

การเกิดกลูเตนจากการนวดแป้งสาลี

พิทวัส อร่ามรัศมีกุล และ ศุภาวรรณ ห่วงช้าง
โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารณราชวิทยาลัย ปทุมธานี
51 หมู่ 6 ตำบลบ่อเงิน อ.ลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี 12140
อีเมล: phitthawat555@gmail.com

บทคัดย่อ

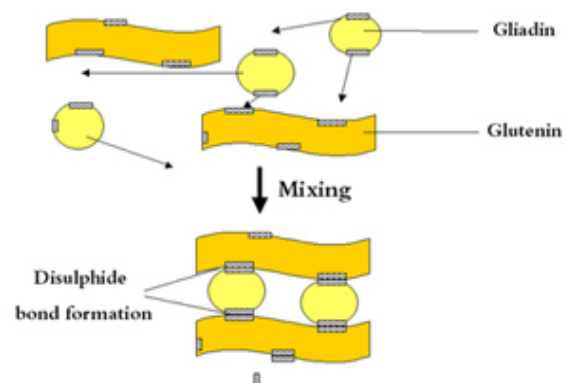
กลูเตนในแป้งสาลีจากโดว์และขนมปังปอนด์มีทั้งประโยชน์และโทษต่อผู้บริโภค ปริมาณกลูเตนจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกรับประทานของผู้บริโภค เนื่องด้วยปริมาณกลูเตนในการวิจัยได้ศึกษาและเปรียบเทียบระยะเวลาในการนวดแป้งสาลีต่อการเกิดกลูเตนจากแรงกระทำของโดว์ และขนมปังปอนด์ ซึ่งพบว่า เมื่อระยะเวลาในการนวดช่วง 0-12 นาที ปริมาณกลูเตนเฉลี่ย กับแรงกดเฉลี่ยของโดว์ มีความสัมพันธ์กัน ในแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น และเมื่อหลังจากการนวดช่วงเวลา 12-20 นาที ปริมาณกลูเตนเฉลี่ย แปรผันตรงกับแรงกดเฉลี่ยของโดว์ แต่เมื่อปริมาณกลูเตนเฉลี่ยที่คงที่แล้วแรงกดเฉลี่ยจะลดลง

คำสำคัญ: กลูเตน แป้งสาลี แรงกระทำของโดว์ขนมปังปอนด์ ระยะเวลาในการนวด

1. บทนำ

กลูเตนเป็นโปรตีนหลักในเมล็ดข้าวสาลี มีความสามารถในการทำหน้าที่เป็นสารจับตัวและขยายตัวและมักใช้เป็นสารเติมแต่งในอาหารแปรรูปเพื่อปรับปรุงพื้นผิวรสชาติ และการกักเก็บความชื้น¹ เกิดจากส่วนผสมที่ซับซ้อนของโปรตีนหลายร้อยชนิด โดยส่วนใหญ่จะเป็นการรวมตัวระหว่างโปรตีนกลูเตนินกับโปรตีนไกลอะดิน เมื่อมีการเติมน้ำโปรตีนทั้งสองจะออกมาจาก "สถานะแช่แข็ง" ทำให้มีความยืดหยุ่น และสามารถเคลื่อนไหวได้ กระบวนการนี้เรียกว่า "ไฮเดรชัน" โปรตีนทั้งสองจะยึดติดกันด้วยพันธะเคมี โดยสร้างพันธะไดซัลไฟด์ ดังรูปที่ 1 ทำให้กลูเตนมีลักษณะเหนียว ยืดหยุ่น และไม่ละลายน้ำ² เนื่องจากกลูเตนมีโครงสร้างที่ถูกถักเข้าด้วยกันเป็นเครือข่ายที่ยืดหยุ่นและแข็งแรง ซึ่งมีทั้งความยืดหยุ่น(ความสามารถในการยืดตัว) และความสามารถในการขยาย (ความสามารถในการยืดรูปร่าง) จัดเป็นสายรัด ดังรูปที่ 2 ทำให้สามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้นโดยสารที่ทำให้ขึ้นฟู เช่น ยีสต์ หรือผงฟู⁴

