

**การปรับปรุงคุณภาพขนมปังเพื่อใช้ในการกระบวนการผลิตไอศกรีมแซนด์วิช
(The Quality Improvement of Bread for Ice Cream Sandwiches Processing)**

ชัชฎา เตชะวงศ์¹⁾ หัสรินทร์ กาวิละ¹⁾ และ นันทินา เทียงธรรม^{*2)}
ชื่อผู้วิจัย¹⁾ ชื่อหัวหน้าโครงการ^{*2)}

- 1) ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏลำปาง
- 2) ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏลำปาง

Email : nanthinap@yahoo.com

บทคัดย่อ

การปรับปรุงสูตรการผลิตขนมปังเพื่อลดการเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) โดยการศึกษาชนิดของแป้งสาลีต่อแป้งดัดแปรจากสองบริษัท คือ บริษัท A เป็นแป้งดัดแปรชนิดเอสเทอร์ (Starch Ester) อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งดัดแปร 100 : 0, 90 : 10, 85 : 15, 80 : 20 และ 75 : 25 บริษัท B เป็นแป้งดัดแปรชนิดพรีเจลาติไนซ์ (Pregelatinized Starch) อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งดัดแปร 100 : 0, 98 : 2, 96 : 4, 94 : 6 และ 92 : 8 ศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังเพื่อลดต้นทุนการผลิตอัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาล 6 : 4, 5 : 3, 5 : 2, 4 : 3 และ 4 : 2 พบว่า อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งดัดแปร 85 : 15 อัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาล 5 : 2 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังของแป้งจากบริษัท A อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งดัดแปร 94 : 6 อัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาล 5 : 3 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังของแป้งจากบริษัท B สามารถลดการเกิดรีโทรเกรเดชันได้ และได้รับการยอมรับมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดจากสูตรที่เหมาะสมของทั้งสองบริษัท เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่า การผลิตขนมปังของแป้งจากบริษัท B เป็นสูตรที่เหมาะสม ทั้งนี้สามารถลดการเกิดรีโทรเกรเดชันได้ และได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในการศึกษาอายุการเก็บขนมปัง โดยเก็บขนมปังไว้ที่อุณหภูมิ -20 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลา 30 วัน ทดสอบคุณภาพทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสทุก 7 วัน พบว่า การใช้แป้งดัดแปรพรีเจลาติไนซ์ของแป้งจากบริษัท B สามารถลดการเกิดรีโทรเกรเดชันได้ ในช่วงสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 1 มากที่สุด โดยมีค่าแรงกดจากการวัดเนื้อสัมผัสน้อยกว่าสูตรควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.249 และ 0.240 N/nm ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของขนมปังสูตรควบคุม พบว่า มีปริมาณความชื้น 35.26 %, โปรตีน 2.76 %, ไขมัน 4.77 %, เยื่อใย 0.71 %, เถ้า 1.33 % และคาร์โบไฮเดรต 55.8 % ขนมปังจากสูตรที่เหมาะสมของบริษัท B มีปริมาณความชื้น 41.01 %, โปรตีน 2.73 %, ไขมัน 4.54 %, เยื่อใย 0.52 %, เถ้า 1.33 % และคาร์โบไฮเดรต 50.39 %

คำสำคัญ (keywords) : ขนมปัง แป้งพรีเจลาติไนซ์ แป้งเอสเทอร์ รีโทรเกรเดชัน

บทนำ

ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากแป้งเป็นหลัก และอุตสาหกรรมการผลิตขนมปังได้มีการขยายตัวมากขึ้นทั้งอุตสาหกรรมขนาดเล็กไปจนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ตลอดจนอุตสาหกรรมครัวเรือน ขนมปังจึงมีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนไทยมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเอาขนมปังมาบริโภคหรือนำขนมปังแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในอุตสาหกรรมอาหาร มักพบปัญหาที่เกิดขึ้นกับตัวขนมปัง เช่น การผลิตผลิตภัณฑ์ไอศกรีม แชนวิชของโรงงานเจริญดี ที่เนื้อขนมปังแตกหักและร่วนซุย เมื่อนำขนมปังไปผลิตผลิตภัณฑ์ไอศกรีมแชนวิช แล้วเก็บที่อุณหภูมิ -20 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังเปลี่ยนแปลงไป เกิดการตกผลึก(Recrystallization) ซึ่งเรียกว่า การเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation)

การเกิดรีโทรเกรเดชัน เป็นการเกิดเนื่องจากปฏิกิริยาภายใน หรือระหว่างโมเลกุลที่เป็นเส้นตรงของอะมิโลเพกติน ในการทำขนมปังนิยมใช้แป้งสาลีซึ่งแป้งสาลีนั้นมีอะมิโลเพกตินอยู่สูง เมื่ออะมิโลเพกตินเกิดการเปลี่ยนแปลง จะทำให้เกิดสีขาวขุ่น เกิดการขยายตัวของผลึกทำให้โครงสร้างของแป้งเปลี่ยนแปลงไป (ปริศนา, มปป.) จึงทำให้คุณภาพของขนมปังที่ได้นั้นไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ด้วยสาเหตุนี้จึงทำการศึกษา การปรับปรุงคุณภาพและพัฒนาสูตรการผลิตให้เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ไอศกรีมแชนวิชภายใต้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำ เพื่อให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี ไม่แตกหัก ร่วนซุย หลังจากผ่านการแช่เยือกแข็งในขั้นตอนการแช่เยือกแข็งไอศกรีม ทั้งนี้เพื่อช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับทางโรงงานได้อีกทางหนึ่ง

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. ปรับปรุงสูตรการผลิตขนมปังเพื่อลดการเกิดรีโทรเกรเดชัน

