ผลของตัวแปรในกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของแป้งมันฝรั่ง จากมันฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทย

นางสาวจิตรา เศรษฐอุดม

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2529

ISBN 974-566-178-3

010732

EFFECTS OF PROCESS VARIABLES ON QUALITY OF POTATO STARCH PRODUCED FROM POTATOES GROWN IN THAILAND

Miss Chitra Settaudom

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Food Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของตัวแปรในกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของแป้งมันฝรั่งจากมันฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทย
โดย	นางสาว จิตรา เศรษฐอุดม
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรชัย พิศาลบุตร)
รักษาการในตำแหน่งรองคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติราชการแทนรักษาการในตำแหน่งคณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ธิติรัตน์ ปานม่วง)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของตัวแปรในกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของแป้งมันฝรั่งจากมันฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทย
โดย	นางสาว จิตรา เศรษฐอุดม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงศ์ นวังคสัตยุศาสน์
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
ปีการศึกษา	2528

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมันฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทยมีปริมาณมากเกินความต้องการในฤดูเก็บเกี่ยว เนื่องจากการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมีจำกัด งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาขยายขอบเขตการใช้มันฝรั่งโดยมีขอบเขตงานวิจัยคือ หาปริมาณแป้งในมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้าและเคนนีเบคภายหลังการเก็บเกี่ยว วิเคราะห์ผลของมันฝรั่งที่มีคุณภาพดีและมันฝรั่งจากส่วนเหลือทิ้งต่อผลผลิตและคุณสมบัติของแป้ง ผลของตัวแปรในกระบวนการผลิตแป้ง ได้แก่ พันธุ์ ขนาดของมันฝรั่ง ขั้นตอนการบดในกระบวนการผลิต และ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งแป้งมันฝรั่งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด ศึกษาผลของความชื้นของแป้ง ชนิดของภาชนะบรรจุ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติของแป้ง โดยการตรวจสอบสภาพของเม็ดแป้ง ปริมาณอะไมโลส การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ และความสามารถในการเกาะเกี่ยวน้ำ ท้ายสุดทดสอบนำแป้งมันฝรั่งที่ผลิตได้ไปทดแทนแป้งถั่วเขียวในการผลิตวุ้นเส้น ตรวจสอบขนาดของวุ้นเส้น ความสามารถในการดูดซึมน้ำกลับคืน และประเมินผลทางประสาทสัมผัส การยอมรับของผู้บริโภค

ผลการวิจัยพบว่า มันฝรั่งสปุนต้ามีปริมาณแป้งเริ่มต้น 11.67$\pm$ 0.20% (น้ำหนักสด) และในเดือนที่ 2 มีปริมาณแป้ง 11.17$\pm$ 0.25% (น้ำหนักสด) ส่วนมันฝรั่งเคนนีเบคมีปริมาณแป้งเริ่มต้น 14.98$\pm$ 0.30% (น้ำหนักสด) และในเดือนที่ 2 มีปริมาณแป้ง 14.46 $\pm$ 0.20% (น้ำหนักสด) มันฝรั่งเคนนีเบคที่มีคุณภาพดีให้ผลผลิตแป้ง 10.69$\pm$ 0.13% (น้ำหนักสด) ส่วนมันฝรั่งเคนนีเบคจากส่วนเหลือทิ้งให้ผลผลิตแป้ง 4.05$\pm$ 0.60% (น้ำหนักสด)

