การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตขนมจีนแป้งหมักชุมชนโพรงมะเดื่อ

Changes in Physical Chemical and Microbiological Characteristics of Fermented Rice Noodle Processing in Prongmadua Community

ผาณิต งามสัมฤทธิ์[1*] และ พุฒิยา รัตนศิริวัฒน์[1]

[1]*สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม*
[*]*parnitpn@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ในระหว่างการผลิตขนมจีนแป้งหมักจากการผลิตแบบโบราณ และแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือนของชุมชนโพรงมะเดื่อ จ.นครปฐม ผลการวิเคราะห์ค่าสี พีเอช ความเป็นกรด และสมบัติทางจุลินทรีย์ของปลายข้าว ข้าวหมัก แป้งนอนน้ำ แป้งทับน้ำ และเส้นขนมจีน พบว่า กระบวนการหมักทำให้ข้าวหมัก แป้งนอนน้ำ และแป้งทับน้ำจากการผลิตแบบโบราณ และแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนมีค่าความเป็นกรดสูงกว่าปลายข้าว และพีเอชของข้าวหมัก แป้งนอนน้ำ แป้งทับน้ำ และขนมจีนต่ำกว่าปลายข้าว สำหรับผลการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์ของขนมจีนจากการผลิตทั้ง 2 แบบมีชนิด และปริมาณจุลินทรีย์ที่คล้ายคลึงกัน คือ มีการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแล็กทิก บาซิลลัส ยีสต์และรา เพิ่มขึ้นในระหว่างการหมักข้าว และมีปริมาณจุลินทรีย์ลดลงเมื่อผ่านขั้นตอนการโรยเส้น โดยขนมจีนที่ผลิตจากอุตสาหกรรมครัวเรือนมีอายุการเก็บรักษานานกว่าขนมจีนแบบโบราณ และขนมจีนทั้ง 2 แหล่งการผลิตมีแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ และแบคทีเรียที่เป็นดัชนีการผลิตที่ไม่ถูกสุขลักษณะในกระบวนการผลิตขนมจีนแป้งหมักไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คำสำคัญ: ขนมจีนแป้งหมัก, ชุมชนโพรงมะเดื่อ

Abstract

This research aims to analyse the changes in physical, chemical, and microbiological properties of fermented rice noodle processing manufactured in traditional and cottage industrial style existing in Prongmadua community, Nakhon Pathom province. In this experiment, small broken rice, fermented rice, sediment-flour, pressed flour, and noodle were analysed color, pH, total acidity, and microbial properties. Due to the fermentation, the results showed the higher in total acidity of fermented rice, sediment-flour, and pressed flour produced from both methods than broken rice contrasting to the pH values. Microbiological analysis found the similarity in group and the number of microorganisms from both traditional and cottage industrial methods. There was an increase in the number of lactic acid bacteria, bacillus, yeast and mold during fermentation, but the boiling process lowered the number of microorganisms. The shelf life of the industrial rice noodle was longer than the traditional one. Results of pathogenic bacteria and contaminated bacteria counts in rice noodles from both methods were met the Thai community product standard.

Keywords: fermented rice noodle, Prongmadua community

1. บทนำ

ขนมจีนเป็นผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้านที่แปรรูปจากข้าวซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับงานด้านศาสนา ศิลปวัฒนธรรมและวิถีชีวิต เช่น งานบุญ งานเลี้ยงต่าง ๆ หนึ่งในแหล่งผลิตขนมจีนที่สำคัญในจังหวัดนครปฐม คือ ตำบลโพรงมะเดื่อ (อาหารนครปฐม, 2552) และพื้นที่ดังกล่าวได้รับคัดเลือกเป็นชุมชนสุขภาวะจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ ข้อมูลจากการลงพื้นที่เทศบาลตำบลโพรงมะเดื่อ (2556) จังหวัดนครปฐม โดยใช้เครื่องมือประเมินชุมชนชาติพันธุ์วรรณาแบบเร่งด่วน (RECAP) พบว่า ชุมชนมีแหล่งเรียนรู้ด้านการทำเส้นขนมจีนแป้งหมักทั้งแบบโบราณ และแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือน นอกจากนี้การทำขนมจีนแบบโบราณมีเครื่องจักรเพียง 1 เครื่อง สำหรับการตีข้าวหมักให้ละเอียดและนวดแป้ง และแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนมีการใช้เครื่องจักรหลายชนิดและใช้ไอน้ำทำให้สามารถผลิตขนมจีนได้จำนวนมากและได้ส่งขายไปยังตลาดในกรุงเทพมหานคร

