ขนมปังน้ำลูกหม่อน
Mulberry Juice Bread

รัฐศาสตร์ ณรงค์เดชา
RATTHASAT NARONGDECHA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2565

ขนมปังน้ำลูกหม่อน
Mulberry Juice Bread

รัฐศาสตร์ ณรงค์เดชา
RATTHASAT NARONGDECHA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อวิทยานิพนธ์	ขนมปังน้ำลูกหม่อน
ชื่อ นามสกุล	รัฐศาสตร์ ณรงค์เดชา
ชื่อปริญญา	คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	คหกรรมศาสตร์
คณะ	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์สุนีย์ สหัสโพธิ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รัชนี คงคาฉุยฉาย)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชญาภัทร์ กี่อาริโย)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์สุนีย์ สหัสโพธิ์)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนภพ โสตรโยม)

วันที่ 22 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2566

ชื่อวิทยานิพนธ์ ขนมปังน้ำลูกหม่อน
ชื่อ นามสกุล รัฐศาสตร์ ณรงค์เดชา
ชื่อปริญญา คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์)
สาขาวิชา และคณะ คหกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสูตรพื้นฐานขนมปังขาว 2) ศึกษาปริมาณน้ำลูกหม่อนที่ทดแทนส่วนผสมของน้ำในขนมปัง 3) ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของขนมปังสูตรพื้นฐานและขนมปังสูตรทดแทนน้ำลูกหม่อนบางส่วน 4) ศึกษาประสิทธิภาพสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของขนมปังสูตรพื้นฐาน และขนมปังสูตรทดแทนน้ำลูกหม่อน โดยวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยนำขนมปังขาวสุดพื้นฐานทั้ง 3 สูตร มาวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับคือสูตรที่ 2 ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) และความชอบโดยรวมจึงนำสูตรที่ 2 มาเป็นสูตรพื้นฐานในการทดแทนน้ำในการทำขนมปังน้ำลูกหม่อน จากการศึกษาพบว่าปริมาณที่เหมาะสมของน้ำลูกหม่อนที่ใช้ ทดแทนน้ำในปริมาณร้อยละ 15 ของน้ำหนักของน้ำ ได้รับการยอมรับสูงสุดในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) และความชอบโดยรวม ในส่วนของการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ ของขนมปังสูตรพื้นฐานและขนมปังน้ำลูกหม่อนในปริมาณ 100 กรัม พบว่า ขนมปังน้ำลูกหม่อนมีองค์ประกอบทางเคมีสูงกว่าขนมปังขาวในด้านความชื้น โปรตีน ไขมัน และใยอาหาร ในส่วนของขนม ปังขาว มีพลังงาน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า ซึ่งสูงกว่าในขนมปังน้ำลูกหม่อน และผลการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในขนมปังน้ำลูกหม่อนมีค่าสูงกว่าในขนมปังขาว ด้วยวิธี ORAC, FRAP, DPPH และปริมาณสารโพลีฟีนอล

คำสำคัญ: ขนมปัง, น้ำลูกหม่อน, สารต้านอนุมูลอิระ

Thesis Title Mulberry Juice Bread
Author Ratthasat Narongdecha
Degree Master of Home Economics (Home Economics)
Major Program Home Economics
Academic Year 2022

ABSTRACT

The purposes of this study were to 1) study the basic recipe of white bread, 2) investigate the amount of mulberry juice added to replace the water components in bread, 3) examine the nutritional value of basic recipe bread, and bread with a partial of mulberry juice as a recipe for substitution, and 4) study the efficacy of bioactive compounds of basic recipe bread and bread with mulberry juice as a recipe for substitution by analyzing the sensory quality. Three formulas of basic white bread were analyzed for sensory quality. It was found that the formula that was accepted was the second formula in terms of appearance, color, smell, texture (softness) and overall preference. Therefore, formula 2 is used as a basic formula for replacing water in making bread with mulberry juice. The results showed that the appropriate amount of mulberry juice used to substitute for water in the amount of 15 percent by weight of water was the most acceptable in terms of appearance, color, fragrance, taste, texture (softness), and overall preference. In the study of the nutritional value of basic recipe bread and bread with mulberry juice in the amount of 100 grams, it was found that the mulberry juice bread had higher chemical compositions than white bread in terms of moisture, protein, fat, and dietary fiber while the energy, carbohydrate, and ash contents of white bread were higher than those of mulberry juice bread. Additionally, the results of the analysis of bioactive compounds in mulberry juice bread were higher than those of white bread according to the methods of ORAC, FRAP, DPPH, and the polyphenol content.

Keywords: Bread, Mulberry Juice, Antioxidant

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี และบรรลุตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์สุนีย์ สหัสโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูงที่สละเวลาให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาชี้แนะ และปรับแก้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสมบูรณ์เป็นอย่างดี รองศาสตราจารย์ ดร.รัชนี คงคาฉุยฉาย ประธานกรรมการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชญาภัทร์ กี่อาริโย กรรมการสอบ ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมยังแนะนำประโยชน์ในการดำเนินงานวิจัย การเก็บข้อมูล รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ นักศึกษา คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครู บุคลากรโรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) นนทบุรี และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม และให้ข้อมูลที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง ที่คอยเติมเต็ม และส่งกำลังใจให้อยู่เสมอ ขอบคุณเพื่อนสนิท และเพื่อนปริญญาโท รุ่น 12 ที่ให้กำลังใจ และคอยช่วยเหลือเสมอมา

สุดท้ายนี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์แก่สังคม และประเทศชาติต่อไป

รัฐศาสตร์ ณรงค์เดชา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstact	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(6)
สารบัญแผนภาพ	(7)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	30
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	30
3.2 วิธีการ	32
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	36
4.1 ผลการศึกษาการสร้างสูตรพื้นฐานขนมปัง วัสดุและอุปกรณ์	36
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	40
5.1 สรุปผล	40
5.2 ข้อเสนอแนะ	41
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	44
ภาคผนวก ก สูตรพื้นฐานขนมปังขาว และสูตรมาตรฐานขนมปังน้ำลูกหม่อน	45
ภาคผนวก ข ขั้นตอนการเตรียมน้ำลูกหม่อน และการทำขนมปังน้ำลูกหม่อน	50
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	60
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	63
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	69

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของผลหม่อน 100 กรัม	11
2.2	สารต้านอนุมูลอิสระที่สารมารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	21
2.3	การวิเคราะห์หารปริมาณสารประกอบหลักในอาหาร	23
4.1	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังจำนวน 3 สูตร	36
4.2	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังน้ำลูกหม่อน จำนวน 3 สูตร	37
4.3	คุณค่าทางโภชนาการของขนมปังสูตรพื้นฐานและขนมปังน้ำลูกหม่อน ในปริมาณ 100 กรัม	38
4.4	ศึกษาประสิทธิภาพสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ของขนมปังสูตรพื้นฐาน และขนมปังสูตรทดแทนน้ำลูกหม่อน	38

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่		หน้า
3.1	การทำขนมปัง สูตรที่ 1	33
3.2	การทำขนมปัง สูตรที่ 2	34
3.3	การทำขนมปัง สูตรที่ 3	35
3.4	การทำน้ำลูกหม่อนเข้มข้น	35

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การรับประทานอาหารของผู้บริโภคในปัจจุบันเปลี่ยนไปเกิดกระแสการรับประทานอาหารแบบตะวันตกเพิ่มขึ้น เช่น การรับประทานอาหารจานด่วน การรับประทานขนมอบ โดย ข้อเสียของอาหารจานด่วนและขนมอบ คือ มีสารอาหารไม่ครบ 5 หมู่ มีสารกันบูดเจือปนในอาหาร เป็นต้น มีผลการวิจัยว่า คนที่มีสุขภาพดีจะต้องรับประทานอาหารครบ 5 หมู่ ซึ่งจะมีความแตกต่างจากการรับประทานขนมอบและ อาหารจานด่วน ซึ่งทำให้รู้ว่าความสำคัญของการรับประทาน อาหารที่ครบ 5 หมู่ และอาหารที่มี ประโยชน์ต่อร่างกายจะทำให้ร่างกายแข็งแรงและสุขภาพดี ซึ่งตรงกันข้ามกับพฤติกรรมการ บริโภคที่ไม่เหมาะสม ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ขนมอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีผู้บริโภคนิยมบริโภคกันมากขึ้นโดยรับประทาน เป็นอาหารว่างรับประทานร่วมกับนม ชา และกาแฟ (ธีรวีร์, 2557)

ขนมปังจัดเป็นอาหารหลักที่สำคัญชนิดหนึ่งของมนุษย์มาตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์จนกระทั่งถึงปัจจุบันในชนชาติบางกลุ่ม และนับวันขนมปังจะมีบทบาทต่อมนุษย์ทุกชนชาติ รวมทั้งคนไทยที่นิยมบริโภคขนมปังมากขึ้น ทั้งในรูปของอาหารมื้อต่าง ๆ โดยเฉพาะมื้อเช้า และในรูปของหวานในโอกาสทั่วไป (วิภาวัน, 2549) ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งเป็นส่วนผสมหลัก และยังเป็นแหล่งของพลังงาน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน พร้อมทั้งโปรตีนจากแป้ง แต่ให้ปริมาณกากใยที่น้อย ซึ่งหากรับประทานมาก ๆ จะส่งผลให้ระบบการย่อยของร่างกายไม่ดี (เกษรา และคณะ, 2554)

ผลหม่อน (Mulberry fruit) เป็นไม้ยืนต้นประเภทพุ่มมีลักษณะเป็นผลรวม (Aggregate fruit) หม่อนเป็นพืชกึ่งร้อน(Subtropical) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเอเชียสามารถพบได้ทั่วไปในประเทศไทย เจริญเติบโตได้ดีที่สุดในฤดูฝน การเจริญเติบโตจะลดน้อยลงไปเรื่อย ๆ จนเข้าหน้าแล้งนิยมรับประทานเป็นผลสดหรือนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ หม่อนนั้นเป็นแหล่งสำคัญของ น้ำตาล กรด และสาระสำคัญต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประกอบฟีนอลิกที่มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมี่ทีชื่อว่า *Anthyocyanin* ที่อาจป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ ได้ เช่น โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ เป็นต้น และยังมีเมล็ดที่ช่วยเพิ่มใยอาหาร โดยทั่วไปจะนำมาแปรรูปเป็นน้ำลูกหม่อนพร้อมดื่ม น้ำลูกหม่อนเข้มข้น แยม ไวน์ ชา คุกกี้ เยลลี่ ไอศกรีม และผลหม่อนแช่อิ่ม (จักรพันธ์, 2558)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำผลหม่อนมาเป็นส่วนผสมในขนมปัง เพื่อให้ได้รับคุณค่าทางโภชนาการ คือ เพิ่มกากใยและสารต้านอนุมูลอิสระให้กับผลิตภัณฑ์ขนมปัง เป็นทางเลือกหนึ่งแก่ผู้บริโภคที่รักสุขภาพ สร้างระบบการย่อยที่ดี อีกทั้งยังเป็นการนำวัตถุดิบที่มีอยู่มากในไทย มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยเพิ่มมูลค่า และสามารถผลิตเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับครอบครัวต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานขนมปังขาว

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณน้ำลูกหม่อนที่ทดแทนส่วนผสมของน้ำในขนมปัง

1.2.3 เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของขนมปังสูตรพื้นฐาน และขนมปังสูตรทดแทนน้ำลูกหม่อนบางส่วน

1.2.4 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ของขนมปังสูตรพื้นฐาน และขนมปังสูตรทดแทนน้ำลูกหม่อน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้ผลิตภัณฑ์ขนมปังซึ่งเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค

1.3.2 ได้ผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพสำหรับผู้บริโภค

1.3.3 เป็นการยืดอายุ แปรรูปผลหม่อนให้เกิดมูลค่าเพิ่ม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ขนมปัง

ขนมปังชนิดต่าง ๆ ประกอบด้วยส่วนผสมหลักที่สำคัญได้แก่ แป้งสาลี ยีสต์ เกลือ และน้ำ นอกจากนี้แล้วก็อาจจะเติมส่วนผสมอื่น เช่น น้ำตาล นมผง ไขมัน ไข่ ผลไม้แห้งเชื่อม เนยแข็ง เครื่องเทศ และสารให้กลิ่นรสเฉพาะอย่างเข้าไปในส่วนผสมหลัก ทำให้เกิดขนมปังชนิดต่าง ๆ (จิตธนา และอรอนงค์, 2552)

2.1.1.1 ประเภทขนมปังนี้ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณของไขมันที่ใช้ ทำให้สามารถแบ่งขนมปัง ออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

1) ขนมปังที่มีปริมาณไขมันต่ำ 0-3 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ ขนมปังที่มีลักษณะผิว และเนื้อขนมปังค่อนข้างแข็ง เช่น ขนมปังฝรั่งเศส ขนมปังเวียนนา เครสเซนโรล ซอลต์สติค ขนมปังขาไก่

2) ขนมปังที่มีปริมาณไขมันปานกลาง 3-6 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ พวกขนมปังจืด ต่าง ๆ
เช่น ขนมปังแซนด์วิช ขนมปังหัวกะโหลก ขนมปัง

3) ขนมปังที่มีปริมาณไขมันสูง 6-12 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ ขนมปังหวานชนิดต่าง ๆ มีไส้ผลไม้ผสมและไส้ชนิดอื่น ๆ เป็นต้น และขนมปังที่มีเนื้อนุ่ม เช่น ซอฟบัน ขนมปังฮอตดอก ขนมปังแฮมเบอเกอร์ ขนมปังลูกเกด ขนมปังไส้สังขยา

4) ขนมปังที่มีปริมาณไขมันสูงมาก 12-24 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ ขนมปังหวานใส่ ไส้ผลไม้ต่าง ๆ ขนมปังมะพร้าว ซินนามอนบัน เป็นต้น นอกจากนั้นก็เป็นขนมอย่างอื่นที่ใช้ยีสต์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นขนมที่ใช้ปริมาณไขมันสูง (เจตนิพัทธ์, 2558)

2.1.1.2 ลักษณะที่ดีของขนมปัง ขนมปังที่ดีนั้นต้องมีลักษณะทั้งภายนอกและภายในดังนี้

1) ลักษณะภายนอก

1.1) มีปริมาณตีตามน้ำหนักคือ ไม่ใหญ่เกินไป ไม่เล็กเกินไปและหนักปริมาตรที่ถูกต้อง

1.2) มีรูปร่างสม่ำเสมอกัน ไม่บูดเบี้ยว

1.3) มีผิวที่เงามัน

1.4) มีสีผิวสม่ำเสมอทั่วทั้งก้อน

1.5) มีความสะอาด ไม่มีเศษสิ่งสกปรกติดอยู่ที่ผิว

2) ลักษณะภายใน

2.1) โครงสร้างของเซลล์ขนมปังจะต้องกลมกลืนสม่ำเสมอทั่วทั้งก้อน

2.2) เนื้อของขนมปังจะต้องเรียบ มันเงา มีความอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นดี

2.3) กลิ่นรสเหมาะสม เช่น กลิ่นหมักของยีสต์ มีรสของแป้งเกลือ ฯลฯ

2.4) เนื้อขนมปังจะต้องชื้น ไม่แห้ง

(เจตนิพัทธ์, 2558)

2.1.2 แป้งสาลี

แป้งสาลี เป็นแป้งที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรีทุกชนิดไม่มีแป้งชนิดอื่นใช้แทนแป้งสาลีได้ ทั้งนี้เพราะแป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิดที่รวมกันในสัดส่วนที่เหมาะสมคือ กลูเตนิน และไกลอะดิน (Glutenin & Gliadin) ซึ่งเมื่อนำแป้งสาลีมาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้สารชนิดหนึ่งเรียกว่า “กลูเต็น” (Gluten) มีลักษณะเป็นยาง เหนียว ยืดหยุ่นได้ กลูเต็นนี้จะเป็นตัวเก็บก๊าซเอาไว้ทำให้เกิดโครงร่างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์ และจะเป็นโครงร่างแบบฟองน้ำ เมื่อได้รับความร้อนจาก เตาอบ

แป้งสาลีในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี มี 3 ชนิด ที่สำคัญคือ แป้งสาลีขนมปัง แป้งสาลีอเนกประสงค์ และแป้งสาลีเค้ก ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติ และคุณลักษณะรวมถึง การใช้ประโยชน์ต่างกันคือ

1) แป้งสาลีขนมปัง มีโปรตีนสูง 12 - 14 เปอร์เซ็นต์ โม่จากข้าวสาลี ชนิดแข็งพวก hard red spring หรือ hard red winter ซึ่งเป็นข้างสาลีที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง ใช้ทำผลิตภัณฑ์พวกขนมปังจืด ขนมปังหวาน และผลิตภัณฑ์ที่ใช้หมักด้วยยีสต์ทุกชนิด ลักษณะของ แป้งชนิดนี้คือเมื่อถูด้วยนิ้วมือจะรู้สึกละคายมือคล้ายมีกรวดหรือหยาบเหมือนทราย มีสีครีมไม่ขาว เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้ง แป้งจะไม่เกาะตัวกันแป้งชนิดนี้ใช้ยีสต์เป็นตัวทำให้ขึ้นฟู เพราะยีสต์เท่านั้นที่ จะทำให้ก้อนโตพองตัวได้

2) แป้งสาลีอเนกประสงค์ มีโปรตีนสูงปานกลาง 10 - 11 เปอร์เซ็นต์ เป็นแป้งที่ได้จากการผสมข้าวสาลีชนิดแข็งกับชนิดอ่อนเข้าด้วยกันในสัดส่วนที่เหมาะสมการทำ
ผลิตภัณฑ์หลาย ๆ ชนิด เช่น ขนมปังจืดและหวาน ขนมเค้กบางชนิด ปาท่องโก๋ บะหมี่ เพสตรี ใช้เวลาในการนวดแป้งน้อยกว่าขนมปัง ลักษณะของแป้งชนิดนี้จะมีลักษณะของแป้งขนมปังและแป้งเค้กรวมกัน ตัวที่ทำให้ขึ้นฟูสำหรับแป้งชนิดนี้สามารถใช้ได้ทั้งยีสต์และผงฟู

3) แป้งสาลีเค้ก มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำประมาณ 7 - 9 เปอร์เซ็นต์ โม่ จากข้าวสาลีชนิดอ่อนพวก soft wheat และ soft red winter ใช้ทำเค้ก คุกกี้ ลักษณะของแป้งเมื่อ ถูด้วยนิ้วมือจะรู้สึกอ่อนนุ่ม เนียนละเอียด มีสีขาวกว่าแป้ง 2 ชนิดแรก เมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้ง แป้งจะเกาะรวมกันเป็นก้อน และคงเป็นรอยนิ้วมือไว้ แป้งชนิดนี้ใช้สารเคมีช่วยทำให้ขึ้นฟูเท่านั้น ไม่ใช้ยีสต์ ซึ่งสารเคมีก็ได้แก่ ผงฟู เบคกิ้งโซดา เป็นต้น

คุณลักษณะของแป้งสาลีเพื่อที่จะทำผลิตภัณฑ์ให้ได้ผลดี ควรพิจารณา ถึงคุณลักษณะของแป้งดังต่อไปนี้

1) สีของแป้ง (color) สีของแป้งมีผลต่อคุณภาพอย่างหนึ่งของ ผลิตภัณฑ์ แป้งที่ดีควรมีสีขาว ถ้าหากมีสีอื่นปน เช่น สีเหลืองอ่อนของแซนโตฟิลล์ หรือสีครีม จะทำให้ขนมปังมีเนื้อใน (crumb) ที่มีสีไม่ดี ดังนั้นแป้งที่โม่ออกมาจึงควรผ่านการฟอกสีก่อน

2) กำลังของแป้ง (strength) หมายถึงพลังที่แป้งสามารถจะอุ้มก๊าซที่ เกิดขึ้นในระหว่างการหมักได้ดีเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีการขึ้นฟู และมีปริมาตรดี