1.1 ผลิตสูตรควบคุมของขนมปังให้มีคุณภาพ

การผลิตสูตรควบคุมของขนมปังโดยมีส่วนประกอบและวิธีการดังต่อไปนี้ แป้งสาลีตราหงส์ขาว 100 % , สารเสริมคุณภาพตรา 99 0.5 % , นมผงขาดมันเนย 4.45 % , ยีสต์เมารีแพนดลากสีทอง 1 % , น้ำ 62.45 % , น้ำตาลทราย 4% , เกลือ 1.67 % และเนยขาว 6 % ของน้ำหนักแป้งต่อ 100 กรัม ร่อนแป้งสาลี ตราหงส์ขาว สารเสริมคุณภาพตรา 99 และหางนมผงขาดมันเนยผสมยีสต์เข้าด้วยกัน พักไว้ 1 นาที ละลายน้ำตาลทรายและเกลือในน้ำ เทลงในส่วนผสมของแป้ง ใช้ความเร็วต่ำเป็นเวลา 40 ± 10 วินาที เติมนมผงขาดมันเนยผสมยีสต์เข้าด้วยความเร็วปานกลางเป็นเวลา 10 ± 5 นาที เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่เรียบเนียน พักโดที่ได้อีก 10 นาที คลึงไล่อากาศเล็กน้อยแบ่งโดออกเป็นก้อน หนักก้อนละ 160 กรัม คลึงเป็นก้อนกลม พัก 10 นาที คลึงโดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ม้วนเป็นท่อนกลมวางโด จำนวน 5 ก้อน ลงในพิมพ์ขนาด $4 \frac{1}{2} \times 4 \times 12$ นิ้ว หมักจนขึ้นเต็มพิมพ์อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ประมาณ 35-40 นาที หรือจนกระทั่งสุก (ดัดแปลงจากสูตรและกรรมวิธีการผลิตจากขนมปังแชนวิช ผศ.จิตรนา แจ่มเมฆ, มปป.)

1.2 ศึกษาชนิดของแป้งในสูตรการผลิตขนมปัง

โดยใช้แป้งสาลีและแป้งดัดแปร (Modified Starch) จากบริษัท A ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งดัดแปร ดังนี้ 100 : 0 (สูตรควบคุม), 90 : 10, 85 : 15, 80 : 20 และ 75 : 25 และบริษัท B ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งดัดแปร ดังนี้ 100 : 0 (สูตรควบคุม), 98 : 2 , 96 : 4 , 94 : 6 และ 92 : 8 ตามลำดับ ใช้สูตรและกรรมวิธีการผลิต ตามข้อ 1.1 ทำการทดสอบทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่าสีด้วยเครื่อง Colorimeter ระบบ Hunter Color System ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-300 ทดลอง 3 ซ้ำ การวัดค่าแรงกด (Compression Force) จากการวัดเนื้อสัมผัส

ด้วยเครื่อง Texture Analyser ยี่ห้อ Housfield รุ่น KS หัวกดขนาด 8 มิลลิเมตร ทดลอง 5 ซ้ำ หลังจากการแช่เยือกแข็งขนมปังที่ -20 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบความแตกต่างสิ่งทดลอง โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ, สีของเนื้อใน, กลิ่นรส, เนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวม หลังจากการแช่เยือกแข็งขนมปังที่ -20 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที โดยใช้ผู้ทดสอบ 60 คน ใช้แบบทดสอบ Hedonic Scale วางแผนการทดลองแบบ RCBD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เปรียบเทียบความแตกต่างสิ่งทดลอง โดยวิธี (DMRT)

1.3 ศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตขนมปัง

จากข้อ 1.2. จะได้สูตรส่วนที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังเพื่อลดการเกิดริ้วรอยแตกและแปรผันอัตราส่วนปริมาณไขมันต่อปริมาณน้ำตาล จากสูตรควบคุม ดังนี้ 5 : 3, 5 : 2, 4 : 3 และ 4 : 2 ผลิตขนมปังตามสูตรและกรรมวิธีการผลิต เช่นเดียวกับข้อ 1.1 ทดสอบคุณภาพทางกายภาพ ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เช่นเดียวกับข้อ 1.2

1.4 ศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตขนมปังเพื่อลดการเกิดริ้วรอยแตก

จากการศึกษา ข้อ 1.2 และ 1.3 จะได้สูตรที่เหมาะสมของแต่ละบริษัท ผลิตขนมปังตามกรรมวิธี ข้อ 1.1 ทดสอบคุณภาพทางกายภาพ ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เช่นเดียวกับข้อ 1.2 เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

2. ศึกษาอายุการเก็บรักษาขนมปังที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.1 ศึกษาอายุการเก็บขนมปังจากสูตรในข้อ 1

ผลิตขนมปังจากสูตรควบคุม ตามข้อ 1.1 และจากสูตรที่เหมาะสมสำหรับผลิตขนมปังเพื่อลดการเกิดริ้วรอยแตก ตามกรรมวิธีการผลิตขนมปัง ข้อ 1.1 แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บรักษาขนมปังต่อเป็นเวลา 30 วัน โดยเก็บตัวอย่างตรวจสอบทุก 7 วัน ทดสอบคุณภาพทางกายภาพ ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับข้อ 1.2 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เปรียบเทียบข้อมูลด้วยวิธี t-test ในการศึกษาอายุการเก็บในแต่ละสัปดาห์

2.2 ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี

ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของขนมปังสูตรควบคุมและสูตรขนมปังที่เหมาะสมสำหรับการผลิตขนมปังเพื่อลดการเกิดริ้วรอยแตกดังนี้

- การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (A.O.A.C, 1998)
- การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C, 1998)
- การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (A.O.A.C, 1998)
- การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (A.O.A.C, 1998)
- การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (A.O.A.C, 1998)
- การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (A.O.A.C, 1998)

