การผลิตเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรด

Production of dietary fibers powder from pineapple peels

ปริญญานิพนธ์

ของ

กาญจนา	วรรณปะโพธิ์	53010313007
ศรินลักษณ์	เชิดทอง	54010325008

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมชีวภาพ

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมชีวภาพ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ละมุล วิเศษ)

..... กรรมการ
(อ.เพียรพรรณ. สุภะโคตร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์)

มหาวิทยาลัยมหาสารคามได้อนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมชีวภาพ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บพิธ บุปผโชติ)
หัวหน้าสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

Mahasarakham University

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทรงชัย วิริยะ-อำไพวงศ์ ซึ่งกรุณาให้ความรู้และคำแนะนำในการทำปริญญานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำในการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทั้งทางด้านการค้นคว้า ด้วยความเอาใจใส่และสนับสนุนมาตลอด ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ละมุล วิเศษ ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ และอาจารย์เพียรพรรณ สุภะโคตร กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณบุคลากร เจ้าหน้าที่ สาขาวิชาวิศวกรรมชีวภาพ ที่ได้ให้ความช่วยเหลืออุปกรณ์และสถานที่ รวมถึงคำแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคต่างๆ ที่ทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัว ผู้มีพระคุณทั้งหลาย และขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจ เอาใจใส่ดูแล และสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างด้วยดีโดยเฉพาะการให้คำปรึกษาที่ดีแก่ผู้จัดทำตลอดมา

ขอขอบพระคุณนักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่นทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการศึกษาและทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้จนประสบผลสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณนักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการในการศึกษาและทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้จนประสบผลสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่เป็นแหล่งให้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและเป็นผู้ให้ข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ น้อมสำนึกในคุณค่าตำราของคณาจารย์ที่นำมาค้นคว้า และกล่าวอ้างอิงด้วยความเคารพอย่างสูงยิ่ง

ขอขอบพระคุณ องค์การบริหารส่วนตำบลศรีสุข ตำบลศรีสุข อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัย และวัตถุดิบในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย มหาสารคาม ที่สนับสนุนทุนนิสิตปริญญาตรี-อุตสาหกรรม งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2557

หากเนื้อหาหรือข้อมูลต่างๆในปริญญานิพนธ์นี้ เป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจศึกษาและผู้ทำการวิจัยท่านอื่นๆ ผู้จัดทำขอยกคุณความดีทั้งหลายนี้ให้แก่บุคคลทุกท่านที่กล่าวมา ท้ายที่สุดหากปริญญานิพนธ์เล่มนี้มีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำต้องกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ศรินลักษณ์ เชิดทอง
กาญจนา วรรณปะโพธิ์

Mahasarakham University

ชื่อเรื่อง การผลิตเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรด
ผู้วิจัย นางสาวศรินลักษณ์ เชิดทอง
นางสาวกาญจนา วรรณปะโพธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์
ปริญญา วศ.บ. **สาขาวิชา** วิศวกรรมชีวภาพ
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2557

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียอายุประมาณ 4-5 เดือน ผิวเปลือกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธีการเตรียมวัตถุดิบที่แตกต่างกัน 4 วิธี คือ การบดแห้ง การบดเปียก การบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำที่อุณหภูมิห้อง และการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำร้อนที่ 95 องศาเซลเซียส ตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีการต่างๆ จะนำมาสกัดไขมันออกโดยแช่เอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยน้ำหนัก 24 ชั่วโมง และสกัดโปรตีนออกโดยแช่ในน้ำสับปะรดที่ pH 3.5 นาน 24 ชั่วโมง พบว่า ได้ ผลผลิตร้อยละ 61.08 54.06 52.72 และ 40.91 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาณเส้นใยรวม ความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมัน พบว่า ใยอาหารที่เตรียมโดยวิธีการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำร้อนที่ 95 องศาเซลเซียส มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันสูงที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับใยอาหารที่เตรียมด้วยวิธีอื่นๆ โดยที่เงื่อนไขนี้ เส้นใยผงมีปริมาณน้ำอิสระ 0.48 ปริมาณเส้นใยรวมร้อยละ 45.03 ความสามารถในการอุ้มน้ำ 7.56 กรัมน้ำ/กรัมตัวอย่าง ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน 2.24 กรัมน้ำมัน/กรัมตัวอย่างและ ค่า L a b เท่ากับ 46.76 5.81 15.82 ตามลำดับ

Mahasarakham University

TITLE Production of dietary fibers powder from pineapple peels
AUTHOR Miss Sarinlak Chirdthong
Miss Kanjana Wannapapho
ADVISOR Asst. Prof. Dr. Songchai Wiriyaumpaiwong
DEGREE B.Eng. (Biological Engineering)
UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2014

ABSTRACT

The purpose of this project was to study the production of dietary fibers powder from pineapple peels. Pineapple was Batavia cultivar 4-5 months age which peel begins to change to yellow approximate 10%. Four various pretreatment methods were investigated as follows; dry milling, wet milling, wet milling with washing by water at room temperature and wet milling with washing by hot water at 95°C. Samples prepared by these 4 pretreatment methods were extracted fat by soaking in ethanol 95% by weight for 24 hours and were then extracted protein by soaking in pineapple juice at pH 3.5 for 24 hours. The results showed that product yields were 61.08, 54.06, 52.72 and 40.91%, respectively. However, if considered from total dietary fiber and oil and water holding capacities, the dietary fibers prepared by wet milling with washing by hot water at 95°C had the highest total dietary fiber content and oil holding capacity which were significant different at 95% confidence limit when compared with the other pretreatment methods. By this condition, fibers powder had 0.48 water activity, 45.03% total fiber, 7.56 g/g sample water holding capacity and 2.24 g/g sample oil holding capacity. In addition, L a b values were 46.76, 5.81 and 15.82, respectively.

Mahasarakham University

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ที่มาและความสำคัญ	1
	วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
	ขอบเขตการศึกษา	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
	สถานที่ดำเนินการศึกษา	3
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
	ใยอาหาร (Dietary fiber)	4
	แหล่งของใยอาหาร	18
	ปริมาณที่ควรได้รับ	19
	ประโยชน์ของใยอาหาร	19
	คุณสมบัติของใยอาหารต่อผลิตภัณฑ์อาหาร	20
	การสกัดใยอาหาร	20
	การผลิตใยอาหารผงในอุตสาหกรรม	21
	เส้นใยสับปะรด	22
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
3	วิธีดำเนินการศึกษา	29
	เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมี	29
	เปลือกผลไม้ที่นำมาวิจัย	31
	วิธีการทดลอง	31
	การกำจัดไขมัน	32
	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จากเปลือกสับปะรดหลังแช่เอทานอล	32
	การกำจัดโปรตีน	32
	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จากเปลือกสับปะรดหลังแช่น้ำสับปะรด	33
	การวิเคราะห์เส้นใยรวม	33
	ศึกษาคุณสมบัติของใยอาหารผงที่สกัดได้	35
	วิธีวิเคราะห์และการคำนวณ	35

Mahasarakham University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการศึกษาค้นคว้า	37
ปริมาณเส้นใยของเปลือกสับปะรดเริ่มต้น	37
การศึกษากระบวนการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด	37
คุณสมบัติของใยอาหารที่สกัดได้จากวิธีการผลิตใยอาหารที่แตกต่างกัน 4 วิธี	39
5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	45
สรุปผลการทดลอง	45
ข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม	46
ภาคผนวก	47
ภาคผนวก ก ตารางผลการทดลอง (ผลดิบ)	48
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์ผลการทดลอง (ผลคำนวณ)	69
ภาคผนวก ค รูปภาพที่เกี่ยวกับการทดลอง	72
ประวัติย่อของผู้วิจัย	86

Mahasarakham University

บัญชีตาราง

ตาราง **หน้า**

1 การใช้เซลลูโลส (cellulose) เพื่อเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) 6
2 ปริมาณอินูลินที่พบในอาหารบางชนิด 11
3 สารให้ความหวาน 13
4 กระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผงใยอาหารปริมาณสูง 21
5 ค่าสีและปริมาณน้ำอิสระ(aw) ของใยอาหารจากเปลือกสับปะรดที่เตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีต่างๆ 40
6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปลอิสระ 41
7 คุณสมบัติการอุ้มน้ำของใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกสับปะรด 41
8 คุณสมบัติการอุ้มน้ำมันของใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกสับปะรด 42
9 ปริมาณใยอาหารและคุณสมบัติของใยอาหารจากแหล่งวัตถุดิบอื่นๆ 44
10 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำก่อนแช่เอทานอล 49
11 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำหลังแช่เอทานอล 50
12 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำหลังแช่น้ำสับปะรด 52
13 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำมันก่อนแช่เอทานอล 55
14 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำมันหลังแช่เอาทานอล 56
15 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำมันหลังแช่น้ำสับปะรด 59
16 ผลการทดสอบค่าสี L a b สับปะรดก่อนแช่เอทานอล 62
17 ผลการทดสอบค่าสี L a b สับปะรดหลังแช่เอทานอล 63
18 ผลการทดสอบค่าสี L a b สับปะรดหลังแช่น้ำสับปะรด 64
19 ผลของน้ำหนักการเตรียม Crucible 65
20 ผลของน้ำหนักก่อนเผา Fritted Crucible + Celite 0.5 g + ตะกอนกากใย 65
21 ผลของน้ำหนักหลังเผา Fritted Crucible + Celite 0.5 g + ตะกอนกากใย 66
22 ผลของน้ำหนักตะกอนกากใยก่อนเผา 66
23 ผลการทดลองการวิเคราะห์เถ้า 67
24 ผลการทดลองการวิเคราะห์โปรตีน 67
25 ผลการวิเคราะห์โปรตีน เถ้า และเส้นใยรวม 68

Mahasarakham University

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 โครงสร้างเซลลูโลส 5
2 แสดงโครงสร้างผนังเซลล์พืช (plant cell wall structure) 5
3 Process for the conversion of starch to maltodextrins 8
4 การใช้มอลโตเดกซ์ตรินในผลิตภัณฑ์อาหาร 9
5 โครงสร้างโมเลกุลของอินูลิน (inulin) และแหล่งของอินูลินในอาหาร 10
6 โครงสร้างโมเลกุลของ Oligofructose 12
7 Polyhydroxy alcohol 13
8 โครงสร้างโมเลกุลของเพคติน 15
9 ค่า Degree of Degree of methyl esterilfication (DM) 16
10 โครงสร้างของกลูโคแมนแนน 17
11 สัดส่วนองค์ประกอบของผลสับปะรด 23
12 ผลพลอยได้และเศษเหลือจากโรงงานทำสับปะรดกระป๋อง 25
13 ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางอาหารของเปลือกจากสับปะรด 26
14 ส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกจากสับปะรดจากโรงงาน..... 26
15 วิธีการเตรียมตัวอย่างสำหรับการสกัดเส้นใย 32
16 ผลผลิตจากการเตรียมตัวอย่างแต่ละวิธี 38
17 ไยอาหารจากเปลือกสับปะรดที่สกัดได้จากวิธีการต่างๆ 38
18 แสดงปริมาณเส้นใยอาหารรวมที่ได้จากวิธีการผลิตใยอาหารที่แตกต่างกัน 4 วิธี 39
19 ตู้อบลมร้อน 73
20 เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง 73
21 โถดูดความชื้น (Desiccators) 74
22 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) 74
23 เครื่องเขย่าแบบอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Shaker water bath) 75
24 Fillter crucible เบอร์ 2 75
25 pH meter 76
26 Suction pump 76
27 เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง 77
28 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) 77
29 Muffle furnace 78
30 บีกเกอร์ 78
31 เครื่องวัด water activity (Aw) 79
32 เครื่องวัดค่าสี Hunter lab 79

Mahasarakham University

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

33 เครื่องเหวี่ยงแยกความเร็วสูง (Centrifuge) 80
34 ตะแกรงร่อนขนาดรูตะแกรง 850 Micron 80
35 เครื่องผสมสารละลาย Vortex Mixer 81
36 ผลผลิตจากเปลือกสับปะรดที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีต่างๆ 81
37 น้ำสับปะรด pH 3.5 82
38 อบเปลือกสับปะรดวิธีต่างๆ เพื่อเตรียมวัตถุดิบ 82
39 สับปะรดที่ผ่านการบดเบียก 83
40 สับปะรดที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีต่างๆ เพื่อทำไปอบจนแห้ง 83
41 การบดเบียกร่วมกับการล้างน้ำ 84
42 นำเปลือกสับปะรดที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีต่างๆ มาแช่เอทานอล และน้ำสับปะรด เพื่อสกัดไขมัน โปรตีน ตามลำดับ 84
43 เปลือกสับปะรดที่ผ่านการเตรียมทั้ง 4 วิธี 85
44 ปริมาณเถ้าที่ได้ 85

Mahasarakham University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เส้นใยอาหาร เป็นส่วนประกอบอินทรีย์ของพืช ประกอบด้วยสารประกอบคาร์โบไฮเดรต เชิงซ้อนที่ไม่ใช่แป้ง ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน เบต้ากลูแคน กัม และมิวซิเลจส์ เป็นต้น สารประกอบที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต ได้แก่ ลิกนิน คิวติน และ แวกซ์ เป็นต้น (Bennink, 1998) ปริมาณและส่วนประกอบของเส้นใยอาหารขึ้นอยู่กับ อายุ พันธุ์ ชนิดและส่วนต่างๆของพืช เส้นใยอาหารเป็นแหล่งอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า เปลือกสับปะรดมีส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกสับปะรดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ทางวัตถุแห้ง 96.28 เปอร์เซ็นต์ โดยเปลือกสับปะรดมีโปรตีน 6.37 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.13 เปอร์เซ็นต์ เยื่อไย 20.60 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 6.62 เปอร์เซ็นต์ NFE 65.28 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.33 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.18 เปอร์เซ็นต์ ADF 25.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเปลือกผลไม้ชนิดนี้ มีเส้นใยอาหารประเภทไม่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber) ในปริมาณค่อนข้างสูง มีค่าปริมาณในการอุ้มน้ำสูง และสามารถถูกหมักได้ดีในลำไส้

เปลือกสับปะรด เป็นส่วนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม ซึ่งหากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ จะเป็นการช่วยลดปริมาณส่วนเหลือทิ้ง และช่วยลดต้นทุนให้กับการผลิตและเป็นการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบให้คุ้มค่ามากที่สุด อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับส่วนเหลือทิ้งดังกล่าว เปลือกสับปะรดมีใยอาหารสูง สามารถนำไปสกัดและประยุกต์ใช้เป็นสารประกอบในอุตสาหกรรมอาหาร ทดแทนการนำเข้าใยอาหารจากต่างประเทศ และจากการสำรวจพบว่าประเทศไทยมีปริมาณเปลือกผลไม้พบมากถึง 64 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณขยะทั้งหมดในกองขยะในตลาดถ้านำมาสกัดเอาเส้นใยออกมาเพื่อประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ปัจจุบันขยะเปลือกสับปะรดดังกล่าว มีการนำกลับมาใช้ประโยชน์เพียงเล็กน้อย โดยแปรรูปเป็นปุ๋ยและอาหารสัตว์ แต่ส่วนใหญ่แล้วมักถูกทิ้งให้เน่าเสีย นอกจากนี้ยังมีใยอาหารเป็นส่วนประกอบอยู่มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เปลือกสับปะรด จึงมีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นใยอาหาร ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษากระบวนการลกัดแยกเส้นใยอาหารออกจากเปลือกสับปะรด เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกสับปะรด โดยบูรณาการงานวิจัยนี้กับองค์การบริหารส่วนตำบลศรีสุข อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งได้รับความร่วมมือจากบุคคลากรขององค์การบริหารส่วนตำบลศรีสุข ในการจัดหาวัตถุดิบเปลือกสับปะรดเพื่อแปรรูปเป็นเส้นใยอาหาร นอกจากนี้แล้วผลการศึกษาครั้งนี้อาจจะเป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการผลิตใยอาหารระดับชุมชนต่อไปในอนาคตในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

Mahasarakham University

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1. เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมตัวอย่างใยอาหารจากเปลือกสับปะรดสำหรับผลิตเส้นใยอาหารผง

1.2.2. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรดที่ผลิตได้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1. เปลือกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียอายุประมาณ 4-5 เดือน ผิวเปลือกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

1.3.2. วิธีการเตรียมตัวอย่างก่อนสกัดใยอาหาร มี 4 วิธีดังนี้

1.3.2.1 วิธีที่ 1 การเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการบดแห้ง นำเปลือกสับปะรดอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้ง จากนั้นบดด้วยเครื่องบดผ่านรูตะแกรงขนาด 16 เมช

1.3.2.2 วิธีที่ 2 การเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการบดเปียก นำเปลือกสับปะรดลดขนาดด้วยการบดเปียก กรองแยกกาก อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นบดด้วยเครื่องบดผ่านรูตะแกรงขนาด 16 เมช

1.3.2.3 วิธีที่ 3 การเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการบดเปียกและล้างน้ำอุณหภูมิห้องนำเปลือกสับปะรดมาลดขนาดด้วยการบดเปียก กรองแยกกาก จากนั้นนำเปลือกสับปะรดที่บดแล้วมาล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นบดด้วยเครื่องบดผ่านรูตะแกรงขนาด 16 เมช

1.3.2.4 วิธีที่ 4 การเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการบดเปียกและล้างน้ำร้อน นำเปลือกสับปะรดมาลดขนาดด้วยการบดเปียก กรองแยกกาก ล้างด้วยน้ำร้อน 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียล นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นบดด้วยเครื่องบดผ่านรูตะแกรง 16 เมช

1.3.3. ตัวอย่างจากการเตรียมแต่ละวิธีจะนำไปกำจัด โปรตีนและไขมัน ก่อนวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารที่ได้และสมบัติทางกายภาพและเคมีของใยอาหาร

1.3.4. คุณสมบัติทางกายภาพที่วิเคราะห์ ได้แก่

1.3.4.1 ผลผลิตที่ได้โดยน้ำหนักแห้ง

1.3.4.2 ปริมาณเส้นใยรวม

1.3.4.3 ค่าสี

1.3.4.4 คุณสมบัติในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) และอุ้มน้ำมัน (oil holding capacity)

1.3.4.5 ปริมาณน้ำอิสระ (Aw)

1.3.5. คุณสมบัติทางเคมีที่วิเคราะห์ได้

1.3.5.1 ปริมาณโปรตีน และเถ้า ตามวิธีของ AOAC 2002

Mahasarakham University

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1. ได้ทราบผลของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตที่มีต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรด

1.4.2. ได้ทราบข้อมูลข้อมูลสมบัติทางกายภาพและเคมีของเปลือกสับปะรด ที่จะนำมาผลิตเส้นใยอาหารผง

1.5 สถานที่ดำเนินการศึกษา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

Mahasarakham University

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ใยอาหาร (Dietary fiber)

ใยอาหาร (Dietary fiber) หมายถึง ส่วนผนังเซลของพืช เช่น ผัก ผลไม้ เมล็ดธัญพืชที่ไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหารจึงไม่ให้พลังงาน ใยอาหารเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างของพืช ได้แก่ ผัก ผลไม้ เมล็ดธัญพืช ถั่วต่างๆ จัดอยู่ในประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างซับซ้อนและมีความหลากหลายทางกายภาพที่ไม่สามารถย่อยได้โดยระบบย่อยอาหารของมนุษย์ ในอดีตได้มีการศึกษาถึงประโยชน์ของใยอาหารต่อระบบขับถ่าย ช่วยเพิ่มกากอาหาร ทำให้ขับถ่ายได้ดี แต่ในการศึกษาในปัจจุบันพบว่าคนที่รับประทานอาหารที่มีใยอาหารสูงสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคบางอย่างได้อีกด้วย ได้แก่ โรคมะเร็งลำไส้ โรคเบาหวาน โรคอ้วน โรคหัวใจ และโรคที่ก่อให้เกิดความผิดปกติของทางเดินอาหารต่างๆ เช่น ท้องผูก ริดสีดวงทวาร ลำไส้โป่งพอง และมะเร็งลำไส้ใหญ่ จึงได้มีความพยายามที่จะใช้ประโยชน์จากใยอาหารในการป้องกันโรคหรือควบคุมโรคที่มีอยู่ให้รุนแรงน้อยลง

มีการศึกษาพบว่าใยอาหารมีโครงสร้างและคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันอย่างมาก และมีความหลากหลาย โดยมากใยอาหารมักมีโครงสร้างเป็นเส้นใย แต่ก็พบว่ามีใยอาหารบางชนิดที่ไม่ได้มีโครงสร้างเป็นเส้นใยแต่มีลักษณะเป็นเจลนิ่ม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสารคัดหลั่งของพืช ใยอาหารจึงไม่ได้หมายถึงแต่โครงสร้างของพืชที่เป็นเส้นใยเท่านั้น แต่หมายถึงส่วนประกอบธรรมชาติในอาหารที่ร่างกายย่อยไม่ได้ ซึ่งส่วนใหญ่มาจากพืช ได้แก่ ธัญพืช เมล็ดพืช ผัก ผลไม้ และถั่วต่างๆ และเนื่องจากโครงสร้างและคุณสมบัติของใย

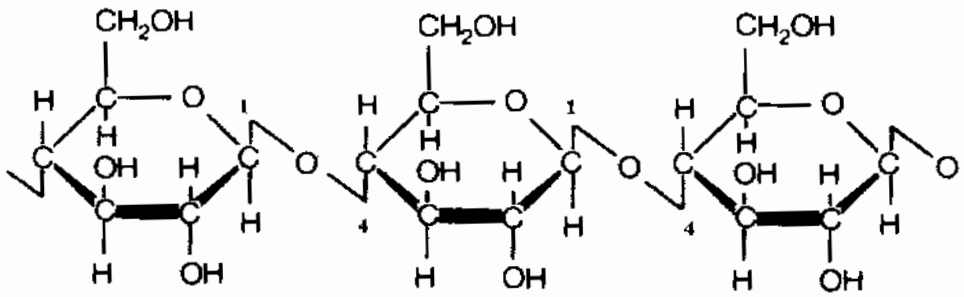
อาหารที่มีความหลากหลายมากทำให้เราอาจแบ่งประเภทของใยอาหารได้อีกเป็น 2 ประเภท คือ ใยอาหารชนิดละลายน้ำได้ จะมีลักษณะเป็นเจลเมื่อรวมกับน้ำ พบมากในอาหารประเภทธัญพืช ถั่วต่างๆ และใยอาหารชนิดละลายน้ำไม่ได้ และด้วยความหลายหลายทางโครงสร้างและคุณสมบัติทางกายภาพของใยอาหาร ทำให้ร่างกายสามารถนำใยอาหารไปใช้ประโยชน์ได้หลายวัตถุประสงค์อย่างไม่น่าเชื่อ

2.1.1 ใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ (Insoluble Fiber) หมายถึง ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ แต่จะพองตัวในน้ำเหมือนฟองน้ำไม่ให้ความหนืด ทำให้เพิ่มปริมาตรน้ำในกระเพาะอาหารจึงรู้สึกอิ่ม ใยอาหารพวกนี้ ใยอาหารประเภทนี้แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ไม่สามารถย่อยได้ ช่วยเพิ่มมวลอุจจาระ ลดปัญหาท้องผูกได้ เช่น เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin)

2.1.1.1 เซลลูโลส (Cellulose)

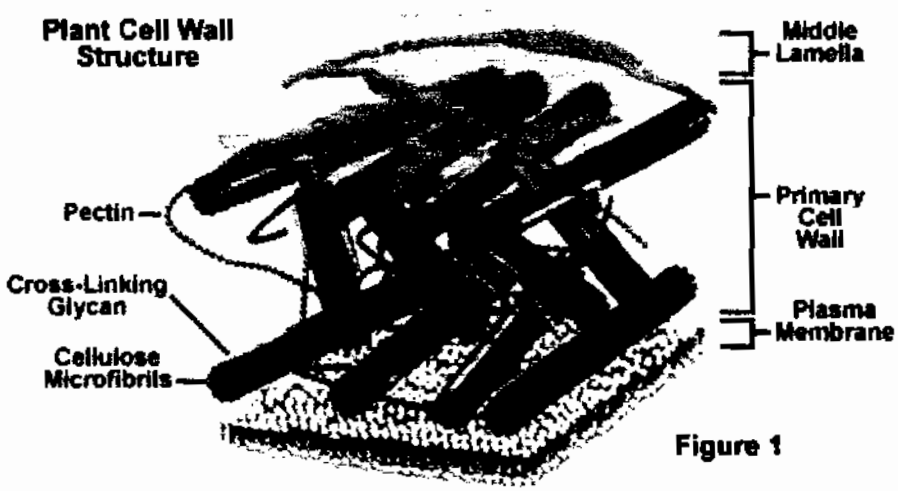
เป็นคาร์โบไฮเดรท (carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ประเภท ฮอโมพอลิแซ็กคาไรด์ (homopolysaccharide) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส (glucose) มาต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่งบีต้า-1,4 (b-1,4) เป็นสายยาวมากกว่า 2,000โมเลกุล

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 1 โครงสร้างเซลลูโลส
ที่มา : (http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0612/cellulose-เซลลูโลส.)

เซลลูโลสเป็นโครงสร้างหลักของผนังเซลล์พืช เช่น ผัก ผลไม้ และ เมล็ดธัญพืช โดยอยู่รวมกับเฮมิเซลลูโลส และเพกทินเซลลูโลสจัดเป็นเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ชนิดที่ไม่สะลายในน้ำ และไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ และสัตว์กระเพาะเดี่ยว



ภาพประกอบ 2 แสดงโครงสร้างผนังเซลล์พืช (plant cell wall structure)
ที่มา : (http://micro.magnet.fsu.edu/cells/plants/cellwall.html.)

เซลลูโลสยังพบได้ในผนังเซลล์ของรา (mold) และสร้างจากแบคทีเรีย เช่น *Acetobacter xylinum* เช่น ไนวุ้นมะพร้าว (NATA de coco)

เซลลูโลส จัดเป็นเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ชนิดหนึ่งมีสมบัติไม่ละลายในน้ำ ทนต่อปฏิกิริยาของเอนไซม์ กรด และเบสที่เจือจาง มนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ที่ย่อยคาร์โบไฮเดรตในร่างกาย เช่น เอนไซม์อะไมเลส (amylase) เซลลูโลสในเนื้อไม้เมื่อเผาไหม้จะเกิดกลิ่นควัน (smoking flovour) ซึ่งใช้รมควัน (smoking) อาหาร

Mahasarakham University

ตาราง 1 การใช้เซลลูโลส (cellulose) เพื่อเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive)

E-number	E460
Name	Cellulose
Function	Thicking agent, anticaking agent
Foods	High fibre breads, 'diet' snacks, dried foods
Description	Main component of plant cell walls. It is not digestible by humans and so adds bulk to the food. Also known as fibre or roughage. Used in brewing to clarify beers.

