงว่าค่าความสว่างมากขึ้น ในทางกลับกัน ถ้าค่า L ลดลงแสดงว่าตัวอย่างมีสีคล้ำขึ้น ค่า a เป็นค่าของสีแดง (ค่า a เป็นบวก) และสีเขียว (ค่า a เป็นลบ)

ค่า b เป็นค่าของสีเหลือง(ค่า b เป็นบวก) และสีน้ำเงิน (ค่า b เป็นลบ) พบว่าขนมปังจากห้องตลาดทั้ง 3 ยี่ห้อให้ค่า L และ b ไม่ต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนค่า a ของขนมปังยี่ห้อยินดีเบเกอรี่มีค่าต่ำกว่าของเลิศเบเกอรี่ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับยี่ห้อรอแยลเบเกอรี่ กล่าวได้ว่าขนมปังทั้ง 3 ยี่ห้อมีคุณภาพด้านกายภาพใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4 คุณภาพของขนมปังในห้องตลาด

ปัจจัยคุณภาพ[1]	ยี่ห้อ		
	เลิศเบเกอรี่	ยินดีเบเกอรี่	รอแยลเบเกอรี่
ความชื้น (ร้อยละ)	35.93±0.12^{b}	32.68±0.06^{c}	42.86±0.05^{a}
โปรตีน (ร้อยละ)*	11.96±0.22^{b}	12.13±00.17^{b}	13.56±0.15^{a}
ไขมัน (ร้อยละ)*[2]	7.58±0.12^{a}	7.23±0.28^{a}	4.76±0.23^{b}
เถ้า (ร้อยละ)*	1.98±0.12^{ab}	1.84±0.43^{b}	2.46±0.41^{a}
A_w	0.95±0.01^{a}	0.96±0.02^{a}	0.98±0.01^{a}
ความฟาม (ลบ.ซม/กรัม)	0.17±0.04^{a}	0.14±0.10^{a}	0.15±0.07^{b}
แรงเฉือน (นิวตัน)	6.51±0.70^{a}	8.08±1.37^{a}	7.07±1.13^{a}
ค่าสี			
L	69.24±1.68^{a}	68.20±4.26^{a}	66.82±2.09^{a}
a	- 0.49±0.11^{a}	- 0.31±0.05^{b}	- 0.38±0.05^{ab}
b	3.72±0.13^{a}	4.39±0.58^{a}	3.62±0.55^{a}

หมายเหตุ อักษร a, b, c ที่ต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[1]ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

[2]Acid hydrolysis method (AOAC, 1990)

* ฐานน้ำหนักแห้ง

2. คุณสมบัติทางเคมี กายภาพและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของพลาสมา

2.1 คุณสมบัติทางเคมีของพลาสมา

โปรตีน ไขมัน เถ้า เกลือ และของแข็งทั้งหมดของ PP มีค่าสูงกว่า FP และ CP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เป็นผลมาจากการระเหยน้ำออกจากพลาสมา (ตารางที่ 5) FP เป็นพลาสมาที่ได้หลังจากการแยกเม็ดเลือดแดงออกจากเลือดด้วยกระบวนการเหวี่ยงแยกตะกอน เมื่อนำ FP ไประเหยแห้งในสูญญากาศ จนกระทั่งได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 10 จะได้ CP มีปริมาณโปรตีนเท่ากับร้อยละ 5.86 และปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่าเท่ากับ 94.89 กรัมต่อลิตรซึ่งสูงกว่า FP (โปรตีนเท่ากับร้อยละ 2.79 และปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 45.80 กรัมต่อลิตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วน PP ได้แก่ FP ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งในสูญญากาศ (vacuum dryer) แล้วนำไปบดและผ่านตะแกรงร่อน (60 mesh) จากตารางที่ 3 พบว่า PP มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และเกลือ เท่ากับร้อยละ 61.62, 1.50, 22.23, 16.54 ตามลำดับ มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 906.45 กรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าทั้ง FP และ CP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่ระเหยน้ำออกไปจาก FP และ CP จนกระทั่งอัตราส่วนขององค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ที่อยู่ในพลาสมามีอัตราส่วนสูงขึ้น ส่วนปริมาณความชื้นจะลดลงตามระยะเวลา และกระบวนการทำแห้ง พบว่า FP CP และ PP มีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 95.28, 91.60 และ 9.51 ตามลำดับ

Jobling (1986) รายงานว่าเลือดสุกรประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 17 - 19 เมื่อเข้าสู่กระบวนการแยกเม็ดเลือดออกจะได้พลาสมาร้อยละ 60 - 70 พลาสมามีโปรตีนร้อยละ 8 PP มีโปรตีนร้อยละ 61.62 เถ้าร้อยละ 22.23 เช่นเดียวกับ Johnson และคณะ (1979) พบว่า PP มีโปรตีนร้อยละ 60 และเถ้าร้อยละ 25

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของพลาสมาสด พลาสมาเข้มข้นและพลาสมาผง

องค์ประกอบ[1]	ชนิดของพลาสมา		
	สด(FP)[2]	เข้มข้น(CP)[2]	ผง(PP)[3]
ความชื้น (ร้อยละ)	95.28±0.06[a]	91.60±0.06[b]	9.51±0.23[c]
โปรตีน (ร้อยละ)	2.79±0.07[c]	5.86±0.14[b]	61.62±3.42[a]
ไขมัน (ร้อยละ)	0.16±0.04[b]	0.10±0.31[b]	1.48±0.11[a]
เถ้า (ร้อยละ)	1.45±0.05[b]	1.86±0.01[b]	22.23±0.22[a]
เกลือ (ร้อยละ)	0.89±0.02[b]	1.44±0.01[b]	16.54±0.19[a]
ของแข็งทั้งหมด (กรัม/ลิตร)	45.80±0.07[c]	94.89±0.84[b]	906.45±0.15[a]

หมายเหตุ อักษร a, b, c ที่ต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1]ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

[2]Acid hydrolysis method (AOAC, 1990)

[3]Direct extraction method (AOAC, 1990)

2.2 คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของพลาสมา

FP มีค่าการขยายตัวของโฟม (foam expansion) เท่ากับ 39.25 ซึ่งต่ำกว่า CP ที่มีค่าการขยายตัวของโฟมเท่ากับ 63.33 ($P<0.05$) (ตารางที่ 6) และค่าความจุโฟม (foam capacity) ของ FP มีค่าเท่ากับ 2.18 ต่ำกว่า CP ที่มีค่าเท่ากับ 6.88 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของโปรตีนของ CP สูงกว่า FP เมื่อใช้ปริมาตรของเหลวเริ่มต้นที่เท่ากัน ทำให้มีการขยายตัว และมีค่าความจุโฟม มากกว่า ส่วนค่าความคงตัวของโฟม (foam stability) ระหว่าง FP และ CP ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับ PP จะไม่สามารถสังเกตคุณสมบัติการเป็นโฟมได้เนื่องจาก PP มีการละลายได้ต่ำมาก เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติของโปรตีน พบว่าทั้ง CP และ FP เป็นของเหลว มีสีเหลืองใส ละลายน้ำได้ดี ขณะที่ PP มีสีขาวครีมและละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของพลาสมามีประสิทธิภาพลดลงตาม

ระยะเวลาในการทำแห้ง PP ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยอบแห้งในสุญญากาศที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสจนแห้ง แล้วนำไปบด จะได้โปรตีนที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติ และละลายได้น้อยลง ไพรัตน์ โสภโณดร (2539) กล่าวว่าในระบบการผลิตอาหาร จำเป็นต้องรักษาความคงตัวของฟองของโปรตีนไว้ให้ได้ เมื่อถูกความร้อนหรือเมื่อผสมกับอาหารชนิดอื่น การเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติของโปรตีน เนื่องจากความร้อนทำให้การละลายลดลงและมีผลต่อการดูดซับน้ำ สอดคล้องกับ Raeker และ Johnson (1995a) รายงานว่าคุณสมบัติที่สำคัญของพลาสมาในขนมปังคือ การเป็นโฟม การเป็นสารช่วยการคงตัว และการจับตัวเป็นก้อนซึ่งเป็นโครงร่างของขนมปังด้วย เมื่อเพิ่มความเข้มข้นโปรตีนจะมีการขยายตัวของโฟม และความจุโฟมจะเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 6 คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของพลาสมาสด พลาสมาเข้มข้น และพลาสมาผง

คุณสมบัติ[1]		ชนิดของพลาสมา		
		สด(FP)	เข้มข้น(CP)	ผง(PP)
การเป็นโฟม				
	การขยายตัว	39.25±2.22[b]	63.33±4.04[a]	nd
	ความจุโฟม	2.18±0.09[b]	6.88±1.17[a]	nd
ความคงตัว	30 min	23.25±5.82[a]	20.00±2.65[a]	nd
	60 min	17.50±6.95[a]	9.33±2.08[a]	nd
	90 min	14.25±4.11[a]	6.67±1.53[a]	nd
	120 min	12.13±4.59[a]	5.00±2.00[a]	nd
การละลาย[2]		+	+	++++

หมายเหตุ อักษร a, b ที่ต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1] ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

[2] + = ละลายได้ดี +++++ = ไม่ละลาย nd = มีค่าน้อยมาก

2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของพลาสมาที่ผ่านกระบวนการทำเข้มข้น และทำแห้ง

ผลจากกระบวนการทำแห้ง ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของพลาสมา จาก ตารางที่ 7 พบว่าค่า L ของ FP CP และ PP มีค่าเท่ากับ 14.13, 9.29 และ 55.32 ตามลำดับ CP มีค่า L สูงกว่า FP แสดงว่าพลาสมาเข้มข้นมีสีคล้ำขึ้น ส่วน PP มีค่า L สูงกว่าพลาสมาชนิดอื่น ทั้งนี้เนื่องจากการเป็นแผ่นฟิล์มของโปรตีนหลังจากการทำแห้ง ทำให้เกิดการสะท้อนแสงกลับสู่เครื่องมือวัดได้มากกว่า ทำให้ได้ค่า L สูงกว่า ขณะที่ค่า a มีค่าปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาในการทำแห้ง กล่าวคือ FP มีค่า a เท่ากับ - 0.83 มีค่าต่ำกว่า CP และ PP ซึ่งมีค่า a เท่ากับ - 0.29 และ 1.16 แสดงว่าเมื่อใช้ระยะเวลาในการทำแห้งพลาสมามากขึ้น สีแดงจะมากขึ้นตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับค่า b สีน้ำเงินจะมากขึ้นตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เป็นผลจากกระบวนการระเหยน้ำออกไป

ตารางที่ 7 ผลจากกระบวนการทำแห้งต่อค่าสีของพลาสมาสด พลาสมาเข้มข้น และพลาสมาผง

ชนิดของพลาสมา*	L	a	b
สด (FP)	14.13 ± 0.09^{b}	-0.83 ± 0.04^{c}	-1.72 ± 0.14^{c}
เข้มข้น (CP)	9.29 ± 0.38^{c}	-0.29 ± 0.01^{b}	-0.64 ± 0.18^{b}
ผง (PP)	55.32 ± 1.39^{a}	1.16 ± 0.12^{a}	13.76 ± 0.14^{a}

หมายเหตุ อักษร a, b, c ที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

*ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากการพิจารณาคุณสมบัติการเป็นโฟม และการละลายที่สามารถบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติของโปรตีนในพลาสมาที่ได้จากกระบวนการทำเข้มข้น รวมไปถึงสีของผลิตภัณฑ์พลาสมา อันจะส่งผลถึงคุณภาพของขนมปังโดยตรง ปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในปริมาณการใช้ที่เท่ากัน จึงเลือกใช้พลาสมาเข้มข้นในการศึกษาตอนต่อไป

3. ผลของการใช้พลาสมาเข้มข้นในขนมปัง

3.1 องค์ประกอบทางเคมีของขนมปังที่เติมพลาสมาเข้มข้น

เมื่อเติมพลาสมาเข้มข้นในสูตรขนมปังพบว่าปริมาณ โปรตีน เถ้า และเกลือในขนมปังจะเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 8) ปริมาณโปรตีนในขนมปังที่ประกอบด้วยพลาสมาร้อยละ 2 และ 3 มีค่าร้อยละ 15.49 และ 15.80 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ สูงกว่าขนมปังสูตรควบคุม และสูตรที่ประกอบด้วยพลาสมาร้อยละ 1 ซึ่งมีโปรตีนร้อยละ 12.73 และ 14.43 (น้ำหนักแห้ง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ปริมาณเถ้าและเกลือในขนมปังสูตรที่เติมพลาสมาเข้มข้นร้อยละ 3 มีปริมาณร้อยละ 3.10 และ 1.38 (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งสูงกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ อันเป็นผลมาจากการสะสมของเกลือที่เติมลงไปเพื่อเป็นสารกันการตกตะกอนของเลือด และตกค้างอยู่ในพลาสมา เมื่อนำมาทำให้เข้มข้น และใช้ในผลิตภัณฑ์ ทำให้ปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น พบว่าการเติมพลาสมาที่ระดับร้อยละ 3 มีปริมาณเกลือสูงกว่าขนมปังสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่การเติมพลาสมาที่ร้อยละ 1 และ 2 ในสูตรขนมปังพื้นฐานมีปริมาณเกลือไม่แตกต่างกัน และไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม ($P>0.05$) ค่า A_w จะมีค่าลดลงเมื่อเติมพลาสมา กล่าวคือเมื่อเติมพลาสมาร้อยละ 1, 2 และ 3 มีค่า A_w เท่ากับ 0.959, 0.957 และ 0.956 ตามลำดับ ส่วนปริมาณความชื้นในสูตรขนมปังที่เติมพลาสมาร้อยละ 3 เท่ากับร้อยละ 28.64 ไม่มีความแตกต่าง ($P>0.05$) กับขนมปังสูตรควบคุม ที่มีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 29.26 ขณะที่ขนมปังที่เติมพลาสมาระดับร้อยละ 1 และ 2 มีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 32.27 และ 32.36 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขนมปังที่ประกอบด้วยพลาสมาจะมีค่า A_w ต่ำกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากการที่มีปริมาณโปรตีนและเกลือเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำที่จับอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลอาหาร (bound water) เพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นของขนมปังสูตรที่เติมพลาสมาร้อยละ 1 และ 2 มีความแตกต่างกับสูตรที่เติมพลาสมาร้อยละ 3 โดยมีค่าสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการเติมเกลือทำให้โดมีความแข็งแรงมากขึ้น การพัฒนาของโดมี

ความเหมาะสมกับระยะเวลาในการหมัก แต่การเติมพลาสมาเข้มข้นร้อยละ 3 ในสูตรอาหาร ซึ่งมีการสะสมของเกลือสูงที่สุด ทำให้การพัฒนาของโดช้าลง ทำให้การกักเก็บก๊าซในกระบวนการหมักโดไม่เหมาะสม และเนื่องจากมีการควบคุมระยะเวลาในการหมักที่เท่ากัน ทำให้ได้ขนมปังที่มีความชื้นต่ำกว่าสูตรทดลองอื่น โดย Lee และคณะ (1991) รายงานว่า เค้กที่ใช้พลาสมาแทนไข่จะมีความชื้น เหนียว และหวานกว่าสูตรควบคุม

ภาพที่ 1 ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาสุกร

Control = ขนมปังสูตรควบคุม

1%plasma = ขนมปังที่เติมพลาสมาเข้มข้นให้มีปริมาณของแข็งร้อยละ 1 ของน้ำหนักส่วนผสมในสูตร

2%plasma = ขนมปังที่เติมพลาสมาเข้มข้นให้มีปริมาณของแข็งร้อยละ 2 ของน้ำหนักส่วนผสมในสูตร

