ผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในไข่ผำแห้งและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

EFFECT OF TEMPERATURE ON ANTIOXIDANT ACTIVITY IN WATER MEAL (*Wolffia arrhizal* (L.) Wimm) AND APPLICATION IN FOOD PRODUCTS

ภาชณุมาศ ทองคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในไข่ผำแห้งและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

ภาชณุมาศ ทองคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในไข่ผำแห้งและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร Effect of Temperature on Antioxidant Activity in Water meal (*Wolffia arrhizal* (L.) *Wimm*) and Application in Food Products
ชื่อ - นามสกุล	นางภาชณุมาศ ทองคำ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ประดิษฐา ภาษาประเทศ, กศ.ด.
ปีการศึกษา	2562

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, ปร.ด.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิจิตรา เหลียวตระกูล, Ph.D.)

..... กรรมการ
(อาจารย์ประดิษฐา ภาษาประเทศ, กศ.ด.)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาคร ชลสาคร, Ph.D.)
วันที่ 27 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2563

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในไข่ผำแห้งและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร
ชื่อ - นามสกุล	นางภาชณุมาศ ทองคำ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ประดิษฐา ภาษาประเทศ, กศ.ด.
ปีการศึกษา	2562

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำที่อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน 2) ศึกษาสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ และ 3) ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

วิธีวิจัยคือ ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำอบแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน โดยทำการ แปรผันอุณหภูมิเตาอบแห้ง 4 ระดับ คือ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์เพื่อหาไข่ผำที่มีฤทธิ์ดีที่สุด ศึกษาสูตรพื้นฐานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เหมาะสม ศึกษาผลของไข่ผำอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ ต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก โดยทำการคัดเลือกเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ศึกษาหาปริมาณไข่ผำอบแห้งที่เหมาะสมในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก โดยทำการแปรผันระดับของไข่ผำอบแห้งเป็น 3 ระดับ คือร้อยละ 1 2 และ 3 ทำการคัดเลือกโดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้ผู้ทดสอบ 100 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ เพื่อคัดเลือกปริมาณที่เหมาะสมของไข่ผำอบแห้ง ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำโดยใช้แบบสอบถามแบบออนไลน์ใช้ผู้ทดสอบ 100 คน

ผลการศึกษาพบว่า ไข่ผำที่อบแห้งอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลาทำแห้ง 30 ชั่วโมง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH 575.36 mgTE สารประกอบฟีนอลิก 731.60 mgGAE และสารประกอบฟลาโวนอยด์ 300.33 mgQE ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสูตรพื้นฐานที่ 2 เหมาะสมที่สุด เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมไข่ผำอบแห้งอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสให้ค่าต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดคือมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH 5.30 mgTE สารประกอบฟีนอลิก 25.86 mgGAE และสารประกอบฟลาโวนอยด์ 84.86 mgQE ปริมาณไข่ผำอบแห้งที่เหมาะสมคือร้อยละ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดคือ สี 7.97 (ชอบ) กลิ่น 8.02 (ชอบมาก) การเกาะตัวของเส้น 7.51 (ชอบ) ความเหนียวนุ่ม 7.73 (ชอบ) และความชอบโดยรวม 8.21 (ชอบมาก) การศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำด้วยแบบสอบถามแบบออนไลน์พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 80 สนใจซื้อผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ : ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ไข่ผำ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

Thesis Title	Effect of Temperature on Antioxidant Activity in Dried Water meal (*Wolffia arrhizal* (L.) *Wimm*) and Application in Food Products
Name - Surname	Mrs. Pachanumas Thongkham
Program	Home Economics Technology
Thesis Advisor	Mrs. Praditha Parsapratet, Ed.D.
Academic Year	2019

ABSTRACT

The objectives of this research were: 1) to examine the antioxidant activity of water meal dried at various temperature for making small rice noodle, 2) to develop the proper formula of small rice noodle mixed with dried water meal, and 3) to access the consumer's acceptability towards small rice noodle mixed with dried water.

The main factors to study in this research were the appropriate temperature and time for drying water meal to make small rice noodle with water meal at 4 levels of temperature: 40, 50, 60 and 70 °C and the antioxidant activity of water meal. The DPPH method was used to investigate antioxidant activity of water meal, the total phenolic and total flavonoid content. The small rice noodle mixed with dried water meal with proper formula was tested. The effect of dried water meal at different temperatures on antioxidant activity of small rice noodle was studied by selecting the small rice noodle with the most antioxidant activity. The appropriate volume of dried water meal was investigated by varying three levels of volumes: 1%, 2% and 3% and then selected through the sense testing of nine scales of the favorite from 100 people. The physical, chemical and microbiological qualities of small rice noodle made from water meal were investigated. The consumer's acceptability to get the most favorite formula was collected by online questionnaire from 100 people.

The study results revealed that the water meal dried at 40 °C for 30 hours and provided antioxidant activity tested by DPPH method at 575.36 mgTE, phenolic compound at 731.60 mgGAE and total flavonoid compound at 300.33 mgQE. The most proper formula in making small rice noodle mixed with dried water meal was the formula 2 - the water meal dried at 40 °C provided antioxidant activity tested by DPPH method at 5.30 mgTE, phenolic compound at 25.86 mgGAE and total flavonoid compound at 84.86 mgQE. The 1 percent of water meal was the most accepted by the consumers. Its qualities with favorite points were colour of 7.97, smell of 8.02, noodle

gathering of 7.51 and soft of 7.73. The overall favorite was 8.21. When considering the quality of color value, it contained bright (L*), red (a*) and yellow (b*) of 51.37, 1.57 and 7.00, respectively. The consumers' acceptability of small rice noodle mixed with water meal showed that 80 % of consumers were interested of buying the product.

Keywords: antioxidant activity, water meal, small rice noodle

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ได้รับความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร.ประดิษฐา ภาษาประเทศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ พุทธกาล และ ดร.ปพนพัชร์ ภัทรฐิติวัสส์ ในการให้คำปรึกษาตั้งแต่หัวข้อวิทยานิพนธ์ ข้อมูลและคำแนะนำต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง โดยเฉพาะการวางเค้าโครง แนวทางการเขียนเนื้อหาและการวิเคราะห์ของงานวิจัย ซึ่งถือเป็นแรงกระตุ้นได้อย่างดียิ่ง อีกทั้งยังได้สละเวลาอันมีค่าเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวิทยานิพนธ์ให้เป็นอย่างดี ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งใจและสำนึกในพระคุณ ขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรา เหลียวตระกูล ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และประธานหลักสูตรปริญญาโท ที่ได้กรุณาชี้แนะแนวทางและคำแนะนำ ตลอดจนข้อสังเกตต่างๆ ทำให้เกิดการพัฒนาแนวความคิดและไตร่ตรองปัญหา ได้อย่างรอบคอบ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ของเนื้อหาอย่างครบถ้วน

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการแผนกวิชาอาหารและโภชนาการ คณะคหกรรม วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือ อุปกรณ์ ในการเตรียมไข่ผำอบแห้งผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ คณะครู บุคคลากรการศึกษา ตลอดจนนักเรียนนักศึกษาที่ช่วยทดสอบชิมและตอบแบบสอบถามความชอบผลิตภัณฑ์ เพื่อการพัฒนาจนเป็นผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ ขอขอบคุณศูนย์บริการธุรกิจอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือ อุปกรณ์ในทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก และก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเขียนงานวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกระหว่างการดำเนินการวิจัย

ท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบคุณมารดา บิดาที่ให้การอุปการะอบรมเลี้ยงดู และครอบครัวที่ให้การสนับสนุนตลอดจนส่งเสริมการศึกษา ให้กำลังใจเป็นอย่างดี อีกทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา ขอขอบคุณเจ้าของผลงาน เอกสารและงานวิจัยทุกท่าน ที่ได้ให้ผู้เขียนค้นคว้าได้นำมาอ้างอิงในการวิจัย จนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ภาชณุมาศ ทองคำ

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		(4)
กิตติกรรมประกาศ		(5)
สารบัญ		(7)
สารบัญตาราง		(9)
สารบัญรูป		(10)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ		(11)
บทที่ 1	บทนำ	12
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	12
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	13
	1.3 ขอบเขตของการวิจัย	13
	1.4 สมมติฐานการวิจัย	14
	1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย	14
	1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	14
บทที่ 2	วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
	2.1 ไข่ผำ	15
	2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ	23
	2.3 ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก	30
	2.4 การทำแห้ง	36
	2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	39
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย	42
	3.1 วัตถุดิบ	42
	3.2 สารเคมี	42
	3.3 อุปกรณ์	43
	3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	43
	3.5 ระยะเวลาในการทดลอง	49
	3.6 สถานที่ทำการวิจัย	49

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 4	ผลการทดลองและการวิจารณ์	50
	4.1 ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำที่อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน	50
	4.2 ศึกษาสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ	51
	4.3 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ	56
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	60
	5.1 สรุปผลการทดลอง	60
	5.2 ข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม		62
ภาคผนวก		67
ภาคผนวก ก	รายงานผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ	67
ภาคผนวก ข	แบบประเมินความชอบของผู้บริโภค	72
ภาคผนวก ค	สูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กและสูตรผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ	80
ภาคผนวก ง	รูปการเตรียมวัตถุดิบในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำและรูปการพัฒนาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ	86
ภาคผนวก จ	มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งและมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป	99
ภาคผนวก ฉ	แบบตอบรับการตีพิมพ์เผยแพร่	117
ประวัติผู้เขียน		122

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	คุณค่าทางโภชนาการของไข่ผำ 100 กรัม	19
ตารางที่ 2.2	เปรียบเทียบปริมาณสารอาหารของไข่ผำอบแห้งจากการวิเคราะห์กับอาหารชนิดอื่น	21
ตารางที่ 2.3	Reactive Oxygen และ Nitrogen Species ที่มีความสำคัญทางชีวภาพ	26
ตารางที่ 2.4	คุณสมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน	31
ตารางที่ 3.1	แสดงปริมาณ (ร้อยละ) ของส่วนประกอบตามสูตรพื้นฐานที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก	45
ตารางที่ 3.2	แสดงปริมาณ (ร้อยละ) ของส่วนประกอบตามสูตรผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ	46
ตารางที่ 3.3	แสดงสิ่งทดลองในการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ	47
ตารางที่ 4.1	ค่าสีของไข่ผำที่อบแห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิและเวลาที่ต่างกัน	50
ตารางที่ 4.2	ผลศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Assay ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ ของไข่ผำที่อุณหภูมิต่างกัน	51
ตารางที่ 4.3	คะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อสูตรพื้นฐานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กทั้ง 3 สูตร	52
ตารางที่ 4.4	ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กทั้ง 3 สูตร	52
ตารางที่ 4.5	คะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำที่อุณหภูมิต่างกันทั้ง 4 สูตร	53
ตารางที่ 4.6	ผลศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Assay ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ	54
ตารางที่ 4.7	คะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ 3 สูตร	54
ตารางที่ 4.8	ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ	55
ตารางที่ 4.9	ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถามของกลุ่มผู้บริโภค	56
ตารางที่4.10	ผลการสำรวจข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม	57
ตารางที่ 4.11	ผลการสำรวจแนวความคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว	59

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1.1	กรอบแนวคิดในการวิจัย	14
รูปที่ 2.1	ไข่ผำ	16
รูปที่ 2.2	ทัลลัสเป็นทั้งต้น ใบ ไม่มีราก ไม่มีใบ อยู่กันเดี่ยวหรือติดกันเป็นคู่	16
รูปที่ 2.3	โครงสร้างของอะไมโลส	31
รูปที่ 2.4	ภาพจำลองการจับตัวของอะไมโลสกับสารอินทรีย์	32
รูปที่ 2.5	โครงสร้างของอะไมโลเพคติน	32
รูปที่ 3.1	กระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้ง	45
รูปที่ 4.1	ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้งก่อนต้ม และก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังลวก (ก) เส้นแห้งสูตร 1 (ข) เส้นแห้งสูตร 2 (ค) เส้นแห้งสูตร 3 (ง) เส้นลวกสูตร 1 (จ) เส้นลวกสูตร 2 (ฉ) เส้นลวกสูตร 3	51
รูปที่ 4.2	บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ	59

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

DPPH Assay	เป็นวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ซึ่งใช้ reagent คือ 2,2-diphenyl-picrylhydrazyl เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว ง่ายต่อการวิเคราะห์ ให้ความถูกต้องและแม่นยำสูง
β-Carotene	เบตาแคโรทีน เป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลืองส้มในผักและผลไม้
µg	สัญลักษณ์ของ ไมโครกรัม ซึ่งเป็นหน่วยเอสไอของมวล
a_w	วอเตอร์แอคทีวิตี้ เป็นอัตราส่วนของความดันไอน้ำในอาหาร
SOD	เป็นกลไกแรกในการป้องกันอนุมูลอิสระต่อเซลล์
ATP	เป็นสารให้พลังงานสูงแก่เซลล์ ผลิตจากกระบวนการสังเคราะห์แสง
ADP	สารประกอบที่มีพลังงานสูง พบสารนี้มากในไมโตคอนเดรียของเซล
DNA	ชื่อย่อของสารพันธุกรรม มีชื่อแบบเต็มว่า กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (Deoxyribonucleic Acid)
mgTE	มิลลิกรัมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์
TPC	Total Phenolic Compounds ค่าความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิก
mgGAE	มิลลิกรัมกรดแกลลิค
TFC	Total Flavonoid Content ค่าความเข้มข้นของสารประกอบฟลาโวนอยด์
mg QE	มิลลิกรัมสมมูลของเควอซิทิน
CRD	วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design
DMRT	ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Duncan's New Multiple Range Test

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันผู้บริโภคยังคงประสบปัญหาการวิตกกังวลเรื่องของสุขภาพ ทำให้เกิดกระแสรักสุขภาพ จากความต้องการของผู้บริโภคที่มีความต้องการชีวิตที่ยืนยาว ปราศจากโรคภัยร้ายแรง กระตุ้นการดูแลรักษาสุขภาพของสังคมยุคใหม่ มีข้อมูลข่าวสารหลายช่องทางที่ทำให้มนุษย์ได้เปลี่ยนแปลงวิธีการดำรงชีวิตในทิศทางที่ดีขึ้น เริ่มต้นตั้งแต่การออกกำลังกาย ดูแลร่างกายให้สมบูรณ์ การเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ [1] ก๋วยเตี๋ยวจึงเป็นเมนูยอดนิยมแคลอรี่น้อยหาทานได้ง่าย แต่ในปัจจุบันก็ยังมีการตรวจพบวัตถุกันเสียเกินมาตราฐานที่กำหนดในเส้นก๋วยเตี๋ยวโดนเฉพาะก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก [2] ที่เป็นวัตถุดิบหนึ่งในเมนูก๋วยเตี๋ยวอาหารหลักของคนไทย ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กใช้เป็นวัตถุดิบในการปรุงอาหารได้หลากหลายชนิดมีความต้องการของผู้บริโภคอย่างสม่ำเสมอ [3]

ไข่ผำเป็นพืชน้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เป็นผักพืชบ้านที่มีรสมัน ไข่ผำมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 40 ของน้ำหนักแห้ง มีโปรตีนคล้ายคลึงกับถั่วเหลืองแต่สูงกว่าไข่และเนื้อสัตว์ ขาดคุณสมบัติเพียงปริมาณโปรตีนอาจจะไม่คงที่สม่ำเสมอขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำที่อาศัย ในปัจจุบันได้มีการเพาะเลี้ยงเป็นอาชีพเสริมของเกษตรกรรุ่นใหม่ [4], [5] มีรายงานการวิจัยถึงฤทธิ์ทางเภสัชของไข่ผำ อาทิเช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านการติดเชื้อ ช่วยปรับสภาพร่างกายให้เป็นด่างในคนที่มีสภาวะเครียดหรือสภาวะร่างกายมีความเป็นกรดจากอาหารมากเกินไป ช่วยรักษาภาวะซีดในคนที่เป็นโรคโลหิตจาง จึงจัดได้ว่ามีคุณค่าทางอาหารสูง ควรได้รับการส่งเสริมให้มีการผลิตและบริโภคอย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น [4], [6] อีกทั้งไข่ผำยังเป็นแหล่งโปรตีนที่ใช้ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงสั้น สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็ว มีแมลงศัตรูพืชน้อย มีการขยายพันธุ์ได้รวดเร็วตามธรรมชาติที่สมบูรณ์ทำให้ได้ผลผลิตปริมาณมาก ต้นทุนของการผลิตต่ำ ถึงแม้ว่าไข่ผำจะมีข้อดีที่ได้กล่าวมาข้างต้นมากมายหลายประการ ก็ยังไม่สามารถทำให้เป็นที่นิยมของผู้บริโภคได้กว้างขวางมากนัก ทั้งนี้เนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ อาทิ การเลี้ยงไข่ผำนั้นเกี่ยวข้องกับระบบนิเวศวิทยา ธาตุอาหารในสภาวะแวดล้อม สารอาหารในแหล่งน้ำ รูปแบบการเลี้ยงไข่ผำในแหล่งน้ำธรรมชาติด้วยปุ๋ยอินทรีย์ยังมีข้อจำกัดด้านการยอมรับของผู้บริโภคด้านสุขอนามัย สภาพปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของไข่ผำด้วยกันทั้งสิ้น อีกทั้งสาเหตุหลักสำคัญอีกข้อคือไข่ผำเป็นพืชที่ผนังเซลล์บาง ทำให้เซลล์ได้รับความเสียหายได้ง่าย ปัจจัยเหล่านี้เป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการกำหนดสภาวการณ์การตลาดของไข่ผำสดให้มีความจำเป็นต้องดูแลรักษาสภาพแช่เย็นเพื่อรักษาคุณภาพไข่ผำสดในเชิงพาณิชย์ ถ้าไม่รักษาอุณหภูมิ อายุการเก็บรักษาและวางจำหน่ายทำให้เน่าเสียหายได้ง่าย แต่ถ้าพัฒนาเป็นไข่ผำแห้งอาจแก้ปัญหาที่ประสบอยู่ได้ดีขึ้น เก็บรักษาง่ายสะดวกในการวางจำหน่าย [6] ฤทธิ์ทางเภสัชสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม บีตาแคโรทีน วิตามินเอ พฤกษาเคมีต่างๆ (Phytochemicals) เช่น สารประกอบฟีโนลิก (Polyphenol) จากชาและสมุนไพรบางชนิด ไอโซฟลาโวน (Isoflavones) จากถั่วเหลือง เป็นต้น เพื่อให้ร่างกายได้รับสารต้านอนุมูลอิสระพอเพียงกับความต้องการ จึงควรที่จะรับประทานผักผลไม้สีเข้มเป็นประจำโดยล้างให้สะอาดทุกครั้ง

นอกจากจะได้รับสารต้านอนุมูลอิสระแล้ว ยังจะได้รับเส้นใยอาหารอีกด้วย ร่างกายของเราจำเป็นต้องได้รับใยอาหารเช่นกัน เนื่องจากใยอาหารช่วยในการขับถ่ายเพิ่มปริมาณอุจจาระ ช่วยนำโคเลสเตอรอลออกจากร่างกาย เร่งการนำสารพิษที่อาจทำให้เป็นมะเร็ง บางชนิดออกจากร่างกายเร็วขึ้น [7]

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาข้างต้น ไข่ผำออแกนิคเป็นสินค้าเกษตรที่เกษตรกรกรในชุมชนผลิต ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนใหม่ เพื่อศึกษาวิธีการทำแห้งไข่ผำให้สามารถเป็นวัตถุดิบที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ แล้วนำไข่ผำมาเสริมในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีสารมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สามารถเก็บรักษาง่าย มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค เป็นการพัฒนาองค์ความรู้ในการประยุกต์ใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นสู่การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำที่อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน

1.2.2 เพื่อศึกษาสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

1.2.3 เพื่อศึกษาการยอมรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในไข่ผำแห้งและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร มีขอบเขตในการวิจัย ดังนี้

1.3.1 การศึกษาสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำที่อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน

1.3.1.1 เตรียมวัตถุดิบไข่ผำที่มีสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1) ไข่ผำฟาร์มออแกนิค อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่

1.3.1.2 เตรียมสารสกัดไข่ผำปัจจัยที่ทำการศึกษามี 4 ปัจจัย คือ อุณหภูมิทำแห้งไข่ผำโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยหมักด้วยตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 95 ศึกษาสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1) ปริมาณค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดไข่ผำด้วยวิธี DPPH Assay

2) ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Contents)

3) ปริมาณของสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total Flavonoid Content)

1.3.2 ศึกษาสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

1.3.2.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กโดยทดสอบความชอบของผู้บริโภคและวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

1.3.2.2 การศึกษาหาวิธีการอบแห้งที่เหมาะสมต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำอบแห้ง

1.3.2.3 การศึกษาหาปริมาณไข่ผำที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

1.3.2.4 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

1.3.2.5 ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

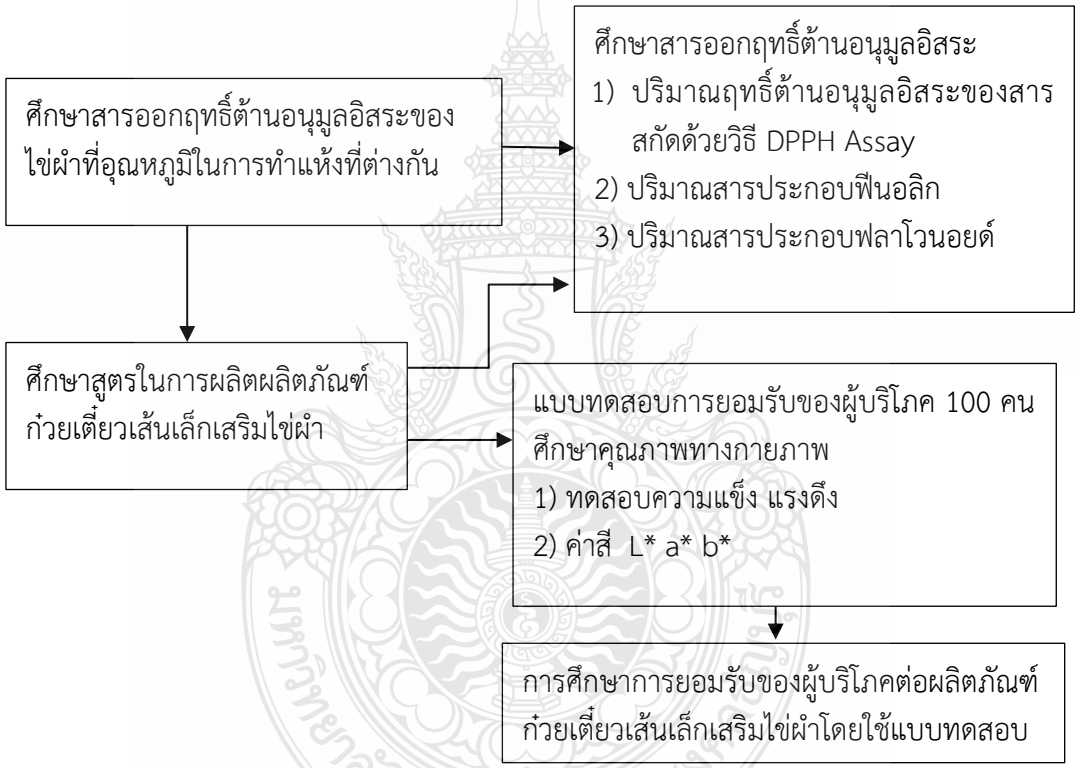
1.3.3 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำโดยใช้แบบทดสอบออนไลน์

1.4 สมมติฐานของการวิจัย

1.4.1 อุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งไข่ผำมีผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1.4.2 ปริมาณไข่ผำมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบวิธีการเตรียมไข่ผำที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1.6.2 พัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1.6.3 เป็นแนวทางการศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบใหม่ของตลาดอาหารสุขภาพ

1.6.4 เพิ่มมูลค่าผลผลิตทางด้านการเกษตรของท้องถิ่นและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนเพื่อสร้างรายได้ต่อไป

บทที่ 2
วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง ผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในไข่ผำแห้งและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำที่อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน เพื่อศึกษาสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ และเพื่อศึกษาการยอมรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้า เอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยได้ศึกษา และรวบรวมรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ไข่ผำ

2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ

2.3 ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

2.4 การทำแห้ง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไข่ผำ

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปและการจำแนกชนิดของไข่ผำ [8]

2.1.1.1 ข้อมูลทั่วไปของไข่ผำ ไข่ผำมีชื่อเรียกตามท้องถิ่นที่กำเนิดในประเทศไทย ได้แก่ ไข่ผำหรือไข่แหน โดยส่วนใหญ่แล้วมีกำเนิดตามแหล่งน้ำธรรมชาติในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศลักษณะภูมิประเทศทั้งสองภาคมีความคล้ายคลึงกัน ไข่ผำยังเป็นพืชดอกที่มีขนาดเล็กที่สุดในโลก มีรูปร่างกลม หรืออาจจะมีลักษณะคล้ายรูปไข่สีเขียว ไม่มีราก ลอยอยู่บนผิวน้ำ มีความยาวประมาณ 0.5-1.5 มิลลิเมตร ไข่ผำนั้นเป็นพืชชั้นสูง เป็นพืชล้มลุก ใบเลี้ยงเดี่ยว ไม่มีระบบท่อลำเลียง มีวิวัฒนาการโดยลดลักษณะและโครงสร้างของตัวเองลงจากที่ซับซ้อนไปสู่โครงสร้างง่าย มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยใช้เมล็ดซึ่งถูกห่อหุ้มด้วยรังไข่ และสามารถสืบพันธุ์ได้แบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อ

2.1.1.2 การจำแนกชนิดของไข่ผำ ขนาดและรูปร่างของไข่ผำเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการจำแนกชนิดของไข่ผำ ไข่ผำพบมากทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีลำดับอนุกรมวิธานดังนี้

ชื่อไทย : ไข่ผำ

ชื่อสามัญ : Wolffia ,Water meal

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Wolffia arrhiza* (L.) Wimm

ปัจจุบันไข่ผำที่พบในสกุล Wolffia มีทั้งหมด 16 ชนิด ดังนี้ *W. angusta, W arrhiza, W. borealis, W brasiliensis, W. Columbiana, W denticulate, W. gladiata, W globoas, W. hyaline, W lingulata, W. microsvopica, W netropica, W. oblonga, W reanda, W. roanda* และ *W welwitschii* แต่ที่ปรากฏในประเทศไทยมี 2 ชนิดได้แก่ *Wolffia arrhiza* (L.) wimm

และ *Wolffia globosa* (L.) wimm [8] ซึ่งจะมีชื่อที่ใช้เรียกกันเฉพาะตามในภูมิภาคท้องถิ่นของประเทศไทย อาทิเช่น ผำ ไข่ผำและไข่แหน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 นอกจากในประเทศไทยแล้วจากงานวิจัยอื่นยังพบไข่ผำในประเทศแถบยุโรปแอฟริกากลาง แอฟริกาใต้ ออสเตรเรีย บราซิล และอินโดนีเซีย [9]

รูปที่ 2.1 ไข่ผำ

2.1.2 ชีววิทยาและระบบนิเวศวิทยาของไข่ผำ [8]

ไข่ผำพบในบริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติโดยเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือของประเทศไทยพบมากในช่วงฤดูหนาวต่อเนื่องกับช่วงเข้าสู่ฤดูร้อน โดยมีการซื้อขายตามท้องตลาดท้องถิ่นชนบทอยู่ที่กิโลกรัมละ 20-30 บาท ไข่ผำจะมีลักษณะทางชีววิทยาและนิเวศวิทยาดังมีลักษณะต่อไปนี้

2.1.2.1 ทัลลัส (Thallus) หรือฟรอนด์ (Frond) มีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก รูปร่างทรงกลมพอง เป็นรูปไข่พองทั้งด้านบน และด้านล่าง หรือลักษณะด้านบนอาจแบนราบ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5-1.5 มิลลิเมตร สีเขียวสม่ำเสมอตลอดทั้งทัลลัส หน้าที่ของทัลลัสนั้นเป็นทั้งต้นและใบ จะไม่มีราก ไม่มีใบที่แท้จริง ดังแสดงในรูปที่ 2.2 มักอยู่เดี่ยวหรืออาจจะติดกันเป็นคู่แล้วแต่ความอุดมสมบูรณ์

รูปที่ 2.2 ทัลลัสเป็นทั้งต้น ใบ ไม่มีราก ไม่มีใบ อยู่กันเดี่ยวหรือติดกันเป็นคู่

2.1.2.2 ไข่ผำเป็นพืชไม่มีเนื้อเยื่อท่อลำเลียง ส่วนใหญ่เป็นเนื้อเยื่อพาเรนไคมา (Parenchyme) ที่ประกอบด้วยเซลล์ที่มีชีวิต ในลำต้นที่มีสีเขียวจะมีคลอโรพลาสต์ทำหน้าที่สังเคราะห์แสง มีช่องอากาศแทรกอยู่ระหว่างเซลล์ด้วย จึงทำให้เห็นคล้ายกับลักษณะฟองน้ำ

2.1.2.3 ดอก (Flower) มีขนาดเล็กที่สุดในพืชดอก ลักษณะออกเป็นช่ออยู่ภายในถุงตรงขอบของทัลลัสเป็นดอกเดี่ยว แยกเพศ ประกอบด้วยดอกเพศผู้ 1 ดอกแยกจากเพศเมีย ไม่มี

กลีบเลี้ยงหรือกลีบดอก มีเพียงอับเกสร 2 ช่อง และดอกเพศเมีย 1 ดอก ไม่มีกลีบเลี้ยงหรือกลีบดอก ไม่สามารถมองด้วยตาเปล่าได้ จำเป็นต้องใช้กล้องหรือแว่นขยายถึงจึงจะสามารถทำให้มองเห็น

2.1.2.4 การสืบพันธุ์ (Reproduction) ไข่ผำสามารถสืบพันธุ์ได้ 2 แบบด้วยกัน ประกอบด้วย การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เนื่องจากไข่ผำเป็นพืชที่มีดอกโดยการผสมเกสรตัวผู้กับเกสรตัวเมียภายในดอก อาศัยแมลงหรือน้ำในการกระจายละอองเกสรในระหว่างการสืบขยายพันธุ์ ซึ่งในประเทศไทยดอกและเมล็ดของไข่ผำจะพบประมาณช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม ส่วนลักษณะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศจะอาศัยการแตกหน่อแทน (Budding) แบ่งทัลลัสใหม่ออกทางด้านข้าง ทัลลัสใหม่ (Daughter Frond) ที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็กกว่าทัลลัสเดิม (Mother Frond) โดยจะมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตจนทำให้มีขนาดเท่ากับทัลลัสเดิมก่อนทัลลัสใหม่จึงจะสามารถหลุดออกเป็นเดี่ยว อาจจะใช้เวลาประมาณ 5-6 วัน

2.1.2.5 สภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโต ไข่ผำมักจะชอบขึ้นและเจริญเติบโตได้ดีในที่อากาศร้อน มีแสงแดดช่วยในการสังเคราะห์แสงเพื่อเสริมสร้างการเจริญเติบโตมากขึ้น โดยทั่วไปมักจะพบในแหล่งน้ำลักษณะประเภทน้ำนิ่ง เช่น บึง หนองน้ำ บ่อเก่า หรือบริเวณที่มีน้ำขัง มีใบไม้และมูลสัตว์สะสม เพื่อใช้เป็นสารอาหารให้เจริญเติบโตในบริเวณใกล้เคียง น้ำลึกตั้งแต่ 20 เซนติเมตรขึ้นไป

2.1.2.6 การเจริญเติบโตของไข่ผำขึ้นอยู่กับธาตุอาหารและปุ๋ยที่มีสารอาหารที่ไข่ผำต้องการเพื่อช่วยการเจริญเติบโตในขณะที่อยู่ในน้ำ ธาตุอาหารที่ไข่ผำต้องการนั้นก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับพืชทั่วไปดังเช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม นอกจากนี้แล้วไข่ผำยังต้องการพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ไข่ผำนั้นจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงฤดูหนาวต่อกับช่วงฤดูร้อน และจะลดการเจริญเติบโตลงในฤดูฝน เนื่องจากความเข้มข้นของธาตุอาหารในฤดูฝนมีเจือจางกว่า ด้วยปริมาณการชะล้างของน้ำตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูนั้น ประกอบกับความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์มักจะมีน้อยกว่าฤดูอื่น

