สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเสริมกรดโฟลิกในผลิตภัณฑ์ขนมจีน

Folic acid fortification in traditional Thai noodle; Khanom jien

นาย ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม
นาง ภัทธิรา ยิ่งเลิศรัตนะกุล

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2555
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
TP
A35
.R3
2555

เลขหมู่ 131089
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี 22 มิ.ย. 2557

b.12604045
i.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การเสริมกรดโฟลิกในผลิตภัณฑ์ขนมจีน

แหล่งเงิน เงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 252,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2554 ถึง กันยายน 2555

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ รศ. ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

กรดโฟลิกหรือโฟเลทเป็นสารอาหารในกลุ่มวิตามินบีที่ละลายน้ำได้ การขาดโฟเลทมี ผลต่อความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดประสาทปลายเปิดในทารกแรกเกิด โรคหัวใจ โรคมะเร็ง และสมองเสื่อม ภาวะการขาดโฟเลทของประชากรไทยพบได้ในทุกกลุ่มเพศและอายุ การเสริมกรดโฟลิกในอาหารหลักของประชากรถือเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาการขาดโฟเลทของประชากรได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมกรดโฟลิกในขนมจีนต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของขนมจีน รวมถึงความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการผลิตและการเก็บรักษา

จากการทดลองเติมกรดโฟลิกในแป้งขนมจีนที่ระดับ 100, 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม แป้งดิบ จากนั้นนำมาผ่านขั้นตอนการนวดผสม โรยเส้น ล้างน้ำครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จนได้เส้นขนมจีน พบว่าเมื่อเสริมกรดโฟลิกในระดับที่สูงขึ้น ทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ของขนมจีนที่ได้มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่าสีแดง (a^*) นอกจากนี้มีผลทำให้ค่า pH มีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น สำหรับผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิก พบว่าไม่ทำให้เกิดความผิดปกติของรสเปรี้ยวแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม แต่ขนมจีนเสริมกรดโฟลิกมีคะแนนของสีผิดปกติ กลิ่นแปลกปลอม รสผิดปกติ รวมถึงความเหนียวนุ่มสูงกว่าตัวอย่างควบคุม อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างของปัจจัยดังกล่าวระหว่างตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ทุกระดับความเข้มข้นที่ศึกษา ในการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิกทุกระดับพบว่าปริมาณกรดโฟลิก ลดลงในทุกขั้นตอน ในขณะที่ค่าความชื้นของตัวอย่างที่ได้ในแต่ละขั้นตอนเพิ่มสูงขึ้น เมื่อคำนวณร้อยละการสูญเสียกรดโฟลิกในผลิตภัณฑ์ขนมจีนที่ได้ พบว่าการเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 100, 300 และ 500 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมแป้งดิบ มีการสูญเสียกรดโฟลิกคิดเป็นร้อยละ 63.20,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30.52 และ 49.47 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จากผลการทดลองข้างต้นจึงได้คัดเลือกการเสริมกรดโฟลิกในแป้งขนมจีนที่ระดับ 300 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมแป้งดิบ ขนมจีนที่ได้มีปริมาณ กรดโฟลิกประมาณ 111 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม (โดยน้ำหนักเปียก) ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอ และปลอดภัยต่อผู้บริโภคทุกกลุ่มอายุตามข้อกำหนดของ DRI เมื่อศึกษาผลของขนาดเส้นขนมจีนต่อความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิก พบว่าตัวอย่างขนมจีนที่มีขนาดเส้นเล็กกว่าจะมีโอกาสสูญเสียกรดโฟลิกในทุกขั้นตอนของการผลิตสูงกว่าตัวอย่างขนมจีนที่มีขนาดเส้นใหญ่กว่า นอกจากนี้การเก็บรักษาขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน มีผลทำให้กรดโฟลิกลดลงจากเริ่มต้นคิดเป็นร้อยละ 18.3 โดยน้ำหนักเปียก เมื่อทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมโดยการทดสอบชิมเส้นขนมจีนเปล่า ๆ และชิมเส้นขนมจีนพร้อมราดน้ำแกงเขียวหวาน พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับขนมจีนเสริมกรดโฟลิกไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

คำสำคัญ กรดโฟลิก ขนมจีน การเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Folic acid fortification in traditional Thai noodle; Khanom jien

Researcher: Assoc. Prof. Dr. Praphan Pinsirodom

Faculty: Agro-industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

Folic acid or folate is a water soluble vitamin B. Deficiency of folate can increase the risk of several diseases such as neural tube defects in a new born baby, heart disease, cancer and Alzheimer dementia. Folate deficiency in Thai population has been found in all sex and age groups. Fortification of folic acid in the staple is an efficient way to reduce the problem of folate deficiency in the population. This research was aimed to investigate the effect of folic acid fortification on the physicochemical and sensorial qualities of "Khanom-jien" , a thai traditional rice noodle , and the stability of folic acid during its production and storage.

The folic acid was added into the flour mixture at different levels of 100, 300 and 500 μg / 100 g and the flour mixtures were then processed by mixing , extruding , first washing and second washing to obtain the noodle. It was found that , the color parameter of folic acid fortified noodle tended to have lower L^* values and slightly higher b^* values as the level of folic acid added increased , while the a^* values were not effected. In addition , fortification of folic acid at higher levels resulted in the noodle samples with lower pH values which corresponded to the higher total acidity. Sensory evaluation showed no significant difference in terms of sour taste, but color, off odor, unusual taste, and texture were higher for all folic acid fortified noodles over the control sample. However no significant difference of those attributes among all folic acid fortified samples. At all levels of folic acid fortification, the loss of folic acid was observed in the sample form each step of production and the moisture contents of the samples were also increased in each step. The loss of folic acid in the final noodle samples with the fortification level at 100, 300 and 500 μg / 100 g flour mixture was 63.20, 30.52 and 49.47 % dry wt, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The fortification level of the folic acid in the Khanom-jien at 300 μg / 100 g flour which resulted in the final product containing about 111 μg folic acid per 100 g wet wt noodle was selected as a suitable level. This level was safe and sufficient for all age consumer according to the DRI recommendation. The effect of noodle size diameter on the losses of folic acid during the processing of folic acid fortified noodles were evaluated. It was found that losses of folic acid were observed in each step of noodle production with the greater extent for the smaller diameter noodle than the bigger one. Moreover, storage of the folic acid fortified Khanom-jien at 20 ^{0}C for 3 days resulted in the loss of folic acid about 18.3 % wet wt. The Hedonic scale preference test of the plain noodle and the noodle with green curry showed no significant difference between the folic acid fortified Khanom-jien and the control sample.

Keywords: Folic acid, Fortification, Noodle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการเสริมกรดโฟลิกในผลิตภัณฑ์ขนมจีน ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 ผู้วิจัยขอขอบคุณ โรงงานผลิตขนมจีน พศช.จำกัด อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่และเครื่องมือในการผลิตขนมจีน และขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการให้บริการมาโดยตลอด

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม
ภัทธิรา ยิ่งเลิศรัตนะกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	4
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 สมบัติทั่วไปของโฟเลท	6
2.2 ภาวการณ์ขาดโฟเลทของประชากรไทย	8
2.3 ปริมาณสารอ้างอิงของโฟเลทที่ควรได้รับประจำวัน	9
2.4 กรรมวิธีการแปรรูปขนมจีน	10
2.5 แนวทางการแก้ไขปัญหาการขาดจุลโภชนาการ	11
2.6 วิธีการเลือกอาหารพาหนะ	15
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสริมกรดโฟลิกในอาหาร	18
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	20
3.1 วัตถุดิบ	20
3.2 เครื่องมือ	20
3.3 สารเคมี	21
3.4 สถานที่ทำการทดลอง	21
3.5 วิธีการดำเนินการทดลอง	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์..... 25

4.1 ผลของปริมาณกรดโฟลิกต่อคุณภาพขนมจีนเสริมกรดโฟลิก..... 25

4.2 ผลการศึกษาความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูป ขนมจีนเสริมกรดโฟลิก..... 29

4.3 ผลของขนาดเส้นขนมจีนในขั้นตอนการโรยเส้นต่อการสูญเสียปริมาณกรดโฟลิก ในระหว่างกระบวนการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิก..... 34

4.4 ผลการศึกษาความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการเก็บรักษาขนมจีนเสริมกรด กรดโฟลิก..... 37

4.5 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมจีนเสริมกรดโฟลิก..... 38

4.6 ความคุ้มทุนต่อการผลิต..... 40

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 41

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 41

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 42

บรรณานุกรม..... 43

ภาคผนวก

ก. การเตรียมสารละลายสำหรับผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิก..... 47

ข. การวิเคราะห์ปริมาณกรดโฟลิก..... 49

ค. การวัดสี..... 54

ง. การวัดความเป็นกรด-ด่าง..... 56

จ. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด..... 58

ฉ. แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส..... 61

ช. ปริมาณความชื้น..... 65

ประวัติผู้เขียน..... 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ปริมาณสารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย.....	9
2.2	ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์อาหารกลุ่มธัญพืชที่กฎหมายบังคับให้มีการเสริมสารอาหารในประเทศต่าง ๆ	14
4.1	ค่าสีของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม.....	26
4.2	ค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมดของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม	27
4.3	ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับต่างกันโดยวิธี Scoring test.....	28
4.4	ปริมาณกรดโฟลิกของตัวอย่างโดยน้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้งจากขั้นตอนต่าง ๆ ในระหว่างการผลิตขนมจีนเสริมเสริมกรดโฟลิก.....	31
4.5	ข้อมูลปริมาณกรดโฟลิกที่ได้จากการบริโคขนมจีนเสริมกรดโฟลิก.....	33
4.6	ผลของขนาดเส้นขนมจีนต่อการสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกในระหว่างกระบวนการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิก.....	35
4.7	ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกโดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนน โดยการชิมเส้นเปล่า.....	38
4.8	ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกโดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนน โดยการชิมเส้นพร้อมน้ำแกง.....	39
4.9	การคำนวณราคากรดโฟลิก ต่อ การผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ.....	40
ช1	ค่าความชื้นในตัวอย่างขนมจีนที่ได้จากขั้นตอนต่าง ๆ ในระหว่างการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิก.....	66
ช 2	ค่าความชื้นในตัวอย่างขนมจีนที่ได้จากขั้นตอนต่าง ๆ ในระหว่างการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่มีขนาดเส้นเล็กและขนาดเส้นใหญ่.....	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างทางเคมีของกรดโฟลิก.....	7
4.1	การสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูปขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับต่างกัน ก. ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก และ ข. ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง.....	32
4.2	การสูญเสียกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูปขนมจีนเสริมกรดโฟลิกเมื่อเตรียมขนาดเส้นขนมจีนต่างกัน ก. ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก ข. ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง.....	36
4.3	การสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกในขนมจีนเสริมกรดโฟลิกในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

โฟเลท หรือ กรดโฟลิก (folic acid) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า กรดเทอโรอิลกลูตามิค (pteroylglutamic acid , PGA) โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยเทอริดีน (pteridine) กรดพาราอะมิโนเบนโซอิก และกรดแอล-กลูตามิก กรดโฟลิกเป็นสารอาหารที่จัดอยู่ในกลุ่มวิตามินบีซึ่งละลายในน้ำ มีลักษณะเป็นผลึกสีเหลือง สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกแสง ขณะอยู่ในภาวะที่เป็นกลางและด่าง รวมทั้งการหุงต้ม ไม่คงตัวต่อความร้อนในภาวะที่เป็นกรด (นิธิยา, 2551)

โฟเลทเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ โดยเฉพาะกลุ่มหญิงวัยเจริญพันธุ์ กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ และกลุ่มวัยเด็ก ช่วยลดความเสี่ยงต่อภาวะโลหิตจางในทารก และหญิงตั้งครรภ์ ช่วยลดความเสี่ยงต่อความผิดปกติชนิดรุนแรงในทารกแรกเกิดที่เรียกว่า หลอดประสาทปลายเปิด (neural tube defects , NTDs) ลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคหัวใจ โรคความดันโลหิต โรคมะเร็ง โรคสมองเสื่อม (Alzheimer dementia) ในผู้สูงอายุ นอกจากนี้โฟเลทยังทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ที่สำคัญในการสร้างสารพิวรีน (purine) ไพริมิดีน (pirimidine) สำหรับการสังเคราะห์กรดนิวคลิอิก DNA และ RNA ช่วยซ่อมแซม DNA และ RNA สังเคราะห์กรดอะมิโนไกลซีนและซีรีน สำหรับใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนให้กับร่างกาย มีความจำเป็นในการสังเคราะห์เอส-อะดิโนซิลเมทไธโอนีน (S - adenosyl methionine , SAM) ซึ่งมีความสำคัญในปฏิกิริยาเมธิเลชัน (methylation) ต่าง ๆ เมื่อร่างกายอยู่ในภาวะโฟเลทต่ำ การเจริญเติบโตของเซลล์จะชะงักโดยเฉพาะเซลล์ที่เจริญเติบโตเร็ว ทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงในไขกระดูกผิดปกติ ส่งผลให้เกิดภาวะโลหิตจางชนิด megaloblastic anaemia จึงมีความเสี่ยงต่ออาการปากแหว่งเพดานโหว่ (cleft palate) ในทารกแรกเกิด หากมารดาได้รับสารชนิดนี้ขณะตั้งครรภ์ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย (สุปราณี และคณะ, 2546)

ในธรรมชาติกรดโฟลิกจะพบอยู่ในรูปของโฟเลท (folate) เป็นส่วนใหญ่ โดยพบทั้งในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ตัวอย่างอาหารที่มีปริมาณโฟเลทสูง ได้แก่ พืชใบเขียวต่าง ๆ ธัญพืช พืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วแดง ถั่วเหลือง ถั่วลิสง นอกจากนี้ในสัตว์จะพบในตับ ไต และเนื้อสัตว์ จุลินทรีย์ที่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟเลทในปริมาณสูงคือ ยีสต์ (นิธิยา, 2551) โฟเลทถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายที่ลำไส้เล็กตรงส่วนเจจูนัม ภายหลังจากการไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์เทอโรอิลกลูตาเมตไฮโดรเลส (pteroypolyglutamate hydrolase) โดยที่การดูดซึมต้องอาศัยตัวพา (carrier-mediated transport process) อย่างไรก็ตามโฟเลทในอาหารตามธรรมชาติจะถูกดูดซึมได้น้อยกว่ากรดโฟลิกที่ใช้เสริมในอาหารหรือในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และเนื่องจากในอาหารที่มนุษย์บริโภคทั่วไปจะพบกรดโฟลิกน้อยมาก ส่วนใหญ่อยู่ในรูปโฟเลทดังกล่าวมาแล้วข้างต้น พฤติกรรมการบริโภคอาหารแบบไม่หลากหลายจึงมีความเสี่ยงต่อการขาดโฟเลท (นิธิยา, 2551)

ในหลายประเทศจึงได้มีกฎหมายกำหนดให้มีการเสริมกรดโฟลิกในอาหารหลักของประชากรในประเทศ ตัวอย่างเช่น ในสหรัฐอเมริกากำหนดให้มีการเสริมกรดโฟลิกในแป้งสาลี 140 ไมโครกรัม / 100 กรัม สำหรับประเทศออสเตรเลียกำหนดให้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมปังไม่น้อยกว่า 135 ไมโครกรัม / 100 กรัม เป็นต้น กรดโฟลิกสังเคราะห์ที่ใช้เสริมในอาหาร พบว่าสามารถดูดซึมได้ร้อยละ 100 (Anonymous, 2010) และสะสมอยู่ในร่างกายได้นานถึง 3 เดือน (Johansson *et al.*, 2002)

ข้อมูลจากการสำรวจภาวะโลหิตจางที่มีสาเหตุมาจากการขาดธาตุเหล็ก และ/หรือโฟเลทของประชากรทั่วประเทศ พบว่าในกลุ่มวัยเด็กอายุต่ำกว่า 14 ปี มีปัญหาโลหิตจางสูงทั้งในเพศชายและเพศหญิง ตัวอย่างเช่นในเด็กวัยเรียนอายุ 6-8, 9-11 และ 12-14 ปี พบความชุกของภาวะโลหิตจางสูงถึงร้อยละ 46.7, 25.4 และ 15.7 ตามลำดับ สำหรับกลุ่มวัยทำงานอายุ 15-19, 20-29, 30-39, 40-49 และ 50-59 ปี พบความชุกของภาวะโลหิตจางร้อยละ 19.6, 16.0, 16.2, 23.5 และ 22.9 ตามลำดับ นอกจากนี้กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ หญิงให้นมบุตร และหญิงวัยเจริญพันธุ์ พบความชุกของภาวะโลหิตจางร้อยละ 26.1, 20.9 และ 18.6 ตามลำดับ กลุ่มผู้สูงอายุ 60-64, 65-69 และ 70-74 ปี พบภาวะโลหิตจางร้อยละ 33.0, 35.7 และ 43.9 ตามลำดับ (มันทนา และคณะ, 2546) นอกจากนี้จากการศึกษาของคณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี ในปี พ.ศ. 2543 พบทารกแรกเกิด 10,000 คน เป็นโรคภาวะหลอดประสาททารกในครรภ์เปิดจำนวน 4 คน และปากแหว่ง เพดานโหว่ จำนวน 20 คน หากมีเด็กเกิดจำนวน 800,000 รายต่อปี จะพบเด็กพิการปากแหว่ง เพดานโหว่ ถึง 1,500 รายต่อปี (นิรนาม, 2553ก) จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าประชากรไทยทุกกลุ่มอายุมีโอกาสเสี่ยงของภาวะขาดโฟเลท ซึ่งสำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้เล็งเห็นปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการรณรงค์เผยแพร่ความรู้และแนะนำให้ประชากรบริโภคอาหารให้ถูกหลักโภชนาการ นอกจากนี้แนวทางการเสริมกรดโฟลิกในอาหารหลักที่คนไทยบริโภคก็เป็นวิธีที่เข้าถึงปัญหาการขาดโฟเลทได้ตรงประเด็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการสำรวจข้อมูลการบริโภคอาหารของประชากรไทย โดยสำนักมาตรฐานสินค้าและระบบคุณภาพ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ระหว่างปี 2545 - 2547 พบว่าประชากรทุกกลุ่มอายุตั้งแต่ 3 ปีถึงมากกว่า 65 ปี มีการบริโภคข้าวหรือข้าวเจ้ากล้องเป็นอาหารหลักอันดับแรกโดยมีการบริโภคเฉลี่ยร้อยละ 96.7 รองลงมาคือข้าวเหนียวมีการบริโภคเฉลี่ยร้อยละ 77.8 และผลิตภัณฑ์จากข้าวที่มีการบริโภคมาก คือขนมจีนโดยมีการบริโภคเฉลี่ยร้อยละ 70.4 (นิรนาม, 2547)

การเสริมกรดโฟลิกในข้าว โดยใช้เทคนิคการเคลือบข้าวเช่นเดียวกับการผลิตข้าวเสริมวิตามินและแร่ธาตุนั้นได้มีการศึกษามานานแล้วโดย Shrestha และคณะ (2003) ได้ทดลองศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเคลือบโฟเลทบนข้าวขัดขาว พบว่าสารเคลือบที่ให้ผลดีที่สุดคือ เอธิลเซลลูโลส (ethyl cellulose) เนื่องจากทำให้เกิดการสูญเสียกรดโฟลิกในขั้นตอนการซาวข้าว และการหุงข้าวน้อยกว่าสารเคลือบชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้สารเคลือบที่ศึกษาทุกชนิดไม่สามารถปิดบังสีเหลืองของข้าวเสริมกรดโฟลิกได้

ขนมจีนเป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวที่ประชากรไทยทั่วทุกภาคนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เรียกว่าเป็นวัฒนธรรมที่รับประทานควบคู่กับข้าวมาเป็นเวลานาน โดยเฉพาะการรับประทานควบคู่กับส้มตำของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขนมจีนน้ำเงี้ยวของภาคเหนือ ขนมจีนน้ำยาและแกงไตปลาของภาคใต้ ขนมจีนแกงเขียวหวานหรือน้ำพริกของภาคกลาง ซึ่งจัดเป็นวัฒนธรรมการรับประทานที่มีอยู่ดั้งเดิมในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ดังนั้นการเสริมกรดโฟลิกในขนมจีนจึงน่าจะเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายในการป้องกันภาวะความเสี่ยงของการขาดโฟเลทได้อีกช่องทางหนึ่ง นอกจากนี้การบริโภคขนมจีนโดยทั่วไปจะบริโภคพร้อมกับแกงชนิดต่าง ๆ หรือบริโภคพร้อมกับส้มตำซึ่งมีรสจัด ดังนั้นการเสริมกรดโฟลิกในขนมจีนจึงไม่น่าจะมีผลต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