กลูเตนจะช่วยให้ขนมปังฟูขึ้น และขนมปังก็จะมีเนื้อนุ่มเคี้ยวอร่อย กลูเตนในข้าวสาลีก็อุดมไปด้วยโปรตีนถึง 23 กรัม ต่อข้าวสาลีประมาณ 100 กรัม แต่การบริโภคกลูเตนมากเกินไปอาจส่งผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย และสำหรับบางคนก็อาจจะทำให้เกิดภาวะแพ้โปรตีนที่เป็นกลูเตนได้⁶



รูปที่ 1. การยึดกันของโปรตีนไกลอะดิน (gliadin) และกลูเตนิน (glutenin) ด้วยพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) เกิดเป็นกลูเตน³

ระยะเวลาที่ใช้ในการนวดแป้งสาลีนั้นส่งผลต่อปริมาณการเกิดกลูเตน เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการนวดแป้งสาลีจะทำให้โปรตีนกลูเตนกับโปรตีนไกลอะดินจับตัวกันโดยมีน้ำเป็นตัวช่วย⁷

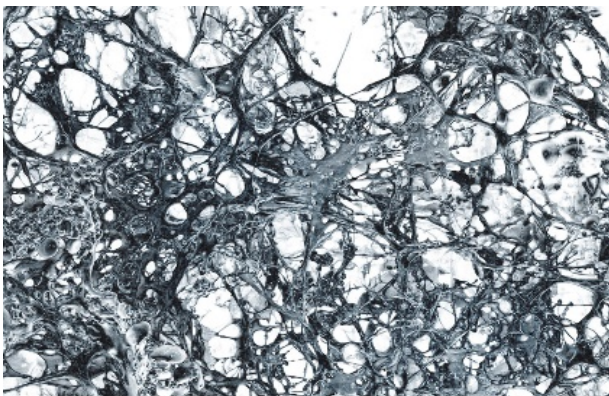
แรงกระทำของโดว์และขนมปังปอนด์มีผลต่อค่าความยืดหยุ่น ส่งผลให้แป้งมีรูปร่างหรือขนาดเปลี่ยนไปจากเดิม ถ้าแป้งมีความยืดหยุ่นก็จะสามารถคืนสู่สภาพเดิมได้ซึ่งแป้งที่มีความยืดหยุ่นได้นั้นเกิดมาจากกลูเตนเป็นส่วนสำคัญ ดังนั้นแรงกระทำของโดว์และขนมปังปอนด์มีความสัมพันธ์กับกลูเตน⁸

คณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและเปรียบเทียบระยะเวลาในการนวดแป้งสาลีต่อการเกิดกลูเตนจากแรงกระทำของโดว์และขนมปังปอนด์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบระยะเวลาในการนวดแป้งสาลีต่อการเกิดกลูเตน และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกลูเตนกับแรงกระทำของโดว์และขนมปังปอนด์ โดยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ให้กับงานวิจัยอื่นๆได้ เป็นแนวทางสำหรับผู้สนใจในการนำกลูเตนจากแป้งสาลีไปใช้ประโยชน์ และเป็นแนวทางสำหรับผู้สนใจในการต่อยอดเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

2. วิธีการทดลอง

การเตรียมวัตถุดิบขนมปังปอนด์

ร่อนแป้งขนมปัง 160 กรัมและแป้งเค้ก 40 กรัมให้ละเอียด แล้วเติมยีสต์ 3.0 กรัมผสมให้เข้ากัน เติมน้ำไก่ 17 กรัม เกลือ 2 กรัม น้ำตาล 30 กรัม น้ำ 102 กรัม และคนให้เข้ากันแล้วใส่แป้ง เนยจืด 30 กรัม ลงไปในเครื่องนวด



รูปที่ 2. แสดงภาพกลูเตนที่ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด⁵

