การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยการสร้างพันธะเชื่อมขวางและการออกซิไดซ์

นาย สมเกียรติ เกียรติกิตติกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2534

ISBN 974-578-529-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MODIFICATION OF TAPIOCA STARCH BY CROSS-LINKING AND OXIDATION

MR. SOMKIAT KIATKITTIGUL

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Deparment of Food Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1991

ISBN 974-578-529-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยการสร้างพันธะเชื่อมขวางและการออกซิไดซ์
โดย	นายสมเกียรติ เกียรติกิตติกุล
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยธัญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยธัญ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลาหสงคราม)

สมเกียรติ เกียรติกิตติกุล : การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีสร้างพันธะเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ (MODIFICATION OF TAPIOCA STARCH BY CROSS-LINKING AND OXIDATION อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.วรรณา ตุลยธัญ, รศ.ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล, 100 หน้า, ISBN 974-578-529-6

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาภาวะในการเตรียมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยปฏิกิริยา cross-linking และ oxidation ในขั้นแรกศึกษาภาวะในการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติด้วยปฏิกิริยา cross-linking โดยใช้ sodium trimetaphosphate ($Na_3P_3O_9$) ที่ภาวะ pH 11.00 ± 0.10 และอุณหภูมิ 50±2°C พบว่า ความเข้มข้นของ $Na_3P_3O_9$ และเวลาของปฏิกิริยาเป็นตัวแปรที่มีปฏิสัมพันธ์ต่อความหนืด และผลต่างระหว่างความหนืดของแป้งเปียกใน heating-cooling cycle ($p \leq 0.05$) เมื่อวัดด้วยเครื่อง Brabender Visco-Amylograph กล่าวคือเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ $Na_3P_3O_9$ (ร้อยละ 0.20-0.30 โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) กับเวลาของปฏิกิริยา(4-6ชั่วโมง) ความหนืดและผลต่างระหว่างความหนืดของแป้งเปียกใน heating-cooling cycle จะลดลง นอกจากนี้ยังทำให้การละลาย และกำลังการพองตัวของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางลดลงอีกด้วย นั่นคือแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางที่ได้มีเสถียรภาพของความหนืดมากขึ้น

ในขั้นต่อมาศึกษาภาวะในการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางซึ่งคัดเลือกจากแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางที่มีเสถียรภาพความหนืดสูงสุดใน heating-cooling cycle ด้วยปฏิกิริยา oxidation โดยใช้ sodium hypochlorite(NaOCl) ที่ภาวะpH 9.00±0.10 และอุณหภูมิห้อง พบว่าแป้งมันสำปะหลังดัดแปรที่ได้มีความหนืดที่เสถียรและสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางทั้งนี้ความเข้มข้นของ NaOCl (ร้อยละ3.00-5.00 โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) และเวลาของปฏิกิริยา(4-6 ชั่วโมง)เป็นตัวแปรที่มีผลทำให้ความหนืดและผลต่างระหว่างความหนืดของแป้งเปียกใน heating-cooling cycle ลดลง($p \leq 0.05$) แป้งมันสำปะหลังดัดแปรที่ได้จะมีเสถียรภาพของความหนืดดีใน heating-cooling cycle เกิดการคืนตัวน้อย และสามารถอุ้มน้ำได้มากขึ้นเป็นผลให้การละลายและกำลังการพองตัวเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณแป้งที่ใช้มีผลต่อเสถียรภาพของความหนืดโดยเมื่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 5.00 (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) แป้งเปียกจะมีเสถียรภาพของความหนืดใน heating-cooling cycle สูง ในขณะที่แป้งมันสำปะหลังดัดแปรสามารถใช้ได้ถึงร้อยละ 8.00 และแป้งเปียกยังมีเสถียรภาพของความหนืดดี ในระหว่างเก็บที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 3 วัน

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต สมเกียรติ เกียรติกิตติกุล

สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2533 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