2.1.2.7 เมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ตัวของไข่ผำเองก็จะมีการเปลี่ยนรูปร่างให้อยู่ในระยะฟัก เรียกว่าทูลรีน (Turion) ซึ่งจะเป็นลักษณะการปกป้องระบบนิเวศของไข่ผำเป็นการรักษาเผ่าพันธุ์ชนิดหนึ่ง ซึ่งจะสังเกตจากสีของไข่ผำนั้นจะเข้มขึ้น มีการลดทั้งขนาดและโครงสร้างของลักษณะทัลลัสและร่างกายจะประกอบด้วยแป้งจำนวนมากเพื่อให้จมอยู่บริเวณก้นของบ่อหรือแหล่งกำเนิดเนื่องจากความหนาแน่นของไข่ผำมีการเปลี่ยนแปลง ไข่ผำจึงมีชีวิตรอดอยู่ในช่วงฤดูหนาว โดยมีการเจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 14 องศาเซลเซียส แต่ทูลรีน (Turion) นั้นสามารถมีชีวิตรอดอยู่ในอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาหลายสัปดาห์แม้ไม่มีการเจริญเติบโตเพื่อฟักตัว

2.1.2.8 การขยายพันธุ์ ลักษณะการขยายพันธุ์ของไข่ผำนั้น โดยวิธีที่ง่ายที่สุดคือปล่อยให้ขยายพันธุ์เองตามธรรมชาติ ซึ่งในไข่ผำนั้นสามารถแตกหน่อขยายพันธุ์ได้รวดเร็วจนเต็มผิวน้ำดูคล้ายพรมสีเขียว หรือขยายพันธุ์โดยการปลูกเลี้ยงในอ่างบัวขนาดพอประมาณ วางในแสงแดดส่องตลอดวันหรืออย่างน้อยถึงช่วงบ่าย ไข่ผำนั้นใช้แสงอาทิตย์ในการช่วยให้เจริญเติบโตประกอบกับธาตุอาหารที่จำเป็น โดยวิธีการปล่อยไข่ผำในน้ำสะอาด ดูแลให้น้ำสะอาดอยู่เสมอประมาณ 1 เดือน เม็ดเล็กของไข่ผำจะขยายพันธุ์จนเต็มพื้นผิวน้ำ แต่ถ้าน้ำเริ่มเน่าเสียไข่ผำจะตายหมด

2.1.2.9 การเก็บเกี่ยวไข่ผำ เนื่องจากไข่ผำเป็นพืชน้ำขนาดเล็กมากจึงจำเป็นต้องหาวิธีการมีจะเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อให้ได้ซึ่งไข่ผำที่เป็นผลผลิตจากธรรมชาติโดยตะแกรงบุด้วยผ้าขาวบาง เพื่อช้อนขึ้นจากผิวน้ำจากนั้นล้างทำความสะอาด เพื่อแยกส่วนที่กินได้และชะล้างสิ่งที่ไม่ต้องการ ก่อนนำไปประกอบอาหาร

2.1.2.10 ความสัมพันธ์กับระบบนิเวศน์ ไข่ผำนั้นจัดได้ว่าเป็นอาหารขั้นต้นหรือห่วงโซ่อาหารสำหรับปลากินพืช เพราะเกิดขึ้นเองในแหล่งน้ำธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ มีความสะอาดมากพอที่จะให้ทั้งไข่ผำและปลากินพืชเจริญเติบโตได้ดี

2.1.2.11 ความแตกต่างของไข่ผำ ทั้ง 2 ชนิดที่พบในประเทศไทย ได้แก่ *W.arrhiza* ถ้าสังเกตุแล้วจะมีขนาดใหญ่กว่า ผิวด้านบนนั้นค่อนข้างจะมีสีเขียวเข้ม ลำต้นมีลักษณะทึบแสง ส่วน *W.globosa* จัดได้ว่าเป็นพืชดอกที่มีขนาดเล็กมากที่สุด ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า *W.arrhiza* และจะเป็นรูปทรงกระบอกมากกว่า *W.arrhiza* นอกจากนี้ถ้าสังเกตุลำต้นยังจะมีลักษณะโปร่งแสงมากกว่าอีกด้วย

2.1.3 การใช้ประโยชน์ของไข่ผำ มนุษย์เรารู้จักใช้ประโยชน์ของจากไข่ผำ โดยนำมาเป็นอาหารเพื่อใช้ประกอบการดำรงชีวิต ทั้งมนุษย์และสัตว์ตลอดจนใช้ในวงการอุตสาหกรรมแปรรูปด้วย [10] ดังนี้

2.1.3.1 ไข่ผำจัดเป็นพืชชนิดหนึ่งในวงศ์ Lemmaccae ซึ่งใช้เป็นแหล่งอาหารของมนุษย์ เนื่องจากพืชบางชนิดในวงศ์นี้มักจะมีการสะสมแคลเซียมออกซาเลตสูง ซึ่งอยู่ในรูปคริสตัล ทำให้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมเพื่อนำไปใช้สร้างประโยชน์ได้ เป็นสาเหตุทำให้เกิดนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ แต่จากการศึกษาวิจัยได้รับการยืนยันแล้วว่าในไข่ผำนั้นไม่พบการสะสมแคลเซียมออกซาเลต จึงไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายเมื่อนำมารับประทาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยนิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลายมากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือนอกจากนี้ในพืชน้ำไข่ผำได้ให้สารอาหารโดยเฉพาะปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง มีรสชาติเหมือนผักทั่วไปโดยเฉพาะ ไม่มีกลิ่นที่น่ารังเกียจ จะมีส่วนที่ยุ่งยากที่เกิดขึ้นเฉพาะการล้างทำความสะอาดเพราะเป็นพืชน้ำก่อนนำมาปรุงอาหารสามารถปรุงอาหารได้ทั้งคาวและหวาน [10] ดังนี้

1) การนำมาปรุงเป็นอาหารคาว การนำไข่ผำมาปรุงอาหารมีแค่ขั้นตอนก่อนนำมาประกอบอาหารเท่านั้นที่ยุ่งยากซับซ้อนเนื่องจากเป็นพืชน้ำขนาดเล็กขั้นตอนการทำความสะอาดเลยต้องใช้น้ำและเทคนิคการทำความสะอาดโดยเฉพาะแต่ทำให้ง่ายได้แค่ผ้าขาวบางพร้อมทั้งยังเพิ่มรสชาติให้กับอาหารให้เป็นอย่างดี [11] เช่นแกงอ่อม แกงปลา แกงไก่ แกงเนื้อหรือตำ กินสดใช้ผำสดตำคล้ายส้มตำหรือเป็นส่วนผสมของต้มยำ และเป็นส่วนประกอบในข้าวเกรียบกุ้งหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไข่ผำแผ่นทอดกรอบ เพื่อเพิ่มมูลค่าของไข่ผำให้สูงขึ้น ทั้งนี้ชนิดและปริมาณส่วนผสมที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับแต่ละท้องถิ่น

2) ส่วนผสมของเครื่องจิ้ม ด้วยลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะคือเม็ดสีเขียวเล็กใส โปร่งแสง จึงใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องจิ้มอาหารหลากหลายชนิด เช่น เครื่องจิ้มของมันฝรั่งทอด [11]

3) ผลิตภัณฑ์ขนมอบบางชนิด เช่น มัลเฟิน (Wolffia Muffins แซนวิส (Wolffia Tomato Sandwhich) ใช้ตกแต่งหน้าพายแอปเปิ้ล (Apple Pie A La Mode) [11], [12]

2.1.3.2 เป็นแหล่งให้โปรตีนในอาหารสัตว์ทั้งสัตว์บกและสัตว์น้ำ [13] โดยเป็นส่วนผสมหลักในอาหารอาจจะโปรยให้กินสดเป็นอาหารสำหรับสัตว์เลี้ยง เช่น หมู เป็ด รวมทั้งใช้เลี้ยงปลากินพืช เช่น ปลานิล ปลาตะเพียน ปลาทับทิม เนื่องจากไข่ผำมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 6.8-45 จึง

จัดเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่ราคาถูกน่าสนับสนุนเป็นแหล่งให้โปรตีนคุณภาพดี

2.1.3.3 เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริม ไข่ผำนั้นส่วนมากจากการศึกษาได้นำมาเตรียมให้อยู่ในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนโซเดียมคอปเปอร์คลอโรฟิลลินเพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเป็นการเพิ่มมูลค่าให้วัตถุดิบท้องถิ่น ช่วยลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากต่างประเทศ [6], [10], [14]

2.1.3.4 ไข่ผำมีสารออกซิเดชัน (Antioxidant) ที่อยู่ในรูปของบีแคโรทีน (β-Carotene) และกรด (Lindeie Acid) พบในไข่ผำปริมาณร้อยละ 56 ของน้ำหนักเปียก ปริมาณร้อยละ 80 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งช่วยในการป้องกันโรคมะเร็งและโรคหัวใจ [8]

2.1.3.5 ช่วยดูดซับสารอาหารจากน้ำเสีย [8], [15]

2.1.3.6 เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมที่หลากหลาย เช่นการผลิตแอลกอฮอล์ และพลาสติก เป็นต้น [8], [15]

2.1.3.7 เป็นแหล่งรงควัตถุแคโรทีนอยด์ ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของสีในปลาสวยงามให้มีสีสันมันวาว จากการศึกษาปัญหาพิเศษเรื่องการปรับปรุงคุณภาพสีปลาทองด้วยรงควัตถุแคโรทีนอยด์จากไข่ผำ [8], [13] พบว่าลูกปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไข่ผำร้อยละ 15 เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ มีความเข้มของสีมากที่สุด โดยเริ่มปรากฏความแตกต่างในสัปดาห์ที่ 6 ของการเลี้ยงไข่ผำ

2.1.4 คุณค่าทางโภชนาการของไข่ผำ [16] ความรู้ด้านคุณค่าโภชนาการของไข่ผำนั้นยังไม่เป็นที่ทราบกันแพร่หลายในกลุ่มบุคคลทั่วไปมากนัก แต่จะพบเฉพาะกลุ่มบุคคลที่มีความรู้ที่เกี่ยวข้องหรือผู้ที่ให้ความสนใจเฉพาะทาง โดยพบว่าไข่ผำเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะกลุ่มสารอาหารโปรตีนที่พบมากกว่าโปรตีน ในเนื้อสัตว์และโปรตีนในถั่วเหลือง โดยพบปริมาณสารอาหารที่มีความสำคัญของไข่ผำ [8] ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของไข่ผำ 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี่/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	8.00
โปรตีน(ร้อยละ)	6.80–45.00
ไขมัน (ร้อยละ	1.80-9.20
เส้นใย (ร้อยละ	5.70–16.20
แคลเซียม (มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	59.00
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	25.00
เหล็ก (มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	6.60
วิตามินเอ (IU/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	5,346.00
วิตามินบี (มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	0.03

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของไข่ผำ 100 กรัม (ต่อ)

สารอาหาร	ปริมาณ
กรดอะมิโน (มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	
Alanine	1,386.00
Arginine	1,045.00
Aspartic acid	1,576.00
Cystine	339.00
Glutamic acid	1,723.00
Glycine	756.00
Histidine	335.00
Isoleucine	524.00
Leucine	1,222.00
Lysine	1,094.00
Methionine	176.00
Phenylalanine	728.00
Proline	820.00
Serine	710.00
Threonine	636.00
Tryptophan	1,272.00
Tyrosine	1,095.00
Valine	774.00
Total amino acids	16,211.00
Total essential acids	7,860.00

ที่มา : [16]

ไข่ผำ เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารแล้ว จะพบว่าเป็นพืชที่น่าสนใจเพราะมีคุณค่าทางโภชนาการอยู่ในเกณฑ์สูง โดยเฉพาะมีโปรตีนและแคลเซียมสูง โดยมีอัตราส่วนของแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่เหมาะสมที่ร่างกายจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย จึงเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งแคลเซียมราคาถูกหาได้ง่ายในท้องถิ่นให้อยู่ในรูปที่ผู้บริโภคยอมรับและรับประทานง่ายสะดวกเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภคเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบปริมาณสารอาหารของไข่ผำอบแห้งจากการวิเคราะห์ กับอาหารชนิดอื่น

อาหาร	ปริมาณสารอาหารในอาหาร 100 กรัม			
	แคลเซียม (มิลลิกรัม)	ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	โปรตีน (กรัม)	เส้นใย (กรัม)
ไข่ผำอบแห้ง	513.07	420.45	18.89	14.57
นมสด,พร่องมันเนย,ยูเอชที	146.00	99.00	3.70	ไม่พบ
นมสดพลาสเจอร์ไรส์	135.00	89.00	3.30	ไม่พบ
โยเกิร์ต	129.00	113.00	3.80	ไม่พบ
นมสด,สเตอรีไลท์	114.00	92.00	3.30	ไม่พบ
นมสดยูเอชที	122.00	90.00	3.30	ไม่พบ
นมเปรี้ยว	47.00	43.00	1.50	ไม่พบ

ที่มา : [17]

จากตารางที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงปริมาณสารอาหารไข่ผำอบแห้ง มีปริมาณแคลเซียมสูงขึ้นมากกว่าผลิตภัณฑ์นมทั่วไปที่เราบริโภค พร้อมทั้งปริมาณฟอสฟอรัสที่ช่วยในการดูดซึมแคลเซียมเข้าสู่กระบวนการของร่างกาย อีกทั้งยังมีปริมาณโปรตีนอยู่ในเกณฑ์สูง มีปริมาณเส้นใย ที่ในผลิตภัณฑ์นมนั้นไม่มี ฉะนั้นไข่ผำอบแห้งจึงเหมาะสำหรับทำเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มคนที่ดื่มนมได้ในปริมาณน้อย อีกทั้งอาจมีปัญหาการขาดเอนไซม์แลคเตส อันเป็นสาเหตุของการดื่มนมแล้วทำให้เกิดอาการปวดท้อง ท้องอืด ท้องเสียภายหลังจากการดื่มนม

2.1.5 ผลของการทำแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงของผัก [18] ขั้นตอนการเตรียมการก่อนกระบวนการการทำแห้งของผัก เช่น กระบวนการล้าง การตัดแต่งผักก่อนเข้าทำแห้ง การลวกเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ การยับยั้งสภาพการเปลี่ยนสีของผัก การทำให้ผักแห้งโดยที่จุลินทรีย์ไม่สามารถทำลายคุณภาพผักได้ล้วนแล้วแต่มีผลทำให้ผักเกิดการเปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้

2.1.5.1 การสูญเสียวิตามิน การสูญเสียวิตามินของผักที่ผ่านการทำแห้งและแปรผันตามวิธีการเตรียมการก่อนการทำให้แห้ง อุณหภูมิกับระยะเวลาในการทำแห้งมีผลโดยตรง จากการศึกษาของมอลโลเคซี่ (Mulokzi) [18] พบว่า ผักโขมสดที่ทำให้อ่อนตัวโดยการใช้วิธีการใช้แสงอาทิตย์ 15 นาที ส่งผลทำให้ใบผักโขมม้วนเป็นขดกลม ด้วยฝ่ามือก่อนนำไปตากด้วยแสงอาทิตย์จะมีปริมาณเบต้าแคโรทีน (β-Carotene) เท่ากับ 175.00 µg/g ซึ่งต่ำกว่าใบผักโขมสดที่ทำให้แห้งด้วยแสงแดดที่อุณหภูมิประมาณ 28-31 องศาเซลเซียล ผักโขมที่ผ่านการลวกแล้วทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิการทำแห้ง 55 องศา-เซลเซียล และผักโขมที่ผ่านการลวก คือจะมีเบต้าแคโรทีน เท่ากับ 275.00 200.00 597.00 และ 637.00 µg/g ตามลำดับ นอกจากนี้ระยะเวลาในการทำแห้งยังมีผลต่อปริมาณเบต้าแคโรทีน คือ ผักโขมแอฟริกันที่ผ่านการทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะมีเบต้าแคโรทีน คงเหลือ ร้อยละ 2.00-12.00 ในเวลา 12 ชั่วโมง คือ จะมีเบต้าแคโรทีน ร้อยละ 42 [19] ในขณะที่การทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์และการทำแห้งที่อุณหภูมิห้อง มีผลให้ปริมาณวิตามินซีในใบถั่วฝักยาวแห้งไม่แตกต่างกัน แต่ระยะเวลาของการลวกมีผลต่อปริมาณวิตามินซีของใบถั่วฝักยาวแห้ง คือใบถั่วฝักยาวที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 98±1

องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที มีปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าใบถั่วฝักยาวที่ผ่านการลวกเป็นเวลา 30 นาที คือ 9.57 และ 5.55 mg/100 g ตามลำดับ [20]

2.1.5.2 การเปลี่ยนแปลงสี การเตรียมผักก่อนกระบวนการทำแห้ง เช่น การล้างทำความสะอาด รวมถึงการลวกจะทำให้สารให้สีบางชนิดละลายออกไปกับน้ำได้ ซึ่งมีผลต่อความคงตัวของสารให้สีในระหว่างการทำแห้งตลอดจนถึงการเก็บรักษาด้วย เช่น การล้างแครอทด้วยน้ำ การลวกก่อนการอบแห้ง หลังการอบแห้งมีแคโรทีนอยด์ คงเหลือ 1,442.00 1,062.00 และ 1,700.00 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ สำหรับสารสีเขียวหรือคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ในผักถูกทำลายในระหว่างการทำแห้งการและเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน ลวกทำให้สีของผักเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองหรือสีแดง เนื่องจากโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ที่บดบังแคโรทีนอยด์ ถูกทำลายจนกระทั่งมีปริมาณลดลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ พีเอช กิจกรรมของเอนไซม์ ออกซิเจน และแสง [21]

2.1.5.3 การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลและบทบาทของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ผักที่แห้งอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลได้ (Browning Reaction) เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบที่ไม่อาศัยเอนไซม์และแบบอาศัยเอนไซม์จากตัวผักเองเป็นตัวเร่ง เช่น เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol Oxidase) ดังนั้นควรทำการลวกผักก่อนทำแห้งเพื่อทำลายเอนไซม์ดังกล่าวก่อน หรืออาจใช้สารจำพวกซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide) เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในวัตถุดิบก่อนการลวก การใช้สารดูดออกซิเจนร่วมกับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง ส่วนการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบที่ไม่อาศัยเอนไซม์เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากหมู่อะมิโน กับหมู่คาร์บอนิล ทำให้เกิดสารที่ให้สีน้ำตาลได้เรียกว่า เมลานอยดิน (Melanoidin) เป็นผลทำให้ผักแห้ง มีสีรวมทั้งกลิ่นที่ไม่ต้องการเช่นกัน เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ แต่ทั้งนี้การเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล เอมิน พีเอช อุณหภูมิและค่า a_w วอเตอร์แอคทีวิตี้ของผักที่ใช้ในการทำแห้ง

2.1.5.4 การสูญเสียกลิ่นรส ผักที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแล้วนั้นจะมีกลิ่นรสเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติได้ เช่น มีกลิ่นรสน้อยลงเกิดกลิ่นรสใหม่ ทั้งนี้อาจเป็นผลการเปลี่ยนแปลงที่มาจากขั้นตอนการเตรียม เช่น การล้างทำความสะอาด การปอกเปลือก การหั่น การอบแห้งหรือแม้แต่กระทั่งกระบวนการเก็บรักษา [22] ทำขั้นตอนการทดลองนำใบผักสดจำพวก ผักชี สะระแหน่ ผักโขม ที่ผ่านการกระบวนการล้างทำความะอาดจนกระทั่งลวกที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียสนาน 2 นาที แล้วทำให้เย็นทันที โดยการจุ่มในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส แล้วทำให้สะเด็ดน้ำโดยการวางกระจายบนกระดาษกรองเป็นเวลา 5 นาที ก่อนนำไปทำแห้งด้วยไมโครเวฟ รอกระทั่งเย็นตัวจากนั้นเก็บรักษาในถุงโพลีคลีน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 60 วัน สิ่งที่ปรากฏพบว่าใบผักที่ผ่านการทำแห้งทุกชนิดได้รับคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี รวมทั้งกลิ่นต่ำกว่าใบผักสดมาก เพราะมีการเสียกลิ่นรสจากกระบวนการทำแห้ง ส่งผลให้คะแนนการยอมรับลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มมากขึ้น [23]

2.1.5.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสและการขึ้นรูป การทำแห้งจะทำให้คุณภาพของผักเปลี่ยนแปลงไป สาเหตุมาจากผักได้รับความร้อนทำให้มีการระเหยน้ำออกจากเซลล์เป็นผลให้ผนังเซลล์เสียรูปทรงจนยุบตัวลง ทำให้เซลล์และเซลล์ข้างเคียงเหี่ยวลง ผักแห้งจึงหดตัวลงมาก สารอาหารในผัก

ดังเช่น โปรตีน (Protein) จะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ ดังนั้นจึงมีผลต่อการคืนตัวภายหลังการทำแห้งแล้ว [24] จากการศึกษาของ วิลาสินี ดีปัญญา [8] พบว่าผักที่ผ่านการทำแห้งแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพการคืนตัวที่แตกต่างกัน แต่ทั้งนี้สามารถปรับปรุงคุณภาพของผัก ผลไม้ภายหลังจากการแช่น้ำให้คืนตัวได้แตกต่างกัน แต่ทั้งนี้แล้วสามารถปรับปรุงคุณภาพของผัก ผลไม้ภายหลังการแช่น้ำให้คืนตัวได้ สามารถช่วยลดเวลาการอบแห้ง โดยการแช่ผักในสารละลายเกลือและสารประกอบไฮดรอกซี เช่น กลีเซอรอล

2.1.5.6 อิทธิพลของค่าa_w (Water Activty) ต่อความคงตัวของผักแห้ง ค่าa_w เป็นอัตราส่วนของความดันไอน้ำในอาหาร (P) ต่อความดันไอน้ำของน้ำบริสุทธิ์ (P_0) ที่อุณหภูมิเดียวกันคือ วิธีต่อ P/P_0 ค่าa_w วอเตอร์แอคทีวิตี้มีบทบาทสำคัญต่อการแปรรูปอาหารอย่างมากตลอดจนส่งผลถึงระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารแห้งเนื่องจากค่าa_w วอเตอร์แอคทีวิตี้มีผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีของอาหาร จนกระทั่งยังมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย กระบวนขั้นตอนของการผลิต ทั้งนี้ถ้าอาหารแห้งมีค่าa_w ต่ำกว่า 0.85 จะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้อย่างสมบูรณ์ เพราะน้ำในอาหารจะถูกกำจัดออกไปเป็นผลให้ความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่มีอยู่ในอาหารมีความเข้มข้นสูงขึ้น เป็นผลให้ค่าa_w ลดลง และเมื่อค่าa_w ลดลงช่วง 0.25-0.50 จะทำให้ไม่มีการแพร่เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด อาจจะมีจุลินทรีย์บางชนิดที่สามารถมีชีวิตรอดจากกระบวนการทำแห้งหรืออาจมีการปนเปื้อนจากการบรรจุรวมถึงระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นการทำแห้งผักผลไม้ควรมีการเตรียมการก่อนกระบวนการทำแห้ง เช่นการปอกเปลือก การตัดแต่ง การลวก ตลอดจนช่วงระยะเวลาการเตรียมวัตถุดิบถึงเริ่มการอบแห้ง อุณหภูมิเวลาที่ใช้ในการอบแห้งปริมาณความชื้นสุดท้าย ค่าa_w วอเตอร์แอคทีวิตี้ของผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งที่ได้ หลักการสุขาภิบาลที่ดีจะช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ของอาหารแห้งได้ [24]

เมื่อกำจัดน้ำออกจากอาหารแล้วจะมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในกระบวนการที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องโดยปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดได้ดีในช่วงค่าa_w 0.30-0.70 ถ้าค่าa_w วอเตอร์แอคทีวิตี้หรือความชื้นสูงขึ้นจะช่วยอัตราการเกิดปฏิกิริยานี้ลดลงทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเอนไซม์ การเกิดออกซิเดชั่นของไขมันเร็วขึ้นเมื่อค่าa_w ต่ำกว่า 0.10 เพราะความเข้มข้นของลิพิด (Lipid) เพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อค่าa_w เพิ่มขึ้นเป็น 0.30 เนื่องจากน้ำจะช่วยป้องกันไม่ให้ออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับลิพิด (Lipid) และพันธะไฮโดรเจน ของน้ำกับกับไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ที่เกิดในปฏิกิริยาออกซิเดชันพันธะไฮโดรเจนช่วยให้ไฮโดรเปอร์ออกไซด์เสถียรและไม่แตกตัวเป็นผลิตภัณฑ์อื่น จากนี้โลหะปริมาณเล็กน้อย ที่เร่งปฏิกิริยาเริ่มต้นของลิพิดออกซิเดชั่นจะจับกับน้ำ ทำให้ความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาลดลง เมื่อค่าa_w วอเตอร์แอคทีวิตี้สูงขึ้นเป็น 0.50 ถึง 0.8 อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเพราะมีการแพร่ของโลหะที่ยังมีฤทธิ์ในการเร่งปฏิกิริยาอยู่และการบวมของเนื้อเยื่อที่พรุนของอาหารแห้งทำให้เกิดการดูดซึมออกซิเจนอย่างรวดเร็ว

2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ

2.2.1 ข้อมูลทั่วไปของสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านออกซิเดชัน (Antioxidant) หรือที่เรียกว่าสารต้านอนุมูลอิสระ หมายถึง สารที่ทำหน้าที่ยับยั้ง ทำลาย หรือกำจัดอนุมูลอิสระออกจากร่างกาย การสร้างสารอนุมูลอิสระเป็นกลไกในการป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นจากอนุมูลอิสระของ

ร่างกาย สารต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งตามสารที่มาได้ 2 ประเภท คือประเภทที่ร่างกายสร้างขึ้น และประเภทที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย [25]

2.2.2 บทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย สารต้านอนุมูลอิสระที่สร้างขึ้นภายในร่างกายมี 2 ประเภท คือพวกที่จัดเป็นเอนไซม์และพวกที่ไม่จัดเป็นเอนไซม์

2.2.2.1 สารต้านอนุมูลอิสระที่จัดเป็นเอนไซม์

1) Superoxide Dismutase (SOD) เป็นกลไกแรกในการป้องกันอนุมูลอิสระต่อเซลล์ SOD เป็นเอนไซม์ที่ทำงานร่วมกับโลหะ (Metal Enzyme) ในเซลล์ Eurkaryote SOD ที่อยู่ใน Cytoplasm (Eytosolie SOD) ใช้ทองแดงและสังกะสีช่วยในการทำงาน หรือเป็น Prosthetic Group ในขณะที่ SODใน Mitochondria (Mitochondrial SOD) ใช้แมงกานีส การทำงานของ SOD เกิดปฏิกิริยาทั้งออกซิเดชันและดีลักชั่นพร้อมกัน เรียกว่าดิสมิวเทชัน (Dismutation) SOD รีดิวซ์ 1 ออกซิไดซ์อีก 1 โมเลกุลของ O_2 ให้เป็นออกซิเจนดังแสดงในสมการที่ 2.1 [26]

$$2\ O_2^0 + 2H^0 \longrightarrow H_2O_2 + O_2 \qquad (2.1)$$

ที่มา : [26]

2) Catalase (CAT) เป็นเอนไซม์ที่กำจัด H_2O_2 จากเนื้อเยื่อเพื่อป้องกันไม่ได้เซลล์ถูกทำลายและป้องกันการก่อตัวของอนุมูลอิสระชนิดอื่นที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย SODและ Catalase มักพบร่วมกันในธรรมชาติ การทำงานร่วมกันของเอนไซม์ทั้งสองจะทำให้เกิดระบบต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง ดังแสดงในสมการที่ 2.2 [25]

$$2\ H_2O_2 \rightarrow 2\ H_2O + O_2 \qquad (2.2)$$

ที่มา : [25]

3) Glutathione Peroxidase (GPx) เป็นเอนไซม์ที่พบทั้งใน Cytoplasm และใน Mitochondria เอนไซม์ GPx ทำงานร่วมกับ ซิลิเนี่ยม จัดเป็น Selenenzyme ทำหน้าที่กำจัด Hydroperoxides โดยอาศัยรีดิวซ์กลูตาไธโอน (Reduced Glutathione) ที่ถูกเปลี่ยนเป็นออกซิไดซ์กลูตาไธโอน (Reduced Glutathione) พร้อมทั้งเกิดการรีดิวซ์ Hydro peroxide หรือ Lipid Hydro peroxide (LOOH Hydro peroxide)

4) Glutathione S Transferase (GSH Transferase) เป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการกำจัดสารพิษที่เข้าสู่ร่างกายใน ConjugationReaction เอนไซม์ GSH Transferase สามารถละลาย LOOH ดังแสดงในสมการที่ 2.3 [25]

$$H_2O_2 + AH_2 \longrightarrow 2\ H_2O + A \qquad (2.3)$$
$$LOOH + AH_2 \rightarrow LOH + H_2O + A$$

ที่มา : [25]

5) สารต้านอนุมูลอิสระจะไม่เป็นเอนไซม์ สารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่พบในร่างกาย และไม่ใช่เอนไซม์มีหลายชนิดเช่น Glutathione, Lipoic Acid, Ceruloplasmin, Albumin, Transferrin, Lactoferrin, Ceruloplasmin, Hepatoglobin ,Hemopexin, Bilirubin และ Uric Acid ซึ่งมีบทบาททั้งสารต้านอนุมูลอิสระและก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ (Pro Oxidant) [26]

2.2.2.2 สารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากภายนอก พบมากในอาหารจำพวก พืช ผัก ผลไม้ ถั่วต่างสมุนไพรหลายชนิด [27] ซึ่งในแต่ละส่วนของพืชจะมีปริมาณของชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันออกไป สารต้านอนุมูลอิสระที่รู้จักกันดีได้แก่

1) วิตามินอี เป็นวิตามินที่ละลายได้ดีในไขมัน จึงมีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระภายในร่างกายส่วนที่ละลายในไขมัน แม้วิตามินอีที่พบในอาหารจะมีทั้งหมด 8 Isomer แต่ละคนต้องการเฉพาะวิตามินอีในรูปอื่น เนื่องจากไม่สามารถถูกจดจำโดยโปรตีนที่ขนส่งวิตามินอี

2) วิตามินเอและแคโรทีนอยด์ วิตามินเอเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต การพัฒนาการ การมองเห็น และช่วยการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันวิตามินเอที่ได้จากสัตว์ เช่นตับ น้ำมันปลา ไข่แดง และผลิตภัณฑ์นมต่างๆ อยู่ในรูปที่ละลายได้ดีในไขมันคือ ภายในร่างกายวิตามินเอ ที่พบในโครงสร้างของแคโรทีนอยด์ส่วนใหญ่ในธรรมชาติมีแคลอรี่น้อยมากกว่า 600 ชนิด จำแนกเป็น 3 กลุ่มหลัก มีแคโรทีนอยด์เพียง 50 ชนิดเท่านั้นที่ใช้ในการสังเคราะห์วิตามินเอในร่างกาย หรือ มีแคโรทีนอยด์ที่ได้รับจากอาหารและพบในพลาสมาของคน

2.2.3 แหล่งกำเนิดสารต้านอนุมูลอิสระ อนุมูลอิสระ (Free Radicals) [28]

2.2.3.1 อนุมูลอิสระ คืออะตอมหรือโมเลกุล ที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว หรือไม่มีคู่ (Unpaired Electron) อยู่ในวงโคจรของอิเล็กตรอนวงนอกสุด (Valence Electron) หากแปลความหมายของอนุมูลอิสระยังครอบคลุมไปถึงสารอื่นที่มีความไวและเกี่ยวข้องกับอนุมูลอิสระ (Related Reactive Species) เช่น สารที่อยู่ในสภาวะเร้า (Excited States) ที่ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระได้ หรือสารที่เป็นผลพวงจากปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ เป็นต้น [29]

