

การเตรียมเซลลูโลสจากขังข้าวโพด ตอนที่ 1: การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด

จุฑารัตน์ พงษ์โนรี¹ และ ชีรพร กงบังเกิด¹

Abstract

Pongnoree, J. and Kongbangkerd, T.

Preparation of cellulose from corncobs I: Study on cellulose extraction

Songklanakar J. Sci. Technol., 2006, 28(1) : 191-199

The extraction of fat from corncob powder was determined using hexane and 95% ethanol solution for 4, 8 and 12 hrs. The selected powder was subjected to protein separation using 10, 15 and 20% NaOH for 15, 30 and 45 min. The obtained product was then bleached using 10, 15 and 20% H₂O₂ for 1.5, 3.0 and 4.5 hrs. It was found that the suitable condition for fat extraction was using 95% ethanol for 8 hrs. The optimal condition for protein extraction was using 15% NaOH for 30 min. and the bleaching condition was using 10% H₂O₂ for 1.5 hrs. The obtained product contained 76.90% cellulose (dry basis) and the chemical composition and physical properties were also determined.

Key words : preparation, corncob, cellulose, extraction

Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanukok, 65000 Thailand.

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท ²Dr. nat. techn. (Agricultural Science), ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Corresponding e-mail: teerapornk@nu.ac.th

รับต้นฉบับ 7 มีนาคม 2548 รับลงพิมพ์ 16 มิถุนายน 2548

บทคัดย่อ

จุฑารัตน์ พงษ์โนรี และ ชีรพร กงบังเกิด

การเตรียมเซลลูโลสจากซังข้าวโพด ตอนที่ 1: การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด

ว. สขลานครินทร์ วทท. 2549 28(1) : 191-199

การสกัดเซลลูโลสจากซังข้าวโพดโดยศึกษาชนิดของสารเคมีที่ใช้สกัดไขมัน ได้แก่ เฮกเซนและสารละลายเอทานอล 95% ระยะเวลา 4, 8 และ 12 ชั่วโมง นำผงซังข้าวโพดที่ผ่านการสกัดไขมันไปสกัดโปรตีนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 10, 15 และ 20% และระยะเวลาสกัด 15, 30 และ 45 นาที จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้ไปฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 10, 15 และ 20% และระยะเวลา 1.5, 3.0 และ 4.5 ชั่วโมง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไขมันคือสกัดด้วยสารละลายเอทานอล 95% ระยะเวลาสกัด 8 ชั่วโมง สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนคือสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% ระยะเวลา 30 นาที และสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกสีเซลลูโลสคือฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% ระยะเวลา 1.5 ชั่วโมง โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณเซลลูโลส 76.90% (น้ำหนักแห้ง) และนำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพเปรียบเทียบกับผงเซลลูโลสทางการค้า

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและในแต่ละปีมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยเฉพาะวัสดุที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบมากมาย เช่น ฟางข้าว ซังข้าวโพด รากถั่วเหลือง และแกนสับปะรด เป็นต้น การนำวัสดุที่เป็นแหล่งของเซลลูโลสเหล่านี้มาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารโดยตรง พบว่ามีข้อเสียในเรื่องขนาดของอนุภาค สี กลิ่น และรส ดังนั้นการนำมาผลิตเป็นเซลลูโลสผงจะสามารถช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ ปัจจุบันมีการผลิตเซลลูโลสผงจากวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ เช่น เปลือกถั่วเหลือง เปลือกถั่วเขียว กากชานอ้อย กากดอกกระเจียว และกากมันสำปะหลัง ส่วนแหล่งของเซลลูโลสอื่นๆ ที่น่าสนใจ และนำมาสกัดเซลลูโลส ได้แก่ ซังข้าวโพด ฟางข้าว ต้นข้าวโพด และปอ โดยวัสดุเหล่านี้มีเซลลูโลสประกอบอยู่ประมาณ 30% (อรพิน, 2523)

เซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์พืช พบมากในพืชผัก ผลไม้ และธัญชาติ เป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ในแง่ของอาหารเซลลูโลสเป็นอาหารลดความอ้วน เพราะให้ปริมาณกากอาหาร (ปาริชาติ, 2539) นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมโรคเบาหวาน โดยลดระดับน้ำตาลในเลือด และคอเลสเตอรอลในเลือด และลดอุบัติการณ์เกิดนิ่วในถุงน้ำดี (นิธิยา, 2537) ในส่วนของสมบัติและบทบาทเมื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารนั้น การเติมเซลลูโลสผง

ไม่เพียงแต่เป็นการเสริมเส้นใยอาหาร แต่ยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของอาหารทางด้านต่างๆ เช่น ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ทั้งนี้เนื่องจากผงเซลลูโลสมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่สามารถอุ้มน้ำไว้ที่ผิวได้จึงเกิดการพองตัวและสามารถทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ขนมอบไขมันต่ำได้โดยไม่ทำให้คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปมากนัก (Thomson, 1984) เซลลูโลสผงช่วยเพิ่มปริมาตรและปรับปรุงเนื้อสัมผัสในเค้ก (จันทร์รัตน์ และคณะ, 2539) ทำให้การหดตัวของเค้กหลังการอบลดลงเนื่องจากเซลลูโลสผงทำให้โครงสร้างที่เก็บกักก๊าซแข็งแรงขึ้น (Ang, 1991) และช่วยลดการอมน้ำมันในอาหารทอดต่างๆ (จุฬาลักษณ์ และคณะ, 2544) ในปัจจุบันเซลลูโลสผงมักจะนำเข้ามาจากต่างประเทศและมีราคาแพง ทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ผงเซลลูโลสนี้มีราคาสูงขึ้นตามไปด้วย เพื่อเป็นการช่วยลดการนำเข้าเซลลูโลสและนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ การเตรียมเซลลูโลสจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทต่างๆ ในประเทศไทยพบว่ามีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการสกัดเซลลูโลสโดยใช้วัสดุและสภาวะที่แตกต่างกัน รุ่งนภา (2538) ศึกษาการสกัดเซลลูโลสจากเปลือกโกโก้แห้งโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20% แขนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 65°C และฟอกสีโดยใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 20% ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 20 ชั่วโมง โดยควบคุม pH ที่

8.5-10.8 พบว่าได้ผลผลิตเซลล์โลส 54.09% วิชาและคณะ (2541) ศึกษาการสกัดเซลล์โลสจากเปลือกถั่วเหลืองและกากดอกกระเจี๊ยบ พบว่าการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 12 และ 7% ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนจะได้ปริมาณเซลล์โลส 39.16 และ 26.07% ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบริสุทธิ์สูงโดยมีปริมาณเซลล์โลสถึง 96% อีรพันธ์ (2542) ศึกษาการสกัดเซลล์โลสจากแกนสับปะรด โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 25% เวลาสกัด 2.45 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 87-98°C และฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 35% เวลา 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 87-98°C พบว่า เซลล์โลสที่สกัดได้มีปริมาณ 91.18% จากรายงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วพบว่าผลิตภัณฑ์เซลล์โลสที่สกัดได้มีคุณสมบัติด้านต่างๆ ที่แตกต่างกันเนื่องมาจากธรรมชาติของวัตถุดิบเริ่มต้นที่มีองค์ประกอบแตกต่างกันและสภาวะที่ใช้ในการสกัดที่ต่างกัน งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเตรียมผงเซลล์โลสจากซังข้าวโพดซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ทั่วไป ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าแล้วยังอาจนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและช่วยปรับปรุงคุณภาพของอาหารได้

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของซังข้าวโพด

งานวิจัยนี้ใช้ซังข้าวโพดสดพันธุ์หวานน้ำผึ้งแหล่งปลูกในเขตจังหวัดเชียงราย นำมาล้างน้ำประปาและอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด บดซังข้าวโพดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40-60 เมช เก็บตัวอย่างของซังข้าวโพดในถุงพลาสติกชนิด polyethylene ปิดผนึกปากถุงให้สนิท นำไปวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1990) โดยรายงานผลเป็นน้ำหนักแห้ง

2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไขมันจากผงซังข้าวโพด

สกัดไขมันจากผงซังข้าวโพดโดยวิธี Soxhlet extraction (AOAC, 1990) โดยวางแผนการทดลองแบบ

2x3 factorial in CRD โดยศึกษา 2 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไขมันที่เหลือคือ ชนิดของสารสกัด ได้แก่ เฮกเซนและสารละลายเอทานอล 95% และระยะเวลาในการสกัด ได้แก่ 4, 8 และ 12 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 6 ชุดทดลอง โดยนำผงซังข้าวโพด 5.0 กรัมไปสกัดไขมันตามสภาวะที่กำหนด จากนั้นนำผงซังข้าวโพดที่ผ่านการสกัดไขมันไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 1 ชั่วโมง และนำมาวิเคราะห์ปริมาณไขมันที่เหลือโดยวิธี Soxhlet (AOAC, 1990)

3. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากผงซังข้าวโพด

สกัดโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl (AOAC, 1990) จากผงซังข้าวโพดที่ผ่านการสกัดไขมันจากข้อ 2 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) วางแผนการทดลองแบบ 3x3 factorial in CRD รวมทั้งสิ้น 9 ชุดทดลอง โดยศึกษา 2 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณโปรตีนที่เหลือคือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10, 15 และ 20% และระยะเวลาสกัด 15, 30 และ 45 นาที โดยนำผงซังข้าวโพดที่ได้จากการคัดเลือกสภาวะในข้อ 2 มาแช่ในน้ำเดือดนาน 10 นาที กวนตลอดเวลา นำไปกรอง เดิมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นที่กำหนด โดยแช่ผงซังข้าวโพดในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 65°C ในอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบหมุนวนและกวนตลอดเวลาและแช่ตามเวลาที่กำหนด จากนั้นกรองสารละลายทิ้งและล้างผงซังข้าวโพดด้วยน้ำกลั่น 5 ครั้ง หรือจนกว่าจะได้สารละลายใส จากนั้นนำผงเซลล์โลสที่เหลือคั่งบนกระดาษกรองไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่โดยวิธี Kjeldahl (AOAC, 1990)

4. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกสีของเซลล์โลส

ฟอกสีผงเซลล์โลสด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วางแผนการทดลองแบบ 3x3 factorial in CRD รวมทั้งสิ้น 9 ชุดทดลอง โดยศึกษา 2 ปัจจัย ที่มีผลต่อค่า L* คือความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10, 15 และ 20% และระยะเวลาฟอกสี 1.5, 3.5 และ 4.5 ชั่วโมง โดยเติมน้ำกลั่นลงในผงเซลล์โลสที่คัดเลือกได้จากข้อ 3 ให้มีความเข้มข้นของตัวอย่างเป็น 5.0% โดยน้ำหนัก ปรับค่า

pH ให้ได้ 10.8 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 25% นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตามความเข้มข้นที่กำหนดและแช่ตามระยะเวลาที่กำหนดที่อุณหภูมิ 87-98°C (ธีรพันธ์, 2542) ในอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบหมุนวน กวนตลอดเวลา จากนั้นนำไปกรองแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นหลายครั้งจนสารละลายมีค่า pH ประมาณ 7 นำเซลลูโลสที่ได้ไปอบแห้งที่ตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง (รุ่งนภา, 2538) แล้วนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่า L* โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Model DP-9000)

5. การตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของผงเซลลูโลสจากซังข้าวโพดและเซลลูโลสทางการค้า (Solka-floc® UF-900)

5.1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของผงเซลลูโลสจากซังข้าวโพดและเซลลูโลสทางการค้า (Solka-floc® UF-900)

5.1.1 องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า โดยรายงานผลเป็นน้ำหนักแห้ง (dry basis) โดยวิธี AOAC (1990) และปริมาณเซลลูโลสตามวิธีของ Robinson (1981)

5.1.2 คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่า L* โดยเครื่อง (Hunter Lab) ค่า pH โดยวิธี AOAC (1990) ค่า water retention capacity และค่า oil retention capacity ตามวิธีของ Robinson (1981) และลักษณะทั่วไปของผงเซลลูโลส โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, LEO 1455VP) ที่กำลังขยาย 70 เท่า

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำในแต่ละขั้นตอนนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตัวแปรที่มีค่า significant F-values ที่ระดับนัยสำคัญ 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS® เวอร์ชัน 10

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางเคมีของซังข้าวโพด

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของซังข้าวโพดพันธุ์หวานน้ำผึ้งแสดงดัง Table 1 โดยพบว่าซังข้าวโพดมีปริมาณเยื่อใย 21.83% และแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำมาใช้สกัดและผลิตเป็นเซลลูโลส โดย Thomson (1984) รายงานว่าแหล่งของเซลลูโลสที่นำมาบริโภคควรสกัดมาจากพืชหรือส่วนของพืชที่บริโภคได้และควรมีปริมาณเยื่อใยอย่างต่ำ 15.0% อย่างไรก็ตาม ในซังข้าวโพดยังมีองค์ประกอบอื่นปะปนอยู่ การผลิตเซลลูโลสจึงจำเป็นต้องกำจัดองค์ประกอบเหล่านั้นออกไปเพื่อทำให้เซลลูโลสที่ได้มีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น (Whistler, 1963)

2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไขมันจากซังข้าวโพด

การสกัดไขมันโดยใช้แอลกอฮอล์และเฮกเซนเป็นวิธีที่ใช้ในการสกัดไขมันจากวัตถุดิบทางการเกษตรโดยทั่วไปเพื่อกำจัดรงควัตถุและไขมัน (Thumthanarak, 1996) จากการทดลองพบว่าการใช้สารสกัดทั้งสองชนิด เมื่อใช้เวลาสกัดนานขึ้นจะทำให้ปริมาณไขมันที่เหลือในซังข้าวโพดมีค่าลดลง และพบว่าการใช้เอทานอล

Table 1. Chemical composition of corncobs.

Composition	Content (%) dry basis
moisture	10.38
protein	9.38
lipid	2.24
ash	3.16
fiber	21.83
carbohydrates	53.01

95% สามารถสกัดไขมันออกจากผงซังข้าวโพดได้มากกว่าการใช้เฮกเซน เมื่อเปรียบเทียบการใช้สารสกัดต่างชนิดกัน และเวลาสกัดเดียวกัน พบว่าการใช้เอทานอล 95% สามารถสกัดไขมันออกจากผงซังข้าวโพดได้มากกว่าโดยมีปริมาณไขมันที่เหลือต่ำกว่าผงซังข้าวโพดที่สกัดด้วยเฮกเซนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การใช้สารละลายเอทานอล 95% และเวลาในการสกัด 12 ชั่วโมง พบว่ามีปริมาณไขมันที่เหลือในผงซังข้าวโพดต่ำที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างจากการใช้เวลาสกัดที่ 8 ชั่วโมง และเมื่อพิจารณาผลของปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างชนิดของสารสกัดและเวลาในการสกัดต่อปริมาณไขมันที่เหลือพบว่าไม่มีปฏิกริยาสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัยทั้งสอง ดังนั้นจึงคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไขมันโดยใช้เอทานอล 95% และเวลาในการสกัด 8 ชั่วโมง เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป (Table 2)

3. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากผงซังข้าวโพดที่สกัดไขมันแล้ว

การสกัดโปรตีนออกจากผงเซลล์โลสที่สกัดไขมันแล้วโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อใช้ความเข้มข้นเดียวกันแต่เวลาสกัดต่างกัน พบว่าปริมาณโปรตีนที่เหลือมีค่าลดลงเมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นและเมื่อใช้เวลาสกัดเดียวกันแต่ใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่างกัน พบว่าปริมาณโปรตีนที่เหลือมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เพิ่มขึ้น โดยให้ผลเช่นเดียวกับงานวิจัยของวันทนา (2539) และรุ่งนภา (2538) จากการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10% ที่เวลาสกัดต่างๆ

พบว่าผงซังข้าวโพดมีปริมาณโปรตีนที่เหลือไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และมีปริมาณโปรตีนที่เหลือสูงกว่าผงซังข้าวโพดที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15 และ 20% ที่ใช้เวลาสกัด 30 และ 45 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 15 และ 20% และเวลาสกัด 30 และ 45 นาที พบว่าปริมาณโปรตีนที่เหลือไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาผลของปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์และเวลาสกัดต่อปริมาณโปรตีนที่เหลือ พบว่าไม่มีปฏิกริยาสัมพันธ์กัน จึงคัดเลือกสภาวะในการสกัดเซลล์โลสด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% และเวลาสกัด 30 นาที เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป (Table 3)

4. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกสีผงเซลล์โลส

Table 4 แสดงค่า L^* หรือค่าความสว่าง (lightness) ของผงเซลล์โลสที่ฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นเดียวกันและเวลาในการฟอกสีต่างกัน พบว่าค่า L^* ของผงเซลล์โลสที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบการใช้เวลาในการฟอกสีเดียวกันที่ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แตกต่างกัน พบว่าค่า L^* ของผงเซลล์โลสมีค่าสูงขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น จันทร์นา (2537) รายงานว่านอกจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะช่วยทำให้สีของผงเซลล์โลสมีความขาวขึ้นแล้ว ยังช่วยกำจัดกลิ่นรสที่ผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นภายหลังจากการเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารและสามารถช่วยกำจัดลิกนิน แป้งและสารที่ไม่ใช่

Table 2. Lipid content of corncobs after extracting with different solvents at various times.

Solvent and extracting time	Lipid content left in corncob ¹ (%)
Hexane : 4 hour	0.73 ^d
Hexane : 8 hour	0.49 ^{bc}
Hexane : 12 hour	0.44 ^b
95% Ethanol : 4 hour	0.56 ^c
95% Ethanol : 8 hour	0.32 ^a
95% Ethanol : 12 hour	0.29 ^a

¹ Means within column not sharing a common superscript are significantly different ($p < 0.05$).

Table 3 Protein content of defatted corncobs after extracting with NaOH at 65°C at various times

NaOH concentration and extracting time	Protein content left in corncob ¹ (%)
10% NaOH : 15 minutes	1.44 ^b
10% NaOH : 30 minutes	1.23 ^b
10% NaOH : 45 minutes	1.08 ^b
15% NaOH : 15 minutes	1.17 ^b
15% NaOH : 30 minutes	0.69 ^a
15% NaOH : 45 minutes	0.64 ^a
20% NaOH : 15 minutes	1.17 ^b
20% NaOH : 30 minutes	0.65 ^a
20% NaOH : 45 minutes	0.64 ^a

¹ Means within column not sharing a common superscript are significantly different (p<0.05).

Table 4. L* values of corncob cellulose powder after bleaching at 87-98°C using H₂O₂ at various concentrations and times

H ₂ O ₂ concentration and bleaching time	L* value ¹
10% H ₂ O ₂ : 1.5 hour	78.12 ^{ab}
10% H ₂ O ₂ : 3.0 hour	76.94 ^a
10% H ₂ O ₂ : 4.5 hour	76.70 ^a
15% H ₂ O ₂ : 1.5 hour	78.37 ^{ab}
15% H ₂ O ₂ : 3.0 hour	77.86 ^{ab}
15% H ₂ O ₂ : 4.5 hour	77.65 ^{ab}
20% H ₂ O ₂ : 1.5 hour	78.49 ^{ab}
20% H ₂ O ₂ : 3.0 hour	78.94 ^{ab}
20% H ₂ O ₂ : 4.5 hour	80.45 ^b

¹ Means within column not sharing a common superscript are significantly different (p<0.05).

เซลลูโลสออกมาได้ เมื่อพิจารณาค่า L* ของผงเซลลูโลสที่ฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% เวลาฟอกสี 1.5 ชั่วโมง พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) จากค่า L* ของผงเซลลูโลสที่ฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 20% เวลาฟอกสี 4.5 ชั่วโมง ซึ่งให้ค่า L* หรือค่าความสว่างสูงสุด ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกสีผงเซลลูโลสในขั้นตอนนี้คือการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% และเวลาฟอกสี 1.5 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาผลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเวลาในการสกัดต่อค่า L* ของผงเซลลูโลสที่ได้พบว่าไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กัน

5. การตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเซลลูโลสจากซังข้าวโพดและเซลลูโลสทางการค้า (Solka-floc[®] UF- 900)

Table 5 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของผงเซลลูโลสจากซังข้าวโพดเปรียบเทียบกับเซลลูโลสทางการค้า (Solka-floc[®] UF-900) พบว่าปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมันและเถ้าของเซลลูโลสผงที่ได้จากซังข้าวโพดมีค่าสูงกว่าเซลลูโลสทางการค้าและปริมาณเซลลูโลสของผงเซลลูโลสจากซังข้าวโพดมีค่าต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเกิดจากความแตกต่างกันของวิธีการสกัด สภาวะที่ใช้ในการสกัดและวัตถุดิบที่นำมาเตรียม ในส่วนของคุณสมบัติทางกายภาพของผงเซลลูโลส

Table 5. Chemical composition of corncob cellulose powder compared to commercial cellulose (Solka-floc®UF-900)

Composition (%)	Corn cob cellulose	Commercial cellulose (Solka-floc®UF-900)
moisture	6.78	5.70
protein	0.16	0.07
lipid	0.35	0.26
ash	1.74	0.12
cellulose	76.90	98.60

Table 6. Physical properties of cellulose from corncobs and commercial cellulose (Solka-floc® UF-900)

Physical property	Corn cob cellulose	Commercial cellulose (Solka-floc®UF-900)
L* value	78.11	97.50
pH	6.38	5.29
water retention capacity (g water/g sample)	9.99	6.96
oil retention capacity (g oil/g sample)	5.68	6.64

จากซังข้าวโพดและผงเซลลูโลสทางการค้า (Solka-floc® UF-900) แสดงดัง Table 6 พบว่าผงเซลลูโลสจากซังข้าวโพดมีค่า L* ต่ำกว่าผงเซลลูโลสทางการค้า กล่าวคือ มีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาวน้อยกว่า และมีค่า pH และค่า water retention capacity สูงกว่าเซลลูโลสทางการค้า ซึ่งอาจมีสาเหตุจากลักษณะโครงสร้างและการจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความแตกต่างกัน (วิภา และคณะ, 2541) นอกจากนี้ Stephen (1995) รายงานว่าความแตกต่างของโครงสร้างเส้นใยไฟเบอร์ที่ได้จากการเตรียมที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่า water retention capacity มีความแตกต่างกัน จากการตรวจสอบลักษณะของผงเซลลูโลสจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผงเซลลูโลสจากซังข้าวโพด (Figure 1) พบว่ามีรูปร่างเป็นเกล็ด มีความยาวระหว่าง 100-200 ไมโครเมตร และมีรูพรุนมากจึงน่าจะเป็นสาเหตุให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำและเก็บกักน้ำได้ดี และมีผลทำให้เกิดการพองตัว (swell) ได้ทำให้มีค่า water retention capacity สูงและจากการที่ค่า oil retention capacity มีค่าต่ำกว่า อาจ

เนื่องมาจากเซลลูโลสมีสมบัติเป็น hydrophilic มากกว่า hydrophobic เป็นผลให้เซลลูโลสสามารถสร้างพันธะกับไฮโดรเจนที่แข็งแรงระหว่างน้ำกับเซลลูโลสได้ดีกว่า (Ang, 1990) และในส่วนของเซลลูโลสทางการค้าเมื่อตรวจสอบจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Figure 2) พบว่ามีลักษณะเป็นเส้นใยผิวค่อนข้างเรียบและมีความยาวระหว่าง 100-200 ไมโครเมตร Ang (1991) รายงานว่าผงเซลลูโลสที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารจะมีความยาวเส้นใยในช่วง 22-290 ไมครอน จะเห็นได้ว่าผงเซลลูโลสที่เตรียมจากซังข้าวโพดในงานวิจัยนี้มีคุณสมบัติแตกต่างจากผงเซลลูโลสทางการค้าเล็กน้อยและมีความยาวของเส้นใยอยู่ในช่วงที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอาหารได้ซึ่งจะได้ทำการศึกษาในตอนต่อไป

สรุป

สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมผงเซลลูโลสจากซังข้าวโพด ได้แก่ การใช้ผงซังข้าวโพดปริมาณ 5 กรัม นำ

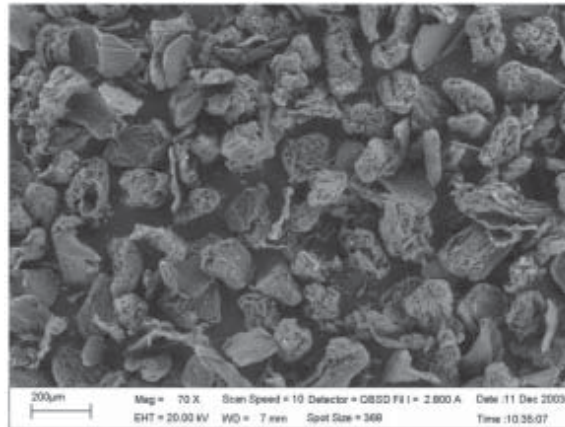


Figure 1. SEM micrographs of corncob cellulose powder (100 mesh), (70X)

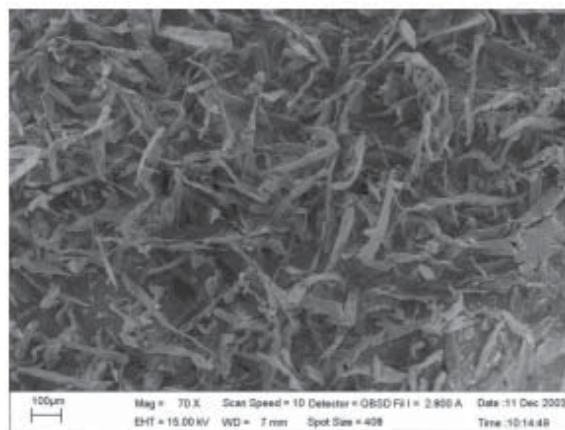


Figure 2. SEM micrographs of commercial cellulose powder (100 mesh) (Solka-floc®UF-900), (70X)

มาสกัดไขมันด้วยเอทานอล 95% เวลาสกัด 8 ชั่วโมง นำผงซึ่งขาวโพลดที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วไปสกัดโปรตีนต่อด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% ที่อุณหภูมิ 65°C เวลาสกัด 30 นาที และนำไปฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่อุณหภูมิ 87-98°C เวลา 1.5 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนระหว่างสารละลายผงเซลลูโลสในน้ำกลั่น 5% และเติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงไปให้มีความเข้มข้น 20% ผงเซลลูโลสที่เตรียมได้มีปริมาณเซลลูโลส 76.90% ค่า water retention capacity 9.99 กรัม/น้ำ/กรัมตัวอย่าง และ oil retention capacity 5.68 กรัม/น้ำมัน/กรัมตัวอย่าง และความยาวเส้นใยอยู่ระหว่าง 100-200 ไมโครเมตรซึ่งอยู่ในช่วงมีรายงานว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาหารได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ให้ทุนอุดหนุนวิจัยบางส่วน และบริษัทอินเตอร์กูด จำกัด ที่อนุเคราะห์ผงเซลลูโลสทางการค้า (Solka-floc® UF-900)

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2537. โภชนศาสตร์เบื้องต้น. โอ.เอส. พรินติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพฯ.
จันทร์รัตน์ เลิศมโนรัตน์, ธิตดินนท์ วาศิวสุทธิ์ และ ธัญญารัตน์ พงษ์ทรงกูร. 2539. การใช้เซลลูโลสที่สกัดจากกากอ้อย

- ในผลิตภัณฑ์เค้กช็อกโกแลตแคลอรีต่ำ: ปัญหาพิเศษ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- จุฬาลักษณ์ วงศ์สรรเสริญ, วิจิตศิริ โฆวัฒน์กุล และ บุญญาสิทธิ์ ดุลยศักดิ์. 2544. การใช้เซลลูโลสผงที่ผลิตจากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวเพื่อลดการอมน้ำมันในปาท่องโก๋: ปัญหาพิเศษ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ฉันทนา นันทวิวัฒน์วงศ์. 2537. การเปรียบเทียบการใช้เซลลูโลสผงจากกากอ้อยกับเซลลูโลสอื่นเพื่อลดการอมน้ำมันในแป้งชุบทอดและโดนัท. วิทยานิพนธ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ธีรพันธ์ ประคองพันธ์. 2542. การสกัดและใช้ประโยชน์เส้นใยอาหารและเซลลูโลสจากแกนสับปะรด. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.
- ปาริชาติ สักกะทำนุ. 2539. คุณค่าอาหารเส้นใยป้องกันบำบัดสรรพโรค. โรงพิมพ์รวมทรงศร, กรุงเทพฯ.
- รุ่งนภา ประกอบกิจ. 2538. การสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์คุกกี้. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- วิภา สุโรจนะเมธกุล ดิวิษา โลหะนะ พยอม อัตถวิบูลย์กุล และ บุญมา นิยมวิทย์. 2541. การใช้กากดอกกระเจี๊ยบและเปลือกถั่วเหลืองเพื่อผลิตเซลลูโลสผง. อาหาร 28(47) : 255-267.
- วันทนา พิณกุล. 2539. การสกัดใยอาหารจากรำข้าว: ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- อรพิน ภูมิภมร. 2523. คาร์โบไฮเดรตในอาหาร: โพลีแซคคาไรด์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Ang, J.F. 1990. Reduction of fat in fried foods containing powdered cellulose. In "Fat and Fiber: Practical Implications for the Calorie Reduced Product". Feb, 13-14, Washington. n.p.
- Ang, J.F. 1991. Water retention capacity and viscosity effect of powdered cellulose. J. Food Sci. 56(2): 1682-1684.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Robinson, W.B. 1981. Food Chemicals Codex (3rd ed). National Academy Press, Washington D.C.
- Stephen, A.M. 1995. Food Polysaccharides and their Applications. 1st ed. Marcel Dekker, New York.
- Thompson, J.B. 1984. Process for preparing cellulose. from: <http://www.united states patent.com> (retrieved on June 1, 2002).
- Thumtharak, B. 1996. Study on dietary fiber sources in Thailand and its application. M.S. Thesis, Mahidol University, Bangkok.
- Whistler, R.L. 1963. Method in Carbohydrate Chemistry. Vol. 3 Cellulose. Academic Press. New York.