3) ความทนต่อสภาพต่าง ๆ ของแป้ง (tolerance) หมายถึง ลักษณะของแป้งที่มีความสามารถทนต่อสภาพการผสมนาน ๆ ทนต่อการรีด และขบวนการอื่น ๆ โดยที่กลูเต็นไม่ฉีกขาด ความทนต่อสภาพต่างๆ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับกลูเต็น แป้งที่มีความทนต่อสภาพต่าง ๆ สูงจะหมักได้และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาตรดี

4) ความสามารถในการดูดซึมน้ำของแป้งสูง (high water absorption) หมายถึงแป้งที่มีคุณลักษณะในการดูดซึมน้ำได้มากพอที่จะทำให้คุณภาพของแป้ง ยังคงสภาพที่ดีอยู่ผลของการที่แป้งดูดซึมน้ำมากจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาตรมากขึ้น เนื้อในขนมไม่แห้ง ทำให้มีคุณภาพในการเก็บและการกินที่ดี

5) ความสม่ำเสมอเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของแป้ง (Uniformity) อาจหมายถึงความสม่ำเสมอในสี ขนาดของเม็ดแป้ง และทั่ว ๆ ไปถ้าแป้งขาดความสม่ำเสมอแล้วจะทำให้ ผลิตภัณฑ์ที่ทำแต่ละครั้งไม่เหมือนกัน จึงควรทำการตรวจสอบก่อนที่จะทำผลิตภัณฑ์ทุกครั้ง (เจตนิพัทธ์, 2558)

2.1.3 ยีสต์

ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรเห็ดรา (Kingdom Fungi) เช่นเดียวกับเชื้อรา แต่มีลักษณะเป็นเซลล์ เดี่ยว (Unicellular) มีขนาด 5 - 10 ไมครอน เมื่อแตกหน่อและเซลล์ต่อกันเป็นสาย เรียกว่าซูโดมัยสิเลียม (psudomycelium) บางชนิดสร้างเส้นใยที่แท้จริงtrue mycelium เช่นเดียวกับเชื้อรา ยีสต์มีรูปร่างหลายแบบ ทั้งแบบกลม รูปไข่รูปไข่ปลายแหลม รูปคนโท สามเหลี่ยม ทรงกระบอก และรูปเลมอน ส่วนใหญ่จะ สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อ (budding)

ยีสต์ต้องการอาหาร เช่นเดียวกับพืชและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ดังนั้นการใช้ยีสต์จึงมีการใช้ร่วมกับน้ำตาลที่แหล่งอาหารสำคัญที่จำเป็นต่อยีสต์ในการทำให้ยีสต์เกิดพลังงาน แร่ธาตุและ

สารประกอบไนโตรเจน ก็เป็นอาหารที่สำคัญของยีสต์ด้วย อาหารเหล่านี้จะได้มาจากแป้ง นม และส่วนผสมอื่น ๆ

ยีสต์ที่ใช้ในการทำขนมอบมี 3 ชนิดดังนี้

1) ยีสต์สด (Compressed yeast) เป็นยีสต์ที่ผลิตขึ้นโดยการเลี้ยงอัดรวมกัน โดยมีอาหารของยีสต์ที่เปียกชื้นเป็นก้อนแข็ง ห่อด้วยกระดาษตะกั่วหรือพลาสติกที่กันน้ำได้ ยีสต์จะมีความชื้นอยู่ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ มีสีครีมอ่อนถึงน้ำตาลอ่อนค่อนข้างขาว มีความชื้นสูงประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ การทำงานของยีสต์จะช้าลงเมื่ออุณหภูมิต่ำ ดังนั้นยีสต์สดจึงควรเก็บในตู้เย็นถ้าจะเก็บไว้นานเกิน 1 วัน และอาจจะเก็บไว้ได้นานเป็นสัปดาห์โดยไม่เสื่อมคุณภาพที่อุณหภูมิ 50 องศาฟาเรนไฮท์ เก็บไว้ในนานเป็นเดือนที่อุณหภูมิ 30 องศาฟาเรนไฮท์ หลังจากนั้นจะเริ่มเสื่อมคุณภาพลงที่ละน้อย ๆ การแช่แข็งยีสต์สดจะทำให้ยีสต์มีคุณภาพอยู่ได้นานขึ้น แต่การแช่แข็งที่อุณหภูมิสูงยีสต์สดก็จะทำลายได้ภายใน 24 ชั่วโมง แต่การแช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า -3 องศาเซลเซียสจะทำลายคุณภาพของยีสต์ทำให้ยีสต์ตายในที่สุด ยีสต์สดที่อ่อนตัวแล้วไม่ควรนำมาใช้ ก่อนใช้ทำให้ยีสต์สดแตกแล้วละลายในน้ำก่อนที่จะเติมลงไปในแป้ง น้ำที่ใช้ละลายยีสต์ควรมีอุณหภูมิ 80 องศาฟาเรนไฮท์ หรือประมาณ 30 องศาเซลเซียส เสร็จแล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 - 10 นาทีก่อนที่จะนำไปใช้ น้ำที่ใช้ละลายยีสต์ไม่ควรมีส่วนผสมของเกลือ เพราะจะทำให้ยีสต์ตายได้ สำหรับเมืองไทย แม้ปัจจุบันจะมีโรงงานที่ผลิตยีสต์สดออกมาได้ แต่ก็ยังไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากความไม่สะดวกในการใช้งานและการเก็บรักษา แต่ยีสต์สดมีราคาถูกและให้กลิ่นของยีสต์ที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย ข้อดีของยีสต์ชนิดนี้คือ เป็นยีสต์ที่ใหม่ และมีความแข็งแรงดี เมื่อนำไปใช้ทำขนมปังจะทำให้ได้ขนมปังที่มีกลิ่นดี มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติ การเก็บรักษาจะต้องแช่เย็นให้อยู่ระหว่าง 2 - 10 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บสั้น ปริมาณการใช้ 2.5 - 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแป้ง

2) ยีสต์แห้งชนิดเม็ด (Active dry yeast) ยีสต์แป้งชนิดเม็ดเป็น ยีสต์แห้งเป็นยีสต์ที่อยู่ในสภาพการพักตัว โดยยีสต์ที่นำไปผ่านกระบวนการทำแป้งที่อุณหภูมิต่ำที่ควบคุมไว้ 95 องศาฟาเรนไฮท์ ถึง 104 องศาฟาเรนไฮท์ โดยให้มีความชื้นลดลงด้วยการอบแป้งให้ เหลือประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ และกดเป็นมีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ ท่อนสั้น ๆ ยีสต์แห้งเป็นยีสต์ที่อยู่ในสภาพการพักตัวซึ่งจะยังคงมีชีวิตอยู่ได้หลาย ๆ เดือนถ้าเก็บในสภาพที่เหมาะสมซึ่งควรเป็นสภาพที่แห้งและเย็น การกลับคืนสภาพของยีสต์แห้งชนิดเม็ดนั้นทำได้โดยใช้น้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิ 110 องศาฟาเรนไฮท์ สัดส่วนของน้ำที่ใช้ประมาณ 5 เท่าของน้ำหนักยีสต์ หรือใช้ในสัดส่วนของน้ำ 1 ลิตร ต่อ ยีสต์ 50 กรัม และน้ำตาล 20 กรัม วิธีการใช้คือผสมน้ำอุ่นกับน้ำตาล รอจนน้ำตาลละลาย จึงโรยยีสต์ลงไป หลังจากนั้นค่อยเติมลงในส่วนผสมของแป้ง จะทำให้เกิดการหมักขึ้น และทำให้เกิดการฟู วิธีการทดสอบคุณภาพยีสต์ โดยยีสต์ 1 ช้อนโต๊ะ ลงในน้ำอุ่นปริมาณ 1 ถ้วยตวงที่มีน้ำตาลทรายละลายอยู่ 1 ช้อนโต๊ะ แล้วคนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 - 10 นาที หากยีสต์ค่อย ๆ ปุดขึ้นมาบริเวณผิวหน้า

ของน้ำแสดงว่ายังไม่เสื่อมคุณภาพ และหากยีสต์จมอยู่ที่ก้นแก้วคือเสื่อมคุณภาพ ไม่ควรนำมาใช้อีก วิธีการเก็บรักษา ควรบรรจุในขวดที่ปิดฝาสนิท เก็บให้ห่างจากความร้อน และแสงแดด ควรให้ให้หมดก่อนวันหมดอายุ ควรแช่ในตู้เย็นเพื่อใช้ได้นาน

3) ยีสต์แห้งชนิดผง (Instant dry yeast) คือยีสต์ที่มีกำลังหมักสูงสุด นิยมใช้มากที่สุด มีลักษณะเป็นผงละเอียดแป้ง มีความสามารถในการหมักสูง ไม่ต้องละลายน้ำก่อนนำไปใช้ วิธีใช้มีหลายวิธี อาทิ

1. จะเติมลงไปหลังจากที่ได้ผสมแป้งกับส่วนผสมอื่นแล้ว ใน 2 นาที ให้ผสมยีสต์กับส่วนที่เป็นของเหลวชั่งหมักในสูตรก่อนนำไปผสมกับแป้ง

2. หรือจะละลายกับน้ำอุ่นที่ 38 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ก่อนนำมาใช้ก็ได้ มีวิธีใช้หลายวิธีด้วยกัน

3. วิธีที่นิยมที่สุดคือเติมลงในแป้งได้ทันที ปัจจุบันยีสต์แห้งชนิดผงนี้เป็นที่นิยมกันในหมู่ผู้ประกอบการด้านนี้ทั่ว ๆ ไป เพราะจะสะดวกและใช้ได้ง่าย ยีสต์แห้งชนิดนี้จะบรรจุในขวด กระป๋อง หรือถุงที่ทำด้วยกระดาษตะกั่วซึ่งภายในจะอัดก๊าซไนโตรเจนไว้ในปริมาณเท่า ๆ กัน วิธีการทดสอบคุณภาพยีสต์ โดยยีสต์ 1 ช้อนโต๊ะ ลงในน้ำอุ่นปริมาณ 1 ถ้วยตวงที่มีน้ำตาลทรายละลายอยู่ 1 ช้อนโต๊ะ แล้วคนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 - 10 นาที หากยีสต์ค่อย ๆ ปุดขึ้นมาบริเวณผิวหน้าของน้ำแสดงว่ายังไม่เสื่อมคุณภาพ และหากยีสต์จมอยู่ที่ก้นแก้วคือเสื่อมคุณภาพ ไม่ควรนำมาใช้อีก วิธีการเก็บรักษา ควรบรรจุในขวดที่ปิดฝาสนิท เก็บให้ห่างจากความร้อน และแสงแดด ควรให้ให้หมดก่อนวันหมดอายุ ควรแช่ในตู้เย็นเพื่อให้ใช้ได้นาน (Foodietaste, 2559)

2.1.4 เอ็มเพล็กซ์ (Emplex)

สารตัวนี้เป็นสารที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพของขนมอบ ได้มาจากธรรมชาติ คือ ถั่วเหลือง นม และโปรตีนในรูปอื่น ๆ ดังนั้น จึงได้รับการรับรองในด้านความปลอดภัย ให้ใช้ได้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบต่าง ๆ จากองค์การอาหารและยา สหรัฐอเมริกา ด้วยประมาณ 0.2 - 1.0 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแป้ง เอ็มเพล็กซ์จะช่วยให้ขนมปัง โดนัท และขนมที่ขึ้นด้วยยีสอื่น ๆ มีเนื้อละเอียด นุ่ม มีขนาดใหญ่ขึ้น สามารถเก็บไว้ได้นาน โดยมีความใหม่อยู่เสมอ นอกจากนี้ยังใช่กับขนมที่ฟูด้วยผงฟู เช่น เค้ก เป็นต้น (สุธิดา, 2559)

2.1.5 เคเอส 505

สารชนิดนี้ใช้เสริมคุณภาพของขนมปังโดยเฉพาะ จะช่วยทุ่นเวลา ให้เนื้อขนมปังนุ่ม ยืดอายุการเก็บของขนม และ ยังช่วยประหยัดเวลาในการหมักช่วงแรก โดยปกติจะใส่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง โดยผสมลงไปพร้อมแป้ง คุณสมบัติของสารเสริมคุณภาพและการใช้ช่วยให้โปรตีนในแป้ง อ่อนตัว(กลูเต็น) มีกรดแอสคอนิค ช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษา และสามารถเก็บแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดี ไม่ทำให้ขนมปังยุบ มีอาหารของยีสต์ ทำให้ยีสต์ใช้อาหารได้อย่างเต็มที่ จึงทำ

ให้ผลิตแก๊สได้ดี การผสมให้ผสมกับแก้งได้ทันที ใช้ปริมาณ 2 ช้อนชา ต่อแป้ง 1 กิโลกรัม (แสงวัน, 2559)

2.1.6 นมผง (Powder Milk/Dry Milk)

เป็นนมที่ได้จากการนำนมสดมาระเหยน้ำ โดยการผ่านกรรมวิธีการผลิตนำมาต้มให้ร้อนแล้วกระจายไปบนลูกกลิ้งที่มีความร้อนหรือฉีดผ่านเครื่องพ่นฝอยแห้ง (Spray Dry) จนเป็นผงแห้งสนิท และไม่ควรมีความชื้นเกินร้อยละ 5 นมผงควรเก็บไว้ในภาชนะที่มีฝาปิดสนิท เพราะนมผงคุณสมบัติดูดน้ำและความชื้นได้ดี

นมผง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1.6.1 นมผงชนิดไขมันเต็ม (Dry whole milk) ส่วนมากมีราคาแพง และเนื่องจากมีองค์ประกอบของไขมันจึงมีกลิ่นหืนและจับตัวเป็นก้อนได้ง่าย อายุการเก็บสั้น จึงไม่ค่อยนิยมใช้ในการทำเบเกอรี่

2.1.6.2 นมผงปราศจากไขมัน หรือนมผงขาดมันเนย (Dry skim milk/ Non-fat dry milk) หรืออาจเรียกว่า “หางนมผง” นิยมใช้ในการทำเบเกอรี่ เพราะมีราคาถูก และสามารถเก็บได้เป็นเวลานานกว่านมผงที่มีไขมัน (สเปเชี่ยลฟู้ด, ม.ป.ป.)

2.1.7 เกลือ

ที่ใช้ในการทำเบเกอรีนั้น เป็นเกลือป่นละเอียดที่ใช้ประกอบอาหารทั่ว ๆ ไป ประกอบด้วยโซเดียมคลอไรด์ 99 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเป็นความชื้น คลอไรด์และซัลเฟตอื่น ๆ ลักษณะ ของเกลือที่ควรใช้ในการผลิตเบเกอรีควรละลายได้ง่ายในน้ำไม่ควรเป็นก้อน ทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์มี ความหวานที่ชัดเจนขึ้น ทำให้ขนมมีรสชาติกลมกล่อมและอร่อยขึ้น ส่วนหน้าที่ของเกลือจะมีคุณสมบัติที่ดี ต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังเป็นอย่างดีดังจะกล่าวในบทของการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ในระหว่างการผลิต (เจตนิพัทธ์, 2559)

2.1.8 น้ำตาล

น้ำตาล หมายถึง สารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลึก เช่น น้ำตาลทรายซึ่งละลายได้ดีในน้ำและมีรสหวาน และน้ำตาลที่ไม่เป็นผลึก ได้แก่ น้ำตาลมะพร้าว น้ำตาลโตนด น้ำตาลเป็นสารที่ให้รสหวานและให้พลังงานสูง

2.1.8.1 ชนิดของน้ำตาล

น้ำตาลที่ใช้ประกอบอาหารแบ่งได้ตามลักษณะ 2 ชนิด คือ

1) น้ำตาลที่เป็นผลึก ได้แก่ น้ำตาลทราย เป็นน้ำตาลที่เป็นผลึกที่มีชื่อทางเคมีว่า ซูโครส มีรสหวานแหลม ทำจากอ้อย หรือในทวีปยุโรป และอเมริกาทำจากหัวบีท ซึ่งในประเทศไทยน้ำตาลทรายจะทำมาจากอ้อยเป็นหลัก น้ำตาลที่ใช้ในการประกอบอาหาร และทำขนมที่ผลิตออกมามีหลายรูปแบบ เช่น

1.1) น้ำตาลแดง คือ น้ำตาลก่อนที่จะฟอกสีของน้ำตาลให้เป็นน้ำตาลทรายกลิ่นหอม มีเกลือแร่และวิตามิน มีสีน้ำตาลค่อนข้างแดงจะนำมาทำขนมต่างๆ เช่น เต้าฮวยน้ำขิง ต้มน้ำลำไย เป็นต้น

1.2) น้ำตาลผง คือ น้ำตาลทรายขาวที่นำมาบดให้ละเอียด ร่อนตะแกรงให้ได้ขนาดเล็กตามต้องการแล้วผสมแป้งข้าวโพดประมาณร้อยละ 3 เพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อน หรือป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลในการทำขนมกลีบลำดวน คุกกี้ ทำครีมแต่งหน้าเค้ก ทำหน้าขนม เช่น ขนมปังโดนัทต่างๆ เป็นต้น

1.3) น้ำตาลก้อน หรือน้ำตาลปอนด์ ทำจากน้ำตาลทรายบดอัดให้แน่นในขณะที่ยังไม่ตกผลึกเป็นก้อนใหญ่ แล้วตัดออกเป็นแท่งเล็กๆ ตามต้องการใช้เติมในเครื่องดื่มประเภทน้ำชา กาแฟ โอวัลติน

2) น้ำตาลที่ไม่เป็นผลึก ได้แก่ น้ำตาลมะพร้าว น้ำตาลโตนดหรือพืชตระกูลปาล์มที่ให้น้ำตาล โดยใช้น้ำหวานจากจั่น และงวงตาลที่ยังไม่บานนำมาเคี่ยวจนงวด แล้วบรรจุลงภาชนะต่างๆ และนิยมเรียกชื่อตามภาชนะนั้น ๆ เช่น บรรจุลงปีบก็จะเรียกว่า น้ำตาลปีบมี 2 ชนิด คือ น้ำตาลปีบสีแดงและน้ำตาลปีบสีขาว น้ำตาลปีบสีขาวเขาจะใส่สารฟอกสี และสารกันบูด ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลงไปในขณะที่เคี่ยว

น้ำตาลที่ทำมาจากมะพร้าวจะเรียกว่า น้ำตาลมะพร้าว และน้ำตาลที่ทำมาจากต้นตาลเรียกว่า น้ำตาลโตนด น้ำตาลโตนดมักนิยมทำเป็นก้อนโดยการตักหยอดลงในหลุมแกลบหรือหลุมปูนที่ทำเป็นพิมพ์ปูด้วยผ้าขาวบางโดยนำไม้ไผ่ทำเป็นตอกทำเป็นวงกลมแล้วหยอดน้ำตาลที่เคี่ยวลงไปทำให้เย็นจึงแกะออกมาเป็นก้อน

2.1.8.2 หน้าที่ของน้ำตาลในการทำขนม

1) ทำให้ขนมมีรสหวาน เพิ่มความอร่อย

2) ช่วยทำให้เนื้อขนมมีความละเอียดในการตี

3) ทำให้ขนมมีลักษณะนุ่ม มีความมันเงา และใสขึ้น

4) ทำให้สีขนมมีสีเข้มขึ้น เช่น การทำสังขยา ขนมหม้อแกง

5) ช่วยทำให้เปลือกขนมมีสีเหลืองทองสวย ไม่กระด้าง

6) ช่วยเก็บความชุ่มชื้นของเนื้อขนม

7) ทำให้ขนมมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน

2.1.8.3 ลักษณะที่สำคัญของน้ำตาล

น้ำตาลจะมีรสหวาน ฟรุตโทรสหวานมากที่สุด แต่ไม่ตกผลึก น้ำตาลทรายหวานรองลงมา แต่เป็นผลึกได้ง่ายมีมากที่สุด ราคาถูก และรองลงมา คือ กลูโครส หวานน้อยที่สุด

