Agricultural Sci. J. 38 : 5 (Suppl.) : 283-286 (2007) ว. วิทย. กษ. 38 : 5 (พิเศษ) : 283-286 (2550)

กระบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวเพื่อดูดซับก๊าซเอทิลีน
Rice straw papermaking for ethylene absorption

ชัยพร สามพุ่มพวง[1] **และ รังสินี โสธรวิทย์**[2]
Chaiyaporn Sampoompuang[1] and Rungsinee Sothornvit[2]

Abstract

Rice straw is a waste from the agricultural field. It is abundant and less use. It consists of high contents of cellulose and hemicellulose fibers. Moreover, it contains the sufficient amount of the pulp yield to provide better paper properties and apply for using as an active packaging. The objective of this study was to investigate the process of rice straw paper making for ethylene absorption using sodium hydroxide (NaOH) solution to obtain rice straw pulp and activated carbon as an ethylene absorber. It was found that rice straw cooked with 20 % NaOH exhibited the best paper physical properties such as density and brightness and the highest values of mechanical properties in terms of tensile index, % stretch, folding endurance and burst index, comparing to that at lower NaOH concentrations used. Thus, rice straw pulp treated at this condition was selected and incorporated with activated carbon powder to form a rice straw paper sheet. The special rice straw paper sheet was able to absorb ethylene gas. This will benefit to use as an active wrapped-type packaging for fruit and vegetable to prolong the shelf life of agricultural commodities.

Keywords: rice straw paper, rice straw, papermaking, mechanical properties, ethylene absorber

บทคัดย่อ

ฟางข้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีจำนวนมากและมีการใช้ประโยชน์น้อย ฟางข้าวประกอบด้วยเส้นใยที่เป็นเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสอยู่สูง นอกจากนั้นยังมีปริมาณผลผลิตเยื่อที่เพียงพอต่อการนำมาผลิตเป็นกระดาษที่มีสมบัติที่ดีและสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์แอกทิฟ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนผลิตกระดาษฟางข้าวเพื่อดูดซับเอทิลีนโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการผลิตเยื่อและใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดซับเอทิลีน จากการทดลองพบว่าเยื่อฟางข้าวที่ต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 ผลิตเป็นกระดาษที่ให้ความแข็งแรงแก่กระดาษมากที่สุด ทั้งสมบัติทางกายภาพเช่นความหนาแน่นและความสว่าง และให้ค่าสมบัติทางกลสูงสุดในด้านดัชนีความต้านทานแรงดึง ความยืด ความต้านทานการหักพับ และดัชนีความต้านทานแรงดันทะลุ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า จึงคัดเลือกที่สภาวะดังกล่าวและนำมาผสมร่วมกับถ่านกัมมันต์เพื่อผลิตเป็นกระดาษฟางข้าว พบว่าสามารถผลิตเป็นกระดาษฟางข้าวที่มีความสามารถในการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ในการเป็นบรรจุภัณฑ์ห่อหุ้มผักและผลไม้เพื่อยืดอายุการเก็บผลผลิตเกษตรได้

คำสำคัญ: กระดาษฟางข้าว ฟางข้าว การผลิตกระดาษ สมบัติทางกล ตัวดูดซับเอทิลีน

คำนำ

ผักและผลไม้สดเมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วยังมีกระบวนการหายใจเกิดขึ้นอยู่ ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาผักและผลไม้สั้นลง เนื่องจากผักและผลไม้ผลิตก๊าซเอทิลีนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวภาพของผักและผลไม้ เนื้อเยื่อพืชทุกชนิดสามารถสร้างเอทิลีนได้ ซึ่งโดยปกติการผลิตเอทิลีนจะมีปริมาณต่ำ แต่เมื่อผลไม้สุกหรือเมื่อผักผลไม้ถูกกระทบกระเทือน เช่น เกิดบาดแผล จะเกิดการเร่งกระบวนการสร้างเอทิลีนเพิ่มมากขึ้น (จริงแท้, 2544) ปกติสารดูดซับเอทิลีนที่นิยมใช้คือ โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) แต่มีข้อควรระวังในเรื่องการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์อาหาร และปัญหาในการกำจัดทิ้ง (Peiser and Suslow, 1998) ในปัจจุบันได้มีการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อช่วยในการส่งเสริมการขาย และทำหน้าที่พิเศษอื่นๆ เพิ่มขึ้น เช่น สามารถดูดซับก๊าซต่างๆ โดยการเติมสารประกอบลงไปในวัสดุผลิตบรรจุภัณฑ์ เช่น การเติมสารยับยั้งการ

[1] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[1] Kasetsart Agriculture and Agro-Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University.
[2] ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
[2] Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsean, Kasetsart University, Kamphaengsean Campus

เจริญเติบโตของจุลินทรีย์ลงในฟิล์มที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ ส่วนในผักผลไม้มีการใช้สารดูดซับเอทิลีนร่วมในบรรจุภัณฑ์ทำให้ผักผลไม้มีอายุการเก็บนานขึ้น (วาณี, 2547) นอกจากนี้ยังมีการนำถ่านกัมมันต์มาทำให้ชุ่มด้วยแร่เพิลลิเดียม ผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกับฟิล์มพลาสติกขึ้นรูปเป็นฟิล์มพลาสติกทำเป็นบรรจุภัณฑ์แอกทิฟ (active packaging) เพื่อนำมาใช้ในการดูดซับก๊าซเอทิลีน (Brody, 2001)

ประเทศไทยเป็นแหล่งปลูกข้าวและส่งออกข้าวที่สำคัญประเทศหนึ่งของโลก ในปี 2548 มีผลผลิตข้าว 29.19 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548) และมีฟางข้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประมาณ 3 เท่าของผลผลิตซึ่งสามารถนำมาทำเยื่อและมีปริมาณผลผลิตของเยื่อมากเพียงพอที่จะนำไปผลิตเป็นกระดาษได้ และถ้ามีการพัฒนากระดาษฟางข้าวให้มีคุณสมบัติพิเศษในการดูดซับก๊าซเอทิลีน จะเป็นการเพิ่มมูลค่าของฟางข้าวและสามารถทำกระดาษฟางข้าวพิเศษไปใช้ประโยชน์ในการรักษาผลผลิตทางการเกษตรได้ ในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวโดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุดูดซับก๊าซเอทิลีน ให้เป็นกระดาษฟางข้าวที่สามารถดูดซับก๊าซเอทิลีนได้ เพื่อพัฒนาไปเป็นบรรจุภัณฑ์แอกทิฟ ที่สามารถนำไปใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผักผลไม้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ฟางข้าวจากสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร ลาดยาว จตุจักร บางเขน กรุงเทพฯ ที่อบแห้งแล้วมีความชื้นร้อยละ 7 นำมาแช่น้ำเปล่าเป็นเวลา 1 คืน จากนั้นต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ10 , 15 และ 20 ต่อน้ำหนักแห้งของฟางข้าว ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วล้างเยื่อด้วยน้ำสะอาด กระจายด้วยเครื่องกระจายเยื่อเป็นเวลา 10 นาที นำเยื่อที่ผ่านการกระจายเยื่อมาคัดแยกเยื่อด้วยตะแกรงคัดแยกเศษเยื่อ flat screener (ตามวิธีมาตรฐาน TAPPI T 278 sp-99) นำเยื่อฟางข้าวที่ผ่านช่องตะแกรงซึ่งเป็นเยื่อที่เหมาะ มาผลิตแผ่นกระดาษทดสอบโดยให้มีน้ำหนักมาตรฐาน 60±5 กรัมต่อตารางเมตร แล้วตรวจสอบคุณสมบัติของกระดาษทางกายภาพและทางกล

คัดเลือกความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในขั้นตอนที่ให้ความแข็งแรงของกระดาษมากที่สุดมาผลิตเยื่อฟางข้าว ร่วมกับการใช้ผงถ่านกัมมันต์ร้อยละ 50 ผลิตเป็นแผ่นกระดาษโดยให้มีน้ำหนักมาตรฐาน 80±5 กรัมต่อตารางเมตร และวัดปริมาณการดูดซับก๊าซเอทิลีนเข้มข้นเริ่มต้น 1 ppm โดยเปรียบเทียบกับวัสดุดูดซับก๊าซเอทิลีนอื่นๆ ได้แก่ผงถ่านกัมมันต์ ก้อนอิฐมอญทุบชุบด้วยสารละลายโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) ผงซิโอไลด์ (zeolite) แผ่น activated carbon fiber น้ำหนักตัวอย่างละ 5 กรัม ในขวดรูปชมพู่ที่ปิดสนิท ทำการวัดทุกๆ 1 ชั่วโมงจนครบ 7 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม SPSS Version 11 และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95

ผล

ฟางข้าวที่ต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แต่ละความเข้มข้นให้ปริมาณผลผลิตเยื่อ (yield) และเศษเยื่อฟางข้าว (debris) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อปริมาณผลผลิตเยื่อและเศษเยื่อเหลือค้างตะแกรง ฟางข้าวที่ต้มด้วยความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่ำ (Table 1) จะให้ปริมาณผลผลิตเยื่อสูงในขณะเดียวกันก็มีปริมาณเศษเยื่อเหลือค้างตะแกรงอยู่สูงมากเช่นกัน เมื่อนำผลผลิตเยื่อฟางข้าวทำแผ่นกระดาษทดสอบตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล พบว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อสมบัติทางกลของกระดาษ ยกเว้นค่าความต้านทานการฉีกขาด ส่วนสมบัติทางกายภาพมีค่าสูงขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นเช่นกัน (Table 1)

การวัดปริมาณการดูดซับก๊าซเอทิลีนของวัสดุดูดซับเอทิลีน พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับเอทิลีนของก้อนอิฐมอญชุบด้วยโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต ดูดซับปริมาณก๊าซเอทิลีนมากที่สุดและสามารถที่จะดูดซับเอทิลีนจนหมดภายในระยะเวลา 6 ชั่วโมง รองลงมาเป็นผงถ่านกัมมันต์ กระดาษฟางข้าวผสมถ่านกัมมันต์ แผ่น activated carbon fiber และผงซิโอไลด์ ซึ่งมีความเข้มข้นของเอทิลีนในขวดลดลงเหลือ 0.271 0.599 0.773 และ 0.981 ppm. ตามลำดับ ในระยะเวลา 7 ชั่วโมง (Figure 1)

Table 1 Effect of NaOH content on pulp yield, debris yield, physical and mechanical properties of rice straw paper

	NaOH (%)		
	10	15	20
Yield (%)	54.40[a]	43.99[b]	39.57[c]
Debris (%)	10.35[a]	3.52[b]	2.40[b]
Physical properties			
Thickness, mm.	0.154[a]	0.143[b]	0.140[b]
Density, g/cm^3	0.416[c]	0.457[b]	0.471[a]
Brightness, %	24.44[c]	28.91[b]	32.45[a]
Mechanical properties			
Tensile index, N.m/g	20.89[b]	20.65[b]	22.63[a]
Stretch, %	0.96[b]	0.99[b]	1.24[a]
Folding endurance, time	2.40[b]	2.13[b]	3.26[a]
Tear index, mN.m^2/g	5.64[a]	5.38[a]	5.49[a]
Burst index, kPa.m^2/g	0.96[c]	1.08[b]	1.18[a]

Means in the same row with similar superscripts are not significantly different at the 5% level (p>0.05) by DMRT.

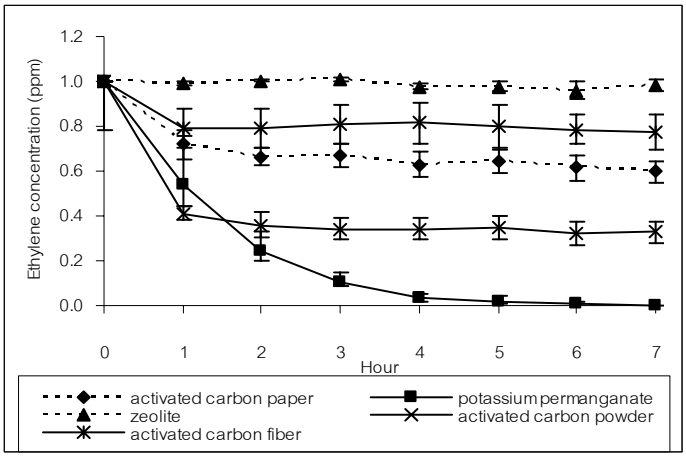

Figure 1 Effect of types of ethylene absorbers on ethylene concentration in a static flask system

วิจารณ์ผล

ฟางข้าวที่ต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นต่ำให้ปริมาณผลผลิตเยื่อมาก แต่ไม่เหมาะสมในการผลิตกระดาษ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของวุฒินันท์และคณะ (2548) ได้รายงานไว้ว่าฟางข้าวที่ต้มด้วยระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 11 นำเยื่อไปทำกระดาษจะได้ลักษณะกระดาษที่มีเส้นใยไม่สมบูรณ์อยู่มาก เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ไม่สามารถย่อยสลายให้เส้นใยแยกออกจากกันอย่างอิสระ ตรวจสอบโดยการคัดแยกเยื่อหาปริมาณเยื่อค้างตะแกรงทำให้ทราบปริมาณฟางข้าวที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการต้ม เยื่อฟางข้าวที่ไม่สามารถย่อยสลายได้จะมีปริมาณลิกนินตกค้างอยู่มากทำให้การจับตัวระหว่างเส้นใยต่ำ ส่งผลให้กระดาษที่ได้มีความแข็งแรงต่ำไปด้วย การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สามารถกำจัดลิกนินของเยื่อฟางข้าวได้ ดังนั้นความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ต้ม เวลาในการต้ม มีผลต่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใย และความสม่ำเสมอของเส้นใยที่ได้ ซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติของกระดาษ (นิคม, 2521)

ก้อนอิฐมอญชุบด้วยโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต สามารถกำจัดก๊าซเอทิลีนจนหมด เนื่องจากเป็นวัสดุดูดซับที่มีสารโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตเป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์อย่างแรงจะทำปฏิกิริยากับเอทิลีน ได้แมงกานีสไดออกไซด์ (manganese dioxide) รวมทั้งน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ (จริงแท้, 2544) ผงถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติในการดูดซับเอทิลีนได้เช่นกันทั้งในรูปแบบผงและกระดาษ จะเห็นได้ว่าผงถ่านกัมมันต์ สามารถดูดซับปริมาณก๊าซเอทิลีนได้มากกว่ากระดาษฟางข้าวที่ผสมถ่านกัมมันต์ (Figure 1) เนื่องจากการนำผงถ่านกัมมันต์ผสมร่วมกับเยื่อในการผลิตกระดาษจะทำให้ปริมาณผงถ่านสูญเสียไปในกระบวนการผลิตกระดาษ ทำให้ปริมาณผงถ่านกัมมันต์บรรจุซองมีปริมาณมากกว่าในแผ่นกระดาษจึงดูดซับเอทิลีนในปริมาณมากกว่า

สรุป

การต้มฟางข้าวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 ต่อน้ำหนักแห้ง มีผลทำให้กระดาษฟางข้าวมีความแข็งแรงมากที่สุด ได้แก่สมบัติทางกลในด้านดัชนีความต้านทานแรงดึง ความยืด ความต้านทานการหักพับ และดัชนีความต้านทานแรงดันทะลุ ทางกายภาพได้แก่ความหนาแน่นและความสว่าง เมื่อนำเยื่อฟางข้าวที่ได้ผสมกับถ่านกัมมันต์ผลิตเป็นกระดาษฟางข้าวที่มีความสามารถในการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและไม้ผล. พิมพ์ครั้งที่ 4 .มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ,กรุงเทพฯ. 396 น.

นิคม เพชรผุด. 2521. คู่มือปฏิบัติการวิชาเทคโนโลยีทางเยื่อและกระดาษ. ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 92 น.

วาณี ชนเห็นชอบ .2547 .การบรรจุแบบแอคตีฟในอาหารและผลิตผลสด .วารสารบรรจุภัณฑ์ไทย .เม.ย-.มิ.ย .น49-47 .

วุฒินันท์ คงทัด ,วารุณี ธนะแพสย์ และ ชัยพร สามพุ่มพวง. 2548. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการพัฒนากระดาษฟางข้าวที่ทำด้วยมือเพื่อการพิมพ์สกรีน. สถาบันพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ,กรุงเทพฯ. 35 น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ .2548 .ข้าว ,น .4-3 .*ใน* เอกสารประกอบการสัมมนา ภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2548 และแนวโน้มปี .2549 วันพฤหัสบดีที่ 1 ธันวาคม 2548 ณ โรงแรมรามาการ์เด้นส์ ,กรุงเทพฯ.

Brody, A.L. 2001. Products & Technologies Packaging. Food Technology. 55(1): 82-84.

Peiser, G. and Suslow, T.V. 1998. Factors affecting ethylene adsorption by zeolite: the last word (from us). Perishables Handling Newsletter Issue. 95:17-19.

Technical Association of Pulp and Paper Industry. 1996. TAPPI Test Methods 1996-1997. TAPPI Press, Atlanta.