ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยฯ
RP1987/773
Process improvement for

ภ. 25–07/รายงานฉบับที่ 1

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

# การเปรียบเทียบคุณสมบัติของแป้งถั่วชนิดต่าง ๆ กับแป้งถั่วเขียว

โดย

**สุวรรณา ศรีสวัสดิ์**

**อินทราวุธ ฉัตรเกษ**

วท., กรุงเทพ ฯ 2530

ไม่พิมพ์เผยแพร่

ศูนย์บริการเอกสารการวิจัย
ห้องสมุด
วท

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

(ศาสตราจารย์พิเศษ ดร.สมิทธิ์ คำเพิ่มพูล)
ผู้ว่าการ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ. 25-07

# การศึกษาคุณภาพแป้งจากถั่วชนิดต่าง ๆ ที่มีในประเทศเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมวุ้นเส้น

## รายงานฉบับที่ 1

## การเปรียบเทียบคุณสมบัติของแป้งถั่วชนิดต่าง ๆ กับแป้งถั่วเขียว

โดย

สุวรรณา ศรีสวัสดิ์

อินทราวุธ ฉัตรเกษ

วท., กรุงเทพฯ 2530

# สารบาญ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| ABSTRACT | | 1 |
| บทคัดย่อ | | 2 |
| บทนำ | | 2 |
| วัสดุและอุปกรณ์ | | 4 |
| กรรมวิธี | | 5 |
| ผลการทดลองและวิจารณ์ | | 9 |
| สรุปและข้อเสนอแนะ | | 20 |
| คำนิยม | | 31 |
| เอกสารอ้างอิง | | 31 |
| ภาคผนวกที่ 1 | ปริมาณและราคาการสั่งเข้าและส่งออกของวุ้นเส้น | 32 |
| ภาคผนวกที่ 2 | ผลผลิตและราคาของถั่วเขียวพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกในประเทศไทย | 33 |
| ภาคผนวกที่ 3 | สถิติการส่งออกถั่วต่าง ๆ และมูลค่าการส่งออก | 34 |
| ภาคผนวกที่ 4 | ชื่อทางวิทยาศาสตร์และราคาของถั่วชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกในประเทศไทย | 35 |
| ภาคผนวกที่ 5 | ผลผลิต ปริมาณ และมูลค่าของการส่งออกถั่วเขียว | 36 |
| ภาคผนวกที่ 6 | วิธีวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส ในแป้งถั่วต่าง ๆ | 37 |
| ภาคผนวกที่ 7 | การดูดซึมน้ำของเมล็ดถั่วต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง | 38 |
| ภาคผนวกที่ 8 | การดูดซึมน้ำของเมล็ดถั่วต่าง ๆ ที่อุณหภูมิของน้ำ = 50° และ 100° ซ. | 39 |
| ภาคผนวกที่ 9 | ราคาขายเฉลี่ยของถั่วต่าง ๆ ปี 2524-2527 | 40 |

# สารบาญตาราง


| | | หน้า |
|---|---|---|
| ตารางที่ 1 | คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดถั่วชนิดต่าง ๆ | 10 |
| ตารางที่ 2 | ความหนาแน่นของถั่วชนิดต่าง ๆ | 11 |
| ตารางที่ 3 | ขนาดเมล็ดถั่วชนิดต่าง ๆ | 12 |
| ตารางที่ 4 | เวลาที่เหมาะสมในการแช่ถั่วชนิดต่าง ๆ ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง (30°ซ.), 50°ซ., 100°ซ. | 13 |
| ตารางที่ 5 | คุณสมบัติทางกายภาพบางอย่างของถั่วที่พองน้ำเต็มที่แล้วโดยแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง | 14 |
| ตารางที่ 6 | ปริมาณแป้งที่แยกออกจากเมล็ดถั่ว | 16 |
| ตารางที่ 7 | ผลวิเคราะห์ทางเคมีของแป้งถั่วชนิดต่าง ๆ | 17 |
| ตารางที่ 8 | ความหนืดของแป้งถั่วต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 6% ของสารละลาย (น้ำหนักแห้ง) วัดด้วยเครื่อง Brabender viscometer | 19 |
| ตารางที่ 9 | คุณสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ของเม็ดแป้งชนิดต่าง ๆ | 21 |
| ตารางที่ 10 | ขนาดของเม็ดแป้งถั่วชนิดต่าง ๆ | 24 |
| ตารางที่ 11 | การจัดอันดับแป้งถั่วต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับแป้งถั่วเขียว | 29 |

# สารบาญภาพ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| รูปที่ 1 | แสดงลักษณะความหนืดของน้ำแป้งซึ่งสกัดจากถั่วชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 6% ของสารละลาย (น้ำหนักแห้ง) | 18 |
| รูปที่ 2 | การพองตัวของเม็ดแป้งถั่วชนิดต่าง ๆ | 22 |
| รูปที่ 3 | การละลายของเม็ดแป้งถั่วชนิดต่าง ๆ | 23 |
| รูปที่ 4 | เม็ดแป้งจากถั่วเขียว ถั่วดำ และถั่วนิ้วนางแดง กำลังขยาย 200 เท่า | 25 |
| รูปที่ 5 | เม็ดแป้งจากถั่วมันแดงกำลังขยาย 400 เท่า | 26 |
| รูปที่ 6 | เม็ดแป้งจากถั่วเงาะกำลังขยาย 200 เท่า | 26 |
| รูปที่ 7 | เม็ดแป้งจากถั่วขาวกำลังขยาย 400 เท่า | 27 |
| รูปที่ 8 | เม็ดแป้งจากถั่วแดงหลวงกำลังขยาย 200 เท่า | 27 |
| รูปที่ 9 | เม็ดแป้งจากถั่วมะแฮะกำลังขยาย 200 เท่า | 28 |
| รูปที่ 10 | เม็ดแป้งจากถั่วปากอ้ากำลังขยาย 400 เท่า | 28 |
| รูปที่ 11 | ราคาถั่วต่าง ๆ ในช่วงหนึ่งปี | 30 |

## คำนำ

งานวิจัยนี้เป็นงานในโครงการย่อย "การศึกษาคุณภาพแป้งจากถั่วชนิดต่าง ๆ ที่มีในประเทศเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมวุ้นเส้น" ซึ่งอยู่ภายใต้โครงการ "การแปรรูปผลิตผลเกษตร" และได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินในปี 2525-2526. รายงานฉบับนี้เป็นรายงานฉบับที่ 1 เป็นการศึกษาคุณสมบัติของถั่วต่าง ๆ ที่มีภายในประเทศ ตลอดจนคุณภาพแป้งจากถั่วชนิดต่าง ๆ. ได้ทำการคัดเลือกถั่วที่ให้แป้งที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับแป้งถั่วเขียว เพื่อใช้ในการทดลองทำวุ้นเส้นต่อไป, ซึ่งจะได้รายงานผลการศึกษาในรายงานฉบับที่ 2.

# COMPARING PROPERTIES OF VARIOUS BEAN STARCH TO THOSE OF MUNG BEAN STARCH

By Suwanna Sisawad and Inthrawut Chatket

## ABSTRACT

This report presents the physical and chemical properties of various kinds of beans which are locally grown in Thailand. They are mung bean (Phaseolus aureus), black gram bean (Phaseolus mungo), black-seeded race bean (Vigna sinensis Saviex), rice bean (Phaseolus calcaratus Roxb.), red bean (Phaseolus aureus), rose perun bean (Vigna unguiculata Walp.), white bean or yard long bean (Vigna sinensis L. Saviex), kidney bean (Phaseolus vulgaris L.), pigeon pea (Cajanus indicus Spreng) and broad bean (Vicia faba L.). Yields of starch extraction including the physical and chemical properties of starch extracted from those beans were studied. The beans which have price, yield of starch extraction and physical and chemical of bean starch similar to those of mung bean are white bean, black-seeded race bean, and red bean. The utilization of these three kinds of bean starch in making transparent noodles will be presented in report No. 2.

# การเปรียบเทียบคุณสมบัติของแป้งถั่วชนิดต่าง ๆ กับแป้งถั่วเขียว

โดย สุวรรณา ศรีสวัสดิ์* และ อินทราวุธ ฉัตรเกษ*

## บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้กล่าวถึงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเมล็ดถั่วต่าง ๆ ที่ปลูกในประเทศไทย. เมล็ดถั่วต่าง ๆ ดังกล่าว ได้แก่ ถั่วเขียว (Phaseolus aureus), ถั่วเขียวผิวดำ (Phaseolus mungo), ถั่วดำ (Vigna sinensis Saviex), ถั่วนิ้วนางแดง (Phaseolus calcaratus, Roxb.), ถั่วมันแดง (Phaseolus aureus), ถั่วเงาะ (Vigna unguiculata Walp.), ถั่วขาว (Vigna sinensis L. Saviex) ถั่วแดงหลวง (Phaseolus vulgaris L.), ถั่วมะแฮะ (Cajanus indicus Spreng) และถั่วปากอ้า (Vicia faba L.). นอกจากนี้ได้มีการศึกษาปริมาณแป้งที่สกัดได้จากถั่วต่าง ๆ ตลอดจนคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งที่สกัดได้. ถั่วซึ่งมีราคา, ผลผลิตแป้งที่สกัดได้ และคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งถั่ว ใกล้เคียงกับถั่วเขียว คือ ถั่วดำ, ถั่วขาว และถั่วมันแดง. การใช้ประโยชน์จากแป้งถั่วทั้งสามชนิดดังกล่าวในการผลิตวุ้นเส้นจะได้กล่าวถึงในรายงานฉบับที่ 2 ต่อไป.

## บทนำ

วุ้นเส้นเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคในกลุ่มประเทศแถบทวีปเอเชียมาเป็นเวลานาน. ประเทศไทยได้มีโรงงานผลิตวุ้นเส้นเพิ่มมากขึ้น เพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภคและเพื่อการส่งออก, ดังจะเห็นได้ว่าประเทศไทยสามารถประหยัดเงินตราต่างประเทศในการสั่งเข้าของวุ้นเส้นในระยะเวลา 8 ปี ที่ผ่านมา คือจากจำนวนเงิน 17.8 ล้านบาท ในปี 2519 ลงเหลือเพียง 1.00 ล้านบาท ในปี 2526. นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการส่งวุ้นเส้นออกในช่วง 8 ปี เป็นมูลค่า 74 ล้านบาท (ดังแสดงในภาคผนวกที่ 1). วุ้นเส้นนี้ผลิตจากแป้งที่สกัดจากถั่วเขียว, อาจมีการปนแป้งมันฝรั่ง (potato starch) จากต่างประเทศและ

---

*สาขาวิจัยอุตสาหกรรมอาหาร, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

แป้งมันซึ่งจะทำให้วุ้นเส้นที่ได้มีคุณภาพต่ำลงและราคาถูกลง. ดังนั้นคุณภาพของวุ้นเส้นจะแบ่งตามปริมาณแป้งถั่วเขียวที่ใช้ คือถ้าใช้แป้งถั่วเขียวมาก วุ้นเส้นที่ได้เป็นวุ้นเส้นที่มีคุณภาพดี. ในการผลิตวุ้นเส้นที่มีคุณภาพดีจำนวน 1 ตัน จำเป็นต้องใช้ถั่วเขียวประมาณ 3.3 ตัน, ดังนั้นความต้องการถั่วเขียวของโรงงานวุ้นเส้นมีมากพอสมควร.

ถั่วเขียวที่ปลูกในประเทศไทยขณะนี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ ถั่วเขียวที่มีชื่อภาษาอังกฤษว่า mung bean และมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Vigna radiata (L.) Wilezek หรือ Phaseolus aureus L. และถั่วเขียวผิวดำ ซึ่งมีชื่อภาษาอังกฤษว่า black grams หรือ Matpe และมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Vigna mungo (L.) Wilezek หรือ Phaseolus mungo L. พืชทั้ง 2 ชนิดนี้มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ใกล้เคียงกัน (ณ ลำปาง 2522). เมล็ดของถั่วเขียวที่แก่มีสีหุ้มเปลือกแตกต่างกันตามพันธุ์, แต่ทุกพันธุ์จะมีตาเมล็ดเป็นสีขาวเหมือนกัน. ถั่วเขียวที่ใช้ทำวุ้นเส้นเรียกว่า mung bean มีอยู่หลายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย สามารถแบ่งพันธุ์ตามลักษณะและสีของเมล็ดได้ 3 พันธุ์ใหญ่ คือ:

1. ถั่วเขียวธรรมดาหรือถั่วเขียวเมล็ดด้าน หรือถั่วเขียวเมล็ดเล็ก, เป็นถั่วที่มีเมล็ดสีเขียวงามน่ารับประทานเหมาะสำหรับทำอาหารหลายอย่าง เช่น ถั่วงอก, วุ้นเส้น. เป็นถั่วที่ชาวไร่นิยมปลูกกันทั่วไป เพราะเป็นถั่วที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงและเก็บไว้ทนทานไม่เสียง่าย.