งานวิจัยนี้จึงมุ่งประเด็นความสนใจในการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการเสริมกรดโฟลิกในผลิตภัณฑ์ขนมจีนรวมถึงความเสถียรของกรดโฟลิกในกระบวนการผลิตขนมจีน และผลของการเสริมกรดโฟลิกต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมจีนที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1. ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการเสริมกรดโฟลิกในผลิตภัณฑ์ขนมจีน

1.2.2. ศึกษาผลของขนาดเส้นขนมจีนในขั้นตอนการโรยเส้นต่อปริมาณกรดโฟลิกที่เหลือในขนมจีนที่ได้

1.2.3. ศึกษาความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูปขนมจีนและการเก็บรักษา

1.2.4. เพื่อศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาการเสริมกรดโฟลิกในขนมจีนขั้นตอนการนวดน้ำ จากแป้งหมักสำเร็จรูปของบริษัท พศช จำกัด โดยศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสม 3 ระดับคือ 100, 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแป้ง ศึกษาความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูปขนมจีนและการเก็บรักษาโดยเติมกรดโฟลิกในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บรักษาขนมจีนที่เสริมกรดโฟลิกที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างทุกวันเป็นเวลา 3 วัน ศึกษาผลของขนาดเส้นขนมจีนในขั้นตอนการโรยเส้นต่อปริมาณกรดโฟลิกที่เหลือในขนมจีน และศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมจีนเสริมกรดโฟลิก โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 แบบ คือ ทดสอบชิมเส้นขนมจีนเปล่า ๆ และทดสอบชิมขนมจีนราดน้ำแกงเขียวหวาน ผลการทดลองที่ได้จะทำให้ทราบถึงปริมาณกรดโฟลิกที่เหมาะสมและความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการผลิตขนมจีนและการเก็บรักษา สามารถนำไปประยุกต์ในการเสริมกรดโฟลิกในผลิตภัณฑ์ขนมจีนในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

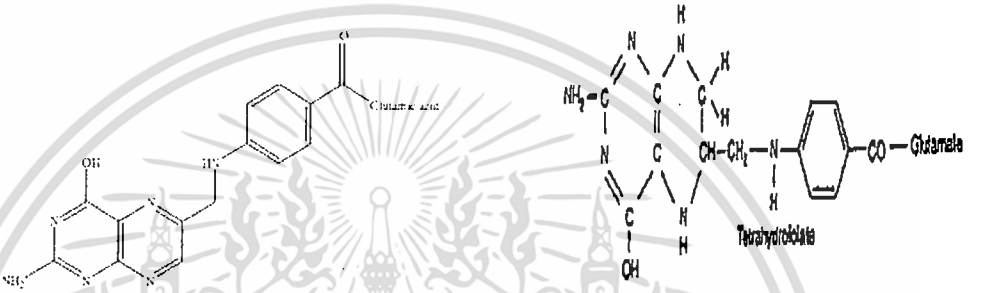
2.1 สมบัติทั่วไปของโฟเลท

โฟเลท หรือ กรดโฟลิก มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า กรดเทอโรอิลโมโนกลูตามิค (pteroylglutamic acid , PGA) โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยเทอริดีน (pteridine) กรดพาราอะมิโนเบนโซอิก และกรดแอล-กลูตามิก ซึ่งอยู่ในรูปออกซิไดซ์ที่เสถียรที่สุด โดยหมู่อะมิโนของกรดแอล-กลูตามิกเชื่อมต่อกับหมู่คาร์บอกซิลิกของกรดพาราอะมิโนเบนโซอิก ได้เป็น 2-อะมิโน-4-ไฮดรอกซีเทอริดีน โครงสร้างของกรดโฟลิก และโฟเลท แสดงดังภาพที่ 2.1 กรดโฟลิกเป็นสารอาหารที่จัดอยู่ในกลุ่มวิตามินบีซึ่งละลายในน้ำ มีลักษณะเป็นผลึกสีเหลือง ภายใต้สภาวะที่มี pH เป็นกลางจนถึงด่าง กรดโฟลิกจะมีความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้น และมีความเสถียรสูงขึ้น โดยเฉพาะในสารละลายด่างไฮดรอกไซด์และคาร์บอเนต นอกจากนี้สารละลายกรดโฟลิกในน้ำ (pH 5 – 12) จะมีความเสถียรที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะที่ไม่มีแสง แต่จะมีความเสถียรลดลงที่ pH ต่ำกว่า 5.0 (Cheung *et al.*, 2009) กระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความร้อนสูงจะส่งผลต่อการทำลายโฟเลทในอาหารได้ อย่างไรก็ตามการลวกผักมีผลต่อการสูญเสียโฟเลทน้อยมาก นอกจากนี้การหมักนมและผลิตภัณฑ์นม พบว่ามีผลในการเพิ่มปริมาณโฟเลท (นิธิยา, 2551) ซึ่งความคงตัวของโฟเลทในระหว่างการปรุงสุก พบว่าการนึ่งผักพวกกะหล่ำปลี มันเทศ แครอท 20 – 60 นาที จะทำให้เกิดการสูญเสียโฟเลทประมาณร้อยละ 90 ในขณะที่การปรุงสุกอาหารประเภทเนื้อ เช่น เนื้อหมู และเนื้อวัว จะเกิดการสูญเสียโฟเลทร้อยละ 75 – 95 เนื้อปลา และเนื้อไก่ มีการสูญเสียร้อยละ 60 – 70 สำหรับการหุงข้าวทำให้สูญเสียโฟเลทร้อยละ 75 (รัชนี, 2544)

สารที่มีสมบัติเป็นรีดิวซิงเอเจนต์ประเภทกรดแอสคอบิค และหมู่ไทออลสามารถช่วยป้องกันโฟเลทไม่ให้ถูกทำลายด้วยออกซิเจน และอนุมูลอิสระได้ ดังนั้นออกซิเจน และออกซิไดซิงเอเจนต์ที่พบในอาหารจะมีผลต่อความคงตัวของโฟเลท เช่นการใช้สารไฮโปคลอไรด์ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์จะทำให้สารในกลุ่มโฟเลทถูกทำลายเกิดเป็นสารที่ไม่มีฤทธิ์เป็นวิตามิน นอกจากนี้แสงก็มีผลต่อการสูญเสียโฟเลท (นิธิยา, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดโฟลิกทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ (coenzyme) ในปฏิกริยาที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายคาร์บอน 1 อะตอม ของกระบวนการเมตาบอลิซึมของกรดอะมิโน รวมถึงการสังเคราะห์เอส-อะดิโนซิลเมทไธโอนีน (S - adenosyl methionine , SAM) และกรดนิวคลิอิก (nucleic acids) (Neuhouser and Beresford., 2001) ในธรรมชาติจะพบกรดโฟลิกอยู่ในรูปอนุพันธ์ของกรดเทอโรอิลโพลีกลูตามิค (pteroylglutamic acid , PGA) หรือในรูปของโฟเลทอื่น ๆ สำหรับกรดโฟลิกที่ใช้ในการเสริมลงในอาหาร หรือผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (dietary supplements) จะอยู่ในรูปกรดเทอโรอิลโมโนกลูตามิค



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของกรดโฟลิก

ที่มา : Cheung และคณะ (2009)

โฟเลทพบมากใน์ ยีสต์ ตับ ไต เนื้อสัตว์ ผักใบเขียวต่างๆ ได้แก่ ผักโขม คะน้า ผักกาดเขียว บรอกโคลี หน่อไม้ฝรั่ง ธัญพืช พืชตระกูลถั่วได้แก่ ถั่วลิสง ถั่วแดง ถั่วเหลือง ผลไม้บางชนิด เช่น ส้ม สตรอเบอรี่ องุ่นเขียว (สุปราณี และคณะ, 2546) โฟเลทถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายที่ลำไส้เล็กตรงส่วนเจจูนัม ภายหลังจากการไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์เทอโรอิลกลูตาเมตไฮโดรเลส (pteroypolyglutamate hydrolase) โดยที่การดูดซึมต้องอาศัยตัวพา (carrier-mediated transport process) โดยทั่วไปร่างกายจะดูดซึมกรดโฟลิกได้ดีกว่าโฟเลท ซึ่งในอาหารที่มนุษย์บริโภคทั่วไป จะพบกรดโฟลิกน้อยมาก ส่วนใหญ่อยู่ในรูปโฟเลท กรดโฟลิกสังเคราะห์ที่ใช้เสริมในอาหารนั้นพบว่าสามารถดูดซึมได้ร้อยละ 100 (Anonymous, 2010) และสะสมอยู่ในร่างกายได้นานถึง 3 เดือน (Johansson *et al.*, 2002) การบริโภคโฟเลทปริมาณมากจากอาหารไม่มีรายงานการเกิดอันตรายแก่ร่างกาย (สุปราณี และคณะ, 2546)

ภาวะการขาดโฟเลทจะมีผลต่อวัยทารกแรกเกิด วัยเด็ก หญิงวัยเจริญพันธุ์ หญิงตั้งครรภ์ หญิงให้นมบุตร วัยทำงาน และวัยผู้สูงอายุ มีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะโลหิตจางชนิด megaloblastic anaemia โดยเฉพาะในเด็กทารกแรกเกิดที่มารดาได้รับสารชนิดนี้ขณะตั้งครรภ์ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย จะมีความเสี่ยงต่อโรคหลอดประสาทปลายเปิด (neural tube defects , NTDs) และอาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปากแหว่งเพดานโหว่ (cleft palate) ในผู้สูงอายุจะมีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคความดันโลหิต และโรคสมองเสื่อม (สุปราณี และคณะ, 2546)

2.2 ภาวการณ์ขาดโฟเลทของประชากรไทย

ข้อมูลจากการสำรวจภาวะโลหิตจางที่มีสาเหตุมาจากการขาดธาตุเหล็กและ/หรือโฟเลทของประชากรทั่วประเทศ พบว่าในกลุ่มวัยเด็กอายุต่ำกว่า 14 ปี มีปัญหาโลหิตจางสูงทั้งในเพศชายและเพศหญิง ตัวอย่างเช่นในเด็กวัยเรียนอายุ 6 - 8, 9 - 11, และ 12 - 14 ปี พบความชุกของภาวะโลหิตจางสูงถึงร้อยละ 46.7, 25.4 และ 15.7 ตามลำดับ สำหรับกลุ่มวัยทำงานอายุ 15 - 19, 20 - 29, 30 - 39, 40 - 49 และ 50 - 59 ปี พบความชุกของภาวะโลหิตจางร้อยละ 19.6, 16.0, 16.2, 23.5 และ 22.9 ตามลำดับ นอกจากนี้กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ หญิงให้นมบุตร และหญิงวัยเจริญพันธุ์ พบความชุกของภาวะโลหิตจางร้อยละ 26.1, 20.9 และ 18.6 ตามลำดับ กลุ่มผู้สูงอายุ 60 - 64, 65 - 69 และ 70 - 74 ปี พบภาวะโลหิตจางร้อยละ 33.0, 35.7 และ 43.9 ตามลำดับ (มันทนา และคณะ, 2546)

Madjupa (2002) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโฟเลทในอาหารที่บริโภคก่อนการตั้งครรภ์กับปริมาณโฟเลทในซีรัมของสตรีวัยเจริญพันธุ์ โดยศึกษาในกลุ่มอายุ 15 - 45 ปี ที่มารับบริการในคลินิควางแผนครอบครัวโรงพยาบาลแม่และเด็ก กรุงเทพมหานคร พบว่าร้อยละ 18 ของกลุ่มที่ทำการศึกษามีระดับซีรัมโฟเลทต่ำกว่ามาตรฐาน (< 6.1 นาโนกรัม / มิลลิลิตร) เนื่องจากบริโภคอาหารที่มีโฟเลทต่ำกว่าข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวัน โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างซีรัมโฟเลทกับการบริโภคอาหารที่มีโฟเลท ($r = 0.68$, $p < 0.01$) จากข้อมูลการศึกษาที่ได้ทำให้เห็นความจำเป็นของการเสริมโฟเลทให้กับสตรีวัยเจริญพันธุ์ก่อนการตั้งครรภ์

จากการศึกษาภาวะขาดโฟเลทในประเทศไทย พบว่าความชุกของภาวะขาดโฟเลทในซีรัมมีระดับสูงกว่าความชุกของภาวะขาดโฟเลทในระดับเม็ดเลือดแดง กล่าวคือร้อยละ 53 – 90 กับร้อยละ 43 – 76 ในผู้ชาย และร้อยละ 35 – 87 กับร้อยละ 19 – 60 ในผู้หญิง เนื่องจากระดับซีรัมโฟเลทจะเปลี่ยนแปลงเร็วตามการได้รับโฟเลทจากอาหาร แต่ระดับโฟเลทในเม็ดเลือดแดงจะบ่งบอกถึงระดับวิตามินในเนื้อเยื่อจริง ซึ่งความชุกดังกล่าวนับว่าสูงมากกว่าความชุกจากการศึกษาที่รายงานใน NHANES (the National Health and Nutrition Examination Survey) ของประเทศสหรัฐอเมริการ้อยละ 10 (ประเสริฐ, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าประชากรไทยมีภาวะเสี่ยงต่อการขาดโฟเลทค่อนข้างสูง จากการศึกษาของคณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี ในปี พ.ศ. 2543 พบทารกแรกเกิด 10,000 คน เป็นโรคภาวะหลอดประสาททารกในครรภ์เปิดจำนวน 4 คน และปากแหว่ง เพดานโหว่ จำนวน 20 คน หากมีเด็กเกิดจำนวน 800,000 รายต่อปี จะพบเด็กพิการปากแหว่ง เพดานโหว่ ถึง 1,500 รายต่อปี (นิรนาม, 2553ก) ดังนั้นรัฐบาลโดยกระทรวงสาธารณสุขได้ออกมาตรการให้องค์การเภสัชกรรมผลิตสารอาหารชนิดเม็ดโดยอนุมัติงบประมาณสนับสนุนคิดเป็นเงิน 300-400 ล้านบาทต่อปี เพื่อแก้ไขปัญหาภาวะโลหิตจางและภาวะโรคพิการจากปากแหว่งเพดานโหว่ (นิรนาม, 2553ข)

2.3 ปริมาณสารอ้างอิงของโฟเลทที่ควรได้รับประจำวัน

ปริมาณสารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (Dietary reference intake for Thais , DRI) ในกรณีของโฟเลทโดยจำแนกตามกลุ่มอายุ แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณสารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (Dietary reference intake for Thais , DRI)

กลุ่มอายุ	ปริมาณสูงสุดของโฟเลทที่รับได้ (ไมโครกรัม/วัน)
เด็กก่อนวัยเรียน	400
เด็กวัยเรียน	800
วัยทำงาน ผู้สูงอายุ หญิงตั้งครรภ์ หญิงให้นมบุตร	1,000

ที่มา : (สุปราณี และคณะ, 2546)

สำหรับวิธีการที่จะทำให้ประชากรได้รับกรดโฟลิกในปริมาณที่เหมาะสมตามคำแนะนำดังกล่าวสามารถทำได้ 3 วิธี คือ การบริโภคอาหารที่เป็นแหล่งของโฟเลทในปริมาณที่เพียงพอ การเสริมกรดโฟลิกในอาหารหลักของประชากร และการรับประทานผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร อย่างไรก็ตามการเสริมโฟเลทในอาหารหลักที่ประชากรส่วนใหญ่บริโภคจัดเป็นวิธีที่เข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับการให้รับประทานผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ซึ่งให้ผลดีเป็นรายบุคคลโดยเฉพาะผู้ที่เอาใจใส่และตั้งใจเหมือนการรับประทานยา (Locksmith and Duff, 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กรรมวิธีการแปรรูปขนมจีน

ขนมจีนเป็นผลิตภัณฑ์เส้นเก่าแก่ที่คนไทยบริโภคกันมาตั้งแต่สมัยอยุธยา ปัจจุบันมีการผลิตเพื่อบริโภคในทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยบริโภคแทนข้าวได้ในแทบทุกมื้ออาหาร อีกทั้งเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรมและประเพณีของชนชาวไทยในทุกงานเทศกาล อุตสาหกรรมการผลิตขนมจีนมีตั้งแต่อุตสาหกรรมครัวเรือน อุตสาหกรรมขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ขนมจีนที่มีการผลิตจำหน่ายแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ ขนมจีนแป้งหมัก และขนมจีนแป้งสด นอกจากนี้ยังมีการผลิตเป็นขนมจีนแห้งกึ่งสำเร็จรูปอีกด้วย

ในภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก จะนิยมผลิตขนมจีนแป้งหมัก โดยมีวิธีการทำคือหมักข้าวทิ้งไว้ 2 - 3 วัน โดยการแช่ข้าวในน้ำก่อนนำมาโม่ น้ำแป้งที่ได้จะนำมาทับน้ำออก แล้วจึงใช้ในการผลิตขนมจีนต่อไป สำหรับภาคใต้นิยมผลิตขนมจีนแป้งสด วิธีทำจะแช่ข้าวในน้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือน้อยกว่าก่อนนำมาโม่ และทับน้ำ ในขั้นตอนการผลิตขนมจีนหลังจากได้แป้งแล้วจะคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ นำแป้งไปนึ่งให้สุกบางส่วน จากนั้นนำไปนวดด้วยเครื่องนวดแป้งจนเหนียว สำหรับขนมจีนแป้งหมักจะมีการเติมน้ำอุ่นในระหว่างการนวดให้มีความชื้นมากกว่าร้อยละ 50 หรือมีความเหลวพอที่จะผ่านเครื่องโรยเส้นได้ ส่วนขนมจีนแป้งสด จะนวดให้มีลักษณะเหนียวข้นกว่า สามารถปั้นเป็นก้อนหรือแท่งได้ เพื่อนำไปอัดเส้นด้วยเครื่องที่มีลักษณะเหมือนเครื่องอัดเส้นหมี่ ทั้งสองวิธีจะโรยเส้นลงในน้ำเดือดให้เส้นสุก ซึ่งจะลอยขึ้นมาบนผิวน้ำ จากนั้นจะช้อนเส้นลงแช่ในน้ำเย็น และจับวางใส่ภาชนะเป็นจับ ๆ (อรอนงค์, 2551)

ในการแช่ข้าวสำหรับทำขนมจีนแป้งหมักนั้น จะมีการควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการแช่หรือการหมักให้อยู่ระหว่าง 30 – 40 องศาเซลเซียส และจะต้องล้างข้าวที่แช่และเปลี่ยนน้ำทุกวัน เพื่อลดอุณหภูมิและลดปริมาณจุลินทรีย์ลงไม่ให้เกิดการเน่าเสีย ค่าความเป็นกรด – ด่างของข้าวในระหว่างการหมักอยู่ในช่วง pH 3.3 – 4.5 หลังจากการโม่แล้ว จะมีขั้นตอนการนอนน้ำแป้งที่ได้ 1 คืน ก่อนนำไปทับน้ำ ขนมจีนแป้งหมักที่ได้จะมี pH ประมาณ 4.5 ซึ่งจัดว่าเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดปานกลาง (อรอนงค์, 2551)

จะเห็นได้ว่าขั้นตอนการทำขนมจีนทั้ง 2 ประเภท โดยเฉพาะขนมจีนแป้งหมัก จะมีขั้นตอนการผลิตที่ค่อนข้างยุ่งยากและใช้เวลานาน ปัจจุบันจึงมีโรงงานผลิตแป้งขนมจีนสำเร็จรูปจำหน่ายให้กับโรงงานผลิตขนมจีน ซึ่งเป็นการประหยัดเวลาและลดขั้นตอนการผลิตลง ทำให้สามารถผลิตได้ครั้งละมาก ๆ ตามความต้องการของผู้บริโภค และได้ขนมจีนแป้งหมักที่มีคุณภาพสม่ำเสมอในแต่ละครั้งของการผลิต จากข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พบว่าปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นขนมจีนมักนิยมใช้แป้งหมักที่สำเร็จรูปเป็นวัตถุดิบในการผลิตมากกว่าที่จะทำตามขั้นตอนดั้งเดิมถึง 39 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 50.56 (นิรนาม, 2553 ค)