2.2.3.2 ลักษณะโดยทั่วไปของอิเล็กตรอนที่โดดเดี่ยวจะพยายามเข้าคู่กับอิเล็กตรอนอื่นเพื่อช่วยให้โมเลกุลของมันเสถียร จึงทำให้อนุมูลอิสระมีความว่องไวเป็นพิเศษในการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี แม้การเกิดอนุมูลอิสระขึ้นเพียงไม่กี่โมเลกุลก็สามารถเหนี่ยวนำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องและเกิดอนุมูลอิสระอื่นได้หลากหลายชนิด

2.2.3.3 อนุมูลอิสระที่มีความสำคัญทางชีวภาพจำแนกเป็นกลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลัก เรียกว่า Reactive Oxygen Species (ROS_S) และกลุ่มที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักเรียกว่า Reactive Nitrogen Species (RNS) ROS_S

โดยทั่วไป อนุมูลอิสระชนิดต่างๆ มีอายุสั้นมาก เวลาครึ่งชีวิต (Half Life) อาจเป็นหนึ่ง 1 หรือ 10^3-10^9 วินาที ดังแสดงในตารางที่ 2.3 เวลาครึ่งชีวิตและบทบาทของอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ ที่มีความสำคัญทางชีวภาพ

ตารางที่ 2.3 Reactive Oxygen และ Nitrogen Species ที่มีความสำคัญทางชีวภาพ

Reactive Species	สัญลักษณ์	เวลาครึ่งชีวิต	ความว่องไวในการทำปฏิกิริยา/แหล่งกำเนิด
Reactive Oxygen Species: Superoxide	O_2°	10^6 วินาที	สร้างใน Mitochondria ระบบหัวใจและหลอดเลือด
Hydroxyl Radical	OH°	10^9 วินาที	มีความว่องไวสูง สร้างในร่างกายเมื่อมีสภาวะเหล็กสูง
Hydrogen Peroxide	H_2O_2	มีความเสถียร	สร้างจากหลายปฏิกิริยาในร่างกาย และก่อให้เกิด °OH
Peroxyl Radical	ROO°	เป็นหน่วยวินาที	มีความไว สร้างจากไขมัน โปรตีน DNA และน้ำตาลในสภาวะเครียดออกซิเดชั่น
Organic Hydroperoxide	ROOH	มีความเสถียร	ทำปฏิกิริยากับ Transient Metalions ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระอื่น
Singlet Oxygen	$^1O_2$	10^6 วินาที	มีความว่องไวสูง สร้างเมื่อเกิดปฏิกิริยา Photosensitization และจากปฏิกิริยาเคมีอื่น
Ozone	O_3	เป็นหน่วยวินาที	อยู่ในมลพิษทางอากาศสามารถทำปฏิกิริยากับหลายโมเลกุลก่อให้เกิด $^1O_2$
Reactive Nitrogen Species: Nitric Oxide	NO°	เป็นหน่วยวินาที	เป็นสารสื่อประสาท ควบคุมความดันโลหิต ก่อให้เกิดสารออกซิเดนท์ ขณะเกิดพยาธิสภาพ
Peroxynitrite	ONOO	10^3 วินาที	มีความไวสูง สร้างจาก NO และ Superoxide
Peroxynitrous Acid	ONOOH	มีความเสถียรปานกลาง	เป็น Protonated Form ของ ONOO
Nitrogen Dioxide	NO_2	เป็นหน่วยวินาที	สร้างระหว่างการเกิดมลพิษในบรรยากาศ

ที่มา : [30]

2.2.3.4 อนุมูลอิสระมีแหล่งกำเนิดทั้งจากภายใน (Intrinsic Source) และภายนอก (Extrinsic Source) ร่างกาย แหล่งกำเนิดอนุมูลอิสระมีดังนี้ อนุมูลอิสระที่เกิดจากภายในร่างกายมี 5 กลไกหลัก [25] คือ

1) การหายใจแบบใช้ออกซิเจนจากเซลล์ (Aerobic Cellular Respiration) ในกระบวนการหายใจเอาออกซิเจนเข้ามาเผาผลาญอาหารให้เกิดเป็นพลังงานในรูปของ ATP ไฮโดรเจนถูกสกัดออกจากสารอาหารและอิเล็กตรอนถูกส่งต่อเป็นทอดไปในระบบการขนส่งอิเล็กตรอนแบบลูกโซ่ (Electron Transport Chain) เป็นผลผลิตอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้มีผู้คาดเดาว่าประมาณร้อยละ 2 ของออกซิเจนที่ใช้ใน Mitochondria จะถูกเปลี่ยนเป็นอนุมูลอิสระ

2) การทำลายสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดขาว เซลล์เม็ดเลือดขาว เช่นเซลล์แมคโคฟาจ (Macrophage) เมื่อกลืนกิน (Phagocytosis) จุลินทรีย์ เช่นพาราไดซ์ (Parasite) แบคทีเรีย หรือไวรัสจะถูกกระตุ้นให้ทำลายจุลินทรีย์ที่กลืนกินเข้าไปด้วยการสร้างสารอนุมูลอิสระ ดังนั้น ในกรณีของการติดเชื้อเรื้อรัง (Chronic Infection) ซึ่งมีการกลืนกินจุลินทรีย์อย่างต่อเนื่อง เนื้อเยื่อของร่างกายมีโอกาสพลอยถูกทำลายโดยสารอนุมูลอิสระเหล่านี้ด้วย

3) กระบวนการในเพอรอกซิโซม (Peroxisome) ในกระบวนการทำลายกรดไขมัน (Fetty Acid) และโมเลกุลอื่นในเพอรอกซิโซม จะเกิด H_2O_2 เป็นผลผลิต H_2O_2 ที่เกิดขึ้นถูกทำลายโดยเอนไซม์ Catalase แต่บางโมเลกุลของ H_2O_2 สามารถหลุดออกสู่ส่วนอื่นของเซลล์ H_2O_2 สามารถทำปฏิกิริยากับเหล็กเกิด Fenton Reaction ให้อนุมูล OH^o ดังแสดงในสมการที่ 2.4

$$Fe^{+2} + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{+3} + OH^0 + OH^0 \qquad (2.4)$$

ที่มา : [25]

4) การทำงานของเอนไซม์บางชนิด ในปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือการทำงานของกลุ่มเอนไซม์ที่จำเพาะบางชนิด ก่อให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระ

5) การออกกำลังกายแบบหักโหม การออกกำลังกายที่หักโหมก่อให้เกิดอนุมูลอิสระในปริมาณสูงกว่าขีดจำกัดของการจัดการของระบบต้านอนุมูลอิสระภายในเซลล์ จึงสามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่ออื่นในร่างกายได้

2.2.3.5 อนุมูลอิสระที่เกิดจากแหล่งภายนอกในสิ่งแวดล้อมมีอนุมูลอิสระมากมาย เราสามารถรับอนุมูลอิสระได้ 3 ทางคือ จากอาหารที่รับประทานเข้าไป อากาศที่หายใจ และรังสี (Radiation) ตัวอย่าง

1) แหล่งกำเนิดอนุมูลอิสระจากภายนอกได้แก่ อาหารปิ้ง ย่าง ทอดเกรียม หรืออาหารที่ทอดในน้ำมันทอดซ้ำ อาหารปนเปื้อนด้วยสารเคมี เช่น ยากำจัดศัตรูพืช ฟีนอล สารกันบูด สีผสมอาหาร การดื่มสุราเรื้อรัง (Alcoholism) ยาบางชนิด

2) มลภาวะทางอากาศ (Air Pollutans) เขม่า ควันเสียจากรถยนต์ กากของเสียอันตรายจากโรงงานต่างๆ ควันบุหรี่

3) รังสีชนิดต่างๆที่เกิดจากกระบวนการในโรงงานอุตสาหกรรม จากแสงอาทิตย์ รังสีคอสมิก (Cosmic Rays) และ X Ray ที่ใช้ทางการแพทย์

การติดเชื้อไวรัสบางชนิด เช่น Human Papilloma Virus, Hepatitis B Virus, โลหะหนักต่างๆ เช่นทองแดง เหล็ก แคดเมียม สารหนู ปรอท โครเมียม เงิน นิเกิล แมงกานีส สังกะสี โคบอลต์ที่สามารถถ่ายทอดอิเล็กตรอน ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ หรือช่วยส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระในร่างกาย

2.2.4 การหาขีดความสามารถในการเป็นตัวต้านอนุมูลอิสระ [29] อนุมูลอิสระมีทั้งประโยชน์และโทษต่อร่างกาย มีความสำคัญทั้งทางด้านสุขภาพและก่อให้เกิดโรค อนุมูลอิสระที่ถูกสร้างขึ้นภายในเซลล์ จะถูกควบคุมให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อช่วยในการทำหน้าที่และรักษาสภาวะสมดุล (Homeostasis) ภายในเซลล์

2.2.4.1 ประโยชน์ของอนุมูลอิสระที่เกี่ยวข้องกับการทำหน้าที่ของกระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์มีดังนี้คือ

1) การสังเคราะห์ ATP จาก ADP ด้วยกระบวนการ (Oxidative Phosphorylation) ที่เกิดภายใน (Mitochondria)

2) การทำงานของกลุ่มเอนไซม์ (Cytochrome P450) ในปฏิกิริยาออกซิเดชันเพื่อลดความเป็นพิษของสารแปลกปลอมต่อร่างกาย (Xenobiotics)

3) รูปแบบการตายของเซลล์แบบอะพอพโทซิส (Apoptosis) ที่ใช้ในการกำจัดเซลล์ที่ชำรุด หรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพและร่างกาย

4) การทำลายจุลินทรีย์ หรือเซลล์มะเร็งโดยเซลล์เม็ดเลือดขาว (Macrophage) และ (Cytotoxic T Lymphocyte)

5) การทำงานของเอนไซม์ (Oxygenase) เช่น (Cyclo-Oxygenase) COX และ (Lipoxygenase) LOX ในการสังเคราะห์ (Prostaglandins) และ (Leukotrienes)

6) การกระตุ้น (Transcription Factors) ต่างๆ และการแสดงออกของยีน (Gene Expression)

7) กระบวนการส่งสัญญาณและการสื่อสารของเซลล์ (Signal Transduction) เช่น O_2°, NO° และ H_2O_2 ทำหน้าที่เป็น (Secondary Messenger) ภายในเซลล์ นอกจากนั้น NO° ยังมีผลในเชิงสรีรวิทยา ช่วยในการขยายตัวของหลอดเลือด (Vasodiation)

8) บทบาทของ O_2 ในการควบคุมการเจริญเติบโตของเซลล์

2.2.4.2 สภาวะเครียดออกซิเดชั่น (Oxidative Stress) เป็นสภาวะการขาดสมดุลของอนุมูลอิสระและการจัดการของระบบต้านอนุมูลอิสระภายในเซลล์ของร่างกาย ส่งผลให้ปริมาณอนุมูลอิสระในร่างกายสูงเกินไป อนุมูลอิสระในสภาวะเครียดออกซิเดชั่นก่อให้เกิดโทษต่อร่างกายมากมาย สามารถทำปฏิกิริยากับสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ (Macromolecules) ในร่างกาย เช่น ไขมัน (Lipid) โปรตีน (Protein) คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) และ DNA ด้วยปฏิกิริยาที่แตกต่าง เช่น Hydrogen Atom Transfer Reaction, Addition, Aromatic Subatitution, Bata–Scission และ Coupling Reactions เป็นต้น ผลกระทบของอนุมูลอิสระที่เกิดต่อสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ในร่างกาย มีดังนี้ คือ

1) ไขมัน (Lipid) อนุมูลอิสระทำให้เกิดปฏิกิริยา (Lipid Peroxidation) ก่อให้เกิดสารพิษต่างๆ ที่เป็นผลผลิต (Product) ของปฏิกิริยา ลดความต้านทานต่อการสูญเสียสภาพของความร้อน (Thermal Denaturation Resistance) และลดสภาวะการเป็นของไหลของไขมันในระดับโมเลกุล (Lipid Molecular mobility) MDA ที่เกิดจาก (Lipid Peroxidation) สามารถทำปฏิกิริยากับกลุ่มอะมิโนอิสระ (Free Amino Group) ของโปรตีน ทำปฏิกิริยากับ (Phospholipid) และ (Nucleic Acid) เป็นต้น ในผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดตีบ (Athrosclerosis) และโรคหัวใจหลอดเลือด (Cardiovascular Disease) มีปริมาณของ (Lipid Oxidation Product) ในร่างกายเพิ่มขึ้น นอกจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ (Low Density Lipoprotein) ยังมีความสำคัญกับการพัฒนาของโรคหลอดเลือดตีบ และโรคหัวใจและหลอดเลือด

2) โปรตีน (Protein) การออกซิไดซ์โปรตีนโดย ROS/RNS นั้นสามารถทำให้เกิดออกซิเดชันของหมู่ฟังก์ชั่นของกรดอะมิโน (Oxidation of Amino Acid Side Chain) การเกาะกัน (Cross Linkange) และการแตกหัก (Fragmentation) ของโปรตีน และเกิด (Protein Hydroperoxides) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับ (Transition Metal Ion) ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระอื่นต่อไป ดังนั้นดัชนีบ่งบอกทางชีวภาพของสภาวะเครียดออกซิเดชั่นของโปรตีน (Oxidation Stress of Protein) ได้แก่ Methionine Sulfoxide, 2-Oxohistidine และ Protein Peroxide เป็นต้น การออกซิไดซ์ Histidine เป็น 2-Oxohistidine การเกิดออกซิไดซ์ของหมู่ Thiol และการเกิดอนุพันธ์ของหมู่ Carbonyl ของกรดอะมิโนเป็นตัวอย่างของโครงสร้างโปรตีนที่ถูกกระทำให้ดัดแปลงไป MDA และ 4-HNE ซึ่งเป็นผลผลิตจาก Lipid Peroxidation สามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนได้ อนุมูล NO° และ ONOO สามารถออกซิไดซ์โปรตีนได้เช่นกัน โดยรวมอนุมูลอิสระส่งผลในการทำงานของโปรตีนลดลง หรือสูญเสียไป เช่น ลดหรือสูญเสียการทำงานของเอนไซม์ โปรตีนที่สูญเสียการทำหน้าที่มักจะถูกกำจัดอย่างรวดเร็ว หรือในบางกรณีอาจถูกเก็บสะสมก่อให้เกิดผลเสียหรือทำความเสียหายต่อเซลล์ภายหลัง เช่น Lipofuscin เป็น Peroxidized ของไขมันและโปรตีนเกาะรวมกันสะสมใน Lysosomes ของเซลล์ที่ชราภาพ (Aged Cell) และในเซลล์ของสมองของคนไข้ที่ป่วยด้วยโรคอัลไซเมอร์

3) คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) HO° ทำปฏิกิริยากับคาร์โบไฮเดรตโดยดึง Hydrogen atom ออกจาก Carbon atomก่อให้เกิด Carbon-Cententered Radical ทำให้เกิดปฏิกิริยาการแตกหักของโมเลกุลที่มีความสำคัญต่างๆ เช่นทำลาย Hyaluronic Acid เป็นต้น คาร์โบไฮเดรตถูกละลายด้วยการออกซิไดซ์ (Oxidative Breakdown) โดย Lipid Hyderperoxide อิออนของเหล็กได้ Dicarbonyl Compound เช่น Glycoaldehyde และ Glyoxal ใน In Vivo Glyoxal เป็น Oxoaldehyde Metabolite ซึ่งมีความเป็นพิษต่อเซลล์ มีพิษต่อสารพันธุกรรม ทำให้เกิดการตายของเซลล์แบบ Apoptosis และหยุดการเจริญ (Cell Growth Arrest) เนื่องจาก Glyoxal สามารถสร้างพันธะแบบโควาเลนกับกรดนิวคลีอิกและโปรตีนแบบไม่ย้อนกลับ (Irreversible Adduct) ก่อให้เกิดการสร้าง Adycation Glycattion Endproduct ต่างๆ

4) DNA การออกซิไดซ์ DNA โดย ROS/RNS หรือการดึง Hydrogen atom ออกจากส่วนที่เป็นน้ำตาลของ DNA ทำให้ DNA เกิดความเสียหาย ส่วนที่เป็น Double Bond ของ C4-C5 ของ Pyrimidion มีความไวต่อ HO° ผลผลิตจาก Oxidative Pyrimidine ที่เสียหาย (Oxidative Pyrimidine

Damage Products) มีอยู่มากมาย เช่น Thymine Glycol, Uracil Glycol, Urea Residue, 5 Hydroxydeoxy Uridine, 5-Hydroxydeoxycytidine และHydantoin เป็นต้น ในทำนองเดียวกัน HO° ทำปฏิกิริยากับ Purineได้ 8-Hydroxydeoxyguanosine (8-OHdG), 8-Hydroxydeoxyadenosine, Formamidopyrimidines เป็นต้น 8-OHdG เกี่ยวข้องกับการเกิดมะเร็ง และเป็นดัชนีบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biomarker) ของ DNA ที่เสียหายจากการออกซิเดชั่น (Oxidative DNA Damage) เนื่องจาก DNA ใน Mitochondria ปราศจากซึ่งโปรตีน Histone ที่จะช่วยป้องกันความเสียหายต่อ DNA เหมือนดังใน Nucleus และกระบวนการสังเคราะห์ ATP ใน Mitochondria ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระดังนั้น DNA ใน Mitochonaria จึงมีความไวต่อความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระเป็นพิเศษ

2.3 ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

2.3.1 ข้อมูลทั่วไปของวัตถุดิบ [31]

องค์ประกอบของแป้งข้าว คุณลักษณะคุณภาพของเมล็ด (Grain Quality) ส่งผลต่อองค์ประกอบของแป้งข้าวที่จะนำมาผลิตเป็นน้ำแป้งคุณภาพ คุณภาพของเมล็ด แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือลักษณะของคุณภาพเมล็ดทางกายภาพ

2.3.1.1 คุณภาพเมล็ดทางกายภาพ เป็นลักษณะที่เกี่ยวกับความยาว ความกว้าง และความหนาของเมล็ดข้าวเจ้า นอกจากนี้คุณภาพในการสีเป็นข้าวสารก็ถือว่าเป็นคุณภาพทางกายภาพของเมล็ด เมล็ดข้าวมีความยาวประมาณ 7-7.5 มิลลิเมตร ความกว้างและความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร และมีหน้าตัดของเมล็ดค่อนข้างกลม ถ้าเป็นข้าวเจ้าเมล็ดจะต้องใส

2.3.1.2 คุณภาพเมล็ดทางเคมี เป็นลักษณะขององค์ประกอบของแป้งในเมล็ดข้าวกล้องข้าวเหนียวและข้าวเจ้าแตกต่างกันในชนิดของแป้งที่รวมกันเป็นเอ็นโดสเปิร์ม เมล็ดข้าวเหนียวประกอบด้วยแป้งชนิดอะมิโลเพกทินเป็นส่วนใหญ่ มีแป้งอะมิโลสน้อยมาก คือ ประมาณร้อยละ 5-7 เท่านั้น ส่วนเมล็ดข้าวเจ้าประกอบด้วยแป้งชนิดอะมิโลส ประมาณร้อยละ 15-30 ปริมาณของโปรตีนนี้จะผันแปรไปตามสภาพแวดล้อมที่เพาะปลูกข้าว เช่น การใส่ปุ๋ยทำให้มีปริมาณโปรตีนในเมล็ดเพิ่มมากขึ้น รวงข้าวที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวงน้อยเมล็ดก็มักจะมีปริมาณโปรตีนสูงด้วย

2.3.2 คุณสมบัติของแป้งข้าว [31]

2.3.2.1 คุณสมบัติทางเคมีของแป้งโดยทั่วไปเม็ดแป้งข้าว (StarchGranule) ประกอบด้วยโมเลกุลของแป้งข้าวเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญ นอกจากนี้แล้วยังมี โปรตีน ไขมัน ฟอสฟอรัส สารอินทรีย์อื่น และน้ำเป็นส่วนประกอบในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของพันธุ์ข้าว

2.3.2.2 แป้ง (Starch) แป้งเป็นโพลิเมอร์ของกลูโคสที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่มีสูตรทั่วไป คือ (C6H10O5) n แป้งมีหน่วยพื้นฐานเป็น Anhydroglucose Unit เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ a-Glycosidic linkage ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหน่วยกลูโคสกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของหน่วยกลูโคสที่อยู่ถัดไป ด้านปลายของโมเลกุลแป้งจะมี Anomeric Carbon ซึ่งว่างอยู่ไม่ได้จับกับโมเลกุลอื่นๆ ดังนั้นแต่ละโมเลกุลของแป้งจะมีด้านปลายที่มีคุณสมบัติรีดิวซ์ (Reducing End) นั่นคือ แป้งหนึ่งโมเลกุลจะมีตำแหน่ง Reducing End 1 ตำแหน่ง โมเลกุลแป้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ ตามขนาดโมเลกุลและลักษณะการจัดเรียงตัว คือ อะไมโลสซึ่งมีขนาดเล็กและมีกิ่งก้านสาขาเพียงเล็กน้อย

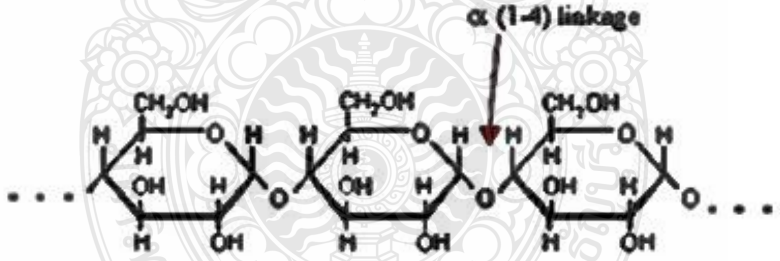
และอะไมโลเพคตินซึ่งมีขนาดใหญ่และมีกิ่งก้านสาขามากมาย นอกจากนี้ยังพบโมเลกุลแป้งอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าอะไมโลสแต่เล็กกว่าอะไมโลเพคติน เรียกว่า “Intermediate Material” แต่พบในปริมาณไม่มากนัก อะไมโลสและอะไมโลเพคตินมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
1 ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ α – 1,4	1 โมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันด้วยพันธะ α – 1,4 และมีการแตกกิ่งก้วยพันธะ α – 1,6
2 ประกอบด้วยกลูโคส หน่วย 200-6000	2 แต่ละกิ่งมีกลูโคส หน่วย 20-25
3 ละลายน้ำได้น้อยกว่า	3 ละลายน้ำได้ดีกว่า
4 เมื่อต้มในน้ำจะมีความข้นหนืดน้อย	4 ข้นหนืดมากและใส
5 ให้สีน้ำเงินกับสารละลายไอโอดีน	5 ให้สีม่วงแดงหรือสีแดงกับสารละลายไอโอดีน
6 ต้มและทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็งได้	6 ไม่จับตัวเป็นวุ้นและเป็นแผ่นแข็ง

ที่มา : [31]

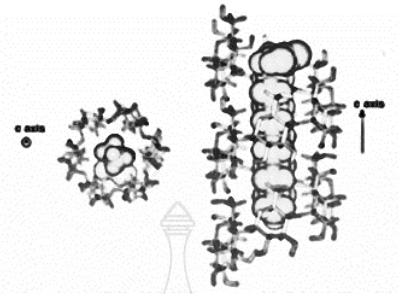
2.3.2.3 อะไมโลส (Amylose) อะไมโลสเป็นโพลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 1,000–6,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ a-1, 4 –Glycosidic Linkage ดังแสดงในรูปที่ 2.3 [31] อาจพบกิ่งก้านสาขาในโมเลกุลของอะไมโลสได้บ้างในปริมาณเล็กน้อย



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของอะไมโลส
ที่มา : [31]

โดยทั่วไปแป้งที่ผลิตจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง จะมีปริมาณอะไมโลสสูงประมาณร้อยละ 22-30 ส่วนแป้งที่มาจากรากและหัวของพืชจะมีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่าธัญพืชอยู่แล้ว จะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชัน (Rrtrogradation) ลดลง อะไมโลสสามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีนและสารประกอบอินทรีย์อื่น เช่น Butanol, Fatty Acid, Surfactant, Phenol และ Hydrocarbon ดังแสดงในรูปที่ 2.4 [32] สารประกอบเชิงซ้อนเหล่านี้จะไม่ละลายในน้ำ โดยอะไมโลสจะพันเป็นเกลียวล้อมรอบสารประกอบ อะไมโลสที่มีความยาวสายโซ่มากกว่า 45 หน่วย

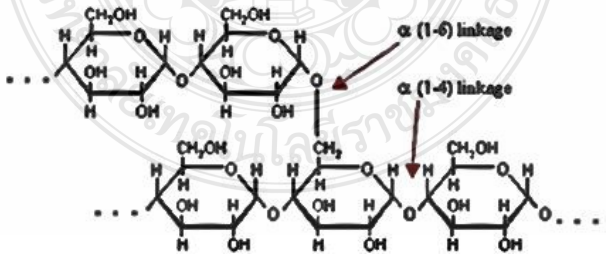
กลูโคส เมื่อรวมตัวกันไอโอดีนจะให้สีน้ำเงินม่วง ซึ่งใช้เป็นลักษณะที่บอกถึงแป้งที่มีอะไมโลสเป็นองค์ประกอบและใช้ในการตรวจสอบปริมาณอะไมโลสในแป้ง



รูปที่ 2.4 ภาพจำลองการจับตัวของอะไมโลสกับสารอินทรีย์
ที่มา : [32]

การตรวจสอบปริมาณอะมิโลสโดยการทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีนแล้ววัดสีที่เกิดขึ้นเป็นวิธีการที่ง่ายนิยมใช้ มีข้อผิดพลาดได้จากความไม่อยู่ตัวของสีที่เกิดขึ้น การรบกวนผลการวัดจากอะมิโลเพคตินโดยเฉพาะอะมิโลเพคตินที่มีความยาวสายโซ่กิ่งที่มาก ซึ่งจะเกิดสารเชิงซ้อนกับไอโอดีนได้เช่นเดียวกันทำให้วิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสได้มากเกินจริง นอกจากนี้ไขมันที่เกิดสารเชิงซ้อนกับอะมิโลสอยู่เดิมจะทำให้อะมิโลสโมเลกุลนั้นจับกับไอโอดีนไม่ได้ทำให้ค่าที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่าความเป็นจริงมาก ต้องทำการสกัดไขมันออกก่อน วิธีการนี้จะขึ้นกับความสามารถในการละลายของอะมิโลสในตัวอย่างแป้งแต่ละชนิด

2.3.2.4 อะไมโลเพคติน (Amylopectin) อะไมโลเพคตินเป็นโพลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคสส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ a-1, 4- Glycosidic Linkage และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นโพลิเมอร์กลูโคสสายสั้นมี DP อยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ a-1, 6-Glycosidic Linkage ดังแสดงในรูปที่ 2.5 [32]



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน
ที่มา : [32]

หน่วยกลูโคสที่มีพันธะ a-1, 6 Glycosidic Linkage มีอยู่ประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณหน่วยกลูโคสในอะไมโลเพคตินทั้งหมด อะไมโลเพคตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000 เท่าของอะไมโลส คือ ประมาณ 107-109 ดาลตัน มีการคืนตัวต่ำ เนื่องจากอะไมโลเพคตินมีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่ง อะไมโลเพคตินทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของเม็ดแป้ง ดังนั้นเมื่อมีอะไมโลเพคตินเพียงอย่างเดียวจึงยังสามารถรวมตัวเป็นเม็ดแป้งได้

2.3.4. ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว [33]

ก๋วยเตี๋ยว (Rice Noodle) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวเจ้าที่นำไปโม่หรือแป้งข้าวเจ้าซึ่งอาจมีส่วนผสมของแป้งชนิดอื่นผสมอยู่ ทำให้เป็นแผ่นแป้งบางนึ่งสุก ตัดเป็นเส้นแล้วทำให้แห้ง จำแนกได้ 3 แบบ คือ ก๋วยเตี๋ยวเส้นสด ก๋วยเตี๋ยวเส้นกึ่งแห้งและก๋วยเตี๋ยวเส้นแห้ง ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดมีความชื้นร้อยละ 62-64 นิยมทำแผ่นก๋วยเตี๋ยวด้วยน้ำมัน เช่น น้ำมันถั่วเหลือง เพื่อไม่ให้เส้นก๋วยเตี๋ยวติดกันจากนั้นนำแผ่นก๋วยเตี๋ยวสดมาหั่นเป็นเส้น เส้นใหญ่มีขนาดกว้าง 1.5-2.5 เซนติเมตร หรือเส้นเล็กขนาดกว้าง 0.40-0.50 เซนติเมตร มีอายุการเก็บ 1-2 วัน เนื่องจากมีความชื้นสูง ก๋วยเตี๋ยวเส้นกึ่งแห้งเป็นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จากการนำเส้นสดนำไปผึ่งให้ความชื้นลดลงร้อยละ 37 แล้วจึงตัดเป็นเส้น มีอายุการเก็บได้ 1-2 วัน และก๋วยเตี๋ยวเส้นแห้งเป็นก๋วยเตี๋ยวที่ทำให้แห้งด้วยการอบลมร้อนหลังจากตัดเป็นเส้นแล้วมีความชื้นประมาณร้อยละ 13

ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป (Instant Noodles) บรรจุในถุงโพลิเอทธิลีน เส้นก๋วยเตี๋ยวจะถูกทำให้สุกโดยการนึ่ง แล้วทำให้แห้งโดยการทอดหรืออบทำให้ความชื้นลดลง ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้มีชื่อเรียกว่าก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปทอด [34]

2.3.4.1 ลักษณะแป้งที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว นิยมใช้ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวในอุตสาหกรรมของประเทศไทยคือ แป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลสสูงมีปริมาณอะไมโลสอยู่ในช่วงร้อยละ 27-30 ทั้งนี้เพราะแป้งสุกมีความคงตัวสูง ทนทานต่อการสลายตัวระหว่างหุงต้มและสามารถทำเป็นแผ่นได้ดี [32] ชนิดของแป้งข้าวเจ้ามีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว ทั้งนี้แป้งข้าวเจ้าชนิดที่มีปริมาณอะไมโลสสูงเหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวอย่างไรก็ตามใช้แป้งข้าวเจ้าชนิดอื่นหรือการเติมแป้งชนิดอื่นที่ไม่ใช่แป้งข้าวเจ้าผสมลงไปอาจจะช่วยปรับปรุงคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวให้ดีขึ้นได้ การใช้แป้งชนิดอื่นทดแทนปริมาณแป้งข้าวเจ้านิยมใช้ในการผลิตโดยทั่วไปเพื่อส่งผลต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว

ดังนั้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวให้มีคุณภาพดี เป็นที่ยอมรับสารเติมแต่งอาหารบางชนิดจึงบทบาทในกระบวนการผลิตตัวอย่าง เช่น สารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) ซึ่งเป็นสารให้ความหนืดทำให้เกิดเจลเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier)โดยสารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบของแป้งเป็นองค์ประกอบหลักเพื่อปรับปรุงคุณภาพเส้นก๋วยเตี๋ยวหลากหลายด้าน เช่น ความคงตัวเนื้อสัมผัสกระบวนการผลิตง่ายขึ้นช่วยลดต้นทุนการผลิต สำหรับการใช้สารประเภท กัม (Gum) ได้แก่ กัวกัม (Guar Gum) เจลแลนกัม (Gellan Gum) แซนแทนกัม (Xanthan Gum) โซเดียมคาร์บอกซีเมททิลเซลลูโลส (Sodium Carboxymethyl Cellulose: CMC) และโซเดียมอัลจิเนต (Sodium Alginat) จะช่วยเพิ่มความหนืดของน้ำแป้งนอกจากนี้สารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งมีลักษณะคงรูป โครงสร้างเป็นเนื้อเหนียว

