

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. องค์ประกอบทางเคมีของมันเทศสด

มันเทศสดพันธุ์พื้นเมืองที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ พันธุ์เกษตร พันธุ์กระต่าย พันธุ์ไข่ และพันธุ์ต่อเผือก แหล่งปลูกส่วนใหญ่มาจากภาคกลางและภาคตะวันออก ลักษณะของมันเทศพันธุ์เกษตร มีเปลือกสีชมพูปนม่วง เนื้อในสีเหลืองอ่อน หัวโตมาก มันเทศพันธุ์กระต่าย มีเปลือกสีม่วงแดง เนื้อในสีขาว ลักษณะหัวยาวเรียว มันเทศพันธุ์ไข่ มีเปลือกสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีเหลืองส้ม ลักษณะหัวยาวเรียว และมันเทศพันธุ์ต่อเผือก มีเปลือกสีม่วงอ่อน เนื้อในสีขาวปนม่วง ลักษณะหัวยาวเรียว องค์ประกอบทางเคมีของมันเทศสดพันธุ์ต่างๆ คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 9 มันเทศเป็นพืชที่มีความชื้นสูง โดยมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 67.77-72.12 และมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ แป้ง(starch) ซึ่งมีปริมาณแป้งสูงอยู่ในช่วงร้อยละ 63.98-70.53 แต่จะมีปริมาณโปรตีนและไขมันต่ำ โดยมีปริมาณโปรตีนและไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 2.44-4.21 และ 0.15-0.49 ตามลำดับ ส่วนปริมาณเถ้าและเส้นใย มีปริมาณอยู่ในช่วงร้อยละ 2.10-3.30 และ 3.27-3.61 ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมีของมันเทศที่วิเคราะห์ได้ ส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกับองค์ประกอบทางเคมีที่สุการ์ตันและคณะ (7) วิเคราะห์ได้ โดยมีปริมาณความชื้น ปริมาณแป้ง โปรตีน เถ้า และเส้นใย อยู่ในช่วงร้อยละ 67.85-72.24, 72.00-80.79, 2.97-4.01, 1.83-4.54 และ 2.89-4.45 ตามลำดับ

2. การสกัดแป้งจากมันเทศพันธุ์พื้นเมือง

ได้ทดลองสกัดแป้งตามวิธีของ Hamed และคณะ(10) ร้อยละปริมาณแป้งที่ได้แสดงในตารางที่ 10 พบว่า มันเทศพันธุ์เกษตรมีร้อยละปริมาณแป้งเท่ากับ 16.44 ซึ่งสูงกว่าร้อยละปริมาณแป้งของมันเทศพันธุ์กระต่าย ไข่ และต่อเผือก ที่มีร้อยละปริมาณแป้ง เท่ากับ 12.54,

12.16 และ 13.66 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากมันเทศพันธุ์เกษตรมีขนาดหัวที่โตกว่า จึงทำให้มีการสูญเสียเนื่องจากการปอกเปลือกและตากแห้งน้อยกว่ามันเทศพันธุ์อื่น โดยน้ำหนักเปลือกของมันเทศพันธุ์เกษตรคิดเป็นร้อยละ 21.11 (นน./นน.) ขณะที่น้ำหนักเปลือกของมันเทศพันธุ์กระต่ายไข่ และต่อเมื่อคิดเป็นร้อยละ 28.45, 30.56 และ 26.89 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสภารัตน์และคณะ (7) รายงานไว้ว่า ร้อยละการสูญเสียเนื่องจากการปอกเปลือกและตากแห้งของมันเทศที่มีหัวขนาดเล็กจะมากกว่ามันเทศที่มีหัวขนาดใหญ่ และร้อยละการสูญเสียเนื่องจากการปอกเปลือกและตากแห้งจะอยู่ในช่วงร้อยละ 30-40 (น้ำหนัก/น้ำหนัก)

3. ศึกษาสมบัติของแป้งมันเทศพันธุ์ต่างๆเปรียบเทียบกับแป้งสาลีอเนกประสงค์ที่ใช้ในการทำคุกกี้ทั่วไป

3.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศและแป้งสาลี

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของแป้งมันเทศพันธุ์ต่างๆ เปรียบเทียบกับแป้งสาลีพบว่า องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศและแป้งสาลี คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 11 โดยแป้งมันเทศจะมีปริมาณโปรตีนและไขมันต่ำกว่าแป้งสาลี แต่จะมีปริมาณเถ้าและเส้นใยสูงกว่าแป้งสาลี โดยมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใยร้อยละ 2.35-3.58, 0.13-0.50, 1.63-2.69 และ 2.35-2.78 ตามลำดับ ส่วนแป้งสาลีจะมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใยร้อยละ 11.05, 0.76, 0.82 และ 0.86 ตามลำดับ การที่แป้งมันเทศมีปริมาณไขมันต่ำ จะช่วยลดปัญหาเรื่องการเหม็นหืน และช่วยยืดอายุการเก็บในผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น แป้งมันเทศจะมีปริมาณอะไมโลสอยู่ในช่วงร้อยละ 25.73-32.6 ส่วนแป้งสาลีจะมีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 25.86 จากผลการทดลองพบว่า แป้งมันเทศพันธุ์เกษตรจะมีปริมาณโปรตีนสูงร้อยละ 3.58 ซึ่งสูงกว่าปริมาณโปรตีนในแป้งมันเทศพันธุ์กระต่ายไข่ และต่อเมื่อ ที่มีปริมาณร้อยละ 2.53, 2.35 และ 2.99 ตามลำดับ และองค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศที่วิเคราะห์ได้ส่วนใหญ่มีปริมาณอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ Madamba และคณะ (13) ที่มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และปริมาณอะไมโลส อยู่ในช่วงร้อยละ 1.13-5.96, 0.32-1.45, 1.54-2.83 และ 16.1-24.4 ตามลำดับ