2.5 แนวทางการแก้ปัญหาการขาดจุลโภชนาการ

ปัญหาการขาดจุลโภชนาหารเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในวงกว้าง มีผลกระทบกับประชากรกลุ่มใหญ่ที่เป็นผู้ด้อยโอกาสทางสังคมและเศรษฐกิจ การเลือกใช้มาตรการการแก้ปัญหาในทางอุดมคติต้องมีต้นทุนต่อหัวประชากรต่ำสุดและเกิดความยั่งยืนมากสุด ซึ่งในทางปฏิบัติมีข้อจำกัดที่เกิดจากสภาพความรุนแรงของปัญหาที่จำเป็นต้องแก้ไขเร่งด่วน จึงมีการใช้มาตรการแตกต่างกันได้แก่ (วิสิต, 2553)

2.5.1 มาตรการการเสริมสารอาหารด้วยยาเม็ด (Supplementation) เป็นมาตรการที่ใช้ภายใต้สถานการณ์ที่ประชากรมีปัญหาการขาดจุลโภชนาหารที่รุนแรง จนอาจนำไปสู่การเกิดอันตรายต่อสุขภาพและเป็นปัญหาสาธารณสุขอย่างต่อเนื่อง หน่วยงานภาครัฐอาจดำเนินการให้มีการแจกยาเม็ดที่มีความเข้มข้นของจุลโภชนาหารที่เหมาะสมตามช่วงเวลาที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง มาตรการดังกล่าวจะมีประสิทธิผลได้ดีต้องมีระบบบริการสาธารณสุขที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ายาเม็ดสามารถเข้าถึงประชากรกลุ่มเป้าหมายได้อย่างทั่วถึงตามระยะเวลาที่กำหนด โดยเฉพาะกรณีที่ใช้ยาเม็ดที่มีความเข้มข้นของจุลโภชนาหารสูง ถ้าหากระยะเวลาแจกจ่ายห่างกันนานและไม่ทั่วถึงจะทำให้ประชากรกลุ่มที่ไม่ได้รับขาดโอกาสการป้องกันหรือแก้ไขเป็นระยะเวลานาน ซึ่งอาจเกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ หรือหากการบริการไม่ดีพอ อาจทำให้ประชากรบางกลุ่มได้รับยาเม็ดมากเกินไป จนอาจเกิดอันตรายต่อสุขภาพ หรืออาจมีผลข้างเคียงได้ ดังนั้นหากเลือกใช้วิธีนี้จำเป็นต้องเข้าใจปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น และต้องทำความเข้าใจกับประชาชนเพื่อให้เกิดการยอมรับ มาตรการนี้มักได้รับความนิยมในประเทศที่กำลังพัฒนาและพัฒนาแล้ว

2.5.2 มาตรการการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหารให้หลากหลาย (Diet diversification) เป็นมาตรการสุดยอดที่ทุกประเทศต้องการ เพราะเป็นมาตรการที่ยั่งยืนและมีความสำเร็จสูงสุด เนื่องจากการนำองค์ความรู้สู่การปฏิบัติอย่างเป็นปกติในชีวิตประจำวัน สามารถถ่ายทอดสู่คนรุ่นต่อไปได้ ความสำเร็จของมาตรการนี้จำเป็นต้องสร้างความตระหนักให้กับชุมชนโดยผ่านกระบวนการทางด้านการตลาดเพื่อสังคม (social marketing) พร้อมกับส่งเสริมให้เกิดการได้มาของแหล่งอาหาร โดยเฉพาะการปลูก และการเลี้ยง ข้อด้อยของมาตรการนี้จำเป็นต้องใช้งบประมาณสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และระยะเวลานาน ต้องมีผู้เชี่ยวชาญในสาขาต่าง ๆ เช่น พฤติกรรมศาสตร์ นักโภชนาการ นักวิชาการเกษตร และนักประชาสัมพันธ์ทำงานร่วมกัน ความสำเร็จของโครงการระยะสั้นไม่ได้ประกันถึงความยั่งยืนของการปรับเปลี่ยนการบริโภคของประชากร ซึ่งมาตรการบางอย่าง เช่น การประชาสัมพันธ์การส่งเสริมการเกษตร อาจต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องในระยะยาว เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องและยั่งยืนของพฤติกรรมการบริโภค

2.5.3 มาตรการการเสริมสารอาหารในอาหาร (Food fortification) เป็นมาตรการที่เน้นการเติมแหล่งสารอาหารลงในอาหาร ซึ่งตามปกติหรือธรรมชาติไม่ใช่แหล่งของสารอาหารนั้นๆ ในการเสริมสารอาหารสามารถดำเนินการได้ 3 รูปแบบดังนี้

2.5.3.1 การเสริมอาหารลงในอาหารธรรมชาติ (Food to food fortification) เป็นการเสริมสารอาหารที่เป็นแหล่งของสารอาหารที่ต้องการลงในอาหาร ซึ่งเดิมไม่ใช่แหล่งของสารอาหารนั้นๆ เช่นการเสริมถั่วเขียว และงาลงในข้าวเพื่อเพิ่มปริมาณกรดอะมิโน โปรตีนจากถั่ว และปริมาณไขมัน กรดอะมิโนเมทไธโอนีนจากงา ข้อด้อยของรูปแบบนี้มักมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของอาหารดั้งเดิม ต้องใช้อาหารที่เสริมในปริมาณมากเพื่อให้ได้ปริมาณสารอาหารอย่างเพียงพอ ซึ่งอาจส่งผลต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส นอกจากนี้อาจมีสารขัดขวางการ ดูดซึมของอาหาร (absorption inhibitor) หรือไม่คงตัวดีเท่าที่ควร และมักมีการสูญเสียในระยะเวลาอันสั้นในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา เช่น โฟเลทที่พบในอาหารธรรมชาติสลายตัวได้ง่ายกว่ากรดโฟลิกที่ได้จากการสังเคราะห์ ข้อดีของรูปแบบนี้มีความปลอดภัย และลดโอกาสการได้รับสารอาหารมากเกินไป มักดำเนินการในกรณีที่มีปัญหาการขาดสารอาหารในชุมชน

2.5.3.2 การเสริมสารอาหารแบบชีวภาพ (Biofortification) เป็นการจัดการทางด้านพันธุกรรม ซึ่งอาจเป็นการผสมพันธุ์ (breeding) การคัดเลือกพันธุ์ (genetic selection) การปลูก (growing) การเลี้ยง (feeding) หรือการดัดแปลงทางพันธุกรรม (genetic modification) เพื่อให้ได้ผลผลิตทางการเกษตรมีสารอาหารที่ต้องการในปริมาณเพิ่มขึ้น ปกติมักดำเนินการในพืชที่ประชากรบริโภคเป็นอาหารหลักได้แก่ ข้าว ข้าวโพด กล้วย และมันเทศที่มีเบต้าแคโรทีนสูง ข้าวที่มีเหล็กและสังกะสีสูง ปัจจุบันการเสริมแบบชีวภาพส่วนใหญ่มักใช้วิธีการคัดเลือกพันธุ์ ซึ่งแนวคิดดังกล่าวเริ่มขึ้นในราวคศ. 2000 เพื่อให้เกิดความยั่งยืนในการแก้ปัญหาการขาดจุลโภชนาหาร เนื่องจากมาตรการอื่น ๆ การแก้ปัญหาอาจทำได้ไม่ทั่วถึงในกลุ่มเป้าหมายที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกล และไม่มีศักยภาพเข้าถึงการให้บริการหรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นแหล่งของจุลโภชนาหารได้ ข้อด้อยของการเสริมแบบนี้อาจมีผลต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะปรากฏและรสชาติ ปริมาณสารอาหารที่ต้องการไม่สูง ทำให้ต้องบริโภคในปริมาณมากอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้อาจเกิดการแปรปรวนของปริมาณจุลโภชนาหารจากฤดูกาลและพื้นที่ปลูก

2.5.3.3 การเสริมสารอาหารเคมีลงในอาหาร (Chemical nutrient to food fortification) เป็นการเสริมสารอาหารในรูปสารเคมีลงในอาหารหรือผลิตภัณฑ์อาหาร สารเคมีที่ใช้ต้องเป็นเกรดที่รับประทานได้ มีความปลอดภัย (food grade) ปกติจะมีความเข้มข้นสูง ข้อดีของรูปแบบนี้ ไม่ต้องใช้สารอาหารในปริมาณสูง จึงไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ราคาไม่แพง สารอาหารที่ใช้มีหลายรูปแบบ และมีสมบัติแตกต่างกัน ทำให้สามารถเลือกชนิดที่เหมาะสมกับอาหารได้ มาตรการนี้มักใช้กับสถานการณ์การขาดจุลโภชนาหารที่ไม่ต้องการแก้ไขอย่างเร่งด่วน แต่ต้องการแก้ไขในประชากรกลุ่มใหญ่ในวงกว้าง อาหารที่เสริมในรูปแบบนี้ควรเป็นอาหารจากภาคอุตสาหกรรม ซึ่งมีกระบวนการผลิต และควบคุมคุณภาพที่ได้มาตรฐาน

หลายประเทศ มักดำเนินการเสริมสารอาหารทั้ง *3* รูปแบบร่วมกัน ซึ่งแต่ละรูปแบบจะมีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกัน การเสริมสารอาหารแบบชีวภาพ มีการดำเนินการจำกัดเฉพาะพื้นที่ และจำเป็นต้องให้องค์ความรู้กับประชาชน เพื่อให้เข้าใจถึงประโยชน์ที่ได้รับจากอาหารที่มีรูปแบบแตกต่างไปจากวัฒนธรรมการบริโภคแบบเดิม จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการกระตุ้นให้ประชากรบริโภคอาหารที่เกิดจากกระบวนการเสริมทั้ง *2* รูปแบบ ในปริมาณที่มากขึ้น แต่มีข้อจำกัด คือสัดส่วนค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น และก่อให้เกิดปัญหาทางสังคมและสิ่งแวดล้อม สำหรับการเสริมอาหารลงในอาหาร เป็นการเสริมสารอาหารลงในผลิตภัณฑ์อาหารที่บริโภคกันทั่วไป ในประชากรกลุ่มเป้าหมายอย่างสม่ำเสมอ สารอาหารที่เสริมจึงสามารถกระจายสู่ผู้บริโภคผ่านผลิตภัณฑ์สารอาหารที่กระจายอยู่ในท้องถิ่น จึงไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภค หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยสุด นอกจากนี้การเสริมสารเคมีที่มีความเข้มข้นสูง ไม่ต้องเติมในปริมาณมาก ต้นทุนในการผลิตจึงต่ำ ไม่ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคมากนัก

หลายประเทศทั่วโลกนิยมป้องกันและแก้ไขปัญหาการขาดจุลโภชนาหารด้วยการเสริมสารอาหารลงในอาหาร (ตารางที่ 2.2) ซึ่งเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาการขาดจุลโภชนาหารที่มีประสิทธิภาพสูงสุด แม้จะมีความเสี่ยงบ้างจากการเติมสารอาหารในปริมาณต่ำเกินไป ทำให้ไม่มีประสิทธิผลต่อร่างกาย หรือการใช้สารเคมีที่ความเข้มข้นสูงด้วยการขาดความระมัดระวัง อาจทำให้ผู้บริโภคมีโอกาสเสี่ยงต่อการได้รับสารอาหารมากเกินไป จนเกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรการและรูปแบบอื่น ๆ จะเห็นว่าการเสริมสารอาหารลงในอาหารมีความเสี่ยงน้อยกว่ามาตรการการให้ยาเม็ด (วิสิต, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ผลิตภัณฑ์อาหารกลุ่มธัญพืชที่กฎหมายบังคับให้มีการเสริมสารอาหารในประเทศต่าง ๆ

ประเทศ	ผลิตภัณฑ์	จุลโภชนาหารที่เสริม
สหรัฐอเมริกา	แป้งสาลีและ	วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอะซิน
	ผลิตภัณฑ์	กรดโฟลิก ธาตุเหล็ก แคลเซียม
	ข้าวโพด ,ข้าว	วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอะซิน
		กรดโฟลิก วิตามินดี ธาตุเหล็ก
		ธาตุแคลเซียม
แคนาดา	แป้งสาลีและขนมปัง	วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 6
		ไนอะซิน กรดโฟลิก กรดแพนโทเธนิก
		วิตามินดี ธาตุเหล็ก ธาตุแคลเซียม
		ธาตุแมกนีเซียม
โบลิเวีย ชิลี โคลัมเบีย คอสตาริกา	แป้งสาลี	วิตามินบี 1 วิตามินบี 2
โดมินิกัน เอกวาดอร์ เอลซัลวาดอร์		ไนอะซิน กรดโฟลิก
ฮอนดูรัส นิการากัว ปานามา ปารากวัย		ธาตุเหล็ก
ออสเตรเลีย	แป้งสาลี	วิตามินบี 1
ซาอุดิอาระเบีย	แป้งสาลี	วิตามินบี 1 วิตามินบี 2
		ไนอะซิน กรดโฟลิก วิตามินดี
		ธาตุเหล็ก ธาตุแคลเซียม
บาร์เรน	แป้งสาลี	วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอะซิน
		วิตามินดี ธาตุเหล็ก ธาตุแคลเซียม
สหราชอาณาจักร	แป้งสาลีและขนมปัง	วิตามินบี 1 ไนอะซิน กรดโฟลิก
		ธาตุเหล็ก ธาตุแคลเซียม
เวเนซุเอลา	แป้งข้าวโพด	วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอะซิน
		วิตามินเอ ธาตุเหล็ก

ที่มา : วิสิต (2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเสริมสารอาหารตามมาตรฐานโคแดกซ์ (Codex Alimentarius Commission , CAC) ซึ่งเป็นแผนงานร่วมระหว่างองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (World Health Organization , WHO) ด้านมาตรฐานอาหาร กำหนดคำที่ใช้สื่อความหมายของการเสริมอาหารลงในผลิตภัณฑ์อาหาร (Nutrification) ที่สะท้อนถึงวัตถุประสงค์ในการเติมสารอาหาร ดังนี้ (นิธิยา, 2551 ; วิสิต, 2553)

1) Restoration หรือ Retention เป็นการเติมวิตามิน (หรือสารอาหารใด) ลงในอาหาร เพื่อทดแทนวิตามินที่สูญเสียไประหว่างการแปรรูป ทำให้อาหารนั้นมีปริมาณของวิตามินเท่ากับที่มีอยู่เมื่อเริ่มต้น เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้บริโภคได้รับวิตามินน้อยกว่าที่ควรได้รับ เช่น การเติมวิตามินซีลงในน้ำผลไม้

2) Fortification เป็นการเติมวิตามิน (หรือสารอาหารใด) ลงในอาหารซึ่งเดิมไม่มีวิตามินชนิดนั้น ทำให้อาหารมีปริมาณวิตามินมาก จนสามารถใช้อาหารนั้นเป็นแหล่งวิตามินที่เติมลงไปได้ เช่น การเติมวิตามินดีลงในน้ำนม เพื่อให้น้ำนมเป็นแหล่งของวิตามินดี หรือการเติมโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงในเกลือ เพื่อให้เกลือเป็นแหล่งไอโอดีน

3) Enrichment เป็นการเติมวิตามิน หรือสารอาหารชนิดเดียว หรือหลายชนิดก็ได้ลงไปในปริมาณเฉพาะเจาะจงเท่ากับที่มาตรฐานกำหนด หรือเท่าที่ร่างกายต้องการต่อวัน เช่น การเติมวิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง ไนอะซิน และเหล็ก ลงในแป้งข้าวสาลี หรือการเติมวิตามินเอ และวิตามินดี ลงในเนยเทียม หรือการเสริมสารอาหารต่าง ๆ ทั้งแร่ธาตุ และวิตามินหลายชนิดลงในนมผงสำหรับใช้เลี้ยงทารก สำหรับการเสริมวิตามิน หรือสารอื่น ๆ มีจุดประสงค์ของการเสริม (นิธิยา, 2551)

ก. เพื่อแก้ไขปัญหาการได้รับวิตามินหรือสารอาหารอื่น ๆ ไม่เพียงพอ ซึ่งอาจทำให้ผู้บริโภคเป็นโรคที่เกิดจากการขาดสารอาหารนั้น ๆ ได้

ข. เพื่อให้อาหารมีวิตามินหรือสารอาหารอื่นๆ เท่าเทียมกับอาหารก่อนการแปรรูป เพื่อให้เกิดความสมดุลของปริมาณวิตามิน แร่ธาตุ และโปรตีน ในสัดส่วนต่อพลังงานทั้งหมดในอาหารนั้น

ค. เพื่อให้อาหารมีสารอาหารครบถ้วนทั้งชนิดและปริมาณตามที่มาตรฐานกำหนด

2.6 วิธีการเลือกอาหารพาหะ (Food vehicles)

การเลือกชนิดอาหารให้เหมาะสมกับกลุ่มประชากรเป้าหมาย และชนิดของจุลโภชนาหารที่เป็นปัญหาขาดแคลนนับเป็นสิ่งที่ท้าทาย และเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก เนื่องจากจะเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จและความยั่งยืนของการใช้วิธีการเสริมสารอาหารลงในอาหาร เพื่อแก้ปัญหาการขาดจุลโภชนาหารของประเทศอย่างชัดเจน ดังนั้นในการเลือกอาหารที่ใช้เป็นพาหะ ไปสู่ประชากรกลุ่มเป้าหมาย จำเป็นต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องอย่างรอบคอบ และควรตัดสินใจเลือกชนิดอาหารที่เหมาะสมมากที่สุด เพื่อให้คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายยอมรับได้ (acceptable) เข้าถึงได้ (accessible) และมีกำลังซื้อ (affordable) การใช้อาหารพาหะที่เหมาะสมในการเสริมสารอาหารอาจก่อให้เกิดผลกระทบเชิงสุขภาพของประชาชนในชาติอย่างมีนัยสำคัญ แต่หากพาหะไม่เหมาะสมมีผลกระทบต่อประชาการกลุ่มเป้าหมายน้อย ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเสริมจุลโภชนาหาร ดังนั้นการคัดเลือกพาหะเพื่อป้องกัน และแก้ไขปัญหาการขาดสารอาหารในประชากรกลุ่มเป้าหมายซึ่งส่วนใหญ่เป็นผู้ด้อยโอกาสทางเศรษฐกิจและสังคม ควรมีสมบัติดังนี้

2.6.1 อาหารหลัก (Staple food) การเลือกอาหารหลักเป็นพาหะ มีข้อดี คือเป็นอาหารที่มีการบริโภคของประชากรกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่อย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรทประเภทธัญพืช ที่มีการบริโภคในปริมาณมากและใกล้เคียงกันในทุกมื้อ ซึ่งปริมาณจุลโภชนาหารที่เสริมลงไปไม่จำเป็นต้องใช้ความเข้มข้นสูง ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส และไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค ตัวอย่างความสำเร็จในการใช้อาหารหลักเป็นพาหะได้แก่ การเสริมวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอะซิน และธาตุเหล็กลงในแป้งสาลีของผลิตภัณฑ์ในประเทศแคนาดา และสหรัฐอเมริกา ซึ่งสามารถแก้ปัญหาโรคเหน็บชา (Bariberi) และ โรคเพลลากรา (Pellagra) การเลือกเสริมสารอาหารในธัญพืชในรูปแป้งมีปัจจัยที่ควรระวัง คือ ผลต่อการคงอยู่หรือหมดไป และเป็นการส่งเสริม หรือขัดขวางการดูดซึม

2.6.2 อาหารที่สามารถกระจายได้อย่างทั่วถึงทุกจุดของประเทศ วัตถุประสงค์ในการเลือกอาหารลักษณะนี้มีข้อดีคือ ประชากรกลุ่มเป้าหมายสามารถเข้าถึงอาหารเสริมหรือผลิตภัณฑ์เสริมได้อย่างยั่งยืน (sustainable) แต่ต้องมีระบบการตลาด และมีประสิทธิภาพที่ดี ซึ่งระบบนี้เกิดขึ้นได้ยากมากในภาครัฐจำเป็นต้องขอความร่วมมือจากภาคเอกชน เพราะจะทำให้มีโอกาสใช้เครือข่ายทางการตลาดที่มีประสิทธิภาพสูงจากภาคเอกชนในการกระจายสินค้าไปสู่กลุ่มเป้าหมาย ซึ่งจะทำให้เกิดความยั่งยืนต่อการแก้ไขปัญหา