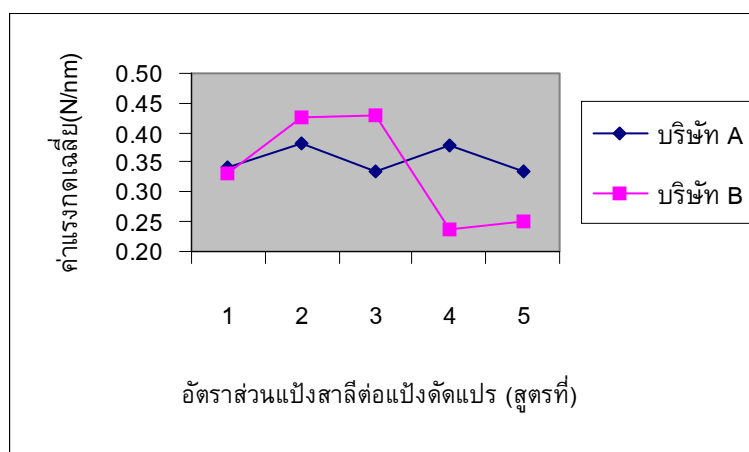
ผลและวิจารณ์

1 ปรับปรุงสูตรการผลิตขนมปังเพื่อลดการเกิดริ้วรอย

1.1 ศึกษาชนิดของแป้งในสูตรการผลิตขนมปัง

จากการศึกษาชนิดของแป้งทดแทนของบริษัท A ซึ่งเป็นแป้งทดแทนชนิดเอสเทอร์ ในอัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งทดแทน 100 : 0, 90 : 10, 85 : 15, 80 : 20 และ 75 : 25 และชนิดของแป้งทดแทนของบริษัท B ซึ่งเป็นแป้งทดแทนชนิดฟรียูเรอโนลีน ในอัตราส่วนแป้ง

สาลีต่อแป้งทดแทน 100 : 0, 98 : 2, 96 : 4, 94 : 6 และ 92 : 8 ผลการทดสอบทางกายภาพ แสดงดังรูปที่ 1 และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงดังรูปที่ 2 – 3



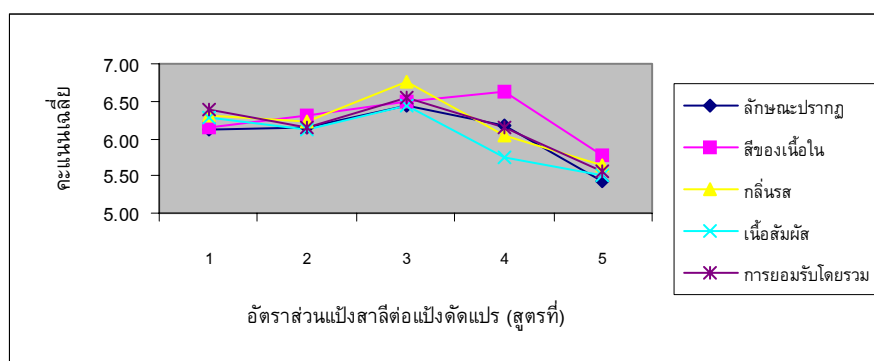
รูปที่ 1 กราฟแสดงค่าแรงกดของขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งทดแทนของบริษัท A และบริษัท B

หมายเหตุ บริษัท A สูตร 1 = สูตรควบคุม, สูตร 2 = 90 : 10, สูตร 3 = 85 : 15, สูตร 4 = 80 : 20 และสูตร 5 = 75 : 25
บริษัท B สูตร 1 = สูตรควบคุม, สูตร 2 = 98 : 2, สูตร 3 = 96 : 4, สูตร 4 = 94 : 6 และสูตร 5 = 92 : 8

จากรูปที่ 1 พบว่า แนวโน้มของค่าแรงกดเฉลี่ยของบริษัท A นั้น มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่สูตรการผลิตขนมปังสูตรที่ 3 และสูตรที่ 5 มีค่าแรงกดเฉลี่ยที่เท่ากัน เท่ากับ 0.334 N/gm ส่วนค่าแรงกดเฉลี่ยของบริษัท B นั้นมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเฉพาะสูตรการผลิตขนมปัง สูตร 4 นั้น มีค่าแรงกดเฉลี่ยเท่ากับ 0.237 N/gm ค่าแรงกดเฉลี่ยที่ต่ำแสดงว่าขนมปังมีความนุ่ม การเกิดริ้วรอยน้อยกว่าการใช้ค่าแรงกดเฉลี่ยที่สูง (Olsen and Si, 1994)

ผลการวัดค่าสีของขนมปัง อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งทดแทนจากบริษัท A เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งทดแทน ค่าความสว่าง (L) มีค่าลดลง โดยสูตรควบคุมมี

ค่าความสว่างสูงสุด และสูตรที่ 5 มีค่าความสว่างต่ำสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อาจเนื่องจากแป้งทดแทนของบริษัท A ซึ่งเป็นแป้งทดแทนชนิดเอสเทอร์ เมื่อนำมาผสมกับแป้งสาลี อัตราส่วนที่มากจะทำให้แป้งผสม (batter) มีความหนืดสูง ส่งผลกระทบต่อการขึ้นฟูของขนมปัง ขนมปังที่ได้ขึ้นฟูน้อย การขึ้นฟูของขนมปังที่น้อย แสดงว่า ขนมปังมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นแข็งทำให้ค่าความสว่างที่ได้มีค่าลดลง เมื่อมีการใช้อัตราส่วนของแป้งทดแทนที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี a และ b มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในทุกอัตราส่วนค่าสีที่เกิดขึ้นเกิดจากสีของแป้งสาลี ที่มีลักษณะเป็นสีขาวนวลเป็นหลัก



รูปที่ 2 กราฟแสดงคะแนนความชอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังจากแป้งสาลีผสมกับแป้งตัดแปรจากบริษัท A

หมายเหตุ บริษัท A สูตร 1 = สูตรควบคุม, สูตร 2 = 90 : 10, สูตร 3 = 85 : 15, สูตร 4 = 80 : 20 และสูตร 5=75 : 25

