

คุณภาพของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกและความคงตัวของกรดโฟลิก
ในระหว่างการผลิตและการเก็บรักษาขนมจีน
Quality of Folic Acid Fortified Traditional Thai Noodle (Khanom-jeen)
and the Stability of Folic Acid During its Production and Storage

ภัทธีรา ยิ่งเลิศรัตนกุล¹ และประพันธ์ ปิ่นศิริโดม²

Phatthira Yingleardrattanakul¹ and Praphan Pinsirodom²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการเสริมกรดโฟลิกในขนมจีนต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัสของขนมจีน รวมถึงความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการผลิตและการเก็บรักษา จากการทดลองเติมกรดโฟลิกในแป้งขนมจีนที่ระดับ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ นำมาผ่านขั้นตอนการนวด ผสม รอยเส้น ล้างน้ำครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จนได้เส้นขนมจีน พบค่า pH ของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกสูงกว่า ตัวอย่างควบคุมเล็กน้อย ปริมาณกรดทั้งหมดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ การเสริมกรดโฟลิกมีผลทำให้ขนมจีนมีค่าความสว่าง (L*) ลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกปัจจัยที่ทดสอบ เมื่อศึกษาความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการผลิตขนมจีน พบว่าปริมาณกรดโฟลิกลดลงในทุกขั้นตอน โดยขนมจีนที่มีขนาดเส้นเล็กมีการสูญเสียกรดโฟลิกในระหว่างการผลิตทุกขั้นตอนสูงกว่าขนมจีนที่มีขนาดเส้นใหญ่ ผลการเก็บรักษาขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน พบว่าปริมาณกรดโฟลิกมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ผลการทดลองที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากรรมวิธีผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิกในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

คำสำคัญ : กรดโฟลิก การเสริมสาร ขนมจีน ความคงตัว

ABSTRACT

The study aimed to investigate the effect of folic acid fortification on the physicochemical and sensorial quality of "Khanom-jeen", a traditional Thai noodle, and the loss of folic acid during its production and storage. The folic acid was added into flour mixture at 300 µg / 100 g and the mixture was then processed by mixing, extruding, first washing and second washing to obtain the noodle. It was found that the folic acid fortified noodle had slightly higher pH value than the control sample, while the total acidity was not significantly different. The fortification of folic acid resulted in the lower

¹ กลุ่มวิจัยอาหารเพื่อโภชนาการ สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

¹ Nutrition Research, Bureau of Nutrition, Department of Health 11000

² คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

² Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang 10520

lightness (L^* value) and the slightly higher yellowness (b^* value) compared to the control. Sensory evaluation showed no difference in all attributes evaluated. In addition losses of folic acid were observed in each step during processing with the greater extent for the smaller size than bigger size of the noodle. Moreover, slight decrease of folic acid content was observed during the storage of the noodle at 20°C for 3 days. The results in this study can be useful for the development of industrial process for folic acid fortified Khanom-jeen.

Key Words : Folic acid, Fortification, Rice noodle, Stability

E-mail : nokkhum_h@hotmail.com

คำนำ

โฟเลต หรือ กรดโฟลิก (folic acid) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า กรดเทอโรอิลกลูตามิก (pteroylglutamic acid , PGA) โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยเทอโรอิดีน (pteridine) กรดพาราอะมิโนเบนโซอิก และกรดแอลกลูตามิก กรดโฟลิกเป็นสารอาหารที่จัดอยู่ในกลุ่มวิตามินบีซึ่งละลายในน้ำ มีลักษณะเป็นผลึกสีเหลือง ทนกรด มักถูกทำลายด้วยความร้อนในสารละลายที่ต่างกัน มีความไวต่อแสง แต่คงตัวต่อความร้อนในสภาวะที่เป็นกรด (รัชนี, 2544) ในธรรมชาติกรดโฟลิกจะพบอยู่ในรูปของโฟเลต (folate) โดยพบทั้งในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ อาหารที่มีปริมาณโฟเลตสูง ได้แก่ พืชใบเขียวต่าง ๆ ธัญพืช พืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วแดง ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ในสัตว์จะพบในตับ ไต และเนื้อสัตว์ จุลินทรีย์ที่พบในปริมาณสูงคือ ยีสต์ (นิธิยา, 2551) โฟเลตเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ โดยเฉพาะกลุ่มหญิงวัยเจริญพันธุ์ กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ และกลุ่มวัยเด็ก ช่วยลดความเสี่ยงต่อภาวะโลหิตจางในทารกและหญิงตั้งครรภ์ ช่วยลดความเสี่ยงต่อความผิดปกติชนิดรุนแรงในทารกแรกเกิดที่เรียกว่า หลอดประสาทปลายเปิด (neural tube defects , NTDs) ลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคหัวใจ โรคความดันโลหิต โรคมะเร็ง โรคสมองเสื่อม (Alzheimer dementia) ในผู้สูงอายุ เป็นโคเอนไซม์ที่สำคัญในการสร้างสารพิวรีน (purine) ไพริมิดีน (pyrimidine) สำหรับสังเคราะห์และซ่อมแซมกรดนิวคลีอิก DNA และ RNA (สุปราณี, 2546)

