การพัฒนาสารผสมฟอสเฟตสำหรับแฮมและไส้กรอกอิมัลชั่น

นายอินทาวุธ สรรพวรสถิตย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546
ISBN 974-17-3760-2
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF PHOSPHATE MIX FOR HAM AND EMULSION SAUSAGE

Mr. Inthawoot Suppavorasatit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-3760-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาสารผสมฟอสเฟตสำหรับแฮมและไส้กรอกอิมัลชั่น
โดย	นายอินทาวุธ สรรพวรสถิตย์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. พันธิพา จันทวัฒน์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.พันธิพา จันทวัฒน์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์ : การพัฒนาสารผสมฟอสเฟตสำหรับแฮมและไส้กรอกอิมัลชั่น (DEVELOPMENT OF PHOSPHATE MIX FOR HAM AND EMULSION SAUSAGE) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.พันธิพา จันทวัฒน์, 95 หน้า. ISBN 974-17-3760-2.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสารผสมฟอสเฟตสำหรับแฮมและไส้กรอกอิมัลชั่น ในขั้นต้นได้ศึกษาปริมาณฟอสเฟตแต่ละชนิดต่อคุณภาพของไส้กรอกรมควัน โดยฟอสเฟตที่ใช้คือโซเดียมไตรพอลีฟอสเฟต (STPP) โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต (SAPP) และเตตราโซเดียมไพโรฟอสเฟต (TSPP) ที่ความเข้มข้น 0, 0.125, 0.250, 0.375 และ 0.500% โดยน้ำหนัก พบว่าปริมาณฟอสเฟตที่ให้ค่า ความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) ดีที่สุดคือ 0.125-0.250%STPP, 0.250%SAPP และ 0.375-0.500%TSPP ส่วนปริมาณฟอสเฟตที่ให้ค่าความเสถียรของอิมัลชั่น (emulsion stability; ES) ดีที่สุดคือ 0.375-0.500%STPP, 0.125-0.500%SAPP และ 0-0.500%TSPP จากนั้นพัฒนาสารผสมฟอตเฟตรวม 7 สูตร พบว่าสารผสมฟอสเฟตที่มีประสิทธิภาพสูงสุดต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือแกง (SSP), WHC, ES, degree of nitrosation of pigment (%conversion), สีแดง, texture profile analysis (TPA) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ประกอบด้วย STPP:SAPP:TSPP; 20:5:75 ต่อมาเปรียบเทียบสารที่พัฒนาขึ้นกับสารผสมฟอสเฟตที่ใช้ทางการค้า 2 ชนิดคือ MP016® และ CARNAL346® พบว่า %conversion, ES, สี และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี รสชาติ และเนื้อสัมผัสไม่ต่างกัน ($p>0.05$) ขณะที่ SSP, WHC และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชุ่มน้ำของไส้กรอกที่ผสมสารฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นดีกว่าตัวอย่างที่ผสมสารฟอสเฟตที่ใช้ทางการค้าทั้ง 2 ชนิด ($p\leq0.05$)

ต่อมาได้ศึกษาปริมาณฟอสเฟตแต่ละชนิดต่อคุณภาพของแฮม โดยฟอสเฟตที่ใช้คือ STPP, โซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต (SHMP) และ TSPP ที่ความเข้มข้น 0, 0.125, 0.250, 0.375 และ 0.500% โดยน้ำหนัก พบว่าปริมาณฟอสเฟตที่ให้ค่า water loss (WL) ต่ำสุดคือ 0.375-0.500%STPP, 0.125-0.500%SHMP และ 0.250-0.500%TSPP ส่วนปริมาณฟอสเฟตที่ให้ค่า WHC ดีที่สุดคือ 0.250-0.500%STPP, 0.250-0.500%SHMP และ 0.250-0.500%TSPP อย่างไรก็ตามพบว่า SHMP มีประสิทธิภาพต่ำในการลดค่า WL และเพิ่ม WHC จึงไม่นำมาพัฒนาเป็นองค์ประกอบในสารผสม ต่อมาพัฒนาสารผสมฟอสเฟตที่มีประสิทธิภาพสูงสุดต่อ SSP, WL, WHC, %conversion, สีแดง, tensile strength และคุณภาพทางประสาทสัมผัสรวม 3 สูตร โดยแต่ละสูตรประกอบด้วย STPP:TSPP; 53:47, 61:39 และ 64:36 ตามลำดับ เปรียบเทียบสารที่พัฒนาขึ้นทั้ง 3 สูตรกับ MP016® และ CARNAL346® พบว่า WL, %conversion, สี และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่ต่างกัน ($p>0.05$) ขณะที่ค่า SSP, WHC, tensile strength ของแฮมที่ผสมสารฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น (STPP:SAPP; 64:36) ดีกว่าตัวอย่างที่ผสมสารฟอสเฟตที่ใช้ทางการค้าทั้ง 2 ชนิด ($p\leq0.05$)

