การศึกษาคุณสมบัติของไฮโดรเจลที่สังเคราะห์จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งพุทธรักษา

Characterization of hydrogels prepared from cassava and canna starches

ยิ่งศักดิ์ ไกรพินิจ[1] ดุษฎี อุตภาพ[1] วิไล รังสาดทอง[2] และจุรีรัตน์ พุดตาลเล็ก[3]

Yingsak Kraipinit [1], Dudsadee Uttapap[1], Vilai Rungsardthong[2], and Chureerat Puttanlek[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะในการเตรียมเจลแป้งและปริมาณสารเชื่อมขวางต่อคุณสมบัติของไฮโดรเจลจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งพุทธรักษาซึ่งสังเคราะห์โดยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันของแป้งกับซัคซินิคแอนไฮไดรด์โดยมี 4-ไดเมทิลอะมิโนไพริดินเป็นสารเร่งปฏิกิริยา จากผลการทดลองพบว่าการใช้สภาวะในการเตรียมเจลแป้งที่อุณหภูมิ 121 ^{0}C ความดัน 15 psi เป็นเวลา 15 นาที จะทำให้เม็ดแป้งแตกและกระจายตัวได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 95 ^{0}C เป็นเวลา 15 นาที โดยแป้งมันสำปะหลังมีการแตกกระจายของเม็ดแป้งอย่างสมบูรณ์ เนื้อเจลมีลักษณะที่สม่ำเสมอและไม่พบชิ้นส่วนของเม็ดแป้ง ในขณะที่เม็ดแป้งพุทธรักษาจะยังคงเห็นเป็นชิ้นส่วนของเม็ดแป้งโดยมีชิ้นส่วนเล็กๆ ที่แตกออกมากระจายแทรกอยู่ทั่วไป เมื่อนำเจลแป้งที่ได้ไปสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของซัคซินิคแอนไฮไดรด์ต่อหน่วยกลูโคสแอนไฮดรัสเท่ากับ 5:1 และ 10:1 พบว่าการเพิ่มปริมาณของซัคซินิคแอนไฮไดรด์จะทำให้ได้ไฮโดรเจลที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำลดลง โดยไฮโดรเจลที่สังเคราะห์จากเจลแป้งซึ่งเตรียมที่อุณหภูมิ 121^{0}C ภายใต้ความดัน 15 psi มีความสามารถในการดูดซับน้ำสูงกว่าที่สังเคราะห์จากเจลแป้งซึ่งเตรียมที่อุณหภูมิ 95 ^{0}C ไฮโดรเจลที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลังมีค่าการดูดซับน้ำสูงสุดที่ 92 g/g-ไฮโดรเจลแห้ง เมื่อใช้สภาวะในการเตรียมเจลแป้งที่อุณหภูมิ 121^{0}C ความดัน 15 psi และอัตราส่วนโดยโมลของสารเชื่อมขวางเท่ากับ 5:1 ในขณะที่ไฮโดรเจลที่เตรียมจากแป้งพุทธรักษาในสภาวะเดียวกัน ให้ค่าการดูดซับน้ำสูงสุดต่ำกว่าเล็กน้อย (89 g/g)

ABSTRACT

Effects of condition of starch gel preparation and molar ratio of crosslinking agent on properties of hydrogels prepared from cassava and canna starches by reaction of starch with succinic anhydride, using 4-dimethylaminopyridine as an esterification catalyst, were investigated. Starch granules gelatinized at 121 ^{0}C, 15 psi for 15 min exhibited more degree of disintegration and dispersion, compared to those gelatinized at 95^{0}C for 15 min. Cassava starch granules were completely dispersed and homogeneous gel without granule fragments was observed, whereas large

[1]สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Division of Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi

[2]ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Department of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok

[3]ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

Department of Biotechnology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University,

and small fragments of granules were still remained for the case of canna starch. All starch gels obtained were used for hydrogel synthesis by using the mole ratios of succinic anhydride to gluco-anyhydro uint of 5:1 and 10:1. Increase in the ratio of succinic anhydride resulted in decreasing water absorbency of the hydrogels. Hydrogels prepared from starch gelatinized at 121 ^{0}C, 15 psi displayed more water absorbency than those from starch gelatinized at 95^{0}C. Hydrogel from cassava starch had the highest water absorbency at 92 g-water/g- dry hydrogel when being prepared from starch gelatinized at 121 ^{0}C, 15 psi and using a mole ratio of succinic anhydride to gluco-anyhydro unit of 5:1. Hydrogel from canna starch displayed a slight lower water absorbency (92 g-water/g- dry hydrogel) under the same conditions.