แป้งจากมันฝรั่งคุณภาพดีมีความสามารถในการเกาะเกี่ยวน้ำและความหนืดสูงกว่าแป้งจากมันฝรั่งส่วนเหลือทิ้ง ผลของตัวแปรในกระบวนการผลิตต่อผลผลิตแป้งพบว่ามันฝรั่งเคนนีเบคขนาด 141-250 กรัม/ลูกที่ผ่านการบดครั้งที่ 1 ให้ผลผลิตแป้งมากที่สุดคือ 11.28± 1.18% (น้ำหนักสด) และแป้งที่ได้มีความสามารถในการเกาะเกี่ยวน้ำมากที่สุดคือ 70.38± 0.20% ส่วนปริมาณอะไมโลสในแป้ง พบว่ามีมากที่สุดในแป้งจากมันฝรั่งสปุนต้าขนาด 141-250 กรัม/ลูกที่ผ่านการบดครั้งที่ 1 คือมีปริมาณ 24.73± 0.10% ความหนืดของน้ำแป้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าที่อุณหภูมิ 95 °ซ น้ำแป้งที่มีค่าความหนืดมากที่สุดคือแป้งจากมันฝรั่งเคนนีเบคขนาด 90-140 กรัม/ลูกที่ผ่านการบดครั้งที่ 1 มีค่าความหนืด 1443.33± 12.47 BU ส่วนที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 20 นาที และที่อุณหภูมิเมื่อทิ้งให้เย็นถึง 50 °ซ น้ำแป้งที่มีค่าความหนืดมากที่สุดคือแป้งจากมันฝรั่งสปุนต้าขนาด 90-140 กรัม/ลูกที่ผ่านการบดครั้งที่ 1 มีค่าความหนืด 1196.67±4.71BU และ 1393.33± 9.43BU ตามลำดับ และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งแป้งมันฝรั่งด้วยเครื่องอบแป้งแบบถาดคือ 50 °ซ ถ้าใช้อุณหภูมิสูงกว่า 50 °ซ แป้งบางส่วนจะเกิดเจลาติไนซ์และเกิดการแตกหักของเม็ดแป้งปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบสแกนนิ่ง ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 50 °ซ จะต้องใช้เวลานานในการอบแห้ง

การเก็บรักษาแป้งมันฝรั่งพบว่า ความหนืดและค่าความสามารถในการเกาะเกี่ยวน้ำของแป้งที่เก็บไว้นานจะลดน้อยลง ความหนืดและค่าความสามารถในการเกาะเกี่ยวน้ำของแป้งที่มีความชื้น 18% จะสูงกว่าแป้งที่มีความชื้น 14, 10 และ 6 % ส่วนถุงพลาสติกประเภท polyethylene และ eval film ไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของแป้ง

ในการผลิตวุ้นเส้นพบว่า สามารถนำแป้งมันฝรั่งเคนนีเบคและสปุนต้าทดแทนแป้งถั่วเขียวได้ 50% โดยคุณภาพของวุ้นเส้นเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งในด้านสี กลิ่น และ ความเหนียว

Thesis Title	Effects of Process Variables on Quality of Potato Starch Produced from Potatoes Grown in Thailand
Name	Miss Chitra Settaudom
Thesis Advisor	Associate Professor Chaiyute Thunpithayakul, Ph.D.
Thesis Coadvisor	Assistant Professor Surapong Navankasattusas, Ph.D.
Department	Food Technology
Academic Year	1985

ABSTRACT

At present, the amount of potato produced in Thailand is in excess of demand during peak season due to limited use in food industry. The objective of this research is to diversify the industrial utilization of potato. The frame work of this research includes determination of post-harvest starch content in Spunta and Kennebec potatoes; study on the effects of good quality potato and potato waste on yield and properties of potato starch; investigation of the variables in potato starch processing ie. variety and size of potato, the stages of milling in the process and the optimum temperature for drying potato starch in tray dryer; study on the effects of moisture content of starch, packaging material used and storage time on the properties of starch by examination of starch granule, determination of amylose content and changes in viscosity of paste at various temperatures and water binding capacity. The final part of research involved partial substitution of potato starch for mung bean starch in the production of mung bean noodle. The mung bean noodle obtained was determined for size, rehydration, sensory evaluation assessment and consumer acceptance.

The results of experiments showed that Spunta potato had an initial starch content of 11.67±0.20% (wet basis) and decreased slightly to 11.17±0.25% (wet basis) in the second month while the starch content of Kennebec potato was 14.98±0.30% (wet basis) initially and decreased to 14.46±0.20 % (wet basis) in the second month. Good quality Kennebec potato gave 10.69±0.13% (wet basis) starch while potato waste yielded only 4.05±0.60% (wet basis)starch. Potato starch obtained from good quality potato gave higher water binding capacity and viscosity than the starch obtained from potato waste. From the experiments on the effects of variables in the processing of starch on yield, it was found that Kennebec potato with a size of 141-250 gm/tuber gave the highest starch yield of 11.28±1.18% (wet basis) at the first milling and it also gave the starch with highest water binding capacity ie.70.38±0.02%. On the other hand, the starch obtained from Spunta potato of 141-250 gm/tuber at first milling contained highest amylose content ie. 24.73±0.10%. The study on the paste viscosity at various temperatures showed that at 95 °C the highest paste viscosity of 1443.33±12.47 BU. was obtained from the starch of Kennebec potato of 90-140 gm/tuber at first milling. For the determination of viscosity at 95 °C for 20 minutes and at 50 °C after cooling, starch obtained from Kennebec potato with a size of 90-140 gm/tuber at first milling gave a paste with highest viscosity of 1196.67±4.71BU. and 1393.33±9.83BU. respectively. The optimum temperature for drying potato starch in tray dryer was 50 °C. At temperature higher than 50 °C starch was partially gelatinized and some breakage was visible under scanning electronmicroscope. On the contrary, if the drying temperature was lower than 50 °C, prolonged drying time was necessary.