และลดผิวสัมผัสที่ผิวติด สารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ยังมีความสามารถในการจับกับโมเลกุลแป้งโดยเฉพาะอะมิโลส (Amylose) ได้ดี ข้าวมีเม็ดแป้งที่มีขนาดเล็กเพียง 3-5 ไมครอน โดยมีรูปร่างเป็นทรงกลมหรือหลายเหลี่ยม องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวเป็นคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 90 ซึ่งเป็นสตาร์ชเกือบทั้งหมด นอกจากนี้ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 7 ไขมันร้อยละ 1.5 เป็นวิตามิน เกลือแร่ และสารอื่นอีกร้อยละ 10.5 โดย สตาร์ชในเมล็ดข้าวประกอบด้วยอะมิโลส (Amylose) และอะไมโลเพคติน (Amylopectin) ซึ่งเป็นสายของกลูโคสต่อกันเป็นเส้นยาวต่างกันที่สายโซ่อะมิโลส (Amylos) ไม่แตกแขนงเป็นกิ่งก้านสาขาเหมือนอะมิโลเพคติน (Amylopectin) โดยขนาดและน้ำหนักของโมเลกุลของอะมิโนจากน้อยกว่า อะไมโลเพคติน (Amylopectin) และสัดส่วนของอะมิโลส (Amylose) [34]

2.3.4.2 แป้งข้าวเจ้าที่มีผลต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว 2 ประการ คือ [32]

1) การเกิดเจลาติไนเซชั่น (Gelatinization) โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก ซึ่งยึดติดกันเป็นพันธะไฮโดรเจนเมื่อเม็ดแป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำพองตัวขึ้นเรื่อยร้อยละประมาณ 25-30 แต่เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งพันธะไฮโดรเจนจะขยายลงเมล็ดแป้งจะถูกดูดน้ำได้มากขึ้นพร้อมกับพองตัวขึ้นเรื่อยจนถึงอุณหภูมิประมาณ 68 องศาเซลเซียส ส่วนผสมจะเริ่มข้นหนืดมีความเหนียว ข้น ใสขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิถึง 78 องศาเซลเซียส เม็ดแป้งจะพองตัวขึ้นอย่างรวดเร็วแรงยึดระหว่างโมเลกุลในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลงเนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลายเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้าไปมาก และเกิดการพองตัวแบบผัน กลับไม่ได้โครงสร้างของเม็ดแป้งจะสลายตัวไปกับโมเลกุลของอเมริกาจะสลายไปกับน้ำให้ส่วนผสมที่ใสทั้งหมดเรียบ ปรากฏการณ์นี้ว่าเจลลาติไนซ์หรือการสุกของแป้งและเรียกอุณหภูมิช่วงนี้ว่าช่วงอุณหภูมิ โดยมีปัจจัยสำคัญต่อการเกิด Cavitation คือกรดซึ่งมีผลทำให้เม็ดแป้งดูดน้ำและพองตัวเร็วลดระยะเวลาในการเกิดเจลาติไนเซชั่นให้แป้งเปียกที่มีความหนืดน้อยลง

2) คุณสมบัติด้านการทรงตัวและการละลายของแป้งข้าวเจ้าเกี่ยวข้องกับการเกิดเจลลาติไนซ์ ของแป้งข้าวเจ้าคือแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตจากแป้งดิบและแป้งที่ผ่านกันความร้อนก่อน การนำมาผลิตเป็นแป้งถ้ามีการพองตัวแตกต่างกันแปลงข้าวที่ผลิตจากแป้งดิบจะมีกำลังพองตัวต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตจากแป้งสุกที่อุณหภูมิต่ำกว่า 70 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าร้อยละ 70 กำลังการพองตัวของแป้งข้าวดิบประสงค์กว่าแป้งข้าวสุกเนื่องจากแป้งข้าวที่ผลิตจากแป้งข้าวสุกจะเกิดเจริญในตลอดระยะเวลาที่ให้ความร้อนทำให้แป้งข้าวสุกดูดความชื้นได้ง่ายกว่าแป้งข้าวดิบและสำหรับการละลายเป็นไปในทางทิศทางเดียวกันกับกำลังกายคงตัวคือละลายตามแป้งข้าวที่ผลิตกับข้าวดิบและน้อยกว่าแป้งข้าวที่ผลิตจากแป้งข้าวสุกที่อุณหภูมิต่ำกว่า 70 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นกำลังการพองตัวของแป้งข้าวดิบจะสูงกว่าแป้งข้าวสุกโดยส่วนที่ละลายออกมาได้แก่ส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้และปริมาณอมิโลสร้อยละ 1

2.3.4.3 กรรมวิธีการผลิต [32], [34]

การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว กรรมวิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง โดยปกติจะผลิตมาจากปลายข้าวเจ้าโดยมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

1) การล้างและแช่ข้าว เป็นขั้นตอนจำเป็นเพื่อให้สิ่งสกปรกที่ติดมากับข้าวหลุดออก ช่วยขัดผิวข้าวให้ขาว และการแช่ข้าวจะช่วยให้ข้าวนิ่ม สารอาหารที่ละลายในน้ำจะหลุดออก ทำให้เส้นข้าวเส้นก๋วยเตี๋ยวขาว บางครั้งอาจมีการใช้สารเคมีจำพวกเมตาไบซัลไฟต์ (Metabisulphite) เพื่อฟอกสีและป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่เหมาะสมในการแช่คือปริมาณ 1 ต่อ 2.5 โดยแช่ไว้ 1-2 ชั่วโมง

2) การโม่และการปรับความเข้มข้นของน้ำแป้ง การโม่จะทำให้เม็ดแป้งองค์ประกอบอื่นและแตกออกจากกัน ปริมาณน้ำต่อข้าวที่ใช้ในการโม่ควรอยู่ในปริมาณ 2 ต่อ 1 หลังจากการโม่แล้วควรตั้งน้ำแป้งทิ้งไว้ประมาณ 1-3 ชั่วโมง โดยมีการกวนเพื่อป้องกันการตกตะกอนและช่วยให้แป้งดูดน้ำได้ดีขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำแป้งมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อความเหนียวของเส้นก๋วยเตี๋ยวดังนั้นต้องพิจารณาปริมาณน้ำที่ใช้ในการตลาดชนิดและลักษณะของข้าวที่ใช้เป็นวัตถุดิบปกติควรมีปริมาณของแข็งร้อยละ 38-40 โดยน้ำหนักหรือปรับความเข้มข้นให้อยู่ในประมาณ 20-28 องศาเซลเซียส

3) การนึ่ง สามารถทำได้ 2 แบบ คือ แบบพื้นบ้านดั้งเดิมคล้ายกับการทำข้าวเกรียบปากหม้อโดย ใช้ผ้าขาวบางขึงบนกระทะที่ต้มจนน้ำเดือด แล้วตักแป้งเทบนผ้าขาวบางละเลงความหนาพอเหมาะ นึ่งประมาณ 1 นาทีแล้ว แล้วใช้ไม้แซะยกแผ่นก๋วยเตี๋ยวสุกมาพาดบนที่ตากที่ทำด้วยไม้ไผ่สาน ตากแดดประมาณ 4-5 ชั่วโมง สำหรับอีกแบบนิยมทำเป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางและใหญ่โดยใช้เครื่องนึ่งซึ่งผ่านน้ำแป้งลงสายพานนำเข้าสู่อุโมงค์ไอน้ำนึ่งประมาณ 3 นาที

4) การผึ่งลมหรืออบแห้ง เมื่อแผ่นก๋วยเตี๋ยวสุกออกจากอุโมงค์แล้วการผึ่งลมหรือให้พัดลมเป่าให้เส้นเย็นลง ไม่ติดกันก่อนเอาไปตัด ถ้าต้องการให้เส้นมีความชื้นน้อยลงให้นำไปอบลมร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส ดังนั้นการอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 45-48 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นเพียงร้อยละ 10-12 จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น หลังบรรจุหลังจากเส้นเย็นแล้วในถุงโพลีเอทีลีหรือโพลิโพพิลีน

5) มาตรฐานคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวตามที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนดคือ ต้องมีขนาดเส้นใกล้เคียงกัน มีความหนาสม่ำเสมอโดยมีความหนาเฉลี่ยไม่เกิน 0.7±0.2 เส้นหักได้ไม่เกิน ร้อยละ 5 ของน้ำหนักสุทธิ คุณภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นอบแห้ง ต้องลวกเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งให้คืนตัวไม่เกิน 5 นาทีก่อนนำไปรับประทาน พบว่าการลวกมีผลทำให้ขนาดเส้นใหญ่ขึ้นประมาณร้อยละ 11-12 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 1.8-2.8 เท่า ใช้เวลาในการลวก 1-5 นาที ถ้าลวก 2 นาที จะมีน้ำหนักเท่าก๋วยเตี๋ยวเส้นสด

2.4 การทำแห้ง [35]

2.4.1 การทำแห้ง หมายถึง การดึงน้ำออก (Drying)เป็นวิธีการถนอมอาหาร (Food Preservation) ที่นิยมใช้มานานจนถึงปัจจุบัน โดยอาศัยหลักการลดความชื้น (Moisture Content) ของอาหารด้วยหลักการระเหยน้ำออกจากเนื้ออาหารด้วยการอบแห้ง (Dehydration) การทอด (Frying) หรือการระเหิดน้ำในอาหารออกไป

2.4.2 วัตถุประสงค์ของการทำแห้ง

2.4.2.1 ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร การทำแห้งเป็นการลดปริมาณน้ำในอาหาร เพื่อ ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เกือบทุกชนิด เช่น รา (Mold) ยีสต์ (Yeast) แบคทีเรีย (Bacteria) ที่เป็นสาเหตุหลักทำให้อาหารเสื่อมเสีย (Microbial spoilage) ยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ (Enzyme) ช่วยชะลอปฏิกิริยาต่างๆ ทั้งทางเคมีและทางชีวเคมีซึ่งมีน้ำเป็นส่วนร่วมและเป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย (Food Spoilage)

2.4.2.2 ทำให้อาหารมีความปลอดภัย การลดปริมาณน้ำในอาหารโดยการทำแห้ง ทำให้อาหารมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Water Activity) น้อยกว่า 0.6 ซึ่งเป็นระดับที่ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ก่อโรค (Pathogen) รวมทั้งยับยั้งการสร้างสารพิษของเชื้อรา (Mycotoxin) เช่น Aflatoxin

2.4.2.3 ทำให้อาหารมีน้ำหนักเบา ลดปริมาตรลง ช่วยให้สะดวกต่อการขนส่งหรือการบริโภค และการนำไปเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปต่อเนื่องด้วยวิธีอื่นๆ

2.4.2.4 สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถเป็นทางเลือกของผู้บริโภคได้มากยิ่งขึ้น

2.4.3 การทำแห้ง (Dehydration) การทำแห้งสามารถทำได้ 3 วิธี คือ

2.4.3.1 การทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ (Sun Drying) เป็นวิธีเก่าแก่ที่ใช้สืบทอดกันมาแต่โบราณ ไม่มีความใช้จ่าย เป็นภูมิปัญญาของบรรพบุรุษ โดยนำเนื้อสัตว์มาหั่นเป็นชิ้นบางๆ ล้างด้วยน้ำทะเล หรือล้างด้วยน้ำธรรมดาแล้วคลุกเคล้าเกลือ แล้วจึงนำไปตากให้แห้งโดยใช้แสงแดด วิธีการนี้ประหยัดพลังงานความร้อน แต่เนื้อตากแห้งที่ได้มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สูง หากตากไม่แห้งพอ เมื่อเก็บไว้นานวันอาจเสียได้ง่าย

2.4.3.2 การทำแห้งด้วยความร้อน (Hot Air Drying) วิธีการนี้เป็นการนำวิธีการแรกมาปรับปรุงหลักการทำงาน โดยใช้อุปกรณ์เข้าช่วยเพื่อสามารถทำให้ได้ผลิตภัณฑ์จำนวนมากและมีลักษณะแห้งตามที่ต้องการ มีความชื้นสม่ำเสมอ ผลิตภัณฑ์ที่ตากแห้งโดยวิธีนี้จะสะอาด ลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการตากแดด การทำแห้งในผลิตภัณฑ์ที่ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ หรือผลิตภัณฑ์ชิ้นใหญ่ที่สุกแล้วมักใช้วิธีการทำให้แห้งด้วยความร้อนโดยใช้ตู้อบขนาดใหญ่ที่มีลมร้อนเป่าผ่านทำให้น้ำระเหยไปกับลมร้อนโดยทางช่องระบายลมภายในตู้อบลมร้อน ใช้อุณหภูมิประมาณ 50-70 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวิธีนี้มีความชื้นประมาณร้อยละ 5.6-8.5 แต่จะมีปริมาณไขมันสูงขึ้นถึงร้อยละ 20.4-24.2 กรณีที่เป็นวัตถุดิบมีส่วนผสมของไขมันการตากแห้งอาจเกิดการเหม็นหืนได้ง่าย เมื่อเก็บรักษาไว้ 3-5 วัน แต่สามารถป้องกันได้โดยการเติมสารกันหืน

2.4.3.3 การทำแห้งด้วยความเย็น (Freeze Drying) หรือการแช่แข็งแล้วทำให้แห้งในสุญญากาศ เป็นวิธีการทำให้อาหารแห้งโดยการระเหิด (Sublimation) น้ำออกจากชิ้นเนื้อของอาหารในสภาวะที่เป็นน้ำแข็งในสภาพสุญญากาศ โดยการที่ชิ้นเนื้อจะถูกทำให้เย็นลงจนถึงจุดเยือกแข็งโดยเร็ว

จนน้ำภายในชิ้นเนื้อกลายเป็นน้ำแข็ง น้ำแข็งเหล่านี้เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นและควบคุมความดันของสุญญากาศให้เหมาะสมหรือควบคุมความดันให้เท่ากับหรือต่ำกว่าความดัน ณ จุดเปลี่ยนสภาวะของน้ำ (Triple Point of Water) น้ำแข็งจะสามารถระเหิดกลายเป็นไอน้ำได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวเสียก่อน ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จะมีลักษณะเป็นรูพรุน โปร่งแสง คงรูปร่างเดิมได้ดี มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 2.0 และสามารถดูดน้ำกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ง่ายยิ่งขึ้น ดังนั้น ควรเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ในภาชนะที่บรรจุในสภาพสุญญากาศ (Vacuum Packaging)

2.4.4 เครื่องทำแห้งที่ใช้ในอุตสาหกรรม

2.4.4.1 เครื่องอบแห้งธรรมดาทั่วไป (Carbinet Drier) เป็นห้องหรือตู้อบภายในมีถาดหรือชั้นใส่อาหาร อาจมีหลายชั้นมีพัดลมเป่าอากาศร้อนลงไปบนอาหาร เป็นเครื่องที่มีราคาถูก มีทั้งขนาดเล็กและใหญ่แล้วแต่ความจุที่ต้องการ

2.4.4.2 เครื่องอบแห้งแบบอุโมง (Tunnel Drier) ประกอบด้วยถ้ำยาวประมาณ 35-50 ฟุต สูง 5 ฟุต กว้าง 3 ฟุต ภายในมีล้อเลื่อนหรือสายพานสำหรับใส่ถาดบรรจุอาหาร ขณะที่อาหารเลื่อนไปก็จะมีลมร้อนเป่าไปบนอาหาร

2.4.4.3 เครื่องอบแห้งสองชั้นแบบเตาเผา (Kiln Drier) เป็นเครื่องอบสองชั้น ชั้นบนมีตะแกรงใส่อาหาร ชั้นล่างมีลมร้อนเป่าขึ้นไป อาหารถูกทำให้เคลื่อนไหวตลอดเวลา วิธีนี้มักใช้กับอาหารที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่จึงต้องใช้เวลานาน

2.4.4.4 เครื่องอบแห้งสุญญากาศ (Vacuum Shelf Drier) คล้ายกับเครื่องอบแห้งแบบธรรมดาทั่วไป (Carbinet Drier) แต่ชิ้นโลหะที่วางอาหารเป็นตัวนำความร้อนและเครื่องปิดสนิทอากาศถูกดูดออกไปจนภายในเครื่องกลายเป็นสุญญากาศ เครื่องนี้มีราคาแพงตามเทคโนโลยี ใช้หลักการลดจุดระเหยของน้ำให้ต่ำลง เพื่อช่วยรักษาคุณค่าทางอาหาร และสารระเหยบางชนิดในอาหารให้คงไว้

2.4.4.5 เครื่องอบแห้งด้วยความเย็น (Freeze Drier) เป็นเครื่องทำให้อาหารเย็นจนแข็งก่อน แล้วทำให้น้ำแข็งระเหิดหรือกลายเป็นไอ โดยไม่ได้ผ่านการกลายสภาพเป็นน้ำก่อน โดยการลดความดันและใช้ความร้อนเข้าช่วยเล็กน้อย อาหารที่ผ่านการทำให้แห้งวิธีนี้จะคงลักษณะโครงสร้างและคุณภาพได้เหมือนเดิมมากที่สุด ขนาดอาหารอาจจะเท่าเดิมแต่จะเบาและกลวง อาหารที่ใช้วิธีทำแห้งแบบนี้จะมีราคาค่อนข้างสูง

2.4.5 อัตราเร็วของการทำให้แห้ง (Drying Rate)

อัตราเร็วของการทำแห้งหมายถึง ปริมาณน้ำที่ถูกกำจัดออกจากอาหารภายในช่วงเวลาหนึ่ง ตามปกติมักจะบอกเป็นปริมาณน้ำที่หายไป (ปอนด์) ต่ออาหารหนึ่งปอนด์ต่อชั่วโมง

กระบวนการทำแห้งอาจแบ่งออกเป็นสองตอน ตอนหนึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของน้ำจากส่วนในของอาหารออกมายังผิวหน้า จึงทำให้พื้นผิวของอาหารชุ่มชื้นอยู่เสมอ อีกส่วนหนึ่งเป็นการระเหยของน้ำจากบริเวณผิวหน้าของอาหารเป็นส่วนใหญ่ ในตอนต้นของการทำให้แห้งการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในจะรวดเร็วกว่าการระเหยและผิวหน้าของอาหารยังชุ่ม ต่อมาการระเหยจะเกิดรวดเร็วกว่าการเคลื่อนที่ของน้ำจึงทำให้ผิวหน้าของอาหารเริ่มแห้งและอัตราความเร็วของการทำให้แห้งจะลดลง

อาหารจะแห้งเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกหลายอย่างคืออุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วของอากาศ หรือลมร้อนภายนอก และพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศ อาหารจะแห้งเร็วเมื่ออากาศรอบๆ อาหารมีอุณหภูมิสูงและมีความชื้นน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามถ้าอุณหภูมิในระยะเริ่มต้นสูง จะทำให้ผิวหน้าของอาหารแห้งเร็วจนเกินไป ทำให้ความชื้นภายในอาหารระเหยออกมาได้ยากขึ้น นอกจากนี้อาหารจะแห้งช้าลง ถ้าวิธีการระบายความชื้นที่ออกจากอาหารไม่มีประสิทธิภาพดีเพียงพอ อาหารที่อบในเตาอบตามบ้านซึ่งไม่มีที่ระบายความร้อน จึงแห้งได้ช้ากว่าเครื่องอบที่ใช้ในอุตสาหกรรม อุณหภูมิที่เหมาะสำหรับอบอาหารอยู่ระหว่าง 1,250–1,400 องศาฟาเรนไฮด์ หรือ 50-60 องศาเซลเซียส

การใช้เกลือช่วยก่อนทำให้แห้ง จะช่วยให้น้ำออกจากอาหารเร็วขึ้นเพราะความดันออสโมซิสของเกลือสูงกว่าอาหาร น้ำในอาหารจึงไหลออกมาภายนอกอย่างรวดเร็วกว่า

2.4.6 ผลของการทำแห้ง

2.4.6.1 จุลินทรีย์ การทำแห้งช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้บางชนิด อาหารที่อบแห้งแล้วมีความชื้นประมาณไม่เกินร้อยละ 10 ในขณะที่ราเจริญเติบโตได้ในอาหารที่มีน้ำร้อยละ 12 แบคทีเรียและยีสต์ปกติต้องการความชื้นกว่าร้อยละ 30 ราบางชนิดอาจเจริญได้ในอาหารที่มีความชื้นต่ำถึงร้อยละ 2 และแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารและทำให้เกิดอาหารเป็นพิษบางชนิด ก็สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารแห้ง

2.4.6.2 เอ็นไซม์ การทำแห้งทำให้ปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ลดลง ปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ที่ลดลงจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณน้ำที่ลดลง และเมื่อความชื้นลดเหลือน้อยกว่าร้อยละ 1 ปฏิกิริยาของเอ็นไซม์แทบจะไม่มีเลย ความร้อนเปียกจะทำลายเอ็นไซม์อย่างรวดเร็ว เช่น การใช้น้ำเดือดเอ็นไซม์จะถูกทำลายภายใน 1 นาที แต่ถ้าใช้ความร้อนในการอบแห้งอาหาร แม้จะใช้อุณหภูมิสูงถึง 400 องศาฟาเรนไฮด์ ก็จะมีผลต่อเอ็นไซม์น้อยมาก ดังนั้น ก่อนที่จะทำให้อาหารแห้งควรทำลายเอ็นไซม์เสียก่อน

2.4.6.3 คุณค่าทางโภชนาการ

1) วิตามิน หากเป็นการตากแห้งที่ใช้ความร้อน วิตามินที่ไม่คงตัวต่อความร้อนอาจสูญเสียได้ง่าย เช่น วิตามินบี 1 ในอาหาร จะเกิดการสูญเสียตลอดเวลาของการทำแห้ง วิตามินบี 2 ก็อาจสูญเสียมากหากทำแห้งด้วยการตากแดด เพราะวิตามินบี 2 สามารถถูกทำลายได้ด้วยแสง

2) โปรตีน การตากแห้งหรืออบแห้งโดยใช้ความร้อนเป็นระยะเวลานาน ทำให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ ทำให้ย่อยยาก ร่างกายจึงใช้ประโยชน์ได้น้อยลง

3) ไขมัน การทำแห้งอาจทำให้ไขมันในอาหารเกิดการเหม็นหืนได้ง่ายขึ้น เกิดจากการเติมออกซิเจนในการถ่ายเทอากาศ ซึ่งมักเกิดที่อุณหภูมิสูงได้มากกว่าอุณหภูมิต่ำ อาจป้องกันได้โดยการเติมสารกันหืน

2.4.7 การเก็บอาหารแห้ง อาหารแห้งจะเก็บได้นานถ้าเก็บไว้ในภาชนะมิดชิดแต่ไม่อับชื้น ก่อนเก็บก็ต้องแน่ใจว่าอาหารแห้งแล้ว และต้องคอยหมั่นดู ทั้งต้องหมั่นเอาตากแดดเสมอเพื่อมิให้เกิดราขึ้นได้ การเก็บไว้ในที่เย็นจะช่วยยืดอายุการเก็บให้ยาวนานขึ้น

ในอุตสาหกรรมการบรรจุหีบห่ออาหารแห้งเป็นเรื่องสำคัญมาก ภาชนะบรรจุที่อากาศและน้ำซึมผ่านเข้าไม่ได้จะช่วยรักษาคุณภาพของอาหาร อาหารที่บรรจุถุงพลาสติกก็มีความสามารถเก็บ

ไว้ได้แค่ชั่วคราวเท่านั้น เพราะแมลงอาจกัดเจาะถุงเข้าไปกินอาหารได้ ถ้าเป็นถุงพลาสติกซึ่งโปร่งแสง จะทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพด้วยแสงได้อีกด้วย

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 Nisachol Ruekaewma et.al. [36] ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไข่ผำเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารของมนุษย์ เนื่องจากผลการศึกษาไข่ผำมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง โดยศึกษาไข่ผำที่พบในประเทศไทย จากผลการศึกษาการผลิตไข่ผำเพื่อเป็นแหล่งอาหารของมนุษย์ พบว่าไข่ผำเป็นพืชที่มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ใช้การแยกหน่อ มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเพียง 4 วัน ซึ่งมีความหนาแน่นในการเติบโตต่อพื้นที่สูงสุดโดยเฉพาะช่วงฤดูฝน คือ 65.18 กรัม โดยน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร

2.5.2 Wang Nini [37] ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไข่ผำ โดยนำไข่ผำมาอบแห้งและสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล เพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟฟีแบบคอลัมน์และโครมาโทรกราฟฟีแบบของเหลวความดันสูง จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าไข่น้ำประกอบด้วยสารสำคัญถึง 8 ประเภทด้วยกัน ได้แก่ Apigenin-7-o-β-D-Glucosideitexin, Isovitexin, Orientin,Isoorientin,luteolin-7-o-β-D-Glucoside, Isoorientin-6-o-β-D-Glucoside และ Apigenin-6, 8-di-C-β-D- Glucoside จากผลการศึกษาดังกล่าว จึงสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ว่าไข่ผำจัดเป็นพืชที่มีความน่าสนใจในการศึกษา เพื่อเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพประเภทฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ยังได้มีการรายงานว่าไข่ผำประกอบไปด้วยสารประเภท Biochanin A ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ที่มีหน้าที่สำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโตของไข่ผำ

2.5.3 ขวัญดาว แจ่มแจ้ง [38] ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในผักพื้นบ้านของจังหวัดกำแพงเพชร ทั้งหมด 10 ประเภท อิทธิพลของระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด ตัวทำละลายที่เลือกใช้ในการวิจัย ได้แก่ น้ำกลั่น สุรา 40 ดีกรี เมทานอลและปิโตรเลียมอีเทอร์ และทำการแปรผันเวลาในการสกัด 8 16 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ นำมาวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH Assay จากผลการวิจัย พบว่าการสกัดการต้านอนุมูลอิสระที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดของไข่ผำ คือ การสกัดโดยใช้สารละลายเอทานอล และใช้เวลาในการสกัด 24 ชั่วโมง ซึ่งให้ค่าของสารอนุมูลอิสระสูงถึงร้อยละ 80.15

2.5.4 Thidaret Somdee [39] ได้ทำการศึกษาผลของการอบสมุนไพรท้องถิ่นในภาคตะวันออก เฉียงเหนือที่น่าสนใจทั้งหมด 30 ประเภท ที่มีผลต่อปริมาณรวมฟินอลทั้งหมด (TPC) ปริมาณรวมฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (TFC) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบด้วยวิธี DPPH Scavenging Assay (2-diphenyl-1picrylhyrazyl) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเฟอร์ริก (FRAP) และกิจกรรมβ Carotene Bleaching กระบวนการทดลองทำโดยสกัดสารต่อต้านอนุมูลอิสระจากพืชแต่ละชนิดโดยใช้สารบริสุทธิ์เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยการแช่พืชสมุนไพรในหลอดทดลอง ใช้เวลาในการสกัด 8 ชั่วโมง ฟลาโวนอยด์เท่ากับ 252.23±3.04 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัมของไข่ผำ ส่วนไข่ผำที่ผ่านกระบวนการอบแห้งก่อนที่จะนำไปสกัดให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ 202.04±9.75 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัมของไข่ผำ ในขณะที่ค่าของผลปริมาณรวมฟินอลทั้งหมดของการอบแห้งไข่ผำและไม่อบแห้งไข่ผำมีค่าเท่ากับ 1.24±0.01 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัมของไข่ผำ และ 0.77±0.01 มิลลิกรัมต่อ

หนึ่งร้อยกรัมของไข่ผำ ส่วนฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดด้วยวิธี DPPH Scavenging Assay คือ ร้อยละ 28 และวิธี FRAP Scavenging Assay คือ 94 มิลลิโมลกรดเฟอร์ริกต่อหนึ่งร้อยกรัมน้ำหนักไข่ผำ

2.5.5 ถาวร จันทโชติ [40] ได้ศึกษาและวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องงอกจากข้าวสังข์หยดเสริมไข่ขาว โดยการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจะทำการผสมแป้งข้าวกล้องงอกจากข้าวสังข์หยดกับแป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ 34-40) และแป้งมันฝรั่ง (ร้อยละ 5-10) และเติมกัมกัม (ร้อยละ 0.25) และกลีเซอรอลโมโนสเตียเรด (ร้อยละ 0.25) เพื่อปรับปรุงคุณภาพของแป้งผสม นอกจากนี้มีการเติมไข่ขาวในน้ำแป้งผสมเพื่อเพิ่มคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของเส้นก๋วยเตี๋ยว

2.5.6 ราณี สุรกาญจน์กุล และคณะ [41] ได้ศึกษาและวิจัย เรื่องการผลิตก๋วยเตี๋ยวด้วยแป้งข้าวมอลต์ ก๋วยเตี๋ยวเป็นอาหารที่มีผู้นิยมบริโภคทุกเพศทุกวัย การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะผลิตก๋วยเตี๋ยวที่มีคุณค่าทางอาหารด้านโปรตีนและกาบาและใยอาหาร โดยผสมแป้งมอลต์ที่ผลิตจากข้าวไทย เพื่อหาสัดส่วนแป้งมอลต์ที่เหมาะสมโดยใช้ข้าว 2 สายพันธ์ คือ ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และข้าวพันธุ์สุพรรณ 1 ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 30 50 และ 33.4 ตามลำดับ โดยศึกษาส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมอลต์ของข้าวทั้งสองสายพันธุ์ปริมาณ 2 อัตราส่วน คือ 25:10 และ 30:15 โดยเตรียมความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 40 เพื่อทำเส้นก๋วยเตี๋ยว

2.5.7 ดุลจิรา สุขบุญญสถิต และคณะ [42] ได้ศึกษาและวิจัย เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมผงใบย่านางโดยแปรปริมาณผงใบย่านางร้อยละ 1 3 และ 5 ผลการศึกษาพบว่า การเสริมผลใบย่านางในผลิตภัณฑ์ทำให้ปริมาณฟินอลิกมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยในสูตรควบคุมมีปริมาณฟินอลิก 21.63 mg GAE/100g และผลิตภัณฑ์ที่เติมผลใบย่านางมีปริมาณฟีนอลิกเท่ากับ 57.53 105.43 และ 143.40 mg GAE/100g ตามลำดับ ร้อยละของการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยใช้ DPPH ของตัวอย่างควบคุมมีค่า 16.53 และตัวอย่างที่เติมใบย่านางร้อยละ 1 3 และ 5 มีค่า 27.20 33.56 และ 48.13 ตามลำดับ

2.5.8 อริสรา รอดมุ้ยษา [43] ศึกษาและวิจัย เรื่อง การผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ด้วยการใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน โดยแปรอัตราส่วนแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 0 5 10 15 25 30 40 และ 50 (โดยน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า) ทางเคมีของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ผลิตได้ คือ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต เป็นร้อยละ 67.18-68.77 0.09-0.50 2.50-6.73 0.71-0.76 0.00-0.37 และ 23.54-29.90 ตามลำดับ และให้ค่าพลังงาน 2.60-5.00 kcal/g จากนั้นนำไปทดสอบการยอมรับด้วยวิธี 9Point Hedonic Scale และเปรียบเทียบลักษณะของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ด้วยวิธี QDA พบว่าการทดแทนแป้งข้าวหอมนิลในก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ร้อยละ 25 (โดยน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า) ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐาน

2.5.9 สุนัน ปานสาคร และคณะ [44] ได้ศึกษาและวิจัยเรื่อง การศึกษาผลของการอบแห้งเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งร่วมกับแป้งข้าวเจ้าผสมต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ทั้งนี้แป้งข้าวผลิตแป้งข้าวกล้องหอมนิลที่มีขั้นตอนการเตรียมโดยนำแป้งข้าวกล้องหอมนิลแช่น้ำอุณหภูมิ 40±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ให้ความร้อน 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาทีอบที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความชื้นเริ่มต้นอยู่ในช่วงร้อยละ 60-63 มาตรฐานเปียก และอบแห้งจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายร้อยละ 12-13 มาตรฐานเปียก ซึ่งพบว่าอัตราการ

ลดลงของความชื้นในช่วงเวลาอบแห้งมีความสัมพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้นกับเวลาอบแห้ง และที่อุณหภูมิการอบแห้งสูง (70 องศาเซลเซียส) ให้ค่าอัตราการอบแห้งสูงสุด 2.307 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และลดลงเท่ากับ 0.965 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ 1.399 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี พบว่า ปริมาณสารแอนโธไซยานินจากข้าวกล้องหอมนิล (9.51 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง (0.02-0.04 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) อย่างไรก็ตามยังคงมีปริมาณสูงกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากข้าวผ่านการขัดสี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง ผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในไข่ผำแห้งและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำที่อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน เพื่อศึกษาสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ และเพื่อศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ไข่ผำ จาก ฟาร์มไข่ผำ ออแกนิค 169 หมู่ 5 ตำบลบ้านกลาง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่