คือ แลคโทรสน้ำตาลในนม น้ำตาลสามารถละลายในอุณหภูมิสูง และจะละลายน้ำได้มากขึ้น น้ำตาลชนิดต่าง ๆ จะละลายน้ำได้ไม่เท่ากัน น้ำตาลที่ละลายน้ำได้ดีคือ ฟรุตโทส รองลงมาคือ ซูโครส (รัมภา, 2556)

2.1.9 เนยสด

ทำมาจากส่วนที่เป็นไขมันของน้ำนมวัวประกอบด้วยไขมัน 80 เปอร์เซ็นต์ เนยสดมี 2 ชนิดคือชนิดและชนิดเค็มมีสีเหลืองมีกลิ่นรสหวานมีลักษณะแข็งที่อุณหภูมิห้องเนยสดมันใช้ได้ดีที่สุดในการให้กลิ่นรสแต่จะมีคุณสมบัติด้อยในการเป็นครีมคือเนยสดจะถูกตีให้เป็นครีมไม่ดีและขาดความเป็นเนื้อเดียวกันเค้กที่ทำจากเนยสดล้วน ๆ โดยทั่วไปจึงมีปริมาณต่ำเนื้อเค้กหยาบแต่มีรสชาติที่หอมหวานน่ารับประทาน (จิตธนา และอรอนงค์, 2552)

2.1.10 ไขพืช (Hydrogenated vegetable oil)

หรือเรียกว่า Vegetable shortening ทำจาก น้ำมันพืชบริสุทธิ์ที่ปราศจากกลิ่น เช่นน้ำมันมะพร้าว น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง โดยนำไปผ่านก๊าซไฮโดรเจนภายใต้ความดันซึ่งมีนิกเกิลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ยิ่งผ่านก๊าซไฮโดรเจนเข้าไป มากเท่าใด ไขมันก็จะยิ่งแข็งขึ้นเท่านั้น อาจจะใช้โมโนกลีเซอร์ไรด์เติมเข้าไป เพื่อให้ไขพืชนั้นมี ความสามารถในการดูดซึม และเก็บความชื้นไว้ได้สูง ซึ่งจัดเป็นไฮ-เรโชชอร์เทนิ่ง สำหรับไขพืช ที่ไม่เติมโมโน-ไดกลีเซอไรด์ลงไป เป็นไขพืชมาตรฐานที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด หรือใช้ได้ทั่ว ๆ ไปและตีครีมได้ดีแต่พวกที่เติมอิมัลซิไฟเออร์ลงไปเป็นไฮเรโชนั้นจะตีครีมไม่ได้ดี แต่จะใช้กับส่วนผสมที่มีน้ำตาลและน้ำสูง ไฮโดรเจนที่ผ่านเข้าไปในน้ำมันพืชจะเป็นตัวควบคุม การแข็งตัวของไขพืชนั้น ๆ ให้มีความแข็งตัวตามต้องการในการใช้ทำผลิตภัณฑ์แต่ละอย่างดังกล่าวแล้ว ไขพืช ส่วนใหญ่มีสีขาวซึ่งเราเรียกว่า "เนยขาว" จะไม่มีกลิ่นรส เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องและปริมาณไขมันถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (จิตธนา และอรอนงค์, 2552)

2.1.11 หม่อน (Mulberry)

หม่อนเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Moraceae ตระกูล Morus spp. มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเขตหนาว (temperate zone) จัดเป็นไม้ผลใกลุ่ม deciduous fruit plant หรือประเภท hard wood คือใบจะร่วงในฤดูใบไม้ร่วงและมีการพักตัวในฤดูหนาวตาดอกเป็นชนิดตารวม(mix bud) คือมีทั้งตาใบและตาดอกอยู่รวมกันมีผลแบบผลรวมซึ่งเป็นผลที่เกิดจากตาข้างของปีนั้น (catkin)หมายความว่าจะมีช่อดอกเกิดที่ตาเหนือใบของตาข้างของกิ่งที่เกิดขึ้นใหม่ส่วนลักษณะของดอกเป็นทั้งแบบดอกที่มีเกสรตัวผู้และตัวเมียแยกกันคนละต้น (dioecious) หรือบางพันธุ์อาจเป็นดอกที่มีเกสรตัวผู้และตัวเมียยู่ในต้นเดียวกัน (monoecious) โดยมีดอกหลาย ๆ ดอกอยู่ในช่อเดียวกันในบางครั้งต้นหม่อนที่เป็นพันธุ์เดียวกันสามารถจะมีการเปลี่ยนเพศ จากเพศหนึ่งไปเป็นอีกเพศได้ส่วนการผสมเกสรต้องอาศัยลมช่วยในการผสมเกสร

ช่อดอกตัวผู้ ประกอบด้วยดอกตัวผู้หลาย ๆ ดอกรวมกันเป็นช่อเดียวกันดอกตัวผู้แต่ละดอกจะมีกลีบดอก (sepal) 4 กลีบและเกสรตัวผู้ 4 เกสร (stamen) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนคือก้านเกสร(filament) และอับ

ละอองเกสร (anther) เมื่อดอกบานก้านเกสรจะยืดตัวออกและปลดปล่อยละอองเกสรที่มีลักษณะสีเหลืองออกมาเป็นจำนวนมากมีการแพร่กระจายโดยใช้ลมเป็นตัวช่วย

ช่อดอกตัวเมีย ประกอบด้วย กลีบดอก 4 กลีบ รังไข่(ovary) ก้านเกสรตัวเมีย (style) และยอดเกสรตัวเมีย (stigma) โดยกลีบดอกจะห่อหุ้มรังไข่ไว้ซึ่งทำให้มองดูมีลักษณะคล้ายลูกบอลสีเขียวภายในถุงหุ้มรังไข่ (oembryo sac) จะมีไข่อ่อน (ovule) บรรจุอยู่ก้านเกสรจะมีความยาวแตกต่างกันออกไปตามตามแต่ละชนิดของพันธุ์ส่วนปลายสุดของก้านเกสรตัวเมียเรียกว่ายอดเกสรตัวเมียซึ่งจะมีขนหรือปุ่มที่หนาแน่นปกคลุมอยู่บนยอดเกสรตัวเมียซึ่งจะเป็นแหล่ง ผลิตน้ำหวานขึ้นมาสำหรับดักจับเมื่อยอดเกสรตัวเมียยืดตัวออกผู้เต็มที่และมีลักษณะสีขาวแสดงว่าดอกบานเต็มที่และเข้าสู่ระยะพร้อมที่จะได้รับการถ่ายละอองเกสร การผสมพันธุ์แล้วเมื่อเกสรตัวผู้ตกลงบนยอดเกสรตัวเมียจะถูกจับยึดโดยเยื่อเมือกของเกสรตัวเมียทำให้มีการ พองตัวและแทงหลอดละอองเกสร (pollen tube) ลงไปสู่ถุงหุ้มรังไข่และผสมกับไข่อ่อนหลังจากผ่าน กระบวนการนี้แล้วการผสมพันธุ์จึงเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

เมล็ดหม่อน มีลักษณะเป็นรูปไข่สีเหลืองอ่อนหรือเหลืองเข้มขนาดเล็กประมาณ 1 x 1 มิลลิเมตร เมล็ดในผลรวมของหม่อนที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะเป็นเมล็ดที่ได้รับการผสมเกสรอยู่แต่บางเมล็ดเป็นเมล็ดลีบที่บางส่วน ไม่ได้รับการผสมเกสร (กรมหม่อนไหม, 2556)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของผลหม่อน 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน	43	กิโลแคลอรี่
คาร์โบไฮเดรต	9.8	กรัม
น้ำตาล	8.1	กรัม
ใยอาหาร	1.7	กรัม
ไขมัน	0.39	กรัม
โปรตีน	1.44	กรัม
เถ้า	0.69	กรัม
วิตามินเอ	25	หน่วยสากล
เบต้าแคโรทีน	9	ไมโครกรัม

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ	หน่วย
ลูทีน และ ซีแซนทีน	136	ไมโครกรัม
วิตามินบี1	0.029	มิลลิกรัม
วิตามินบี2	0.101	มิลลิกรัม
วิตามินบี3	0.62	มิลลิกรัม
วิตามินบี6	0.05	มิลลิกรัม
วิตามินบี9	6	ไมโครกรัม
วิตามินซี	36.4	มิลลิกรัม
วิตามินอี	0.87	มิลลิกรัม
วิตามินเค	7.8	ไมโครกรัม
โคลีน	12.3	มิลลิกรัม
แคลเซียม	39	มิลลิกรัม
ธาตุเหล็ก	1.85	มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	18	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	38	มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	194	มิลลิกรัม
โซเดียม	10	มิลลิกรัม
สังกะสี	0.12	มิลลิกรัม
ทองแดง	0.06	มิลลิกรัม
ซีลีเนียม	0.6	ไมโครกรัม

ที่มา: Medthai (2560)

ประโยชน์ของหม่อน

1) มีสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ชื่อ *Anthocyanin*. ซึ่งเป็นสารสีม่วงแดง ช่วยป้องกันโรคหัวใจ และป้องกันโรคมะเร็ง

2) มีวิตามินบี 6 ช่วยบำรุงเลือด ตับ ไต ลดการเกิดสิว ลดอาการปวดประจำเดือน

3) ป้องกันและยับยั้งการเกิดลิ่มเลือด ป้องกันเส้นเลือดแตก สาเหตุของโรคอัมพฤก อัมพาต

4) มีวิตามินซี สูง ช่วยป้องกันหวัด โรคภูมิแพ้ โรคปอด วัณโรค ป้องกันเชื้อไวรัส

5) มีวิตามินเอ ช่วยบำรุงสายตา ป้องกันการเกิดต้อกระจก (ป้องกันแสงสีน้ำเงินเข้าทำลายเลนส์ตา) บำรุงเหงือกและฟัน สร้างภูมิให้ระบบหายใจ บำรุงผิว ลดการอักเสบของสิว

6) มีกรดโฟลิค ป้องกันโรคโลหิตจาง ป้องกันทารกพิการ ช่วยการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์หญิงแรกตั้งครรภ์เดือนแรกต้องการกรดโฟลิค

7) ช่วยแก้อาการเมาค้าง ผ่อนคลายความเครียด

8) ช่วยบำรุงเส้นผมให้ดกดำป้องกันผมหงอกก่อนวัย

9) ใช้แก้อาการเวียนศีรษะ หูอื้อ ใจสั่น นอนไม่หลับ เบาหวาน ท้องผูก

(กรมหม่อนไหม, 2558)

2.1.12 อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมลอิสระ

อนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็คตรอนไม่เป็นคู่ อยู่ในวงอิเล็คตรอนวงนอกสุด (Outer orbital) เนื่องจากการมีอิเล็กตรอนที่โดดเดี่ยว (Unpaired electron) อยู่ในวงโคจรของโมเลกุลทำให้ไม่เสถียร ทำให้อนุมูลอิสระเป็นสารที่มีความไวในการเข้าปฏิกิริยาทางเคมีกับสารอื่นสูงมาก โดยอนุมูลอิสระจะไปแย่งจับหรือดึงเอาอิเล็กตรอนจากโมเลกุลหรืออะตอมสารที่ข้างเคียง เพื่อให้ตัวมันเสถียรโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงที่สูญเสียหรือรับอิเล็กตรอนจะกลายเป็นอนุมูลอิสระชนิด ใหม่ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกดมาใหม่นี้จะไปทำปฏิกิริยากับสารโมเลกุลอื่นต่อไปเกิดเป็นปฏิกิริยาผลโซ่ (Chain reaction) ต่อกันไปเรื่อย ๆ โดยที่อนุมูลอิสระก็มีสมบัติเหมือนสารทั่วๆไป ความสามารถ ในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารอื่นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามอุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง (pH) และความชื้น เป็นต้น

2.1.12.1 แหล่งกำเนิดอนุมูลอิสระ (Sources of free radical)

ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีพ จะมีอนุมูลอิสระของออกซิเจนเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา การเกิดอนุมูลอิสระเหล่านี้มีสาเหตุมาจาก ปัจจัยทั้งภายในและภายนอกร่างกาย ดังนี้ปัจจัยภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตจะมีปฏิกิริยามากมาย ที่เกี่ยวข้องกับทั้งการสร้าง และการสลายโมเลกุลของสารที่เรียก กระบวนการเมทาบอลิซึมซึ่งถือเป็นสาเหตุหลักอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ตัวอย่างปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระได้แก่

1) ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้นเอง (Auto-oxidation) เช่น การเกดออกซิเดชั่น ของไขมัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

1.1) ระยะเหนี่ยวนำเริ่มต้น (Initiation) เป็นระยะที่กรดไขมันแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระโดยมีแสง หรืออุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

1.2) ระยะเพิ่มจำนวน (Propagation) เป็นระยะที่อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับ ออกซิเจนเกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกซี่ (Peroxy radical) แล้วทำปฏิกิริยาต่อกับกรดไขมัน

เกิดเป็น ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Hydro peroxide) และอนุมูลอิสระซึ่งถ้ามีแสง และความร้อนเป็นตัวเร่งก็จะเกิดปฏิกิริยาต่อ ทำให้อนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นแล้วอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนใหม่ได้ตอเนื่องไปเรื่อย ๆ

1.3) ระยะสิ้นสุด (Termination) เป็นระยะที่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นรวมตัวกัน กลายเป็นโมเลกุลที่เสถียร

2) ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่มีเอ็นไซม์เป็นตัวเร่ง การทำงานของเอ็นไซม์สำคัญ 2 ชนิดที่มีผลกระตุ้นการสร้างอนุมูลอิสระภายในร่างกายได้แก่

2.1) เอ็นไซม์แซนธีนออกซิเดส (Xanthine oxidase : XO) ทำหน้าที่สำคัญใน กระบวนการสลายเบสพิวรีน (Purine) โดยเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนไฮโพแซนธีน (Hypoxanthine) เป็นแซนธีน (Xanthine) และแซนธีนเป็นกรดยูริก (uric acid) พร้อม ๆ กับเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนให้ออกซิเจนเกดเป็นอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์

2.2) เอ็นไซม์ไลโพออกซีจีเนส (Lipoxygenase: LOX) ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (Polyunsaturated fatty acid) ภายในโมเลกุลของเอ็นไซม์นี้มีเหล็ก (Fe^{2+}) เป็นส่วนประกอบ อยู่ทำหน้าที่ดึงอะตอมไฮโดรเจนจากกรดไขมันและเติมออกซิเจนให้กับกรด ไขมันเกิดเป็นไฮโดรเพอรอกไซด์ ซึ่งจะสลายตัวเป็นอนุมูลของกรดไขมันต่อไป

3) กระบวนการกำจัดสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดขาวในขั้นตอน การทำลายสิ่งแปลกปลอมโดยเฉพาะเชื้อโรคที่ถูกกลืนกินเข้ามาภายในร่างกาย เซลล์เม็ดเลือดขาวจะมีการดึงโมเลกุลออกซิเจน มาใช้เป็นจำนวนมากเพื่อผลิตเป็นอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์โดยการทำงานของเอ็นไซม์ NADPH ออกซิเดส (NADPH oxidase) ที่อยู่บนเยื่อบุชั้นนอก (outer membrane) ของเม็ดเลือดขาว

นอกจากนี้ในเม็ดสี (Granule) ของเม็ดเลือดขาวยังมีเอ็นไซม์ไมอีโลเทอรอกซีเดส (Myeloperoxidase) ทำให้เกิดอนุมูลไฮโปคลอรัส ซึ่งเป็นสารที่ทำลายจุลชีพได้

4) โลหะทรานสิชัน(Transition metal) โลหะทรานสิชัน 2 ชนิดคือ เหล็ก (Fe^{2+}) และ ทองแดง (Cu^{2+}) ที่มีอยู่ทัวไปในร่างกาย สามารถเร่งการสร้างอนุมูลไฮดรอกซิล จากซูปเปอร์ออกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในปฏิกิริยา Fenton (Fenton's reaction)

5) ปัจจัยภายนอกร่างกายยารักษาโรค ยาบางชนิดที่รับประทานเข้าไปร่างกายสามารถในการก่อให้เกิดอนุมูลอิสระได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ยาในกลุ่มต้านจุลชีพและต้านมะเร็ง บลีโอไมซิน (Bleomycin), แอนทราไซคลินส์ (Antracyclines) และ เมโธทรีเสต (Methotrexate) เนื่องจากมีฤทธิ์เสริมปฏิกริยาออกซิเดชั่น (Pro-Oxidation)

6) รังสี การใช้รังสีรักษาโรค เชรน รังสีเอกซ์ (X-ray), รังสีแกมมา (γ-ray) อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นในร่างกายจากการถ่ายทอดพลังงานให้กับน้ำ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของ เซลล์แล้วก่อให้เกิดปฏิกิริยาขั้นต่อไป (Secondary reaction) กับออกซิเจนที่ละลายอยู่ในเซลล์นั้นได้ อนุมูลอิสระเกิดขึ้น

7) ควันบุหรี่ ในควันบุหรี่มีส่วนประกอบของไนตริกออกไซด์ (NO), ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) และ เพอรอกซีไนไตรท์ ($ONOO^-$) รวมทั้งสารมลพิษ ได้แก่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และ คาร์บอนเตรตตะคลอไรด์(CCl_4) ซึ่งจะถูกกำจัดออกจากร่างกายโดยการทำงานของเอ็นไซม์ ไซโทโครม P-450 ไฮดรอกซีเจส (Cytochrome P-450 hydroxylase) ที่มีอยู่มากในเซลล์ตับและพบได้บ้างในเซลล์ปอดและลำไส้เล็ก ทำให้เป็นสาเหตุของการสร้างอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ภายในเซลล์ดังกล่าว

8) โอโซน โอโซนไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระแต่จัดเป็นสารออกซิไดส์แรงสูงซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปเป็นอนุมูลไฮดรอกซิลได้จากการกระตุ้นของคลื่นแสง

สารต้านอนุมูลอิสระ คือสารปริมาณน้อยที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของอนุมูลอิสระได้ สารเหล่านี้มี กลไกในการต้านอนุมูลอิสระหลายแบบ เช่น ดักจับ (Scavenge) อนุมูลอิสระโดยตรง ยับยังการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับ (Chelate) กับโลหะ เพื่อป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ

2.1.12.2 บทบาทสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ

บทบาทสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ คือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่าง ๆ ของมนุษย์ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันที่เป็น สาเหตุหลักของการเสื่อมคุณภาพในอาหาร ปัจจุบันองค์กรที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมอาหารและยา ได้พยายามพัฒนาสารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากธรรมชาติสาหร่ายทะเล แบคทีเรีย เชื้อรา และ พืชชั้นสูง อย่างไรก็ตามในภาวะปกติร่างกายของคนเราจะมีการป้องกันการสะสมสารอนุมูลอิสระอยู่แล้วซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรกเกิดจากร่างกายสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นมา ควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในภาวะที่สมดุล และส่วนที่สองคือ กลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระ ที่มาจากวิตามินเอ ซี อี หรือ เบต้าแคโรทีน (β-carotinoid) รวมทั้งสารประกอบโพลีฟีนอล ซึ่งเป็นพฤษเคมีที่สามารถพบได้ในพืชผักและผลไม้ เพื่อช่วยเสริมสร้างระบบการเข้าไปต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในร่างกายให้มีประสิทธิภาพในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดียิ่งขึ้น ตัวอย่างสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในรางกาย เช่น เอนไซม์คะตะเลส (Catalase), กลูตาไธโอนเพอรอกซิเดส (Glutathione peroxidase) และซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (Superoxide dismutase) หรือ สารประกอบโปรตีนบางอย่าง เช่น อัลบูมิน (Albumin) บิลิรูบิน(Bilirubin) เซอรูโลพลาสมิน (Ceruloplasmin) กลูตาไธ