In the storage trial, the viscosity and water binding capacity of starch decreased with storage time. Viscosity and water binding capacity of potato starch containing 18% moisture content were higher than starch with 14, 10 and 6% moisture. Plastic bag made of polyethylene and eval film had no significant influence on the characteristic change of starch during storage.

In the production of mung bean noodle, it was found that Kennebec and Spunta potato starch could substitute mung bean starch for 50% with a good consumer acceptance score in terms of colour, ordor and consistency.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำตลอดจนให้ความช่วยเหลือทางด้านวิชาการเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ พลตำรวจตรี ชวลิต ยอดมณี และ คุณวัธ ธีระวุฒิ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบสนับสนุนงานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณละม้ายมาศ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่อง Brabender Amylograph และคุณจินตนา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือวิเคราะห์หาโปรตีน

ขอขอบคุณ คุณสมบัติ อรรถสกุลชัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ อุปกรณ์และสถานที่ในการผลิตวุ้นเส้น

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และขอขอบคุณ พี่ น้อง และ เพื่อน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจและสนับสนุนการศึกษาแก่ผู้เขียนตลอดมา

สุดท้ายขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนในด้านเงินทุนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

รายการตารางประกอบ ..... ญ

รายการรูปประกอบ ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ 1

2 วารสารปริทัศน์ 5

3 เครื่องมือและวัสดุในการทดลอง 38

4 วิธีการทดลอง 47

5 ผลการทดลอง 56

6 วิจารณ์ผลการทดลอง 117

7 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 133

เอกสารอ้างอิง 135

ภาคผนวก ก. 140

ภาคผนวก ข. 149

ภาคผนวก ค. 151

ภาคผนวก ฆ. 156

ประวัติผู้เขียน 185

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1	แสดงปริมาณและมูลค่าการส่งออกวุ้นเส้น	2
2	แสดงพื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตมันฝรั่ง	11
3	ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า	14
4	ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของมันฝรั่งพันธุ์เคนนีเบค	15
5	แสดงผลผลิตและต้นทุนมันฝรั่งพันธ์สปุนต้าและเคนนีเบคในเขตต่าง ๆ	16
6	แสดงองค์ประกอบอย่างประมาณของมันฝรั่ง	20
7	แสดงปริมาณแป้งในมันฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ	21
8	แสดงระดับหรือสภาวะของตัวแปรในกระบวนการผลิตแป้งมันฝรั่งต่อผลผลิตและคุณสมบัติของแป้ง	51
9	แสดงระดับหรือสภาวะของตัวแปรในการวิเคราะห์ผลของความชื้นของแป้ง ชนิดภาชนะบรรจุ และระยะเวลาการเก็บรักษาแป้ง	52
10	แสดงผลวิเคราะห์องค์ประกอบของมันฝรั่ง	58
11	แสดงปริมาณแป้งในมันฝรั่งสดเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10°ซ ในระยะเวลาต่าง ๆ	60
12	แสดงค่าตัวเลขอิทธิพลของตัวแปรเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งในมันฝรั่ง เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10°ซ	61
13	แสดงผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแป้งมันฝรั่งที่ได้จากมันฝรั่งที่มีคุณภาพต่างกัน	62

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	แสดงผลผลิตแป้งมันฝรั่งจากตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต	69
15	แสดงปริมาณอะไมโลสของแป้งมันฝรั่งที่ได้จากตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต	71
16	แสดงความสามารถในการ เกาะเกี่ยวน้ำของแป้งมันฝรั่งที่ได้จากตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต	72
17	แสดงปริมาณเถ้าในแป้งมันฝรั่งที่ได้จากตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต	73
18	แสดงอุณหภูมิแป้งสุกของแป้งมันฝรั่งที่ได้จากตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต	74
19	แสดงความหนืดที่อุณหภูมิ 95°ซ ของแป้งมันฝรั่งที่ได้จากตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต	75
20	แสดงความหนืดที่อุณหภูมิ 95°ซ นาน 20 นาที ของแป้งมันฝรั่งที่ได้จากตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต	76
21	แสดงความหนืดที่อุณหภูมิ เมื่อ เย็นลงถึง 50°ซ ของแป้งมันฝรั่งที่ได้จากตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต	77
22	แสดงคุณสมบัติของแป้งมันฝรั่ง เคนนี เบคในการ เกาะเกี่ยวน้ำ ..	95
23	แสดงอุณหภูมิแป้งสุกของแป้งมันฝรั่ง เคนนี เบค	96
24	แสดงความหนืดของแป้งมันฝรั่ง เคนนี เบคที่อุณหภูมิ 95°ซ	97
25	แสดงความหนืดของแป้งมันฝรั่ง เคนนี เบคที่อุณหภูมิ 95°ซ นาน 20 นาที	98