3.1.2 แป้งข้าวเจ้า ยี่ห้อใบหยก

3.1.3 แป้งข้าวกล้อง ยี่ห้อB -Natural

3.1.4 แป้งมันสำปะหลัง ยี่ห้อใบหยก

3.1.5 น้ำมันรำข้าว ยี่ห้อเนเชอเรล

3.1.6 กลิ่นใบเตยสังเคราะห์ ยี่ห้อวินเนอร์

3.2 สารเคมี

3.2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

3.2.1.1 Butylated Hydroxyl Toluene (BHT) Sigma-Aldrich

3.2.1.2 1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl (DPPH), AR Grade, Sigma-Aldrich

3.2.1.3 Ethanol ร้อยละ 95, AR grade, RCI Labsca

3.2.1.4 Folin-Ciocalteu, AR Grade, Fluka

3.2.1.5 Gallic acid, AR grade, Sigma-Aldrich

3.2.1.6 Sodium Bicarbonate, AR grade, Sigma-Aldrich

3.2.1.7 Sodium Hydroxide, AR Grade, RCI Labscan

3.2.1.8 Aluminium Chloride, AR grade

3.2.1.9 Quercertin, AR grade, Sigma-Aldrich

3.3 อุปกรณ์

3.3.1 อุปกรณ์ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

3.3.1.1 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ยี่ห้อ National รุ่น NANA-218204

3.3.1.2 เครื่องอ่านไมโครเพลท (Microplate Reader) รุ่น PowerWave HT ยี่ห้อ Biotek

3.3.1.3 เครื่องระเหยแห้ง (Rotary Evaporator) รุ่น Basic 1 ยี่ห้อ Heidoph

3.3.1.4 เครื่อง Vortax บริษัท IKA Work ประเทศมาเลเซีย

3.3.1.5 เครื่องบดของแห้ง ขนาด 300 กรัม ยี่ห้อ CHAMP AMCL PRODUCT รุ่น GD-SL 300

3.3.1.6 เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้าแบบดิจิตอล 4 ตำแหน่งยี่ห้อ ADAM รุ่น PW -254

3.3.1.7 เครื่องเขย่าสาร (Vortex Mixer) GENIE 2 I6jo G560E ยี่ห้อ Scientific Industries

3.3.1.8 ชุดกรองสุญญากาศ

3.3.1.9 ปั๊มดูดสุญญากาศ (Vacuum Pump)

3.3.2 อุปกรณ์การผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

3.3.2.1 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ยี่ห้อ กล้วยน้ำไทย รุ่น CT-CI

3.3.2.2 เครื่องบดของแห้ง ขนาด 300 กรัม ยี่ห้อ CHAMP AMCL PRODUCT รุ่น GD-SL 300

3.3.2.3 เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้าแบบดิจิตอล 4 ตำแหน่งยี่ห้อ ADAM รุ่น PW-254

3.3.2.4 เครื่องวัดความชื้น ยี่ห้อ SARTORIUS รุ่น MA 37

3.3.2.5 อุปกรณ์เครื่องครัว

3.3.3 อุปกรณ์การวิเคราะห์คุณภาพ

3.3.3.1 เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Koniica Minolta รุ่น CR-10

3.3.3.2 เครื่องวัดค่า a_w (Water Activity, Aqua lab)

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในไข่ผำแห้งและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำที่อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน ศึกษาสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ และศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ ดังมีรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยต่อไปนี้

3.4.1 การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำที่อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน

3.4.1.1 การเตรียมวัตถุดิบไข่ผำ นำไข่ผำสดจากฟาร์มเพาะเลี้ยงไข่ผำออร์แกนิค อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ ล้างทำความสะอาดแบบน้ำไหลผ่านในถุงผ้าขาวบาง 2 ชั้น 1 ครั้งเป็นเวลานาน 5 นาที จากนั้นนำไข่ผำสดแช่น้ำเกลือร้อยละ 5 เป็นเวลานาน 30 นาที ตักขึ้นพักสะเด็ดน้ำ ชั่งน้ำหนักไข่ผำสดถาดละ 2,000 กรัมนำไข่ผำสดเกลี่ยบนถาดสแตนเลสนำเข้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ทำการเกลี่ยไข่ผำกลับด้านให้กระจายตัวทุกๆ 5 ชั่วโมง อบจนน้ำหนักไข่ผำคงที่.วัดได้ค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 แล้วเก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยด์พร้อมซองสารกันชื้นซิลิก้าเจล แบบพลาสติก ขนาด 1 กรัม

3.4.1.2 การเตรียมสารสกัดไข่ผำ นำไข่ผำแห้งทั้ง 4 ตัวอย่าง มาชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 3 กรัม หมักด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 60 มิลลิลิตร วางตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 6 ชั่วโมง นำมากรองด้วยเครื่องกรองสูญญากาศและนำส่วนกากไปสกัดซ้ำ 3 ครั้ง นำส่วนที่กรองได้มาระเหยด้วยเครื่อง Evaporator เป็นจะได้ตัวอย่างสารสกัดหยาบไข่ผำ 4 ตัวอย่างที่อุณหภูมิการอบต่างกันเพื่อนำไปทำการศึกษาและทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระต่อไป

1) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำด้วยวิธี DPPH Assay คือการคำนวณหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดไข่ผำที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ตัวอย่าง คือ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก [45] วิเคราะห์เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ เรียกว่า TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) ผสมกับ 2 มิลลิลิตรของ 0.1 mM 2,2-Diphenyl-1 Picrylhydrazyl สารละลาย DPPH ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด 30 นาที นำไปวัดว่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (UV Vis Spectrophotometer) คำนวณและเปรียบเทียบผลกับสารละลายมาตรฐาน Tolox ทำการวิเคราะห์สารสกัดไข่ผำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

2) การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิก (Total Phenolic Compounds, TPC) การวัดค่าความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จากไข่ผำ จะเป็นการวัดค่าความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Compounds) ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก [46] เตรียมสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ความเข้มข้น 50-300 มิลลิกรัม/ลิตร นำสารสกัดไข่ผำ 100 ไมโครลิตร (µl) ลงในหลอดทดลองเติมสารละลาย Folin-Ciocateu (เจือจางกับน้ำกลั่น อัตราส่วน 1:9) 500 ไมโครลิตร เติมน้ำ 3 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้นร้อยละ 15 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน 2 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้สารทำปฏิกิริยากัน 2 ชั่วโมงในที่มืด วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร นำค่าที่ได้คำนวณผล เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลิคทำการวิเคราะห์สารสกัดไข่ผำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3) การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Total Flavonoid Content, TFC) การวัดค่าความเข้มข้นของสารประกอบฟลาโวนอยด์จากไข่ผำ จะเป็นการวัดค่าความเข้มข้นของสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total Flavonoid Content) ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก [47] สารสกัดไข่ผำ 2.5 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง ผสมกับ 150 ไมโครลิตร ของสารละลายโซเดียมไนไตรความเข้มข้นร้อยละ 5 ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้เพื่อทำปฏิกิริยา 1 นาที เติม 1 มิลลิลิตร ของ 1 *M NaOH* วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร โดย *UV-vis spectrophotometer* บันทึกผลและเปรียบเทียบผลกับสารละลายมาตรฐาน Quercertin ทำการวิเคราะห์สารสกัดไข่ผำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.4.2 ศึกษาสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

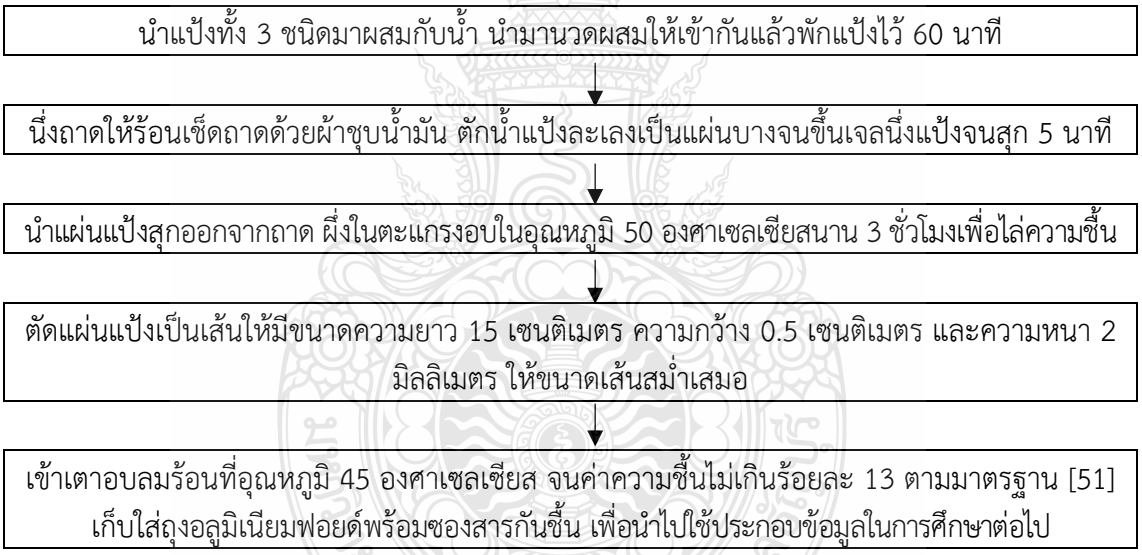
3.4.2.1 ศึกษาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้ง คัดเลือกสูตรพื้นฐานของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้งที่เหมาะสมจำนวน 3 สูตร โดยสูตรพื้นฐานมีส่วนผสมของแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวเจ้าแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณ (ร้อยละ) ของส่วนประกอบตามสูตรพื้นฐานที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

วัตถุดิบ	ปริมาณส่วนผสม (ร้อยละ)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งข้าวเจ้า	20.00	13.00	10.00
แป้งข้าวกล้อง	-	7.00	10.00
แป้งมันสำปะหลัง	13.00	13.00	13.00
น้ำสะอาด	67.00	67.00	67.00

ที่มา : [3], [32] และ[40]

ทำการผลิตสูตรพื้นฐานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.1จะได้ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้ง 3 สูตร เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบความชอบของผู้บริโภค และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้ง



รูปที่ 3.1 : กระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้ง
ที่มา : [44]

นำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้งทั้ง 3 สูตรมาทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคและวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

1) ทดสอบความชอบของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่น ความนุ่ม ความเหนียว และความชอบโดยรวม โดยนำตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กทั้ง 3 สูตร แช่น้ำ 5 นาที มาลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 3 นาที จนเส้นนิ่มใสแล้วตักคลุกน้ำมันหอมเจียว ก่อนทำการทดสอบชิมใส่เส้นเติมน้ำซุปใสลงในถ้วยชิม เพื่อให้ผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบชิมพร้อมกรอกแบบสอบถาม

ให้คะแนนความชอบตามรหัสที่ติดข้างถ้วยชิมด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Points Hedonic Scale) โดยแจกตัวอย่างร่วมกับแบบสอบถาม (ดังแสดงในภาคผนวก ข) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน

2) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้ง [48]

(1) ค่าสีก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้ง ตรวจวัดค่าสีของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กด้วยเครื่องวัดสี (Koniica Minolta รุ่น CR-10) ที่วัดได้ในระบบ CIELAB ซึ่งค่าที่ได้ประกอบ L* a* และ b*

(2) ค่าความแข็ง (Hardness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้งที่ผ่านการลวก โดยเตรียมตัวอย่างขนาดเส้นยาว 15 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร วางเรียงกันซ้อนกัน 4 ชั้น ใช้หัววัดแบบ Cylinder Probe ขนาด 35 mm (P/35) กดลงตัวอย่างทำการคำนวณค่าความแข็งที่วัดได้ บันทึกผลระหว่างแรงต้านกด และระยะเวลาในการคืนก่อนจะเกิดการแยกออกจากกัน รายงานค่าแรงต้านสูงสุด มีหน่วยเป็น Kgforce ต่อวินาที

(3) ค่าแรงดึง (Tensile) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้งที่ผ่านการลวก โดยเตรียมตัวอย่างขนาดเส้นยาว 15 เซนติเมตร กว้าง 0.5 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร นำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมาพันกับหัววัด Spaghetti Tensile Grips, (A/SPR) ทำการวัดค่าแรงดึงเส้นก๋วยเตี๋ยว บันทึกผลระหว่างแรงต้านแรงดึง และระยะเวลาในการดึงตัวอย่างให้ขาด รายงานค่าแรงต้านสูงสุด มีหน่วยเป็น Kgforce ต่อวินาที

ทำการคัดเลือกสูตรมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เพื่อคัดเลือกสูตรที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุดและคุณภาพกายภาพดีที่สุด เพื่อนำไปใช้ประกอบข้อมูลในการศึกษาต่อไป

3.4.2.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งไข่ผำต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำอบแห้ง

ในการศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งไข่ผำต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำอบแห้ง โดยใช้สูตรพื้นฐานที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบสูงสุดและค่าวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพดีที่สุดจากการทดลองที่ 3.4.2.1 จะได้ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำอบแห้งจำนวน 4 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และทำการผลิตดังแสดงในรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.2 แสดงปริมาณ (ร้อยละ) ของส่วนประกอบตามสูตรผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

วัตถุดิบ	ปริมาตรส่วนผสม (ร้อยละ)			
	สูตรที่ 1 (40°C)	สูตรที่ 2 (50°C)	สูตรที่ 3 (60°C)	สูตรที่ 4 (70°C)
แป้งข้าวเจ้า	13.00	13.00	13.00	13.00
แป้งข้าวกล้อง	6.00	6.00	6.00	6.00
แป้งมันสำปะหลัง	13.00	13.00	13.00	13.00
ผงไข่ผำ	1.00	1.00	1.00	1.00
น้ำสะอาด	67.00	67.00	67.00	67.00

นำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำทั้ง 4 สูตรมาทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภค และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

1) ทดสอบความชอบของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่น ความนุ่ม ความเหนียว และความชอบโดยรวม โดยนำตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก 4 สูตร แช่น้ำ 5 นาที มาลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 3 นาที จนเส้นนิ่ม ใสแล้วตักคลุกน้ำมันหอมเจียว ก่อนทำการทดสอบชิมใส่เส้นเติมน้ำซุปใสลงในถ้วยชิม เพื่อให้ผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบชิมพร้อมกรอกแบบสอบถามให้คะแนนความชอบตามรหัสที่ติดข้างถ้วยชิมด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Points Hedonic Scale) โดยแจกตัวอย่างร่วมกับแบบสอบถาม (ดังแสดงในภาคผนวก ข) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน ทำการคัดเลือกสูตรของอุณหภูมิต่อคุณภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำอบแห้ง

2) ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำที่อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน ทำการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำ ดังวิธีการที่แสดงในข้อที่ 3.4.1.1 และ 3.4.1.2

โดยนำข้อมูลจากแบบทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เพื่อคัดเลือกสูตรที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุดและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เพื่อนำไปใช้ประกอบข้อมูลในการศึกษาต่อไป

3.4.2.3 การศึกษาปริมาณไข่ผำอบแห้งที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำอบแห้ง

โดยใช้สูตรอุณหภูมิต่อคุณภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำอบแห้งที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบสูงสุดและผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำจากการทดลองที่ 3.4.2.2 ศึกษาหาปริมาณไข่ผำที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำโดยทำการศึกษาแปรผันไข่ผำจำนวน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 1 2 และ 3 จำนวน 3 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ทำการผลิตดังแสดงในรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.3 แสดงสิ่งทดลองในการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

วัตถุดิบ	ปริมาตรส่วนผสม (ร้อยละ)		
	ร้อยละ 1	ร้อยละ 2	ร้อยละ 3
แป้งข้าวเจ้า	12.00	11.00	10.00
แป้งข้าวกล้อง	7.00	7.00	7.00
แป้งมันสำปะหลัง	13.00	13.00	13.00
ผงไข่ผำ	1.00	2.00	3.00
กลิ่นใบเตย	0.50	0.50	0.50
น้ำสะอาด	66.50	66.50	66.50

นำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำทั้ง 3 สูตร มาทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภค และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ เพื่อคัดเลือกปริมาณไข่ผำที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

1) ทดสอบความชอบของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่น ความนุ่ม ความเหนียว และความชอบโดยรวม โดยนำตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ 3 สูตร แช่น้ำ 5 นาที มาลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นานไม่เกิน 3 นาที จนเส้นนิ่มใสแล้วตักคลุกน้ำมันหอมเจียว ก่อนทำการทดสอบชิมใส่เส้นเติมน้ำซุปใสลงในถ้วยชิม เพื่อให้ผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบชิมพร้อมกรอกแบบสอบถาม ให้คะแนนความชอบตามรหัสที่ติดข้างถ้วยชิมด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Points Hedonic Scale) โดยแจกตัวอย่างร่วมกับแบบสอบถาม (ดังแสดงในภาคผนวก ข) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน ทำการคัดเลือกสูตรปริมาณไข่ผำที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ โดยนำข้อมูลจากแบบทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เพื่อคัดเลือกสูตรที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบ เพื่อนำไปใช้ประกอบข้อมูลในการศึกษาต่อไป

2) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้งเสริมไข่ผำ [48]

(1) ค่าสีก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้ง ตรวจวัดค่าสีของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กด้วยเครื่องวัดสี (Koniica Minolta รุ่น CR-10) ที่วัดได้ในระบบ CIELAB ซึ่งค่าที่ได้ประกอบ L* a* และ b*

(2) ค่าความแข็ง (Hardness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้งที่ผ่านการลวก โดยเตรียมตัวอย่างขนาดเส้นยาว 15 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร วางเรียงกันซ้อนกัน 4 ชั้น ใช้หัววัดแบบ Cylinder Probe ขนาด 35 mm (P/35) กดลงตัวอย่างทำการคำนวณค่าความแข็งที่วัดได้ บันทึกผลระหว่างแรงต้านกด และระยะเวลาในการคืนก่อนจะเกิดการแยกออกจากกัน รายงานค่าแรงต้านสูงสุด มีหน่วยเป็น Kgforce ต่อวินาที

(3) ค่าแรงดึง (Tensile) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้งที่ผ่านการลวก โดยเตรียมตัวอย่างขนาดเส้นยาว 15 เซนติเมตร กว้าง 0.5 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร นำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมาพันกับหัววัด Spaghetti Tensile Grips, (A/SPR) ทำการวัดค่าแรงดึงเส้นก๋วยเตี๋ยว บันทึกผลระหว่างแรงต้านแรงดึง และระยะเวลาในการดึงตัวอย่างให้ขาด รายงานค่าแรงต้านสูงสุด มีหน่วยเป็น Kgforce ต่อวินาที

คัดเลือกสูตรปริมาณไข่ผำที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ โดยใช้เกณฑ์ในการคัดเลือก คือ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ได้ขนาดเส้นสม่ำเสมอ ไม่แตกหัก ลวกน้ำเดือดต้องไม่เกิน 3 นาที เส้นสุกคืนตัวแล้วต้องมีความเหนียว นุ่ม ไม่เละเปื่อยเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ [51] และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [52] พิจารณาจากค่าสี L* a* b* ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ความแข็ง (Hardness) แรงดึง (Tensile) และผลทดสอบความชอบของผู้บริโภคต้องมีคะแนนความชอบสูงสุด

3.4.3 การศึกษาความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

ทำการสำรวจความพึงพอใจจากกลุ่มผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำในจังหวัดเชียงใหม่ถึงการยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยการสอบถามผ่านระบบออนไลน์โดยใช้แบบสอบถามความชอบและทัศนคติของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ เป็นแบบสอบถามประเภทเลือกตอบ (Check-list) ใน Google Form สแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อตอบแบบสอบถาม รวบรวมข้อมูลผ่าน Google

Drive เป็นการสร้างแบบฟอร์มที่ต้องการคำตอบจากผู้ตอบ เปิดรับการทำงานของ Form ในช่วงเวลา วันที่ 20–23 เมษายน 2563 กำหนดขอบเขตให้ผู้ตอบแบบสอบถามอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ โดยกำหนดให้อายุ 15–60 ปี ใช้ผู้ทดสอบ 100 คน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ และรายได้ต่อเดือน

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเชิงพฤติกรรมการบริโภคก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นข้อมูลที่ดำเนินการสำรวจเพื่อนำไปใช้เกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำมีสารต้านอนุมูลอิสระ สถานที่ซื้อก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ความถี่ในการรับประทานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ความนิยมใช้ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมาปรุงอาหาร ปัญหาที่พบของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กในท้องตลาด ปัจจัยสำคัญที่ใช้พิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ ใช้วิธีการให้คะแนนความชอบแบบมาแยกส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ดังนี้

1 หมายถึง สำคัญน้อยที่สุด
2 หมายถึง สำคัญน้อย
3 หมายถึง สำคัญปานกลาง
4 หมายถึง สำคัญมาก
5 หมายถึง สำคัญมากที่สุด

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากไข่ผำ และข้อเสนอแนะแบบปลายเปิด โดยให้ผู้บริโภคให้ข้อเสนอแนะต่อผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

3.5 ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มตั้งแต่ เดือน มิถุนายน พ.ศ.2561 – เดือน เมษายน พ.ศ.2563

3.6 สถานที่ทำการวิจัย

3.6.1 ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.6.2 ห้องปฏิบัติการแผนกอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่

3.6.3 ศูนย์บริการธุรกิจอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิจารณ์

การวิจัย เรื่อง ผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในไข่ผำแห้งและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำที่อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน เพื่อศึกษาสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ และเพื่อศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ โดยผู้วิจัยมีผลการทดลอง และการวิจารณ์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

4.1 ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำที่อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน

4.1.1 การวิเคราะห์ค่าสีจากการนำผงไข่ผำที่ทำแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ค่าสี ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าสีของไข่ผำที่อบแห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

อุณหภูมิอบแห้งไข่ผำ (องศาเซลเซียส)	เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	ค่าสี		
		L*	a*	b*
40	30	64.57^{a}±1.13	-0.56^{d}±0.12	2.49^{c}±0.83
50	25	49.78^{b}±0.22	-1.65^{c}±0.07	8.18^{b}±0.17
60	20	48.26^{c}±0.02	-2.93^{b}±0.01	10.28^{a}±0.35
70	15	48.18^{c}±0.40	-4.17^{a}±0.09	11.05^{a}±0.49

หมายเหตุ: $^{a-d}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงค่าเฉลี่ยมีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ โดยการทดสอบวัดค่าสีของไข่ผำอบแห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน พบว่า ค่าความสว่างของไข่ผำอบแห้ง (L*)จะลดลงเมื่ออบที่อุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งมีผลทำให้คลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็น รงควัตถุที่ให้สีเขียวของไข่ผำเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน (Pheophytins) ทำให้สีของไข่ผำเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมน้ำตาล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น [49]

ในส่วนของค่า a* ของไข่ผำอบแห้งทั้ง 4 อุณหภูมิแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยค่า a* มีค่าไปในทิศทางเดียวกัน มีค่าเป็นลบ หมายถึงมีความเป็นสีเขียว

และค่า b* ของไข่ผำอบแห้งทั้ง 4 อุณหภูมิแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยค่า b* มีค่าไปในทิศทางเดียวกัน มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีความเป็นสีเหลือง

4.1.2 การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำ

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Assayคือ การคำนวณหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วย การวัดค่าความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จากไข่ผำ และ การวัดค่าความเข้มข้นของสารประกอบฟลาโวนอยด์จากไข่ผำของตัวอย่างสารสกัดไข่ผำที่

อุณหภูมิต่างกัน 4 ตัวอย่าง คือ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำที่อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Assay ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ ของไข่ผำที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิอบแห้งไข่ผำ (องศาเซลเซียส)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ		
	ต้านอนุมูลอิสระ (mgTE /100กรัม)	สารประกอบฟีนอลิก (mgGAE/100กรัม)	สารประกอบฟลาโวนอยด์ (mgQE/100กรัม)
40	575.36^{a}±1.27	731.60^{a}±5.61	300.33^{a}±2.63
50	464.73^{b}±14.78	555.03^{b}±5.41	270.73^{b}±2.98
60	161.73^{c}±16.15	380.06^{c}±15.42	243.93^{c}±2.17
70	21.83^{d}±4.52	335.76^{d}±13.77	163.23^{d}±9.90

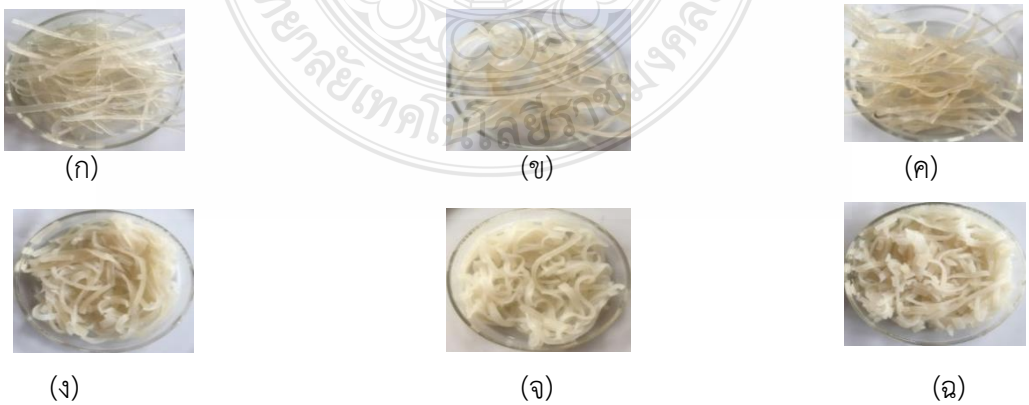
หมายเหตุ: $^{a-d}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงค่าเฉลี่ยมีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ ของไข่ผำที่อบที่อุณหภูมิต่างกัน มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) และมีแนวโน้มลดลง [50] พบว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมด และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ ลดลงนั้นสัมพันธ์กับการเพิ่มอุณหภูมิของเตาอบลมร้อนที่สูงขึ้นทำให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเช่น สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง

4.2 ศึกษาสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

4.2.1 การศึกษาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง

จากการเลือกสูตรพื้นฐานของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้งที่เหมาะสมมาจำนวน 3 สูตร โดยใช้สูตรพื้นฐานที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวกล้องแตกต่างกัน ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.1



(ก) (ข) (ค)

(ง) (จ) (ฉ)

รูปที่ 4.1 ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้งก่อนลวก และก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังลวก (ก) เส้นแห้งสูตร 1 (ข) เส้นแห้งสูตร 2 (ค) เส้นแห้งสูตร 3 (ง) เส้นลวกสูตร 1 (จ) เส้นลวกสูตร 2 และ (ฉ) เส้นลวกสูตร 3

จากรูปที่ 4.1 พบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กจากสูตรที่ 2 เมื่อลวกแล้วมีลักษณะเหนียวนุ่ม ไม่เละหรือเปื่อยยุ่ย ซึ่งตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [51] และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [52]

4.2.1.1 ทดสอบความชอบของผู้บริโภคสูตรพื้นฐานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กจำนวน 3 สูตร การประเมินความชอบของผู้บริโภค ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อสูตรพื้นฐานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กทั้ง 3 สูตร

ลักษณะปรากฏ	ระดับความชอบ		
	สูตร 1	สูตร2	สูตร3
สี	7.07^{b}±1.05	7.64^{a}±0.70	5.95^{c}±0.94
กลิ่น	6.94^{c}±1.14	7.39^{a}±0.60	7.10^{b}±0.72
การเกาะตัวของเส้น	6.29^{b}±1.09	7.39^{a}±0.51	6.96^{c}±0.78
ความเหนียวนุ่ม	6.59^{c}±0.85	7.50^{a}±0.64	7.21^{b}±0.59
ความชอบโดยรวม	7.33^{b}±1.03	7.86^{a}±0.62	6.58^{c}±0.90

หมายเหตุ : ^{abc} ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด คะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด

จากตารางที่ 4.3 พบว่าทั้ง 3 สูตร มีคะแนนความชอบแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากมีความแตกต่างในปริมาณของแป้งข้าวกล้อง สูตรที่ 2 มีปริมาณแป้งข้าวกล้องที่เหมาะสมทำให้ผู้บริโภคยอมรับด้านสี กลิ่น การเกาะตัวของเส้น ความเหนียวนุ่ม และความชอบโดยรวม

4.2.1.2 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้ง การทดสอบค่าเนื้อสัมผัสก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก การวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการตรวจวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพสูตรพื้นฐานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กทั้ง 3 สูตร

ตัวอย่าง	Hardness	Tensile	ค่าสี		
	(kg./วินาที)	(kg./วินาที)	L*	a*	b*
สูตรที่ 1	5.75^{b}±0.19	44.33^{a}±2.30	57.22^{a}±0.42	-0.45^{b} ±0.12	4.85^{c}±0.88
สูตรที่ 2	5.77^{b}±0.17	39.66^{a}±4.04	54.71^{b}±0.19	-0.48^{ab}±0.26	5.62^{b}±0.46
สูตรที่ 3	6.10^{a}±0.02	30.33^{b}±4.04	54.13^{b}±1.18	-0.60^{a} ±0.03	6.57^{a}±0.10

หมายเหตุ : a-c ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวดิ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ค่าสี L* คือ ค่าความสว่าง
ค่าสี a* ที่เป็น + คือวัตถุมีความเป็นสีแดง ที่เป็น - คือวัตถุมีความเป็นสีเขียว
ค่าสี b* ที่เป็น + คือวัตถุมีความเป็นสีเหลือง ที่เป็น – คือวัตถุมีความเป็นสีน้ำเงิน

จากตารางที่ 4.4 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าที่วัดได้ คือ ความแข็ง (Hardness) พบว่า ค่าความแข็งของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กทั้ง 3 สูตรมีความแข็งแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณข้าวกล้องเพิ่มขึ้น แสดงว่ามีความแข็งมากขึ้น เนื่องจากในแป้งข้าวกล้องมีปริมาณ

เยื่อใยอยู่สูง เมื่อใส่ในปริมาณที่มากทำให้โครงสร้างของเจลแป้งลดลงทำให้ใช้แรงกดมาก แสดงว่ามีความนุ่มน้อยลงขาดง่ายขึ้นปริมาณเยื่อใยมากขึ้น [40]

ค่าแรงดึง (Tensile) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กทั้ง 3 สูตร มีค่าแรงดึงแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากในแป้งข้าวเจ้ามีปริมาณอะมิโลสสูงร้อยละ 27-30 [34] แต่เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องให้มากขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณอะมิโลสลดลง ทำให้ก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีความเหนียวและความยืดหยุ่นต่ำลงเช่นกันเพราะปริมาณอะมิโลสมีผลต่อความเหนียวและความยืดหยุ่น ทำให้ใช้แรงดึงน้อยหากมีปริมาณที่ต่ำเมื่อนำมาละลายน้ำและให้ความร้อนจะทำให้เจลมีความอ่อนนุ่มและขาดง่าย

ค่า L* จะลดลงแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้อง ทั้งนี้เนื่องจาก แป้งข้าวกล้องมีสีน้ำตาลแดง เมื่อใส่แป้งข้าวกล้องมากขึ้นจะทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีความสว่างลดลง

ในส่วนของค่า a* ของไข่ผำอบแห้งทั้ง 4 อุณหภูมิแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยค่า a* มีค่าไปในทิศทางเดียวกัน มีค่าเป็นลบ หมายถึงมีความเป็นสีเขียว

และค่า b* ของไข่ผำอบแห้งทั้ง 4 อุณหภูมิแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยค่า b* มีค่าไปในทิศทางเดียวกัน มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีความเป็นสีเหลือง

4.2.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งที่เหมาะสมต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

โดยใช้สูตรพื้นฐานสูตรที่ 2 ที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบสูงสุดและค่าวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพดีที่สุดจากการทดลองที่ 4.2.1 ต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำในปริมาณร้อยละ 1 ของไข่ที่อบแห้งอุณหภูมิที่ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส จำนวน 4 สูตร

4.2.2.1 ทดสอบความชอบของผู้บริโภคสูตรพื้นฐานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำจำนวน 4 สูตร การประเมินความชอบของผู้บริโภคได้ผล ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 คะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำที่อุณหภูมิต่างทั้ง 4 สูตร

