



ผลของชนิดแป้งสาลีต่อคุณลักษณะทางกายภาพบะหมี่

Influencing of wheat flours on physical quality attributes of noodle

พรรรัตน์ สินชัยพานิช^{1*} ศศพินท์ ดิษนิล¹ นิรมล แหวนทองคำ¹ ชารารัตน์ ทองชีว² และ นันทพรณ แก้วทรัพย์²

¹หน่วยวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล อำเภอบางพลี

จังหวัดนครปฐม 73107

²ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

อำเภอมะนัง จังหวัดนครปฐม

*E-mail: pomrat.sin@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของชนิดแป้งสาลีต่อคุณลักษณะทางกายภาพบะหมี่ แป้งขนมปัง อเนกประสงค์ และแป้งบะหมี่ 3 ยี่ห้อ ถูกเลือกเพื่อใช้ทำบะหมี่ต่าง แป้งทุกตัวอย่างมีการกระจายขนาดอนุภาคในช่วง 120-140 ไมครอนมากที่สุดร้อยละ 75-89 โดยแป้งขนมปังมีโปรตีนสูงที่สุดร้อยละ 13.8 รองลงมาคือแป้งบะหมี่ร้อยละ 12.5-12.7 และแป้งอเนกประสงค์ร้อยละ 10.6 ตามลำดับ สำหรับปริมาณเถ้ามีค่าสูงเล็กน้อยในแป้งบะหมี่ (ร้อยละ 0.59-0.63) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น (ร้อยละ 0.48-0.52) ส่วนค่าพีเอช ความชื้น และสีแป้งสาลีทุกตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน บะหมี่ที่ทำจากแป้งบะหมี่ยี่ห้อ 1 และ 3 มีเนื้อสัมผัสแน่นมากกว่าตัวอย่างอื่น โดยบะหมี่สุกมีค่าแรงต้านการดึงสูงสุด (24.28-24.39 กรัม) และค่าแรงยึดติดต่ำสุด (5602-5761 กรัม) รวมทั้งมีสีเหลืองสว่าง ตัวอย่างบะหมี่ที่ทำจากแป้งขนมปัง แป้งอเนกประสงค์ และแป้งบะหมี่ยี่ห้อ 2 มีเนื้อสัมผัสนุ่มและสีเหลืองคล้ำ บะหมี่สุกทุกตัวอย่างมีค่าพีเอชสูง 9.10-9.22 และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 44.2-55.3 ซึ่งสอดคล้องกับความชื้น (58.7-64.3%) และวอเตอร์แอกทิวิตี (0.940-0.959) ที่มีค่าสูง สรุปได้ว่าความแตกต่างชนิดแป้งสาลีมีความสัมพันธ์ต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสและสีของบะหมี่ต่าง การศึกษานี้ยังพบว่าแป้งสาลีที่เหมาะสมสำหรับทำบะหมี่ต่างควรมีโปรตีนประมาณร้อยละ 12

คำสำคัญ: แป้งสาลี บะหมี่ต่าง เนื้อสัมผัส คุณลักษณะทางกายภาพ

Received: September 28, 2017

Revised: June 04, 2018

Accepted: June 04, 2018

Abstract

A study was to investigate the influence of wheat flours on noodle qualities. Bread flours, all-purpose, and noodle flours (3 brands) were chosen to make the alkaline noodles. Most particles of all flours ranged between 120-140 mesh (75-89%). The protein contents were highest in bread flours (13.8%) following by noodle flours (12.5-12.7%) and all-purpose flours (10.6%), respectively. Ash value was a little high in noodle flours (0.59-0.63%) than others (0.48-0.52%). Whilst, pH, moisture content and color values of all flours were slightly different. The alkaline noodles made from noodle flours brand 1 and 3 revealed the good firmness than others. These cooked samples attained a high tensile strength (24.28-24.39 g) and lower the adhesiveness (5602-5761 g), and also displayed the bright yellow. The soft texture and yellowish gray were observed for noodle made from bread flours, all-purpose and noodle flours brand 2. All cooked noodles displayed the high value of pH (9.10-9.22) and gained weight (44.2-55.3), with corresponding to the increased of moisture (58.7-64.3%) and water activity (0.940-0.959). Summarizing difference of wheat flours well related to texture and color qualities of alkaline noodles. In this study showed that the appropriated flours to make the alkaline noodle should contain protein about 12%.