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
26	แสดงความหนืดของแป้งมันฝรั่ง เคนนี เบค เมื่อ เย็นลงถึง50° ซ ..	99
27	แสดงค่าตัว เลขอิทธิพลของตัวแปร เกี่ยวกับสมบัติของแป้งที่ทำการตรวจสอบแป้งมันฝรั่ง เคนนี เบค เมื่อ เก็บแป้งครบตามกำหนดเวลา	100
28	แสดงคุณสมบัติของแป้งมันฝรั่งสปุนต้าในการ เกาะเกี่ยวน้ำ ...	101
29	แสดงอุณหภูมิแป้งสุกของแป้งมันฝรั่งสปุนต้า	102
30	แสดงความหนืดของแป้งมันฝรั่งสปุนต้าที่อุณหภูมิ 95°ซ	103
31	แสดงความหนืดของแป้งมันฝรั่งสปุนต้าที่อุณหภูมิ 95°ซ นาน 20 นาที	104
32	แสดงความหนืดของแป้งมันฝรั่งสปุนต้า เมื่อ เย็นลงถึง 50°ซ ..	105
33	แสดงค่าตัว เลขอิทธิพลของตัวแปร เกี่ยวกับสมบัติที่ทำการตรวจสอบแป้งมันฝรั่งสปุนต้า เมื่อ เก็บแป้งครบตามกำหนด เวลา ..	106
34	แสดงคุณสมบัติทั่วไปของแป้งถั่ว เขียว แป้งมันฝรั่ง เคนนี เบค และสปุนต้า	109
35	แสดงขนาดและความ เหนียวของวุ้น เส้น	111
36	แสดงจำนวนผู้ทดสอบที่สามารถบอกความแตกต่างในด้านความ เหนียวของวุ้น เส้นหลังจากผ่านการลวกในน้ำ เดือด 3 นาที ..	116
37	แสดงการประ เมินผลการชิมโดยวิธีจัดลำดับความ เหนียวของวุ้น เส้นหลังจากผ่านการลวกในน้ำ เดือด 3 นาที	116

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1	วงจรการผลิตมันฝรั่ง	8
2	การผลิตมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า	9
3	การผลิตมันฝรั่งพันธุ์เคนนีเบค	10
4	วิถีการตลาดของมันฝรั่ง	17
5	แสดงราคามันฝรั่ง	18
6	ลักษณะโครงสร้างของหัวมันฝรั่ง	19
7	ภาพตัดตามยาวของหัวมันฝรั่ง	19
8	เม็ดแป้งมันฝรั่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา	26
9	เม็ดแป้งมันฝรั่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงโพลาไรซ์	26
10	โครงสร้างของอะไมโลส	27
11	โครงสร้างของอะไมโลเพคติน	27
12	กราฟแสดงความข้นหนืดของแป้งข้าวฟ่างที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	30
13	ผลของ pH ที่มีต่อการแตกตัวของแป้ง	32
14	แสดงความหนืดของแป้งถั่วเขียวที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	35
15	เครื่องบด	39
16	เครื่อง Brabender Amylograph	40
17	เครื่องวัดความเหนียว	41