โฟเลตในอาหารตามธรรมชาติจะถูกดูดซึมได้น้อยกว่ากรดโฟลิกที่ใช้เสริมในอาหารหรือในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และเนื่องจากในอาหารที่มนุษย์บริโภคทั่วไปจะพบกรดโฟลิกน้อยมาก ดังนั้นการมีพฤติกรรมบริโภคอาหารแบบไม่หลากหลายจึงมีความเสี่ยงต่อการขาดโฟเลต (นิธิยา, 2551) ในหลายประเทศจึงได้มีกฎหมายกำหนดให้มีการเสริมโฟเลตในรูปของกรดโฟลิกในอาหารหลักของประชากรในประเทศ เช่น ในสหรัฐอเมริกา กำหนดให้มีการเสริมกรดโฟลิก ในแป้งสาลี 140 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม ประเทศออสเตรเลียกำหนดให้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมปังไม่น้อยกว่า 135 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม เป็นต้น (Johansson *et al.*, 2002)

ข้อมูลการสำรวจภาวะโลหิตจางที่มีสาเหตุมาจากการขาดธาตุเหล็ก และ/หรือโฟเลตของประชากรทั่วประเทศ พบว่าในกลุ่มวัยเด็กอายุต่ำกว่า 14 ปี มีปัญหาโลหิตจางสูงทั้งเพศชายและเพศหญิง เด็กวัยเรียนอายุ 6-8, 9-11 และ 12-14 ปี พบความชุกของภาวะโลหิตจางสูงเฉลี่ยถึงร้อยละ 29.3 สำหรับกลุ่มวัยทำงานอายุ 15-19, 20-29, 30-39, 40-49 และ 50-59 ปี พบความชุกของภาวะโลหิตจางเฉลี่ยร้อยละ 19.6 นอกจากนี้กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ หญิงให้นมบุตร และหญิงวัยเจริญพันธุ์ พบความชุกของภาวะโลหิตจางเฉลี่ยร้อยละ 21.9 กลุ่ม

ผู้สูงอายุ 60-64, 65-69 และ 70-74 ปี พบภาวะโลหิตจางเฉลี่ยร้อยละ 37.5 (มันทนา, 2546) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าประชากรไทยทุกกลุ่มอายุมีโอกาสเสี่ยงต่อภาวะขาดโฟเลท ดังนั้นแนวทางการเสริมกรดโฟลิกในอาหารหลักที่คนไทยนิยมบริโภคจัดเป็นวิธีที่จะเข้าถึงปัญหาการขาดโฟเลทได้ตรงประเด็น

จากการสำรวจข้อมูลการบริโภคอาหารของประชากรไทย ระหว่างปี 2545 - 2547 พบว่าประชากรทุกกลุ่มอายุตั้งแต่ 3 ปี ถึงมากกว่า 65 ปี มีการบริโภคข้าวหรือข้าวเจ้ากล้างเป็นอาหารหลักอันดับแรกเฉลี่ยร้อยละ 96.7 ผลิตภัณฑ์จากข้าวที่มีการบริโภคมาก คือขนมจีนเฉลี่ยร้อยละ 70.4 (นิรนาม, 2547) Ashok และ คณะ (2003) ได้ทดลองศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเคลือบกรดโฟลิกบนข้าวขัดขาว พบว่าสารเคลือบที่ให้ผลดีที่สุดคือ เอทิลเซลลูโลส (ethyl cellulose) เนื่องจากทำให้เกิดการสูญเสียกรดโฟลิกในขั้นตอนการขูดข้าวและการหุงข้าวน้อยกว่าสารเคลือบชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้สารเคลือบที่ศึกษาทุกชนิดไม่สามารถปิดบังสีเหลืองของข้าวเสริมกรดโฟลิกได้