2. ถั่วเขียวทองหรือถั่วทอง เป็นถั่วที่มีขนาดและความคือื่น ๆ เช่นเดียวกันกับถั่วเขียวเมล็ดเล็ก, แต่ถั่วทองเป็นเมล็ดสีเหลืองคล้ายถั่วสีทอง. ถั่วชนิดนี้ผู้ทำขนมขายนิยมใช้กันมาก เพราะเมื่อบดป่นแล้วหากมีเปลือกติดปนอยู่ด้วยก็ไม่ทำให้สีเสียความสวยงามเป็นถั่วที่มีราคาดีอยู่เสมอ.

3. ถั่วเขียวมันเมล็ดใหญ่ เป็นถั่วเขียวที่มีเมล็ดโตเป็นมัน, ถั่วชนิดนี้เนื้อยุ่ยมาก เป็นที่นิยมของผู้ทำขนมและอาหารทั่วไป. ถั่วเขียวมันนี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ ถั่วเขียวเมล็ดมันผักดำ คือเมื่อฝักแก่จะเป็นสีดำ เป็นถั่วที่มีอยู่ทั่ว ๆ ไป และถั่วเขียวเมล็ดมันผักขาว เมื่อฝักแก่จะเป็นสีขาวนวล เป็นถั่วที่ไม่แพร่หลายนัก. เมื่อนำถั่วทั้งสองชนิดเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าถั่วเขียวมันชนิดผักขาวนวลนั้น เมล็ดมีสีค่อนข้างเหลืองมากกว่าชนิดผักดำ.

นอกจากนี้มีถั่วเขียวเมล็ดแดงอีก แต่ยังปลูกน้อยมากในประเทศไทย. สำหรับผลผลิตและราคาของถั่วเขียวพันธุ์ต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ได้แสดงไว้ในภาคผนวกที่ 2. พอสรุปได้ว่าถั่วเขียวทุกพันธุ์มีผลผลิตต่อไร่อยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้. สำหรับราคาขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาดโลก และ

ผลผลิตในแต่ละปี.

นอกจากถั่วเขียวแล้ว ประเทศไทยสามารถปลูกถั่วชนิดอื่นได้อีกมาก เช่นถั่วขาว, ถั่วดำ และถั่วแดง ซึ่งปลูกมากพอสมควร จนกระทั่งมีการส่งออกไปยังต่างประเทศ. ปริมาณการส่งออกของถั่วดังกล่าวแสดงในภาคผนวกที่ 3. นอกจากถั่วดังกล่าวแล้ว ประเทศไทยยังมีการปลูกถั่วแดงหลวง, ถั่วปากอ้า, ถั่วมะแฮะ และถั่วเงาะ ไว้ใช้ในประเทศ, สำหรับชื่อทางวิทยาศาสตร์ของถั่วชนิดต่าง ๆ ตลอดจนราคาของถั่วดังกล่าว แสดงในภาคผนวกที่ 4.

ผลผลิตถั่วเขียวในประเทศไทยส่วนใหญ่จะถูกส่งไปขายต่างประเทศ. ดังจะเห็นว่าจากปี 2522-2524 ปริมาณการส่งถั่วเขียวออกคิดเป็นร้อยละ 70.8, 68.2 และ 60.7 ตามลำดับของผลผลิตถั่วเขียวในประเทศ (ดังแสดงในภาคผนวกที่ 5). ดังนั้นราคาของถั่วเขียวในประเทศจึงขึ้นอยู่กับความต้องการถั่วเขียวของตลาดโลก และผลผลิตถั่วเขียวในแต่ละปี. ด้วยเหตุนี้บางขณะโรงงานวุ้นเส้นประสบปัญหาเกี่ยวกับราคาของถั่วเขียวขึ้นสูงเกินกว่าที่โรงงานจะนำมาผลิตวุ้นเส้นได้, ดังนั้นจึงมีบางโรงงานพยายามหาถั่วอื่นมาใช้แทนถั่วเขียวบางส่วน. แต่การใช้ถั่วอื่นนี้ยังเป็นความลับของแต่ละโรงงาน, บางโรงงานก็ไม่ใช้ถั่วชนิดอื่น. ดังนั้นเพื่อเป็นประโยชน์แก่โรงงานโดยส่วนรวม สถาบันวิจัยฯ จึงเห็นสมควรที่จะทำการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับคุณสมบัติและคุณภาพของแป้งถั่วต่าง ๆ ที่มีในประเทศไทย เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมวุ้นเส้นแทนแป้งถั่วเขียว. รายงานฉบับนี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของแป้งที่ได้มาจากถั่วชนิดต่าง ๆ เพื่อพิจารณาคัดเลือกถั่วที่ควรจะนำมาศึกษาเกี่ยวกับการผลิตวุ้นเส้นจากแป้งถั่วชนิดต่าง ๆ ที่เลือกไว้โดยใช้ราคาถั่วต่าง ๆ มาประกอบการพิจารณา.

## วัตถุดิบ

ถั่วชนิดต่าง ๆ : ถั่วเขียว, ถั่วเขียวผิวดำ, ถั่วดำ, ถั่วนิ้วนางแดง, ถั่วมันแดง, ถั่วขาว, ถั่วเงาะ, ถั่วแดงหลวง, ถั่วมะแฮะ และถั่วปากอ้า.

## เครื่องมือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดแป้งถั่ว

   1.1 Rietz disintegrator, Model RP-8-K115, serial RP-760015, Rietz Manufacturing Co., Santa Rosa, California, Westchester, Pennsylvania, U.S.A.

1.2 Monopump Model JKL Zero-Max speed range with 1800 rpm.in put : 0-400, torque in lbs : 25, made in USA.

1.3 รางตกแป้งทำด้วยไม้ ยาว 20 เมตร ความกว้างของรางไม้ = 10 ซม. และมีอัตราส่วนความลาดเอียง slope (x/y) = 0.004.

1.4 Laboratory Centrifuge : No. 97830, No. 53076, 1973 Type 425.0, 3500 rpm., Seine centrifuge, Gebr, Heine vierson Germany.

1.5 ตู้อบ : Kan 1960 machines, Type 2 HA-100. No. 440, หจก. กันเสริกลการ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัติของแป้งถั่ว :

2.1 Brabender Viscograph

2.2 Ultraphotomicroscopic apparatus

2.3 Water bath

2.4 Spectrophotometer

2.5 เครื่องชั่ง และเครื่องแก้วต่าง ๆ

2.6 Centrifuge rpm., ≃ 18,000 rpm.

## กรรมวิธี

1. <u>วิธีหาความหนาแน่นของเมล็ดถั่ว</u> (กรัม/มล.)

1.1 โดยวิธีแทนที่น้ำ : ชั่งถั่วหนัก 10 ± 0.5 กรัม แล้วใส่ลงในกระบอกตวงที่มีน้ำอยู่ อ่านปริมาตรของน้ำที่เพิ่มขึ้นเมื่อใส่เมล็ดถั่วลงไปแล้ว, ปริมาตรน้ำที่เพิ่มขึ้นนี้จะเท่ากับปริมาตรของเมล็ดถั่ว แล้วนำไปคำนวณหาความหนาแน่นของถั่ว.

1.2 โดยใช้กระบอกตวง : ตวงเมล็ดถั่วโดยใช้ถ้วยตวงที่รู้ปริมาตรที่แน่นอน แล้วนำถั่วที่ตวงได้ไปชั่งน้ำหนัก. นำค่าน้ำหนักและปริมาตรมาคำนวณหาความหนาแน่น ความหนาแน่นที่ได้นี้คือ bulk density.

2. วิธีหาขนาดของเมล็ดถั่ว

2.1 โดยดูจากปริมาณถั่วที่สามารถผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ ขนาดของเมล็ดถั่วคือขนาดรูของตะแกรงที่เมล็ดถั่วสามารถผ่านได้หมด หรือเกือบหมด.

2.2 โดยการใช้ Vernier วัดขนาดกว้าง, ยาว และความหนาของเมล็ดถั่ว.

3. วิธีหาการดูดซึมน้ำของเมล็ดถั่ว

แช่เมล็ดถั่วหนัก 10 กรัม ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง ในน้ำอุ่น (น้ำอุณหภูมิห้อง : น้ำเดือด = 1 : 1 น้ำอุ่นนี้มีอุณหภูมิประมาณ 50°ซ.) และในน้ำเดือด ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน คือ 3, 5, 7, 9, 11, 13 และ 16 ชั่วโมง. ชั่งน้ำหนักของถั่วที่พองน้ำ และวัดปริมาตรของถั่วพองน้ำ โดยการแทนที่น้ำ, วัดขนาดเมล็ดถั่วพองน้ำด้วย และคำนวณหาค่าต่อไปนี้ คือ:

$$\% \text{ การดูดซึมน้ำของเมล็ดถั่ว} = \frac{\text{นน. ถั่วพองน้ำ} - \text{นน. ถั่วแห้ง} \times 100}{\text{นน. ถั่วแห้ง}}$$

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{นน. ถั่วพองน้ำ}}{\text{ปริมาตรของถั่วพองน้ำ}}$$

4. วิธีการสกัดแป้งถั่ว

นำถั่วที่ทำความสะอาดโดยใช้ลมเป่าและผ่านตะแกรงแยกเอาเศษหิน, ดิน, ทราย ออกแล้วมา 5 กิโลกรัม ล้างน้ำให้สะอาด แล้วบดกับน้ำจำนวนหนึ่งด้วยเครื่อง Rietz disintegrator และรูตะแกรงที่ในเครื่อง Rietz disintegrator จะมีขนาดเท่ากับ 2 มม. นำน้ำแป้งพร้อมกากมาผ่าน rotoseive ซึ่งมีตะแกรงขนาด 30 mesh และ 200 mesh แล้วใช้น้ำล้างแป้งออกจากกากให้หมด. ปริมาณน้ำที่ใช้บดถั่วและน้ำที่ใช้ล้างแป้งรวมกันเท่ากับ 50 ลิตร. นำน้ำแป้งที่ผ่านเครื่อง rotoseive มาลงรางไม้เพื่อให้แป้งตกบนรางไม้ โดยควบคุมความเร็วของน้ำแป้งที่ไหลลงราง ให้มีความเร็วของน้ำแป้งประมาณ 750 มล./นาที. เมื่อแป้งตกบนรางแห้งพอสมควร เอาน้ำล้างโปรตีนที่ติดบนผิวแป้งออก แล้วตักแป้งจากรางใส่ถัง และใส่น้ำเพื่อล้างแป้งหนที่ 1. ใช้ใบพัดหมุนมีความเร็วรวมประมาณ 1,400 รอบต่อนาที. ปั่นน้ำแป้งนาน 1 นาที แล้วทิ้งให้แป้งตกตะกอน. รินน้ำใสข้างบนทิ้งแล้วตักโปรตีนบนแป้งออก

ให้มากที่สุด, ใส่น้ำลงไปล้างแป้งเป็นหนที่ 2 โดยทำเช่นเดียวกับหนที่ 1. เมื่อได้แป้งที่ตกตะกอนมาแล้ว ตักแป้งใส่ถาดอบให้แป้งแห้งที่อุณหภูมิ 50-60°ซ. แล้วบดแป้งผ่านตะแกรงขนาด 140 mesh หรือ 106 µm, แป้งที่ได้นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมี.

5. การวิเคราะห์ทางเคมี

หน่วยเคมีวิเคราะห์ วท. ได้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดถั่วและแป้งที่สกัดได้ โดยวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของความชื้น, โปรตีน, เถ้า, ไขมัน, คาร์โบไฮเดรต และแป้งในเมล็ดถั่วชนิดต่าง ๆ และแป้งจากถั่วต่าง ๆ. นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ปริมาณ amylose ในแป้งถั่วเหล่านั้นด้วย ใช้วิธีดังแสดงในภาคผนวกที่ 6.

6. วิธีหาความหนืดของแป้ง

นำแป้งที่จะหาความหนืดไปหาความชื้นเพื่อนำมาคำนวณจำนวนแป้งที่จะใช้หาความหนืดด้วยเครื่อง Brabender viscograph โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายที่ 6% (น้ำหนักแป้ง) จำนวน 500 มล. โดยปรับ pH ของสารละลายจำนวน 250 มล. ให้มี pH = 5.5 แล้วหาความหนืดแป้งที่ 95°ซ.; 95°ซ.- 1 ชั่วโมง, 50°ซ.; และ 50°ซ.- 1 ชั่วโมง และบันทึกอุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืด.