3%plasma = ขนมปังที่เติมพลาสมาเข้มข้นให้มีปริมาณของแข็งร้อยละ 3 ของน้ำหนักส่วนผสมในสูตร

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีของขนมปังที่เติมพลาสมาเข้มข้น

องค์ประกอบ[1] ทางเคมี	ระดับของพลาสมา (ร้อยละ) 0	1	2	3
ความชื้น (ร้อยละ)	29.26±1.56[b]	32.27±0.66[a]	32.36±1.59[a]	28.64±0.82[b]
โปรตีน (ร้อยละ)*	12.73±0.22[c]	14.43±0.14[b]	15.49±0.33[a]	15.79±0.04[a]
ไขมัน (ร้อยละ)*[2]	6.02±0.55[a]	6.39±0.16[a]	6.44±0.08[a]	6.74±0.18[a]
เถ้า (ร้อยละ)*	2.08±0.01[d]	2.24±0.01[c]	2.70±0.04[b]	3.10±0.02[a]
เกลือ (ร้อยละ)*	1.09±0.64[b]	1.10±0.11[b]	1.13±0.03[b]	1.38±0.32[a]
A_w	0.97±0.00[a]	0.96±0.00[b]	0.96±0.00[b]	0.96±0.00[b]

หมายเหตุ อักษร a, b, c ที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1]ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

[2]Acid hydrolysis method (AOAC, 1990)

*ฐานน้ำหนักแห้ง

3.2 คุณภาพทางกายภาพของขนมปังที่ผลิตจากพลาสมาเข้มข้น

จากตารางที่ 9 พบว่าปริมาตรโดของขนมปังที่เติมพลาสมาเข้มข้น ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับสูตรควบคุม ปริมาตรของโดเมื่อเติม CP ที่ระดับร้อยละ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 2.30 และ 2.62 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัมตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าสูตรที่เติมพลาสมาร้อยละ 3 ที่มีค่า 1.40 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากการที่มีปริมาณเกลือในสูตรที่เติมพลาสมาร้อยละ 3 จะสูงกว่าหน่วยทดลองอื่น เป็นผลจากปริมาณเกลือที่สะสม ทำให้โดมีการพัฒนาช้า เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการหมักที่เท่ากันทำให้มีปริมาตรของโดต่ำกว่าหน่วยทดลองอื่น

ขนมปังที่ประกอบด้วยพลาสมาจะมีค่าความฟ่าม และแรงเฉือนไม่แตกต่างกันกับสูตรควบคุม ($P>0.05$) ความฟ่ามของขนมปังสูตรควบคุม และสูตรที่เติมพลาสมา

เข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 0.14, 0.15, 0.15 และ 0.16 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ สำหรับค่าแรงเฉือนของขนมปังสูตรควบคุมและสูตรขนมปังที่เติมพลาสมาเข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 7.10, 7.21, 8.03 และ 8.43 นิวตันตามลำดับ

ค่า L ของขนมปังที่เติมพลาสมามีค่าต่ำกว่าสูตรควบคุม อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แสดงว่าขนมปังสูตรที่เติมพลาสมามาก จะมีสีคล้ำกว่าขนมปังสูตรที่เติมน้อยกว่า กล่าวคือที่ระดับการเติมพลาสมาร้อยละ 3 มีค่า L เท่ากับ 65.27 มีค่าต่ำกว่าสูตรที่เติมพลาสมาร้อยละ 1 และ 2 ซึ่งมีค่า L เท่ากับ 68.09 และ 68.38 ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ค่า a พบว่าขนมปังสูตรที่เติมพลาสมามากขึ้น ค่าจะเป็นลบมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การเติมพลาสมาที่ร้อยละ 1, 2 และ 3 มีค่า - 0.36, - 0.44 และ - 0.50 ตามลำดับ นั่นคือจะมีสีเขียวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า a ของขนมปังสูตรที่เติมพลาสมาร้อยละ 2 ไม่แตกต่างทางสถิติกับสูตรควบคุม ($P>0.05$) แสดงว่าการเติมพลาสมาร้อยละ 2 ไม่ทำให้ขนมปังมีสีแดงหรือสีเขียวที่ผิดปกติไปจากขนมปังปกติ

ค่า b มีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่า L กล่าวคือเมื่อเติมพลาสมาที่ระดับร้อยละ 1 และ 2 ซึ่งมีค่า 5.90 และ 6.17 ตามลำดับสูงกว่าสูตรควบคุมที่มีค่า 4.91 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่การเติมพลาสมาร้อยละ 3 ทำให้ได้ขนมปังที่มีสีเหลืองและสีเขียวมากกว่าสูตรร้อยละ 1 และ 2

เมื่อเพิ่มระดับของพลาสมา ค่า L จะมีค่าลดลง Lee และคณะ(1991) ได้ศึกษาผลของการใช้พลาสมาวัวแทนไข่ขาวในเค้กพบว่าเค้กมีปริมาตรเล็กลง และมีสีภายนอกคล้ำกว่าที่ใช้ไข่ขาวในปริมาณเท่ากัน ต่อมา Lee และคณะ (1993) รายงานว่าขนมปังซึ่งใช้พลาสมาแทนที่ไข่ร้อยละ 25 จะมีค่า L และ b ลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม Khan และคณะ (1979) ได้นำพลาสมาโปรตีนไอโซเลต (PPI) จากการนำพลาสมาไปทำเข้มข้นด้วยวิธีอุลตร้าฟิลเตรชั่น และทำแห้งด้วยวิธีพ่นฝอยไปเติมในสูตรขนมปัง พบว่ามีปริมาตรเล็กลง เมื่อเติม PPI ในระดับร้อยละ 8 - 10 ทดแทนแป้งสาลีในสูตรขนมปัง พบว่าสีภายนอกและภายในเนื้อขนมปังมีสีคล้ำ และมีรูพรุนมากขึ้น

ตารางที่ 9 คุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังที่เติมพลาสมาเข้มข้น

คุณสมบัติ[1]	ระดับของพลาสมา (ร้อยละ)			
	0	1	2	3
ปริมาตรโด (ลบ.ซม)	1.92±0.06^{ab}	2.30±0.44^{a}	2.62±0.21^{a}	1.40±0.61^{b}
ความฟ่าม (กรัม/ลบ.ซม)	0.14±0.01^{a}	0.15±0.01^{a}	0.15±0.00^{a}	0.16±0.01^{a}
แรงเฉือน (นิวตัน)	7.10±0.26^{a}	7.21±0.92^{a}	8.03±0.38^{a}	8.43±1.54^{a}
ค่าสี				
L	68.35±2.51^{ab}	68.38±1.61^{a}	68.09±1.76^{a}	65.27±1.13^{b}
a	- 0.46±0.05^{b}	- 0.36±0.07^{a}	- 0.44±0.04^{b}	- 0.50±0.03^{c}
b	4.90±0.46^{b}	5.90±0.31^{a}	6.17±0.40^{a}	4.24±0.34^{b}

หมายเหตุ อักษร a, b, c ที่ต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1]ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

3.3 การประเมินกลิ่นรสของขนมปังที่เติมพลาสมาเข้มข้น

ขนมปังที่เติมพลาสมาเข้มข้นร้อยละ 2 ได้รับการยอมรับทั้งด้านกลิ่น และรสชาติ (ตารางที่ 10) แต่การใช้พลาสมาที่ระดับร้อยละ 3 ในขนมปัง ผู้ประเมินให้คะแนนกลิ่นแปลกปลอมมากขึ้น ขนมปังที่มีพลาสมาร้อยละ 2 มีโปรตีนร้อยละ 15.49

สี เมื่อเติมพลาสมาเพิ่มขึ้นในสูตร ผู้ประเมินให้คะแนนมากขึ้น หมายถึงขนมปังมีสีคล้ำมากขึ้น การเติมพลาสมาร้อยละ 3 ในขนมปังจะมีคะแนนค่าสี 4.64 สูงกว่าทุกสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนสูตรที่มีการเติมพลาสมาที่ระดับร้อยละ 1 และ 2 มีคะแนน 2.80 และ 2.99 ตามลำดับโดยไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) และพบว่าการเติมพลาสมาที่ระดับร้อยละ 1 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับสูตรควบคุมซึ่งมีคะแนน 1.87

กลิ่นแปลกปลอม เมื่อเติมพลาสมามากขึ้น พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนกลิ่นแปลกปลอมมากขึ้น พบว่าเมื่อเติมพลาสมาร้อยละ 3 มีคะแนนกลิ่นแปลกปลอม 2.45 สูงกว่าสูตรควบคุม และสูตรขนมปังที่เติมพลาสมาร้อยละ 1 และ 2 ซึ่งมีคะแนน 0.16, 1.72 และ 1.66 ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่เมื่อเติมพลาสมาร้อยละ 1 และ 2 ให้ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับสูตรควบคุม

ความสม่ำเสมอของรูพรุน ผู้ประเมินให้คะแนนเพิ่มขึ้น คือไม่สม่ำเสมอมากขึ้น โดยสัมพันธ์กับปริมาณพลาสมาที่เติมในสูตรขนมปัง แต่ค่าตัวเลขที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือขนมปังสูตรควบคุม ขนมปังที่เติมพลาสมาร้อยละ 1, 2 และ 3 มีคะแนนเท่ากับ 4.86 5.64, 5.37 และ 5.69 ตามลำดับ

ความเค็ม จะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับพลาสมาที่เติมในขนมปังเพิ่มขึ้น อันเป็นผลจากปริมาณสะสมของเกลือในการตกตะกอนที่ผสมอยู่ในพลาสมา ขนมปังที่เติมพลาสมาร้อยละ 1, 2 และ 3 มีคะแนนความเค็มเท่ากับ 2.60, 2.81 และ 3.04 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และพบว่าการเติมพลาสมาร้อยละ 1 ในขนมปังไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับสูตรควบคุม

ความนุ่ม เมื่อเพิ่มระดับพลาสมาในสูตรขนมปัง ความนุ่มของขนมปังลดลงเมื่อเติมพลาสมาระดับร้อยละ 3 ในขนมปัง ผู้ประเมินให้คะแนนความนุ่ม 5.26 ต่ำกว่าสูตรควบคุม สูตรที่เติมพลาสมาร้อยละ 1 และ 2 ซึ่งมีคะแนน 7.31, 6.16 และ 6.12 ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การเติมพลาสมาระดับร้อยละ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) โดย Lee และคณะ (1991) รายงานว่าเมื่อใช้พลาสมาวัวแทนไข่ขาวในเค้ก เค้กจะมีความเหนียว (cohesiveness และ gumminess) ไม่ต่างกับการใช้ไข่ขาวในปริมาณที่เท่ากัน และเมื่อพิจารณาจากคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส และมีการใช้พลาสมาในปริมาณสูงที่สุด จึงเลือกการเติมพลาสมาที่ระดับร้อยละ 2 ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมา สอดคล้องกับ Khan และคณะ (1979) รายงานว่าขนมปังที่ใช้พลาสมาโปรตีนไอโซเลตร้อยละ 2 จะได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

ตารางที่ 10 คะแนนเฉลี่ยของปัจจัยคุณภาพของขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธีทดสอบแบบ QDA

ระดับพลาสมา (ร้อยละ)	คะแนนการชิม					
	สี	กลิ่น	รูพรุน	ความรู้สึก	ความเค็ม	ความนุ่ม
0	1.87^{a}	0.16^{a}	4.86^{a}	1.11^{a}	2.20^{a}	7.31^{c}
1	2.80^{ab}	1.72^{ab}	5.64^{a}	1.58^{a}	2.60^{ab}	6.16^{b}
2	2.99^{b}	1.66^{ab}	5.37^{a}	1.71^{a}	2.81^{b}	6.12^{b}
3	4.64^{c}	2.45^{b}	5.69^{a}	2.54^{b}	3.04^{b}	5.26^{a}

หมายเหตุ อักษร a, b, c ที่ต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

3.4 การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์

ได้คัดเลือกระดับการเติมพลาสมาเข้มข้นร้อยละ 2 ในขนมปังสูตรพื้นฐาน มาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมา เนื่องจากผู้ประเมินยอมรับทางประสาทสัมผัสในปัจจัย สี และความเค็มไม่แตกต่างการเติมพลาสมาร้อยละ 1 ($P>0.05$) ส่วนกลิ่นแปลกปลอม ความสม่ำเสมอของรูพรุน และความนุ่มไม่แตกต่างกับสูตรควบคุมซึ่งไม่เติมพลาสมา ($P>0.05$) ในขณะที่การเติมพลาสมามากกว่านี้ จะทำให้ได้รับการยอมรับต่ำที่สุดในปัจจัย สี และความนุ่ม ($P<0.05$) จากตารางที่ 10 เห็นได้ว่าขนมปังที่เติมพลาสมาร้อยละ 2 ผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความเค็มมีค่าแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับขนมปังสูตรควบคุม ดังนั้นจึงทำการปรับเปลี่ยนปริมาณเกลือที่เติมลงในสูตรขนมปังที่เติมพลาสมาร้อยละ 2 ศึกษาโดยการเติมเกลือร้อยละ 0, 1.25, 1.50, 1.75 โดยน้ำหนักแป้งในสูตร ได้ผลดังตารางที่ 11

3.4.1 คุณภาพทางเคมีของขนมปังที่ปรับเปลี่ยนปริมาณเกลือ

พบว่าขนมปังมีปริมาณเกลือมากขึ้น เมื่อเติมเกลือมากขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับสูตรควบคุมซึ่งเป็นสูตรที่ไม่มีพลาสมา ขนมปังที่เติมเกลือร้อยละ 1.75 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 32.36 และมีค่าA_w เท่ากับ 0.96 ซึ่งมีค่า

ต่ำกว่าขนมปังที่เติมเกลือร้อยละ 1.25 (ความชื้นร้อยละ 37.17 และ A_w เท่ากับ 0.98) และสูตรขนมปังที่เติมเกลือร้อยละ 1.50 (ความชื้นร้อยละ 37.02 และ A_w เท่ากับ 0.99) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ขนมปังที่ผลิตขึ้นมีปริมาณไขมัน และปริมาณเถ้าเท่ากับร้อยละ 6.44 และ 2.10 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับขนมปังในท้องตลาด แต่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 15.49 (น้ำหนักแห้ง) สูงกว่าขนมปังจากท้องตลาดยี่ห้อเลิศเบเกอรี่ ยินดีเบเกอรี่ และรอแยลเบเกอรี่ ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 11.96, 12.13 และ 13.56 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คุณสมบัติทางกายภาพพบว่าปริมาตรโดของสูตรที่ปรับปรุงปริมาณเกลือไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเติมเกลือในสูตรขนมปังร้อยละ 1.25, 1.50 และ 1.75 พบว่าปริมาตรโดมีค่าเท่ากับ 2.43, 2.52 และ 2.63 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ ค่าความฟ่ามพบว่าเมื่อเติมเกลือมากขึ้นจะมีค่าสูงขึ้น เมื่อเติมเกลือระดับร้อยละ 1.25, 1.50 และ 1.75 ขนมปังมีค่าความฟ่ามเท่ากับ 0.13, 0.15 และ 0.15 ตามลำดับซึ่งหมายถึงขนมปังมีแนวโน้มแน่นมากขึ้น แต่ทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับสูตรควบคุม

อรอนงค์ นัยวิกุล (2532ข) กล่าวว่าเกลือมีคุณสมบัติเพิ่มความแข็งแรงของกลูเต็น หากสภาพของโดมีลักษณะดี เกิดขึ้นเร็วในช่วงแรก แต่การเกิดก๊าซช้ากว่าโดจะอุ้มก๊าซได้น้อย ต่อมาเมื่อในระยะหลังโดอ่อนแอ อุ้มก๊าซไว้ไม่ได้ ทำให้ได้ขนมปังมีปริมาตรต่ำ ลักษณะเนื้อไม่ดี ส่วน Srivasstava และคณะ (1994) ได้รายงานว่าการใช้เกลือที่ระดับต่างๆ ในขนมปัง เพื่อศึกษาคุณสมบัติของโดและคุณภาพขนมปังที่ได้ พบว่าเมื่อเพิ่มระดับเกลือจากร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ในสูตรขนมปัง ทำให้โดดูดซับน้ำ (water absorption, %) ได้น้อยลงจากร้อยละ 59 เป็น 54.8, 57.0, 56.4 และ 56.0 ตามลำดับ ช่วยให้โดมีความคงทน (dough development time และ stability) และความสามารถในการขยายตัว (extensibility) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณเกลือในสูตรเพิ่มขึ้น 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ในสูตรขนมปัง พบว่าความฟ่ามมีค่าเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 0.29 เป็น 0.28, 0.28, 0.29 และ 0.30 ตามลำดับ ขณะที่การเติมเกลือที่ระดับร้อยละ 0.5 และ 1.0 ให้ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 11 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาที่ทำการปรับปริมาณเกลือในสูตร

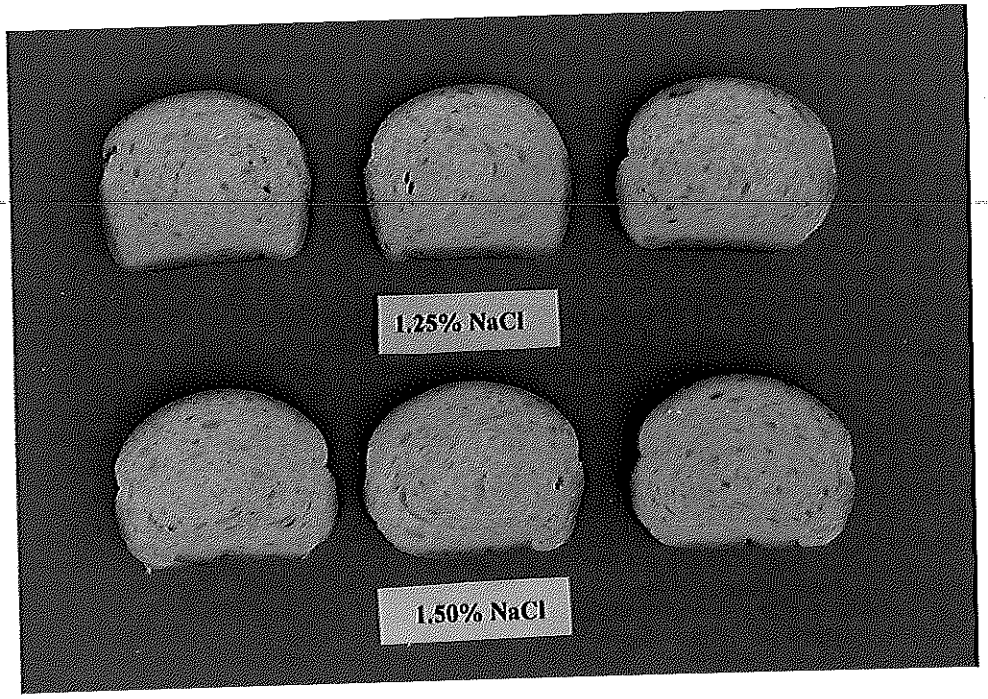
คุณสมบัติ[1]	สูตรขนมปัง (เกลือร้อยละ)			
	สูตรควบคุม[2]	1.25	1.50	1.75
เกลือ (ร้อยละ)*	1.09±0.64^{a}	1.07±0.21^{a}	1.10±0.02^{a}	1.13±0.03^{a}
ความชื้น (ร้อยละ)	29.27±1.56^{a}	37.17±0.06^{c}	37.02±0.36^{c}	32.36±1.59^{b}
A_w	0.97±0.00^{b}	0.98±0.00^{c}	0.99±0.00^{d}	0.96±0.00^{a}
เถ้า (ร้อยละ)*	2.08±0.01^{a}	2.10±0.01^{a}	2.46±0.08^{b}	2.70±0.04^{c}
ปริมาตรโด (ลบ.ซม/กรัม)	1.92±0.06^{a}	2.43±0.06^{b}	2.52±0.03^{b}	2.63±0.21^{b}
ความฟาม (กรัม/ลบ.ซม.)	0.14±0.01^{ns}	0.13±0.01^{ns}	0.15±0.01^{ns}	0.15±0.00^{ns}

หมายเหตุ อักษร a, b, c ที่ต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1]ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

[2]สูตรควบคุมเป็นสูตรขนมปังพื้นฐานที่ไม่เติมพลาสมา

* ฐานน้ำหนักแห้ง



ภาพที่ 2 ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่ปรับเปลี่ยนปริมาณเกลือ

1.25%NaCl = ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาเติมปริมาณเกลือร้อยละ 1.25 ของน้ำหนักแป้ง

1.50%NaCl = ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาเติมปริมาณเกลือร้อยละ 1.50 ของน้ำหนักแป้ง

3.4.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมปังที่ปรับเปลี่ยนปริมาณเกลือในสูตรขนมปังที่เสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 โดยวิธี QDA

สีเนื้อขนมปัง ที่ระดับการเติมปริมาณเกลือร้อยละ 1.25 ของน้ำหนักแป้งในสูตรขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 (ตารางที่ 12) มีคะแนนเท่ากับ 2.54 ไม่มีความแตกต่าง ($P>0.05$) กับสูตรควบคุมซึ่งเป็นสูตรขนมปังพื้นฐานที่ไม่มีพลาสมา มีคะแนนสีเท่ากับ 2.50 ขณะที่สูตรขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่เติมเกลือร้อยละ 1.50 และ 1.75 มีคะแนน 3.70 และ 3.86 ตามลำดับ แตกต่างกับสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กล่าวคือสูตรที่เติมเกลือร้อยละ 1.50 และ 1.75 ของน้ำหนักแป้งในสูตร มีสีของเนื้อขนมปังคล้ำกว่าสูตรควบคุมและขนมปังสูตรที่เติมเกลือร้อยละ 1.25 ของน้ำหนักแป้งในสูตรพื้นฐาน Srivastava และคณะ (1994) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเกลือในสูตรขนมปังจากร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ของน้ำหนักแป้งในสูตรขนมปัง พบว่าทำให้ผิวขนมปัง (crust color) มีสีคล้ำขึ้น

กลิ่นแปลกปลอม เมื่อเติมปริมาณเกลือในสูตรมากขึ้น พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนกลิ่นแปลกปลอมเพิ่มขึ้น ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่เติมเกลือร้อยละ 1.50 และ 1.75 มีคะแนน 2.28 และ 2.37 สูงกว่าสูตรควบคุมและสูตรที่เติมเกลือร้อยละ 1.25 ซึ่งมีคะแนน 1.16 และ 1.34 ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าสูตรที่เติมเกลือร้อยละ 1.25 ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับสูตรควบคุม ทำให้ผู้ประเมินชอบกลิ่นขนมปังสูตรที่เติมเกลือร้อยละ 1.25 มากกว่าสูตรที่เติมเกลือมากกว่า

ความสม่ำเสมอของรูพรุนและความนุ่ม เมื่อเติมเกลือมากขึ้นคะแนนจะมากขึ้น หมายถึงรูพรุนจะไม่สม่ำเสมอเพิ่มขึ้น พบว่าขนมปังที่เติมเกลือร้อยละ 1.50 และ 1.75 มีคะแนนความสม่ำเสมอของรูพรุนเท่ากับ 3.83 และ 4.30 มีค่าสูงกว่าสูตรควบคุมที่มีคะแนน 2.49 และสูตรที่เติมเกลือร้อยละ 1.25 ที่มีคะแนน 2.45 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่สูตรควบคุม และสูตรที่เติมเกลือร้อยละ 1.25 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) Srivastava และคณะ (1994) รายงานว่าการเติมเกลือที่ระดับร้อยละ1.0 และ 1.5 ให้ความสม่ำเสมอของรูพรุนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ขนมปังจะนุ่มน้อยลง พบว่าขนมปังที่เติมเกลือร้อยละ 1.50 และ 1.75 มี

คะแนนความนุ่มเท่ากับ 5.68 และ 5.57 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าสูตรควบคุมที่มีคะแนน 6.80 และสูตรที่เติมเกลือร้อยละ 1.25 ที่มีคะแนนเท่ากับ 6.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รสเค็ม เมื่อเติมเกลือมากขึ้นรสเค็มจะเพิ่มขึ้น ขนมปังสูตรควบคุมและขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่เติมเกลือร้อยละ 1.25, 1.50 และ 1.75 มีคะแนนเท่ากับ 1.49, 1.76, 2.01 และ 2.31 ตามลำดับ ซึ่งการเติมเกลือร้อยละ1.25 ในสูตรขนมปังเสริมโปรตีนและสูตรควบคุม ให้รสเค็มที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ความชอบรวม เมื่อเติมเกลือมากขึ้นคะแนนที่ได้น้อยลง ผู้ประเมินมีความชอบขนมปังที่ผลิตขึ้นน้อยลง ขนมปังสูตรควบคุมและขนมปังสูตรเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่เติมเกลือร้อยละ 1.25, 1.50 และ 1.75 มีคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 8.10, 7.60, 6.50 และ 5.10 ตามลำดับ ซึ่งสูตรควบคุมและสูตรที่เติมเกลือร้อยละ 1.25 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่การเติมเกลือที่ระดับร้อยละ 1.75 จะทำให้ได้คะแนนต่ำกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงเลือกเติมเกลือปริมาณร้อยละ 1.25 ในการผลิตขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 12 คะแนนเฉลี่ยของปัจจัยคุณภาพของขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่ทำการปรับปริมาณเกลือในสูตร จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี QDA

ปริมาณเกลือในสูตร (ร้อยละ)	คะแนนการชิม					
	สี	กลิ่น	รูพรุน	ความเค็ม	ความนุ่ม	ความชอบรวม[2]
สูตรควบคุม[1]	2.50^{a}	1.16^{a}	2.49^{a}	1.49^{a}	6.80^{b}	8.10^{c}
1.25	2.54^{a}	1.34^{a}	2.45^{a}	1.76^{ab}	6.50^{b}	7.60^{c}
1.50	3.70^{b}	2.28^{b}	3.83^{b}	2.01^{bc}	5.68^{a}	6.50^{b}
1.75	3.86^{c}	2.37^{b}	4.30^{b}	2.31^{c}	5.57^{a}	5.10^{a}

หมายเหตุ อักษร a, b, c ที่ต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1]สูตรควบคุมเป็นสูตรขนมปังพื้นฐานที่ไม่เติมพลาสมา

[2]การประเมินโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (1 = ชอบน้อยที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด)

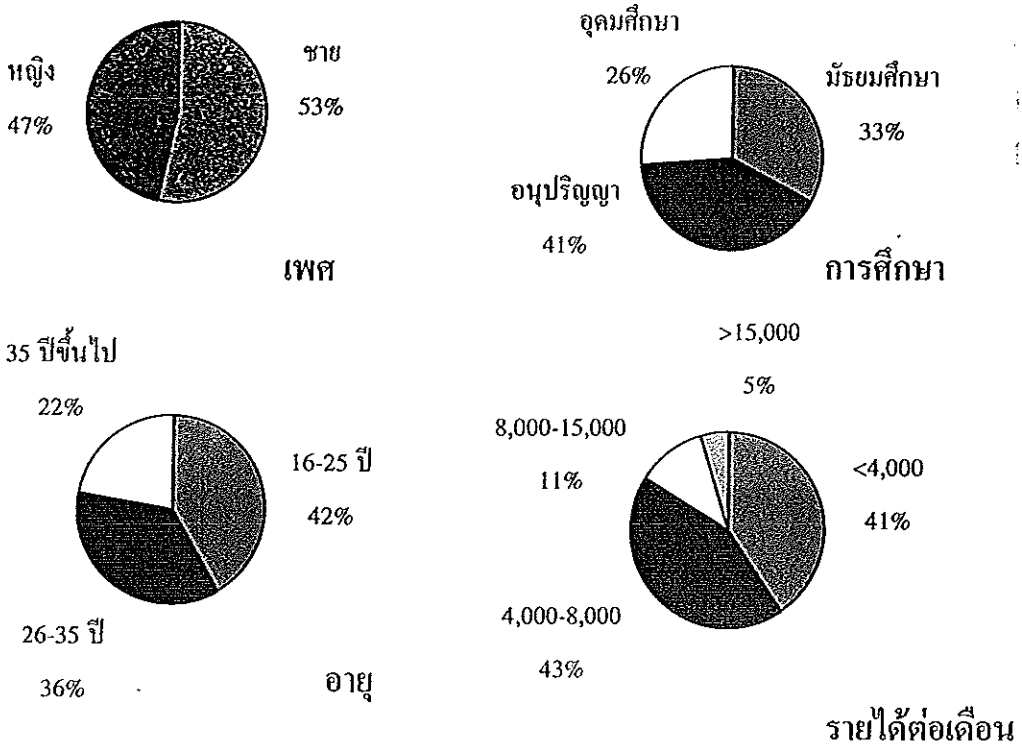
4. การสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาสุกรร้อยละ 2

4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

นำขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 และเติมปริมาณเกลือในสูตรร้อยละ1.25 มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จ. สงขลา จำนวน 150 คน โดยทำการสอบถามเพื่อหาข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม พฤติกรรมการบริโภคขนมปัง ความชอบในปัจจัยคุณภาพต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นแปลกปลอม เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม รายละเอียดแบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ง.

ลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถาม

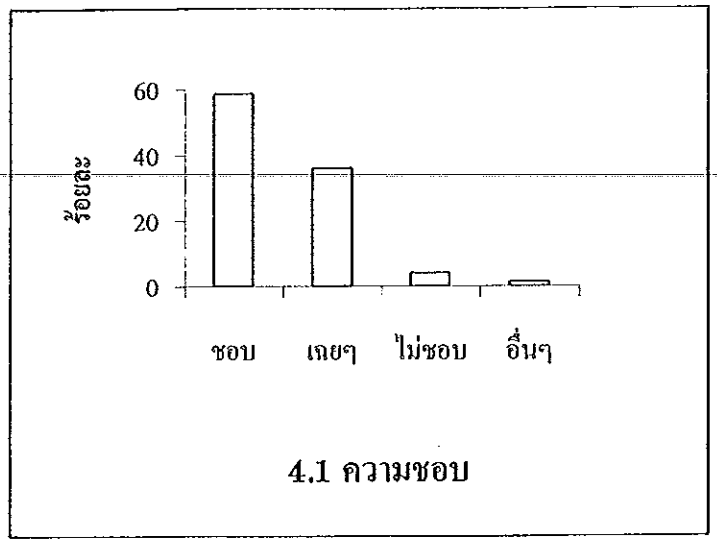
ลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 150 คน ดังแสดงในภาพที่ 3 ประกอบด้วยร้อยละ 78.94 มีอายุ 16 - 35 ปี ร้อยละ 57.89 มีการศึกษาในระดับอนุปริญญา - อุดมศึกษา มีรายได้ต่อเดือนในช่วง 4,000 - 8,000 บาท ถึงร้อยละ 43.33

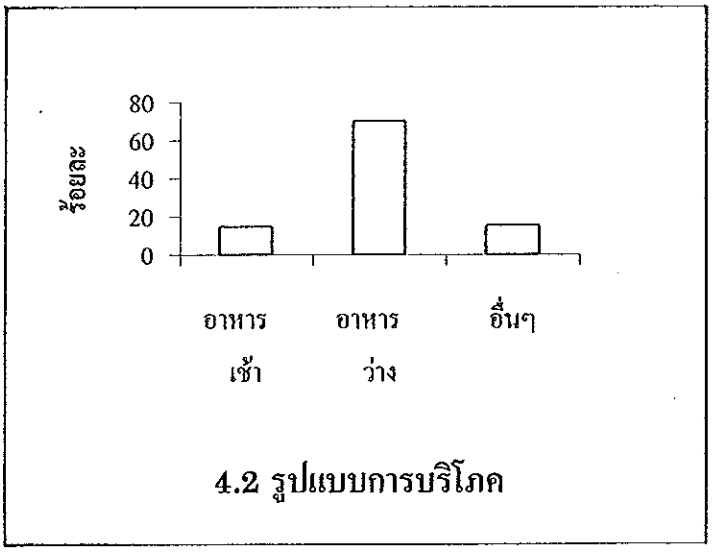


ภาพที่ 3 ข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จ. สงขลา จำนวน 150 คน

4.2 ทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคขนมปัง

จากภาพที่ 4 ผู้บริโภคมีความชอบในการบริโภคขนมปังสูงถึงร้อยละ 58.95 และผู้บริโภคร้อยละ 66.47 นิยมบริโภคเป็นอาหารว่าง ส่วนความถี่ในการบริโภคพบว่าผู้บริโภคส่วนมากจะบริโภค 2 - 4 ครั้ง ต่อสัปดาห์ ปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขนมปัง พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับรสชาติมาเป็นอันดับหนึ่ง ตรงกับการศึกษาของ ดวงรัตน์ นาคสด (2538) ซึ่งศึกษาปัจจัยในการการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง และ เทวี ทองแดง (2538) ซึ่งศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ปลาสะเต๊ะจากปลามูลค่าต่ำ ปัจจัยที่ใช้พิจารณารองลงมาคือคุณค่าทางอาหาร ความสะดวกในการซื้อและบริโภค และราคาตามลำดับ ส่วนลักษณะในการบริโภคขนมปังพบว่าร้อยละ 31.58 นิยมบริโภคโดยการทาเนย นมหรือแยม รองลงมาคือรูปแบบ ปิ้ง ทาเนย นมหรือแยม เป็นจำนวนร้อยละ 24.21 ผู้นิยมบริโภครูปแบบ แซนวิช (มีเนื้อสัตว์ หรือ ไส้กรอก) ร้อยละ 21.05 และสุดท้ายคือรูปแบบปิ้ง ทาเนย และใส่น้ำตาล มีผู้นิยมบริโภคร้อยละ 12.63

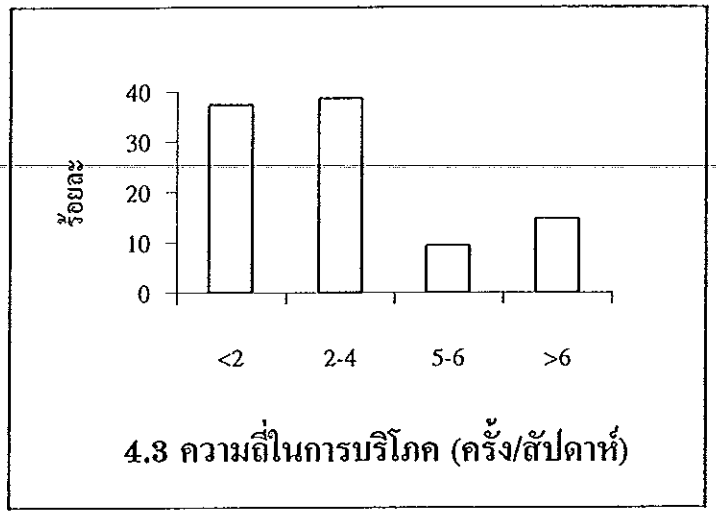




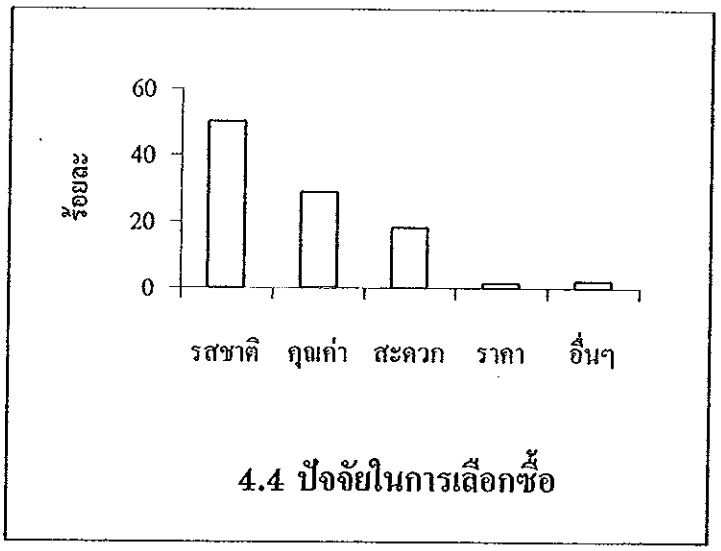
ภาพที่ 4 ทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคขนมปังของผู้บริโภคในเขต เทศบาลนครหาดใหญ่ จ.สงขลา จำนวน 150 คน

4.1 ความชอบ

4.2 รูปแบบการบริโภค



4.3 ความถี่ในการบริโภค (ครั้ง/สัปดาห์)

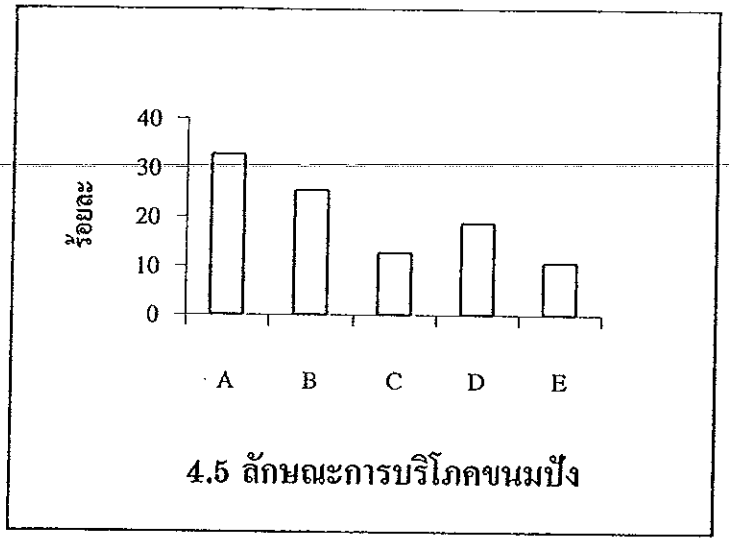


4.4 ปัจจัยในการเลือกซื้อ

ภาพที่ 4 (ต่อ)

4.3 ความถี่ในการบริโภค (ครั้ง/สัปดาห์)

4.4 ปัจจัยในการเลือกซื้อ



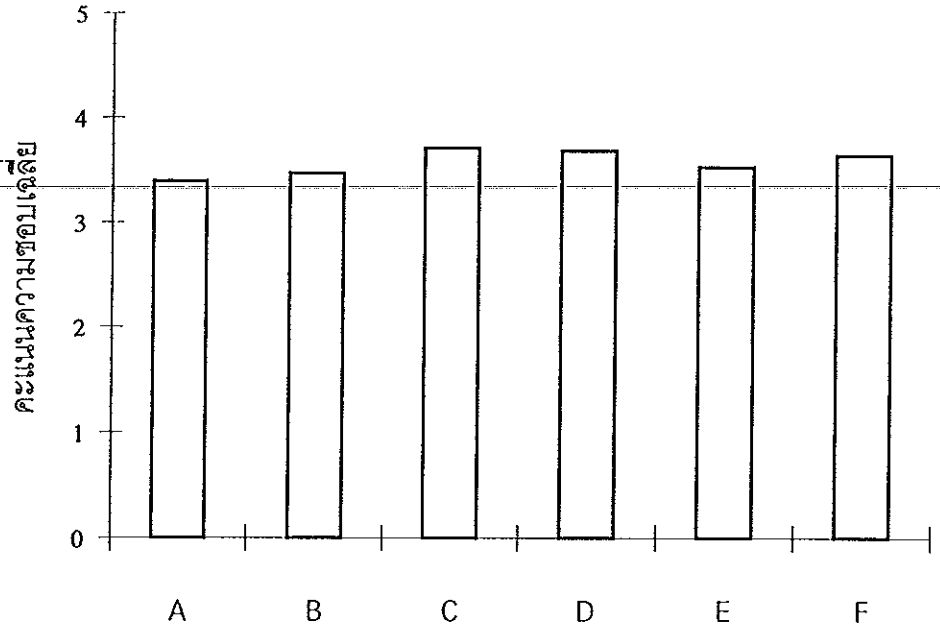
ภาพที่ 4 (ต่อ)

4.5 ลักษณะการบริโภคขนมปัง (A : ทาเนย, นมหรือแยม B : ปิ้ง ทาเนย นม หรือแยม C : ปิ้ง ทาเนย และใส่น้ำตาล D : รูปแบบแซนวิช (มีผัก เนื้อสัตว์ หรือไส้กรอก) E : อื่นๆ)

4.3 ทัศนคติและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2

ผลการทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 5 ระดับ ปรากฏว่าผู้บริโภคมีความชอบในลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และความชอบรวมในระดับชอบปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.32, 3.43, 3.05 และ 3.51 ตามลำดับ มีความชอบในกลิ่น และเนื้อสัมผัส ในระดับชอบมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ย 3.63 และ 3.64 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 5

เมื่อนำคะแนนความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมของแต่ละคนมาทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทั้ง 5 กับความชอบรวม พบว่าทุกปัจจัยคุณภาพจะมีความสัมพันธ์กับความชอบรวม (ในตารางที่ 13) โดยเฉพาะเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏมีความสัมพันธ์กับความชอบรวมสูงกว่าปัจจัยอื่นๆ ($P<0.05$) โดยพบว่ามีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.6188 และ 0.5156 ตามลำดับ แสดงว่าถ้าผู้บริโภคให้คะแนนลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสสูงจะให้คะแนนความชอบรวมสูงขึ้นด้วย จะทำให้ผู้บริโภคที่ยังไม่แน่ใจในการซื้อผลิตภัณฑ์ หันมาซื้อผลิตภัณฑ์มากขึ้น



ภาพที่ 5 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ของผู้บริโภคภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จ.สงขลา จำนวน 150 คน (A : ลักษณะปรากฏ B : สี C : กลิ่นแปลกปลอม D : เนื้อสัมผัส E : รสชาติ F : ความชอบรวม)

ตารางที่ 13 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าคะแนนความชอบรวมของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2

ปัจจัยคุณภาพ	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส
สี	0.5335*				
กลิ่น	0.3791*	0.3369*			
รสชาติ	0.4311*	0.2843*	0.3702*		
เนื้อสัมผัส	0.3846*	0.3938*	0.0940ns	0.2247*	
ความชอบรวม	0.5156*	0.4804*	0.3936*	0.3979*	0.6188*

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

5. คุณภาพการเก็บรักษาขนมปังที่เสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาที่พัฒนาแล้ว ในถุงพลาสติกโพลีโพรไพลีน ที่อุณหภูมิห้อง (29 - 31 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (10 องศาเซลเซียส) เมื่อประเมินคุณภาพทาง กายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ทุกๆ 2 วัน ที่อุณหภูมิห้องทำการประเมินตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งเสื่อมเสีย ส่วนที่อุณหภูมิตู้เย็นใช้เวลา 2 สัปดาห์ของการเก็บรักษา ได้ผลดังนี้คือ

5.1 คุณภาพทางเคมี

ขนมปังที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น (ตารางที่14) พบว่าคุณภาพทางเคมีของขนมปังมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา และอุณหภูมิที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้องขนมปังจะมีการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าที่อุณหภูมิตู้เย็น ดังแสดงในภาพที่ 6

5.1.1 ปริมาณความชื้น

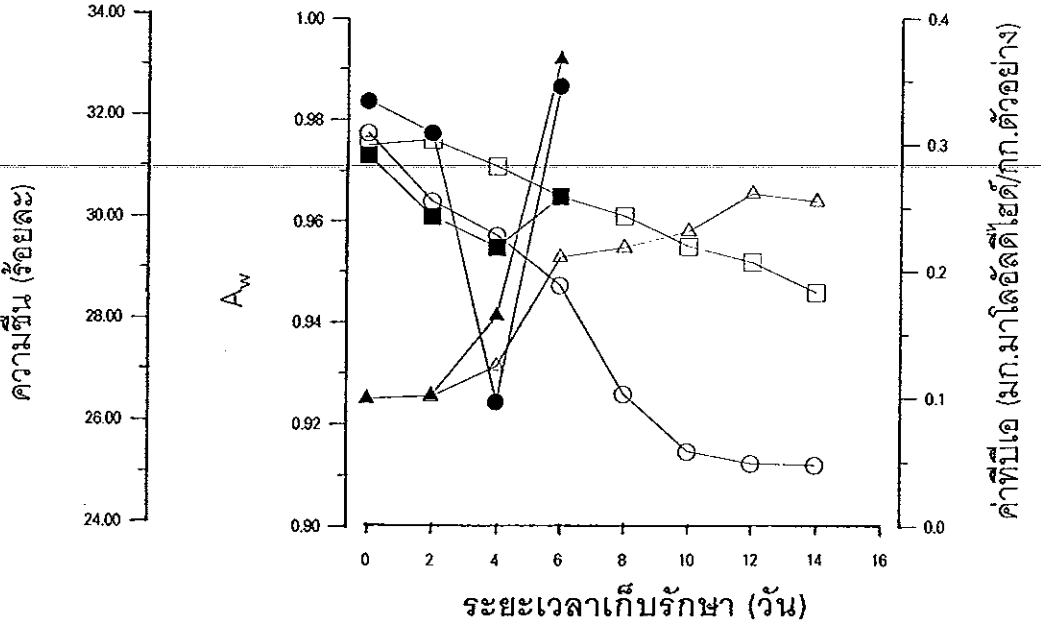
การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมา พบว่าทั้งระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษา มีผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อระยะเวลาของการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณความชื้นลดลง ที่อุณหภูมิห้องผลิตภัณฑ์ขนมปังจะสูญเสียความชื้นเร็วกว่าที่อุณหภูมิตู้เย็น วันที่ 0, 2 และ 4 มีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 32.23, 31.61, 26.32 ตามลำดับ นอกจากนี้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดการเก็บรักษา โดยลดลงมากในช่วงแรกของการเก็บรักษา และจะเปลี่ยนแปลงน้อยลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

5.1.2 ค่า A_w

การเปลี่ยนแปลงค่า A_w ของขนมปังระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิตู้เย็น โดยระยะเวลาและอุณหภูมิมีผลต่อค่า A_w อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่าค่า A_w ของผลิตภัณฑ์ขนมปังที่อุณหภูมิห้องวันที่ 0 มีค่า 0.97 มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเสื่อมเสีย โดยวันที่ 0, 2 และ 4 มีค่า 0.97, 0.96 และ 0.96 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ขนมปังที่เก็บที่อุณหภูมิห้องจะมีค่า A_w ต่ำกว่าที่อุณหภูมิตู้เย็น เนื่องจากการสูญเสียความชื้นไปสู่บรรยากาศ