โอน (glutathione) ทรานสเฟอริน (Transferrin) ยูบิควินอล (Ubiquinol) และยูเรต (Urate) เป็นต้น สารเหล่านีมีหน้าที่คอยควบคุมอนุมูลอิสระต่างๆให้อยู่ในระดับ พอเหมาะ แต่ถ้าเมื่อใดที่มีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นในปริมาณมากเกินกว่าที่ระบบป้องกันจะยับยังได้หมด จะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า Oxidative stress ขึ้น ภายใต้สภาวะดังกล่าวอนุมูลอิสระจะทำอันตราย ต่ออวัยวะและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย

สารต้านออกซิเดชั่น สามารถแบ่งตามกลไกการยับยังได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ(Preventive antioxidant) ทำลายหรือยับยังอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น (Scavenging antioxidant) ทำให้ผลโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระสิ้นสุดลง (Chain breaking antioxidant)

2.1.12.3 แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ

ปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะอยางยิ่งที่ได้มาจากพืชผัก เครื่องเทศและองุ่น สมุนไพร ได้รับความสนใจ และศึกษากันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากกระแสเรื่องความปลอดภัยของ สารสกดจากธรรมชาติ สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งตามแหลงที่มาได้ 2 ชนิด ได้แก่

1) สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (Synthetic antioxidants) สารประกอบฟีนอลิคสังเคราะห์ 5 ชนิด ได้แก่ Propyl gallate, 2-Butylated hydroxyanisole, 3-Butylate hydroxyanisole, BHT (Butylated hydroxytoluene) และTertiary butylhydroquinone ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดัง ภาพประกอบ 2 เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ใน อุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยังการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันอันเป็นสาเหตุให้อาหารมีกลิ่น สี และ รสชาติที่เปลี่ยนไป สารสังเคราะห์ เหล่านี้มีประสิทธิภาพและความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติ แต่มีข้อจำกัดของการใช้ เนื่องจากปัญหา ด้านความปลอดภัยในการบริโภค

2) สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ(Natural antioxidants) สารกลุ่มนี้ได้รับความสนใจ และมีการค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีความปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้พบได้ทั้งในจุลชีพ สัตว์ และพืช ซึ่งทั้งที่เป็นวิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีน และสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (Non-nutrient) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสารประกอบฟีนอลิค โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols) เช่น แซนโธน (Xanthone) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ซึ่งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่เกาะบนวงเบนซีน (Aromatic hydroxyl) ตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป หมู่ฟังก์ชั่น (Functional group) เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระให้ไปกระตุ้นหรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้โดย การให้อนุมูล H• แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น นอกจากนี้สารประกอบโพลีฟีนอล ที่มีโครงสร้างของOrtho - dihydroxyl phenol อยู่ในโมเลกุลยังสามารถยับยั่งการเกิดอนุมูล OH• ในปฏิกิริยาที่มีอนุมูลโลหะ ทรานซิชั่น คือ Fe^{2+} และ Cu^{2+} เป็นตัวเหนี่ยวนำได้โดยการเข้าจับกับโลหะ ดังกล่าวเกิดเป็น สารประกอบเชิงซ้อน

(Complex) สารประกอบกลุ่มโพลีฟี นอล ซึ่ง พบในพืชพรรณธรรมชาตินานาชนิด สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีทังในห้องปฏิบัติการ (invitro) และในสิ่งมีชีวิต (vitro)

2.1.12.4 กลไกการทางานของสารต้านอนุมูลอิสระ

จากรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระพบว่ามีหลายกลไก ดังนี้

1) ดักจับอนุมูลอิสระ(Radical scavenging) เป็นที่ทราบดีว่าสารต้านอนุมูลอิสระสามารถยับยังอนุมูลอิสระได้โดยการทำให้โมเลกุลของอนุมูลอิสระมีความเสถียรขึ้นซึ่งกลไกของปฏิกิริยา เกิดโดยการให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็คตรอนแก่อนุมูลอิสระ

2) ยับยั้งการทำงานของซิงเกล็ทออกซิเจน (Singlet oxygen quenching, 1O2*) สารกลุ่มแคโรทีนอยด์(carotenoids) สามารถยับยั้งการทำงานของซิงเกล็ทออกซิเจน โดยการเปลี่ยน ($^1O_2^*$) ให้อยู่ใน รูปทริปเปร็ท(triplet oxygen (3O2)) และปล่อยพลังงานที่ได้รับออกไปในรูปความร้อน โดยที่แคโรทีนอยด์ จำนวน 1 โมเลกุล สามารถทำปฏิกิริยากับซิงเกล็ทออกซิเจน ได้ถึง 1,000 โมเลกุล

3) จับกับโลหะที่สามารถเร่งสารกลุ่มนี้ได้แก่ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Metal chelation) โลหะที่มีผลต่อการเกิดอนุมูลอิสระคือ Fe^{2+} และ Cu^{2+} ฟลาโวนอยด์(Flavonoids) ฟอสฟอริกแอซิด (Phosphoric acid) และ ซิตริกแอซิด (Citric acid) เป็นต้น สำหรับกลไกการจับโลหะของสารประกอบฟลาโวนอยด์

4) หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (Chain-breaking) วิตามินอี (α-tocopherol; Toc-OH) สามารถป้องกันเยื่อหุ้มเซลล์ไมให้ถูกทำลายจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน (Lipid autooxidation) โดยทำหน้าที่เป็น ตัวรับอิเล็คตรอน (Electron-acceptor antioxidants) จากอนุมูล peroxyl (ROO•)

5) เสริมฤทธิ์ (Synergism) สารชนิดนี้จะช่วยสนับสนุนให้สารต้านอุนมูลอิสระทำงานได้ดีขึ้น เช่น การทำงานร่วมกันระหว่าง วิตามินอี (α-tocopherol) กับ วิตามินซี (ascorbic acid) โดยที่วิตามินซีไม่สามารถทำงานในในสภาวะไม่มีขั้ว (Hydrophobic condition) ได้เหมือนกับวิตามินอี แต่จะให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลแอลฟ่า-โทโคฟี รอลเปอร์ออกซิล (α-tocopherol peroxyl) ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง แอลฟ่า - โทโคฟีรอล กับอนุมูลเปอร์ออกซิล (ROO•) เพื่อเปลี่ยนรูป กลับไปเป็น แอลฟ่า - โทโคฟีารอล ที่สามารถทางานได้

6) ยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ (Enzyme inhibition) สารประกอบฟีนอลิก บางชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก (Phenolic acid) และแกลเลต

(Gallates) สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ลิโพออกซีจีเนส (Lipoxygenase) โดยสามารถเข้าจับกับไอออนของเหล็กซึ่งเป็นโคแฟกเตอร์ (Cofactor) ส่งผลให้เอ็นไซม์ดังกล่าวไม่สามารถทำงานได้

2.1.12.5 ตัวอย่างสารต้านออกซิเดชั่นบางชนิด

1) วิตามินเอ ในธรรมชาติวิตามินเอจะพบเฉพาะในสัตว์เท่านั้น แต่ในพืชจะมีสารประกอบแคโรทีนอยด์ที่สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้สารตัจัดเป็นของวิตามินเองต้น เรียกว่า โปรวิตามิน เอ มักพบในพืชผักใบเขียว ผักและผลไม้ที่มีสีเหลือง หรือสีส้มแดง

2) วิตามินซี มีชื่อทางเคมีว่า กรดแอสคอร์บิค (Ascorbic acid) เป็นวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ จะสลายตัวเมื่อถูกความร้อนหรือทิ้งไว้ในอากาศที่มีความชื้น วิตามินซีมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชั่น โดยจะเข้าทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อนุมูล Hydroxyl และอนุมูล Peroxyl

นอกจากวิตามินซีสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นตัวส่งเสริมประสิทธิภาพของสารต้านออกซิเดชั่น ของวิตามินอีด้วย โดยทำให้อนุมูล α-tocopherol (TO) เปลี่ยนกลับไปเป็น α-tocopherol (TOH) ดังเดิม

3) วิตามินอี เป็นวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน เป็นสารต้านออกซิเดชั่นที่สำคัญ โดยวิตามินอี ทำงานร่วมกับสารต้านออกซิเดชั่น ตัวอื่นๆเช่น วิตามินซี และซิลิเนียม เป็นต้น วิตามินอีช่วยปรับให้ ร่างกายสามารถนำเอาวิตามินเอมาใช้ ซึ่งจะช่วยในการป้องกันสารที่เป็นพิษที่มีผลมาจากโลหะ เช่น ตะกั่วในธรรมชาติมีวิตามินอีอยู่หลายชนิด ปัจจุบันแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ โทโคฟีรอล และ โทโคไทอินอล แต่ละกลุ่มยังแยกเป็นวิตามินย่อยๆ อีก 4 ชนิด ได้แก่ อัลฟ่า (α-) เบต้า (β-) แกมม่า (γ-) และเดลต้า (δ-) วิตามินอี ทำหน้าที่เป็นตัวให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูล Peroxyl

อนุมูล α- tocopherol ที่เกิดขึ้น สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูล Peroxyl ตัวอื่นทำให้ ได้สารที่มีความเสถียร (LOO-α- tocopherol) เป็นผลให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันหยุดลง

4) ซิลิเนียม ทองแดง และสังกะสีเป็นสารต้านออกซิเดชั่นทางอ้อม เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชั่น มีการศึกษาวิจัยที่แสดงวาการใช้ซิลิเนียม และวิตามินอีร่วมกัน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการป้องกันการเกิดโรคมะเร็งบางชนิด ซึ่งพบได้ในอาหารตามธรรมชาติ เนื่องจากสารต้านออกซิเดชั่นมีหน้าที่หลายอย่าง เช่น หน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ (Reducing agent) เป็นตัวขับไล่อนุมูลอิสระจับไอออนโลหะที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยากับออกซิเดชั่น ด้วยหน้าที่ต่างๆเหล่านี้ จึงทำให้มีผลต่อการชะลอหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น หรือสามารถหยุดปฏิกิริยาผลโซ่และทำให้เป็นสารที่ความเสถียร หรือเป็นสารที่ไม่ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นอีกต่อไป หรือเป็นสารที่ใช่ไม่อนุมูลอิสระ (Non-radical product)

5) แคโรทีนอยด์ เป็นรงควัตถุที่พบทั่วไปในธรรมชาติ จะถูกสังเคราะห์ขึ้นในคลอโรพลาสต์ของพืช และพบมากในผักและผลไม้สุก โครงสร้างพื้นฐานของแคโรทีนอยด์ประกอบด้วยโครงสร้างหลักที่เรียกว่า Tetraterpene skeleton ซึ่งอาจมีวงแหวนที่บริเวณปลายด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านของโมเลกุล วงแหวนนี้อาจเป็นวงแหวนห้าหรือหกเหลี่ยมก็ได้ แคโรทีนอยด์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามองค์ประกอบของ โครงสร้างในโมเลกุลดังนี้

แคโรทีน (Carotene) เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนเท่านั้น เช่น เบต้า-แคโรทีน (β-carotene) อัลฟ่-แคโรทีนา (α-carotene) แกมม่า-แคโรทีน (γ-carotene) ไลโคปีน (Lycopene) เป็นต้น และซึ่งเบต้า-แคโรทีน เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ การเปลี่ยนรูปจากเบต้า - แคโรทีนไปเป็นวิตามินเอโดยการแตกพันธะคู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของโมเลกุล โดยเอนไซม์ Carotene deoxygenase เมื่อเบต้า - แคโรทีน สามารถดักจับอนุมูลอิสระเข้าไว้ในโมเลกุลแล้ว โมเลกุลของ เบต้า – แคโรทีนจะอยู่ในลักษณะที่มีความเสถียรออกโซแคโรทีนอยด์ (Oxocarotenoid) หรือ แซนโทฟีล(Xanthophyll) เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลบริเวณวงแหวนประกอบด้วยกลุ่มอื่นนอกเหนือจากคาร์บอนและ ไฮโดรเจน เช่น เบต้า-คริบโทแซนทิน (β-cryptoxanthin) และลูทีน (Lutein)

6) สารประกอบฟีโนลิก (Phenolic compounds) สารประกอบฟีโนลิกเป็นสารที่พบได้ในพืชทั่วไป สามารถละลายน้ำได้ ที่พบในพืชมักจะรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (Glycosides) และพบได้ในส่วนของช่องวางภายในเซลล์ (Cell vacuole) สารประกอบฟีโนลิกที่พบในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด มีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ซึ่งกลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบจะเป็นสารประกอบพวกฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) นอกจากนั้นยังมีสารประกอบต่างๆ เช่น Simple monocyclic phenol, Phenyl propanoid, Phenolic quinine และ Polyphenolic ซึ่งได้แกพวก lignin, tannin เป็นต้น รวมทั้งยังพบวามีสารประกอบที่มีกลุ่มฟีนอล (Phenolic unit) รวมอยู่ในโมเลกุลของโปรตีนอัลคาลอยด์ (Alkaloid) และเทอร์พีนอยด์ (Terpenoid) เป็นต้น

พบวาสารประกอบฟี่โนลิกหลายชนิดมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชั่น เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีโนลิก และ แทนนิน เป็นต้น สารประกอบฟีโนลิก ทำหน้าที่เป็นตัวขับไล่อนุมูลอิสระที่สำคัญ คือ อนุมูลPeroxyl โดยมีกลไก 2 แบบ คือ เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นต่ำ เมื่อเทียบกับสารออกซิไดซ์ สารประกอบ ฟีโนลิกจะป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น นอกจากนี้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาจะถูกทำให้เป็นสารที่มีความเสถียร ดังนั้นจึงสามารถป้องกันการเกิดขั้นตอนพลอพาเกชันได้ นอกจากนี้สารประกอบฟีโนลิกบางชนิดยังทำหน้าที่เป็นสารคีเลต ดักจับไอออนของโลหะเข้าไว้ในโมเลกุลเชเคอร์ซิทิน (Quercetin)

7) ฟลาโวนอยด์ (ไบโอฟลาโวนอยด์) ฟลาโวนอยด์ เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่พบมากชนิดหนึ่ง จะพบมากในพืชผักและผลไม้ มีหน้าที่สองอย่าง คือ เป็นรงควัตถุ ทำหน้าที่กรองแสงที่มี ความยาวคลื่นที่จำเพาะเจาะจง และทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชั่น โดยไปกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในเซลล์พืชออกไป ความสามารถของการต้านออกซิเดชั่นขึ้นอยู่กับโครงสร้างของฟลาโวนอยด์และคุณสมบัติของฟลาโวนอยด์ ยังสามารถช่วยลดการอักเสบ ช่วยให้หลอดเลือดแข็งตัว ทำให้การไหลเวียนเลือดดีขึ้น ต่อต้านแบคทีเรียและไวรัส ลดโคเลสเตอรอล และช่วยเสริมการทำงาน ของวิตามินซี พบได้ในพืชหลายชนิด เช่น ส้ม พริกไทย และพวกเบอร์รี่ต่างๆ เป็นต้น ฟลาโวนอยด์ แบ่งได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

7.1) แอนโธไซยานิดิน (Anthocyanidin) แอนโธคลอร์ส (Anthochlors) และ ออโรนัส (Auronus) เป็นรงควัตถุในพืชให้สีน้ำเงินแดง (Red-blue) คือ ให้สีช่วงสีแดงถึงสีน้ำเงินขึ้นกับชนิดของพืช พบในบลูเบอร์รี่ เชอรี่ องุ่นแดง หัวหอม กะหล่ำปลี เป็นต้น แอนโธคลอร์สเป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลือง พบมากในดอกไม้

7.2) ฟลาโวนอยด์ที่พบน้อย(Minor flavonoid) ฟลาโวนอยด์ที่พบน้อยในธรรมชาติ ได้แก่ ฟลาโวโนน (Flavonones) ฟลาวาน-3-ออล (Flava-3-ols) ไดไฮโดรฟลาโวน (Dihydroflavone) และ ไดไฮโดรชาล์โคน (Dihydrochalcones) กลุ่มนี้พบในพืชตระกูลส้ม (Citrus) องุ่น แต่จะพบในสวนที่เป็นน้ำ

7.3) ฟลาโวน (Flavone) และฟลาโวนอล (Flavonols) เป็นกลุ่มที่พบมากที่สุดของ ฟลาโวนอยด์ พบในบลูเบอร์รี่ เชอรี่หวาน บลอคคอลี่ ชาดำ ชาเขียว หัวหอม ไวน์แดง มันฝรั่ง มะเขือเทศ แครอท ผักขม ส้ม ผลแพร แอปเปิ้ล องุ่น เป็นต้น

7.4) ไอโซฟลาโวนอยด์ (Isoflavonoid) พบมากในพืชตระกูลถั่ว (Leguminosae; Legume) พวกนี้สามารถเปลี่ยนเป็นไอโซฟลาโวน (Isoflavone) เทอโรคาร์แปนส์ (Terocarpans) ไอโซฟลาวาน (Isoflavans) และโรทีนอยด์ (Rotenoid) ได้

2.1.12.6 สารต้านออกซิเดชั่นสังเคราะห์

สารต้านออกซิเดชั่นที่พัฒนาสังเคราะห์ขึ้นส่วนใหญ่จะออกแบบให้มีโมเลกุลขนาดเล็ก และใช้โครงสร้างของสารต้านออกซิเดชั่น ที่มีในธรรมชาติ นำมาดัดแปลงให้มีคุณสมบัติทางเคมี และมีฤทธิ์ ที่ดีขึ้น เช่น สารต้านออกซิเดชั่นที่พัฒนาจากสารต้านออกซิเดชั่นจากธรรมชาติ โดยพัฒนามาจากโครงสร้างของวิตามินอี และโครงสร้างสารโพลีฟีนอล

1) Trolox หรือ 6-hydroxy-2, 5, 7, 8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid มีสูตรโมเลกุลทางเคมีคือ $C_{14}H_{18}O_4$ เป็นอนุพันธ์ของวิตามินอีที่ดัดแปลงโครงสร้างโดยการเปลี่ยนสายอัลเคนเป็น หมู่คาร์บอกซิลิก มีสูตรโครงสร้างทำให้มีความสามารถละลายได้ดีในน้ำ แต่

เนื่องจากความสามารถในการละลายน้ำได้ดี จึงทำให้การออกฤทธิ์เร็วกว่าวิตามินอี โดยวิตามินต้องใช้เวลานานเป็นชั่วโมงหรือเป็นวัน ในขณะที่ Trolox ออกฤทธิ์เกือบจะทันทีในวิธีการตรวจสอบหลายวิธีในการวิจัยนิยม ใช้Trolox เป็นสารมาตรฐานในการตรวจสอบกจกรรมต้านออกซิเดชั่น

2) Gallic acid หรือ 3, 4, 5-hydroxybenzoic acid เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตร โมเลกุล ทางเคมีคือ $C_7H_6O_5$ Gallic acid เป็นส่วนประกอบของแทนนิน พบมากใน องุ่น ใบชา เปลือกไม้โอ๊ค และพืชอื่น ๆ โดยทั่วไปจะใช้เภ่ยวกับอุตสาหกรรมทางยา คุณสมบัติของ Gallic acid คือ สามารถยับยั้งเชื้อรา เชื้อไวรัส และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชั่นได้ดี

2.1.12.7 สารต้านอนมูลอิสระกับการป้องกันโรค

การศึกษาฤทธิ์ ทางชีวภาพของสารต้านอนุมูลอิสระได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอนุมูลอิสระส่งผลเสียต่อร่างกายและเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคหลายชนิดในมนุษย์ การศึกษาข้อมูลทางเภสัชวิทยาของสารต้านอนุมูลอิสระมีสารออกฤทธิ์พบว่า หลายชนิดที่มีส่วนส่งเสริมสุขภาพและป้องกันการเกิดโรคในมนุษย์ ซึ่งตัวอย่างการศึกษาเกี่ยวกับฤทธิ์ทางชีวภาพสูงสารต้านอนุมูลอิสระ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

Antioxidant compound	Perceived health benefit
β-Carotene, lutein	Antimutagenic
	Protective against breast cancer
Bromophenol	α-Glucosidase inhibition
Carraggeenan, oligosaccharide	Anti-tumor
Fucoidan	Anti-HIV
	Ameliorales hyperoxaluria
	Anticancer
	Protection against neurodegenerative disorder
Galactan sulfate	Anti-viral