วัตถุดิบในการผลิตขนมจีนนิยมใช้ปลายข้าว หรือข้าวหักของข้าวพันธุ์เหลืองประทิว เหลืองใหญ่ เหลืองอ่อน บัวใหญ่ ข้าวขาว 500 นางพะยา ปิ่นแก้ว ตะเภาแก้ว เป็นต้น ซึ่งเป็นข้าวแข็งโดยใช้ข้าวเก่าซึ่งมีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ถึง 1 ปี ข้าวที่นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เส้นควรมีปริมาณแอมิโลสปานกลาง (ร้อยละ 20-25) เนื่องจากต้องการความนุ่มมากกว่าความเหนียว ไม่เปื่อยยุ่ย นอกจากนี้ควรเป็นข้าวที่มีโปรตีนต่ำ มีค่าเซตแบ็ก (set back) ต่ำ เนื่องจากโปรตีนทำให้เส้นเหนียวกระด้าง สีคล้ำ ข้าวเก่าหรือข้าวซึ่งเก็บรักษานานประมาณ 4-6 เดือนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น พันธะในเม็ดสตาร์ชเกาะกันแข็งแรงมากขึ้น เมล็ดแข็งขึ้นและขุ่น ขั้นตอนการหมักเกิดขึ้นหลังจากล้างทำความสะอาดข้าวแล้วนำมาใส่ในภาชนะสำหรับหมัก เช่น เข่ง โอ่ง พรมน้ำบนข้าวทั้งเช้าและเย็น อาจตั้งไว้ในที่ร่มหรือทิ้งไว้กลางแดดเพื่อให้เกิดการหมักเป็นระยะเวลา 2 วัน และล้างข้าวทุกวัน หรืออาจหมักจนกระทั่งข้าวเปื่อยยุ่ย เพื่อให้สามารถนวดเป็นแป้งได้โดยไม่ต้องโม่ ปริมาณความชื้นและอุณหภูมิในระหว่างการหมักทำให้จุลินทรีย์จากข้าว น้ำ และสภาพแวดล้อมเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวน โดยจุลินทรีย์ที่สำคัญ คือ *Lactobacillus* sp. และ *Streptococcus* sp. ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สร้างกรดแล็กทิก (Lactic acid bacteria) รวมทั้งราจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถสร้างเอนไซม์แอมิเลสซึ่งย่อยแป้งให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลงเป็นเด็กซ์ทริน และน้ำตาล จึงทำให้ข้าวเปื่อยยุ่ย กรดแล็กทิกซึ่งแบคทีเรียสร้างขึ้นนี้สามารถย่อยแป้งให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลงเช่นกัน ทำให้แป้งมีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับการดัดแปรสตาร์ชด้วยกรด คือ ทำให้แป้งสามารถพองตัวได้ดีขึ้นจึงลดอุณหภูมิการสุกและเมื่อแป้งเย็นตัวลงจะเกิดการคืนตัวได้ดี เจลมีความแข็งแรงขึ้น จึงทำให้เส้นขนมจีนแป้งหมักมีความเหนียวและอายุการเก็บรักษามากกว่าขนมจีนแป้งสด สีที่คล้ำขึ้นหลังจากการหมักอาจเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และโปรตีน การล้างข้าวในระหว่างการหมักเพื่อลดอุณหภูมิและปริมาณกรดไม่ให้สูงเกินไปจนอาจยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งทำให้เกิดการหมัก (นิตยา, 2532; ศุภวรรณและคณะ, 2542; กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546)

กระบวนการหมักข้าวใช้ระยะเวลานาน 2-3 วัน และต้องอาศัยความชำนาญในการผลิต ในปัจจุบันจึงมีการใช้แป้งหมักสำเร็จรูปในการผลิตเพื่อลดขั้นตอนและสะดวกในการผลิต ดังนั้นจึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตขนมจีนทั้งแบบโบราณและแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนของชุมชนโพรงมะเดื่อเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพขนมจีนต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 กระบวนการผลิตขนมจีน

การผลิตขนมจีนแบบโบราณและแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนมีขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

1) แช่ข้าว นำปลายข้าวมาแช่น้ำประมาณ 0.5-1 ชั่วโมง

2) หมักข้าว นำข้าวใส่กระบุงและวางตากแดดโดยปิดข้าวด้านบนด้วยใบตองหรือการผลิตแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนนำข้าวใส่ในกะบะไม้ ระยะเวลาการหมักของการทำแบบโบราณประมาณ 24 ชั่วโมง ในขณะที่การทำขนมจีนแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนหมักประมาณ 36 ชั่วโมง

3) โม่ข้าว นำข้าวหมักมาใส่ในเครื่องตี (สำหรับการผลิตแบบโบราณ) หรือเครื่องโม่ (สำหรับการผลิตแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน) โดยมีการเติมน้ำเป็นระยะเพื่อให้ข้าวแตกละเอียดและกลายเป็นน้ำแป้งเหลว

4) เติมเกลือ

5) นอนน้ำแป้ง รอให้น้ำแป้งมีการแยกชั้นระหว่างน้ำและแป้งโดยแป้งจะตกตะกอนอยู่ด้านล่าง แล้วถ่ายน้ำด้านบนออก

6) ทับแป้ง ไล่น้ำออกจากแป้งนอนน้ำให้มากขึ้นโดยการกดทับ

7) ต้มแป้ง นำก้อนแป้งทับน้ำไปต้มในน้ำเดือดหรือนึ่งจนกระทั่งแป้งด้านนอกสุกลึกประมาณ 1 ข้อนิ้ว

8) นวดแป้ง นำก้อนแป้งเข้าเครื่องตี (แบบโบราณ) หรือเครื่องนวด (แบบอุตสาหกรรมครัวเรือน) ใส่น้ำร้อนเป็นระยะจนกระทั่งแป้งเนียนและเหลว สำหรับการผลิตแบบโบราณมีการเติมน้ำปูนใสระหว่างการนวด แต่การนวดแป้งขนมจีนแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนมีการเติมโซเดียมเบนโซเอตเป็นสารกันเสีย และผสมแป้งหมักสำเร็จรูปผสมกับแป้งซึ่งหมักจากข้าวในอัตราส่วน 2:1

9) กรอง เพื่อป้องกันการอุดตันของเม็ดแป้งซึ่งไม่ละเอียดในระหว่างการโรยเส้น

10) โรยเส้น โรยเส้นขนมจีนลงในน้ำเดือด เส้นขนมจีนจะลอยขึ้นมาแล้วรอให้สุก จึงตักขนมจีนลงในน้ำเย็น

11) จับเส้น นำเส้นที่สุกและเย็นแล้วมาจับเส้นเป็นแพ บีบน้ำออก และวางลงในตะกร้าซึ่งบุด้วยใบตอง

2.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของขนมจีนในระหว่างการผลิต

วิเคราะห์วัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์ระหว่างการผลิต ได้แก่ ปลายข้าว ข้าวหมัก แป้งนอนน้ำ แป้งทับน้ำ และเส้นขนมจีนแป้งหมักจากการผลิตทั้งแบบโบราณ และแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือน โดยวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ดังนี้

สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี (colorimeter)

สมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และร้อยละความเป็นกรด (titratable acidity) ของกรดแล็กทิก (AOAC, 2000)

สมบัติทางจุลินทรีย์ วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรียกรดแล็กทิก บาซิลลัส และยีสต์และรา (BAM, 2002) และวิเคราะห์ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, และ *Escherichia coli* ในเส้นขนมจีนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมจีน (2547)

2.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของขนมจีน

วิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของขนมจีนจากการผลิตแบบโบราณ และแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือนที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) ในวันที่ 0 2 4 และ 6 ดังนี้

สมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และร้อยละความเป็นกรด (titratable acidity) ของกรดแล็กทิก (AOAC, 2000)

สมบัติทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และแบคทีเรียกรดแล็กทิก (BAM, 2002)

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บตัวอย่าง 3 ซ้ำและรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