ที่มา : (http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0612/cellulose-เซลลูโลส.)

2.1.1.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose)

เป็นคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ในโมเลกุลของเฮมิเซลลูโลส เป็น heteropolysaccharide ที่ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิด มีน้ำตาลไซโลส (xylose) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่ง บีตา (1-4) เป็นโซ่หลัก อาจมีน้ำตาลแมนโนส (mannose) กาแล็กโทส (galactose) หรือกลูโคส (glucose) มาต่อกันเป็นโซ่หลักด้วยและมีน้ำตาลชนิดอื่นมาต่อกันเป็นโซ่สาขา หรือโซ่แขนงได้แก่ น้ำตาลอะราบิโนส (arabinose) กรดกลูคูโรนิก (glucuronic acid)

1) เฮมิเซลลูโลส

จัดเป็นเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ที่ไม่ละลายน้ำ ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์กระเพาะเดี่ยว สามารถละลายได้ในสารละลายด่างเจือจาง สมบัติทางกายภาพที่สำคัญคือ มีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) และแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวก (cation exchange) เมื่ออยู่ในกระเพาะอาหารและลำไส้ของมนุษย์

2) แหล่งของเฮมิเซลลูโลส

เฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ของพืชที่อยู่รวมกับเซลลูโลสพบมาก ในผัก และผลไม้

3) ประเภทของเฮมิเซลลูโลส

เฮมิเซลลูโลส มีลักษณะโซ่โมเลกุลที่แตกต่างกันมากกว่า 250 แบบ จำแนกตามชนิดของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบชนิดที่สำคัญ ได้แก่ Mannan Galactan Xylan Glucomannan Arabinoxylan Arabinogalactan

Mahasarakham University

2.1.1.3 ลิกนิน (Lignin)

เป็นคาร์โบไฮเดรท (carbohydrate) ประเภทไยอาหาร (dietary fiber) ที่ไม่ให้พลังงาน โครงสร้างไมเลกุลของลิกนิน เป็นโพลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วยโซ่โมเลกุลของออกซิจิเนตเตดเฟนนิลโปรเปน (oxygenated phenyl propane) มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 1,000-4,500 สังเคราะห์จากอนุพันธ์ ของแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ได้แก่ คูมาริล (coumaryl) โคนิเฟอริล (coniferyl) และไซนาพิล (sinapyl) ไม่สลายทั้งในกรดและด่างแก่

1) แหล่งที่พบ

ลิกนินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของ เนื้อเยื่อพืช โดยพบในส่วนของผนังเซล ทำให้ผนังเซลพืชแข็งแรง อยู่ร่วมกับเซลลูโลส (cellulose) และhemicellulose เป็นส่วนประกอบของเปลือก ซัง หรือส่วนที่เป็นเยื่อใยของราก ลำต้น และจะถูกสร้างจากส่วนโคนต้น ไปสู่ยอด เมื่อพืชมีอายุมากขึ้น ปริมาณลิกนิน จะเพิ่มมากขึ้นด้วย พบมากในผลไม้สุก มากกว่าผลไม้ดิบ

2) การย่อยในทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์

ลิกนินเป็นสารที่ไม่สามารถย่อยได้ในร่างกายมนุษย์ และ ไม่มีสัตว์ชนิดใดใช้ประโยชน์ได้เลย ลิกนิน ทำให้การย่อยได้ของ เซลลูโลส และ hemicellulose ลดลงด้วย ดังนั้นปริมาณลิกนิน มีความสำคัญต่อการประเมินคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ ที่ใช้สำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ม้า และกระต่าย ลิกนิน สามารถดูดซับน้ำดี (bile acid) ได้ดี และอาจมีผลชะลอการดูดซึมสารอาหารบางชนิดในลำไส้เล็ก

2.1.2 ไยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble Fiber) หมายถึง ไยอาหารที่เมื่อ ละลายน้ำ แล้วดูดซับน้ำไว้กับตัว ให้ความหนืดสารเหล่านี้ร่างกายย่อยไม่ได้ แต่ แบคทีเรียที่อาศัยในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยได้

2.1.2.1 ตัวอย่างของไยอาหารที่ละลายน้ำได้ เช่น

1) Resistant starch หมายถึง สตาร์ช (starch) ที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ ตามคำนิยามของ หมายถึง แป้งและ ผลิตภัณฑ์ของแป้งที่ไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในลำไส้เล็กไม่สามารถดูดซึมภายในลำไส้เล็กของมนุษย์ได้ แต่ถูกหมักโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ resistant starch จัดเป็นอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (functional food) ประเภท prebiotic เช่น maltodextrin Inulin

2) Maltodextrin/มอลโตเดกซ์ตริน คือ คาร์โบไฮเดรท (carbohydrate) ประเภทpolysaccharide ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ช (starch) บางส่วนให้เป็นสายสั้นๆ ของน้ำตาลกลูโคส (glucose) มีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาวไม่มีรส หรือมีรสหวานเล็กน้อยสามารถละลายน้ำได้ดี

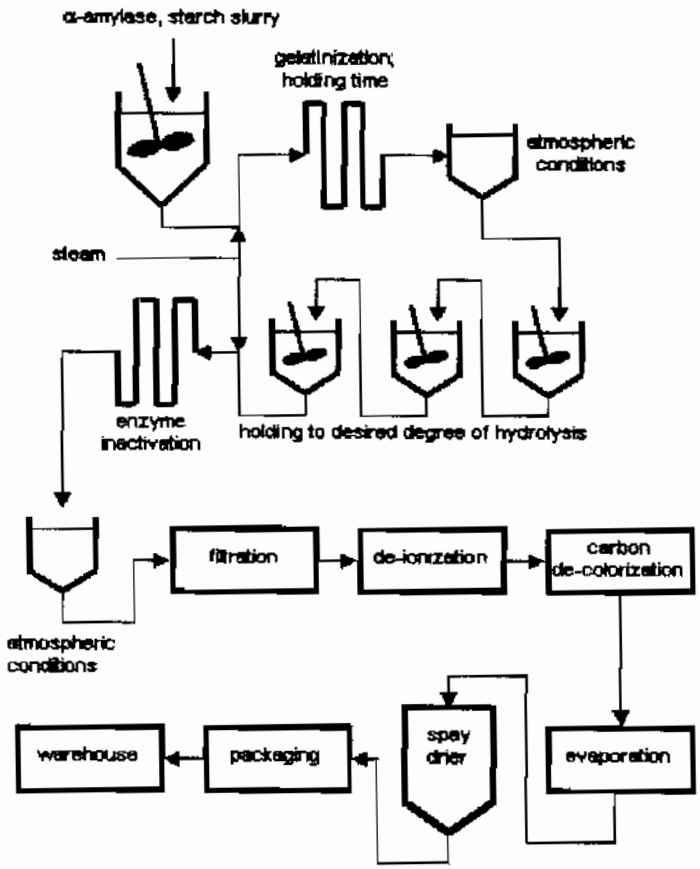
2.1.2.2 กรรมวิธีการผลิตมอลโตเดกซ์ตริน

1) มอลโตเดกซ์ตริน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสตาร์ช (starchhydroly sate) วัตถุดิบที่ใช้เพื่อผลิตมอลโตเดกซ์ตรินคือ สตาร์ช (starch) จากพืชต่างๆ เช่น แป้งมันสำปะหลัง (tapioca starch) แป้งข้าวโพด(corn starch) แป้งมันฝรั่ง (potato starch)

(2) ขั้นตอนแรก คือการเตรียมน้ำแป้ง (starch slurry) และให้ความร้อนน้ำแป้งจนแป้งเกิดการสุก (gelatinization) แล้วจึงการย่อยสตาร์ช (starch hydrolysis) ให้มีโมเลกุลเล็กลง ทำได้โดยการใช้ เอนไซม์อะมิเลส (amylase) ชนิด แอลฟาอะมิเลสแล้วจึงนำไปกรอง (filtration)

Mahasarakham University

และทำให้บริสุทธิ์ จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้เข้มข้น (concentration) และทำแห้ง (dehydration) ให้เป็นผง ด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drier)



ภาพประกอบ 3 Process for the conversion of starch to maltodextrins
ที่มา : (Enzymatic starch hydrolysis: background.)

2.1.2.3 ประเภทของมอลโตเดกซ์ตริน

Maltodextrin แบ่งได้ตามค่าที่มีค่าสมมูลเด็กซ์โทรส (Dextrose Equiva lent,DE) มอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่า dextrose equivalent ต่ำมีค่าอยู่ระหว่าง 5-20 maltodextrin ที่มีค่า DE สูง แสดงว่าโมเลกุลของสตาร์ชถูกย่อยได้น้ำตาลกลูโคสมากจะมีความหวานมากกว่า malto dextrin ที่มีค่า DE ต่ำ

2.1.2.4 การใช้มอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin) ในผลิตภัณฑ์อาหาร

1) มอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin) ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอย่างขว้างขวาง โนผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ อาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบา-หวานอาหารไขมันต่ำ ในผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ประเภทอาหารผง เช่น เครื่องดื่มผง เครื่องปรุงรสชนิดผง

Mahasarakham University

ภาพประกอบ 4 การใช้มอลโตเดกซ์ตรินในผลิตภัณฑ์อาหาร
ที่มา : (Tate & Lyle.)

(1) ใช้ในอาหาร เพื่อสุขภาพ โดย จัดเป็น Functional food ประเภท prebiotic

(2) เป็นสารให้ความหวาน (sweetener)

(3) เป็นสารทดแทนไขมัน (fat substitute) ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery) ไอศกรีม

(4) ป้องกันการเกาะเป็นก้อน (anticaking agent)

(5) เพิ่มเนื้อ (bulking agent) เช่น เพิ่มเนื้อในการทำแห้ง (dehydration) อาหารแห้งประเภทอาหารผง เครื่องดื่มผง ด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย spraydrier หรือ drum drier

(6) ห่อหุ้มสารให้กลิ่นรส (flavor encapsulation)

2) ข้อจำกัดของสารแปลกปนของ มอลโตเดกซ์ตริน

(1) กากหลังเผา ไม่เกินร้อยละ 0.5

(2) โปรตีนทั้งหมด ไม่เกินร้อยละ 0.5 หรือไม่เกินร้อยละ 1.0 สำหรับมอลโทเดกซ์ทรินที่ผลิตจากแป้งที่มีปริมาณอะไมโลส (amylose) สูง

(3) ปริมาณของแข็งทั้งหมด มอลโทเดกซ์ทรินชนิดผงหรือเกล็ด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90.0 มอลโทเดกซ์ทรินชนิดเหลว ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50.0

(4) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide) ไม่เกินร้อยละ 0.0025

(5) ตะกั่ว ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3) การบรรจุและการเก็บรักษา : เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

2.1.2.5 อินูลิน (inulin) คือ คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) จัดเป็น เส้นใยอาหาร (dietary fiber) ประเภทที่ละลายได้ในน้ำ (soluble fiber) ซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารและไม่ให้พลังงาน แต่ถูกย่อยได้ด้วยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ มีสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

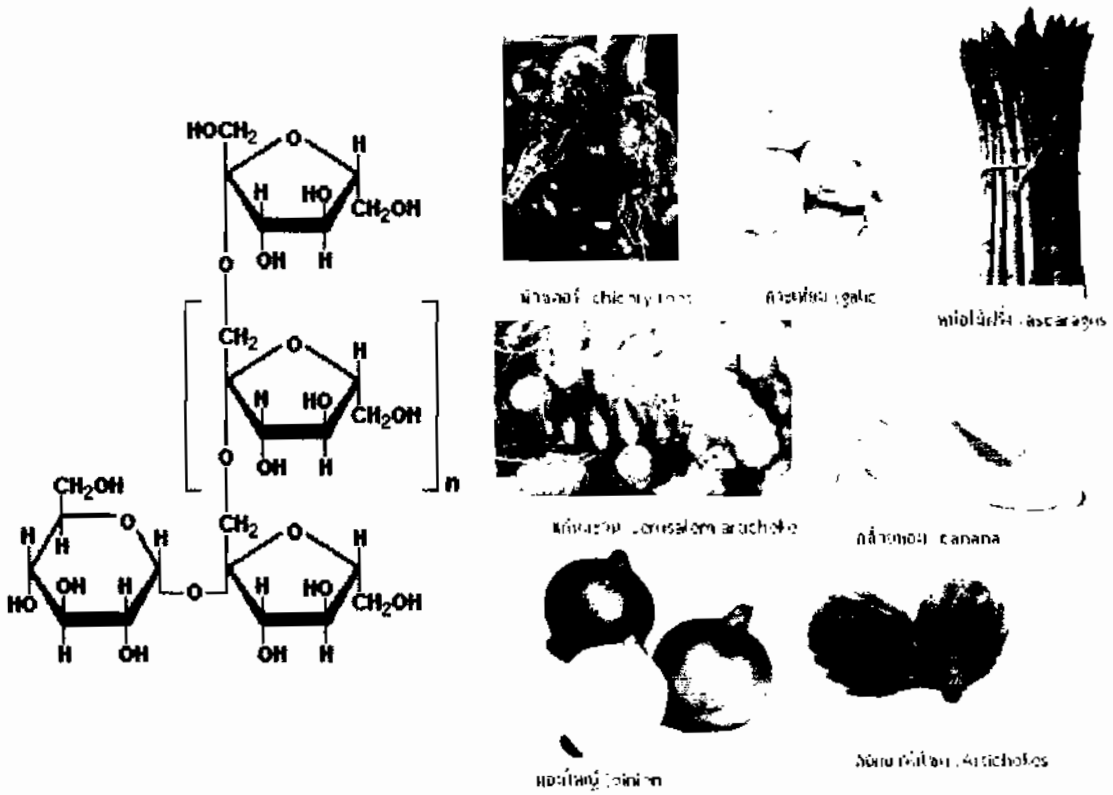
1) อินูลินเป็นโภชนเภสัช ที่พบในผักและผลไม้หลายชนิดและยังพบในหอมหัวหัวใหญ่ กระเทียม แก่นตะวัน หัวชิคอรี (Chicory)

2) โครงสร้างไมเลกุลของอินูลิน

Mahasarakham University

(1) โมเลกุลของอินูลิน

เป็นเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (heteropolysaccharide) กล่าวคือ มีโมเลกุลของน้ำตาลมากกว่า 1 ชนิดมาเชื่อมต่อกัน โดยเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลฟรักโทส (fructose) 10-60 โมเลกุล จึงอาจเรียกว่า ฟรักแทน (fructans) แต่มีโมเลกุลที่ปลายสุดด้านหนึ่งเป็นน้ำตาลกลูโคส (glucose)



ภาพประกอบ 5 โครงสร้างโมเลกุลของอินูลิน (inulin) และแหล่งของอินูลินในอาหาร
ที่มา : (http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates1.html(.)

(2) โครงสร้างโมเลกุลของอินูลิน

เหมือนกับโอลิโกฟรักโทส (oligofructose) ซึ่งเป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharide) แต่อินูลินเป็นพอลิเมอร์ที่มีสายยาวกว่า จึงไม่มีรสหวาน และละลายได้เพียงเล็กน้อย ขณะที่โอลิโกฟรักโทส (oligofructose) มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวน้อยกว่า 10 โมเลกุล ทำให้มีรสหวานเล็กน้อย (relative sweetness) ประมาณ 30-50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับน้ำตาลซูโครส (sucrose) และละลายในน้ำได้ดี

(3) แหล่งที่พบอินูลินในอาหาร

อินูลินเป็นเส้นใยอาหารที่พืชเก็บสะสมไว้ เป็นอาหารพบในพืช ผักและผลไม้หลายชนิด เหมือนการสะสมสตาร์ช (starch) พบได้ในหัวกระเทียม หอมหัวใหญ่ หน่อไม้ฝรั่ง (asparagus) กล้วยดอกอาร์ติโชค (artichoke) แก่นตะวัน และหัวชิคอรี (chicory) เป็นต้น

Mahasarakham University

ตาราง 2 ปริมาณอินูลินที่พบในอาหารบางชนิด

แหล่งที่พบ	อินูลิน (%)
กระเทียม (Garlic)	15-20
หน่อไม้ฝรั่ง (Asparagus)	10-15
Salisfy	15-20
แก่นตะวัน (Jerusalem artichoke)	15-20
หัวรักเร่ (Dahlia tubers)	15-20
หัวชิคอรี (Chicory)	15-20

ที่มา : (http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0612/Innulin-อินูลิน.)

(4) ประโยชน์ของอินูลินต่อสุขภาพ

อินูลินเป็นเส้นใยอาหาร จึงไม่จัดเป็นสารอาหารเนื่องจากไม่ให้พลังงาน แต่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและมีบทบาทในร่างกาย (Functional food)

- มีสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) คือเป็นอาหารของแบคทีเรียในกลุ่มโปรไบโอติก (probiotic) ซึ่งอยู่ในลำไส้ใหญ่ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ bifidobacteria

- อินูลินเป็นเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ที่ไม่ให้แคลอรี มีผลช่วยลดการดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่ในเลือด และลดระดับคอเรสเตอรอล (cholesterol) เพิ่มปริมาณ HDL และลดระดับปริมาณ LDLจึงมีการนำมาใช้กับอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานและเป็นอาหารลดความอ้วนได้

(5) การใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

อินูลินดูดน้ำได้ดี ใช้เป็นเป็นส่วนผสมทดแทนไขมัน (fat substitute) ในอาหารที่มีไขมันต่ำหลายชนิด เนื่องจากให้ความหนืด มีเนื้อเนียน มีลักษณะเนื้อเป็นครีม ให้ความรู้สึกในปาก (mouth feel) คล้ายไขมัน เช่น ผลิตภัณฑ์นม (diary product) ไอศกรีม ลูกอม และเบเกอรี (bakery)

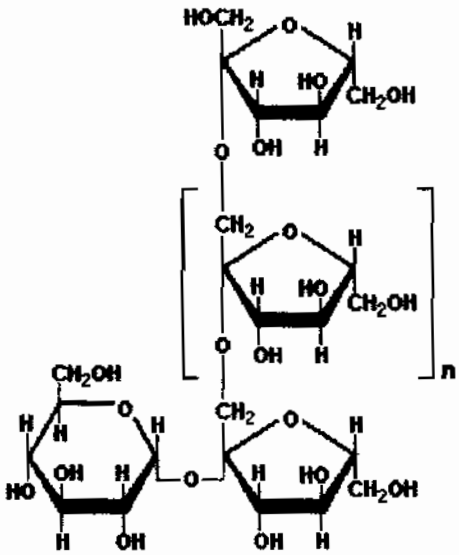
2.1.2.6 Oligosaccharide เช่น fructo-oligosaccharide

1) ฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Fructo-oligosaccharide) หรือ oligofructose เป็นโอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) ซึ่งใช้เป็นสารให้ความหวาน (sweetener) แทนน้ำตาล (sugar substitute) มีรสชาติเหมือนกับน้ำตาล ใช้เป็นสารให้ความหวานที่ให้พลังงานต่ำกว่าน้ำตาลทราย (relative sweetness 30-50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับน้ำตาล sucrose) และละลายน้ำได้ดีใช้ในอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานหรือผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก เนื่องจากใน ไม่สารมารถย่อยได้ในร่างกายมนุษย์ เป็นสารที่แบคทีเรียในช่องปาก ไม่สามารถย่อยลลายให้เกิดกรดได้ จึงไม่เป็นสาเหตุให้ฟันผุ

2) โมเลกุลของ oilgofructose

Mahasarakham University

โมเลกุลของoligofructose ซึ่ง เป็นเกิดจาก น้ำตาลฟรุกโตส (fructose) น้อยกว่า 10 โมเลกุล โดยที่โมเลกุลที่ปลายสุดด้านหนึ่งเป็นน้ำตาลกลูโคส (glucose)



ภาพประกอบ 6 โครงสร้างโมเลกุลของ Oligofructose
ที่มา : (http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1213.)

3) โครงสร้างโมเลกุลของ Oligofructose เหมือนกับ inulin ซึ่งเป็น polysac charideแต่ inulin เป็นโพลิเมอร์ที่มีสายยาวกว่า ไม่มีรสหวาน และละลายได้น้อย ขณะที่ oligofruc-tose มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า

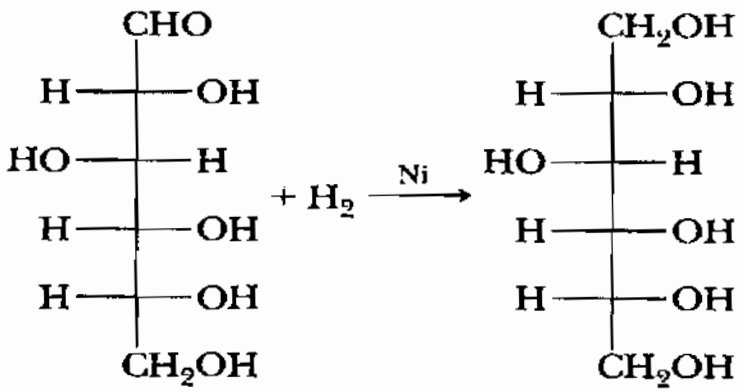
4) การใช้ในอาหาร

ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารฟังชันนอลฟู้ด (functional food) โดยมีสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) โดยใช้เป็นส่วนผสมของอาหารเสริม นมสำหรับเด็ก เป็นสารให้ความหวาน (sweetener) ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น เครื่องดื่ม

2.1.2.7 unabsorb sugar เช่น sugar alcohol

1) น้ำตาลอัลกอฮอล์ (sugar alcohol) เป็นสารให้ความหวาน (sweetener) ซึ่งได้จากปฏิกริยาไฮโดรจิเนชัน(hydrogenation)ของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide)โดย carbonyl oxygenถูกรีดิวซ์ได้เป็น polyhydroxy alcohol การเรียกชื่อน้ำตาลอัลกอฮอล์จะแทนที่ "ose" ด้วย "-itol"

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 7 polyhydroxy alcohol

ที่มา : (http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1628/ sugar-alcohol-น้ำตาลอัลกอฮอล์.)

2) น้ำตาลอัลกอฮอล์ผลิตจากกระบวกนการ ปฏิกริยาไฮโดรจิเนชัน (hydroge nation) โดยการเติมไฮโดรเจน เช่น เปลี่ยนโมเลกุลน้ำตาลกลูโคส (glucose) เป็นซอร์บิทอล (sorbitol)

3) น้ำตาลอัลกอฮอล์ที่ใช้ในอาหาร

เป็นสารให้ความหวาน (sweetener) เพื่อทดแทนน้ำตาล (sugar substitute) มักพบใน หมากฝรั่ง ลูกอม อาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก

ตาราง 3 สารให้ความหวาน

Polyols	E-number	Relative Sweetness (Sucrose = 1)	Calories kcal/g
Arabitol		0.7	0.2
Erythritol	E968	0.8	0.2
Glycerol	E422	0.6	4.3
Hydrogenated starch hydrolysate (HSH)		0.2-0.5	3.0
Isomalt	E953	0.5	2.0
Lactitol	E966	0.4	2.0
Maltitol	E965	0.9	2.1
Mannitol	E421	0.6	1.6

Mahasarakham University

ตาราง 3 สารให้ความหวาน (ต่อ)

Sorbitol	E420	0.6	2.6
Xylitol	E967	1.0	2.4

ที่มา : (http://www.starch.dk/isi/glucose/sorbitol.asp.)

2.1.2.8 heteropolysaccharide เช่น

1) Pectin

เพคติน (pectin) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ประเภท heteropolysaccharide มีหน่วยย่อย คือกรด กาแล็กทูโรนิก (D-galacturonic acid) ประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก) และเมทธิลการแล็กทูโรเนด และ น้ำตาล หลายชนิด เช่น rhamnose, galactose, arabinose พบตามธรรมชาติในผนังเซลล์ของพืช (plant cell wall) และรอยต่อระหว่างผนังเซลล์ โดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส (cellulose) ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้ติดกัน คล้ายเป็นซีเมนต์ เพคตินที่พบในพืช ประกอบด้วยสาร 4 ชนิด คือ โพรโทเพคติน (protopectin) กรดเพกทินิก (pectinic acid) เพคติน (pectin) กรดเพกทิก (pectic acid)

2) ผลของเพคตินต่อเนื้อสัมผัสของผักผลไม้สดและผลิตภัณฑ์จากผักผลไม้

3) เพคตินที่อยู่ในผลไม้ดิบ หรือห่าม จะอยู่ในรูปของโพรโทเพกติน ซึ่งไม่ละลายน้ำ ระหว่างการสุกของผลไม้โพรโทเพกติน จะเปลี่ยนเป็นเพคติน ซึ่งละลายน้ำได้ ทำให้ผลไม้มีเนื้อสัมผัสนิ่มลง ความแน่นเนื้อลดลง ในผลไม้มีเอนไซม์ที่ย่อยเพคติน (pectinase) ได้แก่ เพคตินเมทิลเอสเทอเรส (pectin methyl esterase) เมื่อเซลล์แตกเอนไซม์นี้จะย่อยสลายเพคติน

4) คุณค่าทางอาหารของเพคติน

ร่างกายไม่สามารถย่อยเพคตินได้ในระบบการย่อย จัดเป็นไยอาหาร (dietary fiber) ชนิดหนึ่ง

5) การใช้เพคตินในอาหาร

เพคติน เพคตินเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ใช้ในอาหารเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) เพคตินที่ผลิตเป็นการค้า สกัดได้จากเปลือกของผลไม้ตระกูลส้ม (citrus) กากของแอ๊ปเปิ้ลที่คั้นน้ำแล้ว (apple pomace) และหัวบีท (beet)

6) การใช้เพคตินในอาหารมีวัตถุประสงค์เพื่อ

(1) ทำให้เกิดเจล (gelling agent) เพคตินมีสมบัติพิเศษคือ เมื่อรวมตัวกับน้ำตาล และกรดในปริมาณที่เหมาะสม เกิดเป็นเจลที่อ่อนนุ่ม ทำให้นำมาใช้ ในผลิตภัณฑ์ แยม เยลลี่

(2) เป็นสารที่ทำให้ข้นหนืด (thickening agent)

(3) เป็น stabilizer ป้องกันการตกตะกอน (sedimentation) ของนมเปรี้ยว (acidified milk) โดยป้องกันการตกตะกอนโปรตีนเคซีน (casein)

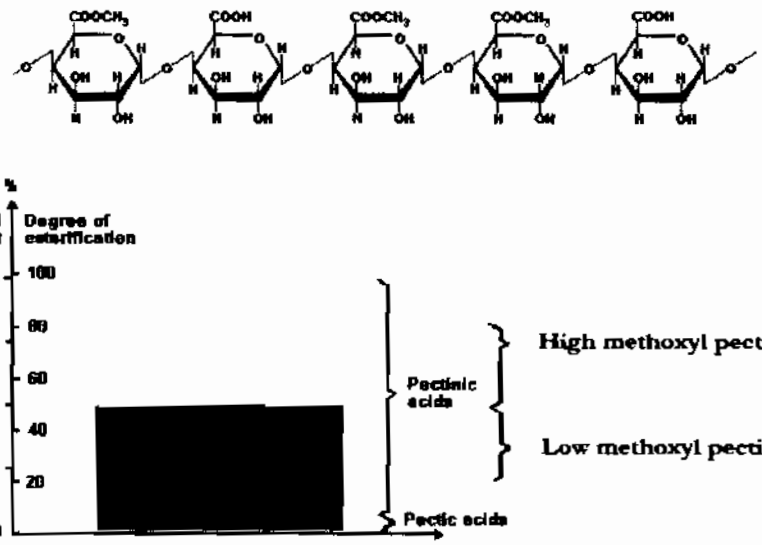
(4) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ทำให้อิมัลชัน (emulsion) คงตัว โดยลด แรงตึงผิวระหว่างเฟสของน้ำมันและน้ำ

Mahasarakham University

(5) เป็น prebiotic เป็นอาหารของแบคทีเรียกลุ่ม probioticซึ่งเป็นประโยชน์แก่ร่างกายเป็นส่วนผสมของ funcitonal food

7) โครงสร้างโมเลกุลของเพคติน

เพคติน เป็น polysaccharide ประเภท heteropolysaccharide โมเลกุลของเพคตินเป็นโพลิเมอร์ของ α-D-galacturonic acidที่เชื่อมต่อด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ชนิดแอลฟา 1-4 ประกอบด้วย หมู่คาร์บอกซิลอิสระ (COOH) และหมู่คาร์บอกซิลที่รวมอยู่กับเมทธิล (COOCH3) ด้วยปฏิกริยาเอสเทอริฟิเคชัน (esterification)



ภาพประกอบ 8 โครงสร้างโมเลกุลของเพคติน

ที่มา : (http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0430/pectin-เพคติน.)