3.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของแป้งมันเทศและแป้งสาลี

3.2.1 ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของแป้งมันเทศและแป้งสาลีโดยใช้เครื่อง Brabender Farinograph

Farinograph เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดสมบัติทางกายภาพในการเกิดโด โดยสามารถวัดค่าการดูดซึมน้ำของแป้งที่เหมาะสมแล้วทำให้เกิดความสูงของเส้นโค้งที่ 500 B.U. ซึ่งถือเป็นเส้นมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบ จาก Farinogram ของแป้งมันเทศทุกพันธุ์ที่แสดงในรูปที่ 3-6 จะเห็นว่า แตกต่างจาก Farinogram ของแป้งสาลีที่แสดงในรูปที่ 7 โดย Farinogram ของแป้งมันเทศทุกพันธุ์ จะมีความสูงของเส้นโค้งไม่ถึง 500 B.U. แสดงว่าแป้งมันเทศขาดคุณสมบัติในการเกิดโด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่แป้งมันเทศขาดโปรตีนกลูเตน ซึ่งเป็นโปรตีนสำคัญในแป้งสาลีโดยจะประกอบด้วยไกลอะดินและกลูเตนินในอัตราส่วน 1:1 เมื่อนำแป้งไปนวดกับน้ำจะให้สมบัติการยืดหยุ่นของโด ส่วนโปรตีนในแป้งมันเทศนั้นส่วนใหญ่จะเป็นไกลบูลิน(5) การที่แป้งมีองค์ประกอบของโปรตีนต่างประเภทกัน จึงทำให้สมบัติทางกายภาพในการเกิดโดของแป้งต่างกัน

3.2.2 ศึกษาหาความชื้นหนืดและอุณหภูมิในการเกิดเจลของแป้งมันเทศและแป้งสาลี โดยใช้เครื่อง Brabender Amylograph

จากการวัดความชื้นหนืดและอุณหภูมิการเกิดเจล ของแป้งมันเทศพันธุ์ต่างๆและแป้งสาลีได้ผลแสดงดังตารางที่ 12 พบว่า แป้งมันเทศพันธุ์เกษตร กระจ่าง ไช้ และ ต่อเผือก จะมีอุณหภูมิการเกิดเจลอยู่ในช่วง 71-84, 75.5-80, 75.5-81 และ 74-95 °C ตามลำดับ ส่วนแป้งสาลีจะมีอุณหภูมิการเกิดเจลอยู่ในช่วง 65-89 °C จะเห็นว่า แป้งมันเทศจะมีอุณหภูมิการเกิดเจลอยู่ในช่วงเดียวกับแป้งสาลี แต่ช่วงอุณหภูมิจะแคบกว่า ซึ่งอาจขึ้นกับความแตกต่างของขนาดเม็ดแป้ง แรงจับตัวกันระหว่างโมเลกุล และปริมาณของผลึกภายในเม็ดแป้ง ถ้าเม็ดแป้งมีขนาดใกล้เคียงกันหรือแรงจับกันระหว่างโมเลกุลภายในเม็ดแป้งใกล้เคียงกัน หรือเม็ดแป้งมีผลึกน้อย ช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลจะแคบ ให้ลักษณะกราฟที่ชันมาก (39) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดความชื้นหนืดและอุณหภูมิการเกิดเจลของแป้งมันเทศดังแสดงในรูปที่ 8 ที่พบว่า แป้งมันเทศส่วนใหญ่จะให้กราฟในช่วง heating cycle ชันมาก

จากการวัดความหนืดของน้ำแป้ง โดยใช้ Brabender Amylograph พบว่าแป้งมันเทศทุกสายพันธุ์ จะมีความหนืดที่จุดสูงสุด (peak viscosity) สูงกว่าแป้งสาลี และพบว่า ความหนืดของน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับความร้อน แสดงว่า เม็ดแป้ง จะแตกได้ง่าย และไม่คงทนต่อการกวน ยกเว้นแป้งมันเทศพันธุ์ต่อเผือก ซึ่งมีเสถียรภาพ ที่ดีต่อการกวนมากกว่าแป้งมันเทศพันธุ์อื่น ส่วนแป้งสาลีนั้น น้ำแป้งจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่าง ช้าๆ แสดงว่า เม็ดแป้งแตกได้ยาก และมีความคงทนต่อการกวนมาก ซึ่งจะเห็นได้จากค่า ความหนืดหลังจากรักษาอุณหภูมิไว้ที่ 95 °C เป็นเวลา 30 นาที ต่ำกว่าความหนืดที่จุดสูงสุดไม่ มากนัก