3. ผลและอภิปรายผลการวิจัย

3.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของขนมจีนในระหว่างการผลิต

3.1.1 สมบัติทางกายภาพและเคมี

ผลการวัดค่าสีข้าวหมักในการผลิตขนมจีนแป้งหมักแบบโบราณซึ่งแสดงในตารางที่ 1 พบว่า มีค่า L* ใกล้เคียงกับปลายข้าว หมายถึงข้าวหมักมีค่าความสว่างใกล้เคียงกัน แต่ข้าวหมักมีความเป็นสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) มากกว่าปลายข้าวเล็กน้อย โดยค่าจากการวัดด้วยเครื่องวัดสีนี้สอดคล้องกับการสังเกตด้วยสายตา ซึ่งพบว่าข้าวหมักด้านนอกมีสีออกเหลือง น้ำตาลมากกว่าปลายข้าว สีที่เข้มขึ้นหลังจากการหมักอาจเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างโปรตีนและน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งเกิดจากการย่อยแป้งให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง สำหรับค่าสีของแป้งนอนน้ำและแป้งทับน้ำ พบว่า มีค่าความสว่างสูงกว่าในข้าวหมักอย่างมาก ส่วนค่าความเป็นสีแดงและค่าสีเหลืองลดลง ค่าที่เปลี่ยนแปลงนี้อาจเกิดจากน้ำซึ่งใช้ในการนอนน้ำได้ชะล้างสารที่มีสีที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักออกไป นอกจากนี้น้ำมีผลต่อการสะท้อนแสง จึงทำให้ค่าความสว่างเปลี่ยนแปลงมาก สำหรับเส้นขนมจีนมีค่าความเป็นสีเหลืองลดลงและความสว่างของเส้นขนมจีนมีค่าต่ำกว่าแป้งนอนน้ำและ

แป้งทับน้ำมาก เนื่องจากแป้งสุกเมื่อเย็นตัวลงจะมีลักษณะเป็นเจลซึ่งมีลักษณะขาวขุ่นและทึบแสง (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) สำหรับผลการวัดค่าสีข้าวหมักระหว่างการผลิตขนมจีนแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนพบว่า มีค่าความสว่าง (L*) มากกว่าปลายข้าว และข้าวหมักมีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของข้าวหมักน้อยกว่าปลายข้าว แต่จากการสังเกตด้วยสายตาพบว่าข้าวหมักด้านนอกมีสีออกเหลือง น้ำตาลมากกว่าปลายข้าว และด้านในมีสีขาวขุ่น ในขณะที่ปลายข้าวมีความใสมากกว่า ค่าที่ได้จากการสังเกตด้วยสายตาแตกต่างจากการวิเคราะห์อาจเป็นเพราะเมล็ดข้าวหมักในการวิเคราะห์มีบางส่วนแตกหักจึงทำให้ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยของสีข้าวด้านนอกซึ่งมีสีเข้ม และด้านในซึ่งมีความขาวมากกว่าปลายข้าว ในขณะที่ปลายข้าวมีความแข็งมากกว่าจึงอาจเป็นค่าจากการวัดด้านนอกเมล็ดเท่านั้นซึ่งมีสีอ่อน สำหรับแป้งนอนน้ำและแป้งทับน้ำมีค่า L* สูงกว่าในข้าวหมัก และค่าสีในเส้นขนมจีนมีค่าความสว่างต่ำกว่าปลายข้าว ข้าวหมัก แป้งนอนน้ำ และแป้งทับน้ำเช่นเดียวกับค่าที่วัดได้จากการผลิตแบบโบราณ