8) ชนิดของเพคตินที่ใช้ในอาหาร

แบ่งตามระดับของเอสเทอริฟิเคชัน (degree of esterification) ได้ 2 ระดับ คือ

(1) เพคตินที่มีเมทอคซิลสูง (High methoxyl pectin,HM) เป็นเพคตินที่มีระดับของเมทธิลเอสเทอริฟิเคชั่น (Degree of methyl esterilfication,%DM) มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะเกิดเจลได้เมื่อมีของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid) มากกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ใช้กับอาหารที่มี pH ต่ำกว่า 3.5 (ประมาณ 2-3)

เพคตินชนิดนี้ยังแบ่งย่อยออกเป็นอีก 4 ชนิดตามเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดเจล (gel)

- เกิดเจลได้ช้า (slow set)
- เกิดเจลเร็วปานกลาง (medium set)
- เกิดเจลรวดเร็ว (rapid set)

Mahasarakham University

- เกิดเจลเร็วมาก (ultra rapid set) ซึ่งระยะเวลาการเกิดเจล จะแตกต่างกันที่ค่าDegree of Degree of methyl esterilfication (DM) การนำเพคตินมาใช้ประโยชน์จึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ ค่า pH ของอาหาร และชนิดของผลิตภัณฑ์อาหาร

HM Pectin	Ultra Rapid Set	Rapid Set	Medium Set	Slow Set
DM (%)	74-77	71-74	66-69	58-65
Setting time (min)	1 - 3	3 - 7	15 - 25	30-120
pH	3.1 - 3.4	3.0 - 3.3	2.8 - 3.1	2.6 - 2.9
Application	Jams with whole fruits	'Classical Jams'	Acid jams and jellies	Acid to very acid and jellies

ภาพประกอบ 9 ค่า Degree of Degree of methyl esterilfication (DM) ค่า pH ของอาหาร และชนิดของผลิตภัณฑ์อาหาร

ที่มา : (http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/chapter4_4.html.)

(2) เพคตินที่มีเมทอคซิลต่ำ (Low methoxyl pectin) เป็นเพคตินที่มีระดับของเมทธิลเอสเทอริฟิเคชั่นน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะเกิดเจลได้โดยไม่ต้องมีของแข็งที่ละลายได้ (soluble solid) แต่ต้องมีแคลเซียมไอออน (Ca 2+) อยู่ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (toal soluble solid) ตั้งแต่ 10-80 เปอร์เซ็นต์ ที่ pH ช่วงกว้างตั้งแต่ 2.9-5.5เจลที่ได้จะเป็นชนิด thermoreverible gelเนื้อสัมผัสของเจลจะมีความอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นมากกว่าเจลที่ได้จากเพคตินที่มีเมทอคซิลสูง (HM)

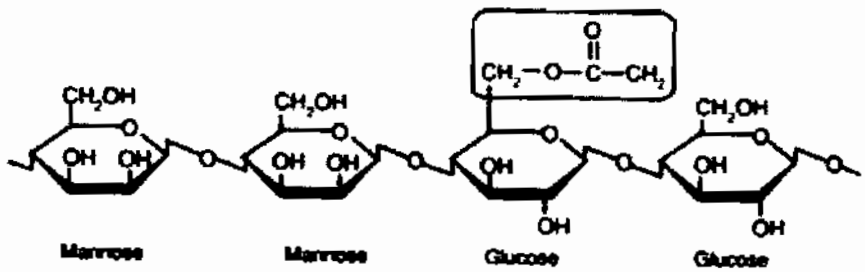
2.1.2.9 glucomannan

กลูโคแมนแนน (glucomannan) เป็นคาร์โบไฮเดรท ประเภท โพลิแซคคาไรด์ (polysaccharide)

1) โครงสร้างของกลูโคแนมแนน

กลูโคแมนแนน จัดเป็นเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) โมเลกุลของกลูโคแมนแนน เกิดจากการรวมตัวกันของน้ำตาลกลูโคส (glucose) และน้ำตาลแมนโนส (mannose) ในอัตราส่วน 2:3 ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ β1,4 และมี acetyl groups กระจายอยู่ประมาณ 1 ใน 5 ของน้ำตาลที่เหลือ

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 10 โครงสร้างของกลูโคแมนแนน

ที่มา : (http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1288/glucomannan-กลูโคแมนแนน.)

2) คุณสมบัติของกลูโคแมนแนน

กลูโคแมนแนนเป็นใยอาหาร (dietary fiber) มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีมาก มีความหนืดมากที่สุดใน กลุ่มใยอาหาร เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) สามารถทำให้เกิดเจลที่คงตัวต่อความร้อนได้ (thermoirreversible gel)

3) แหล่งที่พบ

กลูโคแมนแนนพบมากในหัวบุก Amorphophallus konjac K.Koch

4) การใช้ในอาหาร

กลูโคแมนแนนไปใช้เพื่อเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) เพื่อหน้าที่ดังนี้

(1) สารทำให้เกิดเจล (gelling agent)
(2) อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier)
(3) สารให้ความข้นหนืด (thickening agent)
(4) สารทำให้เกิดฟิล์ม (film forming agent)
(5) ลารทำให้คงตัว (stabilizing agent)
(6) เป็นแหล่งของใยอาหาร (dietary fiber) ที่ละลายน้ำได้

กลูโคแมนแนนนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลาย เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบ (bakery) เครื่องดื่มผลิตภัณฑ์นมลูกกวาดและขนมหวานซอส น้ำสลัดซุป และน้ำเกรวี่ อาหารขบเคี้ยว อาหารแช่เยือกแข็งหรือแช่เย็น และผลิตภัณฑ์อื่นๆ พบว่าในประเทศญี่ปุ่นมีการนำกลูโคแมนแนนมาใช้ร่วมกับแคปป้าคาราจีแนน ไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์ขนมเยลลี่ เนื่องจากให้เจลที่มีความยืดหยุ่นสูง

2.1.2.10 Gum เช่น guar gum, xanthan gum, gum arabic เป็นต้น

สารไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ซึ่งเป็นพอลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) มีที่มาจากแหล่งต่างๆ เช่น

Mahasarakham University

1) กัมที่ได้จากยางพืช (exudate gum) ได้แก่ กัมอาราบิค (gum arabic) ,Gum ghatti, karaya gum

2) กัมที่ได้จากเมล็ดพืช (seed gum) เช่น กัวกัม (guar gum) โลคัสบีนกัม (locust bean gum) สตาร์ช (starch) เบต้ากลูแคน (beta glucan)

3) กัมที่ได้จากสาหร่าย เช่น คาราจีแนน (carrageenan) วุ้น (agar) อัลจิเนต (algenate)

4) กัมที่ได้จากจุลินทรีย์ เช่น แซนแทนกัม (xanthan gum)

5) กัมจากผลไม้ เช่น เพคติน (pectin)

6) กัมจากสัตว์ เช่น เจลลาติน (gelatin)

7) กัมจากการสังเคราะห์ เช่น Carboxy methyl cellulose (CMC) ใน อุตสาหกรรมอาหารใช้เพื่อ

(1) ทำให้ข้นหนืด (thickening agent)

(2) ทำให้คงตัว (stabilizing agent)

(3) ทำให้เกิดเจล (gelling agent)

(4) ทำให้อิมัลชันคงตัว (emulsifier)

(5) ใช้เป็นสารแทนที่ไขมันในอาหาร (fat substitute)

(6) ยับยั้งการเกิดผลึกน้ำแข็ง (antifreezing)

(7) ยับยั้งการเกิดผลึกน้ำตาล (anticrytalization) ในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน

(8) เก็บกักและควบคุมการปล่อยกลิ่นรส (encapsulation)

2.2 แหล่งของใยอาหาร

2.2.1 ผักและเมล็ดธัญพืชทั้งเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการขัดขาว เป็นแหล่งสำคัญของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ส่วนผลไม้ และถั่วเมล็ดแห้ง เป็นแหล่งของใยอาหารที่ละลายน้ำได้ การได้รับใยอาหารทั้ง 2 พวกในปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้เกิดความสมดุลของระบบทางเดินอาหาร เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

2.2.1.1 อาหารที่มีใยอาหารสูง (มากกว่า 3 กรัม/อาหาร 100 กรัม) ข้าวกล้อง,เมล็ดธัญพืชทั้งเมล็ด (whole cereal grain) เม็ดแมงลัก ผลไม้ เช่นแอปเปิ้ล, ฝรั่ง, ข้าวโพดอ่อน, ผักหวาน , ถั่วเหลือฝักสด, กระเจี๊ยบเขียวถั่วฝักยาว, แพร์, ถั่วเขียว, แครอท,

2.2.1.2 อาหารที่มีใยอาหารปานกลาง (1-3 กรัม/อาหาร 100 กรัม) คะน้า, กระหล่ำปลี,น้อยหน่า,ข้าวโพดต้ม, พุทรา

2.2.1.3 อาหารที่มีใยอาหารน้อย (น้อยกว่า 1 กรัม/อาหาร 100 กรัม) ข้าวขาว, ขนุน, ลิ้นจี่, ชมพู่, องุ่น, มะม่วง, ละมุด, ลำไย, กล้วย, แตงกวา,แตงโม, แตงไทย, มะปราง, ส้ม

2.2.1.4 อาหารที่ไม่มีใยอาหาร หรือมีน้อยมาก ได้แก่อาหาร พวก เนื้อสัตว์ อาหารทะเล เช่น หอย ปลาหมึก

Mahasarakham University

2.3 ปริมาณที่ควรได้รับ

Thai Recommended Daily Intake (Thai RDI) ได้กำหนด ปริมาณเส้นใยอาหารที่ร่างกายควรรับเท่ากับ 25 กรัมต่อวัน ซึ่งนักโภชนาการแนะนำให้เลือก รับประทานผักผลไม้วันละ 5 ที่เสิร์ฟ (Serving) เมล็ดธัญพืชไม่ขัดสีและถั่วเมล็ดแห้งวันละ 7 ที่เสิร์ฟ (Serving) จะทำให้ร่างกายได้รับเส้นใยอาหารเพียงพอต่อหนึ่งวัน

2.4 ประโยชน์ของใยอาหาร

2.4.1 ใยอาหารเป็นสารอาหารที่ไม่ให้พลังงาน แต่เป็นมีประโยชน์ต่อสุขภาพ จัดเป็น functional food เหมาะเป็นอาหารสำหรับคนทั่วไป และอาหารผู้ป่วยเฉพาะโรค เช่น อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน ประโยชน์ของใยอาหารต่อสุขภาพคือ

2.4.1.1 เป็นพรีไบโอติก (Prebiotic) ใยอาหารประเภท soluble fiber ซึ่งไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหาร แต่จะเป็นอาหารให้กับ แบคทีเรียกลุ่ม Probioticที่พบได้ในลำไส้ใหญ่ เช่น Lactobacillusลดไขมันในเลือด

2.4.1.2 ลดน้ำตาลในเลือด

2.4.1.3 ป้องกันการเกิดมะเร็ง

2.4.1.4 ป้องกันการเกิดโรคหัวใจ

2.4.1.5 ช่วยควบคุมน้ำหนักตัว

2.4.2 ผลของการบริโภคใยอาหารกับสุขภาพที่ดี ได้แก่

2.4.2.1 ในผู้ป่วยโรคเบาหวาน พบว่าใยอาหารสามารถช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ เนื่องจากใยอาหารชนิดละลายน้ำได้สามารถจับกับสารอาหารและชะลอการเคลื่อนที่ของสารอาหารจากกระเพาะอาหารไปสู่ลำไส้ ทำให้ช่วยชะลอการดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่เลือดได้

2.4.2.2 ในคนที่เป็นโรคอ้วน โดยปรกติอาหารที่มีใยอาหารสูงมักมีไขมันต่ำทำให้ร่างกายได้รับพลังงานต่ำตามไปด้วย ใยอาหารสามารถดูดน้ำเข้าสู่กระเพาะอาหารได้มากขึ้นทำให้อิ่มเร็วขึ้น

2.4.2.3 ในคนที่เป็นโรคหัวใจหลอดเลือด ใยอาหารช่วยลดระดับไขมันที่ไม่ดี ได้แก่ไตรกลีเซอไรด์และคลอเลสเตอรอล โดยใยอาหารชนิดละลายน้ำได้ ด้วยการจับกับคลอเลสเตอรอลทำให้ลดการดูดซึมได้ นอกจากนี้ยังพบว่าใยอาหารชนิดนี้จะจับตัวเป็นเจลกับน้ำดี (ที่เป็นตัวช่วยในการดูดซึมไขมันและคลอเลสเตอรอลให้กับร่างกาย) นอกจากนี้ยังมีการค้นพบว่าใยอาหารที่มีอยู่ในรำข้าว ที่เป็นใยอาหารชนิดละลายน้ำไม่ได้แต่ก็ยังมีความพิเศษในการช่วยลดระดับปริมาณคลอเลสเตอรอลได้เช่นกัน

2.4.2.4 ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งได้ จากการศึกษาพบว่าคนที่ทานอาหารที่มีใยอาหารต่ำทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคได้มากกว่าคนที่ทานอาหารที่มีใยอาหารสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะใยอาหารช่วยจับตัวกับสารก่อมะเร็งได้และเร่งการนำพาสารนั้นออกจากลำไส้

2.4.2.5 ช่วยลดความผิดปรกติของระบบย่อยอาหาร และระบบขับถ่าย ลดอาการท้องผูก และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคริดสีดวงทวาร โรคลำไส้โป่งพอง เนื่องจากใยอาหารเพิ่มการดูดซึมน้ำกับอาหารทำให้กากอาหารที่ย่อยไม่ได้มีลักษณะนิ่มและขับถ่ายออกจากร่างกายโดยละตวก

2.4.3 การใช้เป็นส่วนผสมอาหาร

Mahasarakham University

2.4.3.1 ภาวะปัจจุบันผู้บริโภคนิยมบริโภค อาหารแปรรูป อาหารสำเร็จรูปอาหารกึ่งสำเร็จรูปเพิ่มมากขึ้น แต่ ยังให้ความสนใจด้านสุขภาพ จึงทำให้บริษัทผู้ผลิตอาหารต้องคำนึงถึงการใช้ใยอาหาร ผสมในอาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ สารที่นิยม ใช้ผสมเพื่อเป็นแหล่งของใยอาหาร ได้แก่

1) อินนูลิน (Inulin)

2) ฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์ (Fructo-Oligosaccharide)

3) รีซิสแทนซ์สตาร์ช (Resistance starch) เช่น มอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin)

4) กัม (gum) เช่น กัวกัม (guar gum) เพคติน (pectin)

2.5 คุณสมบัติของใยอาหารต่อผลิตภัณฑ์อาหาร

คุณสมบัติที่สำคัญของใยอาหารต่อการเป็น functional ingredient คือ คุณสมบัติด้านความสามารถในการจับกับน้ำ และความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (นิธิมา, 2544)โดยพารามิเตอร์ที่ใช้วัดสมบัติในการจับน้ำ (hydration properties) ได้แก่ ความลามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ความสามารถในการจับน้ำ (water binding capacity) และการพองตัว (swelling) จากคุณสมบัติดังกล่าวการเติมใยอาหารลงไปในปริมาณที่เหมาะสมจึงส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและเสถียรภาพของอาหารนั้นๆ

2.6 การสกัดใยอาหาร

การสกัดใยอาหารไม่มีรูปแบบและวิธีการที่ตายตัวทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแนวทางและวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย โดยงานวิจัยหลายๆ ชิ้นจะทำการกำจัดองค์ประกอบบางส่วนที่ผู้ทำวิจัยเห็นว่าไม่มีประโยชน์หรือมีประโยชน์น้อยกว่าองค์ประกอบอื่นๆ ออก อาทิ ไขมัน แป้ง น้ำตาลอิสระ เป็นต้น เพื่อให้ได้ส่วนของใยอาหารในปริมาณสูงต่อน้ำหนักของผลิตภัณฑ์

ปัจจุบันมีวัตถุดิบหลากหลายชนิดที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตใยอาหารผง เช่น ข้าวสาลี ข้าว วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ เปลือกส้ม มันสำปะหลัง เป็นต้น โดยคุณลักษณะหลักของผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายทางการค้ามีดังนี้ คือ มีใยอาหารเป็นองค์ประกอบทั้งหมดไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมันเป็นองค์ประกอบต่ำ ให้พลังงานต่ำ (ต่ำกว่า 8.36 กิโลจูลต่อกรัม) กลิ่นรสและรสชาติเป็นกลาง ซึ่งส่วนใหญ่จะได้ส่วนของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่มีการจำหน่าย

ใยอาหารที่ได้จากธัญพืชมีการใช้แพร่หลายกว่าใยอาหารที่ได้จากผลไม้ อย่างไรก็ตาม ใยอาหารจากผลไม้มีคุณภาพที่ดีกว่า เนื่องจากมีองค์ประกอบของใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้สูงส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำและน้ำมันสูง นอกจากนี้กลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยสลายได้ ในขณะเดียวกันใยอาหารที่ได้จากผลไม้จะมีองค์ประกอบของกรดไฟติก (Phytic acid) ต่ำ และใช้พลังงานต่ำ (Saura-Calixto and Larrauri,1996) จากความสำคัญและคุณสมบัติที่ได้กล่าวไปข้างต้นนั้น จึงมีความจำเป็นต้องมีการพัฒนากระบวนการเตรียมใยอาหารจากผลไม้ให้มีการ

Mahasarakham University

สูญเสียองค์ประกอบดังกล่าวและองค์ประกอบที่ให้ผลทางชีวภาพอื่นๆ อาทิ ฟลาโวนอยด์ โพลีฟีนอล คาโรทีน ให้น้อยที่สุด เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อสุขภาพนอกเหนือจากคุณประโยชน์ของใยอาหารเอง ซึ่งกระบวนการที่พัฒนาให้ได้ปริมาณใยอาหารที่สูงส่วนใหญ่แสดงดังตาราง 3 (Annon, 1987; Tastee Apple Inc, 1991;America Cristal Sugar Company, 1991; Woodstone Food Limited, 1991; ArcherDaniels Midlan, 1992)

ตาราง 4 กระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผงใยอาหารปริมาณสูง

ผู้เขียน	วิธีการ
Rasmaswamy (1991)	แช่เปลือกข้าวโอ๊ตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรกไซด์ (NaOH) 4.5-5 เปอร์เซ็นต์ ในหม้อนึ่งความดัน(autoclave) ที่อุณหภูมิ 100-200 °C ความดัน 0.1-1.0 MPa เพื่อแยกซิลิกาและลิกนินจากเปลือกข้าวโอ๊ต กรองตัวอย่างข้างต้น ทำให้เป็นกลางและฟอกสี (bleached)ผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับ
Giesfledt และคณะ (1991)	แยกของเหลวข้นที่ได้จากกระบวนการโม่เปียกข้าวโพดโดยใช้ไฮโดรไซโคลน ซึ่งทำให้ได้ส่วนของใยอาหารทั้งหมดสูงขึ้น
Gould และ Dexter (1989)	ใช้สารอัลคาไลน์ H2O2 ในการเตรียมใยอาหารจากพืช ซึ่งสามารถแยกส่วนของลิกนินออกจากเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำสูง และมีคุณสมบัติในการพองตัว
Caprez และคณะ (1987)	ใช้เอนไซม์เพื่อช่วยให้ส่วนของใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ของวัตถุดิบมีประสิทธิภาพดี และกระบวนการนี้ทำให้ใยอาหาร ที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่นิ่ม

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Larrauri (1999)

2.7 การผลิตใยอาหารผงในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีขั้นตอนปฏิบัติหลักๆ ดังนี้

2.7.1 การบดเปียก (Wet milling)

เป็นขั้นตอนการลดขนาดอนุภาคเพื่อเตรียมการกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกจากวัตถุดิบ ในขั้นตอนต่อไป โดยขนาดของอนุภาคหากมีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้มีปริมาณน้ำจำนวนมากเข้าไปจับกับอนุภาคเหล่านั้นซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุดิบไประหว่างกระบวนการแยกน้ำออกหรือกระบวนการทำแห้ง แต่อย่างไรก็ดีขนาดอนุภาคที่มีขนาดใหญ่มากเกินไปก็จะทำให้การกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการยากขึ้น เช่น น้ำตาลอิสระ อีกทั้งจะทำให้ในกระบวนการทำแห้งต้องใช้เวลาที่นานขึ้น

2.7.2 การล้าง (Washing)

จุดประสงค์หลักของขั้นตอนนี้ คือ เป็นขั้นตอนการแยกส่วนประกอบที่ไม่ต้องการ เช่น น้ำตาลอิสระ และลดจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ขั้นตอนนี้อาจจะมีการสูญเสียส่วนของใยอาหารที่สามารถ

Mahasarakham University

ละลายน้ำได้บางส่วน เช่น เพคติน ซึ่งส่งผลต่อคุณลักษณะด้านประสิทธิภาพความอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์สุดท้าย แต่อย่างไรก็ดีขั้นตอนนี้สามารถแยกน้ำตาลอิสระออกจากวัตถุดิบ หลีกเลี่ยงการเกิดสีดำในวัตถุดิบที่ผ่านการทำแห้งและช่วยให้ใยอาหารนั้นให้พลังงานต่ำ (Larrauri,1999)

2.7.3 การทำแห้ง (Drying)

กระบวนการทำแห้งเป็นกระบวนการที่มีราคาค่อนข้างสูงในการผลิตใยอาหาร และลามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาใยอาหารได้โดยไม่ต้องมีการเติมสารวัตถุกันเสีย หรือสารเจือปนอื่นๆ โดยในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้เครื่องจักรในการทำแห้งอย่างหลากหลาย อาทิ เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว (drum dryer) เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (double drum dryer) เครื่องทำแห้งแบบสายพาน (belt conveyor) ซึ่งการพิจารณาเลือกเครื่องจักรในการทำแห้งนั้นควรเลือกให้เหมาะกับคุณลักษณะของวัตถุดิบที่มีความชื้นสูงและปริมาณน้ำตาลเป็นองค์ประกอบต่ำ เพื่อให้เกิดความเสียหายต่อคุณภาพของใยอาหารที่ได้น้อยที่สุด (Ferguson และFox, 1978; Bernado และคณะ, 1990) ผลของกระบวนการทำแห้งต่อคุณภาพของใยอาหาร (dietary fiber) คือ อุณหภูมิที่สูงในการทำแห้งจะทำลายผนังเซลล์มีผลต่อความคงตัวของโพลีแซคาไรด์ เช่น เพคติน

นอกจากนี้ การผลิตเส้นใยอาหารเพื่อให้ได้เส้นใยอาหารที่มีความเข้มข้นของใยอาหารต่อปริมาณน้ำหนักสูง จำเป็นต้องกำจัดองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีในวัตถุดิบนั้นๆ อันได้แก่ ไขมัน คาร์โบไฮเดรท และโปรตีน เป็นต้น

2.7.4 การกำจัดไขมัน (Fat Extraction)

กำจัดไขมันออกจากวัตถุดิบนั้นนิยมทำอยู่ 2 วิธี ได้แก่ การกลั่นด้วยไอน้ำ และการลกัดด้วยตัวทำละลายพวกอีเทอร์และแอลกอฮอล์

2.7.5 การกำจัดแป้ง (Removal of Starch)

ปริมาณแป้งที่ปนอยู่มีผลต่อคุณสมบัติและคุณภาพของใยอาหาร โดยแนวโน้มการพองตัวและอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารมากขึ้น แต่เมื่อทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงเส้นใยที่มีปริมาณแป้งอยู่มากจะมีการคายน้ำที่อุ้มไว้ออกมา ทำให้เกิดการแยกตัวของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ และปริมาณแป้งที่มีอยู่สูงจะทำให้เส้นใยมีความชื้นเพิ่มมากขึ้นขณะการเก็บรักษา ทำให้อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สั้นลง (สิขรินทร์ และปราณี. 2003) ดังนั้น ต้องกำจัดแป้งออกจากวัตถุดิบโดยใช้เอนไซน์แอลฟาอะมัยเลส(α-Amylase) ย่อยแป้งออกจากวัตถุดิบ

2.8 เส้นใยสับปะรด

2.8.1 เส้นใยสับปะรด

คือ ส่วนของเซลลูโลสที่ได้มาจากใบของสับปะรดโดยทั่วไปนิยมนำมาทำกระดาษซึ่งมีคุณลมบัติยืดหยุ่นสูงและมีความเหนียวแน่นในตัวสูงเนื่องจากใยสับปะรดมีองค์ประกอบของเซลลูโลสสูงจึงสามารถนำมาประดิษฐ์เป็นสันหนังสือ และเป็นเฟอร์นิเจอร์ได้ นอกจากนี้ ยังสามารถนำมาทำเป็นเส้นด้ายถักทอและตัดเย็บเป็นเครื่องนุ่งห่ม เช่น ผ้าม่าน ผ้าคลุมเตียง หมอนอิง เสื้อคลุมอาบน้ำ เสื้อสูท และผ้าคลุมไหล่ เป็นต้น โดยสามารถนำไปผสมกับเส้นใยชนิดอื่น เช่น ฝ้าย เรยอน และพอลิเอสเทอร์ ได้อีกด้วยล่าสุดมีการวิจัยและพัฒนาใยสับปะรดเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น แผ่นฉนวนกันความร้อน ฉนวนกันเสียง เป็นส่วนเสริมแรงในพลาสติกที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ และ แผ่น nonwoven