Keywords: Wheat flours, Alkaline noodle, Texture, Physical quality attributes

1. บทนำ

บะหมี่ เป็นอาหารเส้นที่นิยมบริโภคอย่างแพร่หลายในแถบเอเชียรวมทั้งประเทศไทย ชนิดบะหมี่ที่นิยมบริโภค ได้แก่ บะหมี่สด (fresh noodle) บะหมี่แห้ง (dried noodle) และบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป (instant noodle) บางครั้งอาจแบ่งประเภทบะหมี่ตามวิธีการผลิต เช่น บะหมี่ดอง บะหมี่กวางตุ้ง บะหมี่ไข่ บะหมี่ซั่ว และบะหมี่โซบะ ซึ่งบะหมี่แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติเฉพาะแตกต่างกันทั้งด้านเนื้อสัมผัส ขนาดเส้น และสีของบะหมี่ วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตบะหมี่ คือ แป้งสาลี น้ำ เกลือ และไข่ รวมทั้งสารละลายต่าง เช่น โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate; Na_2CO_3), โพแทสเซียมคาร์บอเนต (potassium carbonate; K_2CO_3), โซเดียมไบคาร์บอเนต

(sodium bicarbonate; NaHCO_3), โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (sodium tripolyphosphate; STPP) และ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide; NaOH) บางครั้งอาจใช้ต่างผสมมากกว่า 1 ชนิด [1] นอกจากนี้ยังมีการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์และแป้งดัดแปร เพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสเส้นบะหมี่ให้เหนียวนุ่มไม่ขาดง่าย [2]

การบริโภคบะหมี่ดอง มักนิยมบริโภคในรูปแบบบะหมี่น้ำ บะหมี่แห้ง โรยหน้าด้วยหมูแดง เป็ดย่าง เป็ดพะโล้ หรือลูกชิ้น (หมู และปลา) บะหมี่ที่มีคุณภาพดีควรมีสีเหลืองไม่คล้ำดำ เส้นเหนียวนุ่มและยืดหยุ่น ซึ่งเป็นผลจากคุณสมบัติของแป้งที่ใช้ทำบะหมี่ ชนิดและคุณภาพแป้งสาลี ตลอดจนสูตรและขั้นตอนการนวด การพักโด และการตัดเส้นบะหมี่

แป้งสาลี เป็นแป้งที่ได้จากการนำเมล็ดข้าวสาลีมาบดละเอียด โดยมีขนาดเม็ดแป้งในช่วง 120-140 ไมครอน ทั่วไปแป้งสาลีแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ โปรตีนสูง โปรตีนปานกลางหรือแป้งสาลีอเนกประสงค์ และโปรตีนต่ำ ปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีจะเป็นตัวกำหนดว่าเหมาะสมสำหรับใช้ทำผลิตภัณฑ์อาหารประเภทใด สำหรับขนมปังมักนิยมใช้แป้งสาลีอเนกประสงค์ ที่มีโปรตีนสูงปานกลางร้อยละ 10-11 ซึ่งได้จากการผสมข้าวสาลีชนิดแข็งกับชนิดอ่อนในสัดส่วนเหมาะสม มีรายงานว่า การใช้แป้งสาลีโปรตีนสูงมากกว่าร้อยละ 12 [3, 4] ขนมปังจะมีเนื้อสัมผัสแน่นเหนียวมากกว่าการใช้แป้งสาลีที่มีโปรตีนต่ำกว่า ปัจจุบันพบว่ามีการจำหน่ายแป้งสาลีสำหรับใช้ทำขนมปังโดยเฉพาะ เช่น แป้งสาลีตราปลาหมึกเขียว ตราเรือหมากรุก และตราเอราวัณ ทำให้เกิดข้อสงสัยว่าแป้งสาลีชนิดใดเมื่อนำมาใช้จะได้น้ำหนักคุณภาพดี เนื้อสัมผัสเหนียว นุ่ม และสีไม่คล้ำ เนื่องจากแป้งแต่ละยี่ห้อมีราคาแตกต่างกันซึ่งส่งผลต่อต้นทุนที่เพิ่มขึ้น

ดังนั้นจึงเป็นที่มาที่ข้าพเจ้าวิจัยครั้งนี้ เพื่อทราบถึงความสัมพันธ์ความแตกต่างชนิดแป้งสาลีว่ามีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัส การเปลี่ยนแปลงสี และลักษณะคุณภาพทางกายภาพของเส้นขนมปัง แป้งสาลีทำงานมบ่ง แป้งสาลีอเนกประสงค์ และแป้งสาลีสำหรับใช้ทำขนมปัง 3 ยี่ห้อ จึงถูกเลือกเพื่อใช้เป็นตัวแทนแป้งสาลีในการศึกษานี้ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือ การนำความรู้ไปใช้ต่อยอดในการผลิตขนมปังให้ได้คุณภาพดีสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค ตลอดจนได้ความรู้ด้านวิชาการสำหรับผู้สนใจทั่วไป

2. วัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 สูตรและวิธีทำขนมปัง

ซึ่งส่วนผสม ได้แก่ แป้งสาลี 100 กรัม น้ำ 35 กรัม ไข่ไก่ 10 กรัม เกลือ 1 กรัม กัวกัม 0.5 กรัม และโซเดียมคาร์บอเนต 0.8 กรัม เริ่มต้นให้ละลาย กัวกัม โซเดียมคาร์บอเนต และเกลือในน้ำแล้วพักไว้ เทแป้งลงในชามผสม ใส่ไข่ไก่ จากนั้นเทส่วนผสมสารละลายที่เตรียมไว้ลงในแป้ง นวดส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน พักแป้งโดไว้ 30 นาที จากนั้นนำแป้งโดมารีดให้เป็นแผ่นบาง แล้วจึงตัดเป็นเส้นขนมปังด้วยเครื่องทำขนมปัง ใช้แป้งมันโรยเส้นเล็กน้อยเพื่อไม่ให้เส้นติดกัน ม้วนเส้นขนมปังเป็นก้อนเก็บใส่ถุงพลาสติกหีบปิด

การลวกขนมปัง ให้นำเส้นขนมปังลงน้ำ 1 ครั้ง แล้วนำไปลวกในน้ำเดือดประมาณ 2 นาทีหรือจนกระทั่งเส้นสุก ตักเส้นขนมปังขึ้นแล้วแช่ในน้ำเย็น สะเด็ดน้ำให้แห้งก่อนนำไปวิเคราะห์ต่อไป

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพ

2.2.1 การกระจายขนาดอนุภาพแป้ง (sieve analysis)

ซึ่งตัวอย่าง 100 กรัม ใส่ตัวอย่างลงในตะแกรงร่อนมาตรฐาน (Retsch: type vibro, ประเทศเยอรมัน) โดยเรียงตะแกรงร่อนขนาดรูตะแกรงใหญ่สุดด้านบนและขนาดเล็กลงอยู่ด้านล่าง กำหนดค่าความเร็วรอบในการเขย่า 60 rpm เป็นเวลา 15 นาที ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างที่อยู่บนแต่ละตะแกรงและคำนวณน้ำหนักตัวอย่างเป็นร้อยละแต่ละขนาดตะแกรง

2.2.2 โปรตีน (protein)

การวิเคราะห์โปรตีนด้วย Kjeldahl method [5] ซึ่งตัวอย่าง 1-2 กรัม ใส่ลงใน Kjeldahl flask เติมคตะลิสต์ร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักตัวอย่าง และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10-15 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปย่อยบนเตาร้อน (heating mantle) ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายใส ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้มาเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น แล้วนำไปกลั่นต่อ เติรมฟลาสก์ที่มีสารละลายบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 และเติมอินดิเคเตอร์เพื่อรองรับสารที่กลั่นได้ จากนั้นไตเตรทด้วยสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 0.1 N คำนวณปริมาณโปรตีนที่ได้ แสดงผลเป็นร้อยละโปรตีน (กรัม/100 กรัม) เทากับไนโตรเจนคูณแฟกเตอร์คือ 6.38

2.2.3 เถ้า (ash)

ซึ่งตัวอย่าง 1-3 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้อง (crucible) ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำตัวอย่างไปเผาด้วยไฟอ่อนๆ จนหมดควัน จากนั้นนำไปใส่เตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว ซึ่งน้ำหนักเถ้าแสดงผลเป็นร้อยละโดยคำนวณจากน้ำหนักเถ้า (กรัม) คูณ 100 และหารด้วยน้ำหนักตัวอย่าง (กรัม) [5]

2.2.4 ความชื้น (moisture)

ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างที่บดละเอียด ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมแล้วนำไปอบในตู้อบ (Binder Model ED53, ประเทศเยอรมัน) อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2.30 ชั่วโมง หรือกระทั่งตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ คำนวณค่าความชื้นเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวอย่าง

2.2.5 วอเตอร์แอกทิวิตี (water activity, a_w)

วัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี หรือปริมาณน้ำอิสระของตัวอย่างที่บดละเอียด ด้วยเครื่องวัดวอเตอร์แอกทิวิตี (Novasina Model ms 1, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2.2.6 ค่าพีเอช (pH)

ซึ่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วนำมาละลายในน้ำกลั่น อัตราส่วน 1 ต่อ 20 แล้วนำไปวัดค่าด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ (Melter Toledo Delta 340, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

2.2.7 ค่าสี (color values)

วัดค่าสีตัวอย่างที่บดละเอียดด้วยเครื่องวัดค่าสี (ColorFlex EZ spectrophotometer, ประเทศสหรัฐอเมริกา) แสดงผลเป็น L* ค่าความสว่าง a* สีแดงหรือสีเขียว และ b* สีเหลืองหรือสีน้ำตาล