5.1.3 ค่าทีบีเอ

การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอ ของขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 6) ทั้งระยะเวลาและอุณหภูมิมีผลต่อค่าทีบีเออย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งค่าทีบีเอในวันเริ่มต้นมีค่า 0.10 มิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮด์ (malonaldehyde : MDA) ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นทำให้ค่าทีบีเอเพิ่มขึ้น และผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะมีค่าทีบีเอสูงกว่าที่อุณหภูมิตู้เย็น ค่าทีบีเอเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว วันที่ 2 มีค่า 0.10 มิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ในวันที่ 4 มีค่า 0.17 มิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง วันที่ 6 ของการเก็บรักษาขนมปังจะเสื่อมเสีย มีค่าทีบีเอเพิ่มขึ้นเป็น 0.37 มิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นค่าทีบีเอค่อยๆ เพิ่มขึ้น เมื่อเก็บไว้ 14 วัน มีค่าทีบีเอเท่ากับ 0.26 มิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงจะเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาการหืนได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำๆ (ศศิเกษม ทองยงค์ และพรรณี เดชกำแหง, 2530)



ภาพที่ 6 คุณภาพทางเคมีของขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น

—■— ค่า Aw ของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

—□— ค่า Aw ของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

—▲— ค่าทีบีเอ ของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

—△— ค่าทีบีเอ ของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

—●— ความชื้นของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

—○— ความชื้นของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

5.1.4 ค่าสี

การเปลี่ยนแปลงค่าสี ของผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ระหว่างการเก็บรักษา โดยวัดค่าสีทุก 2 วันจนกระทั่งเสื่อมเสียคุณภาพในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และเป็นเวลา 2 สัปดาห์ที่อุณหภูมิตู้เย็น ดังภาพที่ 7

ค่าความสว่าง

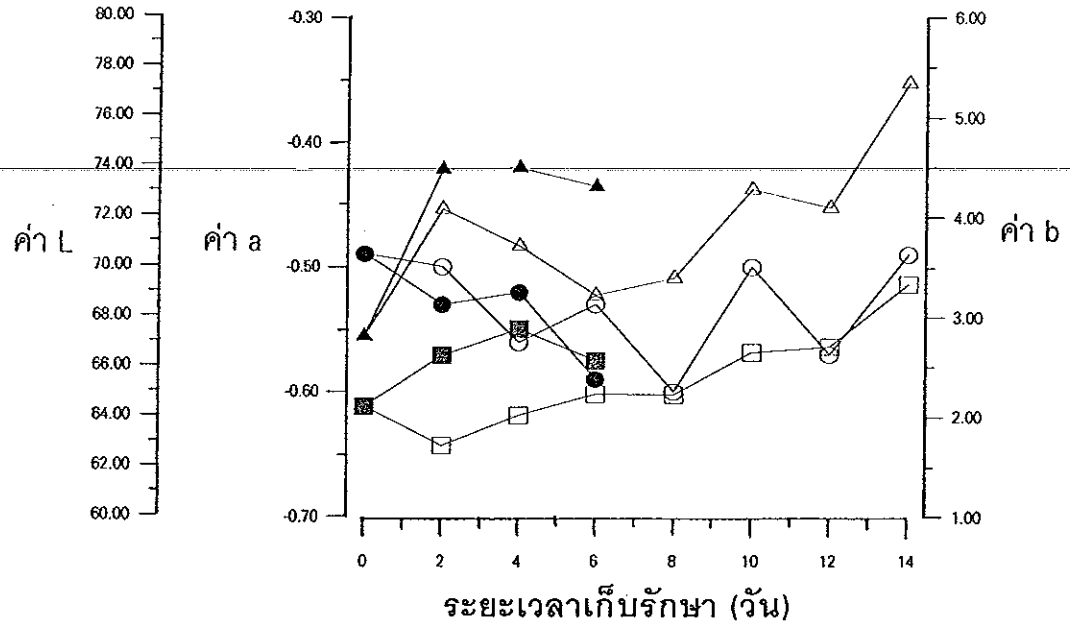
พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อุณหภูมิ และระยะเวลาจะมีผลต่อความสว่างของสีขนมปังอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าที่อุณหภูมิตู้เย็น ค่า L มีค่าสูงสุดเมื่อเก็บรักษาไว้ 4 วันที่อุณหภูมิห้อง ในวันที่ 0, 2 และ 4 ของการเก็บรักษามีค่า L เท่ากับ 64.28, 66.33 และ 67.41 ตามลำดับ จากนั้นค่า L ลดลง เนื่องจากการเจริญเติบโตและสร้างสารสีของจุลินทรีย์ ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น ค่า L จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาไว้วันที่ 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 14 วันมีค่าเท่ากับ 64.28, 62.72, 63.93, 64.76, 64.74, 66.46, 66.68 และ 69.18 ตามลำดับ

ค่า a

เป็นค่าสีแดง (ค่า a เป็นบวก) และสีเขียว (ค่า a เป็นลบ) ที่อุณหภูมิห้องขนมปังมีค่าสีเขียวเพิ่มขึ้น พบว่าเมื่อเก็บไว้รักษาวันที่ 0, 2 และ 4 มีค่า a เท่ากับ - 0.49, - 0.53 และ - 0.52 ตามลำดับ หลังจากนั้นขนมปังมีราขึ้นทำให้ค่า a ลดลง ขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นค่า a มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เนื่องจากยังไม่มีการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ และสูญเสียความชื้นน้อยกว่า

ค่า b

ค่าของสีเหลือง (ค่า b เป็นบวก) และ สีน้ำเงิน (ค่า bเป็นลบ) มีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่า L โดยขนมปังจะมีสีเหลืองมากขึ้น ค่า b จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเพราะการสูญเสียความชื้น



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น

—■— ค่า L ของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

—□— ค่า L ของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

—▲— ค่า a ของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

—△— ค่า a ของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

—●— ค่า b ของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

—○— ค่า b ของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

5.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาเข้มข้นร้อยละ 2 ระหว่างเก็บรักษา พบว่าที่อุณหภูมิตู้เย็นมีการเปลี่ยนแปลงน้อย กล่าวคือปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในวันที่ 2 ของการเก็บรักษามีค่า 2.6×10^4 โคโลนีต่อกรัม หลังจากนั้นปริมาณจุลินทรีย์น้อยกว่า 300 โคโลนีต่อกรัม เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ต่ำ ทั้งขนมปังมีค่า A_w และปริมาณความชื้นลดลงทำให้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ปริมาณยีสต์และรามีค่าน้อยกว่า 300 โคโลนีต่อกรัม ตลอดการเก็บรักษา 14 วัน สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงด้านจุลินทรีย์อย่างรวดเร็ว ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์รา เท่ากับ 5.3×10^4 และ 4.9×10^4 โคโลนีต่อกรัมตามลำดับ หลังจากนั้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจะเจริญเร็วมาก วันที่ 4 ของการเก็บรักษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1.9×10^5 แต่ยังเจริญช้ากว่ายีสต์และรา ซึ่งต่อมาขนมปังเสื่อมเสียจากยีสต์และราในที่สุด ปรียา วิบูลเศรษฐ์ และคณะ (2540) กล่าวว่าแบคทีเรีย ยีสต์และรา ส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 16 - 38 องศาเซลเซียส และการเจริญของจุลินทรีย์จะช้าลงเมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปเชื้อราเจริญได้ช้ากว่ายีสต์และแบคทีเรีย แต่หลังจากผ่านช่วงแรกไปแล้วจะเจริญได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละชนิดเจริญได้ในอาหารที่มี A_w ต่างกัน แบคทีเรียเจริญได้ดีในอาหารที่มีค่า A_w สูง ส่วนยีสต์และราทนต่อค่า A_w ต่ำได้ดีกว่า และอาหารที่มีแบคทีเรียปนเปื้อนประมาณหนึ่งล้านเซลล์จะมีการเน่าเสียเกิดขึ้นอย่างชัดเจน

วิไลลักษณ์ กมลธรรม (2538) ศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งในช่วงการเก็บรักษาที่ 0 และ 1 เดือน กล่าวคือผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1,100 MPN และจำนวนลดลงเป็น 500 MPN ต่อกรัมตัวอย่างตามลำดับ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE/PE มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 500 MPN และลดลงเป็น 200 MPN ต่อกรัมตัวอย่างตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (วิไลลักษณ์ กมลธรรม, 2538 อ้างถึง Borgstrom, 1970) วราวุฒ ครูส่ง (2538) กล่าวว่าเชื้อราสามารถเจริญได้ในอาหารแช่เย็น เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ไม่คงที่ ทำให้มีความชื้นเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา และอาหารที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 20 - 40

จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นระดับปานกลาง (intermediate moisture food) ความคงทนของผลิตภัณฑ์นี้เป็นผลจากการจำกัดปริมาณความชื้นหรือ A_w

5.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 โดยใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน โดยวิธีให้คะแนนแบบพรรณนาเชิงปริมาณในปัจจัย สี ความสม่ำเสมอของรูพรุน กลิ่นแปลกปลอม และความนุ่ม ส่วนการยอมรับรวมใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) ให้ผลดังตารางที่ 14

สี ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมปังที่อุณหภูมิห้องมีคะแนนเริ่มต้นเท่ากับ 2.25 และคะแนนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งส่งผลถึงการยอมรับที่ลดลงจนกระทั่งเสื่อมเสีย ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมปังที่เก็บในอุณหภูมิตู้เย็นมีคะแนนสีเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าที่อุณหภูมิห้องตลอดอายุการเก็บรักษา

ความสม่ำเสมอของรูพรุน พบว่าคะแนนมีแนวโน้มลดลงทั้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น เนื่องจากการสูญเสียความชื้นทำให้มองเห็นเนื้อขนมปังหยาบ และมีรูพรุนมากขึ้น พบว่าตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าที่อุณหภูมิตู้เย็น

กลิ่นแปลกปลอม ที่อุณหภูมิห้องมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการหืนของไขมัน ซึ่งเป็นตัวชี้อัตราการเสื่อมเสีย ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการหืนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กล่าวคือจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ขนมปังที่อุณหภูมิตู้เย็นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ตลอดอายุการเก็บรักษา

ความนุ่ม มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น เนื้อขนมปังแข็งขึ้น ที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าตู้เย็น เนื่องจากการสูญเสียความชื้นในเนื้อขนมปังเร็วกว่า อรอนงค์ นัยวิกุล(2523) กล่าวว่าการแห้งของขนมปังมาจากการสูญเสียความชื้นในก้อนขนมปัง และการแห้งเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นกับขนมปังหลังการอบ 2- 3 วัน เพราะมีการจัดเรียงตัวของอะมิโลสใหม่ มีการขับน้ำออกจากเซลล์ขนมปัง ทำให้ขนมปังมีลักษณะแห้งแข็งและหดตัว จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล (2535) กล่าวว่าเนื้อขนมปังแน่นและแข็งขึ้นจากการตกผลึกอีกครั้งของสตาร์ช (retrogradation) และในระหว่างการเก็บรักษาอะมิโลแพกตินจะรวมตัวกัน มีผลให้เนื้อขนมปังแน่นขึ้น

การยอมรับรวม โดยวิธีให้คะแนนความชอบและใช้ระดับคะแนนที่ต่ำกว่า 5 เป็นเกณฑ์กำหนดตัวอย่างที่ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่ยอมรับ คะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมา มีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง มีคะแนนการยอมรับในวันเริ่มต้นเท่ากับ 8 และมีคะแนนลดลงเหลือ 7 ในวันที่ 2 และต่อมาในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ซึ่งผู้บริโภคไม่ยอมรับในการเก็บรักษา มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 3.33 ตัวอย่างขนมปังเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นจะมีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างช้าๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 14 วัน พบว่าวันที่ 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 14 ของการเก็บรักษา มีคะแนนการยอมรับเปลี่ยนแปลงจาก 8.00 เป็น 7.25, 7.00, 6.25, 6.25, 6.00, 6.00 และ 5.75 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะที่อุณหภูมิตู้เย็นจะลดอัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้น และอัตราการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันลงได้ และผู้บริโภคยังให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน

จากภาพที่ 8 พบว่าความชื้นของขนมปังจะลดลงมากในช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษา และการเปลี่ยนแปลงจะน้อยลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นหลังจากอายุเก็บรักษานาน 10 วัน ความชื้นของผลิตภัณฑ์จะมีแนวโน้มคงที่ เช่นเดียวกับค่าทีบีเอ ที่เพิ่มขึ้นมากในช่วงเริ่มต้น และเริ่มคงที่หลังจากอายุเก็บรักษานาน 10 วันสอดคล้องกับคะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ คะแนนการยอมรับรวมลดลงตามระยะเวลา และค่าทีบีเอที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความชื้นในขนมปังลดลง ผู้ประเมินยังให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น ตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 14 วัน

ผลิตภัณฑ์ขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง การเสื่อมเสียจะเร็วกว่าที่อุณหภูมิตู้เย็น ปริมาณความชื้นที่อายุการเก็บรักษา 4 วัน มีค่าเท่ากับร้อยละ 26.32 ขณะที่ค่าทีบีเอมีค่า 0.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ซึ่งมีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังที่อุณหภูมิตู้เย็น ผู้ประเมินไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมปังที่อุณหภูมิห้องที่อายุเก็บรักษา 4 วัน ด้วยคะแนนการยอมรับรวมเท่ากับ 3.33

ตารางที่ 14 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิตู้เย็น

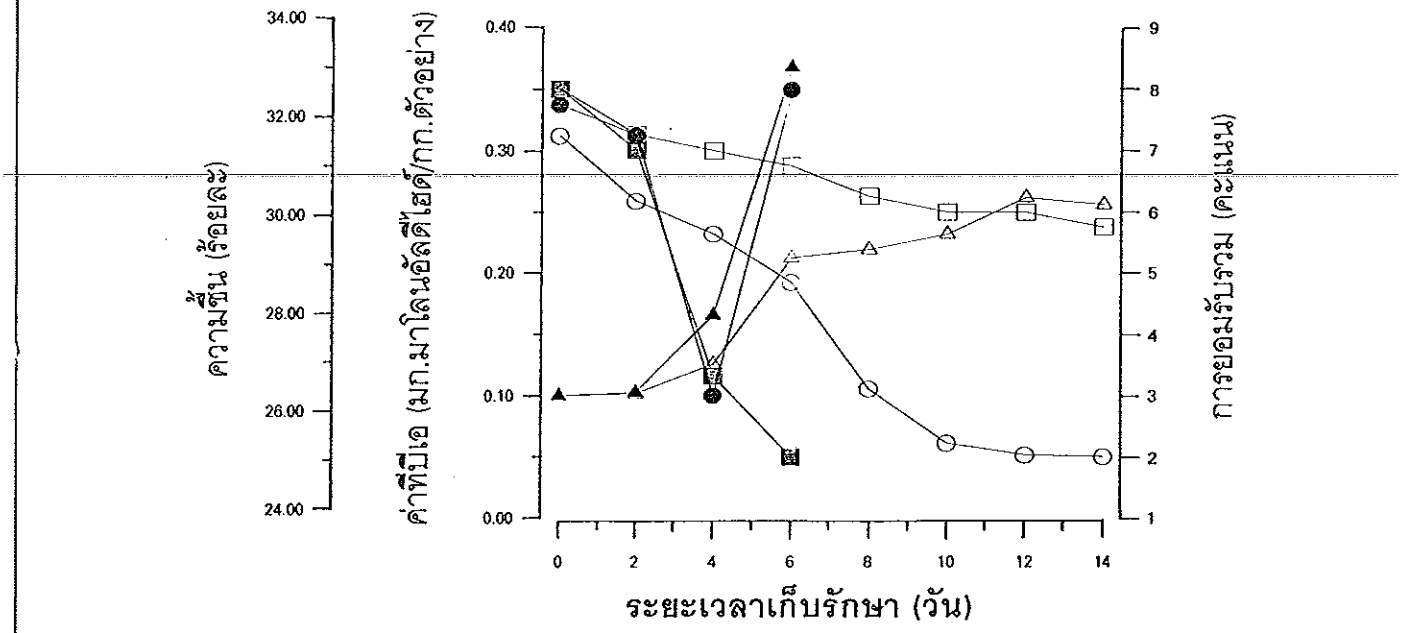
ระยะเวลา	คะแนนเฉลี่ยการยอมรับ											
	สี[1]		กลิ่นแปลกปลอม[1]		ความเค็ม[1]		ความสม่ำเสมอของรูพรุน[1]		ความนุ่ม[1]		การยอมรับรวม[2]	
(วัน)	RT	RF	RT	RF	RT	RF	RT	RF	RT	RF	RT	RF
0	2.25	2.25	1.35	1.35	1.35	1.35	7.50	7.50	7.77	7.77	8.00	8.00
2	2.30	2.32	1.35	1.80	1.35	1.47	7.05	7.00	6.47	6.42	7.00	7.25
4	5.50	3.93	1.77	1.50	1.77	1.78	6.20	5.30	3.93	5.47	3.33	7.00
6	-	3.32	-	1.62	-	1.70	-	5.82	-	4.62	-	6.75
8	-	3.25	-	1.87	-	1.45	-	5.95	-	4.63	-	6.25
10	-	3.27	-	1.92	-	1.72	-	5.77	-	4.23	-	6.00
12	-	3.25	-	2.27	-	2.35	-	5.75	-	4.20	-	6.00
14	-	3.30	-	1.82	-	1.95	-	5.85	-	3.00	-	5.75