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

Antioxidant compound	Perceived health benefit
Polyphenols	Vascular chemoprotection Antiproliferation Antimicrobial α-Glucosidase inhibition

ที่มา: เจนจิรา และประสงค์ (2554)

อนุมูลอิสระเกิดจากปัจจัยทั้งภายในและภายนอกร่างกาย เป็นสารที่ไม่เสถียรและมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา จึงสามารถจับโมเลกุลภายในร่างกายและส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อองค์ประกอบของเซลล์แล้วนำไปสู่การเสื่อมประสิทธิภาพ และเป็นสาเหตุของโรคหลายชนิด โดยเฉพาะโรคมะเร็ง อนุมูลอิสระถูกทำลายด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งทำหน้าที่ให้ความเสถียรกับโมเลกุลของอนุมูลอิสระ ปกติร่างกายมนุษย์จะมีสารต้านอนุมูลอิสระคอยดักจับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น หากมีปริมาณมากเกินไปร่างกายจำเป็นต้องได้รับจากภายนอก สารต้านอนุมูลอิสระมีทั้ง ชนิดสังเคราะห์และมาจากธรรมชาติโดยเฉพาะผักผลไม้ ผลการศึกษาชี้ชัดว่า สารต้านอนุมูลอิสระมีฤทธิ์ในการยับยั้งอันตรายของอนุมูลอิสระ ในปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับอนุมูลอิสระอย่างกว้างขวางทั้งในส่วนของการค้นหาชนิดและศึกษาฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระรวมทั้งความเกี่ยวโยงของโรคที่เกิดจากอนุมูลอิสระและกลไกการป้องกันจากสารต้านอนุมูลอิสระ

2.1.13 แอนโทไซยานิน (Anthocyanins)

แอนโทไซยานิน มีชื่อมาจากรากศัพท์เดิมของกรีก คือ Anthos แปลว่า ดอกไม้ และ Kyanos แปลว่า สีน้ำเงิน แอนโทไซยานินจึงหมายถึง ดอกไม้สีน้ำเงิน แอนโทไซยานินเป็นรงวัตถุที่ละลายน้ำได้ (Water-soluble pigments) จัดอยู่ในกล่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) สีของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะความเป็นกรด - ด่าง โดยมีสีน้ำเงินเข้มในสภาวะที่เป็นด่าง (pH มากกว่า 7) มีสีมวงเมื่อเป็นกลาง (pH 7) และจะเปลี่ยนเป็นสีแดงส้มในสภาวะที่เป็นกรด (pH น้อยกว่า 7) สามารถพบแอนโทไซยานินได้ทั่วไปในแวคิวโอลและเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวของดอก ผล และใบของพืชดอก (Angiosperms) ยกเว้นในพืชพวกตะบองเพชร ผักกาดหัว ผักโขม และสาหร่าย (Algae) บางครั้งพบในเนื้อเยื่อพืช (Plant issue) ได้แก่ราก หัวใต้ดินของพืช (Tuber) หน่อย่อย (Bulbil) ลำต้น และพืชเมล็ดเปลือย (Gymnosperms) ต่างๆ เช่น เฟิร์น และไบโอไฟต์ (Bryophytes) นอกจากแอนโทไซยานินจะทำให้ดอกไม้มีสีสันสวยงามแล้วยังช่วยป้องกันพืชไม่ให้ได้รับอันตราย จากสิ่งแวดล้อมและแมลงต่างๆ แอนโทไซยานิน จากธรรมชาติสามารถนำมาประยุกต์ใช้ใน อุตสาหกรรม

อาหารเครื่องดื่มและผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้หลายชนิดแต่ที่ได้รับความสนใจมากใน ปัจจุบันคือคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Anti-oxidant) จึงมีแนวโน้มนำมาประยุกต์ใช้ ในด้านสุขภาพและความงาม โดยช่วยลดการเกิดริ้วรอยของผิวจากรังสียูวีและมลภาวะ อีกทั้งช่วยป้องกันเซลล์เส้นผมไม่ให้อ่อนแอและทำให้เส้นผมเงางามแข็งแรง (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2553)

2.1.14 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

การวิเคราะห์อาหารเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร หรือผลิตภัณฑ์อาหาร มีวัตถุประสงค์เพื่อจะได้ทราบว่าอาหารนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการเป็นอย่างไร และมีส่วนประกอบทางเคมีเป็นที่ยอมรับว่าได้มาตรฐานหรือไม่ซึ่งชนิดของตัวอย่างอาหารที่นำมาวิเคราะห์จะแตกต่างกัน ดังนั้น ชนิดของตัวอย่างอาหารและวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ จะเป็นตัวกำหนดวิธีการวิเคราะห์ที่จะเลือกใช้ โดยเฉพาะความรวดเร็ว ความแม่นยำ และความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ที่ได้ เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสม นอกจากนี้การวิเคราะห์จะประสบความสำเร็จได้ ยังขึ้นอยู่กับวิธีการสุ่มเลือกตัวอย่างอาหาร และและวิธีการเตรียมตัวอย่างอาหารที่จะนำมาวิเคราะห์ รวมทั้งการคำนวณและผลการทดลองที่วิเคราะห์ได้ การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบหลักในอาหารมีกลุ่มใหญ่ ๆ 6 กลุ่ม ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบหลักในอาหาร

กลุ่มสาร	วิธีการวิเคราะห์
ความชื้น (moisture cotent)	การวิเคราะห์ความชื้นด้วยการอบแห้ง
เถ้า (ash)	เผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส
โปรตีนรวม (crude protein ,CP)	Kjeldahl method
ไขมัน (ether extract ,EE)	สกัดตัวอย่างด้วยปีโตรเลียมอีเทอร์
ใยอาหาร (fiber)	
คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (nitrogen free extract, NFE)	

ที่มา: พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา (2562)

2.1.14.1 ความชื้น (moisture content)

ความชื้นเป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร เป็นสมบัติที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งของอาหาร เนื่องจากความชื้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหาร (food spoilage)

โดยเฉพาะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ (microbial spoilage) ซึ่งกระทบต่ออายุการวางจำหน่าย (shelf life) อาหารที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำสูงจะเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่าย (perishable food) เนื่องจากมีสภาวะเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ และรา ความชื้นมีผลต่อความปลอดภัยทางอาหาร (food safety) อาหารที่มีน้ำสูงเหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) และการสร้างสารพิษ (toxin) ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ รวมถึงการสร้างสารพิษของรา (mycotoxin) เช่น aflatoxinและ patulinซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ความชื้นมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงความร้อนของอาหารด้านต่าง ๆ เช่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด การนำความร้อน (thermal conductivity) ความร้อนจำเพาะ (specific heat) ความชื้นมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของอาหาร ได้แก่ เนื้อสัมผัส (texture) เช่น ความกรอบ ความหนืด (viscosity) การเกาะติดกันเป็นก้อน (caking) ความชื้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ที่มีผลกระทบทางลบต่ออาหารระหว่างการเก็บรักษา เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของลิพิด (lipid oxidation) ความชื้นมีผลต่อการกำหนดราคาสินค้า เช่น ข้าว เมล็ดธัญพืช กำหนดราคารับซื้อผันแปรตามปริมาณความชื้นปริมาณความชื้น นิยมบอกเป็นเปอร์เซ็นต์มี 2 รูปแบบคือ

1) ความชื้นฐานเปียก (wet basis) เป็นค่าความชื้นที่มักใช้ในทางการค้า เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ความชื้นโดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน มักบอกเป็นเปอร์เซ็นต์

2) ความชื้นฐานแห้ง (dry basis) เป็นค่าที่นิยมใช้กันในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้ง (dehydration) ช่วยให้คำนวณได้สะดวก เนื่องจากน้ำหนักแห้งของอาหารจะคงที่ อาจบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ หรือ จำนวนกรัมของน้ำต่อจำนวนกรัมของของแข็ง (g H_2O/ g solid)

การวัดความชื้นของอาหารน้ำที่มีอยู่ในอาหารแต่ละชนิดมีการยึดติดอยู่ในโครงสร้าง หรือโมเลกุลของสารอื่น ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของอาหารในรูปแบบ และความแข็งแรงต่างกัน ทำให้เทคนิคที่ใช้สำหรับการหาความชื้นของอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกันไป ทั้งความยากง่าย ความซับซ้อนของอุปกรณ์ และความถูกต้องแม่นยำของค่าที่ได้ วัตถุประสงค์หลักของบทนี้จึงเป็นการแนะนำให้รู้จักวิธีการหาความชื้นในอาหารแบบต่าง ๆ ข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธี เพื่อสามารถเลือกนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม

- การวัดความชื้นโดยตรง (direct method) เป็นการวัดปริมาณที่มีอยู่ในอาหารโดยตรง สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การแยกเอาน้ำออกด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น การอบแห้งทำให้น้ำระเหยออกไป การกลั่นแยกเอาน้ำออกจากอาหาร หรือการใช้วิธีการทางเคมี โดยการใช้สารเคมีทำปฏิกิริยากับน้ำ เป็นต้น วิธีการวัดโดยตรงเป็นการวัดที่ทำลายตัวอย่าง แต่ละวิธีจะมีความถูกต้องแตกต่างกัน วิธีที่มีการยอมรับกันทั่วไปว่ามีความถูกต้องแม่นยำสูง จะนิยมใช้เป็นค่าความชื้นมาตรฐานเพื่อใช้ปรับเทียบค่าที่ได้จากการวัดด้วยวิธีการอื่นๆ ก่อนนำค่าที่ได้ไปใช้ประโยชน์

- การวัดโดยอ้อม (indirect methods) เป็นการวัดสมบัติทางไฟฟ้าของเมล็ดพืชด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น วัดค่าความจุไฟฟ้า การวัดความชื้นโดยทางอ้อมมีจุดเด่นตรงรู้ผลเร็ว สะดวก และทำได้บ่อย จุดด้อยคือ ค่าที่ได้จากการวัดเป็นค่าโดยประมาณการ การวัดโดยอ้อมวัดได้หลายวิธีเช่นกันคือ

1) การวัดความต้านทานไฟฟ้า (resistance) อุปกรณ์วัดความต้านทานไฟฟ้าของเมล็ดพืช ทำได้โดยบรรจุเมล็ดพืชตัวอย่างลงช่องว่างระหว่างขั้วไฟฟ้าในภาชนะปิดแน่น ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้จะแปรเป็นค่าปริมาณความชื้น

2) ความจุไฟฟ้า (capacitance) ตัวอย่างจะถูกบรรจุในภาชนะปิด โดยผนังภาชนะทำหน้าที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าความถี่สูงออกมา การวัดวิธีนี้จำเป็นต้องใช้ตารางคาลิเบรชัน (calibration) ประกอบด้วยค่าความชื้นที่ได้จากการวัดด้วยวิธีนี้จะมีความแม่นยำมากกว่าการวัดจากค่าความต้านทานไฟฟ้า

3) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) เป็นวิธีหาค่าความชื้นในเมล็ดพืชจากการวัดความชื้นสัมพัทธ์ในช่องอากาศระหว่างเมล็ด เนื่องจากปริมาณความชื้นในเมล็ดจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในช่องอากาศระหว่างเมล็ดเปลี่ยนแปลง ซึ่งความถูกต้องของค่าความชื้นที่วัดได้จากวิธีนี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของความชื้น ดังนั้นการวัดด้วยวิธีนี้ต้องรอเวลานานประมาณ 1-2 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นสัมพัทธ์ในช่องอากาศต่าง ๆ เกิดสมดุลก่อนวัดเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง

2.1.14.2 เถ้า (ash) เป็นส่วนของสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหาร ซึ่งเหลืออยู่ภายหลังจากการเผาไหม้ หรือเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นอย่างสมบูรณ์ของสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ในอาหารกับออกซิเจนได้เป็นสารประกอบออกไซด์ที่ระเหยได้ เถ้าที่เหลืออยู่เป็นออกไซด์ของแร่ธาตุต่าง ๆ ที่ระเหยไม่ได้การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าหยาบทำได้โดยการนำตัวอย่างอาหารไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 500-550 องศาเซลเซียส ของแข็งที่เหลืออยู่ภายหลังการเผาจะเป็นออกไซด์ของโลหะ (metal oxides) ปริมาณเถ้าเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของส่วนประกอบที่เป็นอนินทรีย์ (inorganic constituents) ตัวอย่างออกไซด์ที่พบในเถ้า เช่น Na2O, K2O, CaO, MgO, MnO, Al2O3, Fe2O3, SiO2, P2O5 เมื่อนำเถ้าไปละลายในน้ำจะได้สารละลายที่เป็นด่าง หรืออยู่ในรูปไฮดรอกไซด์ ซึ่งนำไปวิเคราะห์หา alkalinity of ash ได้

2.1.14.3 โปรตีนรวม (crude protein ,CP) วิธีเจลดาห์ล (Kjeldahl method) เป็นการวิเคราะห์โปรตีนในอาหาร โดยการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวอย่าง วิธีนี้พัฒนาโดย Dane Johan Kjeldahlเป็นชาวเดนมาร์ก ในช่วงปี ค.ศ.1800 เป็นวิธีที่ใช้วัดปริมาณโปรตีน อย่างแพร่หลาย ได้รับการยอมรับว่ามีความแม่นยำ สามารถใช้ได้กับอาหารหลากหลายชนิด รวมทั้งอาหารสัตว์ การย่อยสลายโปรตีน ซึ่งประกอบด้วยกรดแอมิโน (amino acid) ที่มีไนโตรเจน

เป็นส่วนประกอบใน amino group การย่อยสลายโปรตีน จะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมา และถูกเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนีย

การวิเคราะห์หาโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ

1) การย่อยตัวอย่าง (digestion) ด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น ไนโตรเจนในตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต (NH4)2SO4 ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงโดยมีสารเร่งปฏิกิริยา เช่น CuSO4, Se, HgSO4, HgOหรือ FeSO4

2) การกลั่นแอมโมเนีย (distillation) โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ มาทำปฏิกิริยากับเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตที่ได้จากการย่อยตัวอย่างแล้ว จะได้ก๊าซแอมโมเนีย ซึ่งจับก๊าซนี้ได้ด้วยสารละลายบอริก

3) การไทเทรตเพื่อหาปริมาณไนโตรเจน (titration) เป็นการนำสารละลายกรดบอริก ซึ่งจับก๊าซแอมโมเนียไว้ มาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก

4) การคำนวณ นำปริมาณสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริค ที่ใช้ในการไทเทรตไปคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน แล้วคูณกับ Kjeldahl factor ซึ่งค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนในโปรตีนอยู่ที่ร้อยละ 16 ได้เป็นค่าปริมาณโปรตีนหยาบ (crude protein)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศรศักดิ์ (2565) ได้ศึกษา ผลของน้ำผึ้งต่อการรักษาคุณสมบัติของสารแอนโทไซยานิน วิตามินซี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำลูกหม่อนเนกต้า พบว่า ณ ปัจจุบันประชาชนให้ความสนใจเลือกบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น ผักและผลไม้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำมาแปรรูปเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค น้ำผลไม้เนกต้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยม โดยมีการเติมสารให้ความหวานเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา รวมทั้งช่วยให้สารที่มีประโยชน์ เช่น สารพฤกษเคมีต่างๆ ในผลิตภัณฑ์มีความเสถียรมากขึ้น ถึงแม้ว่าสารให้ความหวานที่นำมาใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรมอาหารจะได้รับรองความปลอดภัย แต่อาจจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวได้ การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของสารทดแทนความหวานระหว่างน้ำผึ้งและแซ็กคาริน ที่เติมลงในน้ำลูกหม่อนผงสกัดหยาบ ในแง่ของการรักษาสารแอนโทไซยานิน วิตามินซี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 25 ถึง 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 42 วันซึ่งพบว่า ความเข้มข้นของน้ำผึ้ง 7.5%(H-1) และแซกคารีน 0.008%(S-1) ทำให้มีสารแอนโทไซยานินคงอยู่ได้ดีที่สุดคือ 1774.30±31.43 และ 1886.37±27.14 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และช่วยให้ค่าครึ่งชีวิตของแอนโทไซยานินมีอายุที่นานยิ่งขึ้นคือ 83.01 และ 97.83 วัน ตามลำดับ ยิ่งไปกว่านั้นความเข้มข้นของสารให้ความหวานดังกล่าวยังช่วยรักษาปริมาณวิตามินซีได้ที่ 12.99±0.44 และ 6.09±0.12 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร และรักษาฤทธิ์คุณลักษณะในการเก็บกินอนุมูลอิสระ

(DPPH•EC50) มีค่า 24.91±0.11 และ 33.67±0.18 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สำหรับการวิเคราะห์ฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระ (FRAP assay) พบว่าความเข้มข้นของสารให้ความหวานดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 118.44±2.79 และ 163.31±2.64 มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิก/มิลลิลิตร จากข้อมูลยังกล่าวชี้ให้เห็นว่าความเข้มข้นสูงสุดของน้ำผึ้ง (7.5%) สามารถรักษาสารสำคัญในน้ำผลไม้เนกต้าได้ ซึ่งให้ผลคล้ายกับความเข้มข้นสูงสุดของแซคคาริน (0.008%) ที่ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ฉะนั้นการนำน้ำผึ้งซึ่งเป็นสารทดแทนความหวานที่พบในธรรมชาติ ทดแทนการใช้สารให้ความหวานประเภทสารสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมน้ำดื่มผลไม้ จึงเป็นสิ่งที่ควรตระหนักในแง่ของการลดความเสี่ยงต่อสุขภาพมนุษย์ในกรณีที่มีการใช้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน

นิดา และคณะ (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาน้ำสลัดโยเกิร์ตเสริมหม่อน มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาอัตราส่วนของลูกหม่อนสายพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ต่อน้ำ (หม่อน : น้ำ) ของการผลิตน้ำสลัดโยเกิร์ตเสริมหม่อนโดยแบ่งน้ำสลัดออกเป็น 5 สูตรคือ Control, 1:1, 1:2,1:3 และ 1:4 ตามลำดับ พบว่า น้ำสลัดโยเกิร์ตหม่อนสูตร 1:1 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 169.79+8.3 1และ 175.31+4.37 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/มิลลิลิตรเมื่อตรวจสอบด้วยวิธี DP PH และวิธี ABTS มีปริมาณนอลิกรวมเท่ากับ 0.88+0.13 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/มิลลิลิตรนอกจากนั้นน้ำสลัดโยเกิร์ตหม่อนสูตร 1:1 มีค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและจำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกเท่ากับ 4.33+0.01, 9.67+0.58 องศาบริกซ์, 0.28+0.01 เปอร์เซ็นต์ และ 1.8x 10 CFU/ มิลลิลิตรตามลำดับ เมื่อนำน้ำสลัดโยเกิร์ตหม่อนสูตร 1:1 มาศึกษาระยะการเก็บของน้ำสลัดเป็นระยะเวลา 6 วันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสพบว่าคุณสมบัติทางด้านเคมี จำนวนแบคทีเรียผลิตกรดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระยังคงอยู่ตลอดการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าหม่อนสามารถนำมาพัฒนาเป็นน้ำสลัดโยเกิร์ตที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง

ไผ่แดง และสุวลี (2564) ได้ศึกษาผลของการใช้ความร้อนกับแป้งปลายข้าวเพื่อผลิตขนมปังโดยการนำไปทดแทนแป้งสาลีบางส่วน นำแป้งปลายข้าวไปให้ความร้อนแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิสองสภาวะ ได้แก่ 90 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง จากนั้นตรวจสอบคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังทดแทนด้วยแป้งปลายข้าวผ่านการให้ความร้อนเปรียบเทียบกับขนมปังทดแทนด้วยแป้งปลายข้าวไม่ผ่านการให้ความร้อนและขนมปังทำจากแป้งสาลีที่เป็นตัวอย่างควบคุม พบว่าขนมปังจากแป้งปลายข้าวที่มีการให้ความร้อนมีปริมาณความชื้นสูงกว่าขนมปังจากแป้งปลายข้าวที่ไม่ให้ความร้อน การให้ความร้อนกับแป้งปลายข้าวที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้รับขนมปังที่มีปริมาตรจำเพาะสูงสุด (2.80 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม) และให้คำความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อเทียบกับขนมปังจากแป้งสาลี ขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งปลายข้าวไม่ผ่านการให้ความร้นได้รับผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาตรต่ำ ก้อนขนมปังเกิดการยุบตัว และเนื้อสัมผัสด้านความยืดหยุ่นต่ำ สำหรับ

คะแนนการยอมรับโดยรวมจากผู้ทดสอบชิมพบว่าขนมปังที่มีการให้ความร้อนกับแป้งปลายข้าวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ให้รับคะแนนสูงถึง 6.67 เมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังที่ไม่มีการให้ความวันกับแป้งที่ได้รับคะแนน 4.43 ดังนั้น การให้ความร้อนกับแป้งปลายข้าวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ช่วยในการปรับปรุงปริมาตรโดยรวม โครงสร้างของเนื้อขนมปัง เนื้อสัมผัส และการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสทุกด้านของขนมปัง ผลการศึกษาที่ได้นี้ถือเป็นการปรับปรุงคุณภาพที่ดีขึ้นของขนมปังที่มีการทดแทนเป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวสำหรับผู้บริโภค นอกจากนี้ยังสมารถนำไปพัฒนาต่อยอดการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทต่างๆ ที่มีการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยเป้งจากพืชชนิดอื่นเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ และจำหน่ายในตลาดผู้บริโภคที่รักสุขภาพได้ในอนาคต

จิตรา (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งแก่นตะวัน ซึ่งพบว่ามีความชื้น เถ้า เยื่อใยหยาบ โปรตีนไขมันและอะไมโลส ร้อยละ 7.52, 3.40, 3.10, 4.10, 2.51 และ 0.04 ตามลำดับ โดยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่คือ คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 82.36 ประกอบด้วยใยอาหารที่ละลายน้ำ ร้อยละ 40.07 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ร้อยละ 13.04 และใยอาหารทั้งหมด ร้อยละ 53.11 สำหรับค่าความหนืดพบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของแป้งแก่นตะวันจะทำให้ค่า peak viscosity, final viscosity, breakdown และ setback ของแป้งขนมปังมีแนวโน้มลดลง แต่เมื่อทำการเติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.5 ส่งผลให้ค่าดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อนำแป้งแก่นตะวันมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ระดับร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 พบว่าระดับที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาตรและปริมาตรจำเพาะลดลง เนื้อสัมผัสแข็งขึ้น ค่าการเกาะตัวและความยืดหยุ่นลดลง ความยากในการเคี้ยวมากขึ้น แต่เมื่อทำการเติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.5 ส่งผลให้ปริมาตรจำเพาะของขนมปังเพิ่มขึ้น เนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น ค่าการเกาะตัวและความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น เมื่อทำการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่าขนมปังที่มีการเติมแป้งแก่นตะวันที่ระดับร้อยละ 5 ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

จักรพันธ์ (2558) ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระของผลหม่อนสด ศึกษากระบวนการผลิตน้ำผลหม่อนผสมเนื้อผลหม่อนเข้มข้น ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระหลังกระบวนการผลิตนาผลหม่อนผสมเนื้อผลหม่อนเข้มข้นรวมถึงการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำผลหม่อนผสมเนื้อผลหม่อนเข้มข้น โดยใช้สารให้ความหวาน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลทราย น้าผึ้ง และซูคราโลส วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan’s new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมันทางสถิติ 95 เปอร์เซ็น ผลการทดลองพบว่าคุณค่าโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระของผลหม่อนสดมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 0.46

± 0.00 0.07 ± 0.01 1.44 ± 0.38 และ 8.9 ± 0.40 g/100 g น้ำหนักสดตามลำดับ สารแอนโธไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี ลูทีน และ DPPH เท่ากับ 113.75 ± 0.14 mg/100g 3.48 ± 0.03 mgGAE/g 0.83 ± 0.05 mg/100g 21.89 ± 0.65 mcg/100g และ 183.00 ± 2.00 mgAAE/100g ตามลำดับ ทำการคัดเลือกสูตรเบื้องต้นโดยควบคุมปริมาณของแข็งที่ละลายได้และความหนืดให้ใกล้เคียงกบผลิตภัณฑ์ทางการค้าจนได้สูตรมาตรฐาน 3 สูตร ที่ปริมาณน้ำตาลทรายและน้ำผึ้ง ร้อยละ7.70 ซูคราโลสร้อยละ 0.96 หลังกระบวนการพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 62.8 - 65.6 องศาเซลเซียสนาน 30 นาทีและทำให้เย็นทันที พบว่าปริมาณคุณค่าทางโภชนาการและ สารต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงจากผลสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ p≤(0.05) แต่สูตรผสมน้ำตาลทรายและซูคราโลส ปริมาณคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ p> (0.05) การประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคจำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมในสูตรน้ำตาลทรายกับซูคราโลส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ p>(0.05) และมีปริมาณจุลินทรีย์ที่กำหนดอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยหรับการบริโภคตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

กรมหม่อนไหม (ม.ป.ป.) ศึกษาผลิตเยลลี่จากผลหม่อนเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารของเยลลี่ผลไม้รวม ทั้งเพิ่มคุณค่าผลผลิตทางการเกษตรด้วยกระบวนการผลิตเยลลี่ผลหม่อนที่เหมาะสม คือ เตรียมผลหม่อนห่าม (แดง) : ผลหม่อนสุกเต็มที่ (ม่วง) ในอัตรา 2:1 ผสมน้ำ 3 เท่า เติมกรดซิตริก 0.8 เปอร์เซ็นต์ ทำการคั้น กรอง จนได้น้ำหม่อนสดจากนั้นจึงนำมาผสมน้ำเชื่อมและคาราจีแนน 1.5 เปอร์เซ็นต์ จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าเยลลี่น้ำผลหม่อน 20 เปอร์เซ็นต์ น้ำตามทราย 30เปอร์เซ็นต์ ให้รสชาติ กลิ่น สี เนื้อ สัมผัส และความชอบรวมใกล้เคียงกับเยลลี่ในอุดมคติมากที่สุด จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่า เยลลี่ผลหม่อนให้โปรตีน 0.08 กรัม คาร์โบไฮเดรต 34.19 กรัม เหล็ก 0.11 มิลลิกรัม แคลเซียม 1.06 มิลลิกรัม และพลังงาน 146.17 กิโลแคลอรี่ต่อเยลลี่ 100 กรัม ถึงคุณค่าทางอาหารจะไม่สูงนัก แต่ก็ยังมีข้อดีกว่าเยลลี่ทั่วไปตามท้องตลาด เนื่องจากไม่ได้ใส่สีสังเคราะห์และสารกันบูด โดยใช้น้ำผลหม่อนซึ่งเป็นสีและกลิ่นธรรมชาติ และยังเป็นการเพิ่มคุณค่าของผลผลิตทางการเกษตร จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าใช้น้ำหม่อน 20 เปอร์เซ็นต์, น้ำตาลทราย 30 เปอร์เซ็นต์ ให้รสชาติ กลิ่น สี เนื้อสัมผัสและความชอบรวมที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุในการทำขนมปัง และขนมปังน้ำลูกหม่อน

3.1.1.1 แป้งสาลีขนมปัง

3.1.1.2 ยีสต์ผง

3.1.1.3 สารเสริมคุณภาพเอ็มเพล็ก

3.1.1.4 สารเสริมคุณภาพ KS 505

3.1.1.5 นมผง

3.1.1.6 เกลือป่น

3.1.1.7 น้ำตาลทราย

3.1.1.8 เนยสดจืด

3.1.1.9 เนยขาว

3.1.1.10 น้ำเย็น

3.1.1.11 น้ำลูกหม่อน

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำขนมปัง และขนมปังน้ำลูกหม่อน

3.1.2.1 อ่างผสม

3.1.2.2 ช้อนตวง

3.1.2.3 พายยาง

3.1.2.4 แปรงทาเนย

3.1.2.5 ถาดอบ

3.1.2.6 เตาอบ ยี่ห้อ Sharp ขนาด 60 ลิตร

3.1.2.7 เครื่องผสมอาหาร 20 ลิตร ยี่ห้อ Champ ขนาด 20 ลิตร

3.1.2.8 พิมพ์ขนมปังพร้อมฝาปิด

3.1.2.9 เครื่องชั่งดิจิทัล

3.1.2.10 เครื่องชั่งดิจิทัลทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.1.3 อุปกรณ์เครื่องมือในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และสารแอนติออกซิแดนท์

3.1.3.1 พลังงาน Energy (kcal) วิเคราะห์ตามวิธีการ By calculation

3.1.3.2 ความชื้น Moisture (g) วิเคราะห์ตามวิธีการ AOAC (2019) 952.45

3.1.3.3 โปรตีน Protein (g) วิเคราะห์ตามวิธีการ AOAC (2019) 991.20

3.1.3.4 ไขมันรวม Total Fat (g) วิเคราะห์ตามวิธีการ AOAC (2019) 922.06

3.1.3.5 คาร์โบไฮเดรตรวม Total Cabohydrate (g) วิเคราะห์ตามวิธีการ By calculation

3.1.3.6 ใยอาหาร Dietary (g) วิเคราะห์ตามวิธีการ AOAC (2019) 985.29

3.1.3.7 ปริมาณเถ้า Ash วิเคราะห์ตามวิธีการ AOAC (2019) 930.30

3.1.3.8 สารต้านอนุมูลอิสระ Total antioxidant activity (FRAP) (umoles TE) วิเคราะห์ตามวิธีการ Benzie IF and Strain JJ., Anal Biochem 1996 ; 239(1) : 70-6.

3.1.3.9 สารต้านอนุมูลอิสระ Total antioxidant activity (ORAC) (umoles TE) วิเคราะห์ตามวิธีการ Ou B., et al. J Agric Food Chem 2001. 49 (10): 4619-26

3.1.3.10 สารต้านอนุมูลอิสระ Total antioxidant activity (DPPH) (mg TE) วิเคราะห์ตามวิธีการ Katsuke T. J Agric Food Chem 2004, 52(8): 2391-2396.

3.1.3.11 โฟลิฟีนอลรวม Total polyphenol (mg eq GA) วิเคราะห์ตามวิธีการ Lu J, et al. J Agric Food Chem 2007, 55: 10994-11001

3.2 วิธีการ

3.2.1 การศึกษาสูตรพื้นฐานขนมปัง

การทดลองครั้งนี้ได้ศึกษาพื้นฐานของสูตรขนมปัง 3 สูตร เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้ชิม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 - Point Hedonic Scale) ใช้ผู้ชิม 80 คน ซึ่งเป็นอาจารย์ และนักศึกษา คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และคณะครู นักเรียน โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) นนทบุรี

3.2.2 การศึกษาปริมาณน้ำลูกหม่อนที่ทดแทนส่วนผสมของน้ำในขนมปัง

นำสูตรขนมปังที่ได้รับการยอมรับจากการชิม มาศึกษาปริมาณน้ำลูกหม่อนที่แตกต่างกัน คือ 10 %, 15 % และ 20 % ทดแทนส่วนผสมของน้ำในขนมปัง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 - Point Hedonic Scale) ใช้ผู้ชิม 80 คน ซึ่งเป็นอาจารย์ และนักศึกษา คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และคณะครู นักเรียน โรงเรียนบดินทรเดชา(สิงห์ สิงหเสนี) นนทบุรี

3.2.3 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมปังสูตรพื้นฐาน และขนมปังสูตรทดแทนน้ำลูกหม่อน

3.2.4 วิเคราะห์การออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์การออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH FRAP และ ORAC ปริมาณโพลีฟินอล ในขนมปังสูตรมาตรฐาน และขนมปังสูตรทดแทนน้ำลูกหม่อน

3.2.5 การวิเคราะห์ผล

นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

3.2.6 สถานที่ทำการทดลอง

3.2.6.1 ห้องเบเกอรี่ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) นนทบุรี

3.2.6.2 ทดสอบทางประสาทสัมผัส คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และโรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) นนทบุรี

3.2.6.3 การตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

3.2.7 ระยะเวลาในการทำการทดลอง

การทดลองครั้งนี้เริ่มตั้งแต่ ตุลาคม 2562 – ตุลาคม 2563

ผสมแป้ง ยีสต์ เอ็มเพล็ก เข้าด้วยกัน ในเครื่องผสมให้เข้ากัน

↓

ผสม น้ำเย็นจัด เกลือป่น น้ำตาลทราย ให้เข้ากัน เติมลงในส่วนผสมแป้ง นวดพอเข้ากัน เติม เนยขาว นวดนานประมาณ 20 นาที

↓

นำแป้งโดที่นวดได้ แบ่งเป็นก้อนๆ ละ 500 กรัม คลึงให้เป็นก้อนกลม พักไว้ นาน ประมาณ 5 นาที รีดแป้งโดเป็นแผ่น จากนั้นม้วนเป็นท่อนกลมให้แน่น ตัดแป้งเป็น 4 ท่อน วางเรียงในพิมพ์อบขนมปังแซนวิช ที่ทาเนยขาวแล้ว พักให้ประมาณ 3/4 พิมพ์หรือเกือบเต็มพิมพ์ โดยปิดฝาพิมพ์ไว้

↓

นำแป้งโดที่พักไว้ เข้าอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30-40 นาที

↓

นำขนมออกจากเตาอบ คว่ำออกจากพิมพ์ พักให้ขนมปังเย็น บนตะแกรงพักขนม หั่นเป็นแผ่นเก็บใส่ภาชนะปิดสนิท

แผนภาพที่ 3.1 การทำขนมปัง สูตรที่ 1

ที่มา: เจตนิพัทธ์ (2558)

ผสมแป้งขนมปัง น้ำตาล เกลือ สารเสริมคุณภาพขนมปัง ยีสต์ นมผง รวมกัน

↓

นำเนยสดและเนยขาวใส่ในแป้งที่ผสมไว้แล้ว บี้แป้งกับเนยจนเป็นเม็ดทราย เทน้ำใส่ลงไปแล้วนวดให้เข้ากันประมาณ 15 นาที

↓

ตรวจสอบดูเนื้อแป้งขนมปังได้ที่แล้วจากนั้นขึ้นรูปขนมปังให้เป็นก้อนกลมแล้วนำไปพักจนขนมปังขึ้น 2 เท่า

↓

เมื่อขนมปังขึ้นได้ที่แล้วนำออกมาทุบไล่อากาศจนหมดจากนั้นนำไปรีดให้มีความหนาเท่ากันแล้วม้วนให้กลมแน่น 500 กรัม โดยจะต้องมีความยาวพอดีกับความยาวของพิมพ์ขนมปังแล้วใช้นิ้วกดให้ขนมปังติดขอบพิมพ์ทุกด้านจากนั้นพักขนมปังให้ขึ้นเกือบเต็มพิมพ์ 30 นาที

↓

เมื่อขนมปังขึ้นได้ที่แล้ว นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส อบจนผิวขนมปังมีสีน้ำตาลทองเมื่อสุกได้ที่นำออกจากพิมพ์ทันที

แผนภาพที่ 3.2 การทำขนมปัง สูตรที่ 2

ที่มา: พงศ์เทพ (2557)

ผสมแป้งขนมปัง ยีสต์ และน้ำ ผสมรวมกัน พักไว้ 2 ชั่วโมง

↓

นำส่วนผสมในขั้นตอนแรกลงในเครื่องผสม แล้วใส่ส่วนผสมที่เหลือ (น้ำตาล เกลือ นมผง เนยขาว) ลงไปในเครื่องผสม 10 นาที

↓

ตรวจสอบดูเนื้อแป้งขนมปังได้ที่แล้วจากนั้นขึ้นรูปขนมปังให้เป็นก้อนกลมแล้วนำไปพักจนขนมปังขึ้น 2 เท่า 20 นาที

↓

เมื่อขนมปังขึ้นได้ที่แล้วนำออกมาทุบไล่อากาศจนหมดจากนั้นนำไปรีดให้มีความหนาเท่ากันแล้วม้วนให้กลมแน่น 500 กรัม โดยจะต้องมีความยาวพอดีกับความยาวของพิมพ์ขนมปังแล้วใช้นิ้วกดให้ขนมปังติดขอบพิมพ์ทุกด้าน จากนั้นพักขนมปังให้ขึ้นเกือบเต็มพิมพ์ 30 นาที

↓

เมื่อขนมปังขึ้นได้ที่แล้ว นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส อบ 60 นาที

แผนภาพที่ 3.3 การทำขนมปัง สูตรที่ 3

ที่มา: จิตธนา และอรอนงค์ (2560)

นำลูกหม่อนสดมาล้างให้สะอาด เด็ดขั้วเขียวออก

↓

นำใส่เครื่องปั่น ปั่นด้วยความเร็วสูงสุด 2 นาที

↓

นำส่วนที่ปั่นละเอียดแล้วมากรองด้วยผ้าขาวบาง

↓

บรรจุลงขวดทึบแสง ปิดฝาให้สนิท พร้อมใช้ หรือนำแช่ช่องแช่แข็ง เพื่อรักษาคุณภาพน้ำลูกหม่อนเข้มข้น

แผนภาพที่ 3.4 การทำน้ำลูกหม่อนเข้มข้น

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาการสร้างสูตรพื้นฐานขนมปัง

4.1.1 การศึกษาสูตรมาตรฐานของขนมปัง

การศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการผลิตขนมปังโดยใช้สูตรพื้นฐาน จำนวน 3 สูตร และนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9- PointHedonic Scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 80 คน ที่ไม่ผ่านการฝึกชิม ซึ่งเป็นอาจารย์และนักศึกษาสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และคณะครูนักเรียน โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) นนทบุรี นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD) และค่าเฉลี่ย ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังจำนวน 3 สูตร ผลแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังจำนวน 3 สูตร

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ค่าเฉลี่ย		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ	7.77 ± 0.68 ^{b}	**8.40 ± 0.72** ^{a}	7.37 ± 0.81 ^{c}
สี	7.83 ± 0.59 ^{b}	**8.37 ± 0.81** ^{a}	7.30 ± 0.79 ^{c}
กลิ่น	7.87 ± 0.86 ^{a}	**8.10 ± 0.80** ^{a}	7.40 ± 0.81 ^{b}
รสชาติ^{ns}	**8.03 ± 0.76**	7.93 ± 0.83	7.60 ± 1.16
เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม)	7.77 ± 0.94 ^{ab}	**7.97 ± 0.85** ^{a}	7.27 ± 1.17 ^{b}
ความชอบโดยรวม	7.93 ± 0.74 ^{a}	**8.03 ± 0.81** ^{a}	7.47 ± 1.00 ^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ0.05

ns ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4.1 พบว่าขนมปังสูตรพื้นฐานสูตรที่ 2 ผู้ชิมให้การยอมรับด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) และความชอบโดยรวม ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 8.40 8.37 8.10 7.97 และ 8.03 ตามลำดับ มีความชอบในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ส่วนขนมปังสูตรพื้นฐานสูตรที่ 1 ผู้ชิมให้การยอมรับด้านรสชาติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 8.03 มีความชอบในระดับชอบมาก เมื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างพบว่า ด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนด้านรสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เนื่องจาก สูตรที่ 2 มีลักษณะปรากฏ สีขาว กลิ่นหอม กว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 รสชาติไม่โดดจนเกินไป และเนื้อสัมผัส มีความนุ่ม ดังนั้นผู้ทดลองจึงคัดเลือก สูตรที่ 2 มาศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของปริมาณน้ำลูกหม่อนในการทำขนมปัง

4.1.2 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำลูกหม่อนที่จะทดแทนปริมาณน้ำในขนมปัง

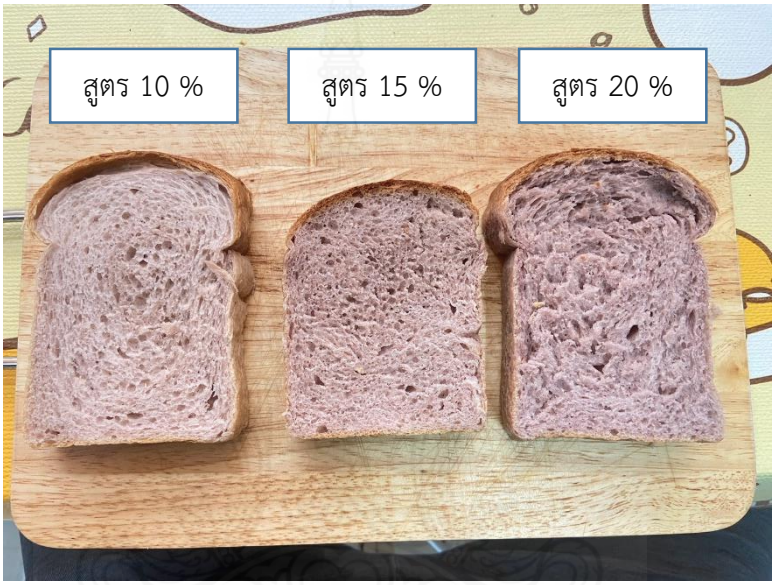
การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการน้ำลูกหม่อนที่จะทดแทนปริมาณน้ำในขนมปัง นำขนมปังที่คัดเลือกจากข้อ 4.1.1 ไปศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการใช้น้ำลูกหม่อนปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือร้อยละ 10, 15, และ 20 ของน้ำหนักน้ำในขนมปังที่ในปริมาณต่างกัน 3 ระดับผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังน้ำลูกหม่อน จำนวน 3 สูตร

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ค่าเฉลี่ย		
	สูตร 10%	สูตร 15%	สูตร 20%
ลักษณะที่ปรากฏ	7.60 ± 1.03 [b]	**7.92 ± 1.03 [a]**	7.87 ± 0.98 [a]
สี	7.53 ± 1.08 [b]	**8.00 ± 0.96 [a]**	7.75 ± 1.02 [b]
กลิ่น	7.75 ± 1.00 [a]	**8.00 ± 1.03 [a]**	7.83 ± 0.91 [a]
รสชาติ	7.50 ± 1.10 [b]	**8.02 ± 1.00 [a]**	7.60 ± 0.98 [b]
เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม)	7.45 ± 1.03 [b]	**7.87 ± 1.17 [a]**	7.52 ± 0.95 [b]
ความชอบโดยรวม	7.58 ± 0.93 [b]	**8.05 ± 0.98 [a]**	7.60 ± 0.87 [b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ0.05

จากตารางที่ 4.2 พบว่าขนมปังน้ำลูกหม่อนสูตรที่ 15% ผู้ชิมให้การยอมรับด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) และความชอบโดยรวม ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 7.92 8.00 8.00 8.02 7.87 และ 8.05 ตามลำดับ มีความชอบในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก เมื่อนำมาวิเคราะห์หาค่า ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างพบว่า ด้านลักษณะที่ปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



ภาพที่ 4.1 ขนมปังน้ำลูกหม่อนทั้ง 3 สูตร

ตารางที่ 4.3 คุณค่าทางโภชนาการของขนมปังสูตรพื้นฐานและขนมปังน้ำลูกหม่อน ในปริมาณ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ขนมปังขาว	ขนมปังน้ำลูกหม่อน	ร้อยละที่เพิ่มขึ้น / ลดลง
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	282.90	281.45	- 0.51
ความชื้น (กรัม)	38.24	38.86	1.62
โปรตีน (กรัม)	9.88	10.02	1.42
ไขมัน (กรัม)	8.02	8.17	1.87
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	42.80	41.69	- 2.59
ใยอาหาร (กรัม)	4.09	4.12	0.73
เถ้า (กรัม)	1.06	0.99	- 0.66

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์พบว่า ขนมปังน้ำลูกหม่อนมีองค์ประกอบทางเคมีสูงกว่าขนมปังขาวในด้านความชื้น 38.86 กรัม โปรตีน 10.02 กรัม ไขมัน 8.17 กรัม และใยอาหาร 4.12 กรัม ในส่วนของขนมปังขาว มีพลังงาน 282.90 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรต 42.80 กรัม และเถ้า 1.06 กรัม ซึ่งสูงกว่าในขนมปังน้ำลูกหม่อน

ตารางที่ 4.4 ศึกษาประสิทธิภาพสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ของขนมปังสูตรพื้นฐาน และขนมปังสูตรทดแทนน้ำลูกหม่อน

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	ขนมปังขาว	ขนมปังน้ำลูกหม่อน	ร้อยละที่เพิ่มขึ้น / ลดลง
สารต้านอนุมูลอิสระ (ORAC) (μmoles TE)	933.83	1,140.27	22.11
สารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) (μmoles TE)	83.60	138.65	65.85
สารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) (mmoles TE)	99.46	131.39	32.10
โพลีฟีนอล (mg eq GA)	89.44	106.25	18.79

จากตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพพบว่า สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในขนมปังน้ำลูกหม่อนมีค่าสูงกว่าในขนมปังขาว สารต้านอนุมูลอิสระ (ORAC) 1,140.27 μmoles TE สารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) 138.65 μmoles TE สารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) 131.39 mmoles TE สารโพลีฟีนอล 106.25 mg eq GA

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 การศึกษาสูตรมาตรฐานของขนมปัง

การคัดเลือกสูตรของขนมปังขาวที่เหมาะสมจากสูตรพื้นฐาน จำนวน 3 สูตร ซึ่งขั้นตอนการผลิตที่เหมือนกันแต่มีส่วนผสมที่แตกต่างกัน พบว่า สูตรที่ 2 เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากผู้ทดสอบชิม ทั้งในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) และความชอบโดยรวม มีความชอบในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ในด้านรสชาติ ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับในสูตรที่ 1 ในระดับชอบมาก

สูตรพื้นฐานของขนมปังขาวประกอบด้วย แป้งสาลีขนมปัง 600 กรัม น้ำตาลทราย 30 กรัม เกลือ 5 กรัม KS505 2 กรัม ยีสต์ 7 กรัม นมผง 50 กรัม น้ำเปล่า 380 กรัม เนยสดจืด (เย็น) 50 กรัม เนยขาว 30 กรัม ในน้ำหนัก 100 กรัม พลังงาน 282.90 กิโลแคลอรี ความชื้น 38.24 กรัม โปรตีน 9.88 กรัม ไขมัน 8.02 กรัม คาร์โบไฮเดรต 42.80 กรัม ใยอาหาร 4.09 กรัม เถ้า 1.06 กรัม สารต้านอนุมูลอิสระ (ORAC) 933.83 µmoles TE สารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) 83.60 µmoles TE สารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) 99.46 mmoles TE โพลีฟีนอล 89.44 mg eq GA

5.1.2 การศึกษาปริมาณน้ำลูกหม่อนที่ทดแทนส่วนผสมของน้ำในขนมปัง

นำสูตรขนมขาวที่ผ่านการคัดเลือกมาใช้เป็นสูตรพื้นฐาน ในการสร้างสูตรมาตรฐานโดยใช้น้ำลูกหม่อนทดแทนน้ำในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือร้อยละ 10 15 และ 20 ของน้ำหนักน้ำเปล่า พบว่าปริมาณที่เหมาะสมคือที่ร้อยละ 15 ของน้ำหนักน้ำ ได้รับการยอมรับสูงสุดในทุกด้านโดยมีความชอบระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

ขนมปังน้ำลูกหม่อนประด้วย แป้งสาลีขนมปัง 600 กรัม น้ำตาลทราย 30 กรัม เกลือ 5 กรัม KS505 2 กรัม ยีสต์ 7 กรัม นมผง 50 กรัม น้ำเปล่า 323 กรัม น้ำลูกหม่อน 57 กรัม เนยสดจืด (เย็น) 50 กรัม เนยขาว 30 กรัม ในน้ำหนัก 100 กรัม พลังงาน 281.45 กิโลแคลอรี ความชื้น 38.86 กรัม โปรตีน 10.02 กรัม ไขมัน 8.17 กรัม คาร์โบไฮเดรต 41.96 กรัม ใยอาหาร 4.12 กรัม เถ้า 0.99 กรัม สารต้านอนุมูลอิสระ (ORAC) 933.83 µmoles TE สารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) 83.60 µmoles TE สารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) 99.46 mmoles TE โพลีฟีนอล 89.44 89.44 mg eq GA

5.1.3 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของขนมปังสูตรพื้นฐาน และขนมปังสูตรทดแทนน้ำลูกหม่อนบางส่วน

การศึกษาพบว่า ขนมปังน้ำลูกหม่อนมีองค์ประกอบทางเคมีสูงกว่าขนมปังขาวในด้านความชื้น โปรตีน ไขมัน และใยอาหาร ในส่วนของขนมปังขาว มีพลังงาน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า ซึ่งสูงกว่าในขนมปังน้ำลูกหม่อน

5.1.4 การศึกษาประสิทธิภาพสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ของขนมปังสูตรพื้นฐาน และขนมปังสูตรทดแทนน้ำลูกหม่อน

การศึกษาพบว่า สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในขนมปังน้ำลูกหม่อนมีค่าสูงกว่าในขนมปังขาว ด้านสารต้านอนุมูลอิสระ (ORAC) สารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) สารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) และโพลีฟีนอล

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 นำน้ำลูกหม่อนไปใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ชนิดต่าง ๆ ที่ใช้น้ำเป็นส่วนผสม เช่น เค้ก มัฟฟิน หรือเพสตรี

5.2.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของขนมปังน้ำลูกหม่อน

เอกสารอ้างอิง

กรมหม่อนไหม. 2556. **Mulberry.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.qsds.go.th/osrd_new/inside_page.php?pageid=4, 19 พฤศจิกายน 2562.

_____. ม.ป.ป. **เยลลี่ผลหม่อน.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.qsds.go.th/osrd_new/inside_page.php?pageid=24, 16 พฤษภาคม 2563.

จักรพันธ์ แก้วบุญส่ง. 2558. **"คุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำหม่อนผสมเนื้อหม่อนเข้มข้น."** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2560. **เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิตรา สิงห์ทอง. 2561. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 21, 1 (มกราคม-เมษายน) : 76-89.

เจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์. 2558. **เบเกอรี.** โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้า, กรุงเทพฯ.

_____. 2559. **ธุรกิจเบเกอรี.** โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้า, กรุงเทพฯ.

เจนจิรา จิรัมย์ และประสงค์ สีหานาม. 2554. "อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ : แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา." **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์.** 1, 1 (พฤษภาคม-สิงหาคม) : 59-70.

ตรีชฎา อุทัยดา. 2556. **การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลูกหม่อน.** คณะวิทยศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์.

ธีรวีร์ วราธรไพบูลย์. 2557. "พฤติกรรมการบริโภคอาหาร : อาหารนิยมบริโภคกับอาหารเพื่อสุขภาพ." **วารสารปัญญาภิวัฒน์.** 5, 2 (มกราคม-มิถุนายน) : 255-264.

นิดา อาบสุวรรณ์, ศุภกิจ เพ็งพุดซา, บุรินทร์ อะปายะทัศน์1และคเชนทร์ วงศ์ใสสา. 2564. "การพัฒนาน้ำสลัดโยเกิร์ตเสริมหม่อน". ใน **การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4.** (น.671-677). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 22 พฤษภาคม 2564.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ไผ่แดง ขวัญใจ และสุวลี ฟองอินทร์. 2564. “ผลของการใช้ความร้อนกับแป้งปลายข้าวที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนต่อคุณภาพของขนมปัง.” **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. 27, 1 (มกราคม-เมษายน) : 171-187.

พงศ์เทพ วงศ์พร้อมเจิญ. 2557. **Introduction to Bakery.** วิทยาลัยดุลิตธานี พัทยา, ชลบุรี.

รัมภา ศิริวงศ์. 2556. **ขนมไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. ดวงกมลพับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

วิภาวัน จุลยา. 2549. **ขนมอบ.** ไพลิน, กรุงเทพฯ.

ศรศักดิ์ พื้นเกาะ. 2565. “ผลของน้ำผึ้งต่อการรักษาคุณสมบัติของสารแอนโทไซยานิน วิตามินซี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในน้ำลูกหม่อนเนกต้า.” **วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์.** มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 15, 4 (ตุลาคม-ธันวาคม) : 29-43.

สเปเชียลฟู้ด. ม.ป.ป. **ชนิดของนมผงในการทำเบเกอรีและการเลือกซื้อ.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://specailfood.co.th/item/313-ชนิดของนม-ในการทำเบเกอรี-และการเลือกซื้อ, 19 พศจิกายน 2563.

สุจิตตา เรืองรัศมี, กนกวรรณ จัดวงษ์ และอบเชย วงศ์ทอง. 2561. “การพัฒนาสูตรขนมปังแซนด์วิชโดยใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลี.” **วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. 13, 1 (มกราคม-มิถุนายน) : 123-138.

สุธิดา เสมหร่ำ. 2559. **เอ็มเพล็ก**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://site.google.com/site/bakerybynook/chnid-khxng-paeng-thi-chi-tha-be-ke-xri, 19 พฤศจิกายน 2563.

แสงวัน. 2559. **เคเอส 505.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://sangwan.romsood.com/3413, 19 พฤศจิกายน 2563.

Foodietaste. 2559. **ยีสต์.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://foodietaste.com/foodpedia_detail.asp?id=193, 19 พฤศจิกายน 2563

Medthai. 2560. **มัลเบอร์รี่.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://madthai.com/มัลเบอร์รี/, 20 พฤศจิกายน 2563.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก สูตรพื้นฐานขนมปังขาว และสูตรมาตรฐานขนมปังน้ำลูกหม่อน

ภาคผนวก ข ขั้นตอนการทำขนมปังน้ำลูกหม่อน

ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ภาคผนวก ก

สูตรพื้นฐานขนมปังขาว และสูตรมาตรฐานขนมปังน้ำลูกหม่อน

ขนมปังขาว สูตรที่ 1

ส่วนผสม

แป้งข้าวสาลีขนมปัง	1,000	กรัม
ยีสต์	15	กรัม
เอ็มเพล็ก	5	กรัม
นมผง	30	กรัม
น้ำเย็นจัด	620	กรัม
เกลือป่น	20	กรัม
น้ำตาลทราย	70	กรัม
เนยขาว	50	กรัม

วิธีทำ

1. ผสมแป้ง ยีสต์ เอ็มเพล็ก เข้าด้วยกัน ในเครื่องผสมให้เข้ากัน

2. ผสม น้ำเย็นจัด เกลือป่น น้ำตาลทราย ให้เข้ากัน เติมลงในส่วนผสมแป้ง นวดพอเข้ากัน เติม เนยขาว นวดนานประมาณ 20 นาที

3. นำแป้งโดที่นวดได้ แบ่งเป็นก้อนๆ ละ 500 กรัม คลึงให้เป็นก้อนกลม พักไว้ นาน ประมาณ 5 นาที รีดแป้งโดเป็นแผ่น จากนั้นม้วนเป็นท่อนกลมให้แน่น ตัดแป้งเป็น 4 ท่อน วางเรียงในพิมพ์อบขนมปังแซนวิช ที่ทาเนยขาวแล้ว พักให้ประมาณ 3/4 พิมพ์หรือเกือบเต็มพิมพ์ โดยปิดฝาพิมพ์ไว้

4. นำแป้งโดที่พักไว้ เข้าอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30-40 นาที

5. นำขนมออกจากเตาอบ คว่ำออกจากพิมพ์ พักให้ขนมปังเย็น บนตะแกรงพักขนม หั่นเป็นแผ่นเก็บใส่ภาชนะปิดสนิท

ที่มา : เจตนิพัทธ์ (2558)

ขนมปังขาว สูตรที่ 2

ส่วนผสม

แป้งข้าวสาลีขนมปัง	600	กรัม
น้ำตาลทราย	30	กรัม
เกลือ	5	กรัม
KS 505	2	กรัม
ยีสต์	7	กรัม
นมผง	50	กรัม
น้ำเปล่า	380	กรัม
เนยสดจืด (เย็น)	50	กรัม
เนยขาว (เย็น)	30	กรัม

วิธีทำ

1. ผสมแป้งขนมปัง น้ำตาล เกลือ สารเสริมคุณภาพขนมปัง ยีสต์ นมผง รวมกัน

2. นำเนยสดและเนยขาวใส่ในแป้งที่ผสมไว้แล้ว บี้แป้งกับเนยจนเป็นเม็ดทราย เทน้ำใส่ลงไปแล้วนวดให้เข้ากันประมาณ 15 นาที

3. ตรวจสอบดูเนื้อแป้งขนมปังได้ที่แล้วจากนั้นขึ้นรูปขนมปังให้เป็นก้อนกลมแล้วนำไปพักจนขนมปังขึ้น 2 เท่า

4. เมื่อขนมปังขึ้นได้ที่แล้วนำออกมาทุบไล่อากาศจนหมดจากนั้นนำไปรีดให้มีความหนาเท่ากันแล้วม้วนให้กลมแน่น 500 กรัม โดยจะต้องมีความยาวพอดีกับความยาวของพิมพ์ขนมปังแล้วใช้นิ้วกดให้ขนมปังติดขอบพิมพ์ทุกด้านจากนั้นพักขนมปังให้ขึ้นเกือบเต็มพิมพ์ 30 นาที

5. เมื่อขนมปังขึ้นได้ที่แล้ว นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส อบจนผิวขนมปังมีสีน้ำตาลทอง เมื่อสุกได้ที่นำออกจากพิมพ์ทันที

ที่มา : พงศ์เทพ (2557)

ขนมปังขาว สูตรที่ 3

ส่วนผสม

แป้งข้าวสาลีขนมปัง	1,000	กรัม
น้ำเปล่า	600	กรัม
ยีสต์	10	กรัม
เกลือ	17.5	กรัม
น้ำตาลทราย	100	กรัม
นมผง	40	กรัม
เนยขาว	60	กรัม

วิธีทำ

1. ผสมแป้งขนมปัง ยีสต์ และน้ำ ผสมรวมกัน พักไว้ 2 ชั่วโมง

2. นำส่วนผสมในขั้นตอนแรกลงในเครื่องผสม แล้วใส่ส่วนผสมที่เหลือ (น้ำตาล เกลือ นมผง เนยขาว) ลงไปในเครื่องผสม 10 นาที

3. ตรวจสอบดูเนื้อแป้งขนมปังได้ที่แล้วจากนั้นขึ้นรูปขนมปังให้เป็นก้อนกลมแล้วนำไปพักจนขนมปังขึ้น 2 เท่า 20 นาที

4. เมื่อขนมปังขึ้นได้ที่แล้วนำออกมาทุบไล่อากาศจนหมดจากนั้นนำไปรีดให้มีความหนาเท่ากันแล้วม้วนให้กลมแน่น 500 กรัม โดยจะต้องมีความยาวพอดีกับความยาวของพิมพ์ขนมปังแล้วใช้นิ้วกดให้ขนมปังติดขอบพิมพ์ทุกด้าน จากนั้นพักขนมปังให้ขึ้นเกือบเต็มพิมพ์ 30 นาที

5. เมื่อขนมปังขึ้นได้ที่แล้ว นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส อบ 60 นาที

ที่มา : จิตธนา และอรอนงค์ (2560)

ขนมปังน้ำลูกหม่อน

ส่วนผสม

แป้งข้าวสาลีขนมปัง	600	กรัม
น้ำตาลทราย	30	กรัม
เกลือ	5	กรัม
KS 505	2	กรัม
ยีสต์	7	กรัม
นมผง	50	กรัม
น้ำเปล่า	323	กรัม
น้ำลูกหม่อน	57	กรัม
เนยสดจืด (เย็น)	50	กรัม
เนยขาว (เย็น)	30	กรัม