ลักษณะปรากฏ	ระดับความชอบ			
	สูตร 1 (40°C)	สูตร2 (50°C)	สูตร3 (60°C)	สูตร4 (70°C)
สี	$7.97^{a} \pm 0.66$	$7.37^{b} \pm 0.83$	$6.86^{c} \pm 0.91$	$6.45^{d} \pm 0.97$
กลิ่นหอม	$8.02^{a} \pm 0.74$	$7.33^{b} \pm 0.77$	$6.92^{c} \pm 0.91$	$6.32^{d} \pm 0.79$
การเกาะตัวของเส้น	$7.51^{a} \pm 0.64$	$5.95^{d} \pm 1.05$	$7.02^{b} \pm 0.65$	$6.49^{c} \pm 0.81$
ความเหนียวนุ่ม	$7.73^{a} \pm 0.66$	$7.15^{b} \pm 0.76$	$6.56^{c} \pm 0.80$	$6.02^{d} \pm 0.96$
ความชอบโดยรวม	$8.21^{a} \pm 0.66$	$7.60^{b} \pm 0.73$	$7.29^{c} \pm 0.19$	$6.78^{d} \pm 0.89$

หมายเหตุ : $^{a-d}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำที่อุณหภูมิต่างกันทั้ง 4 สูตร มีคะแนนความชอบแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างในการอบไข่ผำที่อุณหภูมิ

ต่างกัน ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำสูตรที่ 1 ไข่ผำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทำให้ผู้บริโภคยอมรับด้านสี กลิ่น การเกาะตัวของเส้น ความเหนียวนุ่ม และความชอบโดยรวมมากที่สุด

ตารางที่ 4.6 ผลศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Assay ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

เส้นก๋วยเตี๋ยวไข่ผำ (องศาเซลเซียส)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ		
	ต้านอนุมูลอิสระ (mgTE /100กรัม)	สารประกอบฟีนอลิก (mgGAE/100กรัม)	สารประกอบฟลาโวนอยด์ (mgQE/100กรัม)
40	5.30^{a}±0.10	25.86^{a}±0.15	84.86^{a}±0.73
50	4.10^{b}±0.26	22.16^{b}±0.25	80.60^{b}±0.17
60	3.20^{c}±0.10	21.43^{c}±0.23	78.20^{c}±0.17
70	2.70^{d}±0.13	20.23^{d}±0.15	71.00^{d}±0.65

หมายเหตุ : $^{a-d}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวดิ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์ ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำที่อบที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) และมีแนวโน้มลดลง แสดงให้เห็นในการลดลงดังกล่าวเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตเส้นเล็ก ซึ่งในระหว่างกระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีการใช้ความร้อนใน 2 ขั้นตอน คือ การนึ่งเส้นและการอบแห้งเส้น ซึ่งความร้อนนี้จะทำให้สมบัติในการต้านอนุมูลอิสระลดลง [42]

4.2.3 การศึกษาปริมาณผงไข่ผำที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำอบแห้ง

4.2.3.1 การศึกษาความชอบก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ นำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำที่ปริมาณร้อยละ 1 2 และ 3 มาทำการทดสอบความชอบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 คะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ ทั้ง 3 สูตร

ลักษณะปรากฏ	ระดับความชอบ		
	ร้อยละ 1	ร้อยละ 2	ร้อยละ 3
สี	7.97^{a}±0.66	7.13^{b}±0.95	6.68^{c}±0.77
กลิ่น	8.02^{a}±0.74	7.36^{b}±0.86	6.82^{c}±0.95
การเกาะตัวของเส้น	7.67^{a}±0.76	7.12^{b}±0.57	6.90^{c}±0.63
ความเหนียวนุ่ม	7.51^{a}±0.64	7.43^{a}±0.59	6.03^{b}±0.97
ความชอบโดยรวม	7.73^{a}±0.66	7.14^{b}±0.91	7.31^{b}±1.05

หมายเหตุ : $^{a-c}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด คะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด

จากตารางที่ 4.7 พบว่าผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำร้อยละ 1 มีคะแนนความชอบในทุกลักษณะสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณไข่ผำที่เหมาะสมทำให้ผู้บริโภคยอมรับด้านสี กลิ่น การเกาะตัวของเส้น ความเหนียวนุ่ม และความชอบโดยรวมมากที่สุด

4.2.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ เมื่อนำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำที่ปริมาณร้อยละ 1 2 และ 3 มาทำการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำที่ปริมาณต่างกัน

ตัวอย่าง	Hardness (kg./วินาที)	Tensile^{ns} (kg./วินาที)	ค่าสี		
			L*	a*	b*
ร้อยละ1	4.99^{b}±0.83	1.83±0.61	71.99^{a}±0.84	1.33^{a}±0.03	7.75^{a}±0.27
ร้อยละ2	7.95^{a}±1.52	1.60±0.13	69.23^{b}±0.60	0.75^{b}±0.06	5.17^{b}±0.01
ร้อยละ3	9.56^{a}±0.56	1.25±0.10	61.70^{c}±1.21	0.36^{c}±0.25	1.33^{c}±0.76

หมายเหตุ : $^{a-d}$ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวดิ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.8 พบว่า การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสค่าที่วัดได้ความแข็ง (Hardness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำทั้ง 3 สูตรมีค่าความแข็งต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงว่ามีความนิ่มน้อยลงเมื่อปริมาณผงไข่ผำเพิ่มขึ้น มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเนื่องจากในผงไข่ผำมีปริมาณเยื่อใยอยู่สูง เมื่อใส่ในปริมาณที่มากทำให้โครงสร้างของเจลในแป้งลดลงปริมาณเยื่อใยมากขึ้นทำให้ใช้แรงกดเพิ่มขึ้นในการวัดเนื้อสัมผัส [42]

การวัดแรงดึงค่าที่วัดได้ คือ แรงดึง (Tensile) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยเมื่อพิจารณามีแนวโน้มลดลงเนื่องจากปริมาณไข่ผำเพิ่มขึ้น ทำให้แรงในการดึงเส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าลดลง [42] ทั้งนี้เนื่องจากการเติมไข่ผำลงในเส้นก๋วยเตี๋ยวอาจจะมีปริมาณไม่มากพอทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีความเหนียวไม่แตกต่างกันมากนัก

ค่า L* ของทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณไข่ผำอบแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากในไข่ผำมีคลอโรฟิล และเมื่อคลอโรฟิลถูกความร้อนจะเปลี่ยนเป็นพีโอไพติน (Pheophytins) ทำให้มีสีเข้มขึ้น และเมื่อใส่ในปริมาณที่มากขึ้น ค่าความสว่างจะลดลง [49]

ในส่วนของค่า a* ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำอบแห้งที่ปริมาณต่างกัน มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยค่า a* มีค่าไปในทิศทางเดียวกัน มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีความเป็นสีแดง

และค่า b* ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำอบแห้งที่ปริมาณแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยค่า b* มีค่าไปในทิศทางเดียวกัน มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีความเป็นสีเหลือง

4.3 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

4.3.1 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคแบบออนไลน์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม คือกลุ่มประชากรทั่วไปในจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 100 คน ข้อมูลทั่วไป คือ เพศ อายุ อาชีพ และรายได้ต่อเดือน รายงานผลการสำรวจได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถามของกลุ่มผู้บริโภค

n = 100

ข้อมูล	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	42	42.00
หญิง	58	58.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
2. อายุ		
น้อยกว่า 20 ปี	38	38.00
20-30 ปี	31	31.00
31-40 ปี	22	22.00
มากกว่า 40 ปี	9	9.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
3. รายได้ต่อเดือน		
น้อยกว่า 15,000 บาท	63	63.00
15,000-20,000 บาท	24	24.00
20,001-30,000 บาท	9	9.00
30,001-50,000 บาท	3	3.00
มากกว่า 50,001 บาท	1	1.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
4. อาชีพ		
นักเรียน / นักศึกษา	58	58.00
ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ	23	23.00
พนักงานเอกชน	5	5.00
เจ้าของกิจการ	5	5.00
แม่บ้าน	9	9.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00

ตารางที่ 4.9 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถามของกลุ่มผู้บริโภค (ต่อ)

n = 100

ข้อมูล	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
5. ระดับการศึกษา		
ประถมศึกษา	1	1.00
มัธยมศึกษา (ม.3 / ม.6)	19	19.00
ปวช./ปวส./อนุปริญญา	49	49.00
ปริญญาตรี	26	26.00
ปริญญาโทหรือสูงกว่า	5	5.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00

ที่มา : ผลจากการทำแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคแบบออนไลน์

จากตารางที่ 4.9 พบว่า ข้อมูลทั่วไปของผู้กรอกแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 58 คน คิดเป็นร้อยละ 58.00 มีอายุน้อยกว่า 20 ปี จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 38.00 มีรายได้ต่อเดือน น้อยกว่า 15,000 บาท จำนวน 63 คน คิดเป็นร้อยละ 63.00 มีอาชีพเป็นนักเรียน/นักศึกษา จำนวน 58 คน คิดเป็นร้อยละ 58.00 มีระดับการศึกษา ปวช./ปวส./อนุปริญญา จำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 49.00

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวในท้องตลาดสำรวจข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถาม เป็นข้อมูลที่ดำเนินการเพื่อนนำไปใช้เกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำมีสารต้านอนุมูลอิสระ รายงานผลสำรวจได้ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และ 4.11

ตารางที่ 4.10 ผลการสำรวจข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม

n = 100

ข้อมูล	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
6. ท่านซื้อเส้นก๋วยเตี๋ยวจากสถานที่ใดบ่อยที่สุด		
ตลาดสด	43	43.00
ซุปเปอร์มาเก็ตใกล้บ้าน	36	36.00
ร้านขายของชำ	15	15.00
ร้านสะดวกซื้อ	6	6.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00

ตารางที่ 4.10 ผลการสำรวจข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม

n = 100

ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่	ร้อยละ
7. ในหนึ่งสัปดาห์ท่านรับประทานเส้นก๋วยเตี๋ยวบ่อยเพียงใด		
3–4 ครั้งต่อสัปดาห์	52	52.00
1–2 ครั้งต่อสัปดาห์	30	30.00
ทุกวัน	9	9.00
น้อยกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์	9	9.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
8. ท่านรับประทานเส้นก๋วยเตี๋ยวในโอกาสใดบ่อยที่สุด		
ในมื้ออาหารมื้อใดมื้อหนึ่ง	76	76.00
งานเลี้ยงสังสรรค์	14	14.00
อาหารโรงแรม/ภัตตาคาร	10	10.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
9. อาหารประเภทใดที่ท่านคิดว่าขาดเส้นก๋วยเตี๋ยวไม่ได้		
ต้มยำน้ำข้น	42	42.00
ผัดไทย	28	28.00
ตุ๋นน้ำพะโล้	17	17.00
ต้มจืด / น้ำตก	13	13.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
10 ท่านพบปัญหาใดเกี่ยวกับเส้นก๋วยเตี๋ยวในท้องตลาด		
กลิ่นสาบแป้ง	47	26.00
เนื้อสัมผัสแข็งกระด้าง	35	19.00
เส้นแห้งแข็งกระด้าง เปราะหัก	31	17.00
ขนาดเส้นไม่สม่ำเสมอ	30	17.00
กลิ่นสาบของสารกันเสีย	37	21.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00

จากตารางที่ 4.10 ผลข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่าซื้อเส้นก๋วยเตี๋ยวจากตลาดสด จำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 43.00 ใน 1 สัปดาห์ผู้ตอบแบบสอบถามมีความถี่ในการรับประทานเส้นก๋วยเตี๋ยว 3–4 ครั้งต่อสัปดาห์ จำนวน 52 คน คิดเป็นร้อยละ 52.00 โอกาสได้รับประทานเส้นก๋วยเตี๋ยวในมื้ออาหารมื้อใดมื้อหนึ่ง จำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 76.00 และปัญหาที่ผู้ตอบแบบสอบถามพบเกี่ยวกับเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีจำหน่ายในท้องตลาด(เลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) คือปัญหาที่เกิดจากกลิ่นสาบในเส้นก๋วยเตี๋ยวมีผู้เห็นด้วยจำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 21 [34]

ตารางที่ 4.11 ผลการสำรวจแนวความคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว

รายการประเมิน	$\bar{x}$ ± SD	การแปลผล
1. ด้านผลิตภัณฑ์ (Product)		
1.1 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์	4.65±0.58	มากที่สุด
1.2 ขนาดผลิตภัณฑ์	4.50±0.63	มาก
1.3 มีความแปลกใหม่	4.69±0.56	มากที่สุด
1.4 สะดวกในการรับประทาน	4.69±0.56	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.63±0.58	มากที่สุด
2. บรรจุภัณฑ์ (Packaging)		
2.1 ขนาดง่ายต่อการใช้งาน	4.66±0.54	มากที่สุด
2.2 รูปทรงทันสมัยและสวยงาม	4.65±0.06	มากที่สุด
2.3 สามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์	4.72±0.47	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.67±0.36	มากที่สุด
3. สถานที่จัดจำหน่าย		
3.1 หาซื้อได้ง่าย	4.72±0.49	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.72±0.49	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.11 ผลการสำรวจแนวความคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ พบว่า ด้านผลิตภัณฑ์ ลักษณะ ขนาด ความแปลกใหม่ สะดวกในการรับประทานมีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.63 ด้านบรรจุภัณฑ์ ขนาดง่ายต่อการใช้งาน รูปทรงทันสมัยสวยงาม สามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์ได้มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.67 และด้านสถานที่จัดจำหน่ายหาซื้อได้ง่ายมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.72

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากไข่ผำ ว่าซื้อผลิตภัณฑ์แน่นอนคิดเป็นร้อยละ 80

รูปที่ 4.2 บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง ผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในไข่ผำแห้งและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำที่อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน เพื่อศึกษาสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ และเพื่อศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ โดยผู้วิจัย สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ ได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำที่อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน

จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำที่อุณหภูมิในการทำแห้ง การเตรียมไข่ผำอบแห้งด้วยเตาอบลมร้อนอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานที่สุดคือ 30 ชั่วโมง มีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 61.65 ค่า (a*) มีค่าความเป็นสีเขียว เท่ากับ -0.56 มีค่าความเป็นสีน้ำเงิน เท่ากับ -1.79 มีความแตกต่างกันกับไข่ผำอบแห้งด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส การเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งให้สูงขึ้นทำให้การระเหยน้ำออกจากไข่ผำได้รวดเร็ว อุณหภูมิที่ให้ความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งมีผลทำให้คลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีเขียวของไข่ผำเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน (Pheophytins) ทำให้สีของไข่ผำเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์จะเกิดอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

5.1.2 ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำ

ผลการศึกษาการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ ไข่ผำที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิเตาอบลมร้อนที่ 40 องศาเซลเซียสมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากที่สุดคือ 575.36 มิลลิกรัมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ต่อ100 กรัม ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compound) มากที่สุดคือ 731.60 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อ100 กรัม และค่าปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoid Compound) คือ มากที่สุดคือ 300.33 มิลลิกรัมสมมูลของเควอซิทินต่อกรัม การเพิ่มอุณหภูมิสูงของเตาอบลมร้อนจะทำให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเช่น สารประกอบฟีนอลิก ความร้อนทำให้สารที่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระลดลง

5.1.3 ผลการศึกษาสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

พบว่าสูตรพื้นฐานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสูตรที่ 2 มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป และก๋วยเตี๋ยวแห้งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือ มีส่วนผสมแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 13 แป้งข้าวกล้องร้อยละ 7 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 13 น้ำสะอาดร้อยละ 67 และสูตรผลของอุณหภูมิการอบแห้งที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำใช้ผงไข่ผำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสในปริมาณร้อยละ 1 กลิ่นใบเตยร้อยละ 0.5 ทดสอบความชอบของผู้บริโภค ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ โดยแจกตัวอย่างร่วมกับแบบสอบถาม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน ได้รับคะแนนเฉลี่ย

ของคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำสูงสุด คือ สี 7.94 กลิ่น 8.02 การเกาะตัวของเส้น 7.67 ความเหนียวนุ่ม 7.51 และความชอบโดยรวม 7.73 มีความแตกต่าง ($p \leq 0.05$)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาวิธีหาสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำด้วยวิธีอื่นด้วย หรือทดสอบฤทธิ์ทางเภสัชของไข่ผำวิธีการอื่นที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคให้เข้ากับยุคสมัยเพื่อตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้าในปัจจุบัน

5.2.2 ควรศึกษาวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Dry) แทนการใช้ความร้อนในการทำแห้งเพื่อได้ไข่ผำที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด

5.2.3 ควรศึกษาผลิตภัณฑ์อาหารตามความต้องการของตลาดและผู้บริโภค และออกแบบผลิตภัณฑ์อาหารให้เข้ากับยุคสมัยเพื่อตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้าในปัจจุบัน

5.3.4 ควรเพิ่มเติมเกี่ยวกับการประสานงานร่วมกับวิสาหกิจชุมชน และอุตสาหกรรมอาหารเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำแห้งไข่ผำเพื่อการค้า และพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารให้เป็นสินค้าชุมชน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บรรณานุกรม

[1] ณัฐพร ธรวงศ์ธวัช, *เกาะเทรนด์รักสุขภาพกับการลงทุนหุ้นกลุ่มเฮลธ์แคร์ (ออนไลน์)*, 2558, สืบค้นจาก: http:// www.tiscoassetetrade.com, (2 ตุลาคม 2561).

[2] สุขุม กาญจนพิมาย, "เปิดผลตรวจเส้นก๋วยเตี๋ยวพบวัตถุกันเสียย้ำไม่มากเท่าปี 50 แนะกินอย่างไรให้ปลอดภัย," *มติชนสุดสัปดาห์*, นน. 3, 21 มีนาคม 2561.

[3] คลินิกภาษี กระทรวงการคลังภาค 4, *เส้นก๋วยเตี๋ยว (ออนไลน์)*, 2559, สืบค้นจาก http://taxclinic.mof.go.th/pdf/0155882A_2754_8F5E_43D9385B00B7D70C.pdf, (2 ตุลาคม 2561).

[4] ชื่นดวงใจ คงบาล, *การเพาะเลี้ยงไข่น้ำ (ผำ)*, นครราชสีมา : ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 จังหวัดนครราชสีมา กรมส่งเสริมการเกษตร, ม.ป.ป.

[5] สุรีพร ธรรมิกพงษ์, "ชีววิทยาของไข่น้ำและการเพาะขยายพันธุ์โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม," รายงานการวิจัย, คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์, 2553.

[6] พิพัฒน์พงษ์ วงศ์ใหญ่, ศศิธร ชาววัลจันทึก และสุนีย์ จันทร์สกาว, *การพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากผำ (ออนไลน์)*, 2551, สืบค้นจาก : https://www.pharmacy.cmu.ac.th/web2553/n41.php (14 มกราคม 2562).

[7] ศรีวัฒนา ทรงจิตสมบูรณ์, "สารต้านอนุมูลอิสระ จำเป็นต่อร่างกายอย่างไร," *นิตยสารหมอชาวบ้าน*, ปีที่ 27, นน. 37-39, สิงหาคม 2548.

[8] วิลาสินี ดีปัญญา, "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่น้ำแผ่น," รายงานการวิจัย, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์, 2555.

[9] Landolt.E. "Biosystematic Investigation in the Family of Duckweeds," *In book Title Lemnaceae. Veroff.Geobot.Inst.ETH.Zurich*, vol.1 pp. 71-124, 1980 and 1986.

[10] สุมลวรรณ ชุ่มเชื้อ, "ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญและผลผลิตของผักพื้นบ้านอีสาน ผำ (Worlffia arrhizal Wimm) และเทาน้ำ (Spirogyra sp)," รายงานการวิจัย, ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม, 2542.

[11] ชุตินุช สุจริต และมาโนช ขำเจริญ, "การศึกษาการใช้ประโยชน์จากไข่น้ำ," รายงานการวิจัย, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, ตรัง, 2542.

[12] Armstrong,*W.P. Wolfia Used For Nutrious Gourmrt Dishes (online)*, 2001, Available: http://waynesword.palomar.edu/genimg2.html, (30 June 2019).

[13] กันย์สินี พันธ์วนิชดำรง, "การปรับปรุงคุณภาพสีปลาทองโดยใช้รงควัตถุแคโรทีนอยด์จากไข่น้ำ (*Worlffia arrhizal* (L.)Wimm)," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2551.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[14] พรศิริ วงศ์ศิริอำนวย, *การเตรียมสารสกัดเชิงซ้อนโซเดียมคอปเปอร์คลอโรฟิลลิน (ออนไลน์)*, 2551, สืบค้นจาก : https://books.google.co.th/books/about/, (13 มกราคม 2562).

[15] Fujita,M., Mori,K, Kodera,T, "Nutrient Removal and Starch Production through Cultivation of *Wolffia arrhizal," Bioscience and Bioengineering Journal*, Vol.2 pp. 194-198, Jan 1998.

[16] ประโชติ เปล่งวิทยา, ตารางแสดงชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในประเทศไทย, นนทบุรี: กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2544.

[17] สุรีย์พันธุ์ บุญวิสุทธิ์, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย, กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก, 2550.

[18] Mulokzi,G., Svanberg, "UEffect of traditional open sun-dry and solar cabint drying on carotone content and vitamin A activity of green leafy vegetables," *Plant Foods Human Nutr*, Vol.58 pp.1-15, Jan 2003.

[19] Mosha,T.C.,Pace ,R.D.,Adeyeye,S., Laswai,H'S., Mtebe,K, "Effect of traditional processing practices on the content of total carotenoid, β-Carotene,α**carotene and vitamin A activity of selected Tanzanian vegetables," *Plant Foods Human Nutr*, Vol.50 pp. 189-201, Jan 1977.

[20] Mosha,T.C., Pace,R.D.,Adeyeye,S., Mtebe,K., Laswai,H.S, "Proximate composition and mineral content of seiected Tanzanian vegetables and the effect of traditional processing on the retention of ascorbic acid,riboflavin and thiamine," *Plant Foods Human Nutr*, Vol.48 pp. 235-245, Jan 1995.

[21] Rocha,T., Marty-Audouin,C.,S., Lebert,A, "Effect of drying temperature and blanching on the degradation of Chlorophyll a and b in mint (*Mentha spicata* Huds) and basil *(Ocimum basilicum)* : Analysis by high performance liquid, chromatography with photodiode array detection. J. Chromatographia., Vol 36 pp. 152-157, Dec 1993.

[22] นิธิยา รัตนาปนนท์, *หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น*, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2544.

[23] Fathima,A., Begum,K, Rajalakshmi,D. "Microwave drying of selected greens and their sensory characteristics," *Plant Foods Human Nutr*, Vol.56 pp. 303–311, 2001.

[24] รัชนี ตันทะพานิชกุล, *เคมีอาหาร*, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2544.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[25] เบญจมาศ จิตรสมบูรณ์, ไมตรี สุทธจิตต์, “การตรวจคุณสมบัติทางชีวเคมีของสารแอนติออกซิแดนท์ในเมล็ดมะขามและผลิตภัณฑ์,” รายงานการวิจัย, สาขาวิชาชีววิทยาสำนักวิชาวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 2557.

[26] Noguchi,N.,and Niki, “Chemistry of active oxygen species and antioxidants In Antioxidant status,diet,nutrition and health,” *A.M.Papas (ed.),* pp. 3–20, CRC Press, Boca Raton, 1999.

[27] Aljadi, A.M.,and Kamaruddin,M.Y.2004. “Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys,” *Food Chemistry.*85(4) 513-518.and Harman,D.1987.Oxygen radicals and human disease.*Annals of Internal Medicine,* Vol.107 pp. 526–545, 2004.

[28] Palace,V.P.,Khaper,N.,Q.,and Singal,P.K.1999., “Antioxidant potentials of vitamin A and carotenoids and their relevance to heart disease,” *Free Radical iology & Medicine,* Vol.26 5/6 pp. 746-761, 1999.

[29] บุหรัน พันธุ์สวรรค์, “อนุมูลอิสระสารต้านอนุมูลอิสระและการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปีที่ 21, นน. 275-286, มีนาคม 2556.

[30] Devesagayam, T.p.a.,Tilak,J.C.,Boloor,K.K.,Sane,K.S.,Ghaskdadbi,S.S.,and Lele,R.D.2004. “Free radicals and antioxidants in human health:Current status and future prospects,” *Journals of the Association of Physicians of India,* Vol.52 pp. 794–804, 2004.

[31] กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, *เทคโนโลยีของแป้ง* (*ออนไลน์*), 2541, สืบค้นจาก: http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap2/chap2_intro. Htm, (26 ตุลาคม 2562).

[32] วิภา โรจนเมธากุล, “คุณสมบัติของข้าวและการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่,” ในโครงการฝึกอบรมเรื่องการพัฒนาเพื่อยกระดับอุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวและขนมจีนโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร, นน. 18-39, 2541.

[33] พรกต จงรักษ์สัตย์, “ส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อผู้ประกอบการร้านขายก๋วยเตี๋ยวในอำเภอเมืองเชียงใหม่ ในการซื้อเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นสด,” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2558.

[34] สำนักงานอาหารและยา, *ก๋วยเตี๋ยวปลอดภัยสร้างอาหารไทยสู่สากล*, กรุงเทพมหานคร : กองควบคุมอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2551.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[35] ปัทมา วัฒนา,โยธิน เอี่ยมอาจ,วิชัยรัตน์ พิชัยรัตน์,สุพรรษา ชิตสระน้อย และอนันตเทพ ดีดวงพันธ์, *การถนอมผักและผลไม้ (ออนไลน์)*, 2551, สืบค้นจาก: https://sites.google.com/site/extensionmju140/home, (14 มกราคม 2562).

[36] Nisachol Ruekaewma,S.P,Sorawit Powtongsook, "Culture system for *Wolffia globose* L.(Lemnaceae) for hygiene human food," *Songklankarin J Sci. Technol*., Vol.37(5) pp. 575-580, 2015.

[37] Wang Nini, "W.Chemical constituents of Wolffia globosa Flavone.pdf Bioscience," pp. 1(1) : 1–4, 2016.

[38] ขวัญดาว แจ่มแจ้ง, "สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากพืชผักพื้นบ้านในจังหวัดกำแพงเพชร," *Rajabhat Journal of Sciences,Humanities & Social Sciences*, ปีที่ 13 นน. 54-66, กรกฎาคม-ธันวาคม 2555.

[39] Thidaret Somdee ,U.M,Methin Phadungkit and Suneerat Yangyuen, "Antioxdant Compounds and Activities in Selected Fresh and Blanched Vegetables," from Northeasterm Thailand, Chiang Mai J.Sci, 2015, vol.43(4) pp. 834-844, 2015.

[40] ถาวร จันทโชติ, "การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องงอกจากข้าวสังข์หยดเสริมไข่ขาว," รายงานการวิจัย, คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน, มหาวิทยาลัยทักษิณ, พัทลุง, 2556.

[41] ราณี สุรกาญจน์กุล และปกรณ์ อุ่นประเสริฐ, "การผลิตก๋วยเตี๋ยวด้วยแป้งข้าวมอลต์," *วารสารอาหารและสุขภาพ*, ปีที่ 43 นน. 68-78, มกราคม-มิถุนายน 2556.

[42] ดุลจิรา สุขบุญญสถิต และพิราวรรณ สิงห์พรและสุพิชญา สว่างวงษ์, "ผลของการเติมผงใบย่านางต่อคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว," *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, ปีที่ 49 นน. 237-240, พฤษภาคม-สิงหาคม 2561.

[43] อริสรา รอดมุ้ย, "การผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ด้วยการใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน," *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร* ,มหาวิทยาลัยสยาม, ปีที่ 5, นน. 64-71, มกราคม-มิถุนายน 2553.

[44] สุนัน ปานสาคร, จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, อารียา ไชยพล และอภิสิทธิ์ สุขประสาร, "ผลของการอบแห้งต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเส้นก๋วยเตี๋ยวผลิตจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งร่วมกับแป้งข้าวผสม," *วารสารแก่นเกษตร*, ปีที่ 46 นน. 117-128, มกราคม-กุมภาพันธ์ 2561.

[45] Yamasaki, A. Hashimoto, Y. Kokusenya, T. Miyamoto and T.Miyamoto and T.Soto, "Electrochemical method for estimating the antioxidative effects of methanol extracts of crude drugs," *Chemical & Pharmaceutical Bulletin l*, Vol.42 pp. 1663-1665, 1994.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[46] G. Miliauskas,P.R. Venskutonis and T.A. van Beek, Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts Food Chem, Vol.85 pp. 231-237, 2004.

[47] O. Folin,and V.Ciocalteu, “On tyrosine and tryptophane determinations in proteins,” *Biological Chemistry*, Vol.73 pp. 627-650, 1927.

[48] A.O.A.C, “Official Methods of Analysis of Association official Analytical Chemists,” Vol.1 15th ed, Washington D.C, 2000.

[49] น้ำฝน ไชยลังกา, “ผลกระทบของสภาวะและวิธีการอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสาหร่ายเตา,” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร, คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 2557.

[50] เกริกชัย ชีวะปฏิยุทธ, “นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ผงผักปรุงรสโรยข้าวแคลเซียมสูงจากไข่น้ำ (วอลฟ์เฟีย กลอโบซ่า),” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาธุรกิจ, เทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม (สหสาขาวิชา), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2552.

[51] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), *การมาตราฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง (มผช.730/2548)*, กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2548.

[52] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), *การมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป (มอก.832-2548)*, กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม,กรุงเทพมหานคร, 2548.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายงานผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

ที่ อว 8393(20)/ ๑๑๗

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
155 หมู่ 2 ตำบลแม่เหียะ อำเภอเมืองเชียงใหม่
จังหวัดเชียงใหม่ 50100
โทร. (053) 94-8280 โทรสาร (053) 94-8280

เรียน คุณภาณุมาศ ทองคำ

รายงานผลการตรวจวิเคราะห์

หมายเลขใบนำส่งตัวอย่าง : 10/63

วันที่รับตัวอย่าง : 19 กุมภาพันธ์ 2563

วันที่รายงานผล : 3 มีนาคม 2563

ตัวอย่าง : เส้นก๋วยเตี๋ยว

ตัวอย่าง	ความนุ่ม (kg)	ความเหนียว (kg)	ความชื้น (%)	ค่าสี		
				L*	a*	b*
สูตรมาตรฐาน	6124	0.031	10.88	64.00	-0.64	6.57
T1	6078	0.032	9.82	57.36	-0.38	4.88
T2	5234	0.038	11.63	54.80	-0.49	5.66
T3	4749	0.044	9.86	53.44	-0.60	6.49

หมายเหตุ: การวัดค่าเนื้อสัมผัส เป็นการวัดแรงด้านสูงสุดที่ใช้ในการกดตัวอย่างลงไปเป็นระยะ 75% ของความสูงตัวอย่าง (ความนุ่ม) หรือแรงด้านสูงสุดที่ใช้ในการดึงตัวอย่างจนขาด (ความเหนียว) และเตรียมตัวอย่างโดยลวกเส้นก๋วยเตี๋ยวในน้ำเดือดเป็นเวลานาน 3 นาที ก่อนนำมาวัดค่าเนื้อสัมผัส

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจินดา ศรีวัฒนะ)
คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

รายงานนี้ใช้อ้างอิงเฉพาะตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์เท่านั้นไม่รวมถึงตัวอย่างทั้งหมด

ที่ อว 8393(20)/๓๖

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
155 หมู่ 2 ตำบลแม่เหียะ อำเภอเมืองเชียงใหม่
จังหวัดเชียงใหม่ 50100
โทร. (053) 94-8280 โทรสาร (053) 94-8280

เรียน คุณวาณุมาศ ทองคำ

รายงานผลการตรวจวิเคราะห์

หมายเลขใบนำส่งตัวอย่าง: 20/63

วันที่รับตัวอย่าง : 7 พฤษภาคม 2563

วันที่รายงานผล : 20 พฤษภาคม 2563

ตัวอย่าง : เส้นก๋วยเตี๋ยว

ตัวอย่าง	ความนุ่ม (kg)
เส้นก๋วยเตี๋ยว T1 2%	3.937 ± 0.880
เส้นก๋วยเตี๋ยว T2 3%	4.495 ± 0.711
เส้นก๋วยเตี๋ยว T3 4%	4.643 ± 1.023

หมายเหตุ: การวัดค่าเนื้อสัมผัสด้านความนุ่ม เป็นการวัดแรงต้านสูงสุดที่ใช้ในการกดตัวอย่างลงไปเป็นระยะ 75% ของความสูงตัวอย่าง และเตรียมตัวอย่างโดยลวกเส้นก๋วยเตี๋ยวในน้ำเดือดเป็นเวลานาน 5 นาที ก่อนนำมาวัดค่าเนื้อสัมผัส

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจินดา ศรีวัฒนะ)
คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

รายงานนี้ใช้อ้างอิงเฉพาะตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์เท่านั้นไม่รวมถึงตัวอย่างทั้งหมด

ที่ อว 8393(20)/341

ตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
155 หมู่ 2 ตำบลแม่เหียะ อำเภอเมืองเชียงใหม่
จังหวัดเชียงใหม่ 50100
โทร. (053) 94-8280 โทรสาร (053) 94-8280

เรียน คุณภาชณุมาศ ทองคำ

รายงานผลการตรวจวิเคราะห์

หมายเลขใบนำส่งตัวอย่าง :18/63

วันที่รับตัวอย่าง : 24 เมษายน 2563

วันที่รายงานผล : 7 พฤษภาคม 2563

ตัวอย่าง : เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	Aw	ค่าสี		
			L*	a*	b*
1.พื้นฐาน T1	9.86	0.386	76.34	1.41	11.07
2.เสริม T1=1%	9.49	0.388	51.37	-1.57	7.00
3.เสริม T1=2%	10.67	0.480	47.89	-1.71	6.51

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจินดา ศิริวัฒนะ)
คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

รายงานนี้ใช้อ้างอิงเฉพาะตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์เท่านั้นไม่รวมถึงตัวอย่างทั้งหมด

ภาคผนวก ข
แบบประเมินความชอบผู้บริโภค

แบบประเมินความชอบผู้บริโภค

ผลิตภัณฑ์: ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก วันที่:.....

