ตัวแปรในกระบวนการผลิตและการทดแทนแป้งถั่วเขียวด้วยแป้งถั่วชนิดอื่นในการผลิตวุ้นเส้น

นาย กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529

ISBN 974-567-196-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

012138

PROCESS VARIABLES AND SUBSTITUTION OF MUNG BEAN STARCH BY OTHER LEGUME STARCHES IN BEAN VERMICELLI PROCESSING

Mr. Kittiphong Huangrak

A Thesis Submitted in Partial Fultillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Food Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

ISBN 974-567-196-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ตัวแปรในกระบวนการผลิตและการทดแทนแป้งถั่วเขียวด้วยแป้งถั่วชนิดอื่นในการผลิตวุ้นเส้น
โดย	นาย กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นางสุวรรณา ศรีสวัสดิ์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(นาง สุวรรณา ศรีสวัสดิ์)

..... กรรมการ

(นางสาว สุมาลัย ศรีกำไลทอง)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ตัวแปรในกระบวนการผลิตและการทดแทนแป้งถั่วเขียวด้วยแป้งถั่วชนิดอื่นในการผลิตวุ้นเส้น

ชื่อนิสิต นาย กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นาง สุวรรณา ศรีสวัสดิ์

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

ปีการศึกษา 2529

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา คุณสมบัติของแป้งที่ใช้ทำวุ้นเส้น กระบวนการผลิตวุ้นเส้น และทดลองใช้แป้งจากถั่วอื่น คือ ถั่วมันแดง ถั่วขาว ถั่วดำ ถั่วพุ่มพันธุ์ Vita-3 และถั่วพุ่มพันธุ์ 6-1 US ทดแทนแป้งถั่วเขียวในกระบวนการผลิตวุ้นเส้น โดยมีขั้นตอนการวิจัยแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกจะทำการศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ของแป้งถั่วเขียว และแป้งถั่วอื่นอีก 5 ชนิด ที่ได้กล่าวมาแล้ว คุณสมบัติที่ทำการศึกษาคือ ลักษณะรูปร่างและขนาดของเม็ดแป้งโดยภาพถ่ายขยายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนแบบสแกน แบบแผนของความหนืดจากเครื่องบราเบนเดอร์ ปริมาณอะไมโลส การละลายและการพองตัวของแป้งที่อุณหภูมิ 30, 35 และ 95 °ซ และความสามารถในการเกาะเกี่ยวน้ำของแป้งที่อุณหภูมิห้อง พบว่าคุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้ของแป้งถั่วเขียวและแป้งถั่วอื่นใกล้เคียงกัน จากนั้นทำการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต ได้แก่ ปริมาณและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสมโด ระยะเวลาการนวดโดด้วยมือ ปริมาณแป้งเปียกในโด และความเป็นกรดของน้ำที่ใช้ผสมโด พบว่า ปริมาณและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสมโด รวมทั้งปริมาณแป้งเปียกในโดมีผลต่อลักษณะของวุ้นเส้นที่ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตัวแปรเหล่านี้จะต้องเป็นค่าที่เหมาะสมจึงจะได้วุ้นเส้นที่มีลักษณะดี สภาวะที่เหมาะสมคือ ควรเตรียมโดให้มีปริมาณน้ำ 50-51% (น้ำหนักแห้ง) ใช้น้ำอุณหภูมิ 55 °ซ เป็นน้ำผสมนวด หรือเตรียมโดให้มีปริมาณน้ำ 52% (น้ำหนักแห้ง) โดยใช้น้ำอุณหภูมิ 30 °ซ เป็นน้ำผสมนวด และโดควรประกอบด้วยแป้งเปียก 3% (น้ำหนักแห้ง)