การทำขนมปังปอนด์

นวดแป้งด้วยความเร็วปานกลางเป็นเวลา 50 วินาที เมื่อส่วนผสมเริ่มกลายเป็นโดว์จึงเริ่มจับเวลาในการนวด กำหนดเวลาในการนวดที่ต่างกันจำนวน 7 ครั้ง เริ่มตั้งแต่ 0 นาที จนถึง 20 นาที จากนั้นโดว์ถูกนำออกจากเครื่องนวดแป้ง ใส่ลงโถผสม แล้วคลุมด้วยพลาสติกห่ออาหาร เพื่อพักโดว์ให้พองตัวนาน 45 นาที แล้วนวดไล่อากาศออก นำโดว์ออกจากโถผสมน้ำหนักประมาณ 374 - 376 กรัม แล้วแบ่งโดว์ออกเป็นสองส่วน ส่วนแรก 300 กรัม แบ่งใส่ลงไปในแม่พิมพ์ขนมปังปอนด์ พิมพ์ละ 100 กรัม จำนวน 3 พิมพ์ หลังจากอุ่นเตาอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นำโดว์ส่วนแรกเข้าอบเป็นเวลา 30 นาที โดยวางไว้ 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ด้านซ้ายของเตาอบ (A), กลางเตาอบ (B), และ ด้านขวาของเตาอบ (C), เมื่ออบเสร็จ นำขนมปังออกจากแม่พิมพ์ พักให้เย็นตัวลงเป็นเวลา 30 นาที โดยกระบวนการทั้งหมด 7 ครั้ง ทำซ้ำครั้งละ 4 รอบ รวมทั้งหมด 28 ครั้ง

การทดสอบแรงกระทำของโดว์และขนมปังปอนด์

ก่อนอบขนมปังปอนด์ โดว์จากแม่พิมพ์ 3 พิมพ์ ถูกนำทดสอบแรงกระทำของโดว์ ทดสอบทั้งหมด 3 จุด ด้านซ้าย ตรงกลาง และด้านขวา โดยใช้เครื่องวัดและบันทึกข้อมูล(Datalogger)

หลังอบขนมปังปอนด์ ตัดส่วนหัวของขนมปังปอนด์ที่เกินจากแม่พิมพ์ออก นำส่วนที่อยู่ในแม่พิมพ์ไปทดสอบแรงกระทำของขนมปังปอนด์ด้วยวิธีเดียวกัน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. ขนมปังปอนด์ขณะทดสอบแรงกระทำโดยใช้เครื่อง Datalogger



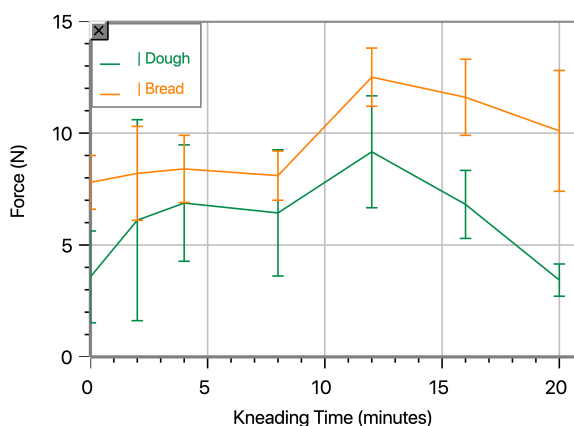
รูปที่ 4. แสดงตัวอย่างโดว์ที่นำไปแช่น้ำ เพื่อให้เหลือแต่กลูเตน