สำหรับค่าพีเอชของปลายข้าวซึ่งเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิตมีค่าเป็น 5.9 ซึ่งเป็นกรดเล็กน้อย และมีค่าความเป็นกรดร้อยละ 0.02 และ 0.03 ตามลำดับ เมื่อผ่านกระบวนการหมักซึ่งจุลินทรีย์มีการสร้างกรดอินทรีย์ เช่น กรดแล็กทิก ทำให้พีเอชของข้าวหมักลดลงเป็น 4.7 และ 4.4 และความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.05 และ 0.06 ตามลำดับ โดยข้าวหมักจากการผลิตแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนผ่านการหมักระยะเวลานานกว่าทำให้ค่าพีเอชต่ำกว่าและความเป็นกรดมากกว่าการผลิตแบบโบราณเล็กน้อย เมื่อผ่านขั้นตอนการนอนน้ำและทับน้ำค่าพีเอชยังคงลดลง และความเป็นกรดมากกว่าข้าวหมัก ในขณะที่งานวิจัยของสุพรรณิการ์ (2548) พบว่า ข้าวซึ่งผ่านการหมักเป็นเวลา 2 วัน มีพีเอช 3.5 เมื่อผ่านขั้นตอนการนอนน้ำซึ่งมีการเติมเกลือในน้ำแป้งแต่จุลินทรีย์ยังสามารถเจริญเติบโตและสร้างกรดจำนวนมากขึ้น ทำให้แป้งนอนน้ำมีค่าพีเอชน้อยกว่าข้าวหมัก และความเป็นกรดมากกว่าข้าวหมัก ต่อมาในขั้นตอนการทับน้ำมีการกำจัดน้ำออกทำให้จำนวนจุลินทรีย์และปริมาณกรดถูกชะออกไปกับน้ำ แต่ในระหว่างการทับน้ำยังคงมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จึงทำให้ค่าพีเอชและค่าความเป็นกรดของแป้งทับน้ำใกล้เคียงกับแป้งนอนน้ำดังตารางที่ 1 และหลังจากผ่านขั้นตอนการต้ม นวด และโรยเส้นทำให้เส้นขนมจีนมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นและความเป็นกรดลดลงจากข้าวหมัก เนื่องจากในขั้นตอนเหล่านี้มีการให้ความร้อนจากการต้มแป้งให้สุกบางส่วน เติมน้ำร้อนในระหว่างการนวด และการโรยเส้นลงในน้ำเดือดมีผลทำให้ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ในขั้นตอนการโรยเส้นในน้ำเดือดและการล้างเส้นให้เย็นทำให้กรดถูกชะออกไปในน้ำ โดยงานวิจัยของนวรัตน์ และคณะ (2549) วัดค่าพีเอชขนมจีนได้ 4.6 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้ และความเป็นกรดมีค่าเป็นร้อยละ 0.05

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการผลิตขนมจีนแป้งหมัก

ตัวอย่าง	ค่าสี			พีเอช	ความเป็นกรด (ร้อยละ)
	L*	a*	b*		
ขนมจีนแบบโบราณ					
ปลายข้าว	68.88	-0.01	11.09	5.9	0.02
ข้าวหมัก	67.35	1.18	14.74	4.7	0.05
แป้งนอนน้ำ	81.05	0.61	8.60	4.0	0.04
แป้งทับน้ำ	77.66	0.51	8.38	3.8	0.07
เส้นขนมจีน	60.79	-0.70	3.83	5.4	0.02
ขนมจีนแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน					
ปลายข้าว	62.81	-0.06	13.13	5.9	0.03
ข้าวหมัก	67.00	-0.36	11.20	4.4	0.06
แป้งนอนน้ำ	83.15	0.06	6.09	3.4	0.10
แป้งทับน้ำ	79.78	0.02	6.28	3.5	0.10
เส้นขนมจีน	59.54	0.07	6.88	4.7	0.02

3.1.2 สมบัติทางจุลินทรีย์

การเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระหว่างการผลิตจากแหล่งผลิตขนมจีนแบบโบราณ และแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือนพบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจากทั้งสองแหล่งผลิตมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกัน คือ ปริมาณจุลินทรีย์ของข้าวหมัก แป้งนอนน้ำ และแป้งทับน้ำมีปริมาณ 8.08, 7.57 และ 7.72 log CFU/g ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าปลายข้าว และเส้นขนมจีน เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตข้าวหมัก แป้งนอนน้ำ และแป้งทับน้ำ ใช้ระยะเวลาในการผลิต 2 – 3 วัน จึงเป็นสาเหตุให้ปริมาณจุลินทรีย์มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ในขณะที่การผลิตเส้นขนมจีนได้ผ่านขั้นตอนการต้มแป้ง นวดแป้ง และโรยเส้นในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 97±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และทำให้เย็นทันทีโดยการเปิดน้ำไหลผ่าน จึงเป็นสาเหตุให้เส้นขนมจีนมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงเป็น 2 log CFU/g ดังนั้นกระบวนการหมักจึงเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการหมักข้าว การนอนน้ำแป้ง และทับน้ำแป้ง