หมายเหตุ RT = ตัวอย่างขนมปังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

RF = ตัวอย่างขนมปังเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

[1] การประเมินโดยวิธี QDA

[2] การประเมินโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (1= ชอบน้อยที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด)



ภาพที่ 8 คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาร้อยละ 2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น

—●— ความชื้นของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

—○— ความชื้นของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

—▲— ค่าทีบีเอของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

—△— ค่าทีบีเอของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

—■— คะแนนการยอมรับรวมของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

—□— คะแนนการยอมรับรวมของขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

6. การเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปังกับผลิตภัณฑ์ที่มีขายในท้องตลาด

จากตารางที่ 15 พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ผลิตขึ้น มีความชื้นร้อยละ 37.17 มากกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังยี่ห้อยินดีเบเกอรี่ และเลิศเบเกอรี่ ซึ่งเท่ากับร้อยละ 32.68 และ 35.93 ตามลำดับ มีปริมาณไขมัน และเถ้าร้อยละ 6.44 และ 2.10 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ มีค่าใกล้เคียงกับขนมปังในท้องตลาด ปริมาณโปรตีนมีค่าร้อยละ 15.49 (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งสูงกว่าผลิตภัณฑ์จากท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ค่า A_w ของผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ผลิตขึ้นมีค่าเท่ากับ 0.96 สูงกว่ายี่ห้อเลิศเบเกอรี่ที่มีค่า 0.95 แต่มีค่าต่ำกว่าขนมปังยี่ห้อยินดีเบเกอรี่ และยี่ห้อรอแยลเบเกอรี่ที่มีค่า A_w เท่ากับ 0.96 และ 0.98 ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทำให้ขนมปังที่ผลิตขึ้นมีแนวโน้มที่จะเก็บรักษาได้นานกว่าขนมปังยี่ห้อยินดีเบเกอรี่และรอแยลเบเกอรี่ เนื่องจากขนมปังจัดเป็นอาหารที่มีความชื้นปานกลาง ความคงทนของผลิตภัณฑ์เป็นผลมาจากการจำกัดความชื้น หรือค่า A_w (วราวุฒ ครูส่ง, 2538) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีค่าความฟ่าม, แรงเฉือนและค่า L a และ b เท่ากับ 0.13 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม, 8.03 นิวตัน, 68.09, - 0.44 และ 6.17 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด กล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นเป็นแหล่งของสารอาหารโปรตีน น่าจะทำให้การขาดสารอาหารโปรตีนในประชากรที่บริโภคลดลง ในขณะที่คุณภาพทางกายภาพมีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่มีขายในท้องตลาด และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

ตารางที่ 15 การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ผลิตขึ้นเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีขายในท้องตลาด

ปัจจัยคุณภาพ[1]	ชนิดขนมปัง			
	เลิศเบเกอรี่	ยินดีเบเกอรี่	รอแยลเบเกอรี่	ที่ผลิตขึ้น[3]
ความชื้น (ร้อยละ)	35.93±0.12^{b}	32.68±0.06^{c}	42.86±0.05^{a}	37.17±0.06^{c}
โปรตีน (ร้อยละ)*	11.96±0.22^{b}	12.13±0.17^{b}	13.56±0.15^{a}	15.49±0.33^{c}
ไขมัน (ร้อยละ)*[2]	7.58±0.12^{a}	7.23±0.28^{a}	4.76±0.23^{b}	6.44±0.08^{b}
เถ้า (ร้อยละ)*	1.98±0.12^{ab}	1.84±0.43^{b}	2.46±0.41^{a}	2.10±0.01^{ab}
A_w	0.95±0.01^{a}	0.96±0.02^{a}	0.98±0.01^{a}	0.96±0.00^{b}
ความฟ่าม (กรัม/ลบ.ซม)	0.17±0.04^{a}	0.14±0.10^{a}	0.15±0.07^{b}	0.13±0.01^{a}
แรงเฉือน (นิวตัน)	6.51±0.70^{a}	8.08±1.37^{a}	7.07±1.13^{a}	8.03±0.38^{ab}
ค่าสี				
L	69.24±1.68^{a}	68.20±4.26^{a}	66.82±2.09^{a}	68.09±1.76^{a}
a	- 0.49±0.11^{a}	- 0.31±0.05^{b}	- 0.38±0.05^{ab}	- 0.44±0.04^{a}
b	3.72±0.13^{a}	4.39±0.58^{a}	3.62±0.55^{a}	6.17±0.40^{a}

หมายเหตุ อักษร a, b, c ที่ต่างกันในแถวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1]ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

[2]Acid hydrolysis method (AOAC, 1990)

[3]สูตรขนมปังเสริมพลาสมาเข้มข้นระดับร้อยละ 2 และเติมเกลือร้อยละ 1.25

* ฐานน้ำหนักแห้ง

บทที่ 4

สรุป

การแยกเม็ดเลือดแดงจากเลือดสุกร ด้วยสารละลายกันการตกตะกอน ในอัตราส่วนสารละลาย 1 ส่วนต่อเลือดสุกร 1 ส่วน ได้พลาสมาที่ประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 95.28 ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และเกลือ ร้อยละ 2.79, 0.16, 1.45 และ 0.81 ตามลำดับ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 45.80 กรัมต่อลิตร พลาสมาที่ได้จากกระบวนการแยกมีลักษณะเป็นสีเหลืองใส

การนำวัตถุดิบพลาสมามาเสริมโปรตีนในผลิตภัณฑ์ขนมปัง พบว่าการใช้พลาสมาเข้มข้น จากกระบวนการระเหยในสูญญากาศที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสจนกระทั่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 10 มาเติมในสูตรขนมปังพื้นฐานในปริมาณร้อยละ 2 ของน้ำหนักส่วนผสม ให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้ประเมินและมีระดับโปรตีนร้อยละ 15.49 ขณะที่การเติมพลาสมาในปริมาณมากกว่านี้จะทำให้เนื้อขนมปังสีคล้ำ เนื้อหยาบ และมีกลิ่นแปลกปลอมมากขึ้น

การปรับเปลี่ยนปริมาณเกลือในสูตรขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาเข้มข้นร้อยละ 2 พบว่าการเพิ่มปริมาณเกลือจะทำให้ปริมาตรโดสูงขึ้น ขนมปังมีความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) การเติมเกลือที่ระดับร้อยละ 1.25 ของน้ำหนักแป้งในสูตรขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาเข้มข้นร้อยละ 2 ทำให้ขนมปังมีคุณภาพทางเคมีและกายภาพไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม($P>0.05$) และได้รับการยอมรับจากผู้ประเมิน

การสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมปังของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลางถึงสูง ลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสมีความสัมพันธ์กับความชอบรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการประเมินคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการปรับปรุงปริมาณเกลือแล้ว พบว่าที่อุณหภูมิห้องผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ผู้ประเมินไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่อายุการเก็บรักษา 4 วัน ส่วนที่อุณหภูมิตู้เย็นมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ผู้ประเมินยอมรับผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการเก็บรักษา 14 วัน

เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้น คุณภาพทางกายภาพไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) และพบว่าปริมาณโปรตีนของผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมาเท่ากับร้อยละ 15.49 สูงกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังที่มีขายในท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ. 2530. ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ.

จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2523. เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : พิฆเณศการพิมพ์. 230 หน้า.

จิตธนา แจ่มเมฆ, อรอนงค์ นัยวิกุล และ ปริศนา สุวรรณาภรณ์. 2540. "ผลิตภัณฑ์ขนมอบ" ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, หน้า 380 - 384. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฉันทนา นันทพงษ์. 2522. กรรมวิธีและสายพันธ์ยีสต์ที่เหมาะสมในการผลิตยีสต์สำหรับทำขนมปังในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2530. เทคนิคการตัดแต่งเนื้อสัตว์. เอกสารประกอบการอบรม ณ ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรม การเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน 1 - 4 มิถุนายน 2530.

ดวงรัตน์ นาคสด. 2538. การผลิตและการปรับปรุงคุณภาพลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เทวี ทองแดง. 2538. การผลิตปลาสะเต๊ะจากปลามูลค่าต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เนตรนภิส วัฒนสุชาติ, พยอม อัตถวิบูลย์กุล, บุญมา นิยมวิทย์ และ ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์. 2538. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เบเกอรี่โดยใช้แป้งเมล็ดฝ้ายโปรตีนสูง. ว.อาหาร 25(1) : 24 - 34.

บุญยืน สาริกะภูติ. 2522. โปรตีน. ภาควิชาเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประดับ ประสาทแก้ว. 2532. ระบบไหลเวียนเลือด. ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ปราณี วราสวัสดิ์. 2534. เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ธัญญพืช. ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร คณะธุรกิจการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์. 2540. "การเน่าเสียของอาหาร" ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, หน้า 73 - 91. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพรัตน์ โสภโณดร. 2539. เอกสารคำสอนวิชาเทคโนโลยีการแปรรูปโปรตีน. คณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เพลินใจ ตังคณะกุล, พัชรี ตั้งตระกูล, เนตรนภิส วัฒนสุชาติ,พยอม อัตถวิบูลย์กุล และ บุญมา นิยมวิทย์. 2538. คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขนมปังและคุกกี้ที่มีใยอาหารสูง. ว.อาหาร 25(2) : 95 - 106.

เพลินใจ ตังคณะกุล, สมจิต อ่อนเหม, มัณฑนา ร่วมรักษ์ และ ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์. 2537. การผลิตก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนจากแป้งเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย์). 28 : 432 - 440.

วินัย ประลมพ์กาญจน์. 2525. การผลิตสุกร. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิไลลักษณ์ กมลธรรม. 2538. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ไววิทย์ พุทธารี, วีระวรรณ จุละเกษม และ วิสุทธิ์ ใบไม้. 2523. การลำเลียงในสิ่งมีชีวิต : ชีววิทยาเล่มหนึ่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร : 262 - 306.

วราวุฒ ครูส่ง. 2538. จุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์.

ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรรณี เดชกำแหง. 2530. เคมีอาหารเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์.

เศรษฐกิจการเกษตร, สำนักงาน. กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2538. การผลิตและการตลาดสุกร. กรุงเทพมหานคร.

สายใจ จริยาเอกภาพ. 2536. กรรมวิธีการผลิตและคุณภาพของแคบหมูปรุงรส. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2534. เคมีอาหารเบื้องต้น. สงขลา : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532ก. ข้าวสาลี : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532ข. เอกสารคำสอนวิชาเบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. The Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Verginea : Arlington.

Bates, R.P., Wu, L.C. and Murphy, B. 1974. Use of animal blood and cheese whey in bread : nutritive value and acceptance. J. Food Sci. 39 : 585 - 587.

Brook, J., and Ratcliff, P.W. 1959. Dried bovine plasma I. Storage of spray dried plasma and freeze concentration of liquid plasma. J. Food Sci. Agri. 10 : 486 - 490.

Crenwelge, D.D., Dill, C.W., Tybor, P.T. and Landmann, W.A. 1974. A comparison of the emulsification capacities of some protein concentrates. J. Food Sci. 39 : 175 - 179.

Delaney, R.A.M. 1977. Protein concentrates from slaughter animal blood. I. Preparation and purification of red blood cell concentrates. J. Food Tech. 12 : 339 - 354.

_____. 1977. Protein concentrates from slaughter animal blood II. Properties of spray dried red blood cell concentrates. J. Food Tech. 12 : 358 - 368.

Donnelly, E.B. and Delaney, R.A.M. 1977. The fractionation of porcine plasma by potential food industrial techniques. J.Food Tech. 12 : 493 - 503.

Droste, R. 1915. Concealing the use of blood in bread. Chem Abstr. 9 : 27,826.

Faraji, H. and Decker, A.E. 1991. Inhibition of phosphatidylcholine liposome oxidation by porcine plasma. J. Food Sci. 56 : 1038 - 1042.

Faraji, H., Decker, E.A. and Aron , D.K. 1991. Suppression of lipid oxidation in phosphatidylcoline liposomes and ground pork by spray dried porcine plasma. J. Agric. Food Chem. 39(7) : 1288 - 1290.

Giese, J. 1994. Proteins as ingredients : type , function , applications. Food Technology. 48(10) : 49 - 60.

Hazarika, M. and Biro, G. 1993. Effect of incorporation of blood proteins into sausage. J. Food Tech. 30 : 380 - 381.

He, H. and Hoseney, R.C. 1992. Effect of the quantity of wheat flour protein on bread loaf volume. Cereal Chem. 69(1) : 17 - 19.

Hichberg, D.M. 1957. Useful products from animal blood. Chem & Process Eng. 38 : 188 - 193.

Howell, N.K. and Lawrie, R.A. 1983. Separation and functional properties of blood plasma proteins I. Separation and characterization. J. Food Tech. 18 : 747 - 762.

_____. 1984(a). Separation and functional properties of blood plasma proteins II. Gelling properties. J. Food Tech. 19 : 289 - 295.

_____. 1984(b). Separation and functional properties of blood plasma proteins III. Interaction with other proteins and sterbilizers. J. Food Tech. 19 : 297 -313.

Jobling, A. 1986. Recovery and utilization of edible protein. In Developments in Food Protein 4th ed. pp.49 - 52. B.J.F. Hudson ed. London : Elsevier Applied Science Pub.

Johnson, L.A. Hanel, E.F. and Hoseney. 1979. Bovine plasma as a replacement for egg in cakes. Cereal Chem. 56(4) : 339 - 342.

Kelly, W.R. 1984. Veterinary Clinical Diagnosis. 3rd ed., pp.322 - 352, London : Willian Clowes.