SOMKIAT KIATKITTIGUL : MODIFICATION OF TAPIOCA STARCH BY CROSS - LINKING AND OXIDATION . THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. VANNA TULYATHAN, Ph.D., ASSOC. PROF. CHAIYUTE THUNPITHAYAKUL, Ph.D., 100 PP.,ISBN 974-578-529-6

This research studied the modified conditions for the preparation of modified tapioca starch by cross-linking and oxidation reactions. Tapioca starch (40% W/V) was first modified by cross-linking with sodium trimetaphosphate ($Na_3P_3O_9$) at pH 11.00±0.10 and 50±2°C. It was found that both concentration of $Na_3P_3O_9$ and reaction time had significant interaction effect($p \leq 0.05$) on the Brabender viscosity as well as the difference of viscosity of paste in heating-cooling cycle. Increasing concentration of $Na_3P_3O_9$ (0.20 to 0.30% by weight of dry starch) and reaction time (4 to 6 hrs.) decreased the Brabender viscosity and the difference of viscosity of paste in heating-cooling cycle. The cross-linked tapioca starch was stable in heating-cooling cycle and had less solubility and swelling power than the native tapioca starch. The cross - linked tapioca starch which had the highest paste stability in heating-cooling cycle was chosen for modification by oxidation reaction.

The cross-linked tapioca starch (40% W/V) was modified by using sodium hypochlorite (NaOCl) at pH 9.00 ± 0.10 and at room temperature. It was found that the modified tapioca starch had higher paste viscosity than the cross - linked tapioca starch. Both concentration of NaOCl and reaction time had significant effect ($p \leq 0.05$) on the Brabender viscosity and the difference of viscosity of paste in heating - cooling cycle. Increasing concentration of NaOCl (3.00 to 5.00 % by weight of dry strach) and reaction time(4 to 6 hrs.) reduced the paste viscosity while increased solubility and swelling power. The double modified tapioca starch had high hot paste stability,less retrogadation and was able to absorb more water.

Concentration of starch also had an effect on the stability of paste in heating - cooling cycle. It was found that ≤ 5.00% (W/V) native tapioca starch would give good paste stability while up to 8.00 % (W/V) of the double modified tapioca starch could be used to give a paste with good stability when stored at 25 °C for 3 days.

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต สมเกียรติ เกียรติกิตติกุล

สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร

ปีการศึกษา 2533 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดีทั้งนี้เนื่องจากความช่วยเหลือจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งให้คำแนะนำทั้งทางด้านความรู้ทางทฤษฎีและเทคนิควิธีการวิจัยต่าง ๆ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ บริษัท ไทยวา จำกัด ผู้ให้ความอนุเคราะห์แป้งมันสำปะหลัง ตลอดงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้เงินอุดหนุนการค้นคว้าและวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยทุกท่านที่ให้ความสะดวกแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ คุณ เพ็ญศิริ อำรงลักษณ์ ที่ช่วยจัดพิมพ์และให้กำลังใจข้าพเจ้าจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ เพื่อน พี่ และ น้อง เทคโนโลยีทางอาหารทุกท่าน

ท้ายนี้ ผู้จัดทำใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ช

สารบัญรูป..... ฌ

บทที่

1. บทนำ..... 1

2. วารสารปริทัศน์..... 3

3. การทดลอง..... 31

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล..... 38

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 85

เอกสารอ้างอิง..... 88

ภาคผนวก..... 92

ประวัติผู้เขียน..... 100

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
2.1	สมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งธรรมชาติชนิดต่าง ๆ	5
2.2	Characteristics of Gelatinized and Cooled Starch Dispersions	7
2.3	ประเภทแป้งดัดแปรซึ่งเกิดการเชื่อมขวาง ซึ่งอนุญาตให้ใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร	10
4.1	สมบัติทางเคมีของแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ	38
4.2	อุณหภูมิแป้งสุกและความหนืดที่อุณหภูมิต่าง ๆ จากกราฟ Brabender ของแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ	41
4.3	ค่าเฉลี่ยความหนืดของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางที่ความเข้มข้นร้อยละ 8	46
4.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนืดของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางที่ความเข้มข้นร้อยละ 8	47
4.5	ค่าเฉลี่ยผลต่างของความหนืดของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางที่ความเข้มข้นร้อยละ 8	49
4.6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลต่างของความหนืดของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางที่ความเข้มข้นร้อยละ 8	50
4.7	การละลายของแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติและแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางที่อุณหภูมิต่าง ๆ	53
4.8	กำลังการพองตัวของแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติและแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางที่อุณหภูมิต่าง ๆ	54
4.9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการละลายของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางที่อุณหภูมิต่าง ๆ	55

4.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกำลังการพองตัวของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางที่อุณหภูมิต่าง ๆ 56
4.11 ปริมาณฟอสฟอรัสและฟอสฟอรัสตกค้างของแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติและแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวาง 57
4.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสตกค้างและปริมาณอะไมโลสของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวาง 58
4.13 ปริมาณอะไมโลสของแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติและแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวาง.. 59
4.14 ค่าเฉลี่ยความหนืดของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 64
4.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนืดของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 65
4.16 ค่าเฉลี่ยผลต่างของความหนืดของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 66
4.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลต่างของความหนืดของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 67
4.18 การละลายของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ 71
4.19 กำลังการพองตัวของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ .. 72
4.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการละลายของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ 73
4.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกำลังการพองตัวของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ 73
4.22 ปริมาณคาร์บอกซิลของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ 74
4.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคาร์บอกซิลและปริมาณอะไมโลสของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ 75
4.24 ปริมาณอะไมโลสของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ 76
4.25 ค่าเฉลี่ยความหนืดของแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติและแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ (ความเข้มข้นของแป้งร้อยละ 5) ที่เวลาต่าง ๆ 77

สารบัญรูป

รูปที่		หน้าที่
2.1	กราฟ Brabender ของแป้งธรรมชาติชนิดต่าง ๆ	6
2.2	ปฏิกิริยา cross - linking โมเลกุลแป้ง	9
2.3	กราฟ Brabender ของแป้งข้าวโพดธรรมชาติและแป้งข้าวโพดเชื่อมขวางวัดที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 pH 5	13
2.4	กราฟ Brabender ของแป้ง waxy corn ธรรมชาติและแป้ง waxy corn เชื่อมขวางที่ pH 3 และ 5	14
2.5	การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเปียกใน heating - cooling cycle ของแป้ง waxy sorghum ธรรมชาติและแป้ง waxy sorghum เชื่อมขวางที่ระดับความเข้มข้นของ $Na_3P_3O_9$ ร้อยละ 0.0025-0.1000 (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง).....	16
2.6	การละลายของแป้งข้าวโพดธรรมชาติ แป้งข้าวโพดออกซิไดซ์และแป้งข้าวโพดที่ถูกย่อยสลายด้วยกรด	18
2.7	ปฏิกิริยา oxidation ของโมเลกุลอะไมโลสด้วย periodate	21
2.8	ปฏิกิริยา oxidation ของโมเลกุลอะไมโลเพคตินด้วย periodate	21
2.9	กลไกการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของโมเลกุลแป้งด้วย NaOCl ในระบบที่เป็นด่าง	23
2.10	ปริมาณ NaOCl ที่ใช้ในการดัดแปรอะไมโลสจากแป้งข้าวโพดที่เวลาต่าง ๆ ที่ pH 9.0 และ 11.0	25
2.11	ปริมาณกรด glyoxylic จากการ hydrolyze แป้งที่ถูกออกซิไดซ์ที่ pH ต่างๆ..	25
2.12	ความหนืดของแป้งเปียกจากแป้งข้าวโพดดัดแปรโดยการสร้างพันธะเชื่อมขวางที่ระดับการเชื่อมขวาง 1 พันธะเชื่อมขวาง ต่อ 1000 AGU ร่วมกับการออกซิไดซ์ที่เวลา 1-8 ชั่วโมง	27

2.13 ความหนืดของแป้งเปียกจากแป้งข้าวโพดดัดแปรโดยการสร้างพันธะเชื่อมขวางที่ระดับการเชื่อมขวาง 1 พันธะเชื่อมขวาง ต่อ 250 AGU ร่วมกับการออกซิไดซ์ที่เวลา 1-8 ชั่วโมง 28

2.14 ความหนืดของแป้งเปียกจากแป้งข้าวโพดดัดแปรโดยการสร้างพันธะเชื่อมขวางที่ระดับการเชื่อมขวาง 1 พันธะเชื่อมขวาง ต่อ 175 AGU ร่วมกับการออกซิไดซ์ที่เวลา 1-8 ชั่วโมง 29

2.15 ความหนืดของแป้งเปียกจากแป้งข้าวโพดดัดแปรโดยการสร้างพันธะเชื่อมขวางที่ระดับการเชื่อมขวาง 1 พันธะเชื่อมขวาง ต่อ 150 AGU ร่วมกับการออกซิไดซ์ที่เวลา 1-8 ชั่วโมง 30

3.1 ขั้นตอนการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติด้วยปฏิกิริยา cross - linking . 33

3.2 ขั้นตอนการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางด้วยปฏิกิริยา oxidation 36

4.1 กราฟ Brabender ของแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติความเข้มข้นร้อยละ 8 40

4.2 กราฟ Brabender ของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวาง (ความเข้มข้นร้อยละ 8) ที่ใช้ปริมาณ $Na_3P_3O_9$ ที่ระดับต่าง ๆ และเวลาของปฏิกิริยา 4 และ 6 ชั่วโมง.. 44

4.3 กราฟ Brabender ของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวาง (ความเข้มข้นร้อยละ 8) ที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ $Na_3P_3O_9$ ร้อยละ 0.20,0.25 และ 0.30 (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) 45

4.4 ปฏิสัมพันธ์ของความเข้มข้นของ $Na_3P_3O_9$ กับเวลาของปฏิกิริยาต่อความหนืดของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางที่อุณหภูมิต่าง ๆ 48

4.5 กราฟ Brabender ของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ (ความเข้มข้นร้อยละ 8) ที่ใช้ปริมาณ NaOCl ระดับต่าง ๆ และเวลาของปฏิกิริยา 4 และ 6 ชั่วโมง 62

4.6 กราฟ Brabender ของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ (ความเข้มข้นร้อยละ 8) ที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ NaOCl ร้อยละ 3.00 , 4.00 และ 5.00 (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) 63

4.7 กราฟ Brabender ของแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติที่ความเข้มข้นของแป้งร้อยละ 5,8 และ 10 (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) 78

4.8 กราฟ Brabender ของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางที่ความเข้มข้นของแป้งร้อยละ 5,8,9 และ 10 (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) 79

4.9 กราฟ Brabender ของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ (ความเข้มข้นของ NaOCl ร้อยละ 5.00 และเวลาของปฏิกิริยา 4 ชั่วโมง) ที่ความเข้มข้นของแป้งร้อยละ 5,8,10 และ 12.5 (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) 80

4.10 กราฟ Brabender ของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ (ความเข้มข้นของ NaOCl ร้อยละ 5.00 และเวลาของปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง) ที่ความเข้มข้นของแป้งร้อยละ 5,8,10 และ 12.5 (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) 81

4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับความเข้มข้นต่างๆของแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ 82

4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับความเข้มข้นต่างๆของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ (ความเข้มข้นของ NaOCl ร้อยละ 5.00 และเวลาของปฏิกิริยา 4 ชั่วโมง) 83

4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับความเข้มข้นต่างๆของแป้งมันสำปะหลังเชื่อมขวางและออกซิไดซ์ (ความเข้มข้นของ NaOCl ร้อยละ 5.00 และเวลาของปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง) 84