นวัตกรรมกระบวนการการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพสำหรับตลาดส่งออก

เดือนรุ่ง เบญจมาศ

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาสหวิทยาการเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

นวัตกรรมกระบวนการการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพสำหรับตลาดส่งออก

เดือนรุ่ง เบญจมาศ

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาสหวิทยาการเกษตร
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

นวัตกรรมกระบวนการการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพสำหรับตลาดส่งออก

เดือนรุ่ง เบญจมาศ

ดุษฎีนิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาสหวิทยาการเกษตร

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.จตุรภัทร วาฤทธิ์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลินดา อริยเดช)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูษณิศา เตชเถกิง)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา นาเทเวศน์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน
อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง นวัตกรรมกระบวนการการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพสำหรับตลาดส่งออก
ชื่อผู้เขียน นางสาวเดือนรุ่ง เบญจมาศ
ชื่อปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาสหวิทยาการเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร.จตุรภัทร วาฤทธิ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนวัตกรรมกระบวนการการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ สำหรับตลาดส่งออก มีการดำเนินงาน 2 ส่วน คือ 1) การสำรวจความคาดหวังของผู้บริโภคจำนวน 59 ราย ด้วยแบบสอบถามส่วนผสมทางการตลาด 7Ps และ 2) การพัฒนานวัตกรรมการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพที่สอดคล้องกับความคาดหวังของผู้บริโภค ผลในส่วนการสำรวจความคาดหวังของผู้บริโภคที่มีต่อการตลาดและผลิตภัณฑ์ พบว่า 1) ด้านผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคให้ความคาดหวังด้านคุณภาพและด้านคุณประโยชน์สูงที่สุดเท่ากันที่ระดับ 4.24 คะแนน 2) ด้านราคา ผู้บริโภคคาดหวังว่าราคาเหมาะสมเมื่อเทียบกับคู่แข่งสูงที่สุดที่ระดับ 4.12 คะแนน 3) ด้านสถานที่ คาดหวังว่าจำหน่ายผ่านบุคคลที่น่าเชื่อถือสูงที่สุดที่ระดับ 4.21 คะแนน 4) ด้านส่งเสริมการตลาดเห็นว่าควรมีรีวิวจากลูกค้ามาก่อนสูงที่สุดที่ระดับ 4.24 คะแนน 5) ด้านบุคลากร คาดหวังว่าผู้จำหน่ายรู้รายละเอียดสินค้าได้ดีสูงที่สุดที่ระดับ 4.22 คะแนน 6) ด้านกระบวนการ คาดหวังว่าจะส่งมอบสินค้าอย่างรวดเร็วสูงที่สุดที่ระดับ 4.24 คะแนน และ 7) ด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ คาดหวังว่าสินค้าควรจำหน่ายในร้านที่สะอาดเชื่อถือได้สูงที่สุดที่ระดับ 4.22 คะแนน จึงได้เลือกความคาดหวังด้านผลิตภัณฑ์ซึ่งได้คะแนนความคาดหวังสูงสุดไปดำเนินการพัฒนานวัตกรรมต่อเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่สุด

ในการพัฒนานวัตกรรมกระบวนการ มุ่งประเด็นไปที่การพัฒนากระบวนการควบคุมคุณภาพของสารอนุมูลอิสระรวม (ORAC) ของผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับความคาดหวังของผู้บริโภค การพัฒนาเริ่มจากการศึกษาระดับความสุกของมังคุดต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของเปลือกมังคุดเพื่อใช้ในการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพที่สามารถควบคุมคุณภาพของ ORAC ได้ สารต้านอนุมูลอิสระที่เปลือกมังคุด 3 ประเภทที่ศึกษาได้แก่ ค่า ORAC ค่าแอนโทไซยานิน และค่าโพลีฟีนอล พบว่าในเปลือกมังคุดสดระดับความสุกระยะที่ 6 มีค่าสารต้านอนุมูลอิสระทุกตัวสูงที่สุดที่ 24,744.65±787.78 μmole TE/100 ml, 5.09±0.18 mg/100g และ 707.39±29.73 mg eq GA)/100g ตามลำดับ ส่วนเปลือกมังคุดแห้งพบว่าที่ระดับความสุกระยะที่ 6 มีค่า ORAC สูงที่สุดที่ 33,802.96 ±1,374.38 μmole TE/100 ml ความสุกระยะที่ 4 มีสารแอนโทไซยานินสูงที่สุดที่ 1.10±0.10 mg/100g และความสุกระยะที่ 5 มีสารโพลีฟีนอลสูงที่สุดที่ 1010.03±42.95 mg eq

GA)/100g นอกจากนี้ยังได้ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและค่าความเป็นกรดด่างต่อค่า ORAC เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาให้ได้ถึง 12 เดือน ส่วนสุดท้ายผู้วิจัยได้พัฒนาสมการทำนายค่าสารต้านอนุมูลอิสระ จากปริมาณสารสกัดที่รู้ค่าที่แน่นอน สำหรับนำไปพยากรณ์ค่าเป้าหมายในอนาคต พบว่าได้สมการที่เหมาะสมอยู่ในรูปแบบสมการเชิงเส้นหลายคู่ ลำดับที่ 1 มีค่า r^2 อยู่ในช่วง 0.852 และสูงสุดที่ 0.970 จากการยืนยันผลการทำนายของสมการพบว่า สมการสามารถนำมาทำนายผลของค่าตัวแปรซึ่งกันและกันอยู่ในระดับที่น่าพอใจ และมีความน่าเชื่อถือในระดับสูง สามารถนำไปใช้ในการควบคุมปริมาณ ORAC ในกระบวนการผลิตน้ำมังคุดได้

ผลการวิจัยนวัตกรรมกระบวนการการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพครั้งนี้ได้ตอบโจทย์ความต้องการจากผู้บริโภคที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่ดีมีคุณภาพ โดยสามารถระบุความสุกของมังคุดในการนำไปสกัดสาร ORAC ได้ที่ระดับความสุกที่ดีที่สุด ประยุกต์กระบวนการทางความร้อนที่เหมาะสมใช้เป็นตัวกำหนดวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์ได้เมื่อค่า ORAC ลดลงมากกว่าค่าที่คาดหวัง และสามารถใช้สมการพยากรณ์ค่า ORAC ด้วยระดับความเชื่อมั่นสูง ดังนั้นการผลิตน้ำมังคุดจึงลดขั้นตอนการวัดค่า ORAC ที่ห้องปฏิบัติการภายนอกที่ใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูง การพัฒนานวัตกรรมการกระบวนการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพจึงสามารถสร้างความมั่นใจให้กับผู้ผลิตและผู้บริโภคและสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ว่าจะมีสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ระดับที่คาดหวังเท่ากันทุกรอบการผลิตได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : สมการพยากรณ์สารต้านอนุมูลอิสระ, การวัดค่า ORAC, น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ

Title PROCESS INNOVATION OF SUPPLEMENT MANGOSTEEN JUICE PRODUCTIONFOR EXPORT MARKET

Author Miss Duanrung Benjamas

Degree Doctor of Philosophy in Agricultural Interdisciplinary

Advisory Committee Chairperson Associate Professor Dr. Jaturapatr Varith

ABSTRACT

A research on an innovation of supplement mangosteen juice production for export market was conducted on two major parts e.g., 1) A survey of 59 consumer on their expectations using the 7Ps marketing questionnaire; and 2) A Development on process innovation to improve the quality of healthy mangosteen juice products corresponding to expectation of consumers. From a survey of consumer expectations on marketing and product of 7P's, it was found that 1) Product: consumers gave the highest expectation on both quality and benefit with the same score of 4.24; 2) Price: consumers expected a reasonable price compared to the competitors with the highest score of 4.12 points; 3) Location: consumers expected the product distribution through the most trustworthy person with the highest score of 4.21 points; 4) Marketing support: consumer gave the priority to previous customer review with the highest score of 4.24; 5) Personnel: consumer expected the distributor to know the details of the product with the highest score of 4.22 points; 6) Process: consumer expected the product delivery as quickly as possible with the highest score of 4.24 points; and 7) Ecosystems: consumers expected the products to be sold in the cleanest, most reliable shop with a score of 4.22 points. Therefore, the expectation on the product which yielded the highest score was selected for the second part to develop a process innovation to obtain the best quality products.

For the process innovation, the development was focused on a quality

control of oxygen radical absorbance capacity (ORAC) of the product to meet consumer expectation. The first phase was to study the ripeness level of mangosteen on the ORAC quantity in the peel used for heathy mangosteen juice production able to control the ORAC level. Three antioxidants in this study were ORAC, anthocyanin and polyphenol. It was found that in the fresh peel with ripeness level 6, all antioxidants gave the highest values of 24,744.65±787.78 μmole TE/100 ml, 5.09±0.18 mg/100g, and 707.39±29.73 mg eq GA)/100g, respectively. In the dried peel, the highest antioxidant was found at ripeness level 6 for ORAC of 33,802.96 ±1,374.38 μmole TE/100 ml, at ripeness level 4 for anthocyanin of 1.10±0.10 mg/100g, at ripeness level 5 for polyphenol of 1010.03±42.95 mg eq GA)/100g. The influence of sterilization temperature and pH on ORAC was also studied to optimize the ORAC stability to reached 12 months of shelf-life storage. The final part was to establish the mathematical model to predict the antioxidant values from the amount of known amount of extract and ORAC. It was found that the mathematical models were fitted well with 1^{st} order multi-variables among crude extract, ORAC, turbidity and %radical scavenging with r^2 ranging from 0.852 and 0.970. The confirmation of mathematical models found that the prediction was satisfied with high reliability to be used for the control ORAC level in the mangosteen juice production.

The results of this process innovation research have well served the needs of consumers who demand a fine quality product. We have identified the best ripeness of mangosteen for the extraction of ORAC, applied the suitable thermal process to determine the end of product shelf-life with existent of ORAC, and be able to apply the mathematical model to predict ORAC with high reliability. Thus, the mangosteen juice production can gain benefit on elimination of ORAC measurement outsourcing by external laboratory which normally takes long time and is costly. Development innovation process on mangosteen healthy juice production can make a positive impact to producers and consumers, and add the high value of product by assuring the expected level of antioxidant on every lot of mangosteen

juice production.

Keywords : Antioxidant prediction equation, ORAC measurement, Mangosteen for health

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จตุรภัทร วาฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่เป็นพี่เลี้ยงคอยกำกับดูแล ให้คำแนะนำ ชี้แนวทางของงานวิจัย ตรวจทานแก้ไข คอยติดตามความก้าวหน้าจนทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลินดา อริยเดช อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่สนับสนุนในเรื่องต่าง ๆ โดยเฉพาะระบบเอกสารที่จำเป็นในการประสานงานกับมหาวิทยาลัย และติดตามความก้าวหน้าพร้อมให้คำแนะนำในงานวิจัยและการเขียนเล่ม ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูษณิศา เตชเถกิง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่คอยแนะนำการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยคำนึงถึงการตลาดและพฤติกรรมของผู้บริโภค จนได้ใจความสำคัญด้านความต้องการของผู้บริโภคมาพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพอย่างสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กาญจนวงศ์ ที่ให้คำแนะนำด้านการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และการออกแบบสอบถามผ่านระบบกูเกิล ขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ศิริวัฒน์ วงศ์ศิริ ที่ได้แนะนำหลักสูตรสหวิทยาการเกษตร และรายละเอียดต่าง ๆ ในการเข้าศึกษาต่อที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ กราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรีสุวรรณ นฤนาทวงศ์สกุล กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้คำชี้แนะในการแก้ไขเนื้อหาในการเขียนเล่ม และกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริวัฒน์ สาครวาสี กรรมการร่วม ที่ได้ชี้แนะข้อมูลต่าง ๆ ให้การเขียนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบริษัทจัดจำหน่ายน้ำมังคุดที่ให้ความอนุเคราะห์เข้าไปจัดเก็บข้อมูล และข้อมูลลูกค้าในการทำแบบสอบถาม ได้แก่ บริษัทไอดีเอเอ จำกัด, บริษัททิพย์มงคล 555 จำกัด, บริษัทสิรินโรจน์ทิพย์ จำกัด, บริษัทสยามโปรฟรุตส์ จำกัด, Sonnenmacht GmbH, Sammill Limited, Ulido International Limited, Tropical Royal Limited, ร้านขายยา และผู้จำหน่ายทั่วไป ขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ให้ใช้ห้องทดลอง และเครื่องมืออุปกรณ์ในการวิเคราะห์วิจัย จนได้ผลการทดลองที่เสร็จสมบูรณ์ ขอบคุณบริษัท สยามโปรฟรุตส์ จำกัด ที่ให้ใช้สถานที่ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบในการวิจัย

เดือนรุ่ง เบญจมาศ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ซ
สารบัญ ..... ฌ
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญภาพ ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
ขอบเขตการดำเนินงานวิจัย 4
บทที่ 2 ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร 6
นวัตกรรมกระบวนการการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ 12
ผลิตภัณฑ์มังคุดเพื่อสุขภาพ 17
สารต้านอนุมูลอิสระในมังคุด 21
การแปรรูปน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพแบบปลอดเชื้อ 25
วิธีการตรวจสอบสารต้านอนุมูลอิสระรวม 28
การวัดค่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม ORAC ด้วยวิธี In house method 34
การประยุกต์ใช้สมการเชิงเส้นอย่างง่ายเพื่อการพยากรณ์ 36
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 43

ศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภค และความคาดหวังของผู้บริโภค ต่อการตลาดและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด 43
การพัฒนานวัตกรรมการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ 44
การพัฒนาเทคนิคการตรวจวัดค่า ORAC ด้วยวิธี In house ORAC standardization 46
การทดสอบประสิทธิภาพของการวัดค่า ORAC ในน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ ด้วยวิธี In house ORAC measurement 49
ข้อจำกัดในการดำเนินงานวิจัย 49
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 50
ผลการศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภค และความคาดหวังของผู้บริโภค ต่อการตลาดและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด 50
การพัฒนานวัตกรรมการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ 60
ผลการพัฒนาเทคนิคการตรวจวัดค่า ORAC ด้วยวิธี In house ORAC Standardization 69
การทดสอบประสิทธิภาพของการวัดค่า ORAC ในน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ ด้วยวิธี In house method standardization 80
บทที่ 5 สรุปผล 85
บรรณานุกรม 88
ภาคผนวก 101
ประวัติผู้วิจัย 138

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แผนการทดลองการศึกษาสภาวะการผลิตที่มีผลต่อค่า ORAC ในน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ 45

ตารางที่ 2 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม 51

ตารางที่ 3 พฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ 53

ตารางที่ 4 ความคาดหวังของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด 55

ตารางที่ 5 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านราคาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด 56

ตารางที่ 6 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านสถานที่จัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด 56

ตารางที่ 7 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด 57

ตารางที่ 8 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด 58

ตารางที่ 9 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านกระบวนการจำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด .. 59

ตารางที่ 10 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร น้ำมังคุด 60

ตารางที่ 11 แสดงค่าแอนโทไซยานิน โพลีฟีนอล และปริมาณ ORAC ทั้งหมดในระดับความสุกของมังคุดที่แตกต่างกัน 62

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์จุลินทรีย์ในน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ 65

ตารางที่ 13 ค่าวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอุณหภูมิและ pH ที่มีผลต่อ ORAC ใน แต่ละสภาวะการผลิต 66

ตารางที่ 14 ค่าสังเกตที่ตอบสนองต่อความเข้มข้นของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ทราบค่าแน่นอน 70

ตารางที่ 15 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าความขุ่น และ ORAC 72

ตารางที่ 16 สมการสหสัมพันธ์เชิงเส้นของค่าสังเกตแต่ละคู่ 73

ตารางที่ 17 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าความขุ่น และ ORAC 81

ตารางที่ 18 ผลการยืนยันค่า ORAC จากการคำนวณ และการวิเคราะห์ 82

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แผนผังขอบเขตการดำเนินงานวิจัย 5

ภาพที่ 2 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี technology push และ market pull 16

ภาพที่ 3 โครงสร้างแซนโทน 22

ภาพที่ 4 โครงสร้างแอนโทไซยานิน 24

ภาพที่ 5 โครงสร้างของกลุ่มโพลีฟีนอล 25

ภาพที่ 6 ภาพจำลองของการวัดความขุ่นยี่ห้อ GRINephy โดยแสดงส่วนหลักของเซ็นเซอร์ รวมทั้งส่วนส่องสว่างหน่วยตรวจจับและห้องวัด 32

ภาพที่ 7 กราฟมาตรฐานจากการนำค่าที่อ่านได้จากความเข้มข้น ของวิธีเนฟีโลเมตริก 0-200 NTU 33

ภาพที่ 8 กราฟมาตรฐานจากการนำค่าที่อ่านได้จากความเข้มข้น ของวิธีเนฟีโลเมตริก 200-1000 NTU 34

ภาพที่ 9 ลักษณะของมังคุดที่ใช้ทดลองความสุก 3 ระยะ ได้แก่ ระยะ 4 5 และ 6 61

ภาพที่ 10 เปลือกมังคุดสดและเปลือกมังคุดแห้งที่นำไปสกัดสารสกัดหยาบ crude extract 61

ภาพที่ 11 ภาพการสกัดสารสกัดหยาบ crude extract เปลือกมังคุด ด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 62

ภาพที่ 12 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโทไซยานินเมื่อความสุกของมังคุดเปลี่ยนไป 63

ภาพที่ 13 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารโพลีฟีนอลเมื่อความสุกของมังคุดเปลี่ยนไป 64

ภาพที่ 14 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณ ORAC เมื่อความสุกของมังคุดเปลี่ยนไป 65

ภาพที่ 15 การลดลงของค่า ORAC ในอายุการเก็บรักษา 1 ปี (M0=เดือนที่ 0, M4=เดือนที่ 4 , M8=เดือนที่ 8 และ M12=เดือนที่ 12 68

ภาพที่ 16 การกรองและการระเหยเอทานอลจากสารสกัด 69

ภาพที่ 17 สารละลาย crude extract เข้มข้น 5 ระดับที่ใช้วัดค่าสังเกต 70

ภาพที่ 18 แนวโน้มของค่าที่สังเกตที่เพิ่มขึ้นตามค่าความเข้มข้นของสารสกัดจากเปลือกมังคุด 71

ภาพที่ 19 กราฟ scatter plot อธิบายการกระจายตัวของค่า X (crude extract) บนเส้นแกน y (ORAC) 73

ภาพที่ 20 กราฟ scatter plot อธิบายการกระจายตัวของค่า X (crude extract) บนเส้นแกน y (%radical scavenging) 74

ภาพที่ 21 กราฟ scatter plot อธิบายการกระจายตัวของค่า X (crude extract) บนเส้นแกน y (turbidity) 75

ภาพที่ 22 กราฟ scatter plot อธิบายการกระจายตัวของค่า X (turbidity) บนเส้นแกน y (ORAC) 76

ภาพที่ 23 กราฟ scatter plot อธิบายการกระจายตัวของค่า X (turbidity) บนเส้นแกน Y (%radical scavenging) 77

ภาพที่ 24 กราฟ scatter plot อธิบายการกระจายตัวของค่า X (turbidity) บนเส้นแกน Y (crude extract) 78

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

อาหารและเครื่องดื่มเสริมสุขภาพ เป็นกลุ่มสินค้าที่มีอิทธิพลในตลาดปัจจุบัน เนื่องจากผู้บริโภคมีการศึกษาและมีรายได้เพิ่มมากขึ้น ประกอบกับปัจจุบันประชากรของโลกมีแนวโน้นเข้าสู่วัยผู้สูงอายุมากขึ้น ค่าเฉลี่ยอายุของประชากรเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ และเริ่มเจ็บป่วย ผู้บริโภคจึงหันมาดูแลสุขภาพ สรรหาสิ่งที่ดีกว่าและทางเลือกที่มากกว่าในการตอบสนองความต้องการที่เฉพาะเจาะจงของตนเองอยู่เสมอ ไม่ว่าจะเป็นอาหารและเครื่องดื่มที่ช่วยส่งเสริมการทำงานของสมองและร่างกาย และการเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน โดยเฉพาะการระบาดใหญ่ของ COVID-19 ได้นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในชีวิตประจำวัน ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการพัฒนาสุขภาพและสมรรถภาพการใช้อาหารเสริม ยิ่งทำให้ตลาดอาหารเสริมเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.1 ในปี 2020 Davidson (2021) โดยผู้บริโภคหันมาเลือกซื้ออาหารเสริมกลุ่มเพื่อสุขภาพเป็นหลัก เช่น กลุ่มวิตามิน เพื่อสร้างภูมิคุมกันให้กับร่างกาย ตลาดอาหารเสริมภูมิคุ้มกันทั่วโลกคาดว่าจะเติบโตร้อยละ 9 ต่อปีระหว่างปี 2019 ถึง 2025 โดยมุ่งเน้นที่การป้องกันเป็นพิเศษ ส่วนผสมที่มักใช้ในการสร้างภูมิคุ้มกันและเป็นที่นิยม ได้แก่ สมุนไพรต่าง ๆ เห็ด วิตามิน และ โปรไบโอติก เป็นต้น นอกจากนี้กลุ่มอาหารเสริมบำรุงสมองและสุขภาพจิตทั่วโลกจะเติบโตในอัตราร้อยละ 8.5 ในอีก 6 ปีข้างหน้าซึ่งมีมูลค่ามากกว่า 13 ล้านเหรียญสหรัฐในปี 2570 โดยส่วนผสมหลักที่เป็นจุดขายในอาหารเสริมกลุ่มนี้ ได้แก่ สารจากธรรมชาติ และสารสกัดจากสมุนไพร (Zaremba, 2021)

มังคุดมีคุณสมบัติทางการแพทย์หลายประการ เช่น ควบคุมความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจ ป้องกันการอักเสบ ปรับปรุงการย่อยอาหารรักษาสิว เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน และโรคผิวหนังอื่น ๆ ซึ่งเป็นผลมาจากสารแซนโทนที่มีอยู่ข้างในเปลือกมังคุด น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพผลิตจากการสกัดเอาสารต้านอนุมูลอิสระรวมหลายชนิดรวมกันที่มีความสามารถดูดจับอนุมูลอิสระได้ มีหน่วยเรียกรวม ๆ ของสารต้านอนุมูลอิสระว่า ORAC unit หรือ ORAC score (ORAC; Oxygen Radical Absorbance Capacity) จากเปลือกมังคุดเติมลงไป น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพจึงมีจุดขายในเรื่องความเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระนี้มีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระหรือของเสียที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย (Aaby et al., 2012; Arend et al., 2017) มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ป้องกันสารก่อมะเร็ง มีฤทธิ์ยับยั้งการกลายพันธุ์ ช่วยปกป้องระบบหัวใจและหลอดเลือด ช่วยปกป้องระบบประสาทส่วนกลางและลดเบาหวานชนิดที่ 2 (Basu and Penugonda,

2009; Beaulieu and Obando-Ulloa, 2017; Johanningsmeier and Harris, 2011) สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในมังคุดหลัก ๆ คือสารแซนโทน (xanthones) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) และกลุ่มโพลีฟีนอล (poly phenol) จึงทำให้ตลาดน้ำมังคุดมีการแข่งขันสูงในตลาด และมีคู่แข่งเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

อย่างไรก็ดีน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพมีจำหน่ายมาอย่างต่อเนื่องมาหลายปีแล้ว เวลาการจำหน่ายที่นานขึ้นมีผลต่อยอดจำหน่ายที่ลดลงตามวงจรชีวิตของสินค้า ประกอบกับคู่แข่งทางการตลาดที่เพิ่มมากขึ้นทำให้สินค้ามีการเลียนแบบกันจนสินค้าขาดจุดเด่น และสินค้าบางยี่ห้อได้ให้ข้อมูลกับผู้บริโภคว่ามีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ผู้บริโภคอาจขาดความเชื่อมั่นในข้อมูลนั้นว่าเป็นจริงหรือไม่ ถ้าผู้ผลิตส่งตัวอย่างไปรับรองมาตรฐานสารต้านอนุมูลอิสระที่ห้องปฏิบัติ การมาตรฐานภายนอก ต้องใช้เวลาและมีค่าใช้จ่ายสูง ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดปรับปรุงพัฒนามาตรฐานสินค้า การผลิต หรือคุณภาพอื่น ๆ ตามความต้องการของตลาด โดยเน้นรักษาจุดเด่นของน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพไว้ด้วยการพัฒนานวัตกรรมการตรวจวัดค่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC) ด้วยวิธี In-house method standardization แทนการส่งสินค้าไปตรวจสอบที่ห้องวิเคราะห์มาตรฐานในต่างประเทศซึ่งมีราคาแพงและใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน เทคนิคที่พัฒนาขึ้นสามารถประยุกต์ใช้ในการควบคุมมาตรฐานการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพให้มีมาตรฐานค่า ORAC เป็นไปตามความต้องการของลูกค้าทุกรอบการผลิตได้ทันที ซึ่งก่อนที่จะทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้มาตรฐานตามความต้องการของลูกค้า จะทำการทดสอบพฤติกรรมของผู้บริโภค และส่วนผสมทางการตลาด 7P’s ต่อความคาดหวังด้านผลิตภัณฑ์และการตลาด เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามความคาดหวังของผู้บริโภค

วิธี In-house method standardization เป็นการประยุกต์ใช้วิธีมาตรฐานมาปรับให้เป็นวิธีวิเคราะห์ค่า ORAC ที่ประหยัดเวลาและต้นทุนในการวิเคราะห์ แล้วยืนยันผลการวิเคราะห์ด้วยการนำไปเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน จนเกิดความแม่นยำและเที่ยงตรงของวิธี In-house method standardization วิธีการดังกล่าวถือเป็นการพัฒนานวัตกรรมการควบคุมคุณภาพสินค้า แนวคิดในการสร้างวิธี In-house method standardization คือประยุกต์วิธีของ Ou et al (2001) ที่ได้พัฒนาวิธีการวัดค่า ORAC โดยเปลี่ยนวิธีวัดจากเดิมเป็นการวัดปฏิกิริยาผ่านไฮโดรเจนอะตอม (hydrogen atom transfer : HAT) ซึ่งไม่เหมือนการวัดค่าสารต้านอนุมูลอิสระวิธีอื่น ๆ ทั่วไป ดังนั้นการวัดค่า ORAC จึงเป็นการวัดค่าสารต้านอนุมูลอิสระจากค่าแตกหักของพันธะไฮโดรเจนจากการทำปฏิกิริยากับสารอนุมูลอิสระ (peroxyl) ซึ่งวิธีการนี้มีความสามารถในการตรวจจับค่าสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น หลักการดังกล่าวมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้กับเครื่องมือวัดการเปลี่ยนไปของสีตัวอย่างที่สารอนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระด้วยคลื่นแสงระดับต่าง ๆ และใช้เครื่องวัดที่เหมาะสม ได้แก่ Spectrophotometer และ Spectrofluorometer หรือวิธีอื่นที่ง่าย แม่นยำ และใช้เวลาน้อย ได้แก่ การวัดค่าร้อยละของการกำจัดอนุมูลอิสระ (%Radical Scavenging) หรือเรียกว่า DPPH (2,2-

diphenyl-1-picrylhydrazyl) เป็นวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ซึ่งใช้ reagent คือ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว ง่ายต่อการวิเคราะห์ ให้ความถูกต้องและแม่นยำสูง (Kedare and Singh, 2011) และการวัดความขุ่นของสารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดหยาบเปลือกมังคุด เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระที่พบส่วนใหญ่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์เข้มข้น เมื่ออยู่ในน้ำกลั่นหรือของไหลจึงมีความขุ่นหรือมัวจากอนุภาคของสารสกัด ภาวะนี้ไม่อาจมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรืออาจมองเห็นเช่นเดียวกับหมอกควันในอากาศ ปกติแล้วการวัดความขุ่นใช้เป็นมาตรสำคัญมาตรหนึ่งในการทดสอบคุณภาพของน้ำและของไหลอื่น ความขุ่นมีหน่วยเป็น NTU (Nephelometric Turbidity Units) (Pfannkuche and Schmidt, 2003) แล้วนำผลทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธี ไปสร้างสมการพยากรณ์ค่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC) เพื่อประยุกต์ใช้เป็นวิธี In-house method standardization และนำไปควบคุมการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพต้นแบบต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยได้กำหนดไว้ 3 ข้อ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมและความคาดหวังของผู้บริโภคในตลาดต่างประเทศต่อผลิตภัณฑ์และการตลาดของน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ
2. เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพให้ได้คุณภาพทางสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด
3. เพื่อพัฒนานวัตกรรมกระบวนการตรวจสอบสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC) น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพด้วย วิธี In-house method standardization

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

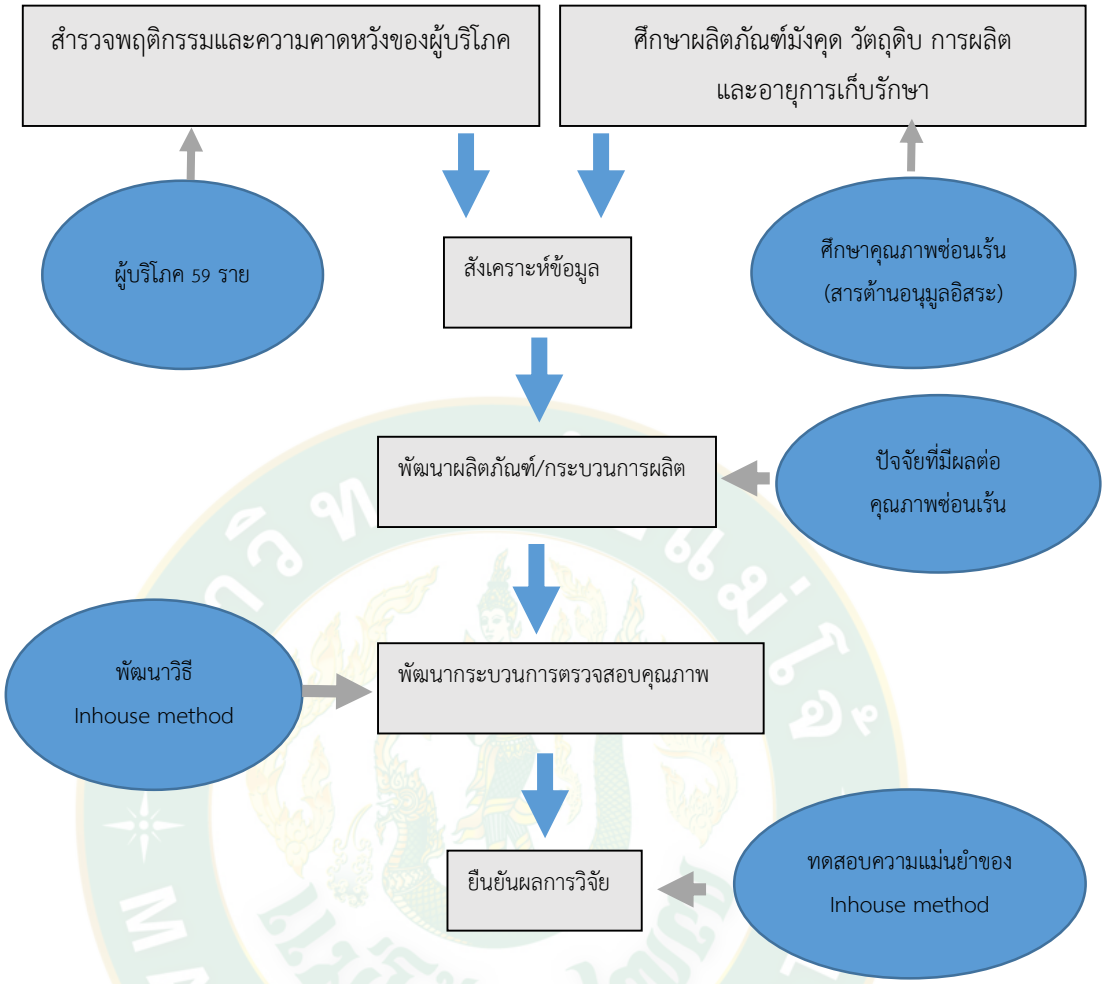
ประโยชน์ของงานวิจัยหลัก ๆ ที่ได้จากงานิจัยนี้มีดังนี้

1. ทราบถึงพฤติกรรมและความคาดหวังของผู้บริโภคในต่างประเทศต่อผลิตภัณฑ์และการตลาดของน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ เพื่อใช้ข้อมูลเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการควบคุมคุณภาพ
2. ได้กระบวนการผลิตที่สามารถรักษาค่าสารต้านอนุมูลอิสระไว้ได้สูงสุด และได้นวัตกรรมกระบวนการตรวจสอบสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC) ในน้ำมังคุดด้วยวิธี In-house method standardization

3. ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ กรมส่งเสริมการเกษตร กรมพัฒนาธุรกิจหน่วยงานเอกชน เช่น โรงงานผู้ผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพในประเทศไทย ผู้จัดจำหน่ายน้ำมังคุดและเกษตรกร นักการศึกษา เช่น นักศึกษา และนักวิจัย ที่จะใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพสินค้าให้เป็นไปตามความต้องการของตลาดโลก

ขอบเขตการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เริ่มจากการศึกษาพฤติกรรมและความคาดหวังของผู้บริโภคต่อน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพด้วยวิธีส่วนผสมทางการตลาด 7Ps โดยสอบถามข้อมูลจากผู้บริโภค และผู้จำหน่ายน้ำมังคุดในต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่จำนวน 60 คน และนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามความคาดหวัง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด ตลอดกระบวนการผลิต เริ่มตั้งแต่ การคัดเลือกวัตถุดิบ การเลือกสภาวะการผลิต อายุการเก็บรักษา พร้อมทั้งสร้างกระบวนการควบคุมคุณภาพและตรวจสอบผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี inhouse method standardization ให้เป็นวิธีที่ง่าย ต้นทุนต่ำ และใช้เวลาน้อยที่สุด (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แผนผังขอบเขตการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร

ส่วนประสมทางการตลาดและความคาดหวังของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

แนวโน้มธุรกิจผลิตภัณฑ์อาหารเสริมมีการเติบโตสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าทั่วโลกจะอยู่ในช่วงที่เศรษฐกิจชะลอตัว แต่อาจเนื่องมาจากการประชากรเข้าสู่วัยผู้สูงอายุมากขึ้น พร้อมทั้งมีการศึกษาสูงขึ้น รวมถึงค่านิยมในกระแสการดูแลสุขภาพใส่ใจในเรื่องของการบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ ทำให้เกิดความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสูงขึ้นด้วย โดยเฉพาะการระบาดของ COVID-19 ผู้บริโภคจึงให้ความสำคัญกับการพัฒนาสุขภาพและสมรรถภาพการใช้อาหารเสริมยิ่งทำให้ตลาดอาหารเสริมเพิ่มขึ้นมาก โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.1 ในปี 2020 (Davidson, 2021) โดยผู้บริโภคหันมาเลือกซื้ออาหารเสริมกลุ่มเพื่อสุขภาพเป็นหลัก เช่น กลุ่มวิตามิน เพื่อสร้างภูมิคุมกันให้กับร่างกาย ตลาดอาหารเสริมภูมิคุ้มกันทั่วโลกคาดว่าจะเติบโตร้อยละ 9 ต่อปีระหว่างปี 2019 ถึง 2025 โดยมุ่งเน้นที่การป้องกันเป็นพิเศษ ส่วนผสมที่มักใช้ในการสร้างภูมิคุ้มกันและเป็นที่นิยม ได้แก่ สมุนไพรต่าง ๆ เห็ด วิตามิน และ โปรไบโอติก เป็นต้น นอกจากนี้กลุ่มอาหารเสริมบำรุงสมองและสุขภาพจิตทั่วโลกจะเติบโตในอัตราร้อยละ 8.5 ในอีก 6 ปีข้างหน้าซึ่งมีมูลค่ามากกว่า 13 ล้านเหรียญสหรัฐในปี 2570 โดยส่วนผสมหลักที่เป็นจุดขายในอาหารเสริมกลุ่มนี้ ได้แก่ สารจากธรรมชาติ และสารสกัดจากสมุนไพร (Zaremba, 2021) จึงทำให้ธุรกิจผลิตภัณฑ์อาหารเสริมมีการแข่งขันสูงขึ้น ดังนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความโดดเด่นในแง่ของตัวผลิตภัณฑ์ที่จะสามารถเข้าถึงผู้บริโภคได้มากที่สุด จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ประกอบการต้องมีการวางแผนกลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อปรับตัวและคงความอยู่รอดในตลาดของผลิตภัณฑ์อาหารเสริมในภาวะที่มีการแข่งขันสูงในระยะยาวได้ ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าปัจจุบันผู้บริโภคมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการซื้อต่อผลิตภัณฑ์อาหารเสริม โดยเฉพาะในเรื่องพฤติกรรมของผู้บริโภคและส่วน ผสมทางการตลาดในต่างประเทศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคและส่วน ผสมทางการตลาด 7P’s (marketing mix; 7P’s) ในต่างประเทศที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ เพราะผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการรายละเอียดของสินค้าก่อนตัดสินใจซื้อ ดังนั้นผู้บริโภคจึงอาจต้องเข้าถึงผู้ให้บริการ การบริการ และลักษณะกายภาพด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ส่วนผสมทางการตลาด 7P’s จึงเหมาะสมในการเก็บข้อมูลจากผู้บริโภค

1. ส่วนประสมทางการตลาดต่อการตัดสินใจซื้ออาหารเสริมสุขภาพ

ปัจจัยด้านการตลาด (marketing factor) หรือ ส่วนประสมการตลาด 4p 8p หมายถึง ตัวแปรทางการตลาด ที่ควบคุมได้ซึ่งบริษัทใช้ร่วมกันเพื่อสนองความพึงพอใจแก่กลุ่มเป้าหมาย ทฤษฎีส่วนประสมการตลาด (Mas and Nanik, 2017) กล่าวไว้ว่า ส่วนประสมทางการตลาดเป็นตัวแปรทางการตลาดที่กิจการสามารถควบคุมได้ 4 ประการ (the four P's หรือ marketing mix) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ (product) ราคา (price) ช่องทางการจัดจำหน่าย (place) และการส่งเสริมการตลาด (promotion) ซึ่งองค์กรการธุรกิจจะต้องนำมาใช้ร่วมกันเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดเป้าหมายโดยรวม ปัจจัยดังกล่าวจะส่งผลต่อพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภค ซึ่งการรู้ถึงพฤติกรรมของผู้บริโภคจะนำมาสู่การวางกลยุทธ์ทางการตลาดที่เหมาะสม กลยุทธ์ทางการ ตลาด หมายถึงการวางแผนกลยุทธ์โดยใช้เครื่องมือทางการตลาดเพื่อให้ผู้บริโภคซื้อสินค้า กลยุทธ์ทางการตลาดที่นิยมใช้กันอย่างมากในธุรกิจประเภทเครื่องดื่มนั้น คือ ทฤษฎีส่วนประสมทางการตลาด (marketing mix 4P's) ของ Kotler and Keller (2016) ซึ่งประกอบด้วย กลยุทธ์ด้านผลิตภัณฑ์ กลยุทธ์ด้านราคา กลยุทธ์ด้านช่องทางการจำหน่าย และกลยุทธ์ด้านการส่งเสริมการตลาด ซึ่งต่อมาแนวคิดนี้ได้ถูกพัฒนาให้มีความเหมาะสมกับยุคสมัยที่เปลี่ยนไปซึ่งเน้นไปที่การสร้างผลกำไรสูงสุดบนความพอใจของผู้บริโภค มีการเพิ่มจาก 4P's เป็น 8P's โดยเพิ่มกลยุทธ์บรรจุภัณฑ์ กลยุทธ์การใช้พนักงานขาย กลยุทธ์การให้ข่าวสาร และกลยุทธ์การใช้พลัง (Lovelock and Wirtz, 2011) การศึกษาว่ากลยุทธ์ทางการตลาดกลยุทธ์ใดเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญที่จะนำมาสู่การดำเนินธุรกิจให้ประสบความสำเร็จ ซึ่งวัดจากความพึงพอใจของผู้บริโภคและความภักดีของผู้บริโภค ซึ่งผู้ประกอบการจะสามารถนำผลการวิจัยดังกล่าวไปใช้สำหรับการจัดทำแผนการตลาดและพัฒนากลยุทธ์เพื่อที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในการดำเนินธุรกิจ (Mosley, 2021) และสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันในธุรกิจเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

2. ส่วนประสมทางการตลาด 7P's

ในการศึกษาส่วนประสมทางการตลาดต่อความต้องการซื้อน้ำมังคุดเสริมสุขภาพของผู้บริโภคครั้งนี้จะศึกษาส่วนผสมทางการตลาด (marketing mix) หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า 7P's ซึ่งต้องมีแนวทางความคิดทางการสื่อสารการตลาด โดยอาศัยเครื่องมือการติดต่อสื่อสารกับผู้บริโภคแบบสมัยใหม่ซึ่งแบ่งส่วนขยายเพิ่มเติมจากเดิม ทั้งงานศึกษาทั้งภายในและภายนอกประเทศเชื่อมโยงสู่การทำธุรกิจสมัยใหม่ซึ่งเน้นการสร้างผลกำไรสูงสุดบนความพอใจของผู้บริโภคซึ่งเป็นการทำธุรกิจระยะยาว (long-term business) พร้อมกับพฤติกรรมที่เปลี่ยนไปของผู้บริโภคสมัยใหม่ซึ่งเปลี่ยนไปอย่างมาก โดย เฉพาะการแบ่งส่วนการตลาด (segmentation) ซึ่งไม่สามารถแบ่งส่วนการตลาดแบบเดิม ๆ ได้ ดังนั้นในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารของผู้บริโภค จะช่วยในการวางแผนการตลาดในธุรกิจ

ผลิตภัณฑ์น้ำมังคุดเสริมสุขภาพที่มีความเกี่ยวข้องและสอดคล้อง (Lin, 2011) แนวคิดในการวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาดครั้งนี้ใช้ 7P's ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนผสมทางการตลาด ดังนี้

1. **กลยุทธ์ผลิตภัณฑ์ (product strategy)** กลยุทธ์ผลิตภัณฑ์นั้น จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการตัดสินใจ เกี่ยวกับคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ (product attribute) เช่น สี กลิ่น รสชาติ ส่วนประสมผลิตภัณฑ์ (product mix) เช่น ขนาด คุณลักษณะ คุณค่า คุณภาพ และปริมาณการบริโภค เป็นต้น

2. **กลยุทธ์ราคา (price strategy)** เป็นการกำหนดว่าเราจะตั้งราคาแบบใด กลยุทธ์ราคาสูงหรือราคาต่ำ สิ่งที่จะต้องตระหนักคือ ราคาที่ได้กำหนดไว้นั้นเหมาะสมในการแข่งขันหรือสอดคล้องกับตำแหน่งผลิตภัณฑ์ของสินค้านั้นหรือไม่

3. **กลยุทธ์ช่องทางการจัดจำหน่าย (place strategy)** วิธีการจัดจำหน่าย จะต้องพิจารณาถึงช่องทางการจัดจำหน่าย (channel of distribution) เป็นเส้นทางที่สินค้าเคลื่อนย้ายจากผู้ผลิตหรือผู้ขายไปยังผู้บริโภคหรือผู้ใช้ ซึ่งอาจจะผ่านคนกลางหรือไม่ผ่านคนกลางก็ได้ ช่องทางการจัดจำหน่าย เช่น ห้างสรรพสินค้า ร้านค้า จำหน่ายผ่านสื่อ ผ่านระบบออนไลน์ ระบบอีคอมเมิร์ซ หรืออื่น ๆ (Usman et al., 2017)

4. **กลยุทธ์การส่งเสริมการตลาด (promotion strategy)** กลยุทธ์การส่งเสริมการตลาดจะต้องประสานกับแผนการตลาดโดยรวมและควรกำหนดแผนการส่งเสริมการตลาดที่ เฉพาะเจาะจง ตัวอย่างกลยุทธ์ เช่น ใช้กลยุทธ์การส่งเสริมการตลาดให้เกิดผลประโยชน์สูงสุดกับคู่ค้า เพื่อให้คู่ค้าสนับสนุนตราสินค้าของเรา หรือ ใช้กลยุทธ์ส่งเสริมการตลาดให้เกิดผลสูงสุดเพื่อกระตุ้นให้เกิดการซื้อสินค้าของเราในช่วงที่ยอดขายตกต่ำ อาจใช้กลยุทธ์ใดกลยุทธ์หนึ่ง หรือหลายกลยุทธ์ร่วมกัน เพื่อให้เกิดการสั่งซื้อสินค้า (นาฏอนงค์, 2558; Lin, 2011; Usman et al, 2017)

5. **กลยุทธด้านบุคลากร (personnel strategy)** ปัจจัยด้านคนหรือบุคลากรจากข้อมูลของ Muala and Qurneh (2012) ได้กล่าวถึงพนักงานบริการที่ผลิตและส่งมอบสินค้า ที่มีโอกาสโต้ตอบระหว่างกันลูกค้าและพนักงานดังกล่าว พนักงานจึงมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการรับรู้การบริการและคุณภาพสินค้าต่อลูกค้า ดังนั้นบุคลากรจึงเป็นกุญแจสำคัญในการส่งมอบบริการให้กับลูกค้า นอกจากนี้ลูกค้ามักจะเชื่อมโยงลักษณะของการบริการให้กับบริษัทที่พวกเขาทำงานด้วย บุคลากรถือเป็นองค์ประกอบสำคัญในองค์กรที่มีลูกค้าเป็นศูนย์กลาง ตลอดจนวิธีการแยกความแตกต่างของตัวแปรกับผลิตภัณฑ์บริการ ช่องทางและภาพความสำเร็จจะเป็นไปไม่ได้หากไม่มีความร่วมมือจากบุคลากรที่ไปมีปฏิสัมพันธ์ต่อการรับรู้ของลูกค้า กล่าวอีกนัยหนึ่งคือโดยปกติการกระทำของบุคลากรทุกคนมีอิทธิพลต่อความสำเร็จของการกระทำและหน้าที่ขององค์กร

6. **กลยุทธกระบวนการ (process strategy)** Muala and Qurneh (2012) ยืนยันว่าโดยทั่วไปกระบวนการถูกกำหนดให้เป็นการดำเนินการตามและรูปแบบที่เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์

ที่มีต้นทุนต่ำและเป็นประโยชน์ต่อลูกค้าและอื่น ๆ อีกมากมาย มีความสำคัญต่อการบริการมากกว่าสินค้า กระบวนการต่าง ๆ ตลอดจนทักษะของผู้ให้บริการที่แสดงต่อลูกค้าอย่างชัดเจนและเป็นพื้นฐานของความพึงพอใจที่มีต่อการซื้อสินค้า ดังนั้นการจัดการกระบวนการทำให้มั่นใจได้ถึงความพร้อมใช้งานและความสม่ำเสมอของคุณภาพ ในการบริโภคและการผลิตต้องจัดการกระบวนการไปพร้อมกัน การออกแบบและการนำองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์มาจัดการกระบวนการจึงเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างและส่งมอบผลิตภัณฑ์

7. กลยุทธทางกายภาพ (physical strategy) ปัจจัยนี้หมายถึงสภาพแวดล้อมที่บริการและสินค้าที่จับต้องได้ สถานที่ที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานและการสื่อสารการบริการต่อลูกค้า สิ่งนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากโดยปกติแล้วลูกค้าจะเป็นผู้ตัดสินคุณภาพของการบริการผ่านหลักฐานทางกายภาพ นอกจากนี้ปัจจัยนี้ยังหมายถึงสภาพแวดล้อมที่บริการ สภาพแวดล้อมที่มองเห็นได้อื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อการรับรู้ของลูกค้าที่เกี่ยวกับคุณภาพการบริการ ความสะดวกสบายของที่นั่งและทางกายภาพ รูปแบบของสถานบริการ ลักษณะของพนักงาน สามารถส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าอย่างมาก การตกแต่งและการออกแบบด้านสิ่งแวดล้อมยังมีอิทธิพลต่อความคาดหวังการบริการของลูกค้า ดังนั้นบริษัทต่าง ๆ ควรสร้างที่เหมาะสมทางสภาพแวดล้อมเพื่อตอบสนองความต้องการให้กับลูกค้า (Roy and Khan, 2015)

มไหศวรรย์ (2554) ทำการศึกษาเรื่อง ปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อน้ำข้าวกล้องงอกของผู้บริโภค ในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า (1) ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุน้อยกว่า 30 ปีจบการศึกษาระดับปริญญาตรีเป็นพนักงานบริษัทเอกชน และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนระหว่าง 10,001-15,000 บาท (2) พฤติกรรมการซื้อที่ตรงกับความต้องการมากที่สุดคือต้านมะเร็ง โดยซื้อ 1 สัปดาห์/ครั้ง ครั้งละ 1 ขวดหรือกล่อง ชื่นชอบรสธรรมชาติโดยซื้อดื่มเองเหมาะกับวัยทำงานและสูงอายุแหล่งที่ซื้อมากที่สุดคือ ซูเปอร์มาร์เก็ต (3) ปัจจัยส่วนประสมการตลาดมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีเพียงปัจจัยการส่งเสริมการตลาดมีอิทธิพลในระดับปานกลางเมื่อพิจารณาแต่ละปัจจัย (4) มีเพียงด้านการค้นหาข้อมูลและด้านการตัดสินใจซื้ออยู่ในระดับปานกลาง ส่วนปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกระบวนการตัดสินใจซื้อมีอิทธิพลโดยรวมอยู่ในระดับมาก (5) เพศ อายุระดับการศึกษา อาชีพและรายได้ไม่มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อโดยรวม เมื่อจำแนกเป็นรายด้าน มีเพียงอายุที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อในขั้นการตัดสินใจซื้อและพฤติกรรมหลังการซื้อ (6) ปัจจัยส่วนประสมการตลาดทั้ง 4 ปัจจัยมีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อทุกขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นการรับรู้ปัญหาการค้นหาข้อมูล การประเมินผล 29 ทางเลือก การตัดสินใจซื้อ และพฤติกรรมหลังการซื้อ โดยการส่งเสริมการตลาดมีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อโดยรวมและในแต่ละขั้นตอนมากที่สุด

นัทธมน (2558) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารทางอินเทอร์เน็ตของผู้บริโภค โดยใช้ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด 7P's และศึกษาว่าลักษณะทางประชากรศาสตร์ที่แตกต่างกันในด้านเพศ อายุ สถานภาพสมรส รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ระดับการศึกษา และอาชีพ ว่ามีการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารทางอินเทอร์เน็ตแตกต่างกันหรือไม่เพื่อให้ทราบว่าปัจจัยใดที่ส่งผลกับการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารทางอินเทอร์เน็ตของผู้บริโภค โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์เป็นเครื่องมือในการเก็บผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารทางอินเทอร์เน็ต โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพและกระบวนการ ปัจจัยด้านราคา ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ และปัจจัยด้านตราผลิตภัณฑ์และลักษณะบรรจุภัณฑ์ ส่วนลักษณะทางประชากรศาสตร์ที่แตกต่างกันในด้านเพศ อายุ สถานภาพสมรส รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ระดับการศึกษา และอาชีพ ผลการวิจัยพบว่า ในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารทางอินเทอร์เน็ตไม่แตกต่างกันระหว่างเพศ อายุ สถานภาพสมรส และอาชีพที่แตกต่างกัน ในขณะที่รายได้เฉลี่ยต่อเดือน และระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน มีการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารทางอินเทอร์เน็ตแตกต่างกัน โดยที่ผู้บริโภคที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่สูงกว่าจะมีค่าเฉลี่ยของการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่สูงกว่าผู้บริโภคที่มีรายได้เฉลี่ยต่ำกว่า และผู้บริโภคที่มีระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรีมีค่าเฉลี่ยของการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสูงกว่าผู้บริโภคที่มีระดับการศึกษาต่ำกว่า