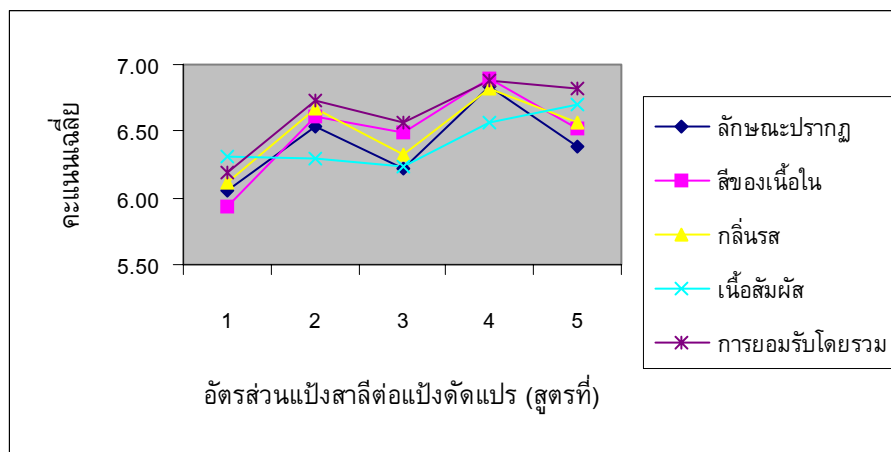
จากรูปที่ 2 พบว่า แนวโน้มของคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังสูตรที่ 5 นั้น มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในทุกๆ ด้าน ต่ำที่สุด และสูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ, กลิ่นรส, เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม สูงที่สุด มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจาก แป้งสาลีเป็นแป้งที่เหมาะสมสำหรับการผลิตขนมปัง แป้งสาลีมีโปรตีนที่สำคัญ 2 ชนิดได้แก่ กลูเตนิน และไกลอะดิน ซึ่งโปรตีนสองชนิดนี้เมื่อรวมตัวกับน้ำแล้ว ทำให้เกิด กลูเตน มีลักษณะโครงสร้างแข็งแรงยืดหยุ่นสามารถกักเก็บก๊าซที่เกิดจากการหมักและคงรูปร่างได้เมื่อเข้าเตาอบ ทำให้ได้ขนมปังที่มีเนื้อในนุ่มเหนียวเป็นเส้นใย เป็นที่นิยมของผู้บริโภค (จิตรนา และอรอนงค์, 2544) ส่วนแป้งตัดแปรชนิดนี้เป็นแป้งตัดแปรทางเคมี ทำให้โปรตีนที่สำคัญทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณน้อยลงและด้วยคุณสมบัติของแป้งตัดแปรที่สามารถละลายน้ำเย็นได้ (กล้านรงค์, 2542) เมื่อมีการใช้อัตราส่วนที่มาก สามารถอุ้มน้ำก่อนแป้งสาลี แต่ตัวแป้งตัดแปรเองไม่มีคุณสมบัติในการเกิดกลูเตนดีเท่ากับแป้งสาลี จึงส่งผลทำให้ขนมปังที่ได้มีคะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัสที่ต่ำกว่าทุกอัตราส่วน แต่ถ้ามมีการใช้แป้งตัดแปรในอัตราส่วนที่พอเหมาะ ส่งผลที่

ดีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส เนื่องจาก แป้งตัดแปรช่วยเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดี ทำให้ขนมปังที่ผลิตได้มีคุณภาพดี ส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ, สีของเนื้อใน, กลิ่นรส, เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมสูงด้วย

จากรูปที่ 3 พบว่าแนวโน้มของคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมปัง สูตรที่มีการเติมแป้งตัดแปร ได้แก่ สูตรที่ 2, สูตรที่ 3, สูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกๆ ด้านที่สูงกว่าสูตรควบคุมเนื่องจากแป้งตัดแปรจากบริษัท B เป็นแป้งตัดแปรทางกายภาพชนิดแป้งฟรีเจลาติไนซ์เหมาะสำหรับการนำมาใช้เป็นสารช่วยยืดเกาะในการทำขนมปังทำให้เกิดปริมาตรของ स्टาร์ช น้อยกว่าแป้งชนิดอื่น (ภานุมาศ, 2541) อีกทั้งยังใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวสำหรับส่วนผสมของอาหารแช่แข็ง (กล้านรงค์, 2542) ขนมปังจากสูตรที่มีการเติมแป้งตัดแปรชนิดนี้ทุกอัตราส่วนจึงมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูง โดยเฉพาะ สูตรที่ 4 อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งตัดแปร 94 : 6 มีคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ, สีของเนื้อใน, กลิ่นรสและการยอมรับโดยรวมสูงสุด

เนื่องจากแปรงตัดแปร์ที่เติมลงไปนี้ใช้เพื่อเป็นสารเชื่อมที่ยึดเกาะเม็ดแป้ง ป้องกันไม่ให้เกิดการรั่วของก๊าซที่เกิดขึ้นระหว่างการหมัก โดยเฉพาะในแป้งที่ไม่มี

กลูเตน แต่ถ้าเป็นแป้งชนิดที่มีกลูเตน ใช้เพียงปริมาณเล็กน้อย ส่งผลให้ขนมปังที่ได้มีคุณภาพดี มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม และยืดหยุ่น (นิตยา, 2532)



รูปที่ 3 กราฟแสดงคะแนนความชอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังจากแป้งสาลีผสมกับแป้งตัดแปร์จากบริษัท B

หมายเหตุ บริษัท A สูตร 1 = สูตรควบคุม, สูตร 2 = 90 : 10, สูตร 3 = 85 : 15, สูตร 4 = 80 : 20 และสูตร 5=75 : 25