7. วิธีหาความสามารถในการเกาะเกี่ยวน้ำ (water binding capacity) ใช้วิธีของ Medcaff and Gilles (1965)

ชั่งแป้งให้รู้น้ำหนักแน่นอน (ประมาณ 5 ก.) ใส่ขวดเติมน้ำ 75 มล. ปิดฝาเขย่า 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง. นำน้ำแป้งเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกของแข็งโดยใช้ความเร็ว 3,500 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที. แยกน้ำใสด้านบนทิ้ง เอียงขวดเป็นมุม 30° บนกระดาษซับเป็นเวลา 5 นาที ชั่งน้ำหนักแป้ง.

$$\text{ความสามารถในการเกาะเกี่ยวน้ำ (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักแป้งเริ่มต้น (น้ำหนักแห้ง)}} \times 100$$

8. วิธีหาค่า swelling power และ % solubility ของแป้ง

ชั่งแป้งประมาณ 1 ก. ใส่ใน test tube แก้ว และใส่น้ำกลั่นลงไป 20 มล. ตั้งใน water bath ที่อุณหภูมิ 95°ซ. นาน 30 นาที. กวนเบา ๆ ให้แป้งแขวนลอยอยู่ตลอดเวลา แล้วนำไป centrifuge 18,000 rpm. 20 นาที เพื่อแยกน้ำออกใส่ petri dish (ที่อบแห้งชั่งน้ำหนักแล้ว) แล้วนำไปอบให้แห้งชั่งน้ำหนักจนกระทั่งน้ำหนักคงที่. ชั่งน้ำหนักแป้งใน test tube จากนั้นนำน้ำหนักที่ได้ทั้งหมดไปคำนวณหาค่า swelling power และ % solubility ดังนี้ :

$$\text{swelling power} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งที่ centrifuge ได้}}{\text{น้ำหนักแป้งแห้ง}}$$

(น้ำหนักแป้งแห้งต้องหักน้ำหนักแป้งแห้งที่ละลายอยู่ในน้ำออก)

$$\text{\% solubility} = \frac{\text{weight of dry dissolved starch}}{\text{weight of dry starch}} \times 100$$

9. วิธีหา % retrogradation

เตรียมแป้งที่มีความเข้มข้น 6% slurry อุ่นให้ร้อนใน water bath 95°ซ. เป็นเวลา 30 นาที เทแป้งสุกลงใน centrifugal tube ขนาด 50 มล. ประมาณ 30 ก. (รู้น้ำหนักแน่นอน). หยด toluene ลงไป 5 หยด แล้วนำไปเก็บไว้ในห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิ 4°ซ. 24 ชม. นำไป centrifuge 18,000 rpm. 15 นาที แยกน้ำออก. นำน้ำหนักน้ำที่แยกออกและน้ำหนักแป้งเปียกมาคำนวณหา % retrogradation ดังนี้ :

$$\text{\% retrogradation} = \frac{\text{นน.น้ำที่แยกตัวออก}}{\text{นน.แป้งเปียก}} \times 100$$

10. วิธีหาขนาดของเม็ดแป้ง

ใช้วิธีถ่ายรูปเมล็ดแป้งด้วยเครื่อง Ultraphoto microscropic apparatus ใช้ขนาดกำลังขยาย 200 และ 400 เท่า แล้ววัดขนาดของเม็ดแป้งจากรูป โดยวัดส่วนที่ยาวที่สุดของเม็ดแป้งที่เห็นในภาพ.

## ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดถั่วชนิดต่าง ๆ ตามตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าถั่วชนิดต่าง ๆ ทั้ง 10 ชนิด ที่นำมาทดลองสกัดแป้ง เป็นถั่วที่จัดอยู่ในประเภทเดียวกัน คือมีปริมาณแป้งสูง, ปริมาณโปรตีนรองลงมา และปริมาณไขมันต่ำ. นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณแป้งที่มีอยู่ในเมล็ดถั่วโดยน้ำหนักแห้ง ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 47.5-52.0% ของน้ำหนักเมล็ดถั่ว, ยกเว้นถั่วปากอ้ามีปริมาณแป้งต่ำเพียง 45.0% และถั่วแดงหลวงมีปริมาณแป้งสูง คือ 54.0%.

ถั่วเหล่านี้ปกติจะหนักกว่าน้ำ คือมีความหนาแน่น (density) มากกว่าหนึ่งโดยใช้วิธีแทนที่น้ำดังแสดงในตารางที่ 2. แต่เนื่องจากถั่วเหล่านี้มีรูปร่างกลมบ้าง รีบ้าง ดังนั้นความหนาแน่นปรากฏ (apparent density or bulk density) จึงน้อยกว่าหนึ่ง, ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.71-0.81 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2. นอกจากนี้ยังได้ศึกษาขนาดของเมล็ดถั่วแห้งชนิดต่าง ๆ ด้วย ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.

การแช่ถั่วก่อนบดช่วยให้ถั่วนิ่มและบดละเอียดได้ง่าย เพื่อที่จะแยกแป้งออกจากเซลล์ในเมล็ดถั่งง่ายขึ้น. เวลาเหมาะสมในการแช่ถั่วหมายถึงเวลาที่น้อยที่สุดที่ใช้แช่ถั่วและถั่วพองตัวได้มากที่สุด. จากการทดลองพบว่าถั่วชนิดต่าง ๆ มีเวลาที่เหมาะสมในการแช่ถั่วโดยแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องแตกต่างกัน ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงระยะเวลา 9-13 ชั่วโมง, ยกเว้นถั่วเงาะซึ่งใช้เวลาแช่ 5 ชั่วโมง และถั่วปากอ้าใช้เวลาแช่ 16 ชั่วโมง รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4. นอกจากนี้ตารางที่ 4 ยังได้แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ของการดูดน้ำและของปริมาตรเพิ่มความหนาแน่น (density) และค่าเฉลี่ยของขนาดเมล็ดถั่วที่พองน้ำภายหลังการแช่น้ำตามเวลาเหมาะสม. สำหรับการแช่ถั่วในน้ำอุ่น (คือน้ำเดือดผสมน้ำอุณหภูมิห้องในปริมาณเท่ากัน) และในน้ำเดือด เมื่อเทน้ำแช่ถั่วแล้ว ปล่อยให้น้ำเย็นลงมาที่อุณหภูมิห้องโดยธรรมชาติ พบว่าการพองตัวของถั่วส่วนใหญ่จะใช้เวลาน้อยลงในน้ำอุ่นและน้ำเดือดตามลำดับ ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 5. จากข้อมูลต่าง ๆ ที่ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพดังกล่าวของเมล็ดถั่วชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้ว ทำให้สามารถประมาณคร่าว ๆ เกี่ยวกับขนาดของตะแกรงที่ควรใช้ในการแร่งถั่วแห้งและถั่วพองน้ำ ตลอดจนขนาดของภาชนะที่ใช้ในการแช่ถั่วและปริมาณน้ำที่ใช้ในการแช่ถั่ว.

จากการทดลองสกัดแป้งจากถั่วชนิดต่าง ๆ โดยใช้วิธีสกัดแป้งวิธีเดียวกัน ดังเช่นบรรยายในภาคกรรมวิธี พบว่าผลผลิตแป้งจากถั่วเขียวจะสูงกว่าแป้งถั่วชนิดอื่น ๆ. สำหรับถั่วอื่น ๆ

ตารางที่ 1. คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดถั่วชนิดต่าง ๆ

| ชนิด | ความชื้น (%) | แป้ง (%) | โปรตีน (%) | ไขมัน (%) | เยื่อใย (%) | เถ้า (%) | คาร์โบไฮเดรต (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ถั่วเขียว | 12.83 | 43.31 | 24.78 | 0.69 | 3.76 | 3.57 | 54.37 |
| (Phaseolus aureus) | 0 | 49.68 | 28.43 | 0.79 | 4.31 | 4.10 | 62.37 |
| ถั่วเขียวผิวดำ | 9.92 | 42.77 | 24.53 | 0.90 | 3.31 | 3.71 | 57.63 |
| (Phaseolus mungo) | 0 | 47.48 | 27.23 | 1.00 | 3.67 | 4.21 | 63.98 |
| ถั่วดำ (Vigna sinensis Saviex) | 11.46 | 42.71 | 23.49 | 1.06 | 4.56 | 3.57 | 55.86 |
| | 0 | 48.24 | 26.53 | 1.20 | 5.15 | 4.03 | 63.09 |
| ถั่วนิ้วนางแดง (Phaseolus calcaratus Roxb.) | 11.59 | 45.80 | 20.03 | 0.34 | 4.88 | 4.35 | 58.81 |
| | 0 | 51.80 | 22.66 | 0.38 | 5.52 | 4.92 | 66.52 |
| ถั่วมันแดง | 14.04 | 44.45 | 21.50 | 1.26 | 3.92 | 3.42 | 55.86 |
| (Phaseolus aureus) | 0 | 51.71 | 25.01 | 1.47 | 4.56 | 3.98 | 64.98 |
| ถั่วเงาะ | 14.01 | 43.42 | 23.45 | 1.11 | 4.13 | 3.47 | 53.83 |
| (Vigna unguiculata) | 0 | 50.5 | 27.27 | 1.29 | 4.82 | 4.04 | 62.60 |
| ถั่วขาว (Vigna sinensis L. Saviex) | 12.66 | 44.52 | 23.95 | 0.88 | 4.57 | 3.63 | 54.31 |
| | 0 | 50.97 | 27.42 | 1.01 | 5.23 | 4.16 | 62.18 |
| ถั่วแดงหลวง (Phaseolus vulgaris L.) | 13.78 | 46.42 | 19.11 | 1.38 | 3.02 | 3.62 | 59.09 |
| | 0 | 53.84 | 22.16 | 1.60 | 3.50 | 4.20 | 68.59 |
| ถั่วมะแฮะ (Cajanus indicus Spreng) | 14.19 | 40.67 | 22.09 | 1.38 | 7.07 | 3.54 | 51.72 |
| | 0 | 47.40 | 25.74 | 1.61 | 8.25 | 4.13 | 60.27 |
| ถั่วปากอ้า | 11.77 | 39.33 | 26.48 | 1.25 | 7.63 | 2.27 | 50.60 |
| (Vicia faba L.) | 0 | 44.58 | 30.01 | 1.42 | 8.65 | 2.57 | 57.35 |

ที่มา : สมุดบันทึกการทดลองเล่มที่ 19961 หน้า 96

ตารางที่ 2. ความหนาแน่นของถั่วชนิดต่าง ๆ

| ชนิด | ความหนาแน่น (g/cc) โดยการแทนที่น้ำ | | | | ความหนาแน่นปรากฏ (g/cc) โดยใช้กระบอกตวง | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | เฉลี่ย | 1 | 2 | 3 | เฉลี่ย |
| ถั่วเขียว | 1.28 | 1.33 | 1.25 | 1.29 | 0.81 | 0.82 | 0.80 | 0.81 |
| ถั่วเขียวผิวดำ | 1.38 | 1.27 | 1.23 | 1.29 | 0.82 | 0.81 | 0.80 | 0.81 |
| ถั่วดำ | 1.06 | 1.19 | 1.19 | 1.15 | 0.71 | 0.73 | 0.73 | 0.72 |
| ถั่วนิ้วนางแดง | 1.24 | 1.26 | 1.23 | 1.24 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 |
| ถั่วแดง | 1.20 | 1.18 | 1.23 | 1.20 | 0.78 | 0.77 | 0.79 | 0.78 |
| ถั่วเงาะ | 1.13 | 1.15 | 1.11 | 1.13 | 0.72 | 0.73 | 0.71 | 0.72 |
| ถั่วขาว | 1.15 | 1.15 | 1.25 | 1.18 | 0.70 | 0.71 | 0.72 | 0.71 |
| ถั่วแดงหลวง | 1.15 | 1.15 | 1.11 | 1.13 | 0.65 | 0.66 | 0.66 | 0.66 |
| ถั่วมะแฮะ | 1.20 | 1.29 | 1.20 | 1.23 | 0.75 | 0.76 | 0.74 | 0.75 |
| ถั่วปากอ้า | 1.15 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 0.57 | 0.57 | 0.57 | 0.57 |

ที่มา : สมุดบันทึกผลการทดลองเล่มที่ 19961 หน้า 101

ตารางที่ 3. ขนาดเมล็ดถั่วชนิดต่าง ๆ

| ชนิด | ขนาดเมล็ดถั่ว | |
|---|---|---|
| | ขนาดตะแกรงที่ใช้ (มม.) | ถั่วที่ผ่านตะแกรง (%) |
| ถั่วเขียว | 4 - 3.75 | 99.25 - 0.5 |
| ถั่วเขียวผิวดำ | 5 - 2.5 | 99.9 - 1.0 |
| ถั่วดำ | 6.3 - 3.15 | 85.6 - 0.1 |
| ถั่วนิ้วนางแดง | 6.3 - 4 | 100 - 0.4 |
| ถั่วมันแดง | 5 - 3.15 | 99.6 - 0.6 |
| ถั่วเงาะ | 5 - 2.5 | 100 - 2.5 |
| ถั่วขาว | 6 - 3.15 | 100 - 0.2 |
| ถั่วแดงหลวง | 8 - 5 | 94.3 - 0.0 |
| ถั่วมะแฮะ | 5 - 3.15 | 98.8 - 0.2 |
| ถั่วปากอ้า | 12.5 - 8 | 98.4 - 0.2 |

