การผลิตใบเตยผงโดยวิธีการย่อยสลายด้วยเอนไซม์เพื่อการประยุกต์ใช้ในอาหาร

PRODUCTION OF PANDAN LEAF POWDER BY ENZYMATIC HYDROLYSIS FOR FOOD APPLICATION

อุบล รัตนา

AUBON RATTANA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริการอาหารและการจัดการ

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

KMITL-2020-FI-M-055-374

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCTION OF PANDAN LEAF POWDER BY ENZYMATIC HYDROLYSIS FOR FOOD APPLICATION

AUBON RATTANA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOODSERVICE TECNOLOGY AND MANAGEMANT

FACULTY OF FOOD INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2020

KMITL-2020-FI-M-055-374

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2020

FACULTY OF FOOD INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตใบเตยผงโดยวิธีการย่อยสลายด้วยเอนไซม์เพื่อการประยุกต์ใช้ในอาหาร
ชื่อนักศึกษา	นางสาว อุบล รัตนา
รหัสประจำตัว	59608041
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
หลักสูตร	เทคโนโลยีการบริการอาหารและการจัดการ
พ.ศ.	2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิทธิพงศ์ นลินานนท์

บทคัดย่อ

ใบเตย หรือเตยหอม เป็นพืชสมุนไพรที่คนไทยรู้จักกันดี เนื่องจากมีการนำมาใช้ประโยชน์ในการใช้เป็นสารให้กลิ่นและสารสีธรรมชาติในอาหารและขนมไทยหลากหลายชนิด โดยทั่วไปแล้วน้ำใบเตยสดที่สกัดได้ไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานซึ่งระหว่างการเก็บรักษาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีและกลิ่น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงวิธีการสกัดใบเตยและการผลิตเป็นใบเตยผง ที่ยังคงมีคุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่ดีและยังคงรักษาคุณลักษณะทางด้านของสีและกลิ่นของใบเตยเอาไว้ได้ การเตรียมสารสกัดน้ำใบเตยเตรียมได้จากการปั่นผสมใบเตยสดกับน้ำอัตราส่วน 1:4 เป็นเวลา 1 นาที ในโถปั่นผสมแล้วบ่มที่อุณภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยพบว่าการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.15 และเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 2.0 เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดในใบเตย จากนั้นนำสารสกัดใบเตยที่ได้ไปทำแห้งแบบผงด้วยวิธีโฟม-แมทโดยใช้อุณภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วทำการบดให้เป็นผงละเอียด เมื่อทำการตรวจสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพ ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของใบเตยผง และวิเคราะห์สารหอมระเหยในใบเตยผง พบว่าใบเตยผงที่เตรียมได้สามารถคงสภาพสีเขียวธรรมชาติเอาไว้ได้โดยมีสีใกล้เคียงกับสารสกัดใบเตยก่อนผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยมีค่า L* a* b* เท่ากับ 59.36 -14.68 และ 24.56 ตามลำดับ และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเท่ากับ 0.19 (มิลลิกรัม/กรัม) และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอและบีเท่ากับ 0.14 และ 0.05 (มิลลิกรัม/กรัม) ตามลำดับ ใบเตยผงมีปริมาณความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำ (ร้อยละ 4.79) แต่มีความสามารถในการกระจายตัวและความสามารถในการละลายในน้ำได้ดี (ร้อยละ 91.75) นอกจากนี้ยังพบว่าใบเตยผงที่เตรียมได้ยังคงแสดงกิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP รวมทั้งยังตรวจพบสารหอมระเหย 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) เป็นสารหอมระเหยหลัก ที่แสดงกลิ่นใบเตยปริมาณเท่ากับ 0.37 (ไมโครกรัม/กรัมใบเตยผง)

จากการนำใบเตยผงไปประยุกต์ใช้ในการทำใบเตยสเปรด และทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทั้งหมด 50 คน พบว่าใบเตยสเปรดที่ใช้ใบเตยผงจากการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.15 และเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 2.0 มีคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.00 คะแนน ซึ่งมีคะแนนสูงกว่าการใช้ใบเตยผงทางการค้า แต่มีคะแนนต่ำกว่าการใช้ใบเตยสด ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้พบว่าใบเตยสเปรดที่เตรียมโดยใบเตยผงจากการทดลองแสดงสีที่เข้มและสดใสกว่าสีของใบเตยสเปรดที่เตรียมได้จากการใช้ใบเตยผงทางการค้าทั้งสองยี่ห้อในปริมาณที่เท่ากัน ดังนั้นเมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในอาหาร เครื่องดื่ม ขนมอบ ซึ่งอาจสามารถลดปริมาณการใช้ของใบเตยผงลงได้ ส่งผลให้ประหยัดต้นทุนการผลิตได้

คำสำคัญ: คลอโรฟิลล์ โซเดียมไบคาร์บอเนต ใบเตยผง ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น เอนไซม์เซลลูเลส 2-acetyl-1-pyrroline

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Production of pandan leaf powder by enzymetic hydrolysis for food application
Student	Miss Aubon Rattana
Student ID.	59608041
Degree	Master of science
Program	Foodservice technology and management
Year	2020
Thesis advisor	Asst.Prof.Dr. Sitthipong Nalinanon

Abstract

Pandan or Toeyhom is well know as herbal plant for Thai people which is used as natural fravorant and colorant in many Thai foods and desserts. Generally, fresh extracted pandan juice can not be stored for a long time due to the changes in color and flavor. The aim of this research was to improve the extraction method of pandan juice and the production of pandan powder, which provided good physicochemical properties and maintained the color and flavor characteristics of the pandan. The pandan was extracted with water at ratio of 1:4 for 1 min using a blander prior to incubation at room temperature for 1 h. It was found that pandan leaf extract, which 0.15% (w/v) of sodium bicarbonate and 2.0% (w/v) of enzyme incorporation during blanding, was the optimal condition. That pandan leaf extract was then subjected to be dried by foam-mat drying method at 70 ºC for 5 h prior to finely grind to be a powder. The physicochemical properties of pandan powder were examined its antioxidant activities and volatile compounds were also determined. The results showed that the prepared pandan powder remained its natural green color, resemble to its pandan juice counterpart before drying, which L*, a* and b* were 59.36, -14.68 and 24.58 respertively. The total chlorophyll content in pandan powder was 0.19 (mg / g pandan powder) and chlorophyll a and b content were found to be 0.14 and 0.05 (mg / g pandan powder), respectively. The pandan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

powder had low moisture content (4.79%) but it could be great dispersed and solubilized in water (91.75% solubility). Additionally, the pandan powder exhibited antioxidant activity as analyzed by FRAP medthod. The 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) (pandan aroma identity) was found as the major volatile compound in pandan powder with a content of 0.37 (μg / g pandan powder).

Pandan powder was applied to pandan spread production and the consumer acceptability was tested by using 50 panelists. The result showed that the overall liking of the pandan spread made by using pandan powder, prepared by 0.15% sodium bicarbonate and 2% cellulase, was 7, which was higher than that of pandan spread made by commercial pandan powders but lower than fresh pandan extract. The color of pandan spread was a intense green and brighter than commercial pandan powders at the same concentration. Therefore, the pandan powder can be applied to food, beverages and bakery, which the amount of pandan powder can be reduced to save cost of production.

Keyword: Chlorophylls, Sodium bicarbonate, Pandan powder, Antioxidant, Cellulase, 2-acetyl-1-pyrroline

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นวิทยานิพนธ์ในหลักสูตรปริญญาโทของสาขาเทคโนโลยีการบริการอาหารและการจัดการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร โดยวิทยานิพนธ์เล่มนี้ไม่อาจเสร็จสมบูรณ์ได้หากขาดการคำแนะนำและช่วยเหลือจาก ผศ.ดร. สิทธิพงศ์ นลินานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้สละเวลาให้คำแนะนำชี้แนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และตรวจข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงคณะกรรมการ ผศ.ดร.ปาจรีย์ อิงคะสุภัทร ผศ.ดร.สุพัตรา กาญจนประทุม ผศ.ดร. ศิริพร เรียบร้อย คิม ที่ช่วยให้คำแนะนำ ซึ่งผู้เขียนทราบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณอาจารย์ไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สุพีรยา อาษา อาจารย์จากคณะอุตสาหกรรม และฝ่ายสนับสนุนวิชาการที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการแนะนำ ช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการทดลองวิทยานิพนธ์รวมถึงให้กำลังใจที่ดีในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณครอบครัว เพื่อน รุ่นพี่รุ่นน้องปริญญาโทและปริญญาเอกทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือในระหว่างการทำวิจัยตลอดระยะเวลาการศึกษา จนถึงกำลังใจในการทำเล่มวิทยานิพนธ์

หากมีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ และหวังอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะให้ประโยชน์ไม่มากก็น้อยแก่ผู้ที่สนใจ นักศึกษา

อุบล รัตนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง X

สารบัญรูปภาพ XI

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ใบเตย 3

2.2 โซเดียมไบคาร์โบเนต 11

2.3 เอนไซม์ 12

2.4 พรีไบโอติก 18

2.5 การทำแห้ง 20

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 31

3.1 วัตถุดิบ 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 สารเคมี 31

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ 32

3.4 วิธีการทดลอง 33

3.4.1 การเตรียมใบเตย 33

3.4.2 ศึกษาผลของโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณลักษณะของสารสกัดใบเตย 33

3.4.3 ศึกษาผลของการใช้เอนไซม์เซลลูเลสต่อการสกัดน้ำใบเตย 34

3.4.4 การทำแห้งใบเตยผงด้วยวิธีโฟม-แมท 35

3.4.5 การวิเคราะห์ค่าทางกายภาพของใบเตยผง 35

3.4.6 การวิเคราะห์ค่าทางเคมีของใบเตยผง 35

3.4.7 วิเคราะห์องค์ประกอบของกลิ่นใบเตยผง 36

3.4.8 การประยุกต์ใช้ใบเตยผงในการผลิตใบเตยสเปรด 37

3.4.9 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 38

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง 39

4.1 ผลของโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณลักษณะของสารสกัดใบเตย 39

4.2 ศึกษาผลของการใช้เอนไซม์เซลลูเลสต่อการสกัดน้ำใบเตย 42

4.3 คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของใบเตยผง 47

4.4 ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของใบเตยผง 50

4.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารหอมระเหยที่พบในใบเตยผง 51

4.6 การทดสอบการยอมรับของใบเตยผงที่สกัดจากโซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับเอนไซม์เปรียบเทียบกับใบเตยคั้นสด และใบเตยผงทางการค้าสองยี่ห้อ 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 58

บรรณานุกรม 59

ภาคผนวก 75

ก. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ 76

ข. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี 78

ค. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 88

ง. ภาพประกอบวิธีการสกัดสารสกัดใบเตยและวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท 90

ประวัติผู้เขียน 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของใบเตยที่บริโภคได้ 100 กรัม 5

ตารางที่ 2.2 สารประกอบที่วิเคราะห์พบในใบเตยหอม 6

ตารางที่ 2.3 แสดงเอนไซม์ที่นิยมใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมอาหาร 15

ตารางที่ 3.1 สูตรของการทำสเปรดใบเตย 38

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของน้ำใบเตยสกัดโดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 39

ตารางที่ 4.2 ผลของปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อค่าสีน้ำใบเตยสกัด 41

ตารางที่ 4.3 ปริมาณผลผลิตและสมบัติทางเคมีของสารสกัดใบเตยที่เตรียมได้จากการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต (ร้อยละ 0.1) ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 46

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบคุณลักษณะทางด้านสีของใบเตยผงทางการค้าและใบเตยผงที่สกัดได้จากโซเดียมไบคาร์บอเนต (ร้อยละ 0.15) และเอนไซม์เซลลูเลส (ร้อยละ 2.0) 48

ตารางที่ 4.5 คุณลักษณะของใบเตยผงที่ได้จากการสกัดโซเดียมไบคาร์บอเนต (ร้อยละ 0.15) ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส (ร้อยละ 2.0) โดยผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีโฟม-แมท 50

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยของการต้านออกซิเดชั่นในใบเตยสดเปรียบเทียบกับใบเตยผงที่ได้จากการสกัดโซเดียมไบคาร์บอเนต (ร้อยละ 0.15) ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส (ร้อยละ 2.0) โดยผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีโฟม-แมท 51

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงปริมาณสารหอมระเหยหลัก 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ในเตยผงที่สกัดได้จากเอนไซม์เซลลูเลสและโซเดียมไบคาร์บอเนต 53

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงชนิดของสาระเหยที่พบในใบเตยผงที่ได้จากการสกัดด้วยเอนไซม์และโซเดียมไบคาร์บอเนต 54

ตารางที่ 4.9 แสดงทดสอบการยอมรับของใบเตยผงที่สกัดจากโซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับเอนไซม์ เปรียบเทียบกับใบเตยคั้นสด และไปเตยทางการค้ายี่ห้อ (P) และยี่ห้อ (Q) 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าสีของใบเตยสเปรดที่ประยุกต์จากใบเตยสดเปรียบเทียบกับใบเตยผงที่สกัดได้จากเอนไซม์และโซเดียมไบคาร์บอเนต และใบเตยผงทางการค้าทั้งสองชนิด 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ใบเตย 3

รูปที่ 2.2 โครงสร้างของสารประกอบ 2-acetyl-1-Pyrroline 6

รูปที่ 2.3 โครงสร้างของอนุพันธ์คลอโรฟิลล์ 8

รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ในขณะที่ผ่านกระบวนการผลิตอาหาร 9

รูปที่ 2.5 ผลของอุณภูมิที่แตกต่างกันต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ของเอนไซม์ 13

รูปที่ 2.6 โครงสร้างของเซลลูโลส 16

รูปที่ 2.7 แสดงการจัดลำดับชั้นของผนังเซลล์ 18

รูปที่ 2.8 การอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้เครื่อง spray dryers 22

รูปที่ 2.9 ลักษณะของฟองอากาศที่แทรกตัวอยู่ในชั้นของเหลวในระหว่างการเกิดโฟม 23

รูปที่ 2.10 ประเภทของการทำเอนแคปซูเลชั่นของสารให้กลิ่นรส 25

รูปที่ 2.11 โครงสร้างโมเลกุลของ sodium carboxymethyl cellulose 27

รูปที่ 4.1 แผนภาพสีของน้ำใบเตยสกัดที่เตรียมได้จากการสกัดโดยการผสมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับความเข้มข้น (ร้อยละ) ที่แตกต่างกัน 42

รูปที่ 4.2 สีของใบเตยผงทางการค้า P และ Q และใบเตยผงที่ได้จากการสกัดโซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส โดยผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีโฟม-แมท 48

รูปที่ 4.3 โครมาโตรกราฟของใบเตยผงที่ได้จากการสกัดด้วยโซเดียมไบคาร์บอเน็ตร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส 53

รูปที่ 4.4 แสดงสีของใบเตยสเปรดประยุกต์จากใบเตยสดเปรียบเทียบกับใบเตยผงที่สกัดได้จากเอนไซม์และโซเดียมไบคาร์บอเนต และใบเตยผงทางการค้าทั้งสองชนิด 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ข.1 กราฟมาตราฐานของน้ำตาลกลูโคสด้วยวิธีการ DNS 81

ข.2 กราฟมาตราฐานของน้ำตาลกลูโคสโดยการวิเคราะห์ด้วยวิธี Phenol sulfuric 82

ข.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม 84

ข.4 กราฟแสดงความสัมพันธระหว่างค่าดูดกลืนแสงและปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม .85

ง.1 แสดงขั้นตอนสกัดใบเตยและบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 90

ง.2 แสดงสารสกัดใบเตยที่ได้จากการสกัดใบเตยด้วยโซดียมไบคาร์บอเนตในความเข้มข้นระดับต่างๆ 89

ง.3 แสดงลักษณะปรากฏของสารสกัดใบเตยที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสระยะเวลา 8 ชั่วโมง.....91

ง.4 แสดงขั้นตอนการทำโฟม-แมทโดยเป็นช่วงการผสม เมทโทเซลและมอนโตรเดกซ์ตริน 91

ง.5 แสดงลักษณ์การขึ้นโฟมหลังผสมในโถปั่นผสม 91

ง.6 แสดงการบีบโฟมของใบเตยก่อนเข้าอบที่เครื่องอบลมร้อน.....92

ง.7 แสดงโฟมของใบเตยหลังการอบกับเครื่องอบลมร้อน 92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ตลาดพืชสมุนไพรไทยในปัจจุบันนั้นเป็นตลาดที่มีขนาดใหญ่ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยสินค้าสมุนไพรไทยเป็นสินค้าที่สร้างรายได้ให้กับประเทศถึง 280,168 ล้านบาทต่อปี และถูกจัดให้มีอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจด้านสมุนไพรสูงเป็นอันดับ 8 ของโลก โดยประเทศที่มีการส่งออกไปมากที่สุดคือ ประเทศญี่ปุ่น ประเทศจีน และอินเดีย ตามลำดับ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการส่งออกไปยังหลากหลายประเทศมากขึ้น เนื่องจากแนวโน้มของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศใส่ใจในสุขภาพ ผู้บริโภคเลือกรับประทานอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของสมุนไพรเพื่อบำรุงร่างกายให้แข็งแรงเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้สมุนไพรหลากหลายชนิดมีความต้องการในตลาดเพิ่มขึ้นตามลำดับ (กระทรวงสาธารณะสุข, 2020; DITP, 2020) เตยหอม หรือใบเตย (*Pandanus amaryllifolius*) จัดเป็นพืชสมุนไพรที่มีลักษณะเด่นในด้านของกลิ่นหอมและสีเขียวธรรมชาติ ซึ่งประเทศไทยได้นำเตยหอมมาใช้ประโยนช์อย่างหลากหลาย โดยมีการนำใบเตยมาประยุกต์ใช้ในการประกอบอาหาร โดยเฉพาะขนมไทยและเบเกอรี่ (นิศานันท์ และคณะ, 2558) เพื่อเพิ่มกลิ่นและสีสันของขนมให้น่าทานยิ่งขึ้น ใบเตยนิยมนำไปผสมในเครื่องดื่มเนื่องจากมีกลิ่นที่หอม กลิ่นหอมในใบเตยมีสารหอมระเหยที่สำคัญคือ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ซึ่งมีโมเลกุลขนาดเล็กสามารถระเหยได้ง่าย (น้องนุชและคณะ, 2545) สีเขียวที่ได้จากใบเตยนั้นเกิดจากรงควัตถุที่สำคัญ 2 ชนิดคือ คลอโรฟิลล์และแซนโทฟิลล์ (ศยามล, 2544) โดยใบเตยนั้นมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่สามารถช่วยในเรื่องการลดระดับน้ำตาล ลดความดันโลหิตและช่วยขับปัสสาวะ (จุไรรัตน์, 2548) มีการรายงานว่าสารสกัดที่ได้จากใบเตยมีคุณสมบัติในการลดระดับน้ำตาลในเลือดและลดไขมันในช่องท้องของหนูทดลองได้ (Saenthaweesuk และคณะ, 2016) นอกจากนี้ใบเตยยังมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีปริมาณลูทีนและแอลฟ่าโทโคฟีรอลในใบเตยสูง (Lee และคณะ, 2004) ด้วยเหตุผลดังกล่าวใบเตยจึงเป็นที่นิยมสำหรับผู้บริโภคตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

ในประเทศไทยใบเตยถูกนำไปใช้ในร้านอาหาร ร้านเบเกอรี่ ในขณะที่ใบเตยผงนั้นเป็นที่นิยมในหมู่ผู้บริโภคในประเทศญี่ปุ่น (ผู้จัดการออนไลน์, 2561) อย่างไรก็ตามใบเตยสดหลังจากการเก็บเกี่ยวไม่สามารถเก็บไว้ได้นานหรือเหี่ยวเฉาได้ง่าย อีกทั้งการสกัดเป็นน้ำใบเตยเมื่อเก็บรักษาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สักระยะหนึ่งจะเกิดการสูญเสียกลิ่นไปในที่สุด ซึ่งกลิ่นหอมของใบเตยนั้นไม่เสถียรเมื่อเก็บอยู่ในรูปของสารบริสุทธิ์ และหากเก็บไว้เป็นเวลานานในรูปแบบของสารหอมระเหยบริสุทธิ์จะเกิดการเปลี่ยนของสีจากของเหลวใสไม่มีสีจะเปลี่ยนเป็นเป็นสีแดง (Buttery และ Ling, 1982) งานวิจัยนี้จึงศึกษาการผลิตใบเตยผงด้วยวิธีการสกัดน้ำใบเตยโดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส เพื่อให้ได้คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของใบเตยที่สกัดที่มีประสิทธิภาพสูง ก่อนนำไปผลิตเป็นใบเตยผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท ที่สามารถคงสภาพสีเขียว ปริมาณคลอโรฟิลล์ และกลิ่นของสารหอมระเหยหลักในใบเตย รวมถึงฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น และศึกษาการใช้ใบเตยผงในการประยุกต์ใช้ในการผลิตเป็นใบเตยสเปรดจากการทดลอง เพื่อทดสอบการประยุกต์ใช้ในด้านการประกอบอาหาร

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการผลิตใบเตยผงที่มีความคงตัว

1.2.2 เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติเคมีกายของใบเตยผง

1.2.3 เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ใบเตยผงในด้านอาหาร

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตของการศึกษาการสกัดใบเตยโดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลสเพื่อศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะต่อการการสกัด ที่สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตและคงคุณภาพสีของสารสกัดใบเตยก่อนนำไปผลิตใบเตยผง โดยทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของสารสกัดใบเตย (ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความเป็นกรดด่าง ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์) ทำการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมของสารสกัดใบเตยเพื่อนำมาทำแห้งแบบผงด้วยวิธีโฟม-แมท หลังจากนั้นวิเคราะห์ค่าทางเคมีและกายภาพของใบเตยผง (การวัดค่าความสามารถในการละลาย, วิเคราะห์กลิ่นของใบเตยด้วยเครื่อง Gas Chromatograph Mass Spectrometer, การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์) รวมทั้งวิเคราะห์กิจกรรมทางชีวภาพของใบเตยผงที่ได้ (วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น) และนำใบเตยผงที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการทำใบเตยสเปรดพร้อมทานพร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ใบเตย

ใบเตย หรือ เตยหอม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า (*Pandanus amaryllifolius*) ชื่อวงศ์ pandanceae เตยมีหลายชนิดไม่ว่าจะเป็น เตยลาย เตยหนาม ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์คือต้นไม้ประเภทหญ้าขึ้นบริเวณในริมแม่น้ำ มีรากมาจากฐาน ลักษณะใบเป็นใบเลี้ยงเดี่ยวสลับกันไปซึ่งมีรูปร่างคล้ายหอกหรือสับปะรดโดยมีบริเวณปลายใบแหลม ส่วนของกลางใบเป็นร่องใบเรียบและมีกลิ่นหอม (จุไรรัตน์, 2548) โดยทั่วไปมักนิยมปลูกมากโดยเฉพาะเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้แก่ ไทย มาเลเซีย อินโดนิเซีย และอินเดียเป็นต้น ใบเตยมีลักษณะเป็นใบยาวมีสีเขียวมีร่องกลางและลักษณะของใบเป็นมัน โดยที่สีของเตยหอมมีส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์และแซนโทฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุให้สีในใบเตย ศยามล (2544) ทั้งนี้ใบเตยยังมีสารหอมระเหยที่มีองค์ประกอบหลากหลายชนิด สารที่ทำให้มีกลิ่นหอมคล้ายกับใบเตย คือ คูมาริน และเอทิลวานิลลิน

รูปที่ 2.1 ใบเตย (Pandanus amaryllifolius)

โดยในต่างประเทศจะเรียกใบเตยว่าวนิลาแห่งทิศตะวันออก เนื่องจากมีกลิ่นคล้ายวนิลา (Ningrum, 2014) โดยสารที่ให้กลิ่นในใบเตยมีหลายชนิด แต่สำหรับสารที่พบเป็นปริมาณมากในใบเตยสดคือสาร 3-methyl-2(5H)-furanone เป็นสารที่ให้กลิ่นในลักษณะกลิ่นฉุนคล้ายกลิ่นยา สารที่ให้กลิ่นเหม็นเขียว เช่น 3-hexanal, 4-methylpantanal, 3-hexanone และ 2-hexanone สารที่ให้กลิ่นหอมหลักในใบเตยนั้นคือ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) พบมากขึ้นในใบเตยที่ผ่านกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรรูปที่ให้ความร้อนในระยะเวลาสั้น เมื่อให้ความร้อนสูงหรือระยะเวลานานกลิ่นที่ได้จะเป็นกลิ่นคล้ายกลิ่นใบไม้แห้งหรือกลิ่นใบยาสูบ (แววตา, 2547 ; นิศานันท์ และคณะ, 2558)

2.1.1 สรรพคุณทางยา

เตยหอมยังมีสรรพคุณเป็นยาโบราณ โดยรากของใบเตยสามารถนำมาใช้บำรุงหัวใจให้ชุ่มชื้น ละลายก้อนนิ่วในไต ในส่วนของลำต้น ขับปัสสาวะ บำรุงหัวใจ แก้อ่อนเพลีย และส่วนของใบ แก้ร้อนใน แก้ไข้ แก้กระหายน้ำ แก้โรคผิวหนัง (ศุภชัย, 2543) น้ำมันจากใบเตยสามารถใช้แก้อาการเกร็ง อาการปวดศีรษะ โรคไขข้อกระดูก และรักษาอาหารเจ็บคอได้อีกด้วย (Nor และคณะ, 2008) ด้วยคุณสมบัติของใบเตยที่ให้กลิ่นหอมและสีสันสวยงามทำให้ถูกนำมาประกอบอาหารมากมาย เช่น ข้าวเหนียวมูล ชา เจลลี่ใบเตย พุดดิ้งมะพร้าวใบเตย เป็นต้น (วรางคณา, 2542) นอกจากนี้ยังมีคุณค่าทางโภชนาการ (แสดงในตารางที่ 1) การนำใบเตยมาบำรุงสามารถทำได้โดยนำมาตำให้ละเอียดและผสมน้ำในปริมาณน้อยเพื่อนำไปคั้นแยกกากออก และนำน้ำมารับประทานวันละ 2- 4 ช้อน หรือใช้เป็นยาขับปัสสาวะโดยนำรากของใบเตยประมาณ 1 ต้น ต้มกับน้ำและนำมารับประทานซึ่งจะช่วยขับปัสสาวะได้ดี ใบเตยถูกใช้เป็นยาช่วยรักษาเบาหวาน โดยใช้รากประมาณ 90-120 กรัม ต้มร่วมกับน้ำรับประทานวันละ 2 ครั้ง เช้าเย็น (จุไรรัตน์, 2548) เพ็ญโฉม และคณะ (2533) พบว่าเตยหอมมีสมบัติในการลดน้ำตาลในเลือดของหนูทดลอง ทั้งในส่วนของ ราก ลำต้นใต้ดิน และใบ แต่ในงานวิจัยของ วีระนุช และรัชวรรณ (2541) ได้ศึกษาสารสกัดใบเตยหอมมีผลต่อการเพิ่มระดับน้ำตาลในเลือดของหนูปกติ พบว่าสารสกัดมีผลเพิ่มระดับน้ำตาลในเลือดของหนูอย่างชัดเจนหลังจากได้รับสารสกัดจากใบเตย ซึ่งให้ผลตรงกันข้ามกับสารสกัดจากรากเตยหอมที่ทำให้น้ำตาลในเลือดของหนูปกติและหนูเบาหวาน โดยในการทดลองของ Ningrum และคณะ (2015) ได้ศึกษาสารสกัดที่ได้จากใบเตยในการต้านทานอินซูลินในเลือดของหนูทดลอง พบว่าใบเตยมีคุณสมบัติในการลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ดี และลดไขมันในช่องท้องของหนูทดลองได้ ใบเตยยังมีสารแอนตี้ออกซิเดนท์ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก รูทีน คาเทชิน กรดแกลลิก และมีศักยภาพในต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นประโยชน์สำคัญต่อร่างกาย (Ghasemzadeh, 2014)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของใบเตยที่บริโภคได้ 100 กรัม

		ส่วนประกอบทางโภชนาการใน 100 กรัม
ส่วนประกอบหลัก	โปรตีน	1.9 g
	ไขมัน	0.8 g
	คาร์โบไฮเดรต	4.9 g
	ไฟเบอร์	5.2 g
	เถ้า	1.9 g
แร่ธาตุ	แคลเซียม	124 mg
	ฟอสฟอรัส	27 mg
วิตามิน	เบต้า แคโรทีน	2987 µg
	วิตามินเอ	498 µg
	ไรโบฟลาวิน	0.20 mg
	ไนอาซิน	1.2 mg
	วิตามินซี	8 mg

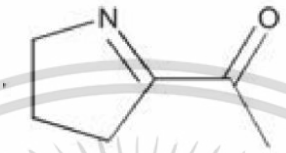
ที่มา : กรมอนามัย (2535)

2.1.2 สารหอมระเหยหลักจากใบเตย

Buttery และคณะ (1983) ได้ศึกษาและค้นพบสารหอมระเหยที่ให้กลิ่นหอมในใบเตยคือ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ซึ่งเป็นสารประกอบของเฮทเทอโรไซคลิก (Heterocyclic compounds) ที่มีโครงสร้างและลักษณะเป็นสารประกอบที่อยู่ในกลุ่มของไพร์โรล (Pyrrole) ซึ่งเป็นวงขนาด 5 เหลี่ยม มีอะตอมไนโตรเจนอยู่ในวง แสดงในรูปที่ 2 มีพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน มีหมู่อะซิติวเกาะกับคาร์บอนด์ ซึ่งให้กลิ่นหอมคล้ายกลิ่นของใบเตยและกลิ่นข้าวโพดคั่ว (Paule และคณะ, 1983) โดยพบว่าโพลีนเป็นสารตั้งต้นของกลิ่นหอมในข้าว โดยพบว่าสารดังกล่าวปรากฏอยู่ทั้งในพันธุ์ข้าวหอมและพันธ์ข้าวชนิดไม่หอม สารหอมละเหยในใบเตยเป็นสารละเหยที่มีจุดเดือดต่ำมาก โดยสารหอมระเหยชนิดนี้หากอยู่ในสภาพบริสุทธิ์ต้องเก็บในภาชนะที่ปิดมิดชิดและอุณหภูมิต่ำ หรือน้อยกว่า -20 องศาเซลเซียส (Yoshihashi และคณะ, 2002) จึงจะป้องกันการระเหยของกลิ่นได้ อีกวิธีหนึ่งที่สะดวกและสามารถยืดอายุการเก็บสารหอมระเหยได้ระยะหนึ่งนั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือการเก็บในสภาพสารละลาย เช่น ในสารละลายที่อ่อนหรือในตัวทำละลายเบนซีนซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการยืดอายุของสารสกัดหอมระเหยได้ (สุกัญญา 2540) โดยสารหอมระเหยใบเตยนอกจากจะนำไปประยุกต์ใช้ในอาหารแล้วยังมีรายงานวิเคราะห์สารหอมจากใบเตยเพื่อนำไปเป็นสารแต่งกลิ่นบุหรี่ ฉีดเข้าไปผสมในใบยาไทยทำให้บุหรี่มีกลิ่นฉุนและรสชาติดีขึ้น (วิมลมาศ และสุนทรี, 2524)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของสารประกอบ 2-acetyl-1-Pyrroline

ที่มา: Bradbury และคณะ (2008)

ตารางที่ 2.2 สารประกอบที่วิเคราะห์พบในใบเตยหอม

สารประกอบ	ร้อยละ
hexanal	6.63
2-hexenal	21.87
3-methyl-pyridine	2.64
2-acetyl-1-pyrroline	8.52
nonanal	10.50
2,4-heptadienal	1.69
benzaldehyde	2.06
2-nonenal	1.87
linalool	2.70
1-octanol	2.02
3-methyl-2(5H)-furanone	3.12

ที่มา: Wakte และคณะ (2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ประโยชน์ของใบเตย

ใบเตยได้ถูกนำประยุกต์ใช้ในด้านอาหารมากมาย จำพวกขนม เครื่องดื่ม และอาหาร หรือนำมาห่อขนมเพื่อความสวยงามและยังใช้เป็นส่วนผสมสำหรับการเติมแต่งกลิ่นในขนม การประยุกต์ทำเครื่องดื่มน้ำใบเตย โดยนำมาบดแล้วคั้นเพื่อเอาน้ำใบเตยและนำน้ำที่ได้ไปผสมเป็นเครื่องดื่ม หรือใส่ในอาหารเพื่อเพิ่มกลิ่นรส เช่นการทำขนมปังรสชาติใบเตย เพื่อเพิ่มกลิ่นรสและคุณค่าทางโภชนาการ (อุไรวรรณ 2546) ในการพัฒนาขนมไทยได้มีการพัฒนาตัวลอดช่องจากสีขาวเป็นสีเขียวเพื่อให้ลอดช่องมีสีสันสวยงามรวมถึงกลิ่นที่หอม (น้ำทิพย์, 2549) ใบเตยถูกนำมาใช้ในการดับกลิ่นไม่ว่าจะเป็นห้องน้ำ รถ งานวิจัยพัฒนาเกี่ยวกับการผลิตเจลดับกลิ่นใบเตยเนื่องจากสารหอมระเหยในใบเตยมีกลิ่นหอมและช่วยดับกลิ่นที่ไม่ต้องการได้ (น้องนุชและคณะ, 2545) นอกจากนำไปใช้ในการประกอบอาหารโดยตรงแล้ว ใบเตยยังถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการทำอาหาร เช่นการนำใบเตยลงไปทอดพร้อมกับของทอดโดยพบว่าในใบเตยมี แคโรทีนอยด์ โทโคฟีรอล และโทโคไตรอีนอล ทำให้อาหารที่ผ่านการทอดร่วมกับใบเตยมีความกรอบ และสามารถลดกลิ่นหืนได้ (Mohd nor และคณะ, 2008) ใบเตยยังถูกนำมาใช้ในด้านการผลิตเครื่องสำอาง ยา สบู่ ยาสระผม ครีมนวดและน้ำยาถูพื้น (พีรรัตน์, 2556) สารสกัดจากใบเตยยังถูกนำมาใช้เป็นเป็นสารวัตถุกันเสีย โดยทำให้เชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Resmi และ Ana, 2016)

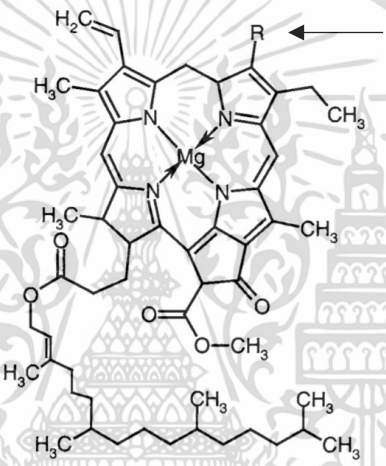
2.1.4 รงควัตถุสีในใบเตย

2.1.4.1 คลอโรฟิลล์ (chlorophylls)

สีเขียวที่เห็นตามธรรมชาติในพืชผักสีเขียวเกิดจากคลอโรฟิลล์ที่อยู่ในคลอโรพลาสต์ซึ่งยึดอยู่ในเนื้อเยื่อของพืช โดยคลอโรฟิลล์จะถูกห่อหุ้มอยู่กับรงควัตถุชนิดอื่นเช่น แคโรทีนอยด์ (carotenoids) ซึ่งยึดติดกันอยู่ในคลอโรพาสต์ใกล้ผนังเซลล์พืช คลอโรฟิลล์มีอยู่ทั่วไปในพืช สาหร่ายสังเคราะห์แสงและแบคทีเรีย อีกทั้งยังมีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงและเร่งปฏิกริยาของคาร์โบไฮเดรตจากคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเพื่อใช้เป็นพลังงานสารอาหารพืช ประโยชน์ของคลอโรฟิลล์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Daood, 2003; Senge และคณะ, 2014) คลอโรฟิลล์มีโครงสร้างเป็นวงโพรไพริน (prophyrin) ซึ่งประกอบไปด้วยวงแหวนไพร์โรล (Pyrrole) สี่วงเรียงติดกัน และมี Mg^{+2} อยู่ตรงกลาง ในคลอโรฟิลล์นั้นเกิดจากการดูดกลืนแสงสีแดง สีฟ้า และสีเหลือง เนื่องจากคลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงสีแดงและฟ้าเอาไว้และสะท้อนสีเขียวออกมา ทำให้เราสามารถมองเห็นพืชเป็นสีเขียว โดยคลอโรฟิลล์ที่พบในพืชแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) และคลอโรฟิลล์ บี (chlorophyll b) โดยความแตกต่างของโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลอโรฟิลล์สองชนิดนี้คือ ตำแหน่งไพรอลในตำแหน่งที่ 3 นับจากตำแหน่งอะตอมไนโตรเจนล่างสุดเวียนขึ้นด้านบน โดยโซ่ต่อด้านข้างคลอโรฟิลล์ เอ เป็นหมู่เมททิล ($-CH_3$) ส่วนโซ่ต่อด้านข้างของคลอโรฟิลล์ บี เป็นหมู่อัลดีไฮด์ (-CHO) ดังรูปที่ 3 ทำให้โมเลกุลของคลอโรฟิลล์ เอ มีขั้วจึงสามารถละลายในสารละลายที่มีขั้ว เช่น น้ำ และเมทิลแอลกอฮอล์ ในขณะที่คลอโรฟิลล์ บี มีหมู่อัลดีไฮด์ที่ไม่มีขั้วจึงสามารถละลายได้ดีในสารที่ไม่มีขั้ว เช่น อีเทอร์ และคีโตน เป็นต้น นอกจากนี้ยังความแตกต่างทางด้านของคลอโรฟิลล์เอและบี แตกต่างกันสี โดยคลอโรฟิลล์ เอ จะมีสีเขียวเข้มแกมน้ำเงิน ส่วนคลอโรฟิลล์ บี จะมีสีเขียวอ่อนแกมเหลือง โดยส่วนมากจะพบคลอโรฟิลล์ เอมากกว่าคลอโรฟิลล์ บี ในอัตราส่วน 3:1 (Scheer, 2006; Roca และคณะ, 2016)



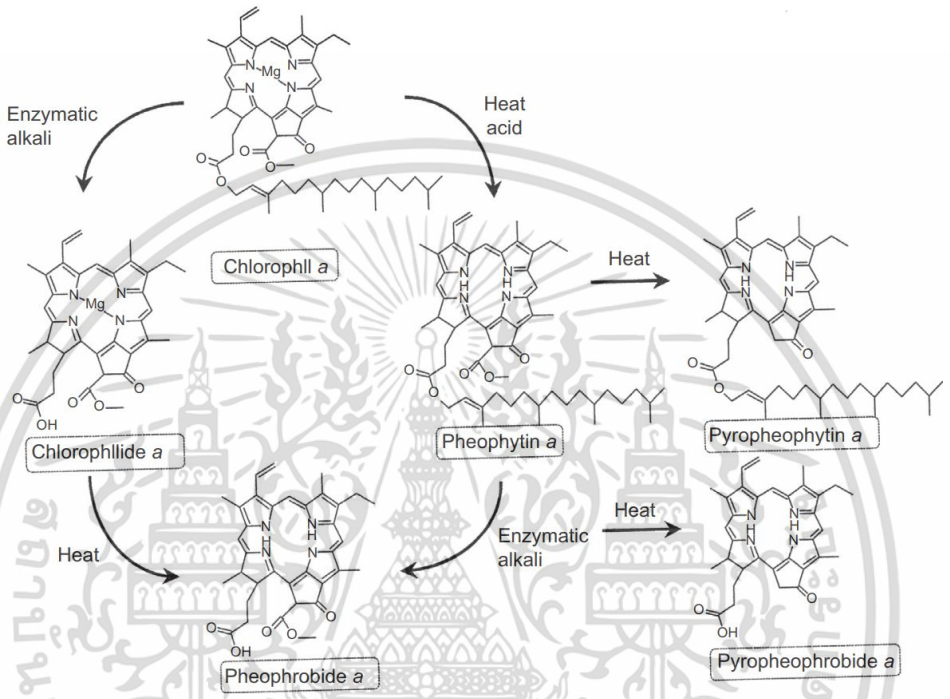
รูปที่ 2.3 โครงสร้างของอนุพันธ์คลอโรฟิลล์
ที่มา: ดัดแปลงจาก PÜNtener และคณะ (2000)

1. การเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ในอาหาร

คลอโรฟิลล์สามารถคงตัวอยู่ในพืชได้อย่างดี แต่เมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปหรือปรุงอาหาร ทำให้คลอโรฟิลล์เปลี่ยนสีจากสีเขียวไปน้ำตาลมะกอก เนื่องจากคลอโรฟิลล์ไวต่อปฏิกริยาเคมีและกระบวนการทางชีวภาพ (Ferruzzi และ Schwartz, 2001) โดยการเปลี่ยนสีของคลอฟิลล์เกิดจากปฏิกิริยาฟีโอไฟทิไนเซชั่น (pheophytinization) ซึ่งเกิดจากการแทนที่ของแมกนีเซียมด้วยไฮโดรเจนสองอะตอม (Steven และคณะ, 1990) ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นได้ง่ายเมื่อมีสภาวะเป็นกรดและภายใต้สภาวะการให้ความร้อน ปฏิกิริยาที่เกิดจากคลอโรฟิลล์จะเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน (pheophytin) หรือสีเขียวมะกอก ตัวอย่างเช่นการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์เป็นฟีโอไฟตินเมื่อมีการลวกหรือให้ความร้อนในพาร์ลีย์ (Kaiser และคณะ, 2012) และปฏิกิริยาในการแตกตัวของหมู่ไฟทิล (phytyl) เกิดเป็นหมู่ไฟทอล (phytol) และคลอโรฟิลไลด์ (chlorophllide) ที่สามารถละลายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำดีขึ้น ซึ่งคลอโรฟิลไลด์เกิดขึ้นได้จากสภาวะของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส (chlorophyllase) และสภาวะความเป็นด่างเท่านั้น คลอโรฟิลเลสเป็นหนึ่งในเอนไซม์คาตาโบลิกคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในพืช สังเคราะห์แสงและพบได้เมื่อเซลล์ถูกทำลาย โดยหลังจากเกิดคลอโรฟิลไลด์แล้วจะทำให้เกิดฟีโอฟอร์ไบด์ (pheophrobid) หรือสีน้ำตาล (Steven และคณะ, 1990) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 2.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ในขณะที่ผ่านกระบวนการผลิตอาหาร

ที่มา: Roca และคณะ (2016)

2. การรักษาสภาพของคลอโรฟิลล์ (ภาคภูมิ, 2550)

ในกระบวนการแปรรูปอาหารที่แตกต่างกัน คลอโรฟิลล์ได้สูญเสียและเปลี่ยนแปลงสภาพไปเป็นฟีโอไฟตินและฟีโอฟอร์ไบด์ ทำให้สีเขียวของคลอฟิลล์เปลี่ยนเป็นสีเขียวมะกอกหรือสีน้ำตาล ทำให้ความน่ารับประทานลดน้อยลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการป้องกันการเปลี่ยนของคลอโรฟิลล์ที่เกิดขึ้นได้ ดังนี้

- **การลวก (blanching)**

การลวกผักหรือสมุนไพร เป็นการให้ความร้อนเพื่อให้เนื้อผักอ่อนนุ่มหรือทำให้พืชเกิดการเสียสภาพ โดยปกติคลอโรฟิลล์เมื่อผ่านการให้ความร้อนจะทำให้แมกนีเซียมไอออนหลุดออกและถูกแทนที่ด้วยไอโดรเจนทำให้เกิดการเป็นฟีโอไฟติน แต่การลวกเป็นการใช้ระยะเวลาสั้นแต่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการทำงานของเอนไซม์คลอโรฟีเลส โดยเปลี่ยนคลอโรฟิลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นคลอโรฟิไลด์ที่มีความคงตัวสูงกว่าคลอโรฟิลล์ ทำให้สารละลายคลอโรฟิลล์สามารถเก็บไว้ได้นานขึ้น (Heaton และMarangoni, 1996)

- **การปรับสภาวะความเป็นด่าง**

สารละลายคลอโรฟิลล์มักมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย การเติมสารที่เป็นด่างจะช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างให้เป็นกลาง ซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดฟีโอไฟตินของคลอโรฟิลล์โดยป้องกันแมกนีเซียมหลุดออกจากวงแหวนพอร์ไฟรินได้ เช่น การเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งจะช่วยรักษาสภาพของสารสกัดให้คงสีเขียวของคลอโรฟิลล์เหมือนเดิมในระหว่างการเก็บรักษา มีงานวิจัยของ Nuray และคณะ (2016) ได้ศึกษาการปัจจัยของความเป็นกรด-ด่างต่อการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์และสีของถั่วแระ โดยพบว่าปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ และบี ถูกทำลายอย่างรวดเร็วยิ่งเมื่อความเป็นกรด-ด่างลดลงหรืออยู่ในสภาวะเป็นกรด

- **การเพิ่มสารประกอบเชิงซ้อนกับโลหะ**

การเสริมโลหะบางชนิดได้แก่ สังกะสีไอออน (Zn^{+2}) และคอปเปอร์ไอออน (Cu^{+2}) ในรูปของเกลือคลอไรด์และซัลเฟต ซึ่งสามารถรักษาสภาพของคลอโรฟิลล์หรือสารสกัดคลอโรฟิลล์ได้นานขึ้นโดยสารดังกล่าวจะเข้าไปแทนที่แมกนีเซียมในวงแหวนพอร์ไฟริน (Humphrey, 1980) ซึ่งการเสริมโลหะดังกล่าวทำให้สีเขียวที่ได้มีความคงตัวและคงทนต่อสภาวะความเป็นกรดและความร้อนได้มากขึ้นและมีประสิทธิภาพของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น (Tonucci และ Elbe, 1992)

2.1.2.2 แซนโทฟิลล์ (xanthophyll)

แซนโทฟิลล์เป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลืองในธรรชาติ โดยคำว่า xanthos หมายถึงสีเหลือง และ phyllon หมายถึงใบไม้ เนื่องจากแซนโทฟิลล์แสดงแถบสีเหลืองบนแผ่นทดสอบจากโครมาโตรกราฟีของรงควัตถุในใบไม้ โดยแซนโทฟิลล์จัดเป็นส่วนหนึ่งในแคโรทีนอยด์เช่นเดียวกับส่วนประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพตัวอื่น โดยแซนโทฟิลล์นั้นจำแนกได้หลากหลายชนิดรวมถึง ลูทีน (lutein) ซีแซนทีน (zeaxanthin) เบต้า-คริบโตแซนทีน (β-cryptoxanthin) แคปแซนทีน (capsanthin) แอสต้าแซนทีน (astaxanthin) และ ฟูคอกแซนทีน (fucoxanthin) เป็นต้น (Rowe และคณะ, 2008; Sarialtin and Coban, 2018) โดย ลูทีน และ ซีแซนทีน นั้นสามารถพบได้ในผักใบ ซึ่งมีคุณสมบัติในการช่วยบำรุงสายตา ปกป้องสายตาจากแสงน้ำเงิน แสงแดด ซึ่งจัดเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนซ์อย่างหนึ่ง (Tharasena, 2012) แซนโทฟิลล์เป็นรงค์วัตถุที่ละลายได้ในไขมัน โดยพบมากที่สุดใน ดอกดาวเรือง ผักโขม กะหล่ำปี บล็อกโคลี่ ข้าวโพด ส้ม พีช มะม่วง และไข่แดง เป็นต้น (Bhosale และคณะ, 2004; Aman และคณะ, 2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีรายงานของ Lee และคณะ (2004) ทำการทดลองหากิจกรรมทางชีวภาพของพืชหลากหลายชนิด ซึ่งในงานวิจัยพบว่าใบเตยมีปริมาณของ ลูทีน และซีแซนทีนที่เป็นส่วนหนึ่งของแซนโทฟิลล์ โดยแซนโทฟิลล์สามารถป้องกันการแข็งตัวจากโรคหัวใจและโรคมะเร็ง (Michaud และคณะ, 2000) อย่างไรก็ตามแซนโทฟิลล์นั้นไม่สามารถคงตัวได้ในสภาวะที่มีความร้อน แสง ออกซิเจน และสามารถละลายได้ในไขมันดีกว่าละลายในน้ำ จึงทำให้การสกัดแซนโทฟิลล์มีข้อจำกัดหลายอย่าง (Khaleghnezhad และคณะ, 2019)

2.2 โซเดียมไบคาร์โบเนต

โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate) หรือที่รู้จักกันในชื่ออื่นๆ เช่น เบกกิ้งโซดา (Baking soda), เบรดโซดา (Bread soda) เป็นต้น โดยมากถูกนำมาใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร ช่วยในการขึ้นฟูของขนมปัง ใช้ในการปรับความเป็นกรดด่าง เพิ่มรสชาติ ปรับสภาพของเนื้อสัมผัส และควบคุมการเน่าเสียของผักและผลไม้ หรือใช้เป็นส่วนผสมในสารทำความสะอาด (Corral และคณะ, 1998) ในด้านอุตสาหกรรมยาโซเดียมไบคาร์บอเนตถูกนำมาผลิตเป็นยาเม็ดโซเดียมไบคาร์บอเนต หรือยาเม็ดที่คนทั่วไปรู้จักในชื่อ โซดามิ้นท์ โดยมีไว้ใช้สำหรับรักษาภาวะความเป็นกรดเกินของร่างกายและภาวะอาหารไม่ย่อย ซึ่งกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดให้ยาเม็ดโซเดียมไบคาร์บอเนตอยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติ (สุรเกียรติ, 2553)

นอกจากนี้ยังมีรายงานการทดลองนำถั่วงอกแช่โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นแตกต่างกันแล้วนำไปปลูกโดยพบว่า การแช่เมล็ดถั่วงอกกับโซเดียมไบคาร์บอเนตสามารถเพิ่มปริมาณ ฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก สารแอนตี้ออกซิเดนท์และแอลฟ่ากลูโคซิเดสเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Qin, 2016) การแช่ถั่วเขียวในโซเดียมไบคาร์บอเนตก่อนปรุงอาหารสามารถช่วยลดระยะเวลาในการทำอาหารได้มากขึ้นและเพิ่มปริมาณฟีนอลลิก สารแอนตี้ออกซิเดนท์และคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเขียวในการนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ (Sikora และคณะ, 2018)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เอนไซม์

เอนไซม์ คือโปรตีนกลุ่มหนึ่งที่มีหน้าที่พิเศษแตกต่างจากโปรตีนและชีวโมกุลทั่วไป กล่าวคือมีความสามารถเร่งปฏิกิริยาในสิ่งมีชีวิตสูงกว่าตัวเร่งสังเคราะห์เป็นหลายล้านเท่าด้วยปริมาณเอนไซม์เพียงระดับไมโครโมลาร์ (μM) นอกจากนี้เอนไซม์สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ภายใต้สภาวะไม่รุนแรงซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งกับสภาวะภายในเซลล์และเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต เอนไซม์มีความจำเพาะต่อสารที่ทำปฏิกิริยาตลอดทั้งเอนไซม์สามารถเพิ่มอัตราเร็วของปฏิกิริยาโดยลดพลังงานการกระตุ้นของปฏิกิริยาได้ (ปราณี, 2558) ซึ่งเป็นกระบวนการสลายเพื่อให้ได้พลังงานและหน่วยการสร้าง (building block) หรือแอนาบอลิซึม (anabolism) คือการนำเอาหน่วยการสร้างมาเชื่อมต่อกันให้ยาวออกเป็นโพลีเมอร์ของชีวโมเลกุล (Bedford, 2010) โดยกระบวนการในการเร่งปฏิกิริยานั้นเริ่มขึ้นจาก เอนไซม์จะเข้ายึดกับโมเลกุลของสารตั้งต้นและมีการทำหน้าที่ตามแต่ชนิดของเอนไซม์ ซึ่งเรียกว่า ซับสเตรต ที่สามารถเร่งปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ไม่เปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์อื่นหรือพอหลังจากปฏิกิริยาเสร็จสิ้นลง จะได้เอนไซม์ในรูปแบบเดิมกลับคืนมา (Graminha และคณะ, 2008) ปกติแล้วเอนไซม์สามารถพบได้ในเซลล์พืชและสัตว์ ถึงแม้ว่าจะพบปริมาณน้อยในอาหารแต่นับว่ามีบทบาทสำคัญในด้านต่างๆ รายงานในอดีตได้ชี้ให้เห็นว่าปฏิกิริยาทางชีวเคมีมากกว่า 5000 ประเภทถูกกระตุ้นด้วยเอนไซม์ ซึ่งทำหน้าที่คล้ายกับเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี ทั้งยังเพิ่มอัตราของเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่ดำเนินการช้ามากหรือในบางกรณีไม่สามารถทำปฏิกิริยาได้ทั้งหมด ตัวอย่างเช่น การย่อยสลายองค์ประกอบในอาหารซึ่งประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน ที่เป็นส่วนประกอบในอาหาร (Schomburg และคณะ, 2012)

2.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

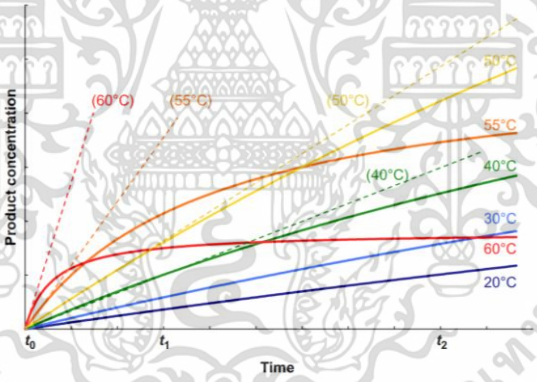
2.3.1.1 ผลของพีเอชต่อกิจกรรมเอนไซม์

เอนไซม์เป็นตัวเร่งชีวภาพที่เสื่อมสลายได้ง่ายโดยมีหลักที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์และอาจทำให้เอนไซม์เสื่อมสภาพ มีทั้งปัจจัยทางกายภาพเช่น อุณหภูมิ แรงกล รังสี ปัจจัยทางเคมี เช่น สภาวะความเป็นกรดด่าง เกลือ สารลดแรงตึงผิว สารออกซิไดส์ โลหะหนักและสารจับโลหะ (อรัญ, 2556) ผลของพีเอชต่อกิจกรรมทางเอนไซม์ซึ่งมีผลต่อการแตกไอออนของหมู่โพรโททรอปิกที่อยู่บริเวณเร่งของเอนไซม์ มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงร่างแบบสามมิติเกิดการเร่งปฏิกิริยา (Kuddus, 2018) นอกจากนี้พีเอชยังมีผลต่อการเกิด ES การแตกไอออนของซับสเตรตโคแฟกเตอร์ซึ่งทำให้เกิดจับกับเอนไซม์เปลี่ยนไป (ปราณี, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 ผลของอุณหภูมิต่อกิจกรรมเอนไซม์

การเร่งปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่สามารถทำได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิซึ่งช่วยเพิ่มพลังงานจลน์ที่โมเลกุลของสารทำปฏิกิริยาแล้วมีผลทำให้เกิดการชนกันได้มากขึ้นต่อหน่วยเวลา สำหรับปฏิกิริยาของเอนไซม์ก็เช่นเดียวกัน (ปราณี, 2558) เอนไซม์เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนและแอกทิวิตี้โดยในการเร่งปฏิกิริยาเกิดจากโครงสร้างในระดับตติยภูมิเรียงตัวอย่างมีระบบในทิศทางที่จับกับซับสเตรตที่บริเวณจับและบริเวณเร่ง (Kuddus, 2018) โดยอุณหภูมิมีการแปรผันตามระยะเวลา จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาเอนไซม์จำเพาะกันเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น t_2 ที่อุณหภูมิ 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ t_1 มีอัตราการเกิดกิจกรรมเอนไซม์ที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการเกิดกิจกรรมเอนไซม์ที่ระยะเวลา t_2 (Whitaker, 1995) อย่างไรก็ตามเอนไซม์อาจจะเสียสภาพเมื่อผ่านการแช่แข็ง แต่เอนไซม์บางตัวสามารถทำงานได้ช่วงอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และบางตัวทำงานได้ดีที่อุณหภูมิสูง เช่น เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสทำงานที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส โดยเมื่ออุณหภูมิต่ำจะมีกิจกรรมเอนไซม์ที่ต่ำลง (Kuddus, 2018)



รูปที่ 2.5 ผลของอุณหภูมิที่แตกต่างกันต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ของเอนไซม์

ที่มา: Scanlon และคณะ (2018)

การลวกผักที่อุณหภูมิต่ำเอนไซม์เพกตินเมทิลเฮสเตอเรส (PME) ทำให้เพกตินที่อยู่ในผนังเซลล์มีความอ่อนตัวลงโดยการกระตุ้นปฏิกิริยา โดยใช้อุณหภูมิในการกระตุ้นเอนไซม์เพกตินเมทิลเฮสเตอเรส ที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียสเพื่อให้เกิดกิจกรรมทางเอนไซม์และสลายเพกตินในผนังเซลล์ (Anthon และคณะ, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 เอนไซม์ในอุตสาหกรรม

เอนไซม์ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่ออำนวยความสะดวกในด้านอุตสาหกรรมและการผลิตผลิตภัณฑ์ ในสมัยโบราณเอนไซม์ถูกนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการอบ, การต้ม, การทำเนยแข็ง เป็นต้น ในอดีตใช้เอนไซม์มาในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Jackson และคณะ, 2010) ในรายงานตลาดทั่วโลก Research and markets com's offering กล่าวว่าตลาดโลกสำหรับอุตสาหกรรมเอนไซม์คาดว่าจะสามารถทำเงินได้ที่ 5.6 พันล้านเหรียญสหรัฐในปี 2018 โดยตลาดที่ใหญ่ที่สุดคืออาหารและเครื่องดื่มโดยประมาณไว้ที่ร้อยละ 26 คิดเป็นมูลค่า 1.4 ล้านเหรียญสหรัฐในปี 2017 ตามด้วยอุตสาหกรรมด้านพลังงานเชื้อเพลิง ผงซักฟอก และเอนไซม์อุตสาหกรรมในเชื้อเพลิงชีวภาพเป็นส่วนที่เติบโตเร็วที่สุดด้วย (Research and Markets, 2018)

- **เอนไซม์สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร**

เอนไซม์ในอุตสาหกรรมหรือที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมมาจาก 3 แหล่ง คือ พืช สัตว์และจุลินทรีย์ ตัวอย่างเอนไซม์จากพืชเช่น โบมีเลน ไฟซิน ปาเปน ลิพอกซิเจนเนสจากถั่วเหลือง และเอนไซม์จากสัตว์อวัยวะสัตว์ เป็นต้น (ปราณี, 2556) โดยเอนไซม์ในอาหารจะถูกแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ เอนไซม์สำหรับอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม เอนไซม์สำหรับอุตสาหกรรมอาหารประเภทโปรตีน เอนไซม์สำหรับอุตสาหกรรมไขมันและน้ำมัน เอนไซม์สำหรับการผลิตสารที่มีหน้าที่เฉพาะ และเอนไซม์ออกซิเดชั่นในอาหาร (Wong, 1995) ในอุตสาหกรรมอาหารประเภทโปรตีน และเบเกอรี่ในระดับอุตสาหกรรมที่มีการใช้แป้ง โดยที่แป้งที่ใช้จะต้องทนต่อการดำเนินงานในสายการผลิตเบเกอรี่ เนื่องจากแป้งสาลีทุกชนิดไม่มีคุณสมบัติต่อเครื่องจักร ดังนั้นการเพิ่มเอนไซม์กลูโคสออกซิเดสเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางรีโอโลยี (Rheological properties) ของแป้งให้สามารถทนเครื่องจักรได้ (Bonet และคณะ, 2006) ในการปรับปรุงคุณภาพของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์นิยมใช้เอนไซม์ในการกระตุ้นให้มีกลูโคสมากขึ้นในการหมักยีสต์โดยสามารถเพิ่มผลผลิตได้มากขึ้น (Donkelaar และคณะ, 2017) เช่นเดียวกับการผลิตน้ำมันจากเมล็ดพืชที่ได้มีการนำเอนไซม์จากภายนอกอาหาร (exogenous enzymes) มาใช้เป็นเครื่องมือในการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีและมีปริมาณผลผลิตที่มากขึ้น (Bedford และคณะ, 2007) เป็นต้น ตัวอย่างของเอนไซม์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมแสดงดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงเอนไซม์ที่นิยมใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมอาหาร

เอนไซม์	การประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอาหาร
อะไมเลส	น้ำเชื่อมที่ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์, ผลไม้แปรรูป, อุตสาหกรรมเบเกอรี่
เซลลูเลส	ผลไม้แปรรูป, สารที่ให้กลิ่น
เดกซ์ทราเนส	การผลิตน้ำตาล
กลูแคแนส	การผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์, การแปรรูปแป้งสาลี
กลูโคสไอโซเมอเรส	การผลิตฟรุคโตสไซรัปความเข้มข้นสูงจากการไฮโดรไลส์สตาร์ช
กลูโคสออกซิเดส	การนำออกซิเจนออกจากผลิตภัณฑ์อาหาร,การแปรรูปเครื่องดื่ม
แล็กแทส	การแปรรูปผลิตภัณฑ์นม
ไลเปส	การปรับปรุงกลิ่นของผลิตภัณฑ์,การแปรรูปชีส ไขมัน
แพคติเนส	ผลไม้แปรรูป
โปรตีเอส	ผลิตเบียร์, ใช้ทำให้เนื้อนุ่ม
ไซลาเนส	การแปรรูปแป้งสาลี, อุตสาหกรรมเบเกอรี่

ที่มา: David (1990)

2.3.3 เซลลูเลส (cellulase)

เอนไซม์เซลลูเลส เป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสที่เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ประกอบไปด้วยกลูโคสเชื่อมกันเป็นสายยาวต่อกันด้วยพันธะเบต้า-1,4 ไกลโคซิดิก (Prade, 1995) โดยการย่อยเซลลูโลสด้วยเอนไซม์เรียกว่าการย่อยแบบชีวภาพ (อรัญ, 2556) โดยใช้หลักการในการย่อยสลายองค์ประกอบเหล่านี้ด้วยเอนไซม์เซลลูเลส เมื่อเกิดปฏิกิริยาการย่อยแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (White, 1993) โดยเอนไซม์เซลลูเลสแบ่งออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ (Himmel และคณะ, 1999; Zaldivar และคณะ, 2001; Bayer และคณะ, 2007)

1. เอนไซม์เอนโดกลูคาเนส (Endoglucanase, 1,4-β-D-glucanohydrolase)

สามารถย่อยพันธะบีตา-1,4 ไกลโคไซด์ภายในสายโซ่เซลลูโลสแบบสุ่มได้เป็นเซลลูโลโอลิโกแซ็กคาไรด์สายสั้น

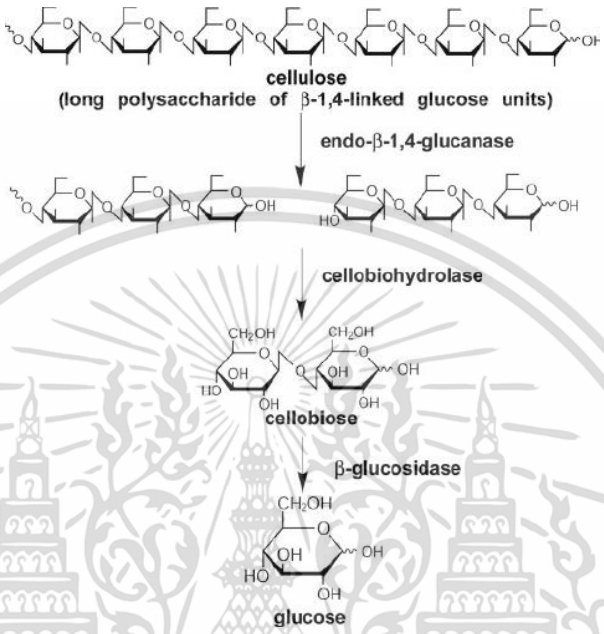
2. เอนไซม์เอ็กโซกลูคาเนส (Exoglucanase, 1,4-D-gluca-cellobiohydrolase)

สามาย่อยสลายพอลิเมอร์จากปลายสายด้านไม่มีหมู่รีดิวซ์เซลโลไบโอส และเซลลูโลโอลิแซ็กคาไรด์ได้เป็นกลูโคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บีตา-กลูโคซิเดส (β-glucosidase, cellobiase,)

สามารถใช้ในการย่อยเซลโลไบโอส และเซลลูโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ได้เป็นกลูโคส แต่อัตรการย่อยสลายจะแตกต่างกัน คืออัตราเร็วจะลดลงเมื่อความยาวของสายพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของเซลลูโลส

ที่มา: Xie และคณะ (2007)

โดยทั่วไปมีการใช้เอนไซม์กลุ่มเซลลูเลสและเพกทิเนสร่วมกันในอุตสาหกรรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากผัก ผลไม้ และกาแฟ โกโก้ เช่น การทำแห้งเมล็ดกาแฟ โกโก้ โดยการย่อยสลายเซลล์ส่วนประกอบของเปลือกซึ่งเป็นชั้นที่มีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพกทิน แล้วตามด้วยการอบแห้งการระเหยน้ำจะทำได้ง่ายขึ้น (ปราณี, 2558) ในงานวิจัยของ Lee และคณะ (2019) ได้ศึกษาการสกัดน้ำตาลรีดิวซ์ในลูกเกดโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส โดยพบว่าสามารถเพิ่มปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น 1.47 เท่า

2.3.4 ผนังเซลล์ของพืชและการสลายตัวของผนังเซลล์

ผนังเซลล์ของพืชมีองค์ประกอบหลัก คือ โมเลกุลของสารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต ที่เรียกว่าเซลลูโลส (cellulose) เซลลูโลสประกอบขึ้นจากโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสต่อกันเป็นสายยาว ไม่มีแขนงสายยาวของเซลลูโลสจะเรียงตัวขนานกัน โดนส่วนที่เป็นระเบียบจะให้ความแข็งแรงและส่วนที่ไม่เป็นระเบียบจะให้ความยืดหยุ่น (Mussatto และคณะ, 2010) และยึดติดกันด้วยพันธะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรเจน และจับกันเป็นเส้นใยขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งเรียกว่าไมโครไฟบริล (microfibril) สายของไมโครไฟบริลจะขดไปมาและยึดติดกันด้วยสารประกอบในกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) หลายชนิด กลายเป็นโครงสร้างที่แข็งแรง ไม่ละลายในน้ำ (Tesoro และคณะ; Young และคณะ, 1986)

ผนังเซลล์มีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้ (French และคณะ, 2003)

1. มิดเดิลลาเมลลา (middle lamella)

เป็นชั้นที่เชื่อมสองเซลล์ให้อยู่ติดกัน ประกอบด้วย สารพวกแคลเซียมเพกเทต หรือแมกนีเซียมเพกเทต ในบางชนิดอาจพบลิกนินด้วย เนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดมีมิดเดิลลาเมลลาหนาไม่เท่ากัน มิดเดิลลาเมลลาถูกทำลายได้ง่ายด้วยกรดและเอนไซม์ จึงทำให้แต่ละเซลล์แยกเป็นอิสระได้

2. ผนังเซลล์ขั้นปฐมภูมิ (primary cell wall)

เป็นผนังเซลล์ชั้นแรกที่พืชสร้างขึ้นเมื่อเซลล์เริ่มมีการเจริญเติบโต โดยมีลักษณะเป็นแผ่นบางๆขนาบข้างส่วนของมิดเดิลลาเมลลา ผนังเซลล์เช่น เซลล์พาเรนไคมา ผนังชั้นนี้จะประกอบด้วยเซลลูโลส เพกติน และ เฮมิเซลลูโลส ที่มีการเรียงตัวของไมโครไฟบริลอย่างไม่เป็นระเบียบ มีการเปลี่ยนแปลงความหนาบางได้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เพราะในขณะที่สภาพแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงอาจมีการนำสารประกอบที่เป็นผนังเซลล์ไปสร้างอย่างอื่นได้

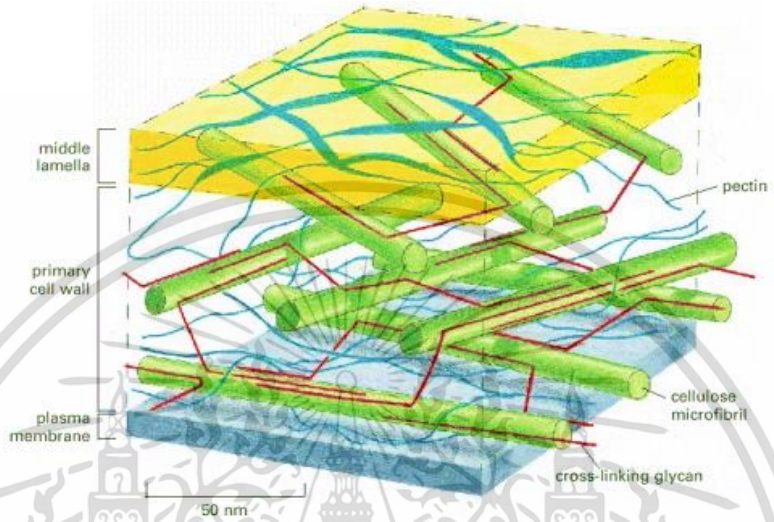
3. ผนังเซลล์ขั้นทุติยภูมิ (secondary cell wall)

เป็นชั้นที่เกิดขึ้นภายหลัง เกิดเมื่อเซลล์พืชหยุดเจริญแล้ว โดยเจริญห่อหุ้มผนังเซลล์ชั้นแรกเอาไว้ ทำให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรง เซลล์ที่เกิดในผนังเซลล์ขั้นนี้มักจะตายเมื่อมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว เช่น ไฟเบอร์ เวสเซล เป็นต้น แต่บางชนิดก็สามารถอยู่ได้ เช่น ไซเลมพาเรนไคมา ไซเลมเรย์ เป็นต้น ส่วนประกอบหลักของผนังเซลล์พืชได้แก่ เซลลูโลส ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสหลายพันโมเลกุล

นอกจากนี้ผนังเซลล์พืชยังประกอบด้วยโพลีแซ็กคาไรด์ที่แตกแขนง 2 กลุ่มคือเพคตินและไกลแคนที่เชื่อมโยงกันกับเซลลูโลส (Alberts และคณะ, 2002) โดยรูปที่ 9 แสดงการรวมตัวกันเป็นไมโคไฟบริล (สีเขียว) ที่มีการจัดเรียงมุมฉากเชื่อมโยงกับไกลโคแลน (สีแดง) และสร้างพันธะไฮโดรเจนกับไมโครฟิล์ม เพกติน (สีฟ้า) กระจายตัวไปทั่วชั้นมิดเดิลลาเมลลาและผนังเซลล์ขั้นปฐมภูมิ การทำให้ผนังเซลล์พืชเสื่อมเสียหรือทำลายกลุ่มโมโนแซ็คคาไรด์ในผนังเซลล์ จำเป็นต้องใช้เอนไซม์ในการย่อยองค์ประกอบของผนังเซลล์ โดยทั่วไปแล้วเอนไซม์ที่สามารถย่อยองค์ประกอบของผนังเซลล์นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารหรือวัสดุเหลือใช้จากพืช (McGee,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1984) กลุ่มเอนไซม์หลักๆที่มีความสามารถในการย่อยเซลลูโลสคือเอนไซม์เซลลูเลส และในการย่อยแพกทินในชั้นมิดเดิลลาเมลลาโดยใช้เอนไซม์แพกติเนส (Kerr และคณะ, 1975; อรัญ, 2556)



รูปที่ 2.7 แสดงการจัดลำดับชั้นของผนังเซลล์

ที่มา: Alberts และคณะ (2002)

2.4 พรีไบโอติก (Prebiotic)

เป็นกลุ่มที่จัดอยู่ใน ฟังก์ชันแนลฟูด (functional food) จัดเป็นอาหารที่ส่งผลดีต่อร่างกาย ช่วยในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค โดยพรีไบโอติกนั้นเป็นที่รู้จักมาอย่างยาวนาน (Roberfroid, 2000) โดยมีความปลอดภัยและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ กระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่มของโพรไบโอติกในลำไส้ใหญ่ (Gibson และคณะ, 2008) ช่วยบรรเทาอาการท้องผูก ป้องกันการเกิดอาการท้องเสีย ช่วยเผาพลาญไขมัน เพิ่มการดูดซึมแคลเซียม ลดระดับคลอเรสเตอรอล ป้องกันมะเร็งในลำไส้ เป็นต้น (Gibson และคณะ, 2006) สารพรีไบโอติกที่ได้รับความนิยมในการประยุกต์ใช้ในอาหาร คือกลุ่มของโอลิโกแซคคาไรด์เนื่องจากเป็นสารที่ให้ความหวานและให้พลังงานที่ต่ำหรือไม่มีพลังงานเพราะไม่สามารถย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร จึงเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้กับผู้ป่วยโรคเบาหวาน หรือผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำตาลในเลือด (ประกานต์ และคณะ, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 การสกัดพรีไบโอติก

แบ่งออกเป็น 3 แหล่ง (Roberfroid, 2000; Kol และคณะ, 2005)

1) สกัดได้จากธรรมชาติ

ได้จากพืช เช่น ถั่วเหลือง หัวบีท อาร์ทิโชก เช่น พรีไบโอติกจำพวก ราฟิโนส อินนูลิน และ สารสกัดโพลิแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง ได้แก่ เพกทิน และเซลลูโลส เป็นต้น

2) สังเคราะห์ด้วยเอนไซม์

จากการสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาเอนไซม์ ด้วยการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและทรานไกลโคซิเลชั่นของเอนไซม์ดัดแปรคาร์โบไฮเดรต ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เอนไซม์จากแบคทีเรีย ได้แก่ มอลโทโอลิโกแซคคาไรด์ กาแล็คโทโอลิโกแซ็คคาไรด์ ฟรุกโทโอลิโกแซ็คคาไรด์ ไซโลโอลิโกแซ็คคาไรด์ ไอโซมอลโตโอลิโกแซ็คคาไรด์ รวมทั้งพอลิแซ็คคาไรด์พรีไบโอติกแบบ resistant starch หรือแป้งที่ทนต่อการย่อยสลายของเอนไซม์ และโปรตีนพรีไบโอติก

3) สังเคราะห์จากปฏิกิริยาเคมี

พรีไบโอติกที่สังเคราะห์จากปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ แล็กทูโลส และน้ำตาลแอลกอฮอล์ โดยทั่วไปสังเคราะห์พรีไบโอติกจากการเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์ โดยการสังเคราะห์พรีไบโอติกจากการเร่งปฏิกิริยาเคมีจากแบคทีเรียมีข้อดีกว่าการสังเคราะห์พรีไบโอติกจากพืช ในด้านผลผลิตที่สูงกว่าและต้นทุนถูกกว่า

2.4.2 ประเภทของพรีไบโอติก

พรีไบโอติกถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในแง่ของโภชนาการเนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูงและพบได้ง่ายในธรรมชาติ เช่น ผัก ผลไม้และธัญพืช (Delzenne, 2003) โดยพรีไบโอติกแบ่งออกได้ดังนี้

1) น้ำตาลและโอลิโกแซ็คคาไรด์

พรีไบโอติกส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดตรสายสั้นที่มีพอลิเมอร์ตั้งแต่ 2 สายขึ้นไป หรือไม่มีและสามารถย่อยได้สลายโดยเอนไซม์จากตับอ่อน (Steed และคณะ, 2009) เป็นโอลิโกแซ็คคาไรด์ประเภทที่ไม่สามารถย่อยได้ (Non-digestible oligosaccharide) ตัวอย่างเช่น มอลโทโอลิโกแซคคาไรด์ กาแล็คโทโอลิโกแซ็คคาไรด์ ฟรุกโทโอลิโกแซ็คคาไรด์ ไซโลโอลิโกแซ็คคาไรด์ ไอโซมอลโตโอลิโกแซ็คคาไรด์ สแตคีโอส แรฟฟิโนส เป็นต้น (Macfarlane และคณะ, 2006)

2) น้ำตาลแอลกอฮอล์ (Sugar alcohol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสารให้ความหวานซึ่งได้จากปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน (hydrogenation) ของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว โดยคาร์บอนิวออกซิเจน (carbonyl oxygen) ถูกรีดิวซ์ได้เป็น โพลีไฮดรอไซด์แอลกอฮอล์ ซึ่งน้ำตาลแอลกอฮอล์จะถูกดูดซับในลำไส้เล็กได้ช้ากว่าน้ำตาลซูโคสทำให้น้ำตาลในเลือดเพิ่มอย่างช้า จึงเป็นเหตุผลทำให้ถูกใช้เป็นสารให้ความหวาน (Rapaille และคณะ, 2003)

3) แป้งทนต่อการย่อยของเอนไซม์ (Resistant starch)

จัดเป็นพอลิเมอร์โพลิแซ็คคาไรด์พรีไบโอติกที่ไม่ถูกย่อย และถูกดูดซึมในทางเดินอาหาร เนื่องจากเป็นแป้งที่มีองค์ประกอบของอะมิโลเพกทิน มากกว่าร้อยละ 24-25 (Gibson และคณะ, 2006)

4) โพลิแซ็คคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (Non-starch polysaccharides)

เป็นส่วนสำคัญของเส้นใยอาหาร ไม่ละลายน้ำโดยส่วนใหญ่แล้วจะเจอเป็นประเภทโพลิแซ็คคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้งหรือNon-starch polysaccharides พบมากในพืช ได้แก่ แก่นตะวัน (Gedrovica และคณะ, 2011)

5) อินนูลิน (Inulin)

จัดเป็นโพลีแซ็คคาไรด์ที่พืชเก็บไว้เป็นอาหาร พบมากในพืชหลายชนิด เช่น รากชิคอรี หัวรากอาติโชก หัวหอมกระเทียม เห็ด กล้วย หน่อไม้ เป็นต้น (Cho และคณะ, 2009)

2.5 การทำแห้ง

การทำแห้งเป็นกระบวนการที่ใช้ในการถนอมอาหารที่นิยมกันมาตั้งแต่สมัยโบราณ การอบแห้งเป็นหนึ่งในการเก็บรักษาอาหารที่เก่าแก่ที่สุดที่มนุษย์รู้จัก วัตถุประสงค์ทางเทคโนโลยีของการทำแห้งคือการเก็บรักษาอาหารโดยลดมวลและปริมาณของอาหารเป็นการแปรรูปอาหารที่สะดวกยิ่งขึ้น การระเหยของน้ำเนื่องจากกระบวนการทำแห้ง ณ อุณหภูมิต่างๆ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพและชีวภาพของอาหาร ทำให้ความเข้มข้นของอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของของจุลินทรีย์ทุกชนิด เช่น รา ยีสต์ แบคทีเรีย เป็นต้น เป็นสาเหตุให้อาหารเกิดการเสื่อมเสีย รวมถึงยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ หรือชะลอปฏิกิริยาต่างๆ ทั้งทางเคมีและทางชีวเคมี (Jangam, 2011; วราภรณ์, 2556) โดยการทำแห้งถูกแบ่งออกมาเป็นหลายประเภทและมีความหลากหลายเครื่องมือ การทำแห้งในงานอุตสาหกรรมก็มีเครื่องมือและวิธีการในการทำแห้งอยู่หลายอย่างเช่น ตู้อบลมร้อนแบบสายพาน (tunnel dryers) เครื่องอบแบบถัง (bin dryes) เครื่องอบแห้งแบบถังหมุน (rotary dryers) เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ (vacuum dryers) เครื่อง

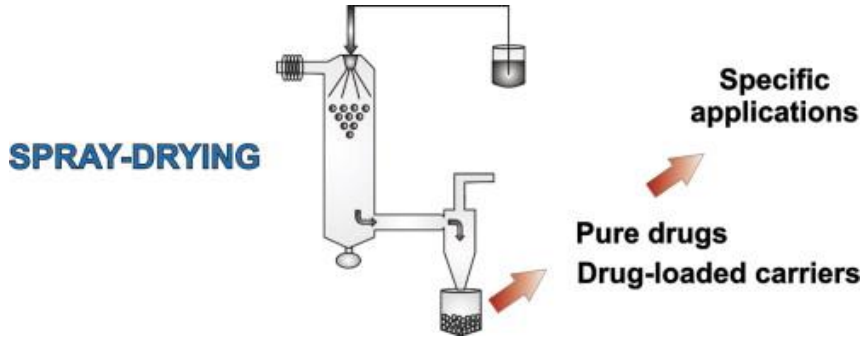
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dryers) เครื่องอบแบบลูกกลิ้ง (drum dryers) เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย (spray drying) เครื่องอบแห้งแบบแบบโฟมแมท (foam-mat dryers) เป็นต้น (Greensmith, 1998; ประเสริฐ, 2556) ในการทำแห้งนั้นน้ำที่เคลื่อนที่ออกจากอาหารจะถูกแทนที่ด้วยอากาศหรือแก๊สออกซิเจน ทำให้เกิดการหดตัวหรือการเปลี่ยนแปลงของรูปร่าง สี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อสัมผัส รวมถึงความสามารถในการคืนรูปและคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์แห้ง (วราภรณ์, 2556) โดยที่ผ่านมาได้มีการทำแห้งแบบผงเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่สะดวกต่อการขนส่งและส่งออก การแปรรูปอาหารด้วยกระบวนการทำแห้งมีหลายวิธี วิธีที่นิยมมากที่สุดคือการแห้งแบบพ่นฝอย (spray dry) แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีกลิ่นหลงเหลืออยู่น้อย จึงมีการพัฒนาการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) การทำแห้งแบบโฟมแมท (foam-mat drying) และการทำแห้งแบบสูญญากาศ (vacuum drying) มาใช้ในการผลิต (ชนันท์, 2545)

2.5.1 การทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying)

เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสามารถนำมาใช้งานเพื่อลดขนาดผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงเช่น เอนไซม์และรสชาติต่างๆเชิงพาณิชย์เพื่อสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ การทำแห้งแบบพ่นฝอยนั้นเป็นการทำแห้งโดยเปลี่ยนแปลงสถานะของอาหารจากของเหลวไปเป็นของแห้งที่มีอนุภาคขนาดเล็ก โดยหลักการของการทำแห้งแบบพ่นฝอยคือการฉีดพ่นของเหลวให้มีละอองเล็กๆลงในแทงค์ที่มีลมร้อนและอุณหภูมิของอาหารที่แห้งจะมีความร้อนอยู่ที่ 150 – 300 องศาเซลเซียส โดยของเหลวที่ผ่านเข้าไปในแทงค์จะแห้งอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีพื้นที่ผิวมาก แม้จะมีความร้อนที่สูงแต่ของเหลวสามารถแห้งในเวลาอันสั้นมากเมื่อเทียบกับการทำแห้งแบบอื่น (Venkatachalam, 2015) การทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปในการทำแห้งแบบผงอาหารในอุตสาหกรรมอาหาร ข้อดีของการทำแห้งแบบพ่นฝอยคือ ใช้ระยะเวลาสั้น สารอาหารในอาหารเหลวไม่ถูกทำลายหรือถูกทำลายไปน้อย (Desmond และคณะ, 2001) งานวิจัยการทำแห้งแบบพ่นฝอยอโวคาโดเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่สะดวกต่อการเก็บรักษาและคงคุณค่าทางสารอาหารให้ได้มากที่สุด โดยได้ผลว่าสามารถเพิ่มผลผลิตได้มากขึ้น มีอนุภาคขนาดเล็กและมีความชื้นต่ำและยังคงสีเขียวไว้ได้มาก (Dantas, 2018) ข้อเสียของการทำแห้งแบบพ่นฝอยคือต้นทุนสูง การทำแห้งแบบพ่นฝอยนั้นจะไม่สามารถทำได้หากผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นสูงทำความสะอาดยากซึ่งเป็นข้อจำกัดของการทำแห้งด้วยเครื่องพ่นฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้เครื่อง spray dryers

ที่มา: Sosnik (2015)

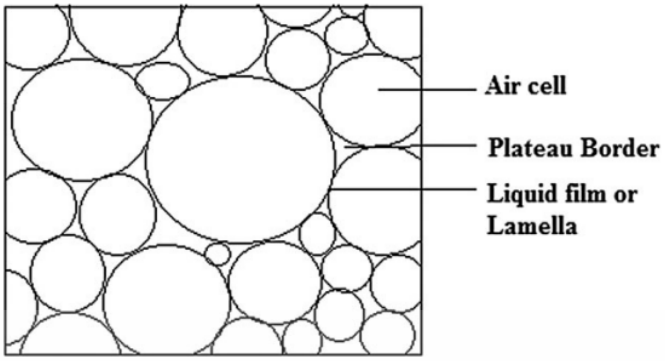
2.5.2 การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze-drying)

การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dehydration หรือ lyophilization) หมายถึงการทำแห้งด้วยการดึงน้ำออกด้วยการแช่เยือกแข็ง (freezing) ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นผลึกน้ำแข็ง แล้วจึงลดความดันเพื่อให้ผลึกน้ำแข็งระเหิดเป็นไอด้วยการลดความดันให้ต่ำกว่าบรรยากาศปกติ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2560) เดิมทีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งนั้นใช้ในงานด้านไบโอเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมยาเพื่อทำการเก็บรักษาสินค้าเช่น โปรตีนสำหรับการรักษาหรือพวกเอนไซม์ การแช่เยือกแข็งแบบเร็วที่นิยมใช้กันมีหลายวิธี เช่น การแช่เยือกแข็งแบบใช้ลมเย็นเป่า (air blast freezing) การแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจน (cryogenic freezing) และการแช่เยือกแข็งแบบจุ่มในของเหลวเย็นจัด (immersion freezing) เป็นต้น (Venkatachalam, 2015)

2.5.3 การทำแห้งแบบโฟม (Foam-mat-drying)

การทำแห้งแบบโฟม เป็นกระบวนการทำแห้งที่ต้องทำให้อาหารเหลวที่ต้องการทำแห้ง มีลักษณะโฟมที่คงตัวในระหว่างการทำแห้ง กระบวนการทำให้เกิดโฟมทำได้โดยนำอาหารเหลวมาทำให้เข้มข้น อาจเติมสารช่วยให้เกิดฟอง (foaming agent) ทำให้เย็นแล้วตีหรืออัดอากาศหรือก๊าซเฉื่อยลงไป จนเกิดลักษณะเป็นฟองโปร่ง (foam) จากนั้นนำฟองที่ได้มาเกลี่ยให้เป็นแผ่นแล้วอบแห้งโดยใช้อากาศร้อนด้วยเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์แบบต่อเนื่อง เมื่อแห้งอาหารจะมีลักษณะโปร่งและเปราะสามารถทำให้แตกเป็นแผ่นบางเล็กได้ โครงสร้างของชิ้นอาหารเล็กๆนี้จะมีรูพรุนเล็กๆ อยู่ทั่วไปทำให้นำมาคืนรูปได้ง่าย (กิตติพงษ์, 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ลักษณะของฟองอากาศที่แทรกตัวอยู่ในชั้นของเหลวในระหว่างการเกิดโฟม

ที่มา: Venkatachalam และคณะ (2015)

วิธีทำแห้งแบบนี้เป็นการพัฒนาปรับปรุงการทำแห้งด้วยอากาศร้อนในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมร้อน เพื่อเพิ่มอัตราเร็วในการทำแห้งและลดเวลาที่ต้องใช้ลง วิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายต่ำ ทำได้ง่าย ลักษณะโฟมของอาหารจะเสถียรและคงตัว สามารถนำไปแผ่เป็นแผ่นและอบแห้งได้ง่าย ผลิตภัณฑ์หลังจากอบแห้งแล้วยังคงคุณภาพดี (Fumagalli, 2005) การนำอาหารมาทำให้มีลักษณะเป็นโฟมก่อนทำแห้งนี้จะช่วยลดระยะเวลาในการทำแห้ง เพราะในระหว่างอบแห้งไอน้ำสามารถระเหยผ่านโครงสร้างที่เป็นโฟมได้ดีกว่า น้ำจะระเหยภายในโฟมแล้วจึงซึมผ่านผนังของโฟมที่แห้งออกมา การทำให้เกิดโฟมจึงช่วยลดเวลาที่ใช้ทำแห้งลงไปได้ประมาณ 1 ใน 3 ของเวลาที่เคยใช้ (Yu และคณะ, 2019) นอกจากนั้นยังช่วยควบคุมความหนาแน่น และช่วยให้กระจายตัวของผลิตภัณฑ์ในน้ำเมื่อคืนรูปเกิดได้ดี (วรางภรณ์, 2556) การทำแห้งแบบโฟมแมทสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลลงได้ เนื่องจากลดระยะเวลาในการทำแห้งรวมถึงกระบวนการทำแห้งแบบโฟมเมทยังสามารถลดการเกิดขอบของแข็ง (case hardening) ซึ่งขอบของแข็งที่เกิดขึ้นจะไปขัดขวางการระเหยของน้ำ ทำให้อัตราการทำแห้งลดลง การทำแห้งผลไม้ที่มีน้ำตาลสูงเมื่อทำแห้งอุณหภูมิ 75 – 90 องศาเซลเซียส จะเกิดขอบแข็งในขณะที่การทำแห้งแบบโฟมเมทที่อุณหภูมิเดียวกันจะไม่เกิดขอบแข็งดังกล่าว ทำให้อัตราการทำแห้งและค่าคงที่ของการทำแห้งแบบโฟมแมทค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการทำแห้ง (Sanket และคณะ, 2004)

ข้อดีอีกประการหนึ่งของการทำแห้งแบบโฟมนอกจากช่วยลดสูญเสียสารคุณค่าทางอาหารแล้ว และช่วยปรับปรุงคุณภาพของ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสไม่เปลี่ยนแปลงไปมากเมื่อเทียบกับการทำแห้งด้วยวิธีอื่น โดย Kadam และคณะ (2011) ทำมะเขือเทศผงโดยใช้เทคนิคการทำแห้งแบบโฟมโดยผงไข่ขาวเป็นสารก่อโฟม พบโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยรูพรุนภายในของโฟมทำให้การแพร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของน้ำออกมาได้ง่าย โดยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 เวลา 7 ชั่วโมง 50 นาที และยังคงสีของน้ำมะเขือเทศคงสีสันสดอยู่ การทำแห้งแบบโฟมแมทนิยมนำมาบดเป็นผง โดยเฉพาะการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทผักผงและผลไม้ผง นม น้ำผลไม้ กาแฟ หรือชา เป็นต้น (Izadi และคณะ, 2020) สามารถผลิตได้หลายวิธี เช่น การอบแห้งแล้วนำมาบดเป็นผง การทำแห้งแบบฝอย การทำแห้งแบบแช่เชือกแข็ง เป็นต้น กัลยาณี (2540) ได้ทำการทดลองการผลิตกล้วยหอมผงโดยวิธีการทำแห้งแบบโฟมและแบบพ่นฝอยโดยใช้เมทโทเซลเป็นสารช่วยให้เกิดโฟมร่วมกับมอลโทรเด็กซ์ทริน (maltodextrin) โดยพบว่าการทำแห้งแบบโฟมนั้นทำให้กล้วยผงมีความชื้นสูงมีสีเข้มและมีความหนืดหลังการคืนตัวมากกว่าการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับเช่นเดียวกับกล้วยหอมสด และในการผลิตกล้วยหอมผงแบบโฟม-แมทนั้นสามารถคืนทุน ได้ภายใน 3.5 ปี ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สั้นกว่าและให้อัตราผลตอบแทนรายปี (26.36%) สูงกว่าการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยการอบแห้งแบบโฟม-แมทมีราคาถูกกว่าการทำแห้งแบบสูญญากาศ การทำแบบแบบแช่แข็ง การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Kadum และคณะ, 2010)

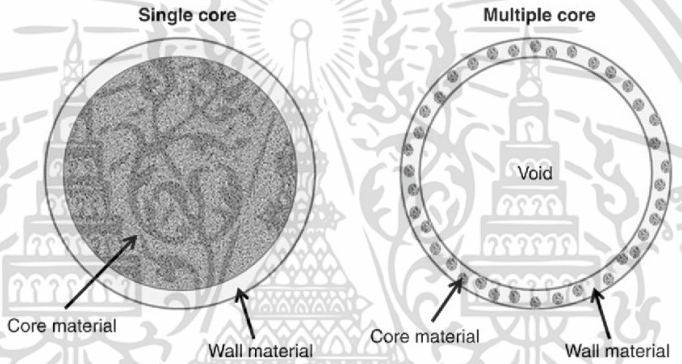
2.5.3.1 กระบวนการห่อหุ้ม (encapsulation)

กระบวนการห่อหุ้มสารเป็นเทคนิคการห่อหุ้มสารอนุภาคสถานะของแข็ง ของเหลวหรือก๊าซด้วยพอลิเมอร์ให้อยู่ในรูปของแคปซูลขนาดเล็ก สารที่ถูกไว้เก็บไว้ภายในจะเรียกว่า สารที่ว่องไว (active agent) หรือแกน (core) ส่วนสารที่ใช้เป็นตัวห่อหุ้มนั้นจะเรียกว่า สารห่อหุ้ม (wall material) สารเคลือบ (coating) หรือ ตัวพา (carrier) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับในระดับอุตสาหกรรมอาหาร ยา เครื่องสำอาง เป็นต้น (Madene และคณะ, 2006) โดยผลิตภัณฑ์ที่นิยมนำเทคนิคนี้มาใช้ได้แก่ สารประกอบที่ให้กลิ่น วิตามิน เกลือแร่ เอนไซม์ สารต้านอนุมูลอิสระ น้ำมันหอมระเหย รวมถึงสารที่ให้สีในอาหาร กระบวนการห่อหุ้มถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อป้องกันการสลายตัวของสารนั้นเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูป เช่น การผ่านความร้อน ความชื้น รวมถึงการเปลี่ยนแปลงค่าความกรดด่างในระหว่างการผลิต ซึ่งเทคนิคนี้จะป้องกันการเกิดปฏิกิริยาจากความร้อน แสงแดด และออกซิเจน เป็นต้น (Gonçalves, และคณะ, 2014)

หลักการของกระบวนการห่อหุ้มสารแบ่งออกเป็นสองส่วน คือสารที่ถูกห่อหุ้มแกน (core) และสารหุ้ม (wall material) โดยสารที่ห้อหุ้มจะห่อหุ้มสารที่เราต้องการกักเก็บไว้ในรูปแบบของแคปซูลขนาดเล็ก (Gharsallaoui และคณะ, 2007; Wang และคณะ, 2015) ดังรูปที่ 16 สิ่งสำคัญของกระบวนการห่อหุ้มสารคือการเลือกชนิดของสารหุ้ม สารห่อหุ้มที่ใช้จะส่งผลถึงลักษณะของแคปซูลซึ่งเป็นส่งผลต่อการทำแห้ง การละลาย การดูดความชื้นเป็นต้น (Ratanasiriwat และคณะ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2013) สารหุ้มที่นิยมใช้ในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตได้แก่ มอลโตเดกซ์ตรินซึ่งนำมาใช้ในการห่อหุ้มน้ำมันทูน่า น้ำมะเขือเทศ ข้อดีของมอลโตเดกซ์ตรินนั้นนอกจากเก็บกลิ่นได้ดีแล้วยังมีราคาที่ถูก (Kwamman และ Klinkesorn, 2015; Belingheri และคณะ, 2015) แป้งดัดแปร (Hydrolyzed starches) ถูกนำมาใช้ในการเก็บรักษากลิ่นของเนื้อและกลิ่นวาซาบิ ข้อดีของแป้งดัดแปรคือป้องกันการสัมผัสกับออกซิเจนได้สูง (Jeon และคณะ, 2003; Ratanasiriwat และคณะ, 2013) และสารหุ้มประเภทโปรตีน ได้แก่ โปรตีนจากนม เจลาติน กัม อินูลิน เป็นต้น โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษากลิ่น สีรสชาตินั้นประกอบไปด้วยปัจจัยการทำแห้ง การเลือกสารที่ห่อหุ้ม ซึ่งในแต่ละวิธีนั้นก็จะให้ผลที่แตกต่างกันออกไปรวมขึ้นอยู่กับความต้องการ และปัจจัยทางด้านต้นทุน (Jafari และคณะ, 2008)



รูปที่ 2.10 ประเภทของการทำเอนแคปซูเลชั่นของสารให้กลิ่นรส

ที่มา: Branta และคณะ (2016)

2.5.3.2 กระบวนการทำแห้งแบบโฟมแมท

กระบวนการทำแห้งอาหารเหลวจะถูกทำให้เข้มข้นขึ้นเพื่อลดปริมาณน้ำส่วนหนึ่ง และทำฟองให้มีความคงตัวและความเสถียรภาพดีขึ้น โดยพื้นฐานคือการใช้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนสถานะจากโฟมเป็นของแข็ง โดยนำไปอาหารผสมกับสารก่อโฟมแล้วทำการผสมตีปั่นให้เกิดโฟม ทำการตักโฟมใส่ถาดเป็นแผ่นให้มีขนาดที่บางเพื่อให้โดนความร้อนได้อย่างทั่วถึงก่อนนำไปเข้าเตาอบลมร้อน โดยการทำแห้งแบบโฟมนั้นใช้อุณหภูมิไม่สูงมาก (Brygidyr, 1977) ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จากการอบแห้งโฟมแผ่นจะดีกว่า มีคุณภาพเพราะมีโครงสร้างแบบพรุนและสามารถสร้างขึ้นได้อย่างง่ายดาย เหมาะสมสำหรับน้ำผลไม้ทุกชนิดเพราะแห้งอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิต่ำเก็บรักษาได้ง่ายและคงคุณภาพทางโภชนาการ สามารถคืนรูปได้ง่ายและมีประสิทธิภาพในการผลิตน้ำผลไม้ผงที่สามารถละลายได้ง่าย (Kudra และ Ratti, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.3 โฟม (Foam)

โฟมเป็นคอลลอยด์ชนิดหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยก๊าซผสมกระจายอยู่ในของเหลวที่มีความหนืดสูง ฟองอากาศเล็กๆ จะถูกล้อมรอบด้วยฟิล์มบางๆของของเหลวทำให้เกิดโฟม หรือการทำให้อากาศหรือก๊าซสามารถกระจายตัวเป็นฟองเล็กๆอยู่ในของเหลว (German และคณะ, 1994) โดยการใช้มือหรือเครื่องตี เช่น ปั่นในเครื่องปั่นผสม เครื่องตีโฟมแบบสเปย์ ตะกร้อผสมอาหารแบบมือจับ ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้ได้ออกแบบขึ้นเพื่อทำให้ฟองอากาศแทรกตัวเข้าไปอยู่ในของเหลวให้ได้มากที่สุดเร็วที่สุด (Narchi และคณะ, 2009) โฟมที่แทรกระหว่างผิวจะมีลักษณะเหมือนกับฟิลม์ (Baniel, 2006) ผิวของเหลวที่ล้อมรอบฟองอากาศจะขยายตัวได้เมื่อถูกความร้อนทำให้ไม่ค่อยคงตัว จึงต้องอาศัยสารช่วยทำให้เกิดโฟม (foaming agent) เพื่อช่วยให้โฟมมีความคงตัวอยู่นานขึ้น (นิธิยา, 2557)

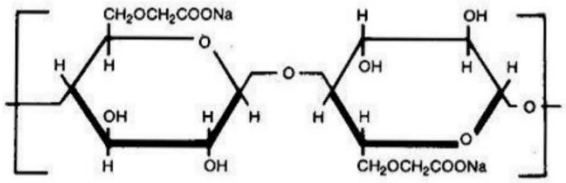
2.5.3.4 สารที่ทำให้เกิดโฟม

สารที่ทำให้เกิดโฟมเป็นสารที่ใช้เติมลงในอาหารเหลวเพื่อช่วยให้เกิดโฟมเมื่อนำไปตี สารที่ก่อให้เกิดโฟมที่เลือกใช้สำหรับอาหารควรมีคุณสมบัติดังนี้ต้องไม่มีรสชาติและไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร สามารถทำให้เกิดโฟมได้ดีเมื่อใช้ในปริมาณต่ำและปลอดภัยสำหรับการบริโภค (พีรรัตน์, 2556) สารก่อโฟมที่ดีนั้นจะต้องสามารถดูดซับน้ำและอากาศระหว่างผิวได้ทันที ลดแรงตึงผิว เกิดเป็นแผ่นฟิลม์ที่ทนต่อความร้อน (Dickinson, 1998) โดยโฟมที่ใช้ในการทำแห้งแบบโฟมที่นิยมมีอยู่หลายหลายชนิด แต่ที่ใช้กันในระดับอุตสากกรรม ได้แก่ คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส เมทโทเซล กลีเซอรอล โมโนสเตียเรต โปรตีนจากไข่ขาว โปรตีนจากถั่วเหลือง เป็นต้น (Walsh และคณะ, 2008)

1. คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส Carboxymethyl cellulose (CMC)

คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส Carboxymethyl cellulose (CMC) หรือโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethyl cellulose) เป็นไฮโดรคอลลอยด์คือพอลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (Tezuka และคณะ,1996) เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดนี้เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (น้องนุช และดุษฎี, 2555) เกิดจากการแปรหรือปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชให้เกิดการแทนที่โครงสร้างเดิมด้วยหมู่เมธิลและหมู่คาร์บอกซิเมทิล ซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุล ตามรูปที่ 15 (สุนทร, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 โครงสร้างโมเลกุลของ *sodium carboxymethyl cellulose*

ที่มา: Nwosu และคณะ (2014)

คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส Carboxymethyl cellulose แบบตามธรรมชาติมักจะใช้ในอุตสาหกรรมที่ไม่เกี่ยวกับอาหาร แต่คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสบริสุทธิ์นั้นจะถูกนำมาใช้เชิงพานิชย์ระดับอุตสาหกรรมเนื่องจากได้ผ่านกระบวนการขัดเกลาหรือปรับอนุภาคให้มีความบริสุทธิ์สูงและสามารถละลายในน้ำได้ง่ายจึงทำให้มักถูกนำมาใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร (Su และคณะ, 2010) คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสมีความสามารถทำให้ของเหลวข้นหนืด โดยที่คุณสมบัติของคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสสามารถยึดเกาะและเป็นสารอิมัลซิไฟออร์ที่มีความคงตัวสูง ทำให้เกิดฟิล์ม และฟิล์มที่เกิดจากคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสจะมีความแข็งแรงปานกลางมีความโปร่งใส สามารถละลายน้ำได้ดีแต่ไม่ละลายในน้ำมันหรือไขมัน มีความสามารถส่งผ่านความชื้นและออกซิเจนปานกลาง (Miller และ Krochta, 1997) คุณสมบัติดังกล่าวจึงมีประโยชน์ในการช่วยทำให้เกิดโฟมและคงตัวในอาหารได้ คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสมักถูกใช้คู่กับ เซลลูโลสพอลิเมอร์ พอลิแซคคาไรด์ โปรตีน กรดไขมันและพอลิเมอร์อื่นๆที่สามารถละลายน้ำได้ เนื่องจากคาร์บอกซิเมทิลนั้นมีมวลโมเลกุลสูงและสามารถเข้ากันได้ดีกับพอลิเมอร์อื่นๆจึงทำให้เกิดฟิลม์ที่ดี (Haleem และคณะ, 2014)

2. เมทโทเซล (methocel)

เมทโทเซล หรือ เมททิลเซลลูโลส (methyl cellulose) เป็นสารช่วยให้โฟมคงตัวชนิดหนึ่งโดยมีสายพอลิเมอร์ของเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบทางเคมีหลัก ไม่ไวต่อปฏิกิริยา มีลักษณะเป็นผงที่มีความบริสุทธิ์สูงและให้พลังงานต่ำ ไม่ให้กลิ่นรสกับอาหารที่ถูกเติมลงไปและใช้ปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมทโทเซลสามารถละลายน้ำได้ดีมีคุณสมบัติเป็นสารยึดเกาะ เป็นสารแขวนลอย สารช่วยให้อิมัลชันคงตัวและสารป้องกันไม่ให้สารแขวนลอยแยกตัว ที่สำคัญคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมทโทเซลเป็นกัมที่มีคุณสมบัติเป็นเจลสามารถเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ สามารถทำหน้าที่ลดแรงตึงผิวทำให้เกิดสภาพฟิล์มในอาหารได้ทั้งที่อุณหภูมิสูงและที่อุณหภูมิต่ำ (Nishinari และคณะ, 1997) ซึ่งเป็นสมบัติที่ดีในการช่วยทำให้เกิดโฟมและคงตัวในอาหารที่ต้องการทำแห้งแบบโฟมได้ เมทโทเซลสามารถแบ่งได้ตามชนิดของเซลลูโลสอีสเทอร์ ภายในองค์ประกอบทางเคมีได้ 2 ประเภทคือ เมททิลเซลลูโลส ไฮดรอกซิโพรพิวเมททิลเซลลูโลส (Company, 1962) มีการทดลองนำสารก่อโฟมไปหมักร่วมกับไก่ก่อนนำไปทอด พบว่าสามารถยืดอายุการใช้งานของน้ำมันได้ (Holownia และคณะ, 2006) และประโยชน์อีกประการหนึ่งคือสามารถใช้ทำขนมปังที่ปราศจากกลูเต้น โดยที่ตัวเมทิลเซลลูโลสมีคุณสมบัติให้ความหนืดใกล้เคียงกับแป้งข้าวสาลี (Toufeili และคณะ, 1994) วิลัยรักษ์ และ บุณยกฤต (2561) ได้ศึกษาการผลิตกล้วยไข่อบกรอบด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท โดยพบว่าการใช้เมทโทเซลเพียงร้อยละ 1 สามารถทำให้เกิดโฟมที่คงตัวได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ชุติกาญจน์ และคณะ (2558) อัตราส่วนของเนื้ออินทผาลัมต่อน้ำและสารก่อให้เกิดโฟมต่อคุณภาพการเกิดโฟมสำหรับการทำแห้งแบบโฟม-แมท โดยพบว่าการใช้เมทโทรเซลเพียงร้อยละ 1 ทำให้โฟมอินทผาลัมคงตัวโดยเปรียบเทียบกับ กลีเซอริลโมโนสเตียเรต และซอบิแทนโมโนสเตีย ที่ใช่ร้อยละ 4 จึงจะสามารถทำโฟมอินทผาลัมคงตัวก่อนนำไปผ่านกระบวนการทำแห้งแบบโฟม-แมท

3. มอลโตเดกซ์ตริน (Maltodextrin)

มอลโตเดกซ์ตรินเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสตาร์ชบางส่วนให้เป็นสายสั้น โดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาได้อธิบายลักษณะของมอลโตเดกซ์ตรินว่า แม้จะถูกย่อยและตัดสายให้สั้นแต่ก็ไม่มีรสชาติ เป็นผงละเอียดสีขาว หรืออาจจะมีรสชาติหวานเล็กน้อยและสามารถละลายน้ำได้ดี (Alexander, 1992) มอลโตเดกซ์ตรินสามารถแบ่งได้ตามค่าสมมูลเด็กซ์โทรส (Dextrose Equivalent, DE) มอลโทเด็กตรินที่มีค่า dextrose equivalent ต่ำซึ่งมีค่าอยู่ในระหว่าง 5-20 มอลโตเดกซ์ตรินที่ได้ค่า DE สูง แสดงว่าโมเลกุลของสตาร์ชถูกย่อยได้น้ำตาลกลูโคสมาก จะมีความหวานมากกว่ามอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่า DE ต่ำ โดยในระยะเวลาที่ผ่านมามอลโตเดกซ์ตรินได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ในอุตสาหกรรมอาหารถูกนำมาใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อ (Bulk) หรือเพิ่มแรงตึงผิวสำหรับการการทำแห้งแบบพ่นฝอย การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง หรือการทำแห้งแบบโฟม-แมท เป็นต้น (Chronakis, 1988; Marchal และคณะ, 1999; Carneiro และคณะ, 2013) โดยส่วนใหญ่นิยมนำมอลโตเดกซ์ตรินมาผสมกับสารตั้งต้นเพื่อทำงานเก็บรักษากลิ่น รสชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี และคุณค่าทางโภชนการ ดังการทดลองของ Ribeiro และคณะ (2020) โดยทดลองการใช้มอลโตเดกซ์ตรินในการกักเก็บรักษา แคโรทีนอยด์จากการกระบวนการทำแห้งแบบพ่น โดยพบว่าปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินมีประสิทธิภาพสูงสุดในด้านของการกักเก็บแคโรทีนอยด์ เช่นเดียวกับการใช้มอลโตเดกซ์ตรินในการห่อหุ้มสารจำพวกพรีไบโอติก (Schutyser และคณะ, 2012) เนื่องจากมอลโตเดกซ์ตรินสามารถทำหน้าที่ในการการเป็นสารห่อหุ้ม (wall material) สารสำหรับการทำแห้งแบบที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน (Bouquerand และคณะ, 2008)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรุณี เพียรทวีรัชต์ (2536) ได้ทำการทดลองสกัดหัวเชื้อน้ำกล้วยหอมโดยใช้เอนไซม์เพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลสอิสระหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำหัวเชื้อกล้วยหอมที่ระดับความสุก 7-8 โดยใช้เพคติเนสและเซลลูเลสอิสระ ที่ความเข้มข้นของเพคติเนส ร้อยละ 0.05 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักของเนื้อกล้วยหอมบด ใช้ร่วมกับเซลลูเลสที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.06 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักเนื้อกล้วยหอมบด ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 2 ชั่วโมงซึ่งภายใต้ภาวะดังกล่าว สามารถสกัดหัวเชื้อน้ำกล้วยหอมได้ประมาณร้อยละ 73 โดยน้ำหนักและหัวเชื้อที่สกัดได้มีสีเหลืองนวล ใส มีกลิ่นหอมของกล้วยผสมของกลิ่นเอนไซม์เล็กน้อยรสหวาน ซึ่งวัดเป็นค่า Brix ได้ 22 (±1) °Brix และมี pH 4.4 (±0.3)

ปราณี อ่านเปรือง (2538) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำแตงไทยด้วยเอนไซม์เพคติเนสอิสระ และ เซลลูเลสอิสระภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง คือใช้เพคติเนสที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ร่วมกับเซลลูเลสความเข้มข้นที่ 0.10 โดยปริมาตรต่อเนื้อแตงไทยตีป่น บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ซึ่งภายใต้สภาวะดังกล่าวสามารถลดความหนืดของแตงไทยได้ร้อยละ 80 และน้ำแตงไทยที่สกัดได้มีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 32 เมื่อเทียบกับการสกัดโดยไม่ผ่านเอนไซม์และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเขียวจางถึงเหลือง ใส มีกลิ่นแตงไทยสดผสมกลิ่นเอนไซม์เล็กน้อย รสชาติหวานมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 6.0 °Brix มี pH 6.65

นิศานันท์ และคณะ (2558) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและสารหอมระเหยของใบเตยที่สกัดด้วยน้ำ โดยมีองค์ประกอบใบเตยหอมมี คาร์โบไฮเดรต 19.80% โปรตีน 31.81% ไขมัน 1.56% เถ้า 7.70% และกากใยหยาบ 39.13% ของน้ำหนักแห้ง เมื่อนำใบเตยหอมต่อน้ำกลั่น เท่ากับ 2:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(w/v) และสกัดโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 30, 50, 70 องศาเซลเซียส และแปรเวลาสกัด 10, 20 และ 30 นาที พบว่าการบดแบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 30 นาทีเป็นสภาวะที่เหมาะสม ได้สารละลายใบเตยที่มีสีเขียวเข้ม และพบสารหอมระเหยที่ให้กลิ่นรสในใบเตยที่สำคัญ 2-acetyl-1-pyrroline ในปริมาณที่สูง

วัชรี และคณะ (2558) ศึกษาผลของสารก่อให้เกิดโฟมที่มีต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงมหาชนกอบแห้งแบบโฟม-แมท โดยใช้ Methocel 65 HG, Glyceryl monostearate (GMS) และ Carboxyl methyl cellulose (CMC), Methocel 65 HG ผสมกับ GMS, Methocel 65 HG ผสมกับ CMC และ GMS ผสมกับ CMC ในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก และเติมมอลโทรเด็กซ์ทริน ร้อยละ 2 และนำมาวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ผลคือการผสมระหว่าง Methocel และ CMC ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.8 ร้อยละ 45 โดยปริมาตร ทำให้เกิดโฟมคงตัวและมีความละเอียดมีค่าคงตัว ค่าความหนาแน่นและ overrun เท่ากับ 0.001 มิลลิลิตรต่อนาที 0.14 กรัมต่อมิลลิลิตรและร้อยละ 602.11 ตามลำดับ

วิริยา และคณะ (2552) ได้ศึกษาการผลิตมะขามผงด้วยการอบแห้งโฟมแมท โดยสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมะขามผงนั้นใช้สารเมทโทเซลที่ความเข้มข้นร้อยละ 1:2 อบแห้งที่อุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้ง 150-180 นาที เมื่อนำมะขามผงไปผสมกับน้ำที่อัตราส่วน 1:2 และนำไปทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า มีการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี ในระดับปานกลางถึงชอบมากและมีการยอมรับในด้านกลิ่นในระดับเล็กน้อย

พีรรัตน์ ดวงติ๊บ (2556) ได้ศึกษาการผลิตสารสกัดในใบเตยหอมชนิดผง และการประยุกต์ในผลิตภัณฑ์เค้กประเภทโฟมโดยทดลองการทำแห้งวิธีต่างๆ ในการทดลองการทำแห้งแบบโฟมได้ใช้การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 50 นาที โดยพบว่าสารที่ทำให้เกิดโฟม เมทโทรเซลนั้นทำให้เกิดโฟมของใบเตยที่มีความคงตัวโดยใช้เพียงร้อยละ 0.57 เมื่อเทียบกับสารที่ทำให้เกิดโฟมชนิดอื่นแล้ว เมทโทเซลใช้เพียงเล็กน้อยก็ทำให้เกิดความคงตัวของการเกิดโฟมในใบเตย อายุการเก็บรักษาสามารถเก็บได้ประมาณ 3 เดือนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

ใบเตยสด ซื้อจากสยามแม็คโครจำกัด มหาชน

3.2 สารเคมี

3.2.1 สารเคมีที่ใช้ในการสกัดใบเตย

3.2.1.1 เอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase)	Reach Biotecnology ประเทศไทย
3.2.1.3 โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate)	McGarret ประเทศไทย

3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการทำแห้งแบบผง

3.2.2.1 เมทโธเซล (Methocel A4C)	DKSH ประเทศไทย
3.2.2.2 มอลโตเดกซ์ตริน (Maltodextrin)	DKSH ประเทศไทย

3.2.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.2.3.1 3,5-Dinitrosalicylic acid	Sigma-Aldrich Germany
3.2.3.2 Alkane standard	Sigma-Aldrich Germany
3.2.3.3 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)	Sigma-Aldrich Germany
3.2.3.4 2,4,6-tripyfidyl-s-triazine (TPTY)	Sigma-Aldrich Germany
3.2.3.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์	Ajax Finechem Australia
3.2.3.6 โทรล็อกซ์	Sigma-Aldrich Germany

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.7 โพแทสเซียม โซเดียม ทราเทรด	Ajax Finechem Australia
3.2.3.8 ฟีนอลเข้มข้น	Carlo erba Italy
3.2.3.9 อะซิโตน	Rci labscan Thailand
3.2.3.10 เอทานอล	Merck Germany
3.2.3.11 ไอออน(III) คลอไรด์	Sigma-Aldrich Germany

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.3.1 เครื่องเขย่าตะแกรง (Sieve Shaker)	Retsch เยอรมัน
3.3.2 เครื่องชั่งสองตำแหน่ง (Balance)	Aeadam สหรัฐอเมริกา
3.3.3 เครื่องชั่งน้ำหนักสี่ตำแหน่ง (Balance)	Radwag ประเทศโปแลนด์
3.3.4 เครื่องปั่นผสม (Blender)	Otto รุ่น BE-127A ประเทศไทย
3.3.5 เครื่องผสมสารละลาย	Scientific Industries สหรัฐอเมริกา
3.3.6 เครื่องวัดสี (Hunter lab)	Ultrascan VIS สหรัฐอเมริกา
3.3.7 เครื่องวัดสี Minolta chroma meter	CR400 สหรัฐอเมริกา
3.3.8 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter)	Mettler Toledo สหรัฐอเมริกา
3.3.9 เครื่องวัดความหวาน (Hand refectrometer)	Atago ญี่ปุ่น
3.3.9 เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบ (GC-MS)	Agilent สหรัฐอเมริกา
3.3.10 เครื่องสเปกโครโฟโตมิเตอร์	Shimadzu ประเทศไทย
3.3.11 เครื่องหัวตีแบบตะกร้อ	Kitchenaid อเมริกา
3.3.12 เครื่องอบลมร้อน (Tray dry)	Progress ประเทศไทย
3.3.13 ตู้อบ (oven)	Daihan Scientific ประเทศไทย
3.3.14 โถปั่นผสม (Blender jar)	Philips รุ่น HR2118 ประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.15 ถุงซิปล็อคขนาด 18 x 28 เซนติเมตร

3.3.16 ถุงร้อนขนาด 8x12 เซนติเมตร

3.3.17 ผ้าขาวบาง

3.3.18 พลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน ขนาด 5x8 นิ้ว

3.3.19 หัวบีบโลหะ ขนาด 5 มิลลิเมตร

3.3.20 ออโต้ปิเปต (Auto pipettes) Thermo ประเทศสิงคโปร์

3.3.21 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.3.22 อุปกรณ์เครื่องครัว

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมใบเตย

นำเตยมาล้างน้ำทำความสะอาด ผึ่งลมให้แห้งและคัดเลือกใบเตยโดยนำใบเตยมาคัดเลือกโดยเลือกจากรอบวงที่ 3 ถึง 5 ของต้นใบเตย และคัดเอาส่วนโคนที่มีสีเขียวอ่อนและปลายใบออก หลังจากนั้นนำมาตัดให้ได้ขนาด 1 x 1 ตารางเซนติเมตร โดยประมาณ และบรรจุใส่ถุง ถุงละ 50 กรัม เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และนำไปทดลองภายใน 1 ชั่วโมง

3.4.2 ศึกษาผลของโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณลักษณะของน้ำใบเตย

นำใบเตยที่เตรียมได้จากข้อ 3.4.1 มาทำการปั่นผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:4 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ปั่นผสมร่วมกับความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0, 0.1, 0.5, 1, 1.5 และ 2 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ใช้เครื่องปั่นผสมที่ความเร็วระดับ 7 จับเวลาในการปั่น 1 นาที แล้วจึงกรองกากออกด้วยผ้าขาวบางสองชั้น นำตัวอย่างน้ำใบเตยมาวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตและคุณลักษณะต่างๆตามข้อ 3.4.2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.1 วิเคราะห์คุณลักษณะของสารสกัดใบเตย

3.4.2.1.1 วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ Total soluble solids (°Brix) โดยใช้ เครื่องมือ วัด Hand refractometer

3.4.2.1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC, 2000) วิเคราะห์ปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด รายละเอียดและวิธีการแสดงดังภาคผนวก ข

3.4.2.1.3 วิเคราะห์ร้อยละผลผลิต Yield แสดงดังภาคผนวก ข

3.4.2.1.4 วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter วิธีการของ (AOAC, 2000) รายละเอียดวิธีทำแสดงดังผนวก ข

3.4.2.1.5 วิเคราะห์ค่าสีระบบสี CIE (L* a* และb*) ด้วยเครื่อง Hunter lab (AOAC, 2000) รายละเอียดวิธีทำแสดงดังผนวก ก

3.4.3 ศึกษาผลของการใช้เอนไซม์เซลลูเลสต่อการสกัดน้ำใบเตย

นำใบเตยที่เตรียมจากข้อ 3.4.1 การปั่นผสมกับน้ำกลั่นอัตราส่วน 1:4 ผสมร่วมกับการใช้เอนไซม์เซลลูเลสที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ใช้เครื่องปั่นผสมที่ความเร็วระดับ 7 จับเวลาในการปั่น 1 นาที หลังจากนั้นทำการบ่มที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 1) องศาเซลเซียส กวนผสมด้วยแท่งแก้วทุก 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด จึงผสมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ได้คัดเลือกไว้ในข้อ 3.4.2 โดยคัดเลือกจากการใช้ปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ทำให้สีของสารสกัดใบเตยไม่เปลี่ยนแปลง ทำการผสมให้เข้ากัน แล้วจึงกรองด้วยผ้าขาวบางสองชั้น เก็บสารสกัดใบเตยที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตและคุณลักษณะต่างๆตามข้อ 3.4.3.1

3.4.3.1 วิเคราะห์คุณลักษณะของสารสกัดใบเตย

3.4.3.1.1 วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธี phenol sulfuric ตามวิธีการของ Dubois และคณะ (1956) รายละเอียดวิธีทำแสดงดังผนวก ข

3.4.3.1.2 วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลตารีดิวซ์ด้วยวิธี DNS ตามวิธีการ Miller (1959) รายละเอียดวิธีทำแสดงดังผนวก ข

3.4.3.1.3 วิเคราะห์คุณลักษณะอื่นของสารสกัดใบเตยตามข้อ 3.4.2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การทำแห้งใบเตยผงด้วยวิธีโฟม-แมท

นำน้ำใบเตยที่ได้จากการสกัดใบเตยโดยใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 และโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.15 นำมาทำแห้งแบบผงด้วยวิธีแบบโฟม-แมท โดยในขั้นตอนแรกนำสารสกัดใบเตยที่ได้เติมเมทโทเซลที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักของน้ำใบเตย และมอลโทรเด็กซ์ทรินความเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนักของน้ำใบเตย (ชุติมา และคณะ, 2553) นำไปตีปั่นให้เป็นโฟมด้วยเครื่องผสมอาหาร (รุ่น CDS17419291, ยี่ห้อ Kenwood, ญี่ปุ่น) โดยใช้ความเร็วสูงสุดนาน 5 นาที และ 10 นาทีที่ความเร็วปานกลางเพื่อทำให้เกิดโฟม หลังจากนั้นทำการบีบโฟมใบเตยที่ได้ลงบนถาดตะแกรงที่รองด้วยกระดาษไขโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง (Rattanaporn และคณะ, 2016) หลังจากนั้นนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นแห้งเป็นเวลา 15 นาที ก่อนนำไปร่อนในตะแกรงที่มีรูละเอียด (100 mesh) เก็บใบเตยผงที่ได้จากการร่อนด้วยตะแกรงใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ซิปล็อคขนาด 18 x 28 เซนติเมตร และบรรจุซิลิก้าเจลกันความชื้นลงในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ หลังจากนั้นเก็บรักษาใบเตยผงที่ได้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยนำใบเตยผงที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ (ข้อ 3.4.5) วิเคราะห์ค่าทางเคมี (ข้อ 3.4.6) ในทันที

3.4.5 การวิเคราะห์ค่าทางกายภาพของใบเตยผง

3.4.5.1 การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการละลายตามวิธีตามวิธีของ Fernandes (2003) รายละเอียดวิธีทำแสดงดังผนวก ก

3.4.5.2 วิเคราะห์ค่าสีใบเตยผง ด้วยระบบสี CIE (L* a* b*) โดยใช้เครื่อง Chroma Meter CR-400 (AOAC, 2000) รายละเอียดวิธีทำแสดงดังผนวก ก

3.4.6 การวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางเคมีของใบเตยผง

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ฤทธิการต้านออกซิเดชั่น

ทำโดยชั่งใบเตยผง 1 กรัม ละลายใบเตยผงด้วยน้ำกลั่นและกวนสารละลายให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียว หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงตกตะกอนด้วยเครื่อง Centrifugeโดยใช้ความเร็ว 3000 รอบ/นาที เป็นเวลานาน 10 นาที หลังจากนั้นนำส่วนใสที่ได้มาวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นตามข้อ (3.4.6.1-3.4.6.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6.1 วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น DPPH radical scavenging activities ตามวิธีการของ Brand และคณะ (1995) รายละเอียดวิธีทำแสดงดังผนวก ข

3.4.6.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก FRAP Ferric reducing antioxidant power ตามวิธีการของ Benzie และ Strain (1996) รายละเอียดวิธีทำแสดงดังผนวก ข

3.4.6.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการจับโลหะ Metal chelating activities ตามวิธีการของ Boyer และ Mccleary (1987) รายละเอียดวิธีทำแสดงดังผนวก ข

3.4.6.4 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบเตยผงตามวิธีการที่ปรับปรุงจาก ของ AOAC 940.03 และ 942.04 (AOAC, 2000)

3.4.7 วิเคราะห์องค์ประกอบของกลิ่นใบเตยผง

การวิเคราะห์องค์ประกอบของกลิ่นใบเตยผงใช้เทคนิค Solid Phase Microextraction - Gas Chromatography/Mass Spectrometry (SPME-GC/MS) ตามวิธีการของ นิศานันท์ และคณะ (2558) ทำการเตรียมตัวอย่างโดยการชั่งใบเตยผง 1 กรัม ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์อิ่มตัว 5 มิลลิลิตร และสารมาตราฐาน 2-methyl-3-heptanone 10 ไมโครลิตร แล้วบรรจุลงในขวด vial หลังจากนั้นนำไปผสมเข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสมสารละลาย (vortex mixter) จนทำให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC ยี่ห้อ Agilent รุ่น 7890wB ภายใต้สภาวะการตั้งอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มตัวอย่าง 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ระยะเวลาในการดูดซับสารระเหยจากขวด vial ที่มีตัวอย่างบรรจุอยู่ 35 นาที ทำการแยกองค์ประกอบของกลิ่นโดยใช้คอลัมน์แคปิลลารี DB-WAX ซึ่งใช้แก๊ซฮีเลียมเป็นแก๊ซพาสารตัวอย่างที่ถูกทำให้เป็นไอหรือเป็นแก๊สบริเวณหัวฉีดสารเข้าสู่คอลัมน์ โดยใช้โปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์เริ่มต้นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึงอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสและคงที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 4 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนถึง อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์สารมาตราฐาน n-alkanes ($C_6 - C_{26}$) โดยใช้สภาวะเดียวกันกับการวิเคราะห์กลิ่นใบเตยเพื่อนำมาระบุสารระเหยในใบเตยผง เปรียบเทียบข้อมูลของ Mass Specta ของสารระเหยที่ได้กับ wiley 275 library

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.8 การประยุกต์ใช้ใบเตยผงในการผลิตใบเตยสเปรด

3.4.8.1 การเตรียมใบเตยสเปรด

การประยุกต์ใช้ในเตยผงในการทำใบเตยสเปรด ดัดแปลงสูตรจาก (Michelle, 2017) ในการผลิตใบเตยสเปรดด้ำการเปรียบเทียบการใช้น้ำใบเตยคั้นสดกับใบเตยสเปรดที่ใช้ใบเตยผงจากการทดลองและใบเตยผงทางการค้า ใบเตยสเปรดที่ผลิตจากน้ำใบเตยคั้นสด (A) โดยใช้ปริมาณใบเตยสด 50 กรัม คั้นร่วมกับน้ำ ในขณะที่ใบเตยสเปรดที่ผลิตจากใบเตยผงจากการโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.15 ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 2.0 (B) ใบเตยสเปรดที่ผลิตจากใบเตยผงทางการค้ายี่ห้อ P (C) ใบเตยสเปรดที่ผลิตจากใบเตยผงทางการค้ายี่ห้อ Q (D) ใช้ใบเตยผง 5 กรัม ละลายในน้ำ 20 มิลลิลิตร ในการผลิตใบเตยสเปรดสามารถเตรียมได้จากวัตถุดิบดังตารางที่ 3.1 โดยทำการชั่งไวท์ช็อคโกแลต 50 กรัม สับให้ละเอียดนำมาทำให้ละลายโดยการอังกับน้ำร้อน นำน้ำตาลทรายและนมสดผสมเข้าด้วยกันกับไวท์ช็อคโกแลตจนน้ำตาลละลายเข้ากันได้ดี ละลายใบเตยผงให้เข้ากันก่อนนำไปผสมกับไวท์ช็อคโกแลต ในกรณีของน้ำใบเตยคั้นสด (A) สามารถผสมร่วมกับนมสดและไวท์ช็อคโกแลตได้เลย เติมวิปครีมที่ชั่งน้ำหนักแล้วผสมให้เข้ากัน ตั้งใบเตยสเปรดทิ้งไว้ให้เย็น แล้วจัดเก็บใส่โหลแก้วขนาดเล็กหรือภาชนะที่มีฝาปิด และนำไปแช่ตู้เย็นเพื่อให้ใบเตยสเปรดเซ็ทตัวแล้วนำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสทันที ทำซ้ำเปรียบเทียบกันกับใบเตยสเปรด (A, C, D)

ตารางที่ 3.1 สูตรของการทำใบเตยสเปรด

วัตถุดิบในการทำใบเตยสเปรด	ปริมาณที่ใช้
ไวท์ช็อคโกแลต	50 กรัม
นมสด	50 มิลลิลิตร
วิปปิ้งครีม	150 มิลลิลิตร
น้ำตาลทราย	20 กรัม
ใบเตย	20 มิลลิลิตร

ที่มา: ดัดแปลงจาก Michelle (2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.8.2 ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของใบเตยสเปรด

นำใบเตยสเปรดที่เตรียมได้จาก (ข้อ 3.4.8.1) มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-points hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 50 คน ร่วมกับการทดสอบการยอมรับโดยรวม เพื่อประเมินผลิตภัณฑ์ในด้านสี กลิ่นและเนื้อสัมผัสของใบเตยสเปรด โดยเปรียบเทียบกับใบเตยเปรดที่จากน้ำใบเตยคั้นสด (A) ใบเตยผงจากการทดลอง (B) และใบเตยผงทางการค้ายี่ห้อ (C) และ (D) ซึ่งใช้เกณฑ์การยอมรับและใบประเมิน ดังภาพผนวก ง

3.4.9 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูล 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Dancan's new multiply test โดยใช้ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) สำหรับการทดสอบด้านประสาทสัมผัส และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 ผลของโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณลักษณะของสารสกัดใบเตย

ผลความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0, 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ต่อคุณลักษณะของสารสกัดใบเตยแสดงดังตารางที่ 4.1 โดยพบว่าปริมาณผลผลิต (Yield) เพิ่มสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนตสูงขึ้น โดยพบปริมาณของผลผลิตสูงสุดที่ความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 2.0 (น้ำหนัก/ปริมาตร) คิดเป็นร้อยละ 7.84 ของฐานเปียก ตามด้วยความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ซึ่งพบปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมีปริมาณผลผลิตคิดเป็นร้อยละ 5.64, 5.96 และ 6.38 ของฐานเปียกตามลำดับ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (°Brix) มีปริมาณสูงสุดที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0, 1.5 และสูงสุดที่ร้อยละ 2.0 พบปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของสารสกัดใบเตยโดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

โซเดียมไบคาร์บอเนต (ร้อยละ)	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (°Brix)	ปริมาณความเป็นกรดด่าง (pH)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
0	4.24 ± 0.01^{c}	1.00 ± 0.00^{c}	6.44 ± 0.10^{e}	98.92 ± 0.00^{a}
0.1	4.29 ± 0.01^{c}	1.30 ± 0.25^{c}	6.78 ± 0.10^{d}	98.90 ± 0.00^{a}
0.5	5.64 ± 0.34^{b}	1.60 ± 0.28^{b}	7.80 ± 0.11^{c}	98.58 ± 0.08^{b}
1.0	5.96 ± 0.62^{b}	1.90 ± 0.11^{a}	8.35 ± 0.16^{b}	98.50 ± 0.15^{b}
1.5	6.38 ± 0.98^{b}	2.26 ± 0.10^{a}	8.59 ± 0.15^{a}	98.40 ± 0.24^{b}
2.0	7.84 ± 0.20^{a}	2.46 ± 0.17^{a}	8.64 ± 0.06^{a}	98.04 ± 0.05^{c}

หมายเหตุ: ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากการทดลอง 3 ซ้ำ) และตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

โดยมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 1.90, 2.26 และ 2.46 องศาบริกซ์ ตามลำดับ จากการวัดค่าความเป็นกรดด่างของสารสกัดใบเตยที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าเมื่อมีการใช้โซเดียมไบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอเนตทำให้สารสกัดใบเตยที่ได้มีค่าความเป็นด่างเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยะสำคัญ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากโซเดียมไบคาร์บอเนตมีความเป็นด่าง (Lee และคณะ, 2020) ในการสกัดใบเตยพบสารสกัดใบเตยที่เตรียมได้มีค่าความชื้นลดลงจากร้อยละ 98.92 ในชุดควบคุมเป็นร้อยละ 98.04 เป็นผลมาจากปริมาณของผลผลิตที่เพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์ค่าสีและการตรวจลักษณะปรากฏของสารสกัดใบเตยที่มีการผสมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1 ตามลำดับ ผลการทดลองวิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter lab แสดงผลในระบบ CIE (L* a* b*) ซึ่งค่า L* เป็นตัวกำหนดความสว่าง (lightness) หากค่าที่ได้ใกล้เคียง 100 จะมีสีสว่าง ค่า a* เป็นตัวกำหนดค่าสีแดงและสีเขียวโดยค่าสีที่ได้หากเป็น (-a*) วัตถุสีที่ได้จะแสดงสีเขียว หากค่าสีที่ได้เป็น (a*) วัตถุสีที่ได้จะแสดงค่าสีแดง และ b* เป็นค่าที่ใช้กำหนดค่าสีเหลืองและสีน้ำเงินโดยหากเป็น (-b*) วัตถุสีจะแสดงค่าสีน้ำเงิน และหากเป็นค่าเป็น (b*) วัตถุที่ได้จะแสดงค่าสีเหลือง (เจริญชัย, 2553) ซึ่งในการทดลองพบว่าการใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนตที่แตกต่างกันทำให้สารสกัดที่ได้มีค่าสีที่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งสารสกัดใบเตยชุดควบคุมมีค่า L* เท่ากับ 16.05 ค่า a* เท่ากับ -15.01 และค่า b* เท่ากับ 27.11 โดยสารสกัดที่ได้มีสีเขียวเข้ม และการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีค่า L* อยู่ที่ 21.93 ค่า a* เท่ากับ -17.05 ค่า b* เท่ากับ 36.94 ซึ่งแสดงค่าสีเขียวเข้มและมีค่าใกล้เคียงกับสารสกัดใบเตยในชุดควบคุมมากที่สุด ซึ่งหากมองด้วยตาเปล่าจะพบว่าสารสกัดใบเตยที่ได้จากการใช้โซเดียมไบคารบอเนตร้อยละ 0.1 ลักษณะสีที่ได้ใกล้กับสารสกัดใบเตยชุดควบคุม โดยสารสกัดใบเตยชุดควบคุมมีสีเข้มกว่าเล็กน้อย (รูปที่ 4.1) นอกจากนี้ยังสังเกตพบว่าสารสกัดใบเตยเมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเป็นเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับการสกัดใบเตยทุกระดับความเข้มข้นสามารถคงสีเขียวของสารสกัดเอาไว้ได้ เป็นผลมาจากโซเดียมไบคาร์บอเนตซึ่งแสดงฤทธิ์ความเป็นด่าง จึงทำให้คลอโรฟิลล์ในสารสกัดใบเตยไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นฟีโอไฟตินได้ (Nelson และคณะ, 2011) ซึ่งโดยทั่วไปคลอโรฟิลล์เมื่อได้รับความร้อนจากกระบวนการแปรรูปหรือสภาวะความเป็นกรดจะสามารถถูกเปลี่ยนไปเป็นฟีโอไฟตินทำให้พืชสีเขียวเปลี่ยนสีไปเป็นสีเขียวมะกอกหรือสีน้ำตาล (Gunawan และ Barringer, 2000) นอกจากนี้ยังสังเกตพบว่าการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ขึ้นไป สารสกัดใบเตยที่นำไปวิเคราะห์ความชื้นมีลักษณะเป็นผงแห้งเกาะติดถ้วยอลูมิเนียม ในขณะที่สารสกัดใบเตยชุดควบคุมและสารสกัดใบเตยที่ใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้นที่ร้อยละ 0.1 มีลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นแผ่นกระดาษ โดยเมื่อผสมน้ำเข้าด้วยกันจะหลุดออกมาเป็นแผ่นและมีความเป็นเมือกลื่น ละลายได้ยากกว่าเมื่อเทียบกับชุดทดลองอื่น ซึ่งลักษณะผงของสารสกัดใบเตยจากการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ขึ้นไปเป็นผลมาจากการใช้ปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตสูง ทำให้ไม่สามารถสลายตัวได้หมดเมื่อผ่านความร้อน (Keener และคณะ, 1985) อย่างไรก็ตามแม้ว่าผลการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 2.0 ทำให้ได้สารสกัดใบเตยมีคุณลักษณะสูงที่สุด แต่พบค่าความเป็นด่างสูงสุดมากเช่นกันอยู่ที่ pH 8.64 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบชิมในเบื้องต้น พบว่าสารสกัดใบเตยที่ได้มีรสเฝื่อนขมไม่เหมาะสมต่อการบริโภค จึงทำการคัดเลือกเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนตที่สามารถคงสภาพสีเขียวเอาไว้ได้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำอาหารได้ โดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1

ตารางที่ 4.2 ผลของปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อค่าสีสารสกัดใบเตย

ปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนต (ร้อยละ)	ค่าสีของสารสกัดใบเตย		
	L^*	a^*	b^*
0	16.05±0.02^{f}	-15.01±.0.02^{a}	27.11±0.02^{f}
0.1	21.93±0.05^{e}	-17.05±0.06^{c}	36.94±0.04^{b}
0.5	26.98±0.03^{a}	-17.38±0.08^{d}	35.21±0.01^{e}
1.0	25.14±0.06^{b}	-18.15±0.05^{e}	33.72±0.06^{d}
1.5	24.35±0.05^{c}	-15.74±0.05^{b}	30.78±0.03^{d}
2	23.75 ±0.04^{d}	-17.20±0.27^{cd}	39.85±0.05^{a}

หมายเหตุ: ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากการทดลอง 3 ซ้ำ) และตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 แผนภาพสีของสารสกัดใบเตยที่เตรียมได้จากการสกัดโดยการผสมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับความเข้มข้น (ร้อยละ) ที่แตกต่างกัน

4.2 ศึกษาผลของการใช้เอนไซม์เซลลูเลสต่อการสกัดน้ำใบเตย

จากการทดลองในหัวข้อ 4.1 พบว่าปริมาณการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 สามารถคงสภาวะสีเขียวของสารสกัดใบเตยเอาไว้ได้ แต่เมื่อนำมาศึกษาร่วมกับการใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ร้อยละ 0.1 ไม่สามารถคงสภาวะสีเขียวของสารสกัดใบเตยเอาไว้ได้ จากการสังเกตพบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของสารสกัดใบเตยในระหว่างเตรียมวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของสารสกัดใบเตย แม้จะเก็บรักษาไว้ที่อุณภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์ ซึ่งสีของสารสกัดใบเตยได้เปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเขียวมะกอก ดังนั้นผู้จัดทำได้ปรับความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส โดยจากการทดลองเบื้องต้น พบว่าโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ร้อยละ 0.15 สามารถคงสภาวะค่าสีเขียวของสารกัดใบเตยเอาไว้ได้ และมีค่าความกลาง โดยมี pH เท่ากับ 7.0 ซึ่งมีรสชาติดีไม่เฝื่อนและขม ในตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณผลผลิตและสมบัติทางเคมีของสารสกัดใบเตยที่เตรียมได้จากการใช้ โซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.15 ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน จากผลการทดลองพบว่าสารสกัดใบเตยที่ได้มีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้เอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น ($P \leq 0.05$) ในลักษณะเดียวกันพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (ºBrix) และปริมาณของแข็งร้อยละรวมถึงปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสที่ใช้เพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่าสภาวะการใช้เอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลลูเลสร้อยละ 2.0 ร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.15 ทำให้ได้สารสกัดใบเตยที่มีปริมาณผลผลิตสูงขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญ ($P \leq 0.05$) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (ºBrix) ในชุดควบคุมพบเท่ากับ 0.90 องศาบริกซ์ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆและสูงสุดที่ 2.93 องศาบริกซ์ ที่การใช้ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 2.0 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Al-Hooti และคณะ (2002) ที่ได้ศึกษาผลของเอนไซม์แพคติเนสและเซลลูเลสในการสกัดอินทผาลัมไซรัป โดยพบว่าการใช้เอนไซม์ร่วมด้วยในการสกัดนั้นทำให้ปริมาณของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (ºBrix) เพิ่มสูงขึ้นเป็นร้อยละ 68 จากชุดควบคุมที่ไม่ผ่านกระบวนการสกัดด้วยเอนไซม์ร้อยละ 35

ปริมาณของผลผลิต (ร้อยละ) จากตารางพบว่าเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณร้อยละผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น (Yield) ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 2.0 คิดเป็นปริมาณผลผลิตร้อยละ 8.49 (โดยน้ำหนักฐานเปียก) เป็นความเข้มข้นที่ทำให้ผลผลิตสูงสุด โดยเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุมร้อยละ 4.35 ซึ่งผลการทดลองของ Liu และคณะ (2015) ได้ทดลองใช้เอนไซม์เซลลูเลสในการสกัดเง็กเต็ก (*Polygonatum odoratum*) สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิต (Yield) ได้มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการสกัดที่ใช้เพียงน้ำร้อน ในการทดลองผลของปริมาณของแข็งมีค่าสอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยชุดควบคุมปริมาณของแข็ง (Solid content) โดยในชุดควบคุมอยู่ที่ร้อยละ 1.08 และเพิ่มสูงสุดที่ร้อยละ 2.21 ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 2.0 เช่นเดียวกับปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solids content) มีปริมาณของเข็งที่ 2.17 กรัมในชุดควบคุมและเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 4.24 กรัม ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 การเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของเอนไซม์นั้นแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งในสารสกัด โดยในปริมาณของแข็งทั้งหมดนั้นจะประกอบไปด้วยสารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ ปริมาณของแข็งที่พบนั้นคือปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำสามารถแขวนลอยได้หรือเมื่อตั้งทิ้งไว้จะตกตะกอนลงมา (Boyd และ Tucker, 1992) นอกจากนี้ปริมาณความชื้น (Moisture content) ของสารสกัดใบเตยลดลงจากร้อยละ 98.91 ในชุดควบคุมไปเป็นร้อยละ 97.87 ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 2.0 เป็นผลจากปริมาณของแข็งที่สกัดได้จากใบเตยที่เพิ่มสูงขึ้น

เมื่อนำสารสกัดใบเตยไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลนอน-ดิวซ์พบว่าเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับของการใช้ความเข้มข้นเอนไซม์เซลลูเลสที่สูงขึ้นและสูงสุดที่ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 1.5 และระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 2.0 โดยมีค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยที่ร้อยละ 1.5 ของเอนไซม์เซลลูเลสตรวจพบปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 1.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรัม และที่ความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 2.0 มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 1.51 กรัม โดยเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุม 1.02 กรัม ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 1.5 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ที่ 7.76 มิลลิกรัม และที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 2.0 มีปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ที่ 8.11 มิลลิกรัม และปริมาณน้ำตาลนอน-รีดิวซ์ (Non-reducing sugar) ที่ระดับความเข้มข้นเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 1.5 พบปริมาณน้ำตาลนอน-รีดิวซ์ 1.52 กรัม และระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 2.0 พบปริมาณน้ำตาลนอน-รีดิวซ์ 1.50 กรัมตามลำดับ (ดังตารางที่ 4.3) โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลนั้นเป็นผลมาจากเอนไซม์เซลลูเลสมีความสามารถในการย่อยเซลลูโลสที่ต่อกันด้วยพันธะ α-1-4-glycosidic ให้เป็นน้ำตาลได้ (Li และคณะ, 2010) ซึ่งผลจากการทดลองจะเห็นว่าปริมาณในปริมาณน้ำตาลทั้งหมดพบปริมาณน้ำตาลนอน-รีดิวซ์มากกว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ถึงร้อยละ 90 ซึ่งน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลนอน-รีดิวซ์นั้นจัดอยู่ในกลุ่มของโอลิโกแซกคาร์ไรด์ น้ำตาลนอน-รีดิวซ์เป็นไดแซ็กคาไรด์ที่ไม่สามารถย่อยได้ด้วยกรดเข้มข้นได้ ได้แก่ เซลโลไบโอส เซลโลโอลิโกแซคคาไรด์ รวมถึงมีคุณสมบัติการเป็นพรีไบโอติก และปริมาณของเยื่อใย (Fiber) ที่ละลายน้ำได้ ปริมาณเยื่อใยที่สามารถละลายน้ำได้นั้น สามารถดูดซับ น้ำไว้กับตัวทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้น (Corradini และคณะ, 2013) โดยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดนั้นสอดคล้องกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เนื่องจากในสารสกัดใบเตยนอกจากจะมีปริมาณของแข็งอื่นที่ไม่ใช่น้ำตาลที่ละลายได้แล้วอาจมี แร่ธาตุและวิตามินอยู่ในสารสกัดด้วย ดังนั้นการวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในสารละลาย จึงเป็นการวัดค่าที่บ่งชี้ปริมาณของสารละลายน้ำตาลในสารสกัดได้ด้วย (Teribia และ Tijero, 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ปริมาณผลผลิตและสมบัติทางเคมีของสารสกัดใบเตยที่เตรียมได้จากการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต (ร้อยละ 0.15%) ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

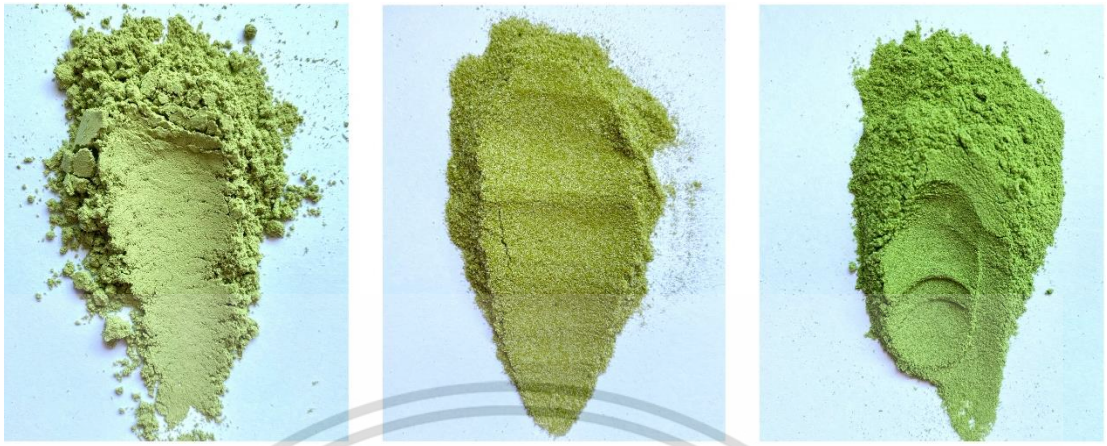
วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี	ปริมาณความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลส (ร้อยละ)				
	0	0.5	1.0	1.5	2.0
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (ºBrix)	0.90±0.10^{d}	1.00±0.00^{b}	1.33±0.53^{c}	2.10+ 0.00^{b}	2.93± 0.21^{a}
ผลผลิต (ร้อยละของน้ำหนักฐานเปียก)	4.35± 0.06^{e}	5.37± 0.00^{d}	6.54±0.09^{c}	7.78±0.24^{b}	8.49±0.02^{a}
ปริมาณของแข็ง (ร้อยละ)	1.08±0.02^{e}	1.34±0.00^{d}	1.63±0.02^{c}	1.94±0.05^{b}	2.12±0.00^{a}
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (กรัม)	2.17±0.03^{e}	2.68±0.00^{d}	3.27±0.05^{c}	3.89±0.12^{b}	4.24±0.01^{a}
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	98.91±0.01^{a}	98.65±0.00^{b}	98.36±0.02^{c}	98.05±0.06^{d}	97.87±0.00^{e}
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (กรัม)	1.02±0.00^{c}	1.32±0.05^{b}	1.34±0.18^{b}	1.52±0.15^{a}	1.51±0.25^{a}
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม)	7.25±0.41^{b}	5.00±0.91^{d}	5.75±0.63^{c}	7.76±0.69^{a}	8.11±0.24^{a}
ปริมาณน้ำตาลนอนรีดิวซ์ (กรัม)	1.01±0.00^{c}	1.31±0.05^{b}	1.33±0.18^{b}	1.52±0.15^{a}	1.50±0.25^{a}

หมายเหตุ: ข้อมูลที่ได้แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากการทดลอง 3 ซ้ำ) และตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.3 คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของใบเตยผง

จากการทดลองการสกัดใบเตยโดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.15 ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 2.0 และนำสารสกัดใบเตยที่ได้ไปทำแห้งด้วยวิธีแบบโฟม-แมท ทำให้ได้ใบเตยผงที่มีลักษณะสีเขียวสด แสดงดังรูปที่ 4.2 และแสดงค่าสีตามตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบค่าสีพบว่าใบเตยผงที่สกัดได้มีสีเขียวสด และเป็นผงละเอียดที่กระจายตัวได้ดีโดยไม่จับตัวเป็นก้อน เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าสีพบว่าใบเตยผงที่เตรียมได้จากการทดลองมีค่า L* เท่ากับ 59.39 ค่า a* เท่ากับ -6.40 และค่า b* เท่ากับ 24.56 ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับใบเตยผงทางการค้าพบว่า ใบเตยผงที่เตรียมได้จากการทดลองมีค่า L* และมีค่า a* ต่ำกว่าใบเตยทางการค้ายี่ห้อ P และ Q อย่างมีนัยยะสำคัญ ($P \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่า b* พบว่าใบเตยผงจากการทดลองและใบเตยผงทางการค้าทั้งสองยี่ห้อไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบสีของใบเตยผงจากสายตาและพิจารณาจากรูปที่ 4.2 พบว่าใบเตยผงที่เตรียมได้จากการทดลองมีสีเขียวเข้มสดใสมากกว่าใบเตยผงทางการค้ายี่ห้อ P และ Q โดยใบเตยผงทางการค้ายี่ห้อ P มีลักษณะสีเขียวซีดไม่สดใส ส่วนใบเตยผงทางการค้ายี่ห้อ Q มีสีเขียวแกมเหลือง ทั้งนี้ความแตกต่างด้านสีของใบเตยผงที่ได้อาจจะเป็นผลจากกระบวนการผลิตโดยเฉพาะกระบวนการทำแห้งที่ใช้ในการทำแห้งใบเตยผงที่แตกต่างกัน โดยใบเตยผงทางการค้ามักจะใช้การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลานานเช่น การอบแห้งแบบธรรมชาติ โดยไม่มีการควบคุมสภาวะการทำแห้งใบเตยที่เหมาะสม ทำให้ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของคลอโรฟิลล์ที่อยู่ในสารสกัดใบเตยในระหว่างการทำแห้ง ส่วนของการทำแห้งในการทดลองนี้ใช้วิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท ซึ่งเทคนิคนี้แม้จะทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แต่การใช้สารก่อโฟมอย่าง เมทโทเซล และมอลโตเดกซ์ตริน ซึ่งมีส่วนช่วยในการป้องกันการเปลี่ยนแปลงสภาพของคลอโรฟิลล์ที่มีสีเขียวไปเป็นฟีโอไฟตินที่มีสีน้ำตาล ลักษณะของการทำเป็นโฟมเช่นนี้ส่งผลให้ความร้อนเข้าถึงตัวอย่างได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ตัวอย่างนั้นเสียหายเมื่อโดนความร้อนได้น้อย โดยยังคงให้สีและรสชาติที่ใกล้เคียงกับก่อนกระบวนการทำแห้ง (Rockwell และคณะ, 1962) ซึ่งเป็นผลร่วมกันของการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตที่สามารถคงสภาพสีเขียวได้ ทำให้สีเขียวของคลอโรฟิลล์ในสารสกัดใบเตยจากการทดลองนี้เมื่อโดนความร้อนในขั้นตอนกระบวนการทำแห้งยังคงรักษาสภาพสีเขียวได้ใกล้เคียงกับสีเขียวของสารสกัดใบเตยเริ่มต้นก่อนการทำแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1 2 3

รูปที่ 4.2 สีของใบเตยผงทางการค้า P (1) และ Q (2) และใบเตยผงที่ได้จากการสกัดโซเดียมไบคาร์บอเนต (ร้อยละ 0.15) ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส (ร้อยละ 2.0) โดยผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีโฟม-แมท (3)

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบคุณลักษณะทางด้านสีของใบเตยผงทางการค้าและใบเตยผงที่สกัดได้จากโซเดียมไบคาร์บอเนต (ร้อยละ 0.15) และเอนไซม์เซลลูเลส (ร้อยละ 2.0)

ตัวอย่างใบเตยผง	L*	a*	b*
ใบเตยผงทางการค้า P	71.06 ± 0.38^{a}	-6.40 ± 0.04^{a}	23.04 ± 0.01^{a}
ใบเตยผงทางการค้า Q	61.38 ± 0.45^{b}	-5.69 ± 0.01^{b}	22.16 ± 0.03^{b}
ใบเตยผงที่ได้จากการทดลอง	59.36 ± 0.50^{c}	-14.68 ± 0.22^{c}	24.56 ± 0.45^{c}

หมายเหตุ: ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากการทดลอง 3 ซ้ำ) และตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ในตารางที่ 4.5 แสดงผลคุณลักษณะของใบเตยผงที่สกัดได้จากโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.15 ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 2.0 โดยพบว่ามีความสามารถในการละลายสูงถึงร้อยละ 91.75 เมื่อนำใบเตยผงจากการทดลองที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์โดยรายงานผลเป็นปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด คลอโรฟิลล์ เอ และ คลอโรฟิลล์ บี พบว่าใบเตยผงที่เตรียมได้จากการทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเท่ากับ 0.19 มิลลิกรัมต่อกรัม และพบปริมาณคลอโรฟิลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอ และ บี เท่ากับ 0.14 และ 0.15 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์นั้นเป็นตัวบ่งชี้ถึงค่าสีเขียวของใบเตยผงที่เตรียมได้จากการทดลองและเป็นการยืนยันถึงสีเขียวสดที่ปรากฏ (ตามรูป 4.2) ที่แสดงว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์อยู่ในใบเตยผง ซึ่งการคงสภาวะสีเขียวของคลอโรฟิลล์นั้นเป็นผลสืบเนื่องมากจากการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ทำให้เกิดสภาวะความเป็นด่างในระหว่างการเตรียมสารสกัดใบเตย ทำให้คลอโรฟิลล์นั้นคงสภาพสีเขียวไม่แปรสภาพกลายเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาล โดยการเปลี่ยนแปลงสีเกิดจากหมู่ Mg^{+2} ในวงแหวนอยู่ตรงกลางวงแหวนไพรโรลโดยเมื่อมีการให้ความร้อนหรือความเป็นกรดจะทำให้ Mg^{+2} หลุดออกจากวงแหวนและเกิดการเปลี่ยนแปลงสี (Willows, 2019) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยทางด้านสภาวะความเป็นกรด การสัมผัสกับออกซิเจน และความร้อน เป็นต้น โดยปัจจัยที่กล่าวข้างต้นเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพสี (Porrarud และPranee, 2010) เมื่อนำใบเตยผงที่เตรียมได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นและความสามารถในการละลายได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5 นั้น พบว่าใบเตยผงที่เตรียมได้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 4.79 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการทำแห้งแบบผงด้วยวิธีแบบโฟม-แมทมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดความชื้นออกจากตัวอย่างทำให้ใบเตยผงไม่จับตัวกันเป็นก้อนและเพิ่มความสามารถในการละลาย ซึ่งเป็นผลมากจาก wet surface รอบๆอนุภาคของผง ซึ่งหากมีปริมาณของ wet surface มากจะทำให้เกิดการดูดอนุภาคผงกันเองเป็นส่งผลให้เกิดการจับตัวกันเป็นก้อนและเมื่อนำไปละลายด้วยน้ำจึงใช้ระยะเวลาในการละลายมากขึ้น (Peleg and Bagley, 1983) บ่งชี้ให้เห็นว่าการใช้กระบวนการทำแห้งแบบโฟม-แมทนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีในการเตรียมใบเตยผงทั้งในด้านของการคงสภาวะสีของสารสกัดใบเตย และการละลายของใบเตยผงที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Thuwapanichayanan และคณะ (2008) และ De Lima Araujo และคณะ (2017) โดยกล่าวเกี่ยวกับการทำแห้งด้วยเทคนิคแบบโฟม-แมทและความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นไว้ว่าในระหว่างขั้นตอนการทำแห้ง พบอัตราการกำจัดความชื้นของโฟมในเนื้อมะม่วงและกล้วยเนื่องจากน้ำในโฟมอยู่ในรูปแบบของฟิล์มบางๆทำให้น้ำระเหยได้ง่ายและมีความคงตัวสูงทำให้มะม่วงผงและกล้วยผงมีความสามารถในการละลายสูง ในขณะที่ Phomkong และ Onsaard (2015) ได้ศึกษาการทำแห้งมะขามแบบโฟมแมทโดยพบว่าการใช้เมทโธเซลร่วมกับมอลโตเดกซ์ตรินทำให้ผงที่ได้มีประสิทธิภาพ โดยที่มอลโตเดกซ์ตรินสามารถป้องกันการจับตัวและลดความหนืดของมะขามผงทำให้มะขามผงที่ได้มีประสิทธิภาพในการละลายสูง อย่างไรก็ตามแม้ความสามารถในการละลายของใบเตยที่เตรียมได้จากการทดลองสูง แต่พบว่ายังมีส่วนที่ไม่ละลายหลังจากการบวนการทำแห้งแบบผงอยู่ประมาณร้อยละ 8.25 ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากความร้อนที่เป็นผลให้องค์ประกอบในส่วนของสารประกอบ ฟีนอลิกที่อยู่ในสารสกัดใบเตยจับกันหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมประสานกันโดยเป็นโมเลกุลใหญ่ทำให้ความสามารถในการละลายลดต่ำลง Zhang และคณะ (2010) ได้ศึกษาการเชื่อมโยงของเจลลาตินกับกรดคาเฟอิก (caffeic acid) หรือสารประกอบฟีนอลิกในธรรมชาติ (Phenolic compounds) ซึ่งกล่าวว่าเมื่อสารประกอบฟีนอลิกอยู่ในสภาวะที่ได้รับความร้อนสูงจะทำให้โครงสร้างของฟีนอลิกจับตัวเข้าด้วยกันและฟอร์มตัวจับกันเป็นเจลแข็งแรงทำให้ละลายได้ยาก

ตารางที่ 4.5 คุณลักษณะของใบเตยผงที่ได้จากการสกัดด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต (ร้อยละ 0.15) ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส (ร้อยละ 2.0) โดยผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีโฟม-แมท

	ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัม/กรัม)		
			คลอโรฟิลล์ทั้งหมด	คลอโรฟิลล์ a	คลอโรฟิลล์ b
ใบเตยผง	91.75 ± 0.16	4.79 ± 0.09	0.19 ± 0.32	0.14 ± 0.12	0.05 ± 0.28

หมายเหตุ: ข้อมูลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากการทดลอง 3 ซ้ำ)

4.4 ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของใบเตยผง

ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของน้ำใบเตยสดเปรียบเทียบกับใบเตยผงที่ได้จากการสกัดจากโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.15 ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 2.0 และผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยโฟม-แมท แสดงดังตารางที่ 4.6 ผลการทดลองพบว่า เมื่อทำการทดสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นด้วยวิธี DPPH FRAP และ Chelating activities ใบเตยแสดงค่าฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นเท่ากับ 12.63 135.71 และ 2.36 (มิลลิกรัมสมมูลโทรลอกซ์/กรัม) ตามลำดับ ส่วนใบเตยผงแสดงค่าฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นต่ำกว่าฤทธิ์การต้านออกซิชั่นที่พบในใบเตยสดในทุกวิธีการทดสอบ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากกระบวนการเตรียมใบเตยผงนั้นทำให้เกิดการเจือจางองค์ประกอบของสารที่มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นในสารสกัดใบเตยร่วมกันกับในขั้นตอนกระบวนการทำแห้งมีการใช้ความร้อนที่อาจส่งผลต่อการลดประสิทธิภาพของฤทธิ์การเป็นสารต้านออกซิเดชั่นของสารสกัดใบเตยที่พบอยู่ในใบเตยผง นอกจากนี้สภาวะความเป็นด่างจากการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อคงค่าสีของคลอโรฟิลล์ในใบเตยผงอาจมีผลทำให้เกิดสภาวะเป็นด่าง ที่มีผลต่อความคงตัวของสารต้านออกซิเดชั่นที่อาจพบในสารสกัดใบเตยทำให้ไม่สามารถแสดงฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นได้เมื่อเปรียบเทียบกันกับสารสกัดจากใบเตยสด โดย Janna และคณะ 2007 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พูดถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระว่าปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของแอนโทไซยานินนั้นได้แก่ กระบวนการแปรรูป สภาวะที่เป็นด่าง การเก็บรักษา เป็นต้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าใบเตยผงจะมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นลดลงในปริมาณมากหลังจากกระบวนการเตรียมและการทำแห้งก็ยังคงพบฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นอยู่ โดยพบว่าใบเตยผงนั้นมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นจากการทดสอบด้วยวิธี FRAP ในปริมาณสูงเท่ากับ 13.43 (มิลลิกรัมสมมูลของโทลอกซ์ต่อกรัม โดย Ayusuk และคณะ (2009) ได้ทำการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านออกซิชั่นในต้มข่าและสมุนไพรในต้มข่า โดยพบว่าเมื่อมีการให้ความร้อนปริมาณฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น DPPH FRAP ลดลงอย่างมีนัยยะสำคัญ เช่นเดียวกับ Volden และคณะ (2008) ที่ได้กล่าวเอาไว้ว่าฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของกระหล่ำปลีแดงนั้นสามารถสูญเสียจากกระบวนการแปรรูปได้ถึงร้อยละ 64 ซึ่งผลการทดลองข้างต้นได้แสดงให้เห็นว่าใบเตยผงที่ได้จากการทดลองนั้นยังคงมีความสามารถในการแสดงกิจกรรมและแสดงฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นได้แม้ผ่านกระบวนการให้ความร้อน

ตารางที่ 4.6 กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่นในใบเตยสดเปรียบเทียบกับใบเตยผงที่ได้จากการสกัดโซเดียมไบคาร์บอเนต (ร้อยละ 0.15) ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส (ร้อยละ 2.0) โดยผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีโฟม-แมท

	ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น		
	DPPH assay (มิลลิกรัมสมมูลโทรลอกซ์/กรัม)	FRAP assay (มิลลิกรัมสมมูลโทรลอกซ์/กรัม)	Chelating assay (มิลลิกรัมสมมูลโทรลอกซ์/กรัม)
ใบเตยสด	12.63 ± 0.04^{a}	135.71 ± 1.13^{a}	2.36 ± 0.422^{a}
ใบเตยผง	1.30 ± 0.00^{b}	13.43 ± 0.18^{b}	1.09 ± 0.11^{b}

หมายเหตุ: ข้อมูลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากการทดลอง 3 ซ้ำ)

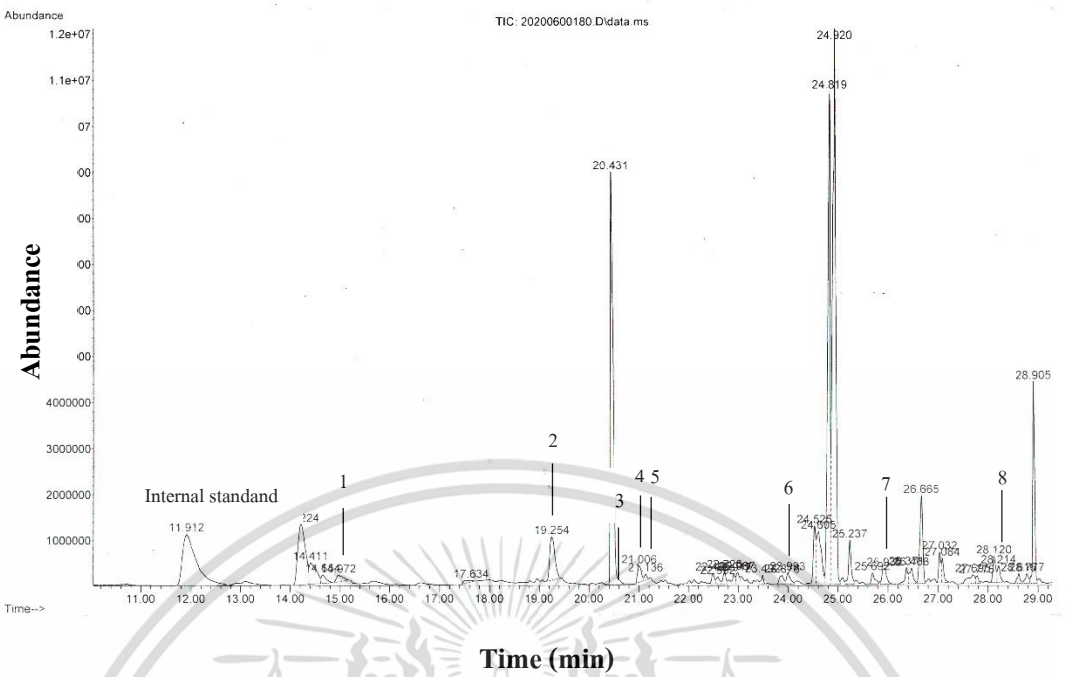
4.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารหอมระเหยที่พบในใบเตยผง

การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารหอมระเหยในใบเตยผงที่ผ่านการสกัดโดยการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.15 ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 2.0 และผ่านกระบวนการทำแห้งแบบโฟม-แมท เมื่อนำใบเตยผงที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph Mass ผลการทดลองที่แสดงโครมาโตรกราฟของใบเตยผงที่ได้จากการสกัดด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนไซม์เซลลูเลสดังรูปที่ 4.3 และนำเสนอดังตารางที่ 4.7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารหอมระเหยที่เป็นองค์ประกอบหลักและเป็นสารหอมระเหยเป้าหมายคือ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ซึ่งพบสารหอมระเหย 2AP ถูกพบอยู่ในช่วงเวลา retention time (RT) นาทีที่ 19.37 และสามารถคำนวณ retention index (RI) จากคอลัมน์เท่ากับ 1337 ซึ่งใกล้เคียงกับคอลัมน์ DB-WAX จากฐานข้อมูลอื่นเท่ากับ 1333 ในสภาวะที่ใกล้เคียงกัน (Cheetangdee และ Chaiseri, 2006) ซึ่งสามารถนำมาคำนวณหาปริมาณของสารหอมระเหย 2AP ได้เท่ากับ 0.37 ไมโครกรัมต่อกรัม อย่างไรก็ตามเมื่อนำใบเตยผงทางการค้ายี่ห้อ P และ ยี่ห้อ Q มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารหอมระเหย 2AP ในวิธีการเดียวกัน พบว่าไม่สามารถตรวจพปริมาณสารหอมระเหย 2AP ในใบเตยผงทางการค้าทั้งสองยี่ห้อดังกล่าว อาจเป็นเพราะกระบวนการทำแห้งแบบผงของใบเตยทั้งสองยี่ห้อไม่เหมาะสมต่อการกักเก็บรักษากลิ่น เนื่องจากสารหอมระเหย 2AP เป็นสารที่ระเหยได้ง่ายและไวต่อความร้อนสูง ซึ่งการพบปริมาณของ 2AP ในใบเตยผงจากการทดลองแม้ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยให้ความร้อนนั้นเป็นผลมาจากการทำแห้งแบบโฟม-แมทเป็นการทำแห้งโดยมีเมทโทเซลและมอลโตเดกซ์ตรินเป็นฟอร์มตัวในลักษณะการห่อหุ้มของเหลวเพื่อป้องกันไม่ให้ของเหลวหรือวัตถุนั้นทำปฏิกิริยากับอุณหภูมิ ความชื้น หรือรังสียูวีโดยตรง (Kirby, 1991) โดย Che Man และคณะ (1999) ได้ทำการทดสอบความสามารถในการจับกลิ่นและรสชาติของทุเรียนโดยใช้มอลโตเดกซ์ตรินสามชนิดพบว่ามอลโตเดกซ์ตรินทั้งสามชนิดสามารถกักเก็บรักษากลิ่นและรสชาติจากการบวนการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง นอกจากการตรวจพบสารหอมระเหย 2AP ที่ให้กลิ่นหอมหลักที่เป็นกลิ่นเฉพาะในใบเตยแล้ว ยังพบองค์ประกอบของสารหอมระเหยที่เป็นตัวโดดเด่นอื่นๆ แสดงดังตารางที่ 4.8 เช่น benzaldehyde คือปริมาณสารหอมระเหยที่พบมากที่สุด ซึ่ง benzaldehyde ถูกอธิบายว่ามีกลิ่นหวานขมมักพบในอัลมอลด์และเชอร์รี่ รองลงมาคือ 3,5-octadien-2-one ซึ่งเป็นกลิ่นฟรุตตี้ เห็ด 2-methyl-5 ethylpyrazine ซึ่งให้กลิ่นคล้าย กาแฟ ถั่ว กลิ่นคั่ว (The Good Scents, 2020) และ 4-hexenal เป็นสารหอมระเหยที่ถูกพบบ่อยในพืชซึ่งให้กลิ่นเขียวตามธรรมชาติ (NIST, 2018) เบญจวรรณ (2556) ได้ทำงานทดลองโดยสกัดสารหอมระเหยจากใบเตยสดและใบเตยสดที่ผ่านกระบวนการลวก พบว่าปริมาณ 2AP ลดลงเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน ซึ่งการพบ nonanal (กลิ่นเหม็นเขียว) และ hexenal (กลิ่นใบไม้) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวผ่าน lipoxygenase pathway ทำให้ได้กลิ่นของใบไม้แห้งและกลิ่นเขียวซึ่งเกิดขึ้นได้จากกระบวนการสกัดที่เนื้อเยื่อของใบเตยฉีกขาด (แววตา, 2547) โดยองค์ประกอบของกลิ่นเหล่านี้ที่แตกต่างกันไปนั้นทำให้เกิดเป็นลักษณะกลิ่นเฉพาะของใบเตยผงที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงโครมาโตรกราฟของใบเตยผงที่ได้จากการสกัดด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส โดยตัวเลขที่กำกับ 1-8 นั้นบ่งชี้สารหอมระเหยในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงปริมาณสารหอมระเหยหลัก 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ในใบเตยผงที่สกัดได้จากเอนไซม์เซลลูเลสและโซเดียมไบคาร์บอเนต และใบเตยผงทางการค้าทั้งสองยี่ห้อ

ตัวอย่าง	RT (min)	RI		ปริมาณของกลิ่น 2AP (ไมโครกรัม/กรัมผงใบเตย)
		DB-WAX[a]	DB-WAX[b]	
ใบเตยผงจากการทดลอง	19.37	1337	1333	0.37
ใบเตยผงทางการค้า P	ND	ND	ND	ND
ใบเตยผงทางการค้า Q	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ: (a) ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้คอลัมน์ DB-WAX ของใบเตยผงที่ได้จากการสกัดด้วยเอนไซม์และโซเดียมไบคาร์บอเนต

(b) ค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบ RI ที่ใช้คอลัมน์ DB-WAX จากฐานข้อมูลอื่น (Cheetangdee และ Chaiseri, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงชนิดของสาระเหยที่พบในใบเตยผงที่ได้จากการสกัดด้วยเอนไซม์และโซเดียมไบคาร์บอเนต

	สารหอมระเหย	RT (นาที)	RI	คำอธิบายกลิ่น	ปริมาณกลิ่น ไมโครกรัม/ กรัมใบเตยผง
1	(*Z*)-4-heptenal	15.23	1247	กลิ่นหืน น้ำมัน นม	0.0703
2	2-acetyl-1-pyrroline	19.37	1337	ป๊อปคอร์น ข้าวโพด วนิลา	0.3766
3	nonanal	20.95	1385	กลิ่นดอกไม้ ซิตรัส	0.0224
4	2-ethyl-1-hexanol	21.00	1487	ซิตรัส	0.0694
5	2-methyl-5 ethylpyrazine	21.04	1388	กาแฟ ถั่ว กลิ่นคั่ว	0.0935
6	benzaldehyde	24.52	1515	ฟรุตตี้ แอลมอล เชอร์รี่	0.2258
7	3,5-octadien-2-one	25.91	1570	ฟรุตตี้ เห็ด	0.1139
8	4-hexenal	28.21	-	กลิ่นเขียว หญ้า	0.0724

หมายเหตุ: ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้คอลัมน์ DB-WAX ของใบเตยผงที่ได้จากการสกัดด้วยเอนไซม์และโซเดียมไบคาร์บอเนต เปรียบเทียบกับ RT ของสารมาตราฐาน n-alkanes (C_6- C_{26})

4.6 การทดสอบการยอมรับของใบเตยสเปรดที่ได้จากใบเตยผงโดยการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับเอนไซม์เปรียบเทียบกับใบเตยสเปรดที่ได้จากการน้ำใบเตยคั้นสด และใบเตยผงทางการค้าสองยี่ห้อ

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์ใบเตยสเปรดที่ผลิตได้จากการใช้ใบเตยผงจากการทดลองที่ใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.15 ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 2.0 เปรียบเทียบกับใบเตยสเปรดที่ผลิตจากน้ำใบเตยคั้นสด และใบเตยสเปรดจากใบเตยผงทางการค้ายี่ห้อ P และ ยี่ห้อ Q ผลการทดสอบทางด้าน สี กลิ่น ลักษณะที่ปรากฏ และความชอบโดยรวมดังตารางที่ 4.9 ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยคะแนนความชอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงสุดคือใบเตยสเปรดที่ได้จากใบเตยสด ซึ่งมีคะแนนความชอบเกิน 7 ทุกคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ ตามด้วยใบเตยสเปรดที่ผลิตด้วยใบเตยผงที่ได้จากการทดลอง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความชอบของกลิ่นใบเตยและความชอบโดยรวมเท่ากับ 7 ในขณะที่ความชอบของสีผลิตภัณฑ์และลักษณะที่ปรากฏของใบเตยสเปรด ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6 และ 6.8 ซึ่งผู้ทำการทดสอบการยอมมีความเห็นว่าใบเตยสเปรดที่ผลิตด้วยใบเตยผงจากการทดลองมีสีเขียวเข้ม ซึ่งแตกต่างจากประสบการณ์ของผู้ทดสอบชิมที่เคยได้บริโภคใบเตยสเปรดในยี่ห้ออื่น และผลการทดสอบการยอมของใบเตยสเปรดที่ผลิตได้จากใบเตยผงทางการค้ายี่ห้อ P และ Q มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6 ความชอบทางด้านกลิ่นของใบเตยคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5 ซึ่งต่ำกว่าคะแนนความชอบของกลิ่นในใบเตยสเปรดที่ผลิตด้วยใบเตยผงที่ได้จากการทดลอง โดยผลสืบเนื่องมาจากการวิเคราะห์สารหอมระเหย 2AP ในตารางที่ 4.7 ซึ่งผลการวิเคราะห์ไม่พบปริมาณของสารหอมระเหย 2AP ในใบเตยผงทางการค้า ในขณะที่ใบเตยผงจากการทดลองพบปริมาณ 2AP เท่ากับ 0.376 (ไมโครกรัม/กรัม) ทำให้คะแนนความชอบในด้านกลิ่นของใบเตยสเปรดที่ผลิตด้วยใบเตยผงจากการทดลองสูงกว่าใบเตยสเปรดที่ผลิตจากใบเตยผงทางการค้า

ในตารางที่ 4.10 ได้แสดงค่าเฉลี่ยของสีใบเตยสเปรดที่ได้จากการใช้ใบเตยต่างชนิดกัน โดยพบว่าค่าเฉลี่ยสีของผลิตภัณฑ์ใบเตยสเปรดที่ผลิตด้วยใบเตยผงจากการทดลองมีสีเขียวเข้มกว่าใบเตยสเปรดที่ผลิตจากน้ำใบเตยคั้นสดและใบเตยผงทางการค้าทั้ง 2 ยี่ห้อ โดยมีความแตกต่างกันที่ค่า L* และ a* ที่แสดงค่าความสว่างและสีเขียว โดยใบเตยสเปรดที่ใช้ใบเตยผงจากการทดลองมีค่าต่ำกว่าใบเตยสเปรดที่ผลิตด้วยใบเตยชนิดอื่นๆทำให้สีของสเปรดที่ได้มีสีเขียวเข้ม และเมื่อพิจารณาค่า a* ของใบเตยสเปรดที่ใช้ใบเตยผงจากการลองเทียบและ a* ของใบเตยสเปรดที่ใช้ใบเตยผงทางการค้าจะพบว่าค่าสีเขียวจากการใช้ใบเตยผงจากการทดลองใกล้เคียงกับใบเตยสเปรดที่ผลิตได้จากน้ำใบเตยคั้นสดมากกว่าการใช้ใบเตยผงทางการค้าทั้งสองยี่ห้อ จากรูปที่ 4.4 แสดงลักษณะสีของใบเตยสเปรดจากการใช้ใบเตยที่แตกต่างชนิดกัน ใบเตยสเปรดที่ได้จากใบเตยผงทางการค้ายี่ห้อ P มีค่าสีที่แสดงความเป็นสีเขียวปนเทา และใบเตยสเปรดที่ได้จากใบเตยผงทางการค้ายี่ห้อ Q มีค่าสีแสดงความเป็นสีเขียวปนเหลือง จากการทดสอบการยอมรับในผลิตภัณฑ์ใบเตยสเปรด จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยความชอบของใบเตยได้จากการสกัดด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.15 และเอนไซม์เซลลูเลสที่ร้อยละ 2.0 ผู้ทำการทดสอบให้คะแนนความชอบทางด้านสีค่อนข้างต่ำ เนื่องจากผู้ทดสอบมีความเห็นว่าสีของใบเตยมีสีเขียวเข้ม ซึ่งนั่นอาจเป็นข้อดีเนื่องจากสามารถลดปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์ใบเตยผงได้ และส่งผลให้ประหยัดได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงทดสอบการยอมรับของใบเตยสเปรดจากการใช้ใบเตยผงจากการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ร้อยละ 0.15 ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 2.0 เปรียบเทียบกับใบเตยสเปรดที่ผลิตจากใบเตยคั้นสด และใบเตยทางการค้ายี่ห้อ P และยี่ห้อ Q

ปัจจัยคุณภาพ	คะแนนความชอบ			
	น้ำใบเตยคั้นสด	ใบเตยผงที่สกัดด้วยเอนไซม์	ใบเตยผงทางการค้า (P)	ใบเตยผงทางการค้า (Q)
สีของผลิตภัณฑ์	7.40 ± 0.15[a]	6.00 ± 0.19[c]	6.62 ± 0.09[b]	6.77 ± 0.17[b]
กลิ่นของใบเตย	7.13 ± 0.17[a]	7.00 ± 0.14[a]	5.80 ± 0.21[b]	5.20 ± 0.14[c]
ลักษณะที่ปรากฏของใบเตยสเปรด	7.31 ± 0.18[a]	6.80 ± 0.14[b]	6.57 ± 0.14[b]	6.35 ± 0.18[b]
ความชอบโดยรวม	7.73 ± 0.15[a]	7.00 ± 0.11[b]	6.55 ± 0.15[c]	6.40 ± 0.13[c]

หมายเหตุ: ข้อมูลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากการทดลอง 3 ซ้ำ) และตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

1 2 3 4

รูปที่ 4.4 แสดงสีของใบเตยสเปรดโดยเปรียบเทียบกับใบเตยผงหมายเลขนั้นแทนชนิดหรือยี่ห้อของใบเตย 1.ใบเตยสด 2.ใบเตยผงที่ได้จากการทดลอง 3.ใบเตยทางการค้ายี่ห้อ (P) 4. ใบเตยผงทางการค้ายี่ห้อ (Q)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าสีของใบเตยสเปรดที่ประยุกต์จากใบเตยสดเปรียบเทียบกับใบเตยผงที่สกัดได้จากเอนไซม์และโซเดียมไบคาร์บอเนต และใบเตยผงทางการค้าทั้งสองชนิด

ตัวอย่างใบเตย	L*	a*	b*
ใบเตยสเปรดจากใบเตยสด	79.60 ± 0.56 [b]	-13.08 ± 0.40 [c]	21.02 ± 0.08 [b]
ใบเตยสเปรดจากใบเตยผงจากการทดลอง	74.08 ± 0.20 [c]	-17.25 ± 0.41 [d]	23.00 ± 0.28 [a]
ใบเตยสเปรดจากใบเตยผงทางการค้า (P)	80.14 ± 0.59 [b]	-7.05 ± 0.45 [a]	19.45 ± 0.60 [c]
ใบเตยสเปรดจากใบเตยผงทางการค้า (Q)	84.01 ± 0.48 [a]	-8.79 ± 0.72 [b]	21.65 ± 0.26 [b]

หมายเหตุ: ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากการทดลอง 3 ซ้ำ) และตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

การเตรียมใบเตยผงที่มีคุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในอาหาร ทำได้โดยการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.15 และเอนไซม์เซลลูเลสร้อยละ 2.0 ร่วมในการสกัดสารสกัดใบเตย และนำไปทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งแบบโฟม-แมท ทำให้ได้ใบเตยผงที่มีสีเขียวสดคงตัว และสามารถละลายและกระจายตัวได้ดีในน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับใบเตยผงทางการค้าทั้ง 2 ยี่ห้อ นอกจากนี้พบว่าใบเตยผงที่ผลิตได้จากการทดลองยังคงมีกลิ่นหอมใบเตย ซึ่งมีสาร 2-acetyl-1-pyrroline เป็นสารหอมระเหยหลัก และยังตรวจพบคลอโรฟิลล์ที่ให้สีเขียวในปริมาณสูง รวมทั้งพบว่าใบเตยผงยังคงมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP เมื่อนำใบเตยผงที่เตรียมได้จากการทดลองมาประยุกต์ใช้ในทำผลิตภัณฑ์ใบเตยสเปรด พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ใบเตยสเปรดที่ทำจากใบเตยผงจากการทดลอง แต่เนื่องจากการผลิตใบเตยผงทำให้คงสภาวะสีเขียวเข้มไว้ได้เป็นอย่างดี การนำไปประยุกต์ในผลิตภัณฑ์จึงสามารถลดปริมาณการใช้ใบเตยผงได้แต่ยังสามารถคงคุณลักษณะด้านสีที่ใกล้เคียงกับการใช้ใบเตยสดและใบเตยผงทางการค้า

5.1 ข้อเสนอแนะ

5.1 ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาของใบเตยผง

5.2 ศึกษาบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ใบเตยเพื่อป้องกันการเสื่อมสลายของกลิ่นใบเตย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กมลทิพย์ ดำสีนิล, ปราณี อ่านเปรือง. 2538. การผลิตน้ำแตงไทยโดยเอ็นไซม์ตรึงรูป. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาลัยวิทยาลัย.

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2535. คุณค่าทางโภชนาการอาหารไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ.

กระทรวงสาธารณะสุข. 2562. อนุทิน นำสมุนไพรคุณภาพสู่ตลาดโลก หวังเป็น 1 ในอาเซียน. กลุ่มภารกิจด้านข่าวและสื่อมวลชนสัมพันธ์ สำนักสารนิเทศ [ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก: https://pr.moph.go.th/?url=pr/detail/2/04/131106/ (สืบค้นวันที่ 29 ตุลาคม 2563).

กัลยาณี โสมนัส. 2540. การผลิตกล้วยหอมผงโดยการทำแห้งแบบโฟม และแบบพ่น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2536. กระบวนการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพ: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จารุณี ควรพิบูลย์, ประกานต์ ฤดีกุลธรรม. 2555. พรีไบโอติก: อาหารส่งเสริมสุขภาพ. ธรรมสารเวชสาร.

จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2548. สมุนไพรลดไขมันในเลือด 140 ชนิด. เซเว่น พริ้นติ้ง กรุ๊ป, กรุงเทพฯ.

เจริญชัย เหลืองอ่อน. 2553. การวัดสีด้วยเทคนิค UV-VIS-NIR Spectrophotometury. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 8-13.

ชนันท์ ราษฎร์นิยม. 2545. การผลิตลำไยผงด้วยวิธีอบแห้งแบบโฟม-แมท. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ชุติกาญจน์ อิ่นแก้ว, ธเนศ แก้วกำเนิด, ชนันท์ภัสร์ ราษฎร์นิยม และกรผกา อรรคนิตย์. 2558. ผลของอัตราส่วนของเนื้ออินทผาลัมต่อน้ำและสารก่อให้เกิดโฟม ต่อคุณภาพการเกิดโฟมสำหรับการทำแห้งแบบโฟม-แมท. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ชุติมา อนุเทศ, วิไล สนธิเพิ่มพูน, ธีรพร กงบังเกิด และ พันธ์ณรงค์จันทร์แสงศรี. 2553. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผงสำเร็จรูปจากตะไคร้ ด้วยการทำแห้งแบบโฟม-แมท. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 3: 20.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, นิศานันท์ ตามกาล, อรพิน เกิดชูชื่น. 2558. คุณสมบัติทางกายภาพและสารหอมระเหยของใบเตยหอม (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) สกัดด้วยน้ำ. วิทยาศาสตร์เกษตร. 46(3): 145-148.

นวลจรี คำมูลสืบ, วัชรี เทพโยธิน, มณฑิรา แก้วฟู. 2558. ผลของสารที่ก่อให้เกิดโฟมที่มีต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงมหาชนกอบแห้งแบบโฟม-แมท. พิเศษ (การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5).

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. เคมีในอาหาร (เล่ม 5). โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นิศานันท์ ตามกาล, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, อรพิน เกิดชูชื่น. 2558. คุณสมบัติทางกายภาพและสารหอมระเหยของใบเตยหอม (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) สกัดด้วยน้ำ. วิทยาศาสตร์เกษตร. 46(3): 145-148.

น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป. 2549. การพัฒนาคุณภาพอาหารไทย ลอดช่องหนองกระดิ่ง. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

น้องนุช เจริญกุล, ดุษฎี อุตภาพ. 2555. บทที่ 4 สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรท-ไฮโดรคอลลอยด์และการประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรม. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap4/chapter4_6.html (สืบค้นข้อมูลวันที่ 21 กรกฎาคม 2561).

ปราณี อ่านเปรื่อง และ กมลทิพย์ ดำสีนิล. 2538. การผลิตน้ำแตงไทยโดยเอ็นไซม์ตรึงรูป ตอนที่ 2: การสกัดน้ำแตงไทย โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพเพคติเนสและเซลลูเลสตรึงรูป. 25(3), 190-196.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2558. เอนไซม์ในอาหาร (เล่ม 5). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ประกานต์ ฤดีกุลธรรม. 2555. พรีไบโอติก: อาหารส่งเสริมสุขภาพ. ธรรมสารเวชสาร. 12(2): 7.

ผู้จัดการออนไลน์. 2561. Pannda สมุนไพรไทย...ไปไกลมากนะจะบอกให้. [ออนไลน์] เข้าถึงจาก: https://mgronline.com/smes/detail/9610000042183 (สืบค้นวันที่ 29 ตุลาคม 2563).

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2560. การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง. [ออนไลน์] เข้าถึงจาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3133/freeze-drying (สืบค้นวันที่ 4 มิถุนายน 2560).

พีรรัตน์ ดวงติ๊บ. 2556. การผลิตสารสกัดใบเตยหอมชนิดผง และประยุกต์ในการผลิตภัณฑ์เค้กประเภทโฟม. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคภูมิ พรประเสริฐ. 2550. สรีรวิทยาของพืช.กรุงเทพมหานคร.โอเดียนสโตร์.174.

ยุวดี วงษ์กระจ่าง, เพ็ญโฉม พึ่งวิชา, อรวรรณ เรืองสมบูรณ์. 2528. ฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือกของน้ำสกัดรากเตยหอม. เภสัชศาสตร์.

ยุวดี วงษ์กระจ่าง, เพ็ญโฉม พึ่งวิชา, อรวรรณ เรืองสมบูรณ์, วิสุดา สุวิทยาวัฒน์. 2533. ฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดของน้ำสกัดรากเตยหอม 2 เภสัชศาสตร์.

วรางคณา สมพงษ์. 2542. การผลิตน้ำใบเตยผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วราภรณ์ ประเสริฐ. 2556. เทคนิคการทำแห้งแบบโฟมแมท. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัชรี เทพโยธิ, นมณฑิรา แก้วฟู. 2558. ผลของสารที่ก่อให้เกิดโฟมที่มีต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงมหาชนกอบแห้งแบบโฟม-แมท. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 5.

วิมลมาศ พวงนาค และ สุนทรี วรผลึก. 2524.การศึกษาสารหอมจากใบเตยเพื่อนำมาใช้. เป็นสารปรุงบุหรี่. วารสารวิทยาศาสตร์. 35(1): 29-35.

วิริยา พรมกอง, อภิญญา เอกพงษ์ , เอกสิทธิ์ อ่อนสะอาด. 2552. การศึกษากระบวนการผลิตมะขามอบแห้งแบบโฟม. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

วิลัยรักษ์ นิลมณี และบุณยกฤต รัตนพันธุ์. 2561. การผลิตกล้วยไข่อบกรอบด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

วีระนุช นิลนนท์, รัชวรรณ ลิ้มวิวัฒน์กุล. 2541. ผลของสารสกัดใบเตยต่อระดับน้ำตาลในเลือดปกติของหนูปกติ. วิทยาศาตร์และเทคโนโลยี.

แววตา ชี้ทางดี. 2546. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด 2-Acetyl-1-pyrroline และสารให้กลิ่นอื่นๆในใบเตย. กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศยามล เนตรประภา. 2544. การผลิตน้ำใบเตยผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศุภชัย ชุนวิเศษ. 2543. การพัฒนาวิธีการสกัดสารหอม 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน จากตัวอย่างพืช. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สุกัญญา มหาธีระนันท์. 2540. การศึกษาสารให้ความหอมในเมล็ดข้าวพันธ์ขาวดอกมะลิ. เอกสารวิชาการศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวิภาพแห่งชาติ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุนทร ตรีนัทวัน. ฟิล์มเคลือบผิวผลไม้จากเยื่อฟางข้าว. 2555 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://prcmu.cmu.ac.th/perin_detail.php?perin_id=32 (สืบค้นข้อมูลวันที่ 2 สิงหาคม 2561).

สุรเกียรติ อาชานานุภาพ. หนังสือตำราการตรวจรักษาโรคทั่วไป 1. โซเดียมไบคาร์บอเนต. 276-277.

อรัญ หันพงศ์กิตติกูล. 2556. เทคโนโลยีเอนไซม์ (เล่ม 2). หาดใหญ่: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อรุณี เพียรทวีรัชต์. 2535. การผลิตน้ำหัวเชื้อกล้วยหอมโดยใช้เอนไซม์เพกติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลสตรึงรูป. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด, อภิญญา เอกพงษ์, มารีนา มะหนิ, นิภาพรรณ สิงห์ทองลา. (2556). การผลิตมะขามผงโดยการอบแห้งแบบโฟม. สำนักงานส่งเสริมงานวิจัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

อุไรวรรณ สุขขะ. 2546. การพัฒนาขนมปังเสริมใบเตยอบแห้ง. มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทร์เกษม.

Aini Resmi and Ana Mardiyaningsih. 2016. Pandan Leaves Extract (*Pandanus Amaryllifolius* Roxb) as a Food Preservative. Kedokteran dan Kesehatan. Indonesia. 7(4): 166-173.

Alexander, R. J. 1992. Maltodextrins: Production, Properties and Applications' in Starch Hydrolysis Products; Worldwide Technology, Production, and Applications.

Al-Hooti, S. N., Sidhu, Jiwan S., Al-Saqer, Jameela M., and Al-Othman, Amani. 2002. Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulase enzyme treatment. Food Chemistry. 79: 215-220.

Aman, R., Schieber, A. and Carle, R. 2005. Effects of heating and illumination on trans-cis isomerization and degradation of β-carotene and lutein in isolated spinach chloroplasts. Food Chemistry. 53: 9512-9518.

Anon. 2017. Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology (NC-IUBMB). Retrieved from http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme.com.

Anthon, G. E. and Barrett, D. M. 2006. Characterization of the Temperature Activation of Pectin Methylesterase in Green Beans and Tomatoes. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54.

AOAC. 1995. Official methods of analysis 16th ed. Association of official analytical chemists. Washington DC. USA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AOAC. 2000. Official methods of analysis of AOAC. International 17th ed. Gaithersburg MD USA Association of Analytical Communities. DC. USA.

Ayusuk, S., Siripongvutikorn, S., Thummaratwasik, P. and Usawakesmanee, W. 2009. Effect of Heat Treatment on Antioxidant Properties of Tom-Kha Paste and Herbs/Spices Used in Tom-Kha Paste. Kasetsart Journal Natural Science. 43: 305–312.

Bayer, E. A., Lamed, R. and Himmel, M. E. 2007. The potential of cellulases and cellulosomes for cellulosic waste management. Current Opinion in Biotechnology. 3: 237-245.

Bedford, M. R. and Schulze, H. 2007. Exogenous enzymes for pigs and poultry. Nutrition Research Reviews. 11.

Belingheri, C., Ferrillo, A. and Vittadini, E. 2015. Porous starch for flavor delivery in a tomato-based food application. LWT Food Science. 60: 593–597.

Boyd, C.E. and C.S. Tucker. 1992. Water quality and pond soil analyses for aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama.

Bonet, A., Rosell, C. M., Caballero, P. A., Gómez, M., Pérez-Munuera, I. and Lluch, M. A. 2000. Glucose oxidase effect on dough rheology and bread quality: A study from macroscopic to molecular level. Food Chemistry. 99: 408-415.

Bouquerand, P.E., Maio, S., Meyer, F., and Norm, V. 2008. Moisture stability of maltodextrin-based delivery systems. Food Biophysics. 3(2): 182-185.

Bradbury, L. M. T., Gillies, S. A., Brushett, D. J., Waters, D. L. E. and Henry, R. J. 2008. Inactivation of an aminoaldehyde dehydrogenase is responsible for fragrance in rice. Plant Molecular Biology. 68: 439-449.

Branta Lopes, D., Speranza, P., and Alves Macedo, G. 2016. 18 - A new approach for flavor and aroma encapsulation. In A. M. Grumezescu (Ed.). Novel Approaches of Nanotechnology in Food. Academic Press. 623-661.

Buttery, R. G., Juliano, B.O. and Ling, L. C. 1980. identification of rice aroma compound 2-acetyl-1-pyrroline in pandan leaves. Chemistry and Industry. 473.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Buttery, R.G., Ling, L.C. and Juliano, B.O., 1982. 2-acetyl-1-pyrroline: An important aroma component of cooked rice. Chemistry and Industry. 4: 958-959.

Carneiro, H. C. F., Tonon, R. V., Grosso, C. R. F., and Hubinger, M. D. 2013. Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. Journal of Food engineering. 115(4): 443-451.

Che Man, Y. B., Irwandi, J., and Abdullah, W. J. W. 1999. Effect of different types of maltodextrin and drying methods on physico-chemical and sensory properties of encapsulated durian flavour. Journal of the Science of Food and Agriculture. 79(8): 1075-1080.

Cho S.S. and Finocchiaro, T. 2009. Handbook of prebiotics and probiotics Ingredients: Health benefits and food applications 1ed. CRC Press Taylor and Francis Group. New York.

Chronakis, I. S. 1988. On the molecular characteristics, compositional properties, and structural-functional mechanisms of maltodextrins. Critical Reviews in Food Science. 38: 599-637.

Company, D. C. 1962. Methocel Premium, Food Gums in Baked Goods.

Corradini, E., Morais, L., Rosa, M., Mazzetto, S., and Mattoso, L. 2006. A preliminary study for the use of natural fibers as reinforcement in starch gluten glycerol Matrix. Macromolecular Symposia. 245-246.

Corral, L. G., Post, L. S., and Montville, T. J. 1988. Antimicrobial activity of sodium bicarbonate. Journal of Food Sciences. 53(3): 981-982.

Dantas, D., Pasquali, M., Cavalcanti-Mata, M., Duarte, M., and Lisboa, H. 2018. Influence of spray drying conditions on the properties of avocado powder drink. Food Chemistry. 266.

Daood, H. G. 2003. Chlorophyl. In B. aballero (Ed.). Encyclopedia of food sciences and nutrition (second edition). Oxford, Academic Press. 1196-1205

David, R. and Berry, A. P. 1990. Enzymes in the food industry. In C. J. Suckling edition: Enzyme Chemistry impact and application. London: Chapman hall. 2: 306-349.

Delzenne, N. M. 2007. Oligosaccharides: state of the art. Proceedings of the Nutrition Society. 62: 177-182.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Desmond, C., Stanton, C., Fitzgerald, G. F., Collins, J. K., and Ross, R. P. 2001. Environmental-adaption of probiotic lactobacilli towards improvement of performance during spray-drying. International Dairy Journal. 11: 801–808.

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry. 28: 350-356.

Ferruzzi, M. G., Failla, M. L. and Schwartz, S. J. 2002. Sodium copper chlorophyllin: in vitro digestive stability and accumulation by Caco-2 human intestinal cells. Journal of Agricultural and Food Chemistry.50(7): 2173-2179.

Fischer, E. 1894. Einfluss der configuration auf die wirkung der enzyme. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft. 27: 2985-2993.

Franco, T. S., Perussello, C. A., Ellendersen, L. d. S. N. and Masson, M. L. 2015. Foam mat drying of yacon juice experimental analysis and computer simulation. Journal of Food Engineering. 158: 48-57.

French, A.D., Brown R B., Chanzy, H., Gray, D., Hattori, K. and Grasser, W. 2003. Encyclopedia of polymer science and technology-cellulose. Wiley.

Fumagalli, F. and Silveira, A. M. 2005. Quality evaluation of microwave-dried packham's triumph pear. Drying Technology. 23: 2215-2226.

Gedrovica, I., Karklina, D., Fras, A., Jablonka, O. and Boros, D. 2011. The non– starch polysaccharides quantity changes in pastry products where Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) added. Procedia Food Science. 1: 1638-1644.

Gharsallaoui, A., Roudant, G., Chambin, O., Voilley, A. and Saurel, R. 2007. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: an overview. Food Research International: 40:1107–1121.

Ghasemzadeh, A., and Jaafar, H. Z. 2014. Optimization of reflux conditions for total flavonoid and total phenolic extraction and enhanced antioxidant capacity in pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) using response surface methodology.

Gibson GR, R. M. 2008. Handbook of prebiotics 1nd edit. CRC Press Taylor and Francis Group, New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gibson GR, R. R. 2006. Prebiotics: development and application 1nd edit. John Wiley and Sons, London.

Gonçalves, B., Moeenfard, M., Rocha, F., Alves, A., Estevinho, B. N. and Santos, L. 2017. Microencapsulation of a natural antioxidant from coffee chlorogenic acid (3-caffeoylquinic Acid). Food and Bioprocess Technology. 10(8): 1521-1530.

Greensmith, M. 1998. Practical dehydration 2. Cambridge, Woodhead Pubishing Limited, England.

Graminha, E.B.N., Gonçalves, A.Z.L., Pirota, R.D.P.B., Balsalobre, M.A.A., Da Silva, R. and Gomes, E. 2008. Enzyme production by solid-state fermentation: Application to animal nutrition. Animal Feed Science and Technology. 144 (2): 1-22.

Gunawan, M. I., and Barringer, S. A. 2000. Green color degradation of blanched broccoli (*Brassica Oleacea*) due to acid and microbial growth. Food Processing and Preservation. 24(3): 253-263.

Haleem, N., Arshad, M., Shahid, M. and Tahir, M. A. 2014. Synthesis of carboxymethyl cellulose from waste of cotton ginning industry. Carbohydrate Polymers. 113: 249-255.

Heaton, J.W. and Marangoni, A.G. 1996. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. Trends Food Science Technology. 7:8-15.

Himmel, M. E., Ruth, M. F. and Wyman, C. E. 1999. Cellulase for commodity products from cellulosic biomass. Current Opinion in Biotechnology. 10: 358-364.

Humphrey, A. M. 1980. Chlorophyll. Food Chemistry. 5: 57-67

Jackson, CJ, G. E. and Ollis, D.L. 2010. Directed evolution of enzymes 1. Oxford, Elsevier.

Jafari, S. M., Assadpoor, E., He, Y. and Bhandari, B. 2008. Encapsulation effciency of food flavours and oils during spray drying. Drying Technology. 26: 816–835.

Jangam, S. V. 2011. An Overview of recent developments and some r&d challenges related to drying of Foods. Drying Technology. 29(12): 1343-1357.

Jeon, Y., Vasanthan, T., Temelli, F. and Song, B. 2003. The suitability of barley and corn starches in their native and chemically modifed forms for volatile meat flavor encapsulation. Food Res: 36: 349–355.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kadam, D. M. and Balasubramanian, S. 2011. Foam mat drying of tomato juice. Journal of Food Processing and Preservation, 35: 488-495.

Kamthai, S. and Magaraphan, R. 2017. Mechanical and barrier properties of spray dried carboxymethyl cellulose (CMC) film from bleached bagasse pulp. Industrial Crops and Products. 109: 753-761.

Keener, T., Frazier, G. and Davis, W. 1985. Thermal decomposition of sodium bicarbonate. Chemical Engineering Communications. 33. 93-105.

Kerr, A. J. and Goring, D. A. I. 1975. The role of hemicellulose in the delignification of wood. canadian journal of chemistry. 53: 952-959.

Khaleghnezhad, V., Yousefi, A. R., Tavakoli, A. and Farajmand, B. 2019. Interactive effects of abscisic acid and temperature on rosmarinic acid, total phenolic compounds, anthocyanin, carotenoid and flavonoid content of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Scientia Horticulturae. 250: 302-309.

Kol, J., Scholtens, P.and Kafka, C. 2005. Colon microflora in infants fed formula with galacto- and fructo- oligosaccharides: more like breast- fed infants. Pediatric Gastroenterology and Nutrition.

Kuddus, M. 2018. Chapter 1 - Introduction to Food Enzymes. Enzymes in Food Biotechnology. Academic Press. 1-18.

Kudra, T. and Ratti, C. 2008. Process and energy optimization in drying of foamed materials. Transactions of the TSTU. Blackwell Science Ltd. Oxford, Angewandte Chemie. 109: 2482-2483.

Kwamman, Y. and Klinkesorn, U. 2015. Influence of oil load and maltodextrin concentration on properties of tuna oil microcapsules encapsulated in twolayer membrane. Drying Technology. 33: 854–864.

Lee, B. L., Su, J. and Ong, C. N. 2004. Monomeric C18 chromatographic method for the liquid chromatographic determination of lipophilic antioxidants in plants. Chromatography A. 1048(2): 263-267.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lee, H. J., Lee, C. and Ryu, D. 2020. Effects of baking soda and fructose in reduction of ochratoxin a in rice and oat porridge during retorting process. Food Control. 116.

Liu, X., Zhang, M., Guo, K., Jia, A., Shi, Y., Gao, G. and Liu, C. 2015. Cellulase-assisted extraction, characterization, and bioactivity of polysaccharides from *Polygonatum odoratum*. Biological Macromolecules. 72: 258-265.

Lobo, F. A., Nascimento, M. A., Domingues, J. R., Falcão, D. Q., Hernanz, D., Heredia, F. J. and de Lima Araujo, K. G. 2017. Foam mat drying of Tommy Atkins mango: Effects of air temperature and concentrations of soy lecithin and carboxymethylcellulose on phenolic composition, mangiferin, and antioxidant capacity. Food Chemistry. 221: 258-266.

Macfarlane, S., Macfarlane, G. T. and Cummings, J. H. 2006. Review article: prebiotics in the gastrointestinal tract. Alimentary Pharmacology and Therapeutics, 24: 701-714.

Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., and Desobry, S. 2006. Flavour encapsulation and controlled release a review. Internationnal Journal of Food Science and Technology, 41: 1-21.

Marchal, L. M., Beeftink, H. H., and Tramper, J. 1999. Towards a rational design of commercial maltodextrins. Trends in Food Science and Technology, 10(11): 345-355.

McGee, H. 1984. On food and cooking vol. 1. Scribner, London.

Michaud, D. S., Feskanich, D., Rimm, E.B., Colditz, G.A., Speizer, F.E., Willett, W.C. and Giovannucci, E. 2000. Intake of specific carotenoids and risk of lung cancer in 2, & prospective US cohorts. American Journal of Clinical Nutrition. Intake of specific carotenoids and risk of lung cancer in 2 prospective US cohorts. American Journal of Clinical Nutrition. 72: 990-997.

Miller, G. A. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for detection of reducing sugars vol. 31.

Miller, K. S. and Krochta, J. M. 1997. Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. Trends in Food Science and Technology. 8: 228-237.

Mohd nor, F., Mohamed, S., Nor Aini Idris, N. A. and Ismail, R. 2008. Antioxidative properties of *Pandanus amaryllifolius* leaf exracts in accelerated oxidation and deep frying studies vol. 110.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mussatto, S. I. and Teixeira, J. A. 2010. Lignocellulose as raw material in fermentation processes current research, technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology. 897-907.

Narchi, I., Vial, C. and Djelveh, G. 2009. Effect of protein–polysaccharide mixtures on the continuous manufacturing of foamed food products. Food Hydrocolloids. 23: 188-201.

Nelson, D. L. and Cox, M. M. 2005. Lehninger principles of biochemistry Vol. 4. W.H. Freeman and company, New York.

Ningrum, A. and nguyen, M., Schreiner, N.M. 2015. Carotenoids and norisoprenoids as carotenoid degradation products in pandan leaves (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.). International Journal of Food Properties. 18. 1905-1914.

Nishinari, K., Hofmann, K.E., Morikata, H., Kohyoma, K. and Nishinari, N. 1997. Gel-do transition of methylcellulose. Mocromolecular. Chemistry and Physics. 198: 1217-1226.

Nuray Koca, F. K. and Hande Selen, B. 2016. Effect of pH on chlorophyll degradation and colour loss in blanched green peas. Food Chemistry. 100: 609–615.

Nwosu, O.U. and Ewulonu, C. M. 2014. Rheological behaviour of eco-friendly drilling fluids from biopolymers. Journal of Polymer and Biopolymer Physics Chemistry. 2(3): 50-54.

Paule, C. M., and Power, J. J. 1989. Sensory and chemical examination of aromatic and nonaromatic rices. Food Science. 54.

Peleg, M. and Bagley, B. 1983. Physical properties of foods. AVI publishing Company Inc., New York. 293-320.

Porrarud, S., and Pranee, A. 2010. Microencapsulation of Zn-chlorophyll pigment from pandan leaf by spray drying and its characteristic. International Food Research. 17:1031-1042.

Prade, R. A. 1995. Xylanases: from biology to biotechnology. Biotechnology and Genetic Engineering. 13.

PÜNtener, A. G., and Schlesinger, U. 2000. 9 - Natural Dyes. In H. S. Freeman and A. T. Peters (Eds.), Colorants for non-textile applications. Elsevier Science, Amsterdam. 382-455.

Qin, P., Wei, A., Zhao, D., Yao, Y., Yang, X., Dun, B., and Ren, G. 2017. Low concentration of sodium bicarbonate improves the bioactive compound levels and antioxidant and α-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

glucosidase inhibitory activities of tartary buckwheat sprouts. Food Chemistry. 224: 124-130

Rapaille, A., Goosens, J. and Heume, M. 2003. Sugar alcohols. In B. Caballero. Encyclopedia of Food sciences and nutrition second Edit. Oxford. Academic Press. 5665-5671.

Ratanasiriwat, P., Worawattanamateekul, W. and Klaypradit, W. 2013. Properties of encapsulated wasabi flavour and its application in canned food. Food Science: 48: 749–757.

Ribeiro, M. L. F. F., Roos, Y. H., Ribeiro, A. P. B. and Nicoletti, V. R. 2020. Effects of maltodextrin content in double-layer emulsion for production and storage of spray-dried carotenoid-rich microcapsules. Food and Bioproducts Processing. 124: 208-221.

Roberfroid, M. B. 2000. Prebiotics and probiotics: are they functional foods? Clinical Nutrition. 71.

Roca, M., Chen, K., and Pérez-Gálvez, A. 2016. 6 - Chlorophylls. In R. Carle and R. M. Schweiggert (Eds.), Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages. Woodhead Publishing. 125-158

Rockwell, W.C., Morgan, A.I., Graham, R.P. and Ginnette, L.F. 1962. Food Engineering. 34.

Rowe, M., and McGraw, K. J. 2008. Carotenoids in the seminal fluid of wild Birds: Interspecific variation in fairy-wrens. The Condor. 110(4): 694-700.

Saenthaweesuk, S., Naowaboot, J. and Somparn, N. 2016. *Pandanus amaryllifolius* leaf extract increases insulin sensitivity in high-fat diet-induced obese mice. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 6: 866-871.

Sankat, C. K.and Castaigne, F. 2004. Foaming and drying behaviour of ripe bananas. LWT Food Science and Technology. 37: 517-525.

Scanlon, M. G., Henrich, A. W. and Whitaker, J. R. 2018. 13 - Factors affecting enzyme activity in food processing. In Yada, R. Y. (Ed.), Proteins in Food Processing Second Eds. Woodhead Publishing. 337-365.

Scheer, H. 2006. An overview of chlorophylls and bacteriochlorophylls: biochemistry, biophysics, functions and applications. Springer. Netherlands.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schomburg, E. W., Anastassiou, C. A., Buzsáki, G. and Koch, C. 2012. The Spiking Component of Oscillatory Extracellular Potentials in the Rat Hippocampus. The Journal of Neuroscience. 32(34): 11798.

Schutyser, M. A. I., Perdana, J. and Boom, R. M. 2012. Single droplet drying for optimal spray drying of enzymes and probiotics. Trends in Food Science and Technology. 27(2): 73-82.

Senge, M. O., Ryan, A.A., Letchford, K.A., MacGowan, S.A. and Mielke, T. 2014. Chlorophylls symmetry, chirality and photosynthesis.

Sikora, M., Swieca, M., Gawlik-Dziki, U., Ztotek, U. and Baraniak, B. 2018. Nutritional quality, phenolics, and antioxidant capacity of mung bean paste obtained from seeds soaked in sodium bicarbonate. LWT Food Science and Technology. 97: 456-461.

Sosnik, A. and Seremeta, K. P. 2015. Advantages and challenges of the spray-drying technology for the production of pure drug particles and drug-loaded polymeric carriers. Advances in Colloid and Interface Science. 223: 40-54.

Steed, H. and Macfarlane, S. 2009. Prebiotics and probiotics science and technology In charalampopoulos, D and Rastall, R.A. (Ed.), Mechanisms of prebiotic impact on health. Springer. New York. 135–161.

Steven, J.S. and Tina, V. L. 1990. Chlorophylls in foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 29(1):1-17.

Su, J.F., Huang, Z., Wang, X.Y. Li, M. 2010. Structure and properties of carboxymethyl cellulose/soy protein isolate blend edible films crosslinked by Maillard reactions. Carbohydrate Polymers. 79(1): 145-153.

Tang, W. L.and Zhao, H. 2009. Industrial biotechnology: Tools and applications. Biotechnology Journal. 4: 1725-1739.

Teribia, N., Tijero, V. and Munné-Bosch, S. 2016. Linking hormonal profiles with variations in sugar and anthocyanin content during the natural development and ripening of sweet cherries. New Biotechnology. 33.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Good Scents Company Information System. 2018. Providing information for the flavor, fragrance, food and cosmetic industries [อ อ น ไ ล น์] เ ข้ า ถึ ง ไ ด้ จ า ก : http//www.thegoodscentcompany.com (สืบค้นข้อมูลวันที่ 16 ตุลาคม 2563)

Tesoro, G. 1986. Cellulose chemistry and its applications. T. P. Nevell and S. H. Zeronian, Eds., Halsted Wiley. Journal of Polymer Science Part C: Polymer Letters, 24: 294-295.

Tezuka, Y., Tsuchiya, Y. and Shiomi, T. 1996. 13C NMR determination of substituent distribution in carboxymethylcellulose by use of its peresterified derivatives. Carbohydrate Research, 291: 99-108.

Tharasena, B. 2012. Content of beta-carotene, xanthophyll, lutein and zeaxanthin in vegetables as Thai side dish. Paper presented at the International Conference on Nutrition and Food Sciences.

Thuwapanichayanan R., Prachayawarakorn S. and Soponronnarit S. 2008. Drying characteristics and quality of banana foam mat. Food Engineering 86: 573–583.

Tonucci, L.H. and Elbe, V.J.H. 1992. Kinetic of the formation of zinc complex of chlorophyll derivatives. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 40: 2341-2344.

Toufeili, I., Lambert, I. A., Kokini, J. L. 2002. Effect of glass transition and crosslinking on rheological properties of gluten: Development of a preliminary state diagram. Cereal Chemistry. 79(1): 138–142.

Van donkelaar, L. H. G., Mostert, J., Zisopoulos, F. K., Boom, R. M., and van der Goot, A.-J. 2016. The use of enzymes for beer brewing: Thermodynamic comparison on resource use. Energy. 115: 519-527.

Vaewta Cheetangdee, Siree Chaiseri. 2006. Free Amino Acid and Reducing Sugar Composition of Pandan (*Pandanus amaryllifolius*) Leaves. Kasetsart University, Bangkok. 40.

Venkatachalam, S., John , S. G., and Kuppuswamy, K. 2015. Foam Mat Drying of Food Materials: A Review. Journal of Food Processing and Preservation. 6: 39-45.

Volden, J., Borge, G. I. A., Bengtsson, G. B., Hansen, M., Thygesen, I. E., and Wicklund, T. 2008. Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea* L. ssp. capitata f. rubra). Food Chemistry. 109(3): 595-605.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wakte, K. V., Thengane, R. J., Jawali, N., & Nadaf, A. B. (2010). Optimization of HS-SPME conditions for quantification of 2-acetyl-1-pyrroline and study of other volatiles in Pandanus amaryllifolius Roxb. Food Chemistry, 121(2), 595-600.

Wang, W., Zhou, W. 2015. Characterization of spray dried soy sauce powders made by adding crystalline carbohydrates to drying carrier. Food Chemistry. 168: 417-422.

Wasserman, B. P. 1995. Principles of enzymology of enzymology for the food sciencrd. Journal of Food Safety. 15: 365-366. Edition. John R. Whitaker, Marcel Dekker, Inc., 270 Madison Ave., New York. 15(4): 365-366.

White, A. R.1993. Visualization of cellulase and cellulose degradation in cellulose and other natural polymer systems biogenesis. Plenum Press, New York. 489-506

Willows, R. D. 2019. Chapter Five the Mg branch of chlorophyll synthesis: Biosynthesis of chlorophyll a from protoporphyrin IX. In B. Grimm (Ed.), Advances in Botanical Research. Academic Press: 90.141-182.

Wong, D. W. S. 1995. Food Enzymes: structure and Mechanism. new york: chapman and hall.

Yadav, P. K., V K Singh, S Yadav, K D S Yadav, and D Yadav. 2009. In silico analysis of pectin lyase and pectinase sequences. Biochemistry. 74: 1049-1055.

Young, R. A., and Rowell, R. M. 1986. Cellulose: Structure Modification and Hydrolysis: Wiley.

Yoshihashi, T., Huong, N.T.T., Surojanametakul, V., Tungtrakul, P. and Varanyanond, W. 2005, Effect of storage conditions on 2-Acetyl-1-pyrroline content in aromatic rice variety, Khao Dawk Mali 105. Food Science. 70: S34-S37.

Xie, G., Bruce, D., Challacombe, J., Chertkov, O., Detter, J., Gilna, P. and McBride, M. 2007. Genome sequence of the cellulolytic gliding bacterium cytophaga hutchinsonii. Applied and environmental microbiology. 73: 3536-3546.

Yu, H., Ren, X., Liu, Y., Xie, Y., Guo, Y., Cheng, Y. and Yao, W. 2019. Extraction of cinnamomum camphora chvar. Borneol essential oil using neutral cellulase assisted-steam distillation: optimization of extraction, and analysis of chemical constituents. Industrial Crops and Products. 141.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zaldivar, J., Nielsen, J. and Olsson, L. 2001. Fuel ethanol production from lignocellulose: A (Global industrial enzymes market overview 2018 - forecast to 2024) challenge for metabolic engineering and process integration.

Zhang, X., Do, M. D., Casey, P., Sulistio, A., Qiao, G. G. and Lundin, L. 2010. Chemical cross-linking gelatin with natural phenolic compounds as studied by high-resolution NMR Spectroscopy. Biomacromolecules. 11(4).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1. การวิเคราะห์ค่าสี (L* a* b*) ด้วยเครื่องมือ Hunter lab ยี่ห้อ Ultrascan VIS

การวัดค่าสีด้วยเครื่อง Humter Lab แบบสารละลาย โดย มีค่าความสว่าง L* (Lightness) และค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว a* (Redness/Greeness) และ ค่าสีความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน b* (Yellowness/Blueness)

วิธีการ

1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่อง Hunter Lab
2. ทำการ calibarate เครื่องโดยเลือกโหมด TTRAN โดยทำการปรับมาตราฐานโดยใช้แผ่นสีขาวเพื่อตั้งค่าโหมด
3. ทำการใส่ตัวอย่างสารสกัดใบเตยลงในขวดวัด ปริมาตร 40 มิลลิลิตร
4. ทำการวัดค่าสีตัวอย่างของใบเตย

2. การวิเคราะห์ค่าสี (L* a* b*) ด้วยเครื่องมือ Minolta Chroma Meter CR400

วิเคราะห์ค่าสีของใบเตยโดยที่หน้าจอจะแสดงค่า L* a* b* ซึ่งค่า L* โดยมีค่า 0-100 จะแสดงค่าความสว่างสีดำไปสีขาว ค่า a* แสดงผล -60 ถึง +60 โดยเป็นค่าที่แสดงสีเขียวไปจนถึงสีแดง b* เป็นค่าที่แสดงผล -60 ถึง +60 ซึ่งเป็นค่าแสดงสีน้ำเงินไปจนถึงสีเหลือง

วิธีการ

1. นำใบเตยผงใส่ลงในพิมพ์ใสกลม และทำการเกลี่ยผงใบเตยให้เรียบ
2. หลังจากนั้นเปิดเครื่อง Minolta และทำการทำการ calibarate เครื่อง โดยใช้แผ่นวัดสีขาวที่มาพร้อมกับเครื่อง
3. นำตัวอย่างที่ได้อัดใส่พิมพ์มาทำการวัดค่าใบเตยผงโดยทำซ้ำสามครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการละลายตามวิธีการของ Fernandes (2003)

วิธีการ

1. ใบเตยผงปริมาณ 5 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาดปริมาตร 100 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำลงในบีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร ทำการกวนผสมให้ใบเตยผงละลายที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
3. นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอนโดยใช้ความเร็ว 3000 รอบ/นาที เป็นเวลานาน 10 นาที
4. หลังจากนั้นเก็บส่วนใส (supernatant) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายได้
5. นำส่วนใสใส่ในถ้วยอลูมิเนียมแล้วอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

คำนวณ

คำนวณค่าเป็นร้อยละดังสัมการ

$$\text{ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ)} = \frac{\left(\text{น้ำหนักส่วนที่ใสก่อนอบ-น้ำหนักส่วนที่ใสหลังอบ}\right) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่งเริ่มต้น}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. ปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC, 2000)

วิธีการ

1. อบถ้วยอลูมิเนียมที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นเมื่อถ้วยอลูมิเนียมเย็นแล้วจึงชั่งน้ำหนัก
2. นำตัวอย่างใส่ในถ้วยอลูมิเนียม 10 กรัม จดน้ำหนักตัวอย่างและน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียม
3. นำถ้วยอลูมิเนียมที่มีตัวอย่างเข้าอบที่ความร้อน 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. เมื่อครบเวลานำถ้วยอลูมิเนียมตั้งทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
5. ชั่งน้ำหนักหลังอบ และทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ
6. ทำการจดค่าและทำซ้ำ

การคำนวณ

$$\text{ของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)} = (B - A) \times (10^3 / V)$$

A = น้ำหนักถ้วยระเหยอย่างเดียว (กรัม)

B = น้ำหนักถ้วยระเหย และของแข็ง (กรัม)

V = ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)

2. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids) โดยใช้ Hand refractometer (AOAC, 2000)

วิธีการ

1. ทำความสะอาด Hand refractometer ด้วยน้ำกลั่นเช็ดให้สะอาดด้วยกระดาษทิชชู่
2. ปรับค่าเครื่องมือด้วยด้วยน้ำกลั่น ค่าที่ได้ต้องเป็นศูนย์
3. นำตัวอย่างที่ได้มาหยดบนกระจกปริซึม
4. ปิดฝาครอบ Hand refractometer อย่างช้าๆไม่ให้มีฟองอากาศ
5. อ่านค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ซึ่งมีหน่วยเป็น (องศาบริกซ์)
6. ทำการจดค่าและทำซ้ำ
7. ทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นและเช็ดบริเวณปริซึมด้วยกระดาษทิชชู่ เก็บเข้ากล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์ความเป็นกรดด่าง โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ความเป็นกรดด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Mettler Toledo ตามวิธีการของ (AOAC, 2000)

วิธีการ

1. ปรับค่าของเครื่องให้ได้มาตราฐานโดยใช้บัฟเฟอร์ พีเอช 7.0 และ พีเอช 4.0 ตามลำดับและล้างหัววัดด้วยน้ำกลั่น
2. เตรียมสารสกัดใบเตยที่ได้
3. วัดค่าโดยใช้หัววัดค่าความเป็นกรดด่างจุ่มลงไปในบีกเกอร์ที่มีสารละลายตัวอย่างโดยหัวต้องไม่โดนก้นแก้วบีกเกอร์
4. รอค่านิ่งหรือมีเสียงแจ้งเตือนจากเครื่องจึงทำการจดค่าที่ได้ และทำซ้ำ
5. ทำความสะอาดหัววัดด้วยน้ำกลั่นและเช็ดให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู่

4. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

วิธีการ

1. อบถ้วยอลูมิเนียมจนได้น้ำหนักที่แน่นอน เก็บถ้วยอลูมิเนียมในโถดูดความชื้น
2. ชั่งน้ำหนักของสารสกัดใบเตยลงในถ้วยอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
3. อบถ้วยอลูมิเนียมที่มีสารสกัดใบเตยที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง
4. เมื่อครบเวลาแล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำเพื่อให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน
5. นำไปคำนวณหาปริมาณความชื้น

คำนวณ

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ระเหยไป x 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี DNS

เตรียมสารละลาย 3,5-Dinitrosalisylic acid (DNS) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

1. ทำการชั่งสาร DNS 1 กรัม
2. ปิเปตโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 โมลาร์ 20 มิลลิลิตร
3. ชั่งสารโพแทสเซียมโซเดียมเตตระ 30 กรัม
4. ทำการละลาย DNS ในน้ำกลั่นก่อน โดยค่อยๆเติม DNS
5. จากนั้นทำการเติม โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 โมลาร์ 20 มิลลิลิตร ผสมเข้าด้วยกันและกวนสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวจากนั้น
6. เติมสารโพแทสเซียมเตตระ 30 กรัม โดยค่อยๆเติมสารละลายทีละน้อย
7. จากนั้นทำการกวนด้วยเครื่องกวนจนสารละลายเข้ากันเป็นเนื้อเดียว
8. สีของสารละลายให้สีส้มเหลืองและเก็บใส่ขวดสีชา

วิธีการ

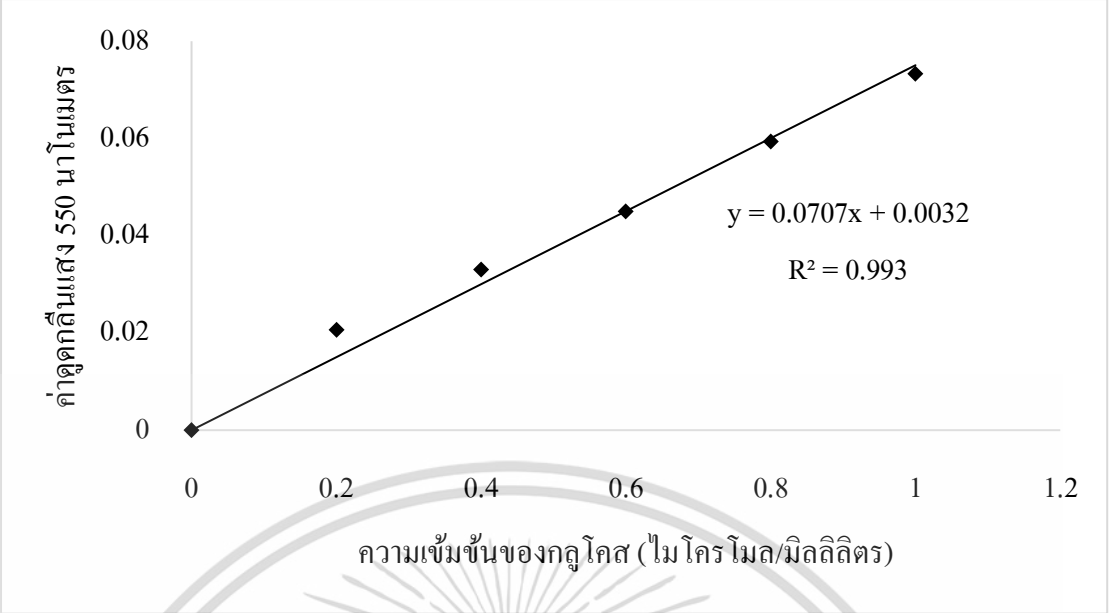
1. นำสารสกัดใบเตยปริมาตร 50 ไมโครลิตรผสมกับ DNS 150 ไมโครลิตรผสมเข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสมสาร (vortex)
2. นำสารสกัดที่ทำการผสมกับ DNS ไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส หรือน้ำเดือด เป็นเวลา 10 นาที
3. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร และคำนวณหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เปรียบกับกราฟกลูโคสมาตราฐาน
4.

การคำนวณ

$$\text{น้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)} = \frac{\text{ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร}}{y} \text{ x ค่าการเจือจาง}$$

y = คือค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวกที่ ข.1 กราฟมาตราฐานของน้ำตาลกลูโคสด้วยวิธีการ DNS

6. การวิเคราะห์น้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธีการ Phenol sulfuric (AOAC, 2000)

การเตรียมสารละลายฟีนอลร้อยละ 5

1. ชั่งฟีนอล 5 กรัม
2. ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้สารละลายร้อยละ 5 ต่อ 100 มิลลิลิตร

วิธีการ

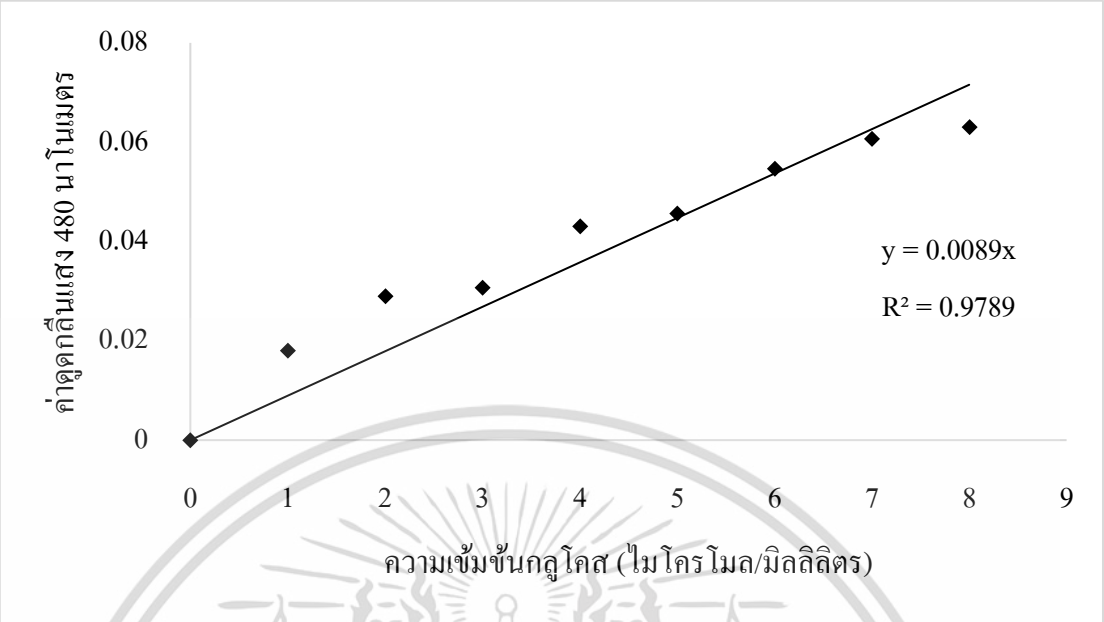
1. นำสารสกัดใบเตยมาทำการวิเคราะห์โดยใช้ออโต้ปิเปตสารผสมกับฟีนอลร้อยละ 5 ด้วยอัตราส่วน 1:1 มิลลิลิตร
2. ผสมให้เข้ากันแล้วจึงเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร
3. ตั้งทิ้งไว้จับเวลา 10 นาที สารละลายจะมีสีเหลือง
4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณของน้ำตาลทั้งหมดเปรียบมาตราฐานกลูโคส

วิธีการคำนวณ

$$\text{น้ำตาลทั้งหมด (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)} = \frac{\text{ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร}}{y} \times \text{ค่าการเจือจาง}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

y = คือค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร



ภาคผนวกที่ ข.2 กราฟมาตราฐานของน้ำตาลกลูโคสโดยการวิเคราะห์ด้วยวิธี Phenol sulfuric

7. การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบเตยผงตามวิธีการที่ปรับปรุงจาก ของ AOAC 940.03 และ 942.04 (AOAC, 2000)

วิธีการ

1. นำใบเตยมา 5 กรัม ผสมร่วมกับอะซิโตนร้อนละ 85 หรือ อีเทอร์ (กรณีที่จำเป็น)
2. ผสมให้เข้ากันและทำการกรองด้วยกระดาษกรอง
3. สารละลายที่กรองได้ทำการเจือจางด้วยอะซิโตนร้อยละ 85 ให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
4. โดยใช้ขวดปรับปริมาตร วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 660 และ 643 ด้วยเครื่อง Shimadzu ประเทศไทย
5. ไทย คำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด คลอโรฟิลล์ เอและบี จากสมการ โดยกำหนดให้ A คือค่า absorbance

วิธีการคำนวณ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (มิลลิกรัม/ลิตร) = 7.12 x (A) +16.8 x (B)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ a = 9.93 x (A) - 0.777 x (B)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ b = 17.6 x (A) - 2.81 x (B)

A = คือค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร

B = คือค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 643 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH redical scavenging ตามวิธีการของ Brand และคณะ (1995)

การเตรียมสาร

1. สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมล โดยชั่ง DPPH 0.0158 กรัม ละลายในเอทานอลร้อยละ 95 และทำการปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร
2. เอทานอลร้อยละ 95

วิธีการ

1. นำใบเตยผง 1 กรัม เจือจางให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม
2. ปิเปตสารละลายใบเตยผงมา 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 5.2 มิลลิลิตร
3. ผสมสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ทำการผสมด้วยเครื่องผสมสาร (vortex mixer)
4. ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ใช้เอทานอลเป็น Blank
5. การเตรียมสารละลายกราฟมาตราฐาน โดยเตรียมความเข้มข้นของโทรลอกซ์ในหลอกทดลอง 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร
6. เตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ชั่งสารมาตราฐานโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลเป็น 100 มิลลิลิตร
7. ปิเปต 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, และ 0.12 ตามลำดับ ใส่หลอดทดลอง ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 0.2 มิลลิลิตร
8. วิเคราะห์ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงที่ได้กับกราฟมาตรฐาน (ภาคผนวก ข.3)

วิธีการคำนวณ

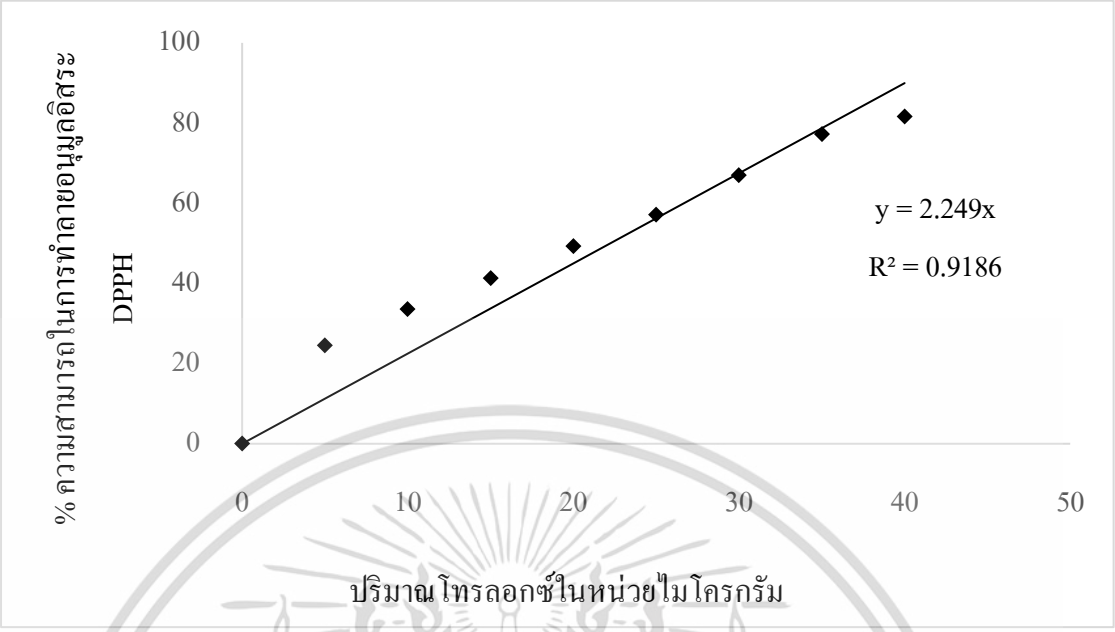
คำนวณร้อยละความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ตามสมการต่อไปนี้

โดย เปอร์เซ็นความสารมารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH = $\left(1-\left(\frac{A_{sample}}{A_{control}}\right)\right) \times 100$

A_{sample} = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของสารมาตราฐานโทรลอกซ์

$A_{control}$ = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวกที่ ข.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม

9. การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก Ferric reducing antioxidant power ตามวิธีการของ Benzie และ Strain (1996)

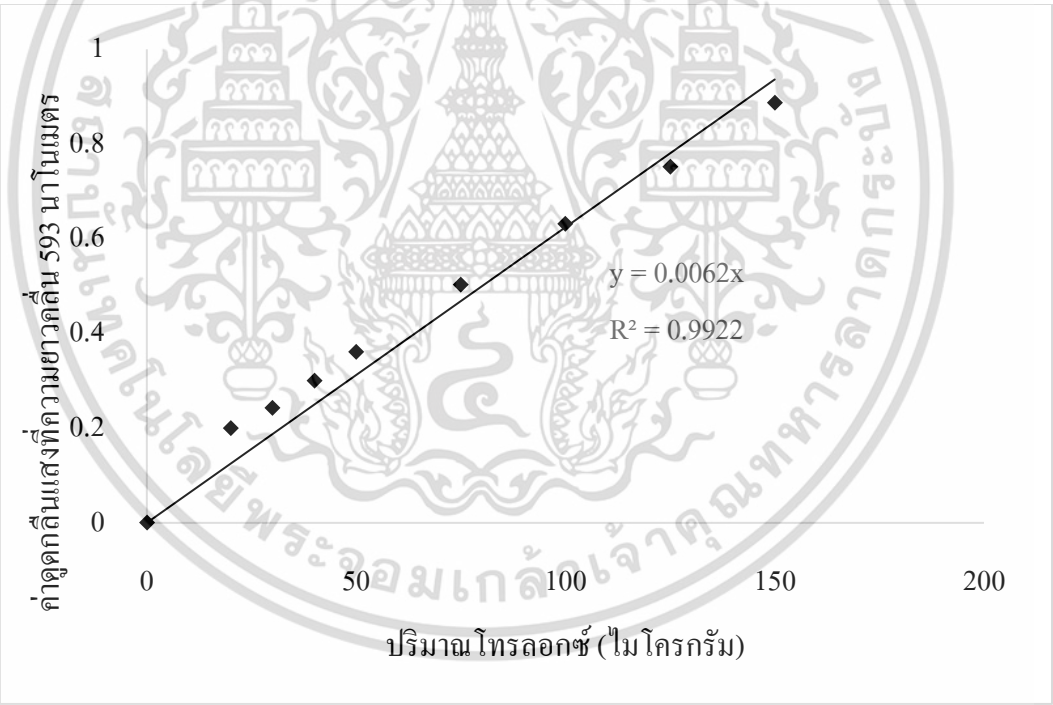
การเตรียมสารเคมี

1. อะซิเตดบัฟเฟอร์ pH 3.68 ความเข้มข้น 0.3 โมลาร์ ชั่ง โซเดียมอะซิเตทไตรไฮเดรต 3.1 กรัม ผสมกับกรดแกลเซียลอะซิติก 16 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วนน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร
2. เตรียมไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ ปิเปตกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 3.31 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร 1 ลิตร
3. ละลาย TPTZ (2,4,6-tripyfidyl-s-triazine) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ในไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ 20 มิลลิลิตร
4. สารละลาย Iron(III)chloride hexahydrate ($FeCI_3$) ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง Iron(III)chloride hexahydrate 0.1082 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร
5. เตรียมสารละลาย FRAP reagent เตรียมโดยผสมสารละลายที่เตรียมไว้ทั้งหมดตั้งแต่ข้อ 1-4 โดยมีอัตราการผสมของอะซิเตทบัฟเฟอร์ : สารละลาย TPTZ : สารละลาย $FeCI_3$ เป็น 10:1:1 โดยปริมาตรตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

1. นำใบเตยผง 1 กรัม เจือจางให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม
2. ปิเปตสารละลายใบเตยผงปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เติมสาระลาย FRAP Reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร
3. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร (vertex mixer) วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในที่มืด 8 นาที
4. เตรียมสารละลายกราฟมาตราฐานโทรลอกซ์ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร
5. ปิเปตสารละลายมาตราฐานใส่หลอดทดลอง 0, 0.02 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.012, 0.014 และ 0.016 และปรับปริมาตรด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ให้ได้ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร
6. วิเคราะห์ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ใช้เอทานอลร้อยละ 95 เป็น blank เปรียบเทียบการดูดกลืนแสงที่ได้กับกราฟมาตรฐาน (ภาคผนวก ข.4)



ภาคผนวก ข.4 กราฟแสดงความสัมพันธระหว่างค่าดูดกลืนแสงและปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม

10. Metal chelating activities ตามวิธีการของ Boyer และ Mccleary (1987)

การเตรียมสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เตรียม Iron(II)chloride ($FeCl_2$) 2 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง $FeCl_2$ 2.5 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร
2. เตรียมสาร Ferrozine 5 มิลลิโมลาร์ ได้จากการชั่ง 7.5 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. นำใบเตย 1 กรัม เจือจางให้ได้ความเข้มข้นของสารละลาย
1. ปิเปตสารละลาย 2.35 มิลลิลิตร ผสมกับ $FeCl_2$ 2 มิลลิโมล 50 ไมโครลิตร
2. ปิเปต Ferrozine 5 มิลลิโมลาร์ 100 ไมโครลิตร ผสมกับสารตัวอย่างเข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสมสาร (vortex mixer)
3. ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 20 นาที
4. วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 562 นาโนเมตร และคำนวณค่าที่ได้

วิธีการคำนวณ

ร้อยละความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระMetal chelating activities = $\left(\frac{\text{B-A}}{\text{B}}\right) \times 100$

A= ค่าการดูดกลืนที่ความความยาวคลื่น 562 นาโนเมตรของตัวอย่าง

B= ค่าการดูดกลืนที่ความความยาวคลื่น 562 นาโนเมตรของสารมาตรฐาน

11. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid)

วิธีการ

1. ทำการชั่งภาชนะในการระเหยก่อนทำการใส่ตัวอย่างไประเหย
2. นำภาชนะไปอบแห้งที่อุณภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่งโมง
3. เมื่อครบเวลานำภาชนะที่อบแห้งทำให้เย็นเลยใส่โถดูดความชื้นหลังจากนั้นทำชั่งน้ำหนักภาชนะที่ได้ทำการอบแห้ง
4. หลังจากชั่งน้ำหนักที่แน่นอนแล้วจึงนำมาบรรจุตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร
5. ทำการอบตัวอย่างเป็นเวลา 8 ชั่วโมง หรือจนกว่าตัวอย่างจะแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำภาชนะที่มีตัวอย่างและได้ทำการอบเรียบแล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น

7. หลังจากทิ้งภาชนะให้เย็น แล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักหลังอบเพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณของแข็งทั้งหมด

วิธีการคำนวณ

ปริมาณของแข็งทั้งหมด = (A-B) x 1000 / C

A = น้ำหนักของตัวอย่างและถ้วยภาชนะ (มิลลิกรัม)

B = น้ำหนักของชามระเหย (มิลลิกรัม)

C = ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิกรัม)

12. การคำนวณหาปริมาณของผลผลิตร้อยละ

สามารถคำนวณได้จากการปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid) ดังวิธีการคำนวณด้านล่าง

วิธีการคำนวณ

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{Total solid (กรัม)}}{\text{น้ำหนักใบเตยสด (กรัม)}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของใบเตยสเปรด

ชื่อ……วันที่……..

คำชี้แจง ตัวอย่างที่ท่านได้รับคือ “ใบเตยสเปรด” โปรดทำการประเมินตัวอย่างดังกล่าวโดยให้คะแนนที่ท่านคิดว่าเหมาะสมต่อลักษณะของตัวอย่าง และกรุณาบ้วนปากก่อนทดสอบตัวอย่างทุกครั้ง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ		
	รหัสตัวอย่าง……	รหัสตัวอย่าง……	รหัสตัวอย่าง……
สีของผลิตภัณฑ์			
กลิ่นหอมของใบเตย			
ลักษณะที่ปรากฏ			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ……

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

แบบประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ : ใบเตยสเปรด

ผู้ทดสอบ_____

คำแนะนำ: กรุณาทดสอบตัวอย่างอ้างอิง (R) ก่อนแล้วทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และประเมินความแตกต่างรวมตามที่ท่านรู้สึกว่าตัวอย่างใดเหมือนตัวอย่างอ้างอิง โดยเขียนเครื่องหมาย X หน้ารหัสตัวอย่างที่เหมือนตัวอย่างอ้างอิง (กรุณาบ้วนปากก่อนทดสอบตัวอย่างทุกครั้ง)

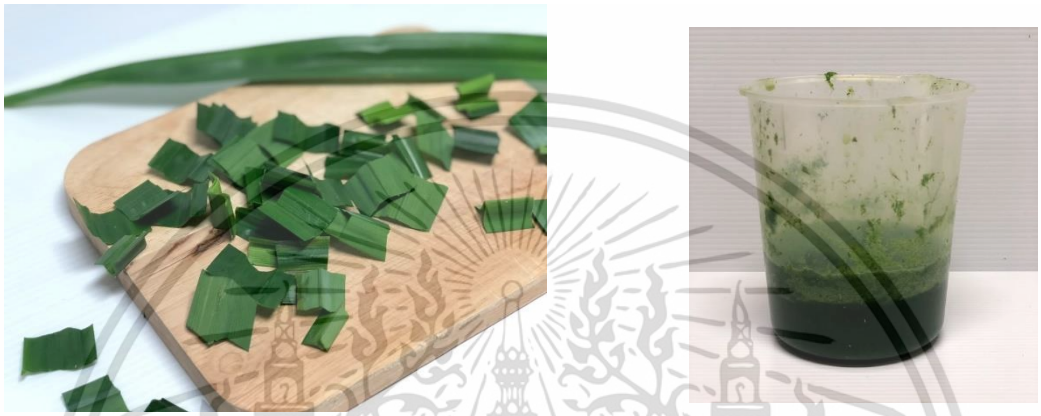
_____163 _____355 _____572

ข้อเสนอแนะ……
……..

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

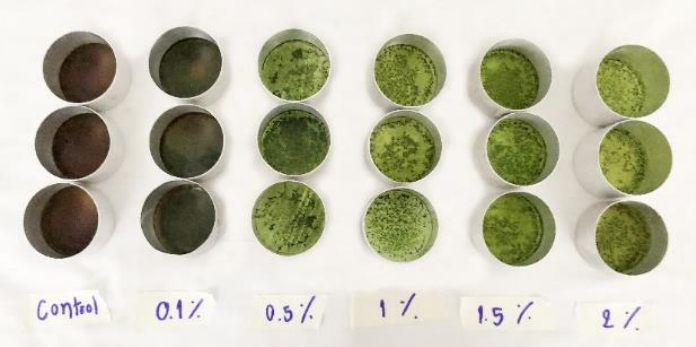
ภาพประกอบวิธีการสกัดสารสกัดใบเตยและวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท



ภาคผนวก ง.1 แสดงขั้นตอนสกัดใบเตยและบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ภาคผนวก ง.2 แสดงสารสกัดใบเตยที่ได้จากการสกัดใบเตยด้วยโซดียมไบคาร์บอเนตในความเข้มข้นระดับต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง.3 แสดงลักษณะปรากฏของสารสกัดใบเตยที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 8 ชั่วโมง

ภาคผนวก ง.4 แสดงขั้นตอนการทำโฟมแมทโดยเป็นช่วงการผสม เมทโทเซลและมอนโตเด กซ์ตริน

ภาคผนวก ง.5 แสดงลักษณ์การขึ้นโฟมหลังผสมในโถปั่นผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.6 แสดงการบีบโฟมของใบเตยก่อนเข้าอบที่เครื่องอบลมร้อน

ภาคผนวก ง.7 แสดงโฟมของใบเตยหลังการอบกับเครื่องอบลมร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวอุบล รัตนา
เกิดเดือนปีเกิด	3 พฤศจิกายน 2534
สถานที่เกิด	61/67 หมู่ 3 ถนนเลียบวารี แขวงโคกแฝด เขตหนองจอก กรุงเทพ 10530
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2556 จบการศึกษาหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะอุตสาหกรรมอาหาร สาขาเทคโนโลยีการหมัก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2559 เข้ารับการศึกษาหลักสูตร วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมอาหาร สาขาเทคโนโลยีการบริการอาหารและการจัดการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	ตำแหน่ง Production Supervisor บริษัท kikoken
การนำเสนอผลงาน	ในหัวข้อลักษณะทางเคมีกายภาพของสารสกัดใบเตยที่เป็นผลจากการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต และเซลลูเลสช่วยในการสกัด การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 48 ร่วมกับการประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 9 และการประชุมวิชาการ ศิลปากร ครั้งที่ 11 เรื่องนวัตกรรมและการสร้างสรรค์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้