นาฏอนงค์ (2558) ได้รายงานผลของการสำรวจออนไลน์ใน 52 ประเทศทั่วโลกของนีลเส็นเกี่ยวกับการรับประทานวิตามินหรือผลิตภัณฑ์อาหารเสริม พบว่าผู้บริโภคชาวไทยสนใจการรับประทานวิตามินและอาหารเสริมมากที่สุดในโลก ซึ่งนั่นถือเป็นแนวโน้มที่ดีของตลาดผลิตภัณฑ์อาหารเสริมในประเทศไทย โดยภาพรวมคาดว่าอนาคตของธุรกิจผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพในประเทศไทยจะยังคงขยายตัวได้ในช่วงระยะ 3-5 ปีจากแนวโน้มการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร รวมถึงสภาวะการแข่งขันระหว่างผู้ประกอบการที่นับวันจะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ดังนั้น ในส่วนของกลยุทธ์การตลาดที่องค์กรควรนำมาใช้ในการดำเนินธุรกิจของตนในปัจจุบันก็คือส่วนประสมทางการตลาด (Marketing Mix) หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า 7P's ซึ่งกลยุทธ์เหล่านี้เป็นแนวทางความคิดทางด้านส่วนประสมทางการตลาด เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การทำธุรกิจสมัยใหม่ซึ่งเน้นการสร้างผลกำไรสูงสุดบนความพึงพอใจของผู้บริโภคซึ่งเป็นการทำธุรกิจระยะยาว (Long-term business) พร้อมกับพฤติกรรมที่เปลี่ยนไปของผู้บริโภคสมัยใหม่ซึ่งเปลี่ยนไปอย่างมากในปัจจุบัน

กิตติ์ธนภูมิ และเอก (2559) ได้ศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหารเสริมเพื่อสุขภาพ พบว่าปัจจัยส่วนบุคคลมีผลต่อการ ตัดสินใจ ซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมแตกต่างกัน และผลการทดสอบความสัมพันธ์ พบว่าพฤติกรรมการบริโภคอาหารเสริม มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมประเภทต่าง ๆ ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร และส่วนประสมทาง

การตลาด มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจ เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพสูงสุด ด้านการจัดจำหน่ายและด้านกระบวนการให้บริการมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อรักษาสิวสูงสุด ด้านการส่งเสริมทางการตลาด ด้านภาพลักษณ์ผลิตภัณฑ์และด้านตัวบุคคลมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อบำรุงสมองสูงสุด

Kotler and Keller (2006) อธิบายว่าส่วนประสมการตลาด (Marketing mix หรือ 7P's) หมายถึง ตัวแปรทางการตลาดที่สามารถควบคุมได้ซึ่งบริษัทนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อ ตอบสนองความพึงพอใจแก่กลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย

ธนวรรณ (2547) อธิบายว่ากลยุทธ์การตลาดสำหรับธุรกิจบริการ (Marketing Mix 7P's) ที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกของผู้บริโภค ประกอบด้วยปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Product) ปัจจัยด้านราคา (Price) ปัจจัยด้านการจัดจำหน่าย (Place) ปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาด (Promotion) ปัจจัยด้านกระบวนการให้บริการ (Process) ปัจจัยด้านบุคลากรผู้ให้บริการ (People) ปัจจัยด้านการสร้าง และการนำเสนอลักษณะทางกายภาพ (Physical and Presentation) โดยส่วนประกอบทุกตัวมีความเกี่ยวพันกัน และเท่าเทียมกันขึ้นอยู่กับผู้บริหาร จะวางกลยุทธ์โดยเน้นส่วนประสมทางการตลาดบริการตัวใดมากกว่าเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดเป้าหมาย

จิราภา (2554) ศึกษาเรื่องพฤติกรรมและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบำรุงสุขภาพของนักศึกษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ปัจจัยในด้านภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้บริโภคให้ความสำคัญและคำนึงถึงประโยชน์ที่ผู้บริโภคจะได้รับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ก่อนที่จะมีการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้บริโภคหันมาใส่ใจและให้ความสำคัญกับภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ทั้งในแง่ของผลิตภัณฑ์ ที่ได้รับการยอมรับจากบุคคลทั่วไป การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพออกมาอย่างต่อเนื่องรวมทั้งผลิตภัณฑ์ได้รับรองมาตรฐาน และรวมถึงการที่บริษัทได้ร่วมบริจาคเพื่อการกุศลหรือกิจกรรมสาธารณะต่าง ๆ เพื่อช่วยเหลือสังคม ซึ่งทำให้สะท้อนได้ว่ากลุ่มผู้บริโภค ที่เป็นกลุ่มของวัยรุ่นหรือนักศึกษาต่างได้ให้ความสำคัญมากต่อตัวองค์กรและตัวผลิตภัณฑ์

Mas and Nanik (2017) ได้ศึกษาผลของกลยุทธ์ส่วนประสมการตลาด 7P's ที่มีต่อความพึงพอใจของลูกค้าผ่านการตัดสินใจซื้อเป็นตัวแปรสื่อกลาง กลุ่มตัวอย่างเป็นลูกค้า 55 ราย ของผลิตภัณฑ์ผงสมุนไพรและลูกอมขิงแดง เก็บรวบรวมข้อมูลโดยแบบสอบถาม ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ากลยุทธ์การตลาด 7P's มีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าทั้งทางตรงและทางอ้อมผ่านการตัดสินใจซื้อ การตัดสินใจซื้อยังส่งผลดีและมีนัยสำคัญต่อการตัดสินใจของลูกค้าเกี่ยวกับผงสมุนไพรและผลิตภัณฑ์ลูกอมขิงแดงในอุตสาหกรรม

3. ความคาดหวังของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

ความคาดวัง (expectancy) คือบ่อเกิดแรงจูงใจให้บุคคลใดบุคคลหนึ่งแสดงพฤติกรรมออกมาทางร่างกาย ความคาดหวังจะกระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจ เกิดการกระทำเพื่อไปสู่เป้าหมายที่ต้องการได้ Victor H. Vroom เสนอสมการสร้างแรงจูงใจไว้ในปี พ.ศ. 2507 คือ force = Expectancy X (Valence X Instrumentalities) โดย force คือ แรงจูงใจที่ทำให้เกิดการแสดงพฤติกรรมเป็นผลลัพธ์ของความคาดหวัง (expectancy) คุณค่าผลลัพธ์(valence) และวิธีการหรือลักษณะพฤติกรรมที่จะทำให้เกิดผลลัพธ์ (instrumentalities) (Lloyd and Mertens, 2018) นอกจากนี้ยังมีความคาดหวังในเชิงปริมาณที่อธิบายว่าธรรมชาติของแต่ละบุคคลจะกำหนดแรงจูงใจได้อย่างไร โดยการกำหนดแรงจูงใจเป็นผลของตัวแปร 3 อย่าง ได้แก่ 1. ความคาดหวัง - ที่มาจากความเชื่อว่าความพยายามจะทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้น (Effort-performance expectancy) คือความเชื่อของบุคคลหนึ่งว่าการกระทำที่ตนเองแสดงออกจะทำให้ไปสู่เป้าหมายได้ผลสำเร็จจึงเกิดการแสดงพฤติกรรมขึ้นในแต่ละครั้ง 2. ความคาดหวังเรื่องเครื่องมือ – ความเชื่อว่าประสิทธิภาพที่ประสบความสำเร็จนำไปสู่ผลลัพธ์ที่เฉพาะเจาะจง (Performance-outcome expectancy) คือบุคคลใดบุคคลหนึ่งได้กระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี และ 3. ความคาดหวังในความสามารถ - ผลลัพธ์ที่พึงปรารถนา (Valence of outcomes) คือ การให้คุณค่าผลลัพธ์สุดท้ายจากการกระทำที่คาดการณ์ล่วงหน้า (Kohli et al., 2018)

ความคาดหวังของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพนั้น ผู้บริโภคจะเกิดความคาดหวังได้ก็ต่อเมื่อต้องรู้จักข้อมูลในสินค้าระดับหนึ่ง และมีความรู้เพียงพอในการกระตุ้นให้เกิดความคาดหวัง เช่น เมื่อผู้บริโภครับรู้ว่าการรับประทานอาหารที่ครบ 5 หมู่จะทำให้สุขภาพแข็งแรงผู้บริโภคก็จะรับประทานด้วยความคาดหวัง หรือเมื่อผู้บริโภครับรู้ว่าวิตามินซีจะช่วยสร้างภูมิคุ้มกันและไม่ทำให้เป็นหวัด ผู้บริโภคก็คาดหวังในผลลัพธ์ที่ไม่ต้องการเป็นหวัด เป็นต้น ดังนั้นผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจึงมีจุดที่สร้างความคาดหวังให้กับผู้บริโภคที่แตกต่างกันออกไป เช่น น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพได้ผ่านการรับรู้ของผู้บริโภคมานานแล้วว่าเป็นเครื่องดื่มที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ดังนั้น การสำรวจความคาดหวังของผู้บริโภคต่อน้ำมังคุดจึงเป็นการค้นหาความคาดหวังตัวใหม่ในตลาดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามความคาดหวัง

นวัตกรรมกระบวนการการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ

น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพผลิตจากการสกัดเอาสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC; Oxygen Radical Absorbance Capacity) จากเปลือกมังคุดเติมลงไปในน้ำมังคุด ผลิตภัณฑ์จึงมีจุดขายในเรื่องความเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง น้ำมังคุดกลุ่มพรีเมี่ยมที่นำมาผลิตเป็น

น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพส่วนใหญ่คือมังคุดอินทรีย์และนำมาคั้นส่วนที่บริโภคได้รวมเนื้อ ทำให้น้ำมังคุดกลุ่มเพื่อสุขภาพมีความข้นของเนื้อมังคุดที่ปนอยู่ นวัตกรรมกระบวนการ (process innovation) ในการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพในอดีตเป็นการพัฒนานวัตกรรมแบบค่อยเป็นค่อยไป (incremental innovation) คือการเปลี่ยนแปลงของนวัตกรรมบางส่วนที่มีการพัฒนาหรือปรับปรุงสินค้าหรือบริการที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้น นั่นคือการปรับปรุงคุณภาพด้านสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมังคุดให้ดีขึ้น มีปริมาณสารสม่ำเสมอ และสามารถควบคุมทุกรอบการผลิตให้ได้มาตรฐาน จนผลิตภัณฑ์น้ำมังคุดกลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่รู้จักและต้องการของตลาดผู้รักสุขภาพทั้งภายในประเทศและต่างประเทศมาอย่างยาวนานและต่อเนื่องกว่า 20 ปี อย่างไรก็ตามกระบวนการการผลิตและการตลาดที่ยาวนานมาแล้วทำให้วิธีคิดและพฤติกรรมของผู้บริโภคเปลี่ยนแปลงไป การใช้ผลิตภัณฑ์และการตลาดแบบเดิม ๆ จึงมีผลต่อการลดลงของยอดขายสินค้า

เพื่อให้เกิดความแตกต่างจากที่ผ่านมาและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค นวัตกรรมกระบวนการที่เลือกมาใช้ในการพัฒนาน้ำมังคุดคือการหาวิธีควบคุมมาตรฐานสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการอย่างง่าย โดยนำเทคนิคการวิเคราะห์ค่า ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) ที่เป็นวิธีการวิเคราะห์ขั้นสูงมาประยุกต์ใช้ด้วยเครื่องมืออย่างง่าย เช่น UV-Spectrophotometer และ Spectrofluorometer ด้วยคลื่นแสงระดับใดระดับหนึ่ง หรือการวัดค่าด้วยเครื่องวัดความขุ่น (turbidity meter) แล้วเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน และสร้างเป็นสมการเชิงเส้นเพื่อทำนายผลที่ได้ค่ามาตรฐานกับค่าที่วัดได้อย่างง่ายด้วยวิธี inhouse method จากนั้นนำไปใช้จริงในการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพต้นแบบ ซึ่งกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทั้งหมดนี้เรียกว่ากระบวนการเทคโนโลยีพุชและมาร์เก็ตพุล (technology push and market pull)

1. ความหมายของนวัตกรรมกระบวนการ (process innovation)

นวัตกรรม หมายถึง การดำเนินงานและกิจกรรมให้เร็วขึ้นในแนวทางใหม่ ๆ เป็นสิ่ง จำเป็นในการดำเนินธุรกิจ และการผลิตสินค้า มีองค์กรอุตสาหกรรมหน้าใหม่เกิดขึ้นมามากในปัจจุบันที่ต้องรักษาความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งการดำเนินธุรกิจและการควบคุมศักยภาพในปัจจุบันอาจไม่เพียงพอในอนาคต ดังนั้นความสามารถในการใช้นวัตกรรมเพื่อหาสิ่งใหม่ ๆ หรือแนวทางใหม่ ๆ จึงจำเป็นเพื่อการแข่งขันในอนาคต

กระบวนการ หมายถึงการทำหน้าที่กิจกรรมต่าง ๆ ในเวลาและสถานที่หนึ่ง ตั้งแต่เริ่มต้นจนจบ ซึ่งมีปัจจัยนำเข้า (input) จนเป็นสินค้า (output) ส่วน business process คือการนำเอาสินค้าออกสู่ตลาดภายนอกหรือสู่ลูกค้า แต่ละธุรกิจจะมีแนวทางต่าง ๆ ต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางธุรกิจ บางธุรกิจเป็นกิจกรรมรวมของคน เทคโนโลยี วัตถุดิบ วิธีการ และสิ่งแวดล้อมในการสร้างสินค้าและบริการออกมา

นวัตกรรมกระบวนการ หมายถึง การดำเนินงานและกิจกรรมให้เร็วขึ้น ดีขึ้นในแนวทางใหม่ ๆ นวัตกรรมกระบวนการมีความหมายรวมถึงการเปลี่ยนแปลงเครื่องมือและเทคโนโลยีต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะเป็นแนวคิดที่ไม่ต่อเนื่อง เพื่อนำองค์กรเข้าสู่กระบวนการทางธุรกิจ นวัตกรรมยังหมายถึงและเกี่ยวข้องกับการสร้างมูลค่าเพิ่ม การพัฒนาแนวคิดใหม่และแนวทางแก้ปัญหาใหม่ อย่างไรก็ตามคำว่านวัตกรรมจะใช้ได้ก็ต่อเมื่อมีผลการดำเนินงานออกมาชัดเจนเป็นรูปธรรม นวัตกรรมด้านผลิตภัณฑ์และกระบวนการควรออกมาในลักษณะเชิงการค้า เพราะนวัตกรรมทางอุตสาหกรรมมีความเกี่ยวข้องกันจนถึงลูกค้า การเลือกใช้เทคโนโลยีกระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ความต้องการของลูกค้าเป็นตัวสะท้อนให้อุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้พัฒนาหรือมีการใช้นวัตกรรมต่าง ๆ ในกิจกรรมของอุตสาหกรรม นวัตกรรมจัดเป็นแนวคิดหรือสร้างแนวคิดออกมาเป็น concept model หรือหาแนวคิดที่เป็นไปได้ในการพัฒนาออกแบบกระบวนการผลิต ออกแบบรูปร่างหน้าตาสินค้า ปรับปรุงกระบวนการผลิต การสร้างสินค้าใหม่ หรือการผสมผสานแนวทางใหม่ ๆ หลายๆ ทางร่วมกัน เช่น การปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิต การออกแบบผลิตภัณฑ์ และเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสินค้าและกระบวนการผลิตนั้นอาจส่งผลต่อการใช้เทคโนโลยี องค์กร และห่วงโซ่อุปทานของสินค้า ซึ่งนวัตกรรมที่จะใช้ในอุตสาหกรรมอาจมีแนวทางในการพัฒนาดังนี้

1. โมเดลการผลักดันเทคโนโลยีสู่ตลาด (technology push model) ร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์
2. โมเดลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของตลาด (need pull model)
3. โมเดลควบคู่ (coupling model) คือการสร้างสินค้าตามความต้องการของตลาดร่วมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์
4. โมเดลการบูรณาการร่วม (integrated model) คือการบูรณาการของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการผลิต
5. โมเดลการบูรณาการทั้งระบบ (systems integration and networking model) เน้นความยืดหยุ่นขององค์กรและพัฒนาอย่างรวดเร็ว (อาจร่วมมือระหว่างลูกค้ากับผู้จัดหาสินค้า) (Papinniemi, 1999)

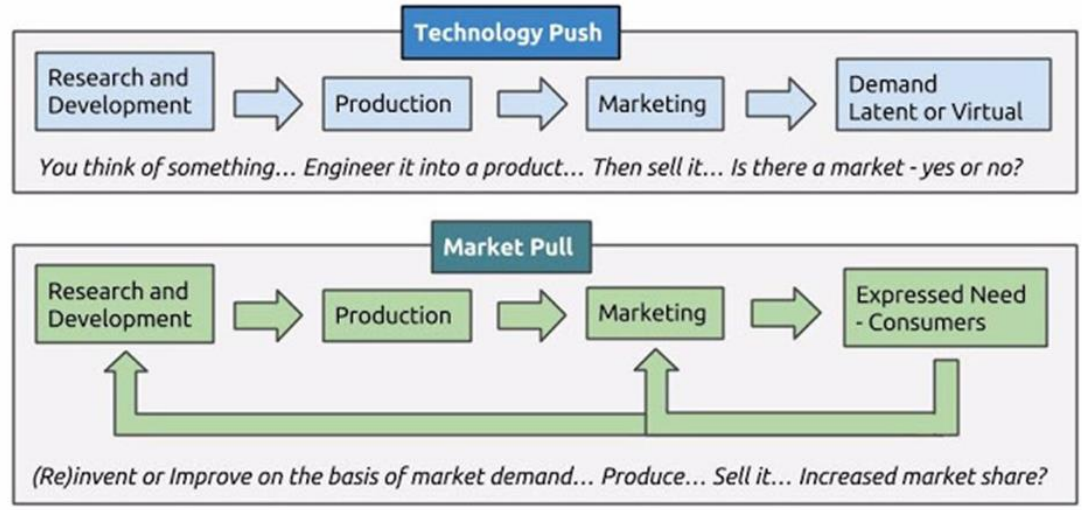
นวัตกรรมกระบวนการ คือ สิ่งที่ส่งผลให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีขึ้น ไม่ว่ากระบวนการนั้นจะใช้อะไรมาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาหรือปรับปรุงก็ตาม นวัตกรรมกระบวนการจึงเป็นภาพกว้าง เป็นแนวคิดที่มีไว้เพื่อให้เกิดการพัฒนาการของกระบวนการต่าง ๆ ให้ได้ค่าตอบสนองที่ดีขึ้น เช่น การพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อลดต้นทุน กระบวนการออกแบบองค์กรใหม่เพื่อให้งานมีประสิทธิภาพ การเพิ่มผลผลิตด้วยการปรับปรุงกระบวนการ รวมทั้งการปรับปรุงการบริการเพื่อให้ลูกค้าพึงพอใจ โดยยังคง

เป็นสินค้าเดิม แต่อาจทำให้ต้นทุนลดลง คุณค่ามากขึ้น ภาพลักษณ์ดีขึ้น คุณภาพดีขึ้น การบริการดีขึ้น เป็นต้น (Davenport, 1993; Papinniemi, 1999)

2. นวัตกรรมการผลักดันเทคโนโลยี (innovation technology push)

การพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมคุณภาพสารต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพก่อนนำสินค้าเข้าสู่ตลาด ถือว่าเป็นนวัตกรรมกระบวนการแบบผลักดันเทคโนโลยี (technology push) เพราะ “technology push” หมายถึงการประดิษฐ์หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ที่มีการพัฒนาขึ้นมาผ่านกระบวนการทำวิจัยในภาครัฐหรือภาคเอกชนก็ได้ และพัฒนาต่อไปจนเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ จากนั้นนำไปเสนอขายกับผู้ที่มีศักยภาพที่จะซื้อหรือผู้ที่มีโอกาสจะใช้งานจากเทคโนโลยีหรือสิ่งประดิษฐ์นั้น (Guo et al., 2020; Panhuyzen, 2016) น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพเมื่อหลายปีก่อนเกิดจากการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ก่อนนำไปทดสอบพฤติกรรมผู้บริโภคและทำการตลาดจนถึงปัจจุบัน ดังนั้นในครั้งแรกของการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพจึงเป็น innovation technology push

Technology Push คือการผลักดันสินค้าที่เป็นเทคโนโลยีสู่การตลาด ที่ต้องสร้างความต้องการต่อสิ่งใหม่ ๆ คือ แนวคิดการทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีซึ่งใช้ขีดความ สามารถด้านการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่องค์กรมีอยู่หรือสร้างใหม่ เป็นตัวกำหนดแนวทางในการสร้างความต้องการใหม่ให้เกิดขึ้นในตลาด ดังนั้นจากแนวความคิดนี้ ลำดับขั้นตอนการทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีจะเริ่มจากการวิเคราะห์ขีดความสามารถด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม การวิเคราะห์พิจารณาหาโอกาสในการนำเอาเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ และพิจารณาถึงตัวขับเคลื่อนที่ทำให้เกิดความต้องการผลิตภัณฑ์เหล่านั้น (Guo et al, 2020) จากนั้นจึงพิจารณาวางแผนเพื่อกำหนดกลวิธีในการกระตุ้นตัวขับเคลื่อนให้สร้างความต้องการของตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์นั้น (Panhuyzen, 2016) ดังภาพที่ 2 ปกติแล้ว technology push อาจใช้ร่วมกับ market pull หรือการพัฒนาสินค้าจากความต้องการของตลาดด้วยแนวคิดใหม่ ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการใหม่ ๆ หรือเป็นการพัฒนาสินค้ามาเพื่อชี้นำการตลาด ดังนั้นการสร้างนวัตกรรมสินค้าใหม่ ๆ เข้าสู่ตลาดผู้สร้างจึงต้องมีความสามารถในการคาดคะเนความต้องการของตลาดในอนาคตได้ชัดเจน (Panhuyzen, 2016)



ภาพที่ 2 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี technology push และ market pull

ที่มา: Horbach et al. (2012)

3. การนำข้อมูลจากตลาดมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ (market pull)

เมื่อน้ำมังคุดเคยเป็นเทคโนโลยีพุชมาแล้วหลายปี จำเป็นต้องพัฒนาการตลาดและผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคจึงเป็นขั้นตอนการได้มาซึ่งข้อมูลป้อนกลับ เพื่อนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดไปทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามความคาดหวังของผู้บริโภคให้ได้มากที่สุด ซึ่งกระบวนการป้อนกลับของข้อมูลนี้เรียกว่ามาร์เก็ตพุล (market pull)

Horbach et al (2012) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของ technology push and market pull กับนโยบายแนวใหม่ของรัฐบาลที่ประกาศใช้ eco-innovation กับบริษัทในประเทศเยอรมันในอนาคต เพื่อลดของเสียสู่สิ่งแวดล้อม เช่น CO_2, SO_2 หรืออื่น ๆ รวมถึงหลีกเลี่ยงการปล่อยน้ำหรือเสียงรบกวน และสารที่อันตราย และเพิ่มการรีไซเคิลของผลิตภัณฑ์ใช้แล้ว เพื่อให้เกิดการประหยัดต้นทุน ลดการใช้พลังงานและมีผลต่อการจัดเก็บภาษีของบริษัทต่าง ๆ ภายในประเทศ เก็บข้อมูลกับชุมชนในประเทศเยอรมัน ผลการสำรวจพบว่านโยบายดังกล่าวเป็นความต้องการที่สอดคล้องของลูกค้าที่ต้องการนวัตกรรมสินค้า ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานด้านสิ่งแวดล้อมและกระบวนการนวัตกรรมที่เพิ่มประสิทธิภาพในวัสดุที่มี และลดการใช้พลังงาน ของเสียและการใช้สารอันตราย บริษัทต่าง ๆ ยืนยันถึงความสำคัญของนวัตกรรมใหม่นี้และพร้อมจะปฏิบัติตาม และคาดว่าในอนาคตจะเกิดนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อมทั้งหมด

Henkel and Jung (2009) ได้กล่าวว่า innovation technology push หรือนวัตกรรมเทคโนโลยีผลักดันหมายถึงนวัตกรรมที่เริ่มต้นด้วยการพัฒนาเทคโนโลยีบางอย่าง (Chidamber and Kon, 1994) แล้วผลักดันเข้าสู่ตลาด ซึ่งการพัฒนานั้นต้องเป็นไปตามความต้องการของตลาด หรือเป็นไปตามแรงดึงของตลาด (market pull)

Guo et al. (2020; Newbert et al. (2007) และ Walsh et al. (2002)ได้กล่าวว่า นวัตกรรมเทคโนโลยีผลักดันหรือ innovation technology push พบบ่อยขึ้นในปีหลัง ๆ ซึ่งเป็นกลยุทธ์หนึ่งในการพัฒนานวัตกรรมการดึงตลาด ทำให้การตลาดมีความเสี่ยงน้อย แต่มีโอกาสมากขึ้นที่จะประสบผลสำเร็จ นอกจากนี้ยังพบว่าบริษัทที่ดำเนินการด้านเทคโนโลยีผลักดันถือว่าเป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพดีกว่าบริษัทที่ให้ความสำคัญกับกลยุทธ์การสร้างความต้องการของลูกค้า (demand pull) เพียงอย่างเดียว

ผลิตภัณฑ์มังคุดเพื่อสุขภาพ

น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพจัดเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (dietary supplements หรือ food supplements หรือ nutritional supplements) ซึ่งอาหารกลุ่มนี้ในทางเภสัชกรรมหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้รับประทานนอกเหนือจากการรับประทานอาหารตามปกติ โดยจะมีส่วนประกอบของสารอาหาร และอาจมีส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น เอนไซม์ หรือ ใยอาหาร มากกว่าอาหารที่บริโภคตามปกติ (Directive 2002/46/EC) ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับบุคคลทั่วไปที่ต้องการดูแลสุขภาพ ไม่ใช่ผู้ป่วย อาหารเพื่อสุขภาพคืออาหารที่มุ่งเน้นการเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับร่างกายหรือสร้างเสริมวิตามิน แร่ธาตุ ให้กับร่างกาย เป็นอาหารสำหรับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายเฉพาะ สามารถปรับปรุงการทำงานของอวัยวะร่างกายให้ดีขึ้น อย่างไรก็ดีไม่มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาผู้ป่วยอาหารเพื่อสุขภาพเป็นอาหารที่ไม่ส่งผลลัพธ์เชิงลบต่อร่างกายหรือทำลายสุขภาพ ตลาดผลิตภัณฑ์เสริมอาหารประกอบไปด้วยตลาดอาหารเสริมสุขภาพและรักษาโรค ตลาดอาหารเสริมความงาม และตลาดอาหารเสริมเพิ่มสมรรถภาพทางร่างกาย และพบว่าแนวโน้นอาหารเสริมเพื่อสุขภาพและยารักษาโรคได้ขยายตัวอย่างต่อเนื่องและขยายได้อีกในอนาคต (นริศร์ธร, 2559) ตลาดสินค้าประเภทนี้ที่ใหญ่ที่สุดคือ ญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกาซึ่งส่วนหนึ่งเนื่องจากผู้บริโภคมีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ประเภทนี้และมีกำลังซื้อมากกว่าผู้บริโภคในประเทศกำลังพัฒนา (พริมา, 2558) ปัจจุบันกระแสเรื่องผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเข้าสู่การแข่งขันของธุรกิจอาหารและเครื่องดื่มอย่างรุนแรง ซึ่งจุดขายหลักคือ การนำเสนอความเป็นธรรมชาติผลประโยชน์ด้านสุขภาพ ป้องกันโรคต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการชะลอความชรา และสุดท้ายหาซื้อได้สะดวกรับประทาน หรือดื่มได้ทันที (สารอาหารแห่งอนาคต, 2552) ปัจจุบันทั่วโลกและประเทศไทยอยู่ในช่วงการเปลี่ยนผ่านเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุโดย

สมบูรณ์ (aged society) ซึ่งมีพฤติกรรมการใช้จ่ายของผู้สูงอายุที่ผ่านมา พบว่า เป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการรักษาดูแลสุขภาพยามเจ็บป่วย การนวดสปาแพทย์แผนไทย และการซื้อสินค้าอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพทำให้คาดว่ากลุ่มผู้สูงอายุจะกลายมาเป็นกลุ่มลูกค้าที่มีบทบาทสำคัญในอนาคต (Yutidhammadamrong, 2020)

มังคุด (Mangosteen: *Garcinia mangostana* Linn.) จัดอยู่ในวงศ์ Clusiaceae (Anonymous, 2006) มีกลีบดอกอยู่ภายในและมีการขยายพันธ์โดยการใช้เมล็ด (Jindarat, 2014) มีพื้นที่เพาะปลูกหลายจังหวัดในประเทศไทย ทั้งภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ รวมกันในปี 2559 จำนวน 447,945 ไร่ ให้ผลผลิตแล้ว 419,245 ไร่ ปริมาณผลผลิตรวม 187,755 ตัน มีมูลค่าทางการตลาดรวมกัน 6,249 ล้านบาท (จริยา, 2560) เป็นที่รู้จักกันในนาม “ราชินีผลไม้” ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญสูง อุดมไปด้วยวิตามิน C, E, folate, calcium, potassium และ magnesium ปัจจุบันผู้ผลิตเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดได้ให้ความสนใจนำสารสกัดจากเปลือกมังคุดไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น สบู่เปลือกมังคุด ช่วยบรรเทาโรคผิวหนัง รักษาสิวฝ้า เพราะเปลือกมังคุดมีสรรพคุณในการสมานแผล ช่วยให้แผลหายเร็ว เช่น ใช้รักษาบาดแผลผุพอง แผลเน่าเปื่อย แผลเป็นหนองโดยการใช้เปลือกมังคุดฝนกับน้ำปูนใสทาบริเวณแผล น้ำต้มเปลือกมังคุดแห้งต้มน้ำล้างแผลใช้แทนการด้วยน้ำยาล้างแผลหรือด่างทับทิมได้ด้วย เพราะเปลือกมังคุดนี้มีสารแทนนิน (tannin) และสารแซนโทน (xanthones) ที่มีชื่อเรียกเฉพาะชื่อเดียวกับมังคุดว่า สารแมงโกสติน (mangostin) สารแทนนินมีฤทธิ์สมานแผลช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น สารแมงโกสตินมีฤทธิ์ช่วยลดอาการอักเสบและต้านเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดหนอง สารแซนโทนในเปลือกมังคุดยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคผิวหนังและกลากได้

การนำมังคุดไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์มีมาตั้งแต่สมัยโบราณโดยเฉพาะแพทย์แผนไทยที่ได้นำเปลือกมังคุดไปรักษาผู้ป่วยท้องเสีย และรักษาโรคผิวหนัง เนื่องจากมังคุดเป็นผลไม้ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง สารแทนนิน (tannin) และสารแซนโทน (xanthones) ที่ประกอบด้วยอนุพันธ์ต่าง ๆ เช่น สารอัลฟา เบต้า และแกรมมาแมงโกสทิน (alpha-, beta- and gramma-mangostin) สารเหล่านี้จะเป็นสารหลักในการออกฤทธิ์ต้านการอักเสบ ต้านแบคทีเรียดื้อยา และต้านแบคทีเรียอื่น ๆ เช่น *Staphyrococus aureus*, *S. epiermidis* และ *Propionibacterium acnes* เป็นต้น นอกจากนี้สาร alpha mangostin ยังยับยั้งสารที่เป็นตัวชักนำที่ทำให้เกิดแผลอักเสบในหนูที่เลี้ยงลูกด้วยนม (Jung et al., 2006) ป้องกันการเจ็บป่วย และออกฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็ง (Akao et al., 2008) ในส่วนของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีผลต่อคุณภาพกลุ่มอาหารเสริมส่วนใหญ่ที่พบในมังคุดหลัก ๆ คือสารแซนโทน (xanthones) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) และกลุ่มโพลีฟีนอล (poly phenol) จึงได้มีการนำเปลือกมังคุดไปสกัดเอาสารเหล่านี้ไปเป็นส่วนผสมทำเป็นอาหารเสริม และเครื่องสำอางอย่างกว้างขวาง เพื่อจำหน่ายในตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ

คุณค่าของน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพมาจากการสกัดเอาสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกมังคุดทั้งเปลือกในและเปลือกด้านนอกที่มีสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC; Oxygen Radical Absorbance Capacity) สูง (Jindarat, 2014) เติมลงไป น้ำมังคุดจึงมีจุดขายในเรื่องความเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงตามไปด้วย ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระนี้มีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระหรือของเสียที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย (Aaby et al, 2012; Arend et al, 2017) มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ป้องกันสารก่อมะเร็ง มีฤทธิ์ยับยั้งการกลายพันธุ์ ช่วยปกป้องระบบหัวใจและหลอดเลือด ช่วยปกป้องระบบประสาทส่วนกลางและลดเบาหวานชนิดที่ 2 (Basu and Penugonda, 2009; Beaulieu and Obando-Ulloa, 2017; Johanningsmeier and Harris, 2011)

Tang et al. (2009) ได้ศึกษาการดูดซึมสารต้านอนุมูลอิสระของแซนโทนในน้ำมังคุดกับอาสาสมัครสุขภาพดีจำนวน 59 มล. โดยน้ำมังคุดมีส่วนผสมอื่น ได้แก่ ว่านหางจระเข้, ชาเขียว และวิตามิน. ผลการวิจัยพบว่าสาร alpha-mangostin วัดค่าในรูปสารต้านอนุมูลอิสระ (ORAC) ในพลาสมาเพิ่มขึ้นสูงสุดร้อยละ 18 โดยสังเกตค่า C(max) ที่ t(max) ประมาณ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงในชั่วโมง 2 และกินเวลาอย่างน้อย 4-6 ชม.ที่ค่าสารต้านอนุมูลอิสระ (ORAC) คงตัวในพลาสมา การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงการดูดซึมสารต้านอนุมูลอิสระจากผลิตภัณฑ์มังคุดเพื่อสุขภาพของร่างกายมนุษย์

Ninfali et al. (2002) ได้ศึกษาค่าสารต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ค่า ORAC เป็นตัวชี้วัดปริมาณค่าสารฟีนอลิกคอมพาวด์ (phenolic compound) ในน้ำมันมะกอก โดยพบว่าค่า phenolic compound ผันแปรกับค่า ORAC เมื่อค่า phenolic compound สูงขึ้น ค่า ORAC ก็สูงขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับ Kurihara et al. (2002) ได้รายงานผลสารต้านอนุมูลอิสระในชาอู่หลงสกัดออกมาเป็นค่า ORAC โดยค่าสารต้านอนุมูลอิสระในชาอู่หลงจะอยู่ในรูปของสาร catechin ที่สามารถวัดค่าได้ด้วยแสงฟลูโอเรสเซนต์ตามวิธีการเตรียมตัวอย่างด้วย AAPH ซึ่งเป็นการเตรียมตัวอย่างตามวิธี Trolox และวิธีการเตรียมตัวอย่างด้วยวิธี Trolox สามารถรายงานค่าสารต้านอนุมูลอิสระออกมาเป็นค่า ORAC ทั้งนี้ปริมาณสาร catechin ยังสัมพันธ์กับค่า ORAC เมื่อค่า catechin สูงขึ้น ค่า ORAC ก็สูงขึ้นตามไปด้วย

Chaovanalikit et al. (2012) ได้ศึกษาองค์ประกอบของเปลือกมังคุดบริเวณเปลือกนอก (outer pericarp) และบริเวณเปลือกด้านใน (inner pericarp) ของเปลือกมังคุดสด พบว่าสารกลุ่มฟีนอลิก (total phenolic) ที่ศึกษาด้วยวิธี Folin-Ciocalter method) พบมากในบริเวณเปลือกด้านในมากกว่าเปลือกด้านนอก เมื่อศึกษาปริมาณสารแอนโทไซยานินด้วยวิธีของ Giusti and Wrolstad (2001) พบว่าสารนี้จะพบในบริเวณเปลือกด้านนอกมากกว่าเปลือกด้านใน

Chitchumroonchokchai et al. (2012) ได้ศึกษาการดูดซึมของแซนโทนจากน้ำมังคุดร้อยละ 100 ในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี (n = 10) ความเข้มข้นของ xanthone ในน้ำมังคุดมีค่าเริ่มต้น

5.3 ± 0.1 มิลลิโมลต่อลิตรประกอบด้วยด้วย α-mangostin, garcinones (C, D และ E), γ-mangostin, gartanins และ xanthones อื่น ๆ ปริมาณร้อยละ 58, 2, 6, 4 และ 5 ตามลำดับ ผู้เข้าร่วมรับประทานน้ำมังคุดขนาด 60 มล. พร้อมกับอาหารเช้าที่มีไขมันสูงพบว่าปริมาณแซนโทนในซีรั่มและปัสสาวะมีความแตกต่างกันใน AUC (762-4030 nmol / L ×h), สำหรับ α-mangostin ในซีรั่มในช่วง 24 ชั่วโมงหลังรับประทาน ความเข้มข้นสูงสุด (113 ± 107 nmol / L) และเวลาในการให้ความเข้มข้นสูงสุด (3.7 ± 2.4 ชั่วโมง) ในทำนองเดียวกัน xanthones ใน ปัสสาวะอยู่ระหว่าง 0.9 ถึง 11.1 ไมโครโมลและคิดเป็นร้อยละ 2.0 ± 0.3 (ช่วงร้อยละ 0.3 - 3.4) ของปริมาณที่กินภายใน 24 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างหญิงกับชายที่มีค่าเภสัชจลนศาสตร์เฉลี่ยของ α-mangostin ในซีรั่มและในปัสสาวะ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าแซนโทนในน้ำมังคุดถูกดูดซึมเมื่อรับประทานพร้อมกับอาหารที่มีไขมันสูง

Suksamrarn et al. (2003) ได้ศึกษาการแยกสารสกัดจากเปลือกมังคุด (green fruit hull) เปลือกหุ้มเมล็ดและเมล็ดมังคุดสด (fresh aril and seed) โดยสกัดด้วยเมทานอล (methanol) จากการศึกษาพบว่าสารที่แยกได้จากการสกัดเปลือกมังคุดได้แก่ γ-mangostin, garcinone D, mangostaninm และ 1,7-dihydroxy-2-(methylbut-2-enyl)-3-methoxyxanthone นอกจากนี้ยังพบ สาร α-mangostin, β-mangostin, mangostenol, mangostinone, mangostenone A, garcinone B, tovophyllin B และ trapezifolixanthone ซึ่งเป็นสารที่เคยพบมาก่อน Suksamrarn et al (2002) และสารที่ได้จากการสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดและเมล็ดมังคุดสด ได้แก่ demethylcalaba -xanthone และ α-mangostin และจากการนำสารที่สกัดและแยกได้ทั้งหมดมาทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Mycobacterium tuberculosis* พบว่า α-mangostin, β-mangostin และ garcinone B สามารถยับยั้งเชื้อได้ดีที่สุดโดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งได้ (minimum inhibitory concentrations, MIC) เท่ากัน คือ 6.25 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และสารที่สามารถยับยั้งเชื้อได้น้อยที่สุด คือ 1,7-dihydroxy-2-(methylbut-2-enyl)-3-methoxyxanthone โดยมีค่า MIC มากกว่า 200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

Mahabusarakam et al. (1987) ได้ศึกษาองค์ประกอบของเปลือกในของมังคุด(pericarp) และเปลือกหุ้มเมล็ดมังคุด (aril) โดยสกัดด้วยเบนซีน (benzene) จากการศึกษาพบอนุพันธุ์ของแซนโทน 8 ชนิด ที่ได้จากการสกัดเปลือกในของมังคุดได้แก่ mangostin, β-mangostin, γ-mangostin และ gartanin ซึ่งเป็นสารที่เคยพบมาก่อน โดย Yates และ Stout เมื่อปี ค.ศ. 1958, Yates และ Bhat เมื่อปี ค.ศ. 1958, Jefferson และคณะเมื่อปี ค.ศ. 1970 และ Govindacbari et al เมื่อปี ค.ศ. 1958 ตามลำดับ และจากการศึกษาต่อมาพบสารอื่น ๆ อีกได้แก่ 1-isomangostin, 1-somangostin hydrate, 3-isomangostin และ 3-isomangostin hydrate และพบอนุพันธุ์ของแซนโทน 5 ชนิด ที่ได้จากการสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมังคุดหรือ mangotin, clalba-xanthone,

demethylcalabaxanthone, 2,8-bis-(**γ**,**γ**-dimethylallyl)-1,3,7-trihydroxy -xanthone และ 2-(**γ**,**γ**-dimethylallyl)-1,7-dihydroxy-3-methoxy xanthone

สมนึก (2550) ได้สกัดสารจากเปลือกมังคุด (fruit hull) ทั้งแบบสดและแบบแห้งด้วยเอทานอลร้อยละ 95 โดยมังคุดที่ศึกษามี 2 แหล่งคือ จันทบุรีและภาคใต้พบว่า เมื่อใช้สภาวะของการสกัดเหมือนกัน(อัตราส่วนการสกัด:น้ำหนักเปลือกมังคุด: เอทานอลร้อยละ 95 เท่ากับ 30 กรัม : 100 มิลลิลิตร สกัดที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน) จะได้ปริมาณสารสกัดหยาบที่ใกล้เคียงกัน และพบว่ามังคุดเป็นพืชสมุนไพรที่น่าสนใจนำมาศึกษาวิจัยและพัฒนาเป็นยาหรือเครื่องสำอางเพื่อนำมาใช้รักษาสิวอักเสบ เนื่องจากสารสกัดจากเปลือกมังคุดสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Propionibacterium acnes* ได้ดี 2. สารที่พบในเปลือกมังคุดมีหลายชนิด เช่น แซนโทน และแทนนิน แต่สารที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Propionibacterium acnes* ได้ดีอาจเป็นสารที่เป็นอนุพันธุ์ของแซนโทน เนื่องจากสารแซนโทนมีฤทธิ์ลดอาการอักเสบและมีรายงานการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าสาร mangostin ซึ่งเป็นอนุพันธุ์ของแซนโทนชนิดหนึ่ง ที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยเอทานอลร้อยละ 95 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวได้ดี

สารต้านอนุมูลอิสระในมังคุด

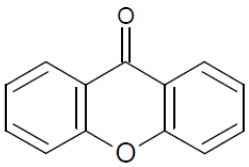
มังคุดเป็นแหล่งของสาร mangostin, tannin, chrysanthemin, gartanin, vitamin B1, B2 และ vitamin C ส่วน สารแซนโทน (xanthones) จะประกอบด้วย กลุ่ม alpha และ beta mangotin เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ที่นำมาใช้เป็นยาในภูมิภาคเอเชียนานแล้ว ทุกส่วนของมังคุด รวมทั้งผล ราก และกิ่งถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการแก้ไข้หวัด, โรคปัสสาวะอักเสบ, ท้องเสีย, โรคบิด, ผื่นคัน และโรคทางเดินอาหาร นอกจากนี้ยังพบรายงานว่ามังคุดมีสารพฤกษเคมี เช่น ออกซีจีเนต (oxygenate) และแซนโทน มากกว่าพืชอื่น ๆ และมีสารฟลาโวนอยด์ และสารโพลีฟีนอลิก ซึ่งสารเหล่านี้สกัดได้จากส่วนเนื้อและเมล็ด เรียกว่า alpha – mangostin, beta – mangostin และ garcinone B ซึ่งสามารถยับยั้งแบคทีเรีย *Mycobacterium tuberculosis* ที่เป็นสาเหตุของโรควัณโรค นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยหลาย ๆ งานวิจัย เช่น งานวิจัยของ Akao et al (2008) และ Sakagami et al. (2005) พบว่าสารแซนโทนเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถป้องกันมะเร็ง ป้องกันการติดเชื้อจากแบคทีเรีย ตามลำดับ Sugiyanto et al. (2019) ได้ศึกษาผลของ alpha – mangostin จากมังคุด ต่อการต่อต้านเชื้อไวรัสที่ก่อโรคไข้เลือดออกในคน จากการวิจัยพบว่าสารดังกล่าวสามารถต่อต้านเชื้อไวรัสชนิดก่อโรคไข้เลือดออกในคนได้ Aizat et al. (2019) ได้รวบรวมบทความเกี่ยวกับมังคุด พบว่าสารสกัดจากมังคุดมีการใช้กันอย่างกว้างขวางในการผลิตยา รวมถึงใน

การรักษาโรคมะเร็ง, ต่อต้านจุลินทรีย์และการรักษาโรคเบาหวาน ประโยชน์ของสารสกัดจากมังคุดยังช่วยในการปกป้องอวัยวะต่าง ๆ ของมนุษย์เช่น ตับ ผิวหนัง ข้อต่อ ตา เซลล์ประสาท ลำไส้ และเนื้อเยื่อหัวใจและหลอดเลือดจากโรคและโรคต่าง ๆ นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากมังคุดสามารถต่อต้านการอักเสบได้ โดยหลัก ๆ สารต้านอนุมูลอิสระในเปลือกมังคุดที่นำมาใช้ประโยชน์ด้านอาหารเสริมจะเรียกว่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระรวมนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสาร 3 กลุ่มดังต่อไปนี้

1. สารแซนโทน

แซนโทน (xanthones) เป็นสารที่สกัดได้จากพืชหลายชนิด โดยเฉพาะจากเปลือกมังคุด ซึ่งสามารถละลายได้ในตัวทำละลายทั้งมีขั้วและไม่มีขั้ว ซึ่งสารแซนโทนแต่ละชนิดก็มีความสามารถในตัวทำละลายแตกต่างกัน สกัดสาร xanthone – garcinia furan ด้วยสารละลาย hexane ร้อน Sakagami et al (2005) สกัดสาร alpha and beta mangostin จากสาร methanol

แซนโทน เป็นสารประกอบอินทรีย์พบในพืชวงศ์ Clusiaceae (Guttiferae), Gentianaceae, Moraceae และ Polygalaceae มีลักษณะเป็นผลึกของแข็งสีเหลือง มีโครงสร้างเป็นวง (phenolic) ดังภาพที่ 3 แซนโทนสามารถสกัดได้ด้วยเอทานอล (ethanol) หลายความเข้มข้น แต่ละความเข้มข้นจะให้ผลด้านเคมีต่างกัน เช่น ถ้าสกัดด้วยความเข้มข้นของเอทานอลร้อยละ 40 จะสามารถยับยั้งการหลั่งสารที่ทำให้เกิดอาการแพ้ (histamine) และสกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 100, 70 และ 40 สามารถยับยั้งการสร้าง PGE2 ในเซลล์เนื้องอกของหนู C_6 ได้ แต่สารสกัดด้วยน้ำไม่ออกฤทธิ์ในการยับยั้ง นอกจากนี้สารสกัดทั้ง 4 ยังมีฤทธิ์ยับยั้งการแพ้ทางผิวหนังของหนู (passive cutaneous anaphylaxis, PCA) (Nakatani et al., 2002)



ภาพที่ 3 โครงสร้างแซนโทน

ที่มา: Answers Corporation (1999)

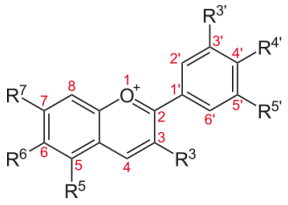
อนุพันธุ์ของแซนโทน ที่พบในพืชวงศ์ Clusiaceae มีหลายชนิด เช่น mangostin ซึ่งพบในเปลือกมังคุด (pericarp) เปลือกหุ้มเมล็ดมังคุด (aril) เปลือกต้นมังคุด (stem bark) เป็นต้น มีลักษณะเป็นผลึกของแข็งสีเหลือง มีคุณสมบัติต้านแบคทีเรีย การอักเสบและการเกิดมะเร็ง

(Answers Corporation, 1999) นอกจาก mangostin แล้วยังพบอนุพันธุ์ของแซนโทนชนิดอื่นอีกหลายชนิด การสกัดแซนโทนMishima et al. (2013) ใช้ supercritical carbon dioxide และ ethanol เป็นตัวทำละลายสาร alpha mangostin ออกมา และวัดค่าออกมาในปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ โดยมีหน่วยเป็นค่า ORAC (Ou et al., 2001)

2. สารแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นเป็นรงควัตถุที่ละลายน้ำได้ จัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เป็นสารให้สีตามธรรมชาติโดยสีของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะความเป็นกรด-ด่าง แอนโทไซยานินมีโครงสร้างเป็นแบบ C_6-C_3-C_6 (ภาพที่ 4) ซึ่งเป็นไกลโคไซด์ของ 2-phenylbenzo- pyrylium หรือ flavylium cation ที่มีด้วยกันหลายชนิดแต่มีอยู่ 6 ชนิดเท่านั้นที่พบบ่อย ได้แก่ pelargonidin, cyanidin, delphinidin, peonidin, petunidin และ malvidin ในสารละลายตัวกลางแอนโทไซยานินจะทำหน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง (pH indicator) คือให้สีแดงที่ pH ต่ำ ให้สีน้ำเงินที่สภาวะเป็นกลางและไม่มีสีที่ pH สูงโดยปัจจัยที่มีผลต่อสีและความเสถียรของแอนโทไซยานินคือปัจจัยทางเคมีและฟิสิกส์ เช่น โครงสร้าง อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง กรดแอสคอร์บิก น้ำตาล และปัจจัยอื่น ๆ แอนโทไซยานินมีคุณสมบัติแตกต่างกันทั้งทางเภสัชวิทยาและชีววิทยา เช่นเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activity) ช่วยต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สามารถลดอาการอักเสบ (anti-inflammatory) ช่วยปกป้องหลอดเลือด ลดคอเลสเตอรอลในเลือดลดความเสี่ยงของโรคมะเร็งและต้านไวรัสแต่คุณสมบัติเด่นที่สุดของแอนโทไซยานินคือ ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระโดยแอนโทไซยานินมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินซีและอีถึง 2 เท่าปริมาณของแอนโทไซยานินที่มนุษย์สามารถบริโภคได้เฉลี่ยสูงสุดคือ 200 มิลลิกรัมต่อวัน ซึ่งพบว่าผู้ที่นิยมดื่มไวน์แดงมีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเกี่ยวกับหัวใจลดลง ไวน์แดงจึงได้ชื่อว่าอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติมากที่สุดชนิดหนึ่ง เนื่องจากในไวน์แดงมี superoxide radical scavenging ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ LDL (low density lipoprotein) การวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของแอนโทไซยานิน เป็นการศึกษาโครงสร้างและหน้าที่ของแอนโทไซยานินในพืช เพื่อที่จะนำแอนโทไซยานินไปใช้ประโยชน์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยแอนโทไซยานินสามารถสกัดจากพืชได้ถึง 539 โครงสร้าง โดยใช้การสกัด การทำให้บริสุทธิ์และการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟี วิธีวิเคราะห์ที่นิยมใช้คือการแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบแผ่นบาง (Thin-layer chromatography ; TLC) และ High performance liquid chromatography (HPLC) แอนโทไซยานินจากธรรมชาติสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเครื่องดื่มและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้หลายชนิดแต่ที่ได้รับความสนใจมากในปัจจุบันคือคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidant) จึงมีแนวโน้ม