ภาควิชา....เทคโนโลยีทางอาหาร.....ลายมือชื่อนิสิต.....อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์.....

สาขาวิชา....เทคโนโลยีทางอาหาร.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา ..... 2546.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4372495223 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: PHOSPHATE / HAM / EMULSION SAUSAGE

INTHAWOOT SUPPAVORASATIT : DEVELOPMENT OF PHOSPHATE MIX FOR HAM AND EMULSION SAUSAGE. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PANTIPA JANTAWAT, Ph.D. 95 pp. ISBN 974-17-3760-2.

The purpose of this study was to develop the phosphate mixes for ham and emulsion sausage. Initially, the concentration of each type of phosphate affecting quality of emulsion sausage was studied. Phosphates used were sodium tripolyphosphate (STPP), sodium acid pyrophosphate (SAPP) and tetrasodium pyrophosphate (TSPP), each at 0, 0.125, 0.250, 0.375 and 0.500% (w/w). From the results, the phosphates that provided the highest water holding capacity (WHC) were STPP at 0.125-0.250%, SAPP at 0.250% and TSPP at 0.375-0.500% and the samples that provided the highest emulsion stability (ES) were STPP at 0.375-0.500%, SAPP at 0.125-0.500% and TSPP at 0-0.500%. Thereafter, 7 formulas of phosphate mix were developed and the result indicated that the one with STPP:SAPP:TSPP; 20:5:75 provided the sausage with the best quality with respect to the salt soluble protein (SSP), WHC, ES, degree of nitrosation of pigment (%conversion), redness, texture profile analysis (TPA) and sensory quality. The developed phosphate was then compared with the commercially produced products comprising MP016® and CARNAL346®. It was found that %conversion, ES, redness (a) and sensory scores of color, taste and texture were not different while SSP, WHC and juiciness score of the developed sample were better than those of the commercial products.

The concentration of each type of phosphate affecting quality of ham was studied. Phosphate used were STPP, sodium hexametaphosphate (SHMP) and TSPP each at 0, 0.125, 0.250, 0.375 and 0.500% (w/w). The result indicated that the phosphates that provided the lowest water loss (WL) were STPP at 0.375-0.500%, SHMP at 0.125-0.500% and TSPP at 0.250-0.500% and the samples that provided the highest WHC were STPP at 0.250-0.500%, SHMP at 0.250-0.500% and TSPP at 0.250-0.500%. Since SHMP did not effective in decreasing of WL, it was omitted from the mix. The three most effective formulas with respect to the SSP, WL. WHC. %conversion, a, tensile strength and sensory quality of ham were developed. Each formula was composed of STPP:TSPP at 53:47, 61:39 and 64:36 respectively. Ham with the developed mixes were compared with those produced with MP016® and CARNAL346®. The experimental result revealed that the WL, %conversion, a and sensory scores of the five samples were not different ($p>0.05$) while the SSP, WHC and tensile strength of ham with the developed phosphate mix (STPP:TSPP; 64:36) were better than those found in samples produced with the two commercially produced phosphates.

Department.....Food Technology.....Student's signature.....S. Inthawoot.....