เมื่อพิจารณาความหนืดในช่วงอุณหภูมิ 50 °C พบว่า แป้งสาลีจะมี ความหนืดสูงกว่าแป้งมันเทศทุกสายพันธุ์ การที่ค่าความหนืดของแป้งสาลีสูงกว่าแป้งมันเทศ เป็น ผลมาจากการที่ amylose และ amylopectin จับกันมาก ทำให้เจลที่ได้มีความเหนียวหนืด มากขึ้น ผลจากการจับกันของโมเลกุล amylose และ amylopectin มีผลทำให้น้ำที่เคย จับกันอยู่ก่อนต้องถูกกีดกันออกไป และส่วนที่จับกันจะมีลักษณะเหมือนผลึก ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การคืนตัว ซึ่งอาจมีผลดีหรือผลเสียก็ได้ เช่น การคืนตัวในผลิตภัณฑ์ขนมปังจะทำให้ลักษณะของ ขนมปังใหม่สดเปลี่ยนเป็นขนมปังเก่า มีความขุ่นและแห้งกว่าเดิม (stale) ส่วนแป้งมันเทศ พบว่ามีการคืนตัวในอัตราปานกลาง และมีรูปแบบการคืนตัวคล้ายรูปแบบการคืนตัวของแป้งจาก ธัญพืช (17) แต่ใช้เวลาในการคืนตัวช้ากว่า ซึ่งน่าจะเป็นผลดีต่อผลิตภัณฑ์ในแง่ช่วยยืดระยะเวลา ในการเกิด staling

3.3 ศึกษาการทดสอบทำคุกกี้จากแป้งมันเทศสายพันธุ์ต่างๆ และแป้งสาลี

การทดสอบทำคุกกี้เป็นการตรวจสอบคุณภาพของแป้งที่ใช้ทำคุกกี้ โดยใช้สูตร มาตรฐานและวิธีทำตาม AACC (34) แล้วคำนวณค่า spread factor ของคุกกี้ ผลจาก การวัด spread factor ของคุกกี้แสดงในตารางที่ 13 คุกกี้จากแป้งมันเทศมี spread factor อยู่ในช่วง 5.30-5.42 ส่วนคุกกี้จากแป้งสาลีมี spread factor 5.80 จะเห็น ได้ว่า คุกกี้จากแป้งมันเทศมี spread factor ต่ำกว่าคุกกี้จากแป้งสาลี เมื่อพิจารณา ความกว้างของคุกกี้ พบว่าคุกกี้จากแป้งสาลีมีการขยายตัวด้านกว้างมากกว่าคุกกี้จากแป้งมันเทศ

ค่า spread factor จึงมากกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การที่แป้งสาลีมีโปรตีนกลูเตน ซึ่ง มีสมบัติช่วยให้เกิดโครงร่างที่แข็งแรง สามารถกักเก็บก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยาของสารเคมีที่ทำให้ เกิดการขึ้นฟู และเมื่อได้รับความร้อนจากการอบ ก๊าซและน้ำในผลิตภัณฑ์จะระเหยออกไป ดัน โครงร่างของผลิตภัณฑ์ให้มีการแผ่ขยายมากขึ้น แต่แป้งมันเทศไม่มีกลูเตนทำให้ขาดโครงร่าง ที่แข็งแรงสำหรับกักเก็บก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีของผงฟู มีผลให้การแผ่ขยายของคุกกี้น้อยกว่า คุกกี้แป้งสาลี

เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และการทดสอบทำคุกกี้จาก แป้งมันเทศทุกสายพันธุ์ พบว่า ในแต่ละสายพันธุ์ไม่ค่อยมีความแตกต่างกันมากนัก แต่จะแตกต่าง จากแป้งสาลี ซึ่งเป็นผลมาจากการที่แป้งมันเทศและแป้งสาลีมีปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน นอกจากนี้ โปรตีนในแป้งยังเป็นโปรตีนต่างชนิดกัน (มีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน) ด้วย แต่เมื่อพิจารณาในแง่ คุณค่าทางโภชนาการแล้ว แป้งมันเทศพันธุ์เกษตรจะมีโปรตีนสูงกว่าแป้งมันเทศพันธุ์อื่น ประกอบกับ การที่มันเทศพันธุ์นี้มีร้อยละปริมาณแป้งที่สกัดได้สูงกว่ามันเทศพันธุ์อื่น อีกทั้งยังมีราคาต่ำกว่ามันเทศ พันธุ์อื่นอีกด้วย จึงควรเลือกแป้งมันเทศพันธุ์นี้ไปศึกษาการทำคุกกี้ขั้นต่อไป