2.2.8 เนื้อสัมผัส

การวัดลักษณะคุณภาพเนื้อสัมผัส บะหมี่ด้วยเครื่อง Texture analyzer (Stable Micro System, รุ่น TA-XT Plus, ประเทศอังกฤษ) โดยวัดแรงต้านทานการดึงขาดของเส้น (tensile strength) ใช้หัววัด spaghetti tensile grips (A/ SPR) และวัดค่าแรงยึดเกาะผิวหน้า (adhesiveness) หัววัด P/ 35 กำหนดค่า pre-test speed 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที test-speed 3.0 มิลลิเมตรต่อวินาที และ post-test speed 10 มิลลิเมตรต่อวินาที สำหรับหัววัด P/ 35 กำหนดระยะที่กดลงบนเส้นบะหมี่ร้อยละ 75 ของความสูงตัวอย่าง

2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวางแผนการทดลองจำนวน 2 ซ้ำ การวิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ ยกเว้นการวัด

คุณภาพเนื้อสัมผัสวัดจำนวน 15 ซ้ำ รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วางแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan (Duncan's new multiple range test: DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) คำนวณค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 19

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

ปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีมักมีความสัมพันธ์กับขนาดอนุภาค โดยทั่วไปแป้งสาลีชนิดโปรตีนสูงหรือแป้งขนมปังมักมีขนาดเม็ดแป้งใหญ่กว่าแป้งสาลีเนกประสงค์ (โปรตีนปานกลาง) และแป้งเค้ก (โปรตีนต่ำ) เมื่อสัมผัสแป้งขนมปังด้วยมือจะรู้สึกว่ามีเม็ดแป้งหยาบกว่าแป้งเนกประสงค์และแป้งเค้กตามลำดับ ตารางที่ 1 แสดงผลการกระจายขนาดเม็ดแป้งของตัวอย่างแป้งสาลี พบว่าแป้งสาลีทั้ง 5 ชนิดที่ใช้ในการศึกษานี้มีการกระจายอนุภาคแป้งส่วนมากอยู่ในช่วงระหว่าง 120-140 ไมโครเมตร (mesh) มากถึงร้อยละ 75-89 รองลงมาคือขนาด 100 ไมโครเมตร ปริมาณร้อยละ 10-22 ยกเว้นตัวอย่างแป้งบะหมี่ 1 ที่อนุภาคแป้งมีขนาดเล็กกว่าตัวอย่างอื่นและมีการกระจายเม็ดแป้งสูงสุดในช่วงขนาด 140 ไมโครเมตร ถึงร้อยละ 43.5 และขนาด 120 ไมโครเมตร ร้อยละ 32.2 ความแตกต่างการกระจายขนาดอนุภาคแป้งสาลีจะสัมพันธ์กับคุณสมบัติการพองตัว การเกิดเจลลาตินไนซ์ และความหนืดของแป้ง [4] ซึ่งอาจส่งผลต่อความเหมาะสมของชนิดแป้งที่จะนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ได้แตกต่างกัน รวมทั้งเกี่ยวข้องกับต้นทุนการผลิต

ปริมาณโปรตีนในแป้งสาลี ถือเป็นเกณฑ์สำคัญที่ใช้แบ่งประเภทแป้งสาลีให้ตรงกับจุดประสงค์การใช้งาน ผลวิเคราะห์โปรตีนแป้งสาลี

ทั้ง 5 ตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 2 พบว่าตัวอย่างแป้งขนมปังมีโปรตีนสูงสุดร้อยละ 13.8 รองลงมาคือแป้งบะหมี่ 1, 2 และ 3 มีโปรตีนใกล้เคียงกันคือ ร้อยละ 12.5-12.7 ส่วนแป้งเนกประสงค์มีโปรตีนต่ำสุดร้อยละ 10.6 ซึ่งสอดคล้องกับการนำไปใช้ประโยชน์ของแป้งแต่ละชนิดปริมาณโปรตีนแป้งสาลีที่แนะนำสำหรับทำบะหมี่คือ มากกว่าร้อยละ 11 จะทำให้ได้เส้นบะหมี่ที่มีเนื้อสัมผัสแน่นเหนียวและมีแรงต้านทานการเคี้ยว [3, 4]

แป้งสาลีทั้ง 5 ตัวอย่างมีปริมาณเถ้าแตกต่างกันเล็กน้อย ($p < 0.05$) มีค่าร้อยละ 0.48-0.63 โดยแป้งบะหมี่ทั้ง 3 ตัวอย่างมีปริมาณเถ้าค่อนข้างสูง ร้อยละ 0.59-0.63 ส่วนแป้งเนกประสงค์มีค่าต่ำสุดร้อยละ 0.48 ลำดับต่อมาคือแป้งขนมปัง (0.52%) ค่าฟิเชอร์แป้งสาลีทุกตัวอย่างมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ($p < 0.05$) และมีค่าประมาณ 5.98-6.15 ส่วนความชื้นมีค่าระหว่างร้อยละ 12.0-12.2 ($p \geq 0.05$) (ตารางที่ 2) จากการสังเกตพบว่าแป้งสาลีทุกตัวอย่างมีสีขาวนวล ยกเว้นแป้งขนมปังจะออกสีขาวม่นเล็กน้อย แป้งสาลีทั้ง 5 ตัวอย่างมีค่าสีใกล้เคียงกัน คือ $L^* = 94.4-96.9$, $a^* = -0.05-0.15$ และ $b^* = 3.7-5.8$ (ตารางที่ 2) ความแตกต่างขององค์ประกอบและลักษณะคุณภาพทางกายภาพของตัวอย่างแป้งสาลีทั้ง 5 ชนิดที่ใช้ในการศึกษานี้ อาจเป็นผลจากสายพันธุ์ข้าวสาลี กระบวนการผลิตประสิทธิภาพเครื่องจักร ระดับการเสียหายเม็ดแป้งและการใช้วัตถุเจือปนเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติแป้ง เช่น กรดแอสคอร์บิก (L-ascorbic acid, E300) และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส [7] ทำให้แป้งสาลีในทางการค้าแต่ละยี่ห้อมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพแตกต่างกัน [4]