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส พบว่า สูตรการผลิตขนมปังสูตร 3 อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งตัดแปร์ 85 : 15 เป็นสูตรที่เหมาะสม ของบริษัท A และสูตรการผลิตขนมปังสูตร 4 อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งตัดแปร์ 94 : 6 เป็นสูตรที่เหมาะสมของบริษัท B ขนมปังที่ได้มีคุณภาพและลักษณะที่ดี จึงนำมาทำการศึกษาหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังต่อไป

1.2 ศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตขนมปัง

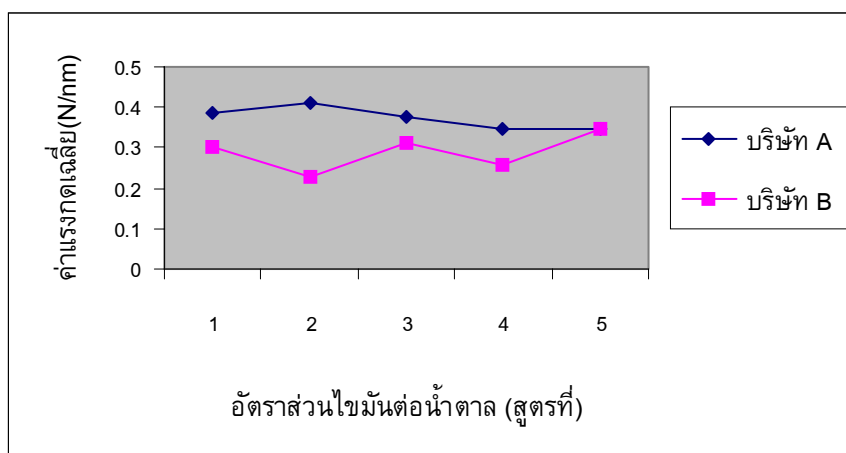
จากผลการทดลองการศึกษาชนิดของแป้งข้างต้นทำการศึกษาส่วนผสมที่สำคัญในการผลิต ขนมปัง โดยการแปรผันอัตราส่วนปริมาณไขมันต่อน้ำตาลจากสูตรควบคุมดังนี้ 5 : 3, 5 : 2, 4 : 3 และ 4 : 2 ผลการทดสอบทางกายภาพแสดงดังรูปที่ 4 และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงดังรูปที่ 5 - 6

จากรูปที่ 4 พบว่า แนวโน้มของค่าแรงกดเฉลี่ยของบริษัท A มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าแรงกดเฉลี่ยของบริษัท B นั้น สูตรที่ 2 และสูตรที่ 4 มีค่าแรงกดเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.226 และ 0.258 N/nm แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่า สูตรที่ 2 และสูตรที่ 4 ของบริษัท B มีเนื้อขนมปังนุ่มเกิดรีโทรเกรเดชันน้อยกว่าสูตรอื่นๆ

จากรูปที่ 5 พบว่า แนวโน้มของคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ, สีของเนื้อใน, กลิ่นรส, และการยอมรับโดยรวม มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนด้านเนื้อสัมผัส พบว่า แนวโน้มของคะแนนความชอบมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาลลดลง เนื่องจากสูตรการผลิตขนมปัง สูตร 1 อัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาล 6:4

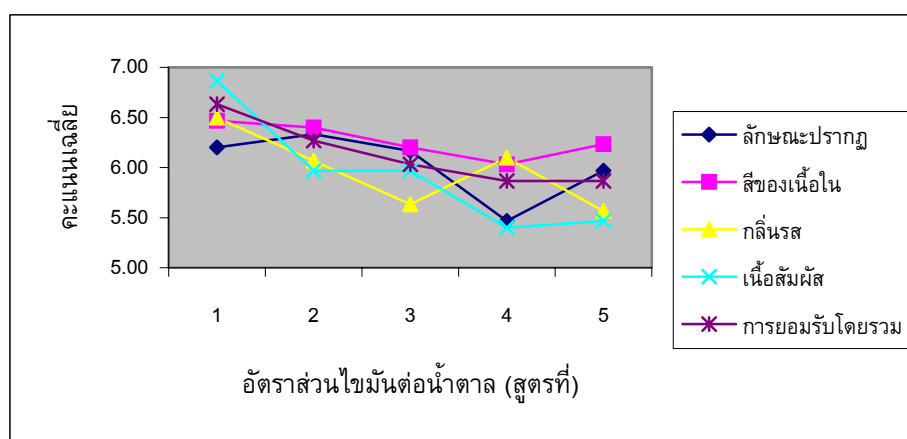
ซึ่งเป็นสูตรควบคุมเป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการผลิตขนมปัง การลดปริมาณไขมันลงมากๆ ทำให้เปลือกขนมปังแห้ง เนื้อในหยาบ การลดปริมาณน้ำตาลลงมากๆ ส่งผลต่อกระบวนการทำงานของยีสต์ ในการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพราะน้ำตาลเป็นอาหาร

ของยีสต์ ถ้ายีสต์ได้รับอาหารไม่เพียงพอ ทำให้การขึ้นฟูของขนมปังเกิดช้า เนื้อสัมผัสที่ได้ไม่ดี (จิตรนา และ อรอนงค์, 2544)



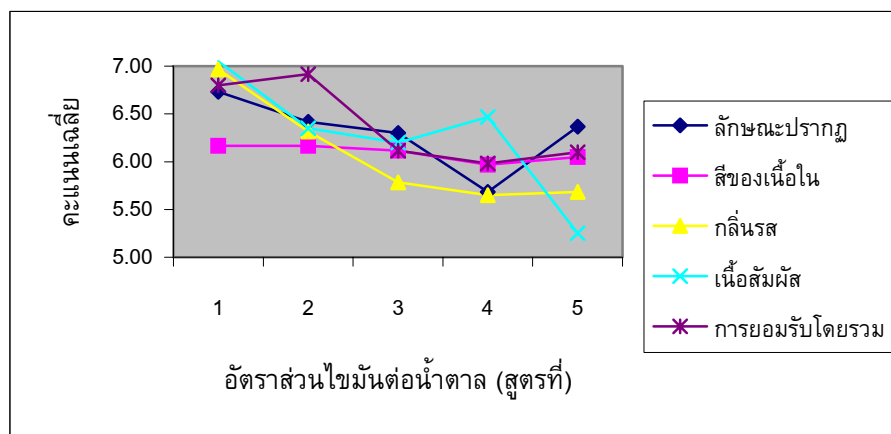
รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าแรงกดของขนมปังจากการแปรผันอัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาลใน สูตรของบริษัท A และ บริษัท B