การทดสอบหาปริมาณกลูเตน

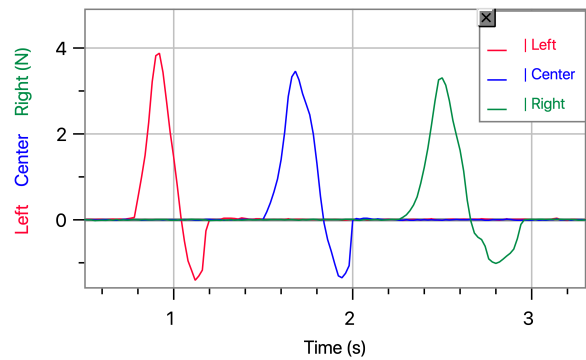
นำโดว์ส่วนที่สองที่แบ่งไว้ไปชั่งน้ำหนัก แล้วแช่น้ำ เป็นเวลา 15 นาที กรองแยกน้ำออก และนำไปแช่น้ำต่ออีก 10 นาที ดังรูปที่ 4 นำส่วนที่ไม่ละลายน้ำมาชั่งน้ำหนัก กลูเตนเปียก จากนั้นนำไปอบแห้งเพื่อชั่งน้ำหนักหาปริมาณกลูเตนแห้ง

3. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

ผลการทดสอบแรงกระทำของโดว์แสดง ดังรูปที่ 5 ได้ทดสอบทั้งหมด 3 จุด ด้านซ้าย, ตรงกลาง และด้านขวา โดยใช้เครื่องวัดและบันทึกข้อมูล (Datalogger) แสดงความสัมพันธ์ที่ไปในทิศทางเดียวกัน และผลการทดสอบแรงกระทำของขนมปังปอนด์ จากแม่พิมพ์ตำแหน่ง A, B และ C ตำแหน่งละ 3



รูปที่ 6. ผลการทดสอบแรงกดเฉลี่ยของโดว์ และ ขนมปังปอนด์ จากระยะเวลาการนวดเมื่อเริ่มเป็นโดว์เวลา 0-20 นาที

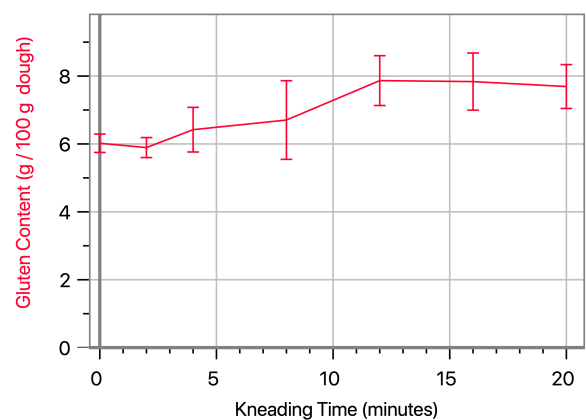


รูปที่ 5. ผลการทดสอบการวัดแรงกระทำของโดว์

จุด ด้านซ้าย, ตรงกลาง และด้านขวา แสดงถึงความสัมพันธ์ที่ไปในทิศทางเดียวกันเช่นเดียวกัน

ความสัมพันธ์ที่ไปในทิศทางเดียวกันจึงสามารถสรุปเป็นค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบแรงกระทำของโดว์ และขนมปังปอนด์ ดังรูปที่ 6 พบว่าแรงกดเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดเฉลี่ยของโดว์ก่อนอบ และหลังอบขนมปังปอนด์มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการนวดช่วง 0-12 นาที แรงกดเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการนวดทำให้อนุภาคของแป้ง และโปรตีนผสมน้ำเปลี่ยนโครงสร้างเกิดเป็นกลูเตนมากขึ้น แต่ต่อจากนั้นช่วง 12-20 นาที จะลดลง เนื่องจากโดว์ผ่านจุดที่เกิดความยืดหยุ่นสูงแล้ว โดว์จะเกิดการแตกสลาย สาเหตุเกิดจากปรากฏการณ์แรงเฉือน ขณะนวดทำให้โมเลกุลของโปรตีนที่มีสายยาวตัวในทิศทางเดียวกับการไหลของโดว์ทำให้แรงต้านทานการนวดลดลง⁴



รูปที่ 7. ผลการทดสอบการวัดปริมาณกลูเตนเฉลี่ยจากระยะเวลาการนวดเมื่อเริ่มเป็นโดว์เวลา 0-20 นาที