บะหมี่แต่ละชนิดจะมีคุณลักษณะเฉพาะของเส้นที่แตกต่างกัน เนื่องจากส่วนผสมวัตถุดิบ

และวิธีการทำที่แตกต่างกัน การวิจัยนี้เลือกใช้บะหมี่ค่างเป็นตัวแทนในการศึกษา ตารางที่ 3 พบว่าค่าพีเอชบะหมี่ดิบก่อนลวกทุกตัวอย่างมีค่าค่อนข้างสูงประมาณ 9.50-9.67 ($p \geq 0.05$) ซึ่งเป็นผลจากค่าไอโซเดียมคาร์บอเนตที่ใช้ในการทำบะหมี่ หลังการลวกบะหมี่สุกจะมีค่าพีเอชลดลงเล็กน้อย (9.10-9.22) ($p \geq 0.05$) เนื่องจากการสูญเสียสารละลายต่างไปกับน้ำที่ใช้ลวก บะหมี่สุกมีค่าความชื้น (58.7-64.3%) มากกว่าตัวอย่างบะหมี่ดิบ (28.3-29.1%)

เนื่องจากคุณสมบัติการอุ้มน้ำของอะมัยโลสและโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบในแป้งสาลี สอดคล้องกับค่าวอเตอร์แอกทิวิตีซึ่งมีค่าสูงถึง 0.940-0.959 ในบะหมี่ลวก และมีค่า 0.890-0.898 ในตัวอย่างบะหมี่ดิบ (ตารางที่ 3) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีที่สูงมากกว่า 0.8 แสดงว่าทั้งบะหมี่ดิบและบะหมี่สุกจะเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ง่าย ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ในอุณหภูมิต่ำ 4 องศาเซลเซียสเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 1 การกระจายขนาดอนุภาคของตัวอย่างแป้งสาลีบางชนิด

ชนิดแป้งสาลี	ขนาดอนุภาคแป้ง					
	100 mesh (>0.150mm)	120 mesh (>0.125mm)	140 mesh (>0.106mm)	160 mesh (>0.097mm)	180 mesh (>0.088mm)	>180 mesh (<0.088mm)
ขนมปัง	22.4	64.2	11.2	1.7	0.5	<0.02
อเนกประสงค์	18.8	78.3	0.7	0.5	1.5	0.2
บะหมี่ 1	2.8	32.2	43.5	18.5	2.8	0.2
บะหมี่ 2	10.0	81.8	7.3	0.1	0.7	0.1
บะหมี่ 3	12.5	83.3	1.3	1.0	1.9	<0.02

(คุณภาพพิเศษ)

ตารางที่ 2 โปรตีน เถ้า พีเอช ความชื้น และค่าสี ของตัวอย่างแป้งสาลีบางชนิด

ชนิดแป้งสาลี	โปรตีน (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	พีเอช	ความชื้น (ร้อยละ)	L*	a*	b*
ขนมปัง	13.8±0.13 ^c	0.52±0.07 ^a	6.10±0.01 ^a	12.2±0.23 ^a	94.4±1.4 ^a	-0.05±0.07 ^a	6.0±0.2 ^b
อเนกประสงค์	10.6±0.04 ^a	0.48±0.04 ^a	6.15±0.03 ^b	12.1±0.21 ^a	95.2±1.0 ^{ab}	-0.01±0.01 ^{ab}	5.8±0.1 ^b
บะหมี่ 1	12.5±0.11 ^b	0.59±0.04 ^{ab}	5.98±0.10 ^a	12.0±0.24 ^a	95.7±0.5 ^{ab}	0.15±0.06 ^b	4.0±0.2 ^a
บะหมี่ 2	12.6±0.17 ^b	0.63±0.06 ^b	6.01±0.01 ^a	12.0±0.34 ^a	96.3±0.6 ^{ab}	-0.02±0.04 ^a	4.2±0.3 ^a
บะหมี่ 3	12.7±0.08 ^b	0.61±0.04 ^b	6.01±0.04 ^a	12.1±0.35 ^a	96.9±0.2 ^b	0.11±0.04 ^{ab}	3.7±0.2 ^a