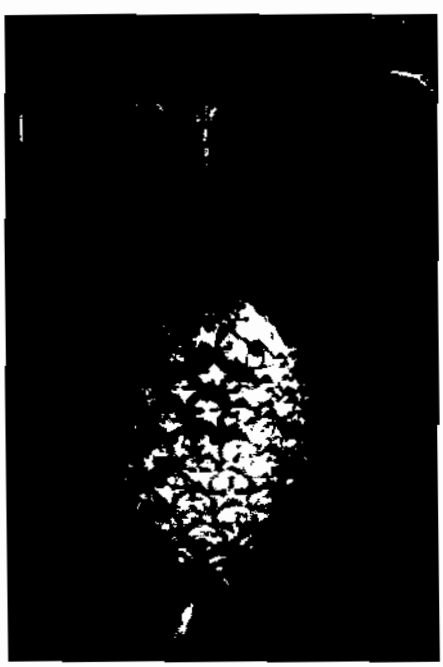
Mahasarakham University

สำหรับเพาะปลูกพืชเป็นต้น หลักการสกัดเส้นใยสับปะรด ได้แก่ การหมักใบ (retting) การปอกเปลือก (decortication) สางเส้นใย (combing) เป็นต้น ซึ่งในขั้นตอนของการหมักจะต้องใช้เวลานาน ดังนั้น จำเป็นต้องใช้สารเคมีเข้าไปช่วยให้กระบวนการง่ายยิ่งขึ้น ในปัจจุบันการใช้สารเคมีอาจจะมีปัญหาเรื่องของต้นทุนและปัญหาสิ่งแวดล้อม

จากการรวบรวมงานวิจัยเทคโนโลยีและนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์สับปะรดโดยการสืบค้นและรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากวารสารงานวิจัยนานาชาติ เช่น ฐานข้อมูล Science Direct, Scopus และ IEEE เป็นต้น และฐานข้อมูลงานวิจัยของไทย พบว่า มีงานวิจัยด้านเทคโนโยสีและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสับปะรดที่น่าสนใจ โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์สับปะรดที่เป็นอาหาร และผลิตภัณฑ์สับปะรดที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมเกี่ยวเนื่องอื่น ๆ

2.8.2 การใช้ผลพลอยได้จากสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชที่ปลูกข้ามฤดูตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงระยะบังคับให้ออกดอกนาน 8-12 เดือน หลังจากนี้จะเก็บเกี่ยวได้รวมอายุประมาณ 12-14 เดือน สับปะรดชอบขึ้นในดินมีฤทธิ์เป็นกรดลักษณะดินทราย ร่วนทรายจนถึงดินร่วนเหนียวและดินจะต้องมีหน้าดินลึก มีการระบายน้ำดี สามารถทนทานต่อความแห้งแล้งและขาดแคลนน้ำ หรือแม้แต่พื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ควรมีการกระจายของน้ำฝนสม่ำเสมอ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 750 มม./ปี อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 21-32 องศาเซลเซียส ขยายพันธุ์ได้ง่าย หากปลูกด้วยจุกจะใช้เวลานานกว่าปลูกด้วยหน่อหรือส่วนต้น ให้ผลผลิต 1 ผลต่อ 1 ต้น ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นผู้ผลิตและผู้ส่งออกสับปะรดกระป๋องในรูปผลิตภัณฑ์เป็นอันดับต้นๆของโลก ผลิตภัณฑ์หลักจากสับปะรดที่ประเทศไทยส่งออก ได้แก่สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรด สับปะรดแช่แข็ง สับปะรดแห้ง และเจาะสอดไส้สับปะรด



ภาพประกอบ 11 สัดส่วนองค์ประกอบของผลสับปะรด

ที่มา : (http://pirun.ku.ac.th/~b5310101616/Ananas%20comosus.html.)

Mahasarakham University

2.8.3 สัดส่วนองค์ประกอบของสับปะรดทั้งต้นคิดเป็น น้ำหนักผล 37.35 เปอร์เซ็นต์ ใบ 38.78 เปอร์เซ็นต์ จุก 7.77 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของต้น ก้านผลและหน่อเท่ากับ 12.86 3.08 และ 0.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลาดับ (มาลี, 2521) ผลสับปะรดเมื่อเข้าโรงงานจะทาการปลิดจุกและก้านออกคิดเป็นน้ำหนักประมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนักทั้งผล ในขบวนการบรรจุกระป๋องส่วนของผลสับปะรดที่ถูกตัดออกได้แก่หัว ท้าย แกน และเปลือกติดเนื้อ ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนต่อผลสับปะรด ดังนี้

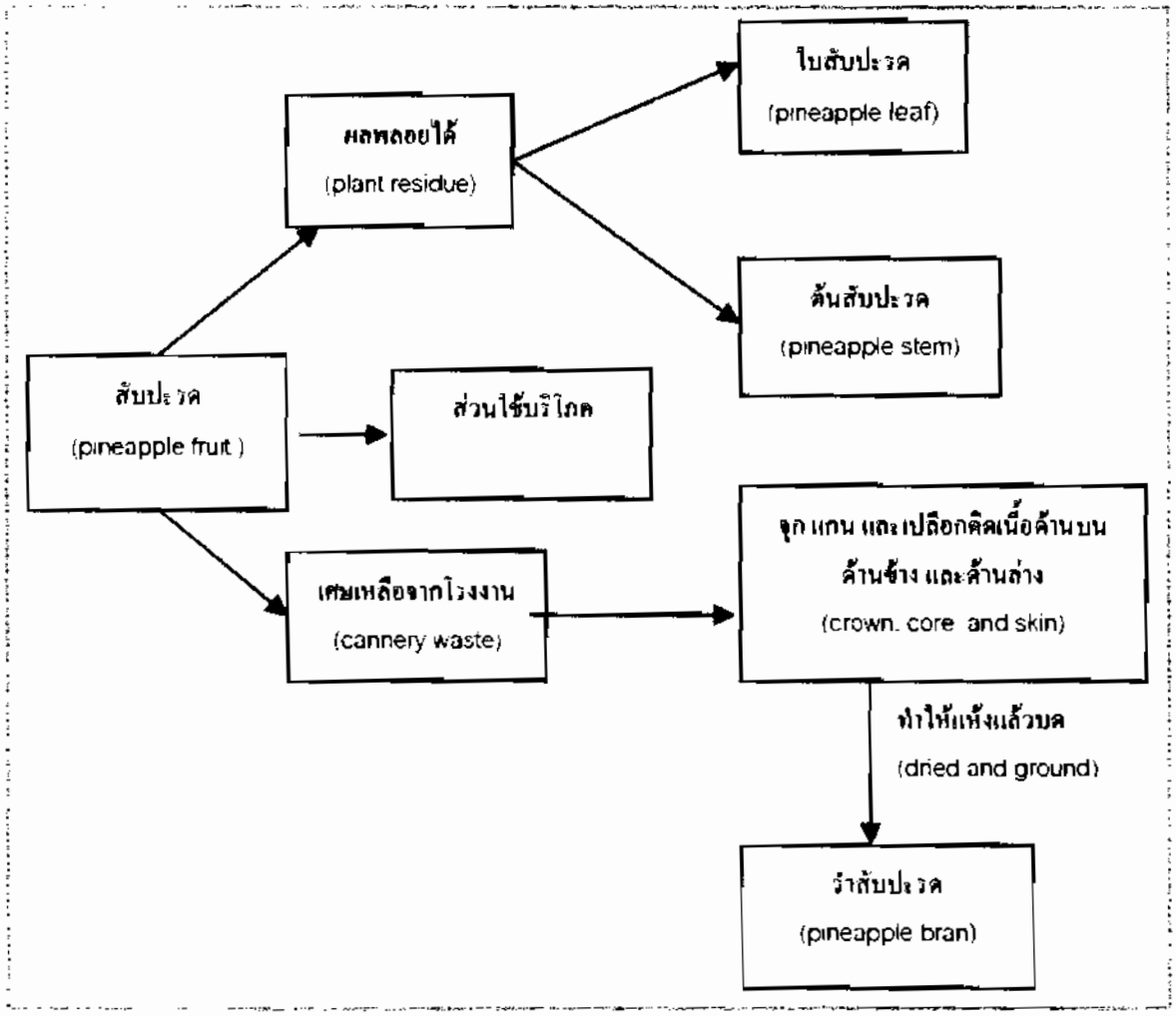
2.8.3.1 เนื้อที่ใช้ทาแว่นลูกเต๋า และตีป่น	22-30 เปอร์เซ็นต์ของผลสับปะรด
2.8.3.2 เปลือกและตา	29-34 “
2.8.3.3 แกน	3.5-4.5 “
2.8.3.4 จุกและก้าน	26-35 “
2.8.3.5 น้ำหนักที่หายไประหว่างทา	3-4.5 “

2.8.4 ปริมาณผลพลอยได้และเศษเหลือของสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศ สับปะรดที่นิยมปลูกและมีคุณสมบัติเหมาะสม คือมีสัดส่วนของผลที่ใช้ประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจสูง และส่งโรงงานเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (จารุพันธุ์,2526) จากการศึกษาของสมบัติและคณะ (2539) รายงานว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีสัดส่วนของต้นสับปะรดคิดเป็น น้ำหนักผล 37.35 เปอร์เซ็นต์ ใบ 38.78 เปอร์เซ็นต์ จุก 7.77 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของต้น ก้านผลและหน่อเท่ากับ 12.86 3.08 และ 0.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มาลี (2521) รายงานผลสับปะรดเมื่อเข้าโรงงานจะทำการปลิดจุกและก้านออกคิดเป็นน้ำหนักประมาณร้อยสะ 30 ของน้ำหนักทั้งผล

สับปะรดหนึ่งผลจะหนักประมาณ 1,754.4 กรัม/ผล ผลผลิตต่อไร่ประมาณ 3,870.00 กิโลกรัม/ไร่ สับปะรดหนึ่งผลเมื่อเข้าแปรรูปในโรงงาน จะมีเศษเหลือใช้จากการทำสับปะรดกระป๋องประมาณ 1,228.1 กรัม/ผล ในพื้นที่ 1 ไร่ จะได้เปลือกสับปะรดเฉลี่ย 2,700.55 กิโลกรัม หรือถ้าคิดเป็นปริมาณเปลือกทั้งประเทศประมาณ 2.8 ล้านตัน ส่วนของใบสับปะรดประมาณ 4.0 ล้านตันและจุกประมาณ 0.370 ล้านตัน (สมบัติและคณะ, 2537) เศษเหลือและผลพลอยได้เหล่านี้จะมีออกมากทุกปีระหว่างเดือน เม.ย.-มิ.ย. และระหว่าง พ.ย.-มี.ค. ในช่วงเวลาอื่นจะมีน้อย

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 12 ผลพลอยได้และเศษเหลือจากโรงงานทำสับปะรดกระป๋อง
ที่มา : (http://www2.oie.go.th/vc-pineapple/index.php/pineapple-industry/st09/95- canned-pine/86-2012-12-24-07-50-29.)

ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางอาหารของเปลือกจากสับปะรดเศษเหลือของสับปะรดจากโรงงานจะมีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันทั่วไปเรียกว่าเปลือกสับปะรดหรือกากสับปะรดจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ มีเปลือกด้านข้าง ส่วนหัว ส่วนล่าง ไส้ (แกนกลาง)และเศษเนื้ออาจจะมีส่วนใดส่วนหนึ่งมากน้อยแล้วแต่โรงงาน ซึ่งจะทำให้ส่วนประกอบทางเคมีจากเศษเหลือของสับปะรดหรือเปลือกสับปะรดมีค่าแตกต่างกัน โดยทั่วไปเปลือกสับปะรดสดจากโรงงานทำสับปะรดกระป๋องจะมีปริมาณน้ำอยู่สูง มีวัดถุแห้งประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรด-ด่าง (pH)อยู่ระหว่าง 3.2-3.4 (Perez และคณะ,1973) มียอดโภชนะย่อยได้ (TDN) 65-74 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนปริมาณแร่ธาตุต่าง ๆ และวิตามินอีต่ำ (Muller,1974,1975) ปริมาณน้ำตาลที่พบมากส่วนใหญ่เป็นพวกซูโครส (70 เปอร์เซ็นต์) กลูโครส (20 เปอร์เซ็นต์) และฟรุคโตล (10 เปอร์เซ็นต์เปอร์เซ็นต์) (muller,1978) ได้แสดงผลวิเคราะห์แยกตามส่วนต่างๆ (ตารางที่ 1) และได้รวบรวมผลวิเคราะห์ของเปลือกสับปะรดได้จากโรงงานแปรรูปทำสับปะรดกระป๋องจากผลงานวิจัยของนักวิจัยบางท่าน

Mahasarakham University

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีแยกวิเคราะห์ตามส่วนต่างๆ ของสับปะรด (%วัตถุแห้ง)*

ส่วนประกอบ	เปลือกด้านข้าง	ส่วนหัว	ส่วนล่าง	แกน(ไส้)	เศษเนื้อ
ความชื้น	85.8	84.9	85.9	88.6	84 5
โปรตีน	4.4	4.1	5.4	3.2	3.6
ไขมัน	1.5	1.2	1.4	1 3	1.2
เยื่อใย	8.1	11.6	13.4	8.9	4.7
เถ้า	4.9	5.4	7.6	3.8	4.2
NFE	81.1	77.7	72.2	82.8	86 3
NDS	72.9	61.2	53 1	73.1	85.5
NDF	27.1	38.8	46.9	26.3	14.5
ADF	12.1	17.1	20.4	12.2	5.8
ADL	1 7	1.9	2.8	0 7	0.6
Cellulose	10.4	15.2	17.6	11.5	5.2
Hemicellulose	15.0	21.7	26.5	14.1	8.7

* วรพงษ์ และวิภา (2528)

ภาพประกอบ 13 ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางอาหารของเปลือกจากสับปะรด
ที่มา : (http://www2.oie.go.th/vc-pineapple/index.php/pineapple-industry/st09/95- canned-pine/86-2012-12-24-07-50-29.)

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกสับปะรดจากโรงงาน (%วัตถุแห้ง)

แหล่งที่มา	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	NFE
Khajarern และ Khajarern (1984)	4.80	1.9	25 5	4.5	63.3
FAO (1983)	6 90	0.9	17.80	4.0	70 40
ชวนิศากร (2526)	3.74	3.81	12 72	3.99	77.72
จินดาและคณะ (2528)	6.44	1.84	13 96	6 81	52.95
จินดาและคณะ (2542)	6.00	3.81	14.84	6.81	68.54

ส่วนประกอบทางเคมีของผลพลอยได้ จากการปลูกสับปะรด (ตารางที่ 3) เช่น จุก ใบและต้นสับปะรดจะมีคุณค่าโดยรวมใกล้เคียงกับหญ้าอาหารสัตว์ มีแนวโน้มว่าส่วนของเยื่อใยจะต่ำกว่าหญ้า และมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าหญ้าสด (จินดา และคณะ, 2542)

ภาพประกอบ 14 ส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกจากสับปะรดจากโรงงาน
ที่มา : (http://www2.oie.go.th/vc-pineapple/index.php/pineapple-industry/st09/95- canned-pine/86-2012-12-24-07-50-29.)

Mahasarakham University

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พัชราภรณ์ วชิรศิริ (2550) : ได้ศึกษาการสกัดไยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้า โดยในกระบวนการสกัดได้ใช้วิธีการเตรียมวัตถุดิบที่แตกต่างกัน 4 วิธี คือ การบดแห้ง การบดเปียก การบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำอุณหภูมิห้อง และการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำร้อน ตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีการต่างๆ จะนำมาสกัดไขมัน โปรตีนและแป้งออกโดยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส กลูโคอะไมเลส และนิวเทรส พบว่า ได้ผลผลิตร้อยละ 6.12 6.10 5.18 4.95 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมัน พบว่า ไยอาหารที่เตรียมโดยวิธีการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำอุณหภูมิห้องมีปริมาณไยอาหารทั้งหมด และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันสูงที่สุด และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับไยอาหารที่เตรียมด้วยวิธี
อื่นๆ สีของผลิตภัณฑ์ไยอาหารที่สกัดได้เป็นสีน้ำตาลอาจเป็นข้อจำกัดในการนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร ต้นทุนการผลิตไยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้าประมาณ 739 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ไยอาหารที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารทั่วไป เนื่องมาจากการใช้เอนไซม์ 3 ชนิด เพื่อกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการ

ศวิพร สุขความดี (2533) : ได้ศึกษาการสกัดและการเตรียมเส้นใยอาหารชนิดละลายน้ำและไม่ละลายน้ำจากข้าวเพื่อผลิตขนมปังไยอาหารสูง โดยการสกัดโดยใช้น้ำและตกตะกอนด้วยเอทานอล (shyama Prasad Rao and others 2006) และการสกัดแยกโดยใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Inglett 1992)

Prakongpan และคณะ (2002) : ศึกษาการสกัดและการประยุกต์ใช้ Dietary fiber จากแกนสับปะรด โดยใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 (1:5 w/v) ได้ Pineapple core dietary fiber (PDF) และสกัดเซลลูโลส ได้เป็น Pineapple core cellulose (PC) โดยใช้สารแอลคาลอยด์ จากนั้นนำสารที่สกัดได้ไปผ่านกระบวนการฟอกสี (Bleaching process) จากการสกัดด้วยสารดังกล่าวข้างต้นได้ปริมาณ Dietary fiber 99.8 เปอร์เซ็นต์ และ 95.2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพและนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โดนัทเค้ก เค้กและผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ จากการทดสอบประสาทสัมผัสคะแนนการยอมรับอยู่ในเกณฑ์ดี

Cui and others (2000) : ได้ศึกษาวิธีการสกัดแยกไยอาหารจากข้าวสาลี โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ สภาวะ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำมาปรับ pH ให้เป็นกลาง แล้วนำมาปั่นเหวี่ยงและตกตะกอนไยอาหารด้วยเอทานอล เมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่าสารที่เตรียมได้เป็นน้ำตาลกลุ่มไซโลส

Prakongpan and others (2002) : ได้ศึกษาการสกัดและการประยุกต์ใช้ไยอาหารจากแกนสับปะรดโดยใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 (1.5w/v) ประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โดนัท เค้กและผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ จากการทดสอบประสาทสัมผัสคะแนนการยอมรับอยู่ในเกณฑ์ดี

Bendahou and others (2007) : ได้ศึกษาการสกัดแยกไยอาหารในกลุ่มจากปาล์ม โดยใช้สภาวะด่างและตกตะกอนด้วยเอทานอล ซึ่งสามารถสกัดได้ปริมาณสูง และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของเฮมิเซลลูโลสที่สกัดได้นั้น พบว่า ประกอบไปด้วย น้ำตาลอะราบิโนส ไซโลส กาแลกโตส และกลูโคส โดยน้ำตาลไซโลสจะมีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาคือ กลูโคส และอะราบิโนส

Mahasarakham University

Larrauri และคณะ (1996) : ได้ศึกษากระบวนการเตรียมและลักษณะของ Dietary fiber จากเปลือกมะม่วงที่เป็นวัสดุเหลือจากกระบวนการผลิตไซรัป นำมาไม่เปียก ล้างและทำให้แห้งได้ใยอาหารที่มีใยอาหารที่ละลายน้ำได้ 281 กรัม/กก. และมีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำสูง 11.4 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งจัดว่าเปลือกมะม่วงเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดี

Hsu and Others (2005) : ได้ศึกษาการใช้เส้นใยอาหารจากแครอทในการช่วยลดปริมาณไขมันและการดูดซึมคลอเรสเตอรอลในหนูทดลอง โดยทำการสกัดเส้นใยอาหารชนิดละลายน้ำได้จากกากแครอทที่เหลือจากกระบวนการคั้นน้ำแครอท พบว่า การให้ใยอาหารแก่หนูทดลอง มีผลให้หนูทดลองมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น มีปริมาณไขมันไตรกลีเวอไรด์และปริมาณคลอเรสเตอรอลทั้งหมดในร่างกายลดลง แต่มีอัตราส่วนของ HDL (hight-density lipoprotein) ต่อปริมาณคลอเรสเตอรอลทั้งหมดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับหนูที่ไม่ได้รับใยอาหาร ซึ่งการที่มีอัตราส่วนของ HDL ต่อ ปริมาณคลอเรสเตอรอลทั้งหมดเพิ่มขึ้น จะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเส้นเลือดหัวใจอุดตันได้

Mahasarakham University

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

เพื่อให้การดำเนินการศึกษาและการผลิตเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรดให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ จึงได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการศึกษาดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์สำหรับการเตรียมวัตถุดิบ

3.1.1.1. ตู้อบลมร้อน
3.1.1.2. ครก-สาก
3.1.1.3. ถาด
3.1.1.4. เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Pioneer
3.1.1.5. ตะแกรงร่อนขนาดรูตะแกรง 850 Micron
3.1.1.6. กะละมัง
3.1.1.7. เทอร์โมมิเตอร์
3.1.1.8. กาต้มน้ำร้อน
3.1.1.9. โถดูดความชื้น (Desiccators)
3.1.1.10. ซองซิป
3.1.1.11. ผ้าขาวบาง

3.1.2 อุปกรณ์และสารเคมีในการสกัดใยอาหาร

3.1.2.1. เอนไซม์ α-อะไมเลส (α-amylase) เอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส (amyloglucosidase) และเอนไซม์โปรตีเอส (protease)
3.1.2.2. ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.08 โมลาร์ pH 6
3.1.2.3. น้ำสับปะรด
3.1.2.4. NaOH ความเข้มข้น 0.275 โมลาร์
3.1.2.5. HCl ความเข้มข้น 0.325 โมลาร์
3.1.2.6. เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์
3.1.2.7. เอทานอล 78 เปอร์เซ็นต์
3.1.2.8. Acetone
3.1.2.9. celite
3.1.2.10. เครื่องเขย่าแบบอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Shaker water bath) ยี่ห้อ HELO รุ่น SBD 50 Bio-1
3.1.2.11. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ยี่ห้อ Memmert รุ่น WNB45 SC
3.1.2.12. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น ปิเปต ช้อนตักสาร แท่งคนสาร เป็นต้น
3.1.2.13. Fillter crucible เบอร์ 2

Mahasarakham University

3.1.2.14. pH meter ยี่ห้อ HANNA

3.1.2.15. โถดูดความชื้น (Desicators)

3.1.2.16. Aluminium foil

3.1.2.17. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร และ 500 มิลลิลิตร

3.1.2.18. Suction pump

3.1.2.19. Hot air oven

3.1.2.20. เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น AB304-S/FACT

3.1.2.21. บีกเกอร์

3.1.2.22. ถุงมือกันความร้อน

3.1.2.23. ดรอปเปอร์

3.1.2.24. กระบอกตวง

3.1.2.25. ลูกยาง

3.1.2.26. เทอร์โมมิเตอร์

3.1.3 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของใยอาหาร

3.1.3.1. ขวดย่อยโปรตีน (kjeldahl flask)

3.1.3.2. ชุดกลั่นโปรตีน

3.1.3.3. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.1.3.4. บิวเรต ขนาด 25 มิลลิลิตร

3.1.3.5. Fillter crucible เบอร์ 2

3.1.3.6. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น บีกเกอร์ ปิเปต แท่งแก้ว

3.1.3.7. Muffle furnace

3.1.3.8. เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น AB304-S/FACT

3.1.3.9. โถดูดความชื้น

3.1.4 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพใยอาหาร

3.1.4.1. เครื่องวัดค่า water activity (Aw) ยี่ห้อ Aqua Lab รุ่น 4TE

3.1.4.2. เครื่องวัดค่าสี Hunter lab รุ่น Color Flex EZ

3.1.4.3. ตะแกรงใส่หลอดทดลอง (Test Tube Rack)

3.1.4.4. เครื่องเหวี่ยงแยกความเร็วสูง (Centrifuge) ยี่ห้อ NUVE รุ่น NF 200

3.1.4.5. หลอด Centrifuge ขนาด 25 มิลลิลิตร

3.1.4.6. ขวดน้ำกลั่น

3.1.4.7. เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Pioneer รุ่น OHAUS

3.1.4.8. นาฬิกาจับเวลา

3.1.4.9. น้ำมันพืช

3.1.4.10. เครื่องผสมสารละลาย Vortex Mixer ยี่ห้อ LMS รุ่น VTX-3000L

Mahasarakham University

3.2 เปลือกผลไม้ที่นำมาวิจัย

เปลือกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียผิวเปลือกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกสับปะรด

นำเปลือกสับปะรดล้างให้สะอาด อบให้แห้งและนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิเคราะห์ปริมาณ โปรตีน เถ้า ตามวิธี AOAC (2002) และใยอาหารทั้งหมด ตามวิธี AOAC (1997)

3.3.2 วิธีเตรียมตัวอย่างใยอาหารจากเปลือกสับปะรด

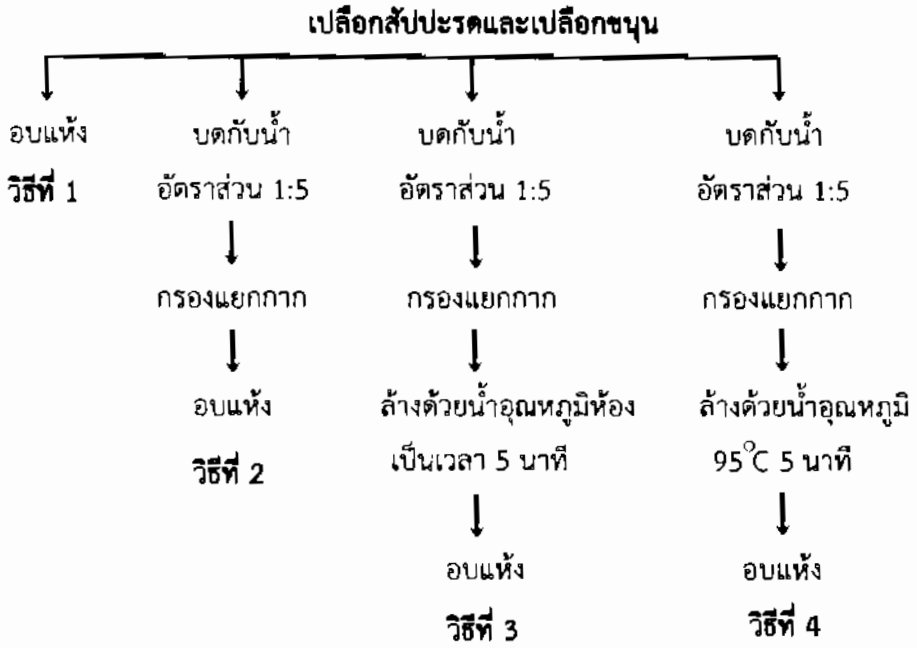
วิธีที่ 1 การเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการบดแห้ง นำเปลือกสับปะรดอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้ง จากนั้นบดด้วยเครื่องบดผ่านรูตะแกรงขนาด 850 Micron

วิธีที่ 2 การเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการบดเปียก นำเปลือกสับปะรดมาลดขนาดด้วยการบดเปียก โดยใช้เครื่องบด ให้ละเอียดประมาณ 20 วินาที กรองแยกกาก อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นบดด้วยเครื่องบดผ่านรูตะแกรงขนาด 850 Micron

วิธีที่ 3 การเตรียมวัตถุดิบด้วยวีธีการบดเปียกและล้างน้ำอุณหภูมิห้อง นำเปลือกสับปะรดมาลดขนาดด้วยการบดเปียก โดยใช้เครื่องบด ให้ละเอียดประมาณ 20 วินาที กรองแยกกาก จากนั้นนำเปลือกสับปะรดที่บดแล้วมาล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมงจากนั้นบดด้วยเครื่องบดผ่านรูตะแกรงขนาด 850 Micron

วิธีที่ 4 การเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการบดเปียกและล้างน้ำร้อน นำเปลือกสับปะรดมาลดขนาดด้วยการบดเปียก โดยใช้เครื่องบด ให้ละเอียดประมาณ 20 วินาที กรองแยกกาก ล้างด้วยน้ำร้อน 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาทีอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นบดด้วยเครื่องบดผ่านรูตะแกรง 850 Micron

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 15 วิธีการเตรียมตัวอย่างสำหรับการสกัดเส้นใย
ที่มา : (ดัดแปลงมาจาก พัชราภรณ์. 2550. ...)

3.4 การกำจัดไขมัน (fat extraction) ออกจากเปลือกสับปะรด

นำเปลือกสับปะรดที่ผ่านกระบวนการเตรียมวัตถุดิบข้างต้นมากำจัดไขมันโดยทำการแช่ด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยอัตราส่วน 1:4 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปอบแห้งไล่เอทานอลในตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้ง

3.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จากเปลือกสับปะรดหลังแช่เอทานอล

3.5.1 ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี hunter lab

3.5.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity, WHC) และความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (oil holding capacity, OHC) ดัดแปลงจากวิธีของ Sathe และ Salunkhe (1981)

3.5.2 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity) ด้วยเครื่อง Water Activity Meter Model MS1 aw

3.6 การกำจัดโปรตีน

นำเปลือกสับปะรดที่ผ่านกระบวนการเตรียมวัตถุดิบข้างต้นมากำจัดโปรตีนโดยทำการแช่น้ำสับปะรด ด้วยอัตราส่วน 1:10 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้ง

Mahasarakham University

3.7 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จากเปลือกสับปะรดหลังแช่น้ำสับปะรด

3.7.1 ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี hunter lab

3.7.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity, WHC) และความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (oil holding capacity, OHC) ดัดแปลงจากวิธีของ Sathe และ Salunkhe (1981)

3.7.3 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity) ด้วยเครื่อง Water Activity Meter Model MS1 aw

3.8 การวิเคราะห์เส้นใยรวม

3.8.1 ขั้นตอนการเตรียม Fritted Crucible

3.8.1.1. เตรียม Fritted Crucible (Crucible แก้ว) ขนาด 30 ml ขนาดความพรุนเบอร์ 2

3.8.1.2. เติม Celite 0.5 กรัม ใน Fritted crucible แต่ละอัน

3.8.1.3. เผาด้วย Muffle furnace ที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (เพื่อไล่ความชื้นและให้น้ำหนักคงที่)

3.8.1.4. ทิ้งให้เย็นใน Descicators 50 นาที แล้วชั่งน้ำหนัก Fritted crucible + Celite (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

3.8.2 วิธีการวิเคราะห์มีด้วยกัน 3 ขั้นตอน

3.8.2.1 ขั้นตอนการย่อย

1) ชั่งตัวอย่างผงละเอียด ประมาณ 0.5 กรัม ลงในบีกเกอร์

2) เติมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.08 โมลาร์, pH 6.0 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

3) เติม Enzyme α-amylase 0.1 มิลลิลิตร (100μl) ลงในและบีกเกอร์ ปิดปากบีกเกอร์ด้วย Aluminium foil

4) ย่อยตัวอย่างใน Shaking water bath ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (เขย่าทุกๆ 5 นาที)

5) ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติม NaOH ความเข้มข้น 0.275 โมลาร์ 10 มิลลิลิตร โดยปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 7.5±0.2

6) เติม Enzyme protease 0.1 มิลลิลิตร (100μl) ลงในแต่ละบีกเกอร์ ปิดปากบีกเกอร์ด้วย Aluminium foil

7) ย่อยตัวอย่างใน Shaking water bath ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (เขย่าตลอดเวลา)

8) ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติม HCL ความเข้มข้น 0.325 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร โดยปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 4.0-4.6

9) เติม Enzyme amyloglucosidase 0.1 มิลลิลิตร (100μl) ลงในแต่ละบีกเกอร์ปิดปากบีกเกอร์ด้วย Aluminium foil

Mahasarakham University

10) ย่อยตัวอย่างใน Shaking water bath ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (เขย่าตลอดเวลา)

11) ตวง Ethanol 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 280 มิลลิลิตร ลงในErlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วนำไปอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

3.8.2.2 ขั้นตอนการตกตะกอน

1) นำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยด้วย Enzyme แล้วมาเติมเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ95 ขณะร้อนเพื่อตกตะกอนใยอาหาร

2) ทิ้งไว้ 1 คืนเพื่อให้ตกตะกอนโดยสมบูรณ์

3) นำ Fritted crucible ที่เตรียมไว้มากรองกากใยอาหารโดยใช้ suction pump กรองกากใยใน crucible

4) ล้างตะกอนด้วย ethanol 78 เปอร์เซ็นต์ 20 มิลลิลิตร 3 ครั้ง ethanol 95 เปอร์เซ็นต์ 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง acetone 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง

5) นำ Fritted crucible + celite + ตะกอนกากใย อบใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน

6) ทิ้งให้เย็นใน Desicator เป็นเวลา 30 นาที ชั่งน้ำหนัก Crucible + กาก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

7) นำไปวิเคราะห์ Protein และวิเคราะห์ Ash

3.8.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์โปรตีนและเถ้า

1) วิเคราะห์โปรตีน

(1) นำเถ้าใส่ลงในหลอดวิเคราะห์โปรตีน

(2) เติม $CuSO_4$ 0.5 กรัม เติม K_2SO_4 7.0 กรัม เติม 96 เปอร์เซ็นต์ H_2SO_4 15 มิลลิลิตร

(3) นำไปย่อยที่ 420 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 45 นาที

(4) ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแล้วไปเข้าเครื่องกลั่น + ไทเทรตอัตโนมัติ โดยในขั้นตอนการกลั่นให้ตั้งค่าการใช้ 40 เปอร์เซ็นต์ NaOH 50 มิลลิลิตร และ H_2O 80 มิลลิลิตร เมื่อกลั่นเสร็จเครื่องจะทำการไทเทรตอัตโนมัติโดยใช้ 0.1 molar HCl

(5) บันทึกปริมาตร HCl ที่ใช้ในการไทเทรตเพื่อนำไปคำนวณหา % Protein

$$\text{น้ำหนักโปรตีน} = \%\ \text{โปรตีน} \times \frac{\text{น้ำหนักตะกอนก่อนเผา (g)}}{100}$$

2) การวิเคราะห์ Ash

(1) นำตัวอย่างเถ้าไปเผาใน Muffle furnace ที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

(2) ทิ้งให้เย็นใน Desicator 50 นาที

(3) ชั่งน้ำหนักเถ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

Mahasarakham University

3.9 ศึกษาคุณสมบัติของใยอาหารผงที่สกัดได้

ผลผลิตใยอาหารที่ได้ (น้ำหนักแห้ง) = $\frac{\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ (g)}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น (g)}} \times 100$

3.10 วิธีวิเคราะห์และการคำนวณ

3.10.1 การวิเคราะห์เส้นใยรวม

การรายงานผลการวิเคราะห์ รายงานในหน่วย g/100g

เส้นใยรวม = $\frac{\text{น้ำหนักตะกอน(g) - น้ำหนักโปรตีน(g) – น้ำหนักเถ้า(g) – blank(g)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(g)}} \times 100$

3.10.2 การวัดความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity)

ดัดแปลงจากวิธี AACC Methods Manual (1983) และ Sosulski และคณะ(1976)

3.10.2.1 อุปกรณ์

1) หลอด Centrifuge ขนาด 25 มิลลิลิตร

2) เครื่องเหวี่ยงแยกความเร็วสูง (Centrifuge)

3) ตู้อบ

4) เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.10.2.2 วิธีการ

1) ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ใส่หลอด Centrifuge

2) เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง

3) เหวี่ยงแยกด้วยความเร็ว 3000 rpm เป็นเวลา 20 นาที รินส่วนใสทิ้ง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างเปียก

4) นำตัวอย่างไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ข้ามคืน ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแห้ง

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (กรัมน้ำ/กรัมตัวอย่างแห้ง) = $\frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างเปียก- น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$

3.10.3 การวัดความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil holding capacity)

ดัดแปลงจากวิธีของ Sathe และ Salunkhe (1981)

3.10.3.1 อุปกรณ์

1) หลอด Centrifuge ขนาด 25 มิลลิลิตร

2) เครื่องเหวี่ยงแยกความเร็วสูง (Centrifuge)

3) เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.10.3.2 สารเคมี

1) น้ำมันพืช

3.10.3.3 วิธีการ

1) ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ใส่หลอด Centrifuge

2) เติมน้ำมันพืช 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 นาที

Mahasarakham University

3) เหวี่ยงแยกด้วยความเร็ว 3000 rpm เป็นเวลา 30 นาที รินส่วนใสทิ้ง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ดูดน้ำมันไว้

ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (กรัมน้ำมัน/กรัมตัวอย่าง) = $\frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ดูดน้ำมัน - น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$

Mahasarakham University

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ปริมาณเส้นใยของเปลือกสับปะรดเริ่มต้น

จากผลการทดลองพบว่าเปลือกสับปะรดมีปริมาณความชื้นเป็นองค์ประกอบหลักถึงร้อยละ 83.05 ซึ่งจัดเป็นองค์ประกอบหลักตามธรรมชาติที่มีมากที่สุดในวัตถุดิบที่เป็นผลไม้ ดังนั้นความชื้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตใยอาหารผง (Larrauri,1999) โดยอาศัยกระบวนการอบแห้งเพื่อลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในระดับที่สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยไม่ให้เกิดการเสื่อมเสียทั้งด้านจุลินทรีย์และปฏิกิริยาทางเคมีในระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง อย่างไรก็ตามอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของใยอาหารด้อยลง

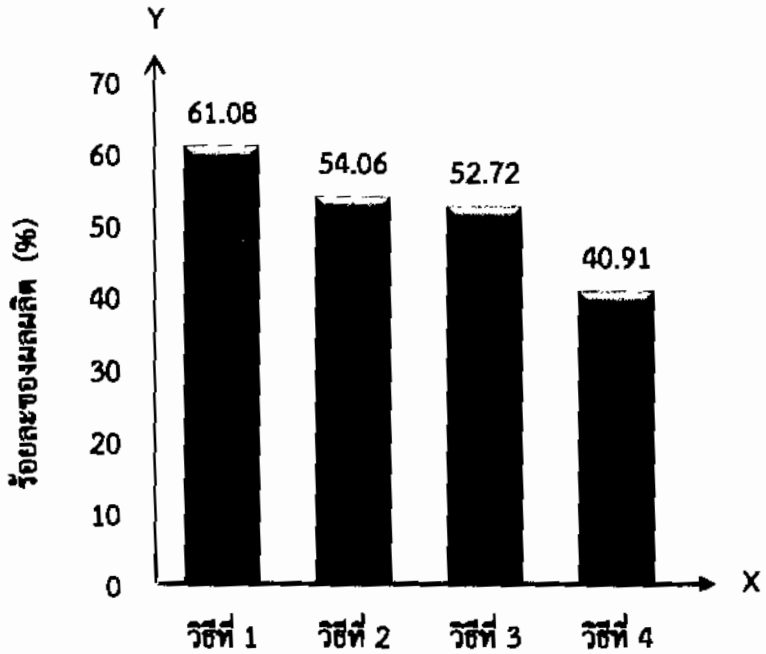
เมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยรวม พบว่าเปลือกสับปะรดมีปริมาณของใยอาหารรวมทั้งหมด ร้อยละ 46.19 ซึ่งจัดว่าเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดีแต่ทั้งนี้ยังมีปริมาณโปรตีน และไขมันเป็นองค์ประกอบซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้จำเป็นต้องกำจัดออกไป เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ใยอาหารที่ได้มีความบริสุทธิ์มากยิ่งขึ้นเนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้อาจส่งผลต่อคุณสมบัติต่อใยอาหารผง เช่น ไขมันทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ลดลง (Larrauri,1999)

4.2 การศึกษากระบวนการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด

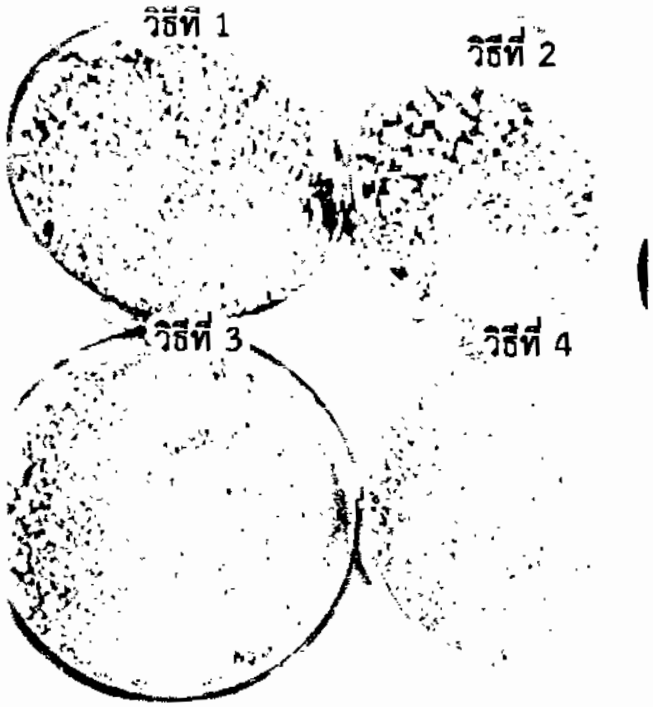
การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรดมีวัตถุประสงค์หลักในการกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกจากส่วนของใยอาหาร อาทิ ไขมัน โปรตีน เพื่อทำให้ใยอาหารที่ได้มีความบริสุทธิ์มากยิ่งขึ้น ในการทดลองนี้ได้ทำการศึกษาผลของการเตรียมวัตถุดิบโดยวิธีการที่แตกต่างกัน 4 วิธี ที่มีต่อคุณสมบัติใยอาหารที่ได้ ได้แก่ วิธีที่ 1 การเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการบดแห้ง วิธที่ 2 การเตรียมวัดถุดิบด้วยการบดเปียก วิธีที่ 3 การบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำที่อุณหภูมิห้อง วิธีที่ 4 การบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส วัดถุดิบที่มีวิธีการเตรียมที่แตกต่างกันข้างต้น ได้นำมากำจัดไขมันออกโดยใช้เอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 95 นาน 24 ชั่วโมง(Singanusong,R.[1]and Sodchit,C.[1].,2554) จากนั้นนำตัวอย่างที่ผ่านการกำจัดไขมันออกแล้วมากำจัดโปรตีนโดยใช้น้ำสับปะรดที่ pH 3.5 นาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

จากภาพประกอบ 16 พบว่าการเตรียมด้วยวิธีการที่ 1 2 3 และ 4 ได้ผลผลิตคิดเป็นร้อยละ 61.08 54.06 52.72 และ 40.91 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณผลผลิตที่ได้จากการเตรียมแต่ละวิธีจะให้ผลผลิตที่ได้แตกต่างกัน โดยวิธีที่ 1 ให้ผลผลิตที่สูงกว่าทุกวิธี ทั้งนี้เนื่องจากวิธีที่ 1 ไม่ผ่านกระบวนการล้างด้วยน้ำจึงเกิดการสูญเสียน้อยในระหว่างกระบวนการเตรียม ใยอาหารที่สกัดได้จากการเตรียมวัดถุดิบด้วยวิธีที่แตกต่างกันแสดงดังภาพประกอบ 17

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 16 ผลผลิตจากการเตรียมตัวอย่างแต่ละวิธี



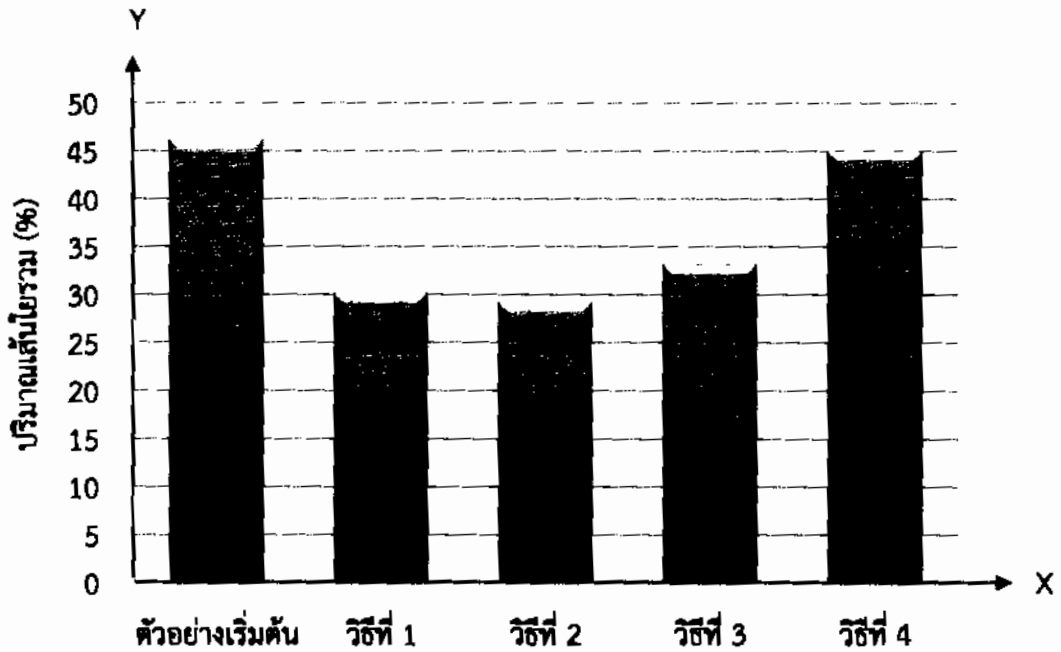
ภาพประกอบ 17 ใยอาหารจากเปลือกสับปะรดที่สกัดได้จากวิธีการต่างๆ

Mahasarakham University

4.3 คุณสมบัติของใยอาหารที่สกัดได้จากวิธีการผลิตใยอาหารที่แตกต่างกัน 4 วิธี

4.3.1 องค์ประกอบทางเคมี

ใยอาหารที่สกัดได้ เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารรวมได้ ผลดังแสดงในกราฟ



ภาพประกอบ 18 แสดงปริมาณเส้นใยอาหารรวมที่ได้จากวิธีการผลิตใยอาหารที่แตกต่างกัน 4 วิธี

ภาพประกอบ 18 แสดงให้เห็นว่าปริมาณไยอาหารรวมที่เตรียมจากวิธีที่แตกต่างกันได้ 30.22 29.20 33.20 และ 45.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใยอาหารที่เตรียมด้วยวิธีที่ 3 และ 4 มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดสูงกว่าวิธีที่ 1 และ 2 และพบว่าปริมาณไยอาหารทั้งหมดเตรียมด้วยวิธีที่ 4 มีปริมาณสูงที่สุด วิธีที่ 4 ทำให้มีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดได้มากกว่าวิธีการอื่นๆ อาจเนื่องมาจาก วิธีที่ 4 เตรียมด้วยการลดขนาดด้วยการบดเปียก และล้างด้วยน้ำอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วยกำจัดองค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่ต้องการได้มากกว่าวิธีที่ 2 ซึ่งทำการบดเปียกวัตถุดิบเช่นเดียวกันแต่ไม่ผ่านการล้างด้วยน้ำร้อน แต่เมื่อเปรียบเทียบวิธีที่ 1 และ 2 ซึ่งไม่ผ่านการล้างน้ำทั้ง 2 วิธี ดังนั้น ความบริสุทธิ์ของใยอาหารทั้งหมดจึงน้อยกว่าที่ได้จากวิธีที่ 4 สำหรับวิธีที่ 3 ซึ่งทำการบดเปียกและล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งสามารถชะล้างองค์ประกอบอื่นๆ ออกได้น้อยกว่านั่นแสดงว่าอุณหภูมิของน้ำล้างมีผลทำให้ปริมาณเส้นใยรวมที่ได้แตกต่างกัน

4.3.2 คุณสมบัติกายภาพ

4.3.2.1 สีและปริมาณน้ำอิสระ (Aw)

จากการตรวจสอบลักษณะปรากฏของใยอาหารที่สกัดได้พบว่า การเตรียมวัตถุดิบที่แตกต่างกันไม่มีผล ทำให้เส้นใยอาหารที่ได้มีลักษณะปรากฏที่แตกต่างในระดับที่สังเกตได้ด้วย

Mahasarakham University

ตา อย่างชัดเจนโดยใยอาหารสกัดที่ได้มีลักษณะเป็นผง สีน้ำตาลคล้ำ ไม่มีกลิ่น แต่เมื่อนำผลิตภัณฑ์ใยอาหารทั้งหมดมาตรวจสอบด้วยเครื่องวัดสี (Hunter lab Color Flex EZ) ซึ่งแสดงผลเป็นค่าตัวแปร L a และ b โดยที่ L เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่างมีระดับตั้งแต่ 1-100 ค่า a เป็นค่าที่แสดงระดับของสีเขียวจนถึงสีแดงมีระดับตั้งแต่ -60 ถึง +60 และค่า b เป็นค่าที่แสดงระดับของสีเหลืองจนถึงสีน้ำเงินมีระดับตั้งแต่ -60 ถึง +60 ดังแสดงผลการทดลองดังตารางที่ 5

ตาราง 5 ค่าสีและปริมาณน้ำอิสระ(aw) ของใยอาหารจากเปลือกสับปะรดที่เตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีต่างๆ

ตัวอย่าง	ค่าสี			aw
	L	a	b	
วิธี 1	43.5±0.9 ^{b}	6.3±0.1 ^{a}	15.5±0.2 ^{a}	0.44±0.00 ^{b}
วิธี 2	42.1±0.6 ^{c}	6.5±0.1 ^{a}	15.0±0.3 ^{b}	0.41±0.01 ^{c}
วิธี 3	42.4±1.0 ^{c}	6.3±0.1 ^{a}	14.8±0.4 ^{b}	0.45±0.01 ^{b}
วิธี 4	46.7±0.6 ^{a}	5.8±0.1 ^{b}	15.8±0.2 ^{a}	0.48±0.00 ^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 5 พบว่า ผลิตภัณฑ์ใยอาหารที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีการที่แตกต่างกันมีค่าความสว่าง L ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยการเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีที่ 4 ซึ่งทำการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส มีระดับความสว่างของผลิตภัณฑ์สูงสุด ในขณะที่ใยอาหารที่เตรียมด้วยวิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 มีความสว่างอยู่ในระดับต่ำกว่าเนื่องจากวิธีที่ 4 มีการล้างเปลือกสับปะรดที่ผ่านการบดเปียกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำดังกล่าวสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) ในขณะที่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 ซึ่งมีการบดเปียกทำให้เซลล์พืชมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น เอนไซม์สามารถทำปฏิกิริยาได้มากขึ้น ประกอบกับการมีน้ำเป็นตัวกลางในการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์มากกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีความสว่างต่ำ ในขณะที่วิธีที่ 1 เป็นวิธีการเตรียมวัตถุดิบโดยใช้ความร้อนในการอบแห้งโดยไม่มีการทำลายเซลล์ของเปลือกสับปะรดก่อนที่จะเปลือกสับปะรดมาสกัด ไขมันและโปรตีนออก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างสูงกว่าวิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 แต่ทั้งนี้ก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากค่า L a b ที่วัดได้จากใยอาหารที่เตรียมจากวิธีทั้ง 4 นั้น ได้สีผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงสีน้ำตาล ซึ่งหากจะนำใยอาหารที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมควรเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสีคล้ำ เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ประเภท เค้กช็อกโกแลต บราวนี่ หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆที่สีของผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

ใยอาหารที่สกัดได้จากการเตรียมวัตถุดิบที่แตกต่างกันมีค่าปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 5 พบว่าใยอาหารที่ผ่านการ

Mahasarakham University

เตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีที่ 3 มีปริมาณน้ำอิสระสูงที่สุด อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำอิสระที่วัดได้จากใยอาหารที่เตรียมทั้ง 4 วิธี มีค่าปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.6 ซึ่งอยู่ในระดับที่เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (ไพศาล,2545) ดังนั้นปริมาณน้ำอิสระที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ใยอาหารทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ จึงสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานานโดยไม่เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์

4.3.2.2 คุณสมบัติในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมัน

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ

ตัวแปรอิสระ	Significance (P)	
	WHC	OHC
วิธีเตรียมวัตถุดิบ (P)	0.000	0.076
วิธีการลกัด (E)	0.000	0.000
P x E	0.080	0.000

หมายเหตุ ค่า Significance (p) ≤ 0.05 หมายถึง มีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 7 คุณสมบัติการอุ้มน้ำของใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกสับปะรด

	WHC (กรัมน้ำ/กรัมตัวอย่าง)		
วิธีการเตรียมวัตถุดิบ	ก่อนสกัดไขมัน ด้วยการแช่เอทานอล	หลังสกัดไขมัน ด้วยการแช่เอทานอล	หลังสกัดโปรตีน ด้วยการแช่น้ำสับปะรด
วิธีที่ 1	5.2 ± 1.0^{bB}	7.1 ± 0.2^{cA}	5.6 ± 0.1^{cB}
วิธีที่ 2	6.1 ± 0.4^{abB}	7.1 ± 0.3^{cA}	7.0 ± 0.4^{bAB}
วิธีที่ 3	6.9 ± 0.3^{aC}	8.3 ± 0.4^{aA}	7.6 ± 0.4^{aB}
วิธีที่ 4	6.8 ± 0.1^{aB}	7.6 ± 0.2^{bA}	7.5 ± 0.6^{aAB}

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง และตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Mahasarakham University

ตาราง 8 คุณสมบัติการอุ้มน้ำมันของใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกสับปะรด

วิธีการเตรียมวัตถุดิบ	OHC (กรัมน้ำมัน/กรัมตัวอย่าง)		
	ก่อนสกัดไขมัน ด้วยการแช่เอทานอล	หลังสกัดไขมัน ด้วยการแช่เอทานอล	หลังสกัดโปรตีน ด้วยการแช่น้ำสับปะรด
วิธีที่ 1	1.2 ± 0.2^{bC}	1.9 ± 0.2^{cB}	2.2 ± 0.3^{aA}
วิธีที่ 2	1.4 ± 0.2^{bB}	2.1 ± 0.2^{bA}	2.1 ± 0.3^{aA}
วิธีที่ 3	1.4 ± 0.2^{bB}	2.4 ± 0.3^{aA}	2.2 ± 0.1^{aA}
วิธีที่ 4	2.1 ± 0.0^{aAB}	1.7 ± 0.2^{dB}	2.2 ± 0.4^{aA}

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง และตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คุณสมบัติด้านการอุ้มน้ำ และอุ้มน้ำมัน ของใยอาหารจัดเป็นคุณสมบัติทางกายภาพอย่างหนึ่งที่สำคัญต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติในการอุ้มน้ำของใยอาหาร หมายถึงความสามารถในการเก็บกักน้ำในโครงสร้างของใยอาหาร หากใยอาหารที่ลกัดได้มีความสามารถจับน้ำได้ดีสามารถเพิ่มมวลอุจจาระ ลดอัตราการดูดซึมสารอาหารในลำไส้เล็กและเพิ่มความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์ใยอาหาร (Figuerola et al., 2005) จากตารางที่ 6 เป็นผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 2 ตัว คือ วิธีการเตรียมวัตถุดิบและวิธีการสกัด พบว่า วิธีการเตรียมวัตถุดิบส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำมันของใยอาหาร ในขณะที่วิธีการสกัดส่งผลต่อทั้งความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมัน ปฏิกิริยาต่อกัน (Interaction) ของวิธีการเตรียมวัตถุดิบ และวิธีการสกัด จะส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำมัน แต่ไม่ส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ

จากผลการทดลองในตารางที่ 7 ความสามารถในการอุ้มน้ำของตัวอย่างก่อนสกัดไขมันที่ผ่านการบดแห้ง (วิธีที่ 1) และการบดเปียก (วิธีที่ 2) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าเปรียบเทียบความสามารถในการอุ้มน้ำของตัวอย่างที่ผ่านการบดแห้ง (วิธีที่ 1) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อตัวอย่างผ่านการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำที่อุณหภูมิห้องและการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส (วิธีที่ 3 และ วิธีที่ 4)

ความสามารถในการอุ้มน้ำของตัวอย่างหลังการสกัดไขมันที่ผ่านการบดแห้ง (วิธีที่ 1) และผ่านการบดเปียก (วิธีที่ 2) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าเปรียบเทียบความสามารถในการอุ้มน้ำของตัวอย่างที่ผ่านการบดเปียก (วิธีที่ 2) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อตัวอย่างผ่านการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำที่อุณหภูมิห้อง และการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส (วิธีที่ 3 และวิธีที่ 4)

ความสามารถในการอุ้มน้ำของตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วนำมาสกัดโปรตีนต่อ พบว่า ตัวอย่างที่ผ่านการบดแห้ง (วิธีที่ 1) และการบดเปียก (วิธีที่ 2) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยที่การบดเปียก (วิธีที่ 2) มีความสามรถในการอุ้มน้ำได้ดีกว่าการบดแห้ง (วิธีที่ 1)

Mahasarakham University

ความสามารถในการอุ้มน้ำของตัวอย่างหลังการสกัดโปรตีนที่ผ่านการบดเปียก (วิธีที่ 2) และการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำที่อุณหภูมิห้อง (วิธีที่ 3) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นั่นหมายความว่า การล้างน้ำมีผลต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ
ความสามารถในการอุ้มน้ำของตัวอย่างหลังการสกัดโปรตีนที่ผ่านการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำที่อุณหภูมิห้อง (วิธีที่ 3) และการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นั่นหมายความว่า อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างไม่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญ

คุณสมบัติอุ้มน้ำมัน (oil holding capacity) ของใยอาหาร จะส่งเสริมความสามารถในการดูดซับสารก่อการกลายพันธุ์และคอเลสเตอรอลของใยอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ชอบน้ำ (Yoshimoto et al., 2005) จากผลการทดลองในตารางที่ 8 ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของตัวอย่างก่อนการสกัดไขมันที่ผ่านการบดแห้ง (วิธีที่ 1) และการบดเปียก (วิธีที่ 2) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการอุ้มน้ำมันของตัวอย่างที่ผ่านการบดแห้ง (วิธีที่ 1) มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อตัวอย่างผ่านการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส (วิธีที่ 4)
ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของตัวอย่างก่อนการสกัดไขมันที่ผ่านการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำที่อุณหภูมิห้อง (วิธีที่ 3) และการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส (วิธีที่ 4) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นหมายความว่า ตัวอย่างที่ผ่านการบดเปียกเช่นเดียวกันแต่ล้างน้ำที่อุณหภูมิต่างกันมีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของตัวอย่างหลังการสกัดไขมันที่ผ่านการบดแห้ง (วิธีที่ 1) และการบดเปียก (วิธีที่ 2) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นหมายความว่า การบดเปียกมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำมันของตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญ
ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของตัวอย่างหลังการสกัดไขมันที่ผ่านการบดเปียก (วิธีที่ 2) และการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำที่อุณหภูมิห้อง (วิธีที่ 3) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นั่นหมายความว่า การล้างน้ำมีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของตัวอย่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ
ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของตัวอย่างหลังการสกัดโปรตีนที่ผ่านการบดแห้ง (วิธีที่ 1) การบดเปียก (วิธีที่ 2) การบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำที่อุณหภูมิห้อง (วิธีที่ 3) และการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส (วิธีที่ 4) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการทดลองในด้านความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันของใยอาหารจากเปลือกสับปะรดนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับใยอาหารที่ได้จากวัตถุดิบอื่นๆ อาทิ ใยอาหารจากเปลือกแอปเปิ้ล ใยอาหารจากเปลือกอ้อย ใยอาหารจากข้าวโอ๊ต ใยอาหารจากเปลือกส้ม และใยอาหารจากถั่วเหลือง พบว่า ใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกสับปะรดด้วยวิธีที่แตกต่างกันทั้ง 4 วิธีนั้น มีค่าการอุ้มน้ำสูงกว่าใยอาหารที่ผลิตจากวัตถุดิบอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 9 แม้ว่าค่าการอุ้มน้ำมันของ ใยอาหารจากข้าวโอ๊ต และใยอาหารจากถั่วเหลืองจะมีค่ามากกว่าใยอาหารจากเปลือกสับรด ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างทางด้านวัตถุดิบ ทั้งด้านองค์ประกอบทางเคมี ชนิดและปริมาณใยอาหารในวัตถุดิบ ซึ่งล้วนมีผลต่อคุณสมบัติของใยอาหารทั้งสิ้น

Mahasarakham University

ตาราง 9 ปริมาณใยอาหารและคุณสมบัติของใยอาหารจากแหล่งวัตถุดิบอื่นๆ

แหล่งใยอาหาร	Total Dietary fiber (%)	WHC g water/g sample	OHC g oil/ g sample
ใยอาหารจากแอปเปิ้ล*	61.6	2.38	1.42
ใยอาหารจากอ้อย*	62.2	2.42	1.04
ใยอาหารจากข้าวโอ๊ต*	90.2	1.28	3.40
ใยอาหารจากส้ม	63.3	3.02	2.12
ใยอาหารจากถั่วเหลือง*	78.1	2.17	2.38
ใยอาหารจากเปลือกสับปะรด (วิธีที่ 4 ของงานนี้)	45.03	7.89	2.24

* ที่มา : ดัดแปลงมาจากสิชรินทร์และปรานี (2003)

จากค่าความสามารถการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันของใยอาหารจากเปลือกสับปะรดที่ได้มากกว่าใยอาหารที่ได้จากวัตถุดิบอื่น ในตารางที่ 9 อาจกล่าวได้ว่าใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกสับปะรดนั้นสามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายกว่าใยอาหารจากวัตถุดิบอื่น อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่สนับสนุนเหตุผลเหล่านี้มีน้อย และบางครั้งในแต่ละงานวิจัยมีผลการทดลองที่ขัดแย้งกันเอง ในเรื่องคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหาร ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะโครงสร้างของใยอาหาร และกระบวนการผลิตใยอาหาร เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้และสภาวะที่ทำการสกัดใยอาหารที่แตกต่างกัน (Figuerola et al., 2005)

Mahasarakham University

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด ได้ทำการเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 4 วิธี คือ การเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการบดแห้ง วิธีการบดเปียก วิธีบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำอุณหภูมิห้อง และวิธีบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ก่อนทำการกำจัดองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ ไขมัน และโปรตีน จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสจนแห้ง

จากกการทดลองพบว่า วิธีการเตรียมวัตถุดิบที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณผลผลิตใยอาหารสับปะรด โดยแต่ละวิธีให้ปริมาณผลผลิตดังนี้ ร้อยละ 61.08 54.06 52.72 และ 40.91 ตามลำดับ โดยวิธีการเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการบดแห้งให้ปริมาณผลผลิตสูงกว่าทุกวิธี

แต่เมื่อพิจารณาปริมาณใยอาหารทั้งหมด พบว่าวิธีการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส มีปริมาณเส้นใยสูงที่สุด คือร้อยละ 45.03 โดยทั้งการบดเปียกและการล้างน้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงทำให้ปริมาณเส้นใยอาหารรวมเพิ่มขึ้น

สำหรับความสามารถในการอุ้มน้ำที่เตรียมด้วยการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำที่อุณหภูมิห้อง มีค่าสูงสุดคือ 6.9 กรัมน้ำ/กรัมตัวอย่าง และค่าการอุ้มน้ำมัน ที่เตรียมด้วยการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส มีค่าการอุ้มน้ำมันสูงสุดคือ 2.1 กรัมน้ำมัน/กรัมตัวอย่าง

ความสว่าง ของผลิตภัณฑ์เส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรดที่เตรียมด้วยวิธีที่แตกต่างกัน คือ การบดแห้ง การบดเปียก และการบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำที่อุณหภูมิห้อง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้น การบดเปียกร่วมกับล้างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ที่มีค่าความสว่างมากที่สุด

การตรวจสอบปริมาณค่า Aw พบว่าการเตรียมวัตถุดิบทั้ง 4 วิธี มีค่าปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.6 ซึ่งอยู่ในระดับที่เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (ไพศาล,2545)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาลคล้ำ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการเลือกใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร จึงควรมีการศึกษาการฟอกสีของผลิตภัณฑ์เพิ่มเติม รวมทั้งศึกษาผลของการฟอกสีต่อคุณสมบัติของใยอาหารด้านต่างๆ

5.2.2. ควรศึกษาการนำผลิตภัณฑ์ใยอาหารจากเปลือกสับปะรดไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อดูผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์อาหารชนิดนั้นๆ และปริมาณของใยอาหารที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

Mahasarakham University

บรรณานุกรม

ธีรนันท์ ประคองพันธ์. (2541). *การสกัดและใช้ประโยชน์เส้นใยอาหารและเซลลูโลสจากแกนสับปะรด.* วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาอาหารและโภชนาการเพื่อการพัฒนา, มหาวิทยาลัยมหิดล. นครปฐม.

นิธิมา อรรถวานิช. (2544). *ใยอาหารผงจากส้มและการประยุกต์.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ประภาศรี ภูวเสถียร, (2534). *ใยอาหาร* : ชนิด, คุณสมบัติของใยอาหารและแหล่งอาหาร, น.303-320. โนเอกสารการประชุมวิชาการโภชนาการ เรื่อง ก้าวไปกับโภชนาการเพื่อสุขภาพ, 13-15 ธันวาคม (2532). สถาบันวิจัยโภชนาการและคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.

ประภาศรี ภูวเสถียร, อุรุวรรณ วลัยพัชรา และรัชนี คงคาฉุยฉาย. (2533). *ใยอาหารในอาหารไทย.* โภชนาการสาร 24(2) : 43-68.

ปราณี อ่านเปรื่อง (2543). *เอ็นไซม์ทางอาหาร.* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : จุฬาสงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิกิพิเดีย *สารานุกรมเสรี.* ขนุน. 15 กรกฎาคม 2556. <http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%82%E0%B8%99%E0%B8%B8%E0%B8%99> 2 กันยายน 2556.

AACC Methods Manual. 1983. Revised ed., Method 88-04. American Association of Cereal chemists, ST. Paul, MN.

Anderson, J. W. and Chen, W. J. L.. 1979. Plant fiber. Carbohydrate and Lipid metabolism. Amer. J. Clin Nutr. 32 : 346-363

America Cristal Sugar Company. 1991. To Move a Product Through the Market with Regularity, You Need the Right Kind of Fiber in *Techn. Bull.*, MB, USA

AOAC. 1997. Offcial Methods of Analysis,16th Edition, Volumn Π, Section 45.4.07, Method 985.29.

AOAC. 2002. Offcial Methods of Analysis of AOAC International (18th ed.). Gaithersburg, MD, USA: AOAC International

Mahasarakham University

ภาคผนวก

Mahasarakham University

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดลอง (ผลดิบ)

Mahasarakham University

ตาราง 10 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำก่อนแช่เอทานอล(ผลดิบ)

ความสามารถในการอุ้มน้ำก่อนแช่ Ethanol					
ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น(g)	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	WHC	S.D.
ซ้ำที่ 1					
1	0.5	1.434	0.221	5.49	
2	0.5	1.528	0.217	6.04	
3	0.5	1.130	0.224	4.04	
	เฉลี่ย			5.19	1.03
ซ้ำที่ 2					
1	0.5	1.864	0.247	6.55	
2	0.5	1.622	0.242	5.70	
3	0.5	1.626	0.228	6.13	
	เฉลี่ย			6.13	0.42
ซ้ำที่ 3					
1	0.5	1.945	0.241	7.07	
2	0.5	2.023	0.252	7.03	
3	0.5	2.011	0.269	6.48	
	เฉลี่ย			6.86	0.33
ซ้ำที่ 4					
1	0.5	2.623	0.330	6.95	
2	0.5	2.803	0.361	6.76	
3	0.5	2.827	0.364	6.77	
	เฉลี่ย			6.83	0.11

Mahasarakham University

ตาราง 11 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำหลังแช่เอทานอล(ผลดิบ)

ความสามารถในการอุ้มน้ำหลังแช่ Ethanol					
ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น(g)	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	WHC	S.D.
[illegible]					
1	0.5	1.935	0.247	6.83	
2	0.5	2.012	0.253	6.95	
3	0.5	2.162	0.258	7.38	
	เฉลี่ย			7.06	0.29
[illegible]					
1	0.5	2.152	0.262	7.21	
2	0.5	1.955	0.243	7.05	
3	0.5	1.914	0.241	6.94	
	เฉลี่ย			7.07	0.14
[illegible]					
1	0.5	3.036	0.359	7.46	
2	0.5	2.676	0.348	6.69	
3	0.5	2.769	0.343	7.07	
	เฉลี่ย			7.07	0.38
[illegible]					
1	NA	NA	NA	NA	
2	NA	NA	NA	NA	
3	0.5	1.828	0.228	7.02	
	เฉลี่ย			7.02	4.96

Mahasarakham University

ตาราง 11 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำหลังแช่เอทานอล(ผลดิบ) (ต่อ)

ความสามารถในการอุ้มน้ำหลังแช่ Ethanol					
ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น(g)	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	WHC	S.D.
[illegible]					
1	0.5	2.438	0.274	7.90	
2	0.5	2.411	0.262	8.20	
3	NA	NA	NA	NA	
	เฉลี่ย			8.05	0.22
[illegible]					
1	0.5	3.217	0.343	8.38	
2	0.5	3.33	0.36	8.25	
3	0.5	3.266	0.328	8.96	
	เฉลี่ย			8.53	0.38
[illegible]					
1	0.5	1.982	0.227	7.73	
2	0.5	1.97	0.236	7.35	
3	NA	NA	NA	NA	
	เฉลี่ย			7.54	0.27
[illegible]					
1	0.5	1.902	0.224	7.49	
2	0.5	1.954	0.220	7.88	
3	NA	NA	NA	NA	
	เฉลี่ย			7.69	0.28

Mahasarakham University

ตาราง 12 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำหลังแช่น้ำสับปะรด(ผลดิบ)

ความสามารถในการอุ้มน้ำหลังแช่น้ำสับปะรด					
ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น(g)	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	WHC	S.D.
[illegible]					
1	0.50	2.219	0.338	5.57	
2	0.50	2.418	0.365	5.62	
3	0.50	2.271	0.340	5.68	
	เฉลี่ย			5.62	0.06
[illegible]					
1	0.50	2.22	0.340	5.53	
2	0.50	2.278	0.344	5.62	
3	0.50	2.231	0.340	5.56	
	เฉลี่ย			5.57	0.05
[illegible]					
1	NA	NA	NA	NA	
2	NA	NA	NA	NA	
3	NA	NA	NA	NA	
	เฉลี่ย				
[illegible]					
1	0.50	1.948	0.248	6.85	
2	0.50	1.975	0.25	6.90	
3	0.50	2.02	0.259	6.80	
	เฉลี่ย			6.85	0.05
[illegible]					

Mahasarakham University

ตาราง 12 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำหลังแช่น้ำสับปะรด(ผลดิบ) (ต่อ)

ความสามารถในการอุ้มน้ำหลังแช่น้ำสับปะรด					
ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น(g)	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	WHC	S.D.
1	0.50	2.015	0.25	7.06	
2	0.50	1.988	0.248	7.02	
3	0.50	1.98	0.248	6.98	
	เฉลี่ย			7.02	0.04
[illegible]					
1	0.56	2.120	0.241	7.80	
2	NA	NA	NA	NA	
3	0.57	2.020	0.282	6.16	
	เฉลี่ย			6.98	1.16
[illegible]					
1	0.50	2.62	0.313	7.37	
2	0.50	2.619	0.316	7.29	
3	0.50	2.63	0.319	7.24	
	เฉลี่ย			7.30	0.06
[illegible]					
ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น(g)	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	WHC	S.D.
1	0.50	2.588	0.305	7.49	
2	0.50	2.61	0.31	7.42	
3	0.50	2.589	0.307	7.43	
	เฉลี่ย			7.45	0.03
[illegible]					

Mahasarakham University

ตาราง 12 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำหลังแช่น้ำสับปะรด(ผลดิบ) (ต่อ)

ความสามารถในการอุ้มน้ำหลังแช่น้ำสับปะรด					
ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น(g)	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	WHC	S.D.
1	0.59	2.740	0.289	8.48	
2	0.54	2.510	0.287	7.75	
3	NA	NA	NA	NA	
	เฉลี่ย			8.11	0.52
[illegible]					
1	0.50	2.88	0.339	7.50	
2	0.50	2.908	0.348	7.36	
3	0.50	2.887	0.338	7.54	
	เฉลี่ย			7.46	0.10
[illegible]					
1	0.53	3.040	0.399	6.62	
2	0.51	2.700	0.332	7.13	
3	NA	NA	NA	NA	
	เฉลี่ย			6.88	0.36
[illegible]					
1	0.53	3.020	0.356	7.48	
2	NA	NA	NA	NA	
3	NA	NA	NA	NA	
	เฉลี่ย			7.48	

Mahasarakham University

ตาราง 13 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำมันก่อนแช่เอทานอล(ผลดิบ)

ความสามารถในการอุ้มน้ำมันก่อนแช่ Ethanol

[redacted]

ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น(g)	น้ำหนักเปียก(g)	OHC	S.D.
1	0.5	1.100	1.20	
2	0.5	1.120	1.24	
3	0.5	1.110	1.22	
	เฉลี่ย		1.22	0.02

[redacted]

1	0.5	1.120	1.24	
2	0.5	1.320	1.64	
3	0.5	1.150	1.30	
	เฉลี่ย		1.39	0.22

[redacted]

1	0.5	1.210	1.42	
2	0.5	1.230	1.46	
3	0.5	1.230	1.46	
	เฉลี่ย		1.45	0.02

[redacted]

1	0.5	1.550	2.10	
2	0.5	NA	NA	
3	0.5	1.550	2.10	
	เฉลี่ย		2.10	0.00

Mahasarakham University

ตาราง 14 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำมันหลังแช่เอทานอล(ผลดิบ)

ความสามารถในการอุ้มน้ำมันหลังแช่ Ethanol				
ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น(g)	น้ำหนักเปียก(g)	OHC	S.D.
[illegible]				
1	NA	NA	NA	
2	0.5	1.500	2.00	
3	0.5	1.362	1.72	
	เฉลี่ย		1.86	0.20
[illegible]				
1	NA	NA	NA	
2	0.5	1.320	1.64	
3	0.5	1.417	1.83	
	เฉลี่ย		1.74	0.14
[illegible]				
1	0.5	1.456	1.91	
2	0.5	1.467	1.93	
3	0.5	1.530	2.06	
	เฉลี่ย		1.97	0.08
[illegible]				
1	0.5	1.480	1.96	
2	0.5	1.334	1.67	
3	0.5	1.579	2.16	
	เฉลี่ย		1.93	0.25
[illegible]				

Mahasarakham University

ตาราง 14 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำมันหลังแช่เอทานอล(ผลดิบ) (ต่อ)

ความสามารถในการอุ้มน้ำมันหลังแช่ Ethanol				
ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น(g)	น้ำหนักเปียก(g)	OHC	S.D.
1	0.5	1.617	2.23	
2	0.5	1.590	2.18	
3	0.5	1.655	2.31	
	เฉลี่ย		2.24	0.07
[illegible]				
1	0.50	1.661	2.32	
2	0.50	1.550	2.10	
3	0.50	1.601	2.20	
	เฉลี่ย		2.21	0.11
[illegible]				
1	0.5	1.517	2.03	
2	0.5	1.884	2.77	
3	0.5	1.923	2.85	
	เฉลี่ย		2.55	0.45
[illegible]				
1	0.5	1.640	2.28	
2	0.5	1.692	2.38	
3	0.5	1.621	2.24	
	เฉลี่ย		2.30	0.07
[illegible]				
1	0.50	1.607	2.21	

Mahasarakham University

ตาราง 14 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำมันหลังแช่เอทานอล(ผลดิบ) (ต่อ)

ความสามารถในการอุ้มน้ำมันหลังแช่ Ethanol				
ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น(g)	น้ำหนักเปียก(g)	OHC	S.D.
2	0.50	1.615	2.23	
3	0.50	1.634	2.27	
	เฉลี่ย		2.24	0.03
[illegible]				
1	0.5	1.434	1.87	
2	0.5	1.172	1.34	
3	0.5	1.205	1.41	
	เฉลี่ย		1.54	0.29
[illegible]				
1	0.50	1.404	1.81	
2	0.50	1.309	1.62	
3	0.50	1.449	1.90	
	เฉลี่ย		1.77	0.14
[illegible]				
1	0.50	1.234	1.47	
2	0.50	1.405	1.81	
3	0.50	1.332	1.66	
	เฉลี่ย		1.65	0.17

Mahasarakham University

ตาราง 15 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำมันหลังแช่น้ำสับปะรด(ผลดิบ)

ความสามารถในการอุ้มน้ำมันหลังแช่น้ำสับปะรด				
ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น(g)	น้ำหนักเปียก(g)	OHC	S.D.
[illegible]				
1	0.50	1.733	2.46	
2	0.51	1.650	2.27	
3	0.51	1.761	2.47	
	เฉลี่ย		2.40	0.11
[illegible]				
1	0.50	1.725	2.44	
2	0.50	1.722	2.44	
3	0.50	1.732	2.46	
	เฉลี่ย		2.45	0.01
[illegible]				
1	0.55	1.510	1.75	
2	0.54	1.640	2.03	
3	0.57	1.610	1.84	
	เฉลี่ย		1.87	0.14
[illegible]				
1	0.51	1.500	1.97	
2	0.51	1.685	2.33	
3	0.50	1.690	2.38	
	เฉลี่ย		2.23	0.22
[illegible]				

Mahasarakham University

ตาราง 15 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำมันหลังแช่น้ำสับปะรด(ผลดิบ) (ต่อ)

ความสามารถในการอุ้มน้ำมันหลังแช่น้ำสับปะรด				
ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น(g)	น้ำหนักเปียก(g)	OHC	S.D.
1	0.50	1.682	2.36	
2	0.50	1.688	2.36	
3	0.50	1.685	2.36	
	เฉลี่ย		2.36	0.00
[illegible]				
1	0.52	1.425	1.72	
2	0.52	1.393	1.70	
3	0.51	1.370	1.71	
	เฉลี่ย		1.71	0.01
[illegible]				
1	0.51	1.653	2.27	
2	0.51	1.632	2.23	
3	0.50	1.659	2.30	
	เฉลี่ย		2.27	0.04
[illegible]				
1	0.50	1.602	2.20	
2	0.50	1.554	2.11	
3	0.50	1.594	2.18	
	เฉลี่ย		2.16	0.05
[illegible]				
1	0.53	1.500	1.81	

Mahasarakham University

ตาราง 15 ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำมันหลังแช่น้ำสับปะรด(ผลดิบ) (ต่อ)

ความสามารถในการอุ้มน้ำมันหลังแช่น้ำสัปปะรด				
ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น(g)	น้ำหนักเปียก(g)	OHC	S.D.
2	0.56	1.525	1.73	
3	0.56	1.514	1.72	
	เฉลี่ย		1.75	0.05
[illegible]				
1	0.51	1.880	2.72	
2	0.50	1.870	2.73	
3	0.50	1.873	2.73	
	เฉลี่ย		2.73	0.00
[illegible]				
1	NA	NA	NA	
2	0.50	1.490	1.96	
3	0.51	1.505	1.93	
	เฉลี่ย		1.95	0.02
[illegible]				
1	0.54	1.710	2.17	
2	0.57	1.846	2.27	
3	0.51	1.554	2.02	
	เฉลี่ย		2.15	0.12

Mahasarakham University

ตาราง 16 ผลการทดสอบค่าสี L a b สับปะรดก่อนแช่ Ethanol(ผลดิบ)