หมายเหตุ สูตร 1 = 6 : 4, สูตร 2 = 5 : 3, สูตร 3 = 5 : 2, สูตร 4 = 4 : 3 และสูตร 5 = 4 : 2



รูปที่ 5 กราฟแสดงคะแนนความชอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังจากการแปรผันอัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาลจากบริษัท A

หมายเหตุ สูตร 1 = 6 : 4, สูตร 2 = 5 : 3, สูตร 3 = 5 : 2, สูตร 4 = 4 : 3 และสูตร 5 = 4 : 2



รูปที่ 6 กราฟแสดงคะแนนความชอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังจากการแปรผันอัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาล จากบริษัท B

หมายเหตุ สูตร 1 = 6 : 4, สูตร 2 = 5 : 3, สูตร 3 = 5 : 2, สูตร 4 = 4 : 3 และสูตร 5 = 4 : 2

จากรูปที่ 6 พบว่า แนวโน้มคะแนนความชอบทางด้านสีของเนื้อใน และเนื้อสัมผัส มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ด้านลักษณะปรากฏและการยอมรับโดยรวม พบว่า สูตร 1 และสูตร 2 มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากอัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาลเป็นอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด ด้านกลิ่นรส พบว่า สูตรที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับสูตรอื่น เมื่อพิจารณาแนวโน้มคะแนนความชอบของสูตรที่มีการแปรผันอัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาล พบว่า สูตรที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยที่สูงกว่าสูตรอื่น สอดคล้องกับเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบด้านกายภาพและการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า สูตรการผลิตขนมปัง สูตรที่ 3 อัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาล 5 : 2 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม ถึงแม้ว่าสูตรที่ 2 อัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาล 5 : 3 มีคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสสูงกว่าในทุกด้าน แต่เมื่อคำนึงถึงการลดต้นทุน

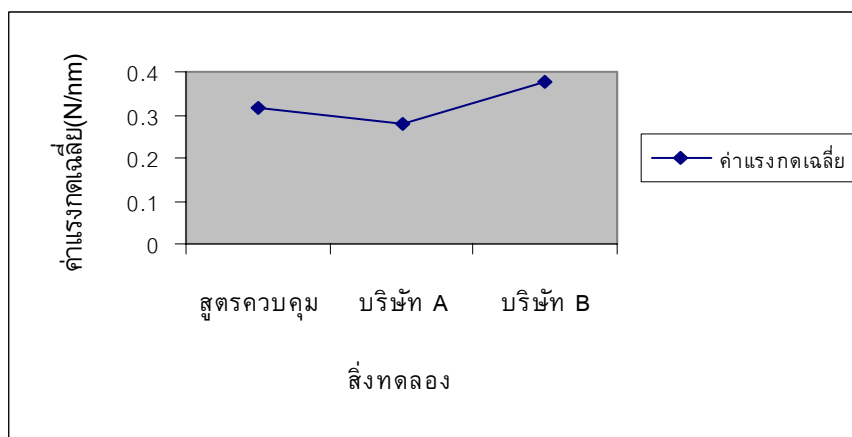
ในการผลิต สอดคล้องกับการยอมรับของผู้บริโภค อีกทั้งเมื่อพิจารณาถึงค่าแรงกดจากการวัดเนื้อสัมผัส ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเกิดรีโทรเกรเดชัน

อัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาล 5 : 2 มีค่าแรงกดเฉลี่ยที่ต่ำกว่าอัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาล 5 : 3 (รูปที่ 4) อัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาล 5 : 2 จึงเป็นสูตรการผลิตขนมปังที่เหมาะสม ของแป้งจากบริษัท A ส่วนสูตรการผลิตขนมปังที่เหมาะสมของบริษัท B สูตรที่ 2 อัตราส่วน ไขมันต่อน้ำตาล 5 : 3 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมสอดคล้องกับค่าที่บ่งบอกถึงการเกิดรีโทรเกรเดชันที่น้อยกว่า อัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาลอัตราส่วนอื่นและเมื่อคำนึงถึงการลดต้นทุนในการผลิตก็สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อีกทางหนึ่ง นำอัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาลที่ได้ศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตขนมปังต่อไป

1.4 ศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตขนมปัง เพื่อลดการเกิดรีโทรเกรเดชัน

ผลการทดลอง พบว่า ค่า L, a และ b ของบริษัท B มีค่าใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด ค่า L

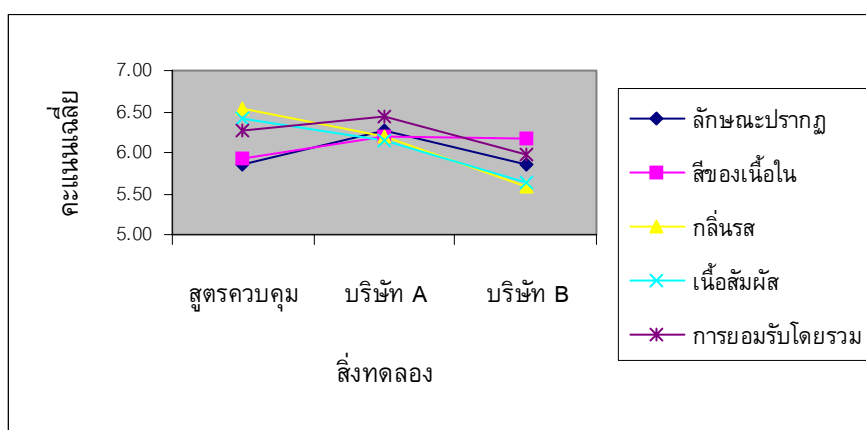
บ่งบอกถึงสีขาว ค่า a ที่ได้บ่ง บ่งถึง สีเขียว และค่าที่ได้บ่งบอกถึง สีเหลือง สีขาวที่ได้จากค่า L และสีเหลืองที่ได้จากค่า b ได้มาจากสีของแป้งเป็นหลัก