Field of stud:y....Food Technology..... Advisor's signature.....P. Jantawat.....

Academic year .....2003..... Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พันธิพา จันทวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ ในงานวิจัย ตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล และอาจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช ที่กรุณาสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยบางส่วน

ขอบพระคุณ บริษัทไทยโพลีฟอสเฟตและเคมีภัณฑ์ จำกัด ที่ให้สถานที่ทำวิจัย สารเคมี และทุนสนับสนุนงานวิจัยบางส่วน

ขอขอบคุณ อุบลวรรณ พึ่งฉิม ชัยรัตน์ วิลาสมงคลชัย บุญฤทธิ์ ฤทัยคงถาวร ปนิธัตถ์ พลายชุม และผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามอื่นๆ สำหรับแรงใจ แรงกายช่วยทำผลิตภัณฑ์ออกมาจนเสร็จ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ พี่ น้อง และเพื่อนๆ ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความร่วมมือและคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์

ขอขอบคุณ ณัฐกร สิทธิยศ สำหรับความช่วยเหลือ และกำลังใจในทุกๆ เรื่อง

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่สนับสนุนในด้านการเงิน คำแนะนำและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ซ

สารบัญรูป.....ญ

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 วารสารปริทัศน์.....2

3 การทดลอง.....20

3.1 พัฒนาสารผสมฟอสเฟตสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่น.....22

3.2 พัฒนาสารผสมฟอสเฟตสำหรับแฮม.....28

4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....34

4.1 พัฒนาสารผสมฟอสเฟตสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่น.....34

4.1.1 การใช้ฟอสเฟตแต่ละชนิดต่อคุณภาพของไส้กรอกอิมัลชั่น.....34

4.1.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารผสมฟอสเฟตสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่น.....44

4.1.3 เปรียบเทียบการใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นกับสารผสมฟอสเฟต ที่ใช้ทางการค้าในไส้กรอกอิมัลชั่น.....52

4.2 พัฒนาสารผสมฟอสเฟตสำหรับแฮม.....56

4.2.1 การใช้ฟอสเฟตแต่ละชนิดต่อคุณภาพของแฮม.....57

4.2.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารผสมฟอสเฟตสำหรับแฮม.....66

4.2.3 เปรียบเทียบการใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นกับสารผสมฟอสเฟต ที่ใช้ทางการค้าในแฮม.....74

5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....80

รายการอ้างอิง.....82

ภาคผนวก.....87

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....95

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

4.1 pH ของอิมัลชั่นและของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ความเข้มข้น STPP ร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก....35

4.2 ค่า SSP WHC และ ES ของอิมัลชั่นสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ STPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก....35

4.3 %conversion และค่าสีแดงของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ STPP ความเข้มข้น ร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก....36

4.4 ค่า hardness cohesiveness springiness และ chewiness ของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ STPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก....36

4.5 pH ของอิมัลชั่นและของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ความเข้มข้น SAPP ร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก....38

4.6 ค่า SSP WHC และ ES ของอิมัลชั่นสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ SAPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก....39

4.7 %conversion และค่าสีแดงของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ SAPP ความเข้มข้น ร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก....39

4.8 ค่า hardness cohesiveness springiness และ chewiness ของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ SAPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก....40

4.9 pH ของอิมัลชั่นและของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ความเข้มข้น TSPP ร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก....42

4.10 ค่า SSP WHC และ ES ของอิมัลชั่นสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ TSPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก....42

4.11 %conversion และค่าสีแดงของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ TSPP ความเข้มข้น ร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก....43

4.12 ค่า hardness cohesiveness springiness และ chewiness ของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ TSPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก....43

4.13 อัตราส่วนของสารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่น....47

4.14 pH ของอิมัลชั่นและของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น....48

ตาราง หน้า

4.15 ค่า SSP WHC และ ES ของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น.....48

4.16 %conversion และค่าสีแดงของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น.....49

4.17 ค่า hardness cohesiveness springiness และ chewiness ของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น.....49