นำมาประยุกต์ใช้ในด้านสุขภาพและความงามโดยช่วยลดการเกิดริ้วรอยของผิวจากรังสียูวีและมลภาวะ อีกทั้งช่วยป้องกันเซลล์เส้นผมไม่ให้อ่อนแอและทำให้เส้นผมเงางามแข็งแรง (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2553)



ภาพที่ 4 โครงสร้างแอนโทไซยานิน

ที่มา: อรุษา (2554)

3. สารกลุ่มโพลีฟีนอล

สารประกอบฟีนอล (phenolic compound หรือ phenolics) ได้แก่ สารประกอบที่มี aromatic ring และอย่างน้อย 1 hydroxyl group และรวมไปถึงอนุพันธุ์ของสารประกอบฟีนอลซึ่งมีการแทนที่ด้วยหมู่เคมีต่าง ๆ ตัวอย่างสารประกอบฟีนอล (ภาพที่ 5) ได้แก่ flavonoids, lignin, ฮอร์โมน abscisic acid, cinnamic acid, caffeic acid, chlorogenic acid, กรดอะมิโน tyrosine, phenylalanine และ dihydroxy-phenylalanine (DOPA), coenzyme Q และผลผลิตจากเมแทบอลิซึมอีกหลายชนิด สารประกอบฟีนอลเป็นตัวแทนของสารในธรรมชาติที่นับว่ามีปริมาณมากชนิดหนึ่งและมีความสำคัญต่อสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับสีและกลิ่นรส ความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลแตกต่างกันไปอย่างมากมายในผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว (มณฑนา, 2556)

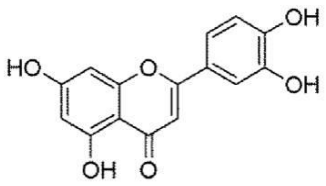
สารประกอบฟีนอลในพืชโดยทั่วไปแสดงคุณสมบัติเป็นกรด ซึ่งจะสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลอื่นอย่างรวดเร็ว และพบบ่อยที่ทำปฏิกิริยากับพันธะเปปไทด์ของโปรตีน และเมื่อโปรตีนนี้เป็นเอนไซม์ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมักทำให้เอนไซม์หมดสภาพ ซึ่งมักเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเอนไซม์ในพืช โดยรวมแล้วสารประกอบฟีนอลจะไวต่อการเกิดออกซิเดชั่นโดยเอนไซม์ phenolases ซึ่งเปลี่ยน monophenols ไปเป็น diphenols และเปลี่ยนต่อไปเป็น quinones นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลบางตัวยังสามารถ chelate กับโลหะ สารประกอบฟีนอลภายในเซลล์ที่อยู่ในรูปอิสระนั้นพบน้อยมาก ส่วนใหญ่มักพบรวมอยู่กับโมเลกุลอื่น หลายชนิดพบในรูป lycosides โดยเชื่อมต่อกับมอโนแซคคาไรด์หรือไดแซคคาไรด์ โดยเฉพาะกลุ่มของ flavonoids ซึ่งมักรวมกับน้ำตาล นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลยังอาจรวมกับสารประกอบอื่นอีกหลายชนิด เช่น hydroxycin -namic acid อาจพบรวมกับ organic acids, amino groups, lipids, terpenoids, phenolics และกลุ่มอื่น

ๆ นอกเหนือจากน้ำตาลการรวมตัวในลักษณะนี้ภายในเซลล์เป็น monophenols และ diphenols ทำให้เกิดความเป็นพิษกับพืช (phytotoxic) น้อยกว่าในรูปอิสระ

การแบ่งชนิดของสารประกอบฟีนอล แบ่งเป็น 3 ชนิด ตามจำนวน phenol rings ที่มีอยู่

1. Monocyclic phenols มี 1 phenol ring ที่พบทั่วไปในพืชได้แก่ phenol, catechol, hydro-quinone และ p-hydroxycinnamic acid
2. Dicyclic phenols มี 2 phenol rings ได้แก่ flavonoids และ lignans
3. Polycyclic phenols หรือ polyphenol ได้แก่ lignins, catechol melanins, flavolans (condensed tannins)

หน้าที่ทางชีววิทยาโดยทั่วไปของสารประกอบฟีนอลในพืชจะปรากฏในหลายลักษณะ เช่น รงควัตถุ ฮอร์โมน abscisic acid, lignin, coenzyme Q หรือบางชนิดอาจมีส่วนเกี่ยวข้องในการเป็น allelopathic agents, feeding deterrents, antifungal agents และ phytoalexin สารพอลีฟีนอล มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายด้านเช่น การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ การกระตุ้นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดอนุมูลอิสระ และกำจัดสารพิษ ต้านการอักเสบ ต้านมะเร็งส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน การควบคุมวิถีการส่งทอดสัญญาณเข้าสู่เซลล์ (signal transduction pathway) ที่ควบคุมกระบวนการอักเสบ หรือควบคุมกระบวนการเกิดเซลล์มะเร็ง (Han et al., 2007; Manach et al., 2005; Pan et al., 2008)



ภาพที่ 5 โครงสร้างของกลุ่มโพลีฟีนอล

ที่มา: Yikrazuul (2008)

การแปรรูปน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพแบบปลอดเชื้อ

การแปรรูปน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพแบบปลอดเชื้อและบรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทนั้น นิยมใช้ในกระบวนการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพสำหรับตลาดส่งออก เนื่องจากสามารถเก็บได้ในอุณหภูมิห้อง และสามารถเก็บได้นานเกิน 12 เดือน ทำให้การขนส่งไปต่างประเทศใช้ตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดาที่ราคาค่าบริการถูกกว่า และยังสามารถกระจายไปตลาดต่าง ๆ ในประเทศนั้น ๆ สะดวกมาก

ยิ่งขึ้น กระบวนการแปรรูปนี้จึงมักใช้ความร้อนในระดับที่ทำให้เชื้อตายทั้งหมด เพื่อให้การใช้ความร้อนในระดับต่ำลงมาเพื่อให้เกิดการทำลายคุณค่าทางอาหารน้อยที่สุด การแปรรูปน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพจึงมักปรับกรดให้ต่ำลงมากว่าค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ต่ำกว่า 4.5 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ ซึ่งปกติแล้วน้ำมังคุดมีค่า pH ช่วงที่กว้างขึ้นอยู่กับระดับความสุก หากมังคุดยังสุกระยะเปลือกสีแดงอมม่วงค่า pH ประมาณ 3.34 (Manurakchinakorn et al., 2016) และถ้าสุกจนสีม่วงดำค่า pH จะอยู่ในช่วง 4.0-4.6

1. การใช้อุณหภูมิสูงในการฆ่าเชื้อแบบปลอดเชื้อ

การใช้ความร้อนสูงในการฆ่าเชื้อแบบปลอดเชื้อหมายถึง การใช้ความร้อนไปทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ในอาหาร การใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปมี 3 วิธี คือ 1) การใช้ความร้อนสูงเรียกว่าการเสตอริไลส์ (sterilization) คือความร้อนระดับทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ของจุลินทรีย์จนตายหมด ความร้อนที่ใช้สูงถึง 115-121 องศาเซลเซียส และมีระยะเวลานานพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ในอาหารได้หมด มักใช้กับอาหารที่มีส่วนผสมของชิ้นเนื้อ ตัวอย่าง เช่น อาหารประเภทเนื้อสัตว์บรรจุกระป๋อง ผักในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง เป็นต้น 2) การใช้ความร้อนสูงสุดในระยะเวลาต่ำสุดในระดับเชื้อและสปอร์ของเชื้อตายหมด นิยมใช้กับเครื่องดื่ม เช่น น้ำนม นมถั่วเหลือง น้ำผลไม้ เป็นต้น อาจใชช้ความร้อนสูงถึง 130-140 องศาเซลเซียสเวลา 2-3 วินาที ซึ่งเป็นความร้อนสูงระดับอัลตร้า (ultral high temperature short time) และ 3) คือการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อระดับการค้า (commercial sterilization) ซึ่งทำลายจุลินทรีย์ได้หมดแต่อาจร่วมกับวิธีการปรับให้อาหารมีค่าความเป็นกด ด่าง (pH) ต่ำกว่า 4.5 เพื่อลดอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อลง เพื่อไม่ให้อุณหภูมิไปทำลายคุณค่าทางอาหารมากเกินไป (Chavan et al., 2011; Gedam et al., 2007; Min et al., 2003; Richardson, 2004)

2. การปรับกรดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ

การปรับกรด (acidification) คือ การปรับค่า pH ของอาหารให้เป็นกรดด้วย กรดอินทรีย์ได้แก่ กรดซิตริก (citric acid) หรือกรดแอซีติก (acetic acid) อาจทำได้หลายวิธีเช่น การเติมกรด การผสมกับอาหารที่เป็นกรด หรือการลวก (blanching) ชิ้นอาหารในสารละลายกรด เป็นต้น อาหารปรับกรด (acidified food) คืออาหารที่เป็นวัตถุดิบหลักก่อนการแปรรูป มีค่า pH ตามธรรมชาติสูงกว่า 4.6 และมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity,aw) สูงกว่า 0.85 ถูกปรับให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีค่า pH สมดุล (equilibrium pH) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6 การปรับกรดจะช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) และยับยั้งการงอกของสปอร์แบคทีเรีย (bacteria spore) ที่ชื่อว่า *Clostridium botulinum* ซึ่งสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายถึงชีวิต ทำให้เกิด

โรคโบทูลิซึม (botulism) อาหารปรับกรด สามารถทำให้ปลอดเชื้อทางการค้า (commercial sterilization) โดยใช้การพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) ด้วยความร้อนอุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ดังนั้นการปรับกรดในอาหาร จึงเป็นการช่วยลดระดับความรุนแรงของการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ สำหรับอาหารประเภทกรดต่ำ (low acid food) จากระดับ commercial sterilization ซึ่งต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ลงเป็นแค่ระดับการพาสเจอไรซ์ (pasteurization) ซึ่งใช้ความร้อนอุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ส่งผลดีต่อคุณภาพอาหารภายหลังการฆ่าเชื้อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และปลอดภัยจากจุลินทรีย์ก่อโรค สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (cold storage) ดังนั้นการปรับกรดอาหารจึงถูกนำไปใช้เป็นกฎหมายบังคับใช้ในการแปรรูปอาหารในสหรัฐอเมริกา (Food and Drug administration, 2020) และกฎหมายในประเทศไทย (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 349) พ.ศ. 2556, 2556)

Friedman and Jürgens (2000) ได้ศึกษาความเสถียรของสารประกอบโพลีฟีนอลิกต่อความร้อน pH ในช่วง 3-11 และพบว่าคลอโรเจนิกมีความเสถียรต่อค่า pH ต่ำ ความร้อนและการเก็บรักษา โดยเฉพาะในน้ำแอปเปิ้ล พบว่าคาเทชิน, epigallocatechin, กรดเฟรูลิก, รูตินและกรดทรานส์ซินนามิก มีค่าความคงตัวในค่า pH ต่ำ ซึ่งการทดลองนี้สำคัญต่อการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร

Wong and Siow (2015) ได้ศึกษาการใช้ความร้อน และปรับกรดของน้ำแก้วมังกรแดงต่อการคงตัวของสาร betacyanin ซึ่งปกติแก้วมังกรแดงมีค่า pH ค่อนข้างสูงหรือประมาณ 5.5-6.0 เมื่อนำมาปรับ pH ให้ต่ำลงที่ 4.0 เติมกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 0.25 และการพาสเจอร์ไรส์ที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีเป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการรักษาปริมาณเบตาไซยานินในน้ำแก้วมังกรเนื้อแดง

3. ผลกระทบของความร้อนต่อคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์

ความร้อนที่ใช้ในการแปรรูปอาหารจนได้ผลิตภัณฑ์ออกมานั้นพบว่า ทุกผลิตภัณฑ์จะสูญเสียคุณค่าทางอาหารหลายชนิดโดยเฉพาะวิตามิน โดยเฉพาะวิตามินที่ละลายน้ำได้ เช่น วิตามินซี และกลุ่มวิตามินบี เป็นต้น และกลุ่มสารอาหารอื่น ๆ เช่น คลอโรฟิล แอนโทไซยานิน และกลุ่มฟีนอล รวมทั้งสารสีต่าง ๆ ในอาหาร แต่ความร้อนจะทำลายคุณค่าทางอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรท โปรตีน และไขมันได้น้อย ถ้าความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรซ์ในบางผลิตภัณฑ์ไม่สามารถทำลายคุณค่าทางอาหารได้เลย เช่น ไขมันในนม และไขมันในเนื้อสัตว์ เป็นต้น ดังนั้นระดับความร้อนในการแปรรูปจึงสามารถทำลายคุณค่าทางอาหารได้แตกต่างกัน โดยความร้อนส่วนใหญ่แล้วจะทำลายสารอาหารกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระบางประเภทได้ดีกว่าสารอาหารกลุ่มให้พลังงานและแร่ธาตุ (Dobermann et al., 2019; Igual et al., 2010; Nayak et al., 2015; Sui et al., 2014)

วิธีการตรวจสอบสารต้านอนุมูลอิสระรวม

การตรวจสอบหรือวัดค่าสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ มีการตรวจสอบได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งค่าที่ได้ส่วนใหญ่เป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. การตรวจวัดค่าสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีวัดค่า ORAC Score มาตรฐาน

สารต้านอนุมูลอิสระในอาหารสามารถวัดค่าออกมาเป็นค่าสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด (total antioxidant) แล้วอ่านค่าหรือคำนวณค่าออกมาเป็นค่าโอแรคสกอร์ (ORAC score: oxygen radical absorbance capacity score) (Chaovanalikit et al, 2012) ปัจจุบันนิยมวัดค่าสารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร ยา และอุตสาหกรรมเครื่องสำอางกันมากขึ้น โดยวิธีการวัดอาจวัดปฏิกิริยาออกซิเจน / ไนโตรเจน (reactive oxygen /nitrogen species : ROS / RON) หรืออาจวัดค่า break down chain ของไฮโดรเจนอะตอม เร็ว ๆ นี้ Cao et al. (1995) ได้พัฒนาวิธีการวัด ORAC ด้วยการใช้สารอนุมูลอิสระ peroxyl ไปจับกับสาร 2,2'- azobiz (2-amidinopropane) dihydrochloride (AAPH) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในการวัดจะเลือกใช้ B-phycoerythrin (B-PE) ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ได้จาก Porphyridium Cruentum มาใช้เป็นโพรบฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent probe) การสูญเสียฟลูออเรสเซนต์ของ B-PE นั้นเป็นดัชนีชี้วัดความเสียหายที่เกิดขึ้นของปฏิกิริยา peroxyl radical ส่วนผลจากการป้องกันความเสียหายจากสารต้านอนุมูลอิสระสามารถวัดได้จากพื้นที่ใต้เคริฟของแสงฟลูออเรสเซน (Area under the fluorescence decay curve : AUC) ของตัวอย่างที่ศึกษาแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่วัดได้จากตัวอย่างที่ไม่มีสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งการวัดค่า ORAC นั้นเป็นวิธีการที่มีความเป็นเอกลักษณ์และการประเมินผลแบบสมบูรณ์แบบภายใต้เงื่อนไขของเวลาและระดับการวัดค่าที่ต้องรอให้ปฏิกิริยาดำเนินไปให้สมบูรณ์ก่อน อย่างไรก็ตามข้อกำจัดใหญ่ของการวัดค่า $ORAC_{PE}$ จะต้องใช้ B-PE เป็นโพรบหรือเป็นตัววัด ซึ่งยุ่งยากต่อการวัด ในการวัดค่า ORAC ยังมีอีกวิธีหนึ่งที่สามารถใช้วัดค่าแทนวิธี $ORAC_{PE}$ ได้คือวิธีฟลูออเรสซีน Fluorescein: FL) ($ORAC_{FL}$) โดยใช้สาร 3', 6'- dihydroxy – spiro (isobenzofuran – 1 (3H), 9'(9H) – xanthene)- 3 – one) เป็นตัววัดปฏิกิริยาผ่านไฮโดรเจนอะตอม (Hydrogen atom transfer: HAT) ซึ่งไม่เหมือนการวัดค่าสารต้านอนุมูลอิสระวิธีอื่น ๆ ทั่วไป ดังนั้น การวัดค่า $ORAC_{FL}$จึงเป็นการวัดค่าสารต้านอนุมูลอิสระจากค่าแตกหักของพันธะไฮโดรเจนจากการทำปฏิกิริยากับสารอนุมูลอิสระ (peroxyl) (Ou et al, 2001)

ค่า ORAC ได้นำไปใช้รายงานเป็นผลค่าสารต้านอนุมูลอิสระกับวัตถุดิบ และอาหารหลายชนิด ตัวอย่างเช่น USFDA (U.S. Department of Agriculture) ได้แสดงผลค่าสารต้านอนุมูลอิสระของผลไม้ชนิดต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลให้กับผู้บริโภค (Haytowitz and Bhagwat, 2010)

Ninfali et al (2002) ได้ศึกษาค่าสารต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ค่า ORAC เป็นตัวชี้วัดปริมาณค่าสารฟีนอลิกคอมพาวด์ (phenolic compound) ในน้ำมันมะกอก โดยพบว่าค่า phenolic compound ผันแปรกับค่า ORAC เมื่อค่า phenolic compound สูงขึ้น ค่า ORAC ก็สูงขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับ Kurihara et al (2002) ได้รายงานผลสารต้านอนุมูลอิสระในชาอู่หลงสกัดออกมาเป็นค่า ORAC โดยค่าสารต้านอนุมูลอิสระในชาอู่หลงจะอยู่ในรูปของสาร catechin ที่สามารถวัดค่าได้ด้วยแสงฟลูโอเรสเซนต์ตามวิธีการเตรียมตัวอย่างด้วย AAPH ซึ่งเป็นการเตรียมตัวอย่างตามวิธี Trolox และวิธีการเตรียมตัวอย่างด้วยวิธี Trolox สามารถรายงานค่าสารต้านอนุมูลอิสระออกมาเป็นค่า ORAC ทั้งนี้ปริมาณสาร catechin ยังสัมพันธ์กับค่า ORAC เมื่อค่า catechin สูงขึ้น ค่า ORAC ก็สูงขึ้นตามไปด้วย

Prior et al. (2003) ได้พัฒนาการตรวจวัดค่า ORAC ได้กว้างขึ้น ทั้งวิเคราะห์หา singlet oxygen, hydroperoxide และ superoxide anion เพื่อรองรับการวิเคราะห์ค่า ORAC ในอาหารประเภทต่าง ๆ จนปัจจุบันค่า ORAC เป็นค่าที่สำคัญในการกำหนดคุณค่าทางโภชนาการของตลาดอาหารเพื่อสุขภาพ (Bank and Schauss, 2004)

2. การวัดสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

การทดสอบ DPPH เป็นวิธีการของ Brand-Williams et al. (1995) คือการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่คงตัวและมีสีม่วง เมื่อ DPPH* ทำปฏิกิริยากับสารต้านออกซิเดชั่นด้วยเอทานอล จะทำให้สีม่วงจางลงจนเป็นสีเหลือง นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515-517 นาโนเมตร แล้วคำนวณหาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH โดยใช้สารละลายโทรลอกซ์เป็นสารมาตรฐาน การคำนวณค่า DPPH ทำได้โดยนำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาร้อยละการดักจับอนุมูล DPPH จากสูตร

$$\% \text{ Radical scavenging} = [(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}})/A_{\text{control}}] \times 100$$

เมื่อ A control คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

A sample คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชุดทดสอบ

คำนวณหาค่า IC_{50} จากกราฟระหว่าง % scavenging กับความเข้มข้นของสารสกัด เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณอนุมูลอิสระลดลงครึ่งหนึ่ง (IC_{50}) ของสารสกัดหยาบ วิธีการวัดค่าการดักจับอนุมูลของอาหารมีการประยุกต์ใช้กับอาหารหลายชนิด เช่นงานวิจัยของ Tjahjani et al. (2014) ได้ใช้วิธี DPPH ในการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดเปลือกมังคุด และพบว่า IC_{50} ของการดักจับอนุมูลที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 70 คือ ร้อยละ 6.563 ±0.311 ในขณะที่ Palakawong et al. (2010) วิเคราะห์ได้ค่าเท่ากับ 5.94 μg/mL ที่ใช้เอทานอลร้อยละ 50 ในการสกัด

Moongkarndi et al. (2014) ได้ทดสอบการดักจับอนุมูล ด้วยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radicals (DPPH) ของสารอัลฟาแมงโกสทิน (α-Mangostin) และสารสกัดที่ละลายน้ำได้จากเปลือกมังคุด พบว่าทั้งสองสารสกัดสามารถดักจับอนุมูล DPPH IC_{50} ที่ 183.95 และ 54.57 μg/ml ตามลำดับ Suvarnakuta et al. (2011) ได้นำเปลือกมังคุดไปอบแห้ง และวิเคราะห์หาสารแซนโทนโดย HPLC ในขณะที่ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้รับการประเมินโดยความสามารถในการกำจัดสารอนุมูลอิสระ DPPH และการตรวจ ABTS ผลการวิจัยพบว่าวิธีการทำแห้งเปลือกมังคุดมีผลต่อการสลายตัวของแซนโทนอย่างมีนัยสำคัญ (เช่น α-mangostin และ 8-desoxygartanin) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเปลือกมังคุดลดลง การอบแห้งด้วยลมร้อนที่ 75 ° C เป็นสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อรักษาแซนโทนในเปลือกมังคุด Vongsak et al. (2015) ได้ทำการทดลองการวัดการกำจัดอนุมูลอิสระโดยใช้การทดสอบ FRAP, ABTS, DPPH ในสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่เก็บตัวอย่างจากประเทศไทย พบว่าค่า FRAP เท่ากับ 279.70 ± 20.55 μmol $FeSO_4$ equivalent/g extract, ABTS และ DPPH IC_{50} พบที่ 59.52 ± 10.76 และ 122.71 ± 11.76 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยนี้ผู้วิจัยประสงค์จะหาแหล่งที่ดีของสารต้านอนุมูลอิสระในการสร้างผลิตภัณฑ์ยา และ Weecharangsan et al. (2006) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการป้องกันระบบประสาทของสารสกัดจากเปลือกผลมังคุดโดยใช้สารสกัดเอทานอลร้อยละ 50 และเอทานอลร้อยละ 95 จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ผลการทดลองพบว่าสารสกัดทั้งหมดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยเอทานอลร้อยละ 50 และเอทานอล ร้อยละ 95 มีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 34.98 ± 2.24 และ 30.76 ± 1.66 μg/ml ตามลำดับ สรุปว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุดด้วยเอทานอลร้อยละ 50 อาจเป็นสารป้องกันเซลล์ประสาทที่มีศักยภาพ

3. การวัดความขุ่น

การวัดความขุ่นของของไหลยังไม่พบการนำมาประยุกต์ใช้ในการวัดค่าสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มอาหารและเครื่องดื่ม ปกติจะใช้วัดความขุ่นของน้ำหรือของเหลวเพื่อประเมินมาตรฐานและจำนวนอนุภาคสารแขวนลอย ความขุ่นของน้ำ (Turbidity) หมายถึง ความสามารถของน้ำที่สะกัดกั้นหรือดูดซับปริมาณแสงที่ส่องผ่านไว้ได้ สิ่งที่ทำให้น้ำขุ่น ได้แก่ อินทรีย์และอนินทรีย์สารในน้ำตลอดจนสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ โดยปรากฏอยู่ในลักษณะสารแขวนลอย เช่น อนุภาคของดิน ทราย แพลงก์ตอน แบคทีเรีย เป็นต้น สิ่งแขวนลอยดังกล่าวไม่ยอมให้แสงผ่านไปได้ จึงทำให้เกิดการดูดซึมหรือหารหักเหของแสงไปคนละทิศละทาง กระจายแสงไม่เป็นระเบียบ จึงทำให้มองเห็นน้ำนั้นขุ่น ความขุ่นมีหน่วยเป็น NTU (Nephelometric Turbidity Units) น้ำธรรมชาติจะมีความขุ่นอยู่เสมอน้ำใสจะมีค่าความขุ่นไม่เกิน 25 NTU น้ำขุ่นปานกลางมีค่าความขุ่นระหว่าง 25 – 100 NTU น้ำขุ่นมากจะมีค่าความขุ่นเกิน 100 NTU

1. หลักการวัดความขุ่น

หลักการในการตรวจสอบความขุ่นคือการตรวจสอบปริมาณอนุภาคแขวนลอยที่อยู่ในน้ำ โดยจะทำวิธีที่จะแปรปริมาณของอนุภาคไปเป็นปริมาณทางไฟฟ้าซึ่งเราสามารถจะใช้วงจรเพื่อทำการขยายความแตกต่างและแสดงผลด้วยเครื่องวัดทางไฟฟ้า เช่น การวัดปริมาณความแตกต่างแปรออกมาเป็นกระแส หรือแรงดัน หลักการที่จะนำมาใช้ตรวจสอบความขุ่นได้ก็คือ หลักการทางแสง เนื่องจากอนุภาคความขุ่นที่ลอยอยู่ในน้ำ จะมีคุณสมบัติเกี่ยวกับแสง 2 ประการ คือ

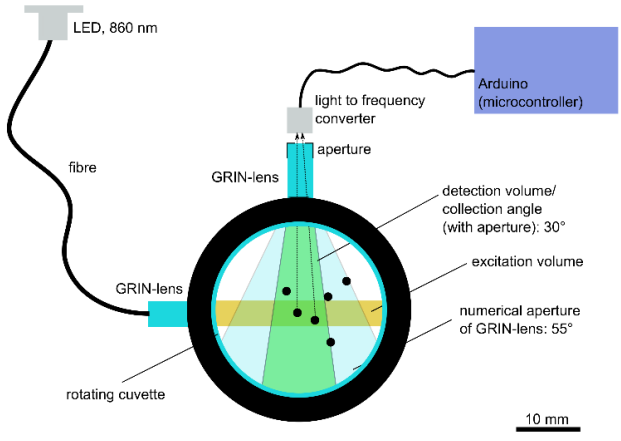
1.1 อุปกรณ์ที่วัดความขุ่นโดยหลักการดูดซับแสง (Absorption) ยังมีหลายแบบ เช่น เซคชิดิสค์วิสชิบิลิตี้ (Secchi disc visibility) และ แจ๊คสันแคนเดิล เทอบิติมิตอร์ (Jackson candle turbidimeter) หลอดแจ็คสัน เป็นเครื่องมือมาตรฐานสำหรับการหาค่าความขุ่น ประกอบ ด้วย หลอดแจ๊คสัน ขาตั้ง และเทียนมาตรฐาน หลอดแจ็คสัน เป็นหลอดแก้วทรงกระบอกก้นแบน ขาหลอดมีขีดบอกความสูงเป็นเซนติเมตร ระยะจากก้นหลอดถึงขีดสูงสุดของตัวอย่างน้ำในหลอดแก้วที่ทำให้แสงของเปลวเทียนมาตฐานหายไปพอดี เรียกว่าความยาวแสง (Light path) จากค่าที่ได้นี้ นำไปเปรียบเทียบ อ่านค่าความขุ่นของน้ำได้จากตารางมาตรฐาน สำหรับหลอดที่ใช้จะมีทั้งสั้นและยาว หลอดสั้น (Short Tube) ใช้หาความขุ่นตั้งแต่ 100-1,000 JTU (แจ็คสัน เทอร์บิดิตี้ยูนิต; Jackson Turbidity Unit)- ชนิดยาว (Long Tube) ใช้หาความขุ่น ตั้งแต่ 25:1,000 JTU เทียนมาตรฐานทำจากขี้ผึ้งกับไขปลาวาฬ มีอัตราการเผาไหม้ 114-120 เกรนชั่วโมง

1.2 อุปกรณ์ที่วัดความขุ่นที่ใช้หลักการกระจายของแสง (Scattering) หลักการนี้มีชื่อเรียกว่า “วิธีแนฟพิโลเมตริก" (Naphelo metric Method) วิธีนี้ใช้วัดความขุ่นโดยเปรียบเทียบความเข้มของแสงที่กระจัดกระจายของตัวอย่างน้ำ กับของสารละลายมาตรฐาน ภายใต้สภาวะต่าง ๆ ที่เหมือนกัน ความเข้มของแสงที่กระจัดกระจายมากเท่าไหร่ ก็จะมีความขุ่นมากขึ้นเท่านั้น (ภาพที่ 6)

โดยวิธีนี้ แสงจะถูกปล่อยให้กระทบสารละลายเป็นมุมฉากกับตาผู้สังเกตุหรือ โฟโต อิเลกตริกเซล (Photoelectric cell) แสงซึ่งสะท้อนโดยอนุภาคของสารแขวนลอย จะถูกรวบรวมโดยรีเฟลกเตอร์ (Reflector) รับแสง หลักการนี้ใช้ได้ดีกับการวัดความขุ่นต่ำ ๆ เพราะเพียงความขุ่นน้อย ๆ ก็เกิดการกระจัดกระจายของแสงได้อาจใช้เครื่องมือนี้ในการวัดอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ซึ่งเรียกว่าเครื่อง "Turbidity meter" ซึ่งใช้หลักการวัดการกระจายและหักเหเป็นมุม 90 องศา มีหน่วยการวัดเป็น NTU (Nephelometric Turbidity Unit) (ชัยวัฒน์ และชูเกียรติ, 2533)

2. การประยุกต์ใช้ความขุ่นในอุตสาหกรรมอาหาร

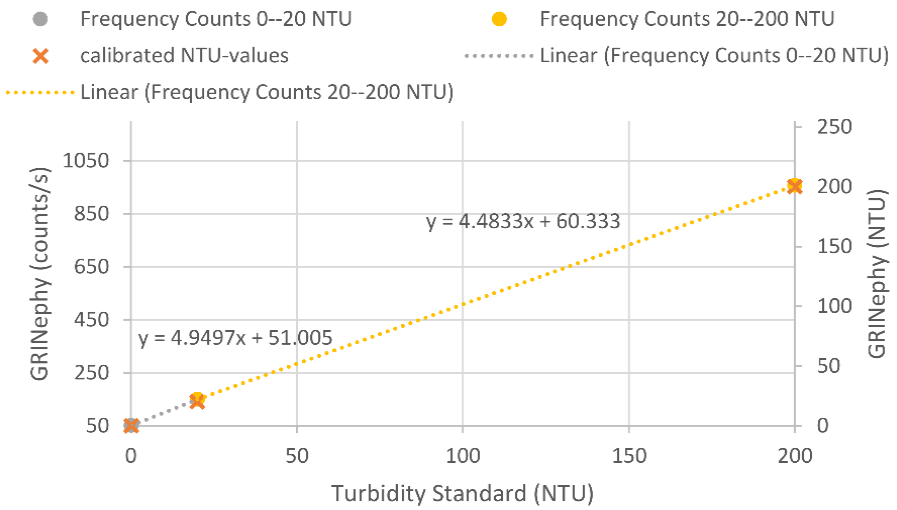
การตรวจจับความขุ่นเป็นเรื่องปกติในการควบคุมน้ำดื่ม และของเหลว นอกจากนี้ยังมีการใช้การวัดความขุ่นในสารเคมี (เช่นการตรวจสอบกระบวนการ) ยา และอุตสาหกรรมอาหาร (เช่นการกรองไวน์และเบียร์) เทคนิคการวัดที่พบมากที่สุดคือการวัดค่าความขุ่นของเนฟีโลเมตริก เนฟีโลมิเตอร์เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดปริมาณแสงที่กระจัดกระจายของอนุภาคแขวนลอยในของเหลว โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงและเครื่องตรวจจับแสงที่วางแนว 90 ซึ่งกันและกัน ค่าเนฟโฟมิเตอร์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมักขึ้นอยู่กับช่วงที่วัดได้ความน่าเชื่อถือและความแม่นยำแตกต่างกัน บางยี่ห้อมีการพัฒนาต้นทุนให้ต่ำ ทำซ้ำและความแม่นยำดีขึ้นแม้ในระดับความขุ่นต่ำมากซึ่งทำได้โดยความสามารถในการหมุนตัวอย่าง ดังนั้นจึงสามารถวัดตำแหน่งคิวเวตได้หลายตำแหน่งซึ่งส่งผลให้ค่าเฉลี่ยที่แม่นยำยิ่งขึ้นสำหรับค่าความขุ่นที่คำนวณโดยอัลกอริทึมซึ่งช่วยขจัดข้อผิดพลาดที่เกิดจากรอยขีดข่วนและการปนเปื้อนบนคูเวตต์ ด้วยเซนเซอร์ที่ใช้ Arduino ขนาดกะทัดรัดและราคาถูกสามารถวัดได้ในช่วง 0.1–1000 NTU เช่นยี่ห้อ GRINephy (Metzger et al., 2018)



ภาพที่ 6 ภาพจำลองของการวัดความขุ่นยี่ห้อ GRINephy โดยแสดงส่วนหลักของเซ็นเซอร์ รวมทั้งส่วนส่องสว่างหน่วยตรวจจับและห้องวัด

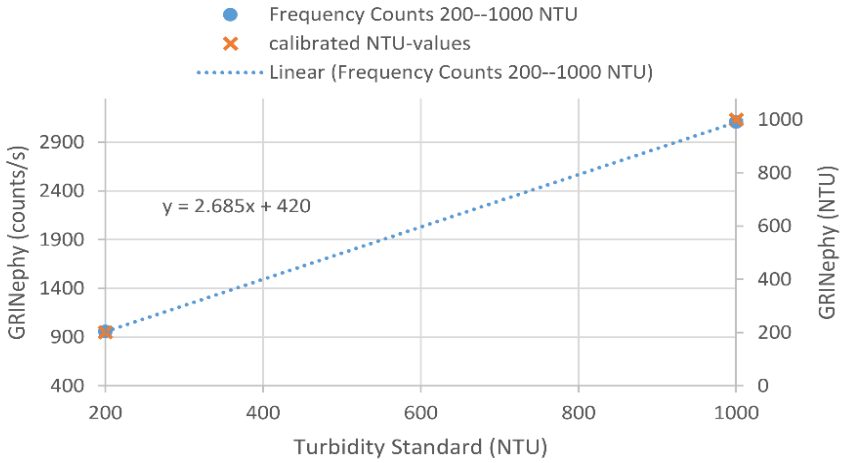
ที่มา: Metzger et al (2018)

การตั้งค่ามาตรฐาน (Calibration) ของเครื่องวัดความขุ่นทำคล้ายกับการตั้งค่ามาตรฐานของเครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง กล่าวคือจะนำค่าความขุ่นที่เตรียมจากสารมาตรฐานเนฟีโลเมตริกที่ทราบค่าแน่นอนหลายความแตกต่าง เช่น 0.1, 20, 200 (ภาพที่ 7) และ 1,000 NTU (ภาพที่ 7) แต่ละรายการความเข้มข้นจะถูกวัดโดยอัตโนมัติอย่างน้อย 45 ตำแหน่งบนคิวเวตโดยการหมุนตัวอย่าง ผลสุดท้ายจึงกำหนดค่าเฉลี่ยของความถี่ที่กำหนดโดยเครื่องตรวจจับแสงต่อความถี่ สามารถนำมาสร้างกราฟมาตรฐานได้ หลักการวัดค่าความขุ่นจึงสามารถใช้กราฟมาตรฐานไปเปรียบเทียบกับสารตัวอย่างที่ต้องการวัด ได้แก่ การวัดของเหลวในอาหารจำพวก เครื่องดื่ม น้ำมันพืช เบียร์ ไวน์ เป็นต้น



ภาพที่ 7 กราฟมาตรฐานจากการนำค่าที่อ่านได้จากความเข้มข้นของวิธีเนฟีโลเมตริก 0-200 NTU

ที่มา: Metzger et al (2018)



ภาพที่ 8 กราฟมาตรฐานจากการนำค่าที่อ่านได้จากความเข้มข้นของวิธีเนฟีโลเมตริก 200-1000 NTU

ที่มา: Metzger et al (2018)

การวัดค่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม ORAC ด้วยวิธี In house method

การวิเคราะห์ด้วยวิธี In house method หมายถึงวิธีการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการพัฒนาเอง (laboratory developed method) อาจปรับเปลี่ยนหรือดัดแปลงจากวิธีมาตรฐาน เป็นต้น เมื่อห้องปฏิบัติการนำมาใช้ต้องตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี โดยต้องตรวจสอบปัจจัย หรือ คุณลักษณะเฉพาะของวิธีทุกด้านที่มีผลกระทบกับผลการทดสอบ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน โดยเฉพาะความแม่นยำ และความเที่ยงตรงของผลทดสอบ (นันทนา และนุชนาท, 2555) การวิเคราะห์ด้วยวิธี in house method เป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับเครื่องมือ และอุปกรณ์ประจำห้องปฏิบัติการนั้น เช่น ห้องปฏิบัติการของสถาบันอาหารได้ประยุกต์ใช้วิธี In-house method T 969 based on AOAC (2012) 992.06 เพื่อวิเคราะห์วิตามินเอ และ In-house method T 970 based on AOAC (2012) 942.23 เพื่อวิเคราะห์วิตามินบี เป็นต้น (สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ, 2556)

วิธีการวัดค่า ORAC แบบ in-house method เริ่มมาตั้งแต่ 138 ปีมาแล้ว แต่ยังไม่เป็นที่นิยมใช้ในอดีตเท่าใดนัก ผู้ที่คิดค้นคือหน่วยงานวิจัยด้านการเกษตรของสหรัฐอเมริกา (U.S. Department of Agriculture) โดย Cutler and Cao เครื่องวิเคราะห์ค่า ORAC เครื่องแรกชื่อ COBRA FARAII แต่เครื่องนี้ก็มีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ เมื่อต้องใช้จำนวนตัวอย่างที่มากขึ้น จากนั้น

ก็มีการพัฒนาการวิเคราะห์ค่า ORAC เรื่อยมา จนกระทั่งปี 2001 Prior นักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการ Brunswick Inc, Wareman ได้พัฒนาวิธีการวัดค่า ORAC โดยเปลี่ยนโพรบที่เคยใช้ B- PE (B-phycoerythrins) จากหลักการเดิมเป็น FL (Fluorescein) เป็นโพรบในการวิเคราะห์ค่าสารต้านอนุมูลอิสระแทน ซึ่งวิธีการนี้มีความสามารถในการตรวจจับค่าสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นและมีต้นทุนในการวิเคราะห์ลดลง (Bank and Schauss, 2004) ซึ่งความแม่นยำในการวิเคราะห์ค่า ORAC เพิ่งเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 10 กว่าปีมานี้ และการตรวจวิเคราะห์ยังใช้ค่า ORAC กับผักและผลไม้เป็นส่วนใหญ่ ทำให้ค่า ORAC ไม่แพร่หลายในรอบ 10 กว่าปีที่ผ่านมา ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้กับอาหารที่ต้องการแสดงค่าความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระกันอย่างกว้างขวาง

Watanabe et al. (2012) ได้ศึกษาการวัดค่า Hydrophilic oxygen radical absorbance capacity (H-ORAC) ด้วยวิธีการประยุกต์จากวิธีมาตรฐาน 2 วิธีคือวิธี A และวิธี B เพื่อพัฒนาเป็นวิธี in house method โดยเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของวิธีมาตรฐานกับวิธีที่ศึกษาด้วยค่า RSD (int) (intermediate precision relative standard deviations และ RSD(R) (reproducibility relative standard deviations) จากผลการทดลองพบว่าวิธี B มีค่า RSD (int) และ RSD (R) เท่ากับร้อยละ 9.4 และ 13.8 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าดีกว่าวิธี A และสามารถวิเคราะห์ค่า H-ORAC ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ยังมีกระบวนการพัฒนาการวัดค่าทางเคมีและกายภาพของอาหารอื่น ๆ ด้วยวิธี in house method เช่น Souza et al. (2007) ได้ทดสอบวิธีการตรวจหาสารหนูในตับวัว ด้วยวิธี in house method เปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์มาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของทั้งสองวิธีด้วย t-test การทดลองนี้พบว่าการใช้วิธี in house method มีความเหมาะสมกับการตรวจสอบภายใน เพราะผลการวิเคราะห์มีประสิทธิภาพ ง่ายต่อการนำไปใช้ และประหยัดต้นทุน

Ducat et al. (2015) ได้หาวิธีควบคุมคุณภาพน้ำตาลทรายแดง เป็นวิธี in house method แทนวิธีการเดิมที่มีค่าใช้จ่ายสูง และไม่ปลอดภัยในการเตรียมตัวอย่าง จึงพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำในน้ำตาลทรายแดงเป็นครั้งแรกโดยวิธี TG / DTA และทดสอบความแตกต่างกับค่ามาตรฐานโดยใช้การทดสอบความแตกต่างทางสถิติ ผลการศึกษาพบว่าการทดสอบด้วยวิธี TG / DTA หรือเครื่องวัดความโน้มถ่วงแบบอุณหภูมิ ผลการวัดมีความถูกต้องและแม่นยำในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำในตัวอย่างน้ำตาล เทคนิคนี้มีข้อได้เปรียบมากกว่าวิธีการวิเคราะห์อื่น ๆ เนื่องจากไม่ได้ใช้สารรีเอเจนต์หรือตัวทำละลายที่เป็นพิษ และประหยัดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นในการเตรียมตัวอย่าง

การประยุกต์ใช้สมการเชิงเส้นอย่างง่ายเพื่อการพยากรณ์

การสร้างสมการเพื่อการพยากรณ์โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (simple linear regression analysis) เป็นการวิเคราะห์การถดถอยของตัวแปรอิสระ 1 ตัวและตัวแปรตาม 1 ตัวโดยตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกัน อาจเป็นความสัมพันธ์ตามกันหรือผกผันก็ได้ รูปแบบการวิเคราะห์นี้เป็นรูปแบบพื้นฐานที่ง่ายที่สุดของการวิเคราะห์การถดถอย (simple linear regression) โดยมีตัวแบบการถดถอยคือ Y=a+bX ในกรณีที่ตัวแปรต้นและตัวแปรตามมีอย่างละ 1 ค่า หากตัวแปรตามมีมากกว่า 1 สามารถเขียนตัวแบบการถดถอย (multiple linear regression) Y = a +b1X1 + b2X2+ ... + bnXn ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณนั้นจะต้องหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (multiple correlation coefficient) เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม สำหรับการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณจะต้องหาสมการถดถอยเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม (Y) และหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) รวมทั้งหาค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ (multiple correlation) เพื่อหาความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้สูงสุดระหว่างตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณมีข้อสมมุติ (assumptions) ที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่

1. คะแนนค่าพยากรณ์ตัวแปรตาม (Y) มีการแจกแจงปรกติ (normal distribution) ในแต่ละค่าของตัวแปรอิสระ (X)
2. คะแนนค่าพยากรณ์ตัวแปรตาม (Y) มีความแปรปรวนเท่ากันที่แต่ละจุดของค่าตัวแปรอิสระ (X)
3. ความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ (error) มีการแจกแจงปรกติและเป็นความคลาดเคลื่อนสุ่ม (random) พร้อมกับมีความแปรปรวนเท่ากันทุกจุดของตัวแปรอิสระ (X) นอกจากนี้การแปลความหมายระดับของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (coefficient of determination, R^2) (Lee et al., 2012)

การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) ศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นหาการถดถอยอย่างง่ายและสหสัมพันธ์ เพราะการถดถอยและสหสัมพันธ์เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้สำหรับการศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณ 2 ตัว ซึ่งมีลักษณะความสัมพันธ์กันเชิงเส้น โดยตัวแปรหนึ่งเรียกว่า ตัวแปรอิสระเขียนแทนด้วย X และอีกตัวแปรเรียกว่า ตัวแปรตามเขียนแทนด้วย Y ตัวแปรอิสระจะเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ORAC กับปริมาณสารสกัดจากเปลือกมังคุด การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเดี่ยวเป็นกระบวนการทางสถิติที่ใช้สร้างสมการคณิตศาสตร์เชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม สำหรับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เป็นกระบวนการทางสถิติที่ใช้วัดระดับความสัมพันธ์

เชิงเส้นของตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม วิธีการง่าย ๆ ที่ใช้สำหรับตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรคือ แผนภาพการกระจาย (scatter plot) จึงได้นำมาวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงว่าค่าสังเกตุแต่ละคู่จะมีทิศทางใด สามารถใช้ค่าสังเกตหนึ่งพยาการ์ค่าสังเกตอีกค่าหนึ่งได้หรือไม่ โดยการนำค่าสังเกตุแต่ละคู่มาหาสัมประสิทธิ์ (coefficients)

สมการเชิงเส้นมีสมการในรูปแบบ Y = a + bX

โดยที่ X เป็นตัวแปรอิสระ และ Y เป็นตัวแปรตาม ความชันของเส้นคือ b และ a คือจุดตัด (ค่าของ y เมื่อ x = 0)

Y คือค่าของตัวแปรตาม (Y) ซึ่งทำหน้าที่พยากรณ์ความสัมพันธ์เชิงเส้น

a คืออัลฟ่า ค่าคงที่ เท่ากับค่าของ Y เมื่อค่า X = 0

b คือเบต้า ค่าสัมประสิทธิ์ของ X; คือค่าความชันของเส้นถดถอยเมื่อ Y เปลี่ยนแปลงไป

X คือค่าของตัวแปรอิสระ (X) ใช้ทำนายค่าของ Y

Violato andHecker (2007) กล่าวว่าการสร้างสมการถดถอยเพื่อการพยากรณ์เป็นกลุ่มเทคนิคทางสถิติที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปรเพื่อวัดตัวแปรแฝงและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีศักยภาพในการพัฒนาทฤษฎีและการวิจัยด้านการศึกษา และทางการแพทย์ การประยุกต์เอาสมการถดถอยมาพยากรณ์ค่าตัวแปร ได้นำมาใช้ในงานวิจัยมานานแล้ว และได้นำผลการวิจัยมาประยุกต์ใช้ในการคาดคะเนค่าต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ จนค่าบางค่าไม่จำเป็นต้องวัดหาค่าจริง ที่อาจสร้างต้นทุนที่สูงมีความยุ่งยากและมีความเสี่ยง การใช้สมการพยากรณ์จึงถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน วงการแพทย์ และอื่นๆ งานพยากรณ์ที่นิยมใช้มากที่สุดคือวงการแพทย์ ซึ่งได้นำการพยากรณ์ค่าตัวแปรที่ทราบค่าตัวหนึ่งหรือหลายตัวมาใช้พยากรณ์หาค่าตัวแปรที่สำคัญอีกตัวหนึ่งได้ เพื่อลดต้นทุนในการวิเคราะห์จริง ปลอดภัย และประหยัดเวลา ในขณะที่ให้ผลแม่นยำเท่ากัน

Walt and Wyndham (1973) กล่าวว่าคนเราสามารถพยากรณ์ความเร็วในการเดินหรือการวิ่ง ด้วยอัตราการใช้ปริมาณออกซิเจนของแต่ละคน และได้นำมาพยากรณ์อัตราการออกกำลังกายที่เหมาะสมของแต่ละคน ค่าดัชนีมวลกายสามารถคะเนค่าความเหมาะสมของปริมาณไขมันในร่างกาย ค่าส่วนสูงและน้ำหนักสามารถบอกถึงความอ้วนของแต่ละคนได้

Zeb and Ullah (2016) ได้ประยุกต์ใช้สมการเชิงเส้นตรงในการทวนสอบผลการวิเคราะห์สารทำปฏิกิริยากรดไธโอบาร์บิทูริก (TBARS) ซึ่งเป็นดัชนีสำหรับการเปอร์ออกซิเดชั่นของไขมันในอาหารจานด่วนทอด โดยเปรียบเทียบตัวทำละลาย 2 ความเข้มข้น ได้แก่ 1) pure glacial acetic acid และ 2) 50% glacial acetic acid ผลการทดลองพบว่าการใช้ pure glacial acetic acid มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (RSD) ร้อยละ 4.23 มีความแม่นยำกว่าร้อยละ 50 glacial acetic acid ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (RSD) ร้อยละ 6.37 อย่างไรก็ดีการใช้ความเข้มข้นของ glacial

acetic acid ทั้ง 2 ระดับ สามารถนำมาสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R2= 0.9929) สมการเชิงเส้น Y= 1.4167X + 0.0785

Mühlenbein (1997) ได้กล่าวถึงองค์กร Breeder Genetic Algorithm (BGA) ที่ได้วิธีการเพาะพันธุ์ปศุสัตว์ ด้วยสมการพยากรณ์ที่ออกแบบตามทฤษฎีและวิธีการวิทยาศาสตร์ที่พบว่าประสิทธิภาพของการเพาะพันธุ์ขึ้นอยู่กับการตอบสนองต่อสมการการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์สัตว์ และผลการทดลองนี้ได้นำมาใช้ในกระบวนการขยายพันธุ์สัตว์ จนเป็นที่ยอมรับในวงการปศุสัตว์ว่า การเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่ดีเป็นการเลือกพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดและมีความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

Gharagheizi (2008) ได้ศึกษาความสัมพันธ์คุณสมบัติโครงสร้างเชิงปริมาณ (QSPR) ดำเนินการเพื่อพัฒนาสมการสำหรับการทำนายความร้อนสุทธิมาตรฐานของการเผาไหม้ของสารเคมีบริสุทธิ์ สำหรับการพัฒนาสมการนี้ได้ใช้สารเคมีบริสุทธิ์จำนวน 1714 ชนิด และสามารถบ่งชี้ถึงระดับโมเลกุลจำนวน 1664 ชนิด และใช้เทคนิคการถดถอยเชิงเส้นหลายตัวแปรตามอัลกอริทึมทางพันธุกรรม (GA – MLR) สมการพยากรณ์ที่ได้คือสมการเชิงเส้นหลายพารามิเตอร์สี่ตัวที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสอง 0.9954 (R^2 = 0.9954)

