บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 องค์ประกอบและสมบัติของน้ำนมที่นำมาผลิตเนยแข็งพิซซ่า

จากค่าเฉลี่ยองค์ประกอบและสมบัติของน้ำนมซึ่งแสดงในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าน้ำนมดิบที่นำมาใช้ในการทดลองมีความผันแปรค่อนข้างน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากเป็นน้ำนมที่ได้คัดเลือกจากฟาร์มโคนมเพียงแห่งเดียว ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกับสถานที่ใช้ทดลองผลิตเนยแข็ง (โรงงานผลิตภัณฑ์นม วิทยาลัยเกษตรกรรมราชบุรี) ซึ่งเป็นฟาร์มที่มีการจัดการในด้านการเลี้ยงดู การรีดนมและการสุขาภิบาลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ดี

เมื่อพิจารณาด้านองค์ประกอบของน้ำนมที่ผ่านการปรับมาตรฐานแล้วจะเห็นได้ว่ามีปริมาณของแข็งทั้งหมดและไขมันมันต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วน้ำนมจะมีของแข็งทั้งหมด 11.5 - 17 % และไขมัน 3-7 % ทั้งนี้เนื่องจากเป็นน้ำนมที่ผ่านการปรับมาตรฐานไขมันให้มีไขมัน 2 % มาก่อน ส่วนปริมาณโปรตีนอยู่ในเกณฑ์ปกติ ซึ่งปกติอยู่ในช่วง 3-5 % (Nielsen และ Ullum, 1989)

สำหรับสมบัติของน้ำนม จะเห็นได้ว่ามีค่า pH อยู่ในเกณฑ์ปกติ (Nielsen และ Ullum, 1989) และผลการตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์โดยวิธี methylene blue reduction test พบว่ามีชั่วโมงการเปลี่ยนสีอยู่ในช่วง 8 - 10 ชั่วโมง ถือได้ว่าเป็นน้ำนมที่มีคุณภาพด้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม (excellent) (DiLiello, 1982) ซึ่งทำให้เชื่อมั่นได้ว่า น้ำนมดิบที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลองผลิตเนยแข็งนี้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์สม่ำเสมอ และน่าจะทำให้ผลการทดลองต่อ ๆ ไปเชื่อถือได้ทุกครั้ง

5.2 การศึกษาหาชนิดและปริมาณกรดที่เหมาะสมในการผลิตเนยแข็งพิซซ่า

ได้ทดลองผลิตเนยแข็งพิซซ่าโดยใช้กรดต่างชนิดคือกรด acetic, citric, hydrochloric, lactic, malic และ phosphoric โดยเติมกรดลงในน้ำนมอุณหภูมิ 4.4°ซ. จนได้ pH 5.60 $\pm$ 0.03 ในช่วงก่อนการเติม rennet ตามกระบวนการผลิตเนยแข็งพิซซ่า

รูปที่ 2 ศึกษา renneting time แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาศึกษาองค์ประกอบ สมบัติทางกายภาพ ปริมาณผลผลิตและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ผลดังต่อไปนี้

5.2.1 องค์ประกอบของเนยแข็งพิซซ่า

นำเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตได้โดยใช้กรดต่างชนิดมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบต่าง ๆ หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5-7°ซ. เป็นเวลา 10-14 วัน ดังผลในตารางที่ 3 และ 4 ดังนี้

5.2.1.1 ความชื้น

พบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด citric มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นมากกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด malic, lactic, acetic, hydrochloric และ phosphoric ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากสูตรโครงสร้างของกรดที่ใช้ในการผลิตเนยแข็งพิซซ่า จะเห็นได้ว่ากรด citric มี carboxyl group มากกว่ากรดชนิดอื่นรวมทั้งยังมี hydroxyl group ซึ่งทั้ง 2 หมู่นี้สามารถพันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลของน้ำได้ โดยหลังจากที่กรดได้ ionize ให้ hydrogen ion จาก carboxyl group และอนุมูลกรดที่เหลืออยู่ ซึ่งมีประจุลบจะไปจับกับ para-K-casein ที่มีประจุบวกอยู่ใน micelles ทำให้ cheese curd ที่ผลิตจากกรด citric มี water binding capacity ดีกว่า cheese curd ที่ผลิตจากกรดชนิดอื่น (Dziezak, 1990) (Fox, 1982) และ (Fennema, 1985)

สำหรับเนยแข็งที่ผลิตโดยใช้กรด phosphoric มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นน้อยกว่า เนยแข็งที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่น เนื่องจาก phosphate anion ที่ได้จากการแตกตัวของกรด phosphoric จะไปจับกับ calcium ion เกิดเป็น calcium phosphate อยู่ในสภาพ insoluble ซึ่งจะอยู่รวมกับ α_S casein ใน paracasein micelles ผลทำให้ cheese curd ที่ได้มีความแน่นเนื้อ (firmness) มากขึ้น ซึ่งความแน่นเนื้อนี้จะมีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนผกผันกับเปอร์เซ็นต์ความชื้น (Shehata และคณะ 1967) (Fox, 1982) และ (Walstra และ Jenness, 1984)

5.2.1.2 ไขมันและโปรตีน

พบว่าเนยแข็งที่ผลิตโดยใช้กรด citric และ malic มีเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนต่ำกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้จากการทดลองได้สังเกตเห็น curd ที่ได้จากกรด citric และ malic ขณะตัด curd ค่อนข้างเหลวกว่า curd ที่ได้จากกรดชนิดอื่น ซึ่งเป็นผลมาจาก curd ที่ผลิตจากกรด citric และ malic มี water binding capacity สูงกว่า curd ที่ผลิตจากกรดชนิดอื่น ซึ่งการที่ curd

ในช่วงขณะตัดมีลักษณะที่นิ่มกว่ามีผลทำให้เกิดการสูญเสียไขมันและโปรตีนไปกับ whey ในขณะตัดและกวนมากกว่า curd ที่แข็งกว่า (Quarne และคณะ, 1968)

5.2.1.3 เกลือ

พบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด citric จะมีเปอร์เซ็นต์เกลือมากกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด malic และ lactic ตามลำดับรวมทั้งเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยกรดชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากอัตราการซึมผ่านของเกลือเข้าสู่ cheese curd ที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นมากกว่าจะเร็วกว่า cheese curd ที่มีเปอร์เซ็นต์ ความชื้นที่น้อยกว่า (Nielsen และ Ullum,1989)