Khan, N.M., Rooney, L.W. and Dill, C.W. 1979. Baking properties of plasma protein isolate. J. Food Sci. 44 : 294 - 296.

Kobert, R. 1915. Blood Bread. Chem Abstr. 9 : 19,515.

Lee, C.C., Johnson , L.A., Love, J.A. and Johnson, S. 1991. Effect of processing and usage level on performanced of bovine plasma as an egg white substitute in cakes. Cereal Chem. 68 : 100 - 104.

Lee, C.C., Love, J.A. and Johnson, L.A. 1993. Sensory and physical properties of cakes with bovine plasma products substituted for egg. Cereal Chem. 70(1) : 18 - 21.

Puhr, D. P., and D' appolonia. 1992. Effect of baking absorption on bread yield, crumb moisture, and crumb water activity. Cereal Chem. 69(5) : 582 - 586.

Raeker, M .O. and Johnson, L.A. 1995(a). Cake-baking (high-ratio white layer) properties of egg white, bovine blood plasma, and their protein fractions. Cereal Chem. 72(3) : 299 - 303.

_____. 1995(b). Thermal and functional properties of bovine blood plasma and egg white proteins . J. Food Sci. 60(4) : 685 - 690.

Salih, A. M., Smith, D. M.,Price, J. F. and Dawson, L. E. 1987. Modified extraction 2-TBA medthod for measuring lipid oxidation in poultry. Poultry Sci. 66 : 1483 - 1488.

Srivastava, A. K., Patel, V. R. and Haridas, R. P. 1994. Effect of common salt substitution on the dough characteristics and bread quality. J. Food Sci. Technol. 31(1) : 15 - 18.

Suzuki, Y., Shimizu, M. 1982. Method for reducing the bacterial population of blood powder. U.S. Pat. 4,347,259. Sept 21.

Swenson, J.M. 1977. Physiological Properties and Cellular and Chemical Constituents of Blood in Dukes Physiology of Domestic Animal. 9th ed., pp. 14 - 35, Newyork: Vail - Ballou press.

Tyber, P.T., Dill, C.W. and Landmann, W.A. 1973. Effect of decolorization and lactose incorporation on the emulsification capacity of spray-dried blood protein concentrates. J. Food Sci. 38(1) : 4 - 10.

Tyber, P.T., Dill, C.W., Bryant, J., and Landmann, W.A. 1971. Heat denaturation of blood and serum proteins measured in saturated sodium chloride. J. Agric. Food Chem. 18(4) : 624 - 628.

Wang, Y and Barry, T.N. 1995. The extraction of radiolabelled inorganic sulphate from blood plasma. J.Sci Food Agric. 68 : 417 - 420.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1. ปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC, 1990)

อุปกรณ์

1.ถ้วยกระเบื้องสำหรับระเหย

2.ตู้อบไฟฟ้า 103 องศาเซลเซียส

3. อ่างไอน้ำ

4. โถดูดความชื้น

5. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการ

1. นำถ้วยระเหยล้างให้สะอาด อบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ตวงตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในถ้วยระเหยที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว

3. นำไประเหยให้แห้งในอ่างไอน้ำ

4. อบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

5. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 45 นาที

6. ชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{\text{น้ำหนักของแข็ง (มิลลิกรัม)}}{\text{มิลลิลิตรตัวอย่าง}} \times 100$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีอบในตู้อบไฟฟ้า (AOAC, 1990)

อุปกรณ์

1. ตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

2. ภาชนะหาความชื้น (จานอะลูมิเนียม พร้อมฝา)

3.โถดูดความชื้น

4 .เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 - 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วจึงชั่งน้ำหนัก

2. กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1 - 3 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส นาน 5 - 6 ชั่วโมง

4. นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะ พร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีก และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)}} \times 100$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 1990)

อุปกรณ์

1. เตาเผา (muffle furnace)
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปิดสวิทซ์เตาเผา แล้วรอประมาณ 30 - 40 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก

2. เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกัน ไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างพลาสมาแห้งให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 10 กรัม (พลาสมาสด 20 กรัม) ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่รู้น้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน แล้วนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาวและกระทำเช่นเดียวกับข้อ 1 - 2

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักถ้วยครูซิเบิลพร้อมเถ้า - น้ำหนักถ้วยครูซิเบิล}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

4. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (acid hydrolysis method : AOAC,1990)

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. แผ่นให้ความร้อน (hot plate)
3. ขวด Separating funnel
4. ถาดระเหย (evaporating dish)
5. ตู้อบไฟฟ้า

สารเคมี

1.สารละลายกรดไฮโดรคลอริค (กรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 25 ส่วน + น้ำ 11 ส่วน)
2. เอธิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 95
3. ไดเอธิลอีเทอร์
4. ปิโตรเลียมอีเทอร์

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2.00 กรัมใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมแอลกอฮอล์ 2 มิลลิลิตร คนให้ชื้นทั้งหมด เติมกรดไฮโดรคลอริก 10 มิลลิลิตร

2. ให้ความร้อนด้วยอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 70 - 80 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาที คนเป็นครั้งคราว เติมกรดไฮโดรคลอริก 10 มิลลิลิตรเมื่อการย่อยสมบูรณ์ทิ้งให้เย็น

3. ชะส่วนของสารจากบีกเกอร์ลงในขวด Separating funnel ด้วยไดเอทิลอีเธอร์ 25 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากัน

4. ล้างคอขวดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร (bp<60 องศาเซลเซียส) เขย่า 1 นาที ทิ้งไว้ให้แยกชั้น

5. แยกส่วนใสลงในบีกเกอร์ 125 มิลลิลิตร ที่ทราบน้ำหนักแล้ว ให้ความร้อนด้วยอ่างน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

6. ทำการสกัดสารในขวด Separating funnel ซ้ำครั้งที่สอง ด้วยไดเอทธิลอีเธอร์ 15 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แยกส่วนใสออกใส่ในบีกเกอร์เดียวกัน ล้างด้วยสารผสมระหว่างอีเธอร์และปิโตรเลียมอีเธอร์ (1 : 1) ระเหยในอ่างน้ำร้อน

8. นำมาอบที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส (ประมาณ 90 นาที) ทิ้งให้เย็นในอุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที ชั่งน้ำหนักและคำนวณหาร้อยละของไขมัน

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

5. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (direct extraction method : AOAC, 1990)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (soxhlet apparatus) ประกอบด้วยขวดกลมสำหรับใส่ตัวทำละลาย ซอคเลต (soxhlet) เครื่องควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)
3. ตู้อบไฟฟ้า
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด
5. โถดูดความชื้น

วิธีการ

1. อบขวดกลมสำหรับหาปริมาณไขมันซึ่งมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตรในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ห่อให้มิดชิด แล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ
3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซอคเลต

4. เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันปริมาณ 150 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตาให้ความร้อน

5. ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสาร ทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

6. เมื่อครบ 14 ชั่วโมง นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอคเลต และกลั่นเก็บสารทำละลายจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหย

7. นำขวดหาไขมันนั้นไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 - 90 องศาเซลเซียส จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

8. ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

6. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธีเจลดาล (AOAC,1990)

อุปกรณ์

1. ขวดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250 - 300 มิลลิลิตร
2. ชุดกลั่นโปรตีน (semi-microdistillation apparatus)
3. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร (volumetric flask)
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มิลลิลิตร (erlenmeyer flask)
5. ปิเปต ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร (volumetric pipett)
6. บิวเรต ขนาด 25 มิลลิลิตร (burett)
7. ลูกแก้ว
8. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. กรดซัลฟุริกเข้มข้น

2. สารเร่งปฏิกิริยาใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 1 ส่วนต่อโปแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 9 ส่วน

3. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 60

4. กรดบอริกเข้มข้น ร้อยละ 4

5. กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.02 นอร์มัล

6. อินดิเคเตอร์

- indicator เตรียมโดย ก.ซั่ง 0.125 กรัม เมธิลเรดและ 0.2 กรัมเมทิลีนบลู ละลายในเอธานอล 100 มิลลิลิตร และ ข. ซั่ง 0.1 กรัม โบรโมครีซอลกรีน ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร นำมาผสมกันในอัตราส่วน ก : ข เท่ากับ 5 : 1

วิธีการ

1.ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองให้ได้น้ำหนักแน่นอน ห่อให้มิดชิดใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน

2. เติมสารผสม $CuSO_4$ และ K_2SO_4 ประมาณ 5 กรัม

3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

4. ใส่ลูกแก้ว

5. ย่อยบนอุปกรณ์ให้ความร้อน จนกระทั่งได้สารละลายใส

6. ปล่อยทิ้งให้เย็น

7. เติมน้ำกลั่นลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว. ย่อยต่อจนกระทั่งหมดควัน

8. ทิ้งให้เย็นแล้วถ่ายลงในขวด ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ย่อยให้หมดสารละลายตัวอย่าง และปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

9. จัดอุปกรณ์กลั่น เปิดสวิทซ์ไฟ และเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่น

10. นำขวดขนาด 100 มิลลิลิตรซึ่งบรรจุกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ แล้วไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้ โดยส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

11. เติมสารละลายตัวอย่างปริมาณ 10 มิลลิลิตร ลงในช่องใส่ตัวอย่าง

12. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 60 ประมาณ 20 มิลลิลิตร

13. กลั่นประมาณ 10 นาที

14. ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จนได้จุดยุติสีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเขียว

15. ทำ blank ตามข้อ 1 - 15 โดยไม่ใส่สารตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(A-B) \times N \times 14 \times \text{Factor}}{W}$$

โดยที่ A = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทกับ blank (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (นอร์มัล)

Factor = ตัวเลขที่เหมาะสม (5.7 ในขนมปัง, 6.25 ในเนื้อสัตว์)
(น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของไนโตรเจน = 14.007)

7. การวิเคราะห์ปริมาณเกลือ (AOAC, 1990)

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 300 มิลลิลิตร
2. บิวเรตต์
3. ปิเปตต์ชนิดกระเปาะ (volumetric pipette) ขนาด 10, 15 และ 25 มิลลิลิตร
4. เตาไฟฟ้า (hot plate)

สารเคมี

1. เฟอร์ริกอินดิเคเตอร์
2. สารละลายแอมโมเนียมไธโอไซยาเนต (NH_4SCN) 0.1นอร์มัล
3. สารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$) 0.1 นอร์มัล

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักแน่นอน 0.5 กรัม ใส่ในฟลาสก์รูปกรวย 250 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรต 0.1 นอร์มัล ปริมาตร 35 มิลลิลิตร
3. เติมกรดไนตริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร
4. ย่อยในตู้ควันนาน 15 นาที ทำให้เย็น เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร
5. เติมเฟอร์ริกอินดิเคเตอร์ 5 มิลลิลิตร
6. ไตเตรทด้วยสารละลายแอมโมเนียมไธโอไซยาเนต 0.1นอร์มัล จนจุดยุติเป็นสีน้ำตาล

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเกลือ(ร้อยละ)} = \frac{0.0058 \times (a-b)}{W} \times 100$$

โดยที่

a = ปริมาตรของสารละลาย $AgNO_3$ 0.1 นอร์มัลที่เติมลงไป (มิลลิลิตร)

b = ปริมาตรของสารละลาย (NH_4SCN) 0.1 นอร์มัลที่ใช้ในการไตเตรท (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

8. วิเคราะห์ค่า TBA (Salih, et al., 1987)

อุปกรณ์

1. กระดาษกรอง (Whattman No.2)
2. เครื่องเหวี่ยงแยกตะกอน
3. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง
4. ปิเปต
5. หลอดทดสอบชนิดมีจุก
6. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)

สารเคมี

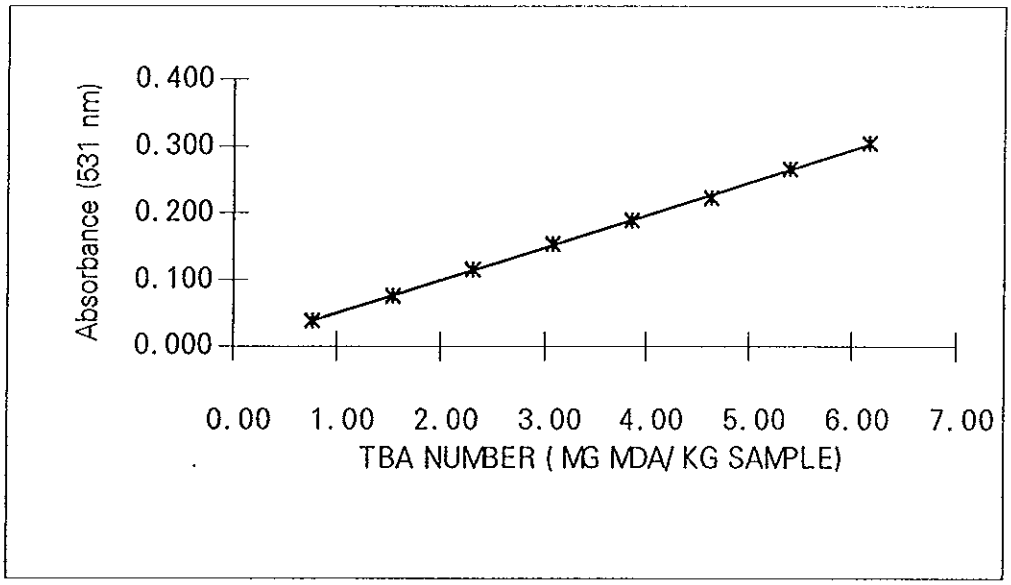
1. กรดเปอร์คลอริกเข้มข้นร้อยละ 3.86
2. สารละลายบิวทิลเลตเตด ไฮดรอกซีแอนิโซล (BHA) ในเอธานอล
3. สารละลายไธโอบาบิทูริค แอซิด (TBA) เข้มข้น 0.02 M
4. Stock solution 1,1,3,3 -เตตระอีทอกซีโพรเพน (TEP) ความเข้มข้น $1x10^{-7}$ M ในน้ำกลั่น

วิธีการ

1. นำตัวอย่าง 10 กรัม มาละลายด้วยสารละลายกรดเปอร์คลอริก 35 มิลลิลิตร เติมสาร BHA ในอัตราส่วน 125 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมไขมัน
2. นำไปเหวี่ยงแยกตะกอนที่ความเร็ว 13,800 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที
3. กรองด้วยกระดาษกรอง (Whattman No.2) ล้างด้วยน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลาย 0.02 M TBA 5 มิลลิลิตร และนำไปไว้ในที่มืดเป็นเวลา 15 - 17 ชั่วโมง หรือให้ความร้อนในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 531 นาโนเมตร โดยใช้ Blank เป็นน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และสารละลาย 0.02 M TBA 5 มิลลิลิตร
5. เตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลาย 1,1,3,3 - TEPความเข้มข้น $1x10^{-8}$ - $8x10^{-8}$ ปริมาณ 5 มิลลิลิตรโดยผสมกับ 0.02 M TBA 5 มิลลิลิตร

การคำนวณ

ค่าความหืน (มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัมตัวอย่าง) = 0.77 x ความเข้มข้นของ MDA จากกราฟมาตรฐาน



ภาพผนวกที่ 1 กราฟมาตรฐานระหว่างค่า ทีบีเอ (มิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮน์/กิโลกรัมตัวอย่าง) กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 531 นาโนเมตร

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. วิเคราะห์ความสามารถในการละลาย (ดัดแปลงจาก Suzuki and Shimizu ,1982)

อุปกรณ์

1. เครื่องเขย่า
2. ตู้อบไฟฟ้า
3. กระดาษกรอง

วิธีการ

1. ชั่งผลิตภัณฑ์พลาสมาแห้ง 2 กรัมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน เติมน้ำกลั่นจำนวน 50 มิลลิลิตร
2. แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า ที่ความเร็ว 350 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. นำสารละลายที่ได้กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว
4. จากนั้นนำกระดาษกรอง พร้อมสิ่งที่ตกค้างบนกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 102 $\pm$3 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1 - 2 ชั่วโมงจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ คำนวณความสามารถในการละลายจากสูตร

$$\text{ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น-น้ำหนักตะกอน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

2. วิเคราะห์ความสามารถในการเป็นโฟม (ดัดแปลงจาก Vani and Zayas, 1995)

อุปกรณ์

1. กระบอกตวงขนาด 250 มิลลิลิตร

2. เครื่องบดผสม

วิธีการ

1. นำพลาสมามาละลายในน้ำกลั่น ที่ผ่านการขจัดอิออนแล้ว 50 มิลลิลิตร

2. ปั่นด้วยเครื่องปั่นผสมเป็นเวลา 30 วินาที บันทึกปริมาตรของโฟมเป็นค่าการขยายตัวของโฟม (foam expansion: FE)

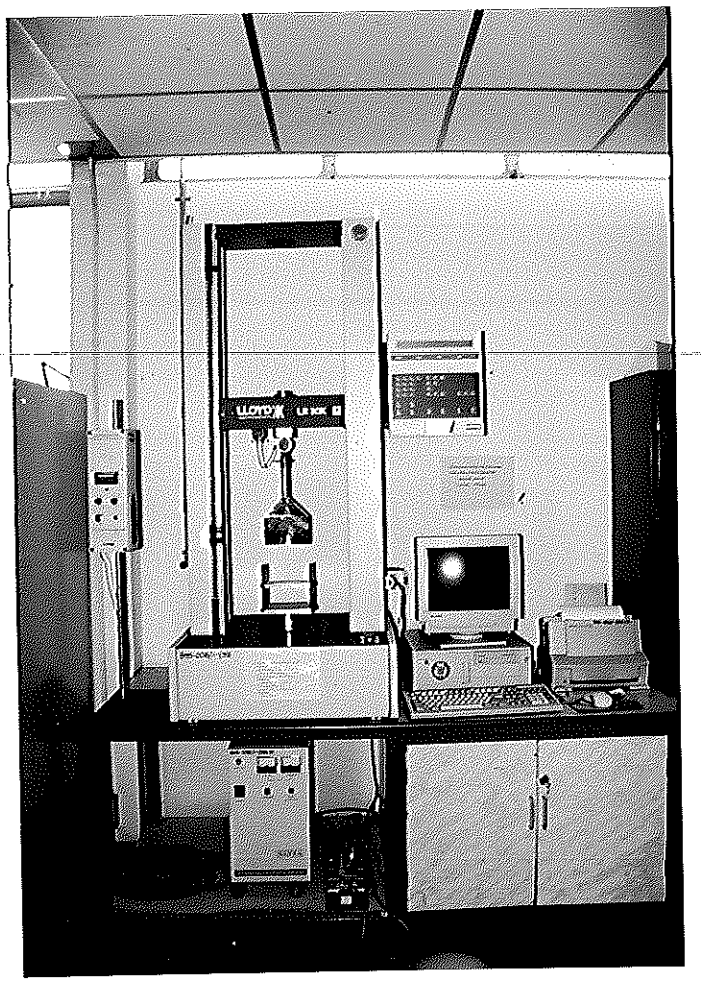
3. ปริมาตรของโฟมเมื่อทิ้งไว้ที่เวลา 30, 60, 90 และ 120 นาทีบันทึกเป็นค่าความคงตัวของโฟม (foam stability : FS)

4. คำนวนค่า Foaming capacity ที่เวลาต่างๆ ในขั้นต้น

$$\text{Foaming Capacity} = \frac{\text{ปริมาตรรวมหลังเขย่า (มิลลิลิตร)}}{\text{ปริมาตรของของเหลวหลังเขย่า (มิลลิลิตร)}}$$

3. การวัดค่าแรงเฉือนโดยใช้เครื่อง Lloyd instrument testing

นำตัวอย่างขนมปัง ทำการวัดพื้นที่หน้าตัดและความสูงของตัวอย่าง แล้วป้อนข้อมูลลงในเครื่อง นำตัวอย่างมาวัดค่าแรงเฉือน โดยใช้ scale range 10 กิโลกรัม load cell, speed 200 มิลลิเมตรต่อนาที ทำการตัดชิ้นขนมปังจนขาดออกจากกัน วัดค่าแรงสูงสุดที่ใช้ รายงานผลหน่วยเป็นนิวตัน (N) อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้แสดงในภาพผนวกที่ 2



ภาพผนวกที่ 2 เครื่อง Lloyd instrument testing ติดตั้งหัววัด TG80 warner bratzler shear test cell

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางจุลินทรีย์

1. การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 1990)

วัสดุและอุปกรณ์

อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ Plate count agar (PCA)

สูตรอาหาร

Tryptone	5	กรัม
Yeast extract	2.5	กรัม
Glucose	1.0	กรัม
Agar	15.0	กรัม
pH	7.1 $\pm$ 0.1	

วิธีเตรียม

1. ละลายส่วนผสมในน้ำกลั่น 1 ลิตร คนให้เข้ากัน
2. ต้มจนสารละลายเดือดนึ่งฆ่าเชื้อด้วยความดันไอน้ำ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที
3. สารเคมี 0.85% NaCl
4. เครื่องแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
   - ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร
   - จานเพาะเชื้อจุลินทรีย์ และหลอดทดสอบขนาดกลาง
   - ขวดสำหรับใส่ 0.85 % NaCl
5. ถุงพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อ
6. มีดปลายแหลมที่ผ่านการฆ่าเชื้อ
7. เครื่องตีปั่นไฟฟ้า (stomacher)
8. เครื่องเขย่าหลอด (vertex mixer)

9. เครื่องอังไอน้ำ

10. ตู้บ่มเชื้อ

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างขนมปัง 10 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

2. เติม 0.85 % NaCl ลงไป 90 มิลลิลิตร ตีปั่นด้วยเครื่องตีปั่นไฟฟ้า นาน 2 นาทีจะได้อาหารเจือจาง 10^{-1}

3. ปิเปตอาหาร 10^{-1} (ข้อ 2) 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอด 0.85 % NaCl ปริมาณ 9 มิลลิลิตร จะได้อาหารเจือจาง 10^{-2}

4. ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี pour plate ในอาหาร PCA (ประมาณ 18 - 20 มิลลิลิตรต่อจาน) โดยใช้อาหารระดับเจือจาง 10^{-1} และ 10^{-2} ทำ 3 ซ้ำ ต่อ 1 ระดับความเจือจาง บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน

2. การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 1990)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

2. Potato dextrose agar (PDA)

สูตรอาหาร

Potatoes in fusion form	200	กรัม
Dextrose	20	กรัม
Agar	15	กรัม

วิธีเตรียม

ต้มส่วนผสมในน้ำกลั่น 1 ลิตร กรอกใส่ Tube หรือ Flasks นึ่งฆ่าเชื้อ ที่ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที pH สุดท้าย 5.6

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 10 กรัม ลงในถ้วยบดตัวอย่างที่ปลอดเชื้อ

2. เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์จำนวน 90 มิลลิลิตร แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 1 นาที นำไปตั้งทิ้งในตู้เย็น 30 นาที

3. ทำการเจือจางอาหารด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 9 มิลลิลิตร ให้มีระดับความเจือจางเป็น 1 : 1000, 1 : 10000 ตามลำดับ

4. ปิเปตตัวอย่างอาหารจากระดับความเจือจาง 4 ระดับ ระดับละ 2 ซ้ำ ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร PDA จานละ 0.1 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วงอที่ฆ่าเชื้อ แล้วเกลี่ยจนผิวหน้าของอาหารแห้ง

5. บ่มที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) เวลา 72 ชั่วโมง

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี QDA เพื่อศึกษาผลของการใช้พลาสมาสุกรเสริมโปรตีนในขนมปัง

ชื่อผลิตภัณฑ์.....ขนมปัง ผู้ประเมินลำดับที่.....

ชื่อผู้ชิม (นาย,นาง,นางสาว).....

วันที่..... เวลา.....

<u>คำอธิบาย</u> กรุณาประเมินตัวอย่างจากซ้ายไปขวา ชิมตัวอย่างแล้วประเมินลักษณะเนื้อ กลิ่นรส ตามที่เห็นว่าสมควร แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นแนวนอนของแต่ละปัจจัยตามที่เห็นว่าเหมาะสม กรุณาบ้วนปากหลังชิมตัวอย่างทุกครั้ง และใช้เวลาของท่านให้เต็มที่ในการประเมินตัวอย่าง

สีเนื้อขนมปัง

ขาว เหลืองอ่อน

ลักษณะรูพรุน

สม่ำเสมอ ไม่สม่ำเสมอ

กลิ่นแปลกปลอม

น้อย มาก

ความนุ่ม

น้อย มาก

รสเค็ม

น้อย มาก

<u>หมายเหตุ</u> -กลิ่นแปลกปลอมได้แก่ กลิ่นที่ผิดปกติจากขนมปังทั่วไป

<u>วิจารณ์และข้อเสนอแนะ</u>.....

แบบทดสอบชิม Hedonic Rating method ขนมปัง

ผู้วิจัยมีความประสงค์ที่จะทดสอบคุณภาพของขนมปังที่ผลิตจากห้องปฏิบัติการ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โปรดให้คะแนนความชอบรวม ตัวอย่างขนมปังตามความหมายต่อไปนี้

ระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด
ระดับคะแนน 8 หมายถึง ชอบมาก
ระดับคะแนน 7 หมายถึง ชอบปานกลาง
ระดับคะแนน 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย
ระดับคะแนน 5 หมายถึง เฉยๆ
ระดับคะแนน 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย
ระดับคะแนน 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง
ระดับคะแนน 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก
ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	ระดับคะแนน
----------	----------
----------	----------
----------	----------
----------	----------

ขอบคุณครับ.

แบบสอบถามผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ขนมปัง

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งในงานวิจัยของ นายณัฐพร รัตนพรรณ์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีอาหาร ข้อมูลที่ท่านตอบจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะตรงกับความต้องการของผู้บริโภค โดยข้อมูลที่ท่านให้ไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

คำแนะนำ กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ท่านเลือก

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

1. เพศ

   ☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

   ☐ 16 - 25 ปี ☐ 26 - 35 ปี ☐ 35 ปีขึ้นไป

3. การศึกษา

   ☐ ประถมศึกษา ☐ มัธยมศึกษา

   ☐ อนุปริญญาหรือต่ำกว่า ☐ อุดมศึกษา

4. รายได้ต่อเดือน

   ☐ ต่ำกว่า 4,000 บาท ☐ 4,000 - 8,000 บาท

   ☐ 8,000 - 15,000 บาท ☐ 15,000 บาทขึ้นไป

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการบริโภคขนมปัง

1. ท่านชอบบริโภคขนมปังหรือไม่

   ☐ ชอบ ☐ เฉย ๆ ☐ ไม่ชอบ

   ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

2. รูปแบบการบริโภคขนมปังของท่าน

   ☐ บริโภคเป็นอาหารเช้า ☐ บริโภคเป็นอาหารว่าง

   ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

3. ลักษณะการบริโภคขนมปังต่อสัปดาห์

   ☐ น้อยกว่า 2 ครั้ง ☐ 2 - 4 ครั้ง

   ☐ 5 - 6 ครั้ง ☐ มากกว่า 6 ครั้ง

4. ปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อขนมปัง (เลือกตอบ 1ข้อ)

☐ รสชาติ ☐ คุณค่าทางอาหาร

☐ ความสะดวก ☐ ราคา

☐ โฆษณา ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

5. รูปแบบการบริโภคขนมปัง

☐ ทาเนย,นม หรือแยม ☐ ปิ้ง ทาเนย,นม หรือแยม

☐ ปิ้ง ทาเนยและใส่น้ำตาล ☐ รูปแบบแซนวิช (มีผัก เนื้อสัตว์ หรือไส้กรอก)

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

ส่วนที่ 3

โปรดกา ✓ ให้คะแนนความชอบที่มีต่อตัวอย่างขนมปัง ตามความหมายต่อไปนี้

ระดับคะแนน 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ชอบมาก

ระดับคะแนน 3 หมายถึง ชอบปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายถึง ชอบน้อย

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด

	ระดับคะแนน				
ลักษณะประเมิน	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
ลักษณะปรากฏ	☐	☐	☐	☐	☐
สี	☐	☐	☐	☐	☐
กลิ่น	☐	☐	☐	☐	☐
เนื้อสัมผัส	☐	☐	☐	☐	☐
รสชาติ	☐	☐	☐	☐	☐
ความชอบรวม	☐	☐	☐	☐	☐

ขอบคุณครับ.

แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี QDA เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมโปรตีนจากพลาสมา ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น

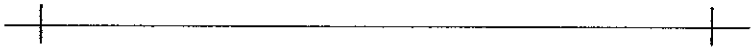
ชื่อผลิตภัณฑ์.....ขนมปัง ผู้ประเมินลำดับที่.....

ชื่อผู้ชิม (นาย,นาง,นางสาว).....

วันที่..... เวลา.....

คำอธิบาย กรุณาประเมินตัวอย่างจากซ้ายไปขวา ชิมตัวอย่างแล้วประเมินลักษณะเนื้อ กลิ่นรส ตามที่เห็นว่าสมควร แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นแนวนอนของแต่ละปัจจัยตามที่เห็นว่าเหมาะสม กรุณาบ้วนปากหลังชิมตัวอย่างทุกครั้ง และใช้เวลาของท่านให้เต็มที่ในการประเมินตัวอย่าง

สีเนื้อขนมปัง

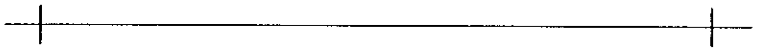


ขาว เหลืองอ่อน

ลักษณะรูพรุน

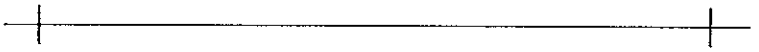
ไม่สม่ำเสมอ สม่ำเสมอ

กลิ่นแปลกปลอม



น้อย มาก

ความนุ่ม



น้อย มาก

รสเค็ม

น้อย มาก

หมายเหตุ -กลิ่นแปลกปลอมได้แก่ กลิ่นที่ผิดปกติจากขนมปังทั่วไป

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....

.....

แบบทดสอบชิม Hedonic Rating method ขนมปัง

ผู้วิจัยมีความประสงค์ที่จะทดสอบชิมคุณภาพของขนมปังที่ผลิตจากห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โปรดให้คะแนนการยอมรับตัวอย่างขนมปังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิตู้เย็นตามความหมายต่อไปนี้

ระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด
ระดับคะแนน 8 หมายถึง ชอบมาก
ระดับคะแนน 7 หมายถึง ชอบปานกลาง
ระดับคะแนน 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย
ระดับคะแนน 5 หมายถึง เฉยๆ
ระดับคะแนน 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย
ระดับคะแนน 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง
ระดับคะแนน 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก
ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	ระดับคะแนน
----------	----------
----------	----------
----------	----------
----------	----------

ขอบคุณครับ.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายณัฐพร รัตนพรรณ์

วันเดือนปีเกิด 15 มิถุนายน 2514

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2537

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับระหว่างการศึกษา)

ทุนคุรุทายาทระดับอุดมศึกษา จากสถาบันราชภัฏภูเก็ต จ.ภูเก็ต