(คุณภาพพิเศษ)

* ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษร a, b, และ c ที่แตกต่างกันของค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 พีเอช ความชื้น และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ของตัวอย่างบะหมี่ก่อนลวกและหลังลวก

ชนิดแป้งสาลี	พีเอช		ความชื้น (ร้อยละ)		วอเตอร์แอกทิวิตี	
	บะหมี่ดิบ	บะหมี่สุก	บะหมี่ดิบ	บะหมี่สุก	บะหมี่ดิบ	บะหมี่สุก
ขนมปัง	9.61 ± 0.13 ^a	9.15 ± 0.08 ^a	28.8 ± 0.8 ^a	60.5 ± 0.8 ^{ab}	0.892 ± 0.003 ^{ab}	0.942 ± 0.001 ^a
อนกประสงค์	9.50 ± 0.37 ^a	9.10 ± 0.06 ^a	29.1 ± 0.4 ^a	59.6 ± 1.0 ^a	0.898 ± 0.001 ^b	0.945 ± 0.002 ^a
บะหมี่ 1	9.67 ± 0.19 ^a	9.22 ± 0.06 ^a	28.7 ± 0.3 ^a	62.1 ± 1.1 ^{bc}	0.895 ± 0.001 ^{ab}	0.956 ± 0.001 ^b
บะหมี่ 2	9.67 ± 0.25 ^a	9.22 ± 0.03 ^a	28.9 ± 0.6 ^a	64.3 ± 1.0 ^c	0.895 ± 0.002 ^{ab}	0.959 ± 0.003 ^b
บะหมี่ 3	9.56 ± 0.32 ^a	9.11 ± 0.07 ^a	28.3 ± 0.6 ^a	58.7 ± 0.2 ^a	0.890 ± 0.002 ^a	0.940 ± 0.002 ^a

(คุณภาพพิเศษ)

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษร a, b, และ c ที่แตกต่างกันของค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สี เป็นลักษณะคุณภาพที่สำคัญของอาหาร และมีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค บะหมี่ (ค้าง) ที่มีคุณภาพดีควรมีสีเหลืองนวลไม่คล้ำ [7] จากการสังเกตบะหมี่ดิบทั้ง 5 ตัวอย่างพบว่าสีแตกต่างกันอย่างชัดเจนโดยบะหมี่ที่เตรียมจากแป้งขนมปัง แป้งอนกประสงค์ และแป้งบะหมี่ 2 จะมีสีเหลืองคล้ำออกน้ำตาล แต่ตัวอย่างบะหมี่ที่เตรียมได้จากแป้งบะหมี่ 1 และ แป้งบะหมี่ 3 (คุณภาพพิเศษ) มีสีเหลืองอ่อนและไม่คล้ำ โดยเฉพาะแป้งบะหมี่คุณภาพพิเศษจะมีสีเหลืองนวล บะหมี่ดิบทุกตัวอย่างมีค่าสีแตกต่างกันเล็กน้อย ($p < 0.05$) โดยมีค่า $L^* = 71.6-78.8$, $a^* = 0.95-1.67$ และ $b^* = 16.5-20.9$ (ตารางที่ 4)

การลวกบะหมี่ทำให้บะหมี่มีสีเหลืองเข้มมากขึ้น ตัวอย่างบะหมี่ที่มีสีเหลืองนวลไม่คล้ำ คือตัวอย่างที่ใช้แป้งบะหมี่ 3 (คุณภาพพิเศษ) มีค่า $L^* = 68.7$ $a^* = 0.79$ และ $b^* = 24$ รองลงมาคือ ตัวอย่างที่ใช้แป้งบะหมี่ 1 ซึ่งมีสีเหลืองเข้มกว่าเล็กน้อยมีค่า $L^* = 63.8$, $a^* = 1.57$ และ $b^* = 25.2$ สำหรับตัวอย่างที่ใช้แป้งขนมปัง แป้งอนกประสงค์ และแป้งบะหมี่ 2 บะหมี่จะมีสีเหลืองคล้ำออกน้ำตาลเทาอย่างชัดเจน

โดยมีค่าสีในช่วง $L^* = 61.5-63.7$ $a^* = 1.09-2.02$ และ $b^* = 22.4-24.3$ (ตารางที่ 4) การเปลี่ยนแปลงสีหรือการเกิดสีคล้ำของเส้นบะหมี่ อาจเป็นผลจากการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) ที่ปนเปื้อนมาจากรำข้าว (bran) เอนไซม์ไทโรซิเนสจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารประกอบฟีนอล (phenols) แล้วได้สารควิโนน (quinones) ซึ่งมีคุณสมบัติไม่เสถียร โดยจะเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) กับโปรตีนได้สารประกอบสีดำที่เรียกว่าเมลานิน (melanins) [8, 9] การปนเปื้อนเอนไซม์ไทโรซิเนสสามารถวัดทางอ้อมได้โดยการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในแป้งสาลี