ที่มา : สมุดบันทึกผลการทดลองเล่มที่ 19961 หน้า 101

ตารางที่ 4. เวลาที่เหมาะสมในการแช่ถั่ว
ชนิดต่าง ๆ ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง (30°ซ.), 50°ซ. และ 100°ซ.

| ชนิด | เวลาที่เหมาะสมในการแช่ถั่ว (ชม.) ที่อุณหภูมิน้ำ : | | |
|---|---|---|---|
| | อุณหภูมิห้อง (30°ซ.)[1/] | 50°ซ.[2/] | 100°ซ.[2/] |
| ถั่วเขียว | 11 | 7 | 5 |
| ถั่วเขียวผิวดำ | 9 | 9 | 9 |
| ถั่วดำ | 11 | 9 | 7 |
| ถั่วนิ้วนางแดง | 11 | 9 | 7 |
| ถั่วมันแดง | 9 | 9 | 9 |
| ถั่วเงาะ | 5 | 3 | 3 |
| ถั่วขาว | 9 | 5 | 5 |
| ถั่วแดงหลวง | 11 | 9 | 7 |
| ถั่วมะแฮะ | 13 | 9 | 9 |
| ถั่วปากอ้า | 16 | 9 | 9 |

[1/] จากภาคผนวกที่ 6
[2/] จากภาคผนวกที่ 7

ตารางที่ 5. คุณสมบัติทางกายภาพบางอย่าง
ของถั่วที่พองน้ำเต็มที่แล้ว โดยแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง

| ชนิด | เวลาที่เหมาะสม[1/] ในการแช่ถั่ว (ชม.) | % การดูดน้ำ (โดยน้ำหนัก) | % ของปริมาตรเพิ่ม | ความหนาแน่นของถั่วพองน้ำ (g/cc) โดยใช้กระบอกตวง | ค่าเฉลี่ยของขนาดเมล็ดถั่วพองน้ำ (ซม.) กว้าง × ยาว ×หนา |
|---|---|---|---|---|---|
| ถั่วเขียว | 11 | 110 | 131 | 0.53 | 0.52 × 0.78 × 0.48 |
| ถั่วเขียวผิวดำ | 9 | 117 | 163 | 0.68 | 0.50 × 0.74 × 0.48 |
| ถั่วดำ | 11 | 115 | 138 | 0.49 | 0.74 × 1.22 × 0.62 |
| ถั่วนิ้วนางแดง | 11 | 101 | 122 | 0.56 | 0.53 × 1.13 × 0.41 |
| ถั่วมันแดง | 9 | 102 | 123 | 0.57 | 0.56 × 0.91 × 0.49 |
| ถั่วเงาะ | 7 | 121 | 132 | 0.56 | 0.70 × 1.02 × 0.60 |
| ถั่วขาว | 9 | 118 | 147 | 0.61 | 0.69 × 1.24 × 0.63 |
| ถั่วแดงหลวง | 11 | 129 | 133 | 0.56 | 0.78 × 1.951×0.961 |
| ถั่วมะแฮะ | 13 | 119 | 135 | 0.55 | 0.65 × 0.84 × 0.47 |
| ถั่วปากอ้า | 16 | 111 | 133 | 0.50 | 1.69 × 2.28 × 1.00 |

[1/] จากภาคผนวกที่ 6

ที่มา : สมุดบันทึกการทดลองเล่มที่ 19961 หน้า 93, 71, 72

ที่ให้ผลผลิตแป้งใกล้เคียงกับถั่วเขียวมี ถั่วดำ, ถั่วเงาะ, ถั่วขาว, ถั่วมันแดง, ถั่วมะแฮะ, ถั่วปากอ้า, ถั่วแดงหลวง และถั่วนิ้วนางแดง ตามลำดับ. สำหรับถั่วเขียวผิวดำได้แป้งน้อยมาก จนไม่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตวุ้นเส้น และวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ได้. Schoch and Maywald (1968) ได้รายงานว่าผลผลิตแป้งจากถั่วเขียวที่มาจากประเทศฮ่องกง ซึ่งใช้วิธีการตกแป้งในน้ำเท่ากับ 32% ซึ่งใกล้เคียงกับผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 6.

ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี คือความชื้น, โปรตีน, ไขมัน, เถ้า, เส้นใย, คาร์โบไฮเดรต, แป้ง และปริมาณอะไมโลส ในแป้งทั้ง 9 ชนิด ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 7. จากผลการทดลองแสดงว่าแป้งถั่วทั้ง 9 ชนิด มีความบริสุทธิ์ใกล้เคียงกัน, อีกทั้งปริมาณอะไมโลสก็ใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 20-25%. ได้มีรายงานของ Naivikul and D'Appolonia (1978) กล่าวว่าแป้งถั่วเขียวมีปริมาณอะไมโลสเท่ากับ 19.7% ส่วน Labaneiah and Luh (1981) รายงานว่าแป้งถั่วแดงหลวง (Phaseolus vulgasis) และแป้งถั่วดำ (Vigna sinensis) มีปริมาณอะไมโลส คือ 17.4 และ 15.75% ตามลำดับ. นอกจากนี้ Lineback and Ke (1975) ได้รายงานว่าแป้งจากถั่วปากอ้า (Vicia faba L.) มีอะไมโลสอยู่ 30%. ปริมาณค่าอะไมโลสนี้ได้ใช้วิธีการวัดความเข้มข้นของสีของสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดปฏิกิริยาของอะไมโลสและไอโอดีน, วิธีนี้ต้องใช้อะไมโลสบริสุทธิ์เพื่อเป็นมาตรฐาน. อะไมโลสบริสุทธิ์ที่ขายอยู่เป็นอะไมโลสจากแป้งมันฝรั่งหรือแป้งข้าวโพดแต่ไม่มีอะไมโลสจากแป้งถั่วเขียว, การทดลองนี้ใช้อะไมโลสจากแป้งมันฝรั่งเป็นตัวเปรียบเทียบ. การใช้อะไมโลสบริสุทธิ์ที่ต่างกันจะทำให้ค่าอะไมโลสในตัวอย่างที่ได้ต่างกัน, ดังนั้นจึงไม่ควรเปรียบเทียบค่าอะไมโลสที่ได้จากการทดลองที่ต่างกัน แต่สามารถเปรียบเทียบค่าอะไมโลสที่ได้จากการทดลองเดียวกัน.

นอกจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติแป้งทางกายภาพด้วย คือ ความหนืดของแป้งถั่วด้วยเครื่อง Brabender viscograph, โดยหาความหนืดของแป้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ. ได้ทำการเปรียบเทียบความหนืดของแป้งถั่วชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้นของสารละลายแป้งเดียวกันกับความหนืดของแป้งถั่วเขียว ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 1 และตารางที่ 8. พบว่าแป้งถั่วอื่น ๆ ที่มีอุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืดและความหนืดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ใกล้เคียงกับแป้งถั่วเขียวคือ แป้งถั่วดำ, แป้งถั่วนิ้วนางแดง, แป้งถั่วมันแดง, แป้งถั่วขาว, แป้งถั่วเงาะ, แป้งถั่วมะแฮะ, แป้งถั่วปากอ้า และแป้งถั่วแดงหลวง ตามลำดับ, อีกทั้งแป้งถั่วทุกชนิดมีลักษณะกราฟเป็น

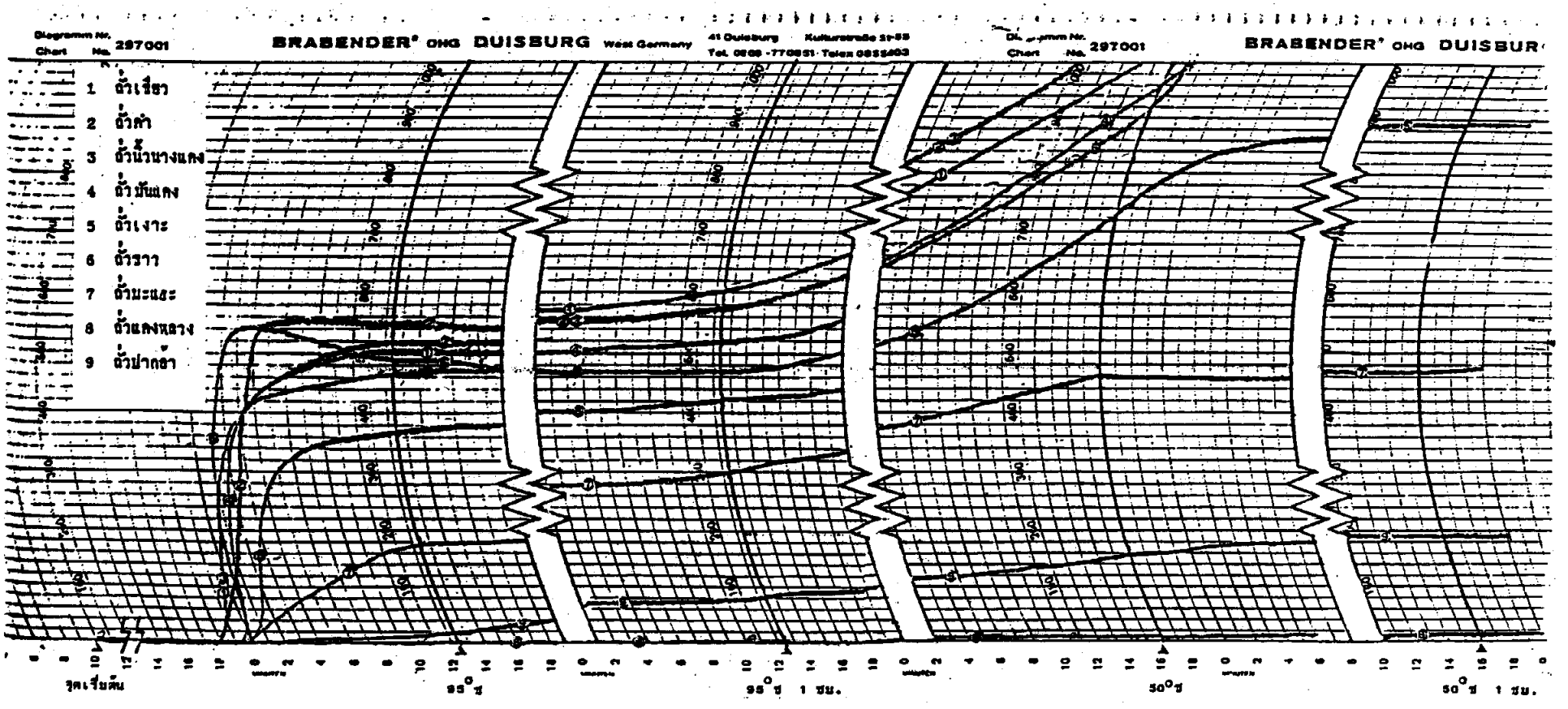
ตารางที่ 6. ปริมาณแป้งที่แยกออกจากเมล็ดถั่ว

| ชนิด | แป้งที่แยกออกจากเมล็ดถั่ว (น้ำหนักแห้ง) (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | แป้งในช่วง 4 เมตรแรกของราง | | แป้งในช่วงต่อจาก 4 เมตรแรก | |
| | เทียบกับน้ำหนักเมล็ดถั่ว | เทียบกับแป้งในเมล็ดถั่ว | เทียบกับน้ำหนักเมล็ดถั่ว | เทียบกับน้ำหนักแป้งในเมล็ดถั่ว |
| ถั่วเขียว | 32.8 | 66.0 | 1.4 | 2.8 |
| ถั่วเขียวผิวดำ | 1.0 | 2.0 | 0.8 | 1.7 |
| ถั่วดำ | 30.9 | 51.7 | 2.4 | 4.2 |
| ถั่วนิ้วนางแดง | 18.2 | 34.4 | 0 | 0 |
| ถั่วมันแดง | 26.0 | 50.3 | 2.5 | 4.5 |
| ถั่วเงาะ | 29.7 | 55.3 | 2.9 | 5.4 |
| ถั่วขาว | 28.2 | 50.6 | 2.1 | 3.5 |
| ถั่วแดงหลวง | 24.2 | 42.7 | 0 | 0 |
| ถั่วมะแฮะ | 25.2 | 58.9 | 0.7 | 1.5 |
| ถั่วปากอ้า | 24.2 | 51.3 | 0.6 | 1.3 |

ที่มา : สมุดบันทึกการทดลองเล่มที่ 19961 หน้าที่ 56, 69, 75 ถึง 79 และ 83

ตารางที่ 7. ผลวิเคราะห์ทางเคมีของแป้งถั่วชนิดต่าง ๆ

| แป้งถั่วจาก | ความชื้น (%) | % (น้ำหนักแห้ง) | | | | | | อะไมโลส (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | โปรตีน | ไขมัน | เถ้า | เส้นใย | คาร์โบไฮเดรต | แป้ง | |
| 1. ถั่วเขียว | 10.20 | 0.26 | 0.27 | 0.13 | 0.32 | 99.00 | 98.05 | 24.63 |
| 2. ถั่วดำ | 11.30 | 0.29 | 0.38 | 0.01 | 0.18 | 98.05 | 96.35 | 23.12 |
| 3. ถั่วนิ้วนางแดง | 6.55 | 0.22 | 0.30 | 0.15 | 0.34 | 99.00 | 98.48 | 21.07 |
| 4. ถั่วมันแดง | 14.35 | 0.35 | 0.27 | 0.04 | nil | 99.34 | 90.64 | 24.32 |
| 5. ถั่วเงาะ | 8.02 | 0.24 | 0.42 | 0.05 | nil | 99.29 | 93.99 | 22.80 |
| 6. ถั่วขาว | 8.16 | 0.36 | 0.27 | 0.09 | nil | 99.28 | 91.42 | 24.31 |
| 7. ถั่วแดงหลวง | 7.55 | 0.25 | 0.14 | 0.08 | 0.35 | 99.37 | 89.89 | 24.33 |
| 8. ถั่วมะแฮะ | 16.87 | 0.25 | 0.14 | 0.08 | 0.35 | 99.18 | 101.16 | 25.35 |
| 9. ถั่วปากอ้า | 13.77 | 0.27 | 0.42 | 0.06 | 0.29 | 98.96 | 95.74 | 23.83 |




รูปที่ 1. แสดงลักษณะความหนืดของน้ำแป้ง ซึ่งสกัดจากถั่วชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 6% ของสารละลาย (น้ำหนักแห้ง).