2.6.3 อาหารที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่รับประทานในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ควรมีการระบุไว้บนฉลากอาหารว่ามีการเสริมสารอาหารอย่างน้อยตามเกณฑ์ที่กำหนดเท่าไร โดยทั่วไปเป็นปริมาณที่กำหนดต่อหน่วยบริโภคอ้างอิง การกำหนดดังกล่าว จะทำให้มั่นใจได้ว่ากลุ่มเป้าหมายมีการบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อาหารนั้น ๆ ในปริมาณใกล้เคียงกับหน่วยบริโภคอ้างอิง เพื่อให้ได้รับปริมาณสารอาหารที่เสริมลงไปในปริมาณที่กำหนดไว้

2.6.4 อาหารมีราคาที่ซื้อหาได้ ปัญหาการขาดจุลโภชนาหารมักเกิดกับประชากรกลุ่มที่มีกำลังซื้อต่ำ ดังนั้นการเลือกอาหารพาหะต้องคำนึงถึงราคาที่ประชากรกลุ่มนี้สามารถหาซื้อได้ (affordable) ในเชิงพาณิชย์ผู้ประกอบการมักมองว่าการเสริมสารอาหารเป็นการสร้างความแตกต่างให้กับสินค้า จึงเพิ่มราคาสินค้าที่เสริมสารอาหารมากหลายเท่าตัว แต่กลับเติมปริมาณสารอาหารมีมูลค่าไม่มากนิยมนำแนวคิดมาใช้ในธุรกิจนมผงสำหรับแม่ ทารกและวัยเด็กต่าง ๆ ในการแก้ไขปัญหาประชากรกลุ่มใหญ่ที่ใช้สินค้าบริโภคทั่วไป มีความแตกต่างจากกลยุทธ์การตลาดของนม ดังนั้นราคาที่แตกต่างกันเล็กน้อยย่อมมีผลต่อการตัดสินใจซื้อเป็นอย่างมาก ในการเลือกพาหะจึงต้องคำนึงถึงความจำเป็นในการบริโภคและการแข่งขันในตลาดมากพอสมควร

2.6.5 อาหารที่ผลิตจากส่วนกลางในปริมาณมากพอเพื่อการควบคุมง่าย ความเสี่ยงที่เกิดจากการเสริมสารอาหาร คือการใช้สารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงเติมในอาหาร เพราะถ้าเติมปริมาณน้อยเกินไปจะไม่เกิดประสิทธิผลต่อผู้บริโภค แต่ถ้าเติมมากเกินไปอาจเกิดอันตราย จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 กรณีจะส่งผลระยะยาวกับประชากรกลุ่มเป้าหมายโดยรวมของประเทศ จนมีผลกระทบเกิดขึ้นในวงกว้าง ดังนั้นรัฐบาลจำเป็นต้องใช้กฎหมายบังคับในการเสริมสารอาหารเพื่อควบคุมคุณภาพได้ง่ายขึ้น ซึ่งต้องดำเนินการให้มีจุดผลิตจำนวนน้อย ๆ แต่มีกำลังผลิตสูง สามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมายได้ในราคาที่เหมาะสม

2.6.6 อาหารที่ไม่เปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏและรสชาติหลังการเสริมสารอาหาร ในประเทศที่กำลังพัฒนาโภชนาการไม่ได้เป็นจุดขายเด่น แต่ราคาและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสมีความสำคัญมากกว่า หรือแม้แต่ในประเทศที่พัฒนาแล้ว มักคำนึงถึงความอร่อย น่ารับประทานเป็นหลัก ดังนั้นการเลือกอาหารพาหะที่มีลักษณะไม่ผิดแปลกไปจากเดิมจะได้การยอมรับจากนักการตลาดได้อย่างมากในการพัฒนาสูตรจำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบของสารอาหาร และกระบวนการที่ใช้เสริมที่มีต่อคุณภาพของอาหารพาหะ ในทางปฏิบัติผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต้องเสริมด้วยอาหารชนิดที่ร่างกายต้องการในปริมาณมาก มักมีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ดั้งเดิม จำเป็นต้องพิจารณาถึงความแตกต่างอยู่ในระดับที่ผู้บริโภครับรู้ได้หรือไม่ ถ้าหากผู้บริโภครับรู้ได้จะต้องลดปริมาณที่เสริมจนผู้บริโภคไม่สามารถบอกความแตกต่างได้ แต่ห้ามต่ำกว่าร้อยละ 10 ของ Thai RDI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
131089

ต่อหนึ่งหน่วยบริโภคตามข้อกำหนดทางกฎหมายในการกล่าวอ้างทางโภชนาการ นอกจากนี้ต้องศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่อาจลดลง เนื่องจากสารอาหารที่เสริมลงไปทำปฏิกิริยาหรือเร่งปฏิกิริยาจนทำให้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่เร็วกว่าปกติ จนผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าเดิม และอาจต้องศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ประกอบด้วยเพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติทางเคมีและกายภาพของอาหารที่ใช้เป็นพาหะ และสมบัติของสารที่จะทำการเสริมจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับนักการตลาดว่าผลิตภัณฑ์จะได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและมีอายุการเก็บรักษาที่นานพอที่จะเกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

2.6.7 อาหารที่ไม่ต้องผ่านกระบวนการแปรรูปหรือหุงต้มที่ก่อให้เกิดการสูญเสีย สารอาหารในปริมาณมาก การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอาหารเกิดขึ้นตั้งแต่ก่อนที่จะเกิดเป็นผลิตภัณฑ์จนถึงก่อนนำไปบริโภค ขั้นตอนในการเติมสารอาหารลงในส่วนประกอบอาหาร และตัวอาหารจึงมีความสำคัญ ผู้ผลิตจะต้องเข้าใจกระบวนการผลิตและการนำไปบริโภคของกลุ่มเป้าหมาย การเลือกอาหารพาหะที่ไม่ต้องผ่านการแปรรูปหรือหุงต้มจึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึง อาหารที่รับประทานส่วนมากมักผ่านการแปรรูปหรือหุงต้มอย่างรุนแรงบางขั้นตอน ในการเลือกจึงควรเลือกกระบวนการที่จะก่อให้เกิดการสูญเสียสารอาหารในระหว่างกระบวนการผลิต หรือเลือกวิธีที่สูญเสียน้อยสุด รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสจากกระบวนการแปรรูปหรือการเตรียมก่อนบริโภค (วิสิต, 2553)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสริมกรดโฟลิกในอาหาร

Shrestha และคณะ (2003) ศึกษาสมบัติของโพลีเมอร์ชนิดต่าง ๆ ที่ใช้เป็นสารเคลือบสำหรับการเสริมกรดโฟลิกในข้าว โดยการสเปรย์สารละลายกรดโฟลิก (100 มิลลิกรัมในน้ำ 20 มิลลิลิตร) ลงบนข้าว (250 กรัม) จากนั้นเคลือบด้วยสารละลายของโพลีเมอร์ที่ใช้เป็นสารเคลือบและนำไปอบแห้ง นำข้าวเสริมกรดโฟลิกที่ได้เมื่อใช้สารเคลือบชนิดต่าง ๆ ไปศึกษาการสูญเสียกรดโฟลิกในระหว่างการล้าง และการหุงข้าว ผลการวิจัยพบว่าการสูญเสียกรดโฟลิกเกิดขึ้นน้อยที่สุดเมื่อใช้เอธิลเซลลูโลส (ethyl cellulose) เป็นสารเคลือบ รองลงมาคือเพคติน (pectin) อย่างไรก็ตามไม่มีโพลีเมอร์ชนิดใดที่สามารถคงปริมาณกรดโฟลิกในข้าวไว้ได้ในการหุงข้าวแบบเช็ดน้ำ โดยมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูญเสียกรดโฟลิกคิดเป็นร้อยละ 61-93 นอกจากนี้สารเคลือบทุกชนิดยังไม่สามารถปิดบังสีเหลืองของข้าวเสริมกรดโฟลิกได้

Boeneke และ Aryana (2008) ศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดโฟลิกและขั้นตอนในการเสริมกรดโฟลิกต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตรสเลมอน โดยเสริมกรดโฟลิกในโยเกิร์ตที่ระดับร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 ของ Recommended Dietary Allowances (RDA) (400 ไมโครกรัม ต่อ ขนาดบรรจุ 224 มิลลิลิตร) และเปรียบเทียบขั้นตอนการเติมกรดโฟลิกก่อนและหลังการพาสเจอไรซ์ส่วนผสมของโยเกิร์ต พบว่าปริมาณกรดโฟลิกในตัวอย่างโยเกิร์ตที่ทุกระดับความเข้มข้นที่เติมในส่วนผสมของโยเกิร์ตหลังการพาสเจอไรซ์จะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่เติมก่อนการพาสเจอไรซ์ นอกจากนี้ระดับของกรดโฟลิกที่เพิ่มขึ้นจะทำให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างโยเกิร์ตที่ได้น้อยลง

Cheung และคณะ (2009) ศึกษาการใช้เทคนิคอิเลคโตรโฟรีซีสแบบคาปิลลารี (capillary electrophoresis) ในการติดตามความเสถียรของกรดโฟลิกในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมกรดโฟลิก ผลการวิจัยพบว่าในทุกขั้นตอนหลักของการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป คือ การนวดแป้ง การตัดแผ่นแป้งให้เป็นเส้น การนึ่ง และการทอด ไม่มีผลต่อการสูญเสียกรดโฟลิก แสดงให้เห็นว่ากรดโฟลิกมีความคงตัวในระหว่างกระบวนการแปรรูปบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป

Assawapromtada (2008) ศึกษาการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสและความคงตัวของการเสริมธาตุเหล็กและกรดโฟลิกในแป้งสาลี ผลการวิจัยพบว่าหลังจากเก็บรักษา 3 เดือน ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของธาตุเหล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่กรดโฟลิกจะเกิดการสูญเสียร้อยละ 3-12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 แป้งหมักสำเร็จรูปบริษัท พศช. จำกัด ที่ใช้ในการทดลองซื้อจากบริษัท พศช. จำกัด อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี

3.1.2 เชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์ *Lactobacillus casei ATCC 7469* ใช้สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณกรดโฟลิก

3.2 เครื่องมือ

3.2.1 เครื่องชั่งละเอียด (Mettler , Germany)

3.2.2 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (Precisa , Switzerland)

3.2.3 ตู้บ่มเชื้อ (Memmert , Germany)

3.2.4 ตู้ถ่ายเชื้อ (Telstar , Spain)

3.2.5 เครื่องปั่นตกตะกอนแบบเย็น (Jouan , France)

3.2.6 เครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ (Perkin , USA)

3.2.7 เครื่องผสมสารละลาย (Vortex , USA)

3.2.8 เครื่องกวนผสมและให้ความร้อน (Thermolyne , USA)

3.2.9 เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Tomy , Japan)

3.210 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Orion , USA)

3.2.11 ตู้อบไฟฟ้า (Memmert , Germany)

3.2.12 เครื่องปั่นละเอียด (National , Thailand)

3.2.13 เครื่องวัดสี (Minolta , Japan)

3.2.14 ตู้เย็น (Philips , Thailand)

3.2.15 เครื่องนวดแป้งและโรยเส้นขนมจีน (ใช้เครื่องของบริษัทพศช. จำกัด)

3.2.16 Membrane filter ขนาด 0.45 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สารเคมี

3.3.1 Folic acid standard (sigma , USA)

3.3.2 Folic acid Food grade (sunrise nutrachem , China)

3.3.3 Alpha-amylase cat no A3176 (sigma , USA)

3.3.4 Hydrochloric acid (Merck , USA)

3.3.5 Sodium hydroxide (Merck , USA)

3.3.6 Disodium phosphate (Merck , USA)

3.3.7 Monosodium phosphate (Merck , USA)

3.3.8 Ascorbic acid (Merck , USA)

3.3.9 Ethanol (Merck , USA)

3.3.10 Sodium chloride (Merck , USA)

3.3.11 Phenolphthalein (Merck , USA)

3.3.12 Potassium hydrogen phthalate (Merck , USA)

3.3.13 MRS borth (Diffco , USA)

3.3.14 Folic acid assay medium, (Diffco , USA)

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยอาหารเพื่อโภชนาการ สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข โรงงานผลิตขนมจีนพศช. จำกัด และห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วิธีดำเนินการทดลอง

3.5.1 วิธีการผลิตขนมจีนแป้งหมัก

การผลิตขนมจีนแป้งหมักในงานวิจัยนี้จะใช้วัตถุดิบแป้งหมักสำเร็จรูปที่ซื้อจากบริษัท พศช จำกัด อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี โดยมีขั้นตอนการผลิตตามเอกสารการทำขนมจีนของบริษัท พศช จำกัด ดังนี้

3.5.1.1 การต้มแป้ง

ต้มก้อนแป้งให้สุกบางส่วนด้วยหม้อต้ม โดยให้มีส่วนของแป้งสุกที่ผิวก้อนแป้งหนาประมาณ 0.5 นิ้ว ใช้เวลาประมาณ 30 – 35 นาที จากนั้นพักไว้ให้เย็นหรือราดด้วยน้ำเย็น

3.5.1.2 การนวดแป้ง

นำแป้งที่ผ่านการนึ่งให้สุกบางส่วนในข้อ 3.5.1.1 มานวดด้วยเครื่องนวดผสมสำหรับทำขนมจีน เพื่อให้แป้งดิบ (ภายใน) และแป้งสุก (ส่วนผิว) ผสมกันดีเป็นเนื้อเดียวกัน จนเม็ดแป้งแตกละเอียดเนียนสามารถปั้นเป็นก้อนโดยไม่หัก ใช้เวลาประมาณ 30-45 นาที

3.5.1.3 การนวดน้ำ

เติมน้ำอุ่นลงในแป้งที่ผ่านการนวดในข้อ 3.5.1.2 โดยค่อย ๆ เติมพร้อมกับนวดผสมไปด้วย ในการเติมน้ำจะเติมประมาณ 4 ลิตรต่อแป้ง 20 กิโลกรัม หรือทำให้ส่วนผสมแป้งที่ได้มีความชื้นร้อยละ 70 – 75

3.5.1.4 การกรองแป้ง

กรองแป้งที่นวดผสมกับน้ำที่เข้ากันดีในข้อ 3.5.1.3 ผ่านเครื่องกรองสำหรับทำขนมจีน เพื่อแยกเม็ดแป้งเล็ก ๆ และสิ่งเจือปนในแป้งออก ซึ่งแป้งที่ผ่านการกรองจะมีความเนียนละเอียดสม่ำเสมอ

3.5.1.5 การโรยเส้น

นำส่วนผสมแป้งที่ได้ในข้อ 3.5.1.4 มาโรยเส้นด้วยเครื่องโรยเส้นขนมจีน ลงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 – 95 องศาเซลเซียส รอจนเส้นขนมจีนสุก ซึ่งจะลอยขึ้นมาที่ผิวน้ำ

3.5.1.6 การล้างเส้นขนมจีน

ช้อนเส้นขนมจีนสุกในข้อ 3.5.1.5 ลงในน้ำเย็นที่บรรจุอยู่ในภาชนะประมาณ 5 ลิตรทันที เพื่อให้เส้นคงตัว โดยจะล้างน้ำเย็น 2 ครั้ง จนเส้นเย็น แล้วจึงจับเส้นเป็นจับ ๆ วางลงในภาชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การศึกษาปริมาณกรดโฟลิกที่เหมาะสมในการเสริมในเส้นขนมจีน

ทดลองผลิตขนมจีนตามวิธีในข้อ 3.5.1 โดยการเติมสารละลายกรดโฟลิก (ดูวิธีเตรียมในภาคผนวก ก) ปริมาณแตกต่างกัน 3 ระดับคือ 100, 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแป้ง ลงในขั้นตอนการนวดน้ำ (ขั้นตอนที่ 3.5.1.3) นำแป้งที่ได้โรยเส้นด้วยเครื่องโรยเส้นที่ทำให้ได้ขนาดเส้นขนมจีนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.40 มิลลิเมตร จากนั้นนำตัวอย่างเส้นขนมจีนมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับตัวอย่างเส้นขนมจีนควบคุม ดังนี้

3.5.2.1 วัดค่าสี ($L^* a^* b^*$) ด้วยเครื่อง Minolta chromameter (Minolta. CR-400 Series , Japan) (ภาคผนวก ค)

3.5.2.2 วัดค่า pH โดยใช้ pH - meter (ภาคผนวก ง)

3.5.2.3 วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acidity) ด้วยวิธี Titrimetric Method ตามวิธีการของ AOAC 930.35 (2000) (ภาคผนวก จ)

3.5.2.4 วิเคราะห์ปริมาณกรดโฟลิกโดยวิธี Microbiological assay (*Lactobacillus casei*) ตามวิธีการของ AOAC 960.46H (2000) (ภาคผนวก ข)

3.5.2.5 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Scoring test โดยทดสอบปัจจัยทางด้านสีผิดปกติ กลิ่นแปลกปลอม รสเปรี้ยว รสผิดปกติ และความเหนียวนุ่มเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ซึ่งกำหนดให้เป็นตัวอย่างอ้างอิง ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน (ภาคผนวก ฉ)

3.5.3 การศึกษาผลของขนาดเส้นขนมจีนในขั้นตอนการโรยเส้นต่อปริมาณกรดโฟลิกที่เหลือในขนมจีนได้

ทดลองผลิตขนมจีนตามวิธีในข้อ 3.5.1 โดยเติมกรดโฟลิกในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งคัดเลือกได้จากการผลทดลองในข้อ 3.5.2 ในขั้นตอนการนวดน้ำ นำแป้งที่ได้โรยเส้นด้วยเครื่องโรยเส้นโดยใช้อัตราการป้อนของแป้งที่แตกต่างกัน 2 ระดับ ซึ่งทำให้ได้ขนมจีนที่มีขนาดของเส้นแตกต่างกัน คือ เส้นเล็กกับเส้นใหญ่ ซึ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.15 และ 1.40 มิลลิเมตร ตามลำดับ นำตัวอย่างเส้นขนมจีนที่ได้มาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณกรดโฟลิกที่เหลือตามวิธีในข้อ 3.5.2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 การศึกษาความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูป และการเก็บรักษาขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

3.5.4.1 ศึกษาการสูญเสียของปริมาณกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูปขนมจีน

ทดลองผลิตขนมจีนตามวิธีในข้อ 3.5.1 โดยเติมกรดโฟลิกในปริมาณที่เหมาะสม และโรยเส้นให้มีขนาดเส้นที่เหมาะสม ซึ่งคัดเลือกได้จากการทดลองในข้อ 3.5.2 และ 3.5.3 ตามลำดับ เก็บตัวอย่างเส้นขนมจีนที่ได้จากขั้นตอนการโรยเส้น ขั้นตอนการล้างเส้นครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 สำหรับใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณกรดโฟลิกโดยวิธีในข้อ 3.5.2.5

3.5.4.2 ศึกษาความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการเก็บรักษาขนมจีน

ทดลองผลิตขนมจีนตามวิธีในข้อ 3.5.1 โดยเติมกรดโฟลิกในปริมาณที่เหมาะสม และโรยเส้นให้มีขนาดเส้นที่เหมาะสม ซึ่งคัดเลือกได้จากการทดลองในข้อ 3.5.2 และ 3.5.3 ตามลำดับ เก็บตัวอย่างขนมจีนที่ได้ใส่ตะกร้าพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 13.5 เซนติเมตร ปิดตะกร้าขนมจีนด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกใส เก็บรักษาตัวอย่างขนมจีนในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในอุตสาหกรรม เก็บตัวอย่างทุกวันเป็นเวลา 3 วัน มาวิเคราะห์หาปริมาณกรดโฟลิกโดยวิธีในข้อ 3.5.2.5

3.5.5 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

นำขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ได้มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมซึ่งกำหนดให้เป็นตัวอย่างอ้างอิง โดยใช้วิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนน ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 แบบ