Keywords : hydrogel; water absorbent; crosslinking agent; starch

Yingsak Kraipinit: yingsak.kr@hotmail.com

บทนำ

ไฮโดรเจล (hydrogel) เป็นโครงร่างตาข่าย (network) ของโพลิเมอร์ที่มีความสามารถในการกักเก็บของเหลวไว้ในตัวเองได้ในปริมาณมาก จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้มีการนำไฮโดรเจลไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมายเช่น ใช้ดูดซับของเสียจากการขับถ่ายของร่างกาย ทางการเกษตรใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ เคลือบปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ทางการแพทย์ใช้เป็นตัวนำพายา เป็นต้น วัสดุที่ใช้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลอาจเป็นโพลิเมอร์สังเคราะห์ (synthetic polymer) จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีหรือโพลิเมอร์จากธรรมชาติ (natural polymer) ซึ่งการใช้โพลิเมอร์จากธรรมชาติมีข้อดีคือ ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต ทั้งยังสามารถย่อยสลายเองตามธรรมชาติและไม่เป็นพิษเมื่อเกิดการย่อยสลายแล้ว โพลิเมอร์จากธรรมชาติที่นำมาใช้สังเคราะห์ไฮโดรเจลเช่น โปรตีน เซลลูโลส ไคโตซาน กัมและแป้ง เป็นต้น แป้งเป็นวัสดุธรรมชาติที่ทำให้มีความบริสุทธิ์ได้ง่าย มีราคาถูก หาได้ง่ายและมีการนำมาใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ มากมาย จึงเป็นวัสดุที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้ในการผลิตไฮโดรเจล จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำแป้งมาสังเคราะห์ไฮโดรเจล พบว่ามีการศึกษาการใช้แป้งชนิดต่างๆ เป็นวัตถุดิบเริ่มต้น เช่น แป้งมันสำปะหลัง (Kiatkamjornwong และคณะ, 2002) แป้งมันฝรั่ง (Yoshimura และคณะ, 2006) แป้งมันเทศ (Qunyi, และ Ganwei, 2005) และแป้งสาคู (Lee และคณะ, 2005) เป็นต้น ส่วนวิธีการที่ใช้สังเคราะห์ไฮโดรเจลจากแป้งมีหลายวิธีการซึ่งอาจจัดได้เป็นกลุ่มดังนี้ การสังเคราะห์จากปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชันแบบขั้นตอนเดียว (Bajpai และ Saxena , 2004; Castellano และคณะ, 1994) และแบบสองขั้นตอนจากการเกิดอนุมูลอิสระ (Bhuniya และคณะ, 2003; Masci และคณะ, 2002) การสังเคราะห์ด้วยวิธีการครอสลิงค์โดยใช้สารเคมีที่มีหลายหมู่ฟังก์ชัน (Akiyoshi และคณะ, 1996) การเหนี่ยวนำให้เกิดโพลิเมอร์ด้วยการใช้รังสีเพื่อให้เกิดการครอสลิงค์ (Hashim และคณะ, 2000; Ceresh และคณะ, 2002) และวิธีการรวมตัวทางกายภาพ (physical self-assembly) (Janes และคณะ, 2002; Akiyoshi และคณะ, 1993)

ในขั้นตอนการสังเคราะห์ไฮโดรเจลจากแป้งดิบนั้นจะต้องเริ่มจากการทำให้อะไมโลสและอะไมโลเพกตินซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในเม็ดแป้งมีการกระจายตัวออกมาก่อน จากนั้นโมเลกุลแป้งจะเข้าทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจล Yoshimura และคณะ (2006) ศึกษาการสังเคราะห์ไฮโดรเจลจากแป้งมัน