4. ศึกษาขั้นตอนการทำคุกกี้จากแป้งมันเทศพันธุ์ที่คัดเลือกจากข้อ 3

4.1 ศึกษาสูตรที่เหมาะสม

คุกกี้ที่เหมาะสมจะใช้แป้งมันเทศซึ่งเป็นแป้งชนิดที่ไม่มีโปรตีนกลูเตนทำผลิตภัณฑ์ คือ deposit cookies ซึ่งลักษณะของโตจะเกาะตัวกันได้น้อย และมี elasticity และ gluten development เพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงเลือกสูตรของ deposit cookies ที่มี ส่วนผสมหลักใกล้เคียงกันมาศึกษา 3 สูตร ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงใน ตารางที่ 15 พบว่า สูตรที่ 1 จะได้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติสูงสุด เมื่อพิจารณาจากสูตร จะเห็นว่า สูตรที่ 1 จะใช้ปริมาณน้ำตาลน้อยกว่าสูตรที่ 2 และ 3 โดย สูตรที่ 1 ใช้ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 45 (โดยน้ำหนักแป้ง) ส่วนสูตรที่ 2 และ 3 จะใช้ปริมาณ น้ำตาลร้อยละ 50 และ 55 (โดยน้ำหนักแป้ง) ทำให้มีรสชาติหวานกว่าสูตรที่ 1 ทั้งนี้ เนื่องมาจาก การที่แป้งมันเทศมีปริมาณน้ำตาลในแป้งสูงกว่าแป้งสาลี ซึ่งจากการวิเคราะห์

ปริมาณ reducing sugar ในแป้งมันเทศพันธุ์เกษตรกรโดยสุภารัตน์และคณะ (7) พบว่า แป้งมันเทศพันธุ์เกษตรกรมีปริมาณ reducing sugar อยู่ในช่วงร้อยละ 3.10-3.83 ซึ่งใกล้เคียงกับที่ Hamed และคณะ (10) รายงานว่า แป้งมันเทศมีปริมาณ reducing sugar และ non-reducing sugar ร้อยละ 3.80-10.35 และ 4.89-6.53 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าปริมาณ reducing sugar และ non-reducing sugar ของแป้งสาลีที่มีปริมาณร้อยละ 0.03 และ 1.56 ตามลำดับ

ส่วนในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส คูกี้จากสูตรที่ 2 จะมีคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่ำกว่าคูกี้จากสูตรที่ 1 และ 3 เมื่อพิจารณาจากสูตร จะเห็นว่า สูตรที่ 2 จะใช้ไขมันในปริมาณที่น้อยกว่าสูตรที่ 1 และ 3 โดยสูตรที่ 2 ใช้ไขมันร้อยละ 40 (โดยน้ำหนักแป้ง) ส่วนสูตรที่ 1 และ 3 ใช้ไขมันในปริมาณร้อยละ 50 และ 65 (โดยน้ำหนักแป้ง) ตามลำดับ การที่สูตรที่ 2 ได้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสต่ำกว่าสูตรที่ 1 และ 3 นั้น เนื่องจากปริมาณไขมันที่ใช้ในสูตรนั้นน้อยกว่าสูตรที่ 1 และ 3 ไขมันจะมีผลต่อความชุ่ม ความนุ่ม และความร่วนของคูกี้ คูกี้ที่ใช้ไขมันต่ำจึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่ดี ประกอบกับการที่แป้งมันเทศมีปริมาณไขมันต่ำกว่าแป้งสาลี ปริมาณไขมันที่ใช้ในสูตรคูกี้จากแป้งสาลีจึงไม่เหมาะสมกับสูตรของคูกี้จากแป้งมันเทศ

เมื่อพิจารณาสูตรที่ 1 และ 3 พบว่า สูตรที่ 1 จะใช้ปริมาณน้ำตาลและไขมันต่ำกว่าสูตรที่ 3 แต่คะแนนเฉลี่ยรวมของการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้น จึงควรเลือกสูตรที่ 1 ไปศึกษาขั้นตอนต่อไป เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

4.2 ปรับปรุงคุณภาพของคูกี้

เนื่องจากสูตรที่คัดเลือกได้จากข้อ 4.1 นั้น เป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับคูกี้จากแป้งสาลี แต่ไม่เหมาะสมสำหรับคูกี้จากแป้งมันเทศ โดยปกติคูกี้จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรสหวานมัน แต่จากการที่แป้งมันเทศขาด fatty substances (11) จึงทำให้คูกี้ที่ได้ไม่ค่อยมีความมัน ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงสูตรโดยการเพิ่มไขมันในสูตร

