ผลของวิธีการโม่ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งจากกระจับ *Trapa bispinosa* Roxb.

นางสาวขจี บุญดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-0804-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I20507944X

EFFECTS OF MILLING METHODS ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF FLOUR FROM WATER CHESTNUT *Trapa bispinosa* Roxb.

Miss Khajee Boondee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-13-0804-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของวิธีการโม่ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งจากกระจับ *Trapa bispinosa* Roxb.
โดย	นางสาวขจี บุญดี
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.บุญชัย ตุลยธัญ)

ขจี บุญดี : ผลของวิธีการโม่ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งจากกระจับ *Trapa bispinosa* Roxb. (EFFECTS OF MILLING METHODS ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF FROUR FROM WATER CHESTNUT *Trapa bispinosa* Roxb.) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. วรรณา ตุลยธัญ, 117 หน้า. ISBN 974-13-0804-3

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้ง(flour)และสตาร์ช(starch) จากกระจับพันธุ์เขาแหลม(*Trapa bispinosa* Roxb.) โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกได้ศึกษาผลของวิธีการโม่ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งจากกระจับ มีปัจจัยที่ศึกษาคือ การเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ การแช่แข็งและการลวก การโม่ ได้แก่ การโม่แห้งและการโม่เปียก และชนิดของเครื่องโม่ ได้แก่ Stone mill และ Ball mill ส่วนที่ 2 ศึกษาการสกัดสตาร์ชและสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชจากกระจับ ผลการทดลองในส่วนแรก แสดงให้เห็นว่า การโม่แห้งร่วมกับการโม่ด้วย Ball mill ให้แป้งที่มีปริมาณผลผลิตสูงกว่าวิธีการโม่แบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$) การลวกวัตถุดิบมีผลให้แป้งขาวกว่าการแช่แข็งและค่าการดูดซับน้ำของแป้งสูงกว่า การโม่แห้งมีผลให้แป้งขาวกว่าการโม่เปียกและมีปริมาณโปรตีนสูงกว่า ส่วนแป้งที่โม่ด้วย Ball mill มีขนาดอนุภาคละเอียดกว่าโม่ด้วย Stone mill แต่มีการดูดซับน้ำมันได้ต่ำกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าทั้ง 3 ปัจจัยที่ศึกษามีผลต่อความสามารถในการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์ glucoamylase อย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.01$) โดยในแต่ละปัจจัยพบว่า การลวก การโม่แห้งและ Ball mill ให้แป้งที่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ได้ดีกว่า แสดงว่าสตาร์ชถูกทำลายหรือเกิดการเจลาติไนซ์มากกว่า โดยวิธีการลวกวัตถุดิบร่วมกับการโม่แห้งและโม่ด้วย Ball mill ให้แป้งที่มีสมบัติด้านความหนืดและความแข็งแรงของเจลต่ำสุด ในขณะที่วิธีการโม่โดยแช่แข็งวัตถุดิบร่วมกับโม่เปียกและโม่ด้วย Stone mill ให้ค่าสูงสุด จึงเลือกแป้งจากวิธีการโม่โดยแช่แข็งวัตถุดิบร่วมกับโม่เปียกและโม่ด้วย Stone mill เพื่อสกัดสตาร์ชต่อไป

การสกัดสตาร์ชจากเมล็ดกระจับสดและแป้งกระจับ สารละลายที่ใช้สกัด คือ น้ำหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (0.2%) พบว่า การสกัดสตาร์ชจากเมล็ดกระจับด้วยน้ำ ให้ปริมาณผลผลิตสตาร์ชสูงสุดและสตาร์ชที่สกัดได้ขาวที่สุด โดยมีปริมาณโปรตีนต่ำและมีปริมาณสตาร์ชและอะมิโลสสูง 0.11, 98.18 และ 29.62 %db ตามลำดับ เม็ดสตาร์ชมีลักษณะ Birefringence ชัดเจน การกระจายขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 15.19-69.02 μm และ โครงสร้างผลึก จาก X-ray diffraction เป็นผลึก แบบ C เช่นเดียวกับแป้งถั่วเขียว กำลังการพองตัวและการละลายต่ำ มีการพองตัวแบบ 2 ขั้น เมื่อศึกษาสมบัติด้านความหนืดของสตาร์ชจากกระจับ(6%db) ด้วย Brabender viscoamylograph พบว่า มีลักษณะกราฟแบบ C หรือ แบบสตาร์ชที่มีการพองตัวน้อย(Restricted swelling starches) เมื่อเปรียบเทียบสมบัติด้านความหนืดของสตาร์ชจากกระจับและสตาร์ชถั่วเขียวที่ความเข้มข้น 6, 7และ 8 %db พบว่า ในสตาร์ชทั้ง 2 ชนิด เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูงขึ้น ค่า set back มีแนวโน้มสูงขึ้น ในขณะที่ค่า pasting temperature มีแนวโน้มลดลง และที่ความเข้มข้นเท่ากันสตาร์ชจากกระจับมี pasting temperature สูงกว่าสตาร์ชถั่วเขียว แต่มีค่า set back ต่ำกว่าสตาร์ชถั่วเขียว