แบคทีเรียกรดแล็กทิกเป็นแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมัก และเป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักที่พบรองลงมาจากปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดซึ่งพบว่าแบคทีเรียกรดแล็กทิกในข้าวหมัก แป้งนอนน้ำ และแป้งทับน้ำของการผลิตแบบโบราณ และแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนมีปริมาณอยู่ในช่วง 6.98 ถึง 7.54 log CFU/g โดยปกติแบคทีเรียกรดแล็กทิกมักมาจากวัตถุดิบที่ใช้ในในการผลิต โดยเชื้อ *Lactobacillus* sp. และ *Streptococcus* sp. มีบทบาททำให้ข้าวหมักมีสีคล้ำ และมีกลิ่นแรง (คลินิกเทคโนโลยีราชมงคลสุรินทร์, 2552) สำหรับในปลายข้าว และเส้นขนมจีนมีปริมาณแบคทีเรียกรดแล็กทิกประมาณ 2 log CFU/g แต่เส้นขนมจีนมีปริมาณแบคทีเรียกรดแล็กทิกลดลง อาจเนื่องมาจากความร้อนในขั้นตอนการต้มเส้นสามารถทำลายจุลินทรีย์ลงไปบางส่วนทำให้แบคทีเรียกรดแล็กทิก และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว

ยีสต์ และรา เป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่พบรองลงมาโดยเฉพาะในตัวอย่างข้าวหมักมีปริมาณยีสต์และรา สูงถึง 7.98 และ 7.61 log CFU/g ในขนมจีนแบบโบราณ และแบบอุตหสาหกรรมครัวเรือน ตามลำดับ และมีแนวโน้มลดลงในตัวอย่างแป้งนอนน้ำ แป้งทับน้ำ และเส้นขนมจีน สุพรรณิการ์ (2548) กล่าวว่า การเจริญร่วมกันระหว่างยีสต์ และแบคทีเรียกรดแล็กทิกอาจมีความสัมพันธ์แบบส่งเสริมซึ่งกันและกัน และมีอิทธิพลต่อลักษณะและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบสารระเหยส่วนใหญ่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนปริมาณแบคทีเรียกรดแล็กทิก และยีสต์

แบคทีเรีย บาซิลลัสเป็นจุลินทรีย์ในธรรมชาติที่ติดมากับวัตถุดิบ โดยพบปริมาณสูงสุดในขั้นตอนการหมักข้าว แบคทีเรีย บาซิลลัส เป็นจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้ข้าวหมักมีสีเหลืองคล้ำ มีกลิ่นแอมโมเนีย และทำให้มีค่าพีเอชสูง ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการในกระบวนการผลิต (นิตยา, 2532) อย่างไรก็ตามปริมาณแบคทีเรีย บาซิลลัสเริ่มลดลงเมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการนอนน้ำแป้ง ทับน้ำแป้ง และเส้นขนมจีน

ตารางที่ 2 ปริมาณจุลินทรีย์ในขั้นตอนการผลิตขนมจีนแป้งหมัก

ตัวอย่าง	ปริมาณจุลินทรีย์ (log CFU/g)			
	จุลินทรีย์ทั้งหมด	แบคทีเรียกรดแล็กทิก	ยีสต์ และรา	แบคทีเรีย บาซิลลัส
ขนมจีนแบบโบราณ				
ปลายข้าว	3.57	2.52	2.15	1.18
ข้าวหมัก	8.08	6.98	7.98	7.85
แป้งนอนน้ำ	7.57	7.32	5.78	4.79
แป้งทับน้ำ	7.72	7.54	4.91	5.20
เส้นขนมจีน	2.91	2.11	2.11	2.88
ขนมจีนแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน				
ปลายข้าว	3.60	2.46	2.32	2.20
ข้าวหมัก	7.80	6.99	7.61	7.97
แป้งนอนน้ำ	7.41	7.26	5.08	5.80
แป้งทับน้ำ	7.58	7.53	5.15	4.85
เส้นขนมจีน	2.18	2.15	2.98	2.38

การศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่เป็นดัชนีการผลิตที่ไม่ถูกสุขลักษณะในผลิตภัณฑ์ขนมจีน และแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษพบว่า ขนมจีนแบบโบราณมีการปนเปื้อนของ *S. aureus* แต่ไม่พบ *B. cereus* และ *E. coli* (ตารางที่ 3) ในขณะที่ขนมจีนแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนตรวจไม่พบ *S. aureus*, *B. cereus* และ *E. coli* อาจเนื่องจากในขั้นตอนสุดท้ายคือการโรยเส้นในน้ำร้อนจัดสามารถทำลายเชื้อ *S. aureus*, *B. cereus* และ *E. coli* แต่ในขนมจีนแบบโบราณอาจมีการปนเปื้อนซ้ำของ *S. aureus* จากมือผู้ผลิต และน้ำที่ใช้ในการจับเส้นขนมจีน อย่างไรก็ตามขนมจีนแบบโบราณ และแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือนมีคุณภาพมาตรฐานตามเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของขนมจีน (2547) คือ กำหนดให้มีจำนวน *S. aureus* และ *B. cereus* น้อยกว่า 2 log CFU/g และ *E. coli* ต้องน้อยกว่า 3 MPN ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ตารางที่ 3 ปริมาณแบคทีเรียที่เป็นดัชนีการผลิตที่ไม่ถูกสุขลักษณะ และแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในขนมจีนแป้งหมัก

ตัวอย่างขนมจีน	ปริมาณจุลินทรีย์		
	S. aureus (log CFU/g)	*B. cereus* (log CFU/g)	*E. coli* (MPN/g)
แบบโบราณ	1.85	ไม่พบ	<3
แบบอุตสาหกรรมครัวเรือน	ไม่พบ	ไม่พบ	<3

3.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของขนมจีน

3.2.1 สมบัติทางเคมี

จากการเก็บรักษาขนมจีนที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) พบว่า ขนมจีนแป้งหมักซึ่งผลิตด้วยวิธีแบบโบราณมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 2 วัน เนื่องจากมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (ตารางที่ 5) จึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างระหว่างการเก็บรักษาวันที่ 2-6 สำหรับขนมจีนซึ่งผลิตด้วยวิธีแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือนเมื่อทำวิเคราะห์ค่าพีเอชพบว่า ในวันที่ 0 ซึ่งเป็นวันที่ผลิตขนมจีนมีค่าพีเอช 4.7 ต่อมาลดลงเป็น 4.33 ในวันที่ 2 และลดลงเป็น 4.28 ในวันที่ 6 ในขณะที่ความเป็นกรดของขนมจีนในวันที่ 0 ซึ่งมีค่า 0.02 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.03, 0.07 และ 0.09 ในวันที่ 2 4 และ 6 ตามลำดับ (ดังตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 สมบัติทางเคมีของขนมจีนแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนระหว่างการเก็บรักษา

วันที่	พีเอช	ความเป็นกรด (ร้อยละ)
0	4.70	0.02
2	4.33	0.03
4	4.33	0.07
6	4.28	0.09

3.2.2 สมบัติทางจุลินทรีย์

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน ของขนมจีนแป้งหมักที่ผลิตแบบโบราณ และแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือนดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่าขนมจีนแบบโบราณมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 2.91 ถึง 10.25 log CFU/g ในขณะที่ขนมจีนแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 2.04 ถึง 5.08 log CFU/g เนื่องจากในการผลิตขนมจีนแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนได้มีการใส่วัตถุกันเสียเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เพราะมีความจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งขนมจีนไปยังตลาดเพื่อจำหน่ายให้แก่ผู้บริโภคต่อไป แต่ในการผลิตขนมจีนแบบโบราณไม่มีการใส่วัตถุกันเสีย จึงทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของขนมจีน ได้มีการกำหนดคุณลักษณะที่ต้องการของขนมจีนว่าจะต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6 log CFU/g ดังนั้นขนมจีนแบบโบราณจึงมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 2 วัน ในขณะที่ขนมจีนแบบอุตสาหกรรมมีอายุการเก็บรักษามากกว่า 6 วัน แต่จากการสังเกตลักษณะของขนมจีน พบว่า วันที่ 4 ขนมจีนมีกลิ่นแรงถึงในเกณฑ์ที่ไม่ยอมรับ สำหรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแบคทีเรียกรดแล็กทิกของขนมจีนพบว่า แบคทีเรียกรดแล็กทิกในตัวอย่างขนมจีนมีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยขนมจีนแบบโบราณมีปริมาณแบคทีเรียกรดแล็กทิกเพิ่มขึ้นจาก 2.11 เป็น 9.04 log CFU/g และขนมจีนแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนเพิ่มจาก 1.96 เป็น 4.81 log CFU/g ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และแบคทีเรียกรดแล็กทิกของขนมจีนแป้งหมักในระหว่างการเก็บรักษา