ค่าสีสับปะรดก่อนแช่ Ethanol			
ตัวอย่าง	ค่าสี		
	L	a	b
วิธีที่ 1			
[redacted]	43.46	NA	16.42
	NA	NA	NA
	43.08	7.40	16.28
เฉลี่ย	43.27	7.40	16.35
วิธีที่ 2			
[redacted]	45.34	6.91	16.71
	45.71	6.99	16.92
	45.21	7.02	16.79
เฉลี่ย	45.42	6.97	16.81
วิธีที่ 3			
[redacted]	45.51	6.77	16.32
	45.31	6.77	16.29
	45.72	6.74	16.45
เฉลี่ย	45.51	6.76	16.35
วิธีที่ 4			
[redacted]	NA	NA	NA
	47.37	5.48	14.59
	47.77	5.31	14.50
เฉลี่ย	47.57	5.40	14.55

Mahasarakham University

ตาราง 17 ผลการทดสอบค่าสี L a b สับปะรดหลังแช่ Ethanol(ผลดิบ)

ค่าสีสับปะรดหลังแช่ Ethanol									
ตัวอย่าง	ค่าสี			ค่าสี			ค่าสี		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
วิธีที่ 1	**วิธีที่ 1 (ซ้ำที่ 1)**			**วิธีที่ 1 (ซ้ำที่ 2)**			**วิธีที่ 1 (ซ้ำที่ 3)**		
[illegible]	47.43	6.43	16.41	47.28	6.71	16.50	NA	NA	NA
[illegible]	NA	NA	NA	47.83	6.71	16.81	NA	6.44	20.90
[illegible]	47.72	6.71	16.71	47.73	6.78	16.78	59.39	6.66	20.87
เฉลี่ย	47.58	6.57	16.56	47.61	6.73	16.70	59.39	6.55	20.89
วิธีที่ 2	**วิธีที่ 2 (ซ้ำที่ 1)**			**วิธีที่ 2 (ซ้ำที่ 2)**			**วิธีที่ 2 (ซ้ำที่ 3)**		
[illegible]	46.53	6.48	16.43	NA	NA	NA	46.75	6.85	19.96
[illegible]	46.92	6.48	16.53	47.36	6.51	16.58	46.76	6.92	16.76
[illegible]	46.32	6.44	16.53	47.48	6.49	16.64	NA	NA	NA
เฉลี่ย	46.59	6.47	16.50	47.42	6.50	16.61	46.76	6.89	18.36
วิธีที่ 3	**วิธีที่ 3 (ซ้ำที่ 1)**			**วิธีที่ 3 (ซ้ำที่ 2)**			**วิธีที่ 3 (ซ้ำที่ 3)**		
[illegible]	44.83	6.58	15.75	46.25	5.63	15.34	45.80	6.40	15.57
[illegible]	NA	NA	NA	46.14	5.64	15.34	44.40	6.44	15.15
[illegible]	45.58	6.54	15.92	46.86	5.54	15.22	44.45	6.44	15.38
เฉลี่ย	45.21	6.56	15.84	46.42	5.60	15.30	44.88	6.43	15.37
วิธีที่ 4	**วิธีที่ 4 (ซ้ำที่ 1)**			**วิธีที่ 4 (ซ้ำที่ 2)**			**วิธีที่ 4 (ซ้ำที่ 3)**		
[illegible]	41.02	6.88	15.13	48.35	5.61	16.57	NA	NA	NA
[illegible]	41.77	6.87	25.31	47.61	5.62	16.3	46.23	5.84	15.81
[illegible]	41.77	6.87	15.31	NA	NA	NA	45.87	5.81	15.56
เฉลี่ย	41.52	6.87	18.58	47.98	5.62	16.44	46.05	5.83	15.69

Mahasarakham University

ตาราง 18 ผลการทดสอบค่าสี L a b สับปะรดหลังแช่น้ำสับปะรด(ผลดิบ)

ค่าสีสับปะรดหลังแช่น้ำสับปะรด									
ตัวอย่าง	ค่าสี			ค่าสี			ค่าสี		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
วิธีที่ 1	**วิธีที่ 1 (ซ้ำที่ 1)**			**วิธีที่ 1 (ซ้ำที่ 2)**			**วิธีที่ 1 (ซ้ำที่ 3)**		
[redacted]	43.96	6.27	15.57	42.24	6.43	15.19	50.90	6.53	18.41
	44.47	6.13	15.62	43.79	6.34	15.59	NA	NA	NA
	44.06	6.25	15.52	42.60	6.55	15.36	54.11	6.22	19.17
เฉลี่ย	44.16	6.22	15.57	42.88	6.44	15.38	52.51	6.38	18.79
วิธีที่ 2	**วิธีที่ 2 (ซ้ำที่ 1)**			**วิธีที่ 2 (ซ้ำที่ 2)**			**วิธีที่ 2 (ซ้ำที่ 3)**		
[redacted]	42.88	6.44	15.38	NA	NA	NA	42.21	6.47	14.83
	41.44	6.28	14.88	39.78	6.22	14.01	42.32	6.51	14.95
	42.42	6.39	15.31	39.50	6.29	13.95	41.51	6.66	14.82
เฉลี่ย	42.25	6.37	15.19	39.64	6.26	13.98	42.01	6.55	14.87
วิธีที่ 3	**วิธีที่ 3 (ซ้ำที่ 1)**			**วิธีที่ 3 (ซ้ำที่ 2)**			**วิธีที่ 3 (ซ้ำที่ 3)**		
[redacted]	NA	NA	NA	43.21	6.47	15.3	NA	NA	NA
	41.13	6.23	14.65	44.41	6.62	15.78	43.54	6.23	14.73
	41.87	6.30	14.67	45.61	6.76	16.26	42.19	6.28	14.29
เฉลี่ย	41.50	6.27	14.66	44.41	6.62	15.78	42.87	6.26	14.51
วิธีที่ 4	**วิธีที่ 4 (ซ้ำที่ 1)**			**วิธีที่ 4 (ซ้ำที่ 2)**			**วิธีที่ 4 (ซ้ำที่ 3)**		
[redacted]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	46.78	5.71	15.69
	40.26	6.36	14.08	46.36	5.77	15.84	46.01	5.85	15.57
	40.04	6.55	14.16	47.51	5.70	16.08	NA	NA	NA
เฉลี่ย	40.15	6.46	14.12	46.94	5.74	15.96	46.40	5.78	15.63

Mahasarakham University

ตาราง 19 ผลของน้ำหนักการเตรียม Crucible

น้ำหนัก Fritted Crucible + Celite 0.5 g (เตรียม Crucible)			
ใบที่	ชนิดตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนัก(g.)
1	**ตย.**	**ซ้ำที่ 1**	**29.8727**
2	ตย.	ซ้ำที่ 2	29.9920
3	**วิธีที่ 1**	**ซ้ำที่ 1**	**30.3859**
4	วิธีที่ 1	ซ้ำที่ 2	30.2164
5	**วิธีที่ 2**	**ซ้ำที่ 1**	**30.0465**
6	วิธีที่ 2	ซ้ำที่ 2	30.1722
7	**วิธีที่ 3**	**ซ้ำที่ 1**	**30.1336**
8	วิธีที่ 3	ซ้ำที่ 2	30.3840
9	**วิธีที่ 4**	**ซ้ำที่ 1**	**30.9288**
10	วิธีที่ 4	ซ้ำที่ 2	30.2757

ตาราง 20 ผลของน้ำหนักก่อนเผา Fritted Crucible + Celite 0.5 g + ตะกอนกากใย

ก่อนเผา 525°C : 5 hr

น้ำหนัก Fritted Crucible + Celite 0.5 g + ตะกอนกากใย

ใบที่	ชนิดตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนัก (g)	หมายเหตุ
1	**ตย.**	**ซ้ำที่ 1**	**30.0938**	**โปรตีน**
2	ตย.	ซ้ำที่ 2	30.2373	เถ้า
3	**วิธีที่ 1**	**ซ้ำที่ 1**	**30.5341**	**โปรตีน**
4	วิธีที่ 1	ซ้ำที่ 2	30.3750	เถ้า
5	**วิธีที่ 2**	**ซ้ำที่ 1**	**30.2017**	**โปรตีน**
6	วิธีที่ 2	ซ้ำที่ 2	30.3231	เถ้า
7	**วิธีที่ 3**	**ซ้ำที่ 1**	**30.3021**	**โปรตีน**

Mahasarakham University

ตาราง 20 ผลของน้ำหนักก่อนเผา Fritted Crucible + Celite 0.5 g + ตะกอนกากใย (ต่อ)

8	วิธีที่ 3	ซ้ำที่ 2	30.5533	เถ้า
9	**วิธีที่ 4**	**ซ้ำที่ 1**	**31.1642**	**โปรตีน**
10	วิธีที่ 4	ซ้ำที่ 2	30.5034	เถ้า

ตาราง 21 ผลของน้ำหนักหลังเผา Fritted Crucible + Celite 0.5 g + ตะกอนกากใย

หลังเผา 525°C : 5 hr

น้ำหนัก Fritted Crucible + Celite 0.5 g + ตะกอนกากใย

ใบที่	ชนิดตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนัก (g)
2	ตย.	ซ้ำที่ 2	29.9922
4	วิธีที่ 1	ซ้ำที่ 2	30.2171
6	วิธีที่ 2	ซ้ำที่ 2	30.1784
8	วิธีที่ 3	ซ้ำที่ 2	30.3855
10	วิธีที่ 4	ซ้ำที่ 2	30.2803

ตาราง 22 ผลของน้ำหนักตะกอนกากใยก่อนเผา

น้ำหนักตะกอนก่อนเผา

(น้ำหนักตัวอย่าง g)

ใบที่	ชนิดตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนัก (g)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)
1	**ตย.**	**ซ้ำที่ 1**	0.2211	0.4664
2	ตย.	ซ้ำที่ 2	0.2453	
3	**วิธีที่ 1**	**ซ้ำที่ 1**	**0.1482**	0.3068
4	วิธีที่ 1	ซ้ำที่ 2	0.1586	
5	**วิธีที่ 2**	**ซ้ำที่ 1**	**0.1552**	0.3061
6	วิธีที่ 2	ซ้ำที่ 2	0.1509	

Mahasarakham University

ตาราง 22 ผลของน้ำหนักตะกอนกากใยก่อนเผา (ต่อ)

7	**วิธีที่ 3**	**ซ้ำที่ 1**	**0.1685**	0.3378
8	วิธีที่ 3	ซ้ำที่ 2	0.1693	
9	**วิธีที่ 4**	**ซ้ำที่ 1**	**0.2354**	0.4631
10	วิธีที่ 4	ซ้ำที่ 2	0.2277	

ตาราง 23 ผลการทดลองการวิเคราะห์เถ้า

น้ำหนักตะกอนหลังเผา (น้ำหนักเถ้า g)			
ใบที่	ชนิดตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนัก (g)
2	ตย.	ซ้ำที่ 2	0.0002
4	วิธีที่ 1	ซ้ำที่ 2	0.0007
6	วิธีที่ 2	ซ้ำที่ 2	0.0062
8	วิธีที่ 3	ซ้ำที่ 2	0.0015
10	วิธีที่ 4	ซ้ำที่ 2	0.0046

ตาราง 24 ผลการทดลองการวิเคราะห์โปรตีน

ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณ HCl ที่ใช้ (ml)	นน.ตะกอนก่อนเผา (g)	% N	% Protein		น้ำหนักโปรตีน (g)
ตัวอย่างเริ่มต้น	0.5	0.2211	0.3000	1.88	%	0.0041
วิธีที่ 1 ซ้ำที่ 1	0.39	0.1482	0.3491	2.18	%	0.0032
วิธีที่ 2 ซ้ำที่ 1	0.21	0.1552	0.1795	1.12	%	0.0017
วิธีที่ 3 ซ้ำที่ 1	0.34	0.1685	0.2677	1.67	%	0.0028
วิธีที่ 4 ซ้ำที่ 1	0.44	0.2354	0.2480	1.55	%	0.0036

* ปริมาณ HCL ที่ใช้ หัก Blank แล้ว (Blank HCL ที่ใช้ = 0.46 ml)

Mahasarakham University

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์โปรตีน เถ้า และเส้นใยรวม

ตัวอย่าง	น้ำหนักตะกอน (g)	น้ำหนักโปรตีน (g)	น้ำหนักเถ้า (g)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	เส้นใยรวม
ตัวอย่างเริ่มต้น	0.4664	0.0041	0.0002	0.5	46.19
วิธีที่ 1	0.3068	0.0032	0.0007	0.5	30.22
วิธีที่ 2	0.3061	0.0017	0.0062	0.5	29.20
วิธีที่ 3	0.3378	0.0028	0.0015	0.5	33.20
วิธีที่ 4	0.4631	0.0036	0.0046	0.5	45.03

(100g ตัวอย่าง)

Mahasarakham University

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์ผลการทดลอง (ผลคำนวณ)

Mahasarakham University

วิธีวิเคราะห์และการคำนวณ

1. คำนวณหาน้ำหนักตะกอนก่อนเผา

Ex. หาน้ำหนักตะกอนก่อนเผา จากข้อมูลตัวอย่างเริ่มต้น ซ้ำที่ 1

สูตรคำนวณ

น้ำหนักตะกอนก่อนเผา - น้ำหนักเตรียม Crucible

โดย น้ำหนักตะกอนก่อนเผา คือ น้ำหนัก Fritted Crucible + Celite 0.5 g + ตะกอนกาก

น้ำหนักเตรียม Crucible คือ น้ำหนัก Fritted Crucible + Celite 0.5 g

แทนค่าจะได้ 30.0938 g - 29.8727 g = 0.2211 g

2. วิธีการคำนวณน้ำหนักเถ้า

น้ำหนักเถ้า = น้ำหนักตะกอนหลังเผา - น้ำหนักเตรียม Fritted Crucible

Ex. จากข้อมูล ตัวอย่างเริ่มต้น ซ้ำที่ 2

น้ำหนัก Fritted Crucible + Celite = 29.992 g

น้ำหนักเถ้า =29.9922g - 29.9920g = 0.0002 g

3. วิธีการคำนวณน้ำหนักโปรตีน

% N = 1.401 x ปริมาณ HCl ที่ใช้ในแต่ละตัวอย่างคูณ C/W

โดยที่ C = 0.0947 N และ W = น้ำหนักตัวอย่าง

% Protein = % N x 6.25

วิธีวิเคราะห์ วิเคราะห์ตามวิธี AOAC method

Ex. จากข้อมูลตัวอย่างเริ่มต้น ซ้ำที่ 1

$$\%\ N = \frac{1.401 \times 0.5\ ml \times 0.0947\ N}{0.2211\ g} = 0.3000$$

% Protein = 0.3000 x 6.25 = 1.88%

จากสูตร น้ำหนักโปรตีน = % โปรตีน x $\frac{\text{น้ำหนักตะกอนก่อนเผา (g)}}{100}$

$$= \frac{1.88 \times 0.2211}{100} = 0.0041g$$

Mahasarakham University

4. วิธีการคำนวณเส้นใยรวม

$$\text{เส้นใยรวม} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอน (g)} - \text{น้ำหนักโปรตีน (g)} - \text{น้ำหนักเถ้า (g)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}} \times 100$$

Ex.จากข้อมูลข้างต้น

$$\text{เส้นใยรวม} = \frac{0.4664\ \text{g} - 0.0041\ \text{g} - 0.0002\ \text{g}}{0.5} \times 100 = 46.19\ \text{g/100g ตย.}$$

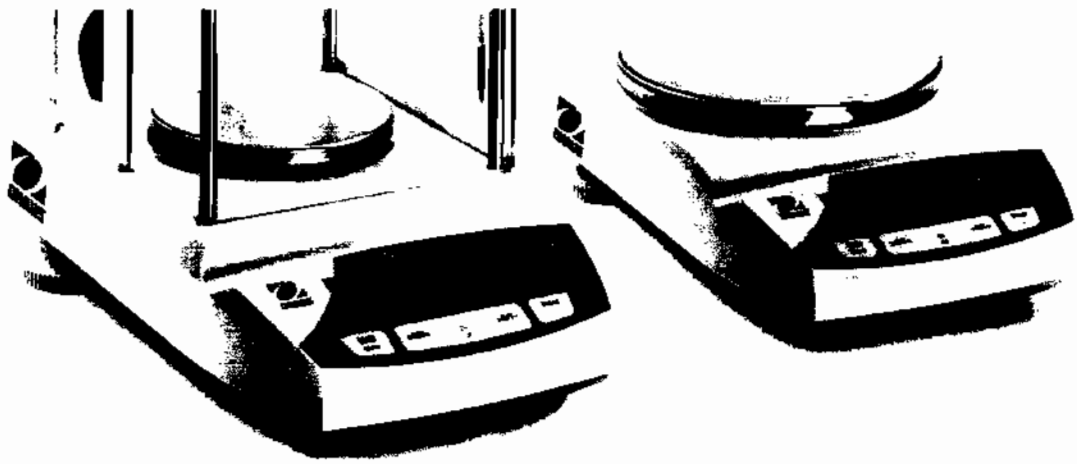
Mahasarakham University

ภาคผนวก ค

ภาพประกอบ

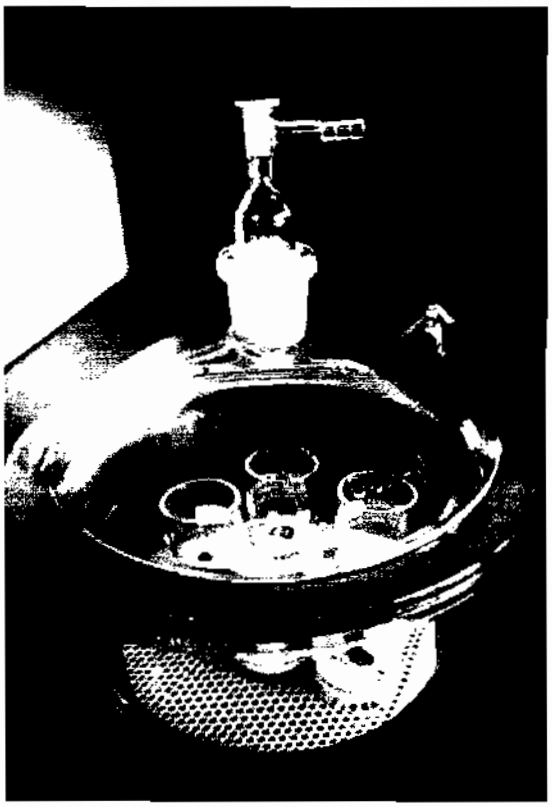
Mahasarakham University

ภาพประกอบ 19 ตู้อบลมร้อน

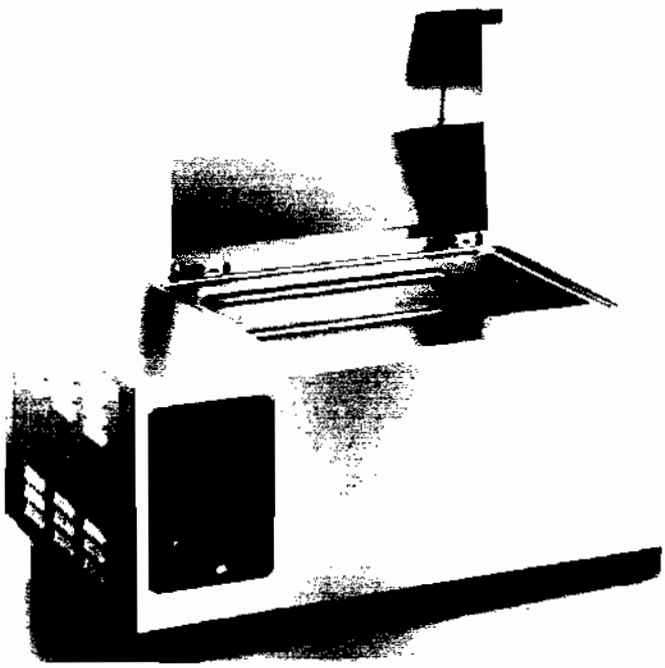


ภาพประกอบ 20 เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง

Mahasarakham University

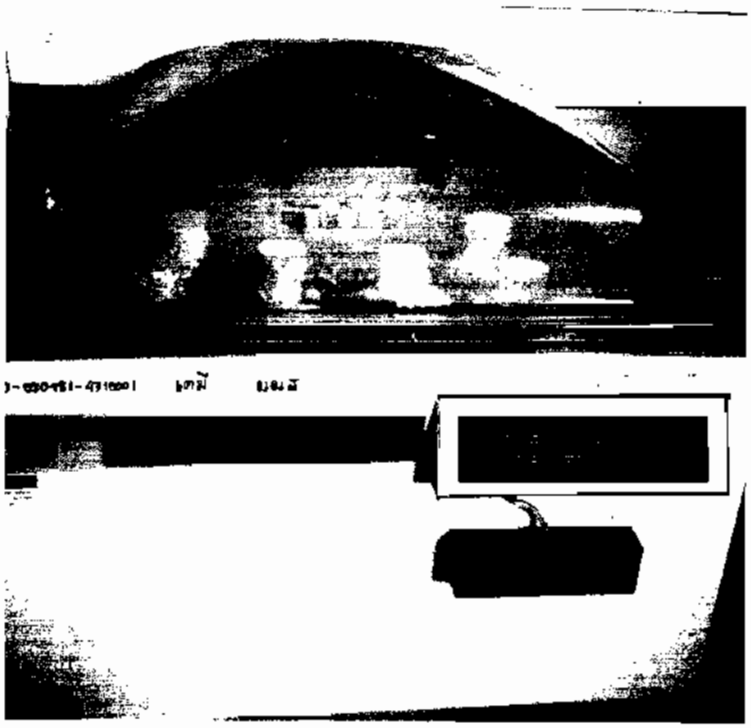


ภาพประกอบ 21 โถดูดความชื้น (Desiccators)



ภาพประกอบ 22 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

Mahasarakham University

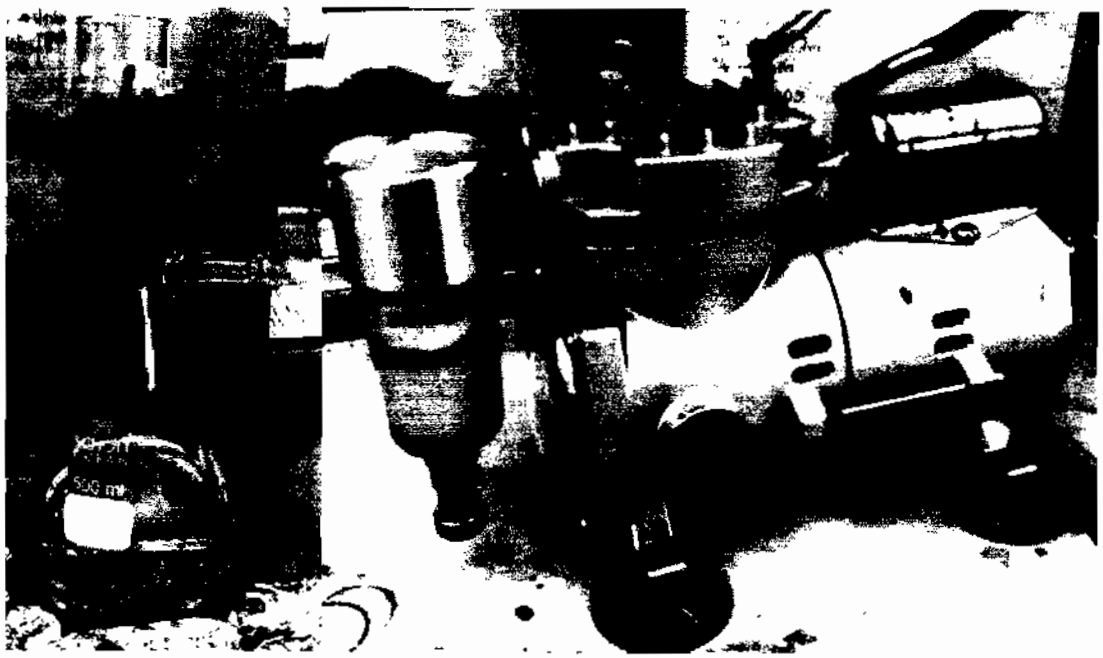


ภาพประกอบ 23 เครื่องเขย่าแบบอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Shaker water bath)

ภาพประกอบ 24 Fillter crucible เบอร์ 2

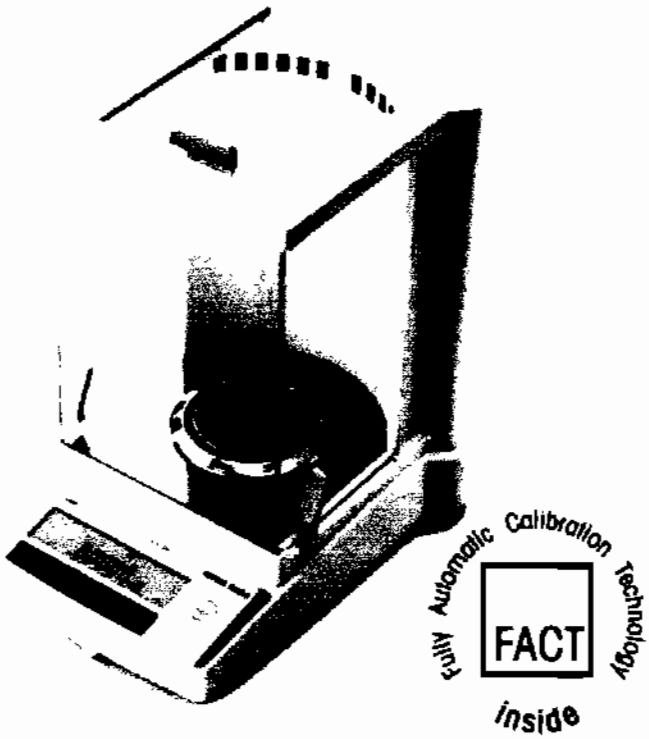
Mahasarakham University

ภาพประกอบ 25 pH meter

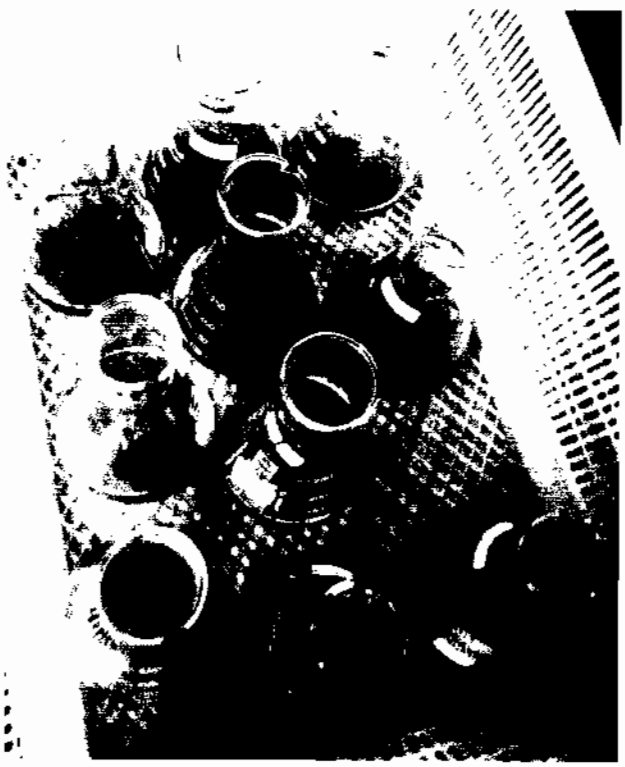


ภาพประกอบ 26 Suction pump

Mahasarakham University

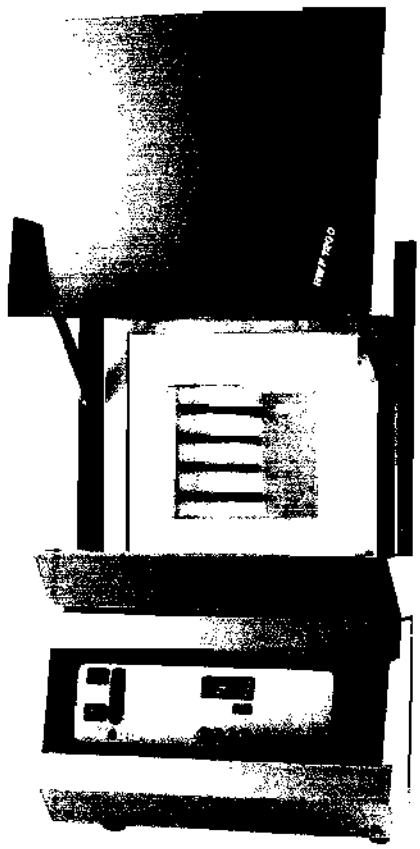


ภาพประกอบ 27 เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง

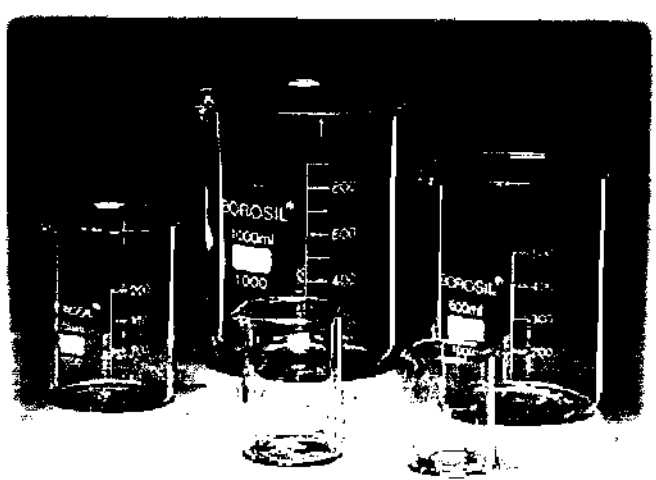


ภาพประกอบ 28 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)