Yamanaka et al. (1984) ได้รายงานสมการการถดถอยพหุคูณสำหรับการทำนายภาวะตับวายหลังผ่าตัด ในระยะที่ 1 โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง 17 พารามิเตอร์ก่อนการผ่าตัด (Xi) และหลังการผ่าตัดได้คะแนน (Y) ของผู้ป่วยที่ได้รับ hepatectomized 36 คนที่ผ่านมาพบว่าสามารถเขียนสมการถดถอยพหุคูณได้เท่ากับ Y = -110 + 0.942 X อัตราการผ่าตัด (ร้อยละ) + 1.36 X อัตราการรักษา ICG (ร้อยละ) + 1.17 X อายุของผู้ป่วย + 5.94 X อัตราการกำจัดสูงสุดของ ICG (มก. / กก. / นาที) ผลสมการพบว่าค่า Y ที่คำนวณได้ (คะแนนการทำนาย) ของผู้ป่วยเหล่านี้พบว่าคะแนนการทำนายของผู้ป่วยอยู่ไม่รอด 8 รายที่มีภาวะตับวายมากกว่า 50 คะแนน ในขณะที่ผู้ป่วยรอดชีวิต 28 รายมี 50 คะแนนหรือน้อยกว่า ในระยะที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างการพยากรณ์โรคในระยะเริ่มต้นและคะแนนการทำนายที่คำนวณล่วงหน้าพบในอนาคตเช่นเดียวกับที่เห็นในระยะที่ 1 การค้นพบนี้บ่งชี้ว่าสมการนี้เป็นดัชนีการพยากรณ์ที่มีประโยชน์สำหรับการทำนายความล้มเหลวของตับหลังผ่าตัด

Lobell and Burke (2010) ได้ศึกษาเพื่อการคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตของพืชโดยการสร้างสมการพยากรณ์ว่าพืชตอบสนองต่อสภาพอากาศอย่างไร โดยใช้สมการครั้งแรกเพื่อจำลองความแปรปรวนของผลผลิตข้าวโพดที่พื้นที่เกือบ 200 แห่งใน Sub-Saharan Africa รวมทั้งผลกระทบของสถานการณ์สมมุติที่อุณหภูมิ 2° องศาเซลเซียสร้อนขึ้นและการลดปริมาณฝนลงร้อยละ 20 จากนั้นสมการทางสถิติของสามประเภท (อนุกรมเวลาแผงควบคุมและแบบจำลองหน้าตัด) ได้ใช้ในการทำนายการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต สมการทางสถิตินี้ถูกประเมินว่าเป็นสมการทางสถิติที่สามารถจับการตอบสนอง

ของพืชต่อการเปลี่ยนแปลงความร้อนได้ประสิทธิภาพดีเพียงใด คาดการณ์สภาพภูมิอากาศอย่างน่าเชื่อถือได้ดังนั้นสมการทางสถิติจึงมีแนวโน้มที่จะยังคงมีบทบาทสำคัญในการคาดการณ์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตของพืชในอนาคต

López-Leiva and Hallström (2003) ได้กล่าวถึงสมการ Plank ที่ใช้คำนวณเวลาในการแช่แข็งอาหารซึ่งถูกพัฒนาจากความสัมพันธ์ของหลายตัวแปรจากสมการเชิงเส้นเป็นสมการแบบไม่เชิงเส้นเพราะมีหลายปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่ ความหนาแน่นของอาหาร ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว และขนาดของอาหาร และหากความแตกต่างของอุณหภูมิสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและการนำความร้อนของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจะทำให้เวลาแช่แข็งลดลง ทำให้สมการของ Plank มีความคาดเคลื่อน เนื่องจากนี้ไม่รวมเวลาด้านล่างและด้านบนของการแช่แข็ง จึงได้พยายามสมการโดยการเพิ่มข้อกำหนดและพารามิเตอร์ใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับกระบวนการแช่แข็งทั้งหมด และอาศัยค่าสมการถดถอยพหุคูณในการพัฒนาสมการไม่เชิงเส้น Miguel and Bengt (2003) จึงเขียนบทความนี้เพื่อทบทวนและอภิปรายสมการใหม่ ตีความและแก้ไขโดยนักวิทยาศาสตร์ด้วยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสองทฤษฎี

Pérez-Magariño and González-Sanjosé (2003) ได้ประยุกต์การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณและอย่างง่ายที่ได้รับการประเมินเพื่อสร้างสมการทางคณิตศาสตร์มาช่วยให้สามารถประเมินพารามิเตอร์ CIELAB จากค่าการดูดซับที่ 420, 520 และ 620 นาโนเมตร ตัวแปรทั้งหมดนี้วัดได้จากไวน์แดงเชิงพาณิชย์ 180 ชนิดโดยใช้ 130 ตัว เพื่อให้ได้สมการทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าพารามิเตอร์ CIELAB L *, a * และ C * สำหรับ CIE D65 / 10 ° illuminant / ทุกค่าสังเกตุสามารถใช้สมการประมาณค่าได้อย่างถูกต้อง (โดยมีข้อผิดพลาดมาตรฐานเล็กน้อยในการประมาณ) จากค่าการดูดซับที่ 520 นาโนเมตร อย่างไรก็ตามพารามิเตอร์ h และ b * มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงกว่าระหว่างค่าที่คาดการณ์และค่าที่สังเกต จึงใช้สมการถดถอยเชิงเส้นหลายค่าแทน โดยมีค่าการดูดซับ 3 ค่าที่ 420, 520 และ 620 นาโนเมตร (b *) หรือใช้อัตราส่วน A420 ถึง A520 เป็นตัวแปรอิสระ (h) สมการที่ได้รับอาจเป็นประโยชน์สำหรับโรงบ่มไวน์ที่โดยทั่วไปที่ไม่มีอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่จำเป็นในการกำหนดพารามิเตอร์ ค่าสีจากระบบ CIELAB ได้รับการยอมรับว่าเป็นพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการกำหนดสีของไวน์

Sablani and Rahman (2003)) ได้ศึกษาสมการโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) สำหรับการทำนายการนำความร้อนของอาหาร จากปริมาณความชื้น อุณหภูมิ และความพรุน ผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ แอปเปิ้ล ลูกแพร์ แป้งข้าวโพด ลูกเกด มันฝรั่ง โอวัลติน ซูโครส แป้ง แครอท และข้าว ข้อมูลการนำความร้อนของผลิตภัณฑ์อาหารอยู่ในช่วงกว้าง (0.012–2.350 W / mK) ปริมาณความชื้นที่กว้าง (0.04–0.98) อุณหภูมิ (-42–130° C) และความพรุน (0.0–0.70) การกำหนดสมการมาจากการกำหนดค่าตัวแปรหลายตัวแปรผ่านแบบจำลอง ANN แบบจำลองนี้สามารถทำนาย

การนำความร้อนโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 12.6 ซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย 0.081 W / mK แบบจำลองนี้สามารถรวมอยู่ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนในระหว่างการแปรรูปอาหารซึ่งต้องใช้ค่าความชื้น อุณหภูมิ และความพรุน เมื่อเปรียบเทียบผลกับสมการของ Rahman (ข้อมูลที่พิจารณาเฉพาะที่สูงกว่า 0 °C) และสมการถดถอยพหุคูณอย่างง่ายหนึ่งตัวแปร (จุดข้อมูลทั้งหมด) ทำนายการนำความร้อนโดยมีข้อผิดพลาดสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 24.3 และ 81.6 ตามลำดับ ดังนั้นสมการแบบจำลอง ANN ที่ใช้สมการถดถอยพหุคูณหลายตัวแปรในการพัฒนาจึงเหมาะสมในการนำมาคำนวณการถ่ายเทความร้อนในระหว่างการแปรรูปอาหาร

Boaz and Smetana (1996) ได้พัฒนาสมการทำนายการบริโภคฟอสฟอรัสในอาหารด้วยการออกแบบสอบถามนักโภชนาการถึงความถี่ของอาหารที่กำหนดให้ประชากรผู้ป่วยที่เป็นโรคไตวายเรื้อรังจากคลินิกที่รับการรักษาโรคไตวายเรื้อรังที่สถาบันโรคไตวิทยาของ E. Wolfson Medical Center ในโฮโลนประเทศอิสราเอล ผู้ป่วยนอกเข้าร่วมในการศึกษานี้ (N = 104, ผู้ชาย 73 คนและผู้หญิง 31 คน, อายุเฉลี่ย = 65.6 ปี) การวิเคราะห์ทางสถิติดำเนินการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและการทดสอบ t-test เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างฟอสฟอรัสในอาหารกับตัวแปรอื่น ๆ ผลการศึกษาพบว่าผู้ป่วยแต่ละคนได้รับฟอสฟอรัสในอาหาร (มิลลิกรัม) = 128 + 14 (ปริมาณโปรตีน [กรัม]) เป็นสมการที่เหมาะสมที่สุดและอธิบายความแปรปรวนของการบริโภคฟอสฟอรัสได้ร้อยละ 84

Whiting (1995) กล่าวว่าการพยากรณ์จุลชีววิทยาอาหาร เป็นสาขาการศึกษาที่รวมองค์ประกอบของจุลชีววิทยาคณิตศาสตร์ และสถิติเพื่อพัฒนาสมการที่อธิบายและทำนายการเติบโตหรือการลดลงของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่กำหนด สมการเชิงเส้นในการพยากรณ์จุลินทรีย์มีสามระดับ: สมการระดับปฐมภูมิอธิบายการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ตามเวลา สมการระดับทุติยภูมิแสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองหลักแตกต่างกันอย่างไรตามสภาพแวดล้อม และระดับตติยภูมิจะรวมโมเดลสองประเภทแรกกับผู้ใช้ จากการกำหนดสมการดังกล่าวสามารถนำไปพัฒนาซอฟต์แวร์แอพพลิเคชั่นที่เป็นมิตรหรือระบบผู้เชี่ยวชาญที่คำนวณพฤติกรรมของจุลินทรีย์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โมเดลหลัก ได้แก่ การเติบโตตามเวลา, ฟังก์ชัน Gompertz, อัตราการเติบโตแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการอยู่รอด สมการจุลินทรีย์เป็นเครื่องมือที่มีคุณค่าในการวางแผนการวิเคราะห์อันตรายโปรแกรม Critical Control Point (HACCP) และการตัดสินใจเนื่องจากเป็นข้อมูลประมาณการแรกของการเปลี่ยนแปลงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในประชากรจุลินทรีย์

Carrillo et al. (2013) ได้ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการเลือกซื้ออาหารเพื่อสุขภาพ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ เนื่องจากตลาดอาหารเพื่อสุขภาพมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา เพราะมีการเชื่อมโยงกับอาหารที่ดีต่อสุขภาพและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร อย่างไรก็ตามข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับแง่มุมที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้จ่ายของอาหารเพื่อสุขภาพ (FF: functional food) เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ดีขึ้น

เกี่ยวกับสิ่งที่สนับสนุนการเลือก FF และหลีกเลี่ยงความล้มเหลวของผลิตภัณฑ์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองสมการโครงสร้างของพฤติกรรมการใช้จ่าย FF ของชาวสเปนโดยพิจารณาจากลักษณะส่วนบุคคล เช่น ความพึงพอใจต่อชีวิต รูปแบบการตัดสินใจ เพศ อายุ และทัศนคติบางประการต่อการเลือกรับประทานอาหาร ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าทัศนคติเชิงบวก และความแปลกใหม่ของผลิตภัณฑ์ เป็นตัวทำนายที่ดีของการใช้จ่ายของ FF

Rattanachai and Bangwaek (2016) ได้ศึกษาการนำเทคนิค near infrared spectroscopy (NIRS) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่าง มาใช้ในการประเมินปริมาณสาร GABA ในเมล็ดถั่วเหลืองและถั่วเขียว โดยใช้ถั่วเหลืองจำนวน 310 ตัวอย่าง ถั่วเขียวจำนวน 260 ตัวอย่าง นำไปสแกนด้วยเครื่อง near infrared spectro photometer ที่ความยาวคลื่น 800-2500 นาโนเมตร และนำตัวอย่างเดียวกันไปวิเคราะห์ปริมาณสาร GABA ด้วยเครื่อง high performance liquid chromatography (HPLC) นำค่าที่วิเคราะห์ได้มาหาสมการถดถอยเชิงสมการเส้นด้วยเทคนิค partial least square regression (PLS) โดยใช้โปรแกรม the unscrambler พบว่า สมการที่ใช้ประเมินสาร GABA ในเมล็ดถั่วเหลืองมีค่าสหสัมพันธ์ (R) = 0.90 ระหว่างค่าปริมาณสาร GABA ในเมล็ดถั่วเหลืองที่ได้จากการทำนายและค่าปริมาณสาร GABA ในเมล็ดถั่วเหลืองที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R2) = 0.82 ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (standard error of prediction, SEP) คือ 2.80 มก./100 ก. ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (standard deviation, SD) คือ 6.50 มก./100 ก. สมการที่ใช้ประเมินสาร GABA ในเมล็ดถั่วเขียวมีค่าสหสัมพันธ์ (R) = 0.90 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R2) = 0.81 มีค่าความคลาดเคลื่อนใน การประเมิน 2.02 มก./100 ก. ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อนจริงที่มีค่า 4.83 มก./100 ก. จากการทดลองแสดงว่าเทคนิค NIRS สามารถนำมาใช้ประเมินสาร GABA ได้ และได้นำสมการที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพแบบ full cross validation ในการประเมินสาร GABA ในเมล็ดถั่วเหลืองมีค่า R^2 = 0.82 สามารถประเมินปริมาณสาร GABA ได้ตั้งแต่ 0.0-30.83 มก./100 ก. ขณะที่ประสิทธิภาพของสมการที่ประเมินสาร GABA ในเมล็ดถั่วเขียวมีค่า R2 = 0.81 และประเมินได้ตั้งแต่ 1.66-23.26 มก./100 กรัม

Kawano et al. (1995) ได้ศึกษาการใช้เทคนิค NIR โดยการสร้างสมการแบบชดเชยอุณหภูมิด้วยวิธี multiple linear regression (MLR) ในการตรวจสอบค่าบริกซ์ (brix) ในผลพีช ต่อมาในปี 2018 Campos et al. (2018) และ Chapanya et al. (2019) ได้ศึกษาผลของการสร้างสมการแบบชดเชยอุณหภูมิเช่นกัน โดยได้ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมของแฮมแผ่น และปริมาณน้ำตาลในกากน้ำตาล (ตามลำดับ) ด้วยวิธี partial least squares regression (PLS) งานวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าสมการที่สร้างขึ้นโดยมีการชดเชยอุณหภูมิของตัวอย่างให้ผลการทำนาย

ตัวอย่างในกลุ่มอุณหภูมิอื่น ๆ ได้ดีกว่าสมการที่ไม่มีการชดเชยอุณหภูมิ โดยให้ค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนาย (root mean square error of prediction, RMSEP) ที่ต่ำกว่า

Rittiron et al. (2021) ได้ศึกษาสมการแบบชดเชยอุณหภูมิของ Kawano et al (1995) เพื่อเปรียบเทียบเทคนิค NIR ในระบบการวัดแบบสะท้อนกลับที่ช่วงความยาวคลื่น 1200-2400 nm ด้วยวิธี MLR ได้ว่า วิธีการสร้างสมการทำนายความชื้นโดยใช้อุณหภูมิเป็นตัวแปรต้นมีประสิทธิภาพในการทำนายค่าความชื้นไม่แตกต่างจากวิธีมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีข้อดีคือสามารถใช้จำนวนตัวอย่างในการสร้างสมการน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีสร้างสมการแบบชดเชยอุณหภูมิ (temperature compensation)

Rattanajitti et al. (2019) ได้ศึกษาการใช้สมการเชิงเส้นเพื่อทำนายดัชนีมวลกายจากรอบเอว การศึกษาในครั้งนี้ใช้การศึกษาเชิงพรรณนาโดยการศึกษาโดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากผลการตรวจสุขภาพประจำปีของบุคลากรทางการแพทย์ในกองบัญชาการกรมแพทย์ทหารบก วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น (linear regression) ค่าความไว (sensitivity) ค่าความจำเพาะ (specificity) ค่าทำนายเชิงบวก (positive predictive value) และค่าทำนายเชิงลบ (negative predictive value) โดยใช้การคำนวณดัชนีมวลกายจากสูตรน้ำหนัก (กก.)/(ส่วนสูง (ม.^{2}) เป็นมาตรฐาน ผลการศึกษามีผู้เข้าร่วมการศึกษา จำนวน 555 คน คิดเป็นอัตราตอบกลับร้อยละ 99.10 จากการวิเคราะห์พบว่า สมการในการคำนวณดัชนีมวลกายจากรอบเอวได้แก่ [ดัชนีมวลกาย = 1.363 + (0.266 x (เส้นรอบเอว (ซม.)] มีค่าความไวในการค้นหาดัชนีมวลกายที่ผิดปกติ เท่ากับร้อยละ 76.27 ค่าความจำเพาะเท่ากับร้อยละ 87.77 ค่าทำนายเชิงบวกเท่ากับร้อยละ 82.19 และค่าทำนายเชิงลบเท่ากับร้อยละ 83.33 สรุปการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถคำนวณดัชนีมวลกายจากเส้นรอบเอวได้และเป็นวิธีที่ง่ายและมีประโยชน์ในการวินิจฉัยค่าดัชนีมวลกายที่ผิดปกติได้

Kirasak et al. (2015) ได้สร้างสมการถดถอยของผลการตรวจสอบคุณภาพของอ้อยด้วยแสงย่านใกล้อินฟราเรดสเปกโตสโกปี Fourier-transform near-infrared (FT-NIR; Antaris II Analyzer, Thermo Scientific, USA.) เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ เพราะการใช้เครื่อง FT-NIR ไม่ทำลายตัวอย่างและให้ผลการวิเคราะห์เร็วกว่า โดยการนำผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีมาสร้างสมการถดถอยเพื่อดูความสัมพันธ์เชิงเส้นของทั้งสองตัวแปร ผลการทดลองพบว่า ทั้งสองวิธีสามารถให้ผลที่มีประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณค่า Commercial Cane Sugar (CCS) จากน้ำอ้อย อยู่ในระดับการทำนายเพื่อการประกันคุณภาพได้ และสมการจากเส้นใยให้การทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณหรือประเมินค่าเบื้องต้น ซึ่งสามารถนำน้ำอ้อยและเส้นใยอ้อยมาใช้วัดค่า CCS โดยใช้เครื่อง NIR แทนการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีได้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เริ่มจากการศึกษาพฤติกรรมและความคาดหวังของผู้บริโภคต่อน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพด้วยวิธีส่วนผสมทางการตลาด 7Ps โดยสำรวจข้อมูลจากผู้บริโภค และผู้จำหน่ายน้ำมังคุดในต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ จำนวน 60 ราย และนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามความคาดหวังเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด ตลอดกระบวนการผลิต เริ่มตั้งแต่การคัดเลือกวัตถุดิบ การเลือกสภาวะการผลิต อายุการเก็บรักษา พร้อมทั้งสร้างกระบวนการควบคุมคุณภาพและตรวจสอบผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี inhouse method standardization ให้เป็นวิธีที่แม่นยำ ง่าย ต้นทุนต่ำ และใช้เวลาน้อยที่สุด

ศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภค และความคาดหวังของผู้บริโภค ต่อการตลาดและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) ประชากร คือ ผู้ที่จำหน่ายและผู้บริโภคน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพในต่างประเทศหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งถือว่าเป็นผู้ใกล้ชิดกับผู้บริโภคมากที่สุด จำนวน 60 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ คือ แบบสอบถาม ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคล

ส่วนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้บริโภคน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ ด้านปัจจัยภายในและภายนอก จึงได้สำรวจการรับรู้และความคาดหวังค่า ORAC และพฤติกรรมด้านอื่น ๆ กับผู้บริโภคด้วยทฤษฎีพฤติกรรมของผู้บริโภคของ Kotler (2009) และ Schiffman and Kanuk (2009) ที่มีต่อการตัดสินใจซื้อน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ

ส่วนที่ 3 เป็นคำถามเกี่ยวกับความคาดหวังของผู้บริโภคที่มีต่อกลยุทธ์การตลาดของน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพด้วยส่วนประสมทางการตลาด 7P’s

ในส่วนที่ 2-3 มีข้อคำถามเป็นลักษณะมาตรวัดแบบระดับคะแนนลิเกิร์ต 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมาน โดยใช้การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ เพื่ออธิบายคุณลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถาม และค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายพฤติกรรมของผู้บริโภค

1. การเก็บข้อมูล

1. ใช้แบบสอบถามออนไลน์กูเกิลฟอร์ม (google form)
2. ใช้แบบสอบถามออฟไลน์ หรือชุดแบบสอบถามเป็นเอกสาร

2. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

รวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามเป็นความถี่และเป็นคะแนนเฉลี่ย เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมาน โดยใช้การแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละเพื่ออธิบายคุณลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถาม และใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ด้วยวิธี One-Sample T-Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เพื่ออธิบายความคาดหวังของผู้บริโภคด้วยช่วงคะแนนลิเคิร์ท (likert scores)

การพัฒนานวัตกรรมการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ

1. การศึกษาระดับความสุกของมังคุดที่มีผลต่อค่าสารต้านอนุมูลอิสระ และสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC)

เปรียบเทียบสารต้านอนุมูลอิสระทั้งในเปลือกมังคุดสด และเปลือกมังคุดแห้ง ที่ระดับความสุก 3 ระยะ ได้แก่ ระยะ 4 5 และ 6 โดยเปลือกสดเตรียมจากใช้เปลือกมังคุดสุกทั้ง 3 ระยะ ระยะละ 1,000 กรัม สกัดเอาสารสกัดหยาบ (crude xanthones) ออกมาด้วยการใช้เอทานอลร้อยละ 95 จำนวน 3 ลิตร ส่วนเปลือกมังคุดแห้งจะใช้เปลือกแห้งสุกทั้ง 3 ระยะ โดยนำไปอบแห้งสนิทที่ 100 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่จำนวนความสุกละ 1,000 กรัม นำไปสกัดเอาสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลร้อยละ 95 จำนวน 3 ลิตร เก็บไว้เป็นเวลา 14 วัน จากนั้นกรองเอาสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าสารต้านอนุมูลอิสระ 3 ค่า ได้แก่ ค่าแอนโทไซยานิน โพลีฟีนอล และค่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC) ที่หน่วยบริการวิเคราะห์และฝึกอบรม สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล วิเคราะห์โดยใช้วิธี Ou et al. (2001)

1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองเปรียบเทียบระยะความสุกของเปลือกผลสดและแห้งต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี CRD (completely randomized design) นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาความแตกต่างด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance)

1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

นำตัวอย่างสารสกัดหยาบไปวิเคราะห์ค่าสารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ แอนโทไซยานิน และโพลีฟีนอล วิเคราะห์ค่าออกมามีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนค่าสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด (total antioxidant : ORAC score) วิเคราะห์ค่าออกมามีหน่วยเป็นไมโครกรัม/100 มิลลิลิตร

2. ศึกษาสภาวะการผลิตและอายุการเก็บรักษาที่ส่งผลต่อค่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC)

ศึกษาความคงตัวหรือความคงอยู่ของสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC) ในน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพโดยการนำสารสกัดจากเปลือกมังคุด (ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบละลายอยู่ร้อยละ 8.50) มาเติมลงไปในน้ำมังคุดจำนวนร้อยละ 1 ก่อนนำไปผ่านสภาวะการผลิต 9 สภาวะคือ pH 3.0 3.5 และ 4.0 ร่วมกับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 105 110 และ 115 องศาเซลเซียส และนำไปเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง โดยตลอดอายุการเก็บรักษาได้เก็บไว้ในที่แห้ง แสงแดดส่องไม่ถึง และเก็บในกล่องกระดาษเพื่อป้องกันแสงภายนอกเข้าไปสัมผัสน้ำมังคุดตัวอย่าง และเก็บเป็นเวลา 0 4 8 และ 12 เดือน ตามลำดับ จากนั้นนำน้ำมังคุดแต่ละสภาวะไปวิเคราะห์หาค่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC) ที่หน่วยบริการวิเคราะห์และฝึกอบรม สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ดังแผนการทดลองในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการทดลองการศึกษาสภาวะการผลิตที่มีผลต่อค่า ORAC ในน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ

Treatment (สิ่งทดลอง)	ค่า pH	อุณหภูมิ (°C)
1	3.0	105
2	3.5	105
3	4.0	105
4	3.0	110
5	3.5	110
6	4.0	110
7	3.0	115
8	3.5	115
9	4.0	115

2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของสภาวะการผลิต ได้แก่ ค่า pH 3 ระดับ ได้แก่ 3.0 3.5 และ 4.0 และอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต 3 ระดับ ได้แก่ 105 110 และ 115 องศาเซลเซียส ต่อค่าสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพโดยวิธี factorial in CRD

1) การเก็บรวบรวมข้อมูล

นำน้ำมังคุดที่ได้ในแต่ละสิ่งทดลองไปวิเคราะห์ค่าสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ 1) ค่าสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) วัดค่าออกมามีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/100 กรัม (mg/100g) 2) สารกลุ่มโพลีฟีนอล (poly phenol) วัดค่าออกมามีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/100 กรัม (mg eq GA/100g) และ 3) สารต้านอนุมูลอิสระรวม (total antioxidant : ORAC score) วัดค่าออกมามีหน่วยเป็นไมโครกรัม/100 มิลลิลิตร (μmole TE/100 ml) พร้อมกันนี้ได้เก็บน้ำมังคุดในแต่ละสิ่งทดลองในเวลาที่ 0 4 8 และ 12 เดือน นำไปวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระทั้ง 3 ค่า เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ

2) การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลที่ได้จากข้อ 3.2.2.2 ไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่ ค่า pH อุณหภูมิ และอายุการเก็บรักษา ต่อค่าสังเกตหรือค่าสารต้านอนุมูลอิสระทั้ง 3 ค่า ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variation) และหาคู่ที่สัมพันธ์ด้วยวิธี F-test

การพัฒนาเทคนิคการตรวจวัดค่า ORAC ด้วยวิธี In house ORAC standardization

พัฒนาเทคนิคการตรวจวัดค่า ORAC ด้วยหลักวิธีคิดที่แตกต่าง 3 วิธี เพื่อนำวิธีทั้ง 3 นั้นมาประมาณค่าความแม่นยำในการวิเคราะห์ค่า ORAC และสร้างสมการออกมาใช้อย่างง่าย เพื่อสามารถใช้ควบคุมปริมาณ ORAC ในกระบวนการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพได้ทุกรอบในการผลิต และเลือกเอาสมการที่ง่ายที่สุดมาเป็นวิธี In house ORAC standardization โดยทั้ง 3 วิธีวัดค่าสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่

1. การวิเคราะห์ ORAC

การวิเคราะห์ ORAC ตามวิธีของ Ou et al (2001) เป็นวิธีการวิเคราะห์ตามหลักการ ORAC-FL (Fluorescein : FL) โดยใช้สาร 3', 6'- dihydroxy – spiro (isobenzofuran – 1 (3H), 9'(9H) – xanthene)- 3 – one) เป็นตัววัดปฏิกิริยาผ่านไฮโดรเจนอะตอม (Hydrogen atom transfer : HAT) ซึ่งเป็นการวัดค่าสารต้านอนุมูลอิสระจากค่าแตกหักของพันธะไฮโดรเจนจากการทำปฏิกิริยากับ

สารอนุมูลอิสระ (peroxyl radical) และจะมีค่าสีที่เปลี่ยนไป แล้วนำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง Spectrofluorometer ที่ค่าดูดกลืนแสง (wave length) 520 นาโนเมตร ในขั้นตอนนี้จะใช้ห้องวิเคราะห์ที่สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา เป็นห้องวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์ค่าสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

การวิเคราะห์ค่า DPPH เลือกใช้วิธีการของ Brand Williams et al (1995) คือการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่คงตัวและมีสีม่วง เมื่อ DPPH* ทำปฏิกิริยากับสารต้านออกซิเดชั่นด้วยเอทานอล ทำให้สีม่วงจางลงจนเป็นสีเหลือง นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร แล้วคำนวณหาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH โดยใช้สารละลายโทรลอกซ์เป็นสารมาตรฐาน การคำนวณค่า DPPH ทำได้โดยนำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาค่าร้อยละการดักจับอนุมูล DPPH จากสูตร

$$\% \text{ Radical scavenging} = [(A_{control} - A_{sample})/A_{control}] \times 100$$

เมื่อ A control คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

A sample คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชุดทดสอบ

แล้วคำนวณหาค่า IC_{50} จากกราฟระหว่าง %scavenging กับความเข้มข้นของสารสกัดเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณอนุมูลอิสระลดลงครึ่งหนึ่ง (IC_{50}) ของสารสกัดหยาบ

ในขั้นตอนนี้จะใช้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทางเคมีที่คลาสฟอร์แคช สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3. การหาค่าความขุ่น

เป็นการวัดค่าความขุ่นของสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดที่ทราบค่าน้ำหนักที่แน่นอนด้วยเครื่องวัดค่าความขุ่น มีหน่วยเป็น NTU เนื่องจากสารสกัดจากเปลือกมังคุดเป็นสารสีเหลือง ละลายน้ำได้น้อยมาก ส่วนใหญ่ไม่ละลายน้ำ จึงเกิดตะกอนในน้ำได้ชัดเจน และสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจากมุมตะกอนที่หักเหแสง จึงสามารถหยดน้ำหนักสารสกัดที่ทราบความเข้มข้นชัดเจนลงในน้ำอุณหภูมิห้องและวัดค่าความขุ่นออกมาได้ ในขั้นตอนนี้จะใช้ห้องวิเคราะห์ที่ คลาสฟอร์แคช สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4. การเตรียมตัวอย่างสารสกัดเปลือกมังคุดเพื่อตรวจวัด

เพื่อให้ทั้ง 3 วิธีได้วัดตัวอย่างที่มาจากความเข้มข้นเดียวกัน จึงทำการเตรียมตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้ว 5 ระดับ ได้แก่ 4.25 8.50 12.75 17.00 และ 21.25 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ไปวิเคราะห์หาสารต้านอนุมูลอิสระ 3 วิธี ได้แก่ ค่า ORAC, DPPH และความขุ่น

5. การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ทางสถิติ

นำผลจากการวิเคราะห์ค่า ORAC ตามวิธีของ Ou et al (2001) ในข้อ 3.3.1 ค่า DPPH ตามวิธีของ Brand Williams et al (1995) ในข้อ 3.3.2 และค่าความขุ่นจากข้อ 3.3.3 ทั้ง 5 ระดับความเข้มข้น วิเคราะห์ความเข้มข้นละ 20 ซ้ำ มาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่าง ANOVA จากนั้นนำค่าทั้ง 3 ไปศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้น หาการถดถอยอย่างง่ายและสหสัมพันธ์ เพราะการถดถอยและสหสัมพันธ์เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้สำหรับการศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณ 2 ตัว ซึ่งมีลักษณะความสัมพันธ์กันเชิงเส้น โดยตัวแปรหนึ่งเรียกว่า ตัวแปรอิสระเขียนแทนด้วย X และอีกตัวแปรเรียกว่า ตัวแปรตามเขียนแทนด้วย Y ตัวแปรอิสระจะเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ORAC กับปริมาณสารสกัดจากเปลือกมังคุด การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเดี่ยว เป็นกระบวนการทางสถิติที่ใช้สร้างสมการคณิตศาสตร์เชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม สำหรับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เป็นกระบวนการทางสถิติที่ใช้วัดระดับความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม วิธีการง่ายๆ ที่ใช้สำหรับตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรคือ แผนภาพการกระจาย (scatter plot) จึงได้นำมาวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ว่าค่าสังเกตุแต่ละคู่จะมีทิศทางใด สามารถใช้ค่าสังเกตุหนึ่งพยากรณ์ค่าสังเกตุอีกค่าหนึ่งได้หรือไม่ โดยการนำค่าสังเกตุแต่ละคู่มาหาสัมประสิทธิ์ (coefficients)

สมการเชิงเส้นมีสมการในรูปแบบ $Y = a + bX$

โดยที่ X เป็นตัวแปรอิสระ และ Y เป็นตัวแปรตาม ความชันของเส้นคือ b และ a คือจุดตัด (ค่าของ y เมื่อ x = 0)

Y คือค่าของตัวแปรตาม (Y) ซึ่งทำหน้าที่พยากรณ์ความสัมพันธ์เชิงเส้น

a คืออัลฟ่า ค่าคงที่ เท่ากับค่าของ Y เมื่อค่า X = 0

b คือเบต้า ค่าสัมประสิทธิ์ของ X; คือค่าความชันของเส้นถดถอย เมื่อ Y เปลี่ยนแปลงไป

X คือค่าของตัวแปรอิสระ (X) ใช้ทำนายค่าของ Y

การทดสอบประสิทธิภาพของการวัดค่า ORAC ในน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ
ด้วยวิธี In house ORAC measurement

เมื่อได้วิธี In house ORAC measurement จากข้อ 3 แล้ว สามารถนำสมการไปพยากรณ์ค่า ORAC ล่วงหน้า จากนั้นเติมปริมาณสารสกัดหยาบที่ทราบปริมาณแน่นอนลงไปในน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ ทดสอบใช้จริงกับกระบวนการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพที่สภาวะการผลิตจริง นำตัวอย่างจากการผลิตแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนที่ 1 นำไปวัดค่าความขุ่น และนำตัวส่วนที่ 2 ไปวิเคราะห์ค่า ORAC ที่หน่วยบริการวิเคราะห์และฝึกอบรม สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล นำผลที่ได้จากทั้งสองส่วนมาทดสอบสมการเพื่อเป็นการยืนยันผล

ข้อจำกัดในการดำเนินงานวิจัย

จากการวางแผนการวิจัยพบว่ามีหลายปัจจัยที่ทำให้ไม่สามารถดำเนินการวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

1. งานวิจัยนี้สำรวจความคาดหวังจากผู้บริโภคในต่างประเทศ การระบาดของโรคไวรัสโคโรน่า 2019 ทำให้การเดินทางเข้ามาในประเทศไทยของกลุ่มเป้าหมายน้องลง ถึงแม้จะใช้ระบบออนไลน์ช่วยก็มีการตอบสนองน้อยราย
2. การดำเนินการทดสอบผลิตภัณฑ์ ไม่สามารถดำเนินการได้เนื่องจากผู้บริโภคจากต่างประเทศไม่สามารถเข้ามาภายในประเทศไทยได้ ประกอบกับการขอจริยธรรมในมนุษย์มีข้อจำกัดหลายอย่าง จึงต้องระงับส่วนทดสอบชิม และทดสอบด้านอื่น ๆ ใน 7P’s จึงเน้นการพัฒนานวัตกรรมการควบคุมคุณภาพของสินค้าแทน

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภค และความคาดหวังของผู้บริโภค ต่อการตลาดและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

การเก็บข้อมูลนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) ประชากร คือผู้ที่จำหน่ายและผู้บริโภคน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพในต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่หรือผู้ที่เกี่ยวข้องในประเทศซึ่งถือว่าเป็นผู้บริโภคเองและใกล้ชิดกับผู้บริโภคมากที่สุด จำนวน 60 ราย ได้แก่ บริษัท ไอดีเอเอ จำกัด, บริษัททิพย์มงคล 555 จำกัด, บริษัท สิรินโรจน์ทิพย์ จำกัด, บริษัทสยามโปรฟรุตส์ จำกัด, Sonnenmacht GmbH, Sammill Limited, Ulido International Limited, Tropical Royal Limited, ร้านขายยา และผู้จำหน่ายทั่วไป ตัดแบบสอบถามไม่สมบูรณ์ออก 1 ราย เหลือจำนวน 59 แบบสอบถาม ผลการสำรวจข้อมูลประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

1. ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดมีจำนวน 59 คนเป็นชาย 32 คน คิดเป็นร้อยละ 54 และเป็นหญิง 27 คน คิดเป็นร้อยละ 46 อายุผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อายุอยู่ในช่วง 30-40 ปี ร้อยละ 30 รองลงมาอายุเกิน 50 ปี ร้อยละ 25 ตามด้วยอายุช่วงต่ำกว่า 30 ปี ร้อยละ 23 และอายุช่วง 40-50 ปี ร้อยละ 22 การศึกษาส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 56 จบสูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 23 และต่ำกว่าปริญญาตรีร้อยละ 21 รายได้ของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่า รายได้ส่วนใหญ่มากกว่า 6.0 แสนบาทต่อปี ร้อยละ 37 รายได้ 3.0-6.0 แสนบาทร้อยละ 37 รายได้ 1.5-3.0 แสนบาท ร้อยละ 24 และรายได้ต่ำกว่า 1.5 แสนบาทร้อยละ 4 อาชีพของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่าส่วนใหญ่เป็นเจ้าของธุรกิจเองร้อยละ 62 ทำงานส่วนตัว ร้อยละ 20 เป็นลูกจ้างบริษัท ร้อยละ 9 และทำงานในระบบราชการร้อยละ 8.47 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ลำดับ	คำถาม	คำตอบ	ความถี่ของคำตอบ	ร้อยละ
1	เพศของผู้ตอบแบบสอบถาม	หญิง	32	54.24
		ชาย	27	45.76
2	อายุของผู้ตอบแบบสอบถาม (ปี)	<30	13	22.03
		30-40	17	28.81
		40-50	12	20.34
		>50	14	23.73
3	รายได้ของผู้ตอบแบบสอบถาม (USD)	< 5,000	2	3.39
		5,000-10,000	12	20.34
		10,000-20,000	17	28.81
		>20,000	18	30.51
4	การศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม	ต่ำกว่าปริญญาตรี	12	20.34
		ปริญญาตรี	32	54.24
		สูงกว่าปริญญาตรี	13	22.03
5	อาชีพของผู้ตอบแบบสอบถาม	ทำงานราชการ	5	8.47
		ทำงานส่วนตัว	11	18.64
		ลูกจ้าง	4	6.78
		เจ้าของธุรกิจ	35	59.32
		นักศึกษา	1	1.69

2. พฤติกรรมของผู้บริโภคต่อน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ

พฤติกรรมของผู้บริโภคต่อน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ ด้านปัจจัยภายในและภายนอก โดยสำรวจการรับรู้และความคาดหวังค่า ORAC และพฤติกรรมด้านอื่น ๆ กับผู้บริโภค ด้วยทฤษฎีพฤติกรรมของผู้บริโภคของ Kotler (2009) และ Schiffman and Kanuk (2009) ที่มีต่อการตัดสินใจซื้อน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ จากการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภคต่อน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพจากผู้ตอบแบบสอบถาม 59 คนพบว่า ผู้ที่ตอบแบบสอบถามร้อยละ 96.61 เคยดื่มน้ำมังคุดและมีเพียงร้อยละ 3.39 ที่ไม่เคยดื่ม

แหล่งจำหน่ายน้ำมังคุดที่ผู้บริโภคซื้อมาดื่มมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ตลาดออนไลน์ ร้านขายสินค้าสุขภาพ และตลาดเครือข่าย ที่จำนวนร้อยละ 44.07 35.59 และ 28.81 ตามลำดับ แสดงว่าผู้บริโภคสามารถซื้อหาได้จากตลาดออนไลน์มากที่สุด ชนิดของน้ำมังคุดที่ซื้อมาบริโภคพบว่า ซื้อน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพมากที่สุดตามด้วยน้ำมังคุดแท้ร้อยละ 100 ไม่ผสมสารต้านอนุมูลอิสระ และน้ำมังคุดปรุงแต่งทั่วไปร้อยละ 46.58 32.88 และ 20.55 ตามลำดับ เหตุผลในการดื่มน้ำมังคุดพบว่าดื่มเพื่อบำรุงสุขภาพมากที่สุด ตามด้วย สร้างความสดชื่น และแก้กระหาย ที่ร้อยละ 72.88 20.34 และ 6.78 ตามลำดับ ผู้บริโภครู้จักค่า ORAC ในน้ำผลไม้หรือไม่ พบว่าร้อยละ 100 รู้จัก มั่นใจในสินค้าว่ามีค่า ORAC หรือไม่พบว่าร้อยละ 33.90 ตอบว่ามั่นใจ และร้อยละ 66.10 ตอบว่าไม่มั่นใจ ความสนใจวิธีการควบคุมค่า ORAC ในการผลิตพบว่าร้อยละ 96.61 สนใจ และอีก 3.39 ตอบว่าไม่แน่ใจ ความสนใจถ้ามีการรับรองค่า ORAC ในสินค้าทุกลอท พบว่าร้อยละ 98.31 สนใจ และ 1.69 ตอบว่าไม่แน่ใจ

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ทราบว่าผู้บริโภคน้ำมังคุดส่วนใหญ่รู้จักค่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC) ดี และเลือกซื้อน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพมากที่สุด ซื้อสินค้าในตลาดออนไลน์สูงที่สุด แต่ไม่ค่อยมั่นใจในค่า ORAC ที่มีในผลิตภัณฑ์ที่ซื้อ จึงสนใจถ้ามีการควบคุมและรับรองค่า ORAC ในน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพทุกลอทการผลิต (ตารางที่ 3)

3. ผลข้อมูลความคาดหวังของผู้บริโภค

ผลข้อมูลความคาดหวังของผู้บริโภคที่มีต่อการตลาดและการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพน้ำมังคุดมีรายละเอียดตามส่วนประสมทางการตลาด ดังนี้

3.1 ด้านผลิตภัณฑ์

ด้านผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด พบว่าระดับความคาดหวังผู้บริโภคต่อคุณภาพของสินค้าและสรรพคุณหรือคุณประโยชน์ของสินค้าสูงที่สุดที่ระดับ 4.24 คะแนน เท่ากัน ซึ่งเป็นระดับที่คาดหวังมากที่สุด ตามด้วยคาดหวังถึงรายละเอียดของสินค้าที่ระดับ 4.05 คะแนน ซึ่งเป็นระดับที่คาดหวังมาก แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุดด้านคุณภาพของสินค้าและคุณประโยชน์ที่จะได้รับจากการบริโภคมากกว่าด้านอื่น ๆ โดยทั้ง 3 ข้อมีระดับคะแนนความคาดหวังไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกัญญ์พิชา วรไพสิฐกุล (2560) ที่พบว่าระดับความคาดหวังผู้บริโภคต่อคุณภาพของสินค้า และสรรพคุณหรือคุณประโยชน์ของสินค้าสูงที่สุดในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มพร้อมดื่มที่ช่วยควบคุมน้ำหนัก

ตารางที่ 3 พฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ

ลำดับ	คำถาม	คำตอบ	ความถี่ของคำตอบ	ร้อยละ
1	คุณเคยบริโภคน้ำมังคุดหรือไม่	เคย	57	96.61
		ไม่เคย	2	3.39
2	คุณซื้อน้ำมังคุดจากไหนมาบริโภค	จากผู้ค้าส่ง	14	23.73
		จากผู้ค้าปลีก	16	27.12
		จากตลาดออนไลน์	26	44.07
		จากผู้นำเข้า	16	27.12
		จากตลาดภายในประเทศ	13	22.03
		จากตลาดเครือข่าย	17	28.81
		จากซุปเปอร์มาร์เก็ต	7	11.86
		จากร้านขายสินค้าสุขภาพ	21	35.59
		จากร้านค้าทั่วไป	6	10.17
		ซื้อตรงจากผู้ขาย	7	11.86
		จากกลุ่มรักสุขภาพด้วยกัน	16	27.12
		จากผู้ผลิต	1	1.69
3	ชนิดของน้ำมังคุดที่ซื้อมาบริโภค	น้ำมังคุดทั่วไป	15	20.55
		น้ำมังคุดพรีเมี่ยม	24	32.88
		น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ	34	46.58

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ลำดับ	คำถาม	คำตอบ	ความถี่ของคำตอบ	ร้อยละ
4	เหตุผลในการดื่มน้ำมังคุด	แก้กระหาย	4	6.78
		สร้างความสดชื่น	12	20.34
		บำรุงสุขภาพ	43	72.88
5	รู้จักค่า ORAC ในน้ำผลไม้หรือไม่	รู้จัก	59	100.00
		ไม่แน่ใจ	0	0.00
		ไม่รู้จัก	0	0.00
6	ความมั่นใจในสินค้าว่ามีค่า ORAC หรือไม่	มั่นใจ	20	33.90
		ไม่มั่นใจ	39	66.10
		ไม่เชื่อว่ามี	0	0.00
7	ความสนใจถ้ามีวิธีการควบคุมค่า ORAC ในการผลิต	สนใจ	57	96.61
		ไม่แน่ใจ	2	3.39
		ไม่สนใจ	0	0.00
8	ความสนใจถ้ามีการรับรองค่า ORAC ในสินค้าทุกลอท	สนใจ	58	98.31
		ไม่แน่ใจ	1	1.69
		ไม่สนใจ	0	0.00

ตารางที่ 4 ความคาดหวังของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

ลำดับ	ความคาดหวัง	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	การแปลผล
1	ด้านรสชาติ	3.98	0.99	คาดหวังมาก
2	ความหลากหลายของสินค้า	3.81	0.99	คาดหวังมาก
3	ตราสินค้า	3.73	1.08	คาดหวังมาก
4	คุณภาพของสินค้า	4.24	0.97	คาดหวังมากที่สุด
5	การมีชื่อเสียงและภาพลักษณ์ของแบรนด์	3.92	1.05	คาดหวังมาก
6	สรรพคุณ หรือคุณประโยชน์	4.24	0.95	คาดหวังมากที่สุด
7	รายละเอียดของสินค้า	4.05	0.94	คาดหวังมาก
8	ภาชนะบรรจุ	3.98	1.03	คาดหวังมาก
9	กระแสของตลาด	3.66	1.08	คาดหวังมาก

3.2 ด้านราคา

ด้านราคาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับราคาสินค้าที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับคู่แข่งสูงที่สุดที่ระดับ 4.12 คะแนน ตามด้วยราคาเหมาะสมเมื่อเทียบกับคุณภาพที่ระดับ 4.03 คะแนน และควรมีการแนะนำราคาโดยผู้จัดจำหน่ายที่ระดับ 3.78 คะแนน ตามลำดับ โดยความคาดหวังทั้ง 3 ข้อนั้นอยู่ในระดับความคาดหวังมาก ซึ่งระดับคะแนนความคาดหวังไม่แตกต่างกันมาก (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านราคาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

ลำดับ	ความคาดหวัง	ค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	การแปลผล
1	ติดราคาบอกชัดเจน	3.59	1.00	คาดหวังมาก
2	ราคาสัมพันธ์กับปริมาณ	3.76	0.95	คาดหวังมาก
3	แนะนำราคาโดยผู้จัดจำหน่าย	3.78	1.04	คาดหวังมาก
4	ราคาเหมาะสมเมื่อเทียบกับคุณภาพ	4.03	0.96	คาดหวังมาก
5	ราคาที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับคู่แข่ง	4.12	1.00	คาดหวังมาก

3.3 ด้านสถานที่

ด้านสถานที่จัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการจำหน่ายผ่านคนที่น่าเชื่อถือสูงที่สุดที่ระดับ 4.21 คะแนน ซึ่งเป็นความคาดหวังระดับมากที่สุด ตามด้วยมีจำหน่ายทางออนไลน์ที่ระดับ 4.10 คะแนน ถือเป็นความคาดหวังระดับมาก และจำหน่ายในสถานที่ที่น่าเชื่อถือที่ระดับ 3.95 คะแนน ซึ่งเป็นความคาดหวังระดับมากเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 6) แสดงว่าสถานที่การจัดจำหน่ายไม่จำเป็นต้องมีหน้าร้าน หรือจำหน่ายในร้านค้าเสมอไป การจำหน่ายผ่านบุคคลที่น่าเชื่อถือจัดเป็นความคาดหวังที่บริโภคอยากซื้อสินค้าอีกช่องทางหนึ่ง

ตารางที่ 6 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านสถานที่จัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

ลำดับ	ความคาดหวัง	ค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	การแปลผล
1	มีที่จอดรถ	3.56	1.13	คาดหวังมาก
2	ใกล้ที่ทำงานหรือที่พักอาศัย	3.68	1.15	คาดหวังมาก
3	ง่ายต่อการเดินทาง	3.77	1.04	คาดหวังมาก
4	จำหน่ายในเวปไซด์ หรือเพจเฟสบุ๊ก	3.89	0.93	คาดหวังมาก
5	จำหน่ายในสถานที่ที่น่าเชื่อถือ	3.95	1.01	คาดหวังมาก
6	จำหน่ายผ่านคนที่น่าเชื่อถือ	4.21	0.90	คาดหวังมากที่สุด
7	จำหน่ายออนไลน์	4.10	1.05	คาดหวังมาก
8	จำหน่ายในร้านสะดวกซื้อ	3.78	1.07	คาดหวังมาก

3.4 ด้านส่งเสริมการขาย

ด้านส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการมีรีวิวจากผู้บริโภคมาก่อนสูงที่สุดที่ระดับ 4.24 คะแนน ตามด้วยมีการโฆษณาสินค้าในช่องทางที่หลากหลายที่ระดับ 4.22 คะแนน โดยทั้ง 2 ข้อจัดเป็นความคาดหวังระดับมากที่สุดเท่ากัน และมีโฆษณาผ่านสื่อออนไลน์ที่ระดับ 3.95 คะแนนซึ่งเป็นความคาดหวังระดับมาก (ตารางที่ 7) แสดงว่าการส่งเสริมการขายเพื่อให้ผู้บริโภคได้รับรู้ควรโฆษณาในสื่อหลากหลายรูปแบบ โดยเน้นที่สื่อออนไลน์ และมีรีวิวของผู้บริโภคมาก่อน จึงจะส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

ตารางที่ 7 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

ลำดับ	ความคาดหวัง	ค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	การแปลผล
1	จัดซื้อได้ง่าย	3.83	1.19	คาดหวังมาก
2	มีของแถม	3.73	1.23	คาดหวังมาก
3	เป็นสมาชิกและมีสิทธิพิเศษ	3.83	1.09	คาดหวังมาก
4	มีโฆษณาผ่านสื่อสิ่งพิมพ์	3.78	1.15	คาดหวังมาก
5	มีโฆษณาผ่านสื่อออนไลน์	4.00	1.10	คาดหวังมาก
6	มีโฆษณาผ่านสื่อวิทยุ	3.93	1.17	คาดหวังมาก
7	มีโฆษณาผ่านสื่อทีวี	3.85	1.14	คาดหวังมาก
8	โฆษณาผ่านช่องทางหลากหลาย	4.22	1.08	คาดหวังมากที่สุด
9	แนะนำสินค้าตัวต่อตัว	3.95	1.06	คาดหวังมาก
10	มีรีวิวสินค้าจากผู้บริโภค	4.24	1.11	คาดหวังมากที่สุด
11	มีบริการส่งถึงที่	3.90	1.11	คาดหวังมาก

3.5 ด้านผู้จำหน่าย

ด้านผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับผู้จำหน่ายที่รู้รายละเอียดสินค้าดีสูงที่สุดที่ระดับ 4.22 คะแนน โดยเป็นความคาดหวังระดับมากที่สุด ตามด้วยผู้จำหน่ายมีความรู้และให้คำแนะนำที่เกี่ยวข้องกับความต้องการของผู้บริโภคได้ที่ระดับ 4.05 คะแนน โดยเป็นความคาดหวังระดับมาก และผู้จำหน่ายใส่ใจลูกค้าทุกรายละเอียดที่ระดับ 3.97 คะแนน