อาชีพ:..... อายุ:.....เพศ: ☐ชาย ☐หญิง

คำแนะนำ: กรุณาชิมตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ แล้วให้คะแนนความชอบของตัวอย่างโดยให้คะแนนตามคำอธิบายคะแนนความชอบ และกรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่าง

คะแนนความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด
2 = ไม่ชอบมาก
3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก
9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ		
	รหัส 876	รหัส 543	รหัส 234
สี			
กลิ่น			
การเกาะตัวกันของเส้น			
ความเหนียวนุ่ม			
ความชอบรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

แบบประเมินความชอบผู้บริโภค

ผลิตภัณฑ์: ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำที่อุณหภูมิต่างกัน วันที่:.....
อาชีพ:..... อายุ:.....เพศ: ☐ชาย ☐หญิง

คำแนะนำ: กรุณาชิมตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ แล้วให้คะแนนความชอบของตัวอย่างโดยให้คะแนนตามคำอธิบายคะแนนความชอบ และกรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่าง

คะแนนความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด
2 = ไม่ชอบมาก
3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก
9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ			
	รหัส 876	รหัส 543	รหัส 234	รหัส 111
สี				
กลิ่น				
การเกาะตัวกันของเส้น				
ความเหนียวนุ่ม				
ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะ
.....
.....
.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

แบบประเมินความชอบผู้บริโภค

ผลิตภัณฑ์: ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ วันที่:.....

อาชีพ:..... อายุ:.....เพศ: ☐ชาย ☐หญิง

คำแนะนำ: กรุณาชิมตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ แล้วให้คะแนนความชอบของตัวอย่างโดยให้คะแนนตามคำอธิบายคะแนนความชอบ และกรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่าง

คะแนนความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด
2 = ไม่ชอบมาก
3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก
9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ		
	รหัส 876	รหัส 543	รหัส 234
สี			
กลิ่น			
การเกาะตัวกันของเส้น			
ความเหนียวนุ่ม			
ความชอบรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

แบบสอบถาม

เรื่อง การสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่าน

คำชี้แจง : แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเพื่อประกอบวิชา วิทยานิพนธ์ (Thesis) เพื่อการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพของนางภาชณุมาศ ทองคำ นักศึกษาปริญญาโท (ภาคพิเศษ) สาขาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของท่านจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำที่เพาะเลี้ยงในชุมชน โดยแบบสอบถามแบ่งเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติการบริโภคเส้นก๋วยเตี๋ยว

ส่วนที่ 3 ทัศนคติแนวความคิดความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเสริมไข่ผำ

กรุณาตอบแบบสอบถามทั้ง 3 ส่วน โดยข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจะไม่มีผลกระทบใดต่อท่านทั้งสิ้น แต่จะเป็นประโยชน์และเป็นข้อมูลสำคัญที่นำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเท่านั้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามครั้งนี้

คำอธิบาย

ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระในสาหร่ายพื้นบ้าน เป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นแห้ง เป็นการทดลองการปรับสัดส่วนแป้งข้าวจ้าวกับแป้งข้าวกล้องในกระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวมีความเหนียวนุ่มและทำให้แห้งโดยไม่ใส่สารเพิ่มความเหนียวในแป้งทำแผ่นก๋วยเตี๋ยว แต่ทำให้แห้งเพื่อให้เก็บได้นานโดยปลอดสารกันเสีย เส้นก๋วยเตี๋ยวมีสีเขียวธรรมชาติจากคลอโรฟิวส์ในไข่ผำที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีความเหนียวนุ่มเมื่อลวกแล้วใช้ประกอบอาหารได้

ขอแสดงความนับถือ

ผู้ดำเนินการวิจัย

แบบสอบถามผู้บริโภค

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ A

☐ 1. ชาย ☐ 2.หญิง

2. อายุ

☐ 1. น้อยกว่า 20 ปี ☐ 2. 20 ถึง 30 ปี B

☐ 3. 31 ถึง 40 ปี ☐ 4. มากกว่า 40 ปี

3. รายได้ต่อเดือน

☐ 1. น้อยกว่า 15,000 บาท ☐ 2. 15,001 – 20,000 บาท C

☐ 3. 20,001 – 30,000 บาท ☐ 4. 30,001 - 50,000 บาท

☐ 5. มากกว่า 50,000 บาท

4. อาชีพ

☐ 1. นักเรียน/นักศึกษา ☐ 2. ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ D

☐ 3. พนักงานเอกชน ☐ 4. เจ้าของกิจการ

☐ 5. แม่บ้าน ☐ 6. อื่นๆ.....

5. ระดับการศึกษา

☐ 1. ประถมศึกษา ☐ 2. มัธยมศึกษา (ม.3/ม.6) E

☐ 3. ปวช./ปวส./อนุปริญญา ☐ 4. ปริญญาตรี

☐ 5.ปริญญาโทหรือสูงกว่า

<u>ส่วนที่ 2</u> พฤติกรรมของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวมีสารต้านอนุมูลอิสระ

6. ท่านซื้อเส้นก๋วยเตี๋ยวจากสถานที่ใดบ่อยที่สุด

☐ 1. ร้านขายของชำ ☐ 2. ตลาดสด F

☐ 3. ซุปเปอร์มาเก็ตใกล้บ้าน ☐ 4. ร้านสะดวกซื้อ

☐ 5. ร้านขายอาหารเจ/มังสวิรัติ ☐ 6. ร้านขายสินค้า OTOP

☐ 7. อื่นๆ(โปรดระบุ).....

7. ในหนึ่งสัปดาห์ท่านรับประทานเส้นก๋วยเตี๋ยวบ่อยเพียงใด

☐ 1. ทุกวัน ☐ 2. 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ G

☐ 3. 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ ☐ 4. น้อยกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์

☐ 5. อื่นๆ(โปรดระบุ).....

8. ท่านรับประทานเส้นก๋วยเตี๋ยวในโอกาสใดบ่อยที่สุด

☐ 1. ในมื้ออาหารมื้อใดมื้อหนึ่ง ☐ 2. อาหารโรงแรม/ภัตตาคาร H

☐ 3. ช่วงเทศกาลกินเจ ☐ 4. งานเลี้ยงสังสรรค์

☐ 5. อื่นๆ(โปรดระบุ).....

9. อาหารประเภทใดที่ท่านคิดว่าขาดเส้นก๋วยเตี๋ยวไม่ได้

☐ 1. ต้มยำน้ำข้น/น้ำใส ☐ 2. ผัดไทย I

☐ 3. ตุ๋นน้ำพะโล้ ☐ 4. ต้มจืด/น้ำตก

☐ 5. อื่นๆ(โปรดระบุ).....

10. ท่านพบปัญหาใดเกี่ยวกับเส้นก๋วยเตี๋ยวในท้องตลาด (สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) J

☐ 1. กลิ่นสาบแป้งหมัก ☐ 2. เนื้อสัมผัสแข็งกระด้าง J1

☐ 3. เส้นแห้งแข็งกระด้าง เปราะหัก ☐ 4. ขนาดไม่สม่ำเสมอ J2

☐ 5. กลิ่นสาบของสารกันเสีย ☐ 6. อายุการเก็บรักษาสั้น J3 J4 J5 J6 J7

☐ 7. อื่นๆ (โปรดระบุ).....

11. สอบถามข้อมูลทางด้านแนวความคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องระดับความสำคัญ

แนวความคิด	ระดับความสำคัญในการตัดสินใจซื้อ					K
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
11.1 ด้านผลิตภัณฑ์ (Product)						
1. ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์						
2. ขนาดผลิตภัณฑ์						
3. มีความแปลกใหม่						
4. สะดวกในการรับประทาน						
11.2 บรรจุภัณฑ์ (Packaging)						
1. ขนาดง่ายสะดวกต่อการใช้งาน						
2. รูปทรงทันสมัยและสวยงาม						
3. สามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์ได้						
11.3 สถานที่จัดจำหน่าย (Place)						
1. หาซื้อได้ง่าย						

<u>ส่วนที่ 3</u> ทัศนคติและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากไข่ผำ

12. หากมีผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ท่านมีความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์หรือไม่ W

☐ 1. ซื้อแน่นอน ☐ 2. ยังไม่แน่ใจ ☐ 3. ไม่ซื้อแน่นอน

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบพระคุณ
ผู้วิจัย

ภาคผนวก ค
สูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก
และสูตรผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

สูตรพื้นฐานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก สูตรที่ 1

ส่วนผสม

แป้งข้าวเจ้า	100	กรัม
แป้งมันสำปะหลัง	100	กรัม
น้ำเปล่า	1,000	กรัม
น้ำมันรำข้าว		

วิธีทำ

1. ชั่งส่วนผสมของแห้งและของเหลว

2. เตรียมส่วนผสมของแห้งร่อนรวมกันเพื่อคัดสิ่งสกปรกและช่วยแตกเม็ดแป้ง เพราะแป้งอาจมีความชื้นจับตัวเป็นก้อน ผสมแป้งทั้ง 2 ชนิด กับน้ำเปล่า นวดจนเหนียวแล้วพักแป้งไว้ 60 นาที จึงเติมน้ำเปล่าลงนวดให้ละลาย พักไว้

3. ตั้งรังถึงใช้ไฟกลางค่อนข้างแรงนึ่งถาดให้ร้อน พรมฉีดถาดด้วยสเปร์น้ำมันรำข้าวคนแป้งให้เข้ากัน ตักแป้งละเลงบนถาดเป็นแผ่นบางจนขึ้นเจลปิดฝารังถึง นึ่งด้วยไอน้ำร้อนนาน 5 นาทีจนแป้งสุกใส

4. นำแผ่นแป้งร่อนออกจากถาดผึ่งในตะแกรงเข้าอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นให้แผ่นแป้งมีความชื้นร้อยละ 35-37

5. ตัดแผ่นแป้งเป็นเส้นขนาดความกว้าง 0.5 เซนติเมตรมีความยาว 15 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตรให้ขนาดสม่ำเสมอ นำเส้นที่ผลิตได้ใส่ถาดสแตนเลสเข้าอบในตู้อบลมร้อนปรับอุณหภูมิที่ประมาณ 50 องศาเซลเซียส จนแห้งที่ระดับค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 ตามมาตรฐาน เก็บใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยด์

ที่มา : [37]

สูตรพื้นฐานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก สูตรที่ 2

ส่วนผสม

แป้งข้าวเจ้า	100	กรัม
แป้งมันสำปะหลัง	100	กรัม
แป้งข้าวกล้อง	50	กรัม
น้ำเปล่า	1,000	กรัม
น้ำมันรำข้าว		

วิธีทำ

1. ชั่งส่วนผสมของแห้งและของเหลว

2. เตรียมส่วนผสมของแห้งร่อนรวมกันเพื่อคัดสิ่งสกปรกและช่วยแตกเม็ดแป้ง เพราะแป้งอาจมีความชื้นจับตัวเป็นก้อน ผสมแป้งทั้ง 3 ชนิด กับน้ำเปล่า นวดจนเหนียวแล้วพักแป้งไว้ 60 นาที จึงเติมน้ำเปล่าลงนวดให้ละลาย พักไว้

3. ตั้งรังถึงใช้ไฟกลางค่อนข้างแรงนึ่งถาดให้ร้อน พรมฉีดถาดด้วยสเปร์น้ำมันรำข้าวคนแป้งให้เข้ากัน ตักแป้งละเลงบนถาดเป็นแผ่นบาง ให้ขึ้นเจลปิดฝารังถึง นึ่งด้วยไอน้ำร้อนนาน 5 นาทีจนแป้งสุกใส

4. นำแผ่นแป้งร่อนออกจากถาดผึ่งในตะแกรงเข้าอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นให้แผ่นแป้งมีความชื้นร้อยละ 35 - 37

5. ตัดแผ่นแป้งเป็นเส้นขนาดความกว้าง 0.5 เซนติเมตรมีความยาว 15 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตรให้ขนาดสม่ำเสมอ นำเส้นที่ผลิตได้ใส่ถาดสแตนเลสเข้าอบในตู้อบลมร้อนปรับอุณหภูมิที่ประมาณ 50 องศาเซลเซียล จนแห้งที่ระดับค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 ตามมาตรฐาน เก็บใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยด์

ที่มา : [44]

สูตรพื้นฐานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก สูตรที่ 3

ส่วนผสม

แป้งข้าวเจ้า	100	กรัม
แป้งมันสำปะหลัง	75	กรัม
แป้งข้าวกล้อง	75	กรัม
น้ำเปล่า	1,000	กรัม
น้ำมันรำข้าว		

วิธีทำ

1. ชั่งส่วนผสมของแห้งและของเหลว

2. เตรียมส่วนผสมของแห้งร่อนรวมกันเพื่อคัดสิ่งสกปรกและช่วยแตกเม็ดแป้ง เพราะแป้งอาจมีความชื้นจับตัวเป็นก้อน ผสมแป้งทั้ง 3 ชนิด กับน้ำเปล่า นวดจนเหนียวแล้วพักแป้งไว้ 60 นาที จึงเติมน้ำเปล่าลงนวดให้ละลาย พักไว้

3. ตั้งรังถึงใช้ไฟกลางค่อนข้างแรงนึ่งถาดให้ร้อน พรมฉีดถาดด้วยสเปร์น้ำมันรำข้าวคนแป้งให้เข้ากัน ตักแป้งละเลงบนถาดเป็นแผ่นบางให้ขึ้นเจล ปิดฝารังถึง นึ่งด้วยไอน้ำร้อนนาน 5 นาทีจนแป้งสุกใส

4. นำแผ่นแป้งร่อนออกจากถาดผึ่งในตะแกรงเข้าอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมงเพื่อไล่ความชื้นให้แผ่นแป้งมีความชื้นร้อยละ 35-37

5. ตัดแผ่นแป้งเป็นเส้นขนาดความกว้าง 0.5 เซนติเมตรมีความยาว 15 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตรให้ขนาดสม่ำเสมอ นำเส้นที่ผลิตได้ใส่ถาดสแตนเลสเข้าอบในตู้อบลมร้อนปรับอุณหภูมิที่ประมาณ 50 องศาเซลเซียส จนแห้งที่ระดับค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 ตามมาตรฐาน เก็บใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยด์

ที่มา : [45]

สูตรก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำที่อุณหภูมิต่าง 1,2,3,4

ส่วนผสม

แป้งข้าวเจ้า	200	กรัม
แป้งมันสำปะหลัง	200	กรัม
แป้งข้าวกล้อง	100	กรัม
ผงผำอุณหภูมิ 40,50,60,70 องศาเซลเซียส	5	กรัม
น้ำเปล่า	2,000	กรัม
น้ำมันรำข้าว		

วิธีทำ

1. ชั่งส่วนผสมของแห้งและของเหลว ไข่ผำอบแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ตัวอย่างแช่น้ำอุ่นให้ผงไข่ผำคืนรูปและพองตัว

2. เตรียมส่วนผสมของแห้งร่อนรวมกันเพื่อคัดสิ่งสกปรกและช่วยแตกเม็ดแป้ง เพราะแป้งอาจมีความชื้นจับตัวเป็นก้อน ผสมแป้งทั้ง 3 ชนิด กับน้ำเปล่า นวดจนเหนียวแล้วพักแป้งไว้ 60 นาที จึงเติมไข่ผำนวดให้ละลาย พักไว้

3. ตั้งรังถึงใช้ไฟกลางค่อนข้างแรงนึ่งถาดให้ร้อน พรมฉีดถาดด้วยสเปร์น้ำมันรำข้าวคนแป้งให้เข้ากัน ตักแป้งละเลงบนถาดเป็นแผ่นบาง ให้ขึ้นเจลปิดฝารังถึง นึ่งด้วยไอน้ำร้อนนาน 5 นาทีจนแป้งสุกใส

4. นำแผ่นแป้งร่อนออกจากถาดผึ่งในตะแกรงเข้าอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นให้แผ่นแป้งมีความชื้นร้อยละ 35 - 37

5. ตัดแผ่นแป้งเป็นเส้นขนาดความกว้าง 0.5 เซนติเมตรมีความยาว 15 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตรให้ขนาดสม่ำเสมอ นำเส้นที่ผลิตได้ใส่ถาดสแตนเลสเข้าอบในตู้อบลมร้อนปรับอุณหภูมิที่ประมาณ 50 องศาเซลเซียล จนแห้งที่ระดับค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 ตามมาตรฐาน เก็บใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยด์

ที่มา : [44]

สูตรก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำที่ปริมาณต่างกัน 1,2,3

ส่วนผสม

แป้งข้าวเจ้า	200	กรัม
แป้งมันสำปะหลัง	200	กรัม
แป้งข้าวกล้อง	100	กรัม
ผงผำอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียล	5, 10,15	กรัม
น้ำเปล่า	2,000	กรัม
กลิ่นใบเตย	5	กรัม
น้ำมันรำข้าว		

วิธีทำ

1. ชั่งส่วนผสมของแห้งและของเหลว ผงผำแช่น้ำอุ่นให้คืนรูปและพองตัวตามน้ำหนักสูตรที่ 1 2 และ 3

2. เตรียมส่วนผสมของแห้งร่อนรวมกันเพื่อคัดสิ่งสกปรกและช่วยแตกเม็ดแป้ง เพราะแป้งอาจมีความชื้นจับตัวเป็นก้อน ผสมแป้งทั้ง 3 ชนิด กับน้ำเปล่า นวดจนเหนียวแล้วพักแป้งไว้ 60 นาที จึงเติมน้ำใบเตยลงนวดให้ละลาย พักไว้

3. ตั้งรังถึงใช้ไฟกลางค่อนข้างแรงนึ่งถาดให้ร้อน พรมฉีดถาดด้วยสเปร์น้ำมันรำข้าวคนแป้งให้เข้ากัน ตักแป้งละเลงบนถาดเป็นแผ่นบาง ให้ขึ้นเจลปิดฝารังถึง นึ่งด้วยไอน้ำร้อนนาน 5 นาทีจนแป้งสุกใส

4. นำแผ่นแป้งร่อนออกจากถาดผึ่งในตะแกรงเข้าอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นให้แผ่นแป้งมีความชื้นร้อยละ 35 - 37

5. ตัดแผ่นแป้งเป็นเส้นขนาดความกว้าง 0.5 เซนติเมตรมีความยาว 15 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตรให้ขนาดสม่ำเสมอ นำเส้นที่ผลิตได้ใส่ถาดสแตนเลสเข้าอบในตู้อบลมร้อนปรับอุณหภูมิที่ประมาณ 50 องศาเซลเซียล จนแห้งที่ระดับค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 ตามมาตรฐานเก็บใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยด์

ที่มา : [44]

ภาคผนวก ง
รูปการเตรียมวัตถุดิบในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำ และรูปการพัฒนาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

(จ)

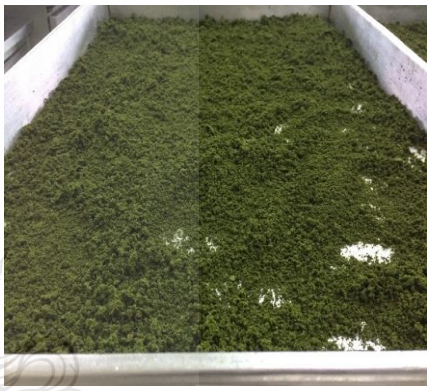
(ฉ)

รูปที่ ง.1 ฟาร์มไข่ผำ (ก) บ่อธรรมชาติ,(ข) บ่อซีเมนต์,(ค) ล้างทำความสะอาด,(ง) แช่น้ำเกลือ (จ) สะเด็ดน้ำ และ(ฉ) ชั่งน้ำหนักพร้อมส่ง

(ก)

(ข)

(ค)



(ง)

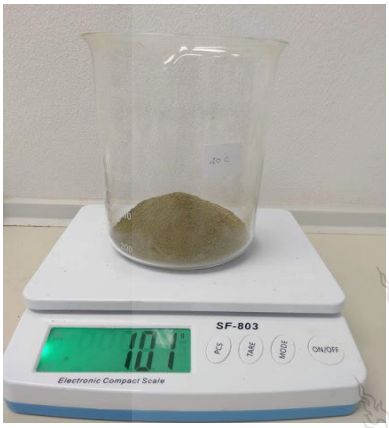
(จ)

(ฉ)

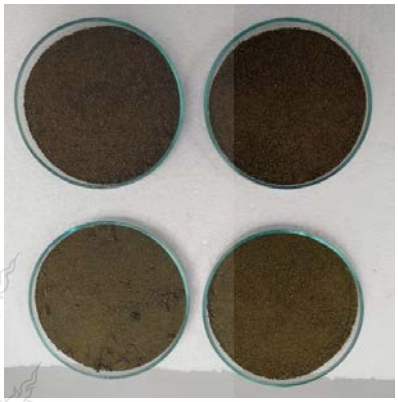
รูปที่ ง.2 การเตรียมไข่ผำที่อุณหภูมิต่างกัน (ก) ชั่งไข่ผำสด,(ข) เกลี่ยในถาดอบ,(ค) ใส่ตู้อบลมร้อน (ง) ลักษณะแห้ง,(จ) วัดความชื้น และ(ฉ) เก็บใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยด์

(ก)

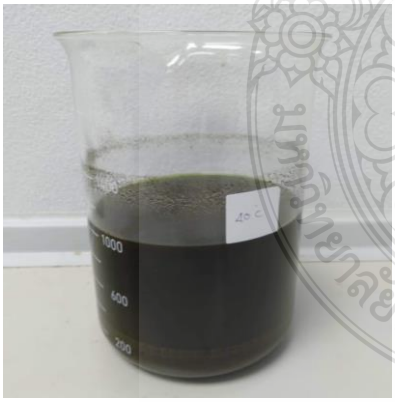
(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

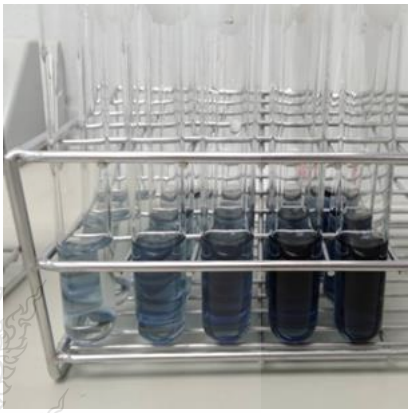
(ฉ)

รูปที่ ง.3 กระบวนการเตรียมสกัดสารจากไข่ผำที่อุณหภูมิต่างกัน (ก) เตรียมตัวอย่าง,(ข) บดไข่ผำ (ค) ชั่งน้ำหนักไข่ผำ,(ง) เตรียมไข่ผำ,(จ) หมักเอทานอลร้อยละ 95 นาน 6 ชั่วโมง และ (ฉ) เตรียมสารสกัดพร้อมกรอง

(ก)

(ข)

(ค)

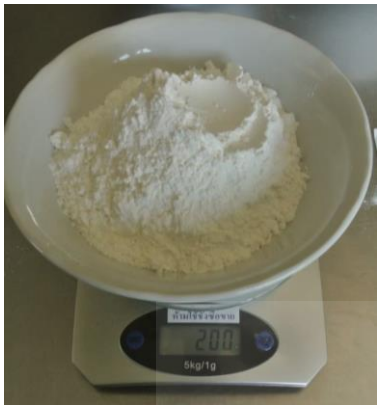


(ง)

(จ)

(ฉ)

รูปที่ ง.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำ (ก) กรองสารสกัดด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ,(ข) ระเหยแห้งให้สารเข้มข้นด้วยเครื่อง Evaporator,(ค) เครื่อง spectrophotometersสำหรับอ่านค่า, (ง) การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด,(จ) การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assay และ(ฉ) การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด



(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

(จ)

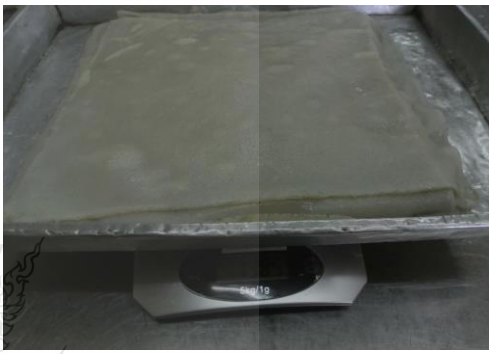
(ฉ)

รูปที่ ง.5 การผลิตสูตรพื้นฐานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก (ก) ชั่งส่วนผสม,(ข) เตรียมส่วนผสมตามสูตร,(ค) ร่อนแป้งของแห้งในภาชนะอ่างผสม,(ง) เติมน้ำผสมให้เข้ากัน,(จ) พักแป้งไว้ 60 นาที และ(ฉ) นึ่งในถาดเคลือบน้ำมันรำข้าวด้วยไอน้ำร้อนในรังถึง 3 ถึง 5 นาทีจนแผ่นแป้งสุกใส

(ก)

(ข)

(ค)



(ง)

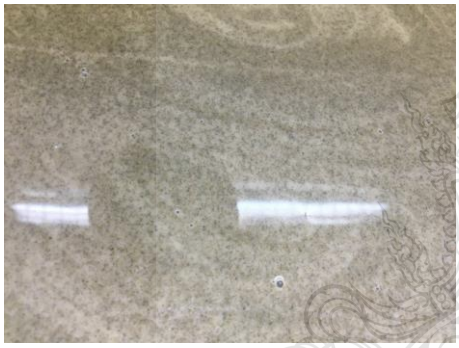
(จ)

(ฉ)

รูปที่ ง.6 การผลิตสูตรพื้นฐานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก (ก) ดึงแป้งออกจากพิมพ์,(ข) ชั่งน้ำหนักก่อนอบ,(ค) อบลมร้อนอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมง,(ง) ชั่งน้ำหนักก่อนตัดเส้น,(จ) เข้าอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิที่ประมาณ 50 องศาเซลเซียสจนเส้นแห้งตามมาตรฐาน และ(ฉ) เก็บใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยด์

(ก)

(ข)



(ค)

(ง)

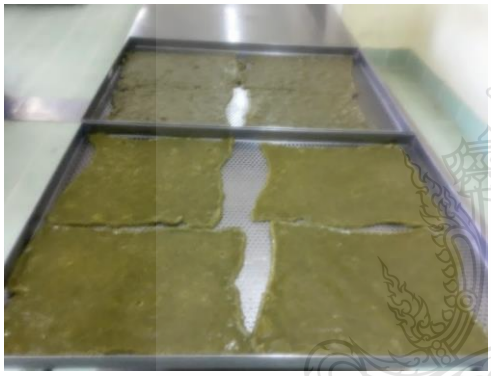
(จ)

(ฉ)

รูปที่ ง.7 การผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำอุณหภูมิต่าง (ก) ชั่งส่วนผสม,(ข) เตรียมส่วนผสมตามสูตร, (ค) พักส่วนผสม 60 นาที,(ง) นึ่งในถาดเคลือบน้ำมันรำข้าวด้วยไอน้ำร้อนในรังถึง 5 นาทีจนแผ่นแป้งสุกใส,(จ) ชั่งน้ำหนักก่อนอบ และ(ฉ) เข้าอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิที่ประมาณ 50 องศาเซลเซียสจนเส้นแห้ง

(ก)

(ข)



(ค)

(ง)

(จ)

(ฉ)

รูปที่ ง.8 การผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กต่างปริมาณผงไข่ผำ (ก) ชั่งส่วนผสม,(ข) นึ่งในถาดเคลือบน้ำมันรำข้าวด้วยไอน้ำร้อนในรังถึง 5 นาทีจนแผ่นแป้งสุกใส,(ค) ชั่งน้ำหนักแผ่นแป้งเรียงใส่ถาดเข้าตู้อบลมร้อน,(ง) ชั่งน้ำหนักหลังอบก่อนตัดเส้น,(จ) ตัดเส้นก๋วยเตี๋ยวตามขนาดมาตรฐาน และ(ฉ) เข้าอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิที่ประมาณ 50 องศาเซลเซียสจนเส้นแห้ง

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

(จ)

(ฉ)

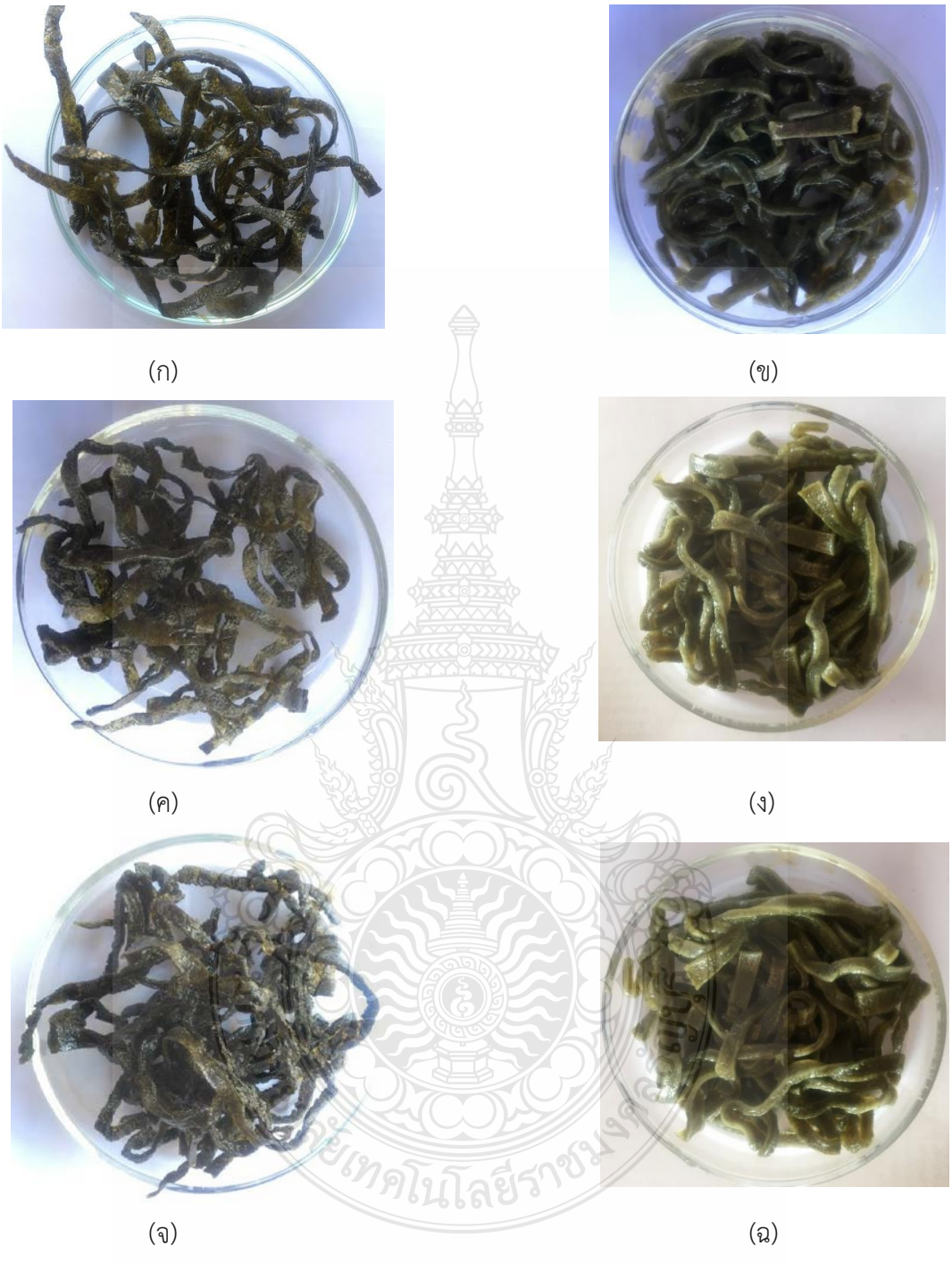
รูปที่ ง.9 สูตรพื้นฐานก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก (ก) เส้นแห้งสูตรที่ 1,(ข) เส้นลวก สูตรที่ 1,(ค) เส้นแห้ง สูตรที่ 2,(ง) เส้นลวก สูตรที่ 2,(จ) เส้นแห้งสูตรที่ 3 และ(ฉ) เส้นลวก สูตรที่ 3