3.5.5.1 ทดสอบชิมเส้นขนมจีนเปล่า ๆ

3.5.5.2 ทดสอบชิมขนมจีนราดน้ำแกงเขียวหวาน

3.5.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทั้งหมดจะใช้แผนการทดลองแบบการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ส่วนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจะวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล๊อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multile Range Test โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิจารณ์

4.1 ผลของปริมาณกรดโฟลิกต่อคุณภาพขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

จากการทดลองผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 100, 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม แป้งดิบ เพื่อศึกษาผลของปริมาณกรดโฟลิกต่อคุณภาพของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ได้ โดยนำตัวอย่างขนมจีนมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับตัวอย่างขนมจีนควบคุมที่ไม่ได้เติมกรดโฟลิก ผลการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ค่าสีของขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

จากการวัดค่าสีของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 100, 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม แสดงดังตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าการเสริมกรดโฟลิกในแป้งขนมจีนที่ระดับต่างกันมีผลทำให้ขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ได้ มีค่าสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ ตัวอย่างขนมจีนที่ได้จากการเสริมกรดโฟลิกในระดับที่สูงขึ้นจะมีแนวโน้มของค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ในขณะที่ค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการเสริมกรดโฟลิกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a^*) น้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากโดยธรรมชาติแล้วกรดโฟลิกจะมีลักษณะเป็นผลึกสีเหลือง การเติมกรดโฟลิกในแป้งขนมจีนที่ระดับสูงขึ้น จึงส่งผลให้ขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ได้ มีสีเหลืองเข้มขึ้น และอาจส่งผลต่อค่าความสว่างที่ลดลงด้วย ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Shrestha และคณะ (2003) ที่พบว่าการเสริมกรดโฟลิกในข้าวโดยวิธีการเคลือบผิวมีผลทำให้ค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเสริมกรดโฟลิกในแป้งขนมจีนที่ความเข้มข้นสูง ๆ อาจส่งผลต่อคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ ที่อาจจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคได้ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suphichayangkoon และ Jirapakkul (2004) ที่ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพในขนมจีนแป้งหมักทางการค้า สำหรับค่าสีต่าง ๆ ของตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ได้ คือ ค่า L^* อยู่ในช่วง 73.53 ถึง 75.48 ค่า a^* อยู่ในช่วง -1.14 ถึง -1.28 และค่า b^* อยู่ในช่วง 0.25 ถึง 0.46 ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับสีของขนมจีนทั่วไปที่รายงานโดย Suphichayangkoon และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jirapakkul (2004) โดยพบว่าขนมจีนแป้งหมักทางการค้าจาก 4 แหล่งผลิต มีค่า L^* เฉลี่ยระหว่าง 68.32 ถึง 70.40 ค่า a^* เฉลี่ยระหว่าง –1.52 ถึง –1.73 และค่า b^* เฉลี่ยระหว่าง 0.13 ถึง 1.84

ตารางที่ 4.1 ค่าสีของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ตัวอย่างขนมจีน*	ค่าสี		
	L^*	a^*	b^*
ตัวอย่างควบคุม	$76.30^{a}\pm0.38$	$-1.22^{b}\pm0.01$	$-0.25^{d}\pm0.39$
เสริมกรดโฟลิก 100	$75.48^{b}\pm0.16$	$-1.28^{a}\pm0.01$	$0.25^{c}\pm0.05$
เสริมกรดโฟลิก 300	$74.80^{c}\pm0.10$	$-1.28^{a}\pm0.01$	$0.28^{b}\pm0.04$
เสริมกรดโฟลิก 500	$73.53^{d}\pm0.20$	$-1.14^{c}\pm0.01$	$0.46^{a}\pm0.04$

หมายเหตุ : * ตัวอย่างขนมจีน 100, 300 และ 500 หมายถึง การเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 100, 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ

a , b, c , d ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

4.1.2 ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดของขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าการเสริมกรดโฟลิกในแป้งขนมจีนที่ระดับต่างกันมีผลทำให้ขนมจีนที่ได้มีค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่ขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ขนมจีนที่ได้จะมีแนวโน้มของค่า pH ลดลง กล่าวคือ pH มีค่าลดลงจาก 3.90 เป็น 3.72 เมื่อเสริมกรดโฟลิกเพิ่มขึ้นจาก 100 เป็น 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่คำนวณเปรียบเทียบกับกรดแลคติก ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.28 เป็น 0.94 % โดยน้ำหนัก ตามลำดับ อย่างไรก็ตามตัวอย่างควบคุมจะมีค่า pH เท่ากับ 3.58 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกเล็กน้อย จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การเติมกรดโฟลิกในขนมจีนที่ระดับความเข้มข้นสูง ๆ จะส่งผลต่อค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดของขนมจีนที่อาจมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมดของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ตัวอย่างขนมจีน*	pH	ปริมาณกรดทั้งหมด** (% โดยน้ำหนัก)
ตัวอย่างควบคุม	$3.58^{d}\pm0.00$	$0.38^{c}\pm0.02$
เสริมกรดโฟลิก 100	$3.90^{a}\pm0.01$	$0.28^{d}\pm0.07$
เสริมกรดโฟลิก 300	$3.78^{b}\pm0.06$	$0.39^{b}\pm0.06$
เสริมกรดโฟลิก 500	$3.72^{c}\pm0.03$	$0.94^{a}\pm0.03$

หมายเหตุ : * ตัวอย่างขนมจีน 100, 300 และ 500 หมายถึง การเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 100, 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ

** ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณเปรียบเทียบกับกรดแลคติก

a , b, c , d ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

4.1.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 100, 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ เปรียบเทียบกับขนมจีนตัวอย่างควบคุม โดยใช้วิธีให้คะแนนความเข้มของปัจจัยแบบ scoring test บนเส้นตรงที่มีความยาว 0 –15 เซ็นติเมตร ทดสอบปัจจัยด้านสีผิดปกติ กลิ่นแปลกปลอม รสเปรี้ยว รสผิดปกติ และความเหนียวนุ่ม ผลการทดลองแสดงดังตาราง 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับต่างกันโดยวิธี Scoring test

ตัวอย่างขนมจีน*	ปัจจัยที่ทดสอบ				
	สีผิดปกติ	กลิ่นแปลกปลอม	รสเปรี้ยว ns	รสผิดปกติ	ความเหนียวนุ่ม
ตัวอย่างควบคุม	1.00^{b}±0.00	1.00^{b}±0.00	1.00±0.00	1.00^{b}±0.00	1.00^{b}±0.00
เสริมกรดโฟลิก 100	1.50^{a}±0.74	1.42^{a}±0.53	1.18±0.37	1.05^{ab}±0.38	1.46^{a}±0.28
เสริมกรดโฟลิก 300	1.60^{a} ±0.88	1.34^{a} ±0.46	1.14 ±0.31	1.15^{ab} ±0.47	1.50^{a} ±0.27
เสริมกรดโฟลิก 500	1.31^{ab}±0.81	1.46^{a}±0.45	1.11±0.39	1.23^{a}±0.46	1.50^{a}±0.26

หมายเหตุ : * ตัวอย่างขนมจีน 100, 300 และ 500 หมายถึง การเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 100, 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ ใช้ตัวอย่างควบคุมเป็นตัวอย่างอ้างอิง

ns : ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

a , b, ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ทุกระดับความเข้มข้นมีระดับคะแนนของปัจจัยด้านรสเปรี้ยว ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ทุกระดับความเข้มข้นมีแนวโน้มของคะแนนปัจจัยด้านสีผิดปกติ กลิ่นแปลกปลอม และความเหนียวนุ่มสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) สำหรับปัจจัยด้านรสผิดปกติ พบว่าตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 100 และ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ ไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($p>0.05$) การเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ มีผลทำให้คะแนนด้านรสผิดปกติของตัวอย่างขนมจีนสูงกว่าตัวอย่างควบคุม

เป็นที่น่าสังเกตว่าตัวอย่างที่เสริมกรดโฟลิกจะมีแนวโน้มของคะแนนความเหนียวนุ่มสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ซึ่งจากการสังเกตของผู้ทดลองพบว่าตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวนุ่มกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ค่าสีของตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ได้จากการใช้เครื่องวัดสี ซึ่งพบว่ามีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อเสริมกรดโฟลิกในขนมจีนในระดับที่สูงขึ้น (ตารางที่ 4.1) แต่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนสีผิดปกติไม่แตกต่างกันระหว่างตัวอย่างขนมจีนเสริมกรด โฟลิกที่ระดับความเข้มข้นต่างกันในช่วง 100 – 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากค่าสีเหลืองที่ต่างกันในช่วง -0.25 ถึง 0.46 ผู้ทดสอบชิมอาจไม่สามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน

4.2 ผลการศึกษาความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูปขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

จากการทดลองเสริมกรดโฟลิกในแป้งขนมจีนในขั้นตอนการนวดน้ำที่ระดับ 100, 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม แป้งดิบ จากนั้นนำมาผ่านขั้นตอนการนวดผสม โรยเส้น ล้างน้ำครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จนได้เส้นขนมจีนเสริมกรดโฟลิก นำตัวอย่างแป้งหรือเส้นขนมจีนจากขั้นตอนต่าง ๆ มาวิเคราะห์หาปริมาณกรดโฟลิกในตัวอย่างด้วยวิธีทางจุลชีววิทยา ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4 และ ภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าปริมาณกรดโฟลิกในตัวอย่างทั้งโดยน้ำหนักเปียก และน้ำหนักแห้งลดลงทุกขั้นตอนของการผลิตในทุกระดับที่ทำการเสริมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกในแป้งดิบเริ่มต้นนั้น อาจเนื่องมาจากการเกิดออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ และความร้อนขณะนวดผสมด้วยเครื่องนวดผสมไฟฟ้า สำหรับขั้นตอนการโรยเส้น และการล้างน้ำนั้น การสูญเสียของกรดโฟลิกน่าจะมีสาเหตุมาจากความร้อน และการละลายน้ำเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณาปริมาณกรดโฟลิกที่ลดลงในตัวอย่างแป้ง และขนมจีนที่ได้จากแต่ละขั้นตอนอาจต้องคำนึงถึงปริมาณความชื้นที่มีในตัวอย่างด้วย ซึ่งพบว่าตัวอย่างขนมจีนจะมีปริมาณความชื้นเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อผ่านขั้นตอนการโรยเส้นจนถึงการล้างน้ำครั้งที่ 2 (ข้อมูลความชื้นดูได้จากภาคผนวก ช) เมื่อพิจารณาร้อยละของการสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกของตัวอย่างขนมจีนโดยน้ำหนักเปียกและโดยน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 4.1 ก และ ข) จะเห็นได้ว่าการเสริมกรดโฟลิกในแป้งขนมจีนที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นจะมีแนวโน้มการสูญเสียกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูปน้อยลง โดยตัวอย่างขนมจีนที่เสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 100, 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ มีปริมาณกรดโฟลิกลดลงในผลิตภัณฑ์สุดท้ายคิดเป็นร้อยละ 76.20, 62.82 และ 69.40 โดยน้ำหนักเปียก และเท่ากับร้อยละ 63.20, 30.52 และ 49.47 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้แตกต่างจากการศึกษาของ Cheung และคณะ (2009) ที่เสริมกรดโฟลิกในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปโดยผ่านการแปรรูปด้วยวิธีการทอดในน้ำมัน พบว่าไม่มีการสูญเสียของกรดโฟลิกที่เสริม แต่ในการศึกษาการเสริมกรดโฟลิกลงในแป้งขนมจีน ซึ่งต้องผ่านขั้นตอนการแปรรูปโดยการโรยเส้นในน้ำร้อนและล้างด้วยน้ำ 2 ครั้ง จึงทำให้เกิดการสูญเสียของกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูปมากกว่า เนื่องจากกรดโฟลิกมีสมบัติละลายน้ำได้ดี

จากผลการทดลองทั้งหมดข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าระดับความเข้มข้นของกรดโฟลิกที่เหมาะสมในการเสริมในขนมจีนคือ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ ทั้งนี้เนื่องจากที่ระดับดังกล่าวมีการสูญเสียกรดโฟลิกในระหว่างกระบวนการผลิตต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับที่ระดับ 100 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ และการเสริมกรดโฟลิกในขนมจีนที่ระดับ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม แป้งดิบจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสน้อยกว่าการเสริมที่ระดับ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

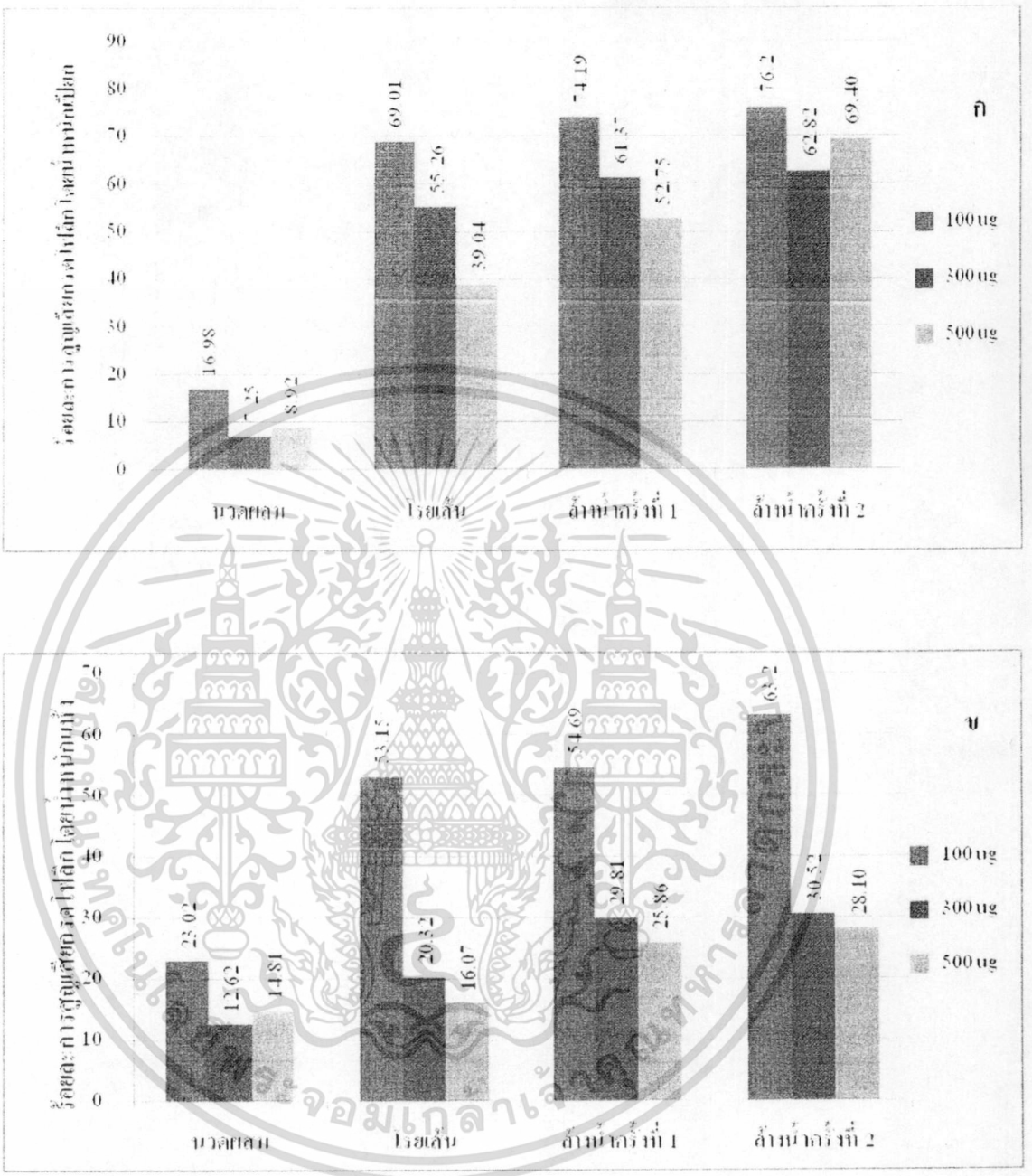
ตารางที่ 4.4 ปริมาณกรดโฟลิกของตัวอย่างโดยน้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้งจากขั้นตอนต่าง ๆ ในระหว่างการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

ตัวอย่างขนมจีน*	ปริมาณกรดโฟลิกในตัวอย่าง (ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักเปียก)				ปริมาณกรดโฟลิกในตัวอย่าง (ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)			
	นวดผสม	โรยเส้น	ล้างน้ำครั้งที่ 1	ล้างน้ำครั้งที่ 2	นวดผสม	โรยเส้น	ล้างน้ำครั้งที่ 1	ล้างน้ำครั้งที่ 2
ตัวอย่างควบคุม	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
เสริมกรดโฟลิก 100	$83.02^{a}\pm6.23$	$30.99^{b}\pm1.40$	$25.81^{c}\pm2.94$	$23.80^{d}\pm3.73$	$171.16^{a}\pm4.93$	$80.21^{b}\pm4.19$	$74.09^{c}\pm0.72$	$63.06^{d}\pm7.18$
เสริมกรดโฟลิก 300	$278.26^{a}\pm6.86$	$134.21^{b}\pm3.00$	$115.89^{c}\pm3.79$	$111.53^{d}\pm1.34$	$582.77^{a}\pm30.28$	$464.22^{b}\pm19.57$	$409.13^{c}\pm24.18$	$404.08^{d}\pm10.71$
เสริมกรดโฟลิก 500	$455.39^{a}\pm1.37$	$304.78^{b}\pm7.75$	$236.27^{c}\pm5.94$	$153.00^{d}\pm1.88$	$946.97^{a}\pm38.29$	$794.10^{b}\pm3.52$	$701.91^{c}\pm18.28$	$477.67^{d}\pm24.46$

หมายเหตุ : * ตัวอย่างขนมจีน 100 , 300 และ 500 หมายถึง การเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 100, 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ

ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

a , b , c , d ; ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณโดยน้ำหนักเปียก หรือโดยน้ำหนักแห้ง ($p\leq0.05$).