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

4072219123 :MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: WATER CHESTNUT/ FLOUR/ STARCH/ MILLING/ PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES

KHAJEE BOONDEE: EFFECTS OF MILLING METHODS ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF FLOUR FROM WATER CHESTNUT *Trapa bispinosa* Roxb. THESIS ADVISOR : ASSC. PROF. VANNA TULYATUN, 117 pp. ISBN 974-13-0804-3

This research aimed to investigate physicochemical properties of flour and starch from water chestnut *Trapa bispinosa* Roxb. The study was divided into 2 sections. In the first part, effects of milling methods on physicochemical properties of the flour were studied by two raw material preparation methods (blanching and freezing), two milling types(dry milling and wet milling) and two mill types (Ball mill and Stone mill). Then the second part was the study of starch extraction and its physicochemical properties. Results showed that dry milling by Ball mill gave significantly higher yield of flour than other milling methods($p \leq 0.05$). Blanching compared to freezing of water chestnut seeds, resulted in higher whiteness and water absorption of the flour. Dry milling gave with higher protein content and whiteness of flour than wet milling. It was found that flour, which was milled by Ball mill, had finer particle size, but had lower oil absorption. Moreover, all those 3 parameters had significant effects ($p \leq 0.01$) on glucoamylase susceptibility of the flour. Each of parameter showed that blanching, dry milling and ball mill resulted in higher glucoamylase susceptibility, which indicated higher starch damaged or gelatinized. Therefore, blanching with dry milling by ball mill resulted in the lowest pasting properties and gel strength of flour, while freezing with wet milling by stone mill gave the highest gel strength and pasting properties. The flour produced by freezing with wet milling by stone mill was selected for further study.

The study of starch extraction from water chestnut seeds and water chestnut flour with water or sodium hydroxide solution (0.2%) showed that starch, extracted from water chestnut seeds by water , gave highest yield and whiteness. This starch contained low protein, high starch and amylose content of 0.11, 98.18 and 29.62 %db, respectively. Particle size distribution was 15.19-69.02 μm. Its starch granule showed clear birefringence structure and X-ray diffraction pattern was C type pattern, which was the same as of mung bean starch. Water chestnut starch had low swelling power and solubility. Its also exhibited 2-stage swelling. Study of pasting properties of starch (6%db) showed that its Brabender viscoamylograph pattern was the type C (restricted swelling starches).Comparing pasting properties of water chestnut starch and mung bean starch at 6, 7 and 8% db, both starches indicated that increasing concentration resulted increasing set back , but decreasing pasting temperature. At the same concentration, water chestnut starch had higher pasting temperature, but lower set back than mung bean starch.

Department	Food Technology	Student's signature Khajee Boondee
Field of study	Food Technology	Advisor's signature Vanna Tulyatun
Academic year	2000	Co-Advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิตและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ โดยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และกำลังใจ ตลอดการทำงานวิจัย และกรุณาช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ศิษย์ขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล อาจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล และอาจารย์ ดร.บุญชัย ตุลยธัญ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ของภาควิชาเทคโนโลยีอาหารของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย ซึ่งเป็นรากฐานอย่างดีในการศึกษาค้นคว้างานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาพฤกษศาสตร์ ที่กรุณาให้ข้อมูลเรื่องกระจับและให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือถ่ายภาพเม็ดแป้งเป็นอย่างดียิ่งและขอขอบพระคุณคณาจารย์ของภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากรที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือทดสอบสมบัติของแป้ง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.นงนุช ใจบุญ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ช่วยแปลผลและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่อง X-ray powder diffraction