เป็นความคาดหวังระดับมาก (ตารางที่ 8) แสดงว่าผู้บริโภคคาดหวังที่จะซื้อสินค้าผ่านผู้จำหน่ายที่รู้รายละเอียดของสินค้า มีความรู้ที่สามารถแนะนำสินค้าได้ และใส่ใจลูกค้า

ตารางที่ 8 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

ลำดับ	ความคาดหวัง	ค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	การแปลผล
1	ผู้จำหน่ายยิ้มแย้ม	3.76	1.07	คาดหวังมาก
2	ผู้จำหน่ายสุภาพ	3.88	0.85	คาดหวังมาก
3	ผู้จำหน่ายรู้รายละเอียดสินค้าดี	4.22	1.01	คาดหวังมากที่สุด
4	ผู้จำหน่ายแนะนำสินค้าตามที่ต้องการ	3.93	0.91	คาดหวังมาก
5	ผู้จำหน่ายมีความรู้และให้คำแนะนำ	4.05	0.97	คาดหวังมาก
6	ผู้จำหน่ายสามารถจดจำลูกค้าได้	3.83	0.95	คาดหวังมาก
7	ผู้จำหน่ายใส่ใจลูกค้าทุกรายละเอียด	3.97	0.96	คาดหวังมาก

3.5 ด้านกระบวนการ

ด้านกระบวนการจำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับกระบวนการส่งมอบสินค้าที่รวดเร็วมากที่สุดที่ระดับ 4.24 คะแนน ซึ่งเป็นความคาดหวังระดับมากที่สุด ตามด้วยมีใบเสร็จที่ถูกต้องครบถ้วน และรับผิดชอบต่อผลิตภัณฑ์ที่ระดับ 3.95 คะแนน และ 3.93 คะแนน ตามลำดับ โดยทั้ง 2 ข้อจัดเป็นความคาดหวังระดับมาก (ตารางที่ 9) แสดงว่ากระบวนการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผู้บริโภคอยากให้มีการจัดส่งสินค้าให้เร็วที่สุด ซึ่งข้อนี้อาจสอดคล้องกับการซื้อสินค้าออนไลน์ นอกจากนี้ยังคาดหวังที่จะได้ใบเสร็จเพื่อแจ้งรายละเอียดสินค้าและราคา และมีความรับผิดชอบต่อสินค้าในกรณีสินค้ามีปัญหา

ตารางที่ 9 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านกระบวนการจำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

ลำดับ	ความคาดหวัง	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	การแปลผล
1	บริการรวดเร็วคล่องแคล่วและถูกต้อง	3.80	0.98	คาดหวังมาก
2	มีใบเสร็จถูกต้องครบถ้วน	3.95	1.28	คาดหวังมาก
3	มีทบทวนรายการสั่งซื้อ	3.80	1.19	คาดหวังมาก
4	รับผิดชอบต่อผลิตภัณฑ์	3.93	0.94	คาดหวังมาก
5	มีบริการหลังการขาย	3.88	0.95	คาดหวังมาก
6	ส่งมอบสินค้าอย่างรวดเร็ว	4.24	0.90	คาดหวังมากที่สุด

3.7 ด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ

ด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการจัดสถานที่ให้สะอาด และน่าเชื่อถือสูงที่สุดที่ระดับ 4.22 คะแนน ซึ่งเป็นความคาดหวังระดับมากที่สุด ตามด้วยบรรจุภัณฑ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และผู้จำหน่ายแต่งกายสะอาดและสุภาพ ที่ระดับ 4.01 และ 3.98 คะแนน ตามลำดับ โดยทั้ง 2 ข้อจัดเป็นความคาดหวังระดับมาก (ตารางที่ 10) แสดงว่าด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพผู้บริโภคให้ความสำคัญทั้งทางด้านสถานที่ผลิตภัณฑ์ และผู้จำหน่ายสูงที่สุด

ตารางที่ 10 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร น้ำมังคุด

ลำดับ	ความคาดหวัง	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	การแปลผล
1	บรรจุภัณฑ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	4.01	1.00	คาดหวังมาก
2	บรรจุภัณฑ์สามารถใช้ซ้ำ	3.81	1.14	คาดหวังมาก
3	ผู้จำหน่ายแต่งกายสะอาดและสุภาพ	3.98	0.98	คาดหวังมาก
4	ผู้จำหน่ายมีบัตรตัวแทนหรือป้ายชื่อ	3.90	0.99	คาดหวังมาก
5	จัดสถานที่ให้สะอาด และน่าเชื่อถือ	4.22	1.07	คาดหวังมากที่สุด
6	สินค้าต้องมีสภาพดีก่อนการส่งมอบ	3.93	0.93	คาดหวังมาก
7	สินค้าควรระบุการบริโภคอย่างชัดเจน	3.88	0.95	คาดหวังมาก
8	มีโอกาสในการตรวจสอบสินค้าก่อนรับสินค้า	3.88	0.95	คาดหวังมาก

การพัฒนานวัตกรรมการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ

การพัฒนานวัตกรรมการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพได้โจทย์จากการสำรวจพฤติกรรมและความคาดหวังของผู้บริโภคด้วยแบบสอบถามที่ออกแบบโดยเอาคำถามจากทฤษฎีส่วนประสมทางการตลาด 7P’s โดยเฉพาะด้านผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคคาดหวังคุณภาพ และประโยชน์ทางสรรพคุณของสารต้านอนุมูลอิสระ จึงเลือกข้อมูลความคาดหวังสูงที่สุดด้านผลิตภัณฑ์ ได้แก่ คุณภาพของสินค้าและสรรพคุณหรือคุณประโยชน์ซึ่งมีคะแนนความคาดหวังสูงที่สุดที่ระดับ 4.24 คะแนน เท่ากัน

การที่จะให้น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพคุณภาพและสรรพคุณที่ดีเป็นไปตามคาดหวังของผู้บริโภคนั้นต้องควบคุมตั้งแต่ การคัดเลือกวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และการควบคุมคุณภาพขณะผลิต จึงจะทำให้เกิดการสูญเสียสารต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด และสามารถควบคุมสารต้านอนุมูลอิสระได้เท่ากันทุกลอทผลิต จึงได้ออกแบบกระบวนการผลิตให้ครอบคลุม 3 กระบวนการได้แก่ 1) การคัดเลือกวัตถุดิบที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด 2) หาสภาวะการผลิตที่เหมาะสมที่ทำลายสารต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด และ 3) การควบคุมปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยกระบวนการควบคุมอย่างง่าย โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. ผลของระดับความสุกของมังคุดต่อค่าสารต้านอนุมูลอิสระ และสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC)

การศึกษานี้ใช้ผลมังคุดอินทรีย์จากจังหวัดจันทบุรีในระดับความสุกที่แตกต่างกัน (4, 5 และ 6) (ภาพที่ 9) คัดเลือกระดับความสุกของมังคุดจากหนังสือคู่มือการเก็บเกี่ยวมังคุดและหลังการเก็บเกี่ยวจากเจ้าหน้าที่สำนักงานวิจัยและพัฒนาเกษตร จันทบุรี ประเทศไทย โดยมังคุดที่มีความสุกที่แตกต่างกันสามารถสังเกตได้จากสีของเปลือกที่แตกต่างกัน โดยระยะที่ 4 มังคุดจะเริ่มมีรสหวาน เปลือกส่วนใหญ่ยังเป็นสีแดง มีสีม่วงปนไม่เกิน ร้อยละ 20 ส่วนระยะสุกที่ 5 มังคุดจะหวานขึ้น สีเปลือกมีสีม่วงปนร้อยละ 50 และสุกระยะที่ 6 ผิวมังคุดจะมีสีม่วงร้อยละ 100 และมีรสหวานมาก เปลือกไม่มียาง และบางลงเพราะสูญเสียน้ำ

สุกระยะ 4 สุกระยะ 5 สุกระยะ 6

ภาพที่ 9 ลักษณะของมังคุดที่ใช้ทดลองความสุก 3 ระยะ ได้แก่ ระยะ 4 5 และ 6

เปลือกของมังคุดแยกออกจากเนื้อสีขาว บดและแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) เปลือกบดสด และ 2) ทำให้เปลือกแห้งโดยอบที่อุณหภูมิ 60 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง (ภาพที่ 9) ก่อนนำไปสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 (ภาพที่ 10) นำสารสกัดในรูปแบบของของเหลวไปวิเคราะห์หาค่าแอนโทไซยานิน โพลีฟีนอล และสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC)

เปลือกมังคุดสด เปลือกมังคุดแห้ง

ภาพที่ 10 เปลือกมังคุดสดและเปลือกมังคุดแห้งที่นำไปสกัดสารสกัดหยาบ crude extract

แอนโทไซยานิน โพลีฟีนอล และค่า ORAC ทั้งหมด ในเปลือกมังคุดสดและแห้งที่ระดับความสุกแตกต่างกันเมื่อนำมาสกัด นำไปวิเคราะแล้วมีค่าดังตารางที่ 11

ภาพที่ 11 ภาพการสกัดสารสกัดหยาบ crude extract เปลือกมังคุดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95

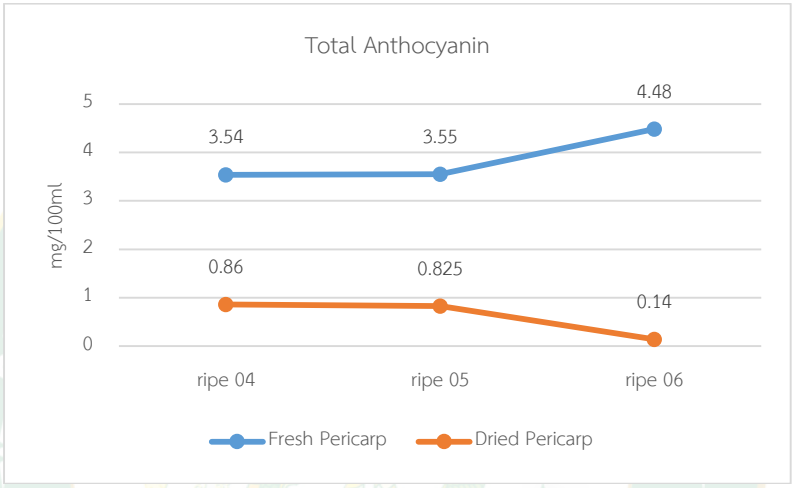
ตารางที่ 11 แสดงค่าแอนโทไซยานิน โพลีฟีนอล และปริมาณ ORAC ทั้งหมดในระดับความสุกของมังคุดที่แตกต่างกัน

Mangosteen rind extracted	Total anthocyanin mg/100g	Total polyphenol (mg eq GA)/100g	Total ORAC (μmole TE/100 ml)
Fresh rind extracted			
Ripe in level 4	4.06±0.17[a]	632.73±21.14[a]	17,063.36±883.25[a]
Ripe in level 5	4.04±0.24[a]	683.58±29.63[b]	20,958.61±725.08[b]
Ripe in level 6	5.09±0.18[b]	707.39±29.73[b]	24,744.65±787.78[c]
Dried rind extracted			
Ripe in level 4	1.10±0.10[c]	922.87±6.11[b]	23,550.05±690.88[a]
Ripe in level 5	0.99±0.03[b]	1010.03±42.95[c]	26,634.41±1132.74[b]
Ripe in level 6	0.17±0.10[a]	798.37±6.97[a]	33,802.96±1,374.38[c]

1.1 แอนโทไซยานิน

ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในเปลือกมังคุดสดสกัดในระดับความสุก 4, 5 และ 6 ที่สกัดได้คือ 4.06 ± 0.17, 4.04 ± 0.24 และ 5.09 ± 0.18 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 11) แนวโน้มของแอนโทไซยานิน พบว่าเพิ่มขึ้น

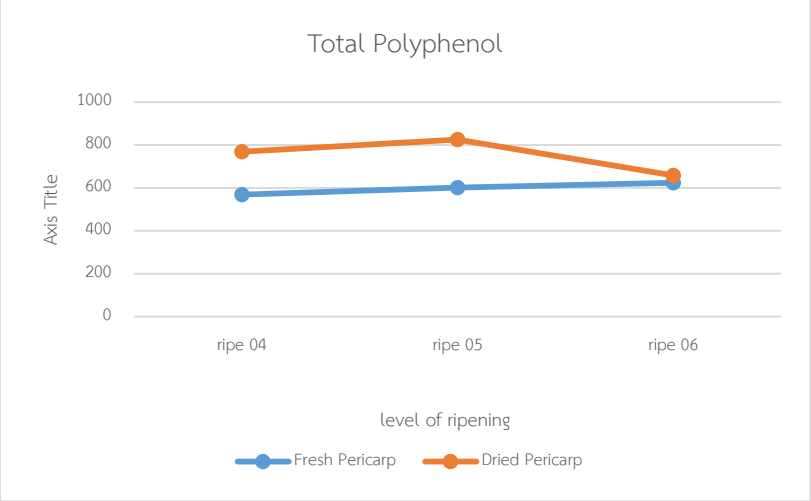
เมื่อเปลือกมีความสุกและสีม่วงเข้มขึ้น ส่วนเปลือกมังคุดอบแห้งที่ระดับความสุก 4, 5 และ 6 พบว่าสารแอนโทไซยานินที่สกัดได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1.10 ± 0.1, 0.99 ± 0.03 และ 0.17 ± 0.1 มก. / 100 กรัม ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณสารแอนโทไซยานินลดลงเมื่อเปลือกถูกอบให้แห้ง (ภาพที่ 12) ความร้อนในกระบวนการทำแห้งทำลายปริมาณแอนโทไซยานิน ถ้าต้องการสารต้านอนุมูลอิสระประเภทแอนโทไซยานินจากผลมังคุดควรเลือกใช้เปลือกสดในการสกัดดีกว่าการใช้เปลือกแห้ง



ภาพที่ 12 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโทไซยานินเมื่อความสุกของมังคุดเปลี่ยนไป

1.2 โพลีฟีนอล

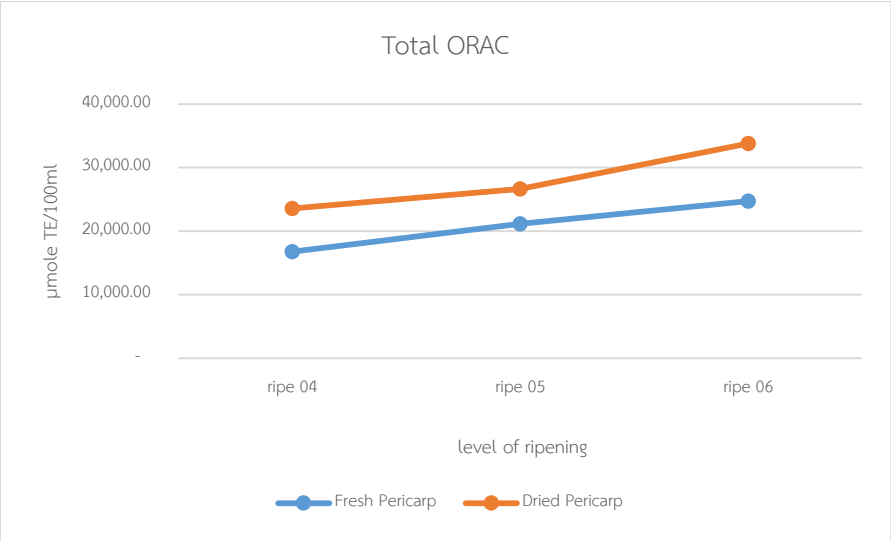
ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในตารางที่ 4.8 พบว่าเปลือกมังคุดสดที่สกัดได้มีปริมาณโพลีฟีนอลเท่ากับ 632.73 ± 21.14, 683.58 ± 29.63 และ 707.39 ± 29.73 (mg eq GA / 100g) ในระดับผลสุก 4, 5 และ 6 ตามลำดับ ปริมาณโพลีฟีนอลในแต่ละความสุกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณโพลีฟีนอลจะสูงขึ้นเมื่อผลไม้สุกเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 13) ส่วนในเปลือกมังคุดอบแห้งปริมาณโพลีฟีนอลเท่ากับ 922.87 ± 6.11, 1010.03 ± 42.95 และ 798.37 ± 6.97 (mg eq GA / 100g) ในระดับผลสุก 4, 5 และ 6 ตามลำดับ ปริมาณโพลีฟีนอลจะสูงกว่าสารสกัดจากเปลือกสด (W/W) ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในมังคุดสุกระดับ 5 มีความเข้มข้นระดับอื่นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นปริมาณ โพลีฟีนอลจากผลมังคุดพบว่าในเปลือกแห้งยังคงมีอยู่และเก็บรักษาได้ง่ายกว่าเปลือกสด



ภาพที่ 13 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารโพลีฟีนอลเมื่อความสุกของมังคุดเปลี่ยนไป

1.3 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC)

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC) ในเปลือกมังคุดสดสุกระดับ 4, 5 และ 6 ที่สกัดได้มีค่าเท่ากับ 17,063.36 ± 883.25, 20,958.61 ± 725.08 และ 24,744.65 ± 787.78 .78 μmoles TE / 100 มล. ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แนวโน้มของค่า ORAC เพิ่มขึ้นเมื่อเปลือกมังคุดมีความสุกเพิ่มขึ้น ในสารสกัดจากเปลือกแห้งพบว่าปริมาณ ORAC ของเปลือกเท่ากับ 23,550.05 ± 690.88, 26,634.41 ± 1132.74 และ 33,802.96 ± 1374.38 μmoles TE / 100 มล. และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และพบว่าค่า ORAC เพิ่มขึ้นเมื่อมังคุดสุกเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 13) ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นว่าสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดขึ้นอยู่กับความสุกของมังคุด ในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระทางการค้าสามารถใช้มังคุดที่สุกที่สุดได้ และผู้ใช้สามารถเลือกมังคุดสุกจัดเพื่อสกัดได้ง่ายกว่า เนื่องจากสีของมังคุดส่วนใหญ่เป็นสีม่วงเข้ม และค่า ORAC ส่วนใหญ่ของงานวิจัยนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณโพลีฟีนอลและแซนโทนซึ่งไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าแอนโทไซยานิน เนื่องจากแอนโทไซยานินจะลดลงเมื่อเปลือกมังคุดมีความแห้ง



ภาพที่ 14 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณ ORAC เมื่อความสุกของมังคุดเปลี่ยนไป

2. ผลของสภาวะการผลิตและอายุการเก็บรักษาต่อค่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC)

นำน้ำมังคุดผสมสารสกัดจากเปลือกมังคุดไปผ่านกระบวนการผลิตที่สภาวะต่าง ๆ ด้วยการให้ความร้อนระบบแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) โดยได้ทำการทดลองเบื้องต้น โดยทดลองที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 5 นาที พบว่าพบเชื้อจุลินทรีย์รวมทั้งหมด (total plate count) ในระดับต่ำ อาจเนื่องมาจากน้ำมังคุดมีส่วนผสมของเนื้อมังคุดอยู่มาก จึงทำให้การฆ่าเชื้อไม่สมบูรณ์ จึงเริ่มทดลองที่ระดับ 105 110 และ 115 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าที่สภาวะการศึกษาทั้งหมดไม่พบเชื้อ (ตารางที่ 12) จึงใช้สภาวะจากการทดลองเบื้องต้นเป็นตัวกำหนดการยุติกระบวนการผลิตในการทดลอง

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์จุลินทรีย์ในน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ

ชนิดจุลินทรีย์	สภาวะการผลิต								
	อุณหภูมิ 105°C			อุณหภูมิ 110°C			อุณหภูมิ 115°C		
	pH 3.0	pH 3.5	pH 4.0	pH 3.0	pH 3.5	pH 4.0	pH 3.0	pH 3.5	pH 4.0
TPC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Y+M	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ TPC=total plate count, Y+M=Yeast+Mold, ND=not detected

ผลของสภาวะการผลิตและอายุการเก็บรักษาต่อค่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC) นั้นจะแบ่งผลออกเป็น 2 ส่วนคือผลของสภาวะการผลิตที่ระดับความร้อน 2 ระดับได้แก่ 105 110 และ 115 องศาเซลเซียสและ pH 3 ระดับได้แก่ pH 3.0 3.5 และ 4.0 ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม กับผลของอายุการเก็บรักษาในระยะเวลา 0 4 8 และ 12 เดือน ที่มีผลต่อค่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC) ดังนี้

2.1 ผลของค่า pH และอุณหภูมิต่อค่า ORAC

ตารางที่ 13 นำน้ำมังคุดคั้นสดไปเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดแห้งที่สกัดได้จากข้อ 3.2 ที่ความสุกระดับ 6 ลงไปร้อยละ 4 ก่อนนำไปปรับค่า pH ด้วยกรดซิตริก จากนั้นแบ่งน้ำมังคุดออกเป็น 9 ส่วน แล้วนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อน กระบวนการศึกษานี้ใช้วิธีการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเพลท (plate heat exchanger) ค่า ORAC เริ่มต้นที่ 2,386.69 ± 80.87 μmole TE / 100 ml และลดลงเหลือ 2,183.55 ± 51.47 หลังจากผ่านกระบวนการให้ความร้อน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 13 ค่าวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอุณหภูมิและ pH ที่มีผลต่อ ORAC ในแต่ละสภาวะการผลิต

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Corrected Model	2434411.471(a)	8	304301.434	1.522	.218
Temp	2338866.435	2	1169433.218	5.851	.011*
pH	17015.462	2	8507.731	.043	.958
Temp * pH	78529.574	4	19632.394	.098	.982
Error	3597813.770	18	199878.543		
Total	139481494.876	27			

ผลของสภาวะการผลิตโดยปัจจัยด้านอุณหภูมิและค่า pH ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณ ORAC พบว่าอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อค่า ORAC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนค่า pH และปัจจัยปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pH และอุณหภูมิไม่มีอิทธิพลต่อค่า ORAC ($p > 0.05$) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ORAC ไม่ผันแปรตามค่า pH แต่จะแปรผันตามอุณหภูมิเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นค่า ORAC จะสูญเสียมากขึ้น ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับรายงานของ Asami et al. (2003) ว่าวิธีการแปรรูปมีผลกระทบต่อสารฟีนอลิกและแอนโทไซยานิน

การให้ความร้อนแก่อาหารมีผลแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์หลายชนิดจึงให้อุณหภูมิความร้อนแตกต่างกัน การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจะลดค่าฟีนอลิกรวม procyanidin

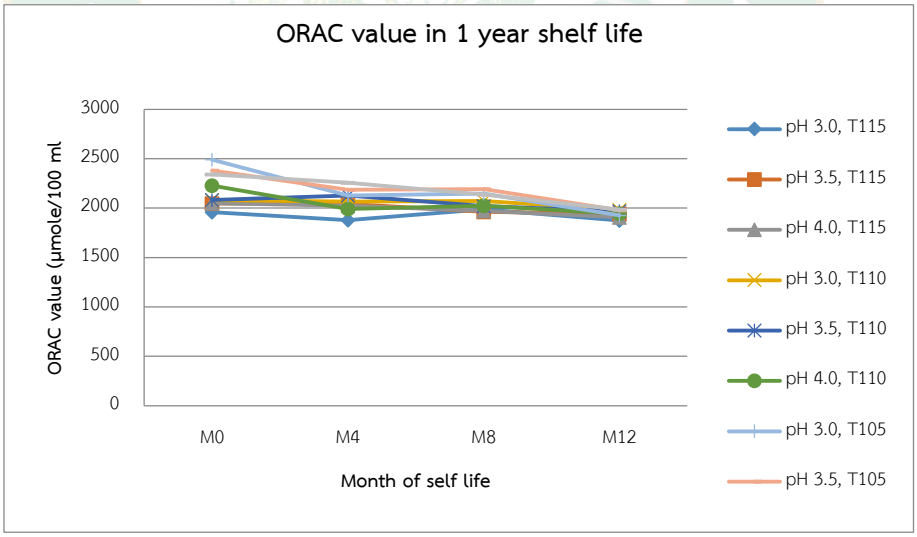
monomer, dimer, trimer, tetramer, pentamer, and hexamer ลดลง และ Brownmiller et al. (2008) รายงานว่าการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนส่งผลให้เกิดการสูญเสียสารแอนโทไซยานินทั้งหมด (ร้อยละ 28 ถึง 59) และมีผลต่อการสูญเสียค่า ORAC (FL) (ร้อยละ 43 ถึง 71) ในผลิตภัณฑ์ทั้งหมด โดยมีการสูญเสียมากที่สุดที่เกิดขึ้นในน้ำผลไม้ที่ผ่านการกลั่น และน้อยที่สุดในน้ำผลไม้ที่ไม่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ Patras et al. (2010) พบว่าเม็ดสีแอนโทไซยานินจะสลายได้ง่ายในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนซึ่งอาจส่งผลกระทบอย่างมากต่อคุณภาพของสีและอาจส่งผลต่อคุณสมบัติทางโภชนาการด้วย จากการศึกษางานวิจัยหลายงานพบว่าส่วนใหญ่พยายามสรุปลักษณะสำคัญบางประการของการสลายตัวของสารแอนโทไซยานินในระหว่างผ่านกระบวนให้ความร้อน ข้อสรุปเกี่ยวกับกลไกและจลนศาสตร์ของการสลายตัวของสารแอนโทไซยานินในระหว่างการให้ความร้อนได้รับการตั้งสมมติฐานตามผลการวิจัยในปัจจุบันที่รายงานว่าขั้นตอนในการให้ความร้อนมีผลทำให้เกิดการสูญเสียสารโพลีฟีนอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสารแอนโทไซยานิน และโปรไซยานิดินจะสลายในผลิตภัณฑ์แปรรูปที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิสูง โดยสูญเสียไปพร้อมกับเม็ดสีโพลีเมอร์ที่เพิ่มขึ้น (PPs) Elizabeth and Elizabeth (2006) ได้ศึกษาผลของการแปรรูปต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ละลายน้ำได้ของถั่วดำ และพบว่าความร้อนมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการแปรรูปถั่วดำที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 และ 30 นาทีเมื่อเทียบกับถั่วดิบ (229.18 μmol TE / g) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสำหรับถั่วสุกจะลดลงร้อยละ 91 (19.13 μmol TE / g) Junpatiw et al. (2017) ได้ศึกษาการให้ความร้อนกับสารต้านอนุมูลอิสระจากผักสีม่วงและพบว่าปริมาณแอนโทไซยานินลดลงเมื่อนึ่งด้วยไอน้ำและต้มในน้ำที่ 98-100 องศาเซลเซียส มากกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้ให้ความร้อน โดยปริมาณสารแอนโทไซยานินในมันเทศสีม่วง ในวิธีการต้มสูงกว่าการนึ่ง โดยมีร้อยละการสูญเสียด้วยการต้มและการนึ่งลดลงที่ร้อยละ 14.69 และ 4.14 ตามลำดับ มะเขือม่วงลดลงที่ร้อยละ 72.65 และ 71.98 ตามลำดับ และกะหล่ำปลีสีม่วงลดลงที่ร้อยละ 18.89 และ 4.47 ตามลำดับ

ส่วนค่า pH ไม่มีผลต่อการลดลงของค่า ORAC ในน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของงานวิจัยของ Howard et al. (2012) ที่ได้ทดลองการปรับกรดในน้ำบลูเบอร์รี่ ที่ pH 2.1 2.5 และ 2.9 นำไปให้ความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรซ์ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 4 6 8 เดือน ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิทำให้ปริมาณสารแอนไซยานินลดลง ในขณะที่ pH ไม่มีผลต่อการลดลงของค่าแอนโทไซยานิน ส่วนอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส จะรักษาค่าแอนโทไซยานินได้ดีกว่า 25 องศา และเวลาการเก็บรักษายิ่งนานยิ่งทำให้ค่าแอนโทไซยานินลดลง Wong and Siow (2015) ได้ศึกษาการใช้ความร้อน และปรับกรดของน้ำแก้วมังกรแดงต่อการคงตัวของสารเบต้าไซยานิน ซึ่งปกติแก้วมังกรแดงมีค่า pH ค่อนข้างสูงหรือประมาณ 5.5-6.0 เมื่อนำมาปรับ pH ให้ต่ำลงที่ 4.0 เติมกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 0.25

และการพาสเจอร์ไรส์ที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีเป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการรักษาปริมาณเบตาไซยานินในน้ำแก้วมังกรเนื้อแดง Friedman and Jürgens (2000) ได้ศึกษาความเสถียรของสารประกอบโพลีฟีนอลิกต่อความร้อน pH ในช่วง 3-11 และพบว่าคลอโรเจนิกมีความเสถียรต่อค่า pH ต่ำ ความร้อนและการเก็บรักษา โดยเฉพาะในน้ำแอปเปิ้ล พบว่าคาเทชิน เอพิแกลลอคาเทชิน, กรดเฟรูลิก, รูตินและกรดทรานส์ซินนามิก มีค่าความคงตัวในค่า pH ต่ำ ซึ่งการทดลองนี้สำคัญต่อการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร

2.2 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่า ORAC

อายุการเก็บรักษาของน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพใน 9 สภาวะการผลิตถูกนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและทดสอบค่า ORAC ที่ 0, 4 8 และ 12 เดือนหลังผ่านกระบวนการผลิต โดยค่า ORAC ก่อนกระบวนการผลิตเริ่มต้นที่ 2,386.69 ± 80.87 μmole TE / 100 ml เมื่อผ่านการเก็บรักษาในระยะ 0 4 8 และ 12 เดือน ค่า ORAC ลดลงเล็กน้อยเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้น ค่า ORAC เฉลี่ยในแต่ละเดือนลดลงเป็น 2,183.55 ± 51.47, 2,077.74 ± 12.87, 2,057.05 + 49.64 และ 1,945.58 + 10.98 หรือลดลงจากร้อยละ 100 ก่อนกระบวนการผลิต และการเก็บรักษาที่ 0 4 8 และ 12 เดือน เป็นร้อยละ 91.49 87.05 86.21 และ 81.52 ตามลำดับ (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 การลดลงของค่า ORAC ในอายุการเก็บรักษา 1 ปี
(M0=เดือนที่ 0, M4=เดือนที่ 4 , M8=เดือนที่ 8 และ M12=เดือนที่ 12

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Brownmiller et al (2008) ค่า ORAC (FL) มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งบ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์สูญเสียความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากการสลายของสารแอนโทไซยานิน ดังนั้นจำเป็นต้องมีวิธีการเก็บรักษาแอนโทไซยานินในผลไม้ เช่น บลูเบอร์รี่ที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนอย่างเหมาะสม Wang et al. (2004) รายงานว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำผึ้งลดลงหลังจากการเก็บรักษา 6 เดือน โดยไม่มีผลกระทบจากอุณหภูมิในการจัดเก็บหรือชนิดของภาชนะที่ตรวจพบ ณ จุดสิ้นสุดของระยะเวลาการเก็บรักษา

Thankkar (2012) ได้ศึกษาผลของการแปรรูปต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและพารามิเตอร์คุณภาพอื่น ๆ ของน้ำองุ่น Muscadine ผลการศึกษาไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของสารฟีนอลิกรวมและ ORAC หลังกระบวนการผลิต แต่ในระหว่างการเก็บรักษาค่าฟีนอลิกรวมและค่า ORAC จะลดลงตามเวลา Junpatiw et al (2017) ศึกษาอายุการเก็บรักษาของสารต้านอนุมูลอิสระในผักสีม่วงและพบว่าการเก็บผักสีม่วงในอุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินลดลงในการจัดเก็บที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ผลการพัฒนาเทคนิคการตรวจวัดค่า ORAC ด้วยวิธี In house ORAC Standardization

ผลการวิจัยแสดงเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกรายงานรายละเอียดเกี่ยวกับค่าการสังเกต ได้แก่ ค่า ORAC, % Radical Scavenging และ ค่าความขุ่น และลำดับที่สองรายงานความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัยที่ตอบสนองต่อค่า ORAC ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นเพื่อทำนายค่า ORAC โดยให้ความสัมพันธ์เชิงเส้นเป็นการพยากรณ์ค่า ORAC ในอนาคต สารสกัดหยาบ crude extract เตรียมได้จากการนำสารสกัดไปกรอง และระเหยเอาเอทานอลออกด้วยเครื่อง rotary evaporator จนเข้มข้น จากนั้นนำสารสกัดไปอบให้แห้งจนน้ำหนักคงที่ (ภาพที่ 16)

กรอง

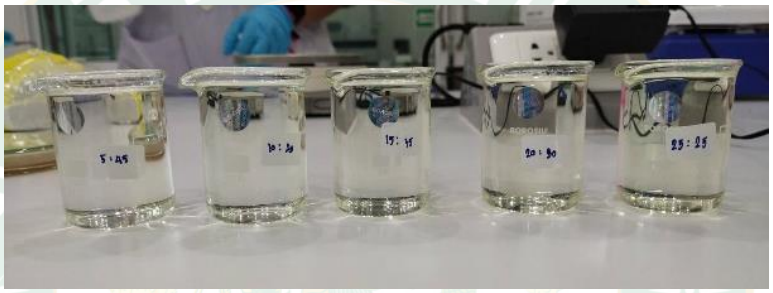
ระเหย

ได้สารเข้มข้น

ภาพที่ 16 การกรองและการระเหยเอทานอลจากสารสกัด

1. ผลของค่าสังเกตที่ตอบสนองต่อความเข้มข้นของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ทราบค่าแน่นอน

ตารางที่ 14 สารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนจำนวน 5 ระดับความเข้มข้น ได้นำไปวิเคราะห์ค่าการสังเกต 3 ค่า ได้แก่ ORAC, DPPH และ Turbidity สารสกัดจากเปลือกมังคุดเริ่มต้นที่ 4.25 มิลลิกรัม ละลายในเอทานอลร้อยละ 95 จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่เลือกความเข้มข้นนี้เพราะทำให้เครื่องวัดความขุ่นเข้มข้นสามารถวัดได้อย่างเหมาะสม ผลการวิจัยพบว่าค่า ORAC วัดได้ที่ 29.47 μmoles TE ที่ค่าสารสกัดจากเปลือกมังคุด เริ่มต้นที่ 4.25 มิลลิกรัม / 100 กรัม ปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดจากเปลือกมังคุดเพิ่มขึ้นค่า ORAC จะสูงขึ้นตามไปด้วย (ภาพที่ 17) และสูงถึง 130 ORAC μmoles TE เมื่อสารสกัดแซนโทนเข้มข้นที่ 21.25 มิลลิกรัม / 100 กรัม และค่า ORAC ทั้ง 5 ระดับมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P 0.05)



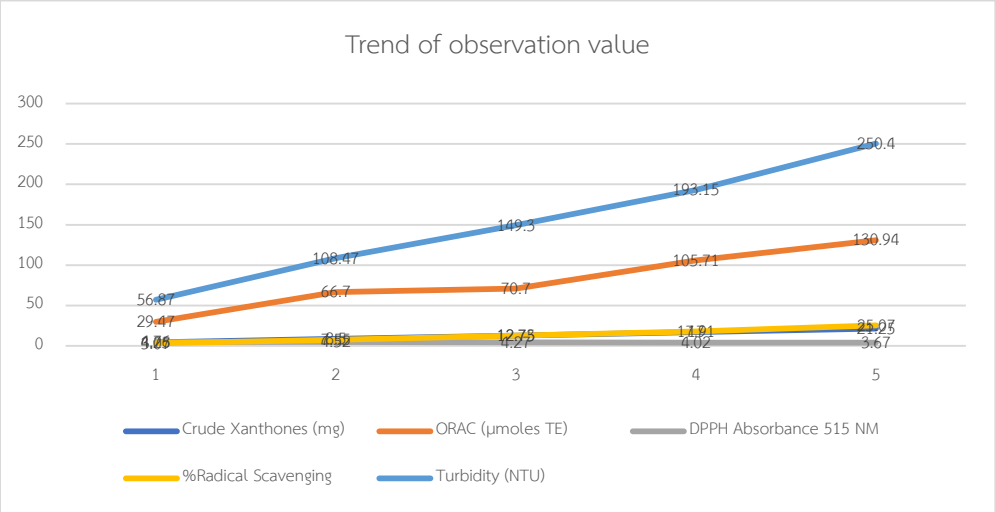
ภาพที่ 17 สารละลาย crude extract เข้มข้น 5 ระดับที่ใช้วัดค่าสังเกต

ตารางที่ 14 ค่าสังเกตที่ตอบสนองต่อความเข้มข้นของสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ทราบค่าแน่นอน

Crude Mangosteen Pericarp Extract (mg)	ORAC (μmoles TE)	DPPH Absorbance 515 NM	%Radical Scavenging	Turbidity (NTU)
4.25	29.47 ± 3.50[a]	4.76 ± 0.10[a]	3.07 ± 1.33[a]	56.87 ± 4.46[a]
8.50	66.70 ± 3.64[b]	4.52 ± 0.90[b]	7.55 ± 1.83[b]	108.47 ± 9.04[b]
12.75	70.70 ± 2.90[b]	4.27 ± 0.16[c]	12.73 ± 2.96[c]	149.30 ± 11.90[c]
17.00	105.71 ± 3.70[c]	4.02 ± 0.14[d]	17.91 ± 2.82[d]	193.15 ± 16.14[d]
21.25	130.94 ± 3.50[d]	3.667 ± 0.15[e]	25.07 ± 3.09[e]	250.40 ± 14.27[e]

เมื่อวิเคราะห์ค่า DPPH โดยการดูดซับที่ความยาวคลื่น 515 NM พบว่าเมื่อสารสกัดจากเปลือกมังคุดเริ่มต้นที่ 4.25 มิลลิกรัม / 100 กรัม การดูดซับจะอยู่ที่ระดับ 4.76 และลดลงเรื่อย ๆ เมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มมากขึ้น และเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดสูงสุด 21.25 มิลลิกรัม / 100 กรัม การดูดซับจะลดลงที่ระดับ 3.67 และแตกต่างกันทางสถิติ (P 0.05) เมื่อคำนวณร้อยละการกำจัดสารอนุมูลอิสระ พบว่าที่ความเข้มข้นของสารสกัดเปลือกมังคุดที่ มิลลิกรัม / 100 กรัม ค่าร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระเท่ากับ 3.07 มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 18) ความเข้มข้นของสารสกัดที่ระดับร้อยละ 21.25 ค่าการกำจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าที่ 25.07 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P <0.05)

เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความขุ่นพบว่าที่ความเข้มข้นของสารสกัดเปลือกมังคุดที่ 4.25 มิลลิกรัม / 100 กรัม มีค่าความขุ่นเท่ากับ 56.87 NTU เมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเปลือกมังคุดเพิ่มขึ้นเป็น 8.50, 12.75, 17.00 และ 21.25 ค่า NTU จะเพิ่มขึ้นตามด้วย 108.47, 149.30 193.15 และ 250.40 ตามลำดับ ค่าการสังเกตแสดงดังตารางที่ 15



ภาพที่ 18 แนวโน้มของค่าที่สังเกตที่เพิ่มขึ้นตามค่าความเข้มข้นของสารสกัดจากเปลือกมังคุด

2. ผลการวิเคราะห์สมการเชิงเส้นของความสัมพันธ์สองปัจจัย

เมื่อได้ผลการวิเคราะห์ของค่าสังเกตที่สำคัญ 3 ค่าข้างต้นแล้ว พบว่าทั้ง 3 ค่าข้างต้นมีทิศทางในสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงเชิงบวกเหมือนกัน จึงสามารถนำมาหาการถดถอยอย่างง่ายและสหสัมพันธ์ได้ เพราะการถดถอยและสหสัมพันธ์เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้สำหรับการ ศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณ 2 ตัว ซึ่งมีลักษณะความสัมพันธ์กันเชิงเส้น โดยตัวแปรหนึ่งเรียกว่า ตัวแปรอิสระเขียนแทนด้วย X และอีกตัวแปรเรียกว่า ตัวแปรตามเขียนแทนด้วย Y ตัวแปรอิสระ

จะเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ความ สัมพันธ์ระหว่าง ORAC กับปริมาณสารสกัดจากเปลือกมังคุด การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเดี่ยว เป็นกระบวนการทางสถิติที่ใช้สร้างสมการคณิตศาสตร์เชิงเส้นแสดงความ สัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม สำหรับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เป็นกระบวนการทางสถิติที่ใช้วัดระดับความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม วิธีการง่าย ๆ ที่ใช้สำหรับตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรคือ แผนภาพการกระจาย (scatter plot) จึงได้นำมาวิเคราะห์ค่าความ สัมพันธ์เชิงเส้นตรงว่าค่าสังเกตุแต่ละคู่จะมีทิศทางใด สามารถใช้ค่าสังเกตุหนึ่งพยากรณ์ค่าสังเกตุอีกค่าหนึ่งได้หรือไม่ โดยการนำค่าสังเกตแต่ละคู่มาหาสัมประสิทธิ์ (coefficients) ซึ่งพบว่าค่าความสัมพันธ์ (R Square) ของทั้งสองค่าสังเกตมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงทุกคู่ (ตารางที่ 15 และ 16)

ตารางที่ 15 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าความขุ่น และ ORAC

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
Model	**B**	**Std. Error**	**Beta**	**t**	**Sig.**
(Constant)	.565	5.141		.110	.914
Turbidity	.563	.033	.978	16.944	.000
a. Dependent Variable: ORAC		R=0.987	R Square =0.957	Adjusted R Square=.953	Std. Error of the Estimate=7.80577

สมการเชิงเส้นมีสมการในรูปแบบ Y = a + bX

โดยที่ X เป็นตัวแปรอิสระ และ Y เป็นตัวแปรตาม ความชันของเส้นคือ b และ a คือจุดตัด (ค่าของ y เมื่อ x = 0)

Y คือ ค่าของตัวแปรตาม (Y) ซึ่งทำหน้าที่พยากรณ์ความสัมพันธ์เชิงเส้น

a คือ อัลฟ่า ค่าคงที่ เท่ากับค่าของ Y เมื่อค่า X = 0

b คือ เบต้า ค่าสัมประสิทธิ์ของ X; คือค่าความชันของเส้นถดถอย เมื่อ Y เปลี่ยนแปลงไป

X คือ ค่าของตัวแปรอิสระ (X) ใช้ทำนายค่าของ Y

ตารางที่ 16 สมการสหสัมพันธ์เชิงเส้นของค่าสังเกตแต่ละคู่

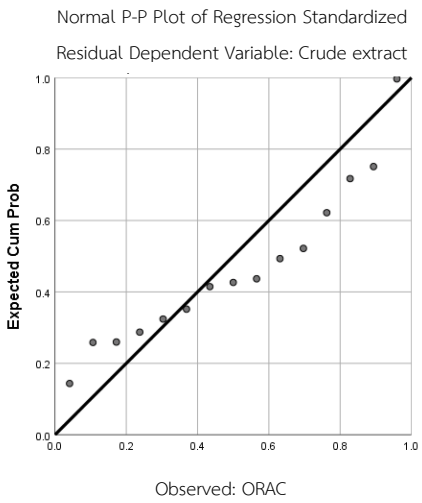
Number	2 Observer correlation	Equation	R Square
1	Crude extract* ORAC	Y= 8.119+5.693X	0.960
2	Crude extract *% Radical scavenging	Y=-3.043+1.279X	0.900
3	Crude extract *% Turbidity	Y=10.113+11.10X	0.968
4	Turbidity*ORAC	Y= 0.565+0.563X	0.957
5	Turbidity*% Radical scavenging	Y=-3.463+0.131X	0.852
6	Turbidity* Crude extract	Y=-1.138+0.098X	0.970

2.1 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของค่าสังเกตแต่ละคู่

จากสมการในตารางที่ 16 แสดงให้ทราบค่าคงที่ของแต่ละคู่ตัวแปร ที่สามารถนำค่าคงที่ในสมการมาพยากรณ์หาค่าที่ต้องการทราบแต่ละคู่ได้ สมการดังกล่าวสามารถหาความสัมพันธ์เชิงเส้นของแต่ละคู่ตัวแปร และการนำไปใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์ได้ดังนี้

1. ความสัมพันธ์เชิงเส้นของ crude extract กับค่า ORAC

ความสัมพันธ์เชิงเส้นของ crude extract กับค่า ORAC เมื่อพิจารณากราฟ scatter plot (ภาพที่ 20) แล้วพบว่า เส้นแสดงสหสัมพันธ์ของ crude extract กับค่า ORAC มีแนวโน้มสัมพันธ์เชิงเส้นตรงชัดเจน โดยจะพบว่าค่า crude extract (แกน X) มีค่าวิ่งรอบ ๆ แกน Y ที่เป็นค่า ORAC เชิงบวก ภาพที่ 19 เส้นสหสัมพันธ์นี้สามารถสร้างสมการพยากรณ์ได้แม่นยำในระดับสูง (R Square =0.960)



ภาพที่ 19 กราฟ scatter plot อธิบายการกระจายตัวของค่า X (crude extract) บนเส้นแกน y (ORAC)

จากสมการ Y= 8.119+5.693X ที่ใช้พยากรณ์ความสัมพันธ์ของ crude extract กับค่า ORAC เมื่อนำมาพิสูจน์สมการพบว่ามีความแม่นยำ ดังนี้

Y = 8.119+5.693X

Y = ค่าโอแรค

8.119 = ค่าคงที่ (a)

5.693 = ค่าคงที่ (b)

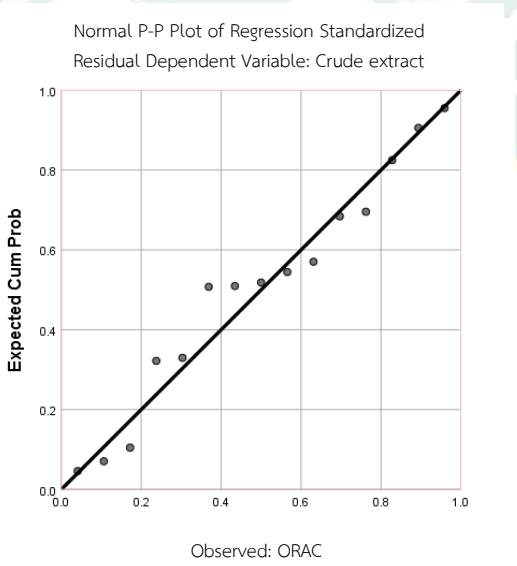
X = ค่าที่ทราบค่าแน่นอนของตัวแปรต้นนั่นคือค่า crude extract

แทนค่าในสูตร สมมุติว่าค่า X = 4.25

ดังนั้นค่า Y จะเท่ากับ 8.119+5.693(4.25) = 32.314 ±3.50 ซึ่งพบว่าค่า Y (ORAC) มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงที่ทดสอบได้ในตารางที่ 14

2. ความสัมพันธ์เชิงเส้นของ crude extract กับค่า %radical scavenging

ความสัมพันธ์เชิงเส้นของ crude extract กับ %radical scavenging เมื่อพิจารณากราฟ scatter plot (ภาพที่ 20) แล้วพบว่า เส้นแสดงสหสัมพันธ์ของค่า crude extract กับค่า %radical scavenging มีแนวโน้มสัมพันธ์เชิงเส้นตรงชัดเจน โดยจะพบว่าค่า crude extract (แกน X) มีค่าวิ่งรอบ ๆ แกน Y ที่เป็นค่า %radical scavenging เชิงบวก ภาพที่ 20 เส้นสหสัมพันธ์นี้สามารถสร้างสมการพยากรณ์ได้แม่นยำในระดับสูง (R Square =0.900)



ภาพที่ 20 กราฟ scatter plot อธิบายการกระจายตัวของค่า X (crude extract) บนเส้นแกน y (%radical scavenging)

จากสมการ Y=-3.043+1.279X ที่ใช้พยากรณ์ความสัมพันธ์ของ crude extract กับค่า (%radical scavenging เมื่อนำมาพิสูจน์สมการพบว่ามีความแม่นยำ ดังนี้

Y= -3.043+1.279X

Y = %radical scavenging

-3.043 = ค่าคงที่ (a)

1.279 = ค่าคงที่ (b)

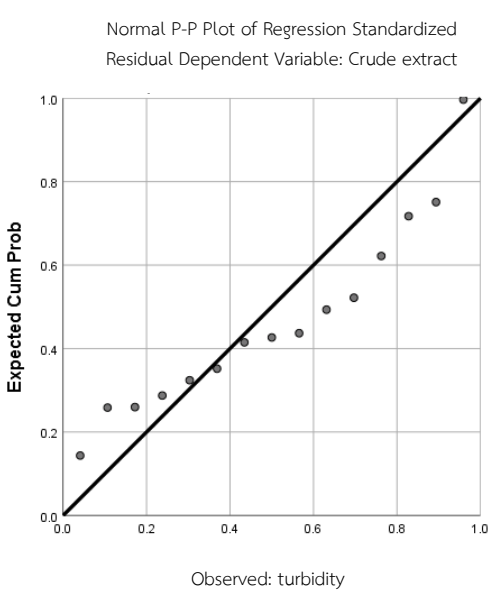
X = ค่าที่ทราบค่าแน่นอนของตัวแปรต้นนั่นคือค่า crude extract

แทนค่าในสูตร สมมุติว่าค่า X = 4.25

ดังนั้นค่า Y จะเท่ากับ -3.043+1.279(4.25) = 2.393±1.33 ซึ่งพบว่าค่า Y (%radical scavenging) มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงที่ทดสอบได้ในตารางที่ 14

3. ความสัมพันธ์เชิงเส้นของ crude extract กับค่า turbidity

ความสัมพันธ์เชิงเส้นของ crude extract กับค่า turbidity เมื่อพิจารณากราฟ scatter plot (ภาพที่ 21) แล้วพบว่า เส้นแสดงสหสัมพันธ์ของค่า crude extract กับค่า turbidity มีแนวโน้มสัมพันธ์เชิงเส้นตรงชัดเจน โดยจะพบว่าค่า crude extract (แกน X) มีค่าวิ่งรอบ ๆ แกน Y ที่เป็นค่า turbidity เชิงบวก ภาพที่ 21 เส้นสหสัมพันธ์นี้สามารถสร้างสมการพยากรณ์ได้แม่นยำในระดับสูง (R Square =0.968)



ภาพที่ 21 กราฟ scatter plot อธิบายการกระจายตัวของค่า X (crude extract) บนเส้นแกน y (turbidity)

จากสมการ Y=10.113+11.10X ที่ใช้พยากรณ์ความสัมพันธ์ของ crude extract กับค่า turbidity เมื่อนำมาพิสูจน์สมการพบว่ามีความแม่นยำ ดังนี้

Y =10.113+11.10X

Y = turbidity

10.113 = ค่าคงที่ (a)

11.10 = ค่าคงที่ (b)

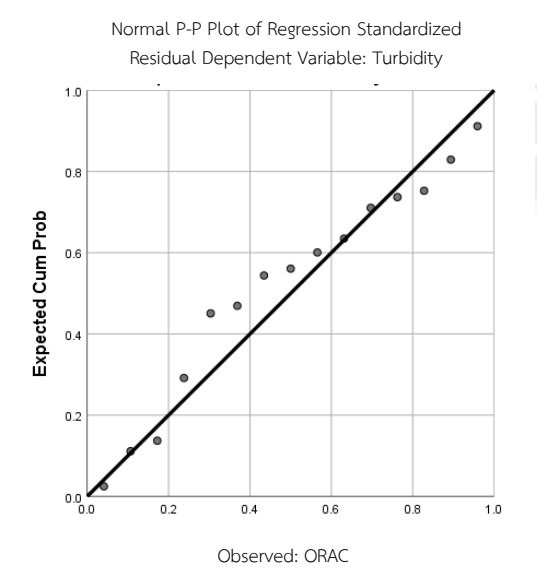
X = ค่าที่ทราบค่าแน่นอนของตัวแปรต้นนั่นคือค่า crude extract