ของแป้งทั้งหมด ส่วนระยะเวลาการนวดโดด้วยมือ และความเป็นกรดของน้ำที่ใช้ผสมโด จะไม่มีผลต่อลักษณะของวุ้นเส้นที่ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำสภาวะที่เหมาะสมที่ได้มาทดลองผลิตวุ้นเส้นโดยใช้แป้งจากถั่วอื่นที่กล่าวมาแล้วทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 25, 50 และ 75% (น้ำหนักแห้ง) ของแป้งทั้งหมด พบว่าแป้งถั่วทั้ง 5 ชนิดที่นำมาใช้ทดแทน สามารถใช้ได้ถึง 75% โดยไม่ทำให้คุณสมบัติของวุ้นเส้นที่ได้ต่างจากวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สีของวุ้นเส้นที่มีการทดแทนในปริมาณสูงขึ้นจะคล้ำขึ้น จึงทดลองทำวุ้นเส้นจากแป้งถั่วอื่นล้วนเปรียบเทียบกับวุ้นเส้นจากแป้งถั่วเขียว และฟอกสีวุ้นเส้นที่ได้โดยแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 0.2% เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วขาว ถั่วดำ ถั่วพุ่มพันธุ์ Vita-3 และถั่วพุ่มพันธุ์ 6-1 US มีลักษณะเนื้อสัมผัสไม่ต่างจากวุ้นเส้นแป้งถั่วเขียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนวุ้นเส้นจากแป้งถั่วมันแดงจะมีเนื้อสัมผัสด้อยกว่า นอกจากนั้นวุ้นเส้นจากแป้งถั่วอื่นจะมีสีคล้ำกว่าวุ้นเส้นจากแป้งถั่วเขียว อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าแป้งถั่วอื่นเหล่านี้สามารถนำมาใช้ทดแทนแป้งถั่วเขียวในการผลิตวุ้นเส้นได้ในปริมาณสูง

Thesis Title Process Variables and Substitution of Mung Bean Starch by Other Legume Starches in Bean Vermicelli Processing

Name Mr. Kittiphong Huangrak

Thesis Advisor Associate Professor Chaiyute Thunpithayakul, Ph.D.

Thesis Coadvisor Mrs. Suwanna Srisawad

Department Food Technology

Academic Year 1986

ABSTRACT

This study deals with process variables and the substitution of other legume starches for mung bean starch in bean vermicelli processing. The purpose of the paper is to study properties of starches used in the processing, bean vermicelli processing, and use other legume starches, i.e. red gram, white bean, black seeded race bean, cowpea variety Vita-3 and cowpea variety 6-1 US starches as substitutes for mung bean starch. The study is divided into 3 parts. First, the properties of legume starches used are studied. These properties to be studied are the shape and size of starch granule through magnified photograph from scanning electron microscope, Brabender viscosity pattern, amount of amylose, solubilities and swelling powers at 30, 35 and 95^{o}C, and water binding capacity at room temperature. It is found that all these properties of mung bean starch and other legume starches are not different. The optimum processing conditions are studied. The variables are the amount and the temperature of water used in forming dough, hand kneading of

dough, amount of gelatinized starch in dough and acidity of water used. The result shows that the amount and the temperature of water used and the amount of gelatinized starch have an effect on the appearance of bean vermicelli significantly in statistics. These conditions should be optimized to get good appearance of bean vermicelli. The optimum conditions are that prepared dough should contain 50-51% of water (dry basis) of dough weight and 55°C water is used or 52% of water (dry basis) of dough weight used with 30°C water. In both conditions the dough should contain 3% gelatinized starch (dry basis) of total starch weight. The differences affected by hand kneading and acidity of water used are not significant. These achieved conditions are used in the substitution of mung bean starch by other legume starches at the level of 25, 50 and 75% (dry basis) of total starch weight. Mung bean starch can be substituted by all other five legume starches for 75% so that the qualities of bean vermicelli achieved are not significantly different from mung bean vermicelli qualities but their color is darker. Then other bean vermicelli are prepared and compared with mung bean vermicelli. All kinds of vermicelli prepared are bleached by soaking in 0.2% sodium metabisulfite solution for 3 hours. The result is that starches from mung bean, white bean, black seeded race bean, cowpea variety Vita-3, and cowpea variety 6-1 US give the vermicelli which do not have significant difference in their texture. But red gram vermicelli texture is not as good as that of mung bean vermicelli. Moreover, all other-bean vermicelli's colors are darker than mung bean vermicelli's color. Nevertheless, the result from the substitution test indicates that it is highly possible to substitute other legume starches for mung bean starch in vermicelli processing.

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล และ พี่สุวรรณา ศรีสวัสดิ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลือทางด้านวิชาการ ตลอดระยะเวลาการวิจัย เป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล และพี่สุมาลัย ศรีกำไลทอง ที่กรุณาสละเวลาเพื่อเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ บริษัทวุ้นเส้นตะวันออกจำกัด ที่ได้ให้คำแนะนำบางประการเกี่ยวกับกระบวนการผลิตวุ้นเส้น ฝึกสอนบางขั้นตอนในการทำวุ้นเส้น ให้ความสะดวกในการเก็บข้อมูลบางประการในการผลิต ตลอดจนอนุญาตให้ถ่ายภาพในโรงงานเพื่อประกอบงานวิจัย

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย และสถาบัน International Development Research Center of Canada (IDRC) ที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนวิจัย ขอขอบคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่เอื้อเฟื้อให้ใช้สถานที่ เครื่องมือต่าง ๆ ตลอดจนกำลังคนบางส่วนในการทดลอง ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุญาตให้ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนแบบสแกน

งานวิจัยนี้จะสำเร็จลงไปไม่ได้ถ้าขาดความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลบางประการในการทดลองจาก พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ จากภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร และภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย แม้ว่าจะไม่ได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ แต่ก็ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง

ท้ายสุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมา จนสำเร็จการศึกษา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ 1

2 วารสารปริทัศน์ 3

3 การทดลอง 27

4 ผลการทดลอง 39

5 วิจารณ์ผลการทดลอง 81

6 สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ 103

เอกสารอ้างอิง 105

ภาคผนวก 111

ภาคผนวก ก 112

ภาคผนวก ข 119

ภาคผนวก ค 122

ภาคผนวก ง 126

ประวัติผู้เขียน 138

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แหล่งปลูกและองค์ประกอบบางอย่างของถั่วดำ ถั่วขาว ถั่วมันแดง และถั่วพุ่ม เปรียบเทียบกับถั่วเขียว	9
2.2	แสดงการใช้แป้งถั่วพุ่มทดแทนแป้งถั่วอื่นในอาหารบางชนิด	14
2.3	ส่วนประกอบบางอย่างของวุ้นเส้นจากแป้งถั่วเขียวล้วนเปรียบเทียบกับวุ้นเส้นที่ทดแทนด้วยแป้งมันสำปะหลัง	26
3.1	ปริมาณที่ใช้ผสมโดในการใช้แป้งจากถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวเพื่อทำวุ้นเส้น	37
4.1	ขนาดของเม็ดแป้งจากถั่วชนิดต่าง ๆ	39
4.2	อุณหภูมิเจลาติไนเซชั่นและความหนืดที่ช่วงต่าง ๆ ของการทดลองของแป้งถั่วชนิดต่าง ๆ จากเครื่องบราเบนเดอร์	43
4.3	ปริมาณอะไมโลสในแป้งถั่วชนิดต่าง ๆ	51
4.4	การละลายและการพองตัวของเม็ดแป้งถั่วต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 30, 35 และ 95 °ซ	52
4.5	ความสามารถในการเกาะเกี่ยวน้ำของแป้งถั่วต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง ...	53
4.6	คุณสมบัติต่าง ๆ ของโดและวุ้นเส้นที่ได้เมื่อศึกษาผลของปริมาณน้ำและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสมโด ปริมาณน้ำที่ใช้มี 3 ระดับ คือ 50, 51 และ 52% (น้ำหนักแห้ง) ของโด อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสมนวดคือ 55 และ 30 °ซ	54
4.7	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคุณสมบัติต่าง ๆ ของโดและวุ้นเส้นที่ได้เมื่อศึกษาผลของปริมาณน้ำและอุณหภูมิน้ำที่ใช้ผสมโด	55
4.8	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุณสมบัติของวุ้นเส้นแห้ง เมื่อศึกษาผลของปริมาณน้ำและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสมโด	58
4.9	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุณสมบัติของวุ้นเส้นต้ม เมื่อศึกษาผลของปริมาณน้ำและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสมโด	59
4.10	คุณสมบัติต่าง ๆ ของโดและวุ้นเส้นที่ได้เมื่อศึกษาผลของการนวดด้วยมือ	60
4.11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคุณสมบัติต่าง ๆ ของโดและวุ้นเส้นที่ได้ เมื่อศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการนวดด้วยมือ	62

ตารางที่ หน้า

4.12 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุณสมบัติของวุ้นเส้นแห้ง เมื่อศึกษาผลของการนวดด้วยมือ 62

4.13 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุณสมบัติของวุ้นเส้นต้ม เมื่อศึกษาผลของการนวดด้วยมือ 62

4.14 คุณสมบัติต่าง ๆ ของโดและวุ้นเส้นที่ได้เมื่อศึกษาผลของปริมาณแป้งเปียกที่ใช้ 66

4.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคุณสมบัติต่าง ๆ ของโดและวุ้นเส้นที่ได้ เมื่อศึกษาผลของปริมาณแป้งเปียกที่ใช้ทำโด 67

4.16 คุณสมบัติต่าง ๆ ของโดและวุ้นเส้นที่ได้เมื่อศึกษาผลของความเป็นกรดของน้ำที่ใช้ผสมโด 69

4.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคุณสมบัติต่าง ๆ ของโดและวุ้นเส้นที่ได้เมื่อศึกษาความเป็นกรดของน้ำที่ใช้ผสมโด 70

4.18 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุณสมบัติของวุ้นเส้นแห้ง เมื่อศึกษาผลของความเป็นกรดของน้ำที่ใช้ผสมโด 71

4.19 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุณสมบัติของวุ้นเส้นต้ม เมื่อศึกษาผลของความเป็นกรดของน้ำที่ใช้ผสมโด 71

4.20 คุณสมบัติต่าง ๆ ของวุ้นเส้นเมื่อใช้แป้งจากถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 25% (น้ำหนักแห้ง) 72

4.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสารที่ละลายน้ำจากวุ้นเส้นหลังต้มเดือด 10 นาที เมื่อใช้แป้งจากถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 25% (น้ำหนักแห้ง) 73

4.22 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุณสมบัติของวุ้นเส้นแห้ง ระหว่างวุ้นเส้นที่ใช้แป้งถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 25% (น้ำหนักแห้ง) และวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวล้วน 73

4.23 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุณสมบัติของวุ้นเส้นต้ม ระหว่างวุ้นเส้นที่ใช้แป้งถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 25% (น้ำหนักแห้ง) และวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวล้วน 74

ตารางที่ หน้า

4.24 คุณสมบัติต่าง ๆ ของวุ้นเส้นเมื่อใช้แป้งถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 50% (น้ำหนักแห้ง) 74

4.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสารที่ละลายน้ำจากวุ้นเส้นหลังจากต้มเดือด 10 นาที เมื่อใช้แป้งจากถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 50% (น้ำหนักแห้ง) 75

4.26 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุณสมบัติของวุ้นเส้นแห้ง ระหว่างวุ้นเส้นที่ใช้แป้งถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 50% (น้ำหนักแห้ง) และวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวล้วน 75

4.27 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุณสมบัติของวุ้นเส้นต้ม ระหว่างวุ้นเส้นที่ใช้แป้งถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 50% (น้ำหนักแห้ง) และวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวล้วน 76

4.28 คุณสมบัติต่าง ๆ ของวุ้นเส้นเมื่อใช้แป้งถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 75% (น้ำหนักแห้ง) 76

4.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสารที่ละลายน้ำจากวุ้นเส้นหลังจากต้มเดือด 10 นาที เมื่อใช้แป้งจากถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 75% (น้ำหนักแห้ง) 77

4.30 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของวุ้นเส้นแห้ง ระหว่างวุ้นเส้นที่ใช้แป้งถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 75% (น้ำหนักแห้ง) 77

4.31 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของวุ้นเส้นต้ม ระหว่างวุ้นเส้นที่ใช้แป้งถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 75% (น้ำหนักแห้ง) และวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวล้วน 78

4.32 คุณสมบัติต่าง ๆ ของวุ้นเส้นเมื่อใช้แป้งจากถั่วอื่นเปรียบเทียบกับแป้งจากถั่วเขียว 78

4.33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสารที่ละลายน้ำจากวุ้นเส้นหลังจากต้มเดือด 10 นาที เมื่อเปรียบเทียบวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วอื่นกับวุ้นเส้นจากแป้งถั่วเขียวล้วน 79

4.34 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของวุ้นเส้นแห้ง ระหว่างวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วอื่นและวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวล้วน 80

ตารางที่ หน้า

4.35 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของวุ้นเส้นต้ม ระหว่างวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วอื่นและวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวล้วน 80

ง 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความหนืดของโดเมื่อศึกษาผลของปริมาณและอุณหภูมิน้ำที่ใช้ผสมโด 126

ง 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเส้นผ่านศูนย์กลางของโด ที่วัดโดยเครื่องวัดแบบสเปรดโอ เมื่อศึกษาผลของปริมาณและอุณหภูมิน้ำที่ใช้ผสมโด 127

ง 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงของโด ที่วัดโดยเครื่องวัดแบบสเปรดโอ เมื่อศึกษาผลของปริมาณและอุณหภูมิน้ำที่ใช้ผสมโด .. 127

ง 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการไหลของโด เมื่อศึกษาผลของปริมาณและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสมโด 128

ง 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสารที่ละลายน้ำจากวุ้นเส้นหลังจากต้มเดือด 10 นาที เมื่อศึกษาผลของปริมาณและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสมโด 128

ง 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของขนาดของวุ้นเส้นที่ได้ เมื่อศึกษาผลของปริมาณและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสมโด 129

ง 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ เมื่อศึกษาผลของปริมาณและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสมโด 129

ง 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความหนืดของโด เมื่อศึกษาผลของการนวดด้วยมือ 130

ง 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเส้นผ่านศูนย์กลางของโดที่วัดโดยเครื่องวัดแบบสเปรดโอ เมื่อศึกษาผลของการนวดด้วยมือ 130

ง 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงของโดที่วัดโดยเครื่องวัดแบบสเปรดโอ เมื่อศึกษาผลของการนวดด้วยมือ 130

ง 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการไหลของโด เมื่อศึกษาผลของการนวดด้วยมือ 131

ง 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสารที่ละลายน้ำจากวุ้นเส้นหลังจากต้มเดือด 10 นาที เมื่อศึกษาผลของการนวดด้วยมือ 131

ตารางที่ หน้า

ง 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของขนาดวุ้นเส้น เมื่อศึกษาของการนวดด้วยมือ 131

ง 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณผลิตภัณฑ์ เมื่อศึกษาผลของการนวดด้วยมือ 132

ง 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความหนืดของโด เมื่อศึกษาผลของปริมาณแป้งเปียกที่ใช้ทำโด 132

ง 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเส้นผ่านศูนย์กลางของโดที่ใช้วัดโดยเครื่องวัดแบบสเปรดโอ เมื่อศึกษาผลของปริมาณแป้งเปียกที่ใช้ผสมโด 132

ง 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงของโดที่วัดโดยเครื่องวัดแบบสเปรดโอ เมื่อศึกษาผลของปริมาณแป้งเปียกที่ใช้ผสมโด 133

ง 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการไหลของโด เมื่อศึกษาผลของปริมาณแป้งเปียกที่ใช้ผสมโด 133

ง 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณผลิตภัณฑ์ เมื่อศึกษาผลของปริมาณแป้งเปียกที่ใช้ผสมโด 133

ง 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความหนืดของโด เมื่อศึกษาผลของความเป็นกรดของน้ำที่ใช้ผสมโด 134

ง 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเส้นผ่านศูนย์กลางของโดที่วัดโดยเครื่องวัดแบบสเปรดโอ เมื่อศึกษาผลของความเป็นกรดของน้ำที่ใช้ผสมโด 134

ง 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงของโดที่วัดโดยเครื่องวัดแบบสเปรดโอ เมื่อศึกษาผลของความเป็นกรดของน้ำที่ใช้ผสมโด 134

ง 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการไหลของโด เมื่อศึกษาผลของความเป็นกรดของน้ำที่ใช้ผสมโด 135

ง 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสารที่ละลายน้ำจากวุ้นเส้นหลังจากต้มเดือด 10 นาที เมื่อศึกษาผลของความเป็นกรดของน้ำที่ใช้ผสมโด 135

ตารางที่ หน้า

ง 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของขนาดของวุ้นเส้น เมื่อศึกษาผลของความเป็นกรดของน้ำที่ใช้ผสมได 135

ง 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณผลิตภัณฑ์ เมื่อศึกษาผลของความเป็นกรดของน้ำที่ใช้ผสมได 136

ง 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสารที่ละลายน้ำจากวุ้นเส้นหลังจากต้มเดือด 10 นาที เมื่อใช้แป้งจากถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 25% (น้ำหนักแห้ง) 136

ง 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสารที่ละลายน้ำจากวุ้นเส้นหลังจากต้มเดือด 10 นาที เมื่อใช้แป้งจากถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 50% (น้ำหนักแห้ง) 136

ง 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสารที่ละลายน้ำจากวุ้นเส้นหลังจากต้มเดือด 10 นาที เมื่อใช้แป้งจากถั่วอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 75% (น้ำหนักแห้ง) 137

ง 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสารที่ละลายน้ำจากวุ้นเส้นหลังจากต้มเดือด 10 นาที เมื่อเปรียบเทียบวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วอื่นกับวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวล้วน 137

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ถั่วเขียวผิวมัน ถั่วทอง และถั่วเขียวผิวดำ	4
2.2	ถั่วมันแดง	6
2.3	สถิติการส่งออกของถั่วมันแดง	8
2.4	ถั่วพุ่มพันธุ์ Vita-3 และพันธุ์ 6-1 US	10
2.5	สถิติการส่งออกของถั่วพุ่ม	13
2.6	ถั่วขาว	15
2.7	ถั่วดำ	16
2.8	การโม่แป้งเพื่อผลิตวุ้นเส้น	18
2.9	กระบวนการผลิตวุ้นเส้น	21
3.1	เครื่องบดแบบ Fitz Mill DASO-6 Model D	28
3.2	กระบวนการผลิตวุ้นเส้นในการทดลอง	30
3.3	กระบะสำหรับกดวุ้นเส้น	31
3.4	Brabender Viskograph Model 8004 40	31
3.5	Brookfield Digital Viscometer Model LVTD พร้อม Helipath Stand Model D และหัววัดรูปตัวที (T-bar)	33
3.6	Spread-O-meter และ Vernier	33
3.7	เครื่องวัดการไหลของโด	35
4.1	ลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งถั่วเขียว (x1000)	40
4.2	ลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งถั่วมันแดง (x1000)	40
4.3	ลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งถั่วขาว (x1000)	41
4.4	ลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งถั่วดำ (x1000)	41
4.5	ลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งถั่วพุ่มพันธุ์ Vita-3 (x1000)	42
4.6	ลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งถั่วพุ่มพันธุ์ 6-1 US (x1000)	42

รูปที่ หน้า

4.7 แบบแผนความหนืดจากเครื่องบราเบนเดอร์ของแป้งถั่วเขียว 45

4.8 แบบแผนความหนืดจากเครื่องบราเบนเดอร์ของแป้งถั่วมันแดง 46

4.9 แบบแผนความหนืดจากเครื่องบราเบนเดอร์ของแป้งถั่วขาว 47

4.10 แบบแผนความหนืดจากเครื่องบราเบนเดอร์ของแป้งถั่วดำ 48

4.11 แบบแผนความหนืดจากเครื่องบราเบนเดอร์ของแป้งถั่วพุ่มพันธุ์ Vita-3 49

4.12 แบบแผนความหนืดจากเครื่องบราเบนเดอร์ของแป้งถั่วพุ่มพันธุ์ 6-1 US 50

4.13 ลักษณะภายในของโดวุ้นเส้นที่ไม่ผ่านการนวดด้วยมือ (x1500) 63

4.14 ลักษณะภายในของโดวุ้นเส้นที่นวดด้วยมือ 1 นาที (x1500) 63

4.15 ลักษณะภายในของโดวุ้นเส้นที่นวดด้วยมือ 5 นาที (x1500) 64

4.16 ลักษณะภายในของโดวุ้นเส้นที่นวดด้วยมือ 7 นาที (x1500) 64

4.17 ลักษณะภายในของโดวุ้นเส้นที่นวดด้วยมือ 10 นาที (x1500) 65

4.18 ลักษณะภายในของโดวุ้นเส้นที่นวดด้วยมือ 15 นาที (x1500) 65