ตารางที่ 8. ความหนืดของแป้งถั่วต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 6% ของสารละลาย (น้ำหนักแห้ง) วัดด้วยเครื่อง Brabender viscometer

| | อุณหภูมิที่เกิด | ความหนืดของแป้ง (B.U.) ที่อุณหภูมิ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | (°ซ.) | 95°ซ. | 95°ซ., 1 ชม. | 50°ซ. | 50°ซ., 1 ชม. |
| แป้งถั่วเขียว | 72° | 495 | 605 | ตก Scale ที่ 57.5°ซ. | |
| แป้งถั่วดำ | 72° | 550 | 570 | ตก Scale ที่ 56°ซ. | |
| แป้งถั่วนิ้วนางแดง | 72° | 520 | 570 | ตก Scale ที่ 54.5°ซ. | |
| แป้งถั่วมันแดง | 75° | 465 | 520 | 960 | ตก Scale ที่ 50°ซ. 1 นาที 30 วินาที |
| แป้งถั่วเงาะ | 75° | 370 | 425 | 730 | 895 |
| แป้งถั่วขาว | 74.0° | 490 | 470 | 910 | ตก Scale ที่ 50°ซ. 1 นาที |
| แป้งถั่วแดงหลวง | 83 | 0 | 0 | 10 | 15 |
| แป้งถั่วมะแฮะ | 73.5° | 150 | 290 | 460 | 470 |
| แป้งถั่วปากอ้า | 78.0 | 20 | 85 | 160 | 190 |

ที่มา : สมุดบันทึกการทดลองเล่มที่ 140 หน้าที่ 101

c-type. สำหรับคุณภาพทางกายภาพอื่น ๆ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การเกาะเกี่ยวน้ำของเม็ดแป้ง, การพองตัวของเม็ดแป้ง, การละลายตัวของเม็ดแป้ง และเปอร์เซ็นต์ retrogradation ได้แสดงผลการวิเคราะห์ดังกล่าวไว้ในตารางที่ 9 และรูปที่ 2, 3. นอกจากนี้ได้ศึกษาขนาดเม็ดแป้งจากภาพถ่ายของเม็ดแป้งชนิดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 10 และรูปที่ 4 ถึง 10.

Lii et al. (1979) ได้เสนอแนะว่าแป้งที่เหมาะในการผลิตวุ้นเส้นต้องมีปริมาณ amylose สูง, restricted swelling และ C-type Brabender viscosity curve. ดังนั้นในการพิจารณาเพื่อคัดเลือกแป้งที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับแป้งถั่วเขียว และเหมาะที่จะทำวุ้นเส้น จึงพิจารณาคุณสมบัติต่อไปนี้เป็นหลักคือ ปริมาณอะไมโลส, ลักษณะกราฟของความหนืดของแป้งโดย Brabender, การพองตัวของเม็ดแป้ง, ขนาดของเม็ดแป้งและปริมาณผลผลิตแป้งที่สกัดได้, ผลการจัดอันดับดังกล่าวได้แสดงอยู่ในตารางที่ 11.

แป้งที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและผลผลิตแป้งใกล้เคียงแป้งถั่วเขียวมากที่สุดคือ แป้งถั่วขาว, แป้งถั่วดำ, แป้งถั่วมันแดง, แป้งถั่วเงาะ, แป้งถั่วมะแฮะ, แป้งถั่วนิ้วนางแดง, แป้งถั่วปากอ้า และแป้งถั่วแดงหลวง ตามลำดับ. หากพิจารณาราคาของเมล็ดถั่วประกอบกัน จะพบว่า ถั่วขาว, ถั่วดำ, ถั่วมันแดง และถั่วเขียว มีราคาเฉลี่ยตลอดปีพอ ๆ กัน (ดังแสดงในรูปที่ 11). ส่วนแป้งถั่วอื่น ๆ มีผลผลิตน้อยและราคาแพงกว่าแป้งถั่วเขียว, ดังนั้นถั่วทั้ง 3 ชนิดนี้น่าจะเหมาะที่จะนำมาใช้ทดแทนแป้งถั่วเขียวในการผลิตวุ้นเส้น (ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 11).

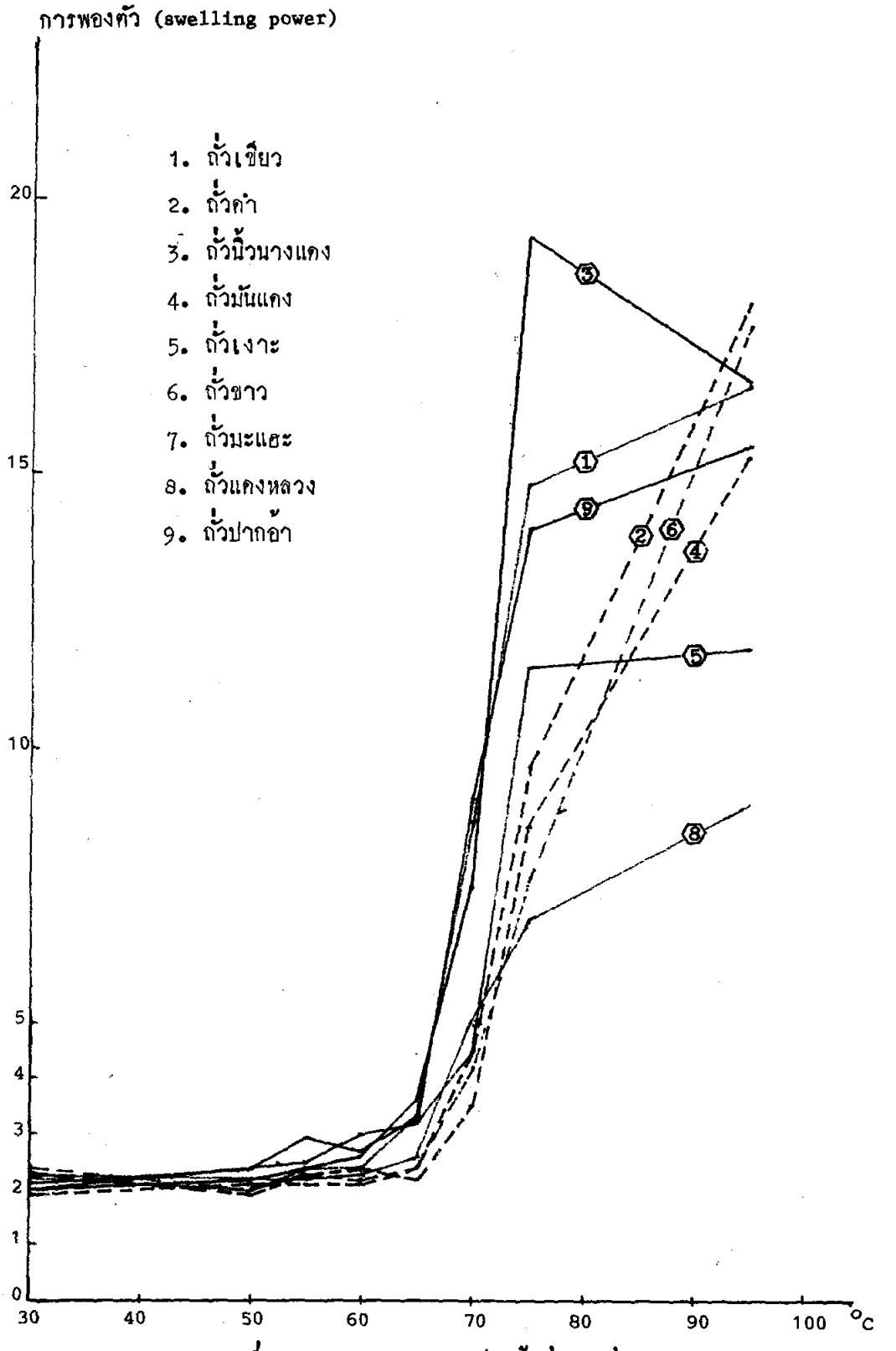
## สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาคุณสมบัติของถั่วที่มีการปลูกในประเทศจำนวน 10 ชนิด ซึ่งรวมถั่วเขียวด้วย พบว่าถั่วที่มีคุณสมบัติในด้านราคาถั่ว, ผลผลิตแป้งที่สกัดได้ และคุณภาพแป้งใกล้เคียงกับถั่วเขียวมี 3 ชนิดคือ ถั่วขาว, ถั่วดำ และถั่วมันแดง จึงเห็นว่าถั่วทั้ง 3 ชนิดนี้เหมาะที่จะนำมาใช้แทนถั่วเขียวในอุตสาหกรรมวุ้นเส้น. หากสามารถใช้แป้งถั่วทั้ง 3 ชนิดแทนแป้งถั่วเขียวได้ 100% จะทำให้โรงงานวุ้นเส้นมีวัตถุดิบให้เลือกใช้มากขึ้นและอาจช่วยให้ราคาวัตถุดิบใกล้เคียงกันตลอดปี. สำหรับการศึกษาการผลิตวุ้นเส้นจากแป้งถั่วทั้ง 3 ชนิดนี้ จะได้กล่าวถึงในรายงานฉบับที่ 2.

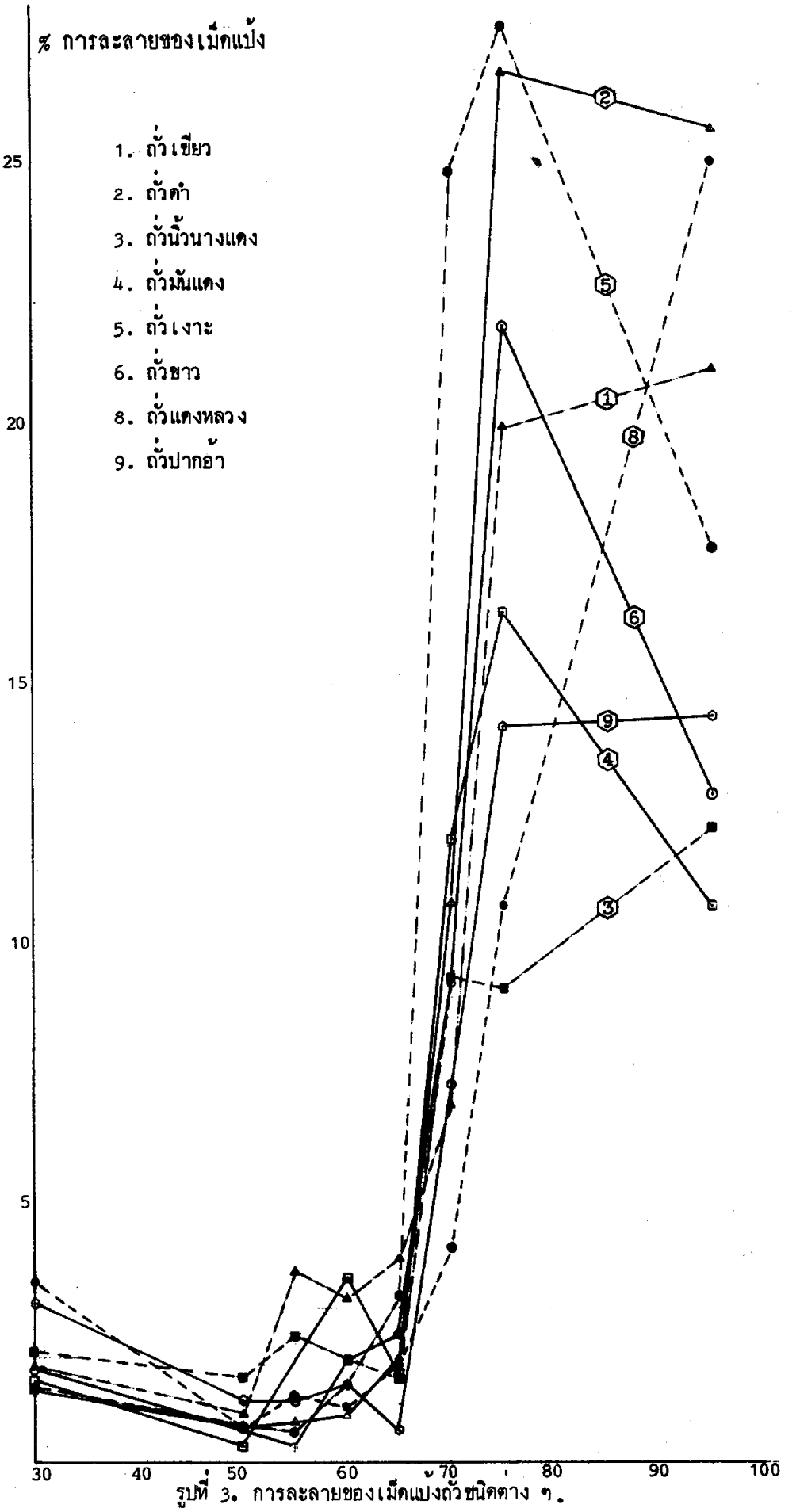
ตารางที่ 9. คุณสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ของเม็ดแป้งชนิดต่าง ๆ

| ชนิด | % การเกาะเกี่ยวน้ำ | Swelling power ที่ 95°ซ. | % การละลาย (% solubility) ที่ 95°ซ. | % retrogradation ที่ 4°ซ. |
|---|---|---|---|---|
| แป้งถั่วเขียว | 73.85 | 16.5988 | 25.6256 | 44.03 |
| แป้งถั่วดำ | 87.2 | 18.067 | 21.0507 | 43.56 |
| แป้งถั่วนิ้วนางแดง | 93.54 | 16.7343 | 10.7378 | 48.60 |
| แป้งถั่วมันแดง | 77.65 | 15.3358 | 12.4180 | 53.43 |
| แป้งถั่วเงาะ | 96.79 | 11.7513 | 12.8682 | 63.31 |
| แป้งถั่วขาว | 70.39 | 17.7401 | 24.9803 | 52.92 |
| แป้งถั่วแดงหลวง | 88.2 | 9.0025 | 14.3604 | 74.33 |
| แป้งถั่วมะแฮะ | 70.98 | 13.6424 | 17.6069 | 65.36 |
| แป้งถั่วปากอ้า | 86.33 | 15.4726 | 10.7378 | 55.31 |

ที่มา : สมุดบันทึกการทดลองเล่มที่ 200 หน้าที่ 26-28, 67-68, 71 และ 73




รูปที่ 2. การพองตัวของเม็ดแป้งถั่วชนิดต่าง ๆ.

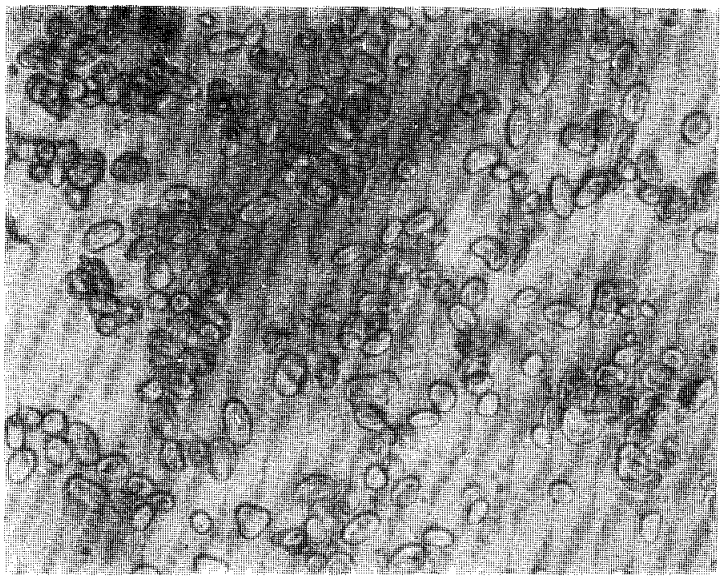



รูปที่ 3. การละลายของเม็ดแป้งถั่วชนิดต่าง ๆ.

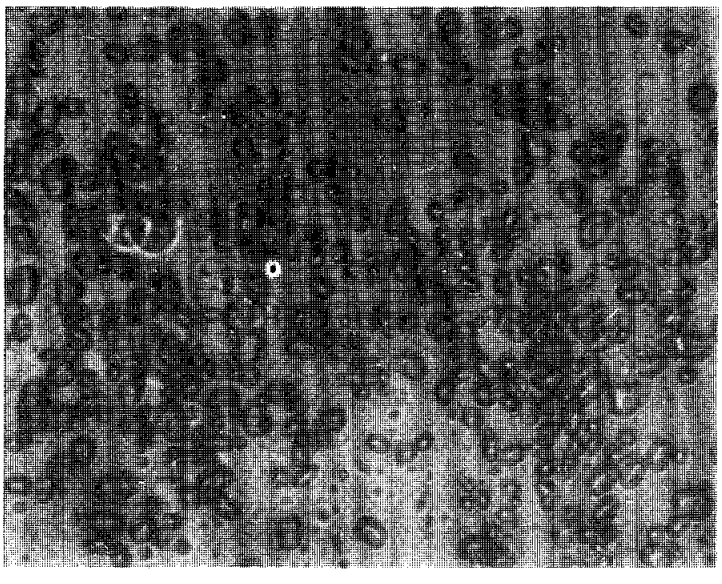
ตารางที่ 10. ขนาดของเม็ดแป้งถั่วชนิดต่าง ๆ

| ชนิด | ขนาดของเม็ดแป้ง (µm) | การกระจายตามขนาดของเม็ดแป้ง (%) |
|---|---|---|
| แป้งถั่วเขียว | 12.5-30.0 | 12.5-20 = 42.9<br>21.0-30 = 57.1 |
| แป้งถั่วดำ | 10.0-32.5 | 10.0-20 = 40.0<br>21.0-32.5 = 60.0 |
| แป้งถั่วนิ้วนางแดง | 20.0-60.0 | 20.0-30.0 =, 10.8<br>31.0-40.0 = 32.4<br>41.0-50.0 = 37.9<br>51.0-60.0 = 18.9 |
| แป้งถั่วมันแดง | 15.0-22.5 | 15.0-22.5 = 100 |
| แป้งถั่วเงาะ | 10.0-30.0 | 10.0-20.0 = 63.5<br>21.0-30.0 = 36.5 |
| แป้งถั่วขาว | 12.5-32.0 | 12.5-20.0 = 38.9<br>21.0-32.5 = 21.1 |
| แป้งถั่วแดงหลวง | 10.0-50.0 | 10.0-20.0 = 23.7<br>21.0-30.0 = 40.0<br>31.0-40.0 = 26.3<br>41.0-50.0 = 5.0 |
| แป้งถั่วมะแฮะ | 10.0-55.0 | 10.0-20.0 = 45.5<br>21.0-30.0 = 15.0<br>31.0-40.0 = 18.2<br>41.0-55.0 = 2.3 |
| แป้งถั่วปากอ้า | 20.0-47.5 | 20.0-30.0 = 85.2<br>31.0-47.5 = 14.8 |

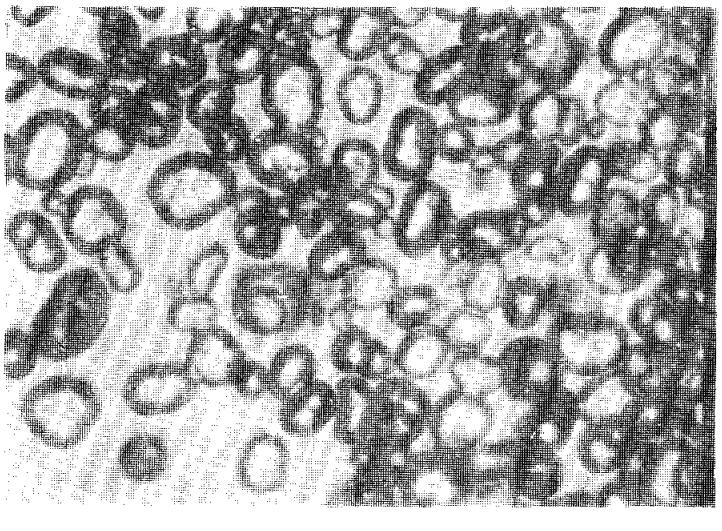
ที่มา : สมุดบันทึกการทดลองเล่มที่ 19961 หน้า 53, 54, 59, 60 และสมุดบันทึกการทดลองเล่มที่ 140 หน้า 86, 88, 90, 94, 96, 98 และ 100



ถั่วเขียว

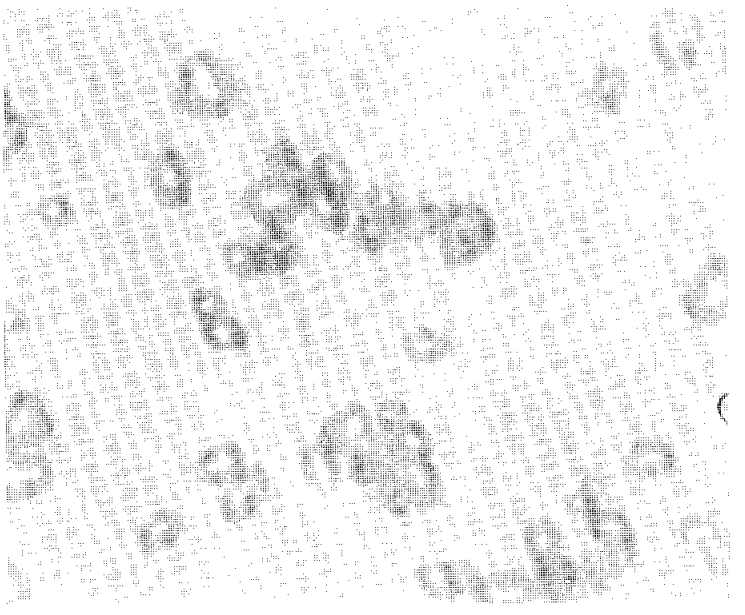


ถั่วดำ

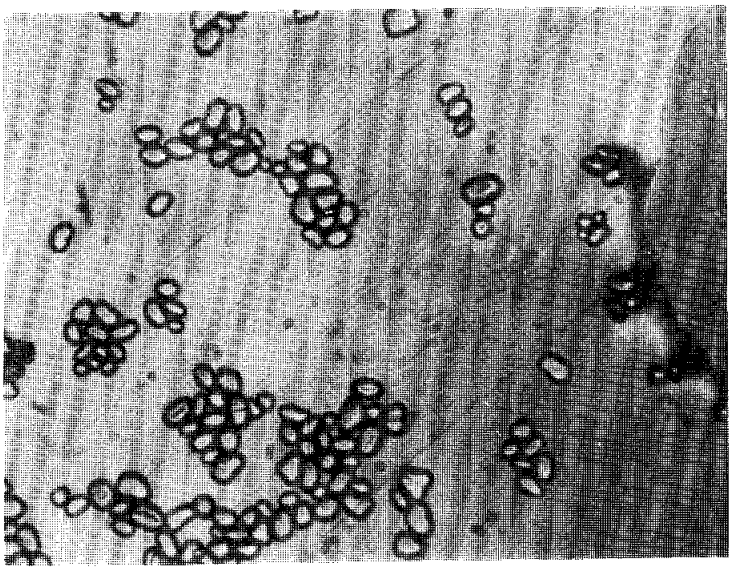


ถั่วนิ้วนางแดง

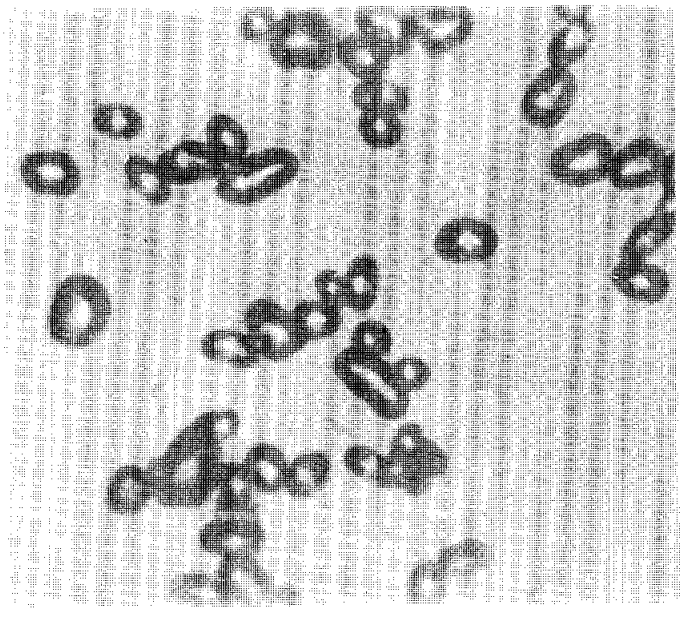
รูปที่ 4. เม็ดแป้งจากถั่วเขียว, ถั่วดำ และถั่วนิ้วนางแดงกำลังขยาย 200 เท่า.