ขนมจีนเป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวที่ประชากรไทยทั่วทุกภาคนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการรับประทานควบคู่กับส้มตำ หรือแกงชนิดต่างๆ ของแต่ละภาค ดังนั้นการเสริมกรดโฟลิกในขนมจีนจึงมีแนวโน้มเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายในการป้องกันภาวะความเสี่ยงจากการขาดโฟเลทได้อีกช่องทางหนึ่ง การบริโภคขนมจีนโดยทั่วไปมักบริโภคพร้อมกับแกงชนิดต่าง ๆ หรือส้มตำซึ่งมีรสจัด ดังนั้นการเสริมกรดโฟลิกในขนมจีนจึงไม่มีผลต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมกรดโฟลิกในผลิตภัณฑ์ขนมจีนต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัส รวมถึงความเสถียรของกรดโฟลิกในกระบวนการผลิตขนมจีนและการเก็บรักษา และผลของขนาดเส้นขนมจีนต่อการสูญเสียปริมาณโฟลิก

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุประสงค์และอุปกรณ์

แป้งหมักสำเร็จรูปซื้อจากบริษัท พศข. จำกัด อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี กรดโฟลิก (sigma , สหรัฐอเมริกา) เชื้อแลคติก (*Lactobacillus casei* ATCC 7469) เครื่องทำขนมจีนประกอบด้วยเครื่องนวดผสมและเครื่องโรยเส้นได้รับความอนุเคราะห์ใช้ที่โรงงาน พศข. จำกัด เครื่องวัดสี (Minolta chromameter , ญี่ปุ่น) เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Orion , สหรัฐอเมริกา) เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (lamda 20 , สหรัฐอเมริกา)

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 วิธีการผลิตขนมจีนแป้งหมัก

การผลิตขนมจีนแป้งหมักในงานวิจัยนี้จะใช้วัตถุดิบแป้งหมักสำเร็จรูปที่ซื้อจากบริษัท พศข. จำกัด อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี โดยมีขั้นตอนการผลิตตามเอกสารของบริษัท พศข. ดังนี้

1) การนึ่งแป้ง

นำก้อนแป้งมานึ่งให้สุกบางส่วน โดยให้มีส่วนของแป้งสุกที่ผิวก้อนแป้งหนาประมาณ 0.5 นิ้ว ใช้เวลาประมาณ 30 – 35 นาที จากนั้นพักไว้ให้เย็น

2) การนวดแป้ง

นำก้อนแป้งที่ผ่านการนึ่งให้สุกบางส่วนในข้อ 1) มานวดโดยใช้เครื่องนวดผสมสำหรับทำขนมจีนเพื่อให้แป้งดิบ (ภายใน) และแป้งสุก (ส่วนผิว) ผสมกันดีเป็นเนื้อเดียวกัน เม็ดแป้งแตกละเอียดเนียนสามารถปั้นเป็นก้อนโดยไม่หัก ใช้เวลาประมาณ 20 นาที

3) การนวดน้ำ

เป็นขั้นตอนการเติมน้ำอุ่นลงในแป้งหลังจากการนวดในข้อ 2) แล้วโดยค่อย ๆ เติมพร้อมกับนวด ผสมไปด้วยการเติมน้ำจะเติมประมาณ 4 ลิตรต่อแป้ง 20 กิโลกรัม หรือทำให้ส่วนผสมแป้งที่ได้มีความชื้น ร้อยละ 70 – 75

4) การกรองแป้ง

นำแป้งที่นวดผสมกับน้ำเข้ากันดีแล้วมากรองผ่านกระชอน เพื่อแยกเม็ดแป้งเล็ก ๆ และสิ่งเจือปน ในแป้งออก แป้งที่ผ่านการกรองจะมีความเนียนละเอียดสม่ำเสมอ