4.2.1 ศึกษาผลของไขมันที่มีต่อผลิตภัณฑ์คุกกี

เนื่องจากไขมันจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความร่วน ซุ่มและนุ่ม จากผลการทดลองศึกษาผลของไขมันที่มีต่อผลิตภัณฑ์คุกกี ดังแสดงในตารางที่ 18 จะเห็นว่า การเพิ่มไขมันจะทำให้คะแนนเฉลี่ยในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ไขมันยังมีผลในด้าน mouthfeel ดังนั้นจึงมีผลทำให้คะแนนเฉลี่ยในด้านรสชาติเพิ่มขึ้นด้วย โดยการใช้ไขมันที่ระดับร้อยละ 55 (โดยน้ำหนักแป้ง) จะได้คะแนนเฉลี่ยในด้านรสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัส ต่ำกว่าการใช้ไขมันในระดับร้อยละ 60 และ 65 (โดยน้ำหนักแป้ง) แต่ที่ระดับร้อยละ 60 และ 65 คะแนนเฉลี่ยในด้านรสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่า การใช้ไขมันที่ระดับร้อยละ 55 ยังไม่เพียงพอต่อการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น จึงเลือกไขมันที่ระดับร้อยละ 60 ซึ่งเป็นปริมาณน้อยสุดมาศึกษาขั้นตอนต่อไป

แต่จากการวัด spread factor ของคุกกี ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 16 spread factor ของคุกกีเมื่อเพิ่มระดับไขมันจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยปกติแล้ว ไขมันจะทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่น (lubricant) ใน cookie dough (22) การใช้ไขมันในระดับที่สูงขึ้น จะช่วยให้ consistency ของ dough ลดลง ทำให้คุกกีแผ่ขยายได้มากขึ้น แต่แป้งมันเทศเป็นแป้งที่ไม่มีกลูเตน ลักษณะของ dough ไม่ค่อยเกาะตัวกันอยู่แล้ว การเพิ่มไขมันจึงมีผลต่อการแผ่ขยายของคุกกี้น้อยมาก

4.2.2 ศึกษาผลของสารให้กลิ่นรสที่มีต่อผลิตภัณฑ์

เนื่องจากแป้งมันเทศจะมีกลิ่นเฉพาะของมันเทศ และแตกต่างจากกลิ่นของแป้งสาลี ซึ่งอาจทำให้คุณภาพด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ด้อยลง ดังนั้น จึงเลือกเติมกลิ่นรสเนยลงไปผลิตภัณฑ์ เพื่อให้กลิ่นของมันเทศลดลงในระดับที่ผู้ทดสอบยอมรับได้ และจากการที่แป้งมันเทศพันธุ์เกษตรรมีสีเหลืองอ่อนๆ คล้ายสีของเนยสด จึงสามารถที่จะใช้ shortening แทนเนยสดได้ จากผลการทดลองซึ่งแสดงดังตารางที่ 20 พบว่า ปริมาณกลิ่นรสเนยที่เหมาะสมที่สุด คือ ร้อยละ 0.5 (โดยน้ำหนักแป้ง) ซึ่งเป็นระดับที่น้อยสุด และให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสูงสุด

5. ศึกษาขั้นตอนการทำคุกกี้ตามวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีการทำขนมปังของ FAO

จากการที่นักวิจัยของ FAO สามารถนำแป้งที่ไม่มีกลูเตนมาทำขนมปังได้ โดยใช้เทคนิคการนำแป้งบางส่วนมาทำเป็น paste แล้วเติม paste ที่ได้รวมทั้งส่วนผสมอื่น และแป้งส่วนที่เหลือลงในขั้นตอนการผสม จะได้ขนมปังที่มี texture ดี การนำแป้งมาทำ paste นั้น แป้งจะเกิดเจลและมีความหนืดเพิ่มขึ้น เจลที่ได้จะมีลักษณะยืดหยุ่นได้ ซึ่งจะช่วยทดแทนสมบัติของกลูเตน (ในแง่ของความยืดหยุ่น) ทำให้ dough ของแป้งที่ไม่มีกลูเตนมี consistency เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับที่ Morton Satin (40) ได้รายงานว่าการนำแป้งบางส่วนมาทำให้เกิดเจล แล้วเติม paste ที่ได้ลงในขั้นตอนการผสม พร้อมกับแป้งส่วนที่เหลือนั้น เพื่อเพิ่ม viscosity ของ batter หรือ dough

ส่วน dough ของคุกกี้ แม้ว่าจะไม่ต้องการสมบัติการยืดหยุ่นมากเท่า dough ของขนมปัง แต่ก็ยังต้องการสมบัติในการเกาะตัว (adhesiveness) ของ dough บ้าง ดังนั้นจึงได้นำเทคนิคนี้มาทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ โดยทดลองเติม paste ลงในขั้นตอนการผสมคุกกี้

5.1 ศึกษาหาปริมาณแป้งที่เหมาะสมในการทำเป็น paste

ผลจากการวัด dough consistency (ความเป็นเนื้อเดียวของโด) ของ cookie dough ซึ่งแสดงดังรูปที่ 9-13 พบว่า dough ที่ได้จากการนำแป้งมาทำ paste ทุกระดับ จะมี consistency สูงกว่า dough ของคุกกี้ที่ทำจากขั้นตอนปกติ และมี consistency ใกล้เคียงกับ dough ของคุกกี้จากแป้งสาลี แต่จะมี stability ที่ดีกว่า (consistency ค่อนข้างสม่ำเสมอ) และการนำแป้งบางส่วนมาทำ paste จะช่วยเพิ่มลักษณะการเกาะตัวของ dough อีกด้วย ซึ่งจะเห็นได้จากการที่ dough มีความกว้างของ peak (band width) เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับ dough ที่ได้จากการใช้แป้งทำคุกกี้โดยวิธีปกติ