อายุการเก็บรักษา	ปริมาณจุลินทรีย์ (log CFU/g)	
	จุลินทรีย์ทั้งหมด	แบคทีเรียกรดแล็กทิก
ขนมจีนแบบโบราณ		
วันที่ 0	2.91	2.11
วันที่ 2	6.04	5.32
วันที่ 4	7.69	7.18
วันที่ 6	10.25	9.04
ขนมจีนแบบอุตสาหกรรมครัวเรือน		
วันที่ 0	2.04	1.96
วันที่ 2	2.59	2.40
วันที่ 4	4.52	3.18
วันที่ 6	5.08	4.81

4. บทสรุป

การผลิตขนมจีนแบบโบราณและแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือนมีความแตกต่างของวัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ ซึ่งทำให้การผลิตแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีระหว่างการหมักพบว่า กรดซึ่งจุลินทรีย์สร้างขึ้นทำให้มีผลต่อค่าความสว่าง ค่าพีเอช และความเป็นกรดในข้าวหมัก แป้งนอนน้ำ และแป้งทับน้ำแตกต่างจากปลายข้าว การศึกษาสมบัติทางจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตขนมจีนแป้งหมักทั้งแบบโบราณ และแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนพบว่า ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ แบคทีเรียกรดแล็กทิกเป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักที่พบมากที่สุดในทุกขั้นตอนการผลิตโดยมีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด รองลงมาคือ ยีสต์ รา และแบคทีเรียบาซิลลัส สำหรับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ขนมจีนแบบโบราณมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 2 วัน แต่ขนมจีนแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 4 วัน โดยในวันที่ 4 และ 6 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแต่ขนมจีนมีกลิ่นแรงซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษาที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยในโครงการวิจัยความหลากหลายทางชีวภาพ นายจิตต์ ฤทธิ์คง และนายบุญเรือน สารพันโชติวิทยา ในการให้ข้อมูล รวมทั้งนางสาวทัศวรรณ คล้ายลี และนางสาวนำชีวัน คณะพรหมซึ่งเป็นผู้ช่วยเหลือทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

6. เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต, และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2546). **เทคโนโลยีของแป้ง.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คลินิกเทคโนโลยีราชมงคลสุรินทร์. (2552). **การผลิตขนมจีนแป้งหมัก**. เอกสารประกอบการให้คำปรึกษา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์.

เทศบาลตำบลโพรงมะเดื่อ. (2556). “ศักยภาพและทุนทางสังคมของเทศบาลตำบลโพรงมะเดื่อ”. ใน **รวมพลังเครือข่ายชุมชนท้องถิ่นสร้างสุขภาวะอย่างยั่งยืน.** เอกสารอัดสำเนา 145 หน้า.

นวรัตน์ สุพิชญางกูร, วรรณี จิรภาคย์กุล, และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2549). **ผลการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกต่อคุณสมบัติทางเคมีในกระบวนการผลิตขนมจีนแป้งหมัก**. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 44 : สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาเศรษฐศาสตร์ สาขาบริหารธุรกิจ, หน้า 356-362.

นิตยา บุญมี. (2532). **จุลินทรีย์ในการผลิตขนมจีนแป้งหมัก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ, วรนุช ศรีเจษฎารักข์, และเทพฤทธิ์ ปิติฤทธิ์. (2542). **รายงานวิจัย การศึกษาความสัมพันธ์คุณสมบัติทางฟิสิกส์-เคมีของแป้งข้าวเจ้า กรรมวิธีการทำขนมจีนและคุณภาพขนมจีน**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมจีน**. มผช.500/2547.

สุพรรณิการ์ ศรีบัวทอง. (2548). **การคัดเลือกแบคทีเรียกรดแล็กติกจากข้าวหมักเพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อขนมจีนแป้งหมัก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อาหาร นครปฐม. (2552). http://kanchanapisek.or.th/oncc-cgi/text.cgi?no=7614. เข้าถึงเมื่อ18สิงหาคม 2556.

AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis of AOAC International (17th ed.)**. Maryland: AOAC International.

BAM. (2002). **Food and Drug Administration Bacteriological Analytical Manual (8th ed.)**. Maryland: AOAC International.