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้องทุกคน ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน รวมถึงกำลังใจจากสมาชิกในครอบครัว ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขจี บุญดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฌ
สารบัญภาพ.....ฎ
บทที่
1 บทนำ.....1
2 วารสารปริทัศน์.....3
3 การดำเนินงานวิจัย.....29
4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... 43
5 สรุปผลการทดลอง.....84
รายการอ้างอิง.....87
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. 92
ภาคผนวก ข. 115
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....117

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของกระจับพันธ์เขาแหลมและเขาทู่.....10

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกลและเครื่องมือที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร.....23

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการลดขนาดผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ และขนาดของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้.....24

3.1 การผลิตแป้งแบบโม่แห้ง (dry milling) และแบบโม่เปียก (wet milling).....35

3.2 วิธีการโม่แป้งแบบต่าง ๆ 35

4.1 ปริมาณผลผลิตของกระจับสด.....43

4.2 องค์ประกอบทางเคมีของกระจับ.....44

4.3 ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<F$)ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณผลผลิต[1] และสมบัติทางเคมี[1]ของแป้งกระจับ.....45

4.4 ผลของวิธีการโม่ต่อปริมาณผลผลิตของแป้งกระจับ.....46

4.5 ผลของวิธีการโม่ต่อปริมาณความชื้นและปริมาณโปรตีนของแป้งกระจับ.....47

4.6 ผลของวิธีการโม่ต่อปริมาณเถ้าและค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของแป้งกระจับ.....47

4.7 ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>F$) ของผลของวิธีการโม่ต่อสมบัติทางกายภาพของแป้งกระจับ.....50

4.8 ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>F$) ของผลของวิธีการโม่ต่อค่าสีของแป้งกระจับ.....51

4.9 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างการเตรียมวัตถุดิบและเครื่องโม่ต่อขนาดอนุภาคเฉลี่ยของแป้งกระจับ.....52

4.10 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างการโม่และเครื่องโม่ต่อขนาดอนุภาคเฉลี่ยของแป้งกระจับ.....52

4.11 ผลของวิธีการโม่ต่อความสามารถในการย่อยด้วยเอนไซม์ glucoamylase ต่อค่าการดูดซับน้ำและค่าการดูดซับไขมัน.....55

4.12 ค่าการดูดซับน้ำของแป้ง (Flour) ชนิดต่าง ๆ.....57

4.13 ผลของวิธีการโม่ต่อค่าดัชนีความขาวของแป้งและเจลแป้งกระจับ.....60

4.14 ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>F$) ของผลของวิธีการโม่ต่อความแข็งแรงของแป้งกระจับ.....60

4.15 ผลของวิธีการโม่ต่อความแข็งแรงของเจลแป้งกระจับ.....61

หน้า

4.16 ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>F) ของผลของวิธีการโม่ต่อสมบัติด้านความหนืดของแป้งกระจับด้วยเครื่อง RVA (Rapid Visco Analyser) 63

4.17 ผลวิธีการโม่ต่อสมบัติด้านความหนืดของแป้งกระจับที่วัดด้วยเครื่อง RVA (Rapid Visco Analyser).....64

4.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลของวิธีสกัดสตาร์ชต่อปริมาณผลผลิตโปรตีนและค่าดัชนีความขาว.....67

4.19 ผลของการสกัดสตาร์ชต่อปริมาณผลผลิตโปรตีนและค่าดัชนีความขาวของสตาร์ชกระจับ.....67

4.20 ปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของสตาร์ชจากกระจับ.....71

4.21 ผลการวิเคราะห์กำลังการพองตัวและการละลายของสตาร์ชจากกระจับ.....77

4.22 สมบัติด้านความหนืดโดยใช้ Brabender viscoamylograph ของสตาร์ชจากกระจับที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....79

4.23 สมบัติด้านความหนืดโดยใช้ Brabender viscoamylograph ของสตาร์ชจากถั่วเขียวที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....79

ก.1 ปริมาณตัวอย่างที่แนะนำในการวิเคราะห์สมบัติด้านความหนืดด้วย Rapid Visco Analyser.....104

ก.2 ลักษณะโครงสร้างผลึกของเม็ดสตาร์ชที่เป็นแบบ A, B, และ C – type.....112

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

2.1 นากระจับและลักษณะทั่วไปของต้นกระจับ ก. นากระจับ ข. ต้นกระจับ.....5

2.2 ฝักกระจับพันธุ์ต่าง ๆ ก. กระจับเขาแหลม ข. กระจับเขาทู่ ค. กระจับสี่เขา.....7

2.3 การจัดเรียงตัวภายในเม็ดสตาร์ชของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินตามแนวรัศมีของเม็ดสตาร์ช(Charley, 1982).....13

2.4 ลักษณะรูปร่างและขนาดของเม็ดสตาร์ชจากกระจับด้วย 13

2.5 ลักษณะโครงร่างผลึกภายในเม็ดสตาร์ชและ X-ray diffraction pattern ของผลึกแบบ A และ B (Gallant และคณะ,1997) 15

2.6 ลักษณะโครงร่างผลึกของเม็ดสตาร์ชจากกระจับ(*Trapa natans* L. var *bispinosa* Makino) ที่ปลูกในปี 1984 และ 1985 16

2.7 รูปแบบกำลังการพองตัวและการละลายของสตาร์ชชนิดต่าง ๆ.....17

2.8 รูปแบบความหนืดของสตาร์ชชนิดต่าง ๆ เมื่อแบ่งตามกำลังการพองตัว.....19

3.1 ขอบเขตงานวิจัยโดยสังเขป.....31

3.2 แผนผังวิธีการโม่แป้งแบบต่าง ๆ.....34

3.3 วิธีการสกัดสตาร์ชจากกระจับสด.....38

3.3 วิธีการสกัดสตาร์ชจากกระจับสด(ต่อ).....39

3.4 วิธีการสกัดสตาร์ชจากแป้งกระจับ.....39

3.4 วิธีการสกัดสตาร์ชจากแป้งกระจับ (ต่อ).....40

4.1 ผลของการเตรียมวัตถุดิบและเครื่องโม่ต่อขนาดเฉลี่ยเม็ดแป้ง.....52

4.2 ผลของการโม่และเครื่องมือต่อขนาดเฉลี่ยแป้งกระจับ.....53

4.3 ผลของวิธีการโม่ต่อความสามารถในการย่อยด้วยเอนไซม์ glucoamylase.....55

4.4 ลักษณะสภาพพื้นผิวของเม็ดสตาร์ชที่สกัดจากแป้งที่โม่ด้วย Ball mill และ Stone mill จากเครื่อง SEM 58

4.5 ลักษณะรูปร่างและสภาพพื้นผิวของเม็ดสตาร์ชจากกระจับที่สกัดจากวิธีต่าง ๆ.....70

4.6 รูปร่างและลักษณะ Birefringence ของเม็ดสตาร์ชจากกระจับ a)normal light b) polarized light.....72

4.7 ลักษณะรูปร่างของเม็ดสตาร์ชจากกระจับด้วย SEM ที่กำลังขยายต่าง ๆ.....73

4.8 ลักษณะการกระจายตัวของเม็ดสตาร์ชจากกระจับ.....74

4.9 X-ray powder diffractograms ของสตาร์ชจากกระจับ.....75

หน้า

4.10 รูปแบบกำลังการพองตัวของแป้งกระจับ.....77
4.11 รูปแบบการละลายของแป้งกระจับ.....77
4.12 สมบัติด้านความหนืดโดยใช้ Brabender viscoamylograph ของสตาร์ช จากกระจับที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....80
4.13 สมบัติด้านความหนืดโดยใช้ Brabender viscoamylograph ของสตาร์ช ถั่วเขียวที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....80
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสตาร์ชและค่า Pasting temperature ของสตาร์ชจากกระจับและสตาร์ชถั่วเขียว.....81
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสตาร์ชและค่า Setback ของสตาร์ช จากกระจับและสตาร์ชถั่วเขียว.....81
ก.1 การดูดกลืนแสงของไอโอดีน อะมิโลส อะมิโลเพคติน และส่วนผสมของ อะมิโลสและอะมิโลเพคตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ 107
ข.1 เครื่องมือที่ใช้ในการโม่แป้งกระจับ.....115
ข.2 เมล็ดกระจับสดหลังแยกเปลือก.....115
ข.3 ลักษณะของเจลแป้งกระจับ.....116