5.2.2 renneting time

ในการทดลองผลิตเนยแข็งพิซซ่าโดยใช้กรดต่างชนิด ได้เติม rennet ลงไปในสัดส่วน 250 ppm. แล้วจับเวลาตั้งแต่เริ่มเติม rennet จนถึงเวลาเริ่มเห็นว่าเกิด coagulation ครั้งแรก ได้ผลดังตารางที่ 5 และ 6 พบว่า renneting time จากการผลิตเนยแข็งพิซซ่าโดยกระบวนการเติมกรดโดยตรงใช้เวลา 3.25-4.26 นาที ซึ่งน้อยกว่ากระบวนการผลิตแบบดั้งเดิมมาก ปกติอยู่ในช่วง 20 -30 นาที (Kosikowski , 1982) ทั้งนี้เนื่องจากกรดที่เติมลงในน้ำนมที่ใช้ผลิตเนยแข็งจนมีค่า pH 5.60 ± 0.03 จะทำหน้าที่ส่งเสริมการทำงานของ rennet ให้เร็วขึ้น โดย hydrogen ion จากกรดจะไปลดจำนวนประจุลบของ casein อันเป็นการลดแรงผลักระหว่าง rennet กับ K casein ดังนั้นจึงทำให้ rennet สามารถ hydrolyse K casein ได้เร็วขึ้น (Fox,1982) อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่ากรดต่างชนิดมีผลต่อความแตกต่างของ renneting time โดยพบว่าการผลิตเนยแข็งพิซซ่าโดยใช้กรด citric, และ malic จะมี renneting time มากกว่าการผลิตโดยใช้กรด lactic, acetic, hydrochloric และ phosphoric อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากสูตรโครงสร้างของกรด จะเห็นได้ว่ากรด citric หลังจาก ionize hydrogen ion จะมี carboxylate anion มากกว่ากรดชนิดอื่น ซึ่ง carboxylate anion นี้มีผลทำให้ rennet hydrolyse K-casein ได้ช้า (Davis, 1965)

5.2.3 ปริมาณผลผลิต

เมื่อทดลองผลิตเนยแข็งพิซซ่าโดยใช้กรดต่างชนิดได้แล้ว นำผลิตภัณฑ์เนยแข็ง

พิซซ่าที่ผลิตได้หลังจากบรรจุในถุงพลาสติกชนิด polypropylene ไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณผลผลิตดังตารางที่ 5 และ 6

พบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตจากกรดต่างชนิดไม่มีผลแตกต่างต่อปริมาณผลผลิตที่ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด citric และ malic จะมี เปอร์เซ็นต์ปริมาณผลผลิตมากกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่น ทั้งนี้เป็นเพราะ cheese curd ที่ผลิตโดยใช้กรด citric และ malic มี water binding capacity สูงกว่า cheese curd ที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่น ซึ่งสามารถสังเกตได้จากเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากตารางที่ 3 แต่ขณะเดียวกัน cheese curd ที่ผลิตโดยใช้กรด citric และ malic มีการสูญเสีย total solid ไปกับ whey ในขณะตัด curd และกวนมากกว่าโดยใช้กรดชนิดอื่น เนื่องจาก curd มีลักษณะอ่อนและนิ่มกว่า ผลทำให้เปอร์เซ็นต์ปริมาณผลผลิตเนยแข็งพิซซ่า ไม่แตกต่างจากเนยเข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณผลผลิตของเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตได้ค่อนข้างคงที่ เฉลี่ย 8.73% เมื่อเทียบกับเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิม (ประมาณ 9.39%) (Quarne, 1968)

5.2.4 สมบัติทางกายภาพของเนยแข็งพิซซ่า

เมื่อทดลองผลิตเนยแข็งพิซซ่าโดยใช้กรดต่างชนิดได้แล้ว นำเนยแข็งพิซซ่าที่ผ่านการเก็บรักษาอุณหภูมิ 5-7°ซ. เป็นเวลา 10-14 วัน นำมาตรวจสมบัติต่าง ๆ แสดงผลในตารางที่ 7 และ 8 ดังนี้

5.2.4.1 ความแน่นเนื้อ (firmness)

ความแน่นเนื้อของเนยแข็งพิซซ่าสามารถวัดออกมาเป็นค่าได้โดยการวัดแรงที่ต้องใช้ในการทำให้เนยแข็งพิซซ่าเสียรูปทรงไปจากเดิม (Paul และ Palmer, 1972) ค่าความแน่นเนื้อนี้ถ้ามีมากจะบ่งบอกถึงสมบัติในการถูกหั่นเป็นแผ่นบางได้ดี ซึ่งเป็นสมบัติที่ต้องการในเนยแข็งพิซซ่า จากผลการทดลองพบว่า เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด phosphoric มีค่าความแน่นเนื้อมากกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด acetic, citric, lactic และ malic อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด phosphoric มีปริมาณ calcium ใน cheese curd มากกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยกรดชนิดอื่น ซึ่งเกิดจากการรวมระหว่าง calcium ion กับ phosphate group ที่ได้จากการแตกตัวของกรด phosphoric (Shehata และคณะ,1967) นอกจากนี้พบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด

citric มีค่าความแน่นเนื้อน้อยกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตจากกรด citric มี cheese curd ที่มี water binding capacity สูงกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตจากกรดชนิดอื่น ซึ่งเกิดจากกรด citric มี carboxyl group ที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลของน้ำมากกว่ากรดชนิดอื่น (Fennema, 1985)

5.2.4.2 การแยกตัวของไขมัน (fat leakage)

การแยกตัวของไขมันของเนยแข็งพิซซ่าสามารถวัดออกมาเป็นพื้นที่ไขมันที่แยกตัวออกจากเนยแข็งพิซซ่าหลังจากนำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 110°ซ. เป็นเวลา 5 นาที ซึ่งเนยแข็งพิซซ่าที่ขายโดยทั่วไปจะมีพื้นที่การแยกตัวของไขมัน 4.12 $\pm$ 0.38 ซม.^{2} (Breene และคณะ 1964)

จากผลการทดลองว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด phosphoric มีพื้นที่การแยกตัวของไขมันน้อยกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด citric และ malic มีพื้นที่การแยกตัวของไขมันมากกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เข้าใจว่าเมื่อ cheese curd มีความแน่นเนื้อมากจะสามารถกักเก็บไขมันไม่ให้แยกตัวออกมาเมื่อถูกความร้อนได้มากกว่า cheese curd ที่มีความแน่นเนื้อน้อยกว่า โดยสังเกตได้จากผลการตรวจสอบพื้นที่การแยกตัวของไขมันกับค่าความแข็งของเนยแข็งพิซซ่า จะมีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนผกผันต่อกัน (ตารางที่ 7)

5.2.4.3 การหลอมละลาย (meltdown)

การหลอมละลายของเนยแข็งพิซซ่าเป็นสมบัติเฉพาะที่สำคัญยิ่งอย่างหนึ่งที่ต้องมีในเนยแข็งพิซซ่าซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Fox, 1987) จากผลการทดลองพบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด phosphoric มีเปอร์เซ็นต์การหลอมละลายต่ำกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งด้านแนวนอนที่มีการแผ่กระจายเพิ่มขึ้น (horizontal increase) และด้านแนวตั้งที่มีความสูงลดลง (vertical decrease) จากการสังเกตพบว่าการหลอมละลายของเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด phosphoric มีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนผกผันกับค่าความแน่นเนื้อ (ตารางที่ 7)

5.2.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็งพิซซ่า

เมื่อนำเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตจากกรดต่างชนิดมาทำเป็น plain pizza โดยการนำเอาเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรดต่างชนิดมาขูดเป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นนำไปโรยบนแผ่นขนมปังกรอบชนิดจืด แล้วนำไปอบในหม้ออเนกประสงค์อุณหภูมิ 230°ซ. เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปตรวจสอบทางประสาทสัมผัส แสดงผลในตารางที่ 9 และ 10 ดังนี้

5.2.5.1 การยืดเป็นเส้น

การยืดเป็นเส้นของเนยแข็งพิซซ่าหลังจาก baking ใหม่ ๆ ถือได้ว่าเป็นสมบัติเฉพาะที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ผู้บริโภคต้องการ สมบัติการยืดเป็นเส้นนี้เกิดจาก monocalcium paracaseinate ซึ่งเกิดจาก rennet hydrolyse casein ในน้ำนมจนเกิดเป็น curd ในสภาวะที่มีปริมาณ hydrogen ion ที่เหมาะสม (Fox, 1987) จากผลการทดลองพบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด lactic และ acetic มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยืดเป็นเส้นมากกว่าเนยแข็งพิซซ่า ที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการสังเกตพบว่า cheese curd ของเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด lactic และ acetic หลังจาก baking ใหม่ ๆ จะมีลักษณะการยืดเป็นเส้นที่เหมาะสมโดยมีขนาดของเส้นไม่ใหญ่มากเกินไปและความยาวไม่ยาวมาก หรือสั้นเกินไป ซึ่งผู้บริโภคจนิยมลักษณะการยืดเป็นเส้นเช่นนี้ ขณะที่ cheese curd ของเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด phosphoric มีลักษณะการยืดเป็นเส้นที่สั้นขาดง่าย ซึ่งถือว่าเป็นสมบัติที่ไม่ดีของเนยแข็งพิซซ่า ผู้บริโภคไม่นิยม และ cheese curd ของเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด citric และ malic มีลักษณะการยืดเป็นเส้นที่มีขนาดใหญ่และยาว ซึ่งผู้บริโภคไม่นิยมลักษณะการยืดแบบนี้เช่นกัน ดังนั้นเข้าใจว่าสาเหตุที่ทำให้ cheese curd มีลักษณะแตกต่างเนื่องจากเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่มีอยู่ใน cheese curd กล่าวคือถ้า cheese curd มีปริมาณความชื้นมาก จะมีพันธะไฮโดรเจนระหว่างน้ำกับโปรตีนมาก โอกาสที่จะมีพันธะไฮโดรเจนระหว่างน้ำกับโปรตีนเหลืออยู่ใน cheese curd หลังจาก baking ย่อมมีมากกว่าทำให้ cheese curd มีแรงยึดระหว่างโมเลกุลมาก จึงมีลักษณะยืดเป็นเส้นได้ขนาดใหญ่และยาว

5.2.5.2 รสชาติ

เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กระบวนการเติมกรดโดยตรง จะมีข้อเสียเปรียบเนยแข็งที่ผลิตโดยกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิมด้านรสชาติ (Breene และคณะ,

1964) ทั้งนี้เนื่องจากกรดที่เติมลงไปในกระบวนการผลิตไม่สามารถทดแทนการใช้ starter culture ได้อย่างสมบูรณ์ทุกอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการให้ flavor compounds (Anonymous, 1974) อย่างไรก็ตามปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการปรุงแต่งด้วย flavor ชนิดต่าง ๆ จากผลการทดลองพบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด lactic มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้จากการสังเกตพบว่า เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด lactic จะมีกลิ่นรสหอมซึ่งสอดคล้องกับ Tamine และ Robinson, 1985 ได้กล่าวไว้

5.2.5.3 สี

พบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตจากกรดต่างชนิดมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้แล้วยังไม่เกิดปัญหาสีน้ำตาลซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ หลังจาก baking อันเกิดจากปริมาณ lactose ที่หลงเหลืออยู่ใน cheese curd ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Breene และคณะ,1964

5.2.5.4 การแยกตัวของไขมัน

การแยกตัวของไขมันในเนยแข็งพิซซ่าที่เกิดในระหว่างการทำ pizza baking เป็นสิ่งที่ต้องการ แต่ถ้ามีมากเกินไปจะมีผลต่อลักษณะปรากฏทั่วไป ความน่ารับประทานและความกรอบ แต่การที่จะกำหนดว่าปริมาณการแยกตัวของไขมันเท่าไรถึงจะมากเกินไปนั้น กำหนดได้ยาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละคนและชนิดของพิซซ่า (Breene และคณะ,1964) จากผลการทดลองพบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรดต่างชนิดมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้มีเหตุผลเช่นเดียวกับข้อ 5.2.4.2

5.2.5.5 การหลอมละลายและการแผ่กระจาย

พบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด phosphoric มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการหลอมละลายและการแผ่กระจายน้อยกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจาก cheese curd ที่มีความแน่นเนื้อสูงเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำ มีการหลอมละลายและการแผ่กระจายต่ำเมื่อได้รับความร้อน ดังได้กล่าวไว้ในข้อ 5.2.4.3

5.2.5.6 ลักษณะปรากฏทั่วไป

พบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด citric และ malic มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้อยกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ จากการสังเกตพบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด citric และ malic มีลักษณะปรากฏที่ใสหลังจากผ่านการbaking แล้วปล่อยทิ้งไว้จนเนยแข็งเย็นลงในขณะที่เนยแข็งที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่นยังคงมีลักษณะปรากฏที่มีสีเหลืองอยู่ ทั้งนี้เข้าใจว่าเกิดจาก cheese curd หลังจาก baking ยังคงมีปริมาณน้ำเหลืออยู่มาก

5.2.5.7 คะแนนรวม

พบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด lactic มีคะแนนรวมมากกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากมีคะแนนด้านการยืดเป็นเส้น, รสชาติและลักษณะปรากฏทั่วไปสูงกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรดชนิดอื่น

จะเห็นได้ว่า เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้กรด lactic มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติและคะแนนรวมสูงกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตจากกรดชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยืดเป็นเส้น ลักษณะปรากฏทั่วไปสูงกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตจากกรดชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตจากกรด acetic ประกอบกับมีองค์ประกอบด้านปริมาณความชื้นและไขมันอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของสหรัฐอเมริกา ดังนั้นกรด lactic จึงเป็นกรดที่เหมาะสมที่จะใช้ผลิตเนยแข็งพิซซ่าโดยกระบวนการเติมกรดโดยตรง และนำไปศึกษาในข้อต่อไป

5.3 การศึกษาหาปริมาณ $CaCl_2$ และ rennet ที่เหมาะสมในการผลิตเนยแข็งพิซซ่า

การนำกระบวนการเติมกรดโดยตรงมาร่วมใช้ในการผลิตเนยแข็งพิซซ่า สามารถช่วยลดปริมาณ rennet ที่ใช้ลงไป (Mickettes และ Olson, 1974) ประกอบกับการนำ $CaCl_2$ มาร่วมใช้ในการผลิต สามารถช่วยลด rennet cloting time และช่วยลดปริมาณการใช้ rennet (Nielsen และ Ullum, 1989) ดังนั้นจึงสนใจศึกษาหาปริมาณ $CaCl_2$ และ rennet ที่เหมาะสมในการผลิตเนยแข็งพิซซ่า ในการศึกษานี้ได้ศึกษาปริมาณการใช้ $CaCl_2$ 3 ระดับ คือ 0, 100 และ 200 ppm. และศึกษาปริมาณการใช้ rennet 3 ระดับคือ 100, 150 และ 200 ppm. โดย $CaCl_2$ จะนำมาละลายกับน้ำนมที่ใช้ผลิตเนยแข็งพิซซ่าจำนวนเล็กน้อยก่อน จึงเทรวมกับน้ำนมที่ใช้ผลิตเนยแข็งพิซซ่าถังใหญ่ช่วงก่อนเติม rennet พร้อมกับกวนให้เข้ากัน สำหรับ rennet จะนำ rennet HA LA ซึ่งอยู่ในรูปผงมาผสมกับเกลือแกงและน้ำเย็นตามสัดส่วนที่กำหนด ก่อนเทลงไปผสมกับน้ำนมที่ใช้ผลิตเนยแข็งพิซซ่า และกวนน้ำนมอย่าง

รุนแรงเป็นเวลา 30 วินาที หลังจากใส่ rennet ลงในน้ำนมที่ใช้ผลิตเนยแข็งพิซซ่า

5.3.1 องค์ประกอบของเนยแข็งพิซซ่า

5.3.1.1 ความชื้น

จากผลที่ได้แสดงในตารางที่ 11 และ 15 อิทธิพลร่วมระหว่าง $CaCl_2$ และ rennet ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าปัจจัยทั้งสองเป็นอิสระต่อกัน จึงสามารถทดสอบอิทธิพลหลักได้ จากการทดสอบพบว่า อิทธิพลของ $CaCl_2$ และอิทธิพลของ rennet มีนัยสำคัญทางสถิติ

อิทธิพลของ $CaCl_2$ ต่อ เปอร์เซ็นต์ ความชื้น

เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ ที่ระดับ 200 ppm มีเปอร์เซ็นต์ ความชื้นน้อยกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ ที่ระดับ 100 และ 0 ppm. ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากเติม $CaCl_2$ ลงไปในน้ำนมที่ใช้ผลิตเนยแข็ง เป็นการช่วยทำให้เกิดการสะสม colloidal calcium phosphate ใน micelles มีผลทำให้ cheese curd มีความแน่นเนื้อมาก (Fox, 1987) ซึ่งความแน่นเนื้อนี้จะมีผลเป็นสัดส่วนผกผันกับ เปอร์เซ็นต์ ความชื้น (Shehata, 1967)

อิทธิพลของ rennet ต่อ เปอร์เซ็นต์ ความชื้น

เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ rennet ที่ระดับ 100 ppm. มี เปอร์เซ็นต์ ความชื้นมากกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้rennetที่ระดับ 150 และ 200 ppm. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากโดยปกติ rennet HA - LA ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ กำหนดให้ใช้ระดับ 250 ppm. ซึ่งการใช้ rennet ปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว มีผลทำให้เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตได้มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูง สันนิษฐานว่าในช่วงที่ตัด curd นั้น rennet hydrolyse พันธะ peptide ระหว่าง Phe_{105}-Met_{106} ของ K casein ในน้ำนมที่ใช้ผลิตเนยแข็งได้ไม่หมด จึงทำให้มีส่วนของ k casein ซึ่งมีคุณสมบัติ hydrophilic คงเหลืออยู่ใน casein micelles จึงทำให้ curd อุ้มน้ำได้มาก (Fox, 1982)

5.3.1.2 ไขมันและโปรตีน

จากผลที่ได้แสดงในตารางที่ 12 - 13 แสดงว่าอิทธิพลของ $CaCl_2$ และอิทธิพลของ rennet มีนัยสำคัญทางสถิติ

อิทธิพลของ $CaCl_2$ ต่อ เปอร์เซ็นต์ ไขมันและโปรตีน

เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ ที่ระดับ 200 ppm. และ 100 ppm. มีเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนมากกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ ที่ระดับ 150 และ 0 ppm. ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก Ca-ion มีส่วนช่วยทำให้ cheese curd ที่ได้มีความแน่นเนื้อดี สามารถป้องกันการสูญเสียไขมันและโปรตีนไปกับ whey ได้มากขึ้นในช่วงตัด curd และคน (Scott, 1981)

อิทธิพลของ rennet ต่อ เปอร์เซ็นต์ ไขมันและโปรตีน

พบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ rennet ที่ระดับ 100 ppm. มี เปอร์เซ็นต์ ไขมันและโปรตีนน้อยกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ rennet 150 และ 200 ppm. ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้จากการสังเกตในขณะทำการทดลองพบว่าcurd ในขณะตัดและกวนมีลักษณะนิ่มกว่าปกติ จึงสันนิษฐานว่าการใช้ปริมาณ rennet ที่น้อยเกินไปจะมีผลทำให้ rennet hydrolyse peptide ระหว่าง Phe_{105}-Met_{106} ของ K casein ในน้ำนมที่ใช้ผลิตเนยแข็งพิซซ่าได้ไม่หมด จึงทำให้ curd มีความแน่นเนื้อน้อยเมื่อตัดและกวนจึงเกิดการแตกกระจายออกทำให้สูญเสียไขมันและโปรตีนออกไปด้วย

5.3.1.3 เกลือ

จากผลที่ได้แสดงในตารางที่ 14 และ 15 แสดงว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง $CaCl_2$ และ rennet มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

อิทธิพลร่วมระหว่าง $CaCl_2$ และ rennet ต่อปริมาณเกลือ

เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยไม่เติม $CaCl_2$ แต่ใช้ rennet 100 ppm. มีเปอร์เซ็นต์เกลือมากกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ และ rennet ที่ระดับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ $CaCl_2$ และ rennet ที่ระดับ 200 ppm. เนยแข็งพิซซ่าจะมีปริมาณเกลือต่ำกว่าระดับอื่นเนื่องจากทั้ง $CaCl_2$ และ rennet มีผลต่อความแน่นเนื้อและเปอร์เซ็นต์ ความชื้นของเนยแข็งพิซซ่า โดยเนยแข็งพิซซ่าที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นน้อยกว่าจะมีอัตราการดูดซึมเกลือได้ช้ากว่าเนยแข็งที่มีความชื้นมากกว่า (Nielsen และ Ullum,1989)

5.3.2 renneting time

จากผลที่ได้แสดงในตารางที่ 16 และ 18 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง $CaCl_2$ และ rennet มีนัยสำคัญทางสถิติ

<u>อิทธิพลร่วมระหว่าง $CaCl_2$ และ rennet ต่อ renneting time</u>

ในการผลิตเนยแข็งพิซซ่าโดยใช้ $CaCl_2$ 0 ppm., rennet 100 ppm. มี renneting time มากกว่าระดับอื่นมีนัยสำคัญทางสถิติ จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าในการผลิตเนยแข็งพิซซ่าโดยใช้ rennet ที่ระดับ 200 ppm. กับ $CaCl_2$ ทุกระดับ มี renneting time ที่น้อยกว่าการใช้ rennet ที่ระดับอื่น ทั้งนี้เนื่องจาก renneting time เป็นสัดส่วนผกผันกับปริมาณ rennet ที่ใช้ และการเพิ่มปริมาณ $CaCl_2$ ในน้ำนมที่ใช้ผลิตเนยแข็งมีผลทำให้ renneting time ลดลงแต่มีผลน้อยกว่าปริมาณ rennet (Walstra และ Jenness,1984) และเมื่อใช้ rennet ที่ระดับ 100 ppm., $CaCl_2$ ที่ระดับ 0 ppm. มี rennet time มากกว่าระดับอื่นมาก สาเหตุที่เป็นเช่นนี้สันนิษฐานว่าเกิดจากการใช้ rennet ปริมาณน้อย จึงต้องใช้เวลานานในการ hydrolyse K- casein ใน casein micelles ในช่วง primary phase ประกอบกับการรวมตัวระหว่าง Ca-ion กับ para-k-casein ใน secondary phase ใช้เวลานานเช่นกันอันเนื่องจากมี Ca-ion ในน้ำนมที่ใช้ผลิตเนยแข็งน้อยกว่าระดับอื่น (Scott, 1981)

5.3.3 ปริมาณผลผลิต

จากผลที่ได้แสดงในตารางที่ 17 และ 18 พบว่าปริมาณ rennet เท่านั้นที่มีผลต่อปริมาณผลผลิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ rennet ที่ระดับ 100 ppm. มีเปอร์เซ็นต์ปริมาณผลผลิตมากกว่าเนยแข็งที่ผลิตโดยใช้ rennet ที่ระดับ 150 และ 200 ppm. ทั้งนี้เนื่องจากเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ rennet ที่ระดับ 100 ppm. มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นมากกว่า ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตของเนยแข็งมากขึ้น (Wilster, 1980)

ในทางทฤษฎีนั้น $CaCl_2$ มีผลต่อการเพิ่มปริมาณผลผลิตโดยมีส่วนช่วยสะสม calcium phosphate ใน micelles (Fox, 1987) ดังนั้นผลการทดลองที่แสดงว่า $CaCl_2$ ไม่มีผลแตกต่างต่อปริมาณผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจมีสาเหตุจากปริมาณน้ำที่สะสม

ใน cheese curdที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ ระดับ 100 และ 200 ppm. มีปริมาณไม่แตกต่างกันมาก

5.3.4 สมบัติทางกายภาพของเนยแข็งพิซซ่า

5.3.4.1 ความแน่นเนื้อ

จากผลที่ได้แสดงในตารางที่ 19 และ 22 แสดงว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง $CaCl_2$ และ rennet มีนัยสำคัญทางสถิติ

<u>อิทธิพลร่วมระหว่าระหว่าง $CaCl_2$ และ rennet ที่มีต่อความแน่นเนื้อ</u>

เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ rennet ที่ระดับ 200 ppm. $CaCl_2$ ที่ระดับ 100 และ 200 ppm. มีค่าความแน่นเนื้อมากกว่าระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากรูปที่ 5 เห็นได้ว่าเมื่อใช้ rennet ที่ระดับ 100 และ 150 ppm., $CaCl_2$ 0 ppm. ค่าความแน่นเนื้อของเนยแข็งพิซซ่าจะลดต่ำลงกว่าการใช้ rennet และ $CaCl_2$ ที่ระดับอื่นมาก ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ $CaCl_2$ และ rennet ที่ระดับต่ำมีผลทำให้เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตได้มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูง ดังมีเหตุผลได้กล่าวไว้ในข้อ 5.3.1.1 ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงของ cheese curd จะเป็นสัดส่วนผกผันกับความแน่นเนื้อ (Shehata, 1967)

5.3.4.2 การแยกตัวของไขมัน (fat leakage)

จากผลที่ได้แสดงในตารางที่ 19 และ 22 อิทธิพลระหว่า $CaCl_2$ และ rennet มีนัยสำคัญทางสถิติ

<u>อิทธิพลร่วมระหว่าง $CaCl_2$และ rennet ที่มีผลต่อการแยกตัวของไขมัน</u>

เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ และ rennet ที่ระดับ 200 ppm. มีพื้นที่การแยกตัวของไขมันน้อยกว่าระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้สันนิษฐานว่าเกิดจาก cheese curd ที่มีความแน่นเนื้อมากจะสามารถกักเก็บไขมันไม่ให้แยกตัวออกมาเมื่อถูกความร้อนได้มากกว่า cheese curd ที่มีความแน่นเนื้อน้อยกว่า โดยสังเกตได้จากผลการตรวจสอบพื้นที่การแยกตัวของไขมันกับค่าความแน่นเนื้อของเนยแข็งพิซซ่าจะมีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนผกผันต่อกัน (ตารางที่ 7 และ 19) จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิต

โดยใช้ rennet ที่ระดับ 100 ppm.,$CaCl_2$ ที่ระดับ 200 ppm. มีพื้นที่การแยกตัวของไขมันมากกว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ rennet ที่ระดับ 150 ppm., $CaCl_2$ ที่ระดับ 200 ppm. มาก ทั้งนี้สันนิษฐานว่าเกิดจากการใช้ rennet ปริมาณน้อยเกินไปจนทำให้การ hydrolyse K-casein ช้ามากและเกิดไม่สมบูรณ์ใน primary phase ทำให้การรวมตัวระหว่าง Ca-ion กับ para K-casein ใน secondary phase เกิดไม่สมบูรณ์ แม้จะมี Ca-ion อยู่ในน้ำนมมากก็ตาม ผลทำให้ cheese curd มีน้ำอยู่มากอันเกิดจาก K-casein ซึ่งมีสมบัติ hydrophilic คงเหลืออยู่ใน casein micelles (Fox, 1982) การที่เนยแข็งมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นมากจะมีค่าความแน่นเนื้อน้อย (Shehata, 1967) ซึ่งจะมีผลเป็นสัดส่วนผกผันกับพื้นที่การแยกตัวของไขมัน (ตารางที่ 7 และ 19)

5.3.4.3 การหลอมละลาย (meltdown)

จากผลที่ได้แสดงในตารางที่ 20- 22 แสดงว่าอิทธิพลของ $CaCl_2$ และอิทธิพลของ rennet ต่อการหลอมละลายด้านแนวตั้งที่มีความสูงลดลง (vertical decrease) เท่านั้นที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

<u>อิทธิพลของ $CaCl_2$ ต่อการหลอมละลาย</u>

พบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ ระดับ 200 ppm. มีเปอร์เซ็นต์การหลอมละลายน้อยกว่าระดับอื่น ทั้งนี้เนื่องจากการเติม $CaCl_2$ ลงในน้ำนมทำให้เกิดการสะสม colloidal calcium phosphate ใน micelles (Fox, 1987) ซึ่งจะมีผลทำให้ cheese curd ที่ได้มีความแน่นเนื้อมาก (Walstra และ Jenness, 1984) (Fox. 1987) ซึ่งสันนิษฐานว่าเมื่อ cheese curd มีความแน่นเนื้อมาก แรงยึดเกาะกันขององค์ประกอบต่าง ๆ จะมีมาก จึงทำให้มีการหลอมละลายน้อย ซึ่งสัมพันธ์กับการตรวจสอบ เปอร์เซ็นต์การหลอมละลายกับค่าความแน่นเนื้อจากตารางที่ 7

<u>อิทธิพลของ rennet ต่อการหลอมละลาย</u>

เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ rennet ที่ระดับ 200 ppm. มีเปอร์เซ็นต์การหลอมละลายน้อยกว่าระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการใช้ rennet ที่ระดับ 200 ppm. จะทำให้เนยแข็งพิซซ่า มีความแน่นเนื้อมากกว่าการใช้ rennet ที่ระดับอื่น ดังมีเหตุผลได้กล่าวไว้ในข้อ 5.3.1.1 ซึ่งสันนิษฐานว่าเมื่อ cheese curd มีความแน่นเนื้อมาก

แรงยึดเกาะกันขององค์ประกอบต่าง ๆ จะมีมาก จึงทำให้มีการหลอมละลายมีน้อย ซึ่งสัมพันธ์กับการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การหลอมละลายกับค่าความแน่นเนื้อ ตารางที่ 7

5.3.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็งพิซซ่า

5.3.5.1 การยืดเป็นเส้น

จากผลที่ได้ในตารางที่ 23 และ 30 แสดงว่าอิทธิพลของ $CaCl_2$ และอิทธิพลของ rennet มีนัยสำคัญทางสถิติ

<u>อิทธิพลของ $CaCl_2$ ต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยืดเป็นเส้น</u>

พบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ ที่ระดับ 0 และ 100 ppm. จะมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยืดเป็นเส้นต่ำกว่าระดับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการสังเกตพบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ ที่ระดับ 0 และ 100 ppm. หลังจาก baking ใหม่ ๆ มีขนาดของเส้นขณะยืดใหญ่เกินไป สันนิษฐานว่าเกิดจาก cheese curd มีปริมาณความชื้นมาก

<u>อิทธิพลของ rennet ต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยืดเป็นเส้น</u>

พบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ rennet ที่ระดับ 200 ppm. มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยืดเป็นเส้นมากกว่าระดับอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ rennet ที่ระดับ 200 ppm. หลังจาก baking ใหม่ ๆ มีขนาดของเส้นขณะยืดไม่ใหญ่มากและความยาวของเส้นขณะยืดมากกว่าการใช้ rennet ระดับอื่น สันนิษฐานว่าการใช้ rennet ที่ระดับ 200 ppm. มีผลทำให้ cheese curd มีความชื้นน้อยกว่าระดับอื่น และมีปริมาณ monocalcium paracasenate มากกว่าระดับอื่น

5.3.5.2 รสชาติ

จากผลที่ได้ในตารางที่ 24 และ 30 แสดงว่าอิทธิพลของ $CaCl_2$ และอิทธิพลของ rennet มีนัยสำคัญทางสถิติ

อิทธิพลของ $CaCl_2$ ต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ

เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ ที่ระดับ 200 ppm. มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติมากกว่าระดับอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการสังเกตพบว่า เนยแข็งพิซซ่ามีผลผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ ที่ระดับ 200 ppm. มีผลทำให้ curd ที่ได้มีความแน่นเนื้อ ซึ่งจะทำให้ช่วยลดการสูญเสียไขมัน, โปรตีน ออกจาก curd ช่วงตัดและกวน รวมทั้งทำให้เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตได้มีความชื้นต่ำส่วนช่วยทำให้โครงสร้าง

อิทธิพลของ rennet ต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ

เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ rennet ที่ระดับ 100 ppm. มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติน้อยกว่าระดับอื่น จากการสังเกตพบเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ rennet ที่ระดับ 100 ppm. มีรสมันและกลิ่นหอมน้อยกว่าระดับอื่น ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ rennet ปริมาณน้อยเกินไป ทำให้การ hydrolyse K casein เกิดได้ช้าและไม่สมบูรณ์ ผลทำให้ cheese curd ที่ได้มีปริมาณน้ำมากรวมทั้งยังทำให้มีการสูญเสียไขมันและโปรตีนออกจาก curd มากกว่าปกติในช่วง
ตัดและกวน

5.3.5.3 สี

จากผลที่ได้ในตารางที่ 25 และ 30 แสดงว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง $CaCl_2$ และ rennet มีนัยสำคัญทางสถิติ

อิทธิพลร่วมระหว่าง $CaCl_2$ และ rennet ต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี

จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ และ rennet ระดับ 200 ppm. มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีมากกว่าระดับอื่นมาก ทั้งนี้จากการสังเกตพบว่าเนยแข็งพิซซ่ามีสีเหลืองที่เหมาะสม ขณะที่เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ 0 ppm. กับ rennet ที่ระดับต่าง ๆ จะมีสีขาวกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ $CaCl_2$ และ rennet ที่ระดับ 200 ppm. จะสามารถลดการสูญเสียไขมัน โปรตีน ในช่วงตัดและกวน นอกจากนี้ยังทำให้ cheese curd ที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ต่ำกว่าระดับอื่น จึงทำให้สีของเนยแข็งพิซซ่าหลังจาก baking จึงดูมีสีเหลืองที่เหมาะสมกว่าระดับอื่น

5.3.5.4 การแยกตัวของไขมัน

จากผลที่ได้ในตารางที่ 26 และ 30 แสดงว่าอิทธิพลของ rennet เท่านั้นที่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตใช้ rennet ระดับ 100 ppm. จะมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้อยกว่าระดับอื่น ทั้งนี้จากการสังเกตพบว่ามีการแยกตัวของไขมันมากกว่า ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับผลการตรวจสอบพื้นที่การแยกตัวของไขมัน โดยวิธีของ Breene และคณะ, 1964 โดยมีเหตุผลเช่นเดียวกับข้อ 5.3.4.2

5.3.5.5 การหลอมละลายและการแผ่กระจาย

จากผลที่ได้ในตารางที่ 27-28 และ 30 แสดงว่าอิทธิพลของ $CaCl_2$ เท่านั้นที่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ ที่ระดับ 0 ppm. มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการหลอมละลายน้อยกว่าระดับอื่น ทั้งนี้จากการสังเกตพบว่า cheese curd มีการหลอมละลายและแผ่กระจายกว่าระดับอื่น ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับผลการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การหลอมละลายวิธีของ Breene และคณะ, 1964 โดยมีเหตุผลเช่นเดียวกับข้อ 5.3.4.3

5.3.5.6 ลักษณะปรากฏทั่วไป

จากผลที่ได้ในตารางที่ 25 และ 30 แสดงว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง $CaCl_2$ และ rennet มีนัยสำคัญทางสถิติ

<u>อิทธิพลร่วมระหว่าง $CaCl_2$ และ rennet ต่อคะแนนการทดสอบประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏทั่วไป</u>

จากรูปที่ 8 จะเห็นว่า เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ และ rennet ระดับ 200 ppm. มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากกว่าระดับอื่นมาก ทั้งนี้จากการสังเกตพบว่าเนยแข็งพิซซ่ามีลักษณะปรากฏด้านสี การหลอมละลาย การแผ่กระจาย และการแยกตัวของไขมันหลังจาก baking ใหม่ ๆ ที่เหมาะสมกว่าระดับอื่น เข้าใจว่าเกิดจากการใช้ $CaCl_2$ และ rennet ระดับที่เหมาะสม ซึ่งทั้ง $CaCl_2$ และ rennet มีบทบาทเกี่ยวข้องกับความแน่นเนื้อ ปริมาณความชื้น และการช่วยลดการสูญเสียไขมันและโปรตีนจาก cheese curd (Scott, 1981) และ (Fox, 1987)

5.3.5.7 คะแนนรวม

จากผลที่ได้ในตารางที่ 29 และ 30 แสดงว่าอิทธิพลของ $CaCl_2$ และอิทธิพลของ rennet มีนัยสำคัญทางสถิติ

อิทธิพลของ rennet และ $CaCl_2$ ต่อคะแนนรวมของการทดสอบทางประสาทสัมผัส

เนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ และ rennet ระดับ 200 ppm. มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากกว่าระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากทั้ง $CaCl_2$ และ rennet ที่ระดับ 200 ppm. มีผลทำให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ มากกว่าระดับอื่น

จะเห็นได้ว่าเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยใช้ $CaCl_2$ และ rennet ที่ระดับ 200 ppm. มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี, ลักษณะปรากฏทั่วไป และคะแนนรวมสูงกว่าการใช้ $CaCl_2$ และ rennet ที่ระดับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งยังมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยืดเป็นเส้น, รสชาติ, การแยกตัวของไขมันและการหลอมละลายสูงกว่าการใช้ $CaCl_2$ และ rennet ที่ระดับอื่น ๆ ประกอบกับมีองค์ประกอบด้านปริมาณความชื้นและไขมันอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของสหรัฐอเมริกา ดังนั้นปริมาณ $CaCl_2$ และ rennet ที่ระดับ 200 ppm. จึงเป็นระดับที่เหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตเนยแข็งพิซซ่าโดยกระบวนการเติมกรดโดยตรง และนำไปศึกษาในข้อต่อไป

5.4 การศึกษาหาอายุการเก็บรักษาของเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตได้

ได้ทดลองนำเนยแข็งพิซซ่าที่ผลิตโดยกระบวนการเติมกรดโดยตรงมาศึกษาหาอายุการเก็บรักษา โดยใช้กรด sobic 0.1% พ่นบริเวณผิวนอกจนทั่ว แล้วปล่อยให้แห้งในบรรยากาศเป็นเวลา 30 นาที ก่อนบรรจุในถุงพลาสติกชนิด polypropylene และนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5-7° ซ. สุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ได้ผลดังต่อไปนี้

5.4.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

5.4.1.1 pH

จากผลที่ได้แสดงในตารางที่ 31 และ 32 แสดงว่าเมื่อเนยแข็งพิซซ่ามีอายุการเก็บรักษานานมากขึ้น pH จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้จากการสังเกตพบว่ามีน้ำบางส่วนระเหยออกจากเนยแข็งทำให้ความเข้มข้นของเนยแข็งเพิ่มมากขึ้นซึ่งถือได้ว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่า pH ลดลง (Walstra and Jenness, 1984) นอกจากนี้แล้วอาจเกิดจาก

thermoduric bacteria ชนิดที่สามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา 5-7° ซ. (Reinbold และคณะ, 1978)

5.4.1.2 ความแน่นเนื้อ

จากผลที่ได้ในตารางที่ 31 และ 32 เมื่อเนยแข็งพิซซ่ามีอายุการเก็บรักษาได้ 10 สัปดาห์ ค่าความแข็งจะมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากมีน้ำบางส่วนระเหยออกจากเนยแข็ง (Ullum และ Nielsen, 1989)

5.4.1.3 การแยกตัวของไขมันและการหลอมละลาย

จากผลที่ได้ในตารางที่ 31 และ 32 เมื่อเนยแข็งพิซซ่ามีอายุการเก็บรักษานานมากขึ้น จะมีพื้นที่การแยกตัวของไขมันและเปอร์เซ็นต์การหลอมละลายลดน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากเนยแข็งพิซซ่ามีความแน่นเนื้อมากขึ้น ซึ่งเกิดจากมีน้ำบางส่วนระเหยจากเนยแข็ง

5.4.2 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์

5.4.2.1 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด

จากผลที่ได้ในตารางที่ 33 และ 34 แสดงว่าเมื่ออายุการเก็บรักษานานมากขึ้น จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดจะเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจาก thremoduric bacteria ที่หลงเหลือจากการพาสเจอร์ไรซ์น้ำนมดิบและพวก psychrotrophic bacteria ที่มีการปนเปื้อน cheese curd ช่วงการอัดเนยแข็งเข้าแบบพิมพ์ซึ่งแบคทีเรียพวกนี้จะใช้ lactose ที่ยังหลงเหลืออยู่ในเนยแข็งในการเจริญ (Reinbold และคณะ, 1978)

5.4.2.2 จำนวนยีสต์และรา

จากผลที่ได้ในตารางที่ 33 และ 34 แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราช่วง 4 สัปดาห์ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้กรด sorbic ยังมีผลในการยับยั้งการเจริญ แต่เมื่ออายุการเก็บรักษานานมากขึ้น กรด sorbic มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของยีสและราลดลง เนื่องจากสภาพการบรรจุไม่ได้เป็นสุญญากาศ (Kosikowski, 1958)

5.4.3 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัส

5.4.3.1 การยืดเป็นเส้น

จากผลที่ได้ในตารางที่ 35 และ 36 แสดงว่าเนยแข็งพิซซ่าเมื่อมีอายุการเก็บรักษานานมากขึ้น จะมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยืดเป็นเส้นลดลง

จากการสังเกตพบว่าเนยแข็งพิซซ่ายืดเป็นเส้นได้สั้นกว่าเดิม ทั้งนี้เนื่องจากเนยแข็งพิซซ่า มี pH ลดลง ผลทำให้ Ca ที่อยู่ใน monocalcium paracaseinate ลดลง ซึ่งจะทำให้การยืดเป็นเส้นได้น้อยลง (Kosikowski, 1982)

5.4.3.2 รสชาติ

จากผลที่ได้ในตารางที่ 35 และ 36 แสดงว่าเนยแข็งพิซซ่าเมื่อมีอายุการเก็บรักษาได้ 10 สัปดาห์มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติลดต่ำลงจากช่วงอื่นของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการสังเกตพบว่ามีกลิ่นหืนเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเจริญของแบคทีเรียที่หลงเหลืออยู่และปนเปื้อนในเนยแข็งโดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่ม psychrotrophic ซึ่งมีผลทำให้เกิด off flavors (Robinson, 1981)

5.4.3.3 สี

จากผลที่ได้ในตารางที่ 23 และ 24 เนยแข็งพิซซ่าเมื่อมีอายุการเก็บรักษานานมากขึ้นไม่มีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีปัญหาการเกิด browning ที่เกิดจาก lactose ในเนยแข็งพิซซ่า ซึ่งถูก psychrotrophic bacteria ใช้ไป

5.4.3.4 การแยกตัวของไขมัน

จากผลที่ได้ในตารางที่ 35 และ 36 แสดงว่าเนยแข็งพิซซ่าเมื่อมีอายุการเก็บรักษาได้ 10 สัปดาห์ จะมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการแยกตัวของไขมันลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากเนยแข็งพิซซ่ามีปริมาณความชื้นลดลงอันเกิดจากการสูญเสียน้ำบางส่วนโดยการระเหยในระหว่างการเก็บรักษา จึงทำให้เนยแข็งพิซซ่ามีความแน่นเนื้อมากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้พื้นที่การแยกตัวของไขมันลดลง

5.4.3.5 การหลอมละลายและการแผ่กระจาย

จากผลที่ได้ในตารางที่ 35 และ 36 แสดงว่าเนยแข็งพิซซ่าเมื่อมีอายุการเก็บรักษาได้ 10 สัปดาห์ มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการหลอมละลายและการแผ่กระจายลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเนยแข็งพิซซ่ามีปริมาณความชื้นลดลงอันเกิดจากการสูญเสียน้ำบางส่วน โดยการระเหยในระหว่างการเก็บรักษา จึงทำให้เนยแข็งมีความแน่นเนื้อมากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้การหลอมละลายและการแผ่กระจายลดลง

5.4.3.6 ลักษณะปรากฏทั่วไป

จากผลที่ได้ในตารางที่ 35 และ 36 แสดงว่าเนยแข็งพิซซ่าเมื่อมีอายุการเก็บรักษาได้ 10 สัปดาห์ มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้จากการสังเกตพบว่าเนื้อของเนยแข็งมีลักษณะปรากฏที่แห้งและกระด้างกว่าเดิม อันเกิดจากการที่เนยแข็งมีการหลอมละลาย การแผ่กระจายและการแยกตัวของไขมันน้อย

5.4.3.7 คะแนนรวม

จากผลที่ได้ในตารางที่ 35 และ 36 แสดงว่าเนยแข็งพิซซ่าเมื่อมีอายุการเก็บรักษาได้ 10 สัปดาห์มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้อยกว่าช่วงอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เกิดจากสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ การยืดเป็นเส้น รสชาติ การหลอมละลาย และการแผ่กระจายมีการเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะด้อยลง จะเห็นได้ว่าเนยแข็งพิซซ่าเมื่อมีอายุการเก็บรักษาได้ 10 สัปดาห์ มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ, การแยกตัวของไขมัน, ลักษณะปรากฏทั่วไปและคะแนนรวมลดต่ำลงแตกต่างจากเมื่อมีอายุการเก็บรักษาได้ 8 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยืดเป็นเส้น, การแผ่กระจาย และการหลอมละลายลดต่ำลงจากเมื่อมีอายุการเก็บรักษาได้ 8 สัปดาห์ด้วย

จากการสังเกตคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของเนยแข็งพิซซ่า ด้านรสชาติของเนยแข็งพิซซ่าเมื่อมีอายุการเก็บรักษาได้ 10 สัปดาห์ มีคะแนนเฉลี่ย 5.4 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน และมีข้อวิจารณ์ว่า มีกลิ่นหืนเล็กน้อย ซึ่งมีแนวโน้มว่าผู้บริโภคจะไม่ยอมรับเนยแข็งพิซซ่าเมื่อมีอายุการเก็บรักษามากกว่านี้

ดังนั้นเนยแข็งพิซซ่าเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5-7° ซ. โดยใช้กรด sorbic 0.1% เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด polypropylene ด้วยระบบการบรรจุแบบธรรมดา ควรเก็บรักษาไว้บริโภคไม่เกิน 10 สัปดาห์