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
18	เครื่องวัดความชื้น	42
19	ตู้อบแห้งแบบถาด	43
20	ตู้ปิดผนึกแบบสุญญากาศ	44
21	ขั้นตอนการผลิตแป้ง	48
22	ขั้นตอนการผลิตวุ้นเส้น	53
23	แป้งจากมันฝรั่งสปุนต้าขนาด 90-140 กรัม/ลูก	59
24	แป้งจากมันฝรั่งสปุนต้าขนาด 141-250 กรัม/ลูก	59
25	แป้งจากมันฝรั่งเคนนีเบคขนาด 90-140 กรัม/ลูก	59
26	แป้งจากมันฝรั่งเคนนีเบคขนาด 141-250 กรัม/ลูก	59
27	แป้งจากมันฝรั่งเคนนีเบคคุณภาพดี	63
28	แป้งจากมันฝรั่งเคนนีเบคส่วนเหลือทิ้ง	63
29	กราฟแสดงความหนืดของแป้งจากมันฝรั่งเคน นีเบคคุณภาพดี	64
30	กราฟแสดงความหนืดของแป้งจากมันฝรั่งเคนนีเบคส่วนเหลือทิ้ง ..	65
31	แสดงอุณหภูมิแป้งสุกและพลังงานที่ใช้ในการสุกของแป้งมันฝรั่งด้วย DSC	66
32	เม็ดแป้งมันฝรั่งเคนนีเบคเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ	67
33	เม็ดแป้งมันฝรั่งเคนนีเบคที่ได้จากการบดครั้งที่ 2 ถ่ายด้วยSEM ..	70
34	เม็ดแป้งมันฝรั่งเคนนีเบคที่ได้จากการบดครั้งที่ 2 ถ่ายด้วยDIC ..	70
35	กราฟแสดงค่า contrast mean กับ probabilityของตัวแปรเกี่ยวกับผลผลิต	78

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
36	กราฟแสดงค่า |contrast mean| กับ probability ของตัวแปรเกี่ยวกับปริมาณอะไมโลส	79
37	กราฟแสดงค่า |contrast mean| กับ probability ของตัวแปรเกี่ยวกับความสามารถในการเกาะเกี่ยวน้ำ	80
38	กราฟแสดงค่า |contrast mean| กับ probability ของตัวแปรเกี่ยวกับปริมาณเถ้า	81
39	กราฟแสดงค่า |contrast mean| กับ probability ของตัวแปรเกี่ยวกับอุณหภูมิแป้งสุก	82
40	กราฟแสดงค่า |contrast mean| กับ probability ของตัวแปรเกี่ยวกับความหนืดที่อุณหภูมิ 95 °ซ	83
41	กราฟแสดงค่า |contrast mean| กับ probability ของตัวแปรเกี่ยวกับความหนืดที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 20 นาที	84
42	กราฟแสดงค่า |contrast mean| กับ probability ของตัวแปรเกี่ยวกับความหนืดเมื่อเย็นลงถึง 50 °ซ	85
43	กราฟแสดงความหนืดของแป้งจากมันฝรั่งเคนนีเบคขนาด 90-140 กรัม/ลูก ผ่านการบดครั้งที่ 1	86
44	กราฟแสดงความหนืดของแป้งจากมันฝรั่งเคนนีเบคขนาด 90-140 กรัม/ลูก ผ่านการบดครั้งที่ 2	87
45	กราฟแสดงความหนืดของแป้งจากมันฝรั่งเคนนีเบคขนาด 141-250 กรัม/ลูก ผ่านการบดครั้งที่ 1	88
46	กราฟแสดงความหนืดของแป้งจากมันฝรั่งเคนนีเบคขนาด 141-250 กรัม/ลูก ผ่านการบดครั้งที่ 2	89

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
47	กราฟแสดงความหนืดของแป้งจากมันฝรั่งสปุนต้าขนาด 90-140 กรัม/ลูก ผ่านการบดครั้งที่ 1	90
48	กราฟแสดงความหนืดของแป้งจากมันฝรั่งสปุนต้าขนาด 90-140 กรัม/ลูก ผ่านการบดครั้งที่ 2	91
49	กราฟแสดงความหนืดของแป้งจากมันฝรั่งสปุนต้าขนาด 141-250 กรัม/ลูก ผ่านการบดครั้งที่ 1	92
50	กราฟแสดงความหนืดของแป้งจากมันฝรั่งสปุนต้าขนาด 141-250 กรัม/ลูก ผ่านการบดครั้งที่ 2	93
51	เม็ดแป้งถั่วเขียว	108
52	แสดงอุณหภูมิแป้งสุกและพลังที่ใช้ในการสุกของแป้งถั่วเขียวและแป้งมันฝรั่ง	110
53	กราฟแสดงอัตราการคืนตัวของวุ้นเส้นที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่เวลาต่าง ๆ กัน	112
54	กราฟแสดงปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นในวุ้นเส้นที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่เวลาต่าง ๆ กัน	113
55	กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยของวุ้นเส้นที่ผ่านการลวกในน้ำเดือด 3 นาที	114
56	กราฟแสดงคะแนนความชอบของวุ้นเส้นที่ผ่านการลวกในน้ำเดือด 3 นาที	115