วิธีทำ

1. ผสมแป้งขนมปัง น้ำตาล เกลือ สารเสริมคุณภาพขนมปัง ยีสต์ นมผง รวมกัน

2. นำเนยสดและเนยขาวใส่ในแป้งที่ผสมไว้แล้ว ถูเลยกับแป้งจนเป็นเม็ดทราย เทน้ำเปล่าและน้ำลูกหม่อนใส่ลงไป แล้วนวดให้เข้ากันประมาณ 15 นาที

3. ตรวจสอบดูเนื้อแป้งขนมปังได้ที่แล้วจากนั้นขึ้นรูปขนมปังให้เป็นก้อนกลมแล้วนำไปพักจนขนมปังขึ้น 2 เท่า

4. เมื่อขนมปังขึ้นได้ที่แล้วนำออกมาทุบไล่อากาศจนหมดจากนั้นนำไปรีดให้มีความหนาเท่ากันแล้วม้วนให้กลมแน่น 500 กรัม โดยจะต้องมีความยาวพอดีกับความยาวของพิมพ์ขนมปังแล้วใช้นิ้วกดให้ขนมปังติดขอบพิมพ์ทุกด้านจากนั้นพักขนมปังให้ขึ้นเกือบเต็มพิมพ์ 30 นาที

5. เมื่อขนมปังขึ้นได้ที่แล้ว นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส อบจนผิวขนมปังมีสีน้ำตาลทอง เมื่อสุกได้ที่นำออกจากพิมพ์ทันที

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการเตรียมน้ำลูกหม่อน และการทำขนมปังน้ำลูกหม่อน

ขั้นตอนการทำน้ำลูกหม่อน

ส่วนผสมของน้ำลูกหม่อน

นำส่วนผสมที่เตรียมไว้ใส่เครื่องปั่นผสมให้ละเอียดด้วยความเร็วสูงสุด 2 นาที

น้ำลูกหม่อนเข้มข้น

ขั้นตอนการทำขนมปังน้ำลูกหม่อน

ส่วนผสมของขนมปังน้ำลูกหม่อน

นำส่วนผสมของแห้งใส่อ่างผสม แล้วเติมเนยสดจืด และเนยขาวลงไป

ถูส่วนผสมของแห้งและเนยให้เป็นเม็ด ด้วย Blender

ส่วนผสมของแห้งและเนยให้เป็นเม็ดละเอียด

นำแป้งที่ถูกับเนยจนเป็นเม็ดละเอียดแล้วลงในโถผสม แล้วเติมน้ำลูกหม่อน และน้ำเปล่าลงไป

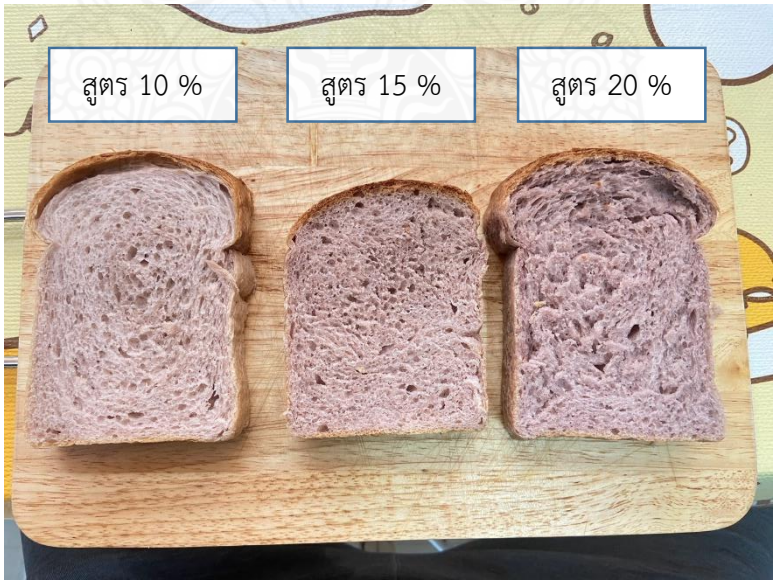
ใช้หัวตีตะขอ นวดด้วยความเร็วต่ำ เป็นเวลา 15 นาที

เมื่อนวดส่วนผสมนวดได้ที่แล้ว นำไปคลึงให้เป็นวงกลมพักไว้ 30 นาที

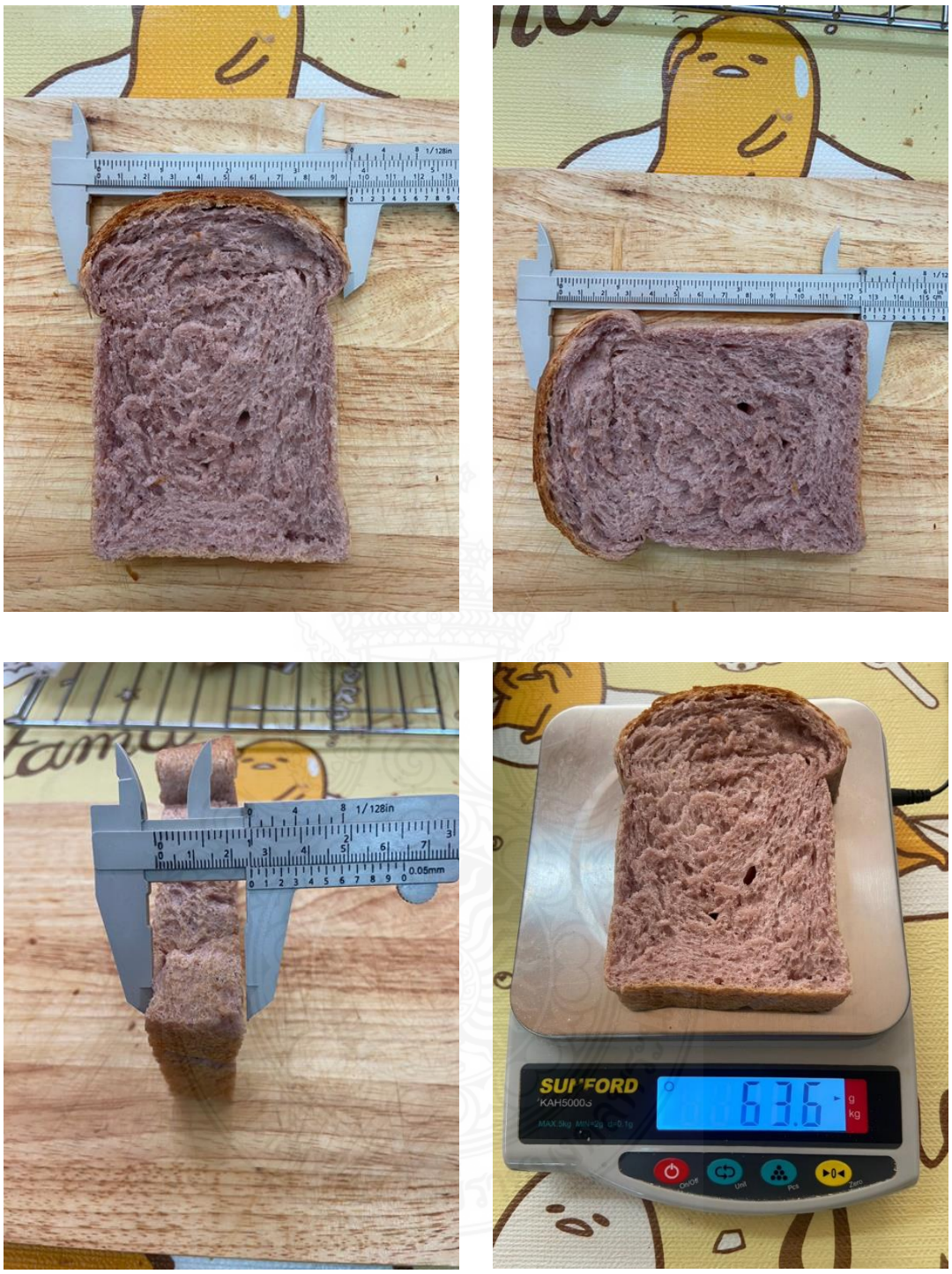
นำแป้งที่พักไว้มาขึ้นรูปตามทรงของพิมพ์ แล้วนำไปพักไว้อีก 30 นาที

เมื่อครบเวลา นำเข้าอบด้วยไฟบน – ล่าง อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 40 นาที

เมื่ออบเสร็จนำออกจากพิมพ์ พักไว้ให้เย็น



ตัดเป็นแผ่น ความหนา 1 นิ้ว



ขนาดของขนมปัง และน้ำหนักที่ตัดเป็นแผ่นแล้ว

ภาคผนวก ค

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชุดที่.....

แบบประเมินผลทดลองทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ ขนมปังขาว (แซนวิช) (สูตรพื้นฐาน)

วันที่ .....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้ตามลำดับของรหัสที่เสนอในตารางจากซ้ายไปขวาแล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุดโดยกำหนดให้

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

คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์	คะแนนความชอบของตัวอย่าง		
	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
ลักษณะปรากฏ			
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม)			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ชุดที่.....

แบบประเมินผลทดลองทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ ขนมปังน้ำลูกหม่อน

วันที่ .....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้ตามลำดับของรหัสที่เสนอในตารางจากซ้ายไปขวาแล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุดโดยกำหนดให้

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

คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์	คะแนนความชอบของตัวอย่าง		
	10 %	15 %	20 %
ลักษณะปรากฏ			
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม)			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล
999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา
อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170
หน่วยบริการวิเคราะห์ฯ โทร 02-800-2380 ต่อ 406, 418
โทรสาร 02-441-9344
www: inmu.mahidol.ac.th

ที่ อว 78.21/ 0398
วันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ 2566
เรื่อง แจ้งผลการทดสอบ

เรียน นายรัฐศาสตร์ ณรงค์เดชา
สิ่งที่ส่งมาด้วย รายงานผลการทดสอบ

ตามที่ท่านได้ส่งตัวอย่างมาให้สถาบันทดสอบ เมื่อวันที่ 30 มกราคม 2566 ขณะนี้สถาบันได้ดำเนินการเสร็จเรียบร้อยแล้ว สถาบันขอแจ้งผลฯเพื่อทราบ ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้

ขอขอบคุณที่ท่านใช้บริการฯของสถาบัน หากท่านต้องการสอบถามหรือปรึกษาเกี่ยวกับผลการทดสอบ โปรดติดต่อโดยตรงที่หน่วยบริการวิเคราะห์และการตลาดผลิตภัณฑ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วรางคณา ศรีจำนงค์)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายเครือข่ายความร่วมมือและบริการวิชาการ
ปฏิบัติหน้าที่แทน ผู้อำนวยการสถาบันโภชนาการ

Food and Nutrition Laboratory
Institute of Nutrition, Mahidol University
Salaya, Phuttamonthon, Nakhon Pathom 73170, THAILAND
ห้องปฏิบัติการ สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล
999ถนนพุทธมณฑล สาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

รายงานผลการทดสอบ
ตัวอย่างอาหาร: ขนมปังแซนวิช
เลขที่บริการ: SFC 0413/2566
รายละเอียดของตัวอย่างอาหาร: ชิ้นเล็ก-ใหญ่คละกันสีขาวอมสีครีม บรรจุถุงพลาสติก จำนวน 6 ถุง (ไม่มีฉลาก)
ผู้ขอรับบริการ: นายรัฐศาสตร์ ณรงค์เดชา
79/11 หมู่ 3 ถนนบางกรวย-ไทรน้อย ตำบลวัดชลอ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี 11130
วันที่รับตัวอย่าง: 30 มกราคม 2566
วันที่ทดสอบตัวอย่าง: 31 มกราคม 2566
วิธีทดสอบ: ตามเอกสารแนบ
ผลการทดสอบ: (ต่อ 100 กรัม)

	A	B	Average
Energy (kcal)	282.11	283.68	282.90
Moisture (g)	38.42	38.06	38.24
Protein (N x 6.25) (g)	9.89	9.86	9.88
Total Fat (g)	7.99	8.04	8.02
Total Carbohydrate (g)	42.66	42.97	42.80
Dietary Fiber (g)	4.02	4.15	4.09
Ash (g)	1.04	1.07	1.06
Total antioxidant activity (ORAC) (µmoles TE)	940.08	927.57	933.83
Total antioxidant activity (FRAP) (µmoles TE)	82.68	84.52	83.60
Total antioxidant activity (DPPH) (mmoles TE)	97.27	101.66	99.46
Total polyphenol (mg eq GA)	92.32	86.56	89.44

ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา
PROHIBITED FOR ADVERTISING

(รองศาสตราจารย์ ดร. วรางคณา ศรีจำนงค์)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายเครือข่ายความร่วมมือและบริการวิชาการ
ปฏิบัติหน้าที่แทน ผู้อำนวยการสถาบันโภชนาการ

รายงานผลการทดสอบ ตามหนังสือเลขที่ อว 78.21/ ๐๓๙๘ ลงวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ 2566

The analytical results reported in this document are valid for the submitted sample only. This document is prohibited for use in any type of advertising without written permission.
ผลการทดสอบใช้ได้กับตัวอย่างนี้เท่านั้น ห้ามนำเอกสารนี้ไปประกาศโฆษณาก่อนได้รับอนุญาต

งานบริการวิชาการ Tel. 02 441 9346, 02 800 2380 ext. 406, 418; Fax. 02 441 9344

Food and Nutrition Laboratory
Institute of Nutrition, Mahidol University
Salaya, Phuttamonthon, Nakhon Pathom 73170, THAILAND
ห้องปฏิบัติการ สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล
999ถนนพุทธมณฑล สาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

เอกสารแนบ (เลขที่บริการ SFC 0413/2566)

วิธีทดสอบ:

รายการทดสอบ	**วิธีทดสอบ**
Energy (kcal)	By calculation
Moisture (g)	AOAC (2019) 925.45
Protein (g)	AOAC (2019) 991.20
Total Fat (g)	AOAC (2019) 922.06
Total Carbohydrate (g)	By calculation
Dietary Fiber (g)	AOAC (2019) 985.29
Ash (g)	AOAC (2019) 930.30
Total antioxidant activity (ORAC) (µmoles TE)	Ou B., et al. J Agric Food Chem, 2001. 49 (10): 4619–26
Total antioxidant activity (FRAP) (µmoles TE)	Benzie IF and Strain JJ., Anal Biochem 1996; 239(1): 70-6.
Total antioxidant activity (DPPH) (mmoles TE)	Katsube T. J Agric Food Chem 2004, 52(8): 2391-2396.
Total polyphenol (mg eq GA)	Lu J, et al. J Agric Food Chem 2007, 55: 10994-11001.

The analytical results reported in this document are valid for the submitted sample only.
This document is prohibited for use in any type of advertising without written permission.
ผลการทดสอบใช้ได้กับตัวอย่างนี้เท่านั้น ห้ามนำเอกสารนี้ไปประกาศโฆษณาก่อนได้รับอนุญาต

Food and Nutrition Laboratory
Institute of Nutrition, Mahidol University
Salaya, Phuttamonthon, Nakhon Pathom 73170, THAILAND
ห้องปฏิบัติการ สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล
999ถนนพุทธมณฑล สาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

รายงานผลการทดสอบ
ตัวอย่างอาหาร: ขนมปังน้ำลูกหม่อน
เลขที่บริการ: SFC 0414/2566
รายละเอียดของตัวอย่างอาหาร: ชิ้นเล็ก-ใหญ่คละกันสีม่วงอ่อน บรรจุถุงพลาสติก จำนวน 6 ถุง (ไม่มีฉลาก)
ผู้ขอรับบริการ: นายรัฐศาสตร์ ณรงค์เดชา
79/11 หมู่ 3 ถนนบางกรวย-ไทรน้อย ตำบลวัดชลอ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี 11130
วันที่รับตัวอย่าง: 30 มกราคม 2566
วันที่ทดสอบตัวอย่าง: 31 มกราคม 2566
วิธีทดสอบ: ตามเอกสารแนบ
ผลการทดสอบ: (ต่อ 100 กรัม)

	A	B	Average
Energy (kcal)	281.94	280.92	281.45
Moisture (g)	38.69	39.03	38.86
Protein (N x 6.25) (g)	10.05	9.98	10.02
Total Fat (g)	8.14	8.20	8.17
Total Carbohydrate (g)	42.12	41.80	41.96
Dietary Fiber (g)	4.19	4.05	4.12
Ash (g)	1.00	0.99	0.99
Total antioxidant activity (ORAC) (µmoles TE)	1,169.48	1,111.05	1,140.27
Total antioxidant activity (FRAP) (µmoles TE)	139.39	137.92	138.65
Total antioxidant activity (DPPH) (mmoles TE)	134.98	127.81	131.39
Total polyphenol (mg eq GA)	102.46	110.03	106.25

ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา
PROHIBITED FOR ADVERTISING

(รองศาสตราจารย์ ดร. วรางคณา ศรีจำนงค์)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายเครือข่ายความร่วมมือและบริการวิชาการ
ปฏิบัติหน้าที่แทน ผู้อำนวยการสถาบันโภชนาการ

รายงานผลการทดสอบ ตามหนังสือเลขที่ อว 78.21/ ๐๕๓๕ ลงวันที่ ๒๐ กุมภาพันธ์ 2566

The analytical results reported in this document are valid for the submitted sample only.
This document is prohibited for use in any type of advertising without written permission.
ผลการทดสอบใช้ได้กับตัวอย่างนี้เท่านั้น ห้ามนำเอกสารนี้ไปประกาศโฆษณาก่อนได้รับอนุญาต

งานบริการวิชาการ Tel. 02 441 9346, 02 800 2380 ext. 406, 418; Fax. 02 441 9344

Food and Nutrition Laboratory
Institute of Nutrition, Mahidol University
Salaya, Phuttamonthon, Nakhon Pathom 73170, THAILAND
ห้องปฏิบัติการ สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล
999ถนนพุทธมณฑล สาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

เอกสารแนบ (เลขที่บริการ SFC 0414/2566)

วิธีทดสอบ:

รายการทดสอบ	**วิธีทดสอบ**
Energy (kcal)	By calculation
Moisture (g)	AOAC (2019) 925.45
Protein (g)	AOAC (2019) 991.20
Total Fat (g)	AOAC (2019) 922.06
Total Carbohydrate (g)	By calculation
Dietary Fiber (g)	AOAC (2019) 985.29
Ash (g)	AOAC (2019) 930.30
Total antioxidant activity (ORAC) (µmoles TE)	Ou B., et al. J Agric Food Chem, 2001. 49 (10): 4619–26
Total antioxidant activity (FRAP) (µmoles TE)	Benzie IF and Strain JJ., Anal Biochem 1996; 239(1): 70-6.
Total antioxidant activity (DPPH) (mmoles TE)	Katsube T. J Agric Food Chem 2004, 52(8): 2391-2396.
Total polyphenol (mg eq GA)	Lu J, et al. J Agric Food Chem 2007, 55: 10994-11001.

The analytical results reported in this document are valid for the submitted sample only.
This document is prohibited for use in any type of advertising without written permission.
ผลการทดสอบใช้ได้กับตัวอย่างนี้เท่านั้น ห้ามนำเอกสารนี้ไปประกาศโฆษณาก่อนได้รับอนุญาต

งานบริการวิชาการ Tel. 02 441 9346, 02 800 2380 ext. 406, 418; Fax. 02 441 9344

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นามสกุล นายรัฐศาสตร์ ณรงค์เดชา

วัน เดือน ปีเกิด 31 ธันวาคม 2537

ที่อยู่ปัจจุบัน 100/157 หมู่ที่ 4 ซอยบางกร่าง 40 ถนนบางกรวย – ไทรน้อย
ตำบลบางกร่าง อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 11000

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู	มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์ นนทบุรี	2564
ระดับปริญญาตรี	คหกรรมศาสตรบัณฑิต (อาหารและโภชนาการ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2559
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) นนทบุรี	2555
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) นนทบุรี	2552

ตำแหน่งสถานที่ทำงานปัจจุบัน

พ.ศ. 2563 – ปัจจุบัน ครู กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ
โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) นนทบุรี