ผลจากการวัด spread factor แสดงดังตารางที่ 21 พบว่า spread factor ของคุกกี้ที่ได้จากการนำแป้งบางส่วนมาทำ paste และคุกกี้จากแป้งสาลีมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสอดคล้องกับการที่ dough มี consistency ใกล้เคียงกัน ดังนั้น ระยะทางที่คุกกี้แผ่ตัวจึงใกล้เคียงกัน

จากการพิจารณาแผนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 23 พบว่า คุกกี้ที่ได้จากการนำแป้งบางส่วนไปทำ paste ทุกระดับ มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกๆ ด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่การใช้แป้งที่ระดับร้อยละ 3 (โดยน้ำหนักแป้ง) ซึ่งเป็นระดับสูงสุด โดยใช้ปริมาณน้ำที่เท่ากัน น้ำแป้งจึงมีความเข้มข้นสูงกว่าระดับอื่นและมีความหนืดสูงขึ้นเมื่อกวนให้สุก ซึ่งน่าจะส่งผลต่อ consistency ของ cookie dough ช่วยให้ dough เกาะตัวได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัด dough consistency ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งในการทำ paste ดังนั้นจึงเลือกปริมาณแป้งระดับร้อยละ 3 ในการนำไปทำ paste

แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่สามารถใช้ dough consistency และ spread factor ของคุกกี้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินว่า คุกกี้จากแป้งมันเทศจะมีคุณภาพเหมือนกับคุกกี้จากแป้งสาลี แม้ว่าค่าเหล่านี้จะใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องมาจาก consistency ของ dough ที่ทำจากแป้งมันเทศ เกิดจากความหนืดของแป้งเมื่อถูกทำให้เกิดเจล (40) ขณะที่ consistency ของ dough ที่ทำจากแป้งสาลีเกิดจากความยืดหยุ่นของโปรตีน (23) ส่วน spread factor ของคุกกี้ นั้น นอกจากจะขึ้นกับสมบัติของแป้งแล้ว ยังขึ้นกับส่วนผสมอื่นๆ เช่น ไขมัน น้ำตาล และน้ำ เป็นต้น (23) ซึ่ง spread factor นี้ อาจปรับปรุงได้โดยการเพิ่มหรือลดส่วนผสมในสูตร ดังนั้น เกณฑ์ในการตัดสินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ จึงน่าจะตัดสินจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

5.2 ศึกษาผลของการเติมน้ำที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เมื่อใช้ขั้นตอนการทำคุกกี้ โดยนำแป้งบางส่วนมาทำ paste

จากการพิจารณา spread factor ของคุกกี้เมื่อเติมน้ำเพิ่มในสูตรทุกระดับดังตารางที่ 24 จะเห็นว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสอดคล้องกับ ผลการวัด consistency ของ cookie dough ที่แสดงในรูป 14-16 ที่มี consistency ใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 26 พบว่า

การเติมน้ำเพิ่มจะมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัส โดยการเติมน้ำที่ระดับร้อยละ 1 และ 3 (โดยน้ำหนักแป้ง) คะแนนเฉลี่ยที่ได้จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และมีคะแนนสูงกว่าการเติมน้ำที่ระดับร้อยละ 5 ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเติมน้ำมากเกินไปแล้วใช้เวลาอบผลิตภัณฑ์เท่ากัน น้ำจะเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มากกว่าการเติมน้ำที่ระดับต่ำๆ ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงไม่กรอบ ดังนั้น จึงเลือกการเติมน้ำที่ระดับร้อยละ 1 ซึ่งเป็นปริมาณน้อยสุด แต่อย่างไรก็ตาม การเติมน้ำเพิ่มจะมีผลทำให้ product yield เพิ่มขึ้นด้วย

5.3 ศึกษาผลของไขมันที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อใช้ขั้นตอนการทำคุกกี้โดยนำแป้งบางส่วนมาทำ paste

จากการพิจารณา spread factor ของคุกกี้เมื่อแปรปริมาณไขมันให้ผลดังแสดงในตารางที่ 27 พบว่า เมื่อเพิ่มไขมัน spread factor ของคุกกี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสอดคล้องกับ ผลการวัด consistency ของ cookie dough ที่แสดงในรูป 17-19 ที่พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณไขมัน consistency ของ cookie dough จะลดลง เป็นผลให้คุกกี้สามารถแผ่ขยายในระหว่างการอบได้มากขึ้น

จากการพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังแสดงในตารางที่ 29 พบว่า การเพิ่มไขมันจะมีผลทำให้คะแนนเฉลี่ยในด้านเนื้อสัมผัสและรสชาติมีแนวโน้มลดลง ซึ่งเป็นผลมาจาก การใช้ไขมันในปริมาณสูงๆ จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความร่วนเกินไป และมีผลต่อ mouthfeel ทำให้เกิดความรู้สึกเลี่ยน จึงทำให้คะแนนรสชาติต่ำลงด้วย แต่การใช้ไขมันที่ระดับร้อยละ 65 และ 70 (โดยน้ำหนักแป้ง) มีคะแนนเฉลี่ยในด้านรสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงควรเลือกปริมาณไขมันที่ระดับร้อยละ 65 และเช่นเดียวกับการเติมน้ำเพิ่ม การเพิ่มไขมันก็มีผลทำให้ product yield เพิ่มขึ้นด้วย

5.4 ศึกษาขั้นตอนที่เหมาะสมในการทำคุกกี้จากแป้งมันเทศ

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ทำจากสูตรที่เหมาะสมโดย

ใช้ขั้นตอนการทำคูกี้แบบปกติ และคูกี้ที่ได้จากสูตรที่เหมาะสมโดยใช้ขั้นตอนการทำคูกี้ตามวิธีที่
 คัดแปลงมาจากวิธีการทำขนมปังของ FAO ซึ่งทำโดยการนำแป้งบางส่วนไปทำ paste ดังแสดง
 ในตารางที่ 31 พบว่า คະแนนเฉลี่ยของคูกี้ที่ได้ในทุกด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่
 ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่สูตรที่เหมาะสมของคูกี้ที่ใช้ขั้นตอนการนำแป้งบางส่วนไปทำ
 paste ใช้ไขมันสูงกว่าสูตรของคูกี้แบบปกติ อธิบายได้ว่า ไขมันในผลิตภัณฑ์จะแทรกอยู่ตาม
 อนุภาคของแป้ง ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี แต่การนำแป้งไปทำ paste นั้น เป็น
 การทำให้แป้งเกิดเจล มีผลทำให้โมเลกุลของแป้งจับตัวกันเป็นโครงร่างที่เป็นตาข่าย การที่
 ไขมันจะแทรกเข้าไปตามโครงร่างนี้จึงทำได้ยากขึ้น ปริมาณไขมันที่ใช้ในสูตรมาตรฐานอาจไม่
 เพียงพอ จึงต้องใช้ไขมันในปริมาณที่สูงขึ้น นอกจากนี้แล้ว ขั้นตอนการนำแป้งบางส่วนไปทำ
 paste ยังยุ่งยากและสิ้นเปลืองกว่าขั้นตอนปกติอีกด้วย ดังนั้น ขั้นตอนที่เหมาะสมสำหรับการทำ
 คูกี้จากแป้งมันเทศ สามารถทำได้โดยการใช้น้ำมันแทนเหมือนขั้นตอนการทำคูกี้จากแป้งสาลี

6. ทดลองเปรียบเทียบคูกี้จากแป้งมันเทศที่ผลิตได้กับคูกี้จากแป้งสาลี

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคูกี้จากแป้งมันเทศที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับ
 คูกี้จากแป้งสาลี แสดงดังตารางที่ 33 พบว่า คະแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส
 ด้านกลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และคะแนนรวมของคูกี้จากแป้งมันเทศที่ทำจากสูตรที่เหมาะสม
 โดยใช้ขั้นตอนการทำคูกี้แบบปกติ และคูกี้จากแป้งมันเทศที่ทำจากสูตรที่เหมาะสมโดยใช้ขั้นตอน
 การทำคูกี้ตามวิธีที่คัดแปลงมาจากวิธีการทำขนมปังของ FAO จะแตกต่างกับคูกี้จากแป้งสาลี
 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การที่คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทาง
 ประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นและลักษณะเนื้อสัมผัสของคูกี้แตกต่างกัน เป็นผลมาจากคุณภาพของ
 แป้งที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางเคมีของแป้งดังตารางที่ 11
 ที่พบว่า แป้งสาลีจะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งมันเทศ นอกจากนี้องค์ประกอบของโปรตีนในแป้ง
 ทั้ง 2 ชนิดยังแตกต่างกัน โดยโปรตีนในแป้งสาลีมีสมบัติพิเศษ คือ สามารถนวดผสมกับน้ำ
 ได้เป็นกลูเตน ซึ่งเป็นสารที่มีลักษณะเหนียว เป็นยาง ยืดหยุ่นได้ และช่วยให้ก้อนแป้งมีกำลัง
 อุ่มก้ำกึ่งที่ขึ้นฟูไว้ได้ ซึ่งจะ เป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ (23) คูกี้ที่ทำจากแป้งสาลีจึงมีลักษณะ