รูปที่ 7 กราฟแสดงค่าแรงกดของขนมปังจากสูตรที่เหมาะสมของแป้งตัดแปรจากบริษัท A และ บริษัท B เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

จากรูปที่ 7 พบว่า ค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีแนวโน้มค่าแรงกดเฉลี่ยของบริษัท A มีค่าแรงกดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.378 N/mm สูตรการผลิตขนมปังของแป้งจาก

บริษัท B มีค่าแรงกดเฉลี่ยต่ำที่สุด แสดงว่า สูตรการผลิตขนมปังของแป้งจากบริษัท B มีความนุ่มแสดงถึงเกิดรีโทรเกรเดชันน้อยกว่าสูตรการผลิตขนมปังของแป้งจากบริษัท A



รูปที่ 8 กราฟแสดงคะแนนความชอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังจากสูตรที่เหมาะสมของแป้งจากบริษัท A และ บริษัท B เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

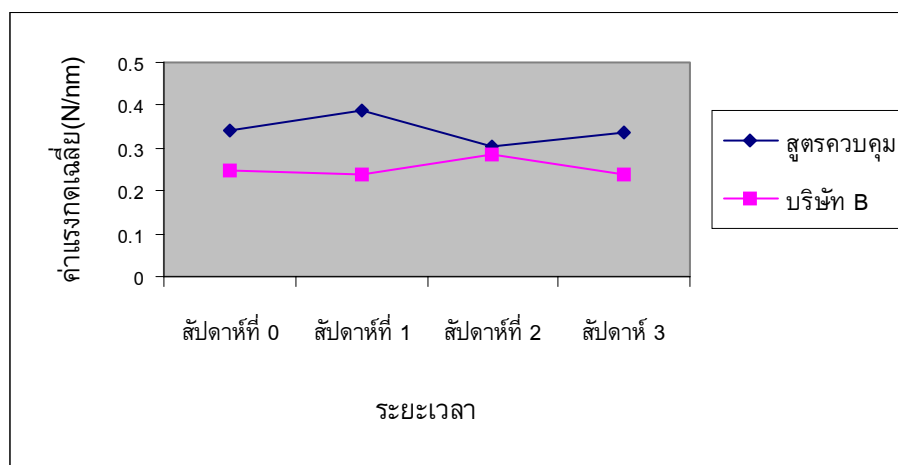
จากรูปที่ 8 พบว่า แนวโน้มคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของบริษัท B มีค่าคะแนนความชอบสูงกว่า บริษัท A ในทุกๆ ด้าน พิจารณาทางด้านประสาทสัมผัส และสีของเนื้อใน ของบริษัท B พบว่า มีคะแนนความชอบสูงสุด ด้านกลิ่นรส พบว่า สูตรการผลิตขนมปังของบริษัท B มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.183 คะแนน มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสูตรควบคุม

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบด้านกายภาพ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า สูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมปัง คือ อัตราส่วนแป้งสาลี

ต่อแป้งดัดแปร 94 : 6 และอัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาล 5 : 3 ของแป้งจากบริษัท B ส่งผลต่อความชอบทั้งทางประสาทสัมผัสและทางกายภาพ มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรควบคุม ($p>0.05$) นำสูตรที่เหมาะสมที่ได้ผลิตขนมปังเปรียบเทียบสูตรควบคุมเพื่อศึกษาอายุการเก็บ และองค์ประกอบทางเคมี

2. ศึกษาอายุการเก็บรักษาขนมปังที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งที่มีผลต่อการทดสอบคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.1 ศึกษาอายุการเก็บขนมปัง



รูปที่ 9 กราฟแสดงค่าแรงกดของการศึกษาอายุการเก็บรักษาขนมปังที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง จากแป้งดัดแปรของบริษัท B เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

จากรูปที่ 9 พบว่า แนวโน้มของค่าแรงกดเฉลี่ยของสูตรควบคุม ในทุกสัปดาห์ มีค่าแรงกดเฉลี่ยที่มากกว่าค่าแรงกดเฉลี่ยของบริษัท B สามารถลดการเกิดรีโทรเกรเดชันได้ดีกว่า ขนมปังที่ผลิตจากสูตรควบคุม โดยเฉพาะในช่วงสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 1 เนื่องจาก มีค่าแรงกดเฉลี่ยที่ได้ต่ำกว่าสูตรควบคุม

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าแรงกดต่ำแสดงถึงขนมปังมีความนุ่ม ไม่แน่นแข็ง สามารถลดการเกิด รีโทรเกรเดชันได้

ผลการวัดค่าสีของขนมปัง จากสูตรที่เหมาะสมของแป้งจากบริษัท B อายุการเก็บรักษาขนมปังในสัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 3 ค่า L, a และ b มี

มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งการเปรียบเทียบสิ่งทดลองแต่ละสัปดาห์ในแนวตั้งและตลอดอายุการเก็บในแนวนอน ขนมปังที่ผลิตนั้นเมื่อเก็บเป็นระยะเวลาตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 3 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังเป็นเนื้อสีขาวออกเหลืองนวล