4.18 pH ของอิมัลชั่นและของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นและสารผสมที่ใช้ทางการค้า.....52

4.19 ค่า SSP WHC และ ES ของอิมัลชั่นสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นและสารผสมที่ใช้ทางการค้า.....53

4.20 %conversion และค่าสีแดงของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นและสารผสมที่ใช้ทางการค้า.....53

4.21 ค่า hardness cohesiveness springiness และ chewiness ของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นและสารผสมที่ใช้ทางการค้า.....54

4.22 pH ของเนื้อเคียวและของแฮมที่ใช้ STPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก.....57

4.23 ค่า water loss SSP และ WHC ของแฮมที่ใช้ STPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก.....58

4.24 %conversion และค่าสีแดงของแฮมที่ใช้ STPP ความเข้มข้นร้อยละร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก.....58

4.25 ค่าแรงต้านการดึง (tensile strength) ของแฮมที่ใช้ STPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก.....59

4.26 pH ของเนื้อเคียวและของแฮมที่ใช้ SHMP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก.....60

4.27 ค่า water loss SSP และ WHC ของแฮมที่ใช้ SHMP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก.....61

4.28 %conversion และค่าสีแดงของแฮมที่ใช้ SHMP ความเข้มข้นร้อยละร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก.....61

4.29 ค่าแรงต้านการดึง (tensile strength) ของแฮมที่ใช้ SHMP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก.....62

4.30 pH ของเนื้อเคียวและของแฮมที่ใช้ TSPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก.....63

ตาราง หน้า

4.31 ค่า water loss SSP และ WHC ของแฮมที่ใช้ TSPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก....64

4.32 %conversion และค่าสีแดงของแฮมที่ใช้ TSPP ความเข้มข้นร้อยละร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก....64

4.33 ค่าแรงต้านการดึง (tensile strength) ของแฮมที่ใช้ TSPP ความเข้มข้น ร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก....65

4.34 อัตราส่วนของสารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นสำหรับแฮม....74

4.35 pH ของเนื้อเคียวและของแฮมที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น และสารผสมที่ใช้ทางการค้า....75

4.36 ค่า water loss SSP และ WHC ของแฮมที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น และสารผสมที่ใช้ทางการค้า....75

4.37 %conversion และค่าสีแดงของแฮมที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น และสารผสมที่ใช้ทางการค้า....76

4.38 ค่าแรงต้านการดึง (tensile strength) ของแฮมที่ใช้สารผสมฟอสเฟต ที่พัฒนาขึ้น และสารผสมที่ใช้ทางการค้า....76

4.39 คะแนนด้านสี รสชาติ การเชื่อมติด และความชุ่มน้ำของแฮมที่ใช้ สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น และสารผสมที่ใช้ทางการค้า....77

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

4.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณของ STPP SAPP และ TSPP ในการหาอัตราส่วนของสารผสมฟอสเฟตที่ให้ค่า WHC ดีที่สุด....45

4.2 ความสัมพันธ์ของปริมาณของ STPP SAPP และ TSPP ในการหาอัตราส่วนของสารผสมฟอสเฟตที่ให้ค่า ES ดีที่สุด....46

4.3 คะแนนสีของเนื้อใน รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชุ่มน้ำของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น....50

4.4 คะแนนสีของเนื้อใน รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชุ่มน้ำของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นและสารผสมที่ใช้ทางการค้า....55

4.5 ความสัมพันธ์ของปริมาณ STPP และ TSPP ต่อ water loss ของแฮม....67

4.6 contour plot ความสัมพันธ์ของปริมาณ STPP และ TSPP ต่อ water loss ของแฮม....68

4.7 ความสัมพันธ์ของปริมาณ STPP และ TSPP ต่อ WHC ของแฮม....70

4.8 contour plot ความสัมพันธ์ของปริมาณ STPP และ TSPP ต่อ WHC ของแฮม....71

4.9 การซ้อน contour plot ของ water loss กับ contour plot ของ WHC ของแฮม....73

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย