การผลิตและคุณภาพของผงพืชสกัดจากใบตำลึง

PRODUCTION AND QUALITY OF GREEN PLANT POWDER FROM IVY GOURD LEAVES

ปิยนุช ธิราชเกื้อกูล
PIYANUCH THIRARDKUERKOON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2545

ISBN 974-324-115-9

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตและคุณภาพของผงพืชสกัดจากใบตำลึง

PRODUCTION AND QUALITY OF GREEN PLANT POWDER FROM IVY GOURD LEAVES

ปิยนุช ธิราชเกื้อกูล

PIYANUCH THIRARDKUERKOON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

ISBN 974 – 324 –115 -9

PRODUCTION AND QUALITY OF GREEN PLANT POWDER FROM IVY GOURD LEAVES

PIYANUCH THIRARDKUERKOON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2002

ISBN 974-324-115-9

COPYRIGHT 2002

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตและคุณภาพของผงพืชสกัดจากใบตำลึง
นักศึกษา	นางสาว ปิยนุช ธิราชเกื้อกูล
รหัสประจำตัว	43066015
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2545
อาจารย์ที่ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ. ดร. ระติพร หาเรือนกิจ

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตและคุณภาพของผงพืชสกัดจากใบตำลึงพบว่าการลวกใบตำลึง(Blanching) ที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที สามารถทำลายเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในใบตำลึงได้หมด การรักษาสีของผงตำลึงทำได้ โดยใช้สารละลายซิงค์คลอไรด์ที่ความเข้มข้น 70 ppmร่วมกับการปรับpHของน้ำตำลึงที่ได้เป็น 7.5 ก่อนนำไปทำแห้ง ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์และค่าสีหลัก (hue)ที่ดีกว่าสภาวะอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ผงตำลึงที่ได้มีปริมาณเบต้าแคโรทีนไม่แตกต่างกับใบตำลึงสดอย่างนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) แต่มีปริมาณใยอาหาร(dietary fiber)ลดลงจากใบตำลึงสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) การเพิ่มมอลโตเดกซ์ตรินที่ระดับ 5 %เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเพิ่มเปอร์เซนต์ผลผลิตของผงตำลึงผลิตและทำให้มีลักษณะทางคุณภาพด้านการดูดความชื้น ดีกว่าผงตำลึงที่ไม่ได้เพิ่มมอลโตเดกซ์ตริน การแพร่กระจายในน้ำและมีค่าสีหลัก (hue)ไม่แตกต่างจากผงตำลึงที่ไม่ได้เพิ่มมอลโตเดกซ์ตรินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การศึกษาสภาวะการเก็บผงตำลึงที่ผลิตทั้ง3 ลักษณะ(ผงตำลึงที่ผลิตโดยปรับpHเป็น 7.5 ก่อนทำแห้ง, ผงตำลึงที่ผลิตโดยใช้สารละลายซิงค์คลอไรด์และปรับ pH เป็น 7.5 ก่อนทำแห้ง และผงตำลึงที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน 5 %)โดยใช้วัสดุภัณฑ์เป็นถุงลามิเนทชนิด OPP 20 /ALU 12/ LDPE 30 ไมครอนและถุงลามิเนทชนิด OPP 20 /ALU 12/ LDPE 30 ไมครอนดัดแปลงบรรยากาศภายในถุงโดยใช้สารดูดออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์20 %และก๊าซไนโตรเจนสามารถรักษาสีหลัก(hue) ปริมาณคลอโรฟิลล์และค่าwater activity(a_w)ของผงตำลึงไว้ได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับเก็บผงตำลึงในถุงพลาสติกชนิด โพลีเอทิลีน(PE)อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)เมื่อเก็บ 3 เดือนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส pHของผงตำลึงไม่ว่าจะบรรจุในถุงชนิดใดหรือดัดแปลงบรรยากาศแบบใดก็สามารถรักษาค่า pH ไว้ได้ไม่เปลี่ยนแปลง

Thesis Title	Production and Quality of green plant powder from ivy gourd leaves
Student	Miss Piyanuch Thirardkuerkoon
Student ID	43066015
Degree	Master of Science
Programme	Food Science
Year	2002
Thesis Advisor	Assistant. Professer. Dr. Rathiporn Harraunkit

ABSTRACT

Study on blanching time of ivy gourd(*Coccinia grandis(L) Voigt*) leaves showed that heating at 95 °C for 2 minutes could inhibit peroxidase. the ivy gourd juice treated with Zinc chloride solution 70 ppm and adjusted pH to 7.5 before drying could preserve hue and chlorophyll content of green plant powder. The additional of 5 % maltodextrin increased significantly the hygroscopicity of green plant powder but not the chlorophyll content , color and the dispersibility. By comparing of β - carotene content in green plant powder to fresh ivy gourd leaves, it was not significantly different but the dietary fiber of the green plant powder was significantly lower than that of the fresh ivy gourd leaves.

Study on storage conditions of three kinds of green plant powder made from different treatments (green plant powder from adjusted pH to 7.5 , green plant powder from treated with with Zinc chloride solution 70 ppm and adjusted pH to 7.5 before drying and the additional of 5 % maltodextrin to green plant powder) showed that laminated aluminum foil bags and laminated aluminum foil bags under modified atmosphere(with oxygen absorber , under carbondioxide 20 % and under nitrogen) could preserve chlorophyll content , color and water activity of those of green plant powder for 3 months at 95 °C. The pH of green plant powder packed in polyethylene bags and laminated aluminum foil bags remained unchange for 3 months

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ผศ. ดร. ระติพร หาเรือนกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งช่วยกรุณาให้คำแนะนำต่างๆพร้อมทั้งให้คำปรึกษา ตรวจทางและ แก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. กิตติชัย บรรจง ดร. ยุพร พืชกมุทรและดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดมที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบโครงร่างและวิทยานิพนธ์ อีกทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขรวมทั้งให้คำแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณแววตา สมมิตร บริษัทสยามพรีเซริฟฟูดส์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เครื่องทำแห้งแบบแช่แข็ง ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์การอาหารให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ได้ช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ๆเพื่ออนๆและน้องๆ ปริญญาโทที่เป็นกำลังใจให้กันและกัน และให้ความช่วยเหลือกันด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายขอรำลึกพระคุณของบิดาและมารดาที่ได้ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจมาโดยตลอด คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ปิยนุช ธิราชเกื้อกูล

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบาญ..... IV

สารบาญตาราง..... VI

สารบาญรูป..... XV

บทที่1 บทนำ..... 1

1.1. ความสำคัญและที่มา..... 2

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 3

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และคุณค่าทางโภชนาการของตำลึง..... 4

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของตำลึง..... 4

2.1.2 คุณค่าทางโภชนาการของตำลึง..... 5

2.2 กลไกการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลคลอโรฟิลล์..... 8

2.3 การป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีของคลอโรฟิลล์..... 11

2.3.1 การปรับสภาวะความเป็นกรดเป็นด่าง..... 11

2.3.2 การลวก..... 11

2.3.3 การเติม metallic ion..... 12

2.3.4 การใช้กระบวนการ high temperature short time (HTST)..... 14

2.3.5 สภาวะการเก็บ..... 14

2.4 การพัฒนาระบบการผลิตผลิตภัณฑ์คลอโรฟิลล์..... 17

2.5 มอลโตเดกซ์ตริน..... 20

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ..... 22

3.1 วัสดุและอุปกรณ์..... 22

3.1.1 วัตถุดิบและสารเคมี..... 22

สารบาญ(ต่อ)

หน้า

3.1.2 อุปกรณ์.....22

3.2 สถานที่ดำเนินงาน.....23

3.3 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง.....23

3.4 วิธีการดำเนินงาน.....24

บทที่4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... 28

4.1 ศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในวัตถุดิบ.....28

4.2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะคุณภาพของผงตำลึง.....28

4.2.1 ผลของเวลาในการลวก..... 29

4.2.2 ผลของpH ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและสีคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง.....30

4.2.2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง.....30

4.2.2.2 ผลของpHต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผงตำลึง..... 31

4.2.3 ผลของpHและความเข้มข้นของซิงค์คลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลง
คลอโรฟิลล์ของผงตำลึง.....33

4.2.3.1 ผลของpHและความเข้มข้นของซิงค์คลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ
คลอโรฟิลล์ของผงตำลึง..... 33

4.2.3.2 ผลของpHและความเข้มข้นของซิงค์คลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของ
ผงตำลึง.....35

4.3 ศึกษาผลของการเติมมอลโตเดกซ์ตรินต่อลักษณะคุณภาพของผงตำลึง..... 37

4.4 ศึกษาสภาวะการเก็บภายใต้บรรยากาศดัดแปลงของผงตำลึงที่ผลิตได้..... 38

4.4.1 ค่าสีหลัก..... 38

4.4.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์.....39

4.4.3 ค่า a_w (water activity)..... 42

4.4.4 ค่า pH.....42

4.4.5 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด.....45

4.5 ศึกษาผลของปริมาณเบต้าแคโรทีนและปริมาณเส้นใยอาหารที่มีในผงตำลึง..... 47

4.5.1 ปริมาณเบต้าแคโรทีน..... 47

4.5.2 ปริมาณใยอาหาร.....47

สารบาญ(ต่อ)

หน้า

บทที่5 สรุปผลการทดลอง.....49
ข้อเสนอแนะ..... 50
บรรณานุกรม.....51
ภาคผนวก.....54

สารบาญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ที่มีในพืชต่างๆ.....1

2.1 แสดงส่วนประกอบของใยอาหารในผลไม้.....5

2.2 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของตำลึงสด 100 กรัม.....7

2.3 แสดงการเปรียบเทียบความคงตัวของเอนไซม์ต่างๆที่มีในพืช.....12

2.4 แสดงผลทางลักษณะทางเคมีและทางชีวภาพของผงคลอเรลลา
ที่ทำแห้งด้วยวิธี Spray – dried และวิธี Freeze – dried..... 18

2.5 แสดงลักษณะการละลายของมอลโตเดกซ์ตริน
ในแต่ละช่วงDegree equivalent(ค่าสมมูลย์เดกซ์โตส)..... 21

3.1 แสดงการจัดสิ่งทดลอง.....25

4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบในส่วนต่างๆในตำลึงสด.....28

4.2 แสดงผลของเวลาที่ใช้ในการลวกใบตำลึงก่อนมาคั้นกับแอคติวิตี้
ของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส..... 29

4.3 แสดงความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์ เมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH 31

4.4 แสดงความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยของค่าสี เมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH..... 32

4.5 แสดงความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์
เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างpHและปริมาณสารละลายซิงค์คลอไรด์.....33

4.6 แสดงความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของค่าสี
เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และปริมาณของสารละลายซิงค์คลอไรด์..... 36

4.7 แสดงผลของลักษณะทางคุณภาพของผงตำลึงที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน..... 37

4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr1) ที่เก็บไว้ 3 เดือน..... 43

4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr2) ที่เก็บไว้ 3 เดือน..... 43

4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr3) ที่เก็บไว้ 3 เดือน..... 43

4.11 แสดงแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผงตำลึง(Tr 1)
เมื่อเก็บไว้ 3 เดือน..... 44

4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผงตำลึง(Tr 2)เมื่อเก็บไว้ 3 เดือน..... 44

4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผงตำลึง(Tr 3)เมื่อเก็บไว้ 3 เดือน..... 44

สารบาญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงตำลึงที่เก็บไว้ 3 เดือน..... 45

4.15 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเบต้าแคโรทีนที่มีในใบตำลึงและผงตำลึง..... 47

4.16 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณใยอาหารที่มีในใบตำลึงและผงตำลึง..... 48

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข1	ANOVAเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ของส่วนต่างๆในตำลึงสด	64
ข2	ANOVAเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์เมื่อพิจารณาอิทธิพลของpH	64
ข3	ANOVAเปรียบเทียบค่าa เมื่อพิจารณาอิทธิพลของpH	64
ข4	ANOVAเปรียบเทียบค่า b เมื่อพิจารณาอิทธิพลของpH	64
ข5	ANOVAเปรียบเทียบค่า Lเมื่อพิจารณาอิทธิพลของpH	65
ข6	ANOVAเปรียบเทียบค่าสีหลักเมื่อพิจารณาอิทธิพลของpH	65
ข7	ANOVAเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่าง pHและปริมาณซิงค์คลอไรด์	65
ข8	ANOVAเปรียบเทียบค่าสีหลักเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่าง pHและ ปริมาณซิงค์คลอไรด์	66
ข9	ANOVAเปรียบเทียบค่า aเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่าง pHและ ปริมาณซิงค์คลอไรด์	66
ข10	ANOVAเปรียบเทียบค่า bเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่าง pHและ ปริมาณซิงค์คลอไรด์	67
ข 11	ANOVA เปรียบเทียบค่าการดูดความชื้นของผงตำลึงที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน	67
ข12	ANOVA เปรียบเทียบค่าการแพร่กระจาย(Dispersion)ของผงตำลึง ที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน	67
ข13	ANOVA เปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึงที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน	68
ข14	ANOVA เปรียบเทียบค่าสีหลักของผงตำลึงที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน	68
ข15	ANOVAเปรียบเทียบค่าสีหลักของผงตำลึง(Tr 1).ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3 เดือน	68
ข16	ANOVAเปรียบเทียบค่าสีหลักของผงตำลึง(Tr 2).ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3 เดือน	68
ข17	ANOVAเปรียบเทียบค่าสีหลักของผงตำลึง(Tr 3).ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3 เดือน	69
ข18	ANOVAเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง(Tr 1). ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3 เดือน	69
ข19	ANOVAเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง(Tr 2). ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3 เดือน	69
ข20	ANOVAเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง(Tr 3). ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3 เดือน	69
ข21	ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 1). ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 1 เดือน	70

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข22 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 1).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 2 เดือน..... 70

ข23 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 1).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 70

ข24 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 1).
ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 70

ข25 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 1).
ที่เก็บในถุงลามิเนทในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 71

ข26 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 1).
ที่เก็บในถุงลามิเนท+ ตัวดูดออกซิเจนในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 71

ข27 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 1).
ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วย CO_2 20%ในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน 71

ข28 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 1).
ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วยN_2ในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 71

ข29 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 2).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 1 เดือน..... 72

ข30 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 2).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 2 เดือน..... 72

ข31 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 2).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 72

ข32 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 2).
ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนในระยะเวลาการเก็บ 3 เดือน..... 72

ข33 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 2).
ที่เก็บในถุงลามิเนท+ตัวดูดออกซิเจนในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 73

ข34 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 2).
ที่เก็บในถุงลามิเนทในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 73

ข35 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 2).
ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วย
CO_2 20 %ในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 73

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข36 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 2).
ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วยN_2ใน
ระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 73

ข37 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 3).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 1 เดือน.....74

ข38 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 3).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 2 เดือน..... 74

ข39 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 3).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3 เดือน.....74

ข40 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 3).ที่เก็บ
ในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน.....74

ข41 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 3).ที่เก็บ
ในถุงลามิเนทในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 75

ข42 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 3).ที่เก็บ
ในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วย CO_2 20 %ในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน.....75

ข43 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 3).ที่เก็บ
ในถุงลามิเนท+ตัวดูดออกซิเจนในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน.....75

ข44 ANOVAเปรียบเทียบค่า water activity ของผงตำลึง(Tr 3).ที่เก็บ
ในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วย N_2ในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน.....75

ข45 ANOVAเปรียบเทียบค่า pH ของผงตำลึง(Tr 1).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 1 เดือน.....76

ข46 ANOVAเปรียบเทียบค่า pH ของผงตำลึง(Tr 1).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 2 เดือน..... 76

ข47 ANOVAเปรียบเทียบค่า pH ของผงตำลึง(Tr 1).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 76

ข48 ANOVAเปรียบเทียบค่า pH ของผงตำลึง(Tr 1).
ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน.....76

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข49 ANOVAเปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr 1).
ที่เก็บในถุงลามิเนทในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 77

ข50 ANOVAเปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr 1).
ที่เก็บในถุงลามิเนท+ ตัวดูดออกซิเจนในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 77

ข51 ANOVAเปรียบเทียบค่า pH ของผงตำลึง(Tr 1).
ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วย CO_2 20%
ในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 77

ข52 ANOVAเปรียบเทียบค่า pH ของผงตำลึง(Tr 1).
ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วย N_2
ในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 77

ข53 ANOVAเปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr 2).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 1 เดือน..... 78

ข54 ANOVAเปรียบเทียบค่า pH ของผงตำลึง(Tr 2).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 2 เดือน..... 78

ข55 ANOVAเปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr 2).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 78

ข56 ANOVAเปรียบเทียบค่า pH ของผงตำลึง(Tr 2).
ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนในระยะเวลาการเก็บ 3 เดือน..... 78

ข57 ANOVAเปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr 2).
ที่เก็บในถุงลามิเนท+ตัวดูดออกซิเจนในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 79

ข58 ANOVAเปรียบเทียบค่า pH ของผงตำลึง(Tr 2).
ที่เก็บในถุงลามิเนทในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 79

ข59 ANOVAเปรียบเทียบค่า pH ของผงตำลึง(Tr 2).
ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วยCO_2 20 %
ในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 79

ข60 ANOVAเปรียบเทียบค่าpHของผงตำลึง(Tr 2).
ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วย N_2
ในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 79

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข61 ANOVAเปรียบเทียบค่า pH ของผงตำลึง(Tr 3).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 1 เดือน.....80

ข62 ANOVAเปรียบเทียบค่า pHของผงตำลึง(Tr 3).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 2 เดือน.....80

ข63 ANOVAเปรียบเทียบค่า pH ของผงตำลึง(Tr 3).
ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3 เดือน.....80

ข64 ANOVAเปรียบเทียบค่า pH ของผงตำลึง(Tr 3).
ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน.....80

ข65 ANOVAเปรียบเทียบค่า pH ของผงตำลึง(Tr 3).ที่เก็บ
ในถุงลามิเนทในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 81

ข66 ANOVAเปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr 3).ที่เก็บ
ในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วย CO_2 20 %
ในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 81

ข67 ANOVAเปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr 3).
ที่เก็บในถุงลามิเนท+ตัวดูดออกซิเจนในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน.....81

ข68 ANOVAเปรียบเทียบค่า pH ของผงตำลึง(Tr 3).ที่เก็บ
ในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วย N_2
ในระยะเวลาการเก็บที่เก็บ 3 เดือน..... 81

ค1 แสดงค่าสีของผงตำลึงที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน.....82

ค2 แสดงค่าสีหลักของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr1 เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 เดือน
ที่สภาวะการเก็บต่างๆ..... 82

ค3 แสดงค่าสีหลักของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr2 เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 เดือน
ที่สภาวะการเก็บต่างๆ.....83

ค4 แสดงค่าสีหลักของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr3 เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 เดือน
ที่สภาวะการเก็บต่างๆ.....83

ค5 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr1
เมื่อเก็บเป็นเวลา 3 เดือนที่สภาวะการเก็บต่างๆ(มิลลิกรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 มิลลิกรัม)..... 83

ค6 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr2
เมื่อเก็บเป็นเวลา 3เดือนที่สภาวะการเก็บต่างๆ(มิลลิกรัม ต่อตัวอย่างแห้ง100มิลลิกรัม)..... 84

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ค7	แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr3 เมื่อเก็บเป็นเวลา 3เดือนที่สภาวะการเก็บต่างๆ(มิลลิกรัม ต่อตัวอย่างแห้ง100มิลลิกรัม).....	84
ค8	แสดงค่าสีของผงตำลึงที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน.....	84
ค9	แสดงค่าสีของผงตำลึงที่บรรจุในถุงลามิเนท.....	85
ค10	แสดงค่าสีของผงตำลึงที่บรรจุในถุงลามิเนท+ตัวดูดออกซิเจน.....	85
ค11	แสดงค่าสีของผงตำลึงที่บรรจุในถุงลามิเนทดัดแปลงด้วยCO_2 20 %.....	85
ค12	แสดงค่าสีของผงตำลึงที่บรรจุในถุงลามิเนทดัดแปลงด้วยN_2.....	85

สารบาญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 โครงสร้างโมเลกุลของคลอโรฟิลล์..... 8

2.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ในสภาวะกรด..... 9

2.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ในสภาวะด่าง..... 10

2.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์..... 10

2.5 แสดงกราฟของ Chlorophyll aที่มีในpea pureeและ zinc complex (ZnPa)
ที่เกิดขึ้นใน pea pureeที่ถูกปรับpHเป็น 4 5 6 7 8 9 และ 10
โดยมีสังกะสีไอออน 300 ppm หลังจากถูกให้ความร้อน
ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 30 นาที..... 13

2.6 แสดงกระบวนการผลิต green plant powder..... 19

3.1 แสดงกระบวนการผลิตตำลึงผง..... 24

4.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสีหลักของผงตำลึง(Tr 1)ในแต่ละสภาวะการเก็บ
ในระยะเวลา 3 เดือน..... 40

4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสีหลักของผงตำลึง(Tr 2)ในแต่ละสภาวะการเก็บ
ในระยะเวลา 3 เดือน..... 40

4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสีหลักของผงตำลึง(Tr 3)ในแต่ละสภาวะการเก็บ
ในระยะเวลา 3 เดือน..... 40

4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง(Tr 1)ในแต่ละสภาวะการเก็บ
ในระยะเวลา 3 เดือน..... 41

4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง(Tr 2)ในแต่ละสภาวะการเก็บ
ในระยะเวลา 3 เดือน..... 41

4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง(Tr 3)ในแต่ละสภาวะการเก็บ
ในระยะเวลา 3เดือน..... 41

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

คลอโรฟิลล์เป็นสารสีที่พบตามพืชสีเขียวโดยทั่วไป มีส่วนสำคัญในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์โดยอาศัยกระบวนการสังเคราะห์แสงให้กลายเป็นพลังงานเคมี ซึ่งได้แก่การสร้างน้ำตาลและแป้ง หรือคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ ตรงนี้เองคืออาหาร

ตารางที่ 1.1 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในพืชผักต่างๆ

Common name , Genus,Species	**Part of plant**	**Chlorophyll content ($\mu g(g\ fresh\ wt)^{-1}$)**			**References**
		a	**b**	**Total**	
Asparagus(Asparagus officinallis L.)	Stem			180-300	Kramer et.al.(1949)
				76	Nickerson et. al. (1971)
	Head			70.5	Nickerson et. al(1956)
Broccoli (Brassica oleracea var italica Plenck.)				91-150	Gilpin et. al. (1959)
	Stem			35.0	
	Leaves			650	Wu and Salunkhe (1976)
	Leaves	504			Izaki et. al.(1986)
Carrot (Daucus carota L.)	Leaves			960	Wang (1983)
Chinese cabbage (Brassica chinensis L.)	Stem	83	24		Izaki et. al.(1986)
			71		
Lettuce (Lactuca sativa L.)	Leaves	330			
Malabar spinach (Basella alba L.)	Leaves	672	195		

ที่มา : Jeana (1991)

ในทางเคมีรู้กันดีว่าคลอโรฟิลล์ละลายในไขมัน อยู่ในกลุ่มของกรดไตรคาร์บอกซิลิค คลอโรฟิลล์ประกอบด้วยธาตุที่เป็นโลหะอยู่ตรงกลางมีสารประกอบเรียงกันเป็นวงเรียกว่าพอร์ไฟริน และมีไฟตอลซึ่งเป็นแอลกอฮอล์โครงสร้างยาวเกาะอยู่กับเอสเทอร์ของมัน โครงสร้างดังกล่าวจะถูกไฮโดรไลส์ได้ง่าย แต่โครงสร้างนี้จะมีส่วนคล้ายคลึงกับโครงสร้างของฮีโมลโกลบิลจะต่างกันก็แต่ธาตุที่อยู่ตรงกลางของโครงสร้างนั้นคือคลอโรฟิลล์มีแมกนีเซียม ส่วนฮีโมลโกลบิลมีเหล็ก ทำให้ตั้งแต่ต้นศตวรรษ ที่ 20 มีความสนใจการใช้คลอโรฟิลล์เป็นยา และมีรายงานวิจัยของนพ. อาร์เธอร์ ปาเทกพบว่าคลอโรฟิลล์สามารถรักษาโรคเลือดจางในกระต่ายได้และยังมีรายงานเพิ่มเติมว่าคลอโรฟิลล์ช่วยเพิ่มอัตราของเมตาโบลีสในหนู กระต่าย และคน นอกจากนี้มีงานวิจัยNegishi (1989)พบการต้านทานการเปลี่ยนรูปของเซลร่างกายเป็นเซลมะเร็ง และยังมีบทบาทเป็นปฏิชีวนะ เนื่องจากมีรายงานของSmith(1955)พบว่าคลอโรฟิลล์เป็นทั้งยาฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเป็นทั้งยายับยั้งการเติบโตของแบคทีเรียการอักเสบ Dr.G.H. Collingกล่าวว่า เมื่อเนื้อเยื่อบาดเจ็บจะมีสิ่งแปลกปลอมในเลือด เป็นเหตุให้เซลเลือดจับกันเป็นก้อน ซึ่งจะไปจำกัดสารอาหารที่ใช้ในการซ่อมแซมการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อ แต่คลอโรฟิลล์จะช่วยลดการจับตัวกันเป็นก้อนดังนั้นเวลาในการรักษาจะสั้นลง คลอโรฟิลล์ลดอาการบวมของบาดแผลโดยการลดการสังเคราะห์ไฟบริล(โปรตีนที่เกี่ยวกับการจับตัวกันของเลือด)(วิสัย. 2541)

เมื่อนักวิทยาศาสตร์รู้ว่าคลอโรฟิลล์มีประโยชน์ต่อสุขภาพ และรู้ว่าพืชเป็นแหล่งใหญ่ของคลอโรฟิลล์ จึงมีการหาพืชมาสกัดเอาคลอโรฟิลล์ โดยมากในปัจจุบันการสกัดคลอโรฟิลล์จากพืชส่วนใหญ่ที่มักจะพบยากในประเทศไทยอาทิเช่น อัลฟาฟ่า วีทกราส เป็นต้น

พืชพื้นบ้านในประเทศไทยมีมากมายหลายชนิดที่ยังไม่มีการนำมาเพิ่มมูลค่าของมัน ตำลึงก็เป็นพืชพื้นบ้านอีกชนิดหนึ่งที่พบได้ง่ายและเป็นไม้เลื้อยชนิดหนึ่ง พบขึ้นอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ ชอบขึ้นพันตามรั้วบ้านและต้นไม้อื่นๆ เป็นพืชที่เจริญเติบโตเร็ว ให้ผลผลิตสูง ในช่วงที่มีฝนตกชุกทำให้มีผลผลิตออกมาในปริมาณมากจนอาจเหลือจากการนำไปรับประทานหรือนำไปจำหน่ายมากเป็นผลให้เกิดการเน่าเสียเนื่องจากตำลึงเป็นผักที่มีปริมาณน้ำสูงถึงร้อยละ 85-90 และมีโครงสร้างที่ง่ายต่อการเสื่อมเสีย จึงมีอายุการเก็บสั้น

นอกจากนี้ตำลึงยังมีคุณค่าทางสมุนไพรไทยอีกด้วย รากตำลึง เป็นยาเย็น กระตุ้นกำหนัด แก้อาเจียน แก้ตกขาว กลั้นปัสสาวะไม่ค่อยได้ แก้อาการร้อนที่ผิวหนังและเท้า ใบตำลึงมีรสหวาน เป็นยาเย็นรักษาเสมหะและน้ำดี สมานผิวและลำไส้ ดอกตำลึงแก้โรคผิวหนัง ผื่นคัน แก้ดีซ่าน ลูกตำลึง เป็นยาเย็นสมานท้องและลำไส้ ช่วยขับนม แก้ไข้ แก้อาการร้อนที่ผิวหนังทั้งตัว แก้ลมที่ทำให้เกิดโรคเรื้อน หลอดลมอักเสบ หืด วัณโรค ดีซ่าน โรคเกี่ยวกับเลือด รสชาติลูกตำลึงมีรสหอมหวาน (ธนรัช. 2543)

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ในกระบวนการผลิตผงตำลึงที่ได้จากตำลึง

1.2.2 ศึกษาปริมาณเบต้าแคโรทีนและปริมาณdietary fiber ที่มีในผงตำลึงที่ผลิตได้จากตำลึง

1.2.3 ศึกษาการเติมมอลโตเดกซ์ตรินต่อลักษณะคุณภาพของผงตำลึงที่ได้จากตำลึง

1.2.4 ศึกษาสภาวะการเก็บผงตำลึงที่ผลิตได้ในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยนี้ เป็นการศึกษากรรมวิธีการผลิตผงตำลึงที่ได้จากตำลึง และสภาวะการเก็บผงตำลึง

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

เพิ่มมูลค่าของพืชพื้นบ้าน สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้นานขึ้น สะดวกต่อการนำไปใช้ประโยชน์มากขึ้นและสร้างความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ด้วย

บทที่2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และคุณค่าทางโภชนาการของตำลึง

ถิ่นกำเนิดของตำลึงอยู่ในเขตร้อนของเอเชียและทางเหนือของแอฟริกาเขตร้อน มีขึ้นอยู่ทั่วไปในเอเชีย เช่นประเทศไทย อินเดีย มาเลเซีย และอินโดนีเซียอยู่ในFamily Curcubitaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Coccinia grandis(L) Voigt และมีชื่อพ้องว่า Coccinia indica wight & Arnott , Coccinia cordifolia Gagnep สำหรับชื่อสามัญคือ Ivy gourd ในประเทศอินเดียเรียกว่า Kundree , Olekavi , Telacucha ในประเทศมาเลเซียเรียกว่า Pepasanหรือ Boluteke และในประเทศไทยเรียกว่าผักตำลึงซึ่งเป็นชื่อที่ใช้เรียกกันในภาคกลาง ส่วนในเขตภาคอีสานจะเรียกกันว่า ตำนิน และทางภาคเหนือจะเรียกว่า ผักแคบ

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของตำลึง

2.1.1.1 ลำต้น สามารถออกรากได้ทุกๆข้อที่แตะกับพื้นดิน

2.1.1.2 มือเกาะ เข้าใจว่าเป็นลำต้นซึ่งต้องแปลงมาและใช้เกาะหรือพันได่ เกิดออกมาตรงข้อ เมื่อกระทบกับสิ่งต่างๆปลายของมือเกาะจะโค้งงอเข้าหาสิ่งที่มันไปกระทบเข้าและม้วนงอรอบสิ่งนั้น การม้วนงอจะเป็นไปหลายต่อหลายรอบจนหมดความยาวของมือเกาะ มีลักษณะที่ยืดได้ หมุนเป็นเกลียวได้คล้ายสปริง ทำให้สามารถดึงลำต้นไปชิดติดกับสิ่งที่เกาะอยู่ได้

2.1.1.3 ใบ เป็นใบเดี่ยวออกสลับกัน มี 3-5 พู ผิวเรียบมัน ก้านใบสั้น มีหลายคนสงสัยว่าใบตำลึงจะมีเว้าแฉกหรือไม่ ในความเป็นจริงใบตำลึงที่ไม่มีแฉกเว้าเป็นใบตำลึงตัวเมีย ส่วนที่มีแฉกเว้า 5 แฉก เรียกว่าใบตำลึงตัวผู้และรสชาติของใบตำลึงทั้งสองอย่างก็แตกต่างกัน ถ้าใบตำลึงตัวผู้ที่มีแฉกเว้าจะมีรสขมและใบจะแข็งกว่าใบตำลึงตัวเมีย

2.1.1.4 ดอก เป็นดอกเดี่ยวคือมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกต้นกันอยู่ มีสีขาว ขนาดปานกลาง และมีลักษณะค่อนข้างบอบบาง มีกลีบดอก 5 กลีบ บางทีพบมีเพียง 4 กลีบ กลีบดอกโคนเชื่อมติดกันเป็นรูประฆังปลายแฉกจะลึกลงไปครึ่งกลีบ ด้านในมีขน สำหรับกลีบรองกลีบดอกโคนจะติดกันเป็นรูประฆังสั้น

2.1.1.5 ผล มีผิวเปลือกหนาและเหนียว ยาวรูปไข่หรือขอบขนาน มีจงอยแหลม เมื่อสุกมีสีแดง

2.1.1.6 เมล็ด มีสีขาวหรือสีซีดๆ ลักษณะแบน มีขนปกคลุม ขอบงอขึ้น ขนาดของเมล็ดกว้างเฉลี่ย 0.1 นิ้ว ยาวประมาณ 0.25 นิ้ว

ตำลึงสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายอย่างแต่ในการเก็บใบตำลึงควรมีการทำความสะอาดเสียก่อนเพื่อเป็นการลดรสขมของใบชนิดตัวผู้และในการนำไปทำอาหารควรทำให้สุกก่อนเพราะจะทำให้เกิดการระคายเคืองคอและเกิดอาการท้องร่วง

2.1.2 คุณค่าทางโภชนาการของตำลึง

ตำลึงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีวิตามินเอสูง ช่วยบำรุงสายตา ป้องกันโรคตาบอดตาฟาง การนำไปกินควรมีการกินร่วมกับไขมันเช่นผักตำลึงกับน้ำมันหรือลวกกับน้ำมันเพราะไขมันช่วยให้วิตามินเอถูกดูดซึมได้ดี นอกจากนี้ตำลึงยังมีสารอาหารอื่นๆอีกเช่น วิตามินบี 1ป้องกันโรคเหน็บชา วิตามินบี 2 ช่วยแก้โรคปากนกกระจอก วิตามินบี 3 ช่วยบำรุงผิวหนัง วิตามินซีป้องกันเลือกออกตามไรฟัน ธาตุแคลเซียม บำรุงกระดูกและเหล็กช่วยบำรุงเลือด

สำหรับวิตามินเอซึ่งเป็นสารอาหารหลักของตำลึง อาจกล่าวในรูปเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นสารประกอบแคโรทีนอยด์ที่มีความสำคัญมากเพราะเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ เบต้าแคโรทีนเป็นสารแอนติออกซิแดนท์และยังเป็นตัวกำจัดโมเลกุลออกซิเจนไร้คู่(singlet oxygen) และอนุมูลอิสระ(free radical) ออกซิเจนไร้คู่เป็นออกซิเจนที่มีลักษณะไม่คงที่ โดยอาจเปลี่ยนสภาพไปเป็นอนุมูลอิสระได้ ซึ่งอนุมูลอิสระเป็นต้นเหตุทำให้เกิดโรคร้ายแรงต่างๆ จากการที่เซลล์ของร่างกายถูกทำลาย(บุญยกฤต . 2545)

นอกจากนี้ตำลึงก็นับว่าเป็นพืชที่มีใยอาหาร(dietary fiber)ค่อนข้างมาก ใยอาหาร(dietary fiber) จะประกอบด้วยสารประกอบโพลีแซคคาไรด์(structure polysaccharides) สามารถแบ่งตามความสามารถในการละลายเป็น 2 ประเภท คือใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ(water insoluble)ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน คิวทิน และแวกซ์ และใยอาหารที่ละลายน้ำ(water soluble)ได้แก่ กัมและมิวซิเลจส์ เพกติน(สันทนา. 2540)

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของใยอาหารในผลไม้

	% เซลลูโลส	% เฮมิเซลลูโลส	% ลิกนิน	%เพกทิน
สับปะรด	0.49	0.61	0.05	0.31
มะเฟือง	0.46	0.32	0.31	-
มะละกอ	0.72	0.10	0.09	-
มะม่วง	0.67	0.34	0.05	-
มะนาว	0.64	0.20	0.22	1.00
ส้ม	0.35	0.05	0.19	0.49
กล้วย	0.32	0.30	0.58	0.78

ที่มา : สันทนา (2540)

ใยอาหารได้รับความสนใจมากและมีการศึกษาวิจัยพบว่าใยอาหารอาจป้องกันบรรเทาและรักษาโรคต่างๆได้

- ไส้ติ่งอักเสบ จากการวิจัยของแพทย์แห่งมหาวิทยาลัยวอชิงตัน พบว่า การกินใยอาหารจะลดการเป็นไส้ติ่งอักเสบได้ถึงครึ่ง ใยอาหารช่วยได้คือทำให้อุจจาระนุ่มหากกินอาหารที่มีใยอาหารน้อยทำให้อุจจาระแข็ง ซึ่งอาจเข้าไปติดอยู่ในไส้ติ่งและเกิดการอักเสบทำให้ไส้ติ่งอักเสบได้
- โรคอ้วน ใยอาหารทำให้รู้สึกอิ่มเร็วและอิ่มทนกว่าอาหารที่มีใยอาหารน้อย และไม่ให้พลังงานสูง การเพิ่มใยอาหารอาจทำให้น้ำหนักตัวลดได้ โดยไม่ต้องเปลี่ยนอาหารที่เคยกินอยู่

- โรคริดสีดวงทวาร ริดสีดวงทวารเป็นโรคชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นกับคนในเขตเมืองและคนมีอายุ ใยอาหารช่วยไม่ให้เกิดอาการคัน เลือดออก และปวดริดสีดวง เมื่อเพิ่มใยอาหารภายใน 3 – 4 วัน ใยอาหารใช้เป็นยาถ่ายเนื่องจากช่วยเพิ่มปริมาณของอุจจาระ จึงกระตุ้นให้ลำไส้ใหญ่ทำงานดีขึ้น
- โรคเบาหวาน คนไข้เบาหวานที่อ้วน และคนไข้ที่ต้องฉีดินซูลินทุกวัน ปัจจุบันแพทย์ใช้ใยอาหารลดความอ้วน ละลดการใช้อินซูลินได้มาก หากกำหนดอาหารการกินโดยให้กินใยอาหารและอาหารที่มีไขมันต่ำ สามารถลดความต้องการใช้อินซูลินลงได้ 25 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ แล้วแต่ชนิดของเบาหวาน ทั้งนี้เข้าใจว่าใยอาหารช่วยชลอเวลาของการปล่อยน้ำตาลเข้าไปในกระแสเลือด ฉะนั้นจึงเป็นการป้องกันไม่ให้มีการใช้อินซูลินในปริมาณมาก
- โรคหัวใจ จากการศึกษาในคนที่มีระดับคอเลสเตอรอลสูงปรากฏว่าปริมาณคอเลสเตอรอลลดลงร้อยละ 20 ภายใน 11 วัน เมื่อเพิ่มอาหารที่มีใยอาหารในรายการอาหารประจำวัน ข้อมูลการวิจัยคอเลกเตอรอลที่มีมากในระบบย่อยอาหารก่อนที่จะถูกดูดซึมไว้ในร่างกาย บางข้อมูลกล่าวว่าใยอาหารดังกล่าวสามารถเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลชนิดดี(HDL) ซึ่งเป็นตัวที่มีความเกี่ยวข้องกับการลดการเป็นโรคหัวใจได้
- มะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งลำไส้ใหญ่ไม่เหมือนมะเร็งชนิดอื่นตรงที่สามารถตรวจสอบได้ในระยะแรก หรืออาจป้องกันได้ในระยะแรกหรืออาจป้องกันได้เมื่อมีการปฏิบัติที่ถูกต้องทันเวลา แพทย์มีความเชื่อว่าใยอาหารของอาหารสามารถป้องกันได้โดยที่สารก่อมะเร็งในระบบย่อยอาหารจะถูกขับออกจากลำไส้ใหญ่โดยใยอาหารอย่างเร็วก่อนที่ร่างกายจะดูดซึมสารพิษเอาไว้และช่วยให้สารพิษมีโอกาสสัมผัสผิวลำไส้น้อยลง และช่วยดูดซึมสารพิษที่เป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้มีโอกาสสัมผัสผิวกับลำไส้ใหญ่น้อยลง
- ลดระดับไขมันในเลือด การกินอาหารที่มีใยอาหารมาก จะช่วยลดไขมันในเลือด ทั้งคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรท์ ใยอาหารที่ช่วยลดระดับไขมันในเลือดได้มากคือ ใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำได้ เช่น ใยอาหารจากถั่ว ในคนไข้โรคเบาหวานที่มีไขมันในเลือดสูง อาหารที่มีใยอาหารมากรวมกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง จะช่วยลดไขมันในเลือดลงได้ ในขณะที่อาหารที่มีใยอาหารน้อยและปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงจะเพิ่มปริมาณไขมันในเลือด

ตำลึงยังมีคุณค่าทางสมุนไพรไทย มีดังนี้ รากตำลึง เป็นยาเย็น กระตุ้นกำหนัด แก้อาเจียน แก้ตกขาว กลั้นปัสสาวะไม่ค่อยได้ แก้อาการร้อนที่ผิวหนังและเท้า ใบตำลึงมีรสหวาน เป็นยาเย็นรักษาเสมหะและน้ำดี สมานผิวและลำไส้ ดอกตำลึงแก้โรคผิวหนัง ผื่นคัน แก้ดีซ่าน ลูกตำลึง เป็นยาเย็นสมานท้องและลำไส้ ช่วยขับนม แก้ไข้ แก้อาการร้อนที่ผิวหนังทั้งตัว แก้ลมที่ทำให้เกดโรคเรื้อน หลอดลมอักเสบ หืด วัณโรค ดีซ่าน โรคเกี่ยวกับเลือด รสชาติลูกตำลึงมีรสหอมหวาน

ตำลึงเป็นไม้เลื้อยชนิดหนึ่ง พบขึ้นอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ ชอบขึ้นพันตามรั้วบ้านและต้นไม้อื่นๆ เป็นพืชที่เจริญเติบโตเร็ว ให้ผลผลิตสูง ในช่วงที่มีฝนตกชุกทำให้มีผลผลิตออกมาในปริมาณมากจนอาจเหลือจากการนำไปรับประทานหรือนำไปจำหน่ายมากเป็นผลให้เกิดการเน่าเสียเนื่องจากตำลึงเป็นผักที่มีปริมาณน้ำสูงถึงร้อยละ 85-90และมีโครงสร้างที่ง่ายต่อการเสื่อมเสีย จึงมีอายุการเก็บสั้น

ตารางที่2.2 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของตำลึงสด 100 กรัม

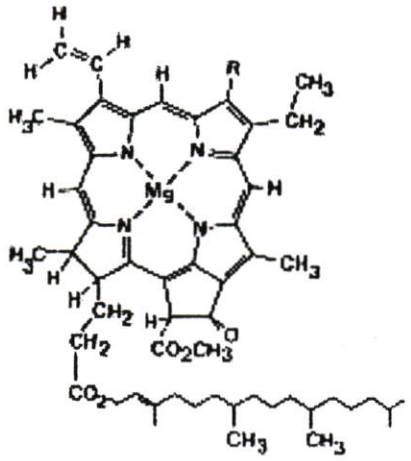
ส่วนประกอบต่างๆในตำลึง	ปริมาณ
ความชื้น	85-95 %
ไขมัน	0.4 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	4.5 กรัม
เส้นใย	2.2 กรัม
โปรตีน	3.3 กรัม
แคลเซียม	126 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	30 มิลลิกรัม
เหล็ก	4.6 มิลลิกรัม
วิตามินเอ	500 – 900 ไมโครกรัม
	34 ไมโครกรัม*
วิตามินบี 1	0.17 มิลลิกรัม
วิตามิน บี 2	0.13 มิลลิกรัม
ไนอาซีน	7.1 มิลลิกรัม
วิตามินซี	34 มิลลิกรัม

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2535

:* พรชัย 2543

2.2 กลไกการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลคลอโรฟิลล์

ด้วยประโยชน์ทางสุขภาพของคลอโรฟิลล์ที่ได้กล่าวมาขั้นต้นทำให้สนใจที่จะทำการศึกษา เพื่อรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์ให้สูญสลายช้าลง คลอโรฟิลล์เป็นสารที่สลายตัวได้อย่างรวดเร็วในสภาวะที่มีออกซิเจนและแสงสว่าง



รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของคลอโรฟิลล์
ที่มา : Schwartz S.J. (1990)

โมเลกุลของคลอโรฟิลล์จะมีวงแหวนtetrapyruleยึดติดกันด้วยเมไธน์คาร์บอน (methine carbon , -CH=)และมีแมกนีเซียมอยู่ตรงกลางยึดติดกันด้วยไนโตรเจนอะตอม 2 ตัว ด้วยพันธะโควาเลนต์(covalent bonds) ส่วนไนโตรเจนอะตอมอีก 2 อะตอมจะแบ่งอิเล็กตรอนเพื่อใช้ร่วมกับอะตอมของแมกนีเซียมเกิดเป็นพันธะโคออดิเนทโควาเลนต์(coordinate covalent bonds) โดยมีส่วนพอร์ไฟตินเป็นหัวมีสภาพเป็นสารที่มีขั้วและไฟตอนเป็นหางมีสภาพเป็นสารที่ไม่มีขั้ว เนื่องจากคลอโรฟิลล์ เป็นโมเลกุลที่เปลี่ยนแปลงง่ายอย่างที่กล่าวมาในข้างต้น คลอโรฟิลล์สามารถเปลี่ยนรูปอย่างรวดเร็วเป็นอนุพันธ์ต่างๆ

ฟีโอไฟติน (Pheophytin)เป็นอนุพันธ์ของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ที่ปราศจากแมกนีเซียม ถูกแยกออกมาในส่วนของสายโซ่การสังเคราะห์แสงในกรดโดยเปลี่ยนกับไฮโดรเจนอะตอม2 อะตอม ได้เป็นของแข็งสีน้ำตาล เรียกการเปลี่ยนแปลงนี้ว่า ฟีโอไฟทิไนเซชันPheophytinization

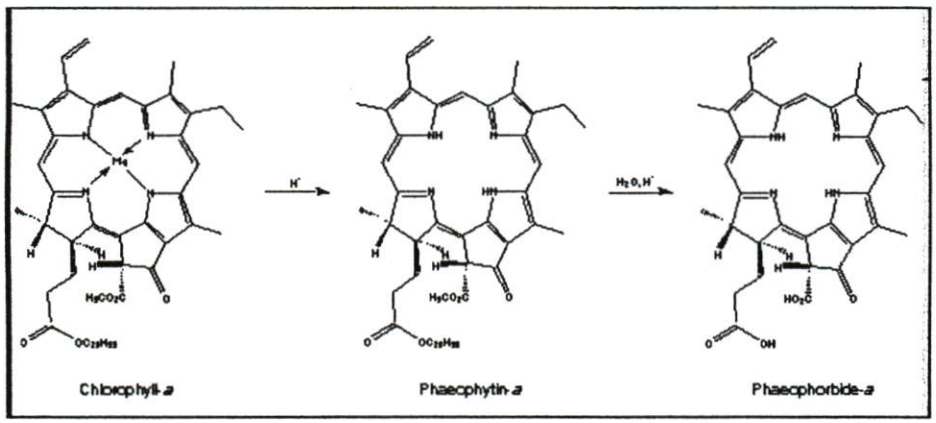
ฟีโอโฟไบด์ (Pheophorbides)เป็นอนุพันธ์ของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ที่ผ่านกระบวนการแยกโดยวิธีไฮโดรลิซีส (Hydrolysis splits) ทำให้แมกนีเซียมและไฟตอน(phytol)จะถูกดึงออก สามารถเตรียมได้โดยโมเลกุลคลอโรฟิลล์หรือโมเลกุลคลอโรฟิลไลด์ใส่กับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น(30%)

คลอโรฟิลลิน(chlorphyllin) เกิดขึ้นเมื่อคลอโรฟิลล์ทำปฏิกิริยากับเบสซึ่งเป็นอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ที่ยังมี แมกนีเซียมอยู่ตรงกลาง

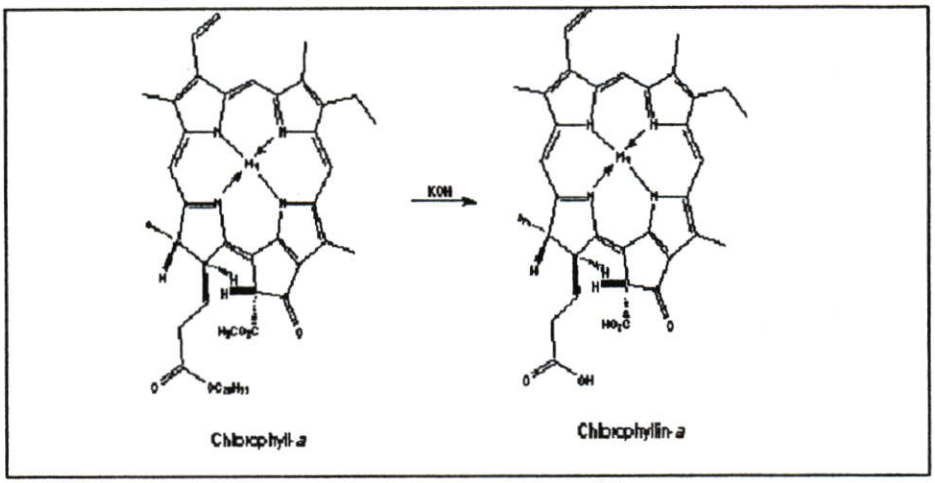
คลอโรฟิลไลด์(chlorophyllide) เป็นอนุพันธ์ที่เกิดจากส่วนของไฟตอน(phytol)ถูกไฮโดรไลซีส แล้วให้คลอโรฟิลไลด์และไฟตอนซึ่งพันธะเอสเทอร์ของไฟตอนนั้นจะถูกไฮโดรไลซีสได้ง่ายมาก การไฮโดรไลซีส

นี้สามารถเกิดได้ทั้งในสภาวะกรดอ่อนและสภาวะเบสอ่อน แต่โดยปกติปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสจะถูกเร่งด้วยเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่เรียกว่าคลอโรฟิลเลส(chlorophyllase) ซึ่งจัดอยู่ในเอนไซม์จำพวกเอสเทอเลส(esterase)ที่จำเพาะและถูกพบครั้งแรกโดย Willstatter และ Stoll (1913) แหล่งที่พบเอนไซม์นี้คือในแบคทีเรีย สาหร่าย และพืชชั้นสูงซึ่งส่วนต่างๆของพืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณเอนไซม์นี้แตกต่างกันโดยมากจะพบเอนไซม์คลอโรฟิลเลสในปริมาณสูงในส่วนของใบและพบในปริมาณค่อนข้างต่ำในส่วนของรากและเมล็ด คลอโรฟิลเลสจะอยู่ภายในส่วนไกลโคโปรตีนในเนื่อเยื่อไทลาคอยด์ของคลอโรพลาส

ไพโรคลอโรฟิลล์ เป็นอนุพันธ์ที่เกิดจากการสูญเสียหมู่คาร์บอกซิลิก(-$COOCH_3$)ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 10ของวงไอโซไซคิกโดยการแทนที่ด้วยไฮโดรเจนของโมเลกุลคลอโรฟิลล์หรืออนุพันธ์อื่นๆของคลอโรฟิลล์ เรียกการเปลี่ยนแปลงนี้ว่าดีคาร์โบเมทอกซิเลชัน(decarbomethoxylation)

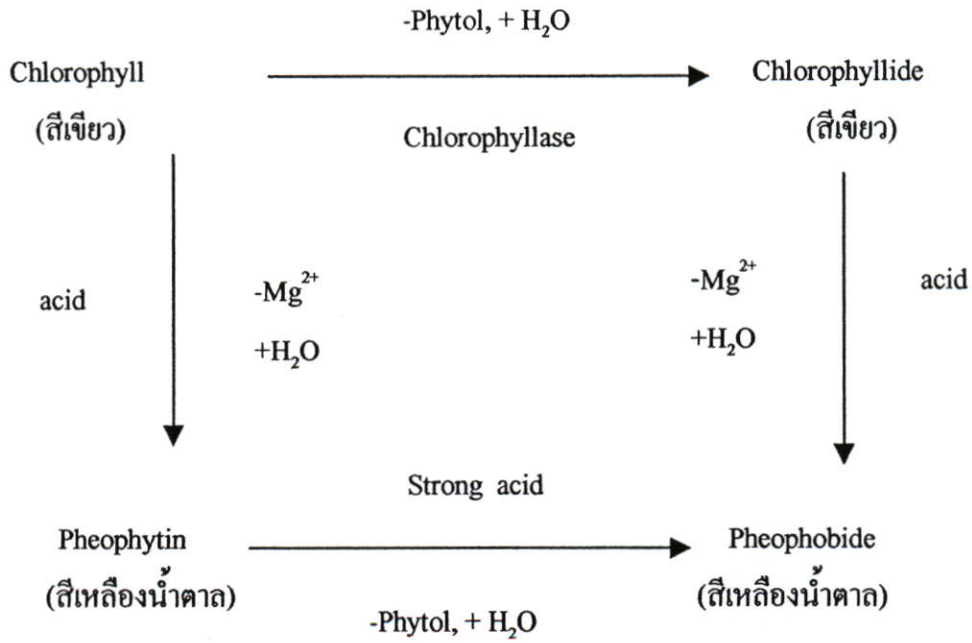


รูปที่ 2.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ในสภาวะกรด
ที่มา :Hall. 1994



รูปที่ 2.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ในสภาวะด่าง

ที่มา :Hall. 1994



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงสีของคลอโรฟิลล์

ที่มา : Schwartz.*et,al.* 1990

2.3 การป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีของคลอโรฟิลล์

การเปลี่ยนแปลงสีของคลอโรฟิลล์จากสีเขียวเป็นสีที่คล้ำลงเรื่อยๆเนื่องจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ถูกเปลี่ยนเป็นอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ต่างๆ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้สามารถปรับสภาวะในการผลิตเพื่อลดการเปลี่ยนแปลงสีของคลอโรฟิลล์ให้น้อยลงหรือไม่เกิดเลยก็ได้โดย

2.3.1 การปรับสภาวะความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

pHเริ่มต้นและสภาพการเปลี่ยนแปลงpHในระหว่างกระบวนการแปรรูปของผักสีเขียวและการเก็บรักษาเป็นปัจจัยหนึ่งในการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ดังนั้นการควบคุมpH จึงเป็นวิธีที่ดีวิธีหนึ่งในการเก็บรักษาสีเขียวของคลอโรฟิลล์

ในสภาวะที่เป็นกรดเม็ดสีเขียวของคลอโรฟิลล์ละลายน้ำได้เล็กน้อย โมเลกุลของคลอโรฟิลล์จะถูกเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน(pheophytin)ซึ่งมีสีเขียวมะกอกเป็นสีที่ไม่ได้รับการยอมรับ ในสภาวะที่เป็นด่างโมเลกุลของคลอโรฟิลล์จะมีสีเขียวที่สว่างและได้รับการยอมรับ การลดความเป็นกรดจะทำให้แมกนีเซียมไอออนในคลอโรฟิลล์ไม่หลุดออกจาก porphyrin ring ด่างที่นิยมใช้ เช่น $Mg(OH)_2$และ $MgCO_3$ Na_2CO_3 และNaOH เป็นต้น Gupte และ Francis (1964) พบว่า การใช้แมกนีเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวปรับค่าpH ให้สูงขึ้นในspinach puree ช่วยให้คลอโรฟิลล์คงอยู่ช่วงแรกแต่ปริมาณคลอโรฟิลล์จะลดลงเรื่อยๆในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งเป็นการเปลี่ยนโมเลกุลของคลอโรฟิลล์เป็นอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์อีกแบบหนึ่งคือ chlorophyllide เป็นวิธีที่พัฒนาขึ้น โดยClydestabe และ Francis (1968)

ในกระบวนการแช่แข็งผักผลไม้ก็ใช้การปรับpHโดยซิเตด ฟอสเฟต บัฟเฟอร์ ในการรักษาความคงทนของคลอโรฟิลล์ (Jeana. 1991) Sweeney (1961)พบว่าpH ในช่วง 6-7 เป็นช่วงที่เหมาะสมในการรักษาสีของคลอโรฟิลล์ เนื่องจากพบว่าการปรับpHเป็น 6.2-7.0 ของgreen bean จะเพิ่มความสามารถในการรักษาสีไว้มากขึ้นตามpHที่เพิ่มขึ้น และมีรายงานของ Jeana. 1991 ว่าการปรับpH มากกว่า 7 จะมีผลทำให้กลิ่นรสถูกทำลายและไม่มีผลต่อการปรับปรุงสี

2.3.2. การลวก (Blanching)

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของคลอโรฟิลล์นอกจากอิทธิพลของสภาวะความเป็นกรดเป็นด่างแล้วยังมีเอนไซม์และการให้ความร้อนกับวัตถุดิบที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลเช่นกัน Blanchingจะเป็นกระบวนการที่จะยับยั้งเอนไซม์ เป็นกระบวนการที่สำคัญในการรักษาสีเขียวธรรมชาติมานานแล้วและเป็นกระบวนการที่สำคัญมากในการเตรียมการทำแห้ง นอกจากนี้ยังมีส่วนในการไล่อากาศออกจากภายในวัตถุดิบเพื่อลดการเกิดออกซิเดชัน(oxidation) ลดการเสื่อมเสียในเบื้องต้นและกำจัดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เอนไซม์ที่มีส่วนในการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลคลอโรฟิลล์อาทิเช่น เอนไซม์จำพวกเปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ไลปอกซีจีเนส(lipoxygenase) เป็นต้น ในใบของพืชที่มีเอนไซม์ไลปอกซีจิเนสสูงเช่น ใบของ Phaseolus mungo รากและเมล็ดของbarleyและ wheat เป็นต้น สำหรับเอนไซม์ไลปอกซีจีเนสจัดเป็น

เอนไซม์ประเภท oxidoreductase หรือเรียกว่า linoleate : Oxygen Oxidoreductase สามารถเร่งการออกซิเดชันของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวซึ่งมีพันธะคู่ 2 พันธะที่อยู่ในรูปของ cis form เช่นกรดลิโนเลอิ (linoleicacid) กรดลิโนเลนิก (linolenic acid) กรดอะราชิโดนิค(arachidonic acid) เป็นต้น โดยปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีเมื่อมีก๊าซออกซิเจน และน้ำ จากปฏิกิริยาจะทำให้เกิดสารประกอบพวก Conjugated diene hydroperoxide ซึ่งสลายตัวเกิดเป็นสารประกอบที่ระเหยได้ เช่น อัลดีไฮด์ คีโตน และแอลกฮอล์ ซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์(ปริยาพร เขียวขำ . 2542) นอกจากนั้นสารประกอบConjugated diene hydroperoxideจะมีผลทำให้เกิดการสลายตัวของโมเลกุลของคลอโรฟิลล์(Jeana. 1991) ในการก่อตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดการสลายตัวของโมเลกุลผงตำลึง โดยเอนไซม์ ต่างๆจะมีความสามารถในการต้านทานความร้อนได้แตกต่างกันดังตารางที่ 2.3

ตาราง ที่2.3 แสดงการเปรียบเทียบความคงตัวของเอนไซม์ต่างๆในพืช

Enzyme	Food	F-Value (avg) (min at 82 °C)
Catalase	Vegetable	6
Chlorophyllase	Spinach	2
Lipoxygenase	Peas	< 0.1
Peroxidase	Peas	60
Polyphenol oxidase	Several fruits	1.1

ที่มา: William D.C. (1986)

สำหรับเอนไซม์ไลปอกซีจีเนส Wilken(1967)พบว่าการบดถั่วเหลืองด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียสและคงไว้ 10 นาที จะมีผลในการยับยั้งเอนไซม์ไลปอกซีจีเนส นอกจากความร้อนแล้วยังสามารถใช้เทคนิคอื่นๆร่วมในการยับยั้งเอนไซม์ไลปอกซีจีเนส Borham and Synder (1979) พบว่าผลของการใช้โซเดียมไบคาร์บอนเนตสามารถลดการทำงานของเอนไซม์เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของpH

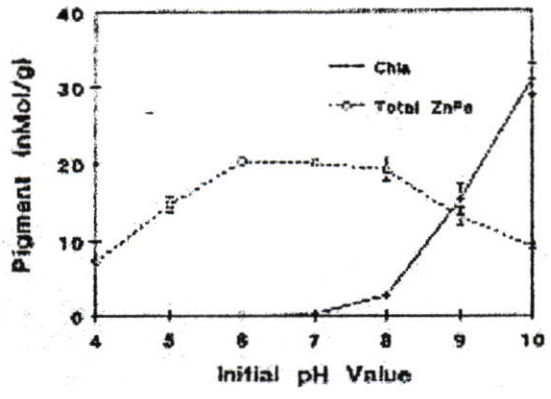
ในถั่วลันเตาแช่แข็งพบว่าถ้าผ่านกระบวนการBlanchingจะลดการเปลี่ยนคลอโรฟิลล์เป็นอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์คือ pheophytin(Jeana. 1991)และDietrich (1965)พบว่าการ Blanchingด้วยน้ำที่อุณหภูมิ190-212 องศาฟาเรนไฮด์จะสามารถยับยั้งการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลได้เร็วกว่าการBlanchingด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกันหรือมากกว่า ณรงค์ชัย(2541)ได้เลือกblanchingใบบัวบกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 - 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 นาทีซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการรักษาสีเขียวของบัวบกได้

2.3.3. การเติม metallic ions

ในการรักษาสีเขียวในผักเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปได้ผ่านการคิดค้นและวิจัยหลากหลายวิธี แต่ยังไม่มีวิธีใดที่จะสามารถรักษาสีเขียวหลังจากที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในระยะเวลานาน การเกิดอนุพันธ์metallocomplexของคลอโรฟิลล์เกิดขึ้นจากการรักษาสีของผักกระป๋อง Zn^{2+} , Cu^{2+} หรือ Fe^{2+} ในรูปของ

เกลือของ $ZnCl_2$ และ $CuSo_4.5H_2O$ จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์อีกตัวหนึ่งคือ pheophytinเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (pheophytin metal ion complex) มีสีเขียวคล้ายคลอโรฟิลล์(มีสีเขียวแกมน้ำเงิน) หลังจากการเติมเกลือเหล่านี้แล้วระยะเวลาหนึ่ง

Jone และคณะ(1977) พบว่าระดับความเข้มข้นของ Zn^{2+} 120 ppm และ Cu^{2+} เท่ากับ 12 ppm จะช่วยให้ spinach slurry มีสีเขียวสดหลังจากเติม$ZnCl_2$ และ $CuSO_4$ แล้วผ่านการให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียสนาน 60 และ20 นาทีตามลำดับ การเข้าทำปฏิกิริยากับอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ของ Cuจะเร็วกว่า Zn แต่อย่างไรก็ตามสารประกอบเชิงซ้อนของZinc มีความน่าสนใจกว่าเนื่องจากความมีพิษของCopper (LaBorde. และคณะ 1994) องค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (FDA) ได้กำหนดให้ใช้Zn^{2+} ความเข้มข้นไม่เกิน 75 ppmในรูป $ZnCl_2$ (Federal Register 1986 ที่อ้างใน LaBorde.และคณะ 1994) LaBorde. และคณะ 1990 พบว่าทั้งความเข้มข้นของZinc chloride ที่เติมและpH ในระบบ มีต่อการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของZincและอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ (อาจเรียกว่า Zinc complex)โดยจะเห็นได้จากการทดลองนำspinach puree มาผ่านความร้อนที่ 121 องศาเซลเซียสที่pH 4 5.5 7.0 8.5 และ10 ที่มีความเข้มข้นของZinc ion 300 ppm หลังจากผ่านไป 90 นาที ความเข้มข้นของZinc pyropheophytin จะเพิ่มขึ้นตามค่าpH ที่เพิ่มขึ้นและจะลดลงเมื่อมี pH เท่ากับ 10 โดยให้เหตุผลว่าที่pH สูงๆอาจจะทำให้การละลายของ $ZnCl_2$จะลดลงซึ่งความสัมพันธ์นี้สอดคล้องกับการทดลองโดย LaBorde. และคณะ 1994 ก็ได้ผลการทดลองเช่นนี้ตามกราฟความสัมพันธ์ดังนี้



รูปที่2.5 แสดงกราฟของ Chlorophyll aที่มีในpea pureeและ zinc complex (ZnPa)ที่เกิดขึ้นใน pea pureeที่ถูกปรับpHเป็น 4 5 6 7 8 9 และ 10 โดยมีสังกะสีไอออน 300 ppm หลังจากถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 30 นาที

ที่มา : LaBorde. 1994

2.3.4. การใช้กระบวนการ high temperature short time (HTST)

เป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงแต่ใช้ระยะเวลาในการผลิตสั้นมากทำให้คลอโรฟิลล์โดยเฉพาะคลอโรฟิลล์เอเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์(pheophytin)ได้น้อยสีเขียวของผลิตภัณฑ์ส่วนมากจึงยังคงเหลืออยู่ Gupte and Francis. (1964)พบว่าใช้อุณหภูมิ300 องศาฟาเรนไฮด์ มีค่าF เท่ากับ4.9 ร่วมกับการปรับpH เป็น8.5 เมื่อเก็บรักษาได้6 เดือน ยังสามารถรักษาคลอโรฟิลล์เหลืออยู่ 24 %ของปริมาณคลอโรฟิลล์เริ่มต้นในspinach pureeซึ่งเป็นสภาวะที่ดีที่สุด ส่วน Clydesdale and Francis. (1968) พบว่าการใช้กระบวนการ HTST อุณหภูมิ 240 องศาฟาเรนไฮด์ในการฆ่าเชื้อทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เหลือใน spinach puree มีค่ามากกว่าการใช้กระบวนการผลิตที่ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อนานขึ้น ทำให้สีของน้ำผักสีเขียวสด

2.3.5 สภาวะการเก็บ

ผลิตภัณฑ์อาหารสามารถเก็บได้เป็นระยะเวลาหนึ่งโดยไม่เสื่อมคุณภาพถือเป็นสิ่งจำเป็นและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์เมื่อผ่านการเก็บเกี่ยวมาจะส่งผลให้คุณภาพต่างๆลดลงไม่ว่าการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพ เพื่อยืดอายุการเก็บให้ยาวนานของผลิตภัณฑ์อาหารสดๆเช่น เนื้อสัตว์ ผักผลไม้ เป็นต้น การปรับสภาวะการเก็บให้เหมาะสมโดย การลดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนหรือการปรับสภาวะบรรยากาศร่วมกันระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนจึงเป็นสิ่งที่ค้นพบมามากกว่า 40 ปีแล้วว่า เป็นวิธีการชะลอการสุก การป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสีของผลิตภัณฑ์(Jeana. 1991)

Modified atmosphere (MA)หรือ Controlled atmosphere (CA) ซึ่งจะให้ความหมายที่คล้ายคลึงกันนั่นคือ การเก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศพิเศษซึ่งจากบรรยากาศปกติ อัตราส่วนผสมของก๊าซชนิดต่างๆ จะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาของการเก็บรักษาโดยการเปลี่ยนแปลงนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ อัตราส่วนของก๊าซแรกเริ่มที่ใช้ และภาชนะที่ใช้บรรจุ โดยมักใช้ร่วมกับการใช้ความเย็นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ลักษณะการปรับบรรยากาศมีหลายแบบอาทิเช่นการสร้างสภาวะบรรยากาศที่ต้องการสำหรับผักผลไม้ อาจได้จากการพ่นก๊าซที่ต้องการตามความเข้มข้นที่กำหนดไว้เข้าไปในภาชนะบรรจุ หรืออาจได้จากการใช้สารเคมีที่ให้ก๊าซที่ต้องการหรือดูดกลืนก๊าซที่ไม่ต้องการออกไปจากบรรยากาศที่ล้อมรอบผลิตภัณฑ์ ลักษณะนี้เรียกว่า Active MAP (Parry . 1993) ก๊าซที่ใช้ในการปรับบรรยากาศในการบรรจุที่นิยมใช้กันมากในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารคือ

ก๊าซออกซิเจน

ในอากาศมีก๊าซออกซิเจนประมาณร้อยละ 20.9 ออกซิเจนมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารประกอบต่างๆในอาหาร เช่น ไขมัน วิตามิน อาหารที่มีไขมันสูงหรืออาหารที่สูญเสียวิตามินได้ง่าย ควรบรรจุให้อยู่ภายใต้บรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนและการบรรจุอาหารในสภาพไร้ก๊าซออกซิเจนหรือก๊าซออกซิเจนต่ำกว่าร้อยละ 0.1 ยังสามารถป้องกันการเสื่อมคุณภาพของอาหารจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ชอบอากาศในการเจริญ ได้แก่ Pseudomonas , Micrococcus และเชื้อราแทบทุกชนิด

สำหรับวัตถุที่ใช้ดูดกลืนก๊าซที่ต้องการมีหลายชนิดเช่นสารดูดซับออกซิเจน สารดูดซับ

คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ในกรณีของสารดูดซับออกซิเจนที่เป็นผลผลิตชั้นนำของประเทศญี่ปุ่น ประกอบด้วย powder active ironoxides ซึ่งสามารถดูดซับออกซิเจนในเวลาอันรวดเร็ว โดยเปลี่ยนตัวเองเป็น ironoxide และ hydroxide และสามารถดูดซับออกซิเจนในภาชนะบรรจุจนเหลือไม่ถึง 0.1 %

ตัวดูดซับออกซิเจนผลิตจากผงเหล็กซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารdeoxidizer จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ดังนี้

$$Fe \longrightarrow Fe^{-2} + 2e$$

$$1/2O_2 + H_2O + 2e \longrightarrow 2OH$$

$$Fe^{-2} + 2\,OH^{-} \longrightarrow Fe(OH)_2$$

$$Fe(OH)_2 + 1/4\,O2 + 1/2\,H_2O \longrightarrow Fe(OH)_3$$

หรือ

$$Fe\ 1/2O_2 + 2H_2O \longrightarrow Fe(OH)_3$$

$$Fe(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow FeCO_3 + H_2O$$

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ในบรรยากาศปกติจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียงร้อยละ 0.03 คาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงๆจะมีบทบาทสำคัญมากต่อการเก็บรักษาอาหาร โดยทั่วไปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นอย่างน้อยร้อยละ 20 ณ. สมดุลในบรรยากาศ ซึ่งสามารถที่จะยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดจึงเรียกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ว่า Bacteriostatic หรือ Fungistatic agent คือจะยับยั้งการเจริญเท่านั้น มิได้ทำลายหรือฆ่าจุลินทรีย์ นอกจากนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถละลายได้ดีในน้ำและไขมัน และการละลายนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง หากการละลายสูงมากพอจะทำให้เกิดกลิ่นรสของกรดในการผลิตภัณฑ์อาหารที่จะบรรจุ

ก๊าซไนโตรเจน

ในบรรยากาศทั่วไปจะมีก๊าซไนโตรเจนประมาณร้อยละ 79 คุณสมบัติสำคัญที่นำมาใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารคือ ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส สามารถละลายในน้ำและไขมันได้น้อยมาก เป็นก๊าซเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี จึงมักใช้แทนก๊าซออกซิเจนเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร นอกจากนี้ยังนิยมใช้เพื่อรักษาระดับความดันภายในภาชนะบรรจุ ป้องกันการยุบตัวของภาชนะและการแตกหักเสียรูปของผลิตภัณฑ์(งามทิพย์. 2537)

การปรับสภาวะบรรยากาศโดยให้มีระดับความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงและก๊าซออกซิเจนต่ำ ร่วมกับการแช่เย็น นั้นเป็นวิธีที่ให้ประโยชน์สูงสุดสำหรับผักใบเขียวต่างๆ เนื่องจากมันเป็นวิธีช่วยชะลอการสลายตัวของสี ช่วยชะลออัตราการหายใจโดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนที่ใช้ 1 – 10 % นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่พิจารณา โดยพบว่า Brussel sporout จะไม่พบการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน และถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียสโดยมีระดับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน 21 % ถึงแม้ว่าจะเพิ่มระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะช่วยเพียงชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ ซึ่งวิธีที่สามารถรักษาสีอย่างมีประสิทธิภาพคือการปรับสภาวะให้

ระดับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนต่ำกว่า 10 %และไม่ต้องมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การศึกษาสภาวะการปรับบรรยากาศเพื่อการชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ของgreen bean ซึ่งพบว่าระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนอยู่ในช่วง 5-10 %และ 2- 3 % ตามลำดับ และเก็บไว้ ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียสเป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม

Wang (1971) พบว่าสามารถเก็บในสภาวะบรรยากาศหน่อไม้ฝรั่งที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5 % ที่อุณหภูมิ 1.7 องศาเซลเซียส สามารถลดการสูญเสียของคลอโรฟิลล์

การเก็บแบบปรับสภาวะบรรยากาศสามารถส่งผลต่อรูปร่างของผลผลิต โดยพบว่าสภาวะการเก็บแตงกวาที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2.5 – 10 % มีผลทำให้เกิดบาดแผล บอบช้ำ ถึงแม้ว่าจะสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีได้(Jeana. 1991)

ด้วยเหตุนี้ในการเลือกสภาวะการเก็บแบบปรับบรรยากาศต้องเลือกระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เหมาะสมกับลักษณะของพืชพันธ์ต่างๆ เนื่องจากระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง มีผลทำให้เกิดบาดแผลเสียหายกับตัวอย่างได้

นอกจากหัวใจของการบรรจุภายใต้สภาพปรับบรรยากาศอยู่ที่การเลือกองค์ประกอบของก๊าซผสมให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเก็บแต่ละชนิด ยังมีสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือการเลือกใช้วัสดุและภาชนะที่ใช้บรรจุที่เหมาะสม คุณสมบัติที่สำคัญในการเลือกใช้ภาชนะบรรจุภายใต้สภาวะการปรับบรรยากาศคือการซึมผ่านของก๊าซที่ใช้บรรจุ สำหรับภาชนะบรรจุที่นิยมใช้โดยทั่วไปเช่น ถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีน (Polyethylene ;PE)โพลีโพรพิลีน(Polypropylene; PP)หรือ อาจประกบพลาสติกต่างชนิดหรือวัสดุอื่น เช่น แผ่นเปลวอะลูมิเนียม เป็นต้น

พลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน แบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามค่าความหนาแน่น(งามทิพย์. 2537)

ก) Low Density Polyethyleneหรือ LDPE ความหนาแน่น 0.910-0.925 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ข) Medium Density Polyethylene หรือ MDPE ความหนาแน่น 0.926- 0.940 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ค) High Density Polyethylene หรือ HDPE ความหนาแน่น 0.941 –0.965 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

<u>คุณสมบัติ</u>

- โปร่งแสงถึงโปร่งใสขึ้นกับความหนาและความหนาแน่น
- ผิวไม่มีขั้ว(non- polar) จึงใช้ติดกับกาวและหมึกพิมพ์ได้ยาก
- ยืดตัวได้มาก ฉีกขาดยาก
- ต้านทานไขมันได้น้อย
- ป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้ แต่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้น้อย
- ป้องกันกลิ่นได้น้อย
- ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ดียกเว้น HDPE

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

พลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ

ก) Cast Polypropylene (CPP)

ข) Oriented Polypropylene (OPP)

คุณสมบัติ

- โปร่งใสดีมาก
- จุดหลอมเหลวสูงและช่วงแคบ ทำให้ปิดผนึกด้วยความร้อนยากกว่า PE
- เปราะที่อุณหภูมิต่ำ ถ้ามี PE ด้วยจะแก้ปัญหานี้ได้
- ใช้กับเครื่องจักรได้ดี
- ต้านทานแรงดึงได้ดีกว่า PE แต่ต้านทานแรงทิ่มทะลุและการยืดตัวน้อยกว่า PE
- ต้านทานไขมันได้ดี
- ป้องกันการซึมผ่านของความชื้น ก๊าซและกลิ่นได้ดีกว่า PE โดยเฉพาะพวกOPP มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของความชื้น และกลิ่นได้ดี และทนทานต่อการใช้งานดี

นอกจากพลาสติกแล้ว วัสดุจำพวกโลหะ โดยโลหะที่นำมาใช้ในการบรรจุหีบห่ออีกชนิดหนึ่งคือ อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่สามารถนำมารีดเป็นแผ่นบางๆ ในรูปของอะลูมิเนียมฟอยด์(วุฒิชัย. 2535)

คุณสมบัติ

- สามารถปะทาติดหรือผนึกหรือเคลือบกับวัสดุชนิดอื่นได้จะสามารถอุดรูพรุนที่เกิดขึ้นในแผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์ได้ดี
- สามารถป้องกันการซึมผ่านของไขมันและน้ำมันได้ดี

2.4 การพัฒนาระบบการผลิตผลิตภัณฑ์คลอโรฟิลล์

กรรมวิธีในการทำแห้งคลอโรฟิลล์ก็เป็นสิ่งที่นักวิจัยให้ความสนใจ สีเขียวของคลอโรฟิลล์เป็นสิ่งที่ดึงดูดใจของผู้บริโภคดังนั้นวิธีการทำให้ได้ที่สามารถรักษาสีเขียวของคลอโรฟิลล์ไว้ได้อย่างดีจะเป็นที่นิยมใช้ในการผลิต Ven-Chi Liao และLiang-Ping Lin (1981) ศึกษาทดลองเปรียบเทียบกับการทำผงตำลึงจากสาหร่ายคลอเรลลา ด้วยวิธี Spray – dried และวิธีFreeze – dried พบว่าผลการวิเคราะห์ทางเคมีและทางชีวภาพของผงคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายคลอเรลลา ที่ทำให้แห้งด้วยวิธีSpray – dried และวิธี freeze- dried ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในผงคลอโรฟิลล์มี 2-4 % หลังจากการทำให้แห้งทั้ง 2 วิธี แต่สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด Pheophorbide กับ Chlorophyllaseที่ผ่านการทำให้แห้งด้วย Freeze- dried จะมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับวิธี Spray – dried ด้วยเหตุนี้เอนไซม์จะactive มากในการทำให้แห้งด้วยวิธี Freeze – dried

นอกจากนี้วิธีการทำให้แห้งด้วยวิธีSpray - dried สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลง 1 log cycle แต่ในวิธี Freeze – dried จะมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตได้ถึง 55 % เมื่อทดสอบจำนวนโคลิฟอร์ม พบว่าวิธีการทำให้แห้งด้วยSpray- dried ให้ผลเป็นลบ แต่วิธีFreeze – dried จะเหลือโคลิฟอร์ม 100 โคโลนี สำหรับจุลินทรีย์ที่หลงเหลือในวิธี Freeze – dried จะมีหลายชนิด ขึ้นกับสภาวะและความทนทานของจุลินทรีย์

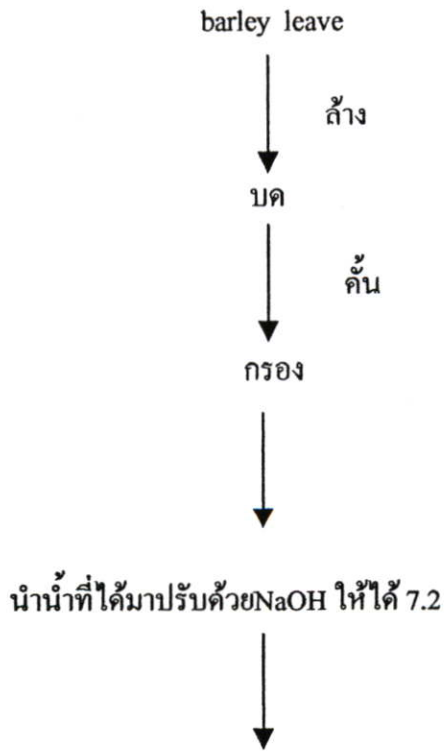
45640

ตารางที่2.4 แสดงผลทางลักษณะทางเคมีและทางชีวภาพของผงคลอเรลลาที่ทำให้แห้งด้วยวิธี Spray- dried และวิธี Freeze- dried

	Spray- dried	Freeze- dried
Water content (%)	2~3	3~4
Total bacteria (#/g)	1X 104	5 X 104
Total coliform (#/g)	negative	1 X 104
Chlorophyll (%)	2~3	4~5
Pheophorbide (mg %)	25~50	50~60
Chlorophyllase(mg/%)	90~160	190~250
Hardness(kg)	35~55	25 (max)
Color	Deep green	Light green

ที่มา: Liao. และ Lin. (1981)

นอกจากนี้กรรมวิธีในการสกัดหรือบีบเอาส่วนของคลอโรฟิลล์จากพืชผักสีเขียวHagiwara . (1999,2000) ได้พัฒนาวิธีการผลิตผงสีเขียวจากพืชสีเขียวซึ่งได้แก่ barley grass และalfafa โดยได้ใช้การปรับ pHซึ่งpHที่เหมาะสมได้แก่ช่วง 6.5-9.5 มีขั้นตอนในการผลิตขั้นต้นดังรูปที่ 2.5



Spray dried ที่170 องศาเซลเซียส

ผงสีเขียว(green plant powder)

รูปที่2.6 แสดงกระบวนการผลิตgreen plant powder

ที่มา : Hagiwara . (1999,2000)

Hagiwaraได้พัฒนาการผลิตโดยการนำส่วนผสมอื่นๆเพื่อปรับปรุงรสชาติของgreen plant powder ให้ได้รับการยอมรับจากผู้ชิม โดยผสม อาทิเช่น dextrin, lactose , purified fish oil , kaleเป็นต้น และนำของผสมที่ได้ไปใช้เป็นส่วนผสมของการทำขนมปัง ไอศกรีม เป็นต้น

ในปัจจุบันเมื่อมีการศึกษามาจนทราบได้ว่าคลอโรฟิลล์เป็นสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและไม่มีพิษทำให้ผู้ผลิตอาหารเสริมมากมายได้มีการสกัดคลอโรฟิลล์ออกมาจากพืชที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงมากมาย บางรายสกัดออกมาแล้วแล้วมีขั้นตอนในการทำให้คลอโรฟิลล์นั้นคงตัวหรือบางรายใช้วิธีการบีบคลอโรฟิลล์ออกมาจากกากของพืชเช่นBarley grass มีกระบวนการผลิตดังนี้

1. หลังจากนำใบไปล้าง ทำการโดยการสกัด ของเหลวโดยการบีบด้วยกระบวนบีบอัด(hydrulic)

2. การลดอุณหภูมิและกำจัดอากาศออกจากของเหลว(Cooling and Deaeration)

3. หลังจากสกัดทันที ของเหลวที่ได้ต้องถูกเก็บในถังเย็นเพื่อยับยั้งออกซิเดชัน ที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีเขียวเป็นสีน้ำตาลซึ่งจะบอกถึงว่าสารอาหารถูกทำลายด้วย ขบวนการออกซิเดชันหยุดชะงักโดยจะกำจัดอากาศออกซึ่งก็จะทำให้ขยายการเก็บได้มากขึ้น การทำให้เข้มข้นทำเป็นผงโดยวิธีspray – dried ของเหลวจะถูกทำให้เข้มข้นในสุญญากาศชั่วขณะเพื่อที่จะดึง น้ำออกให้มากที่สุดจาก ของเหลวที่สกัด

4. การลดความชื้น ของเหลวถูกปั้มเข้าเครื่องspray dried โดยมีการควบคุมของคอมพิวเตอร์ ควบคุมอุณหภูมิในการพ่นเป็นผง ของเหลวจะถูกพ่นในอากาศแห้งในท่อใหญ่ๆด้วยอุณหภูมิไม่เกิน อุณหภูมิร่างกาย ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสำคัญที่สุดเนื่องจากสารอาหารจะถูกสลายไป จุดสำคัญคือเครื่องทำแห้งสามารถทำให้ของเหลวเป็นผงได้ปราศจากการใช้อุณหภูมิสูง ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปสารอาหารจะถูกเปลี่ยนและสูญเสียได้ มอลโทเดกตินและปริมาณข้าวซ้อมมือผงเล็กน้อยจะถูกเติมระหว่างชั้นของเหลวทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัว มอลโทเดกทินจะให้รูปร่างแม่พิมพ์แข็งรอบๆอนุภาคของเหลวที่แห้งซึ่งช่วยให้อายุการเก็บมากขึ้น ส่วนผงของข้าวซ้อมมือทำหน้าที่เป็น binder และช่วยให้จับกับผงได้ดี หลังจากspray dried ที่อุณหภูมิต่ำในขณะก็จะช่วยเพิ่มระดับวิตามิน บีด้วย

ในประเทศไทยมีผลผลิตทางเกษตรกรรมเป็นจำนวนมากที่ยังสามารถนำมาเพิ่มมูลค่า ศุกฤตย์ (2538) ได้พัฒนากระบวนการผลิตน้ำใบบัวบกผงโดยการศึกษาผลของpHของน้ำบัวบกสด (pH 5.0 ,6.0-6.4 และ7.0) ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดและค่าสีของน้ำบัวบกผงที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นกระจาย จากผลการทดลองพบว่าน้ำบัวบกผงที่ได้ที่ไม่ปรับค่าpH (pH 6.0-6.4) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุด ให้ค่า

สีสูงกว่าแต่ให้ค่าสีหลักต่ำกว่าตัวอย่างที่ปรับค่า pH เป็น 5.0 ด้วยสารละลายสังกะสีซัลเฟตอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับน้ำบัวบกผงที่ได้จากน้ำบัวบกสดที่ปรับค่า pH เป็น 7.0 ด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์อันเนื่องมาจากค่าการดูดกลืนแสงที่มากที่สุดในตัวทำละลาย ethyl ether ของสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นจากการปรับpH 5.0 ด้วยสารละลายสังกะสีและคลอโรฟิลไลด์ที่เกิดจากการปรับpHเป็น 7.0 ด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่แตกต่างจากคลอโรฟิลล์ดังนั้นในการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์จึงมีปริมาณลดลง

2.5 มอลโตเดกซ์ตริน

มอลโตเดกซ์ตรินเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยกรดหรือเอนไซม์ หรือใช้กรดและเอนไซม์ร่วมกัน มอลโตเดกซ์ตรินเป็นโอลิโกแซคคาร์ไรด์ที่ประกอบด้วย ∝ - 1,4 linked glucose unit มีค่าDE(Degree equivalentหรือ ค่าสมมูลย์เดกซ์โตส)< 20 อยู่ในรูปของแป้งสีขาว ค่าความชื้นของผงแห้งของมอลโตเดกซ์ตรินอยู่ในช่วงร้อยละ 3.0 ถึง 5.0 มอลโตเดกซ์ตรินที่เป็นผงแห้งมีลักษณะเป็นผงสีขาว มีลักษณะ free- flowing มีรสชาติอ่อนๆ โดยอาจมีความหวานเล็กน้อยหรือไม่มีความหวานเลย จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้มอลโตเดกซ์ตรินมีเพียงค่าปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นโดยไม่มีผลต่อความหวานของผลิตภัณฑ์ มอลโตเดกซ์ตรินสามารถละลายในน้ำได้ดีเป็นสารละลายใสหรือขุ่น ขึ้นอยู่กับชนิดของมอลโตเดกซ์ตริน มอลโตเดกซ์ตรินประกอบด้วย อะไมโลสและอะไมโลเพกติน โดยอัตราส่วนระหว่าง อะไมโลส/อะไมโลเพกติน จะแตกต่างกันตามแต่ละชนิดของแป้งที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตซึ่งทำให้คุณสมบัติต่างกันด้วย

มอลโตเดกซ์ตรินมีการแบ่งชนิดตามค่า DE โดยทั่วไปมอลโตเดกซ์ตรินมีลักษณะเป็นผงร่วน มีความหนาแน่น(bulk density) อยู่ในช่วง 32 ถึง 36 ปอนด์ต่อตารางฟุต ค่า pH อยู่ในช่วง 4.0 –5.5 มีค่าการละลายที่แปรผันกับค่า DE และชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ มอลโตเดกซ์ตรินที่มีDE ต่ำ จะมีค่าการละลายได้น้อย แต่ในการใช้มอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่า DE สูงขึ้น แม้ว่าจะมีค่าการละลายเพิ่มขึ้น แต่บางครั้งอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เกิดความขุ่นขึ้นได้ ค่าการละลายของมอลโตเดกซ์ตรินที่ช่วง DE ต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.5

มอลโตเดกซ์ตรินมีค่าการดูดความชื้นที่ต่ำ ดังนั้นในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้มีอัตราการดูดความชื้นต่ำจึงมักใช้มอลโตเดกซ์ตรินเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย มอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่า DE ต่ำจะยิ่งมีการดูดความชื้นจากอากาศได้น้อยลง ในการใช้มอลโตเดกซ์ตรินในผลิตภัณฑ์มอลโตเดกซ์ตรินจะทำให้เกิดลักษณะความเป็นเนื้อ (bodying effect) ในผลิตภัณฑ์นั้นๆเนื่องมาจากมอลโตเดกซ์ตรินมีส่วนประกอบที่เป็น higher sugar อยู่มาก ส่วนค่าความหนืดของมอลโตเดกซ์ตรินซึ่งเป็นดัชนีบอกถึงลักษณะความเป็นเนื้อของมอลโตเดกซ์ตริน โดยมอลโตเดกซ์ตรินมีความหนืดลดลงเมื่อค่าDE สูงขึ้น

ตารางที่2.5 แสดงลักษณะการละลายของมอลโตเดกซ์ตรินในแต่ละช่วงของค่า Degree equivalentหรือ ค่าสมมูลย์เดกซ์โตส

DE range	ค่าการละลายโดยประมาณ(ร้อยละ)
9-12	40
13-17	60
17-20	70

ที่มา: นัยวิท (2538)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1.1 วัตถุดิบ - ตำลึง

3.1.1.2 สารเคมี

-Anhydrous Sodium disulfate	Merck	เยอรมัน
-85% Acetone	Carlo	
-Calcium Carbonate	Merck	เยอรมัน
-Citric acid	Carlo	
-Diethyl ether	Carlo	
-0.05 % Guaiacol	Sigma	สหรัฐอเมริกา
-0.08 % Hydrogen Peroxide	Carlo	
-Sodium hydroxide	Carlo	
-Zinc chloride	Merck	เยอรมัน

- Maltodextrin DE = 9

3.1.2 อุปกรณ์

3.1.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมผงตำลึง

-เครื่องปั่นผสมอาหาร	Mx – T1PN(G) National	ไต้หวัน
-เครื่องชั่งชนิดหยาบ	Mettler . AE 204	สวิสเซอร์แลนด์
-เครื่องชั่งชนิดละเอียด	Mettler . AE 3000	สวิสเซอร์แลนด์
-เครื่อง Freeze- dry	LYPH – LOCK 12 LITER	

-เทอร์โมมิเตอร์

-นาฬิกาจับเวลา

3.1.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สี

- เครื่องวัดสี Minoltra, CR-30D

3.1.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์

- เครื่องวัด spectrophotometer Shimadzu corporation UV 1601

-เครื่องวัดความชื้น Halogen moisure

3.1.2.4 อุปกรณ์ในการศึกษาอายุการเก็บรักษา

- ถุงลามิเนท ชนิด OPP 20 / ALU 12 / LDPE 30 ไมครอน
- ถุงพลาสติกซิปชนิดโพลีเอทิลีน
- ตู้ควบคุมอุณหภูมิ Tradix
- ตัวดูดซับออกซิเจน (oxygen absorber) ของบริษัท เจนจรัสเคมซัพพลายจำกัด

3.1.2.5 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ค่าpH

- เครื่องpH meter

3.1.2.6 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์water activity(aw)

-เครื่องวัด water activity(aw)

3.2 สถานที่ดำเนินงาน

3.2.1 ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

1 ปี 6 เดือน

3.4. แผนการทดลองและวิธีการดำเนินการทดลอง

3.4.1 ศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในวัตถุดิบ

นำส่วนต่างๆของตำลึงสดได้แก่ใบแก่ ก้าน และยอดมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย เพื่อเลือกส่วนใดที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดแล้วนำไปใช้ในการผลิตในข้อถัดไปทำการทดลอง 3 ซ้ำโดยวิธีการเตรียมตัวอย่างและวิธีวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์โดยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 660 และ642.5 นาโนเมตร (AOAC. 1995, Hagiwara. 1995)แสดงในภาคผนวก ก

3.4.2 กรรมวิธีการผลิตผงตำลึง

นำส่วนของใบตำลึงมาผลิตเป็นผงตำลึงโดนวิธีในการผลิตดังแสดงในรูปที่3.1

ใบตำลึง

↓

ลวกน้ำร้อน ณ.เวลาที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ3.4.3.1

↓

cooling ในน้ำเย็น 30 นาที

↓

ปั่นตำลึงด้วยสารละลาย $ZnCl_2$ ที่เหมาะสมในอัตราส่วน 1:0.5ตามหัวข้อ3.4.3.2(และแบ่งน้ำส่วนหนึ่งมาปรับpH เพียงอย่างเดียว)

↓

คั้นแยกน้ำออกจากกาก

↓

นำน้ำที่ได้ปรับ pHตามหัวข้อ 3.4.3.2 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์

↓

นำไปทำแห้งด้วยวิธี Freeze- dried ที่สภาวะสุญญากาศ 7600 mm Hg และ-100 องศาเซลเซียส

↓

ผงตำลึง

รูปที่3.1 แสดงกรรมวิธีการผลิตผงตำลึง

3.4.3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะคุณภาพของผงตำลึงจากส่วนของตำลึงที่ได้จากข้อ3.4.1

3.4.3.1 ผลของเวลาที่ใช้ในการลวก (Blanching)

ระยะเวลาในการลวกน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็น 0 1 1.5 และ 2 นาทีทำการวิเคราะห์ค่าPeroxidase test ตามวิธีของ Joslyn (1980) เพื่อเลือกเวลาที่ใช้ในการลวกที่เหมาะสมแล้วนำมาใช้ในการทำการศึกษาในหัวข้อต่อไป

3.4.3.2 ผลของค่าpHและความสัมพันธ์ ระหว่าง pH และปริมาณความเข้มข้นของซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) ที่มีต่อปริมาณคลอโรฟิลล์

นำตำลึงที่ผ่านการลวก มาทำการปรับ pHแบ่งเป็น 4 ระดับ คือ 6.5 7.5 8.5 และ 9.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 M และทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completed Romdomized design) นำมาผลิตในกรรมวิธีการผลิตในรูปที่ 3.1 นำไปวิเคราะห์ลักษณะทางคุณภาพ

นำตำลึงที่ผ่านการลวก ปรับ pH และเติมสารละลาย $ZnCl_2$ สามารถจัดสิ่งทดลองแบบ factorial design ทำการทดลองแบบ 2 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized complete block design) แล้วนำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ' s New Multiple Range Test เพื่อเลือกค่าที่ดีที่สุดในการรักษาสีเขียวไว้ได้โดยนำมาผลิตในกรรมวิธีการผลิตในรูปที่ 3.1 นำไปวิเคราะห์ลักษณะทางคุณภาพ

ตารางที่3.1 แสดงการจัดสิ่งทดลองในหัวข้อ 3.4.3.2

สิ่งทดลอง	pH	ปริมาณ $ZnCl_2$(ppm)
1	6.5	10
2		40
3		70
4	7.5	10
5		40
6		70
7	8.5	10
8		40
9		70
10	9.5	10
11		40
12		70

ปรับระดับ pH ให้เหมาะสมด้วย NaOHที่มีความเข้มข้น 0.1 M และกรดซิตริก 0.1 M

การวิเคราะห์ลักษณะทางคุณภาพของผงตำลึง

3.4.3.2.1 วิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 660 และ642.5 นาโนเมตร (AOAC. 1995, Hagiwara. 1995)ดังแสดงในภาคผนวก ก

3.4.3.2.2 วัดสีโดยใช้ Chroma meter (Minolta, CR-30D) ดังแสดงในภาคผนวก ก

3.4.4 ศึกษาผลการเติมมอลโตเดกซ์ตรินต่อลักษณะคุณภาพของผงตำลึง

นำผงตำลึงที่ผลิตได้จากสภาวะที่ได้จากหัวข้อ 3.4.3.2 มาเติมมอลโตเดกซ์ตรินที่ 6 ระดับ คือ 0.5, 1, 2, 3, 5, และ 6และนำผงตำลึงมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

3.4.4.1 ความสามารถในการกระจายตัวของสี (Dispersibility) ดัดแปลงวิธี Al-Kantan และคณะ (1990)

3.4.4.2 การดูดความชื้น (Hygroscopicity) ดัดแปลงวิธี Al-Kantan และคณะ(1990)

3.4.4.3 ปริมาณของคลอโรฟิลล์(AOAC. 1995, Hagiwara. 1995)ดังแสดงในภาคผนวก ก

3.4.4.4 การเปลี่ยนแปลงของสีโดยใช้ Chroma meter (Minolta, CR-30D) ดังแสดงในภาคผนวก ก

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติข้อมูลในข้อ 3.4.4.1-3.4.4.4 แบบComplete Randomized Design และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test เพื่อเลือกเปอร์เซนต์ในการเติมมอลโตเดกซ์ตรินที่เหมาะสมที่สุด

3.4.5 ศึกษาสภาวะการเก็บภายใต้บรรยากาศดัดแปลงของผงตำลึง

นำผงตำลึงที่ผลิตจากสภาวะที่เลือกได้จากข้อ 3.4.3และ ข้อ 3.4.4 บรรจุลงในถุงพลาสติกและถุงลามิเนตโดยจะศึกษาสภาวะการบรรจุดังนี้

ก. บรรจุในถุงลามิเนตชนิด OPP20 / ALU12 /LDPE 30 ไมครอน (control)

ข. บรรจุภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในถุงลามิเนตชนิด OPP20 / ALU12 /LDPE 30 ไมครอน

ค. บรรจุภายใต้บรรยากาศของคาร์บอนไดออกไซด์ 20 % ปริมาตร 100มิลลิลิตร ในถุงลามิเนตชนิด OPP20 / ALU12 /LDPE 30 ไมครอน

ง. เติมสารดูดซับก๊าซออกซิเจน ในถุงลามิเนตชนิด OPP20 / ALU12 /LDPE 30 ไมครอน

จ. บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน(PE)

เก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 เดือนติดตามผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผงตำลึงตามข้อ 3.4.5.1 – 3.4.5.4 ทุกๆ4 สัปดาห์ โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD (Completed Randomized design)

3.4.5.1 ค่า water activity (aw) โดยเครื่องวัดค่า water activity (a_w)

3.4.5.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง โดยเครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่างด้วยวิธีตามภาคผนวก ก

3.4.5.3 ปริมาณของคลอโรฟิลล์(AOAC. 1995, Hagiwara. 1995)ดังแสดงในภาคผนวก ก

3.4.5.4 การเปลี่ยนแปลงของสีโดยใช้ Chroma meter (Minolta, CR-30D) ดังแสดงในภาคผนวก ก

3.4.5.5 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ใช้วิธีของ AOAC 1984

(ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดวัดเฉพาะเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษาสภาวะการเก็บ)

3.4.6 ศึกษาปริมาณของเบต้า แคโรทีนและปริมาณdietary fiber ของผงตำลึงที่ผลิตได้

เลือกผงตำลึงที่ผลิตจากสภาวะที่ดีที่สุดจากข้อ3.4.3 และนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีอื่นๆที่มีคุณค่าทางโภชนาการดังนี้

3.4.6.1 วิเคราะห์หาปริมาณเบต้า เคโรทีน ตามวิธี AOAC 1995

3.4.6.2 วิเคราะห์หาปริมาณdietary fiber ตาม วิธี AOAC 1995

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลในข้อ 3.4.6.1 –3.4.6.2 ด้วย T- test โดยนำไปเปรียบเทียบกับใบตำลึงสด

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1.ศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในวัตถุดิบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบในยอด ก้าน และใบแก่ของตำลึงแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าคลอโรฟิลล์ที่พบในใบแก่จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดคือ 11.95 ± 1.41มิลลิกรัมต่อ100มิลลิกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง และมีความแตกต่างกับปริมาณของคลอโรฟิลล์ที่พบในส่วนอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ส่วนของก้านและยอดจะมีปริมาณที่น้อยกว่าในใบแก่นั่นคือ 2.48 ± 1.22 มิลลิกรัมต่อ100มิลลิกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้งและ2.41± 0.43 มิลลิกรัมต่อ100มิลลิกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้งตามลำดับซึ่งจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกส่วนของใบแก่ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงมาผลิตในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบในส่วนต่างๆในตำลึงสด

(ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ส่วนประกอบต่างๆที่นำไปวิเคราะห์	ปริมาณคลอโรฟิลล์(มิลลิกรัม ต่อ ตัวอย่างแห้ง100มิลลิกรัม)
ใบแก่	11.95 ± 1.41^{a}
ก้าน	2.48 ± 1.22^{b}
ยอด	2.41 ± 0.43^{b}

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

คลอโรฟิลล์ที่มีโดยทั่วไปในส่วนต่างๆของพืชนั้นก็จะมีปริมาณที่แตกต่างกันออกไป ไม่ว่าจะเป็นในราก ลำต้น ผล ดอกไม้และใบ ซึ่งในใบจะเป็นส่วนที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด โดยสามารถพิจารณาปริมาณคลอโรฟิลล์จากสีเขียวของใบที่มีสีเข้มมากกว่าส่วนอื่นๆ สีเขียวที่เป็นผลจากปริมาณของคลอโรฟิลล์ที่มีจะเป็นดัชนีที่สามารถบ่งบอกลักษณะคุณภาพคร่าวๆของผักผลไม้ได้ นอกจากส่วนต่างๆของพืชจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์แตกต่างกันแล้ว ช่วงระยะเวลาในการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดก็จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์แตกต่างกันตามไปด้วย อาทิเช่นพืชจำพวกธัญพืช และหญ้าจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงในระยะแรกในการเจริญแต่จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อพืชเข้าระยะสุกหรือเจริญเต็มที่(Jeana.1991) สำหรับตำลึงใบแก่ซึ่งมีสีเขียวเข้มก็จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าใบอ่อนของมัน

4.2. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตผงตำลึงจากส่วนของตำลึงที่ได้

4.2.1 ผลของเวลาในการลวก(Blanching)

ใบตำลึงผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 1 1.5 2 และ3 นาที นำมาทำให้เย็นโดยทันที จึงนำมาคั้นออกมาเป็นน้ำเพื่อทดสอบเปอร์ออกซิเดสแอคติวิตี้ของน้ำตำลึงที่ได้ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าเวลาที่ใช้ลวก 2 นาทีสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้โดยจะเห็นจากการทดสอบแอคติวิตี้ของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เป็นลบ(negative) ซึ่งแสดงว่าเวลา2นาทีเพียงพอต่อการลวกใบตำลึง

ตารางที่ 4.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการลวกใบตำลึงก่อนมาคั้นกับแอคติวิตี้ของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

เวลาที่ใช้ในการลวก (นาที)	Peroxidase test
0	Positive
1	Positive
1.5	Positive
2	Negative
3	Negative

หมายเหตุ

Positive หมายถึง เกิดสีน้ำตาลแดงแสดงว่ามีการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

Negative หมายถึง ไม่เกิดการเปลี่ยนสีแสดงว่าไม่มีการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

เมื่อให้เวลาในการลวกนานขึ้นเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่มีในใบตำลึงจะถูกทำลายได้มากขึ้น โดยสังเกตจากเมื่อเวลาในการลวกน้อยสีน้ำตาลแดงจะเข้มมากให้ผลการทดสอบเป็นบวก(positive) ซึ่งสีน้ำตาลแดงที่เกิดขึ้นจะเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกัวอะคอล(guaiacol)และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(H_2O_2)ซึ่งเป็นสารไม่มีสี แต่เมื่อทำปฏิกิริยากันโดยมีเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นตัวเร่งแล้วจะเปลี่ยนเป็นเตตระกัวอะคอล(tetraguaiacol) ซึ่งมีสีน้ำตาลแดง(บุณยกฤต 2543) ในทำนองเดียวกันเมื่อเวลาในการลวกมากขึ้นสีน้ำตาลแดงเข้มไม่เกิดขึ้น(ในระยะเวลา3.5นาที)ในตัวอย่างนั้นก็แสดงว่าไม่มีการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในตัวอย่าง

การลวก(Blanching)เป็นกระบวนการลดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านเนื้อสัมผัส สี กลิ่นรสและคุณค่าทางโภชนาการซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากเอนไซม์ที่ยังคงแอคทิฟ(active)อยู่หลังจากเก็บเกี่ยววัตถุดิบตามธรรมชาติแล้ว ในพืชต่างๆจะมีประเภทและปริมาณของเอนไซม์แตกต่างกันไปดังนั้นในพืชแต่ละชนิดจะยับยั้งเอนไซม์ที่เป็นตัวชี้ประสิทธิภาพของการลวก(Blanching) อาทิเช่นในยุคแรกๆจะใช้เอนไซม์เคสทาเลส(catalase) เป็นตัวชี้ประสิทธิภาพของการลวกโดยเฉพาะในถั่ว ต่อมาพบว่าจะใช้เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสแทนเนื่องจากต้านทานความร้อนได้มากกว่า ถ้าสามารถยับยั้งเอนไซม์นี้ได้ก็สามารถยับยั้งเอนไซม์อื่นๆได้นั่นเอง

ในการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจะเป็นระบบที่เรียกว่า peroxidase – H_2O_2 system Jeana(1991)รายงานว่าhorseridish peroxidase สามารถออกซิไดส์คลอโรฟิลไลด์(chlorophyllide)เป็นวัตถุสีเหลืองในอัตราเร็วที่สูงเมื่อในระบบมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(H_2O_2)และโมโนฟีนอล(monophenol) และสำหรับคลอโรฟิลล์ เอ จะถูกทำลายอย่างรวดเร็วกว่าคลอโรฟิลล์ บี ซึ่งคลอโรฟิลไลด์ เอ ก็จะมีพฤติกรรมคล้ายคลึงกัน

แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าสำหรับฟีโอไฟตริน(pheophytin)จะถูกออกซิไดส์ได้น้อยกว่า นอกจากนี้แล้วเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสยังมีผลทำให้กลิ่นรสผิดปกติ เนื่องจากการเข้าทำการเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิด ไฮโดรเปอร์ออกไซด์(hydroperoxide)

นอกจากนี้เอนไซม์ไลปอกซีจีเนส(lipoxygenase) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ แต่อย่างไรก็ตามเอนไซม์นี้สามารถถูกยับยั้งด้วยความร้อน Mustakas (1969) พบว่าการให้ความร้อนที่ 212 องศาฟาเรนไฮด์แก่เนื้อถั่วเหลืองก่อนนำไปบดเป็นแป้ง จะทำให้สามารถลดกลิ่นถั่วที่เกิดจากอิทธิพลของเอนไซม์ไลปอกซีจีเนส จากตารางที่2.3แสดงความคงตัวต่ออุณหภูมิของเอนไซม์ต่างๆทำให้เห็นได้ว่าค่า F ที่82 องศาเซลเซียส ของเอนไซม์ไลปอกซีจีเนสเท่ากับ < 0.1 นาทีและค่า F ที่ 82 องศาเซลเซียส ของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 60 นาทีซึ่งแสดงได้ว่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีความคงตัวต่ออุณหภูมิหรือมีความต้านทานต่อความร้อนมากกว่านั่นเอง ดังนั้นในการลวก (Blanching)ใบตำลึง 2 นาทีจึงมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการยับยั้งเอนไซม์ไลปอกซีจีเนสด้วย

นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์ที่มีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของคลอโรฟิลล์เป็นคลอโรฟิลไลด์(chlorphyllide)นั่นคือ คลอโรฟิลเลส (chlorophyllase) ซึ่งเอนไซม์นี้จะactive ที่อุณหภูมิ 60-82.2องศาเซลเซียส (จารุณี โลกสวรรณ 2542) และสามารถยับยั้งการทำงานของคลอโรฟิลเลสได้ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และจากตารางที่ 2.3 แสดงความคงตัวต่ออุณหภูมิของเอนไซม์ต่างๆทำให้เห็นได้ว่าค่า F ที่82 องศาเซลเซียส ของเอนไซม์คลอโรฟิลเลสเท่ากับ 2 นาที เพราะฉะนั้นเวลาในการลวก (Blanching)ที่2 นาทีสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์คลอโรฟิลเลสได้ตามไปด้วย

ด้วยเหตุนี้สามารถกล่าวได้ว่าเวลาในการลวก(Blanching) 2 นาทีเป็นเวลาที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ หรือการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์

4.2.2 ผลของpHต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและสีคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง

4.2.2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง

จากการศึกษาผลของ pH 4 ระดับ คือ 6.5 7.5 8.5 และ 9.5 ที่มีต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในผงตำลึงที่ผลิตแสดงผลในตารางที่4.3 ผงตำลึงที่ปรับ pH เป็น 6.5 และ7.5มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากกว่าผงตำลึงที่ปรับ pH เป็น 8.5 และ9.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ทั้งนี้เพราะโมเลกุลของคลอโรฟิลล์สามารถเปลี่ยนเป็นอนุพันธ์ต่างๆได้ตามค่า pH โดยในสภาวะที่เป็นกรด(pH< 7) จะทำให้โมเลกุลของคลอโรฟิลล์เปลี่ยนเป็นฟีโอไฟตริน(pheophytin)อย่างมากเนื่องจาก ปฏิกิริยาฟีโอไฟทิไนเซชัน(pheophytintinization)

ตารางที่4.3 แสดงความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์ เมื่อพิจารณาอิทธิพลของpH

สิ่งทดลอง pH	ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด(mg/100 mg ของตัวอย่าง)*
6.5	6.06 ± 0.47^{b}
7.5	6.61 ± 0.01^{a}
8.5	4.57 ± 0.09^{c}
9.5	4.51 ± 0.15^{c}

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ในสภาวะเป็นด่างสามารถเปลี่ยนเป็นอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ เช่น คลอโรฟิลไลด์(chlorophyllide)ซึ่งอนุพันธ์สามารถเกิดได้ในสภาวะด่างทีถูกเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์คลอโรฟิลเลส(chlorophyllase) แต่ในงายวิจัยนี้ได้ลวก(Blanching)ใบตำลึงในขั้นตอนผลิตผงตำลึงจะทำลายทำงานเอนไซม์ไปดังผลการทดลองในหัวข้อข้างต้นจึงน่าจะมีส่วนในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส(chlorophyllase) นอกจากนี้สภาวะเป็นด่างส่งผลให้โมเลกุลของคลอโรฟิลล์เปลี่ยนเป็นคลอโรฟิลลิน(chlorophyllin)ซึ่งคุณสมบัติในการละลายน้ำของคลอโรฟิลลินจะดีกว่าคลอโรฟิลล์(Kephart J.C. 1960) ดังนั้นจึงถูกแยกออกในขั้นตอนการหาปริมาณคลอโรฟิลล์ ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง

ดังนั้นเมื่อเทียบการเปลี่ยนแปลงจากคลอโรฟิลล์เป็นคลอโรฟิลลินของผงตำลึงที่ปรับสภาวะ pH เป็น 6.5 และ7.5 ก็จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าผงตำลึงที่ผลิตเมื่อปรับสภาวะ pH เป็น 8.5 และ 9.5 ดังผลการทดลองที่แสดงในตารางที่4.3

4.2.2.2 ผลของpHต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผงตำลึง

ผงตำลึงจะมีลักษณะสีเขียวที่แตกต่างกันในแต่ละระดับของpHที่ปรับด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยค่าสี L , a และb ของผงตำลึงที่ได้รับอิทธิพลของ pH จะเห็นว่าค่า L ของผงตำลึงที่ผลิตได้จากใบตำลึงที่ปรับ pH ในทุกระดับคือ 6.5 7.5 8.5 และ9.5ไม่มีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) แสดงว่าผงตำลึงในทุกๆสภาวะมีค่าความสว่าง ที่เท่าๆกัน

ตารางที่4.4 แสดงความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยของค่าสี เมื่อพิจารณาอิทธิพลของpH

สิ่งทดลอง pH	สมบัติทางกายภาพ*			
	ค่า L	ค่า a	ค่า b	ค่าสีหลัก(hue)
6.5	59.316±6.50[a]	-8.412 ±0.57[a]	17.61±0.90[a]	115.88±1.78[ab]
7.5	56.25±6.35[a]	-8.67 ±0.01[a]	16.88±1.48[a]	117.44±1.84[a]
8.5	53.27± 1.30[a]	-6.4 ±1.24[b]	14.62±0.53[b]	113.68±2.36[b]
9.5	49.58 ±2.20[a]	-4.16 ±0.01[c]	14.74±1.27[b]	105.80 ±1.06[c]

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

สำหรับค่าaอยู่ในช่วงสีแดงถึงสีเขียว โดยค่าที่ติดลบเป็นค่าสีที่แสดงถึงลักษณะของสีเขียวของผลิตภัณฑ์ เมื่อค่าของ a เมื่อติดลบมากขึ้นจะแสดงถึงสีเขียวที่มากขึ้นนั่นเอง เมื่อพิจารณาค่า a ที่เกิดขึ้นในผลการทดลองจะเห็นว่า pHทั้ง 4 ระดับมีอิทธิพลต่อสีของผงตำลึงที่ผลิตจากใบตำลึงอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)กล่าวคือpH ของผงตำลึงที่ผลิตจากใบตำลึงที่ 6.5 และ7.5 ให้ค่าสีเขียวไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างจากสีของผงตำลึงที่ pH 8.5 และที่pH9.5 การปรับสภาวะเป็นด่างมากขึ้นสีของผงตำลึงที่ผลิตจากใบตำลึงจะทำให้มีสีเขียวที่น้อยลง

สำหรับค่า b อยู่ในช่วงสีน้ำเงินถึงสีเหลือง เมื่อมีค่าเป็นบวกเป็นค่าที่แสดงถึงสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ เมื่อbมีค่าบวกมากขึ้นแสดงถึงสีเหลืองที่มากขึ้นของผลิตภัณฑ์ อิทธิพลของpHของผงตำลึงส่งผลต่อค่า b อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การพิจารณาสีที่แท้จริงของผงตำลึงที่ควรพิจารณาจากค่าสีหลัก (hue)

ค่าสีหลัก คือ ค่าสีหรือลักษณะของเนื้อสีที่แท้จริงของผลิตภัณฑ์ เป็นตัวกำหนดลักษณะปรากฏด้านสี ซึ่งเป็นค่าสีที่เพิ่มขึ้นจากสีแดงไปเป็นสีน้ำเงินโดยพิจาราณาจากการหมุนองศาไปตามแกนซึ่งหาได้จากสูตร (Febre C.E. et.al. 1993)

$$H^{\circ}\,(\text{hue}) = 180^{\circ} + \tan^{-1}(b/a) \text{ เมื่อ } a < 0$$

เมื่อพิจารณาค่า H° (hue) พบว่าอิทธิพลของpHของผงตำลึงส่งผลต่อค่าสีหลักอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และสังเกตได้ว่าค่าสีหลักของผงตำลึงก็จะมีแนวโน้มลดลง เมื่อค่า pHมากขึ้น ซึ่งมาจากสาเหตุเดียวกับผลของปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง

4.2.3 ผลของpHและความเข้มข้นของซิงค์คลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง

4.2.3.1ผลของpHและความเข้มข้นของซิงค์คลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง

จากผลการทดลองตารางที่ 4.5 พบว่าอิทธิพลระหว่างpHและความเข้มข้น$ZnCl_2$ ไม่ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึงอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) แต่พบว่ามีอิทธิพลของpHเพียงปัจจัยเดียวที่ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เมื่อพิจารณาผงตำลึงที่มีความเข้มข้นของซิงค์คลอไรด์ที่เท่ากัน และแปรผัน pHที่ 4 ระดับก็คือ 6.5 7.5 8.5 และ 9.5 ก็จะเห็นว่าผงตำลึงจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อ pH เพิ่มขึ้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบในผงตำลึงจะลดลง ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากในสภาวะเป็นด่างมากคลอโรฟิลล์จะเปลี่ยนแปลงโมเลกุลเป็นอนุพันธ์chlorophyllin

ตารางที่4.5 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างpHและปริมาณสารละลายซิงค์คลอไรด์

สิ่งทดลอง $[ZnCl_2]$ (ppm):pH	ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด(mg/100mg ของตัวอย่าง)*
10:6.5	6.27 ± 0.71^{a}
10:7.5	6.11 ± 0.04^{a}
10:8.5	6.04 ± 0.79^{a}
10:9.5	4.87 ± 0.45^{bc}
40:6.5	6.07 ± 0.37^{a}
40:7.5	6.24 ± 0.33^{a}
40:8.5	6.20 ± 0.04^{a}
40:9.5	4.80 ± 0.20^{bc}
70:6.5	5.74 ± 0.06^{a}
70:7.5	5.54 ± 0.06^{b}
70:8.5	4.13 ± 0.04^{c}
70:9.5	4.12 ± 0.02^{c}

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

อิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายซิงค์คลอไรด์ไม่ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาที่ pH 6.5เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายซิงค์คลอไรด์จาก10 เป็น 40 และเป็น 70 ppm มีปริมาณคลอโรฟิลล์เท่ากับ 6.27 6.07 และ5.74 mg/100 mg ของตัวอย่างลดลงตามลำดับซึ่งน่าจะเกิดจากการที่จะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของสังกะสี (Zinc complex)ที่เพิ่มขึ้น ทำให้การวิเคราะห์หาปริมาณของคลอโรฟิลล์ได้น้อยลง เนื่องจากวิธีในการหาปริมาณคลอโรฟิลล์เป็นการสกัดหาเฉพาะส่วนของ

โมเลกุลคลอโรฟิลล์เท่านั้น ตามรายงานวิจัยของ LaBorde L.F.(1994)พบว่าการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของ Zinc complex ใน spinach puree จะมีความเข้มของซิงค์ไอออน(Zn^{2+}) เพิ่มขึ้นถึง 11 เท่า เมื่อปรับระดับpHเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 4.0 จนถึง 8.5 และpHในช่วง 6-7 จะเป็นสภาวะการเกิด Zinc complex ที่ดีที่สุด เพราะถ้าpH เป็นด่างมากขึ้นเรื่อยๆก็จะส่งผลทำให้การเกิด Zinc complex น้อยลง การลดลงของ Zinc complex ในสภาวะเป็นด่างนั้นเกิดจากการที่โมเลกุลของZn^{2+}ไปจับตัวกับอะตอมอื่นทำให้เกิดซิงค์ไฮดรอกไซด์($Zn(OH)_2$) หรืออาจเกิดจากที่สภาวะเป็นด่างมากๆทำให้ซิงค์คลอไรด์ละลายได้น้อยลง (LaBorde L. F. 1990,1994) ดังนั้นเมื่อโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ถูกเปลี่ยนเป็น Zinc complex ไปบางส่วนจึงมีผลทำให้การวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ได้ลดลงไป และแปรผกผันกับการเกิด Zinc complex (ศุกฤตย์ ไทยอุดม . 2538)

ดังนั้นสภาวะในการผลิตผงตำลึงจึงเลือกใช้ความเข้มข้นซิงค์คลอไรด์ 70 ppm และปรับสภาวะpH7.5 เพื่อให้เกิดZinc complexดีที่สุดโดยพิจารณาจากค่าสีหลัก(สีเขียว)ของผงตำลึงที่เข้มมากอันเกิดจากสีของอนุพันธ์ที่เกิดใหม่ซึ่งน่าจะสัมพันธ์กับปริมาณ

ถ้าหากมีการทดลองต่อไปควรจะวิเคราะห์แยกปริมาณZinc complex ออกมายืนยัน แต่ในการทดลองที่ไม่ได้วิเคราะห์ จากรายงานของ LaBordeL.F.(1994)ก็แสดงว่าZinc complex เกิดได้ดีที่ความเข้มข้นซิงค์คลอไรด์ 70 ppm และปรับสภาวะpH7.5

อนึ่งการเกิด Zinc complexที่ไม่ชัดเจนเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายซิงค์คลอไรด์ อาจเกิดจากการที่แมกนีเซียมอะตอมหลุดออกจากวงพอร์ไพรินในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์เพราะถูกแทนที่ด้วยสังกะสีไอออน โดยการใช้ความร้อนดังรายงานของ LaBordeL.F.(1994) ที่ใช้ความร้อนในกระบวนการผลิตpea puree 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีทำให้แมกนีเซียมไอออนหลุดออกมาได้ง่าย แต่ในงานวิจัยนี้ผงตำลึงไม่ได้รับความร้อนสูงนักเหมือนในงานของ LaBordeL.F.(1994) ดังนั้นแมกนีเซียมอะตอมอาจจะหลุดออกจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์น้อยมีผลทำให้การเกิดZinc complex ไม่เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน

การรักษาสีเขียวให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร นิยมทำให้เกิดอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์เพราะมีความคงตัวมากกว่าคลอโรฟิลล์ แต่สำหรับคลอโรฟิลลิน(chlorophyllin)อาจจะทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในอาหารเนื่องจากต้องปรับสภาวะให้เป็นด่างมากๆ(Jeana G. 1991)

นี้ก็พบว่าเป็นสภาวะการผลิตที่ให้ค่าสีหลัก(สีเขียว)ที่มากที่สุดด้วย ซึ่งน่าจะมาจากสีของZinc complex มากกว่าสีของคลอโรฟิลล์

ตารางที่4.6 แสดงความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยของค่าสีเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างpHและปริมาณสารละลายซิงค์คลอไรด์

สิ่งทดลอง	สมบัติทางกายภาพ*			
$[ZnCl_2]$: pH	ค่า L	ค่า a	ค่า b	ค่าสีหลัก(hue)
10:6.5	57.51 ±5.94^{a}	-8.513 ±1.33^{bc}	15.89 ±1.80^{b}	118.18 ±1.30^{a}
10:7.5	53.64±3.26^{a}	-8.65 ±1.60^{bc}	15.51 ±0.58^{b}	119.05 ±3.60^{a}
10:8.5	53.09 ±5.04^{a}	-6.47 ±0.18^{de}	14.97 ±0.78^{d}	113.39 ±0.52^{b}
10:9.5	48.97 ±3.60^{a}	-5.22 ±0.20^{e}	12.13 ±1.44^{b}	113.39 ±1.66^{b}
40:6.5	55.36 ±0.94^{a}	-8.89 ±0.45^{bc}	16.16 ±0.06^{b}	118.80 ±1.30^{a}
40:7.5	56.10 ±2.39^{a}	-9.22 ±0.27^{abc}	16.73 ±0.08^{bc}	118.83 ±0.82^{a}
40:8.5	52.99 ±4.30^{a}	-7.62 ±0.12^{cd}	15.11±1.57^{cd}	116.88 ±2.74^{ab}
40:9.5	49.49 ±1.73^{a}	-5.48 ± 0.66^{e}	12.59 ±1.20^{b}	113.66 ±4.55^{b}
70:6.5	56.29 ±8.90^{a}	-10.65 ±0.71^{a}	20.33 ±1.88^{a}	117.67±0.63^{ab}
70:7.5	59.63 ±6.55^{a}	-10.00 ±0.21^{ab}	17.50±0.71^{b}	119.75 ±0.47^{a}
70:8.5	51.78 ±1.10^{a}	-8.27 ±0.24^{bc}	16.61 ±0.55^{b}	116.48 ±0.06^{ab}
70:9.5	52.28 ±2.43^{a}	-7.55±0.623^{cd}	19.7 ± 1.44^{b}	113.97 ±0.04^{b}

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

4.3 ศึกษาผลการเติมมอลโตเดกซ์ตรินต่อลักษณะคุณภาพของผงตำลึง

จากตารางที่4.7 พบว่าผลของการเพิ่มเปอร์เซนต์ของมอลโตเดกซ์ตริน 0.5 , 1 , 2 ,3, 5 และ 6 ในผงตำลึง เป็นการปริมาณผงตำลึงที่ผลิตได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มเปอร์เซนต์มอลโตเดกซ์ตรินมากขึ้นทำให้ลักษณะทางคุณภาพส่วนใหญ่ของผงตำลึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)โดยจะเห็นได้ เมื่อเพิ่มเปอร์เซนต์มอลโตเดกซ์ตริน เป็น6 % ผงตำลึงที่ได้จะมีค่าสีหลักรวมทั้งปริมาณคลอโรฟิลล์และ การแพร่กระจาย(Dispersion) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของมอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่า D.E.(Degree equivalent) 9 ถึง 12 จะมีค่าการละลายในน้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ได้เพียงร้อยละ 40 เท่านั้นเมื่อเพิ่มเปอร์เซนต์มอลโตเดกซ์ตรินยิ่งมากขึ้นการแพร่กระจายในน้ำของผงตำลึงจึงลดลงไปด้วย(นัยวิท. 2538) นอกจากนี้เมื่อเพิ่มเปอร์เซนต์มอลโตเดกซ์ ตริน จะมีค่าการดูดความชื้นลดลงกว่าผงตำลึงที่ไม่มีการเติมมอลโตเดกซ์ตรินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของมอลโตเดกซ์ตรินมีการดูดความชื้นที่ต่ำมากเมื่อเพิ่มเปอร์เซนต์มอลโตเดกซ์ตรินยิ่งมากขึ้นการดูดความชื้นของผงตำลึงลดลงด้วยนั่นเองซึ่งลักษณะทางคุณภาพที่ได้เมื่อเพิ่มเปอร์เซนต์มอลโตเดกซ์ตรินในผงตำลึงทั้งหมดมีแนวโน้มสอดคล้องกับการทดลองของนัยวิท (2538)

ตารางที่4.7 แสดงผลของลักษณะทางคุณภาพของผงตำลึงที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน

ปริมาณมอลโทเดกตริน	ปริมาณผงตำลึงที่ผลิตได้(g/100g sample)	การดูดความชื้น (%)	Dispersion (absorbance)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (mg/100mg sample)	ค่าสีหลัก
0%	3	4.85 ± 0.60^{a}	0.47 ± 0.07^{a}	5.94 ± 0.42^{a}	124.72 ± 1.93^{a}
0.5%	3.3	2.46 ± 0.11^{bc}	0.41 ± 0.01^{a}	5.76 ± 1.64^{a}	122.28 ± 3.10^{ab}
1%	4	2.70 ± 0.18^{b}	0.41 ± 0.01^{a}	4.16 ± 0.09^{b}	121.70 ± 3.85^{ab}
2%	5	1.94 ± 0.22^{c}	0.41 ± 0.01^{a}	3.98 ± 0.26^{bc}	120.65 ± 0.56^{ab}
3%	6	0.9 ± 0.08^{d}	0.32 ± 0.01^{b}	3.94 ± 0.08^{bc}	121.67 ± 0.19^{ab}
5%	6.3	0.58 ± 0.14^{d}	0.26 ± 0.01^{b}	2.62 ± 0.01^{bc}	121.38 ± 0.03^{ab}
6%	8.3	0.35 ± 0.01^{d}	0.17 ± 0.01^{c}	2.42 ± 0.11^{c}	118.92 ± 0.16^{b}

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาการเพิ่มเปอร์เซนต์มอลโตเดกซ์ตรินเพื่อเพิ่มเปอร์เซนต์ผลผลิตแต่อย่างไรก็ตามก็ต้องคำนึงถึงลักษณะทางคุณภาพที่ต้องการให้มีลักษณะที่ใกล้เคียงหรือดีขึ้น โดยจะเห็นว่าผงตำลึงที่มีมอลโตเดกซ์ตรินมีค่า 5% จะเป็นปริมาณของมอลโทเดกซ์ตรินที่เติมในผงตำลึงที่มากที่สุดที่เหมาะสม เนื่องจากมีค่าการดูดความชื้นที่ลดลงจาก4.85 ± 0.60ของผงตำลึงที่ไม่ได้เติมมอลโทเดกซ์ตรินมาเป็น0.58 ± 0.14 และยังให้ค่าสี

หลักที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผงตำลึงที่เติมมอลโทเดกซ์ตรินที่น้อยที่สุดคือ0.5 % และให้ค่าการแพร่กระจายของผงตำลึงที่มากกว่าผงตำลึงที่มีมอลโทเดกซ์ตริน 6 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผงตำลึงที่ผลิตได้สามารถนำไปประยุกต์เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น คลอโรฟิลล์อัดเม็ดเป็นอาหารเสริม เป็นต้น ลักษณะทางคุณภาพไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ใดๆก็ตามผลิตภัณฑ์คลอโรฟิลล์ควรมีการดูดความชื้นที่ต่ำเพื่อสามารถเก็บได้นาน

4.4 ศึกษาสภาวะการเก็บภายใต้บรรยากาศดัดแปลงของผงตำลึงที่ผลิตได้

ในการศึกษาสภาวะการเก็บภายใต้บรรยากาศดัดแปลงของผงตำลึง ทำโดยนำผงตำลึงบรรจุลงในถุงซิปพลาสติกชนิด โพลีเอทิลีน(PE) และถุงลามิเนทอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ไม่ได้ดัดแปลงบรรยากาศและที่ดัดแปลงบรรยากาศ โดยที่สภาวะบรรยากาศดัดแปลงนี้มี 3 แบบ คือ ดัดแปลงบรรยากาศด้วยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ 20% , ก๊าซไนโตรเจน และ การเติมตัวดูดออกซิเจน(oxygen absorber) แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มผงตำลึงเพื่อทดสอบลักษณะทางคุณภาพทุกๆ 1 เดือนเป็นเวลา 3 เดือน สำหรับผงตำลึงที่นำมาศึกษาในหัวข้อนี้มี 3 ลักษณะ คือ

Tr 1 = ผงตำลึงที่ผลิตโดยการปรับ pHเป็น 7.5

Tr 2 = ผงตำลึงที่ผลิตโดยการใช้สารละลายซิงค์คลอไรด์ความเข้มข้น 70 ppmและปรับ pHเป็น 7.5

Tr 3 = ผงตำลึงที่ผลิตโดยใช้สารละลายซิงค์คลอไรด์ความเข้มข้น 70 ppmและปรับ pHเป็น 7.5และเติม Maltodextrin 5 %

4.4.1 ค่าสีหลัก

ค่าสีหลักของผงตำลึงทั้ง3 ลักษณะการผลิตเมื่อเก็บที่45 องศาเซสเซียส ในระยะเวลา 3 เดือนพบว่ามีแนวโน้มลดลงในทุกๆสภาวะการเก็บ โดยเมื่อเก็บไว้ 3 เดือนแล้วพบว่าไม่มีอิทธิพลของสภาวะการเก็บภายใต้บรรยากาศในถุงลามิเนทโดยไม่มีดัดแปลงใดๆ ถุงลามิเนทแบบเติมตัวดูดซับออกซิเจน(oxygen absorber) ถุงลามิเนทแบบดัดแปลงบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) 20 %และถุงลามิเนทแบบดัดแปลงบรรยากาศด้วยก๊าซไนโตรเจนต่อค่าสีหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากในสภาวะการเก็บโดยการเติมตัวดูดซับออกซิเจนในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนทจะช่วยกำจัดก๊าซออกซิเจนที่หลงเหลืออยู่ในภาชนะบรรจุ

อย่างไรก็ตามในสภาวะการเก็บโดยการดัดแปลงบรรยากาศด้วย CO_2 20 %และดัดแปลงบรรยากาศด้วยก๊าซไนโตรเจนเป็นสภาวะการเก็บที่เป็นการลดก๊าซออกซิเจนที่มีในภาชนะบรรจุซึ่งจะมีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ ถึงแม้ว่าในส่วนถุงลามิเนทที่ไม่มีการดัดแปลงบรรยากาศแต่ถุงลามิเนทมีความหนาถึง 3 ชั้น(OPP / ALU / LDPE)ซึ่งมีลักษณะในการป้องกันทั้งแสงและการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำจึงสามารถลดการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ได้

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสภาวะการเก็บบรรจุในถุงซิปพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน(PE)พบว่าจะมีผลต่อค่าสีหลักของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr1 ที่เก็บมา 3 เดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เพราะถุงพลาสติก

ชนิดโพลีเอทิลีน ยอมให้ก๊าซออกซิเจนซึมผ่านเข้าไปได้ดี แต่เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสภาวะการเก็บบรรจุในถุงซิปพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน(PE)พบว่าจะไม่มีผลต่อค่าสีหลักของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr 2 และ Tr 3 ที่เก็บมา 3 เดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้อาจจะมีสาเหตุจากการก่อตัวของสารประกอบเชิงซ้อนหรือ Zinc complex ซึ่งคุณสมบัติอย่างหนึ่งของZinc complex คือสามารถรักษาโครงสร้างที่ทนทานต่อปัจจัยต่างๆเช่น ก๊าซออกซิเจน ความชื้นได้มากกว่าโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ดังจะเห็นได้จากผลเปอร์เซนต์การสูญเสียค่าสีหลักที่เปรียบเทียบกับค่าสีหลักเริ่มต้นของผงตำลึงเมื่อพิจารณาบรรจุในถุงซิปพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนพบว่าเปอร์เซนต์การสูญเสียค่าสีหลักของคลอโรฟิลลผงที่อยู่ในกลุ่ม Tr1 ที่มีค่า7.68 % ซึ่งมากกว่าเปอร์เซนต์การสูญเสียค่าสีหลักของผงตำลึงที่อยู่ในกลุ่ม Tr 2 ที่มีค่า 5.35%

4.4.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์

เมื่อพิจารณาผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr1 พบว่าอิทธิพลของสภาวะการเก็บเมื่อผ่านไป 3เดือนมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในถุงลามิเนทที่มีสภาวะการเก็บแบบดัดแปลงบรรยากาศด้วยการเติมตัวดูดซับออกซิเจนจะให้ปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดและสำหรับในสภาวะการเก็บในถุงพลาสติกชนิด โพลีเอทิลีนจะทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เหลือเมื่อเก็บที่ 45 องศาเซลเซียส 3 เดือนเหลือน้อยที่สุดซึ่งสอดคล้องกับค่าสีหลักของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr 1 ทั้งนี้เหตุผลก็เนื่องมาจากคุณสมบัติของถุงลามิเนทและถุงพลาสติก ชนิดโพลีเอทิลีน(PE) และปริมาณก๊าซออกซิเจนที่หลงเหลือในภาชนะบรรจุ เมื่อพิจารณาผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr2 และ Tr 3 พบว่าอิทธิพลของสภาวะการเก็บเมื่อผ่านไป 3เดือนมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในถุงลามิเนทที่มีสภาวะการเก็บแบบดัดแปลงบรรยากาศด้วยการเติมตัวดูดซับออกซิเจนจะให้ปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดและสำหรับในสภาวะการเก็บในถุงพลาสติกชนิด โพลีเอทิลีนจะทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เหลือเมื่อเก็บที่ 45 องศาเซลเซียส 3 เดือนเหลือน้อยที่สุด

ดังแสดงในกราฟต่อไปนี้โดยใช้สีของเส้นแสดงลักษณะการบรรจุที่แตกต่างกัน

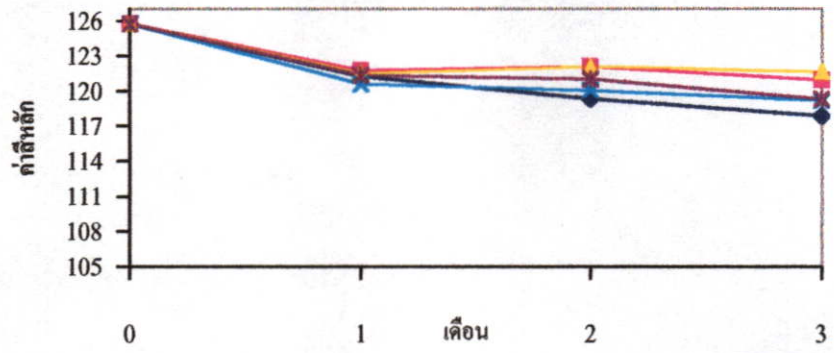
เส้นสีน้ำเงิน - บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน

เส้นสีชมพู - บรรจุในถุงลามิเนท

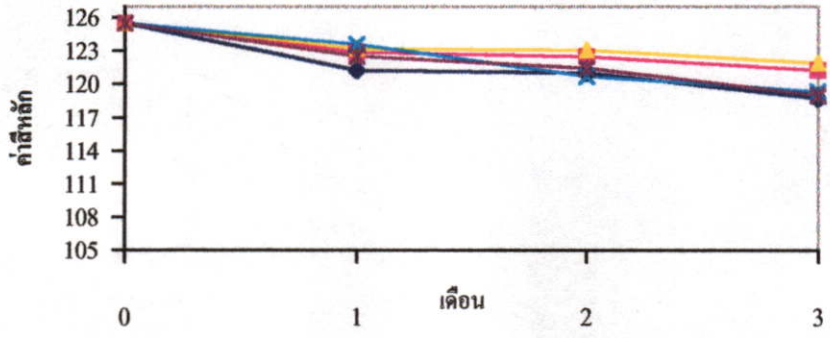
- บรรจุในถุงลามิเนทดัดแปลงบรรยากาศด้วยสารดูดซับออกซิเจน

เส้นสีฟ้า - บรรจุในถุงลามิเนทดัดแปลงบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 20 %

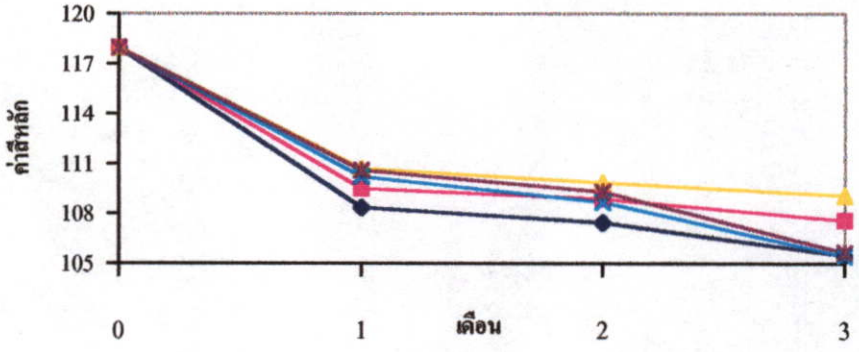
เส้นสีม่วง - บรรจุในถุงลามิเนทดัดแปลงด้วยก๊าซไนโตรเจน



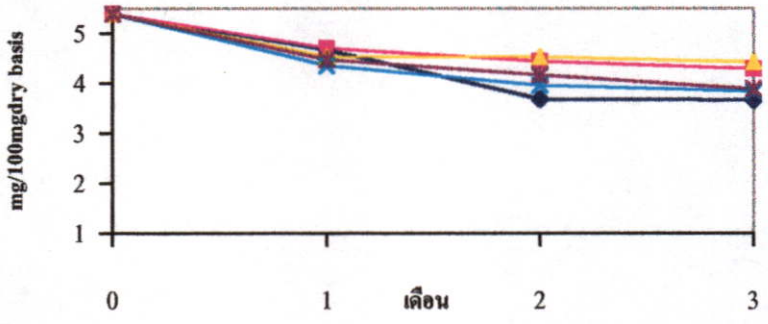
รูปที่ 4.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสีหลักของผงตำลึง(Tr1) ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บในระยะเวลา 3เดือน



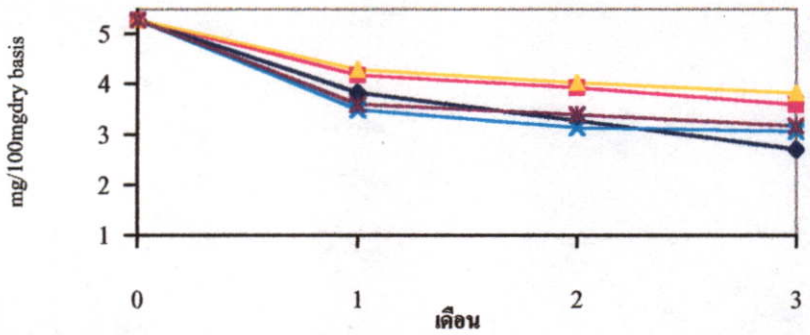
รูปที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสีหลักของผงตำลึง(Tr2) ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บในระยะเวลา 3เดือน



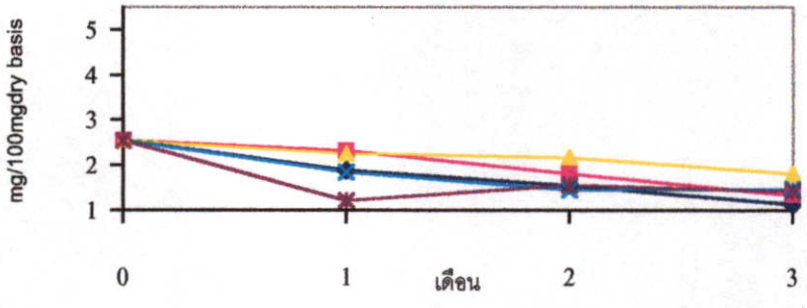
รูปที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสีหลักของผงตำลึง(Tr3) ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บในระยะเวลา 3เดือน



รูปที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง(Tr 1) ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บในระยะเวลา 3 เดือน



รูปที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง(Tr 2) ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บในระยะเวลา 3 เดือน



รูปที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึง(Tr 3) ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บในระยะเวลา 3 เดือน

4.4.3 ค่า a_w (water activity)

จากตารางที่ 4.8– 4.10แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าwater activity (a_w) ของผงตำลึงที่ผลิต3 ลักษณะ(Tr 1 , Tr 2 และTr 3)พบว่าเมื่อผ่านไป 3 เดือน ค่า a_w ของผงตำลึงที่ผลิตทั้ง 3ลักษณะที่บรรจุในถุง พลาสติก PE จะมีแนวโน้มมากขึ้นที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะการเก็บแบบอื่นๆ

ทั้งนี้เนื่องมาจากคุณสมบัติของถุงลามิเนทอะลูมิเนียมฟอยด์ 3 ชั้น(OPP / ALU /LDPE) เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติในการยอมให้ไอน้ำซึมผ่านและก๊าซออกซิเจนผ่านได้จะดีกว่ากับถุงพลาสติก ชนิดโพลีเอทิลีน (PE)(วุฒิชัย. 2535) ถุงลามิเนททั้ง 3ชั้นซึ่งล้วนแล้วแต่มีคุณสมบัติการยอมให้ไอน้ำและก๊าซผ่านต่ำมาก

เป็นที่น่าสังเกตว่าพิจารณาผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr 1 เมื่อเก็บผ่านมา 3 เดือนจะมีค่าa_w ที่น้อยกว่าผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่มTr: 2ที่มีสภาวะการเก็บในถุงพลาสติก PE เหมือนกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะเฉพาะตัวของ สารละลายซิงค์คลอไรด์ที่ใช้ในการก่อตัวของสารประกอบเชิงซ้อน(Zinc complex)ที่มีดูดความชื้นเป็นอย่างดี ถึงอย่างไรก็ตามผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr3 ซึ่งมีการใช้สารละลายซิงค์คลอไรด์ในการก่อตัวของสารประกอบเชิงซ้อน(Zinc complex)เช่นกันจะมีค่า a_w เมื่อผ่าน 3 เดือนที่ต่ำกว่า ดังอาจจะเป็นเพราะอิทธิพลของมอลโทเดกซ์ตินที่มีส่วนทำให้การดูดความชื้นของผงตำลึงต่ำดังผลตามหัวข้อ 4.3

4.4.4 ค่าpH

จากผลของตารางที่ 4.11- 4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผงตำลึงที่ผลิตที่เก็บที่อุณหภูมิ 45 องศาเซสเซียส เป็นเวลา 3 เดือน จะเห็นได้ว่าความเป็นกรดเป็นด่างของผงตำลึงทั้ง 3 สภาวะการผลิต จะมีแนวโน้มที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับผงตำลึงเริ่มต้นแสดงว่าสภาวะเก็บพบว่าไม่มีอิทธิพลของสภาวะการเก็บของผงตำลึงต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างอย่างมีนัยสำคัญทาง($p \leq 0.05$) แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr 3 จะมีค่าที่ต่ำกว่าผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr 2 ซึ่งจะเป็นสภาวะการผลิตที่ใช้สารละลายซิงค์คลอไรด์และปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เท่ากัน นั่นเป็นผลจากมอลโตเดกซ์ตรินที่เติมลงไป โดยทั่วไปค่าความเป็นกรดเป็นด่างของมอลโตเดกซ์ตรินจะอยู่ในช่วง 4.0 – 5.5 ซึ่งทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผงตำลึงจึงลดต่ำลงไป

ตารางที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr 1) ที่เก็บไว้ 3 เดือน

สภาวะการเก็บ	0 เดือน	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
PE	$^{c}0.112\pm 0.004$	$^{b}0.197\pm 0.01^{a}$	$^{a}0.208\pm 0.001^{a}$	$^{a}0.212\pm 0.003^{a}$
^{ns}ALU	0.112 ± 0.004	0.133 ± 0.01^{b}	0.135 ± 0.007^{b}	0.137 ± 0.001^{b}
^{ns}ALU+ O_2 ABSORBER	0.112 ± 0.004	0.139 ± 0.009^{b}	$0.139\pm 0.007b$	0.145 ± 0.02^{b}
^{ns} ALU + CO_2	0.112 ± 0.004	0.155 ± 0.02^{b}	0.175 ± 0.05^{ab}	0.141 ± 0.001^{b}
^{ns} ALU + N_2	0.112 ± 0.004	0.138 ± 0.003^{b}	$0.139\pm 0.02b$	0.141 ± 0.007^{b}

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรบนซ้ายที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

ตัวอักษรบนขวาที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันในแนวตั้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr: 2) ที่เก็บไว้ 3 เดือน

สภาวะการเก็บ	0 เดือน	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
PE	$^{b}0.125\pm 0.04$	$^{a}0.204\pm 0.006b^{a}$	$^{a}0.216\pm 0.003b^{a}$	$^{a}0.243\pm 0.001^{a}$
^{ns}ALU	0.125 ± 0.04	0.171 ± 0.02^{a}	0.150 ± 0.01^{a}	0.142 ± 0.014^{b}
^{ns}ALU+ O_2 ABSORBER	0.125 ± 0.04	0.197 ± 0.05^{a}	0.169 ± 0.06^{a}	0.145 ± 0.008^{b}
^{ns} ALU + CO_2	0.125 ± 0.04	0.152 ± 0.007^{a}	0.159 ± 0.04^{a}	0.160 ± 0.012^{b}
^{ns} ALU + N_2	0.125 ± 0.04	0.175 ± 0.007^{a}	0.152 ± 0.04^{a}	0.152 ± 0.035^{b}

ตัวอักษรบนซ้ายที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันในแนวนอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

ตัวอักษรบนขวาที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันในแนวตั้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr3) ที่เก็บไว้ 3 เดือน

สภาวะการเก็บ	0 เดือน	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
PE	$0.0995\pm 0.008a$	$0.211\pm 0.01b^{a}$	0.185 ± 0.004^{ba}	0.210 ± 0.013^{ba}
^{ns}ALU	0.0995 ± 0.008	0.108 ± 0.017^{b}	0.10 ± 0.001^{c}	0.110 ± 0.02^{b}
^{ns}ALU+ O_2 ABSORBER	0.0995 ± 0.008	0.105 ± 0.006^{b}	0.109 ± 0.001^{bc}	0.118 ± 0.01^{b}
^{ns} ALU + CO_2	0.0995 ± 0.008	0.0965 ± 0.001^{b}	0.127 ± 0.0000^{b}	0.120 ± 0.02^{b}
^{ns} ALU + N_2	0.0995 ± 0.008	0.102 ± 0.007^{b}	0.117 ± 0.009^{bc}	0.120 ± 0.006^{b}

ตัวอักษรบนซ้ายที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันในแนวนอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

ตัวอักษรบนขวาที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันในแนวตั้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผงตำลึง(Tr 1)เมื่อเก็บไว้ 3 เดือน

สภาวะการเก็บ	0 เดือน	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
PE^{ns}	7.42± 0.07	7.45± 0.06	7.39± 0.121	7.42± 0.04
ALU^{NS}	7.42± 0.07	7.40± 0.05	7.50 ±0.04	7.49± 0.014
ALU+ O_2 ABSORBER^{NS}	7.42± 0.07	7.44±0.05	7.48± 0.04	7.48 ± 0.014
ALU + CO_2^{NS}	7.42± 0.07	7.4± 0.07	7.50 ±0.05	7.45± 0.09
ALU + N_2^{NS}	7.42± 0.07	7.42± 0.03	7.45 ±0.04	7.51± 0.014

ตัวอักษร ns แสดงค่าเฉลี่ยนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผงตำลึง(Tr 2)เมื่อเก็บไว้ 3 เดือน

สภาวะการเก็บ	0 เดือน	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
PE^{ns}	7.44± 0.07	7.29± 0.28	7.37± 0.014	7.38± 0.28
ALU^{NS}	7.44± 0.07	7.23± 0.34	7.41± 0.04	7.38± 0.007
ALU+ O_2 ABSORBER^{NS}	7.44± 0.07	7.39± 0.09	7.42± 0.02	7.39 ± 0.03
ALU + CO_2^{NS}	7.44± 0.07	7.43± 0.05	7.44± 0.02	7.37± 0.07
ALU + N_2^{NS}	7.44± 0.07	7.45±0.02	7.43± 0.00	7.40± 0.06

ตัวอักษร ns แสดงค่าเฉลี่ยนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผงตำลึง(Tr3)เมื่อเก็บไว้ 3 เดือน

สภาวะการเก็บ	0 เดือน	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
PE^{ns}	7.05± 0.11	6.73 ± 0.42	7.16 ± 0.07	7.11± 0.01
ALU^{NS}	7.05± 0.11	7.06 ± 0.00	7.11 ± 0.014	7.05± 0.11
ALU+ O_2 ABSORBER^{NS}	7.05± 0.11	7.04± 0.05	7.14 ± 0.02	7.05 ± 0.11
ALU + CO_2^{NS}	7.05± 0.11	7.04 ± 0.04	7.02 ± 0.07	7.05± 0.11
ALU + N_2^{NS}	7.05± 0.11	7.04 ± 0.03	7.09 ± 0.02	7.05± 0.11

ตัวอักษร ns แสดงค่าเฉลี่ยนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

4.4.5 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

ตารางที่ 4.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงตำลึงที่เก็บไว้ 3 เดือน

Treatment	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด(TPC) เริ่มต้น(CFU / g)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด(TPC)ผ่านไป 3 เดือน ที่45 องศาเซลเซียส(CFU / g)				
		PE	ALU	ALU+ O_2 absorber	ALU + Co_2 20 %	ALU + N_2
Tr 1	8.9×10^5	7.65×10^5	3.35×10^5	2.8×10^5	2.5×10^5	3.95×10^5
Tr 2	8.6×10^5	8.55×10^5	3.95×10^5	3.38×10^5	4.85×10^5	4.54×10^5
Tr 3	8.5×10^5	8.68×10^5	4.00×10^5	3.2×10^5	3.4×10^5	4.45×10^5

หมายเหตุ Tr 1= ผงตำลึงที่ผลิตโดยการปรับ pHเป็น 7.5

Tr 2 = ผงตำลึงที่ผลิตโดยการใช้สารละลายซิงค์คลอไรด์ความเข้มข้น 70 ppmและปรับ pHเป็น 7.5

Tr 3 =ผงตำลึงที่ผลิตโดยใช้สารละลายซิงค์คลอไรด์ความเข้มข้น 70 ppmและปรับ pHเป็น 7.5และเติมMaltodextrin 5 %

จากตารางที่4.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ของผงตำลึงที่ผลิตใน 3ลักษณะ(Tr1, Tr 2 และ Tr 3) และแยกเก็บในแต่ละสภาวะในช่วงเวลา 3 เดือน พบว่าแนวโน้มของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง โดยเฉพาะเมื่อเก็บในถุงลามิเนทในสภาวะการเก็บแบบบรรยากาศดัดแปลงต่างๆด้วยคุณสมบัติของพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้น้อย(งามทิพย์. 2537) ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบผงตำลึงที่เก็บในถุงพลาสติชนิดโพลีเอทิลีนจึงมีแนวโน้มมากกว่าการบรรจุในถุงลามิเนทซึ่งเป็นการลามิเนท 3 ชั้น(OPP / ALU / LDPE) จึงเป็นการลดการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำได้ดีขึ้น

สำหรับการบรรจุภายใต้บรรยากาศดัดแปลงด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์(งามทิพย์ .2537) รวมถึงการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศด้วยก๊าซไนโตรเจนซึ่งเป็นการแทนที่ก๊าซออกซิเจนแต่ไนโตรเจนไม่มีผลต่อจุลินทรีย์และการเติมตัวดูดออกซิเจนก็เป็นการช่วยกำจัดออกซิเจนที่หลงเหลือในภาชนะบรรจุ ซึ่งเป็นการดัดแปลงสภาวะที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

เมื่อพิจารณาสภาวะการผลิตผงตำลึงทั้ง 3 ลักษณะจะเห็นว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในผงตำลึงในกลุ่ม Tr 2 และ Tr 3มีแนวโน้มพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าที่พบในผงตำลึงในกลุ่ม Tr 1 อาจจะเป็นผลมาจากปริมาณสารละลายซิงค์คลอไรด์ที่เติมในกระบวนการผลิตผงตำลึงที่กลุ่ม Tr2 และ Tr3 ซึ่งพบว่าZn เป็นแร่ธาตุที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ ทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ในระบบเอนไซม์ในกระบวนการไกลโคไลซีส(วราวุฒิ . 2538) ของจุลินทรีย์

อย่างไรก็ตามปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในผงตำลึงที่ผลิตใน 3 ลักษณะ ที่เริ่มต้นและที่เก็บในแต่ละสภาวะการเก็บจะมีอยู่ในช่วง ไม่เกิน$1x\ 10^{-6}$ โคโลนีต่อกรัมตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ของแป้งข้าวเจ้าและในข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของผงกระหรี่และอบเชยผงซึ่งระบุว่าไม่ควรมีปริมาณจุลินทรียประเภท mesophile aerobic bacteria เกิน1x 10^{-6} โคโลนีต่อกรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.2524 ,2532 ,2538)

จากผลการทดลองทั้งหมดเพื่อพิจารณาอิทธิพลของสภาวะการเก็บแบบต่างๆต่อลักษณะทางคุณภาพของผงตำลึงที่ผลิตใน 3 ลักษณะ ก็จะเห็นได้ว่าการเก็บผงตำลึงในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน(PE)เป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมในการเก็บดังค่าสีหลักและปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึงที่เก็บไว้ 3 เดือนที่จะมีแนวโน้มลดต่ำกว่าการเก็บในสภาวะการเก็บแบบอื่นๆถึงแม้ว่าผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr 2และ Tr 3 เก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน(PE)จะให้ค่าสีหลักที่ไม่แตกต่างจากการเก็บในถุงลามิเนทที่มีสภาวะการเก็บแบบดัดแปลงบรรยากาศเนื่องจากความสามารถในการคงตัวของสารประกอบเชิงซ้อน(Zinc complex) แต่ถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน(PE)ก็ส่งผลทำให้ค่า water activity(a_w) ของผงตำลึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อไว้ 3 เดือน ซึ่งเมื่อผงตำลึงที่มีค่า a_w มากจะส่งผลทำให้ลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ของผงตำลึง และยังพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงตำลึงที่เก็บไว้ 3 เดือนที่มีค่ามากกว่าผงตำลึงที่เก็บในถุงลามิเนทในสภาวะการดัดแปลงบรรยากาศแบบต่างๆ

นอกจากนี้จากผลการทดลองพบว่าในการเก็บผงตำลึงในถุงลามิเนทแบบดัดแปลงบรรยากาศแบบใดก็ได้สามารถเลือกเก็บเนื่องจากสามารถรักษาลักษณะทางคุณภาพไม่ว่าจะเป็นสีหลักที่แสดงออกซึ่งสีเขียว ค่า water activity(a_w) และpH ที่ดีไม่แตกต่างจากลักษณะทางคุณภาพเริ่มต้นของผงตำลึง

การเกิดสารประกอบเชิงซ้อน (Zinc complex)ในกระบวนการผลิตกลุ่ม Tr2 และ Tr3 เป็นการรักษาสีของผงตำลึงที่ดี ถึงแม้ว่าค่าเปอร์เซนต์การสูญเสียค่าสีหลักของผงตำลึงระหว่างกลุ่ม Tr 1 และ Tr 2 จะใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้เป็นการเก็บในระยะเวลาสั้น(3 เดือน)ที่ 45 องศาเซลเซียสอันเป็นสภาวะเร่งเพื่อเร่งให้เห็นลักษณะทางคุณภาพที่แตกต่างตามลักษณะการเก็บนั้นยังให้ความแตกต่างไม่ชัดเจนนัก ดังนั้นควรมีการศึกษาอายุการเก็บให้ยาวนานขึ้นจะสามารถบอกการเปลี่ยนแปลงของสีและปริมาณคลอโรฟิลล์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้นในทุกๆสภาวะการเก็บ และจะเห็นความชัดเจนของความสามารถในการรักษาสีของ สารประกอบเชิงซ้อน(Zinc complex)ที่มีเปอร์เซนต์การสูญเสียค่าสีของผงตำลึงที่น้อย

4.5 ศึกษาปริมาณเบต้าแคโรทีนและปริมาณเส้นใย(dietary fiber) ที่มีในผงตำลึง

4.5.1 ปริมาณเบต้าแคโรทีน

จากตารางที่ 4.15 แสดงเปรียบเทียบปริมาณเบต้าแคโรทีนที่มีในใบตำลึงสดและผงตำลึงที่ได้จาก4.1และ 4.2 พบว่าปริมาณเบต้าแคโรทีนที่พบทั้งในใบตำลึงสดและผงตำลึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตผงตำลึงสามารถรักษาปริมาณเบต้า แคโรทีนได้

ตารางที่ 4.15 แสดงเปรียบเทียบปริมาณเบต้าแคโรทีนที่มีในใบตำลึงและผงตำลึง

สิ่งทดลอง	ปริมาณเบต้าแคโรทีน มิลลิกรัมต่อ 100กรัมน้ำหนักแห้ง
ใบตำลึง	28.00 ± 1.29^{a}
ผงตำลึง	24.93 ± 2.33^{a}

ตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

บุญยกฤต (2545)พบว่าเวลาในการลวกที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อปริมาณเบต้าแคโรทีนที่เหลืออยู่ โดยได้กล่าวเหตุผลโดยChandler and Schwartz (1988)สมมติฐานไว้ว่าความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเนื้อเยื่อพืชจึงทำให้ตัวทำละลายอินทรีย์ แทรกซึมเข้าไปในเซลล์ทำให้มีการปลดปล่อยเบต้าแคโรทีนออกมามากขึ้น จากการใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูโครงสร้างของมันเทศ พบว่าเบต้าแคโรทีนจะอยู่ในส่วนโครโมพลาส ภายหลังการให้ความร้อนโครโมพลาสและผนังเซลจะแตกออก จึงทำให้สกัดปริมาณเบต้าแคโรทีนได้มากขึ้น ปริมาณที่สกัดได้เพิ่มขึ้นชดเชยกับปริมาณที่สูญเสียด้วยความร้อนทำให้ปริมาณที่วิเคราะห์ได้เปลี่ยนแปลงน้อยหรืออาจพบว่ามากขึ้น

4.3.2 ปริมาณใยอาหาร

จากตารางที่ 4.8 แสดงเปรียบเทียบปริมาณใยอาหาร(dietary fiber)ที่มีในใบตำลึงสดและผงตำลึงที่ได้จากหัวข้อ 4.1และ4.2 พบว่าปริมาณใยอาหาร(dietary fiber)ที่พบทั้งในใบตำลึงสดและผงตำลึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.16 แสดงเปรียบเทียบปริมาณใยอาหาร(dietary fiber)ที่มีในใบตำลึงและผงตำลึง

สิ่งทดลอง	ปริมาณใยอาหาร(dietary fiber) กรัมต่อ 100กรัมน้ำหนักแห้ง
ใบตำลึง	23.50 ± 0.71^{a}
ผงตำลึง	7.81 ± 0.54^{b}

ตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ทั้งนี้เนื่องจากใยอาหาร(dietary fiber)ในใบตำลึงจะประกอบด้วยใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ(water insoluble)ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน คิวทิน และแวกซ์ และใยอาหารที่ละลายน้ำ(water soluble) ได้แก่ กัมและมิวซิเลจส์ เพกติน(สันทนา. 2540) ดังนั้นส่วนของใยอาหารที่อยู่ในผงตำลึงจึงน่าจะเป็นส่วนของใยอาหารที่ละลายน้ำได้คือ ส่วนเพกตินและมีส่วนพวกเซลลูโลส ลิกนิน คิวทิน และแวกซ์น้อยมากเพราะในกระบวนการผลิตผงตำลึงมีขั้นตอนในการคั้นน้ำตำลึงออกมาจากกากเพื่อนำมาผลิตในขั้นตอนการปรับสภาวะเพื่อรักษาสีของผงตำลึงที่ได้ จึงทำให้ปริมาณใยอาหาร(dietary fiber)ต่ำกว่าในตำลึงสด

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. ส่วนต่างๆของตำลึงให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)และส่วนที่ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดนั่นก็คือใบโดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์เท่ากับ11.9 $\pm$ 1.41 มิลลิกรัมต่อ100มิลลิกรัมของน้ำหนักตัวอย่าง

2. เวลาที่ใช้ในการลวกใบตำลึง ที่ 2 นาที ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

3. ระดับpHที่สามารถรักษาการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ให้น้อยที่สุดและค่าสีหลักที่มากที่สุดคือระดับ pHที่ 7.5 ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เท่ากับ6.61$\pm$ 0.01 มิลลิกรัมต่อ100มิลลิกรัมของน้ำหนักตัวอย่างและมีค่าสีหลักเท่ากับ116.41 $\pm$ 3.523 degree

4. สภาวะการผลิตที่สามารถให้ค่าสีหลักที่ดีที่สุดคือความเข้มข้นของซิงค์คลอไรด์($ZnCl_2$) 70 ppmและปรับpH 7.5ให้ค่าสีหลัก 119.75$\pm$ 0.474 degreeแต่มีปริมาณคลอโรฟิลล์คือ5.54$\pm$ 0.06 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิกรัมของน้ำหนักตัวอย่าง

5. ปริมาณเบต้าแคโรทีนที่พบในผงตำลึงที่ผลิตได้จากใบตำลึงมี 24.93 $\pm$ 2.33 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างแห้ง100กรัม ใบตำลึงสดเท่ากับ 28.00 $\pm$ 1.29 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม และปริมาณใยอาหาร(dietary fiber)ที่พบในผงตำลึงเท่ากับ 7.81$\pm$ 0.54 กรัมต่อตัวอย่าง แห้ง100กรัม ใบตำลึงสดมีค่าเท่ากับ 23.50 $\pm$ 0.71 กรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม

6. การเติมมอลโตเดกซ์ตริน 5 %ในกระบวนการผลิตผงตำลึงสามารถเพิ่มเปอร์เซนต์ผลผลิตที่ผลิตได้ถึง 6.3 % โดยให้ค่าสีหลักเท่ากับ 121.38 $\pm$0.03degree สามารถลดการดูดความชื้นของผงตำลึงเมื่อเปรียบเทียบกับผงตำลึงที่ไม่เติมมอลโตเดกซ์ตริน มีการกระจายตัวได้ในน้ำได้ระดับหนึ่ง

7. สภาวะการเก็บที่เหมาะสมของผงตำลึงที่ได้จากกระบวนการผลิต 3 ลักษณะได้แก่ กลุ่มที่ใช้การปรับความเป็นกรดเป็นด่างที่ 7.5 (Tr 1)ในการรักษาความคงตัวของสีเขียว กลุ่มที่ใช้การปรับความเป็นกรดเป็นด่างที่ 7.5 และสารละลายซิงค์คลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 70 ppm ในการรักษาความคงตัวของสีเขียว (Tr 2)และกลุ่มที่ใช้การปรับความเป็นกรดเป็นด่างที่ 7.5 และสารละลายซิงค์คลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 70 ppm ในการรักษาความคงตัวของสีเขียว แล้วมีการเติมมอลโตเดกซ์ติน 5% (Tr 3)เก็บที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3เดือน พบว่าถุงลามิเนทในสภาวะการเก็บแบบบรรยากาศดัดแปลงด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 20 % ก๊าซไนโตรเจน และสารดูดออกซิเจน สามารถใช้บรรจุผงตำลึงที่ผลิตใน3 ลักษณะจะให้ค่าสีหลัก(สีเขียว) ปริมาณคลอโรฟิลล์ ค่า water activity(a_w) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดดีกว่าบรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (PE)

ข้อเสนอแนะ

การผลิตและคุณภาพของผงพืชสกัดจากใบตำลึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ส่วนของใบอ่อนควรมีการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์เพื่อเก็บเป็นข้อมูลเปรียบเทียบกัน
2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับอัตราส่วนที่ใช้ในสกัด อาจจะทำให้ได้ผงพืชสกัดที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากขึ้น
3. ควรมีการศึกษาการนำผงตำลึงที่ได้มาอัดเม็ดหรือบรรจุในแคปซูลในสภาวะการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศด้วยก๊าซสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้นานขึ้น
4. ควรเพิ่มเวลาในการเก็บเพื่อเห็นความชัดเจนของความสามารถในการรักษาสีของ สารประกอบเชิงซ้อน (Zinc complex)ที่มีเปอร์เซนต์การสูญเสียค่าสีของผงตำลึงที่น้อย

บรรณานุกรม

กรมอนามัย. 2535. **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร.** กระทรวงสาธารณสุข กรุงเทพมหานคร.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2537. **ก๊าซและการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. **เอกสารประกอบการสอนหลักการบรรจุ.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณรงค์ชัย ธรรมสุริยะ นิรัชรา สุนทรวิทย์ และ ธีรนันท์ เจนจรัสสกุล. 2541. การเปลี่ยนแปลงสีของน้ำบัวบกผงสำเร็จรูป.ปัญหาพิเศษ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,กรุงเทพมหานคร.

พรชัย สินชัยพานิช สุทธิลักษณ์ สมิตะสิริและ สิติมา จิตตรินันท์. 2543. การผลิตผักตำลึงแห้งที่มีวิตามินเอสูงด้วยตู้ตากแสงอาทิตย์. **วารสารอาหาร.** 30(2) : 99 –106.

ศุภกฤตย์ ไทยอุดม. 2538. การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำบัวบก *Centella asistica*(Linn.) Urban ผงสำเร็จรูป. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

จารุณี โลกสุวรรณ. 2542. ผลกระทบของการลวกและการเติมซิงค์คลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงสีในน้ำฝรั่ง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ปทุมธานี.

ธนรัช ใกล้กลาง. 2543. ตำลึง. **เกษตรกรรมธรรมชาติ.** ฉบับที่ 8 : 31 – 32.

นัยวิท เฉลิมนนท์. 2538. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตและการใช้สีแดงธรรมชาติจากกลีบดอกกระเจี๊ยบแดง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

บุณยกฤต รัตนพันธุ์. 2543. ผลของการทำแห้งโดยตู้อบสุญญากาศที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อลูกตาลสุกอบแห้ง. สัมมนา ภาควิชาอุตสาหกรรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,กรุงเทพมหานคร.

ปริยาพร เขียวขำ. 2544. การศึกษากระบวนการผลิตและคุณสมบัติของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

วิสัย วงศ์สายปิ่น. 2541. **ผักเม็ด คลอโรฟิลล์จากวีทกราสและอัลฟัลฟา.** สำนักพิมพ์รวมทรรศน์, กรุงเทพมหานคร.

วุฒิชัย นาครักษา. 2535. **หลักการบรรจุ** : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วราวุฒิ ครูส่ง. 2538. **จุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร** : : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สันทนา อมรไชย. 2540. ใยอาหาร. อุตสาหกรรมสาร.30(3) : 18-25.

สำนักงานข้อมูลสมุนไพรคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล . 2539. **ตำลึง.ใน สมุนไพร.. ไม้พื้นบ้าน,** กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2524. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวเจ้า.** มอก. 638-2524

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2532. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผงกระหรี่.** มอก. 840-2532

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2538. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอบเชย.** มอก. 1214-2538

อุดมลักษณ์ ไชยธรรม. 2520. การศึกษาเบื้องต้นทางพฤกษศาสตร์ การเจริญเติบโตและผลผลิตของตำลึง. ปัญหาพิเศษ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Al- Kahtani, H.A. and B.H. Hassan. 1990. Spray drying of roselle (Hibiscus sabdariffa, L.) extract. **J Food Sci.** 55(4):1073-1076.

AOAC . . 1995. **Official Method of Analysis of the Association of Analysis Chemists.** 16th ed Arlington, Virginia.

Clydesdale, F.M. and Francis , F.J. 1968. Chlorophyll changes in thermally processed spinach as influenced by enzyme conversion and pH adjustment. **J. of Food Technol.** 22(6) : 793-796.

Dietrich, W.C. and Neumann H.J. 1965. Blanching brussels sprouts. **Food Technol.** 19 :1174-1177.

Fabre C.E., Santerre A.L.,Loret M.O., Baberian R., Pareilleux A. and Blane P.J. 1993. Production and Food applications of the red pigment of Monascus ruber. **J of Food Sci.** 58(5): 1099 - 1110

Gupta, S.M. and Francis , F.J. 1964. Effect of pH adjustment and high temperature short time processing on color and pigment retention in spinach puree. **Food Technol.** 18(10): 141 – 144.

Hagiwara, Y. 1995. Powder of plant green juice and process for their production. **US Patent** 5,445,839

Hagiwara, Y. 1999. Process of making a plant extract. **US Patent** 5,876,773.

Hagiwara, Y. 2000. Plant extract. **US Patent** 6,022,573.

Hall, D.O. 1994. **Photosynthesis.** Cambrige University Press, Cambridge.

Jeana, G. 1991. **Pigments in Vegetables Chlorophyll and Carotenoids.** New York :AVI Book USA.

Huctchings, J.B. 1994. **Food colour and Apperance.** London : Blackie Academic & Professional.

Joslyn, A. 1980. **Laboratory manual for food canners and processors** . Westport, Conn :AVI publishing.

Jone,D.I., White, R.C., Gibbs, E., Butler, L.S., and Nelson, L.A. 1977. Experimental formation of zinc and copper complexs of chlorophyll deriatives in vegetable tissue by thermal processing. **J. Agric .Food Chem.** 25(1) :149 – 153.

Jone, D.I., White, R.C., Gibbs, E. and Butler, L.S. 1977. Estimation of zinc pheophytins , chlorophylls and pheophytins in mixtures in diethyl ether or 80% acetone by spectrophotometry and fluorometry. **J. Agric .Food Chem.** 25(1) :146 – 149.

Kephart, J . C. 1960. Chlorophyll derivative- Their chemistry , Commercial preparation and uses. **Econ Bot.** :1-38

LaBorde, L.F. and Von Elbe, J.H. 1990. Zinc complex formation in heated vegetable purees. **J . Agri. Food Chem.** 38(2) : 484 – 487.

LaBorde, L.F and Von Elbe, J.H. 1994. Chlorophyll degradation and zinc complex formation with chlorophyll derivatives in heated green vegetable. **J. Agric.Food Chem.** 42(5) : 1100 – 1103.

Liao, V.- C. and Lin, L.-P. 1981. Electron Microscopic Studies on spray- died and freeze- dried Chlorella Powders. **J. of Chinese Agric Chem Soc.** 19(1-2): 125 – 135.

Negishi T,et al.1989.Inhibitory effect of chlorophyll on the genotoxicity of 3-amino-1-methyl-5H-pyrido(4,b) indole (Trp-P-2).**Carcinogenesis.**10(1):145-149

Schwartz, S.J.and Lorenzo, T.V. 1990. Chlorophyll in foods. **CR in Food Science and Nutrition.** 29 (1) : 1 – 16.

Sweeney, J.P. and Martin, M.E. 1961. Stability of chlorophyll in vegrtables as affected by pH. **Food Technol.** 15 : 263 – 266.

Williams, D. C.,Lim , M. H.,Chen, A. O.,Pangborn , R. M. and Whitaker, J. R. 1986. Blanching of vegetables for freezing- Which indicator enzyme to choose.**Food Technol.** :130-140

Wagenknecht A. C., Lee F. A. and Boyle F. P. 1952. The loss of chlorophyll in green peas during frozen storage and analysis. **Food Technol** . 17: 343 - 350

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์

1. การวัดค่าสีโดยใช้ Chroma meter (Minolta, CR-30D)

โดยใช้ระบบHunter Lab

1.1 วิธีการ

วัดสีของผลิตภัณฑ์โดยใส่ตัวอย่างในภาชนะทำการวัด ค่าที่ได้จากเครื่องมือ คือ ค่า L a และ b โดยที่

ค่า L แทนค่าความสว่าง

ค่า a แทนค่าสีแดง(+) แทนค่าสีเขียว (-)

ค่า b แทนค่าสีเหลือง (+) แทนค่าสีน้ำเงิน (-)

1.2 การคำนวณ H° (hue)

H° (hue) = $\tan^{-1}$ (b/a) เมื่อ $a > 0$ และ $b \geq 0$

H° (hue) = $180^{\circ} + \tan^{-1}$ (b/a) เมื่อ $a < 0$

H° (hue) = $180^{\circ} + \tan^{-1}$ (b/a) เมื่อ $a > 0$ และ $b < 0$

H° (hue) = 0 degree	สีแดง	H° (hue) = 90 degree	สีเหลือง
H° (hue) = 180 degree	สีเขียว	H° (hue) = 270 degree	สีน้ำเงิน

2. การหาปริมาณคลอโรฟิลล์ดัดแปลงจาก AOAC(1995)

2.1 วิธีการ

สุ่มตัวอย่าง 1 กรัม

↓

เติม$CaCO_3$ 0.1 กรัม

↓

สกัดตัวอย่างด้วย 85 % acetone (aq) 30 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน

↓

ปั่นสารผสมตัวอย่างในเครื่องปั่นความเร็วสูง นาน 3 นาที

↓

กรองตะกอนออกด้วยเครื่องBucher funnel และเก็บส่วนใสที่ได้ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

↓

รินส่วนใสลงในseparating funnel ที่มี สารละลายแอนไฮดรัสโซเดียมไดซัลไฟด์ความเข้มข้น 5 % ปริมาณ50 มิลลิลิตรและdiethyl ether (aq) ปริมาณ 50 มิลลิลิตร

↓

เขย่าให้เข้ากัน

↓

ตั้งทิ้งไว้รอให้เกิดการแยกชั้น

↓

ทิ้งสารละลายที่อยู่ชั้นล่างและเก็บสารละลายที่อยู่ชั้นบน

↓

รินสารละลายชั้นบนทั้งหมด ปรับปริมาตรด้วยdiethyl ether ใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร

↓

นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง(absorbance)ที่ความยาวคลื่น 660 และ642.5 นาโนเมตรด้วยเครื่อง spectrophotometer Shimadzu corporationUV 1601

↓

คำนวณหาค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดตามสมการ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด(mg / L) = $(7.12 \times A_{660}) + (16.8 \times A_{642.5})$

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

คำนวณโดย ตัวอย่างเช่น ปริมาณคลอโรฟิลล์สามารถคำนวณได้จาก สูตร

จากสูตร Total chlorophyll = 7.12 A_{660} + 16.8 $A_{642.5}$

โดย A_{660} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่ ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร

$A_{642.5}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่ ความยาวคลื่น 642.5 นาโนเมตร

ใบของตำลึงมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่คำนวณได้จากสูตรเท่ากับ9.41มิลลิกรัมต่อลิตร

ในตัวอย่างทั้งหมด 1 กรัมหรือ 1000 มิลลิกรัมมีTotal chlorophyll 9.41 มิลลิกรัม

ใบมีเปอร์เซนต์ความชื้น89.01% ดังนั้นมีน้ำหนักกาก 10.99กรัมในตัวอย่าง100กรัม

ในตัวอย่าง 109.9 มิลลิกรัม มีTotal chlorophyll 9.41 มิลลิกรัม

ดังนั้นในตัวอย่าง 100มิลลิกรัม มีTotal chlorophyll9.41*100/109.9 เท่ากับ 8.5มิลลิกรัม

3. การทดสอบประสิทธิภาพของการลวกด้วยวิธี peroxidase test

3.1 วิธีการ

นำน้ำตำลึงมา 2 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 20 มิลลิลิตร

↓

เติม0.5 %Guaiacol 1 มิลลิลิตร โดยไม่ต้องเขย่าแล้วเติม0.08 %H_2O_2 แล้วเขย่ากลับไปกลับมา เริ่มจับเวลา

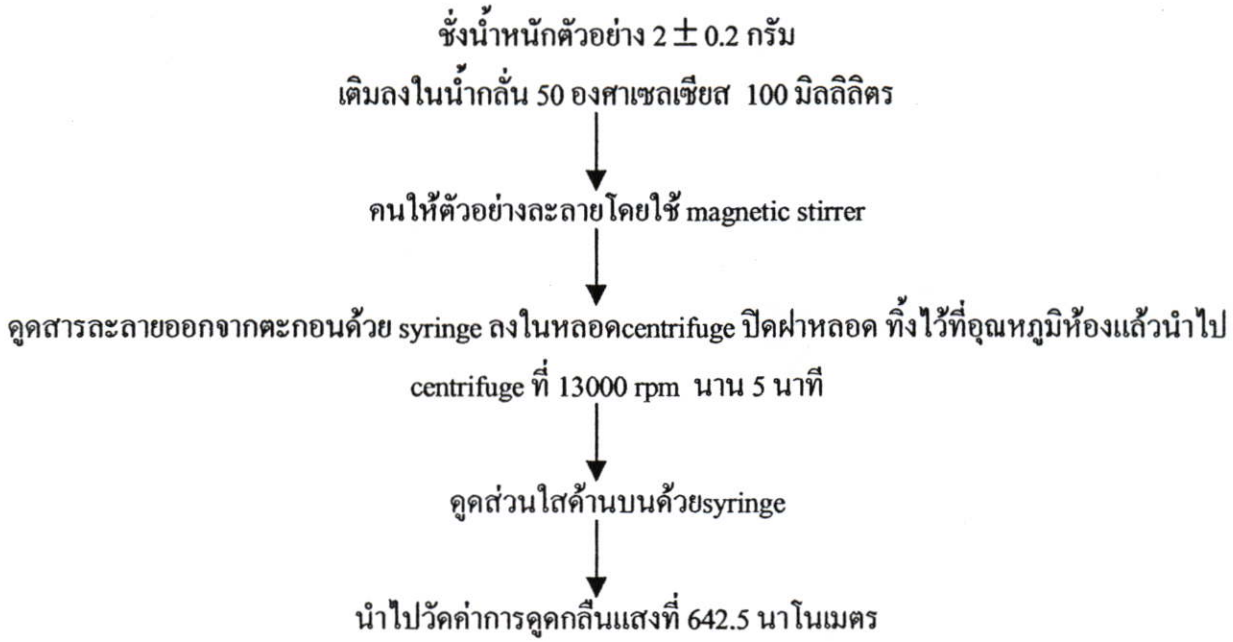
- ถ้าไม่เกิดการเปลี่ยนสีภายใน 3.5 นาที หรือไม่เกิดการเปลี่ยนสีหลัง 3.5นาทีให้ถือว่าไม่มีการทำงานของเอนไซม์ ผลการทดลองเป็นลบ
- ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสีเป็นสีออกน้ำตาลแดงอย่างชัดเจนภายใน 3 นาที ให้ถือว่ามีการทำงานของเอนไซม์ ผลการทดองเป็นบวก

หมายเหตุ – ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของสีเล็กน้อยถือว่า trace คือมีการทำงานของเอนไซม์เพื่อเล็กน้อย การลวกที่ให้ผลเป็นลบหรือ trace คือว่าการลวกเพียงพอ

4. การทดสอบคุณสมบัติในการแพร่กระจาย

(ศุภกฤต (2538)และดัดแปลงจาก Al – Kahtani และ Hassen (1990))

4.1 วิธีการ



โดยถ้าค่าการดูดกลืนแสงมีค่าต่ำ แสดงว่าอนุภาคของตัวอย่างมีการแพร่กระจายสู่น้ำเล็กน้อย

ถ้ามีค่าใกล้เคียง 1 แสดงว่าอนุภาคของตัวอย่างมีการแพร่กระจายสู่น้ำมากที่สุด

5. การดูดความชื้น(Hygroscopicity) ดัดแปลงจาก Al – Kantan และคณะ (1990)

5.1 วิธีการ

6. ปริมาณเบต้าแคโรทีน(AOAC 1998)

วิเคราะห์โดย กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

6.1 สารเคมี

6.1.1 อะซีโตน (acetone)

6.1.2 เฮกเซน (hexane) ที่จุดเดือด 60 –70 องศาเซลเซียส

6.1.3 แมกนีเซีย (activated manesia)

6.1.4 แอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟต (anhydrous sodium sulphate)

6.1.5 ไดอะตอมเมเชียส เอิร์ธ (diatomaceous earth)

6.1.6 เบต้าแคโรทีน (beta – carotene)

6.2 การสกัด

ชั่งตัวอย่าง 2 – 5 กรัม เติมอะซีโตน 40 มิลลิลิตร เฮกเซน 60 มิลลิลิตร และแมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) 0.1 กรัม ลงในเครื่องปั่น ปั่นผสมนาน 5 นาที ด้วยความเร็วสูงสุด ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน กรองแยกตะกอนออก ถ่ายส่วนใสลงในกรวยแยก ล้างตะกอนที่เหลือด้วนอะซีโตน 25 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง และเฮกเซน 25 มิลลิลิคชตร รวมเอาส่วนที่สกัดได้ไว้ด้วยกันในกรวยแยก ล้างอะซีโตนออกจากส่วนที่สกัดได้ด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร 5 ครั้ง แล้วตั้งทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้น แยกเอาสารละลายส่วนล่างทิ้ง เอาเฉพาะสารละลายส่วนบนออกใส่ลงในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร ซึ่งมีอะซีโตนอยู่ 9 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเฮกเซน

6.3 การแยกสารให้สี

บรรจุ activated magnesia – diatomaceous earth mixture ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ลงในหลอดโครมาโตรกราฟีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 มิลลิลิตร ความยาว 175 มิลลิเมตร เตรียมคอลัมน์โดยใช้ใยแก้วหรือสำลีใส่ลงในก้นของคอลัมน์บรรจุ activated magnesia – diatomaceous earth mixtureอย่างหลวมๆ ให้ได้ความสูงประมาณ 15 เซนติเมตร ติด suction flask กับคอลัมน์แล้วทำให้เกิดสุญญากาศโดยปั๊ม ทำให้ผิวหน้าเรียบโดยการใช้แท่งแก้วกระทุ้งหรือกดอัดเบาๆ จนผิวหน้าเรียบและได้ความสูงของ activated magnesia – diatomaceous earth mixtureประมาณ 10 เซนติเมตร แล้วใส่แอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟตที่ผิวหน้าให้มีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร

เทส่วนที่สกัดได้ผ่านคอลัมน์ ใช้สารผสมอะซีโตน – เฮกเซน อัตราส่วน 1 ต่อ 9 จำนวน 50 มิลลิลิตร ในการแยกและชะแถบสีเหลืองของเบต้าแคโรทีนผ่านตัวดูดซับ โดยจะต้องรักษาส่วนบนของคอลัมน์ให้มีอะซีโตน – เฮกเซนอยู่ตลอดเวลาในระหว่างการแยก เก็บสารละลายแคโรทีนที่ผ่านคอลัมน์มาใส่ในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารผสมอะซีโตน- เฮกเซน แล้วทำการวัดปริมาณของแคโรทีนด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 436 นาโนเมตร

6.4 การหาปริมาณเบต้าแคโรทีน

สร้างกราฟสารละลายเบต้าแคโรทีนมาตรฐานเพื่อนำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่วัดมาเปรียบเทียบกับกราฟเพื่อให้ทราบความเข้มข้นให้เท่ากับ Aนำมาคำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณเบต้าแคโรทีน(ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม กรัม)} = \frac{\text{Ax final volume x dilution x 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

7. การวิเคราะห์ปริมาณ Total Dietary Fiber (Gravimatic Method (AOAC, 1995))

วิเคราะห์โดย สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

7.1 วิธีการ

เตรียมตัวอย่างให้รวมเป็นเนื้อเดียว → ทำให้แห้ง → บด → สกัดไขมัน

↓

อบที่อุณหภูมิ 105 ± 2 °C ประมาณ 3 ชั่วโมง

↓

ชั่งตัวอย่างอาหารแห้ง 2 ซ้ำ ซ้ำละประมาณ 1 กรัม

(ไม่ควรต่างกันเกิน 0.02 กรัม)

↓

Incubate ขั้นที่ 1

Gelatinization และย่อย starch Oligosaccharide

↓

ใส่ phosphate buffer (pH 6) 50 mlปรับpH ให้ได้ 6± 0.2

และใส่ Termamyl solution(Amylase) 0.1 ml ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์

↓

บ่มที่อุณหภูมิ 100 °C 15 นาที(เขย่าทุก 5 นาที)

(นับจากเริ่มต้นใช้เวลาประมาร 30 นาที เพื่อให้ตัวอยางได้รับอุณหภูมิถึง 95 –100 °C)

↓

ทำให้เย็น ปรับpH ให้เป็น 7.5

(โดยเติม 0.275 N NaOH ประมาณ 10 ml)

↓

Incubate ขั้นที่ 2

ย่อยโปรตีน

↓

เติมProtease 5mg (just before use)

(อาจเตรียมโดยนำ protease 50 mg ละลายในบัฟเฟอร์ 1 ml แล้วปิเปตใช้ครั้งละ 0.1 ml)

↓

ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์

↓

บ่มที่อุณหภูมิ 60 °C 30 นาที(เขย่าอย่างต่อเนื่อง)

(นับจากเริ่มต้นใช้เวลาประมาณ 45 นาที เพื่อให้ตัวอย่างได้รับอุณหภูมิถึง 60 °C

↓

ทำให้เย็นแล้วเติมกรด 0.325 M HCl ประมาณ 10 ml

วัดค่า pH ควรอยู่ ระหว่าง 4.0 –4.6

↓

Incubate ขั้นที่ 3

ย่อยแป้งอีกครั้งให้เป็น Mono , Disaccharide

↓

เติม Amyloglucosidase 0.3 ml ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์

↓

บ่มที่อุณหภูมิ 60 °C 30 นาที (เขย่าอย่างต่อเนื่อง)

(นับจากเริ่มต้นใช้เวลาประมาณ 45 นาที เพื่อให้ตัวอย่างได้รับอุณหภูมิถึง 60 °C)

↓

เติม 95% Ethanol ที่อุ่นไว้ที่ 60°C (ประมาณ 15 นาที) ลงไป 280 ml

↓

ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 1 ชั่วโมง

↓

กรองโดยใช้เครื่อง Fitration

↓

ล้างตะกอนด้วย

78% ethanol 20 ml 3ครั้ง

95% ethanol 10 ml 2 ครั้ง

และ acetone 10 ml 2 ครั้ง

(ขณะที่ล้างด้วย acetone อย่าล้างลงในบีกเกอร์ที่เป็นพลาสติก

ควรถอดเอาแค่ crucible ออกไปล้าง โดยใช้ชุด sunction)

↓

อบให้แห้งที่ 105 °C (over night)ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์

↓

ชั่งน้ำหนักโดยหักค่า crucible และ celite ออก

การเตรียม crucible

- ใช้ crusible ขนาด porosily No 1
- ล้างให้สะอาด เผาในmuffle 525 °C 1 ชั่วโมง(ก่อนเอาออกจาก muffle รอให้อุณหภูมิ ต่ำกว่า 130 °C) ทิ้งไว้ให้เย็น จุ่มลงในน้ำกลั่น 4-5 ครั้ง และrince ด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด แล้วทิ้งให้แห้ง
- เติมcelite ประมาณ 0.5 กรัม อบที่อุณหภูมิ 130 °Cจนได้น้ำหนักคงที่ ประมาณ 2 ชั่วโมง
- ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก แล้วเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์จนกวาจะใช้
- เติม 78% ethanol จาก wash bottle , sunction เพื่อให้ผิวของ celite เรียบ

แสดงหลักการวิเคราะห์หา Total Dietary Fiber

-Duplicate แรก นำไปหาโปรตีน โดยใส่ชุดตัวอย่างทั้งหมดที่มี celite และ fiber ลงในหลอดย่อยโปรตีน ควรใช้วิธี Kjeldahl protein เนื่องจากมีปริมาณตัวอย่างมาก

-Duplicate ที่สอง นำไปหา ash โดยนำเข้า muffle furnance ที่ 525 °C นานประมาณ 5 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก ลบน้ำหนักของcrusible และ celite ออดเพื่อให้ได้น้ำหนักของash

หมายเหตุ การทำต้อง run blank ทุกครั้ง

การคิดคำนวณ

$$\text{Blank} = \text{mg blank residue} \left[\frac{(\%\ \text{protein in blank} + \text{ash in blank}) \times \text{mg blank residue}}{100} \right]$$

$$\%\ \text{protein in blank} = \left[\frac{\text{mg protein in blank}}{\text{mg blank residue}} \right] \times 100$$

$$\%\ \text{ash in blank} = \left[\frac{\text{mg ash in blank}}{\text{mg blank residue}} \right] \times 100$$

$$\%\text{TDF} = \frac{\text{mg residue} - \left[\frac{(\%\ \text{protein in residue} + \%\ \text{ash in residue}) \times \text{mg residue}}{100} \right] - \text{blank} \times 100}{\text{mg sample}}$$

$$\%\text{protein in sample} = \left[\frac{\text{mg protein in sample}}{\text{mg residue in sample}} \right] \times 100$$

$$\%\text{ash in sample} = \left[\frac{\text{mg ash in sample}}{\text{mg residue in sample}} \right] \times 100$$

8. ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC. 1998)

ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ลงใน peptone water 225 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันได้ dilution 10-1 จากนั้นใช้ปิเปตดูดมา 1 มิลลิลิตรใส่ใน peptone water ที่อยู่ในหลอด 9 มิลลิลิตร ได้ dilution 10-2 แล้วทำเช่นเดิมจนได้ dilution 10-4 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างในหลอด 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อที่อบฆ่าเชื้อแล้ว เทอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar ที่หลอมเหลวและยังอุ่นอยู่ในจานเลี้ยงเชื้อเขย่าจานให้สารละลายตัวอย่างกระจายไปทั่ว จากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว นำไปบ่มในตู้เพาะเชื้ออุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยเลือกจานที่มีจำนวนโคโลนี 30 –300 โคโลนี

9. การวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของผงตำลึง (ดัดแปลงจาก นัยวิท .2538)

ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัมละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเท่ากับ 100 มิลลิลิตร วัดค่าด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นเป็นด่าง

ภาคผนวก ข

ผลการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ที่มีในวัตถุดิบ

ตารางที่ข 1 ANOVAเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบในส่วนต่างๆในตำลึงสด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	180.510	2	90.255	73.507	.000
Within Groups	7.367	6	1.228		
Total	187.877	8			

ผลการศึกษาpH ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของคลอโรฟิลล์

ตารางที่ข 2 ANOVAเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์เมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.749	3	2.250	276.884	.000
Within Groups	3.250E-02	4	8.125E-03		
Total	6.782	7			

ตารางที่ข3 ANOVAเปรียบเทียบค่า aเมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	41.136	3	13.712	55.043	.000
Within Groups	1.993	8	.249		
Total	43.129	11			

ตารางที่ข4 ANOVAเปรียบเทียบค่า b เมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20.523	3	6.841	5.606	.023
Within Groups	9.762	8	1.220		
Total	30.285	11			

ตารางที่ข5 ANOVAเปรียบเทียบค่า Lเมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	103.693	3	34.564	1.551	.332
Within Groups	89.125	4	22.281		
Total	192.819	7			

ตารางที่ข6 ANOVAเปรียบเทียบค่าสีหลักเมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	240.329	3	80.110	24.147	.000
Within Groups	26.541	8	3.318		
Total	266.870	11			

ผลของ ความเข้มข้นของซิงค์คลอไรด์และ pH ต่อการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของคลอโรฟิลล์

ตารางที่ข7 ANOVAเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และปริมาณสารละลายซิงค์คลอไรด์

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
$ZnCl_2$	Hypothesis	4.744	2	2.372	20.048	.000
	Error	1.301	11	.118		
PH	Hypothesis	7.782	3	2.594	21.924	.000
	Error	1.301	11	.118		
REP	Hypothesis	.336	1	.336	2.841	.120
	Error	1.301	11	.118		
$ZnCl_2$ * PH	Hypothesis	2.102	6	.350	2.961	.057
	Error	1.301	11	.118		

ตารางที่ข8 ANOVA เปรียบเทียบค่าสีหลักเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และปริมาณสารละลายซิงค์คลอไรด์

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
$ZnCl_2$	Hypothesis	5.420	2	2.710	.663	.535
	Error	44.976	11	4.089		
PH	Hypothesis	111.673	3	37.224	9.104	.003
	Error	44.976	11	4.089		
REP	Hypothesis	3.046	1	3.046	.745	.407
	Error	44.976	11	4.089		
$ZnCl_2$ * PH	Hypothesis	14.244	6	2.374	.581	.739
	Error	44.976	11	4.089		

ตารางที่ข9 ANOVAเปรียบเทียบค่า aเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และปริมาณสารละลายซิงค์คลอไรด์

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PH	Hypothesis	45.150	3	15.050	27.413	.000
	Error	6.039	11	.549		
$ZnCl_2$	Hypothesis	15.155	2	7.578	13.803	.001
	Error	6.039	11	.549		
PH * $ZnCl_2$	Hypothesis	1.259	6	.210	.382	.876
	Error	6.039	11	.549		
REP	Hypothesis	9.551E-02	1	9.551E-02	.174	.685
	Error	6.039	11	.549		

ตาราง ที่ข10 ANOVAเปรียบเทียบค่า bเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และปริมาณสารละลายซิงค์คลอไรด์

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
$ZNCL_2$	Hypothesis	48.044	2	24.022	18.370	.000
	Error	14.385	11	1.308		
PH	Hypothesis	42.741	3	14.247	10.895	.001
	Error	14.385	11	1.308		
REP	Hypothesis	2.196	1	2.196	1.679	.222
	Error	14.385	11	1.308		
$ZNCL_2$ * PH	Hypothesis	11.986	6	1.998	1.528	.257
	Error	14.385	11	1.308		

ผลการเพิ่มเปอร์เซนต์ผลผลิตด้วยการเติมมอลโตเดกซ์ตรินของผงตำลึง

ตารางที่ข11 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าการดูดความชื้น ของผงตำลึงที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	29.633	6	4.939	71.964	.000
Within Groups	.480	7	6.863E-02		
Total	30.113	13			

ตารางที่ข12 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าการแพร่กระจาย(Dispersion) ของผงตำลึงที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.133	6	2.209E-02	32.463	.000
Within Groups	4.763E-03	7	6.804E-04		
Total	.137	13			

ตารางที่ข13 แสดงตาราง ANOVAเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึงที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22.387	6	3.731	8.807	.006
Within Groups	2.966	7	.424		
Total	25.353	13			

ตารางที่ข 14 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าสีหลัก ของผงตำลึงที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	36.629	6	6.105	1.498	.303
Within Groups	28.533	7	4.076		
Total	65.162	13			

ผลการศึกษาสภาวะการเก็บภายใต้บรรยากาศดัดแปลงของผงตำลึง

ตารางที่ข 15 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าสีหลักของผงตำลึง(Tr 1)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	36.314	4	9.078	2.443	.177
Within Groups	18.579	5	3.716		
Total	54.893	9			

ตารางที่ข 16 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าสีหลักของผงตำลึง(Tr 2)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	29.800	4	7.450	1.950	.241
Within Groups	19.098	5	3.820		
Total	48.897	9			

ตารางที่ ข 17 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าสีหลักของผงตำลึง(Tr 3)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	40.626	4	10.157	.286	.876
Within Groups	177.808	5	35.562		
Total	218.434	9			

ตารางที่ ข 18 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ ของผงตำลึง(Tr 1)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.829	4	.207	3.157	.120
Within Groups	.328	5	6.562E-02		
Total	1.157	9			

ตารางที่ข19 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ ของผงตำลึง(Tr 2)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.541	4	.385	2.313	.191
Within Groups	.833	5	.167		
Total	2.374	9			

ตารางที่ ข 20 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ ของผงตำลึง(Tr 3)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.500	4	.125	4.462	.066
Within Groups	.140	5	2.802E-02		
Total	.640	9			

ตารางที่ข21 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr:1)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 1เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.569E-03	4	1.392E-03	10.785	.011
Within Groups	6.455E-04	5	1.291E-04		
Total	6.215E-03	9			

ตารางที่ข 22 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr 1)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 2เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.115E-03	4	2.029E-03	3.550	.099
Within Groups	2.857E-03	5	5.715E-04		
Total	1.097E-02	9			

ตารางที่ข23 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr:1)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.065E-03	4	2.016E-03	16.222	.005
Within Groups	6.215E-04	5	1.243E-04		
Total	8.687E-03	9			

ตารางที่ข24 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr 1)ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.334E-02	3	4.447E-03	547.379	.000
Within Groups	3.250E-05	4	8.125E-06		
Total	1.337E-02	7			

ตารางที่ข25 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr:1)ที่เก็บในถุงลามิเนทในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.095E-04	3	2.698E-04	3.331	.138
Within Groups	3.240E-04	4	8.100E-05		
Total	1.134E-03	7			

ตารางที่ข26 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr:1)ที่เก็บในถุงลามิเนท+ ตัวดูดออกซิเจนในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.266E-03	3	4.221E-04	2.894	.166
Within Groups	5.835E-04	4	1.459E-04		
Total	1.850E-03	7			

ตารางที่ข27 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr:1)ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วย$CO_2$20%ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.129E-03	3	1.376E-03	1.953	.263
Within Groups	2.819E-03	4	7.047E-04		
Total	6.948E-03	7			

ตารางที่ข28 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr:1)ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วยN_2ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.089E-03	3	3.631E-04	3.189	.146
Within Groups	4.555E-04	4	1.139E-04		
Total	1.545E-03	7			

ตารางที่ข29 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr2)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 1เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.476E-03	4	8.689E-04	1.871	.254
Within Groups	2.322E-03	5	4.645E-04		
Total	5.798E-03	9			

ตารางที่ข 30 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr2)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 2เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.939E-03	4	1.485E-03	1.482	.334
Within Groups	5.009E-03	5	1.002E-03		
Total	1.095E-02	9			

ตารางที่ข 31 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr2)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.412E-02	4	3.530E-03	9.986	.013
Within Groups	1.767E-03	5	3.535E-04		
Total	1.589E-02	9			

ตารางที่ข 32 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr:2)ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.533E-02	3	5.109E-03	13.584	.015
Within Groups	1.504E-03	4	3.761E-04		
Total	1.683E-02	7			

ตารางที่ข 33 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr2)ที่เก็บในถุงลามิเนท+ตัวดูดออกซิเจน ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.669E-03	3	1.890E-03	1.146	.432
Within Groups	6.597E-03	4	1.649E-03		
Total	1.227E-02	7			

ตารางที่ข 34 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr:2)ที่เก็บในถุงลามิเนท ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.188E-03	3	7.293E-04	1.348	.378
Within Groups	2.164E-03	4	5.410E-04		
Total	4.352E-03	7			

ตารางที่ข 35 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr2)ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วยCO_2 20% ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.571E-03	3	5.235E-04	1.238	.406
Within Groups	1.691E-03	4	4.228E-04		
Total	3.262E-03	7			

ตารางที่ข 36 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr2)ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วยN_2 ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.508E-03	3	8.360E-04	.857	.532
Within Groups	3.902E-03	4	9.755E-04		
Total	6.410E-03	7			

ตารางที่ข 37 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr: 3)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 1เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.885E-02	4	4.711E-03	116.904	.000
Within Groups	2.015E-04	5	4.030E-05		
Total	1.905E-02	9			

ตารางที่ข 38 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr:3)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 2เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.071E-03	4	2.018E-03	31.429	.001
Within Groups	3.210E-04	5	6.420E-05		
Total	8.392E-03	9			

ตารางที่ข 39 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr: 3)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.514E-02	4	3.785E-03	23.110	.002
Within Groups	8.190E-04	5	1.638E-04		
Total	1.596E-02	9			

ตารางที่ข40 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr3 ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.656E-02	3	5.520E-03	52.448	.001
Within Groups	4.210E-04	4	1.052E-04		
Total	1.698E-02	7			

ตารางที่ข41 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr:3)ที่เก็บในถุงลามิเนท ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.270E-04	3	4.233E-05	.296	.828
Within Groups	5.730E-04	4	1.432E-04		
Total	7.000E-04	7			

ตารางที่ข 42 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr:3)ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วยCO_2 20% ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.607E-03	3	5.358E-04	3.958	.109
Within Groups	5.415E-04	4	1.354E-04		
Total	2.149E-03	7			

ตารางที่ข 43 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr: 3)ที่เก็บในถุงลามิเนท+ ตัวดูดออกซิเจน ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.644E-04	3	1.215E-04	2.524	.196
Within Groups	1.925E-04	4	4.812E-05		
Total	5.569E-04	7			

ตารางที่ข44 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าwater activity ของผงตำลึง(Tr:3)ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วยN_2 ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.104E-04	3	2.035E-04	3.848	.113
Within Groups	2.115E-04	4	5.287E-05		
Total	8.219E-04	7			

ตารางที่ข45 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr:1)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 1 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.740E-03	4	9.350E-04	.317	.856
Within Groups	1.475E-02	5	2.950E-03		
Total	1.849E-02	9			

ตารางที่ข 46 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr 1)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 2 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.704E-02	4	4.260E-03	1.031	.473
Within Groups	2.065E-02	5	4.130E-03		
Total	3.769E-02	9			

ตารางที่ข47 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr:1)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.016E-02	4	2.540E-03	1.192	.416
Within Groups	1.065E-02	5	2.130E-03		
Total	2.081E-02	9			

ตารางที่ข48 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr 1)ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.125E-02	3	3.750E-03	1.007	.477
Within Groups	1.490E-02	4	3.725E-03		
Total	2.615E-02	7			

ตารางที่ข49 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr:1)ที่เก็บในถุงลามิเนทในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.510E-02	3	5.033E-03	2.262	.223
Within Groups	8.900E-03	4	2.225E-03		
Total	2.400E-02	7			

ตารางที่ข50 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr:1)ที่เก็บในถุงลามิเนท+ ตัวดูดออกซิเจนในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.500E-03	3	2.167E-03	.996	.480
Within Groups	8.700E-03	4	2.175E-03		
Total	1.520E-02	7			

ตารางที่ข51 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr:1)ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วย$CO_2$20%ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.045E-02	3	3.483E-03	.667	.615
Within Groups	2.090E-02	4	5.225E-03		
Total	3.135E-02	7			

ตารางที่ข52 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr:1)ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วยN_2ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.084E-02	3	3.612E-03	1.993	.257
Within Groups	7.250E-03	4	1.812E-03		
Total	1.809E-02	7			

ตารางที่ข53 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr2)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 1 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.884E-02	4	1.721E-02	.425	.786
Within Groups	.203	5	4.052E-02		
Total	.271	9			

ตารางที่ข 54 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr2)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 2เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.460E-03	4	1.365E-03	2.730	.150
Within Groups	2.500E-03	5	5.000E-04		
Total	7.960E-03	9			

ตารางที่ข 55 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr2)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.400E-04	4	2.350E-04	.118	.970
Within Groups	9.950E-03	5	1.990E-03		
Total	1.089E-02	9			

ตารางที่ข 56 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr:2)ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.161	3	5.355E-02	2.326	.216
Within Groups	9.210E-02	4	2.303E-02		
Total	.253	7			

ตารางที่ข 57 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr2)ที่เก็บในถุงลามิเนท+ ตัวดูดออกซิเจน ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.450E-03	3	1.150E-03	.269	.845
Within Groups	1.710E-02	4	4.275E-03		
Total	2.055E-02	7			

ตารางที่ข 58 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr:2)ที่เก็บในถุงลามิเนท ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.954E-02	3	1.651E-02	.544	.678
Within Groups	.121	4	3.034E-02		
Total	.171	7			

ตารางที่ข 59 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr2)ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วยCO_2 20% ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.838E-03	3	1.946E-03	.558	.670
Within Groups	1.395E-02	4	3.488E-03		
Total	1.979E-02	7			

ตารางที่ข 60 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr2)ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วยN_2 ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.838E-03	3	9.458E-04	.359	.787
Within Groups	1.055E-02	4	2.638E-03		
Total	1.339E-02	7			

ตารางที่ข 61 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr: 3)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 1 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.212	4	5.311E-02	1.435	.345
Within Groups	.185	5	3.701E-02		
Total	.397	9			

ตารางที่ข 62 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr:3)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 2เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.474E-02	4	6.185E-03	2.545	.167
Within Groups	1.215E-02	5	2.430E-03		
Total	3.689E-02	9			

ตารางที่ข63 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr: 3)ในแต่ละสภาวะการเก็บที่เก็บ 3เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.000E-03	4	1.250E-03	.339	.842
Within Groups	1.845E-02	5	3.690E-03		
Total	2.345E-02	9			

ตารางที่ข64 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr3 ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.309	3	.103	.930	.504
Within Groups	.443	4	.111		
Total	.752	7			

ตารางที่ข65 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr:3)ที่เก็บในถุงลามิเนท ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.820E-02	3	6.067E-03	1.348	.378
Within Groups	1.800E-02	4	4.500E-03		
Total	3.620E-02	7			

ตารางที่ข 66 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr:3)ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วยCO_2 20% ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.450E-03	3	4.833E-04	.072	.972
Within Groups	2.670E-02	4	6.675E-03		
Total	2.815E-02	7			

ตารางที่ข 67 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr: 3)ที่เก็บในถุงลามิเนท+ ตัวดูดออกซิเจน ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.430E-02	3	8.100E-03	1.964	.262
Within Groups	1.650E-02	4	4.125E-03		
Total	4.080E-02	7			

ตารางที่ข68 แสดงตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าpH ของผงตำลึง(Tr:3)ที่เก็บในถุงลามิเนทภายใต้ดัดแปลงบรรยากาศด้วยN_2 ในระยะเวลาการเก็บ3 เดือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.437E-03	3	1.146E-03	.120	.944
Within Groups	3.825E-02	4	9.563E-03		
Total	4.169E-02	7			

ภาคผนวก ค

ผลของการเพิ่มเปอร์เซนต์ผลผลิตด้วยการเติมมอลโตเดกซ์ตรินของผงตำลึง

ตารางที่ค1 แสดงค่าสีของผงตำลึงที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน

Tr	L	a	b
0%	54.56	12.24	17.75
0.5%	53.43	13.058	20.47
1%	60.81	12.25	20.15
2%	60.45	11.43	19.31
3%	60.79	11.80	19.13
5%	60.82	11.58	18.98
6%	62.63	11.41	20.69

ผลการศึกษาสภาวะการเก็บภายใต้บรรยากาศดัดแปลงของผงตำลึง

ตารางที่ค2 แสดงค่าสีหลักของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr1 เมื่อเก็บเป็นเวลา 3เดือนที่สภาวะการเก็บต่างๆ

สภาวะการเก็บ	0 เดือน	3 เดือน
PE	125.76± 0.42	116.10 ± 0.03^{b}
ALU	125.76±0.42	120.92 ± 3.10^{ab}
ALU+ O_2 ABSORBER	125.76±0.42	121.62 ± 2.89^{a}
ALU + CO_2	125.76±0.42	119.2 ± 0.65^{ab}
ALU + N_2	125.76±0.42	119.29 ± 0.45^{ab}

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ค3 แสดงค่าสีหลักของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr2 เมื่อเก็บเป็นเวลา 3เดือนที่สภาวะการเก็บต่างๆ

สภาวะการเก็บ	0 เดือน	3 เดือน
PE	125.48± 1.39	118.76±0.49^{a}
ALU	125.48± 1.39	121.22±3.13^{a}
ALU+ O_2 ABSORBER	125.48± 1.39	121.85± 2.09^{a}
ALU + CO_2	125.48± 1.39	119.33±1.97^{a}
ALU + N_2	125.48± 1.39	118.96±1.83^{a}

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ค4 แสดงค่าสีหลักของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr3 เมื่อเก็บเป็นเวลา 3เดือนที่สภาวะการเก็บต่างๆ

สภาวะการเก็บ	0 เดือน	3 เดือน
PE	117.98± 0.77	105.49±5.70^{a}
ALU	117.98± 0.77	107.59±5.83^{a}
ALU+ O_2 ABSORBER	117.98± 0.77	110.68 ± 5.67^{a}
ALU + CO_2	117.98± 0.77	105.45±6.6^{a}
ALU + N_2	117.98± 0.77	105.68±5.6^{a}

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ค5 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr1 เมื่อเก็บเป็นเวลา 3เดือนที่สภาวะการเก็บต่างๆ(มิลลิกรัม ต่อตัวอย่างแห้ง100มิลลิกรัม)

สภาวะการเก็บ	0 เดือน	3 เดือน
PE	5.39±0.13	3.65±0.32^{b}
ALU	5.39±0.13	4.28 ±0.35^{ab}
ALU+ O_2 ABSORBER	5.39±0.13	4.41 ± 0.04^{a}
ALU + CO_2	5.39±0.13	3.88 ±0.45^{ab}
ALU + N_2	5.39±0.13	3.84 ±0.28^{ab}

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ค6 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr2 เมื่อเก็บเป็นเวลา 3เดือนที่สภาวะการเก็บต่างๆ(มิลลิกรัม ต่อตัวอย่างแห้ง100มิลลิกรัม)

สภาวะการเก็บ	0 เดือน	3 เดือน
PE	5.28 ±0.09	2.71 ±0.33b
ALU	5.28 ±0.09	3.59 ±0.65^{ab}
ALU+ O_2 ABSORBER	5.28 ±0.09	3.82 ± 0.54^{a}
ALU + CO_2	5.28 ±0.09	3.07±0.04^{ab}
ALU + N_2	5.28 ±0.09	3.17 ±0.04^{ab}

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ค7 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผงตำลึงที่ผลิตในกลุ่ม Tr3 เมื่อเก็บเป็นเวลา 3เดือนที่สภาวะการเก็บต่างๆ(มิลลิกรัม ต่อตัวอย่างแห้ง100มิลลิกรัม)

สภาวะการเก็บ	0 เดือน	3 เดือน
PE	2.55± 0.04	1.13 ±0.05^{b}
ALU	2.55± 0.04	1.34 ±0.25^{b}
ALU+ O_2 ABSORBER	2.55± 0.04	1.82 ± 0.21^{a}
ALU + CO_2	2.55± 0.04	1.48 ±0.16^{ab}
ALU + N_2	2.55± 0.04	1.42 ±0.08^{ab}

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค8 แสดงค่าสีของผงตำลึงที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน

Tr	L		a		B	
	เริ่มต้น	เก็บ3 เดือน	เริ่มต้น	เก็บ 3 เดือน	เริ่มต้น	เก็บ 3 เดือน
1	53.63	53.41	10.77	7.00	14.95	20.16
2	54.98	54.63	10.83	7.81	15.25	14.24
3	67.04	66.23	10.48	4.45	19.73	15.84

ตารางที่ค9 แสดงค่าสีของผงตำลึงที่บรรจุในถุงลามิเนท

Tr	L		a		b	
	เริ่มต้น	เก็บ3 เดือน	เริ่มต้น	เก็บ 3 เดือน	เริ่มต้น	เก็บ 3 เดือน
1	53.63	54.18	10.77	8.09	14.95	13.53
2	54.98	52.61	10.83	8.67	15.25	14.75
3	67.04	65.78	10.48	4.75	19.73	14.84

ตารางที่ ค10 แสดงค่าสีของผงตำลึงที่บรรจุในถุงลามิเนทเติมตัวดูดออกซิเจน

Tr	L		a		b	
	เริ่มต้น	เก็บ3 เดือน	เริ่มต้น	เก็บ 3 เดือน	เริ่มต้น	เก็บ 3 เดือน
1	53.63	53.72	10.77	8.76	14.95	14.22
2	54.98	54.62	10.83	8.65	15.25	15.23
3	67.04	65.37	10.48	7.125	19.73	18.69

ตารางที่ ค11 แสดงค่าสีของผงตำลึงที่บรรจุในถุงลามิเนทดัดแปลงด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 20 %

Tr	L		a		B	
	เริ่มต้น	เก็บ3 เดือน	เริ่มต้น	เก็บ 3 เดือน	เริ่มต้น	เก็บ 3 เดือน
1	53.63	53.84	10.77	7.96	14.95	14.24
2	54.98	55.31	10.83	8.02	15.25	14.32
3	67.04	64.83	10.48	4.33	19.73	15.5

ตารางที่ ค12 แสดงค่าสีของผงตำลึงที่บรรจุในถุงลามิเนทดัดแปลงด้วยก๊าซไนโตรเจน

Tr	L		a		b	
	เริ่มต้น	เก็บ3 เดือน	เริ่มต้น	เก็บ 3 เดือน	เริ่มต้น	เก็บ 3 เดือน
1	53.63	54.91	10.77	7.935	14.95	14.15
2	54.98	54.82	10.83	8.08	15.25	15.53
3	67.04	66.12	10.48	4.475	19.73	15.54

ประวัติผู้เขียน

นางสาว ปิยนุช ธิราชเกื้อกูล เกิดวันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2520 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ) สาขาอุตสาหกรรมเกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2541 ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ในสาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2545