2.2 ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี

ผลการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของสูตรขนมปังที่เหมาะสม ได้แก่ สูตรการผลิตขนมปังของแป้งจากบริษัท B และสูตรควบคุม แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของขนมปังสูตรที่คัดเลือกและสูตรควบคุม

องค์ประกอบ	สูตรควบคุม (เปอร์เซ็นต์)	บริษัท B (เปอร์เซ็นต์)
ความชื้น	35.26	41.01
โปรตีน	2.76	2.73
ไขมัน	4.77	4.54
เยื่อใย	0.71	0.52
เถ้า	1.33	1.33
คาร์โบไฮเดรต	55.88	50.39

ผลการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของสูตรขนมปังที่เหมาะสมของแป้งจากบริษัท B และสูตรควบคุมดังตารางที่ 1 พบว่า ขนมปังจากสูตรที่เหมาะสมของแป้งจากบริษัท B มีปริมาณความชื้น 41.01 % มากกว่าปริมาณความชื้นของสูตรควบคุม 35.26 % แสดงถึง ขนมปังที่มีอัตราส่วนของแป้งดัดแปรที่มีปริมาณน้ำมากกว่า ขนมปังจากสูตรควบคุมสามารถลดการเสื่อมเสียจากการ Staling ได้ คือ เปลือกขนมปังและเนื้อในของขนมปังมีความนุ่ม ไม่แห้งแข็ง กลิ่นรสดีมากขึ้น ปริมาณโปรตีน, ปริมาณไขมัน, ปริมาณเยื่อใย และปริมาณคาร์โบไฮเดรตของสูตรควบคุม มีปริมาณมากกว่า สูตรขนมปังที่เหมาะสมของแป้งจาก บริษัท B เนื่องจาก สูตรขนมปังที่เหมาะสมของแป้งจากบริษัท B มีอัตราส่วนของ

แป้งดัดแปรผสมอยู่ ซึ่งแป้งที่ใช้ผ่านกระบวนการทำให้แป้งสุกและทำให้แห้งโดยเครื่องทำแห้งและบดละเอียด (กลั่นรงค์, 2542) อีกทั้งในสูตรการผลิตขนมปังของแป้งจากบริษัท B ยังมีการลดอัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาล จึงทำให้องค์ประกอบทางเคมีบางอย่างต้องสูญเสียและมีปริมาณน้อยกว่าองค์ประกอบเคมีของสูตรควบคุม

สรุปผลการทดลอง

การปรับปรุงสูตรการผลิตขนมปังเพื่อลดการเกิดริ้วรอยเหี่ยวย่น พบว่า สูตรการผลิตขนมปังของแป้งดัดแปรจากบริษัท B คือ อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งดัดแปร 96 : 4 และอัตราส่วนไขมันต่อน้ำตาล 5 : 3 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด สามารถลดการเกิดริ้วรอยเหี่ยวย่นได้ดีกว่าสูตรการผลิตขนมปังของแป้งจากบริษัท A

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สูตรที่เหมาะสมที่ได้เมื่อทำการศึกษาอายุการเก็บ และตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่า สูตรการผลิตขนมปังของแป้งจากบริษัท B สามารถลดการเกิดรีโทรเกรเดชันได้ดีกว่าสูตรควบคุม โดยเฉพาะในช่วงสัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 1 โดยมีค่าแรงกดจากการวัดเนื้อสัมผัสเท่ากับ 0.249 และ 0.240 N/nm ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าสูตรควบคุม และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากผลการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี พบว่าขนมปังที่ผลิตจากสูตรควบคุม มีปริมาณความชื้น 35.26 %, โปรตีน 2.76 %, ไขมัน 4.77 %, เยื่อใย 0.71 %, เถ้า 1.33 % และคาร์โบไฮเดรต 55.88 % ส่วนขนมปังที่ผลิตจากสูตรที่เหมาะสมของแป้งจากบริษัท B พบว่า มีปริมาณความชื้น 41.01 %, โปรตีน 2.73 %, ไขมัน 4.54 %, เยื่อใย 0.52 %, เถ้า 1.33 % และคาร์โบไฮเดรต 50.39 %

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดี เพราะได้รับเงินทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรม สำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546 และได้รับความอนุเคราะห์แบ่งตัดแปร จากบริษัท Asia Modified Starch จำกัด และบริษัท Food & Cosmatic System จำกัด

เอกสารอ้างอิง

- กล้านรงค์ ศรีรงค์. 2542. เทคโนโลยีของแป้ง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 121 - 145 น.
- จิตรนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2544. เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 25 - 77 น.
- นิตยา กอบกัยกิจ. 2532. การผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้า. น.5-8 ใน สุนทรี เกษมโกสินทร์ และ อรพรรณ ดุเมแก้ว. 2540. การผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันสำปะหลัง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- ปริศนา สุวรรณภรณ์. มปป. ผลิตภัณฑ์ธัญญาพืชและการตรวจสอบ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กรุงเทพฯ. 34 - 44 น.
- ภาณุมาศ รุ่งเรืองอารี. 2541 . ผลของแป้งข้าวเจ้าฟรียูเลติไนซ์ และการเสริมโปรตีนต่อคุณภาพของขนมปังจากแป้งข้าวเจ้า. น. 7 ใน อรทัย บุรณพานิชพันธ์. ผลของเอนไซม์มอลโทจีนิคแอลฟา - อะมิเลสจากแบคทีเรียต่อคุณภาพของขนมปังจากแป้งข้าวเจ้า. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Olsen, T. and J.Q. Si 1994. Use of Lipase in Baking. p.20 อ้างโดย อรทัย บุรณพานิชพันธ์. ผลของเอนไซม์มอลโทจีนิคแอลฟา - อะมิเลสจากแบคทีเรียต่อคุณภาพของขนมปังจากแป้งข้าวเจ้า, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- Association of official Analytical chemists. 1998. 15th. Ed. Washington D.C. : Association of official Analytical Chemists. Arlington, Virginia.