ภาพที่ 4.1 การสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูปขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับต่างกัน
ก. ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก และ ข. ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาปริมาณกรดโฟลิกที่ได้จากการบริโภคขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ จะมีความเหมาะสมและปลอดภัยต่อผู้บริโภคทุกกลุ่มอายุ กล่าวคือ ตามข้อกำหนด DRI ที่แนะนำให้ได้รับโฟเลทสูงสุดไม่เกิน 400 ไมโครกรัม ต่อ วัน สำหรับเด็กก่อนวัยเรียน (0 – 8 ปี) ซึ่งปริมาณกรดโฟลิกที่จะได้รับจากการบริโภคขนมจีนเสริมกรดโฟลิกกที่ระดับ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ (ปริมาณกรดโฟลิกในขนมจีนที่ได้ เท่ากับ 111 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักเปียก) แสดงดังตารางที่ 4.5 จากข้อมูลในตารางจะเห็นได้ว่าการบริโภคขนมจีนเสริมกรดโฟลิกปริมาณ 144 กรัม (2 จับ) จำนวน 3 มื้อ จะทำให้ได้รับกรดโฟลิกประมาณ 481.8 ไมโครกรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอและยังคงปลอดภัยสำหรับเด็กก่อนวัยเรียน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ เป็นระดับที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิกตามวิธีการที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลปริมาณกรดโฟลิกที่ได้จากการบริโคขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

น้ำหนักขนมจีนต่อการบริโภค 1 มื้อ (กรัม)	ปริมาณกรดโฟลิกที่ได้รับ ต่อ จำนวนมื้อที่บริโภค (ไมโครกรัม)		
	1 มื้อ	2 มื้อ	3 มื้อ
72 กรัม (1 จับ)	80.3	160.6	240.9
144 กรัม (2 จับ)	160.6	321.2	481.8
216 กรัม (3 จับ)	240.8	481.6	722.4
288 กรัม (4 จับ)	321.1	642.2	963.3

หมายเหตุ : ตัวอย่างขนมจีนมีกรดโฟลิกประมาณ 111 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักเปียก

: ตัวอย่างขนมจีนน้ำหนัก 72 กรัม (1 จับ) อ้างอิงตามหนังสือคู่มือการประเมินปริมาณอาหาร (อรพินท์ และคณะ, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของขนาดเส้นขนมจีนในขั้นตอนการโรยเส้นต่อการสูญเสียปริมาณกรดโฟลิก ในระหว่างกระบวนการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

จากการทดลองผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม แป้งดิบ จากนั้นนำมาผ่านขั้นตอนการนวดผสม โรยเส้น ล้างน้ำครั้งที่ 1 และล้างน้ำครั้งที่ 2 จนได้เส้นขนมจีนเสริมกรดโฟลิก โดยขั้นตอนการโรยเส้นจะแปรขนาดของเส้นขนมจีนแตกต่างกันคือ ขนาดเส้นใหญ่ (เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.40 มิลลิเมตร) และขนาดเส้นเล็ก (เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.15 มิลลิเมตร) นำตัวอย่างแป้งและเส้นขนมจีนจากขั้นตอนต่าง ๆ ดังกล่าวมาวิเคราะห์หาปริมาณกรดโฟลิกในตัวอย่าง ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.2 เมื่อพิจารณาน้ำหนักเปียกจะเห็นได้ว่าตัวอย่างขนมจีนที่มีขนาดเส้นเล็กจะมีการลดลงของปริมาณกรดโฟลิกสูงกว่าขนมจีนที่มีขนาดเส้นใหญ่ในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในขั้นตอนสุดท้ายตัวอย่างขนมจีนที่ได้หลังจากการล้างน้ำครั้งที่ 2 ขนมจีนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.40 มิลลิเมตร มีการลดลงของกรดโฟลิกคิดเป็นร้อยละ 62.82 ในขณะตัวอย่างที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.15 มิลลิเมตร มีการสูญเสียกรดโฟลิกร้อยละ 69.80 โดยน้ำหนักเปียก ของปริมาณกรดโฟลิกในแป้งผสมเริ่มต้น อย่างไรก็ตามเมื่อคำนวณการสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกในตัวอย่างขนมจีนที่ได้ขั้นสุดท้ายโดยน้ำหนักแห้ง ตัวอย่างขนมจีนขนาดเส้นเล็กมีแนวโน้มการสูญเสียกรดโฟลิกสูงกว่าตัวอย่างขนมจีนขนาดเส้นใหญ่ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าคิดเป็นร้อยละ 35.22 และ 30.52 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขนมจีนที่มีขนาดเส้นเล็กมีแนวโน้มของค่าความชื้นสูงกว่าตัวอย่างขนมจีนขนาดเส้นใหญ่เล็กน้อย ในระหว่างการผลิต โดยเฉพาะในขั้นตอนการล้างน้ำครั้งที่ 1 และการล้างน้ำครั้งที่ 2 (ข้อมูลความชื้นดูได้จากภาคผนวก ซ) จึงอาจส่งผลทำให้ปริมาณกรดโฟลิกที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างขนมจีนทั้งสองขนาดเส้นไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ค่อนข้างสูงก็มีส่วนทำให้ค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขนมจีนขนาดเส้นเล็ก ซึ่งมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าขนมจีนที่มีขนาดเส้นใหญ่กว่า การละลายของกรดโฟลิกออกจากเส้นขนมจีนในระหว่างการแปรรูปจึงมีโอกาสเกิดขึ้นได้มากกว่า ดังนั้นการเตรียมขนมจีนสำหรับการทดลองต่อไปจึงใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นขนมจีน 1.40 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

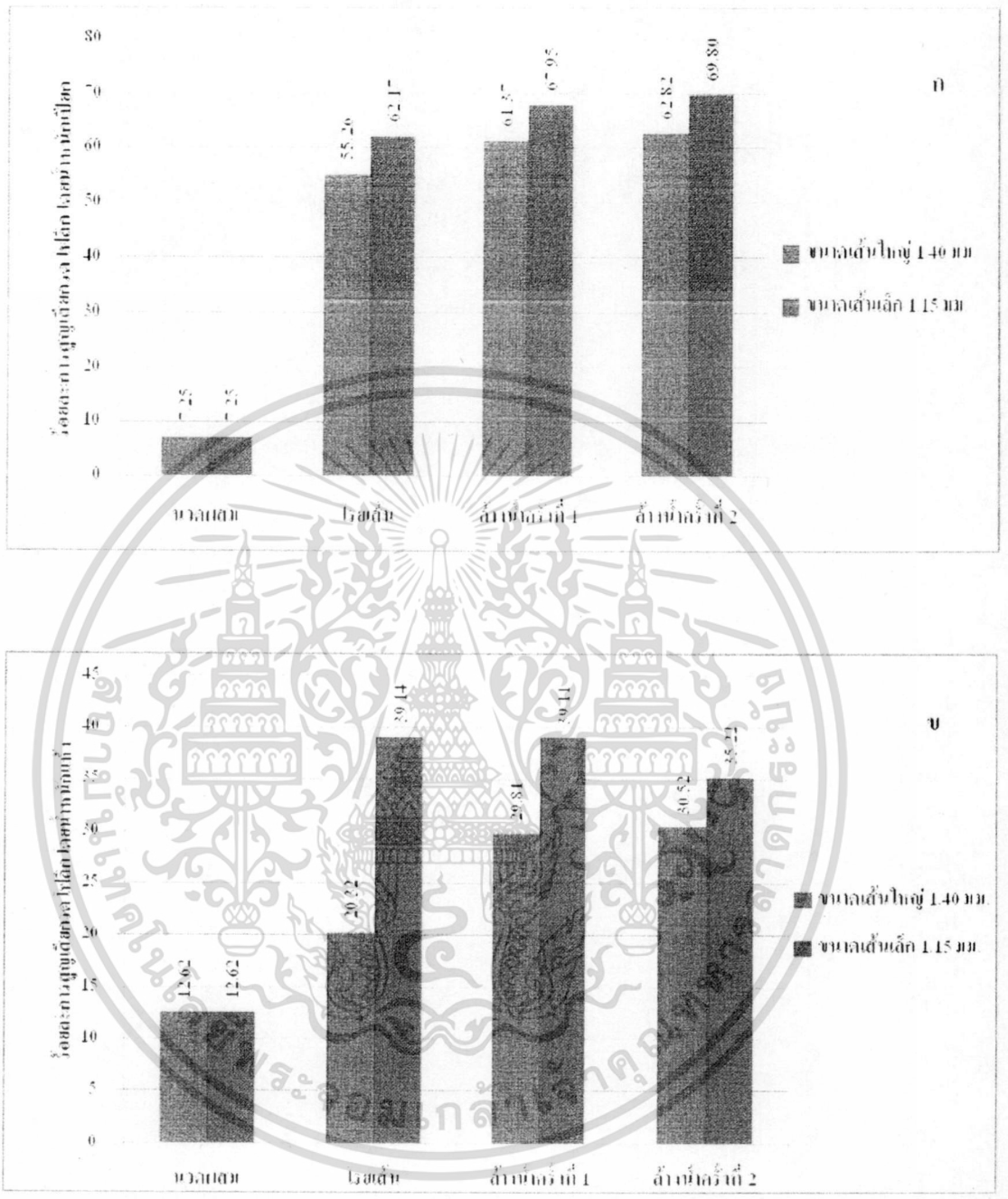
ตารางที่ 4.6 ผลของขนาดเส้นขนมจีนต่อการสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกโดยน้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้งในระหว่างกระบวนการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

ตัวอย่างขนมจีน*	ปริมาณกรดโฟลิกในตัวอย่าง (ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักเปียก)				ปริมาณกรดโฟลิกในตัวอย่าง (ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)			
	นวดผสม	โรยเส้น	ล้างน้ำครั้งที่ 1	ล้างน้ำครั้งที่ 2	นวดผสม	โรยเส้น	ล้างน้ำครั้งที่ 1	ล้างน้ำครั้งที่ 2
ขนาดเส้น 1.40 (มิลลิเมตร)	$278.26^{aA}\pm6.86$	$134.21^{bA}\pm3.00$	$115.89^{cA}\pm3.79$	$111.53^{dA}\pm1.34$	$582.77^{aA}\pm30.28$	$464.22^{bA}\pm19.57$	$409.13^{cA}\pm24.18$	$404.08^{dA}\pm10.71$
ขนาดเส้น 1.15 (มิลลิเมตร)	$278.26^{aA}\pm6.86$	$113.50^{bB}\pm7.92$	$96.15^{cB}\pm9.08$	$90.60^{dB}\pm7.12$	$582.77^{aA}\pm30.28$	$354.27^{bB}\pm3.77$	$353.47^{cB}\pm34.45$	$376.41^{dB}\pm23.50$

หมายเหตุ : * ตัวอย่างขนมจีนขนาดเส้นเฉลี่ย 1.40 และ 1.15 มิลลิเมตร เสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ

a , b , c , d ; ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณโดยน้ำหนักเปียก หรือโดยน้ำหนักแห้ง ($p\leq0.05$)

A, B ; ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณโดยน้ำหนักเปียก หรือโดยน้ำหนักแห้ง ($p\leq0.05$)

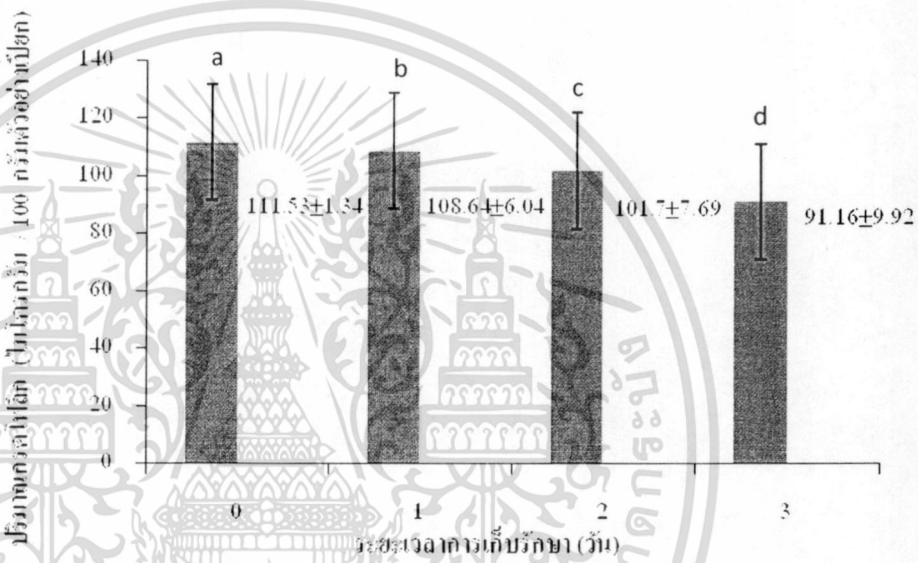


ภาพที่ 4.2 การสูญเสียกรดโฟลิกในระหว่างการแปรรูปขนมจีนเสริมกรดโฟลิกเมื่อเตรียมขนาดเส้นขนมจีนต่างกัน ก. ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก ข. ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการศึกษาความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการเก็บรักษาขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

จากการทดลองเก็บรักษาขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ โดยบรรจุตัวอย่างขนมจีนในตะกร้าพลาสติกปิดด้วยแผ่นพลาสติก เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน นำมาตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดโฟลิกในตัวอย่างทุกวัน ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 การสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณกรดโฟลิกในตัวอย่างขนมจีนมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ปริมาณกรดโฟลิกลดลงจากเริ่มต้นคิดเป็นร้อยละ 18.3 โดยน้ำหนักเปียก การสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกในตัวอย่างขนมจีนในระหว่างการเก็บรักษาอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการสลายตัวของกรดโฟลิกที่เกิดจากออกซิเดชันกับออกซิเจน และ/ หรือใช้ในการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในขนมจีนก่อนการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Karin และ คณะ (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาการสูญเสียโฟเลทในผลิตภัณฑ์นมพร้อมดื่ม พบว่าเกิดการสูญเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่ในนมนำไปใช้ในการเจริญเติบโตร้อยละ 43 และเกิดการออกซิเดชันกับออกซิเจนที่ละลายอยู่ในนมก่อนการแปรรูปร้อยละ 4 อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ขนมจีนเส้นสดโดยทั่วไปมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 3 วัน ซึ่งจากผลการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ปริมาณกรดโฟลิกลดลงเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Assawapromtada (2008) ที่พบว่าการเสริมธาตุเหล็กและกรดโฟลิกในแป้งสาลี ซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะต่าง ๆ กัน เมื่อทำการเก็บรักษาไว้หลังจาก 3 เดือนจะเกิดการสูญเสียของกรดโฟลิกร้อยละ 3-12

4.5 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 300 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม แป้งดิบ โดยทดสอบความชอบของผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ใช้วิธีทดสอบแบบ Hedonic scale 7 ระดับคะแนน สำหรับปัจจัยทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยให้ผู้ทดสอบชิมเส้นขนมจีนเปล่า ๆ และทดสอบชิมขนมจีนราดน้ำแกงเขียวหวาน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

โดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนน โดยการชิมเส้นเปล่า

ตัวอย่างขนมจีน	ปัจจัยที่ทดสอบ				
	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบโดยรวม^{ns}
ตัวอย่างควบคุม	5.30±1.03	4.92±1.29	4.75±1.62	5.17±1.28	5.32±1.16
เสริมกรดโฟลิก	5.42±1.03	5.15±1.26	4.93±1.51	5.28±1.20	5.57±0.10

ns : กำกับตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

โดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนน โดยการชิมเส้นพร้อมน้ำแกงเขียวหวาน

ตัวอย่างขนมจีน	ปัจจัยที่ทดสอบ				
	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบโดยรวม^{ns}
ตัวอย่างควบคุม	5.50±0.87	5.17±0.98	5.38±1.14	5.63±1.21	5.73±1.02
เสริมกรดโฟลิก	5.48±1.02	5.28±1.17	5.45±1.20	5.67±1.13	5.73±1.02

ns : กำกับตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.7 และ 4.8 จะเห็นได้ว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกในทุกปัจจัยที่ทดสอบไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งกรณีชิมเส้นเปล่า และชิมเส้นราดน้ำแกงเขียวหวาน โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ถึงชอบปานกลาง และตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกมีแนวโน้มที่จะได้คะแนนความชอบเทียบเท่า หรือสูงกว่าตัวอย่างควบคุมในทุกปัจจัยอีกด้วย

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมกรดโฟลิกในแป้งขนมจีนที่ระดับ 300 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมแป้งดิบ ยังคงได้ผลิตภัณฑ์ขนมจีนซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Shrestha และ คณะ (2003) ที่พบว่าการเสริมกรดโฟลิกในข้าวโดยวิธีเคลือบผิวเมื่อนำมาทดสอบหุง ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการทดสอบไม่แตกต่างจากข้าวที่ไม่ได้เสริมกรดโฟลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ความคุ้มทุนต่อการผลิต

จากการทดลองเสริมกรดโฟลิกที่ระดับความเข้มข้น 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ ลงในแป้งขนมจีนในขั้นตอนการนวดน้ำ ซึ่งคัดเลือกเป็นระดับที่เหมาะสม จากนั้นทำการศึกษาผลปริมาณกรดโฟลิกต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ ความคงตัวระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่งได้ผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น เมื่อคำนวณความคุ้มทุนต่อการผลิต พบว่ามีความคุ้มทุนต่อการผลิต แสดงดังตารางที่ 4.9 ซึ่งราคาที่สามารถจำหน่ายได้ในท้องตลาดไม่แพงมาก ประมาณ 35 บาท ต่อขนมจีน 1 กิโลกรัม จึงคิดว่าไม่น่าจะมีผลกระทบด้านราคาต่อผู้บริโภคที่จะซื้อรับประทาน เมื่อเปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการที่จะได้รับ

ตารางที่ 4.9 การคำนวณราคากรดโฟลิก ต่อ การผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ

สารเสริม	ราคา (บาท)				
	ต่อ กิโลกรัม	ต่อ กรัม	ต่อ ไมโครกรัม	ต่อ แป้งดิบ 1 กิโลกรัม	ขนมจีนเสริม กรดโฟลิก *
กรดโฟลิก	20,000	20	0.02	20	35

หมายเหตุ : * ราคาขนมจีนเสริมกรดโฟลิก คำนวณเทียบจากเส้นขนมจีนที่ไม่เสริมกรดโฟลิกที่จำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดราคา 25 บาท ต่อ 1 กิโลกรัม (แป้งดิบ 1 กิโลกรัมสามารถผลิตเป็นเส้นขนมจีนได้ประมาณ 2 กิโลกรัม จึงคิดราคากรดโฟลิกต่อเส้นขนมจีน 1 กิโลกรัม เท่ากับ 10 บาท)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเสริมกรดโฟลิกในแป้งขนมจีนที่ระดับความเข้มข้น 100 - 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ พบว่าตัวอย่างขนมจีนที่ได้ เมื่อเสริมกรดโฟลิกในระดับที่สูงขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) จะมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อต่อค่าสีแดง (a^*) นอกจากนี้ยังมีผลทำให้ค่า pH มีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น การเสริมกรดโฟลิกในปริมาณดังกล่าวที่ทุกระดับความเข้มข้น รวมทั้งตัวอย่างควบคุม ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างขนมจีน สามารถสรุปได้ว่าการเสริมกรดโฟลิกในระดับ 100 – 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ ไม่ทำให้เกิดความผิดปกติของรสเปรี้ยวแตกต่างไปจากตัวอย่างควบคุม แต่มีผลต่อสี กลิ่นแปลกปลอม รสผิดปกติ และความเหนียวนุ่ม ในระดับที่ผู้ทดสอบชิมรับรู้ได้ถึงความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม อย่างไรก็ตามการเสริมกรดโฟลิกที่ทุกระดับความเข้มข้นในช่วงดังกล่าวไม่มีผลต่อความแตกต่างของทุกปัจจัยที่ทดสอบ ยกเว้นรสผิดปกติ กล่าวคือในตัวอย่างที่เสริมกรดโฟลิก 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ จะมีคะแนนของรสผิดปกติสูงกว่าตัวอย่างอื่น ๆ นอกจากนี้ขนมจีนเสริมกรดโฟลิกจะมีคะแนนความเหนียวนุ่มสูงกว่าตัวอย่างควบคุม กระบวนการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิกทุกขั้นตอนตั้งแต่การนวดผสมแป้งดิบ การโรยเส้น การล้างน้ำครั้งที่ 1 และการล้างน้ำครั้งที่ 2 มีผลทำให้ตัวอย่างแป้ง หรือขนมจีนที่ได้ในแต่ละขั้นตอนมีปริมาณกรดโฟลิกลดลงจากเริ่มต้น ในขณะที่ตัวอย่างในแต่ละขั้นตอนจะมีค่าความชื้นเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับที่ทุกระดับความเข้มข้นของกรดโฟลิกที่เสริมในช่วง 100 – 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาปริมาณกรดโฟลิกในตัวอย่างขนมจีนที่ได้จากขั้นตอนสุดท้าย โดยน้ำหนักแห้ง พบว่าปริมาณการเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 100, 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกทั้งหมดเมื่อเทียบกับเริ่มต้น คิดเป็นร้อยละ 76.20, 62.82 และ 69.40 โดยน้ำหนักเปียก หรือ 63.20, 30.52 และ 49.47 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จากผลการทดลองข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการเสริมกรดโฟลิกในแป้งขนมจีนที่ระดับ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม แป้งดิบ เป็นระดับที่เหมาะสม เนื่องจากเกิดการสูญเสียกรดโฟลิกในระหว่างกระบวนการแปรรูปน้อยที่สุด ซึ่งขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ได้มีปริมาณกรดโฟลิกประมาณ 111 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักเปียก เป็นปริมาณที่เพียงพอและปลอดภัยต่อผู้บริโภคทุกกลุ่มอายุตามข้อกำหนดของ DRI

ในการศึกษาผลของขนาดเส้นขนมจีนต่อความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิก สรุปได้ว่า ตัวอย่างขนมจีนที่มีขนาดเส้นเล็กกว่าจะมีโอกาสสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกในทุกขั้นตอนของการผลิตสูงกว่าตัวอย่างขนมจีนที่มีขนาดเส้นใหญ่กว่า นอกจากนี้การเก็บรักษาขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน มีผลทำให้กรดโฟลิกลดลงจากเริ่มต้นคิดเป็นร้อยละ 18.3 โดยน้ำหนักเปียก เมื่อนำขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 300 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมแป้งดิบ มาทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมโดยการทดสอบชิมเส้นขนมจีนเปล่า ๆ และชิมเส้นขนมจีนราดน้ำแกงเขียวหวาน สรุปได้ว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับขนมจีนเสริมกรดโฟลิกไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากการทดลองเกี่ยวกับความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างกระบวนการแปรรูปขนมจีนเสริมกรดโฟลิก พบว่ามีการสูญเสียกรดโฟลิกไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแห้ง จึงควรมีการศึกษาต่อไปเกี่ยวกับวิธีการลดการสูญเสียกรดโฟลิกดังกล่าวโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ

5.2.2 ควรมีการศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยาของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับต่างกันเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

5.2.3 ควรมีการทดลองผลของการบริโภคขนมจีนเสริมกรดโฟลิกต่อการเพิ่มระดับกรดโฟลิกในเลือดโดยเริ่มทำการทดลองกับสัตว์ทดลองก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

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.