ผลการทดสอบแรงกดเฉลี่ยพบว่าเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกัน แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดเฉลี่ยของโดว์ และ ขนมปังปอนด์ โดยแรงกดเฉลี่ยของขนมปังปอนด์ มีค่าเพิ่มขึ้น จากการให้ความร้อนทำให้โดว์มีการเปลี่ยนโครงสร้างที่ยืดหยุ่นน้อยลง^๑

การทดสอบหาปริมาณกลูเตน

เมื่อทดสอบหาปริมาณกลูเตนได้ผลการวัดดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่า ปริมาณกลูเตนเฉลี่ย เมื่อระยะเวลาในการนวดช่วง 0-12 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการนวดทำให้อนุภาคของแป้งขัดสีกันจนเป็นอนุภาคที่เล็กลง ทำให้น้ำสามารถซึมผ่านได้ง่ายขึ้น จึงล้อมรอบโปรตีนและแป้ง ทำให้โปรตีนสามารถเกิดโครงสร้างเป็นกลูเตนมากขึ้น^๑ ต่อจากนั้นช่วง 12-20 นาที มีค่าคงที่ ผู้เขียนคิดว่าเนื่องจากอัตราส่วนของโปรตีนกับน้ำผสมกันจนหมดแล้ว

4. สรุปผลการทดลอง

เราได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาในการนวดช่วง 0-12 นาที ปริมาณกลูเตนเฉลี่ยกับแรงกดเฉลี่ยของโดว์ มีความสัมพันธ์กัน ในแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น และเมื่อหลังจากการนวดช่วง 12-20 นาที ปริมาณกลูเตนเฉลี่ยกับแรงกดเฉลี่ยของโดว์ มีความสัมพันธ์กัน จากปริมาณกลูเตนเฉลี่ยที่คงที่ กับ แรงกดเฉลี่ยที่ลดลง

5. เอกสารอ้างอิง

1. Biesiekierski, J. R. (2017). What is Gluten? Journal of Gastroenterology and Hepatology, 32: 78– 81. doi.org/10.1111/jgh.13703.
2. Gupta, R., et al. (1993). Biochemical basis of flour properties in bread wheats. I. Effects of Variation in the Quantity and Size Distribution of Polymeric Protein. Journal of Cereal Science, 21 (2), 103-116, doi.org/10.1016/0733-5210(95)90026-8.
3. Pornchaloempongs, P., Ratanapanont, N., (2010). Gluten. Food Network Solutions. Retrieved 9 November, 2019 from <http://www.foodnetworksolution.com/>

4. Tilley, K., et al. (2001). Tyrosine Cross-Links: Molecular Basis of Gluten Structure and Function. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49 (5), 2627-2632. DOI: 10.1021/jf010113h
5. Modernist Cuisine. (2018). Gluten: How Does It Work? Retrieved November 10, 2019, from <https://modernistcuisine.com/2018/04/gluten-how-does-it-work/>
6. Van Der Borght, A., Goesaert, H., Veraverbeke, W., Delcour, J. (2005). Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved. J. of Cereal Science, 41, (3) 221-237. doi.org/10.1016/j.jcs. 2004.09.008.
7. Canja, C., Lupu, M., Taulea, G. (2014). The Influence of Kneading Time on Bread Dough Quality. Bulletin of the Transylvania University of Brasov, Series II, 7 (56) 79-84.
8. Mann, J., Schiedt, B., Baumann, A., Conde-Petit, B., & Vilgis, T. A. (2014). Effect of heat treatment on wheat dough rheology and wheat protein solubility. Food Science and Technology International, 20 (5), 341–351. doi.org/10.1177/1082013213488381

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์จุฑารัตน์ ใจงาม โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารัตน์วิทยา ปทุมธานี และ รศ. ดร. จิรารัตน์ อนันตกุล ผศ.ดร. พนิดา งามเชื้อจิต ประจำสาขากรรมวิธีผลิตอาหารและวิศวกรรมอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับการให้คำปรึกษา และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย