Agricultural Sci. J. 42 : 3 (Suppl.) : 741-744 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 3 (พิเศษ) : 741-744 (2554)

การผลิตเซลลูโลสจากเปลือกกล้วย

Production of cellulose from banana peels

เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์[1] และ จิราภรณ์ สอดจิตร์[1]

Singanusong, R.[1] and Sodchit, C.[1]

Abstract

Processing of many OTOP products from bananas in Phitsanulok province, Thailand results in wastes such as banana peel, fingers and bunches which create unpleasant smell and might be a source for disease spread to the community if there is no good management. Attempts have been made by many organizations to utilize these wastes. However, there are still remaining wastes. This research aimed to change banana peel to a more value-added product, cellulose. Ripe banana peel at stages 5, 6 and 7 was used for this experiment to determine its cellulose content in order to select the appropriate stage of ripening for production of cellulose. It was found that banana peel stage 5 had the highest cellulose content ($p \leq 0.05$) when compared to stage 6 and 7. Therefore, it was selected for further studies. Banana peel cellulose (BPC) was obtained by alcoholic and alkali extraction with a bleaching process due to their ability to eliminate lipids, proteins and pigments. The suitable condition for alcoholic extraction was 95% ethanol for 24 h contact time, whereas that for alkali extraction was NaOH at pH 12 for 24 h. Finally, the suitable beaching condition was 15% hydrogen peroxide for 12 h. The obtained BPC had moisture, total lipids, protein, carbohydrate, ash, crude fiber and cellulose levels of 8.07, 0.40, 0.83, 47.77, 9.36, 33.52 and 78.90%, respectively. In addition, the BPC had pH, a_w, L*, water retention capacity and oil retention capacity of 6.30, 0.57, 86.06, 10.26 g oil/ g dried sample and 1.47 g oil/ g dried sample, respectively. The BPC had the chemical and physical properties similar to those of commercial cellulose.

Keywords: cellulose, banana peel, waste

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตสินค้า OTOP จากกล้วยในจังหวัดพิษณุโลกมีของเสียจากกระบวนการผลิต ได้แก่ เปลือกกล้วย หวี และเครือกล้วย ซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์และอาจเป็นแหล่งแพร่กระจายเชื้อโรคสู่ชุมชน หากขาดการจัดการที่ดี หลายหน่วยงานได้มีความพยายามนำของเสียเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ อย่างไรก็ตามยังมีของเสียเหล่านี้เหลืออยู่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าของเปลือกกล้วยโดยผลิตเป็นเซลลูโลส เปลือกกล้วยที่ใช้ในการทดลอง คือเปลือกกล้วยระยะ 5 6 และ 7 ทั้งนี้เพื่อคัดเลือกระยะการสุกที่เหมาะสมในการผลิตเซลลูโลส พบว่าเปลือกกล้วยสุกระยะ 5 มีปริมาณเซลลูโลสสูงสุด และมากกว่าระยะ 6 และ7 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงคัดเลือกเปลือกกล้วยระยะ 5 มาทำการศึกษาต่อไป การสกัดเซลลูโลสจากเปลือกกล้วยใช้ แอลกอฮอล์ ด่าง และสารฟอกสี ทั้งนี้เพื่อทำการกำจัด ไขมัน โปรตีน และสารสี ตามลำดับ สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยแอลกอฮอล์ ได้แก่ เอทานอล 95% เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ในขณะที่สกัดด้วยด่าง ใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ พีเอช 12 เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการฟอกสี สภาวะที่เหมาะสม คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 15% ระยะเวลา 12 ชั่วโมง เซลลูโลสจากเปลือกกล้วยที่ผลิตได้มี ความชื้น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า ใยอาหาร และปริมาณเซลลูโลส เท่ากับ 8.07, 0.40, 0.83, 47.77, 9.36, 33.52, และ 78.90% ตามลำดับ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี พีเอช ค่า a_w ค่า L^* ความสามารถในการอุ้มน้ำ และ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน เท่ากับ 6.30 0.57 86.06 10.26 และ 1.47 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ เซลลูโลสจากเปลือกกล้วยมีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพใกล้เคียงกับเซลลูโลสทางการค้า

คำสำคัญ: เซลลูโลส เปลือกกล้วย ของเสีย

[1] ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1] Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Muang, Phitsanulok, Thailand 65000

คำนำ

กล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดพิษณุโลก มีสินค้า OTOP ที่ผลิตจากกล้วยหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ กล้วยตาก กล้วยกวน กล้วยอบเนย และผลิตภัณฑ์กล้วยอื่น ๆ มีประมาณ 60 -70 ตันต่อวัน จากกระบวนการแปรรูปกล้วยดังกล่าวก่อให้เกิดเปลือกกล้วยเหลือทิ้ง ทำให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อม เช่น ส่งกลิ่นเหม็นและมีการแพร่กระจายของเชื้อโรค งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาของขยะจากเปลือกกล้วยและเป็นการเพิ่มมูลค่าของขยะด้วยการนำเปลือกกล้วยมาใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดเซลลูโลส ซึ่งเซลลูโลสดังกล่าวสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางในวงการอาหาร

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างเปลือกกล้วย นำผลกล้วยระยะที่ 5 (ผลมีสีเขียวและเหลืองเล็กน้อย), ระยะที่ 6 (ผลมีสีเหลืองทั้งผล)และระยะที่ 7 (ผลมีสีเหลืองทั้งผลและมีจุดสีน้ำตาล) มาปอกเปลือก หั่นให้มีขนาด 0.3x2.5 เซนติเมตร และชั่งน้ำหนักก่อนอบ นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำออกมาชั่งน้ำหนัก บดหยาบโดยใช้เครื่องบดปั่น และนำมาผ่านตะแกรงร่อนขนาด 35 mesh จะได้เปลือกกล้วยผงและเก็บไว้ในตู้เย็น

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณเซลลูโลสของเปลือกกล้วย โดยนำเปลือกกล้วยผงมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น (AOAC 40.1.04, 1995) ไขมัน (Soxhlet apparatus; Gerhardt Modle KI 26) โปรตีน (Kjeldahl digestion unit; Buchi Model B435) คาร์โบไฮเดรต (คำนวณจากผลต่างของ 100 และผลรวมทั้งหมด) เถ้า (AOAC 40.1.03, 1995) และเยื่อใย (AOAC 40.1.07, 1995) การวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส ใช้วิธีของ Robinson (1981)

การสกัดเซลลูโลส ใช้วิธีการทางเคมี โดยทำการสกัดสารที่ไม่ต้องการออก เช่น ไขมัน โปรตีน ลิกนิน และสารสี ทั้งนี้เพื่อให้ได้เซลลูโลสที่ได้มีความบริสุทธิ์มากที่สุด ทำการสกัดไขมัน โดยนำเปลือกกล้วยผงมาแช่ในสารเอทานอล 3 ความเข้มข้น ได้แก่ 90 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ และเวลาในการสัมผัสสารเคมี (contact time) 3 ระดับ ได้แก่ 8, 16 และ 24 ชั่วโมง เพื่อทำการสกัดไขมันออก ทำการทดลองในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบในการกวน 150 rpm ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (3×3 = 9 treatments; factorial in CRD) คัดเลือกตัวอย่างที่มีปริมาณไขมันน้อยที่สุด ทำการสกัดโปรตีน นำผงเปลือกกล้วยที่ผ่านการกำจัดไขมันออกแล้ว ทำการสกัดโปรตีนโดยนำตัวอย่างมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่พีเอช ต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 11.6, 11.8 และ 12 (ปรับด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 25 %) และชุดควบคุม (ไม่ปรับ พีเอช) เวลาในการสัมผัสสารเคมี 3 ระดับ ได้แก่ 8, 16 และ 24 ชั่วโมง ในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบใน การกวน 150 rpm ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (3×3 = 9 treatments; Factorial in CRD) คัดเลือกตัวอย่างที่มีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด

การฟอกสีเซลลูโลส นำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันและโปรตีนมาทำการฟอกสี และกำจัดลิกนิน โดยใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 4 ระดับ ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม) 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ และ เวลา 3 ระดับ ได้แก่ 30, 60 และ 90 นาที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (4×3 = 12 treatments ; factorial in CRD) และนำมาวัดค่าสี คัดเลือกทรีทเมนต์ที่มีสีใกล้เคียงกับเซลลูโลสผงทางการค้า ตรวจสอบคุณสมบัติของเซลลูโลสผงที่ผลิตได้ เปรียบเทียบกับเซลลูโลสผงทางการค้า

ผลและวิจารณ์การทดลอง

จาก Table 1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วย รายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (% dry basis) พบว่าปริมาณความชื้นของเปลือกกล้วยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อระยะการสุกของกล้วยเพิ่มขึ้น โดยเปลือกกล้วยระยะที่ 5 มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ปริมาณไขมันนั้นมีค่าลดลง ($P \leq 0.05$) เมื่อระยะการสุกของกล้วยเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนของเปลือกกล้วยระยะที่ 7 มีค่าต่ำที่สุด ($P \leq 0.05$) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของเปลือกกล้วยระยะที่ 5 มีค่าต่ำที่สุด ($P \leq 0.05$) ปริมาณเยื่อใยของเปลือกกล้วยไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ปริมาณเซลลูโลสของเปลือกกล้วยระยะที่ 5 มีค่าสูงกว่าระยะที่ 6 และ 7 ($P \leq 0.05$) (Table 2) ดังนั้นจึงทำการคัดเลือกเปลือกกล้วยระยะที่ 5 ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนต่อไป

จาก Table 3 พบว่าตัวอย่างชุดควบคุม (เปลือกกล้วยที่ไม่ผ่านการกำจัดไขมัน) มีปริมาณไขมันสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดไขมัน เมื่อระยะเวลาในการสกัดและความเข้มข้นของเอทานอลมากขึ้น ปริมาณไขมันที่เหลืออยู่ในเปลือกกล้วยมีค่าลดลง ($P \leq 0.05$) จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่าเวลาและความเข้มข้นของสารสกัดมีผลต่อปริมาณไขมันที่เหลืออยู่

Table 1 Chemical composition (% dry weight) of banana peel at stages 5, 6 and 7.

Ripening stage	Quantity (% dry basis)					
	Moisture	Fat	Protein	Carbohydrate	Ash	Fiber^{ns}
5	3.15±0.11^{c}	19.19±0.31^{a}	5.68±0.22^{a}	44.58±1.70^{b}	12.37±0.05^{ab}	15.03±0.28
6	4.68±0.13^{b}	6.82±0.56^{b}	6.57±0.02^{a}	54.51±1.14^{a}	12.12±0.07^{b}	15.23±0.38
7	7.65±0.05^{a}	4.34±0.74^{c}	3.74±0.42^{b}	56.21±0.37^{a}	12.62±0.09^{a}	15.30±0.85

Means with different superscripts in the same columns are significantly different ($P \leq 0.05$) by Duncan's multiple range test.

^{ns} Not differ significantly ($P > 0.05$).

Table 2 The cellulose content of banana peel cellulose at stages 5, 6 and 7.

Ripening stage	Cellulose content (%)
5	63.02±0.19^{a}
6	59.43±0.12^{b}
7	59.04±0.11^{b}

Means with different superscripts in the same columns are significantly different ($P \leq 0.05$) by Duncan's multiple range test.

ดังนี้จึงคัดเลือกเอทานอลความเข้มข้น 95% และเวลาในการสกัด 24 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับการสกัดไขมันออกของเซลลูโลสจากแหล่งอื่นๆ พบว่าเซลลูโลสจากซังข้าวโพดใช้เอทานอล 95% และเวลาในการสกัด 8 ชั่วโมง (จุฑารัตน์, 2547)

จาก Table 4 พบว่าปริมาณโปรตีนของเปลือกกล้วย มีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มมากขึ้น ในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการสกัด (8, 16 และ 24 ชั่วโมง) มีปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่ในเปลือกกล้วยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการสกัดและพีเอชมีผลต่อปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่หรือถูกสกัดออกไปจากเปลือกกล้วย เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการกำจัดโปรตีนออกจากตัวอย่างมากที่สุด จึงคัดเลือกโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีค่าพีเอช 12.0 และเวลาในการสกัด 24 ชั่วโมง ซึ่งสภาวะดังกล่าวให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับการสกัดเซลลูโลสจากแกนสับปะรดพีเอช 12 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Prakongpan *et al.*, 2002)

การฟอกสีเซลลูโลส พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และระยะเวลาในการฟอกสี ค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ตัวอย่างที่ใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 15% ระยะเวลาในการสกัด 12 ชั่วโมง มีค่า ความสว่าง (L*) สูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จึงคัดเลือกสภาวะดังกล่าวในการทดลอง (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

การวิเคราะห์คุณสมบัติของเซลลูโลสจากเปลือกกล้วยเปรียบเทียบกับเซลลูโลสทางการค้า คุณสมบัติทางเคมี พบว่าเซลลูโลสที่ผลิตจากเปลือกกล้วยมีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และค่า water activity มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนเยื่อใยและปริมาณเซลลูโลสของผลิตภัณฑ์เซลลูโลสจากทางการค้ามีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นจึงควรกำจัดสารที่ไม่ต้องการออกไป ทั้งนี้เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น คุณสมบัติทางกายภาพ พบว่าเซลลูโลสทางการค้ามีสีขาวกว่า (ค่า L* สูงกว่า) และความสามารถในการอุ้มน้ำมันสูงกว่าเซลลูโลสจากเปลือกกล้วย ในขณะที่ความสามารถในการอุ้มน้ำและค่าพีเอชของเซลลูโลสจากเปลือกกล้วยมีค่าสูงกว่าอย่างไรก็ตาม สีของผลิตภัณฑ์มีค่า L* มากกว่า 80 ก็สามารถยอมรับได้และไม่ก่อให้เกิดปัญหา เมื่อนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

Table 3 Total lipid content of the banana peel stage 5 after extraction with ethanol.

Ethanol concentration (%) and contact time (h)	Total lipid content retained (%)
Control	19.19 ± 0.42[a]
90 % 8 h.	14.68± 0.02[b]
95 % 8 h.	11.85± 0.52[c]
99 % 8h.	9.51± 0.48[de]
90 % 16 h.	10.38± 0.42[d]
95 % 16h.	9.70± 0.02[de]
99 % 16 h.	6.60± 0.62[f]
90 % 24 h.	8.79± 0.12[e]
95 % 24 h.	6.05± 0.40[f]
99 % 24 h.	5.57± 0.02[f]

Means with different superscripts in the same columns are significantly different ($P \leq 0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 4 Protein content of banana peel at stage 5 after extraction with sodium hydroxide

pH of sodium hydroxide solution and contact time (h)	Protein content retained (%)
Control	6.18±0.12[a]
pH 11.6 8 h	4.91±0.45[b]
pH 11.8 8 h	4.90±0.24[b]
pH 12.0 8 h	4.06±0.02[bc]
pH 11.6 16 h	3.79±0.46[c]
pH 11.8 16 h	4.06±0.42[bc]
pH 12.0 16 h	2.97±0.01[cd]
pH 11.6 24 h	2.69±0.39[cd]
pH 11.8 24 h	2.70±0.15[cd]
pH 12.0 24 h	1.58±0.05[d]

Means with different superscripts in the same columns are significantly different ($P \leq 0.05$) by Duncan's multiple range test.

สรุปผลการทดลอง

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเซลลูโลสจากเปลือกกล้วย คือ ใช้เอทานอลที่ความเข้มข้น 95% นาน 24 ชั่วโมง ทำการสกัดโปรตีนออกโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่พีเอช 12.0 นาน 24 ชั่วโมง ปรับพีเอชให้เป็นกลางด้วย กรดฟอสฟอริกให้ได้พีเอช 7 ทำการฟอกสีด้วยสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 15% ระยะเวลาในการฟอกสี 12 ชั่วโมง ล้างน้ำ ทำให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8-10 ชั่วโมง ได้เซลลูโลสที่มีสีขาวโดยมีค่า L* เท่ากับ 86.06 คุณสมบัติทางเคมี ของเซลลูโลสจากเปลือกกล้วยมีความไม่บริสุทธิ์มากกว่าเซลลูโลสทางการค้า ($p \leq 0.05$) ส่วนเซลลูโลสทางการค้ามีสีขาวกว่าเล็กน้อย ความสามารถในการอุ้มน้ำของเซลลูโลสจากเปลือกกล้วยมีค่าสูงกว่าเซลลูโลสทางการค้า แต่ความสามารถในการ อุ้มน้ำมันของเซลลูโลสทางการค้ามีค่าสูงกว่าเซลลูโลสจากเปลือกกล้วย

เอกสารอ้างอิง

จุฑารัตน์ พงษ์โนรี. 2547. การสกัดเซลลูโลสจากซังข้าวโพดและการประยุกต์ใช้ในอาหาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

AOAC. 1995. Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. Arlington, VA, USA.

Prakongpan, T., A. Nitithamyong and P. Luanpituksa. 2002. Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple cores. J. Food Sci. 67 : 1308-1313.

Robinson, W. B. 1981. Food Chemical Codex (3rd ed) Washington DC : National Academy Press.