กรอบร่วนกว่าคูกี้ที่ทำจากแป้งมันเทศ ส่วนในด้านกลิ่นนั้น เนื่องจาก แป้งมันเทศมีกลิ่นเฉพาะของมันเทศซึ่งแตกต่างจากแป้งสาลี ดังนั้นจึงมีผลทำให้คะแนนเฉลี่ยในด้านกลิ่นของคูกี้จากแป้งมันเทศต้องต่ำกว่าคูกี้จากแป้งสาลี ซึ่งเป็นคูกี้ที่มีขายทั่วไป ส่วนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกๆ ด้าน ของคูกี้จากแป้งมันเทศที่ทำจากสูตรที่เหมาะสมโดยใช้ขั้นตอนการทำคูกี้แบบปกติ และคูกี้จากแป้งมันเทศที่ทำจากสูตรที่เหมาะสมโดยใช้ขั้นตอนการทำคูกี้ตามวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีการทำขนมปังของ FAO จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองเปรียบเทียบคูกี้ที่ทำจากแป้งมันเทศทั้ง 2 ขั้นตอน ในข้อ 5.4 ที่ให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกๆ ด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7. ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ได้ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์คูกี้ที่ทำจากแป้งมันเทศที่คัดเลือกได้จากข้อ 5 โดยบรรจุในถุงพลาสติก PE ถุง aluminium foil และ ถุง metallized film และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน แล้ววิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น และหา peroxide value ซึ่งจะบอกถึงปริมาณเปอร์ออกไซด์ที่มีอยู่ในไขมันในตัวอย่าง ซึ่งเกิดจากการที่ไขมันสัมผัสกับอากาศ โดยเกิดการหืนชนิด oxidative rancidity ที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (41)

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและ ค่า P.O.V. ของคูกี้ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะบรรจุต่างชนิดกัน แสดงดังตารางที่ 35 และ 36 พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น ปริมาณความชื้นและ ค่า P.O.V. ของคูกี้ที่เก็บในภาชนะบรรจุทุกชนิด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นของคูกี้ที่เก็บในถุงพลาสติก PE จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกๆ เดือน ขณะที่ปริมาณความชื้นของคูกี้ที่เก็บในถุง aluminium foil และ ถุง metallized film จะมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าเมื่อเก็บคูกี้ในถุงพลาสติก PE ส่วนค่า P.O.V. ของคูกี้ที่บรรจุในภาชนะบรรจุทุกชนิด พบว่า ค่าที่ได้ในช่วงเวลาเริ่มต้นจะไม่แตกต่างกับค่าที่ได้ช่วง 2 เดือนแรก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



แต่จะแตกต่างกับค่าที่ได้ในเดือนที่ 3 ทั้งนี้ เพราะว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ความชื้นในบรรยากาศสามารถซึมผ่านภาชนะบรรจุเข้าไปสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ได้มาก ภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน จะมีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของอากาศได้แตกต่างกัน โดยที่ ถุง alumunium foil และ ถุง metallized film สามารถป้องกันการซึมผ่านความชื้น ได้ดีกว่าถุงพลาสติก PE ทั้งนี้ เนื่องจาก ถุง alumunium foil เป็นถุงที่ทำจากฟิล์มพลาสติก laminated กับโลหะอลูมิเนียม และ ถุง metallized film ทำจากฟิล์มพลาสติกที่ผ่านการเคลือบด้วยโลหะอลูมิเนียม (42) ดังนั้นจึงสามารถป้องกันการซึมผ่านของอากาศได้ดีกว่าถุงพลาสติก PE ซึ่งทำจากฟิล์มพลาสติกเพียงอย่างเดียว และสมบัติในการป้องกันความชื้นและการซึมผ่านของออกซิเจนแสดงในภาคผนวก ฉ

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 38, 39 และ 40 พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ค่ะแนนเฉลี่ยในด้านกลิ่นของคุกกี้ที่บรรจุในภาชนะบรรจุทุกชนิด มีแนวโน้มลดลง แต่ผลิตภัณฑ์ยังมีคะแนนอยู่ในช่วงมีกลิ่นหอมปกติของตัวอย่าง (9-10) ส่วนในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ค่ะแนนเฉลี่ยจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย ค่ะแนนเฉลี่ยในช่วงเวลาเริ่มต้นของคุกกี้ที่บรรจุในถุง PE จะไม่แตกต่างกับคะแนนเฉลี่ยในเดือนที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และในเดือนที่ 2 และ 3 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนคะแนนเฉลี่ยของคุกกี้ที่บรรจุในถุง aluminium foil และถุง metallized film ในช่วง 2 เดือนแรกจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่ในเดือนที่ 3 ค่ะแนนเฉลี่ยจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่า เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติก PE เป็นเวลา 2 เดือน จำนวนผู้ทดสอบที่ยอมรับผลิตภัณฑ์จะลดลงถึงร้อยละ 50 ส่วนคุกกี้ที่เก็บในถุง aluminium foil และถุง metallized film ผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอยู่ จะเห็นได้ว่า สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติก PE โดยผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ได้นานเพียง 1 เดือนเท่านั้น ส่วนถุง aluminium foil และถุง metallized film สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้นานถึง 3 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านอากาศของภาชนะบรรจุแตกต่างกันดังที่ได้กล่าวมาแล้ว