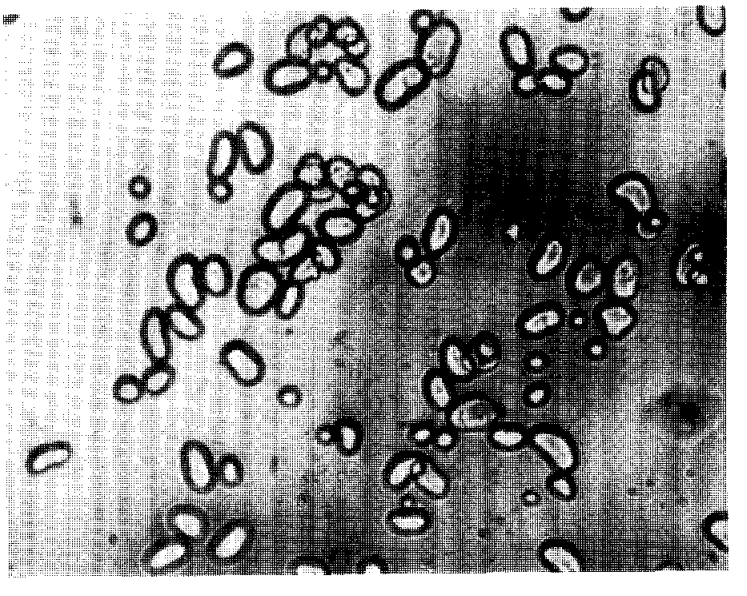
รูปที่ 5. เม็ดแป้งจากถั่วมันแดงกำลังขยาย 400 เท่า.



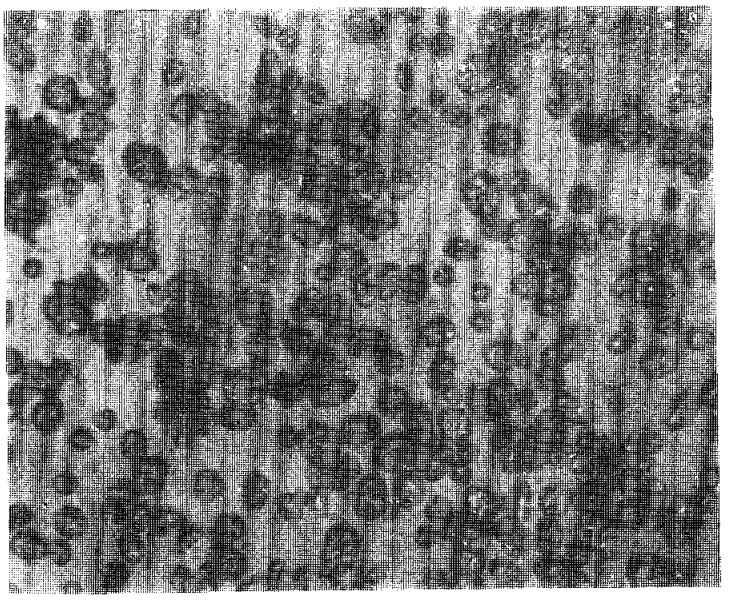
รูปที่ 6. เม็ดแป้งจากถั่วเงาะกำลังขยาย 200 เท่า.



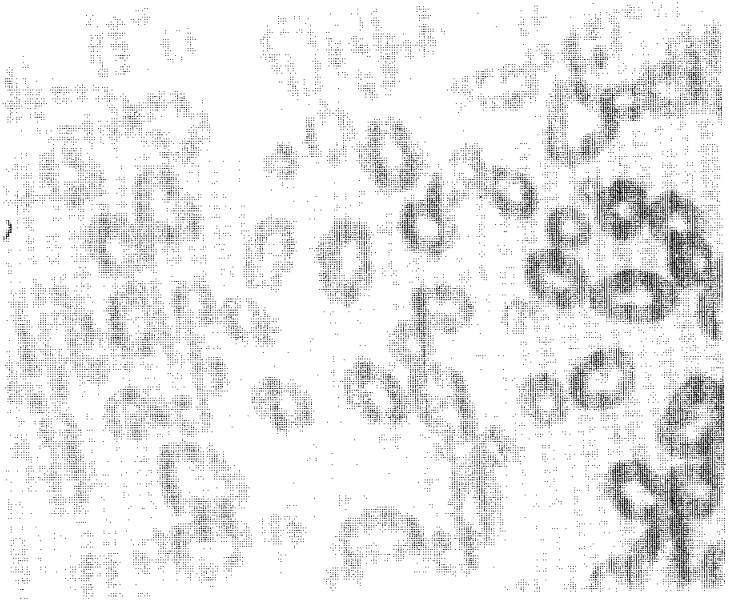
รูปที่ 7. เม็ดแป้งจากถั่วขาวกำลังขยาย 400 เท่า.



รูปที่ 8. เม็ดแป้งจากถั่วแดงหลวงกำลังขยาย 200 เท่า.



รูปที่ 9. เม็ดแป้งจากถั่วมะแฮะกำลังขยาย 200 เท่า.

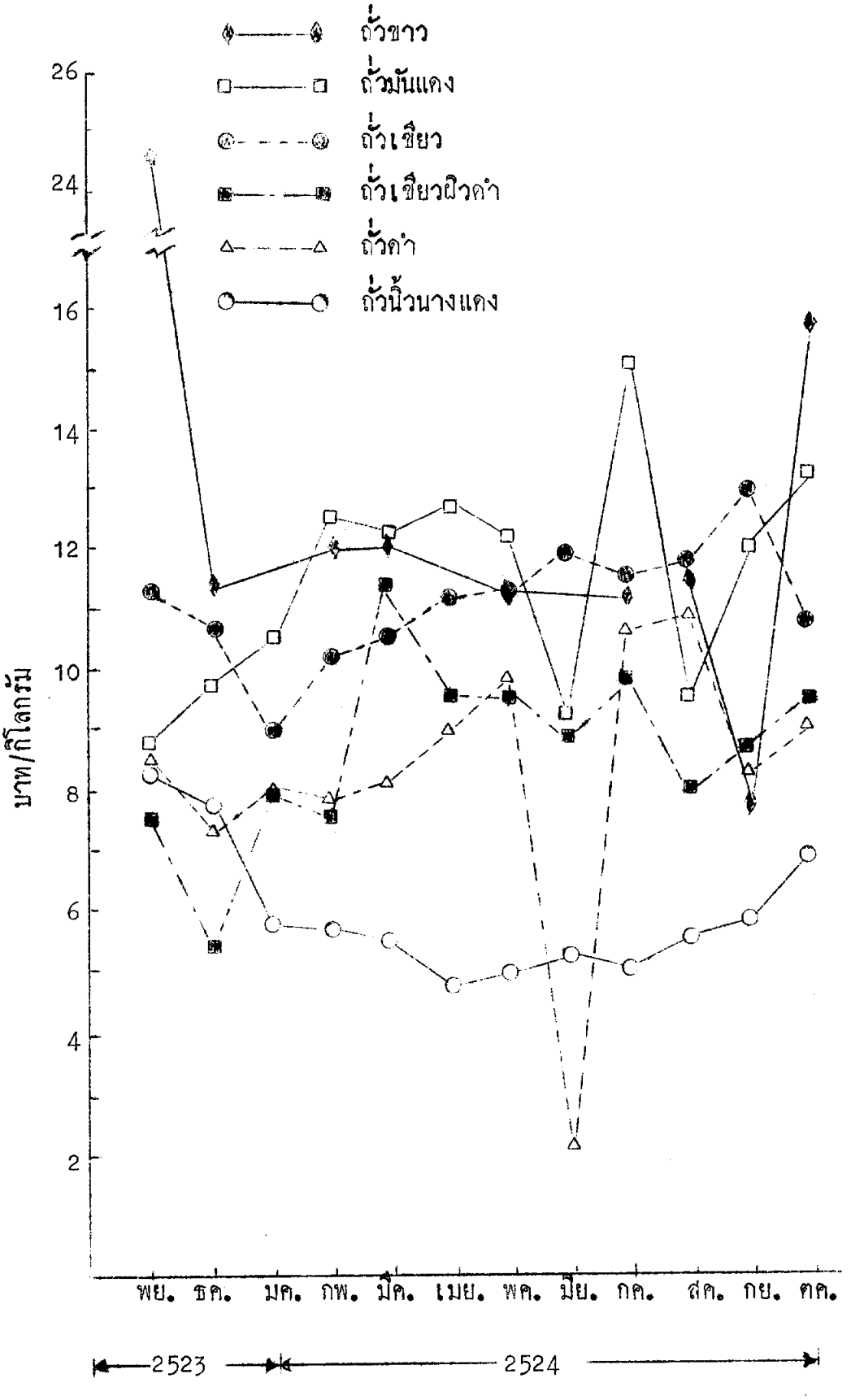


รูปที่ 10. เม็ดแป้งจากถั่วปากอ้ากำลังขยาย 400 เท่า.

ตารางที่ 11. การจัดอันดับแป้งถั่วต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับแป้งถั่วเขียว

| แป้งถั่วชนิดต่าง ๆ | *คะแนนของแป้งถั่วอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกับแป้งถั่วเขียว ในคุณสมบัติต่าง ๆ | | | | | | คะแนนของผลผลิตแป้ง | คะแนนรวม | อันดับแป้ง |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ปริมาณอะไมโลส | ลักษณะความหนืด | การเกาะเกี่ยวนำ (%) | Swelling power (%) | Solubility (%) | Retrogradation (%) | | | |
| แป้งถั่วดำ | 6 | 1 | 5 | 5 | 2 | 1 | 1 | 21 | 2 |
| แป้งถั่วนิ้วนางแดง | 8 | 2 | 7 | 1 | 7 | 2 | 8 | 35 | 5 |
| แป้งถั่วมันแดง | 2 | 3 | 3 | 4 | 6 | 4 | 4 | 26 | 3 |
| แป้งถั่วเงาะ | 7 | 5 | 8 | 7 | 3 | 6 | 2 | 40 | 7 |
| แป้งถั่วขาว | 3 | 4 | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 19 | 1 |
| แป้งถั่วแดงหลวง | 1 | 8 | 6 | 8 | 4 | 8 | 7 | 42 | 8 |
| แป้งถั่วมะแฮะ | 4 | 6 | 1 | 6 | 3 | 7 | 5 | 32 | 4 |
| แป้งถั่วปากอ้า | 5 | 7 | 4 | 2 | 8 | 5 | 6 | 37 | 6 |

*คะแนนน้อย คือ 1 เป็นอันดับที่ใกล้เคียงแป้งถั่วเขียวมากที่สุด




รูปที่ 11. ราคาถั่วชนิดต่าง ๆ.

## คำนิยม

รายงานนี้สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือจากหน่วยชีวเคมี, โรงงานวุ้นเส้นตะวันออก, กรมวิทยาศาสตร์บริการ, นิสิตฝึกงานจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องและช่วยเหลือให้งานวิจัยนี้สำเร็จ.

## เอกสารอ้างอิง

JULIANO, B.O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. Cereal Sci. Today, 16 (10): 334-340.

LABANEIAH, M.E.O. and LUH, B.S. 1981. Changes of starch, crude fiber, and oligosaccharides in germinating dry beans. Cereal Chem. 58:135.

LII, C.Y., CHEN, C.Y. and WANG, H.H. 1979. Studies on the processing and qualities of starch noodles from various starches. Presented at the ACS-CSJ Joint Meeting, Honolulu, Hawaii, April 1-6, 1979.

LINEBACK, D.R. and KE, C.H. 1975. Starches and low molecular weight carbohydrates from chick pea and horse bean flours. Cereal Chem. 52:334.

NAIVIKUL, O. and D'APPOLONIA, B.L. 1979. Carbohydrates of legume flours compared with wheat flour. 2. Starch. Cereal Chem. 56:24.

SCHOCH, T.J. and MAYWALD E.C. 1986. Preparation and properties of various legumes starches. Cereal Chem. 45 (6).

SATHE, S.K., RANGNEKAR, P.O., DESHPANDE, S.S. and SALUNKHE, D.K. 1982. Isolation and partial characterization of black gram (Phaseolus mungo L.) starch. 5. Food Sci. 47 (5):1524.