แทนค่าในสูตร สมมุติว่าค่า X = 4.25

ดังนั้นค่า Y จะเท่ากับ 10.113+11.10(4.25) = 57.288±4.46 ซึ่งพบว่าค่า Y (turbidity) มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงที่ทดสอบได้ในตารางที่ 14

4. ความสัมพันธ์เชิงเส้นของ turbidity กับค่า ORAC

ความสัมพันธ์เชิงเส้นของ turbidity กับค่า ORAC เมื่อพิจารณากราฟ scatter plot (ภาพที่ 22) แล้วพบว่า เส้นแสดงสหสัมพันธ์ของค่า turbidity กับค่า ORAC มีแนวโน้มสัมพันธ์เชิงเส้นตรงชัดเจน โดยจะพบว่าค่า turbidity (แกน X) มีค่าวิ่งรอบ ๆ แกน Y ที่เป็นค่า ORAC เชิงบวก เส้นสหสัมพันธ์นี้สามารถสร้างสมการพยากรณ์ได้แม่นยำในระดับสูง (R Square =0.957)



ภาพที่ 22 กราฟ scatter plot อธิบายการกระจายตัวของค่า X (turbidity) บนเส้นแกน y (ORAC)

จากสมการ Y= 0.565+0.563X ที่ใช้พยากรณ์ความสัมพันธ์ของ turbidity กับค่า ORAC เมื่อนำมาพิสูจน์สมการพบว่ามีความแม่นยำ ดังนี้

Y =0.565+0.563X

Y = ORAC

0.565 = ค่าคงที่ (a)

0.563 = ค่าคงที่ (b)

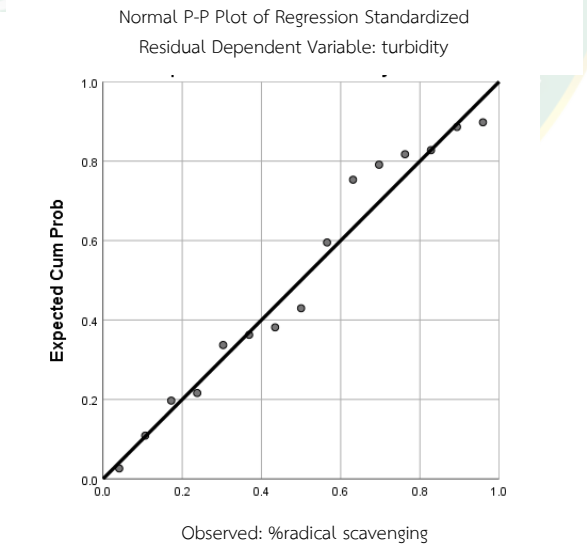
X = ค่าที่ทราบค่าแน่นอนของตัวแปรต้นนั่นคือค่า Turbidity

แทนค่าในสูตร สมมุติว่าค่า X = 56.87

ดังนั้นค่า Y จะเท่ากับ 0.565+0.563X(56.87) = 32.583±3.50 ซึ่งพบว่าค่า Y (ORAC) มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงที่ทดสอบได้ในตารางที่ 14

5. ความสัมพันธ์เชิงเส้นของ Turbidity กับ %Radical scavenging

ความสัมพันธ์เชิงเส้นของ turbidity กับค่า %radical scavenging เมื่อพิจารณากราฟ scatter plot (ภาพที่ 23) แล้วพบว่า เส้นแสดงสหสัมพันธ์ของค่า turbidity กับค่า %radical scavenging มีแนวโน้มสัมพันธ์เชิงเส้นตรงชัดเจน โดยจะพบว่าค่า turbidity (แกน X) มีค่าวิ่งรอบ ๆ แกน Y ที่เป็นค่า %radical scavenging เชิงบวก ภาพที่ 23 เส้นสหสัมพันธ์นี้สามารถสร้างสมการพยากรณ์ได้แม่นยำในระดับสูง (R Square =0.852)



ภาพที่ 23 กราฟ scatter plot อธิบายการกระจายตัวของค่า X (turbidity) บนเส้นแกน Y (%radical scavenging)

จากสมการ Y=-3.463+0.131X ที่ใช้พยากรณ์ความสัมพันธ์ของ turbidity กับค่า %radical scavenging เมื่อนำมาพิสูจน์สมการพบว่ามีความแม่นยำ ดังนี้

Y =-3.463+0.131X

Y = %radical scavenging

-3.463 = ค่าคงที่ (a)

0.131 = ค่าคงที่ (b)

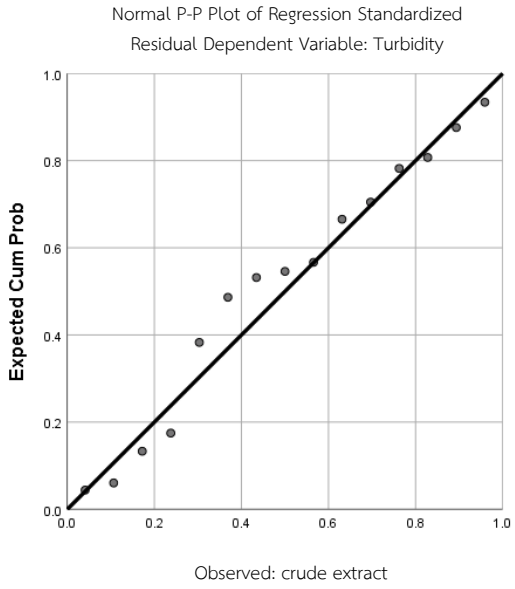
X = ค่าที่ทราบค่าแน่นอนของตัวแปรต้นนั่นคือค่า %radical scavenging

แทนค่าในสูตร สมมุติว่าค่า X = 56.87

ดังนั้นค่า Y จะเท่ากับ -3.463+0.0.131(56.87) = 3.987±1.33 ซึ่งพบว่าค่า Y (%radical scavenging) มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงที่ทดสอบได้ในตารางที่ 14

6. ความสัมพันธ์เชิงเส้นของ turbidity กับค่า crude extract

ความสัมพันธ์เชิงเส้นของ turbidity กับค่า crude extract เมื่อพิจารณากราฟ scatter plot (ภาพที่ 24) แล้วพบว่า เส้นแสดงสหสัมพันธ์ของค่า turbidity กับค่า crude extract มีแนวโน้มสัมพันธ์เชิงเส้นตรงชัดเจน โดยจะพบว่าค่า turbidity (แกน X) มีค่าวิ่งรอบ ๆ แกน Y ที่เป็นค่า crude extract เชิงบวก ภาพที่ 23 เส้นสหสัมพันธ์นี้สามารถสร้างสมการพยากรณ์ได้แม่นยำในระดับสูง (R Square =0.970)



ภาพที่ 24 กราฟ scatter plot อธิบายการกระจายตัวของค่า X (turbidity) บนเส้นแกน Y (crude extract)

จากสมการ Y=-1.138+0.098X ที่ใช้พยากรณ์ความสัมพันธ์ของ turbidity กับค่า crude extract เมื่อนำมาพิสูจน์สมการพบว่ามีความแม่นยำ ดังนี้

Y =-1.138+0.098X

Y = crude extract

-1.138 = ค่าคงที่ (a)

0.098 = ค่าคงที่ (b)

X = ค่าที่ทราบค่าแน่นอนของตัวแปรต้นนั่นคือค่า turbidity

แทนค่าในสูตร สมมุติว่าค่า X = 56.87

ดังนั้นค่า Y จะเท่ากับ -1.138+0.098(56.87) = 4.435 ซึ่งพบว่าค่า Y (crude extract) มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงที่ทดสอบได้

การใช้สมการถดถอยเพื่อพยากรณ์ค่าตัวแปรแฝงจากตัวแปรที่ทราบค่าแน่นอน ทั้งตัวแปรเดี่ยว (simple linear regression) และหลายตัวแปรเพื่อพยาการณ์ตัวแปรแฝง (multiple linear regression) นั้นพบว่าได้มีการใช้กับศาสตร์หลาย ๆ ศาสตร์ ทั้งในอดีตและปัจจุบัน Violato and Hecker (2007) กล่าวว่าการสร้างสมการถดถอยเพื่อการพยากรณ์เป็นกลุ่มเทคนิคทางสถิติที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปรเพื่อวัดตัวแปรแฝงและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีศักยภาพในการพัฒนาทฤษฎีและการวิจัยด้านการศึกษา และทางการแพทย์ การประยุกต์เอาสมการถดถอยมาพยากรณ์ค่าตัวแปร ได้นำมาใช้ในงานวิจัยมานานแล้ว และได้นำผลการวิจัยมาประยุกต์ใช้ในการคาดคะเนค่าต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ จนค่าบางค่าไม่จำเป็นต้องวัดหาค่าจริง ที่อาจสร้างต้นทุนที่สูงมีความยุ่งยากและมีความเสี่ยง การใช้สมการพยากรณ์จึงถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน วงการแพทย์และอื่นๆ งานพยากรณ์ที่นิยมใช้มากที่สุดคือวงการแพทย์ ซึ่งได้นำการพยากรณ์ค่าตัวแปรที่ทราบค่าตัวหนึ่งหรือหลายตัวมาใช้พยากรณ์หาค่าตัวแปรที่สำคัญอีกตัวหนึ่งได้ เพื่อลดต้นทุนในการวิเคราะห์จริง ปลอดภัย และประหยัดเวลา ในขณะที่ให้ผลแม่นยำเท่ากัน Walt and Wyndham (1973) กล่าวว่าคนเราสามารถพยากรณ์ความเร็วในการเดินหรือการวิ่ง ด้วยอัตราการใช้ปริมาณออกซิเจนของแต่ละคน และได้นำมาพยากรณ์อัตราการออกกำลังกายที่เหมาะสมของแต่ละคน Yamanaka et al (1984) ได้รายงานสมการการถดถอยพหุคูณสำหรับการทำนายภาวะตับวายหลังผ่าตัด Boaz and Smetanamd (1996) ได้พัฒนาสมการทำนายการบริโภคฟอสฟอรัสในอาหาร ด้วยการออกแบบสอบถามนักโภชนาการถึงความถี่ของอาหารที่กำหนดให้ประชากรผู้ป่วยที่เป็นโรคไตวายเรื้อรัง Carrillo (2013) ได้ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการเลือกซื้ออาหารเพื่อสุขภาพเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ Rattanajitti et al (2019) ได้ศึกษาการใช้สมการเชิงเส้นเพื่อทำนายดัชนีมวลกายจากรอบเอว

นอกจากการใช้สมการในเชิงการแพทย์แล้วยังมีการประยุกต์ใช้สมการเชิงเส้นในเชิงเกษตร อาหาร วิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และอื่น ๆ เช่น Rittiron et al (2021) ได้ศึกษาสมการแบบชดเชยอุณหภูมิของ Kawano et al (1995) เพื่อเปรียบเทียบเทคนิค NIR ในระบบการวัดแบบสะท้อนกลับที่ช่วงความยาวคลื่น 1200-2400 nm ด้วยวิธี MLR Kawano et al.(1995) ได้ศึกษาการใช้เทคนิค NIR โดยการสร้างสมการแบบชดเชยอุณหภูมิด้วยวิธี Multiple Linear Regression (MLR) ในการตรวจสอบค่าบริกซ์ (Brix) ในผลพีช ต่อมาในปี 2018 Campos et al. (2018) และ Chapanya et al (2019) ได้ศึกษาผลของการสร้างสมการแบบชดเชยอุณหภูมิเช่นกัน Rattanachai and Bangwaek (2016) ได้ศึกษาการนำเทคนิค near infrared spectroscopy (NIRS) มาใช้ในการประเมินปริมาณสาร GABA ในเมล็ดถั่วเหลืองและถั่วเขียว เปรียบเทียบการวิเคราะห์ปริมาณสาร GABA ด้วยเครื่อง high performance liquid chromatography (HPLC) นำค่าที่วิเคราะห์ได้ มาหาสมการถดถอยเชิงสมการเส้นด้วยเทคนิค partial least square regression (PLS) Whiting (1995) กล่าวว่าการพยากรณ์จุลชีววิทยาอาหารด้วยสมการจุลินทรีย์เป็นเครื่องมือที่มีคุณค่าในการวางแผนการวิเคราะห์อันตรายโปรแกรม critical control point (HACCP) และการตัดสินใจเนื่องจากเป็นข้อมูลประมาณการแรกของการเปลี่ยนแปลงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในประชากรจุลินทรีย์ Pérez-Magariño and González-Sanjosé (2003) ได้ประยุกต์การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณและอย่างง่ายที่ได้รับการประเมินเพื่อสร้างสมการทางคณิตศาสตร์มาช่วยให้สามารถประเมินพารามิเตอร์ CIELAB Lobell, and Burke (2010) ได้ศึกษาเพื่อการคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตของพืชโดยการสร้างสมการพยากรณ์ว่าพืชตอบสนองต่อสภาพอากาศอย่างไร ดังนั้นการพยากรณ์ค่า ORAC ในผลิตภัณฑ์น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพจากตัวแปรอื่นที่ทราบค่าแน่นอนจึงมีความเป็นไปได้ และให้ผลแม่นยำเช่นเดียวกัน

การทดสอบประสิทธิภาพของการวัดค่า ORAC ในน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ ด้วยวิธี In house method standardization

เมื่อได้วิธี In house method standardization จากสมการพยากรณ์แล้ว ได้นำสมการไปพยากรณ์ค่า ORAC ล่วงหน้า จากนั้นเติมปริมาณสารสกัด (crude extract) ที่ทราบปริมาณแน่นอนลงไปในน้ำมังคุด ใช้กระบวนการผลิตในสภาวะจริงของการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ นำตัวอย่างจากการผลิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำไปวัดค่าความขุ่น และนำตัวส่วนที่ 2 ไปวิเคราะห์ค่า ORAC ที่หน่วยบริการวิเคราะห์และฝึกอบรม สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัย มหิดล นำผลที่ได้จากทั้ง 2 ส่วนมาทดสอบสมการเพื่อเป็นการยืนยันผลดังนี้

โจทย์ ต้องการผลิตน้ำมังคุดที่มีค่า ORAC เท่ากับ 250 และ 1200 μmole/TE ตามลำดับ ต้องเติมสารสกัดcrude extract ในปริมาณเท่าใด

1. วิธีคิด

จากข้อมูลในข้อ 3 ถ้าต้องการพยากรณ์ปริมาณสารสกัดเพื่อให้ได้ค่า ORAC ตามเป้าหมาย สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

Y (ปริมาณสารสกัด) = a+bX (ORAC เป้าหมาย)

1. Y= a+b(250)
2. Y= a+b(1200)

2. การคำนวณ

1. หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่า ORAC และสารสกัด (crude extract) จากการคำนวณหาค่า a และ b ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในการสร้างสมการดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าความขุ่น และ ORAC

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
Model	**B**	**Std. Error**	**Beta**	**t**	**Sig.**
(Constant)	-.865	.835		-1.037	.319
ORAC	.169	.009	.980	17.768	.000
a. Dependent Variable: Crude extract		R=0.980	R Square =0.860	Adjusted R Square=.957	Std. Error of the Estimate=1.28397

2. สร้างสมการจากตาราง 16 ดังนี้
   1. Y= -0.865+0.165(250)

      Y= 41.385

      หมายความว่าถ้าต้องการ ORAC 250 μmole/TE ต้องเติมสารสกัด crude extract 41.385 มิลลิกรัม
   2. Y= -0.865+0.165(1200)

      Y= 203.665

หมายความว่าถ้าต้องการ ORAC 1200 μmole/TE ต้องเติมสารสกัด crude extract 203.665 มิลลิกรัม

3. การผลิตและวิเคราะห์ผล

เมื่อเติมปริมาณสารสกัด crude extract ในปริมาณที่คำนวณได้ในตัวอย่างน้ำมังคุด แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่ระดับ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่า ORAC หน่วยบริการวิเคราะห์และฝึกอบรม สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล และส่วนหนึ่งวิเคราะห์ค่าความขุ่นที่สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ได้ผลดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการยืนยันค่า ORAC จากการคำนวณ และการวิเคราะห์

Number	Sample	Crude extract Prediction (mg)	Total ORAC from lab test	ORAC from crude extract	ORAC-prediction	Turbidity from lab test	Turbidity prediction
1	Mangosteen juice control)	0	1,683.70 ± 55.11	0	0	148.34 ±7.51	0
2	Mangosteen juice+	41.385	1,945.94 ±53.98	262.24	250.00	612.60 ±11.68	469.19
3	Mangosteen juice+	203.665	2,838.30 ±87.44	1,154.60	1,200.00	2,417.20 ±15.09	2,270.80

จากตารางที่ 18 จะพบว่าถ้าต้องการค่า ORAC ที่ 250 และ 1200 μmole/TE ต่อน้ำมังคุด 100 มิลลิลิตร ต้องเติมสารสกัด crude extract ที่ 41.385 และ 203.665 มิลลิกรัม ตามลำดับ พอส่งไปวิเคราะห์จริงที่หน่วยบริการวิเคราะห์และฝึกอบรม สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ผลพบว่า ค่า ORAC สูงกว่าค่าที่พยากรณ์ไว้มากเนื่องจากในธรรมชาติของน้ำมังคุดมีค่า ORAC อยู่ค่อนข้างสูงคือที่ระดับ 1,683.70 ± 55.11 μmole/TE ต่อน้ำมังคุด 100 มิลลิลิตร เมื่อนำค่า ORAC จากธรรมชาติของตัวอย่างควบคุมไปหักลบออกพบว่าค่า ORAC เหลือเท่ากับ 262.24 และ 1,154.60 μmole/TE ต่อน้ำมังคุด 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่า ORAC คาดหวังที่ระดับ 250 และ 1200 μmole/TE ต่อน้ำมังคุด 100 มิลลิลิตร พบว่าค่าที่ได้จากการพยากรณ์โดยใช้สมการมีค่าใกล้เคียงกันมากกับที่วิเคราะห์จริงจากห้องปฏิบัติการ และค่ายังอยู่ในช่วง standard deviation ทำให้การใช้สมการพยากรณ์มีความน่าเชื่อถือสูง หลังจากนั้นได้ทดลองใช้สมการพยากรณ์

ในการหาค่าความขุ่นของน้ำมังคุด พบว่า น้ำมังคุดธรรมชาติมีความขุ่นจากสารที่ไม่ละลายน้ำอยู่ที่ระดับ 148.34±7.51 NTU เมื่อนำค่าความขุ่นที่พยากรณ์ได้ที่ระดับ 469.19 และ 2,270.80 NTU ตามลำดับ ไปเปรียบเทียบกับค่าความขุ่นจากการวัดจริงได้ค่า 612.60±11.68 และ 2,417.20 ±15.09 ลบค่าความขุ่นธรรมชาติออกเหลือค่าความขุ่นเท่ากับ 464.26 และ 2,268.86 NTU ตามลำดับ ซึ่งค่าที่วัดได้มีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการพยากรณ์และค่ายังอยู่ในช่วง standard deviation ทำให้การใช้สมการพยากรณ์มีความน่าเชื่อถือสูง

การยืนยันผลด้วยการนำสมการไปใช้ประโยชน์ในการทวนสอบผล หรือใช้แทนวิธีการที่ยุ่งยากต่าง ๆ สามารถทำได้ เช่น Zeb and Ullah (2016) ได้ประยุกต์ใช้สมการเชิงเส้นตรงในการทวนสอบผลการวิเคราะห์สารทำปฏิกิริยากรดไธโอบาร์บิทูริก (TBARS) ซึ่งเป็นดัชนีสำหรับการเปอร์ออกซิเดชั่นของไขมันในอาหารจานด่วนทอด โดยเปรียบเทียบตัวทำละลาย 2 ความเข้มข้น ได้แก่ 1) pure glacial acetic acid และ 2) 50% glacial acetic acid และได้สร้างสมการเปรียบเทียบผลในกรณีที่เลือกใช้สารละลายตัวใดตัวหนึ่ง นอกจากนี้ Kirasak et al (2015) ได้สร้างสมการถดถอยของผลการตรวจสอบคุณภาพของอ้อยด้วยแสงย่านใกล้อินฟราเรดสเปกโตสโกปี Fourier-transform near-infrared (FT-NIR; Antaris II Analyzer, Thermo Scientific, USA.) เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพทั่วไป และพบว่าสมการที่ใช้มีผลแม่นยำที่สามารถนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรม

ผลการวิจัยนวัตกรรมกระบวนการการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพครั้งนี้ ได้โจทย์ความต้องการจากผู้บริโภคที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่ดีมีคุณภาพ จึงสามารถกำหนดความสุกของมังคุดในการนำไปสกัดสาร ORAC ได้ที่ระดับความสุกที่ดีที่สุดคือระยะที่ 6 กระบวนการผลิตควรใช้ความร้อนที่ต่ำที่สุดที่สามารถฆ่าเชื้อได้ตายหมดในงานวิจัยนี้สามารถเลือกใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 105 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที เพราะอุณหภูมิมีผลต่อการลดลงของค่า ORAC จึงไม่ควรใช้อุณหภูมิสูงมากเกินไป ส่วนค่า pH ไม่มีผลต่อการลดลงของค่า ORAC จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้ค่า pH เป็นตัวกำหนดระดับอุณหภูมิฆ่าเชื้อให้ต่ำที่สุดในผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มีผลต่อการลดลงของค่า ORAC จึงสามารถประยุกต์ใช้เป็นตัวกำหนดวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์ได้เมื่อ ORAC ลดลงมากกว่าค่าที่คาดหวัง ส่วนสมการพยากรณ์ค่า ORAC พบว่า ค่า ORAC มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับค่าความขุ่น ค่า DPPH และค่าความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดในระดับความเชื่อมั่นสูง ดังนั้นการผลิตน้ำมังคุดจึงลดขั้นตอนการวัดค่า ORAC ที่ห้องปฏิบัติการภายนอก ที่ใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูง เพราะค่าที่ใช้พยากรณ์ค่า ORAC สามารถวัดได้อย่างง่ายใช้เวลาไม่กี่ชั่วโมง จึงสามารถสร้างความมั่นใจให้กับผู้ผลิตและผู้บริโภคว่าจะได้รับสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ระดับที่คาดหวังเท่ากันทุกลอทการผลิต ซึ่งนวัตกรรมกระบวนการการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพจากงานวิจัยนี้จึง

สามารถสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพได้อย่างมหาศาล และยังสามารถประยุกต์ใช้กับการวิจัยอื่น ๆ จากการใช้สมการทางคณิตศาสตร์มาเป็นตัวช่วย

บทที่ 5
สรุปผล

จากการดำเนินงานวิจัยเรื่องนวัตกรรมกระบวนการการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ สำหรับตลาดส่งออก โดยมีขอบเขตงานวิจัยคือการสำรวจความคาดหวังของผู้บริโภค แล้วนำความคาดหวังด้านผลิตภัณฑ์มาพัฒนาปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยการศึกษาอายุของมังคุดต่อการให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ กระบวนการผลิตที่มีผลต่อสารต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด อายุการเก็บรักษาที่สามารถกำหนดอายุการเก็บรักษาน้ำมังคุดได้อย่างเหมาะสม พร้อมกันนี้ยังได้ศึกษาหาวิธีวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ และคำนวณการเติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดเพื่อให้ได้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพในจำนวนตามเป้าหมาย โดยการใช้สมการพยากรณ์หาความสัมพันธ์ของทั้งสองตัวแปร จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้ไปยืนยันผลด้วยการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์กับผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

จากการสำรวจความคาดหวังของผู้บริโภคที่มีต่อการตลาดและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด จากผู้จัดจำหน่ายน้ำมังคุด ผู้ค้าส่ง ผู้บริโภคในต่างประเทศ และผู้ส่งออกจำนวน 59 ราย คนเป็นชาย 32 คน คิดเป็นร้อยละ 54 และเป็นหญิง 27 คน คิดเป็นร้อยละ 46 อายุผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อายุอยู่ในช่วง 30-40 ปีร้อยละ 30 รองลงมาอายุเกิน 50 ปี ร้อยละ 25 การศึกษาส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 56 และจบสูงกว่าปริญญาตรีร้อยละ 23 รายได้ของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มากกว่า 6.0 แสนบาทต่อปีร้อยละ 37 และรายได้ 3.0-6.0 แสนบาทต่อปีร้อยละ 37 อาชีพของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเจ้าของธุรกิจเองร้อยละ 62 และทำงานส่วนตัวร้อยละ 20 โดยใช้แนวคิดส่วนประสมทางการตลาด 7Ps ด้วยแบบสอบถาม ผลการสำรวจความคาดหวังของผู้บริโภคทั้ง 7 ด้าน พบว่า 1) ด้านผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคให้ความคาดหวังด้านคุณภาพและด้านคุณประโยชน์สูงที่สุดเท่ากันที่ระดับ 4.24 คะแนน 2) ด้านราคา ผู้บริโภคคาดหวังว่าราคาเหมาะสมเมื่อเทียบกับคู่แข่งสูงที่สุดที่ระดับ 4.12 คะแนน 3) ด้านสถานที่ คาดหวังว่าจำหน่ายผ่านบุคคลที่น่าเชื่อถือสูงที่สุดที่ระดับ 4.21 คะแนน 4) ด้านส่งเสริมการตลาดเห็นว่าควรมีรีวิวจากลูกค้ามาก่อนสูงที่สุดที่ระดับ 4.24 คะแนน 5) ด้านบุคลากร คาดหวังว่าผู้จำหน่ายรู้รายละเอียดสินค้าได้ดีสูงที่สุดที่ระดับ 4.22 คะแนน 6) ด้านกระบวนการ คาดหวังว่าจะส่งมอบสินค้าอย่างรวดเร็วสูงที่สุดที่ระดับ 4.24 คะแนน และ 7) ด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ คาดหวังว่าสินค้าควรจำหน่ายในร้านที่สะอาดเชื่อถือได้สูงที่สุดที่ระดับ 4.22 คะแนน ข้อมูลดังกล่าวผู้สนใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด และการจัดการด้านการตลาดในอนาคต

เมื่อศึกษาอายุของมังคุดต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระพบว่า สารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด (ORAC) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) และโพลีฟีนอล (poly phenol) เพิ่มขึ้นเมื่อผลมังคุดสดมีความสุกเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่า ความสุกของมังคุดระดับ 6 มีค่าสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าความสุกระดับ 4 และ 5 ในเปลือกมังคุดแห้งที่สกัดสารต้านอนุมูลอิสระออกมา พบว่าสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด (ORAC) เพิ่มขึ้นแต่สารแอนโทไซยานิน และสารโพลีฟีนอล ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกมังคุดสด เมื่อนำสารสกัดจากเปลือกมังคุดไปใส่ในน้ำมังคุดแล้วศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและค่าความเป็นกรดด่างต่อค่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม พบว่า สภาวะการผลิตที่มีอิทธิพลต่อค่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม โดยยิ่งใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่สูงขึ้นค่าสารต้านอนุมูลอิสระยิ่งลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นกรดด่างไม่มีผล หลังจากนั้นนำน้ำมังคุดไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 0 4 8 และ 12 เดือน เมื่อวัดค่าสารต้านอนุมูลอิสระรวม พบว่า ค่าสารต้านอนุมูลอิสระลดลงเรื่อย ๆ ตามอายุการเก็บรักษา และพบว่ามีการลดลงถึงร้อยละ 18.48 เมื่อมีอายุการเก็บรักษาได้ 1 ปี

ในส่วนของการสร้างสมการเพื่อพยากรณ์ค่าสารต้านอนุมูลอิสระ จากสารที่รู้ค่าที่แน่นอนอย่างน้อย 1 ค่า เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพยากรณ์ค่าที่ต้องการทราบ จากการวิจัยได้ทำการเจือจางสารสกัดที่ทราบค่าแน่นอนแล้วนำไปวัดค่า ORAC ค่าความขุ่น และค่า DPPH ในห้องปฏิบัติการ นำผลวิเคราะห์มาจับคู่เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นของทั้งสองปัจจัยระหว่างสารสกัดและค่าสังเกตอื่น ๆ เพื่อให้สามารถใช้ความสัมพันธ์นี้สร้างสมการเชิงเส้นเพื่อทำนายค่าสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าสมการพยากรณ์ที่ได้จากการศึกษาสามารถนำมาทายผลของค่าตัวแปรซึ่งกันและกันได้จริง เมื่อนำสมการไปทำนายและใช้ในกระบวนการผลิตจริง พบว่าสมการณ์สามารถพยากรณ์หรือทำนายได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความน่าเชื่อถือในระดับสูง

งานวิจัยเรื่องนวัตกรรมกระบวนการการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพสำหรับตลาดส่งออกนี้ เป็นการนำวิทยาการหลาย ๆ ศาสตร์ มาบูรณาการร่วมกันเป็นสหวิทยาการ ได้แก่ ศาสตร์ด้านการตลาด ด้านวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ ด้านวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ด้านเกษตรศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์การอาหาร และด้านคณิตศาสตร์ จนได้ชิ้นงานออกมาเป็นนวัตกรรมกระบวนการการผลิตน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพให้มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดทุกขั้นตอนการผลิต โดยเฉพาะการควบคุมคุณภาพมาตรฐานสารต้านอนุมูลอิสระด้วยการนำเอาสมการทางคณิตศาสตร์มาพยากรณ์หาค่าแฝงที่ต้องการทราบจากค่าที่ทราบค่าแน่นอน นั่นคือการพยากรณ์ค่า ORAC จากค่าความขุ่น ค่า DPPH และค่าปริมาณสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุด ทำให้สามารถสร้างวิธี Inhouse method standardization มาใช้ได้จริงในกระบวนการผลิตสินค้าทุกลอท การสร้างวิธีควบคุมมาตรฐานด้วย Inhouse method standardization นี้จึงเป็นทางเลือกที่ดีอีกทางหนึ่งที่ผู้ผลิตและผู้บริโภคจะได้มั่นใจในปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถลดค่าใช้จ่ายจากการส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ภายนอก ประหยัดเวลาจาก

หลายสัปดาห์จนถึงหนึ่งเดือนเหลือแค่ 1-2 ชั่วโมง งานวิจัยนี้จึงเป็นประโยชน์มหาศาลในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์

ข้อเสนอแนะ

1. การทำวิจัยครั้งนี้มีความยากในการศึกษาความคาดหวังของผู้บริโภคซึ่งส่วนใหญ่อยู่ต่างประเทศ ที่สถานการณ์ของการแพร่ระบาดของโรคทำให้ไม่เอื้อต่อการทำวิจัย ประกอบกับต้องขออนุญาตจริยธรรมในมนุษย์ที่ต้องใช้เวลาและรายละเอียดในการขอ ดังนั้นการทำวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ และสุขภาพของมนุษย์ ควรวางแผนการทำวิจัยอย่างรอบคอบ

2. การต้องการผลที่แม่นยำจึงต้องวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองจากองค์กรของรัฐหลายตัวอย่าง หลายซ้ำ ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูงมาก ดังนั้นหากมีใครสนใจจะศึกษาประเด็นคล้ายกันควรศึกษาวิธีการวิเคราะห์ด้วยตนเองจนเกิดความแม่นยำก่อนการวิจัย

3. การศึกษาอายุการเก็บรักษาในงานวิจัยต้องใช้เวลานาน ควรวางแผนการดำเนินงานวิจัยอย่างรอบคอบ เพื่อให้งานวิจัยเสร็จสมบูรณ์ในเวลาที่กำหนด

บรรณานุกรม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2553. **แอนโทไซยานิน.** กรุงเทพฯ: สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

กัญญ์พิชา วรไพสิฐกุล. 2560. **ปัจจัยที่มีผลต่อความคาดหวังของผู้บริโภคในการเลือกซื้อเครื่องดื่มพร้อมดื่มที่ช่วยควบคุมน้ำหนัก ในเขตกรุงเทพมหานคร**. งานค้นคว้าอิสระปริญญาโท. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

กิตติ์ธนภูมิ นิวัติศัยวงศ์ และ เอก ชุณหชัชชราชัย. 2559. **ปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมประเภทต่าง ๆ ของผู้บริโภค ในเขตกรุงเทพมหานคร**. การค้นคว้าอิสระปริญญาโท. มหาวิทยาลัยนานาชาติแสตมฟอร์ด.

จริยา สุทธิไชยา. 2560. ดัชนีราคาสินค้าเกษตร. **ข่าวเศรษฐกิจ**. ฉบับวันจันทร์ที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ. 2560.

จิราภา โฆษิตวานิช. 2554. **พฤติกรรมและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบำรุงสุขภาพของนักศึกษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ชัยวัฒน์ ชัยกุล และ ชูเกียรติ การะเกตุ. 2533. เครื่องวัดความขุ่นน้ำ. **วิศกรรมสาร มก.**, 4(11), 128-139.

ธนวรรณ แสงสุวรรณ. 2547. **การจัดการการตลาด**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เพียร์สันเอ็ดดูเคชั่นอินโดไชน่า.

นริศร์ธร ตุลาผล. 2559. **เจาะตลาดอาหารเสริมความงามกับความท้าทายในอนาคต**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.scbeic.com/th/detail/product/2858 (1 มกราคม 2563).

นัทธมน เดชประภัสสร. 2558. **ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารทางอินเทอร์เน็ต**. การค้นคว้าอิสระปริญญาโท. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

นันทนา กันยานุวัฒน์ และ นุชนาท นาคำ. 2555. **แนวทางการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบทางเคมี**. กรุงเทพฯ: สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่.

นาฏอนงค์ นามบุดดี. 2558. อนาคตของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและการปรับกลยุทธ์การตลาดในไทย. **วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**, 18(353-374.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 349) พ.ศ. 2556. 2556. **เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้**

ในการผลิตและการเก็บรักษาอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ และชนิดที่ปรับกรด. กรุงเทพฯ: ราชกิจจานุเบกษา.

พริมา อัครยุทธ. 2558. **5 เทรนด์อาหารและเครื่องดื่มที่กำลังมาแรงและน่าจับตามองในอนาคต**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.scbeic.com/th/detail/product/1277 (1 มกราคม 2563).

มณฑนา วีระวัฒนากร. 2556. ปฏิกิริยาเคมีระหว่างโปรตีนและพอลีฟีนอลและผลต่อระบบชีวภาพของปฏิกิริยา. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**, 18(1), 210-218.

มไหศวรรย์ มหัทธนาภิวัฒน์. 2554. **ปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อน้ำข้าวกล้องงอกของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สมนึก อู่อรุณ. 2550. **การแยกสารสกัดจากเปลือกมังคุดเพื่อใช้ในการยับยั้งเชื้อ *Propionibacterium acnes*.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สารอาหารแห่งอนาคต. 2552. อาหารฟังก์ชั่นเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของคนใส่ใจสุขภาพ. **นิตยสาร Health Today** (17 กันยายน). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.health-protect.com/functional-food/ (5 ตุลาคม 2560).

สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ. 2556. **หมายเลขทะเบียน 1005/42 ห้องปฏิบัติการทดสอบอาหาร สถาบันอาหาร ได้รับการรับรองความสามารถในการทดสอบอาหาร**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://webdb.dmsc.go.th/ifc_qa/DBQA.ifc_qa/userfiles/1005_42_TH(1).pdf (1 มกราคม 2564).

อรุษา เชาวนลิขิต. 2554. การสกัดและวิธีการวิเคราะห์แอนโทไซยานิน. **วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)**, 3(6), 26-36.

Aaby, K., Mazur, S., Nes, A. & Skrede, G. 2012. Phenolic compounds in strawberry (Fragaria x ananassa Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. **Food Chemistry**, 132(1), 86-97.

Aizat, W. M., Jamil, I. N., Ahmad-Hashim, F. H. & Noor, N. M. 2019. Recent updates on metabolite composition and medicinal benefits of mangosteen plant. **PeerJ**, 7(e6324-e6324), doi: 10.7717/peerj.6324.

Akao, Y., Nakagawa, Y., Iinuma, M. & Nozawa, Y. 2008. Anti-cancer effects of xanthones from pericarps of mangosteen. **Int J Mol Sci**, 9(3), 355-370.

Answers Corporation. 1999. **mangostin.answers.com**. [Online]. Available http://www.answers.com/mangostin (8 มกราคม 2550).

Arend, G. D., Adorno, W. T., Rezzadori, K., Di Luccio, M., Chaves, V. C., Reginatto, F. H. & Petrus, J. C. C. 2017. Concentration of phenolic compounds from strawberry (Fragaria X ananassa Duch) juice by nanofiltration membrane. **Journal of Food Engineering**, 201, 36-41.

Asami, D. K., Hong, Y. J., Barrett, D. M. & Mitchell, A. E. 2003. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. **J Agric Food Chem**, 51(5), 1237-1241.

Bank, G. & Schauss, A. G. 2004. Antioxidant testing: an ORAC update. **Nutraceuticals World**, 7, 68-71.

Basu, A. & Penugonda, K. 2009. Pomegranate juice: a heart-healthy fruit juice. **Nutrition Reviews**, 67(1), 49-56.

Beaulieu, J. C. & Obando-Ulloa, J. M. 2017. Not-from-concentrate pilot plant 'Wonderful' cultivar pomegranate juice changes: Volatiles. **Food Chem**, 22, 553-564.

Boaz, M. & Smetana, S. 1996. Regression equation predicts dietary phosphorus intake from estimate of dietary protein intake. **J Am Diet Assoc**, 96(12), 1268-1270.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, 28(1), 25-30.

Brownmiller, C., Howard, L. R. & Prior, R. L. 2008. Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blueberry products. **J Food Sci**, 73(5), H72-79.

Campos, M. I., Antolin, G., Debán, L. & Pardo, R. 2018. Assessing the influence of temperature on NIRS prediction models for the determination of sodium content in dry-cured ham slices. **Food Chem**, 257, 237-242.

Cao, G., Verdon, C. P., Wu, A. H., Wang, H. & Prior, R. L. 1995. Automated assay of oxygen radical absorbance capacity with the COBAS FARA II. **Clin Chem**, 41(12 Pt 1), 1738-1744.

Carrillo, E., Prado-Gascó, V., Fiszman, S. & Varela, P. 2013. Why buying functional foods? Understanding spending behaviour through structural equation

modelling. **Food Research International**, 50(1), 361-368.

Chaovanalikit, A., Mingmuang, A., Kitbunluewit, T., Choldumrongkool, N., Sondee, J. & Chupratum, S. 2012. Anthocyanin and total phenolics content of mangosteen and effect of processing on the quality of Mangosteen products. **International Food Research Journal**, 19(3), 1047-1053.

Chapanya, P., Ritthiruangdej, P., Mueangmontri, R., Pattamasuwan, A. & Vanichsriratana, W. 2019. Temperature Compensation on Sugar Content Prediction of Molasses by Near-Infrared Spectroscopy (NIR). **An International Journal of Sugar Crops and Related Industries**, 21(1), 162-169.

Chavan, R. S., Chavan, S. R., Khedkar, C. D. & Jana, A. H. 2011. UHT Milk Processing and Effect of Plasmin Activity on Shelf Life: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 10(5), 251-268.

Chidamber, S. R. & Kon, H. B. 1994. A research retrospective of innovation inception and success: The technology-push, demand-pull question. . **International Journal of Technology Management**, 9(1), 94-112.

Chitchumroonchokchai, C., Riedl, K. M., Suksumrarn, S., Clinton, S. K., Kinghorn, A. D. & Failla, M. L. 2012. Xanthones in mangosteen juice are absorbed and partially conjugated by healthy adults. **The Journal of nutrition**, 142(4), 675-680.

Davenport, T. H. 1993. **Process Innovation: Reengineering Work Through Information Technology**. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.

Davidson, K. 2021. **The Top 7 Vitamin and Supplement Trends of 2021. Get our nutrition newsletter**. [Online]. Available https://www.healthline.com/nutrition/vitamin-supplement-trends (1 January 2019).

Dobermann, D., Field, L. M. & Michaelson, L. V. 2019. Impact of heat processing on the nutritional content of Gryllus bimaculatus (black cricket). **Nutrition Bulletin**, 44(2), 116-122.

Ducat, G., Felsner, M. L., da Costa Neto, P. R. & Quináia, S. P. 2015. Development and in house validation of a new thermogravimetric method for water content analysis in soft brown sugar. **Food Chem**, 177, 158-164.

Elizabeth, R. & Elizabeth, R. M. 2006. **The Effects of Processing on Hydrophilic Antioxidant Capacity of Black Beans.** A Thesis Presented for the Master of Science Degree. The University of Tennessee, Knoxville.

Food and Drug administration. 2020. **CFR - Code of Federal Regulations Title 21. 2020. Chapter I-Food and Drug Administration Department of Health and Human Services Subchapter B-Food for Human Consumption Part 114 Acidified Foods**.

Friedman, M. & Jürgens, H. S. 2000. Effect of pH on the Stability of Plant Phenolic Compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 48(6), 2101-2110.

Gedam, K., Prasad, R. & Vijay, V. 2007. The Study on UHT Processing of Milk: A Versatile Option for Rural Sector. **World Jounal Dairy Food Science**, 2(2), 49-53.

Gharagheizi, F. 2008. A simple equation for prediction of net heat of combustion of pure chemicals. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, 91(2), 177-180.

Giusti, M. M. & Wrolstad, R. E. 2001. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, 00(1), F1.2.1-F1.2.13.

Guo, H., Wang, C., Su, Z. & Wang, D. 2020. Technology Push or Market Pull? Strategic Orientation in Business Model Design and Digital Startup Performance. **Journal of Product Innovation Management**, 37(3), doi:10.1111/jpim.12526.

Han, X., Shen, T. & Lou, H. 2007. Dietary Polyphenols and Their Biological Significance. **International Journal of Molecular Sciences**, 8(9), 950-988.

Haytowitz, D. B. & Bhagwat, S. 2010. **USDA Database for the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) of Selected Foods, Release 2**. Beltsville, Maryland: Agricultural Research Service (ARS) U.S. Department of Agriculture (USDA).

Henkel, J. & Jung, S. 2009. **The Technology-Push Lead User Concept: A New Tool for Application Identification**. TU München, Germany: Institute for Entrepreneurship and Innovation.

Horbach, J., Rammer, C. & Rennings, K. 2012. Determinants of eco-innovations by

type of environmental impact — The role of regulatory push/pull, technology push and market pull. **Ecological Economics**, 78, 112-122.

Howard, L. R., Prior, R. L., Liyanage, R. & Lay, J. O. 2012. Processing and Storage Effect on Berry Polyphenols: Challenges and Implications for Bioactive Properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 60(27), 6678-6693.

Igual, M., García-Martínez, E., Camacho, M. M. & Martínez-Navarrete, N. 2010. Effect of thermal treatment and storage on the stability of organic acids and the functional value of grapefruit juice. **Food Chemistry**, 118(2), 291-299.

Jindarat, S. 2014. Xanthones from mangosteen (Garcinia mangostana): multi-targeting pharmacological properties. **J Med Assoc Thai**, 97(Suppl 2), S196-201.

Johanningsmeier, S. D. & Harris, G. K. 2011. Pomegranate as a Functional Food and Nutraceutical Source. **Annual Review of Food Science and Technology**, 2(1), 181-201.

Jung, H. A., Su, B. N., Keller, W. J., Mehta, R. G. & Kinghorn, A. D. 2006. Antioxidant xanthones from the pericarp of Garcinia mangostana (Mangosteen). **J Agric Food Chem**, 54(6), 2077-2082.

Junpatiw, A., Mitmungkorn, Y. & Montri, N. 2017. Effects of heat and storage treatments on the anthocyanin contents in selected purple vegetables. **Khon Kaen Agriculture journal**, 45(1), 1278-1282.

Kawano, S., Abe, H. & Iwamoto, M. 1995. Development of a Calibration Equation with Temperature Compensation for Determining the Brix Value in Intact Peaches. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, 3(4), 211-218.

Kedare, S. B. & Singh, R. P. 2011. Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. **Journal of food science and technology**, 48(4), 412-422.

Kirasak, K., Sansayawichai, T., Ponragdee, W. & Thipyawat, A. 2015. Determination of Commercial Cane Sugar (CCS) using Near Infrared Spectroscopy. **Thai Agricultural Research Journal**, 33(2), 159-168.

Kohli, A., Blitzer, D. N., Lefco, R. W., Barter, J. W., Haynes, M. R., Colalillo, S. A., Ly, M. & Zink, C. F. 2018. Using Expectancy Theory to quantitatively dissociate the neural representation of motivation from its influential factors in the human brain: An fMRI study. **Neuroimage**, 178, 552-561.

Kotler, P. 2009. **Marketing Management**. New Jerssey: Pearson Prentice Hall.

Kotler, P. & Keller, K. L. 2006. **Marketing Management**. 12th ed. New Jersey: Prentice-Hall.

Kotler, P. & Keller, K. L. 2016. **Framework for Marketing Management**. 5th ed. New York: Pearson Prentice Hall.

Kurihara, H., Fukami, H., Koda, H., Tsuruoka, N., Sugiura, N., Shibata, H. & Tanaka, T. 2002. Effects of Oolong Tea on Metabolism of Plasma Fat in Mice under Restraint Stress. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, 66(9), 1955-1958.

Lee, S. H., Goddard, M. E., Wray, N. R. & Visscher, P. M. 2012. A better coefficient of determination for genetic profile analysis. **Genet Epidemiol**, 36(3), 214-224.

Lin, S.-M. 2011. Marketing mix (7P) and performance assessment of western fast food industry in Taiwan: An application by associating DEMATEL and ANP. **African Journal of Business Management**, 5(26), doi: 10.5897/AJBM5811.5894.

Lloyd, R. & Mertens, D. 2018. Expecting more out of Expectancy Theory: History urges inclusion of the social context. **International Management Review**, 14(1), 28-43.

Lobell, D. B. & Burke, M. B. 2010. On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change. **Agricultural and Forest Meteorology**, 150(11), 1443-1452.

López-Leiva, M. & Hallström, B. 2003. The original Plank equation and its use in the development of food freezing rate predictions. **Journal of Food Engineering**, 58(3), 267-275.

Lovelock, C. & Wirtz, J. 2011. **Services Marketing: People, Technology, Strategy**. 7th. New York: Printice Hall.

Mahabusarakam, W., Wiriyachitra, P. & Taylor, W. C. 1987. Chemical Constituents of Garcinia mangostana. **Journal of Natural Products**, 50(3), 474-478.

Manach, C., Mazur, A. & Scalbert, A. 2005. Polyphenols and prevention of cardiovascular diseases. **Curr Opin Lipidol**, 16(1), 77-84.

Manurakchinakorn, S., Chainarong, Y. & Sawatpadungkit, C. 2016. Quality of

mangosteen juice colored with mangosteen pericarp. **International Food Research Journal**, 23(3), 1033-1039.

Mas, N. & Nanik, S. 2017. The Analysis of 7P Marketing Mix Strategy on Powder Herbal Products and Red Ginger Candy in Batu City Home Industry. **Management and Economics Journal (MEC-J)**, 1(1), 57-68.

Metzger, M., Konrad, A., Blendinger, F., Modler, A., Meixner, A. J., Bucher, V. & Brecht, M. 2018. Low-Cost GRIN-Lens-Based Nephelometric Turbidity Sensing in the Range of 0.1–1000 NTU. **Sensors**, 18(4), 1115.

Min, S., Jin, Z. T. & Zhang, Q. H. 2003. Commercial Scale Pulsed Electric Field Processing of Tomato Juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 51(11), 3338-3344.

Mishima, K., Kawakami, R., Yokota, H., Harada, T., Kato, T., Irie, K., Mishima, K., Fujiwara, M., Matsuyama, K., Mustofa, S. & Salim, A. 2013. Extraction of Xanthones from the Pericarps of Garcinia mangostana Linn. with Supercritical Carbon Dioxide and Ethanol. **Solvent Extraction Research and Development, Japan**, 20, 79-89.

Moongkarndi, P., Jaisupa, N., Samer, J., Kosem, N., Konlata, J., Rodpai, E. & Pongpan, N. 2014. Comparison of the biological activity of two different isolates from mangosteen. **J Pharm Pharmacol**, 66(8), 1171-1179.

Mosley, C. 2021. **Understanding How to Improve Marketing Strategies Based on Consumer Behavior Toward Local Organic Markets in Florida.** Doctoral Study Project (DSP). Trident University International.

Muala, A. M. A. & Qurneh, M. A. 2012. Assessing the Relationship between Marketing Mix and Loyalty through Tourists Satisfaction in Jordan Curative Tourism. **American academic & scholarly research journal**, 4(7-23.

Mühlenbein, H. 1997. The Equation for Response to Selection and Its Use for Prediction. **Evolutionary computation**, 5(3), 303-346.

Nakatani, K., Atsumi, M., Arakawa, T., Oosawa, K., Shimura, S., Nakahata, N. & Ohizumi, Y. 2002. Inhibitions of histamine release and prostaglandin E2 synthesis by mangosteen, a Thai medicinal plant. **Biol Pharm Bull**, 25(9), 1137-1141.

Nayak, B., Liu, R. H. & Tang, J. 2015. Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables, and grains--a review. **Crit Rev Food Sci Nutr**, 55(7), 887-919.

Newbert, S. L., Kirchhoff, B. A. & Walsh, S. T. 2007. Defining the Relationship among Founding Resources, Strategies, and Performance in Technology-Intensive New Ventures: Evidence from the Semiconductor Silicon Industry. **Journal of Small Business Management**, 45(4), 438-466.

Ninfali, P., Bacchiocca, M., Biagiotti, E., Servili, M. & Montedoro, G. 2002. Validation of the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) parameter as a new index of quality and stability of virgin olive oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 79(10), 977-982.

Ou, B., Hampsch-Woodill, M. & Prior, R. L. 2001. Development and Validation of an Improved Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay Using Fluorescein as the Fluorescent Probe. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 49(10), 4619-4626.

Palakawong, C., Sophanodora, P., Pisuchpen, S. & Phongpaichit, S. 2010. Antioxidant and antimicrobial activities of crude extracts from mangosteen (Garcinia mangostana L.) parts and some essential oils. **International Food Research Journal**, 17(3), 583-589.

Pan, M.-H., Ghai, G. & Ho, C.-T. 2008. Food bioactives, apoptosis, and cancer. **Molecular Nutrition & Food Research**, 52(1), 43-52.

Panhuyzen, R. 2016. **The Greening of Technology Push and Market Pull 2016**. [Online]. Available http://evworld.com/blogs.cfm?blogid=1386 (2 March 2019).

Papinniemi, J. 1999. Creating a model of process innovation for reengineering of business and manufacturing. **International Journal of Production Economics**, 60-61, 95-101.

Patras, A., Brunton, N. P., O'Donnell, C. & Tiwari, B. K. 2010. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science & Technology**, 21(1), 3-11.