5) การโรยเส้น

นำส่วนผสมแป้งที่ได้ในข้อ 4) มาโรยเส้นโดยใช้เครื่องโรยเส้นขนมจีน ลงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 – 95 องศาเซลเซียส รอจนเส้นขนมจีนสุก ซึ่งจะลอยขึ้นมาที่ผิวน้ำ

6) การล้างเส้นขนมจีน

ช้อนเส้นขนมจีนสุกขึ้นมา จากนั้นล้างในน้ำเย็นทันที เพื่อให้เส้นคงตัว โดยจะล้างน้ำเย็น 2 ครั้ง จนเส้นเย็น แล้วจึงจับเส้นเป็นจับ ๆ วางลงในภาชนะ

2.2 ผลของการเสริมกรดโพลีคต่อคุณภาพของขนมจีน

ทดลองผลิตขนมจีนตามวิธีในข้อ 2.1 โดยเติมกรดโพลีคปริมาณ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแป้ง เติมในขั้นตอนการนวดน้ำ (ขั้นตอนที่ 3) โดยละลายกรดโพลีคในน้ำอุ่นเล็กน้อยที่ใช้เติมลงในแป้ง ขณะที่นวด นำตัวอย่างขนมจีนที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับ ตัวอย่างควบคุม ดังนี้

2.2.1 วัดค่าสี ($L^* a^* b^*$) ด้วยเครื่อง Minolta chromameter, CR-400 Series (Osaka, Japan)

2.2.2 วัดค่า pH โดยใช้ pH meter โดยปั่นตัวอย่างขนมจีนกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1: 10 (W/V)

2.2.3 วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acidity) ตามวิธีใน AOAC Method 930.35 (2000)

2.2.4 วิเคราะห์ปริมาณกรดโพลีคโดยวิธี Microbiological assay (*Lactobacillus casei*) ตามวิธี ใน AOAC Method 960.46H (2000)

2.2.5 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมจีนเสริมกรดโพลีค

นำขนมจีนเสริมกรดโพลีคที่ได้มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับ ตัวอย่างควบคุม แบบ Hedonic scale 7 ระดับคะแนน ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยทดสอบชิมเส้นขนมจีนเปล่าและเส้นขนมจีนพร้อมน้ำ แกงเขียวหวาน

2.3 การศึกษาผลของขนาดเส้นขนมจีนในขั้นตอนการโรยเส้นต่อปริมาณกรดโพลีคที่เหลือในขนมจีน

ทดลองผลิตขนมจีนตามวิธีในข้อ 2.1 นำแป้งที่ได้ไปโรยเส้นด้วยเครื่องโรยเส้นที่รูเปิดมีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางแตกต่างกัน 2 ขนาด ทำให้ได้ขนมจีนที่มีขนาดของเส้นแตกต่างกัน คือ เส้นเล็กและเส้นใหญ่ (เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.15 และ 1.40 มิลลิเมตร) นำตัวอย่างขนมจีนที่ได้มาตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดโพลีคที่เหลือตามวิธีในข้อ 2.2.4 คัดเลือกขนาดเส้นที่เหมาะสมเพื่อศึกษาข้อ 2.4 และ 2.5 ต่อไป

2.4 การศึกษาความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูป และการเก็บรักษาขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

2.4.1 ศึกษาการสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูปขนมจีน

ทดลองผลิตขนมจีนตามวิธีในข้อ 2.1 โดยใช้ขนาดเส้นที่เหมาะสมจากผลการทดลองในข้อ 2.3 เก็บตัวอย่างขนมจีนที่ได้จากขั้นตอนการโรยเส้น ขั้นตอนการล้างเส้นครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณกรดโฟลิก ตามวิธีข้อ 2.2.4

2.4.2 ศึกษาความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการเก็บรักษาขนมจีน

ทดลองผลิตขนมจีนตามวิธีในข้อ 2.1 เก็บรักษาตัวอย่างขนมจีนที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในอุตสาหกรรม เก็บตัวอย่างทุกวันเป็นเวลา 3 วัน วิเคราะห์ปริมาณกรดโฟลิก ตามวิธีข้อ 2.2.4

3. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทั้งหมดจะใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ส่วนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจะวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมแสดงดังตารางที่ 1 ค่า pH มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกมีค่า pH สูงกว่าเล็กน้อย ปริมาณกรดทั้งหมดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อทดสอบคุณภาพทางกายภาพโดยการวัดสีของขนมจีนเสริมกรดโฟลิก พบว่าขนมจีนเสริมกรดโฟลิกมีค่าความสว่างลดลงเล็กน้อย ในขณะที่มีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกรดโฟลิกเป็นสารที่มีลักษณะเป็นผลึกสีเหลืองอ่อน

Table 1 pH , total acidity and color parameters of folic acid fortified Kanom-jeen

Samples	pH	Total acidity ^{ns} (% by wt. of lactic acid)	Color parameters		
			L [*]	a [*]	b [*]
Control	3.58 ^a ±0.00	0.38±0.02	76.30 ^a ±0.38	-1.22 ^a ±0.01	-0.25 ^a ±0.39
Folic acid fortified	3.78 ^b ±0.06	0.34±0.08	74.80 ^b ±0.10	-1.28 ^b ±0.01	0.28 ^b ±0.04

ns : not significant difference ($p > 0.05$)

a , b ; The values with different letters within the same column are significant difference ($p \leq 0.05$)

The diameter of kanom-jeen samples were 1.40 mm.

สำหรับผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (ตารางที่ 2) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในทุกปัจจัยคือ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งกรณีชิมเส้นเปล่าและชิมพร้อมน้ำแกงเขียวหวาน อย่างไรก็ตามตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกมีแนวโน้มคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างควบคุมในทุกปัจจัยที่ทดสอบ

Table 2 Sensory evaluation of folic acid fortified Kanom-jeen by 7 point Hedonic scale method

Method of testing		Attributes				
Sample	color ^{ns}	odor ^{ns}	taste ^{ns}	taste ^{ns}	Overall liking ^{ns}	
Plain	Control	5.30±1.03	4.92±1.29	4.75±1.62	5.17±1.28	5.32±1.16
noodle	Folic acid fortified	5.42±1.03	5.15±1.26	4.93±1.51	5.28±1.20	5.57±0.10
Noodle	Control	5.50±0.87	5.17±0.98	5.38±1.14	5.63±1.21	5.73±1.02
with curry	Folic acid fortified	5.48±1.02	5.28±1.17	5.45±1.20	5.67±1.13	5.73±1.02

ns : not significant difference ($p>0.05$)

Table 3 Folic acid content of samples from different steps during the production of Kanom-jeen.

Samples	Folic acid content (ug / 100 g wet wt.)			
	Flour mixture with folic acid added	Extruding	First washing	Second washing
Control (big size)	nd	nd	nd	nd
Folic acid fortified (big size)	277.71 ^a ±7.52	134.21 ^a ±3.00	115.89 ^a ±3.79	111.53 ^a ±1.34
Folic acid fortified (small size)	277.71 ^a ±7.52	113.50 ^b ±7.92	96.15 ^b ±9.08	90.60 ^b ±7.12

Fortification was 300 µg / 100 g flour mixture.

Samples with small and big size were 1.15 and 1.40 mm diameter , respectively.

nd; Not detected

a , b ; The values with different letters within the same column are significant difference ($p\leq0.05$).

จากการทดลองเสริมกรดโฟลิกในแป้งขนมจีนในขั้นตอนการนวดน้ำที่ระดับ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ จากนั้นนำมาผ่านขั้นตอนการนวดผสม โรยเส้น ล้างน้ำครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จนได้เส้นขนมจีนเมื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดโฟลิกในตัวอย่างจากขั้นตอนต่าง ๆ พบว่าปริมาณกรดโฟลิกลดลงทุกขั้นตอนของการผลิต

ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ (ตารางที่ 3) ซึ่งการสูญเสียที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการนวดผสมแป้ง อาจเนื่องจากการเกิดออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ และความร้อนขณะนวดผสมด้วยเครื่องนวดผสมไฟฟ้า สำหรับขั้นตอนการโรยเส้นและการล้างน้ำนั้น การสูญเสียกรดโฟลิกอาจมีสาเหตุมาจากความร้อน และการละลายน้ำ ในขั้นตอนการโรยเส้นจะเกิดการสูญเสียสูงสุดคือร้อยละ 57.28 และ 51.18 โดยน้ำหนักเปียกในขนมจีนเส้นเล็กและเส้นใหญ่ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลของขนาดเส้น พบว่าขนมจีนเสริมกรดโฟลิกขนาดเล็กมีปริมาณกรดโฟลิกลดลงมากกว่าขนาดเส้นใหญ่ โดยคิดเป็นร้อยละการสูญเสียกรดโฟลิกเท่ากับ 67.38 และ 59.84 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากขนาดเส้นเล็กมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าเมื่อแปรรูปโดยผ่านขั้นตอนต่างๆ จึงเกิดการสูญเสียมากกว่า (Shrestha et al , 2003) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาข้อมูลความชื้นของตัวอย่างจากขั้นตอนต่าง ๆ ในระหว่างการผลิตขนมจีน (ตารางที่ 4) จะเห็นได้ว่าตัวอย่างขนมจีนจะมีค่าความชื้นเพิ่มขึ้นในระหว่างการแปรรูปจากแป้งผสมเริ่มต้นจนกระทั่งหลังจากขั้นตอนการล้างน้ำครั้งที่ 2 เมื่อคำนวณร้อยละโดยน้ำหนักแห้งของการสูญเสียกรดโฟลิกในขนมจีนที่ได้ พบว่าขนมจีนขนาดเส้นเล็กและขนาดเส้นใหญ่มีร้อยละการสูญเสียกรดโฟลิกโดยน้ำหนักแห้งเท่ากับ 35.22 และ 30.52 ตามลำดับ ผลที่ได้แตกต่างกับการศึกษาของ Cheung et al (2009) ที่เสริมกรดโฟลิกในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปโดยผ่านการแปรรูปด้วยวิธีการทอดในน้ำมัน พบว่าไม่มีการสูญเสียของกรดโฟลิกที่เสริม แต่ในการศึกษาเสริมกรดโฟลิกในขนมจีนนี้ผ่านขั้นตอนการแปรรูปด้วยน้ำ จึงเกิดการสูญเสียกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูปมากกว่า เนื่องจากกรดโฟลิกมีสมบัติละลายน้ำได้ดี

Table 4 Moisture content of samples form different steps during the production of Kanom-jeen.

Samples	Moisture content (%)			
	Flour mixture with folic acid added	Extruding	First washing	Second washing
Control (big size)	51.65±0.78	63.84±0.04	65.98±0.23	69.71±0.08
Folic acid fortified (big size)	52.63±1.36	71.44±1.83	71.62±0.93	72.48±0.77
Folic acid fortified (small size)	52.63±1.36	68.00±2.03	72.95±0.40	75.98±0.15

Fortification was 300 µg / 100 g flour mixture

Samples with small and big size were 1.15 and 1.40 mm diameter , respectively.

อย่างไรก็ตามผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ashok et al (2003) ที่พบว่าข้าวขัดขาวเคลือบกรดโฟลิกเมื่อไม่ใช้การเคลือบด้วยสารโพลีเมอร์ที่รับประทานได้ เมื่อนำมาหุงแบบแช่น้ำ จะเกิดการสูญเสียกรดโฟลิกร้อยละ 73 จึงควรมีการศึกษาเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่สามารถลดการสูญเสียกรดโฟลิกในระหว่างกระบวนการผลิตให้น้อยลงต่อไป

ในการศึกษาความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการเก็บรักษาขนมจีนที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน แสดงดังภาพที่ 1 พบว่าปริมาณกรดโฟลิกลดลงเล็กน้อย โดยตัวอย่างขนมจีนหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน มีปริมาณกรดโฟลิกลดลงคิดเป็นคิดเป็นร้อยละ 18.3 โดยน้ำหนักเปียก

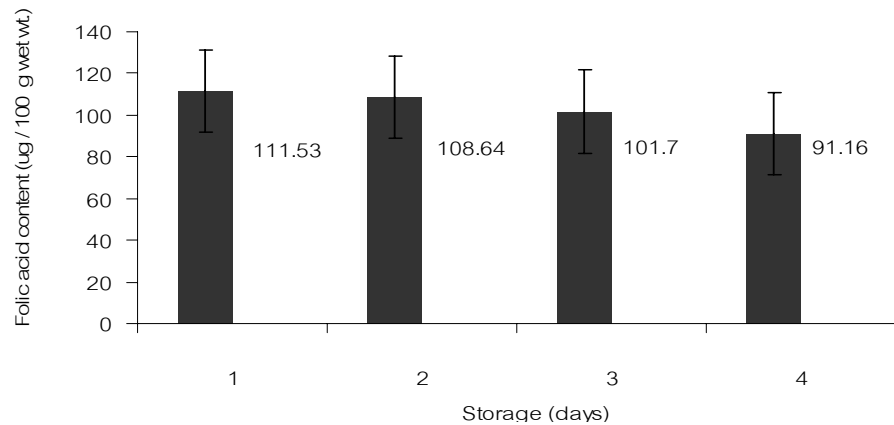


Figure 1 Change of folic acid content in folic acid fortified Kanom-jeen during storage at 20 °C