SCHOCH, T.J., 1964. "Swelling Power and Solubility of Granular Starches. Methods in Carbohydrate Chemistry." Whistler, R.L. Vol., IV, pp. 106-108. (Academic Press Inc. : London.)

## ภาคผนวกที่ 1

## ปริมาณและราคาการนำเข้าและส่งออกของวุ้นเส้น

| ปี พ.ศ. | นำเข้า | | ส่งออก | |
|---|---|---|---|---|
| | ปริมาณ (ตัน) | มูลค่า (ล้านบาท) | ปริมาณ (ตัน) | มูลค่า (ล้านบาท) |
| 2519 | 539.0 | 17.82 | 31.0 | 1.1 |
| 2520 | 0.07 | 2.5 | 194.2 | 6.8 |
| 2521 | 0.02 | 1.0 | 409.5 | 13.0 |
| 2522 | 17.05 | 0.58 | 278.7 | 11.2 |
| 2523 | 37.68 | 1.31 | 173.1 | 8.5 |
| 2524 | 15.72 | 0.68 | 191.4 | 10.2 |
| 2525 | 17.70 | 0.76 | 209.2 | 11.9 |
| 2526 | 27.36 | 1.00 | 213.3 | 11.4 |

ที่มา : กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, กระทรวงพาณิชย์

## ภาคผนวกที่ 2

## ผลผลิตและราคาของถั่วเขียวพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกในประเทศไทย

(ปี พ.ศ. 2526)

| ถั่วเขียวพันธุ์ต่าง ๆ | ผลผลิต (กก./ไร่) | ราคา (บาท/กก.) |
|---|---|---|
| 1. ถั่วเขียวธรรมดาหรือถั่วเขียวเมล็ดด้าน | 400 | 8-11[1/] |
| 2. ถั่วเขียวเมล็ดมัน : ผักขาว | 335 | 8-11[1/] |
| ผักดำ | 276 | 8-11[1/] |
| 3. ถั่วเขียวสีทอง | NA[3/] | 19[2/] |
| 4. ถั่วเขียวผิวสีแดง | 300 | NA[3/] |
| 5. ถั่วเขียวผิวดำ | NA[3/] | 8-11[1/] |

[1/] ราคาขายส่ง

[2/] ราคาขายปลีก

[3/] NA = ไม่มีข้อมูล

## ภาคผนวกที่ 3

## สถิติการส่งออกถั่วต่าง ๆ และมูลค่าการส่งออก

| ชนิดถั่ว | ปริมาณการส่งออก (ตัน) | | | | | มูลค่าการส่งออก (1,000 บาท) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2520 | 2521 | 2522 | 2523 | 2524 | 2520 | 2521 | 2522 | 2523 | 2524 |
| ถั่วขาว | 331 | 287 | 259 | 36 | 3,994 | 2,906 | 2,046 | 1,873 | 360 | 9,245 |
| ถั่วแดง | 2,441 | 4,200 | 2,646 | 1,702 | 2,276 | 18,436 | 23,478 | 16,671 | 11,758 | 19,081 |
| ถั่วดำ | 2,795 | 2,073 | 1,751 | 2,016 | 6,722 | 21,255 | 11,984 | 12,098 | 12,275 | 43,074 |

ที่มา : สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2524/2525

## ภาคผนวกที่ 4

## ชื่อทางวิทยาศาสตร์ และราคาของถั่วชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกในประเทศไทย

| ชื่อของถั่วชนิดต่าง ๆ | | | ราคา |
|---|---|---|---|
| ภาษาไทย | ภาษาอังกฤษ | ทางวิทยาศาสตร์ | (บาท/กก.) |
| ถั่วเขียวธรรมดา<br>ถั่วเขียวผิวมัน | Mung bean | Phaseolus aureus L.<br>Vigna radiata (L.) Wilezek | 8-11[1/] |
| ถั่วเขียวสีทอง | Golden gram | Phascolus aureus Roxb. | 19[2/] |
| ถั่วเขียวผิวดำ หรือ<br>ถั่วเขียวอินเดีย หรือ<br>ถั่วแขก | Black gram<br>bean | Phaseolus mungo L. หรือ<br>Vigna mungo (L.) Hepper | 8-11[1/] |
| ถั่วแดงหรือถั่วขาว<br>หรือถั่วเล็บมือนาง<br>หรือถั่วนิ้วนางแดง<br>หรือถั่วปลองไขแดง | Rice bran | Phaseolus calcaratus Roxb. | 8-15[1/] |
| ถั่วแดงหลวง | Kidney bean,<br>Pinto bean,<br>Navy bean,<br>French bean,<br>Snap bean | Phaseolus vulgaris L. | 20.-[2/] |
| ถั่วเงาะ | Rose perun bean | Vigna unguiculata (Wale.) | - |
| ถั่วดำ | Black seeded<br>race bean | Vigna sinensis Saviex | 8-11[1/] |
| ถั่วขาว<br>ถั่วพุม | Yard long<br>bean | Vigna sinensis (L.) Saviex<br>Haask sub sp. Sesquipedalis<br>Fruwirth | 8-11[1/] |
| ถั่วลันเตา | Sugar pea | Pisum sativum L. | 20.-[2/] |
| ถั่วปากอ้า | Broad bean | Vicia faba L. | 25.-[2/] |
| ถั่วมะแฮะ | Pigeon pea | Cajanus indicus Spreng<br>Cajanus cajan (L.) Hath | - |

[1/] ราคาขายส่ง ปี 2526

[2/] ราคาขายปลีก ปี 2526

ภาคผนวกที่ 5

ผลผลิต ปริมาณและมูลค่าของการส่งออกถั่วเขียว

| ปี พ.ศ. (เริ่มเมษายน) | ผลผลิต (ตัน) | ปี พ.ศ. | การส่งออก ปริมาณ (ตัน) | % เทียบกับผลผลิต | มูลค่า (ล้านบาท) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2520/21 | 206,931 | 2520 | 107,777 | 52.1 | 1.06 |
| 2521/22 | 258,972 | 2521 | 160,609 | 62.0 | 1.16 |
| 2522/23 | 250,682 | 2522 | 177,554 | 70.8 | 1.38 |
| 2523/24 | 261,041 | 2523 | 179,351 | 68.7 | 1.45 |
| 2524/25 | 283,650 | 2524 | 172,048 | 60.7 | 1.69 |

ที่มา : สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2524/25

## ภาคผนวกที่ 6

## วิธีวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสในแป้งถั่วต่าง ๆ*

1. ตัวอย่าง 100 มก. (0.1 กรัม) + 95% EtOH 1 มล. + 1N. NaOH 9 มล. ต้ม 10 นาทีในอ่างน้ำเดือด.

2. ทิ้งให้เย็นแล้วถ่ายใส่ขวดปริมาตรขนาด 100 มล. ปรับระดับจนถึงขีด นำมา 5 มล. ใส่ในขวดปริมาตรอีกใบ (ขนาด 100 มล.) เติม 1N acetic â 1 มล. และ $I_2$ sol$^{n}$ 2 มล. แล้วปรับระดับจนถึงขีด {$I_2$ sol$^{n}$ = 0.2 g KI ทำให้เป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น }.

3. ทิ้งไว้ 20 นาที จึงวัด absorbance ที่ 620 nm เทียบกับ Std. curve.

Std. curve

1. 40 มล. pure amylose+ + 95% EtOH 1 มล. + 1N. NaOH 9 มล. ต้มในอ่างน้ำเดือด 10 นาที.

2. ทิ้งให้เย็นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มล.

3. นำมา 1, 2, 3, 4, 5 มล. ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 100 มล. เติม 1N acetic â 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 มล. ตามลำดับ แล้วเติม $I_2$ sol$^{n}$ ขวดละ 2 มล.

4. ทิ้งไว้ 20 นาที จึงวัด absorbance ที่ 620 nm.

---

*JULIANO, B.O. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. Cereal Sciene Today. 16 (10) : 334-340.

+Amylose from Potato Type III No. A-0512 Sigma.

## ภาคผนวกที่ 7

## การดูดซึมน้ำของเมล็ดถั่วต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง

| ถั่ว | ปริมาตรของถั่วพองน้ำ[1/] (cc) ภายหลังการแช่น้ำเป็นเวลา:- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 ชม. | 3 ชม. | 5 ชม. | 7 ชม. | 9 ชม. | 11 ชม. | 13 ชม. | 16 ชม. |
| ถั่วเขียว | 7.8 | 11.5 | 15.5 | 17.7 | 17.5 | 18.0 | 17.5 | 17.5 |
| ถั่วเขียวผิวดำ | 7.8 | 11.0 | 14.0 | 18.0 | 20.5 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |
| ถั่วดำ | 8.6 | 12.0 | 15.0 | 17.0 | 20.0 | 20.5 | 20.5 | 20.5 |
| ถั่วนิ้วนางแดง | 8.1 | 12.0 | 15.0 | 16.5 | 17.0 | 18.0 | 16.5 | 18.0 |
| ถั่วมันแดง | 8.3 | 11.0 | 15.0 | 16.0 | 18.5 | 17.5 | 17.5 | 18.0 |
| ถั่วเงาะ | 8.8 | 20.0 | 20.0 | 20.5 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 20.0 |
| ถั่วขาว | 8.5 | 18.0 | 20.0 | 20.0 | 21.0 | 21.0 | 21.0 | 21.0 |
| ถั่วแดงหลวง | 8.6 | 14.0 | 18.0 | 19.0 | 19.0 | 20.0 | 19.5 | 20.0 |
| ถั่วมะแฮะ | 8.3 | 14.0 | 15.0 | 17.5 | 17.8 | 19.0 | 19.5 | 19.5 |
| ถั่วปากอ้า | 8.8 | 12.0 | 15.0 | 17.0 | 18.5 | 18.5 | 19.5 | 20.5 |

[1/] โดยวิธีแทนที่น้ำ

ที่มา : สมุดบันทึกผลการทดลองเล่มที่ 19961 หน้า 94

## ภาคผนวกที่ 8

## การดูดซึมน้ำของเมล็ดถั่วต่าง ๆ ที่อุณหภูมิของน้ำ = 50° ซ. และ 100° ซ.

| ถั่ว | ปริมาตรของถั่วพองน้ำ 1/ (cc) ภายหลังการแช่น้ำ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | น้ำอุณหภูมิ 50° ซ. | | | | น้ำอุณหภูมิ 100° ซ. | | | |
| | 3 ชม. | 5 ชม. | 7 ชม. | 9 ชม. | 3 ชม. | 5 ชม. | 7 ชม. | 9 ชม. |
| ถั่วเขียว | 14.0 | 16.5 | 18.5 | 17.8 | 14.5 | 18.0 | 18.5 | - |
| ถั่วเขียวผิวดำ | 14.5 | 16.0 | 17.0 | 20.5 | 13.5 | 17.0 | 18.5 | 20.5 |
| ถั่วดำ | 12.5 | 15.5 | 18.0 | 20.5 | 13.5 | 17.5 | 20.0 | - |
| ถั่วนิ้วนางแดง | 14.0 | 16.0 | 17.5 | 19.0 | 13.0 | 17.0 | 18.0 | - |
| ถั่วมันแดง | 14.0 | 16.0 | - | 18.0 | 13.5 | 16.5 | - | 18.5 |
| ถั่วเงาะ | 20.5 | 19.0 | 20.0 | 20.5 | 20.0 | 20.0 | 19.5 | - |
| ถั่วขาว | 20.0 | 21.0 | 20.5 | 21.0 | 19.5 | 20.0 | 20.0 | - |
| ถั่วแดงหลวง | 18.5 | 19.0 | 19.0 | 19.5 | 19.5 | 20.0 | 21.0 | - |
| ถั่วมะแฮะ | 14.5 | 16.5 | 17.0 | 18.0 | 14.5 | 16.0 | 17.0 | 18.0 |
| ถั่วปากอ้า | 13.0 | 18.0 | 17.0 | 20.0 | 13.5 | 16.5 | 19.5 | 20.5 |

1/ โดยวิธีแทนที่น้ำ

ที่มา : สมุดบันทึกการทดลองเล่มที่ 19961 หน้า 71 และ 72

## ภาคผนวกที่ 9

## ราคาขายเฉลี่ยของถั่วต่าง ๆ ปี 2524-2527

| ชนิด | 2524 | 2525 | 2526 | 2527 |
|---|---|---|---|---|
| ถั่วเขียว | 10.35 | 10.07 | 10.25 | 10.01 |
| ถั่วดำ | 6.42 | 8.75 | 8.61 | 8.6 |
| ถั่วมันแดง | 8.37 | 6.94 | 7.30 | 7.48 |
| ถั่วขาว | 8.49 | 8.38 | 8.72 | 9.05 |
| ถั่วเขียวผิวดำ | 8.94 | 8.76 | 9.43 | 10.89 |
| ถั่วอื่น ๆ | 9.06 | 10.06 | 4.93 | 6.59 |

ที่มา : สมุดบันทึกการทดลองเล่มที่ 200 หน้า 75