Pérez-Magariño, S. & González-Sanjosé, M. L. 2003. Application of absorbance values used in wineries for estimating CIELAB parameters in red wines. **Food Chemistry**, 81(2), 301-306.

Pfannkuche, J. & Schmidt, A. 2003. Determination of suspended particulate matter

concentration from turbidity measurements: particle size effects and calibration procedures. **Hydrological Processes**, 17(10), 1951-1963.

Prior, R. L., Hoang, H., Gu, L., Wu, X., Bacchiocca, M., Howard, L., Hampsch-Woodill, M., Huang, D., Ou, B. & Jacob, R. 2003. Assays for Hydrophilic and Lipophilic Antioxidant Capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORACFL)) of Plasma and Other Biological and Food Samples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 51(11), 3273-3279.

Rattanachai, A. & Bangwaek, C. 2016. Evaluation of the gamma-aminobutyric acid (GABA) content of soybean and mungbean by Near Infrared Spectroscopy. . **Thai Agricultural Research Journal** 34(1), 45-53.

Rattanajitti, S., Deepreecha, K., Mongkolsilp, K. & Thanak, W. 2019. The Use of Waist Circumference in predicting Body Mass Index among Health Personnel in Headquarter Division Royal Thai Army Medical. **Royal Thai Army Medical Journal**, 72(3), 187-192.

Richardson, P. 2004. **Improving the thermal processing of foods**. Cambridge England: Woodhead publishing limited.

Rittiron, R., Aomsin, L. & Narongwongwattana, S. 2021. The Development of Calibration Equation Using Sample Temperature as the Independent Variable to Predict Moisture Content of Rice by Near Infrared Technique. **Thai Society of Agricultural Engineering Journal**, 27(1), 52-61.

Roy, M. & Khan, S. M. 2015. The Impact of Service Marketing Mixes on Customer Perception Regarding Modern Banking (A Study on Trust Bank Limited , Khulna Branch). **European Journal of Business and Management**, 7(1), 214-221.

Sablani, S. & Rahman, M. 2003. Using neural networks to predict thermal conductivity of food as a function of moisture content, temperature and apparent porosity. **Food Research International**, 36(6), 617-623.

Sakagami, Y., Iinuma, M., Piyasena, K. G. & Dharmaratne, H. R. 2005. Antibacterial activity of alpha-mangostin against vancomycin resistant Enterococci (VRE) and synergism with antibiotics. **Phytomedicine**, 12(3), 203-208.

Schiffman, L. G. & Kanuk, L. L. 2009. **Consumer Behavior**. New Jerssey: Pearson Prentice Hall.

Souza, S. V. C., Pinto, C. T. & Junqueira, R. G. 2007. In-house method validation: Application in arsenic analysis. **Journal of Food Composition and Analysis**, 20(3), 241-247.

Sugiyanto, Z., Yohan, B., Hadisaputro, S., Dharmana, E., Suharti, C., Winarto, Djamiatun, K., Rahmi, F. L. & Sasmono, R. T. 2019. Inhibitory Effect of Alpha-Mangostin to Dengue Virus Replication and Cytokines Expression in Human Peripheral Blood Mononuclear Cells. **Nat Prod Bioprospect**, 9(5), 345-349.

Sui, X., Dong, X. & Zhou, W. 2014. Combined effect of pH and high temperature on the stability and antioxidant capacity of two anthocyanins in aqueous solution. **Food Chemistry**, 163, 163-170.

Suksamrarn, S., Suwannapoch, N., Phakhodee, W., Thanuhiranlert, J., Ratananukul, P., Chimnoi, N. & Suksamrarn, A. 2003. Antimycobacterial activity of prenylated xanthones from the fruits of Garcinia mangostana. **Chem Pharm Bull (Tokyo)**, 51(7), 857-859.

Suvarnakuta, P., Chaweerungrat, C. & Devahastin, S. 2011. Effects of drying methods on assay and antioxidant activity of xanthones in mangosteen rind. **Food Chemistry**, 125(1), 240-247.

Tang, Y. P., Li, P. G., Kondo, M., Ji, H. P., Kou, Y. & Ou, B. 2009. Effect of a mangosteen dietary supplement on human immune function: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. **Journal of Medicianl Food**, 12(4), 755-763.

Thankkar, S. D. 2012. **Study effect of processing on the antioxidant activity and other quality parameter of muscadine grape juice.** A thesis submitted to the Graduate School-New Brunswick Rutgers. The State University of New Jersey.

Tjahjani, S., Widowati, W., Khiong, K., Suhendra, A. & Tjokropranoto, R. 2014. Antioxidant Properties of Garcinia Mangostana L (Mangosteen) Rind. **Procedia Chemistry**, 13, 198-203.

Usman, H., Sobari, N. & Wathani, M. Z. 2017. The role of sharia compliance in the relationship between the marketing mix, satisfaction and loyalty in the sharia hotel. p. 587-604. In **Proceedings of the 4th International Conference on Finance and Economics-ICFE 2017**. September 21st– 22nd, 2017, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City, Vietnam.

Violato, C. & Hecker, K. G. 2007. How to Use Structural Equation Modeling in Medical Education Research: A Brief Guide. **Teaching and Learning in Medicine**, 19(4), 362-371.

Vongsak, B., Kongkiatpaiboon, S., Jaisamut, S., Machana, S. & Pattarapanich, C. 2015. In vitro alpha glucosidase inhibition and free-radical scavenging activity of propolis from Thai stingless bees in mangosteen orchard. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 25(5), 445-450.

Walsh, S. T., Kirchhoff, B. A. & Newbert, S. 2002. Differentiating market strategies for disruptive technologies. **IEEE Transactions on Engineering Management**, 49(4), 341-351.

Walt, W. H. v. d. & Wyndham, C. H. 1973. An equation for prediction of energy expenditure of walking and running. **Journal of Applied Physiology**, 34(5), 559-563.

Wang, X. H., Gheldof, N. & Eegeseth, N. J. 2004. Effect of Processing and Storage on Antioxidant Capacity of Honey. **Journal of Food Science**, 69(2), fct96-fct101.

Watanabe, J., Oki, T., Takebayashi, J., Yamasaki, K., Takano-Ishikawa, Y., Hino, A. & Yasui, A. 2012. Method validation by interlaboratory studies of improved hydrophilic oxygen radical absorbance capacity methods for the determination of antioxidant capacities of antioxidant solutions and food extracts. **Anal Sci**, 28(2), 159-165.

Weecharangsan, W., Opanasopit, P., Sukma, M., Ngawhirunpat, T., Sotanaphun, U. & Siripong, P. 2006. Antioxidative and neuroprotective activities of extracts from the fruit hull of mangosteen (Garcinia mangostana Linn.). **Med Princ Pract**, 15(4), 281-287.

Whiting, R. C. 1995. Microbial modeling in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 35(6), 467-494.

Wong, Y. M. & Siow, L. F. 2015. Effects of heat, pH, antioxidant, agitation and light on betacyanin stability using red-fleshed dragon fruit (Hylocereus polyrhizus) juice and concentrate as models. **J Food Sci Technol**, 52(5), 3086-3092.

Yamanaka, N., Okamoto, E., Kuwata, K. & Tanaka, N. 1984. A multiple regression equation for prediction of posthepatectomy liver failure. **Ann Surg**, 200(5), 658-

663.

Yikrazuul. 2008. **File:Quercetin.svg**. [Online]. Available https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quercetin.svg (1 January 2019).

Yutidhammadamrong, A. 2020. Marketing Communication 4.0: The Entrepreneurial Challenges for Supplementary Food and Healthy Drink Business Targeting Elderly Consumers. **Journal of MCU Peace Studies**, 8(1), 184-197.

Zaremba, K. 2021. **Trends: The Latest in Nutrition and Health Trends. PRACTICE MANAGEMENT**. [Online]. Available https://fullscript.com/blog/2021-supplement-trends (3 March 2019).

Zeb, A. & Ullah, F. 2016. A Simple Spectrophotometric Method for the Determination of Thiobarbituric Acid Reactive Substances in Fried Fast Foods. **Journal of Analytical Methods in Chemistry**, 2016(9412767), doi: 10.1155/2016/9412767.

ภาคผนวก

การนำเสนอผลงานวิจัย

1. นำเสนอผลงานวิจัยระดับนานาชาติ “Sixth International Conference on Integration of Science and Technology for SUSTAINABLE DEVELOPMENT 2017 (6th ICIST 2017) ระหว่างวันที่ 24 – 26 พฤศจิกายน 2560 ณ เมืองบาเกียว ประเทศฟิลิปปินส์”

2. งานประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 17 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

3. การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2 “ The 2nd National and International Conference 2020 on "Multidisciplinary for Innovation Development in 21st Century" หัวข้อ "สหวิทยาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมในศตวรรษที่ 21" (Multidisciplinary for Innovation Development in 21st Century)

งานตีพิมพ์

1. International Journal of Agricultural Technology 2017 Vol. 13(7.1): 1403-1412
Available online http://www.ijat-aatsea.com ISSN 1686-9141

International Journal of Agricultural Technology 2017 Vol. 13(7.1): 1403-1412
Available online http://www.ijat-aatsea.com
ISSN 1686-9141

Effect of Process Conditions and Shelf life on ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) Value of Supplement Mangosteen Juice

Duanrung Benjamas [*1], Jaturapatr Varith[2], Chalinda Ariyadet[1] and Pusanisa Thechatakerng[3]

[1]Agriculture Interdisclipinary Program, Facultry of Graduated School; [2]Food Engineering Program, Facultry of Engineer and Agro-Indrustry. [3]Business Administration Program, Facultry of Business Administration, Maejo University, Chiangmai, Thailand.

Benjamas, D., Varith, J., Ariyadet, C and Thechatakerng, P. (2017). Effect of Process Conditions and Shelf life on ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) Value of Supplement Mangosteen Juice. International Journal of Agricultural Technology 13(7.1): 1403-1412.

The fruit of *Garcinia mangostana* Linn. (mangosteen) is a popular fruit in Thailand. The fruit rind contains antioxidants of which a major constituent are anthocyanin, polyphenol and xanthones. These are influent to ORAC (oxygen radical absorbance capacity) value content. The ORAC value has recently been proposed as a quality index of total antioxidant in supplement juice. This study was undertaken to evaluate the content of total anthocyanin (mg/100g), total polyphenol (mg eq GA/100g) and ORAC (μmoles TE/100ml) in fresh and dried mangosteen rind in 4, 5 and 6 ripe levels extracted. Study the stability of ORAC on supplement mangosteen juice in different process conditions by varies pH value at 3.0, 3.5 and 4.0 and temperature at 105, 110 and 115°C degree. Study shelf life at 0, 4, 8 and 12 months. The process of this study was used plate heat exchanger method. Fresh rind extracted in 4, 5 and 6 ripe levels the total anthocyanin were 4.06±0.17, 4.04±0.24 and 5.09±0.18, total polyphenol were 632.73±21.14, 686.59±29.06 and 707.39±29.73 and ORAC were 17,063.36±883.25, 20,958.61±725.08 and 24,744.62±784.78 respectively. All of value was increased when the rind was more ripe level. Dried rind extracted the total anthocyanin were 1.10±0.01, 0.99±0.03 and 0.17±0.01, total polyphenol were 922.87±6.11, 1,010.03±42.95 and 798.37±6.97 and ORAC value were 23,550.05±690.88, 26,634.41±1132.74 and 33,802.98 ±1,374.38 respectively. The total anthocyanin and total polyphenol were decreased when the rind was more ripe level but ORAC was increased. The temperature was influented to ORAC value but pH and interaction of pH and temperature were not. The ORAC value was decreased in 12 months shelf life, the value start at 2,183.56 ±51.47 at 0 month and decreased to 2,077.474±12.87, 2,057.05±49.64 and 1,945.58±10.98 at 4, 8 and 12 months or decreased from 100% to 95.15% 94.23 and 89.10% respectively.

Keywords: supplement magosteen juice, ORAC shelf life, antioxidant in process conditions, ORAC in process condition, total anthocyanin, total polyphenol, ORAC content.

[*] **Coressponding Author:** Duanrung Benjamas; **E-mail address:** mju5813701001@mju.ac.th

Introduction

Garcinia mangostana Linn. (mangosteen) is a popular fruit in Thailand. It is commonly cultivated in Thailand, Malaysia, and Indonesia. Most of mangosteen is consumed fresh or exported to foreign market. It contains high nutritional values. In essence, it is a rich source of vitamins, minerals and fibers such as vitamin C, E, folate, calcium, potassium and magnesium (Limpisathian, 2008) Mangosteen pericarp has been used in traditional Thai medicine for treating skin infections, wounds, and diarrhea for many years (Mahabusarakam *et al.*, 1987). The fruit rind contains antioxidants of which a major constituent are anthocyanin, polyphenol and xanthones. The major anthocyanin in mangosteen was cyanidin-3-sophoroside (Du and Francis, 1977). Several researchers recognized phenolics and anthocyanin for their antioxidant properties (Robards *et al.*, 1999; Karalaya *et al.*, 2001; Rossi *et al.*, 2003; Davalos *et al.*, 2005; Balasundram, 2006). These are influent to ORAC (oxygen radical absorbance capacity) value content. The ORAC value has recently been proposed as a quality index of total antioxidant in supplement juice. In Thailand, the rind extracted is used in products such as herbal cosmetics and pharmaceutical. Recently, mangosteen rind extracted is used in mangosteen juices or dietary supplements mangosteen juices. It has begun to be widespread around the world supplement.

Mangosteen contains a substance called xanthone, which is a flavonoid and polyphenon compound. It was found that xanthone extracted from the mangosteen rind, called alpha-mangostin, beta-mangostin and garcinone B can inhibit *Mycobacterium tuberculosis* (Suksamrarn *et al.*, 2002). Alpha-mangostin is a major component which possesses anti-inflammatory and antibacterial activities against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis* and *Propionibac-terium acnes* which is the critical eticologic agent in acne (Di-ngam, 2009; Sikhamchum, 2009). According to the report of Sakagami (2005), xanthone has antioxidant, anti-cancer and anti-bacterial properties, respectively. A recent study by Sukma *et al.* (2011) also claimed that alpha-mangostin is anti-inflammatory, reduce inflammation in NG 108-15 cells.

Because of mangosteen has high beneficary for human, supplements factories are focusing on dietary supplements mangosteen juices. But processing method has an impact on phenolics anthocyanins and total antioxidant value. Heating has varied effect on several products depending on heating temperature and process conditions. But no report on effect of process conditions on total antioxidant as ORAC value. ORAC is not including antioxidant only anthocyanin and polyphenol but included strong antioxidant as

International Journal of Agricultural Technology 2017 Vol. 13(7.1): 1403-1412

xanthones. In this study will be reported the antioxidant value from different mangosteen ripe level, effect of process conditions and shelf life on ORAC value.

Material and methods

This study is used organic mangosteen fruits from Chanthaburi province in different ripe levels (4, 5 and 6). Specifications of mangosteens were selected by mangosteen harvest and post-harvest guide book from officer of Agricultural research and Development regions, Chanthaburi, Thailand. The rind of fruit was separated from white pulp, grinding and divided into 2 parts (1) fresh grinded rind and (2) made the dried rind at 60°C, 12 hours in prior of extraction.

Each part of fresh and dried mangosteen rinds were immersed in 95 % ethanol at 1,000g.: 3,000ml. ratio for 7 days, extracted 2 times. The extracted solutions were combined together and evaporated to 1,000ml. by rotary evaporator. The antioxidants from the rind were dissolved in liquid extraction such as anthocyanin, polyphenol and xanthones.

Anthocyanin analysis

The total anthocyanin content was determined by using of capillary electrophoresis (CE) analysis under acid condition has significantly increased peak resolution and improved the detection limits by several orders of magnitude. CE offers the advantage of economies of very small sample size, very small solvent consumption, and short analysis times along with the future possibility of being combined with MS defection. This study was analyzed at Food and Nutrition Laboratory, Institute of Nutrition, Mahidol University.

Polyphenol analysis

The total phenolic in mangosteen extracted content was determined according to the Fo-Lin-Ciocalteu spectrophotometric method. The extracted solution was determined at 760 nano meter (nm) absorbance. The measurement was compared to standard curve of prepared gallic acid (GA) solution, and the total phenolic content was expressed as milligrams of gallic acid equivalents (QAE) per gram of day weight (mg eg GAE/g). This analysis was conducted at Food and Nutrition Laboratory, Institute of Nutrition, Mahidol University.

ORAC analysis

ORAC value was used by Cao et al method which measures antioxidants scavenging activity against peroxyl radical induced by fluorescein (FL) (3',6'-dihydroxy spiro[isobenzofuran-1[3H],9'[9H]-xanthen]-3-one) as the fluorescent probe. The FL oxidized products induced by peroxyl radical have been identified by LC/MS, and the reaction mechanism was determined to proceed as a classic hydrogen atom transfer (HAT) mechanism. Unlike other popular antioxidant activity methods, the improved $ORAC_{FL}$ assay provides a direct measure of hydrophilic chain-breaking antioxidant capacity against peroyl radical. (Ou *et al.* 2001). This study was analyzed at Food and Nutrition Laboratory, Institute of Nutrition, Mahidol University.

Process conditions and shelf life study

pH conditions

Mangosteen juice was prepared from white pulp, the seed was separated, used only juice and pulp mixed together by colloid miller. The juice is 96% mixed with 4% mangosteen rind extracted solution. Divided the juice to 10 parts, each part was 100kg. First part used as control prepared by heating at 72°C degree 5 minutes with added sodium sorbate 0.04 % (400 ppm), and divided into 6 groups of package to test the shelf life of those antioxidants. The other 9 parts were adjusted pH by citric acid to 3 levels, 3.0, 3.5 and 4.0 respectively, each pH adjusted in 3 parts of mangosteen juice.

Temperature conditions

After adjusted pH of mangosteen juice by citric acid to 3 levels, each pH juice was heat in different temperature at 105, 110 and 115°C degree by plate heat exchanger instrument. Samples from each temperature were divided into 6 groups to test ORAC shelf life.

Shelf life study

After prepared the juices by different pH and heated in different level, the juices were keeping for ORAC shelf life study at 0, 4, 8 and 12 months.

Experimental design and statistics methods

Study of anthocyanin, polyphenol and ORAC content in different mangosteen ripe level was experiment designed by CRD (complete randomized design) method one way ANOVA was used for determination of differences between

International Journal of Agricultural Technology 2017 Vol. 13(7.1): 1403-1412

mangosteen ripe level and process with SPSS V.14.0. The Duncan multiple range test was used to compare means value. A probability level of $p \leq 0.05$ was considered as significant. Study of process conditions on ORAC value was used in experiment of factorial in CRD method mixed conditions were 9 treatments from main factors pH and temperature, pH were used 3.0, 3.5 and 4.0 and temperature were used 105, 110 and 115°C degree. Effect of conditions on ORAC value was determined by 1 way ANOVA from main factors, and interaction factor. Any interaction contrast will be written as a linear.

Results and Discussion

Total anthocyanin, polyphenol and ORAC value in different freshness and ripe level, dried mangosteen rinds were extracted from outer and inner part of shell. The total polyphenol, anthocyanin and ORAC content in each ripe level are showed in table 1

Table 1 The total polyphenol, total anthocyanin and total ORAC content in different mangosteen ripe level.

Mangosteen rind extracted	Total anthocyanin mg/100g	Total polyphenol (mg eq GA)/100g	Total ORAC (μmole TE/100ml)
Fresh rind extracted			
Ripe in level 4	4.06±0.17^{a}	632.73±21.14^{a}	17,063.36±883.25^{a}
Ripe in level 5	4.04±0.24^{a}	683.58±29.63^{b}	20,958.61±725.08^{b}
Ripe in level 6	5.09±0.18^{b}	707.39±29.73^{b}	24,744.65±787.78^{c}
Dried rind extracted			
Ripe in level 4	1.10±0.10^{c}	922.87±6.11^{b}	23,550.05±690.88^{a}
Ripe in level 5	0.99±0.03^{b}	101.03±42.95^{c}	26,634.41±1132.74^{b}
Ripe in level 6	0.17±0.10^{a}	798.37±6.97^{a}	33,802.96±1,374.38^{c}

Total anthocyanin

Anthocyanin in different freshness of rinds 4, 5 and 6 ripe levels extracted were 4.06 ± 0.17, 4.04 ± 0.24 and 5.09 ± 0.18 mg/100g. respectively and significant difference ($p<0.05$) (Table 1). The trend of anthocyanin was increasing when the rind was riper. Dried extracted, total anthocyanin were 1.10 ± 0.1, 0.99 ± 0.03 and 0.17±0.1 mg/100g respectively and significant difference ($p<0.05$). It was decreased when the rind was riper. Heat in dried rind process destroyed anthocyanin content. Anthocyanin from mangosteen fruit is use fresh rind for extraction better than using dried rind.

Total polyphenol

Polyphenol in table 1 are showed that fresh rind extracted the polyphenol content were 632.73±21.14, 683.58±29.63, and 707.39±29.73 (mg eq GA/100g) in 4, 5 and 6 fruit ripe level respectively. The content in each ripe has significant difference ($p<0.05$). Polyphenol was higher when the fruit was riper. In dried rind, polyphenol were 922.87 ± 6.11, 1010.03 ± 42.95 and 798.37 ±6.97 (mg eq GA/100g) in 4, 5 and 6 fruit ripe level. The content was higher than fresh rinds extract (W/W). Total polyphenol in mangosteen ripe level 5 was strong with other level and significant difference ($p<0.05$). The polyphenol from mangosteen fruit was found in dried rind, this research has confirmed that whether needed to extract the antioxidants from mangosteen fruits, the dried rind is good chance for user because the polyphenol antioxidants are still consist and easier to storage.

Total ORAC content

ORAC content in fresh rind 4, 5 and 6 ripe levels extracted were 17,063.36 ±883.25, 20,958.61±725.08 and 24,744.65±787.78 μmoles TE/100 ml respectively and significant difference ($p<0.05$). The trend of ORAC was increasing when the rind becomes riper. In dried rind extracts, the rind ORAC content were 23,550.05± 690.88, 26,634.41± 1132.74 and 33,802.96± 1374.38 μmoles TE/100 ml. and significant difference ($p<0.05$). It was increasing when the fruit was riper. This result has shown that the total antioxidants are depending on the ripeness of fruits. In commercial antioxidant extraction is possible to use the most ripest of fruits and it is easier for user to select the fruits for extraction because the color of fruits is most purple-dark color. In dried rind extracted the most ORAC value of this research is depending on polyphenol and xanthones content it is not depending on anthocyanin because anthocyanin will be decreasing when the fruit was riper.

Effect of process conditions and shelf life

pH and temperature conditions on ORAC value

Table 2 the mangosteen juice was added 4% of rind extracted before pH adjusting and heating process. Process of this study was used plate heat exchanger method. The ORAC value was start at 2,386.69±80.87 μmole TE/100ml and reduced to 2,183.55±51.47, after treated by process conditions.

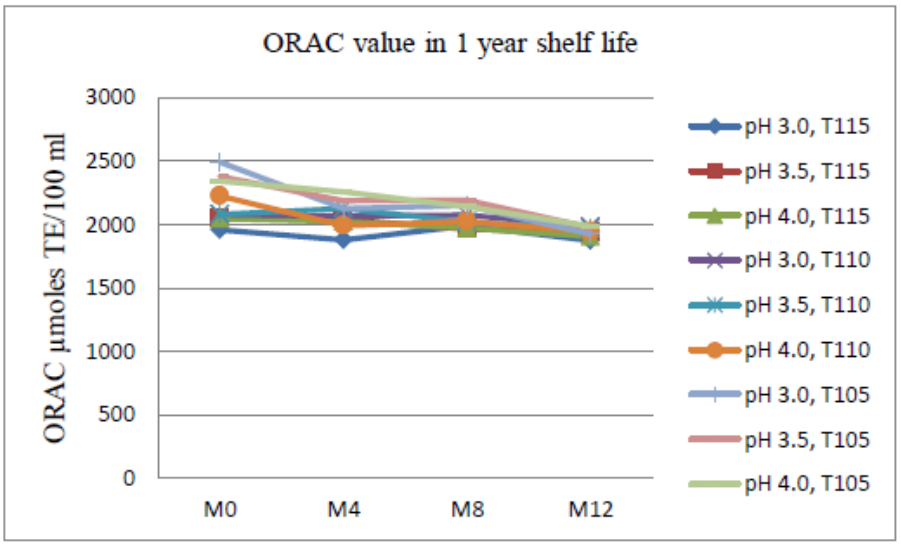
International Journal of Agricultural Technology 2017 Vol. 13(7.1): 1403-1412

Table 2 ANOVA of main factors, temperature and pH affected on ORAC content after process.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Corrected Model	2434411.471(a)	8	304301.434	1.522	.218
Temp	2338866.435	2	1169433.218	5.851	.011*
pH	17015.462	2	8507.731	.043	.958
Temp * pH	78529.574	4	19632.394	.098	.982
Error	3597813.770	18	199878.543		
Total	139481494.876	27			

Effect of process conditions, main factor temperature was influented to ORAC content ($p<0.05$) after process. pH and interaction factors pH and temperature were not influentened to ORAC content value. In this result showed that the ORAC was strong in pH but varies with temperature. When treated high temperature ORAC value will be loosing more. Heating has a varied effect on several products depending on heating temperature. Sterilization reduced total phenolic, procyanidin monomer, dimer, trimer, tetramer, pentamer, and hexamer of canned peach and Brownmiller *et al* (2008) report that thermal processing resulted in marked losses in total anthocyanins (28% to 59%) and $ORAC_{FL}$ values (43% to 71%) in all products, with the greatest losses occurring in clarified juices and the least in non-clarified juices. Patrasa *et al* (2010) found that anthocyanin pigments readily degrade during thermal processing which can have a dramatic impact on colour quality and may also affect nutritional properties. This review attempts to summarize some important aspects of anthocyanin degradation during thermal processing. Conclusions regarding the mechanisms and kinetics of anthocyanin degradation during heat treatment are postulated based on current findings. Luke (2012) report that the steps in processing where significant losses of polyphenols occur, anthocyanins and procyanidins are also degraded in processed products stored at ambient temperature with losses accompanied by increased polymeric pigments (PPs). Elizabeth (2006) was studied the effects of processing on hydrophilic antioxidant capacity of black beans and found that there was a significant effect of thermal processing black beans at 110° C for 10 and 30 min. Compared to uncooked beans (229.18 µmol TE/g), there was a decreased of 91% in antioxidant capacity for cooked beans (19.13 µmol TE/g). Junpatiw *et al* (2017) study heat teatment on purple vegetable antioxidant and found that the anthocyanin contents were decreased in steaming with water vapor and boiling in water at 98-100°C treatments more than uncooked samples. The anthocyanin contents decreasing percentage in boiling method were higher than steaming.

The decreasing percentage in boiling and streaming at 14.69 and 4.14 % were found in purple sweet potatoes, 72.65 and 71.98 % in purple eggplants and 18.89 and 4.47 % in purple cabbages, respectively.



Figue 1 ORAC value in 1 year shelf life in each process conditions. (M0-M12 are the month were storing)

Effect of Shelf life on ORAC value

Shelf life of supplement mangosteen juice in each 9 conditions was stored at room temperature and test ORAC value at 0, 4 8 and 12 months after process. The ORAC value was started at 2,386.69±80.87 μmole TE/100ml before process; every condition was slightly reduced after process and more shelf life storage. The average of ORAC value in each month was decreased to 2,183.55±51.47, 2,077.74±12.87, 2,057.05+49.64 and 1,945.58+10.98 or decreased from 100% before process to 91.49% 87.05% 86.21% and 81.52% after process at 0, 4, 8 and 12 months shelf life respectively. This result is consistent with Brownmiller *et al.* (2008) The $ORAC_{FL}$ values showed little change during storage, indicating that the formation of polymers compensated for the loss of antioxidant capacity due to anthocyanin degradation. Methods are needed to retain anthocyanins in thermally processed blueberries. Wang *et al* (2004) report that the antioxidant capacity of honeys was reduced after 6 months of storage with no impact of storage temperature or container type detected at the end point of the storage period. Thankkar (2012) was studied effect of processing on the antioxidant activity and other quality parameter of

International Journal of Agricultural Technology 2017 Vol. 13(7.1): 1403-1412

muscadine grape juice, the results showed no significant change in total phenolics and ORAC after process but during storage, total phenolics and ORAC value decreased with time. Junpatiw *et al* (2017) study shelf life of antioxidant on purple vegetable and found that the storing of purple vegetables in various temperatures found that the decreasing of anthocyanin contents in 10 and 15 °C treatments were lower than stored at room temperature.

Summary

The total antioxidants; anthocyanin, polyphenol and ORAC value are increase when fresh mangosteen fruits are riper. In dried mangosteen rind extracted the total antioxidants were increasing varies with higher ripe only anthocyanin decreased when the rind become riper.

The effect of process conditions found that temperature was influented to ORAC value; it was reduced when used high temperature. But it was stronger in pH and interaction of pH and temperature.

Shelf life of supplement mangosteen juice will affected to ORAC value changing. The ORAC will be decreased when shelf life storage is longer.

Reference

Balasundram, N., Sundram, K. and Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry. (99);91-203.

Brownmiller, C., Howard, L.R., Prior, R.L. (2008). Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blueberry products.J. Food Sci.73(5):H72-9.

Davalos, A., Bartolome, B. and Gomez-Cordoves, C. (2005). Antioxidant properties of commercial grape juices and vinegar. Food Chemistry. (93);325-330.

Di-ngam, T. (2009). Antioxidant activity in Thai fruit extracts to inhibit protein oxidation catalyzed by Cu2 +/H2O2 and induction with high concentration of glucose. Bull Chiang Mai Assoc Med Sci. (42); 129.

Du, F. and Francis. (1977). Anthocyanins of mangosteen, Garcinia mangostana-Journal of food science, - Wiley Online Library.

Elizabeth, R. and Elizabeth, R. McGee (2006). The Effects of Processing on Hydrophilic Antioxidant Capacity of Black Beans. A Thesis Presented for the Master of Science Degree The University of Tennessee, Knoxville.

Junpatiw, A., Mitmungkorn, Y and Montri, N. (2017). Effects of heat and storage treatments on the anthocyanin contents in selected purplevegetables. KHON KAEN AGR. J. (1);1278-1282.

Karakaya, S., EI, S.N. and Tas, A.A. (2001). Antioxiant activity of some foods containing phenolic compounds. International Journal of Food Sciences and Nutrition. (52); 501-508.

Limpisathian, P. (2008). Mangosteen processing development for the industry. Newsletter-Advance in Agricultural Research and Development. Bangkok: Thailand Department of Agriculture.

Luke R. Howard, Ronald L. Prior, Rohana, L., and Jackson O. Lay. (2012). Processing and Storage Effect on Berry Polyphenols: Challenges and Implications for Bioactive Properties. J. Agric. Food Chem.60 (27); 6678–6693.

Mahabusarakam, W., Wiriyachitra P. and Taylor W.C. (1987). Chemical constituents of Garcinia mangostana. Journal of Natural Products. 50(3); 474–478.

Ou, B. Maureen Hampsch-Woodill and Ronald, L. Prior. (2001). Development and Validation of an Improved Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay Using Fluorescein as the Fluorescent. J.Agri.Food Chem. (49); 4619-4626.

Patrasa, A., Nigel, P., Bruntona, C., Donnell B. and Tiwarib K. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. Trends in Food Science & Technology. (21); 3-11.

Robards, K., Prenzler, P.D., Tucker G, and Swatsitang, P. (1999). Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. Food Chemistry. (66); 401-436.

Rossi, M., Giussani, E., Morelli, R., Lo Scalzo, R., Nani., R.C. and Torreggiani, D. (2003). Effect of fruit blanching on phenolics and radical scavenging activity of highbush blueberry juice. Food Research International. (36); 99-106.

Sakagami, Y., Iinuma, M., Piyasena, K.G, (2005). Dharmaratne, H.R. Antibacterial Activity of alpha-mangostin against vancomycin resistant Enterococci (VRE) and synergism with antibiotics. Hytomedicine. (12); 203-8.

Sikhamchum, M. (2009). Effect of mangosteen extract on Wilms' tumor gene and protein expression Master of Science Program in Medical Technology.Chiang Mai: Chiang Mai University.

Suksamrarn, S., Suwannapoch, N., Ratananukul, P., Aroonlerk, N., and Suksamrarn, A. (2002). Xanthones from the green fruit hulls of Garcinia mangostana. J. Nat Prod. (65); 761-3.

Sukma, M.,Tohda, M., Suksamran, S., Tantisira B. (2011). Gamma-Mangostin Increases serotonin 2A/2C, muscarinic, histamine and bradykinin receptor mRNA expression. J Ethnopharmacol. (135);450-4.

Thankkar, S.D. (2012). Study effect of processing on the antioxidant activity and other quality parameter of muscadine grape juice. A thesis submitted to the Graduate School-New Brunswick Rutgers, The State University of New Jersey.

Wang, X. H., Gheldof, N., ENGESETH N. J. (2004). Effect of Processing and Storage on Antioxidant Capacity of Honey. Journal of Food Science, –Wiley Online Library.

(Received: 20 October 2017; accepted: 25 November 2017)

งาน Proceeding

1. งานประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 17 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ความคาดหวังของผู้บริโภคต่อการตลาดและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด..... 2371

ความคาดหวังของผู้บริโภคต่อการตลาดและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด
The Expectation of Customer in Market and Supplement Mangosteen Juice

เดือนรุ่ง เบญจมาศ[1] จตุรภัทร วาฤทธิ์[2] ชลินดา อริยเดช[3] และ ภูษณิศา เตชเถกิง[4]

Duanrung Benjamas[1], Jaturapatr Varith[2], Chalinda Ariyadet[3] and Pusanisa Thechatakerng[4]

บทคัดย่อ

ศึกษาความคาดหวังของผู้บริโภคต่อการตลาดและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด จากผู้จัดจำหน่ายน้ำมังคุดจำนวน 59 ราย โดยใช้แนวคิดส่วนประสมทางการตลาด 7Ps ด้วยแบบสอบถาม เพื่อค้นหาความสำคัญสูงสุดในแต่ละด้านเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการตลาดในอนาคต ผลการสำรวจความคาดหวังของผู้บริโภคทั้ง 7 ด้านพบว่า 1) ด้านผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคให้ความคาดหวังด้านคุณภาพและด้านคุณประโยชน์สูงที่สุดเท่ากันที่ระดับ 4.24 2) ด้านราคา ผู้บริโภคคาดหวังว่าราคาเหมาะสมเมื่อเทียบกับคู่แข่งสูงที่สุดที่ระดับ 4.12 3) ด้านสถานที่ คาดหวังว่าจำหน่ายผ่านบุคคลที่น่าเชื่อถือสูงที่สุดที่ระดับ 4.21 4) ด้านส่งเสริมการตลาดเห็นว่าควรมีรีวิวจากลูกค้ามาก่อนสูงที่สุดที่ระดับ 4.24 5) ด้านบุคลากร คาดหวังว่าผู้จำหน่ายรู้รายละเอียดสินค้าได้ดีสูงที่สุดที่ระดับ 4.22 6) ด้านกระบวนการ คาดหวังว่าจะส่งมอบสินค้าอย่างรวดเร็วสูงที่สุดที่ระดับ 4.24 และ 7) ด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ คาดหวังว่าสินค้าควรจำหน่ายในร้านที่สะอาดเชื่อถือได้สูงที่สุดที่ระดับ 4.22

คำสำคัญ: ความคาดหวังของผู้บริโภค อาหารเสริม น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ

Abstract

To study consumer expectations for marketing and supplements mangosteen juice product. The respondents were mangosteen juice suppliers 59 cases. Used the concept of the marketing mix for the 7Ps to survey respondents to find the best condition in each market mixed for market and product development in future. The results of the survey of consumer expectations in all 7Ps market mixed found that 1) Products, consumers gave the same high expectations of quality and properties at the level of 4.24. 2) In terms of price, consumers expected that they should not differ from other brands, the highest at level 4.12. 3) Location, the product should be sold through the trustworthy person at the level of 4.21.

---

[1] (ภาษาไทย) สาขาวิชาสหวิทยาการเกษตร คณะคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
(ภาษาอังกฤษ) Program in Agricultural Interdisciplinary, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University.

[2] (ภาษาไทย) สาขาวิชาสหวิทยาการเกษตร คณะคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
(ภาษาอังกฤษ) Food Engineering Program, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University.

[3] (ภาษาไทย) สาขาวิชาสหวิทยาการเกษตร คณะคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
(ภาษาอังกฤษ) Program in Agricultural Interdisciplinary, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University.

[4] (ภาษาไทย) สาขาวิชาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
(ภาษาอังกฤษ) Business Administration Program, Faculty of Business Administration, Maejo University.

4) Marketing promotion, considered that there should have the review from other customer at level 4.24. 5) Personnel expects dealers to have the best product description recommendations at level 4.22. 6) Process aspect expects to deliver product as quickly as possible at level 4.24. and 7) Physical environment, expect to sale in clean shop and reliable at level 4.22.

Keyword: Expectations of customer, Supplement, Mangosteen juice for health

คำนำ

ตลาดอาหารเสริมประกอบไปด้วย ตลาดอาหารเสริมสุขภาพและรักษาโรค ตลาดอาหารเสริมความงาม และตลาดอาหารเสริมเพิ่มสมรรถภาพทางร่างกาย โดยปัจจุบันตลาดอาหารเสริมความงามในไทยมีมูลค่าราว 1.4 หมื่นล้านบาท หรือคิดเป็นสัดส่วน 21% ของมูลค่าตลาดอาหารเสริมทั้งหมด ทั้งนี้ ในช่วงปี 2011-2015 ตลาดนี้มีการเติบโตโดดเด่นซึ่งมีอัตราเติบโตเฉลี่ยสะสมสูงถึง 12% ต่อปีโดยมีสินค้าขายดีอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์บำรุงผิว และผลิตภัณฑ์ลดน้ำหนัก อย่างไรก็ตาม คาดการณ์ว่าการเติบโตเฉลี่ยของตลาดนี้มีแนวโน้มจะลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2016-2017 จะลดลงเหลือเพียง 8-9% ต่อปีเท่านั้น แต่แนวโน้นอาหารเสริมเพื่อสุขภาพและยารักษาโรคได้ขยายตัวอย่างต่อเนื่องและขยายได้อีกในอนาคต (นริศร์ธร ตุลาผล, 2016) อาหารและเครื่องดื่มเสริมสุขภาพ เป็นกลุ่มสินค้าที่มีอิทธิพลในตลาดปัจจุบัน เนื่องจากผู้บริโภคมีการศึกษาและมีรายได้ เพิ่มมากขึ้น ประกอบกับปัจจุบันประชากรของโลกมีแนวโน้นเข้าสู่วัยผู้สูงอายุมากขึ้น ค่าเฉลี่ยอายุของประชากรเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ และเริ่มเจ็บป่วย ผู้บริโภคจึงหันมาดูแลสุขภาพ สรรหาสิ่งที่ดีกว่าและทางเลือกที่มากกว่าในการตอบสนองความต้องการที่เฉพาะเจาะจงของตนเองอยู่เสมอ ไม่ว่าจะเป็นอาหารและเครื่องดื่มที่ช่วยส่งเสริมการทำงานของสมองและร่างกาย การเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน และการเสริมความงาม ในปี 2014 พบว่าตลาดอาหารเสริมของโลก มีมูลค่า 54 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ เพิ่มขึ้น 25% จากปีก่อนหน้า ตลาดใหญ่ที่สุดคือญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา (พริมา อัครยุทธ, 2015) สำหรับประเทศไทยแนวโน้นตลาดอาหารเสริมได้ขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ในปี 2516-2517 ขยายตัวสูงถึง 11% ในการขยายตัวทั้งหมดกลุ่มเสริมสุขภาพและยารักษาโรคขยายตัวได้ดีที่สุดถึง 78% (นริศร์ธร ตุลาผล, 2016) ในกลุ่มตลาดน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพที่เป็นอาหารเสริมได้เกิดขึ้นในตลาดโลกเมื่อประมาณ 20 ปีก่อน โดยตลาดได้เริ่มที่ทวีปอเมริกา ยุโรป และได้กระจายไปทั่วโลก การตลาดน้ำมังคุดได้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

อาหารเสริมสุขภาพ ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา กลุ่มผู้บริโภคทั่วไปมีความใส่ใจและดูแลสุขภาพเพิ่มมากขึ้น โดยกลุ่มธุรกิจร้านค้าอาหารจากธรรมชาติและอาหารออร์แกนิก เช่น whole food market ที่ประสบความสำเร็จเป็นอย่างมากสามารถบ่งชี้ถึงศักยภาพการเติบโตของธุรกิจอาหารเพื่อสุขภาพและกำลังซื้อของผู้บริโภคในกลุ่มดังกล่าว ประเภทอาหารในกลุ่มนี้รวมถึงอาหารออร์แกนิก ผลิตภัณฑ์อาหารปราศจากกลูเตนและแลคโตส รวมทั้งอาหารที่มีสัดส่วนของน้ำตาลและไขมันต่ำ

น้ำมังคุดเพื่อสุขภาพจัดเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (dietary supplements หรือ food supplements หรือ nutritional supplements) ซึ่งอาหารกลุ่มนี้ในทางเภสัชกรรมหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ใช้รับประทานนอกเหนือจากการรับประทานอาหารตามปกติ โดยจะมีส่วนประกอบของสารอาหาร และอาจมีส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น เอนไซม์ หรือ ใยอาหาร มากกว่าอาหารที่บริโภคตามปกติ (Directive 2002/46/EC) ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับบุคคลทั่วไปที่ต้องการดูแลสุขภาพ ไม่ใช่ผู้ป่วย (ดารณี หมู่ขจรพันธ์, 2008) ตลาด

ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารประกอบไปด้วยตลาดอาหารเสริมสุขภาพและรักษาโรค ตลาดอาหารเสริมความงาม และตลาดอาหารเสริมเพิ่มสมรรถภาพทางร่างกาย และพบว่าแนวโน้นอาหารเสริมเพื่อสุขภาพและยารักษาโรคได้ขยายตัวอย่างต่อเนื่องและขยายได้อีกในอนาคต (นริศร์ธร ตุลาผล, 2016) ตลาดสินค้าประเภทนี้ที่ใหญ่ที่สุดคือญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา ซึ่งส่วนหนึ่งเนื่องจากผู้บริโภคมีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ประเภทนี้และมีกำลังซื้อมากกว่าผู้บริโภคในประเทศกำลังพัฒนา (พริมา อัครยุทธ, 2015) ปัจจุบันกระแสเรื่องผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเข้าสู่การแข่งขันของธุรกิจอาหารและเครื่องดื่มอย่างรุนแรง ซึ่งจุดขายหลักคือ การนำเสนอความเป็นธรรมชาติ ผลประโยชน์ด้านสุขภาพ ป้องกันโรคต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการชะลอความชรา และสุดท้ายหาซื้อได้สะดวกรับประทาน หรือดื่มได้ทันที (สารอาหารแห่งอนาคต, 2552)

มังคุด (Mangosteen: Garcinia mangostana Linn.) จัดอยู่ในวงศ์ Clusiaceae (Anonymous, 2006) มีกลีบดอกอยู่ภายในและมีการขยายพันธ์โดยการใช้เมล็ด (Jindarat, 2014) มีพื้นที่เพาะปลูกหลายจังหวัดในประเทศไทย ทั้งภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ รวมกันในปี 2559 จำนวน 447,945 ไร่ ให้ผลผลิตแล้ว 419,245 ไร่ ปริมาณผลผลิตรวม 187,755 ตัน มีมูลค่าทางการตลาดรวมกัน 6,249 ล้านบาท (จริยา สุทธิไชยา, 2560) เป็นที่รู้จักกันในนาม “ราชินีผลไม้” ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญสูง อุดมไปด้วยวิตามิน C, E, folate, calcium, potassium และ magnesium ปัจจุบันผู้ผลิตเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดได้ให้ความสนใจนำสารสกัดจากเปลือกมังคุดไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น สบู่เปลือกมังคุด ช่วยบรรเทาโรคผิวหนัง รักษาสิวฝ้า เพราะเปลือกมังคุดมีสรรพคุณในการสมานแผล ช่วยให้แผลหาเร็ว เช่น ใช้รักษาบาดแผลผุพอง แผลเน่าเปื่อย แผลเป็นหนอง โดยการใช้เปลือกมังคุดฝนกับน้ำปูนใสทาบริเวณแผล น้ำต้มเปลือกมังคุดแห้งต้มน้ำล้างแผลใช้แทนการด้วยน้ำยาล้างแผลหรือด่างทับทิมได้ด้วย เพราะเปลือกมังคุดนี้มีสารแทนนิน (tannin) และสารแซนโทน (xanthones) ที่มีชื่อเรียกเฉพาะชื่อเดียวกับมังคุดว่า สารแมงโกสติน (mangostin) สารแทนนินมีฤทธิ์สมานแผลช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น สารแมงโกสตินมีฤทธิ์ช่วยลดอาการอักเสบ และต้านเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดหนอง สารแซนโทนในเปลือกมังคุดยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคผิวหนังและกลากได้

การนำมังคุดไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์มีมาตั้งแต่สมัยโบราณโดยเฉพาะแพทย์แผนไทย ที่ได้นำเปลือกมังคุดไปรักษาผู้ป่วยท้องเสีย และรักษาโรคผิวหนัง เนื่องจากมังคุดเป็นผลไม้ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง สารแทนนิน (tannin) และสารแซนโทน (xanthones) ที่ประกอบด้วยอนุพันธ์ต่าง ๆ เช่น สารอัลฟา เบต้า และแกรมมาแมงโกสทิน (alpha-, beta- and gramma-mangostin) สารเหล่านี้จะเป็นสารหลักในการออกฤทธิ์ต้านการอักเสบ ต้านแบคทีเรียดื้อยา และต้านแบคทีเรียอื่น ๆ เช่น *Staphyrococus aureus*, *S. epiermidis* และ *Propionibacterium acnes* เป็นต้น นอกจากนี้สาร alpha mangostin ยังยับยั้งสารที่เป็นตัวชักนำที่ทำให้เกิดแผลอักเสบในหนูที่เลี้ยงลูกด้วยนม (Jung et al, 2006) ป้องกันการเจ็บป่วย และออกฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็ง (Akao et al, 2008) ในส่วนของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีผลต่อคุณภาพกลุ่มอาหารเสริมส่วนใหญ่ที่พบในมังคุดหลักๆ คือสารแซนโทน (xanthones) แอนโธไซยานิน (anthocyanin) และกลุ่มโพลีฟีนอล (poly phenol) จึงได้มีการนำเปลือกมังคุดไปสกัดเอาสารเหล่านี้ไปเป็นส่วนผสมทำเป็นอาหารเสริม และเครื่องสำอางอย่างกว้างขวาง เพื่อจำหน่ายในตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ

คุณค่าของน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพส่วนใหญ่มาจากการสกัดเอาสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกมังคุดทั้งเปลือกในและเปลือกด้านนอกที่มีสารต้านอนุมูลอิสระรวม (ORAC; Oxygen Radical Absorbance Capacity) สูง (Jindarat, 2014) เติมลงไป น้ำมังคุดจึงมีจุดขายในเรื่องความเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงตามไปด้วย ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระนี้มีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระหรือของเสียที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย (Arend et al, 2017; Aaby et al, 2012) มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ป้องกันสารก่อมะเร็ง มีฤทธิ์ยับยั้งการกลายพันธุ์ ช่วยปกป้องระบบหัวใจและหลอดเลือด ช่วยปกป้องระบบประสาทส่วนกลางและลดเบาหวานชนิดที่ 2 (Beaulieu and Obando-Ulloa, 2017; Basu and Penugonda, 2009; Johanningsmeier and Harris, 2011)

อย่างไรก็ดีน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพมีการจำหน่ายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศมาอย่างต่อเนื่องกว่า 20 ปีมาแล้ว เวลาการจำหน่ายที่นานขึ้นมีผลต่อยอดจำหน่ายที่ลดลงตามวงจรชีวิตของสินค้า ประกอบกับคู่แข่งทางการตลาดที่เพิ่มมากขึ้นทำให้สินค้ามีการเลียนแบบกันจนสินค้าขาดจุดเด่น ประกอบกับการจำหน่ายน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ เป็นการทำการตลาดแบบทำตามกัน โดยเฉพาะในต่างประเทศจะพบแต่การจำหน่ายในระบบเอ็มแอลเอ็ม หรือระบบเครือข่าย ทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้อยในตลาด ไม่หลากหลาย ทั้ง ๆ ที่มังคุดมีจุดเด่นในความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูง ผลิตภัณฑ์ตัวนี้น่าจะหลากหลายด้านผลิตภัณฑ์และตลาดมากกว่านี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาความคาดหวังของผู้บริโภคผ่านผู้จัดจำหน่ายที่มีประสบการณ์จำหน่ายน้ำมังคุดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศด้วยแนวความคิดของส่วนประสมทางการตลาด 7Ps ที่สามารถออกแบบสอบถามได้ครอบคลุมทั้งด้านผลิตภัณฑ์และการตลาด เพื่อนำข้อมูลนี้เป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการตลาดของน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพให้กับผู้ประกอบการในประเทศและต่างประเทศในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความคาดหวังของผู้บริโภคต่อการตลาดและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด ด้วยส่วนประสมทางการตลาด 7Ps และค้นหาความสำคัญสูงสุดของแต่ละด้านของส่วนประสมทางการตลาด ไว้เป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการตลาดในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) โดยสำรวจแนวคิดของผู้บริโภคด้านความคาดหวังในเรื่องผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด และการตลาดด้วยแบบสอบถาม ประชากร คือ เป็นผู้ค้าส่งผู้ส่งออก และผู้จัดจำหน่ายน้ำมังคุดในประเทศ จำนวนทั้งสิ้น 59 ราย เนื่องจากมีประสบการณ์ตรงในการติดต่อประสานงาน และสัมผัสกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ คือ แบบสอบถาม ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคล ส่วนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์และกลยุทธ์การตลาดของน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ 7P's ในส่วนนี้มีข้อคำถามเป็นลักษณะมาตรวัดแบบระดับคะแนนลิเกิร์ท 5 ระดับ และส่วนที่ 3 เป็นการแสดงความคิดเห็นของผู้บริโภคเพิ่มเติม

การเก็บข้อมูล

1. ใช้แบบสอบถามออนไลน์กูเกิลฟอร์ม (google form)
2. ใช้แบบสอบถามออฟไลน์ หรือชุดแบบสอบถามเป็นเอกสาร

การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

รวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามเป็นความถี่และเป็นคะแนนเฉลี่ย เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมาน โดยใช้การแจกแจงความถี่ค่าร้อยละเพื่ออธิบายคุณลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถาม และใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ด้วยวิธี One-Sample T-Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เพื่ออธิบายความคาดหวังของผู้บริโภคด้วยช่วงคะแนนลิเคิร์ท (Likert scores)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการวิจัยเชิงปริมาณเพื่อสำรวจความคาดหวังของผู้บริโภคต่อการตลาดและผลิตภัณฑ์อาหารเสริมน้ำมังคุด ได้แยกรายงานผลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) ข้อมูลส่วนบุคคล และ 2) ข้อมูลความคาดหวังของผู้บริโภคเป็นคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ผลข้อมูลส่วนบุคคล

ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดมีจำนวน 59 คนเป็นชาย 32 คน คิดเป็นร้อยละ 54 และเป็นหญิง 27 คน คิดเป็นร้อยละ 46 อายุผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อายุอยู่ในช่วง 30-40 ปีร้อยละ 30 รองลงมาอายุเกิน 50 ปี ร้อยละ 25 ตามด้วยอายุช่วงต่ำกว่า 30 ปีร้อยละ 23 และอายุช่วง 40-50 ปี ร้อยละ 22 การศึกษาส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 56 จบสูงกว่าปริญญาตรีร้อยละ 23 และต่ำกว่าปริญญาตรีร้อยละ 21 รายได้ของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่า รายได้ส่วนใหญ่มากกว่า 6.0 แสนบาทต่อปีร้อยละ 37 รายได้ 3.0-6.0 แสนบาทร้อยละ 37 รายได้ 1.5-3.0 แสนบาทร้อยละ 24 และรายได้ต่ำกว่า 1.5 แสนบาทร้อยละ 4 อาชีพของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่าส่วนใหญ่เป็นเจ้าของธุรกิจเองร้อยละ 62 ทำงานส่วนตัวร้อยละ 20 เป็นลูกจ้างบริษัทร้อยละ 9 และทำงานในระบบราชการร้อยละ 9

ผลข้อมูลข้อมูลความคาดหวังของผู้บริโภค

ผลข้อมูลความคาดหวังของผู้บริโภคที่มีต่อการตลาดและการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพน้ำมังคุดมีรายละเอียดตามส่วนประสมทางการตลาด 7 ข้อ ดังนี้

ตารางที่ 1 ความคาดหวังของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

ลำดับ	ความคาดหวัง	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)	การแปลผล
1	ด้านรสชาติ	3.98	0.99	คาดหวังมาก
2	ความหลากหลายของสินค้า	3.81	0.99	คาดหวังมาก
3	ตราสินค้า	3.73	1.08	คาดหวังมาก
4	คุณภาพของสินค้า	4.24	0.97	คาดหวังมากที่สุด
5	การมีชื่อเสียงและภาพลักษณ์ของแบรนด์	3.92	1.05	คาดหวังมาก
6	สรรพคุณ หรือคุณประโยชน์	4.24	0.95	คาดหวังมากที่สุด
7	รายละเอียดของสินค้า	4.05	0.94	คาดหวังมาก
8	ภาชนะบรรจุ	3.98	1.03	คาดหวังมาก
9	กระแสของตลาด	3.66	1.08	คาดหวังมาก

ด้านผลิตภัณฑ์

ด้านผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด พบว่าระดับความคาดหวังผู้บริโภคต่อคุณภาพของสินค้า และสรรพคุณหรือคุณประโยชน์ของสินค้าสูงที่สุดที่ระดับ 4.24 เท่ากัน ซึ่งเป็นระดับที่คาดหวังมากที่สุด ตามด้วยคาดหวังถึงรายละเอียดของสินค้าที่ระดับ 4.05 ซึ่งเป็นระดับที่คาดหวังมาก แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุดด้านคุณภาพของสินค้าและคุณประโยชน์ที่จะได้รับจากการบริโภคมากกว่าด้านอื่น ๆ โดยทั้ง 3 ข้อมีระดับคะแนนความคาดหวังไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กัญญ์พิชา วรไพสิฐกุล (2560) ที่พบว่าระดับความคาดหวังผู้บริโภคต่อคุณภาพของสินค้า และสรรพคุณหรือคุณประโยชน์ของสินค้าสูงที่สุดในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มพร้อมดื่มที่ช่วยควบคุมน้ำหนัก

ตารางที่ 2 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านราคาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

ลำดับ	ความคาดหวัง	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)	การแปลผล
1	ติดราคาบอกชัดเจน	3.59	1.00	คาดหวังมาก
2	ราคาสัมพันธ์กับปริมาณ	3.76	0.95	คาดหวังมาก
3	แนะนำราคาโดยผู้จัดจำหน่าย	3.78	1.04	คาดหวังมาก
4	ราคาเหมาะสมเมื่อเทียบกับคุณภาพ	4.03	0.96	คาดหวังมาก
5	ราคาที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับคู่แข่ง	4.12	1.00	คาดหวังมาก

ด้านราคา

ด้านราคาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับราคาสินค้าที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับคู่แข่งสูงที่สุดที่ระดับ 4.12 ตามด้วยราคาเหมาะสมเมื่อเทียบกับคุณภาพที่ระดับ 4.03 และควรมีการ

แนะนำราคาโดยผู้จัดจำหน่ายที่ระดับ 3.78 ตามลำดับ โดยความคาดหวังทั้ง 3 ข้อนั้นอยู่ในระดับความคาดหวังมาก ซึ่งระดับคะแนนความคาดหวังไม่แตกต่างกันมาก (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 3 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านสถานที่จัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

ลำดับ	ความคาดหวัง	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)	การแปลผล
1	มีที่จอดรถ	3.56	1.13	คาดหวังมาก
2	ใกล้ที่ทำงานหรือที่พักอาศัย	3.68	1.15	คาดหวังมาก
3	ง่ายต่อการเดินทาง	3.77	1.04	คาดหวังมาก
4	จำหน่ายในเวปไซด์ หรือเพจเฟสบุ๊ก	3.89	0.93	คาดหวังมาก
5	จำหน่ายในสถานที่ที่น่าเชื่อถือ	3.95	1.01	คาดหวังมาก
6	จำหน่ายผ่านคนที่น่าเชื่อถือ	4.21	0.90	คาดหวังมากที่สุด
7	จำหน่ายออนไลน์	4.10	1.05	คาดหวังมาก
8	จำหน่ายในร้านสะดวกซื้อ	3.78	1.07	คาดหวังมาก

ด้านสถานที่

ด้านสถานที่จัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการจำหน่ายผ่านคนที่น่าเชื่อถือสูงที่สุดที่ระดับ 4.21 ซึ่งเป็นความคาดหวังระดับมากที่สุด ตามด้วยมีจำหน่ายทางออนไลน์ที่ระดับ 4.10 ถือเป็นความคาดหวังระดับมาก และจำหน่ายในสถานที่ที่น่าเชื่อถือที่ระดับ 3.95 ซึ่งเป็นความคาดหวังระดับมากเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 3) แสดงว่าสถานที่การจัดจำหน่ายไม่จำเป็นต้องมีหน้าร้าน หรือจำหน่ายในร้านค้าเสมอไป การจำหน่ายผ่านบุคคลที่น่าเชื่อถือจัดเป็นความคาดหวังที่บริโภคอยากซื้อสินค้าอีกช่องทางหนึ่ง

ตารางที่ 4 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

ลำดับ	ความคาดหวัง	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)	การแปลผล
1	จัดซื้อได้ง่าย	3.83	1.19	คาดหวังมาก
2	มีของแถม	3.73	1.23	คาดหวังมาก
3	เป็นสมาชิกและมีสิทธิพิเศษ	3.83	1.09	คาดหวังมาก
4	มีโฆษณาผ่านสื่อสิ่งพิมพ์	3.78	1.15	คาดหวังมาก
5	มีโฆษณาผ่านสื่อออนไลน์	4.00	1.10	คาดหวังมาก
6	มีโฆษณาผ่านสื่อวิทยุ	3.93	1.17	คาดหวังมาก
7	มีโฆษณาผ่านสื่อทีวี	3.85	1.14	คาดหวังมาก
8	โฆษณาผ่านช่องทางหลากหลาย	4.22	1.08	คาดหวังมากที่สุด
9	แนะนำสินค้าตัวต่อตัว	3.95	1.06	คาดหวังมาก
10	มีรีวิวสินค้าจากผู้บริโภค	4.24	1.11	คาดหวังมากที่สุด
11	มีบริการส่งถึงที่	3.90	1.11	คาดหวังมาก

ด้านส่งเสริมการขาย

ด้านส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการมีรีวิวจากผู้บริโภคมาก่อนสูงที่สุดที่ระดับ 4.24 ตามด้วยมีการโฆษณาสินค้าในช่องทางที่หลากหลายที่ระดับ 4.22 โดยทั้ง 2 ข้อจัดเป็นความคาดหวังระดับมากที่สุดเท่ากัน และมีโฆษณาผ่านสื่อออนไลน์ที่ระดับ 3.95 ซึ่งเป็นความคาดหวังระดับมาก (ตารางที่ 4) แสดงว่าการส่งเสริมการขายเพื่อให้ผู้บริโภคได้รับรู้ควรโฆษณาในสื่อหลากหลายรูปแบบ โดยเน้นที่สื่อออนไลน์ และมีรีวิวของผู้บริโภคมาก่อน จึงจะส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

ด้านผู้จำหน่าย

ด้านผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับผู้จำหน่าย ที่รู้รายละเอียดสินค้าดีสูงที่สุดที่ระดับ 4.22 โดยเป็นความคาดหวังระดับมากที่สุด ตามด้วยผู้จำหน่ายมีความรู้และให้คำแนะนำที่เกี่ยวข้องกับความต้องการของผู้บริโภคได้ที่ระดับ 4.05 โดยเป็นความคาดหวังระดับมาก และผู้จำหน่ายใส่ใจลูกค้าทุกรายละเอียดที่ระดับ 3.97 เป็นความคาดหวังระดับมาก (ตารางที่ 5) แสดงว่าผู้บริโภคคาดหวังที่จะซื้อสินค้าผ่านผู้จำหน่ายที่รู้รายละเอียดของสินค้า มีความรู้ที่สามารถแนะนำสินค้าได้ และใส่ใจลูกค้า

ตารางที่ 5 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

ลำดับ	ความคาดหวัง	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)	การแปลผล
1	ผู้จำหน่ายยิ้มแย้ม	3.76	1.07	คาดหวังมาก
2	ผู้จำหน่ายสุภาพ	3.88	0.85	คาดหวังมาก
3	ผู้จำหน่ายรู้รายละเอียดสินค้าดี	4.22	1.01	คาดหวังมากที่สุด
4	ผู้จำหน่ายแนะนำสินค้าตามที่ต้องการ	3.93	0.91	คาดหวังมาก
5	ผู้จำหน่ายมีความรู้และให้คำแนะนำ	4.05	0.97	คาดหวังมาก
6	ผู้จำหน่ายสามารถจดจำลูกค้าได้	3.83	0.95	คาดหวังมาก
7	ผู้จำหน่ายใส่ใจลูกค้าทุกรายละเอียด	3.97	0.96	คาดหวังมาก

ด้านกระบวนการ

ด้านกระบวนการจำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับกระบวนการส่งมอบสินค้าที่รวดเร็วมากที่สุดที่ระดับ 4.24 ซึ่งเป็นความคาดหวังระดับมากที่สุด ตามด้วยมีใบเสร็จที่ถูกต้องครบถ้วน และรับผิดชอบต่อผลิตภัณฑ์ที่ระดับ 3.95 และ 3.93 ตามลำดับ โดยทั้ง 2 ข้อจัดเป็นความคาดหวังระดับมาก (ตารางที่ 6) แสดงว่ากระบวนการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผู้บริโภคอยากให้มีการจัดส่งสินค้าให้เร็วที่สุด ซึ่งข้อนี้อาจสอดคล้องกับการซื้อสินค้าออนไลน์ นอกจากนี้ยังคาดหวังที่จะได้ใบเสร็จเพื่อแจ้งรายละเอียดสินค้าและราคา และมีความรับผิดชอบต่อสินค้าในกรณีสินค้ามีปัญหา

ตารางที่ 6 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านกระบวนการจำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

ลำดับ	ความคาดหวัง	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)	การแปลผล
1	บริการรวดเร็วคล่องแคล่วและถูกต้อง	3.80	0.98	คาดหวังมาก
2	มีใบเสร็จถูกต้องครบถ้วน	3.95	1.28	คาดหวังมาก
3	มีทบทวนรายการสั่งซื้อ	3.80	1.19	คาดหวังมาก
4	รับผิดชอบต่อผลิตภัณฑ์	3.93	0.94	คาดหวังมาก
5	มีบริการหลังการขาย	3.88	0.95	คาดหวังมาก
6	ส่งมอบสินค้าอย่างรวดเร็ว	4.24	0.90	คาดหวังมากที่สุด

ตารางที่ 7 ความคาดหวังของผู้บริโภคด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด

ลำดับ	ความคาดหวัง	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)	การแปลผล
1	บรรจุภัณฑ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	4.01	1.00	คาดหวังมาก
2	บรรจุภัณฑ์สามารถใช้ซ้ำ	3.81	1.14	คาดหวังมาก
3	ผู้จำหน่ายแต่งกายสะอาดและสุภาพ	3.98	0.98	คาดหวังมาก
4	ผู้จำหน่ายมีบัตรตัวแทนหรือป้ายชื่อ	3.90	0.99	คาดหวังมาก
5	จัดสถานที่ให้สะอาด และน่าเชื่อถือ	4.22	1.07	คาดหวังมากที่สุด
6	สินค้าต้องมีสภาพดีก่อนการส่งมอบ	3.93	0.93	คาดหวังมาก
7	สินค้าควรระบุการบริโภคอย่างชัดเจน	3.88	0.95	คาดหวังมาก
8	มีโอกาสในการตรวจสอบสินค้าก่อนรับสินค้า	3.88	0.95	คาดหวังมาก

ด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ

ด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการจัดสถานที่ให้สะอาด และน่าเชื่อถือสูงที่สุดที่ระดับ 4.22 ซึ่งเป็นความคาดหวังระดับมากที่สุด ตามด้วยบรรจุภัณฑ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และผู้จำหน่ายแต่งกายสะอาดและสุภาพ ที่ระดับ 4.01 และ 3.98 ตามลำดับ โดยทั้ง 2 ข้อจัดเป็นความคาดหวังระดับมาก (ตารางที่ 7) แสดงว่าด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพผู้บริโภคให้ความสำคัญทั้งทางด้านสถานที่ ผลิตภัณฑ์ และผู้จำหน่าย สูงที่สุด

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการสำรวจความคาดหวังของผู้บริโภคที่มีต่อการตลาดและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด จากผู้จัดจำหน่ายน้ำมังคุด ผู้ค้าส่ง และผู้ส่งออกจำนวน 59 ราย คนเป็นชาย 32 คน คิดเป็นร้อยละ 54 และเป็นหญิง 27 คน คิดเป็นร้อยละ 46 อายุผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อายุอยู่ในช่วง 30-40 ปีร้อยละ 30 รองลงมาอายุเกิน 50 ปี ร้อยละ 25 การศึกษาส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 56 และจบสูงกว่าปริญญาตรีร้อยละ 23

รายได้ของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มากกว่า 6.0 แสนบาทต่อปีร้อยละ 37 และรายได้ 3.0-6.0 แสนบาทต่อปีร้อยละ 37 อาชีพของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเจ้าของธุรกิจเองร้อยละ 62 และทำงานส่วนตัวร้อยละ 20

โดยใช้แนวคิดส่วนประสมทางการตลาด 7Ps ด้วยแบบสอบถาม ผลการสำรวจความคาดหวังของผู้บริโภคทั้ง 7 ด้านพบว่า 1) ด้านผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคให้ความคาดหวังด้านคุณภาพและด้านคุณประโยชน์สูงที่สุดเท่ากันที่ระดับ 4.24 2) ด้านราคา ผู้บริโภคคาดหวังว่าราคาเหมาะสมเมื่อเทียบกับคู่แข่งสูงที่สุดที่ระดับ 4.12 3) ด้านสถานที่ คาดหวังว่าจำหน่ายผ่านบุคคลที่น่าเชื่อถือสูงที่สุดที่ระดับ 4.21 4) ด้านส่งเสริมการตลาดเห็นว่าควรมีรีวิวจากลูกค้ามาก่อนสูงที่สุดที่ระดับ 4.24 5) ด้านบุคลากร คาดหวังว่าผู้จำหน่ายรู้รายละเอียดสินค้าได้ดีสูงที่สุดที่ระดับ 4.22 6) ด้านกระบวนการ คาดหวังว่าจะส่งมอบสินค้าอย่างรวดเร็วสูงที่สุดที่ระดับ 4.24 และ 7) ด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ คาดหวังว่าสินค้าควรจำหน่ายในร้านที่สะอาดเชื่อถือได้สูงที่สุดที่ระดับ 4.22 ข้อมูลดังกล่าวผู้สนใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมังคุด และการจัดการด้านการตลาดในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัทจัดจำหน่ายน้ำมังคุดที่ให้ความอนุเคราะห์เข้าไปจัดเก็บข้อมูล และข้อมูลลูกค้าในการทำแบบสอบถาม ได้แก่ บริษัทไอดีเอเอ จำกัด, บริษัททิพย์มงคล 555 จำกัด, บริษัทสิรินโรจน์ทิพย์ จำกัด, บริษัทสยามโปรฟรุตส์ จำกัด, Sonnenmacht GmbH, Sammill Limited, Ulido International Limited, Tropical Royal Limited, ร้านขายยา และผู้จำหน่ายทั่วไป

เอกสารอ้างอิง

จริยา สุทธิไชยา. 2560. **ดัชนีราคาสินค้าเกษตร.** ข่าวเศรษฐกิจ. ฉบับวันจันทร์ที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ. 2560.

ดารณี หมู่ขจรพันธ์. 2008. ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร: ข้อเท็จจริงที่ควรรู้. **Quality 14** (January 2008): 90-93.

พริมา อัครยุทธ. 2015. **5 เทรนด์อาหารและเครื่องดื่มที่กำลังมาแรงและน่าจับตามองในอนาคต.** Economic Intelligence Center (EIC). ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน). แหล่งที่มา: EIC Online: www.scbeic.com, 15 มกราคม 2563.

นริศร์ธร ตุลาผล. 2016. **เจาะตลาดอาหารเสริมความงามกับความท้าทายในอนาคต.** Economic Intelligence Center (EIC). ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) แหล่งที่มา: EIC Online: www.scbeic.com, 15 มกราคม 2563.

วกัญญ์พิชา วรไพสิฐกุล. 2560. **ปัจจัยที่มีผลต่อความคาดหวังของผู้บริโภคในการเลือกซื้อเครื่องดื่มพร้อมดื่มที่ช่วยควบคุมน้ำหนัก ในเขตกรุงเทพมหานคร**. งานค้นคว้าอิสระ. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สารอาหารแห่งอนาคต. 2552. **อาหารฟังก์ชั่นเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของคนใส่ใจสุขภาพ**.นิตยสาร Health Today. (2552, 17 กันยายน), แหล่งที่มา: http://www.health-protect.com/functional-food/. , 5 ตุลาคม 2560

Aaby, K., Mazur, S., Nes, A. and Skrede, G. 2012. Phenolic compounds in strawberry (Fragaria x ananassa Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. **Food Chemistry**. 132(1): 86-97.

Akao, Y., Nakagawa, Y. and Nozawa, Y. 2008. Anti-Cancer Effects of Xanthones from Pericarps of Mangosteen. **Gifu International Institute of Biotechnology**, 1-1 Naka-Fudogaoka, Kakamigahara, Gifu 504-0838, Japan.

Arend, G.D., Adorno, W.T., Rezzadori, K., Di Luccio, M., Chaves, V.C., Reginatto, F.H. and Petrus, J.C.C. 2017. Concentration of phenolic compounds from strawberry (Fragaria X ananassa Duch) juice by nanofiltration membrane. **Journal of Food Engineering**. 201: 36-41.

Anonymous. 2006. **Flowers, developing mangosteens**. แหล่งที่มา:http://www.mangosteen.com/Flowersanddevelopingmangosteens.htm, 8 มกราคม 2563.

Basu, A. and Penugonda, K. 2009. Pomegranate juice: a heart-healthy fruit juice. **Nutrition Reviews**. 67(1): 49-56.

Beaulieu, J.C. and Obando-Ulloa, J.M. 2017. Not-from-concentrate pilot plant 'Wonderful'cultivar pomegranate juice changes: Volatiles. **Food Chemistry**. 229: 553-564.

Johanningsmeier, S.D. and Harris, G.K. 2011. Pomegranate as a functional food and nutraceutical source. **Annual Review of Food Science and Technology**. 2:181-201.

Jindarat, S. 2014. Xanthone from Mangosteen (Garcinia mangostana): Multi-targeting Pharmacological Properties. **J Med Assoc Thai** 97:195-201.

Jung Hyun-Ah, Bao-Ning Su, William J. Keller, Rajendra G. Mehta ,§ and A. Douglas Kinghorn. 2006. Antioxidant Xanthones from the Pericarp of Garcinia mangostana (Mangosteen). **J. Agric. Food Chem**, 54 (6): 2077–2082.

2. งานประชุมวิชาการระดับและนานาชาติครั้งที่ 2 The 2nd National and International Conference 2021 on “Multidisciplinary for innovation Development in 21st Century” ที่มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จ

The 2nd National and International Conference 2021 on
"Multidisciplinary for Innovation Development in 21st Century"
January 15st, 2021 | 09:00 -16:30
Main Auditorium, 4th Floor, Building No. 1
Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Thonburi District, Bangkok,
THAILAND
Tel.: +662 473 7000 ext. 1814 and 1818
Email : grad@bsru.ac.th

20 December 2020

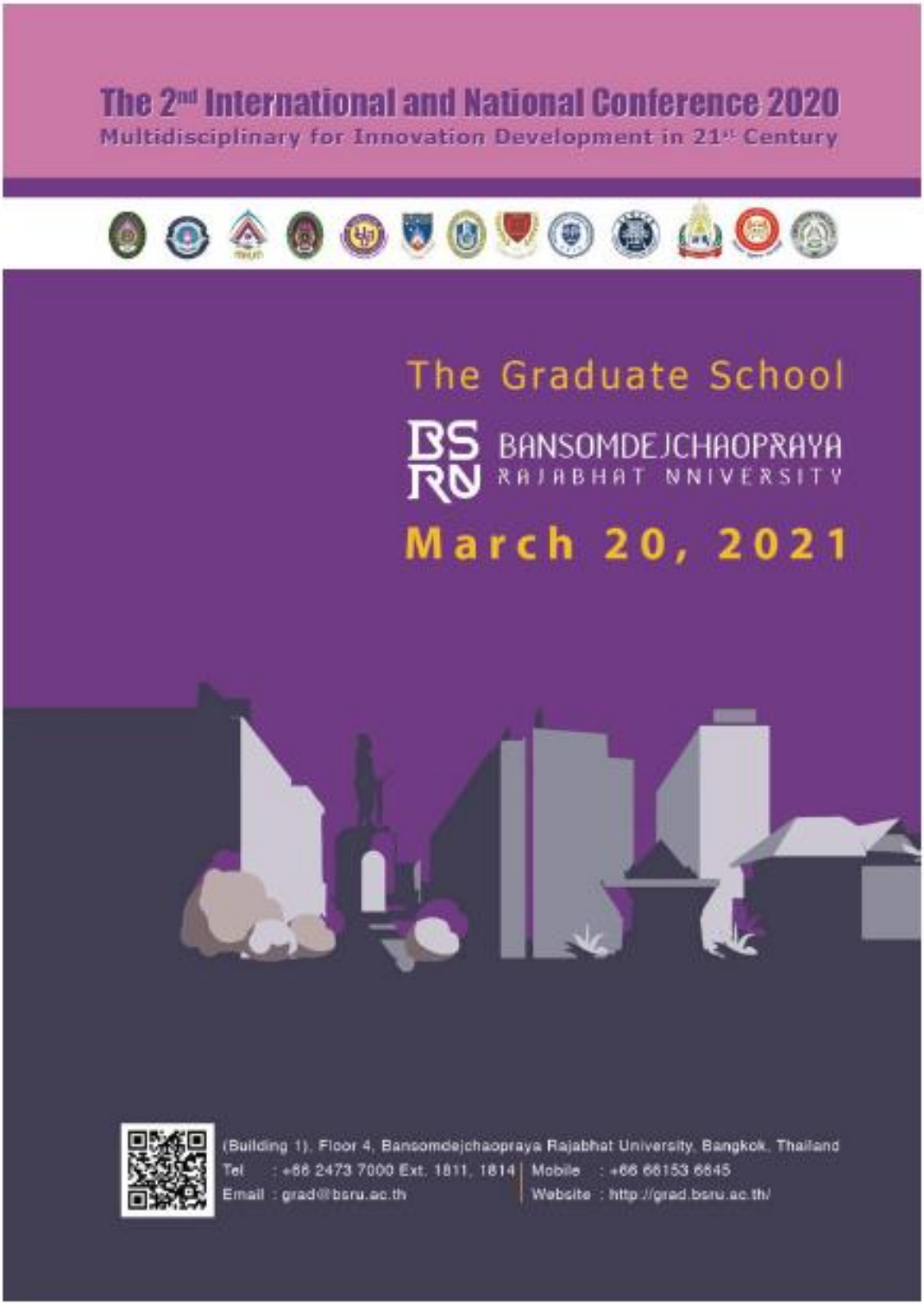
RE: Letter of Acceptance
Dear Duanrung Benjamas, Jaturapatr Varith, Chalinda Arlyadet And Pusanlsa Thechatakerng

We are pleased to inform you that your paper entitled **"Prediction Model of ORAC Value in Mangosteen Pericarp Extract"** has been accepted for oral presentation of the 2nd National and International Conference 2021 on "Multidisciplinary for Innovation Development in 21st Century". The conference will be held at Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Thonburi District, Bangkok Thailand on January 15th, 2021.

Please kindly process your registration payment within December 20th, 2020. For more details,please visit our website at http://site.bsru.ac.th/conference/?p=109 and http://site.bsru.ac.th/conference/?page_id=54 and Please prepare PPTX slides for your 10-minute oral presentation and email to Email : grad@bsru.ac.th with in December 30th, 2020

Sincerely,

(Dr.Kanakorn Sawangcharoen)
Dean of Graduate School


The 2nd International and National Conference 2020
Multidisciplinary for Innovation Development in 21st Century
The Graduate School
BANSOMDEJCHAOPRAYA
RAJABHAT UNIVERSITY
March 20, 2021
(Building 1), Floor 4, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok, Thailand
Tel : +66 2473 7000 Ext. 1811, 1814
Mobile : +66 66153 6845
Email : grad@bsru.ac.th
Website : http://grad.bsru.ac.th/

The 2nd International and National Conference

(Multidisciplinary Innovation Development in the 21st Century)

The Graduate School

Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok,

Thailand

March 20, 2021

(Building 1), Floor 4, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok, Thailand
Tel: +66 2473 7000 Ext. 1811, 1814 | Mobile: +66 66153 6645
Email: grad@bsru.ac.th | Website : http://grad.bsru.ac.th/

Quick Glance of Oral Presentations

International Oral Session (Inside presentation) Venue: The meeting room, Building 6, Floor 13, Time: 1:00 p.m. – 5.15 p.m.	
1. **Antecedents of Customers Purchase Intention of Residential Condominium: a Case Study of a Property Developer in Bangkok, Thailand** *Qin Ning, Sasithorn Suwandee, Chairat Suriyapa, Felicito Jabutay*	p.29 (1.00-1.15 p.m.)
2. **Using Game Based Learning Platform "KAHOOT" to Motivate Students' Reading Comprehension** *Choosri Banditvilai*	p.29 (1.15-1.30 p.m.)
3. **Inter-organizational Collaboration of Multidisciplinary Network: A Qualitative Study** *Thongchai Jitmitsumphan, Piyanart Chatiketu, Kittithach Mongkolsiwa*	p.30 (1.30-1.45 p.m.)
4. **The Development of Application on Android Smartphone for Medical Equipment Registration in WepMEt Information System** *Nutdanai S., Teerawit A., Amonrat K, Kanlaya T.*	p.30 (1.45-2.00 p.m.)
5. **Development of Gypsum Broad Mixed with Water Hyacinth and Portland Cement Type1 for Environmental-Friendly** *Kittiphan Boontositrakul, Pramot Weeranukul, Kittipong Suweero*	p.30 (2.00-2.15 p.m.)
6. **Sustainable Performance in Private Vocational Colleges Organizational of Thailand** *Waragorn Petchroong, Tanapol Kortana, Bundit Pungnirund*	p.31 (2.15-2.30 p.m.)
7. **Development of Particleboard from Eucalyptus Bark to Use as Decorative Materials** *Pakawat Kerprasit, Pramot Weeranukul, Itthi Weeranukul, Kittipong Suweero*	p.31 (2.30-2.45 p.m.)
8. **The Art of Prediction which is Relevant to The Law of Karma in Theravada Buddhism** *Dr.Krittikavalai Hirunsi, Associate professor Dr. Praphan Supasorn*	p.32 (2.45-3.00 p.m.)
9. **Prediction Model of ORAC Value in Mangosteen Pericarp Extract** Duanrung Benjamas, Jaturapatr Varith, Chalinda Ariyadet, Pusanisa Thechatakerng	p.32 (3.00-3.15 p.m.)
10. **Digital Platforms vs English Proficiency Development** *Parichart Preechakorn, Sombat Teekasap, Pong Horadal , Nukul Sarawong , Kanakorn Sawangcharoen, Sirigarn Phokheaw*	p.33 (3.15-3.30 p.m.)
11. **Development of Student's Behavior with PDCA Cycle Process on Smartphone Assessment** *Jittawisut Wimuttipanya, Areewan Iamsa-ard, Kanakorn Sawangcharoen, Akaranun Asavarutpokin, Prapai Sridama, Patchara Dethome, Niran Sutheeniran, Teerapat Jansom*	p.33 (3.30-3.45 p.m.)
12. **Prediction Model of ORAC Value in Mangosteen Pericarp Extract** *Duanrung Benjamas, Jaturapatr Varith, Chalinda Ariyadet, Pusanisa Thechatakerng*	p.34 (3.45-4.00 p.m.)
13. **New Normal Learn Simulation Using a State Transition Model** *Sineepknan Charoonsaratul*	p.34 (4.00-4.15 p.m.)
14. **A Study Case of System Analysis and Design for Development of Sterile Medical Device Management Information System with RFID and Supply Chain Concept for Hospital CSSD** *Kasem Kamolchaipisit, Kamparat Kusirirat, Pannada Jaiboonlue, Tiantada Hiranyachattada*	p.35 (4.15-4.30 p.m.)

Prediction Model of ORAC Value in Mangosteen Pericarp Extract

Duanrung Benjamas[1], Jaturapatr Varith[2], Chalinda Ariyadet[3]
And Pusanisa Thechatakerng[4]

[1] *Program in Agricultural Interdisciplinary, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Thailand, duanrung.b@rbru.ac.th*
[2] *Food Engineering Program, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Thailand, jatuphon@mju.ac.th*
[3] *Program in Agricultural Interdisciplinary, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Thailand, Chalinda.bio@gmail.com*
[4] *Business Administration Program, Faculty of Business Administration, Maejo University thepusanisa@yahoo.com*

The 2nd National and International Conference

Bansomdejchaopraya Rajabhat University

PREDICTION MODEL OF ORAC VALUE IN MANGOSTEEN PERICARP EXTRACT

Abstract: The objective of this research is to dilute the exact xanthones concentration to measure three observations to study the linear relationship of two factors between xanthones value and other observations value. To be able to use this relationship to create a line equation. This equation is used to predict the antioxidant value in xanthones-based products in the future. Which the research results showed xanthones at levels 4.25, 8.50, 12.72, 17.00 and 21.25 mg /100 grams. The ORAC was analyzed as 29.47 ± 0.50, 66.70 ± 1.64, 70.70 ± 2.90, 105.71 ± 3.70, and 130.94 ± 3.50 µmoles TE respectively, there were statistically significant differences (P <0.05). The measurement of % Radical Scavenging was 3.07 ± 1.33, 7.55 ± 1.83, 12.73 ± 2.96, 17.91 ± 2.82 and 25.07 ± 3.09 respectively, there were a statistically significant difference (P <0.05). Measured turbidity values were 56.87 ± 4.46, 108.47 ± 9.04, 149.30 ± 11.90, 193.15 ± 16.14 and 250.40 ± 14.27 NTU respectively. There were statistically significant differences (P <0.05). And can be used to do linear equations with high precision which can be observed from the R square value of 0.872-0.970.

Keywords: Model prediction in ORAC value; Turbidity of xanthone; Mangosteen extract; Use of turbidity in xanthone.

Introduction

Garcinia mangostana Linn. (mangosteen) is a popular fruit in Thailand. It is commonly cultivated in Thailand, Indonesia and Malaysia. Most of mangosteen is consumed as fresh fruits or exported fresh fruits to foreign market. It contains high nutritional values. In essence, it is a rich source of vitamins, minerals and fibers such as vitamin C, E, folate, calcium, potassium and magnesium (Limpisathian, 2008) Mangosteen rind or pericarp has been used in traditional Thai medicine for treating skin infections, wounds, and diarrhea for many years (Mahabusarakam et al., 1987). Among the fruit peels, mangosteen peel is an important source of natural antioxidants. The mangosteen peel contains various bioactive substances, i.e., phenolic acids, flavonoids, anthocyanin, polyphenol and xanthones. The major anthocyanin in mangosteen was cyanidin-3-sophoroside (Du and Francis, 1977). Several researchers recognized phenolics and anthocyanin for their antioxidant properties (Robards et al., 1999; Karalaya et al., 2001; Rossi et al., 2003; Davalos et al., 2005; Balasundram, 2006).

Mangosteen contains a substance called xanthone, which is a flavonoid and polyphenon compound. It was found that xanthone extracted from the mangosteen rind, called alpha-mangostin, beta-mangostin and garcinone B can inhibit Mycobacterium tuberculosis (Suksamrarn et al., 2002). Alpha-mangostin is a major component which possess anti-inflammatory and antibacterial activities against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus, S. epidermidis*, and *Propionibacterium acnes* which is the critical etiologic agent in acne (Di-ngam, 2009; Sikhamchum, 2009). According to the report of Sakagami (2005), xanthone has antioxidant, anti-cancer and anti-bacterial properties, respectively. A recent study by Sukma et al (2011) also claimed that alpha-mangostin is anti-inflammatory, reduce inflammation in NG 108-15 cells. However, poor aqueous solubility of xanthones limits its bioavailability and hence the full exploitation of its biological properties (Aisha, 2012 and Li Yoke Ho, 2017). Xanthone insoluble when it drops into the water, the sediment is clearly visible.

Because of mangosteen has high beneficiary for human, supplements factories are focusing on dietary supplements mangosteen juices. But processing method has an impact on phenolics anthocyanins and total antioxidant value. Heating has varied effect on several products depending on heating temperature and process conditions. But no report on effect of process conditions on total antioxidant as ORAC value. ORAC is not

ORAC measurement

ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) value was used by Cao et al method which measures antioxidants scavenging activity against peroxyl radical induced by fluorescein (FL) (3',6'- dihydroxy spiro[isobenzofuran-1[3H],9'[9H]-xanthen]-3-one) as the fluorescent probe. The FL oxidized products induced by peroxyl radical have been identified by LC/MS, and the reaction mechanism was determined to proceed as a classic hydrogen atom transfer (HAT) mechanism. Unlike other popular antioxidant activity methods, the improved ORACFL assay provides a direct measure of hydrophilic chain-breaking antioxidant capacity against peroxyl radical (Ou et al, 2001). This study was analyzed at Food and Nutrition Laboratory, Institute of Nutrition, Mahidol University. ORAC values were calculated as described by Cao and Prior (1999) using a regression equation between the Trolox concentration and the net area under the fluorescence decay curve. The area under the curve was calculated as where f0 is the initial fluorescence reading at 0 min and fi the fluorescence reading at time i. The net AUC was obtained by subtracting the AUC of the blank from that of the sample. All antiradical activity measurements were performed in triplicate, and results were expressed in μMTE/ kg dry mass (DM) (Judith et al, 2016).

$$AUC = 0.5 + \left(\frac{f1}{f0}\right) + \left(\frac{f2}{f0}\right) + \left(\frac{f3}{f0}\right) + \cdots + \left(\frac{fi}{f0}\right)$$

DPPH Measurement

A part of xanthone solution was measured by DPPH assay. The method of analysis was performed according to the method of Brand Williams et al. (1995) with some modifications. DPPH stock solution was prepared dissolving 24 mg DPPH in 100 mL absolute methanol (100%), and stored at 8 °C until needed. The working solution was obtained by 10 folds dilution of the stock solution. Aliquots of 10 μL of the xanthone solution extracts were mixed with 9.99 mL of the working solution. The absorption was measured at 515 nm using a UV-Vis spectrophotometer model UV 1800 Shimadzu by immediately after 15 min of incubation at 25 °C. Report the value of absorbance by equation as below. The value of DPPH method will be report as EC_{50} % Radical Scavenging as equation below

%Radical Scavenging = [(AB - AA) / AB] x100

Turbidity measurement

Turbidity of xanthone solution was applied measurement by Turbidity meter Lovibrand model TB 210 IR. The sample were prepared for 5 levels of xanthone concentrate start with 4.25 milligram/100 gram because of the turbidity meter can be detected sediment in water solution at 5-1500 NTU. Turbidity measurements are reported in nephelometric turbidity units (NTU).

Statistical analysis

Results are presented as mean values with their standard errors. Statistical analysis was carried out using single-factor one-way ANOVA. DMRT post hoc test was performed to determine the significant difference between the groups. Results were considered significantly different when $p<0.05$ was obtained. The correlation of data was testing the coefficient from SPSS program.

Prediction model

Linear regression attempts to model the relationship between two variables by fitting a linear equation to observed data. One variable is considered to be an explanatory variable, and the other is considered

to be a dependent variable. For example, a modeler might want to relate the weights of individuals to their heights using a linear regression model.

Before attempting to fit a linear model to observed data, a modeler should first determine whether or not there is a relationship between the variables of interest. This does not necessarily imply that one variable causes the other (for example, higher SAT scores do not cause higher college grades), but that there is some significant association between the two variables. A scatterplot can be a helpful tool in determining the strength of the relationship between two variables. If there appears to be no association between the proposed explanatory and dependent variables (i.e., the scatterplot does not indicate any increasing or decreasing trends), then fitting a linear regression model to the data probably will not provide a useful model. A valuable numerical measure of association between two variables is the correlation coefficient, which is a value between -1 and 1 indicating the strength of the association of the observed data for the two variables.

A linear regression line has an equation of the form Y = a + bX, where X is the explanatory variable and Y is the dependent variable. The slope of the line is b, and a is the intercept (the value of y when x = 0).

Result

The result of this research was shown in 2 parts. First, reported the detail on the observation value as ORAC, DPPH %Radical Scavenging and Turbidity and second, reported the correlation between 2 factors which responds to the ORAC value in linear regression to predict the ORAC value by prediction model.

The observed value responds to exact xanthone concentrate

The exact xanthone extract concentrated was analyzed three observation values: ORAC, DPPH and Turbidity. The initial xanthone extract was started at 4.25 mg /100 g. This concentrates the turbidity meter can measure appropriately. The results showed that the ORAC value was measured at 29.47 µmoles TE at an initial xanthone value of 4.25 mg / 100g. According to the amount, the concentration of xanthone extract increased. And it was up to 130 ORAC µmoles TE when the xanthone extract was concentrated at 21.25 mg / 100g. And the ORAC values of the 5 levels were statistically different (P 0.05). When the DPPH was analyzed by absorbance at 515 NM, it was found that when xanthone extract was started at 4.25 mg / 100g, the absorbance was at the level of 4.76 and decreased steadily. As the amount of xanthones increases and when the maximum extract concentration of 21.25 mg / 100g, the absorbance decreased at the level of 3.67 and were statistically different (P 0.05). When calculating the % Radical scavenging, it was found that at the concentration of xanthone extract at 4.25 mg / 100g, the value of% radical scavenging was 3.07. And the value increased steadily as the amount of xanthone concentration increased. Xanthone extract concentrations at level 21.25 % radical scavenging values were higher at 25.07 and there was a statistically significant difference ($P < 0.05$). And analyzed the turbidity, it was found that at the concentration of xanthone extract, 4.25 mg / 100g, the turbidity value was 56.87 NTU. When the xanthone extract concentration was increased to 8.50, 12.75, 17.00 and 21.25, the NTU value increased followed by 108.47, 149.30 193.15 and 250.40 respectively. The observation value was shown as the table 1.

Table 1 The observation value as ORAC, DPPH % Radical Scavenging and Turbidity.

Crude Xanthone (mg)	ORAC (µmoles TE)	DPPH Absorbance 515 NM	%Radical Scavenging	Turbidity (NTU)
4.25	29.47 ± 0.50^{a}	4.76 ± 0.10^{a}	3.07 ± 1.33^{a}	56.87 ± 4.46^{a}
8.50	66.70 ± 1.64^{b}	4.52 ± 0.90^{b}	7.55 ± 1.83^{b}	108.47 ± 9.04^{b}
12.75	70.70 ± 2.90^{b}	4.27 ± 0.16^{c}	12.73 ± 2.96^{c}	149.30 ± 11.90^{c}
17.00	105.71 ± 3.70^{c}	4.02 ± 0.14^{d}	17.91 ± 2.82^{d}	193.15 ± 16.14^{d}
21.25	130.94 ± 3.50^{d}	3.667 ± 0.15^{e}	25.07 ± 3.09^{e}	250.40 ± 14.27^{e}

Prediction model

From the results of the estimation of ORAC, DPPH and Turbidity value, when compare with xanthone, it was found that all values tended to increase significantly with the increase in xanthones value. Where all values have a variable linear relationship. Therefore, various values can be analyzed for correlation to create an equation to predict ORAC from other values with linear regression as shown in Figure 1.

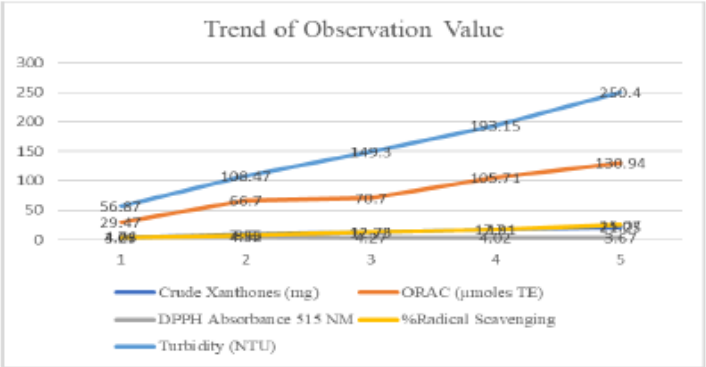


Figure 1 The trend of observable value relate to xanthone value

A linear regression line has an equation of the form Y = a + bX, where X is the explanatory variable and Y is the dependent variable. The slope of the line is b, and a is the intercept (the value of y when x = 0).

The regression equation is written as Y = a + bX

Y is the value of the Dependent variable (Y), what is being predicted or explained

a or Alpha, a constant; equals the value of Y when the value of X=0

b or Beta, the coefficient of X; the slope of the regression line; how much Y changes for each one-unit change in X.

X is the value of the Independent variable (X), what is predicting or explaining the value of Y

The Equation of each model was calculated from coefficient of 2 factors were related in linear regression as table 2 the coefficient of xanthone and ORAC value.

Table 2 Coefficients of 2 factors correlation turbidity and ORAC

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
Model	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
(Constant)	.565	5.141		.110	.914
Turbidity	.563	.033	.978	16.944	.000
a. Dependent Variable: ORAC		R=0.987	R Square =0.957	Adjusted R Square=.953	Std. Error of the Estimate=7.80577

Table 3 Linear equation of 2 factors correlation

Number	2 factors correlation	Equation	R Square
1	Xanthone* ORAC	Y= 8.119+5.693X	0.960
2	Xanthone*% Radical Scavenging	Y=-3.043+1.279X	0.900
3	Xanthone*% Turbidity	Y=10.113+11.10X	0.968
4	Turbidity*ORAC	Y= 0.565+0.563X	0.957
5	Turbidity*% Radical Scavenging	Y=-3.463+0.131X	0.852
6	Turbidity*Xanthone	Y=-1.138+0.980X	0.970

Linear equation of xanthones and ORAC

From Table 3, it was found that the two factors with a linear relationship can be written as a linear equation. And have relatively high confidence with high R square value of 0.90 and above makes it reliable that this linear equation can predict each other precisely. And can be applied to measure the healthy mangosteen juice to determine the antioxidant value in the future.

Summary

From the research results, the exact xanthones were diluted to measure all 3 observations to study the linear relationship of the two factors between xanthones and other observations to be able to use this correlation to construct a linear equation to predict the antioxidant value in xanthones-based products. Which the research results showed xanthones at levels 4.25, 8.50, 12.72, 17.00 and 21.25 mg per 100 g were analyzed for ORAC values of 29.47, 66.70, 70.70, 105.71, and 130.94 µmoles TE respectively. Measured % radical scavenging were 3.07, 7.55, 12.73, 17.91 and 25.07 respectively. Measured turbidity values were 56.87, 108.47, 149.30, 193.15 and 250.40 NTU respectively. And can be used to do linear equations with high precision which can be observed from the R square value of 0.872-0.970.

References

Aisha, A. F.; Ismail, Z.; Abu-Salah, K. M.; Majid, A. M. (2012). Solid Dispersions of Alpha-Mangostin Improve Its Aqueous Solubility through Self-Assembly of Nanomicelles. Journal Of Pharmaceutical Sciences (101), 815–825. DOI: 10.1002/jps.22806.

Andrew C. Ziegler, Hydrologist, USGS, Lawrence, Kansas. (2002, April 30 – May 2). ISSUES RELATED TO USE OF TURBIDITY MEASUREMENTS AS A SURROGATE FOR SUSPENDED SEDIMENT. Turbidity and Other Sediment Surrogates Workshop, Reno, NV

Balasundram, N., Sundram, K. and Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry. (99);91-203.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C., (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT – Food Sci. Technol. (28) 25-30.

Cao, G., Prior, R.L., (1999). Measurement of oxygen radical absorbance capacity in biological samples. In: Lester, P. (ed.), Methods Enzymol. Academic Press.

Davalos, A., Bartolome, B. and Gomez-Cordoves, C. (2005). Antioxidant properties of commercial

Grape juices and vinegar. Food Chemistry. (93);325-330.
Di-ngam, T. (2009). Antioxidant activity in Thai fruit extracts to inhibit protein oxidation catalyzed by Cu2 +/H2O2 and induction with high concentration of glucose. Bull Chiang Mai Assoc Med Sci. (42); 129.
Du, F. and Francis. (1977). Anthocyanins of mangosteen, Garcinia mangostana-Journal of food science, -Wiley Online Library.
Judith W., Ute Schweiggert-Weisz and Reinhold, C. (2016). In vitro-study of antioxidant extracts From Garcinia mangostana pericarp and Riesling grape pomace – a contribution to by-Products valorization as cosmetic ingredients. Journal of Applied Botany and Food Quality 89, 249 – 257, DOI:10.5073/JABFQ.2016.089.032
Karalaya, S., EI, S.N. and Tas, A.A. (2001). Antioxiant activity of some foods containing phenolic compounds. International Journal of Food Sciences and Nutrition. (52); 501- 508.
Li Yoke Ho, Yau Yan Lim, Chin Ping Tan & Lee Fong Siow., (2018). Comparison of physicochemical properties and aqueous solubility of xanthone prepared via oil in-water emulsion and complex coacervation techniques. INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD PROPERTIES, VOL. 21, NO. 1, 784–798
Limpisathian, P. (2008). Mangosteen processing development for the industry. NewsletterAdvance in Agricultural Research and Development. Bangkok: Thailand Department of Agriculture.
Lim, Y.-H.; Siow, L.-F. (2016). Spray Dried Xanthone in Oil Emulsion Using Inulin as Wall Material. Journal of Food Processing and Preservation, n/a-n/a. DOI: 10.1111/jfpp.13038.
Mahabusarakam, W., Wiriyachitra P. and Taylor W.C. (1987). Chemical constituents of Garcinia mangostana. Journal of Natural Products. 50(3); 474–478.
Ou, B. Maureen Hampsch-Woodill and Ronald, L. Prior. (2001). Development and Validation of an Improved Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay Using Fluorescein as the Fluorescent. J.Agri.Food Chem. (49); 4619-4626.
Robards, K., Prenzler, P.D., Tucker G, and Swatsitang, P. (1999). Phenolic compounds and their role In oxidative processes in fruits. Food Chemistry. (66); 401-436.
Rossi, M., Giussani, E., Morelli, R., Lo Scalzo, R., Nani., R.C. and Torreggiani, D. (2003). Effect of fruit blanching on phenolics and radical scavenging activity of highbush blueberry juice. Food Research International. (36); 99-106.
Sikhamchum, M. (2009). Effect of mangosteen extract on Wilms' tumor gene and protein expression Master of Science Program in Medical Technology.Chiang Mai: Chiang Mai University.
Suksamrarn, S., Suwannapoch, N., Ratananukul, P., Aroonlerk, N., and Suksamrarn, A. (2002). Xanthones from the green fruit hulls of Garcinia mangostana. J. Nat Prod. (65); 761-3.
Sukma, M.,Tohda, M., Suksamran, S., Tantisira B. (2011). Gamma-Mangostin Increases serotonin 2A/2C, muscarinic, histamine and bradykinin receptor mRNA expression. J Ethnopharmacol. (135);450-4.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวเดือนรุ่ง เบญจมาศ

เกิดเมื่อ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2514

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2560 ประกาศนียบัตร สาขาเภสัชกรรมไทย
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2542 ปริญญาโท (วท.ม) สาขาเทคโนโลยีการอาหาร
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2536 ปริญญาตรี(วท.บ)
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
คณะเกษตรศาสตร์บางพระ

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2538 รับราชการสังกัด หลักสูตรวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ประสบการณ์การทำงานวิจัย (เฉพาะหัวหน้าโครงการ) 5 ปีย้อนหลัง

พ.ศ. 2560 การศึกษากระบวนการผลิตต่อคุณภาพสารต้าน
อนุมูลอิสระ ในน้ำมังคุดเพื่อสุขภาพ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยสดจากข้าวหอม
แม่พญาทองดำ ปี 2560

ความต้องการของผู้บริโภคในการพัฒนาสินค้าประเภท
ของฝาก จังหวัดนครนายก ปี 2560

พ.ศ. 2561 การยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ประเภทโอทอป
กลุ่ม D ให้มีศักยภาพทางการตลาดของจังหวัดตราด

พ.ศ. 2562 การยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการ
ด้านสินค้าเกษตรแปรรูปในภาคตะวันออก

การยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ประเภทโอทอป
กลุ่ม D ให้มีศักยภาพทางการตลาดของจังหวัดตราด

พ.ศ. 2563 การพัฒนาผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตรแปรรูปตาม
ความคาดหวังของตลาดของผู้ประกอบการด้านสินค้า
เกษตรแปรรูปในภาคตะวันออก

พ.ศ. 2564 การพัฒนาสินค้าประเภทโลชั่นจากสมุนไพรเพื่อ
โรคผิวหนังของชุมชนวัยงาม จังหวัดจันทบุรี

การพัฒนาผู้ประกอบการอุตสาหกรรมผลไม้
เพื่อยกระดับเศรษฐกิจฐานราก

อีเมลล์ duanrung.b@rbru.ac.th