Mahasarakham University

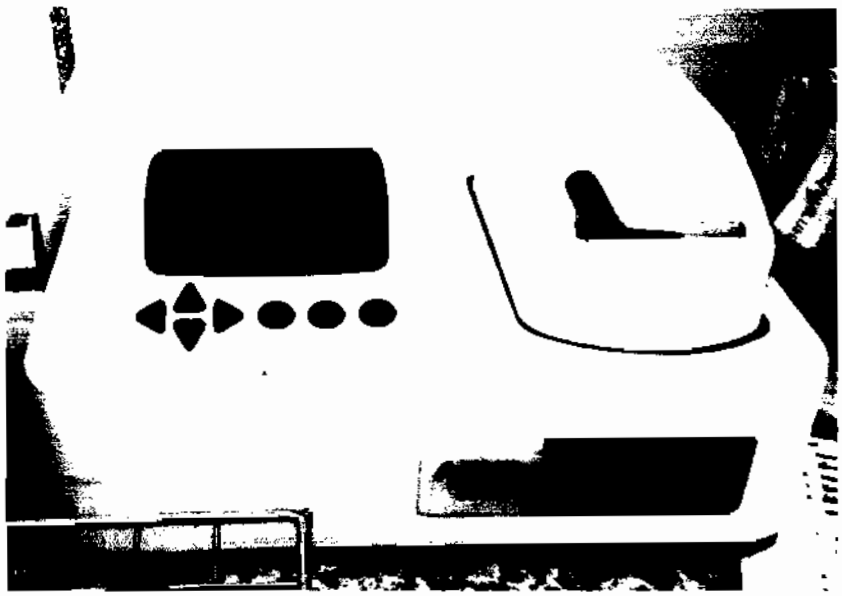


ภาพประกอบ 29 Muffle furnace

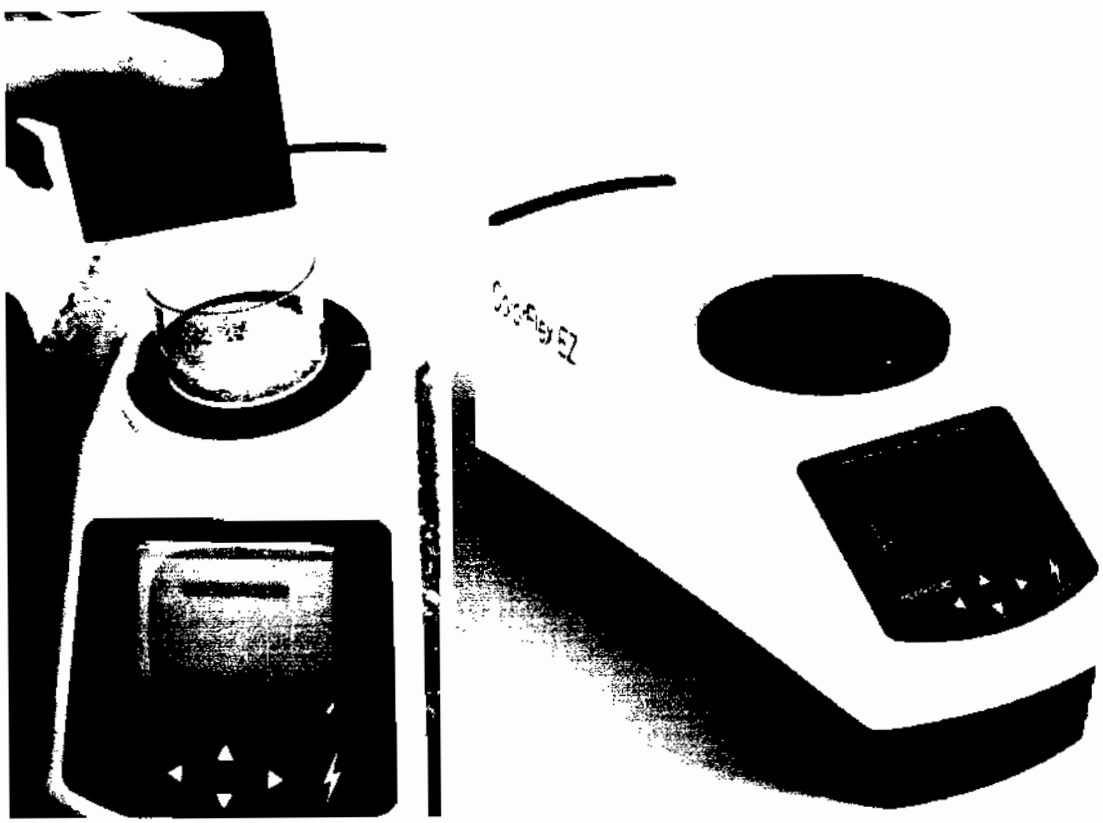


ภาพประกอบ 30 บีกเกอร์

Mahasarakham University

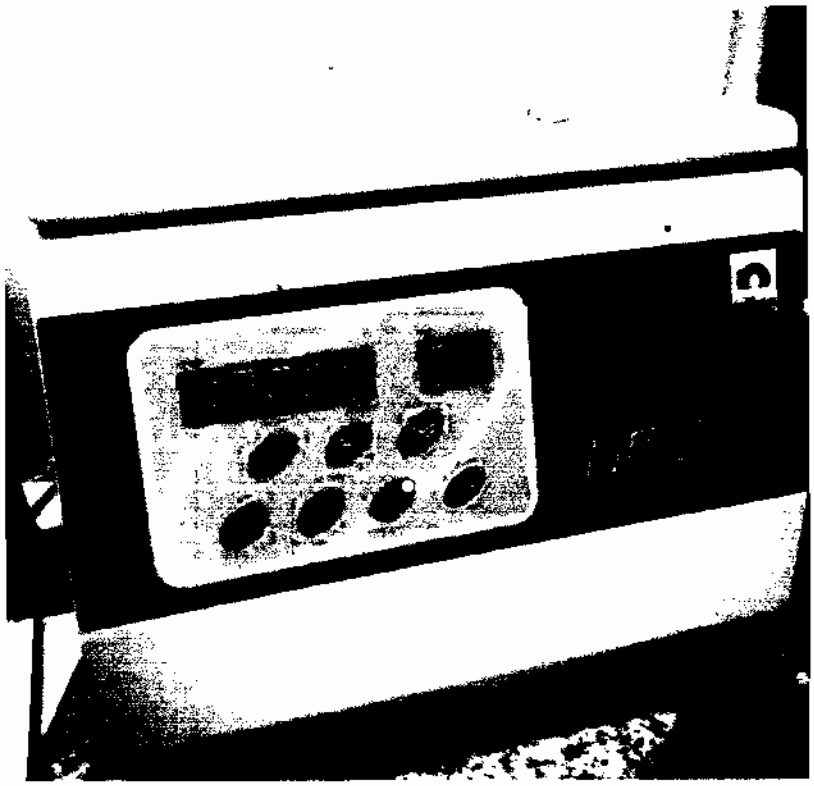


ภาพประกอบ 31 เครื่องวัดค่า water activity (Aw)

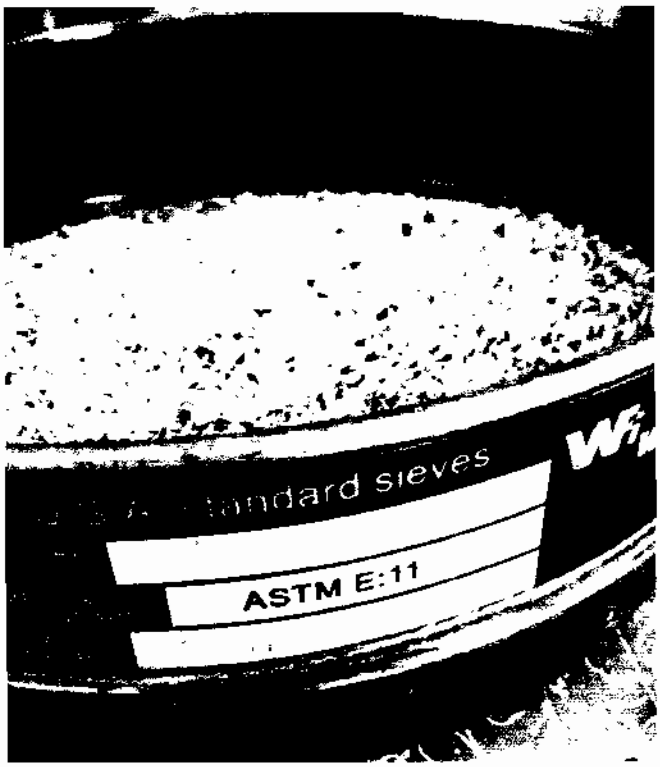


ภาพประกอบ 32 เครื่องวัดค่าสี Hunter lab

Mahasarakham University

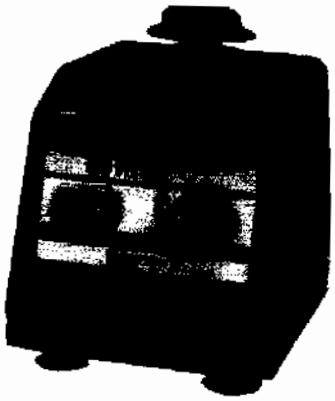


ภาพประกอบ 33 เครื่องเหวี่ยงแยกความเร็วสูง (Centrifuge)

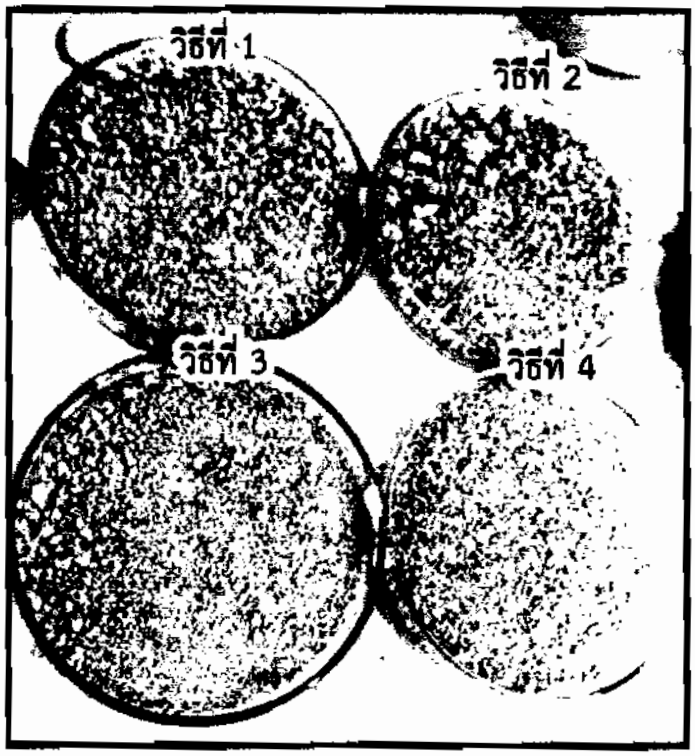


ภาพประกอบ 34 ตะแกรงร่อนขนาดรูตะแกรง 850 Micron

Mahasarakham University



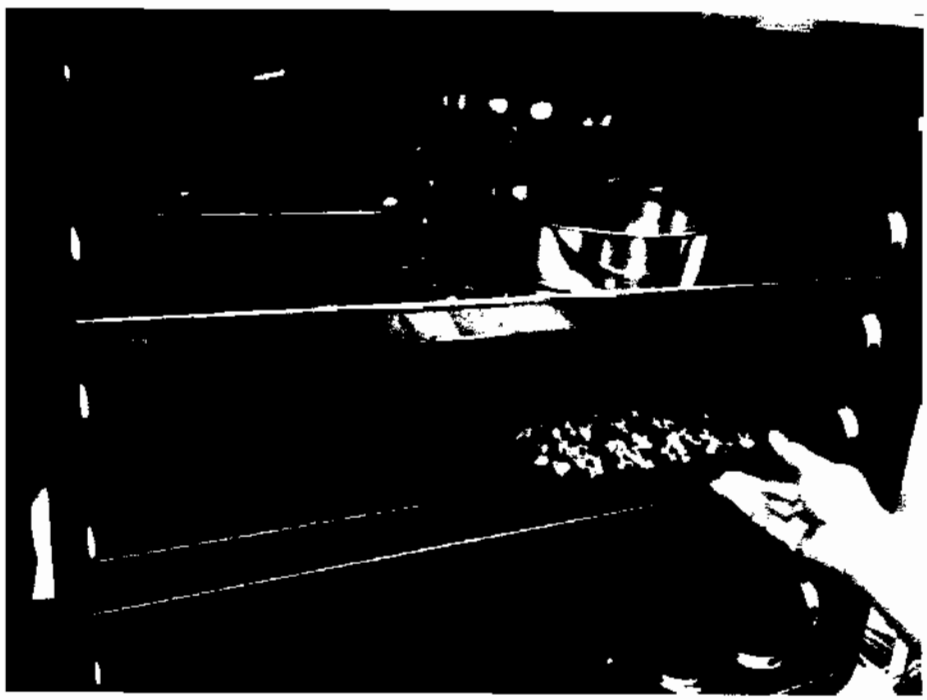
ภาพประกอบ 35 เครื่องผสมสารละลาย Vortex Mixer



ภาพประกอบ 36 ผลผลิตจากเปลือกสับปะรดที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีต่างๆ

Mahasarakham University

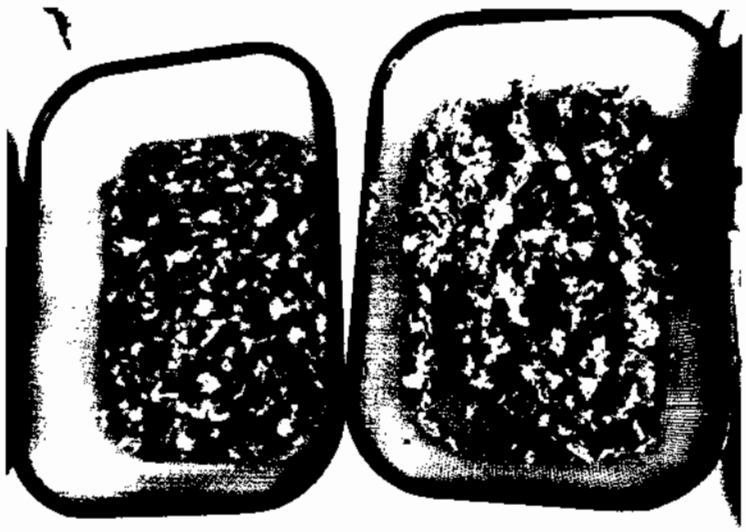
ภาพประกอบ 37 น้ำสับปะรด pH 3.5



ภาพประกอบ 38 อบเปลือกสับปะรดวิธีต่างๆ เพื่อเตรียมวัตถุดิบ

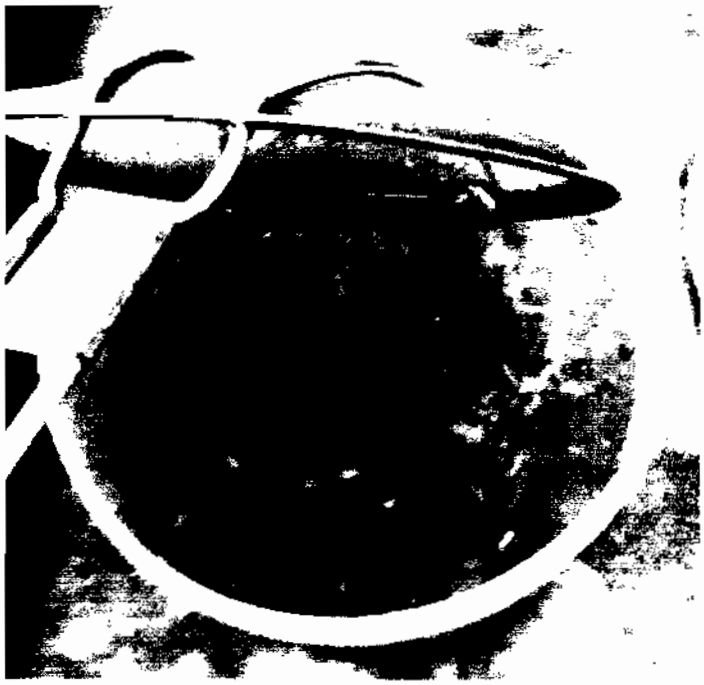
Mahasarakham University

ภาพประกอบ 39 สับปะรดที่ผ่านการบดเปียก

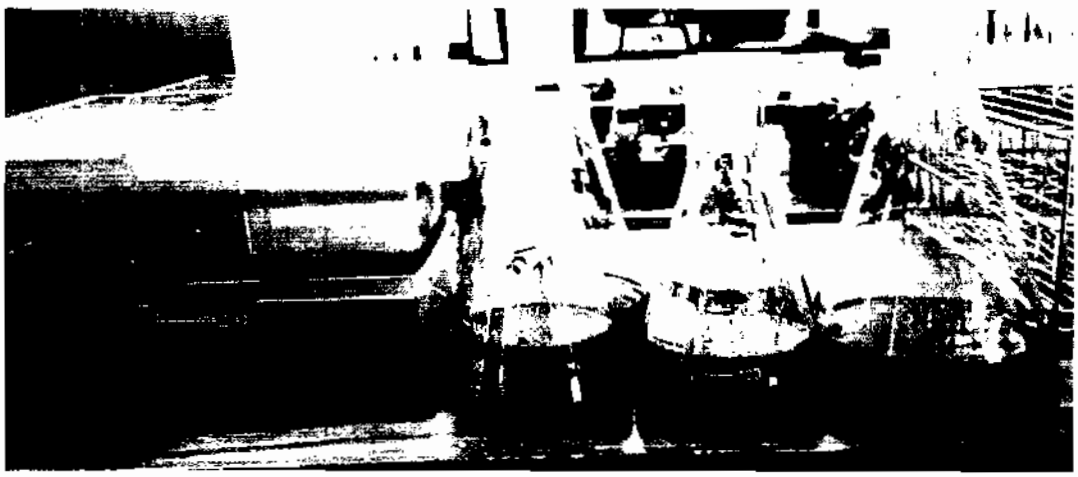


ภาพประกอบ 40 สับปะรดที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีต่างๆ เพื่อทำไปอบจนแห้ง

Mahasarakham University

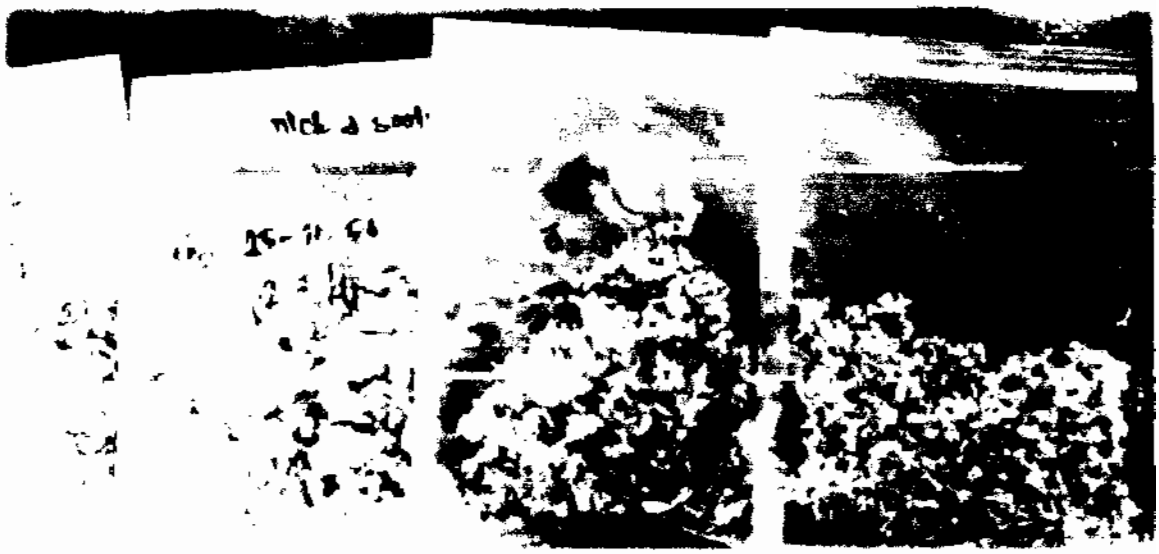


ภาพประกอบ 41 การบดเปียกร่วมกับการล้างน้ำ

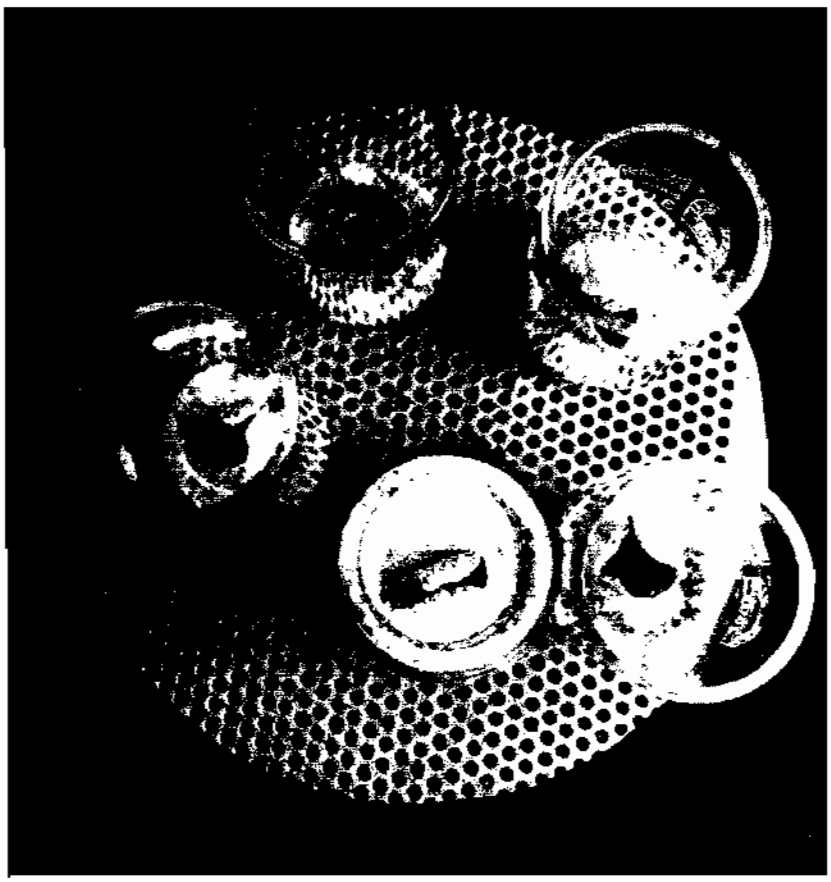


ภาพประกอบ 42 นำเปลือกสับปะรดที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีต่างๆ มาแช่เอทานอล และน้ำสับปะรด เพื่อสกัดไขมัน โปรตีน ตามลำดับ

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 43 เปลือกสับปะรดที่ผ่านการเตรียมทั้ง 4 วิธี



ภาพประกอบ 44 ปริมาณเถ้าที่ได้

Mahasarakham University

ประวัติย่อผู้วิจัย

Mahasarakham University

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล นางสาวศรินลักษณ์ เชิดทอง
วันเกิด เกิดวันศุกร์ ที่ 28 ธันวาคม พุทธศักราช 2533
สถานที่เกิด โรงพยาบาลเลย อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย
ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 207 หมู่ 1 ตำบลจอมศรี อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานี
รหัสไปรษณีย์ 41150

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2552 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนปทุมเทพวิทยาคาร จังหวัดหนองคาย
พ.ศ. 2557 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมชีวภาพ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Mahasarakham University

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล นางสาวกาญจนา วรรณปะโพธิ์
วันเกิด เกิดวันเสาร์ ที่ 13 เมษายน พุทธศักราช 2534
สถานที่เกิด โรงพยาบาลวาปีปทุม อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม
ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 92 หมู่ 11 ตำบลแคน อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม
รหัสไปรษณีย์ 44120

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2553 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนดงไหญ่วิทยาคม รัชมังคลาภิเษก
จังหวัดมหาสารคาม

พ.ค. 2557 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมชีวภาพ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Mahasarakham University