แต่การเปลี่ยนแปลงสีของบะหมี่ยังมีปัจจัยสำคัญอื่นที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ชนิดแป้งสาลี และกระบวนการผลิตแป้งสาลี รวมถึงการกระจายขนาดเม็ดแป้ง [3, 4, 8, 9] อย่างไรก็ตาม ปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่าความสว่างบะหมี่ เป็นไปได้ว่าแป้งสาลีโปรตีนสูงมักมีโพลิฟีนอลออกซิเดส สารประกอบฟีนอลิก และเม็ดสีเหลืองตามธรรมชาติสูง (แคโรที

นอยด์ (carotenoids) ซานโท-ฟิว (xanthophyll) และฟลาโวน (flavone) [10]

การลวกทำให้มะขามี่สุกมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ถึงร้อยละ 44.2-55.3 ($p < 0.05$) (ตารางที่ 5) เนื่องจากคุณสมบัติการอุ้มน้ำของโปรตีน และอะมัยโลสใน แป้งสาลี ส่วนเนื้อสัมผัสมะขามี่สุกจะมีความแน่น เหนียวและยืดหยุ่นขึ้น อย่างไรก็ตามมะขามี่ที่เตรียม ได้จากแป้งสาลีทั้ง 5 ชนิดมีเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน ตัวอย่างมะขามี่ที่เตรียมได้จากแป้งมะขามี่ 3 (คุณภาพ พิเศษ) และแป้งมะขามี่ 1 มีเนื้อสัมผัสยืดหยุ่นสูงสุด โดยมีค่าแรงต้านการดึง (tensile strength) 20.28-24.39 กรัม และมีค่าแรงยึดติด (adhesiveness) ต่ำสุด 5602-5761 กรัม ส่วนตัวอย่างมะขามี่ที่ทำจากแป้ง มะขามี่ 2 แป้งขนมปัง และแป้งอเนกประสงค์ มีเนื้อ สัมผัสยืดหยุ่นต่ำและตัดขาดง่ายเมื่อใช้ฟันเคี้ยว โดย

มีค่าแรงต้านการดึงระหว่าง 15.14-20.59 กรัม และมี ค่าแรงยึดติด 6050-8572 กรัม (ตารางที่ 5) สังเกตว่า ตัวอย่างมะขามี่ที่ใช้แป้งสาลีอเนกประสงค์เส้นจะ ขาดง่ายและมีสีคล้ำมากกว่าตัวอย่างอื่น คุณลักษณะ เนื้อสัมผัสยืดหยุ่นและแรงต้านทานการตัดขาดของ เส้นมะขามี่ เป็นผลจากปฏิกิริยาเชื่อมขวางระหว่าง โปรตีนแป้งสาลี หรือกลูเตนกับโซเดียมคาร์บอเนต [11] รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่เป็นด่างสูงและ อุณหภูมิความร้อนที่ใช้ลวกมะขามี่ ซึ่งเป็นปัจจัยเร่งให้ โปรตีนเสื่อมเสียสภาพธรรมชาติมากขึ้น ดังนั้น ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีทั้ง 5 ชนิดที่ใช้ในการศึกษานี้ (ตารางที่ 2) จึงมีความสัมพันธ์ โดยตรงกับคุณลักษณะคุณภาพเนื้อสัมผัสและการ เปลี่ยนแปลงสีของมะขามี่ (ค่า)

ตารางที่ 4 ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ตัวอย่างมะขามี่ก่อนลวก และหลังลวก

ชนิดแป้งสาลี	มะขามี่ก่อนลวก			มะขามี่หลังลวก		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
ขนมปัง	71.7 ± 1.8^a	1.01 ± 0.01^a	18.0 ± 1.1^a	62.2 ± 1.2^a	1.12 ± 0.06^b	22.9 ± 1.1^a
อเนกประสงค์	72.5 ± 1.9^a	0.95 ± 0.02^a	17.4 ± 0.4^a	63.7 ± 0.8^a	1.09 ± 0.11^b	22.4 ± 0.6^a
มะขามี่ 1	71.6 ± 2.1^a	1.56 ± 0.05^b	20.9 ± 1.1^b	63.8 ± 0.9^a	1.57 ± 0.19^c	25.2 ± 0.8^b
มะขามี่ 2	72.5 ± 1.5^a	1.67 ± 0.12^b	17.5 ± 0.2^a	61.5 ± 1.7^a	2.02 ± 0.08^d	24.3 ± 0.7^{ab}
มะขามี่ 3	78.8 ± 0.8^b	1.03 ± 0.04^a	16.5 ± 0.6^a	68.7 ± 0.9^b	0.79 ± 0.35^a	24.0 ± 0.5^{ab}
(คุณภาพพิเศษ)						

* ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษร a, b, และ c ที่แตกต่างกันของค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญทาง สถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 5 น้ำหนัก แรงต้านการดึง และแรงยึดติดของตัวอย่างบะหมี่หลังการลวก

ชนิดแป้งสาลี	น้ำหนักเพิ่มขึ้น หลังลวก (ร้อยละ)	แรงต้านการดึง (กรัม)	แรงยึดติด (กรัม)
ขนมปัง	46.8 ± 2.0 ^{abc}	16.44 ± 3.6 ^{ab}	6210 ± 170 ^b
อเนกประสงค์	44.2 ± 2.5 ^a	15.14 ± 3.0 ^a	8572 ± 125 ^c
บะหมี่ 1	53.4 ± 3.5 ^{bc}	24.39 ± 4.6 ^b	5761 ± 184 ^a
บะหมี่ 2	55.3 ± 3.9 ^c	20.59 ± 2.2 ^{ab}	6050 ± 136 ^b
บะหมี่ 3	45.5 ± 3.8 ^{ab}	24.28 ± 1.6 ^b	5602 ± 107 ^a

(คุณภาพพิเศษ)

* ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษร a, b, และ c ที่แตกต่างกันของค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4. สรุปผลการวิจัย

ปริมาณโปรตีนในแป้งสาลี พบว่ามีผลต่อความยืดหยุ่นและความแน่นของเนื้อสัมผัสบะหมี่ต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแป้งสาลีโปรตีนสูงมีแนวโน้มที่จะให้บะหมี่มีความแน่นและยืดหยุ่นของเนื้อสัมผัสดีกว่าแป้งสาลีโปรตีนต่ำ แต่ก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นด้วย ได้แก่ ชนิดของบะหมี่ และวัตถุดิบอาหารที่ผู้ผลิตแป้งเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพแป้งให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ขณะที่การกระจายขนาดอนุภาค ปริมาณเถ้า ค่าพีเอช และความชื้นของแป้งสาลีไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของคุณภาพบะหมี่อย่างเด่นชัด ผลที่ได้จากการศึกษานี้แนะนำให้ควรเลือกใช้แป้งสาลีให้ตรงวัตถุประสงค์ของชนิดอาหารแต่ละประเภท เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับ รวมทั้งควรศึกษาเพิ่มเติมถึงปฏิกิริยาการเชื่อมข้ามหรือการเกิดโพลีเมอร์ไรเซชันของโปรตีนกลูเตนกับสารละลายต่าง เพื่อนำไปสู่การต่อยอดงานวิจัยในการใช้แป้งข้าวสาลีลดการใช้เอนไซม์ในการปรับปรุงคุณภาพบะหมี่ต่างต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยมหิดล

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Guoquan H. and Mark K. Asian noodle technology. *Technical Bulletin*.1998. 12:1-10.
- [2] Vaibhav B.P., Kumar S.B., Madhumathi R. and Prabhasankar P. Influence of health based ingredient and its hydrocolloid blends on noodle processing. *Food Measure*. 2014. 8:283–295.
- [3] Ung K. B. Chapter 11 Effects of flour protein and starch on noodle quality. In: Gary GH, editor. *Asian Noodles: Science, Technology, and Processing*. Wiley & Sons, Inc, USA. 2010. p.261-284.

- [4] Andrew S.R. and Graham B.C. Chapter 13 Effects of flour characteristics on noodle texture. In: Gary GH, editor. *Asian Noodles: Science, Technology, and Processing*. Wiley & Sons, Inc, USA. 2010. p.313-330.
- [5] AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official Method 992.23, Crude Protein in Cereal Grains. 2016, 20th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- [6] AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official Method 930.30, Milk-dried- Ash. 2016, 20th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- [7] Man L., Ke X.Z., Xiao N.G., Kristof B. and Hui M.Z. Natural additives in wheat-based pasta and noodle products: Opportunities for enhanced nutritional and functional properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014. 13:347-357.
- [8] Fuerst E.P., James V.A. and Craig F.M. Chapter 12 Effects of polyphenol oxidase on noodle color: Mechanisms, Measurement, and Improvement. In: Gary GH, editor. *Asian Noodles: Science, Technology, and Processing*. Wiley & Sons, Inc, USA. 2010: 285-312.
- [9] Diane M.M. Flour components affecting paste and noodle colour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1984. 35:463-471.
- [10] Asenstorfer R.E., Wang Y. and Mares D.J. Chemical structure of flavonoid compounds in wheat (*Triticum aestivum* L.) flour that contribute to the yellow colour of Asian alkaline noodles. *Journal of Cereal Science*. 2006. 43(1):108-119.
- [11] Ting L., Xiao N.G., Ke X.Z. and Hui M.Z. Effects of alkali on protein polymerization and textural characteristics of textured wheat protein. *Food Chemistry*. 2018. 239:579-587.