(ก) (ข)

(ค) (ง)

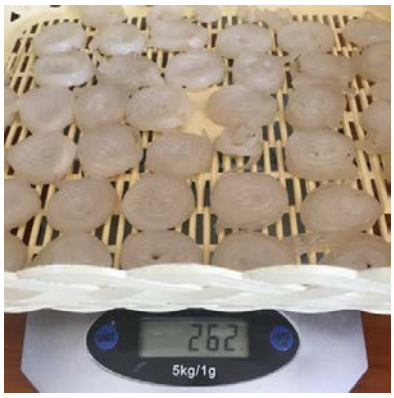
(จ) (ฉ)

รูปที่ ง.10 ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำอุณหภูมิต่าง (ก) เส้นแห้ง 40°Cและ 50°C,(ข) เส้นแห้ง 60°C และ 70°C,(ค) เส้นลวก 40°C,(ง) เส้นลวก 50°C, (จ) เส้นลวก 60°C และ(ฉ) เส้นลวก 70°C



รูปที่ ง.11 สูตรก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ 40℃ (ก) เส้นแห้งร้อยละ 2,(ข) เส้นลวกร้อยละ 2, (ค) เส้นแห้งร้อยละ 3 ,(ง) เส้นลวกร้อยละ 3 ,(จ) เส้นแห้งร้อยละ 4 และ(ฉ) เส้นลวกร้อยละ 4

(ก)



(ข)

(ค)

(ง)

(จ)

(ฉ)

รูปที่ ง.12 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก (ก) สูตรพื้นฐาน,(ข) เส้นเล็กขดก้นหอยลดพื้นที่บรรจุภัณฑ์ (ค) เส้นเล็กเสริมไข่ผำ ,(ง) เส้นเล็กเสริมไข่ผำขดก้นหอยลดพื้นที่บรรจุภัณฑ์,(จ) ฉลากผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำและ(ฉ) ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเสริมไข่ผำ

ภาคผนวก จ
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นแห้งและมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งที่บรรจุในภาชนะบรรจุ

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำข้าวเจ้ามาโม่กับน้ำ อาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น แป้งดัดแปร แป้งมัน แป้งข้าวเจ้า พืชหัว ผัก ผลไม้ ทำให้เป็นแผ่นบาง นึ่งให้สุก ตัดเป็นเส้นขนาดต่างๆ ตามต้องการ แล้วทำให้แห้ง

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

๓.๑ ลักษณะทั่วไป

ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีขนาดเส้นใกล้เคียงกัน แต่ละเส้นมีขนาดสม่ำเสมอ อาจแตกหักได้บ้างเล็กน้อย

๓.๒ สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง

๓.๓ กลิ่น

ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นเหม็นเปรี้ยว

๓.๔ ลักษณะเนื้อสัมผัส

ต้องเหนียวนุ่ม ไม่เละหรือเปื่อยยุ่ย

เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๘.๑ แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า ๓ คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

๓.๕ สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

๓.๖ ความชื้น

ต้องไม่เกินร้อยละ ๑๓ โดยน้ำหนัก

๓.๗ วัตถุเจือปนอาหาร

๓.๗.๑ ห้ามใช้สีสังเคราะห์ทุกชนิด

๓.๗.๒ หากมีการใช้สารฟอกขาว ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

๓.๘ จุลินทรีย์

๓.๘.๑ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน ๑×๑๐^{๕} โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๘.๒ เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า ๓ ต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๘.๓ ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๔. สุขลักษณะ

๔.๑ สุขลักษณะในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

๕. การบรรจุ

๕.๑ ให้บรรจุเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

๕.๒ น้ำหนักสุทธิของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๖. เครื่องหมายและฉลาก

๖.๑ ที่ภาชนะบรรจุเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง เส้นก๋วยเตี๋ยวโคราช เส้นก๋วยเตี๋ยวจันทน์

(๒) ส่วนประกอบที่สำคัญ

(๓) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

(๔) น้ำหนักสุทธิ

(๕) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”

(๖) ข้อแนะนำในการบริโภค

(๗) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำในระยะเวลาเดียวกัน

๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๕ ข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัส ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๗.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ถึงข้อ ๓.๔ จึงจะถือว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความชื้นและวัตถุเจือปนอาหาร ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๓๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๖ และข้อ ๓.๗ จึงจะถือว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๔ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๒๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๘ จึงจะถือว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ ข้อ ๗.๒.๓ และข้อ ๗.๒.๔ ทุกข้อ จึงจะถือว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๘. การทดสอบ

๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัส

๘.๑.๑ ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งอย่างน้อย ๕ คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

๘.๑.๒ วางตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งลงบนจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่นโดยการตรวจพินิจ นำตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งไปลวกในน้ำเดือดตามวิธีที่ระบุไว้ที่ฉลาก ตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการชิม

๘.๑.๓ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ หลักเกณฑ์การให้คะแนน

(ข้อ ๘.๑.๓)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีขนาดเส้นใกล้เคียงกัน แต่ละเส้นมีขนาดสม่ำเสมอ อาจแตกหักได้บ้างเล็กน้อย	๔	๓	๒	๑
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง	๔	๓	๒	๑
กลิ่น	ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นเหม็นเปรี้ยว	๔	๓	๒	๑
ลักษณะเนื้อสัมผัส	ต้องเหนียวนุ่ม ไม่เละหรือเปื่อยยุ่ย	๔	๓	๒	๑

๘.๒ การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก
ให้ตรวจพินิจ

๘.๓ การทดสอบความชื้นและวัตถุเจือปนอาหาร
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๔ การทดสอบจุลินทรีย์
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๕ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ
ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

ภาคผนวก ก.
สุขลักษณะ
(ข้อ ๔.๑)

ก.๑ สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.๑.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.๑.๑.๒ อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน มากผิดปกติ

ก.๑.๑.๓ ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.๑.๒ อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.๑.๒.๑ พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.๑.๒.๒ แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.๑.๒.๓ พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.๒.๑ ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.๒.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.๓ การควบคุมกระบวนการทำ

ก.๓.๑ วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.๓.๒ การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.๔ การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.๔.๑ น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

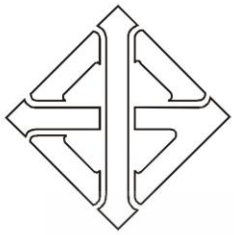
ก.๔.๒ มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.๔.๓ มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.๔.๔ สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.๕ บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขา และเมื่อมือสกปรก



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 832– 2548

ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป

INSTANT RICE NOODLE

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม ICS 67.230 ISBN 974–1508–01–8

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป

มอก. 832 – 2548

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 123 ตอนที่ 16ง
วันที่ 23 กุมภาพันธ์ พุทธศักราช 2549

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 246
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหารกึ่งสำเร็จรูป

ประธานกรรมการ

นางพัชรี ตั้งตระกูล	สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

กรรมการ

นายเกรียงไกร นาคะเกศ	กรมวิทยาศาสตร์บริการ
นางสาวไพริน ระดมวิวัฒน์	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
นายนพปฏล เมฆเมฆา	สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค
นางสรรเสริญ เพียรทำดี	สภาสตรีแห่งชาติในพระบรมราชินูปถัมภ์
นางสาวมาลี ชิ้มศรีสกุล	สมาคมมาตรฐานและคุณภาพแห่งประเทศไทย
นางสุมลรัตน์ กมลโชติ	บริษัท ไทยเพรซิเดนท์ฟูดส์ จำกัด (มหาชน)
นางสาวสวิตา สกุลธนสมบัติ	
นางสาวนฤมล ศรีสุมะ	บริษัท ไทยวา ฟูดส์โปรดักส์ จำกัด (มหาชน)
นางสาวละมัย แก้วประเสริฐ	บริษัท ซันวาอินเตอร์ฟูดส์ จำกัด
นางสาวเจนจิรา ศรีพันธ์	บริษัท โรงงานผลิตภัณฑ์อาหารไทย จำกัด
นางกนกทิพย์ พวงจันทร์	
นางสาวสุรีย์รัตน์ วีระวัฒนากร	บริษัท ยูนิลิเวอร์เบสท์ฟูดส์ จำกัด
นางกรุณา กลิ่นหอม	บริษัท โกลโบ ฟูดส์ จำกัด
นางกุลจิตรี มังคลรังษี	บริษัท ไทยเบตเตอร์ฟูดส์ จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นางเพิ่มพร บุญสว่าง	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป นี้ ได้ประกาศใช้เป็นครั้งแรกเป็นมาตรฐานเลขที่ มอก. 832–2531 ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 106 ตอนที่ 18 วันที่ 2 กุมภาพันธ์ พุทธศักราช 2532 ต่อมาได้ประกาศแก้ไขครั้งที่ 1 เป็นมาตรฐานเลขที่ มอก.832–2532 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 106 ตอนที่ 215 วันที่ 5 ธันวาคม 2532 ต่อมาได้พิจารณาเห็นสมควรแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคและผู้ทำในปัจจุบัน จึงได้แก้ไขปรับปรุงโดยยกเลิกมาตรฐานเดิมและกำหนดมาตรฐานนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดขึ้นโดยอาศัยข้อมูลจากผู้ทำและเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 210) พ.ศ. 2543 เรื่อง อาหารกึ่งสำเร็จรูป

มอก.34–2546 ข้อปฏิบัติแนะนำระหว่างประเทศ : หลักการทั่วไปเกี่ยวกับสุขลักษณะอาหาร

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 3447 (พ.ศ. 2548)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง ยกเลิกและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป มาตรฐานเลขที่ มอก. 832 – 2532

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 1549 (พ.ศ. 2532) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป ลงวันที่ 17 พฤศจิกายน 2532 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป มาตรฐานเลขที่ มอก. 832–2548 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2548

นายสุริยะ จึงรุ่งเรืองกิจ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปที่สามารถปรุงเพื่อรับประทานได้ในเวลาไม่เกิน 5 นาที ทั้งนี้ไม่ครอบคลุมก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปที่มีเครื่องปรุงเป็นอาหารสำเร็จรูปในบรรจุภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 เส้นก๋วยเตี๋ยว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งทำจากแป้งข้าวเจ้าเพียงอย่างเดียวหรือแป้งข้าวเจ้าผสมกับแป้งชนิดอื่นและอาจมีส่วนผสมอื่นด้วยก็ได้ ทำให้เป็นแผ่นบาง พร้อมนึ่งให้สุก ตัดเป็นเส้นตามขนาดต้องการ แล้วทำให้แห้ง

2.2 ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งประกอบด้วยเส้นก๋วยเตี๋ยวและเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรสต่าง ๆ ในอัตราส่วนที่เหมาะสม รวมบรรจุในภาชนะบรรจุเดียวกัน ปรุงรับประทานได้โดยใช้เวลาไม่เกิน 5 นาที

2.3 เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส หมายถึง วัตถุที่ใช้ในการปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น ซุปแห้งหรือโปรตีนเข้มข้น เกลือ พริกไทย พริกป่น กระเทียม

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะเส้น และกลิ่นของเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนเติมหรือต้มในน้ำเดือด

3.1.1 ลักษณะเส้น

3.1.1.1 เส้นก๋วยเตี๋ยวในภาชนะบรรจุเดียวกัน ต้องมีขนาดเส้นใกล้เคียงกัน
การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.1.1.2 เส้นก๋วยเตี๋ยวในภาชนะบรรจุเดียวกันที่ชักตัวอย่างจากโรงงานมีเส้นหักได้ไม่เกินร้อยละ 3 ของน้ำหนักสุทธิ
การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.1

3.1.2 กลิ่นของเส้นก๋วยเตี๋ยว
เส้นก๋วยเตี๋ยวต้องมีกลิ่นตามธรรมชาติ ไม่มีกลิ่นอับ หรือกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์
การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.2 สี ลักษณะเส้น และกลิ่นรสของก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปหลังเติมหรือต้มในน้ำเดือด
เมื่อเติมหรือต้มเส้นก๋วยเตี๋ยวในน้ำเดือดตามวิธีที่กำหนดไว้ที่ฉลาก ซึ่งต้องไม่เกิน 5 นาที แล้ว

3.2.1 เส้นก๋วยเตี๋ยวต้องมีสีขาวนวลหรือสีตามส่วนประกอบที่ใช้ทำสม่ำเสมอ

3.2.2 เส้นก๋วยเตี๋ยวต้องอ่อนนุ่ม เหนียว ไม่เกาะติดกัน เหมาะที่จะรับประทาน

3.2.3 เมื่อเติมเครื่องปรุงแล้ว ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปต้องมีกลิ่นรสตามธรรมชาติของส่วนประกอบ และไม่มีกลิ่นแปลกปลอม

เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 9.2 แล้ว ต้องมีคะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 2.8 คะแนน และต้องไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนนจากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.3 ความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยว
ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก
การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตาม AOAC (2000) 926.07

3.4 โปรตีนของเส้นก๋วยเตี๋ยว
ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก
การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตาม AOAC (2000) 930.25
หมายเหตุ *ปริมาณโปรตีน = ปริมาณไนโตรเจน x 5.95*

4. วัตถุเจือปนอาหาร

วัตถุเจือปนอาหารให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กำหนดไว้ ดังนี้

4.1 วัตถุที่ใช้ปรุงแต่งรสอาหารดังต่อไปนี้ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือรวมกันให้ใช้ได้ในปริมาณที่เหมาะสม

4.1.1 โมโนโซเดียม แอล-กลูตาเมต (monosodium L-glutamate)

4.1.2 ไดโซเดียมอิโนซิเนต (disodium inosinate)

4.1.3 ไดโซเดียมกัวนิเลต (disodium guanylate)

4.2 วัตถุกันเสีย
โซเดียมเมตาไฮโดรเจนซัลไฟต์หรือโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟต์ ต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของเส้นก๋วยเตี๋ยว เมื่อคำนวณเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์
การวิเคราะห์ ให้ปฏิบัติตาม AOAC (2000) 990.28

4.3 สีผสมอาหาร
ห้ามใช้สีทุกชนิดเว้นแต่สีผสมอาหารที่ได้จากธรรมชาติ
การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตาม Pearson's Chemical Analysis of Food, 9th edition 1991 หน้า 102 ถึง หน้า 109

5. สุขลักษณะ

5.1 สุขลักษณะในการทำก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป ให้เป็นไปตาม มอก.34

5.2 ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอมอื่นใดที่เห็นได้ชัดเจน เมื่อตรวจพินิจ

5.3 จุลินทรีย์ที่อาจมีในก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ดังนี้

		เส้นก๋วยเตี๋ยว	เครื่องปรุง
5.3.1	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง ไม่เกิน	3.0×10^4	5.0×10^5
5.3.2	รา โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง ไม่เกิน	100	100
5.3.3	*คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens)* ใน 0.01 กรัม ของตัวอย่าง	ไม่ต้องตรวจ	ต้องไม่พบ
5.3.4	*เอสเชอริเชีย โคไล (Escherichia coli)* โดยวิธี MPN ต่อกรัมของตัวอย่าง	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3
5.3.5	*สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (Stapylococcus aureus)* ใน 0.01 กรัมของตัวอย่าง	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ
5.3.6	*ซาลโมเนลลา (Salmonella)* ใน 25 กรัมของตัวอย่าง	ไม่ต้องตรวจ	ต้องไม่พบ

การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3

6. การบรรจุ

6.1 ให้บรรจุก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปในภาชนะที่สะอาด แห้ง และปิดได้สนิท

6.2 น้ำหนักสุทธิของก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่ภาชนะบรรจุก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลขอักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานนี้หรือชื่ออื่นที่สื่อความหมายว่าเป็นผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานนี้

(2) ข้อความแสดงการใช้วัตถุกันเสีย การใช้และชนิดของวัตถุปรุงแต่งรสอาหาร (ถ้ามี)

(3) น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัม

(4) วัน เดือน ปีที่ทำ หรือ วัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือ ควรบริโภคก่อน

(5) วิธีทำเพื่อรับประทาน

(6) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

7.2 ที่กล่องบรรจุก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปทุกกล่อง อย่างน้อยต้องมีเลขอักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานนี้หรือชื่ออื่นที่สื่อความหมายว่าเป็นผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานนี้

(2) จำนวน

(3) เดือน ปีที่ทำ หรือ วัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือ ควรบริโภคก่อน

(4) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามภาคผนวก ก.

9. การทดสอบและการวิเคราะห์

9.1 ปริมาณเส้นหัก

ให้แยกเส้นหักที่มีความยาวน้อยกว่า 1 ใน 5 ของความยาวของเส้นก๋วยเตี๋ยวออก ชั่ง แล้วคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักสุทธิ

9.2 สีของเส้นก๋วยเตี๋ยว ลักษณะเส้นก๋วยเตี๋ยว และกลิ่นรสของก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปหลังเติมหรือต้มในน้ำเดือด

9.2.1 นำเส้นก๋วยเตี๋ยวแต่ละห่อมาเติมหรือต้มในน้ำเดือด ตรวจสอบสี และลักษณะเส้นก๋วยเตี๋ยว ก่อนเติมเครื่องปรุง หลังจากเติมเครื่องปรุงแล้วตรวจสอบกลิ่นรสของก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป

9.2.2 วิธีตรวจสอบ

9.2.2.1 คณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปอย่างน้อย 5 คน แต่ละคนแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

9.2.2.2 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์การให้คะแนน

(ข้อ 9.2.2.2)

สมบัติที่ตรวจสอบ	ระดับการตัดสิน	คะแนนที่ได้
สีของเส้นก๋วยเตี๋ยว	สีขาวหรือสีตามส่วนประกอบที่ใช้ทำสม่ำเสมอ	4
	สีขาวค่อนข้างเหลืองเล็กน้อย หรือสีตามส่วนประกอบที่ใช้ แต่มีคล้ำหรือไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย	3
	สีขาวค่อนข้างเหลืองหรือสีตามส่วนประกอบที่ใช้ แต่มีสีคล้ำบางแห่งจนสามารถมองเห็นได้ชัด	2
	สีคล้ำหรือค่อนข้างเหลืองมาก	1
ลักษณะเส้นก๋วยเตี๋ยว	เส้นอ่อนนุ่ม เหนียว ไม่เกาะติดกัน	4
	เส้นอ่อนนุ่มพอใช้ เหนียวพอใช้ ไม่เกาะติดกัน	3
	เส้นค่อนข้างกระด้าง เหนียวเล็กน้อย เกาะติดกันเล็กน้อย	2
	เส้นกระด้าง ไม่เหนียว เกาะติดกันมาก	1
กลิ่นรสของก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป	มีกลิ่นรสตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้อยู่ในเกณฑ์ดีมาก ไม่มีกลิ่นแปลกปลอม	4
	มีกลิ่นรสตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้อยู่ในเกณฑ์ดี ไม่มีกลิ่นแปลกปลอม	3
	มีกลิ่นรสตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้อยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้ มีกลิ่นแปลกปลอมเล็กน้อย	2
	มีกลิ่นรสแปลกปลอมจนรู้สึกได้ชัด	1

9.3 จุลินทรีย์

9.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ให้ปฏิบัติตาม COMPENDIUM OF METHODS FOR THE MICROBIOLOGICAL EXAMINATION OF FOODS 4th edition Chapter 7 ข้อ 7.62

9.3.2 รา ให้ปฏิบัติตาม FDA Bacteriological Analytical Manual 8th edition (Revision A) 1998 Chapter 18 Pour-plate method

9.3.3 *คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์* ให้ปฏิบัติตาม AOAC (2000) 976.30

9.3.4 *เอสเชอริเชีย โคไล* ให้ปฏิบัติตาม COMPENDIUM OF METHODS FOR THE MICROBIOLOGICAL EXAMINATION OF FOODS 4th edition Chapter 8 ข้อ 8.91 ถึง 8.92

9.3.5 *สตาฟิโลคอกคัส ออเรียส* ให้ปฏิบัติตาม AOAC (2000) 987.09

9.3.6 *ซาลโมเนลลา* ให้ปฏิบัติตาม AOAC (2000) 967.25 ถึง 967.28

ภาคผนวก ก.

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

(ข้อ 8.1)

ก.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปจำนวนหนึ่งที่ทำและบรรจุในคราวเดียวกัน หรือที่ส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

ก.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

ก.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะเส้น และกลิ่นของเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนเติมหรือต้มในน้ำเดือด สี ลักษณะเส้น และกลิ่นรสของก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปหลังเติมหรือต้มในน้ำเดือด สิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก

ก.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ ก.1 นำตัวอย่างทั้งหมดไปตรวจสอบเครื่องหมายและฉลาก การบรรจุ ลักษณะเส้นและกลิ่นของเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนเติมหรือต้มในน้ำเดือด และสิ่งแปลกปลอม แล้วจึงตรวจสอบสี ลักษณะเส้น และกลิ่นรสของก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปหลังเติมหรือต้มในน้ำเดือด

ก.2.1.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่าง ต้องเป็นไปตามข้อ 3.1.1. ข้อ 3.1.2 ข้อ 3.2 ข้อ 5.2 ข้อ 6.1 และข้อ 7. และจำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 3.1.1.2 และข้อ 6.2 ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตาราง ที่ ก.1 จึงจะถือว่าก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ ก.1 แผนการชักตัวอย่าง

(ข้อ ก.2.1.1)

ขนาดรุ่น หน่วยภาชนะบรรจุ	ขนาดตัวอย่าง หน่วยภาชนะบรรจุ	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 4 800	6	1
4 801 ถึง 24 000	13	2
24 001 ถึง 48 000	21	3
48 001 ถึง 84 000	29	4
84 001 ถึง 144 000	48	6
144 001 ถึง 240 000	84	9
เกิน 240 000	126	13

ก.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบความชื้น โปรตีน วัตถุกันเสีย และสีผสมอาหาร

ก.2.2.1 ให้ชักตัวอย่าง โดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 14 ภาชนะบรรจุ นำเส้นก๋วยเตี๋ยวมารวมกันบดให้ละเอียด บรรจุในภาชนะที่สะอาด แห้งและปิดได้สนิท นำไปวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน และวัตถุกันเสีย ส่วนเครื่องปรุง แต่งกลิ่นรสให้นำมาผสมรวมกัน แล้วนำไปวิเคราะห์สีผสมอาหาร

ก.2.2.2 ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.3 ข้อ 3.4 ข้อ 4.2 และข้อ 4.3 จึงจะถือว่าก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ก.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์

ก.2.3.1 ให้ชักตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป โดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 20 ภาชนะบรรจุ นำไปแยกทดสอบเส้นก๋วยเตี๋ยวและเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส โดยให้นำทุกตัวอย่างมาผสมรวมกัน

ก.2.3.2 ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 5.3 จึงจะถือว่าก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ก.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปต้องเป็นไปตามข้อ ก.2.1.2 ข้อ ก.2.2.2 และข้อ ก.2.3.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ภาคผนวก ฉ
แบบตอบรับการตีพิมพ์เผยแพร่

การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ
"เบญจมิตรวิชาการ ครั้งที่ 10"

สถาบันอุดมศึกษาไทย: พลังขับเคลื่อนเพื่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน
วันศุกร์ที่ 22 พฤษภาคม 2563 มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่

วันที่ 10 เมษายน 2563

เรื่อง **แจ้งการได้รับบทความเพื่อเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา**

เรียน คุณภาชณุมาศ ทองคำ / คุณประดิษฐา ภาษาประเทศ / คุณปพนพัชร์ ภัทรฐิติวัสส์

ตามที่ท่านได้ส่งบทความเรื่อง **"การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก"** เพื่อนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ "เบญจมิตรวิชาการ ครั้งที่ 10" ในวันศุกร์ ที่ 22 พฤษภาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ แล้วนั้น

บัดนี้ ขอเรียนให้ท่านทราบว่า ทางผู้จัดการประชุมฯ ได้รับบทความของท่านเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และอยู่ในระหว่างการเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความของท่าน และจะแจ้งผลการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิให้ท่านทราบต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

รองศาสตราจารย์ ดร.พิธากรณ์ ธนิตเบญจสิทธิ์
รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ประธานจัดการประชุมฯ

สำนักวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
โทรศัพท์ 0-53819-856 หรือ 0-5381-9862 Email: benjamitvichakarn.2020@gmail.com

การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ
"เบญจมิตรวิชาการ ครั้งที่ 10"

สถาบันอุดมศึกษาไทย: พลังขับเคลื่อนเพื่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน
วันศุกร์ที่ 22 พฤษภาคม 2563 มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่

วันที่ 2 พฤษภาคม 2563

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาบทความ เบญจมิตรวิชาการ ครั้งที่ 10

เรียน **คุณภาชณุมาศ ทองคำ / คุณประดิษฐา ภาษาประเทศ / คุณปพนพัชร์ ภัทรฐิติวัสส์**

ตามที่ท่านได้ส่งบทความเรื่อง **"การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่ผำเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก"** เพื่อนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ "เบญจมิตรวิชาการ ครั้งที่ 10" ในวันศุกร์ ที่ 22 พฤษภาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ แล้วนั้น

บัดนี้ ขอเรียนให้ท่านทราบว่า บทความของท่านได้ **"ผ่านการพิจารณา"** ให้ตีพิมพ์และเผยแพร่ในการประชุมวิชาการนี้เป็นที่เรียบร้อย โดยมีรายละเอียดข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิตามเอกสารที่แนบมานี้ ขอให้ท่านพิจารณาแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิและตรวจสอบรูปแบบของบทความตามที่ได้กำหนดไว้ใน http://www.benjamitvichakarn2020.org/template.php และขอให้ส่งบทความที่ได้รับการแก้ไขแล้วในรูปแบบไฟล์ .docx และ .pdf มายัง https://bit.ly/2yfuqJE **โดยให้ใช้รหัสบทความเป็นชื่อไฟล์** ภายในวันที่ 9 พฤษภาคม 2563

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

รองศาสตราจารย์ ดร.พิธากรณ์ ธนิตเบญจสิทธิ์
รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ประธานจัดการประชุมฯ

สำนักวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
โทรศัพท์ 0-53819-856 หรือ 0-5381-9862 Email: benjamitvichakarn.2020@gmail.com

การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ
"เบญจมิตรวิชาการ ครั้งที่ 10"

สถาบันอุดมศึกษาไทย: พลังขับเคลื่อนเพื่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน
วันศุกร์ที่ 22 พฤษภาคม 2563 มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่

วันที่ 10 พฤษภาคม 2563

เรื่อง ตอบรับเข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ เบญจมิตรวิชาการ ครั้งที่ 10

เรียน **ภาชณุมาศ ทองคำ**

ตามที่ท่านได้ส่งบทความเรื่อง **"การเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารสำคัญในการสกัดจากไข่ผำที่ผ่านการทำให้แห้งที่อุณหภูมิต่างๆ"** เข้าร่วมนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ "เบญจมิตรวิชาการ ครั้งที่ 10" ในวันศุกร์ที่ 22 พฤษภาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ แล้วนั้น ทางคณะผู้จัดประชุมวิชาการฯ ขอตอบรับการนำเสนอผลงานวิจัยของท่านที่ได้ปรับปรุงตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิ ให้ข้อเสนอแนะ และได้รับบทความแก้ไขเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ในโอกาสนี้ จึงขอเชิญนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ "เบญจมิตรวิชาการ ครั้งที่ 10" ณ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ โดยสามารถดาวน์โหลดกำหนดการนำเสนอได้จาก http://www.benjamitvichakarn2020.org/

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

รองศาสตราจารย์ ดร.พิธากรณ์ ธนิตเบญจสิทธิ์
รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ประธานจัดการประชุมฯ

สำนักวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
โทรศัพท์ 0-53819-856 หรือ 0-5381-9862 Email: benjamitvichakarn2020@gmail.com

การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ "เบญจมิตรวิชาการ ครั้งที่ 10"
สถาบันอุดมศึกษาไทย: พลังขับเคลื่อนเพื่อการพัฒนาประเทศไทยอย่างยั่งยืน
วันศุกร์ที่ 22 พฤษภาคม 2563 มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่

23 พฤษภาคม 2563

เรื่อง การรับรองการนำเสนอบทความในการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ "เบญจมิตรวิชาการ ครั้งที่ 10"

เรียน ผู้เกี่ยวข้อง

ตามที่ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ ได้รับมอบหมายจากเครือข่ายเบญจมิตรวิชาการให้จัดการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ "เบญจมิตรวิชาการ ครั้งที่ 10" ในวันศุกร์ที่ 22 พฤษภาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ ที่ผ่านมานั้น

ในการนี้ ขอรับรองว่า **ภาชณุมาศ ทองคำ ประดิษฐา ภาษาประเทศ และ ปพนพัชร์ ภัทรฐิติวัสส์** ได้เป็นผู้นำเสนอบทความเรื่อง **"การเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารสำคัญในการสกัดจากใบผำที่ผ่านการทำให้แห้งที่อุณหภูมิต่างๆ"** จริง โดยทางคณะผู้จัดการประชุมอยู่ระหว่างการดำเนินการจัดทำรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (Proceeding) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. Full Proceeding จะถูกเผยแพร่บนเว็บไซต์ http://www.benjamitvichakarn2020.org/
2. ระยะเวลาในการจัดทำ Proceeding อยู่ในระยะเวลา 2 เดือน คือ ภายในวันที่ 31 กรกฎาคม 2563 นี้
3. ประกาศนียบัตร ทางมหาวิทยาลัยจะดำเนินการจัดส่งทางไปรษณีย์ให้กับเจ้าของผลงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

รองศาสตราจารย์ ดร.พิธากรณ์ ธนิตเบญจสิทธิ์
รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ประธานจัดการประชุมฯ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางภาชณุมาศ ทองคำ
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2520
ที่อยู่	73/7 ซอย 16 บ้านศรีบัวเงิน หมู่ 2 ตำบล ท่าศาลา อำเภอ เมือง จังหวัด เชียงใหม่ ไปรษณีย์ 50000
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรคหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาโภชนาการชุมชน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ในปีการศึกษา 2550
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ. 2540 ถึง พ.ศ. 2556 ตำแหน่ง ครูอัตราจ้าง สาขาอุตสาหกรรมเกษตร ประเภทวิชาเกษตรกรรม วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงใหม่ พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2559 ตำแหน่งครูผู้ช่วย แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ ประเภทวิชาคหกรรม วิทยาลัยอาชีวศึกษาพิษณุโลก พ.ศ. 2559 ถึงปัจจุบัน ตำแหน่งครู แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ ประเภทวิชาคหกรรม วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่
เบอร์โทรศัพท์	081-8856079
อีเมล์	pachanumas_t@mail.rmutt.ac.th