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การเสริมกรดโฟลิกในขนมจีนที่ระดับ 300 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมแป้งดิบ มีผลทำให้ขนมจีนที่ได้มีค่า pH สูงกว่าตัวอย่างควบคุมเล็กน้อย แต่ไม่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมด นอกจากนี้มีผลทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลงเล็กน้อยในขณะที่ค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตามผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกและตัวอย่างควบคุม ทั้งการชิมเส้นเปล่าและการชิมพร้อมน้ำแกงเขียวหวาน เมื่อศึกษาความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูปขนมจีน พบว่ามีการสูญเสียกรดโฟลิกในทุกขั้นตอนของการผลิตขนมจีน โดยตัวอย่างขนมจีนที่มีขนาดเส้นเล็กมีการสูญเสียกรดโฟลิกมากกว่าตัวอย่างที่มีขนาดเส้นใหญ่ การเก็บรักษาขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน มีผลทำให้ปริมาณกรดโฟลิกลดลงเล็กน้อย ผลการทดลองที่ได้ทำให้เกิดข้อเสนอแนะในการปรับปรุงกระบวนการ แปรรูปเพื่อลดการสูญเสียกรดโฟลิกในระหว่างการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิก ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนากระบวนการผลิต ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- นิธิยา รัตนาปนนท์ 2551. **เคมีอาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร วิทยาเขตดอยคำ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. กรุงเทพมหานคร : โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์. 504 หน้า.
- นิรนาม 2547. **ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย**. สำนักมาตรฐานสินค้าและระบบคุณภาพ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ISBN 974-403-423-8.

- มันทนา ประทีปะเสน, เรวดี จงสุวัฒน์, สุจิตต์ สาลีพันธ์ และ พูนศรี เลิศลักษณ์วงศ์. 2546. **ผลการสำรวจภาวะโภชนาการทางชีวเคมี**. รายงานการสำรวจภาวะอาหารและโภชนาการของประเทศไทย ครั้งที่ 5. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุ (รสป). 115-116.
- รัชนี ตันตะพานิชกุล. 2544. **เคมีอาหาร**. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 404 หน้า.
- สุปราณี แจ่มบำรุง, ประไพศรี ศิริจักรวาล, ประภาศรี ภูวเสถียร, เบญจลักษณ์ ผลรัตน์, อุไรพร จิตต์แจ่ม, สุภัจฉา นพจินดา, อรวรรณ ภูชัยวัฒนานนท์, ทิพยเนตร อริยปิติพันธ์ และสุจิตต์ สาลีพันธ์. 2546. **วิตามินบี และโฟเลท**. ปริมาณสารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย . กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุ (รสป). 116 – 121.
- AOAC. 2000. Official Method of Analysis of AOAC International, 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia. (Method 992.05) pp 24-26.
- Cheung, R.H.F., Hughes, J.G., Marriott, P.J., Small, D.M. 2009. **Investigation of Folic Acid Stability in Fortified Instant Asian Noodles by use of Capillary Electrophoresis**. Food Chemistry. 112: 507-514.
- Johansson M, Witthoft CM, Bruce A, Jagerstad M. 2002. **Study of Wheat Breakfast Rolls Fortified with Folic Acid: The Effect on Folate Status in Women During a 3-Month Intervention**. European Journal of Nutrition. 41: 279-286
- Fortified with Folic Acid: The Effect on Folate Status in Women During a 3-Month Intervention. European Journal of Nutrition. 41: 279-286.
- Shrestha, A. K., Arcot . J, Paterson, J. L. 2003. **Edible Coating Materials-Their Properties and Use in The Fortification of Rice With Folic Acid**. Food Research International. 36 :921-928.