นิรนาม. 2553 ก. สธ.เผยเด็กพิการปากแหว่ง เพดานโหว่ 1,500 คนต่อปี กรมอนามัยจัดกิจกรรมลูกครบ 32 สมองดี. (online) เข้าถึงได้จาก : http://www.moph.go.th/ops/iprg/include/admin_hotnew/show_hotnew.php?idHot_new=31802 (25 มิถุนายน 2553)

นิรนาม. 2553 ข. มิติใหม่แจกฟรี ยาลดเสี่ยง ปากแหว่ง เอ๋อ. (online) เข้าถึงได้จาก : http://*www.tpma.or.th/web/.../มิติใหม่แจกฟรี-ยาลดเสี่ยง-ปากแหว่ง-เอ๋อ.* (25 มิถุนายน 2553)

นิรนาม. 2553 ค. *การสำรวจการใช้แป้งสำเร็จรูปในการทำขนมจีน. เข้าถึงได้จาก :* http//www.mindandcare2u.com/news.php-enews_id=ENEW0700170.htm. (1 มิถุนายน 2553)

ประเสริฐ อัสสันตชัย. 2553. **สถานภาพทางโภชนาการในผู้สูงอายุ.** (online) เข้าถึงได้จาก : http://www.si.mahidol.ac.th/project/geriatrics/Articles/nutrition.pdf. (1 มิถุนายน 2553). 23-24.

มันทนา ประทีปะเสน, เรวดี จงสุวัฒน์, สุจิตต์ สาลีพันธ์ และ พูนศรี เลิศลักขณวงศ์. 2546. **ผลการสำรวจภาวะโภชนาการทางชีวเคมี.** รายงานการสำรวจภาวะอาหารและโภชนาการของประเทศไทย ครั้งที่ 5. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุ (รสพ). 115-116.

รัชนี ตัณฑะพานิชกุล 2544 . **เคมีอาหาร.** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 404 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุปราณี แจ้งบำรุง, ประไพศรี ศิริจักวาล, ประภาศรี ภูวเสถียร, เบ็ญจลักษณ์ ผลรัตน์, อุไรพร จิตต์แจ้ง, สุภัจฉรา นพจินดา, อรวรรณ ภู่ชัยวัฒนานนท์, ทิพยเนตร อริยปีติพันธ์ และ สุจิตต์ สาลีพันธ์. 2546. **วิตามินบีและโฟเลท.** ปริมาณสารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย . กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุ (รสพ). 116 – 121.

วิสิต จะวะสิต 2553. **การเสริมสารอาหารในอาหาร (Food Fortification).** สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน. 15-57.

อรอนงค์ นัยวิกุล 2551. **ผลิตภัณฑ์อาหารหมักดองจากข้าว. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 257-256.

อรพินท์ บรรจง, ธรา วิระยะพานิช และ อุไรพร จิตต์แจ้ง. 2545 **คู่มือการประเมินปริมาณอาหาร.** ฝ่ายโภชนาการชุมชน สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. : ฝ่ายการพิมพ์ สถาบันพัฒนาการสาธารณสุขอาเซียน มหาวิทยาลัยมหิดล. 108.

Anonymous. 2010. **Folic acid.** From Wikipedia , The free encyclopedia. (online) Available at : http://en.wikipedia. Org/wiki/Folic_acid. (June 1, 2010).

AOAC. 2000. **Official Method of Analysis of AOAC International,** 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia. (Method 992.05) pp 24-26.

Assawapromtada , C. 2008. **Sensory Acceptability and Nutrient Stability of Double-Fortified Wheat Flour.** A Thesis submitted in Partial Fulfillment of The Requirements for The Degree of Master of Science (Food and Nutrition for Development) Faculty of Graduate Studies Mahidol University.

Boeneke C.A, and Aryana K.J. 2008. **Effect of Folic Acid Fortification on the Characteristics of Lemon Yogurt.** LWT-Food Science and Technology. 41: 1335 – 1343.

Cheung , R.H.F., Hughes , J.G., Marriott , P.J., and 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 C.M., Bruce A., and 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 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Karin M.F., Margaretha I.J., Karin W., and Cornelia M. 2000. **Folates and Dairy Products: A Critical Update.** Journal of the American College of Nutrition. 19 : 100–110.

Locksmith G.L, and Duff P. 1998. **Preventing Neural Tube Defects:The Importance of Periconceptional Folic Acid Supplements.** Obstet Gynecol. 91(6) :1027-1034.

Madjupa , K. 2002. **The Relationship Between Perconceptional Dietary Folate Intake and Serum Folate Status Among Suburban Thai Women of Child-Bearing Age in Bangkok.** A Thesis Submitted in Partial Fulfillment Of The Requirements For The Degree Of Master Of Science (Food and Nutrition For Development) Faculty Of Graduate Studies Mahidol University .

Neuhouser M.L., and Beresford S. A. A. , 2001. **Folic Acid: are Current Fortification Levels adequate?.** Nutrition. 17:868–872.

Shrestha , A. K. , Arcot , J., and 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.

Suphichayangkoon N., and Jirapakkul W. 2004. **Comparison of Physical Properties and Volatile Compounds in Commercial Fermented Rice Noodle (Khanom-jeen).** Proceedings of 42 nd Kasetsart University Annual Conference: Fisheries, Agro-Industry, Bangkok (Thailand). 521-526.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารละลายสำหรับผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมสารละลายกรดโฟลิกสำหรับผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

1. สารเคมี

1.1 สารละลายกรดโฟลิกเข้มข้น 5,000 ไมโครกรัม ต่อ มิลลิลิตร

1.2 สารละลายกรดโฟลิกเข้มข้น 100, 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ มิลลิลิตร

2. การเตรียมสารเคมี

2.1 การเตรียมสารละลายกรดโฟลิกสำหรับใส่ลงผสมกับแป้งขนมจีนในขั้นตอนการนวดน้ำ

2.1.1 สารละลายกรดโฟลิกเข้มข้น 5,000 ไมโครกรัม ต่อ มิลลิลิตร

ชั่งกรดโฟลิกเกรดอาหาร 0.25 กรัม (Sunrise, China) ละลายด้วยน้ำอุ่นเล็กน้อยลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำอุ่นจนถึงขีดวัดปริมาตร เก็บใส่ขวดสีชา แช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สำหรับใช้เป็น stock solution

2.1.2 สารละลายกรดโฟลิกเข้มข้น 100 , 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ มิลลิลิตร

ปีเปตสารละลายกรดโฟลิกจากขวด stock เตรียมไว้ในข้อ 2.1.1. ปริมาตร 1, 3, 5 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร สำหรับการเสริมกรดโฟลิกในขนมจีนที่ระดับ 100, 300 และ 500 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมแป้ง ปรับปริมาตรด้วยน้ำอุ่นจนถึงขีดวัดปริมาตร เก็บใส่ขวดสีชาสำหรับใช้ผสมลงในแป้งขนมจีนในขั้นตอนการนวดน้ำ โดยใช้สัดส่วนของแป้งขนมจีน 5 กิโลกรัม ต่อสารละลายกรดโฟลิกที่ระดับต่าง ๆ 50 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ปริมาณกรดโฟลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ปริมาณกรดโฟลิกโดยวิธีทางจุลชีววิทยา Microbiological assay (*Lactobacillus casei*) ตามวิธีการของ AOAC 960.46H (2000)

1. สารเคมี

1.1 สารละลายมาตรฐานกรดโฟลิกเข้มข้น 100 ไมโครกรัม ต่อ มิลลิลิตร

1.2 สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.1

1.3 สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.5 % กรดแอสคอบิค

1.4 เอนไซม์ 2 % แอลฟาอะไมเลส

1.5 อาหารเลี้ยงเชื้อ Lactobacilli MRS broth

1.6 อาหารเลี้ยงเชื้อ Folic assay medium

2. การเตรียมสารเคมี

2.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดโฟลิกเข้มข้น 100 ไมโครกรัม ต่อ มิลลิลิตร ชั่งสารละลายมาตรฐานกรดโฟลิก (sigma, USA) 25 มิลลิกรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียด ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ละลายด้วย 0.1 นอร์มัล โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จนสารละลายใส ปรับ pH เป็น 7 ด้วย 0.1 โมลาร์กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ด้วย 25 % เอททานอล เก็บใส่ขวดสีชา แช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส รอการใช้งานสำหรับการเตรียมกราฟมาตรฐาน

2.2 การเตรียมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.1

2.2.1 ชั่งสาร Disodium Phosphate 31.2 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน DI ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร เก็บใส่ขวดสีชา แช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สำหรับใช้งานต่อไป

2.2.2 ชั่งสาร Monosodium Phosphate 28.39 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร เก็บใส่ขวดสีชา แช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สำหรับใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การเตรียมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.5 % กรดแอสคอบิค (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)
ตวงสารละลาย (2.2.1) 212.5 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 6,000 มิลลิลิตร และตวงสารละลาย (2.2.2) 35.5 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ใบเดิม เติมกรดแอสคอบิค 5 กรัม ลงไปคนให้เข้ากัน ปรับ pH เป็น 6.1 ด้วย 15 % โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตรด้วยน้ำปราศจากไอออน DI

2.4 การเตรียมเอนไซม์ 2 % แอลฟาอะไมเลส (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)
ชั่ง α-amylase 0.5 กรัม ละลายด้วยน้ำ DI ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร หมุนเหวี่ยงที่ 3,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนในไว้ใช้งานต่อไป

2.5 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Lactobacilli MRS broth
ชั่ง Lactobacilli MRS broth 55 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน DI ประมาณ 1,000 มิลลิลิตร นำไปตั้งบน hot plate stirrer เพื่อให้อาหารละลาย ปิเปตใส่หลอดทดลองฝาเกลียวขนาด 15 มิลลิลิตร ประมาณ 5 มิลลิลิตร ปิดฝานำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซียส 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เก็บแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (สำหรับไว้ subculture)

2.6. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Folic assay medium
ชั่ง Folic assay medium 9.4 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน DI ประมาณ 100 มิลลิลิตร นำไปตั้งบน hot plate stirrer เพื่อให้อาหารละลาย กรองผ่าน membrane filter ขนาด 0.45 ไมคอรน

3. การวิเคราะห์ปริมาณกรดโฟลิก

3.1. การเตรียมเชื้อสำหรับวิเคราะห์กรดโฟลิก
นำเชื้อที่เลี้ยงไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง ไปหมุนเหวี่ยงแยกเซล ด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ 2,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5-10 นาที ทิ้งอาหารเลี้ยงเชื้อเก่า ล้างเซลด้วยน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 0.9% หมุนเหวี่ยงแยกเซล ด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ 2,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5-10 นาที ทิ้งส่วนของน้ำเกลือ (ทำซ้ำ 2-3 ครั้ง) เจือจางเชื้อให้มีความเข้มข้น 1:10 ด้วยน้ำเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.9 %

3.2 การวิเคราะห์กรดโฟลิกด้วยวิธีทางจุลชีววิทยา

3.2.1 สุ่มตัวอย่างเส้นขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับต่าง ๆ และตัวควบคุม ผสมกับสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.5 % กรดแอสคอบิค ปั่นให้ละเอียดจนเป็นเนื้อเดียวกันด้วย Blender

3.2.2 ชั่งตัวอย่างขนมจีนประมาณ 1 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่สีชา ขนาด 250 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.5 % กรดแอสคอบิค 30 – 40 มิลลิลิตร ปิดปากด้วย foil เขย่าเบาๆ เตรียมแบงค์ (blank) โดยไม่เติมตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิก เติมเฉพาะสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.5 % กรดแอสคอบิค 30 – 40 มิลลิลิตร

3.2.3 ย่อยด้วย autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

3.2.4 เติมเอนไซม์ α – amylase cat no A3176 (20 mg/ml) 2 มิลลิลิตรต่อกรัมตัวอย่าง นำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.2.5 หยุดการทำงานของเอนไซม์ที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที โดย autoclave

3.2.6 ปรับปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตรด้วยน้ำปราศจากไอออน DI

3.2.7 กรองสารละลายตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42

3.2.8 ปรับ pH เป็น 6.2 ด้วย 0.1 โมลาร์ HCl และ 15% NaOH

3.2.9 เจือจางสารละลายตัวอย่างตามตารางข้างล่าง

การทำกราฟมาตรฐาน:

ความเข้มข้นของกรดโฟลิก (นาโนกรัมต่อหลอด)	0.125	0.25	0.50	0.75	1.0
สารละลายมาตรฐาน (sigma , USA) (มิลลิลิตร)	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0
น้ำปราศจากไอออน (มิลลิลิตร)	4.75	4.5	4.0	3.5	3.0
อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดพิเศษ (มิลลิลิตร)	5	5	5	5	5

การเจือจางตัวอย่าง:

ความเข้มข้นของกรดโฟลิก (นาโนกรัมต่อหลอด)	0.125	0.25	0.50	0.75
สารละลายตัวอย่าง (มิลลิลิตร)	0.25	0.5	1.0	1.5
น้ำปราศจากไอออน (มิลลิลิตร)	4.75	4.5	4.0	3.5
อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดพิเศษ (มิลลิลิตร)	5	5	5	5

3.2.10 นำไปฆ่าเชื้อใน autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

3.2.11 เตรียมเชื้อตามข้อ (7) เติมลงในหลอดทดลอง 100 ไมโครลิตร

3.2.12 บ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.13 หยุดการเจริญเติบโตของเชื้อที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที ด้วย autoclave

3.2.14 นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนมิเตอร์ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (วัดความขุ่นของเชื้อ)

3.2.15 คำนวณผลเทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐาน คำนวณผลตามสมการด้านล่าง

ปริมาณกรดโฟลิก (ไมโครกรัม / 100 กรัม)

$$= \frac{\text{ปริมาณกรดโฟลิกจากกราฟมาตรฐาน X dilution factor X ปริมาตรทั้งหมด}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้}}$$

ตัวอย่างการคำนวณขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 300 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมแป้งดิบ (เตรียมโดยไม่เติมบัฟเฟอร์)

ชั่งตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิก 1.02 กรัม (ทำตามวิธีวิเคราะห์ข้อ 3.2.1-3.2.14) ได้ทำการเจือจางสารละลายตัวอย่างเป็น 5 เท่า (เพื่อให้ค่าที่วัดได้อยู่ในช่วงของกราฟมาตรฐาน) นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนมิเตอร์ที่ความเข้มข้นของกรดโฟลิก 0.25 (นาโนกรัมต่อ หลอด) อ่านค่าตัวอย่างได้เท่ากับ 0.1427 และ 0.1612 ค่าแบลงก์เติมเอนไซม์ เท่ากับ 0.0292 ค่าสมการของกราฟมาตรฐานเท่ากับ ($y = 0.42x$)

วิธีคิด $\frac{0.1427+0.1612}{2} = 0.1520 - 0.0292 = \frac{0.1228}{0.42} = 0.2924$ (นาโนกรัม ต่อ หลอด)

เทียบกลับเป็นมิลลิลิตรเท่ากับ $\frac{0.2924}{0.5} = 0.5848 \times 5$ (dilution factor) $= 2.924$ (นาโนกรัม ต่อ มิลลิลิตร)

เทียบกลับเป็น 200 มิลลิลิตรเท่ากับ $\frac{2.924 \times 200}{1000} = 0.5848$ (ไมโครกรัม ต่อ 200 มิลลิลิตร)

เทียบกลับเป็น 100 กรัมเท่ากับ $\frac{0.5848 \times 100}{1.02} = 57.3333$ (ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม)

หมายเหตุกรณีเตรียมตัวอย่างด้วยบัฟเฟอร์ จะต้องคิดเทียบน้ำหนักกลับเป็นน้ำหนักที่ใช้ในการเตรียมจริง ๆ คือ ชั่งขนมจีนเสริมกรดโฟลิก 50 กรัม เติมบัฟเฟอร์ 100 กรัม ชั่งตัวอย่างวิเคราะห์ 1.02 จะเท่ากับ $1.02 \times 50 / 150 = 0.34$ กรัม (แทนค่าเทียบกลับเป็น 100 กรัม ของ 1.02 เป็น 0.34)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวัดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดสี (Minolta Chroma meter)

อุปกรณ์ได้แก่เครื่อง Minolta Chromameter ใช้หัววัด(Measuring Head) โมเดล CR-400 ประเทศญี่ปุ่น หน่วยประมวลผล (Data processor) โมเดล DP-401 และแผ่นเทียบสีมาตรฐาน (Calibration plate)

ระบบการวัด : Hunter Lab (L , a , b)

1. การเตรียมตัวอย่าง

นำขนมจีน ตัวอย่างควบคุมและขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ ปั่นด้วย Blander ให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ใส่ถุงพลาสติกใส แผ่เนื้อขนมจีนให้กระจายทั่วถุงที่บรรจุ โดยให้มีความหนาสม่ำเสมอเท่ากัน

2. การวัดตัวอย่าง

2.1 เปิดเครื่องวัดสีทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที ก่อนใช้งาน ทดสอบ

2.2 วัดกับแผ่นมาตรฐาน

2.3 นำตัวอย่างมาวัดสีอย่างน้อย 5 จุด โดยไม่ซ้ำจุดเดิม บันทึกผล

2.4 วิเคราะห์ผลเพื่อหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. การวิเคราะห์ผล

ค่า L คือค่าความส่องสว่าง (lightness) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 คือ ไม่มีความสว่างหรือสีดำ ถึงค่าความส่องสว่าง เป็น 100 คือความส่องสว่างสูงที่สุดหรือสีขาว

ค่า a คือค่าความแดง (redness) เมื่อมีค่าเป็นบวก (+) หรือค่าความเขียว (greenness) เมื่อมีค่าเป็น ลบ (-)

ค่า b คือค่าความเหลือง (yellowness) เมื่อมีค่าเป็นบวก (+) หรือค่าความน้ำเงิน (blueness) เมื่อค่าเป็นลบ (-)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter)

อุปกรณ์ได้แก่ เครื่องวัด pH รุ่น Orion โมเดล 210A ประเทศสหรัฐอเมริกา

1. การเตรียมตัวอย่าง

นำขนมจีน ตัวอย่างควบคุม และขนมจีนเสริมกรดโฟลิก ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ประมาณ 5 กรัม ลงในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นประมาณ 30 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียด ประมาณ 10-15 นาที เพื่อให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ล้างเครื่องปั่นละเอียดด้วยน้ำกลั่นอีก 70 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ใบเดิม

2. การวัดตัวอย่าง

2.1 เปิดเครื่องวัด pH ทิ้งไว้ก่อนใช้ประมาณ 15 นาที

2.2 นำตัวอย่างวัดด้วยเครื่องวัด pH โดยวัดประมาณ 3 ครั้ง บันทึกผล

2.3 วิเคราะห์ผลเพื่อหาค่าเพื่อหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acidity) ด้วยวิธี Titrimetric Method ตามวิธีการของ AOAC 930.35 (2000)

1. สารเคมี

1.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ NaOH ความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล

1.2 ฟีนอล์ฟทาลีน ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

1.3 เอททานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์

1.4 โพแทสเซียมพาทาเลต (potassium phthalate) ($KHC_8H_4O_4$)

2. การเตรียมสารเคมี

2.1 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จากนั้นนำไป standardize ด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมพาทาเลต

2.2 สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

ชั่งฟีนอล์ฟทาลีน 1 กรัม ละลายด้วยเอททานอล 100 มิลลิลิตร

2.3 การ standardize โซเดียมไฮดรอกไซด์

ละลายโพแทสเซียมพาทาเลตที่ผ่านการอบแห้งอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และทำให้เย็นในโถดูดความชื้นปริมาณ 0.6000-0.7000 กรัม ในน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 2 หยด นำมาไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่บรรจุอยู่ในบิวเรต จนกระทั่งสารละลายทำปฏิกริยาเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพู่อ่อนที่คงตัว โดยทำการไตเตรท 3 ซ้ำ บันทึกปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ คำนวณหาความเข้มข้นสมการดังนี้

$$\text{Normality ของ NaOH} = \frac{\text{จำนวนกรัมโพแทสเซียมพาทาเลต x 100}}{\text{มิลลิลิตร NaOH x 204.229}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด

3.1 ตัวอย่างที่ผ่านการวัดความเป็นกรด-ด่างจากภาคผนวก ง มาหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ 1,200 รอบ ต่อ นาที ประมาณ 5-10 นาที เพื่อตกตะกอนเนื้อแป้งออก

3.2 กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

3.3 ปิเปตตัวอย่างจากข้อ 3.2 ปริมาตร 5 มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตรลงไป หยดสารละลายฟีนอลทาลีน 2 หยด

3.4 นำมาไตเตรทด้วยสารละลาย 0.01 นอร์มัล โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จนเป็นสีชมพูอ่อน บันทึกผล คำนวณผลตามสมการ

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (\%)} = \frac{\text{ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน 0.01 นอร์มัล NaOH} \times \text{น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของกรดแลคติก} \times 100}{1{,}000 \times \text{ปริมาตรตัวอย่าง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

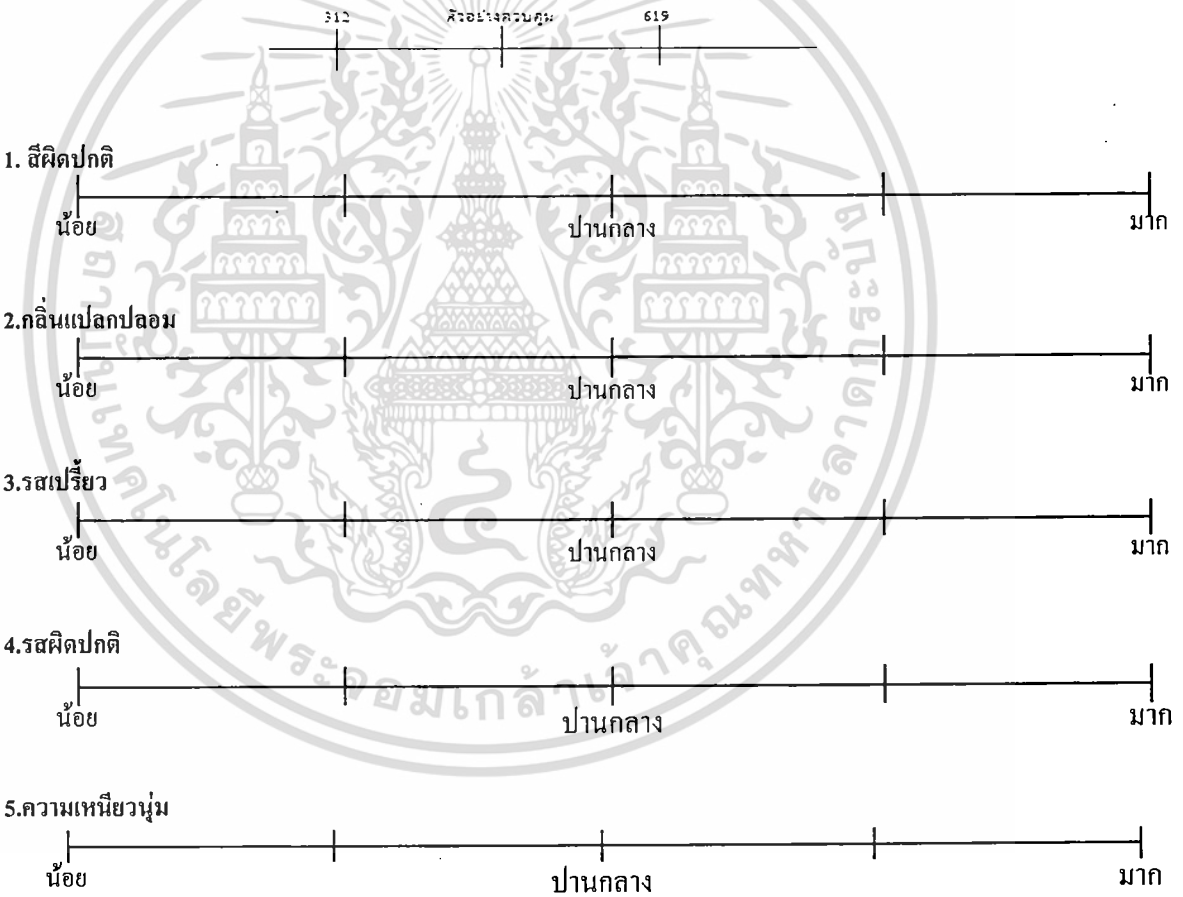
แบบประเมินการทดสอบด้านประสาทสัมผัส (Scoring test)

ผลิตภัณฑ์: ขนมจีน

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....**วันที่**.....

คำชี้แจง

ให้ประเมินตัวอย่างควบคุมแล้วขีดเส้น (I) ลงบนเส้นแต่ละคุณลักษณะทดสอบ จากนั้นทำการประเมินตัวอย่างทีละตัวอย่างแล้วให้เปรียบเทียบกับตัวอย่างอ้างอิงพร้อมกับขีดเส้น (I) และให้กำกับด้วยรหัสของตัวอย่าง ลงบนเส้นแต่ละคุณลักษณะทดสอบ (แสดงดังรูปตัวอย่าง) ในระหว่างตัวอย่างให้บ้วนปากด้วยน้ำดื่มก่อนทุกครั้ง



ข้อเสนอแนะ

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (Scoring test) จะใช้วิธีเปรียบ เทียบคะแนนแต่ละปัจจัยของผู้ทดสอบชิมแต่ละคนของตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับต่าง ๆ กับตัวอย่างควบคุม โดยนำคะแนนของแต่ละตัวอย่างหารด้วยคะแนนของตัวอย่างควบคุม จากนั้นคำนวณหาเฉลี่ยของผู้ทดสอบชิมทั้งหมด

ตัวอย่างการคำนวณ

ปัจจัยด้านสีผิดปกติ

- ตัวอย่างควบคุมได้คะแนนเท่ากับ 0.7
- ตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 100 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบได้คะแนนเท่ากับ 1.20

เพราะฉะนั้น ตัวอย่างควบคุมได้คะแนนเท่ากับ $\frac{0.7}{0.7}$ เท่ากับ 1.0

ตัวอย่างขนมจีนเสริมกรดโฟลิกได้คะแนนเท่ากับ $\frac{1.20}{0.7}$ เท่ากับ 1.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินการทดสอบด้านประสาทสัมผัส (7-point Hedonic scale)

ผลิตภัณฑ์: ขนมจีน

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....**วันที่**.....

คำชี้แจง: ทดสอบชิมตัวอย่างขนมจีนทีละตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบ (7 ระดับคะแนน) ของแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างตามคำอธิบายคะแนนความชอบ

1 = ไม่ชอบมาก

2 = ไม่ชอบปานกลาง

3 = ไม่ชอบเล็กน้อย

4 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ

5 = ชอบเล็กน้อย

6 = ชอบปานกลาง

7 = ชอบมาก

คุณลักษณะทดสอบ	.....	.....	.....	.....
สี	_____	_____	_____	_____
กลิ่น	_____	_____	_____	_____
รสชาติ	_____	_____	_____	_____
เนื้อสัมผัส	_____	_____	_____	_____
ความชอบโดยรวม	_____	_____	_____	_____

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช
ปริมาณความชื้นของตัวอย่างแป้งและขนมจีน ในระหว่างการแปรรูปขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช 1 ค่าความชื้นในตัวอย่างขนมจีนที่ได้จากขั้นตอนต่าง ๆ ในระหว่างการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิก

ตัวอย่างขนมจีน*	ค่าความชื้น (%)			
	แป้งผสมกรดโฟลิก	โรยเส้น	ล้างน้ำครั้งที่ 1	ล้างน้ำครั้งที่ 2
ตัวอย่างควบคุม (ขนาดเส้นใหญ่)	51.65±0.78	63.84±0.04	65.98±0.23	69.71±0.08
เสริมกรดโฟลิก 100 (ขนาดเส้นใหญ่)	52.43±1.36	61.11±1.38	65.06±0.11	66.59±0.41
เสริมกรดโฟลิก 300 (ขนาดเส้นใหญ่)	52.43±1.36	70.99±1.83	71.68±0.93	72.38±0.77
เสริมกรดโฟลิก 500 (ขนาดเส้นใหญ่)	51.91±1.45	61.82±0.52	66.45±0.24	67.71±1.61

หมายเหตุ : * ตัวอย่างขนมจีน 100 , 300 และ 500 หมายถึง การเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 100 , 300 และ 500 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช 2 ค่าความชื้นในตัวอย่างขนมจีนที่ได้จากขั้นตอนต่าง ๆ ในระหว่างการผลิตขนมจีนเสริมกรดโฟลิกที่มีขนาดเส้นเล็กและขนาดเส้นใหญ่

ตัวอย่างขนมจีน*	ค่าความชื้น (%)			
	แป้งผสมกรดโฟลิก	โรยเส้น	ล้างน้ำครั้งที่ 1	ล้างน้ำครั้งที่ 2
ตัวอย่างควบคุม (ขนาดเส้นใหญ่)	51.65±0.78	63.84±0.04	65.98±0.23	69.71±0.08
เสริมกรดโฟลิก 300 (ขนาดเส้นใหญ่)	52.43±1.36	70.99±1.83	71.68±0.93	72.38±0.77
เสริมกรดโฟลิก 300 (ขนาดเส้นเล็ก)	52.43±1.36	67.93±2.03	72.81±0.40	75.94±0.15

หมายเหตุ : * ตัวอย่างขนมจีน 300 หมายถึง การเสริมกรดโฟลิกที่ระดับ 300 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมแป้งดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัวหัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-สกุล นาย ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ.	เคมี	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2531
วท.ม.	เทคโนโลยีการอาหาร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2534
Ph.D.	Food Science	University of Wisconsin-Madison, USA	2543

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- Food Chemistry and Biochemistry
- Food Enzymology
- Functional Foods and Nutraceuticals

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

1. สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเมล็ดส้มสายพันธุ์ต่างๆ (ทุนเงินรายได้ ปี 2545)
2. สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันและการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวาน (ทุนงบประมาณปี 2547)
3. ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากผลไม้และวัสดุเหลือทิ้งจากผลไม้ (ทุนงบประมาณปี 2548)
4. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของกล้วยน้ำว้าและผลิตภัณฑ์ (ทุนงบประมาณปี 2549)
5. ปริมาณกรดฟีนอลิก สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วงพันธุ์ต่าง ๆ ที่ระดับความสุกต่างกัน(ทุนงบประมาณปี 2550)
6. สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงและผลของน้ำตาลชนิดต่างๆต่อประสิทธิภาพการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในผลิตภัณฑ์กุนเชียงและหมูแผ่น (ทุนงบประมาณปี 2551)
7. การใช้พืชสมุนไพรชนิดต่าง ๆในการเพิ่มมูลค่าเชิงพาณิชย์และคุณค่าเชิงสุขภาพของน้ำส้มสายชูกลั่น (ทุน สกว.-สสว. ปีงบประมาณ 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การตรวจหาอะคริลาไมด์ในตัวอย่างอาหารไทยที่ใช้วัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรทสูง และผ่านกระบวนการแปรรูปโดยวิธีการทอด (ทุนงบประมาณปี 2552)

9. ผลของการเตรียมขั้นต้นและการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพหลักทางเคมีกายภาพและโภชนาการของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง (ทุนงบประมาณปี 2553)

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

1. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม และวันทนีย์ ช้างน้อย. 2545. การเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและศักยภาพการต้านปฏิกิริยาออก ซิเดชันของสารสกัดจากเมล็ดพืชตระกูลส้มสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกในประเทศไทย. อาหาร. 32(4): 300-307.

2. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม.2546. ผลของกรรมวิธีแปรรูปต่อการสูญเสียปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศ. อาหาร. 33(2): 111-117.

3. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2546. ผลของอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และเกลือสังกะสีคลอไรด์ต่อความคงตัวของสีเขียวของสารสกัดใบเตย. อาหาร. 33(4): 277-282.

4. ศิริวรรณ จำแนกสาร และ ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2552. ผลของระดับความสุกต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือกและเนื้อกล้อยหอมทองและกล้วยไข่.วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า. 1(1): 49-60.

5. Anderson, C., Pinsirodom, P. and Parkin, K.L. 2002. Hydrolytic selectivity of patatin (lipid acyl hydrolase) from potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers toward various lipids. J. Food Biochem. 26(1): 63-74.

6. Pinsirodom, P. and Intaporn, C. 2004. Composition and positional distribution of fatty acids in triacylglycerols of papaya seed oil. Proceedings of the 1st KMITL Interanational Conference on Inte- gration of Science & Technology for Sustainable Delvelopment. 25-26 August, Bangkok, Thailand. Vol. 2. 349-351

7. Pinsirodom, P.; Watanabe, Y.; Nagao, T.; Sugihara, A.; Kobayashi, T. and Shimada, Y. 2004. Critical temperature for production of MAG by esterification of different FA with glycerol using *Penicillium camembertii* lipase. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 81(6): 543-547.

8. Watanabe, Y.; Pinsirodom, P.; Nagao, T.; Kobayashi, T.; Nishida, Y.; Takagi, Y. and Shimada, Y. 2005. Production of FAME from acid oil model using immobilized *Candida antarctioca* lipase. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 82(11): 825-831.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Watanabe, Y., Pinsirodom, P., Nagao, T., Yamaichi, A., Kobayashi, T., Nishida, Y., Takagi, Y., Shimada, Y.2007. Conversion of acid oil by-produced in vegetable oil refining to biodiesel fuel by immobilized Cadida Antarctica lipase. *J. Mol. Cat. B: Enzymatic.* 44: 99-105.

10. Pinsirodom, P., Rungcharoen, J., Liumminful, A.2008. Quality of commercial wine vinegars evaluated on the basis of total polyphenol content and antioxidant properties. *As. J. Food Ag-Ind.* 1(4):232-241.

การเสนอผลงานวิชาการ

1. เกรียงศักดิ์ ภูษิต และ ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2548. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไขอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วง. การประ- ชุมสัมมนาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรครั้งที่ 7: เทคโนโลยีอาหารก้าวไกลนำไทยสู่ครัวโลก.วันที่ 22-24 มิถุนายน ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติไบ-เทค บางนา กรุงเทพมหานคร. 9 หน้า.

2. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม ทิพเนตร ปริณามโอสถ และกรวิทย์ พงษ์ประเสริฐ. 2548. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของถั่วเขียวและถั่วเหลืองในระหว่างการงอก.การ ประชุมสัมมนาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรครั้งที่ 7: เทคโนโลยีอาหารก้าวไกลนำไทยสู่ครัวโลก.วันที่ 22-24 มิถุนายน ณ ศูนย์ประชุมนานา- ชาติไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร. 9 หน้า.

3. นภชลัช ยอดพรหม ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม และ อดิศร เสวตวิวัฒน์. 2549. สมบัติการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเปลือกมะม่วงต่อแบคทีเรียก่อโรคและแบคทีเรียแลคติค. การประชุมสัมมนาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรครั้งที่ 8: นวัตกรรมทางอาหาร. วันที่ 15-16 มิถุนายน ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร. 7 หน้า.

4. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2549. ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวขัดขาว ข้าวกล้อง และข้าวที่มีสีเข้ม. การประชุมสัมมนาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรครั้งที่ 8: นวัตกรรมทางอาหาร. วันที่ 15-16 มิถุนายน ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร. 7 หน้า.

5. Pinsirodom, P. and Intaporn, C. 2004. Composition and positional distribution of fatty acids in triacylglycerols of papaya seed oil. Proceedings of the 1st KMITL Interanational Conference on Inte- gration of Science & Technology for Sustainable Delvelopment. 25-26 August, Bangkok, Thailand. Vol. 2. 349-351

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Angsujinda, S., Swetwiwathana, A., Surapunpisid, Y. and Pinsirodom, P. 2005. Antimicrobial effect of Roselle (*Hibicus sabdariffa* Linn.) extract against bacterial pathogens associated in Thai fermented meat (Nham). The 51st International Congress of Meat Science and Technology. 7-12 August, Baltimore, Maryland, USA. 6 pp.

7. Pinsirodom, P., Akkarapolkul, M., Suksawad, S. 2007. Assays of Fibrinolytic enayme activity in Thai traditional fermented foods. International Conference on Integration of Science & Technoloty for Sustainable Development, 26-27 April, Bangkok, Thailand. 166-169.

8. Parinyapatthanaboot, T. and **Pinsirodom, P.** 2010. Effect of anthocyanins from different plant source on the oxidative stability of vacuum packed Chinese-style sausage during storage. *The 56th International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST),* Jeju International Convention Center, Jeju Island, Republic of Korea, 15-20 August.

9. Parinyapatthanaboot, T. and **Pinsirodom, P.** 2010. Antioxidant properties of roselle extract and its antilipoperoxidant efficiency in meat products as affected by sucrose. *The 56th International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST),* Jeju International Convention Center, Jeju Island, Republic of Korea, 15-20 August.

10. Parinyapatthanaboot, T. and **Pinsirodom, P.** 2011. Effect of xylitol concentration on oxidative stability and quality parameters of roselle anthocyanin added Chinese-style sausage. *The 12th ASEAN Food Conference*, 16-18 June, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand, pp. 586-589.

11. Parinyapatthanaboot, T. and **Pinsirodom, P.** and Tai, P.J. 2011. Thermal stability and kinetic degradation of anthocyanin extracted from nanaparticled roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in model system. *The 12th ASEAN Food Conference*, 16-18 June, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand.

ประวัติส่วนตัวผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ-สกุล นาง ภัทธิรา ยิ่งเลิศรัตนะกุล

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ.	ชีววิทยา	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	2535
วท.ม.	วิทยาศาสตร์การอาหาร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ	2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- Food Microbiology
- Food Chemistry
- Plant Tissue culture
- Cell culture
- Biochemistry

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

1. การเสริมกรดโฟลิกในขนมจีน (ทุนกรมอนามัย ปี 2553)

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

1. พิมพร วัชรางค์กุล และ ภัทธิรา ยิ่งเลิศรัตนะกุล. 2001. ปริมาณโคเลสเตอรอลและกรดไขมันในอาหารปรุงสำเร็จพร้อมรับประทานแต่ละภาคของประเทศไทย. HEALTH. 24(2):83-92.
2. ภัทธิรา ยิ่งเลิศรัตนะกุล, เพ็ญโพยม ประภาศิริ, วารีทิพย์ พึ่งพันธ์. 2549. การศึกษาพลังงานในอาหารว่างและขนมขบเคี้ยว, วารสารองค์การเภสัชกรรม, 32(1):22-35.
3. ภัทธิรา ยิ่งเลิศรัตนะกุล และ ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2554. คุณภาพของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกและความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการผลิตและการเก็บรักษาขนมจีน. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 661-669.
4. นันทยา จงใจเทศ, ปิยนันท์ เผ่าม่วง, ภัทธิรา ยิ่งเลิศรัตนะกุล และวารีทิพย์ พึ่งพันธ์. 2554. สารอาหารในกาแฟเย็น. วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม. 34(4):60-68.
5. Mesomya W, Cuptapun, Jittanoonta P, Hengsawadi D, Boonvisut S, Huttayanon P and Sriwatana. 2002. Nutritional Evaluations of Green Catfish, Mystus nemurus. Kasetsart J (Nat. Sci) 36:69-74.

การเสนอผลงานวิชาการ

1. ภัทธิรา ยิ่งเลิศรัตนะกุล และ ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2554. คุณภาพของขนมจีนเสริมกรดโฟลิกและความคงตัวของกรดโฟลิกในระหว่างการผลิตและการเก็บรักษาขนมจีน. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน : ตามรอยพระยุคลบาท เกษตรศาสตร์กำแพงแสน. วันที่ 8-9 ธันวาคม ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กำแพงแสน. นครปฐม. 10 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้