ฝรั่งโดยเตรียมเจลแป้ง 2 แบบคือ ละลายเม็ดแป้งด้วยตัวทำละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (dimethylsulfoxide, DMSO) และในน้ำร้อน ทำการสังเคราะห์ไฮโดรเจลด้วยวิธีการครอสลิงค์โดยใช้ซัคซินิคแอนไฮไดรด์โดยมี 4- อะมิโนไพริดินเป็นสารเร่งปฏิริยา พบว่าไฮโดรเจลที่สังเคราะห์ได้จากแป้งในตัวทำละลาย DMSO ให้ค่าการดูดซับน้ำสูงสุดที่ 120 g/g ในขณะที่ไฮโดรเจลจากแป้งที่ละลายด้วยน้ำร้อนและใช้น้ำเป็นตัวกลางในการสังเคราะห์พบว่าให้ค่าการดูดซับน้ำสูงสุดที่ 70 g/g ซึ่งผลจากการศึกษานี้บ่งชี้ว่านอกจากชนิดของสารตัวกลางที่ใช้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลแล้ว ระดับการกระจายตัวของเม็ดแป้งก่อนทำการสังเคราะห์ไฮโดรเจลก็อาจเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของไฮโดรเจลที่สังเคราะห์ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลของระดับการกระจายตัวของเม็ดแป้งต่อคุณลักษณะของไฮโดรเจลโดยเฉพาะทางด้านความสามารถในการดูดซับน้ำของไฮโดรเจล โดยเลือกใช้แป้ง 2 ชนิดคือ แป้งมันสำปะหลังและแป้งพุทธรักษา ซึ่งมีความสามารถในการพองตัวและลักษณะการแตกตัวของเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน ใช้สภาวะในการเตรียมเจลแป้ง 2 แบบคือ ที่อุณหภูมิ 95 ^{0}C เป็นเวลา 15 นาที และที่ 121 ^{0}C ภายใต้ความดัน 15 psi เป็นเวลา 15 นาที โดยมีน้ำเป็นตัวทำละลาย นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงผลของปริมาณสารเชื่อมขวางต่อคุณภาพของไฮโดรเจลด้วย โดยการสังเคราะห์ไฮโดรเจลจะใช้วิธีการตามรายงานของ Yoshimura และคณะ (2006)

อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัตถุดิบและสารเคมี

-แป้งมันสำปะหลังสายพันธุ์ KU 50 และแป้งพุทธรักษาสายพันธุ์จีน

-ซัคซินิคแอนไฮไดรด์ (succinic anhydride) ความบริสุทธิ์ 97% เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Fluka

-4-ไดเมทิลอะมิโนไพริดิน (4-dimethylaminopyridine) ความบริสุทธิ์ 98% เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Fluka

-เมทานอล (methanol) เกรดทางการค้า

2. การสังเคราะห์ไฮโดรเจลจากแป้ง (Yoshimura และคณะ, 2006)

เตรียมเจลแป้งโดยใช้แป้ง 2% ในน้ำร้อน ควบคุมอุณหภูมิที่ 95 ^{0}C เป็นเวลา 15 นาที (เจลแป้ง$_{95}$) หรือที่ 121 ^{0}C ภายใต้ความดัน 15 psi เป็นเวลา 15 นาที (เจลแป้ง$_{121/P}$) โดยใช้หม้อนึ่งความดันไอ เมื่ออุณหภูมิของเจลแป้งที่ได้ลดลงถึงอุณหภูมิห้อง เติม 4-ไดเมทิลอะมิโนไพริดินที่อัตราส่วนโดยโมลต่อหน่วยกลูโคสแอนไฮดรัสเท่ากับ 1 ละลายจนสมบูรณ์ โดยกวนด้วยแท่งแม่เหล็ก เติมซัคซินิคแอนไฮไดรด์ที่อัตราส่วนโดยโมลต่อหน่วยกลูโคสแอนไฮดรัสเท่ากับ 5 และ 10 ตามลำดับ ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาโดยมีการกวนตลอดเวลาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วปรับ pH ให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น จากนั้นตกตะกอนไฮโดรเจลด้วยเมทานอลและอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 ^{0}C นำไฮโดรเจลแห้งไปบดและร่อนผ่านตะแกรงอะลูมิเนียมเพื่อให้ได้ขนาดผงไฮโดรเจล 425-500 μm

3. การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำของไฮโดรเจล

ชั่งตัวอย่างไฮโดรเจลแห้ง 0.2 g แช่ในน้ำกลั่นปริมาตร 200 ml ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองไฮโดรเจลที่ได้หลังแช่น้ำผ่านตะแกรงอะลูมิเนียมขนาด 150 μm ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ชั่งน้ำหนักไฮโดรเจลแล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณค่าการดูดซับน้ำตามสูตร

$$\text{ค่าการดูดซับน้ำ (g/g)} = \frac{\text{(น้ำหนักไฮโดรเจลหลังกรอง – น้ำหนักไฮโดรเจลแห้ง)}}{\text{น้ำหนักไฮโดรเจลแห้ง}}$$

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ลักษณะของเจลแป้งมันสำปะหลังและแป้งพุทธรักษา

ลักษณะของเจลแป้งมันสำปะหลังและแป้งพุทธรักษาซึ่งเตรียมที่อุณหภูมิ 95 ^{0}C เป็นเวลา 15 นาที (เจลแป้ง$_{95}$) และที่อุณหภูมิ 121 ^{0}C ภายใต้ความดัน 15 psi เป็นเวลา 15 นาที (เจลแป้ง$_{121/P}$) ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดงดังรูปที่ 1 และ 2 พบว่าเมื่อเตรียมเจลแป้งที่อุณหภูมิ 95 ^{0}C เม็ดแป้งมันสำปะหลังจะแตกกระจายตัวออกแต่ยังคงมีชิ้นส่วนของเม็ดแป้งอยู่ในสายละลาย ในขณะที่เม็ดแป้งพุทธรักษาส่วนมากจะยังคงรูปของเม็ดแป้ง แต่จะมีปลายด้านหนึ่งที่แตกออกโดยโครงสร้างที่เหลืออยู่จะมีลักษณะซ้อนกันเป็นชั้นๆ ส่วนเจลแป้งที่เตรียมที่อุณหภูมิ 121 ^{0}C ภายใต้ความดัน พบว่าเม็ดแป้งมันสำปะหลังมีการแตกกระจายของเม็ดแป้งอย่างสมบูรณ์ เนื้อเจลมีลักษณะที่สม่ำเสมอและไม่พบชิ้นส่วนของเม็ดแป้ง ในขณะที่เม็ดแป้งพุทธรักษาจะแตกออกมากกว่าที่ 95^{0}C แต่ยังคงเห็นเป็นชิ้นส่วนของเม็ดแป้งโดยมีชิ้นส่วนเล็กๆ ที่แตกออกมากระจายแทรกอยู่ทั่วไป จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าแป้งพุทธรักษามีโครงสร้างการจัดเรียงตัวภายในที่แข็งแรงกว่าแป้งมันสำปะหลัง และระดับการแตกตัวของเม็ดแป้งจะขึ้นกับสภาวะที่ใช้โดยการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นร่วมกับความดันจะทำให้เม็ดแป้งแตกตัวได้มากขึ้น เนื่องจากการเจลาติไนส์แป้งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้พันธะระหว่างองค์ประกอบภายในเม็ดแป้งถูกทำลายทำให้น้ำแทรกเข้าไปในเม็ดแป้งเกิดการพองตัวของเม็ดแป้งขึ้น และเมื่อเตรียมในสภาวะที่ความดันสูง แรงดันจะช่วยทำให้เม็ดแป้งแตกกระจายตัวออกได้ดียิ่งขึ้น

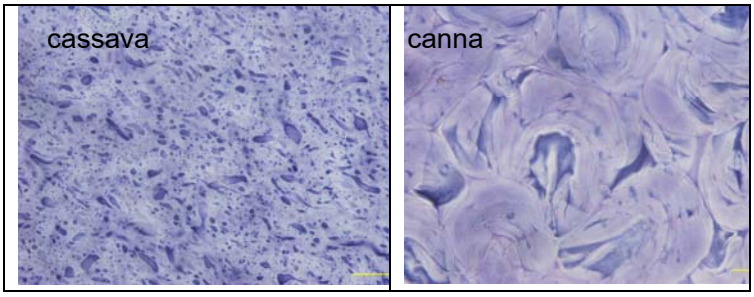


Figure1 Light micrographs (x400) of cassava and canna starches gelatinized at 95^{0}C for 15 min.

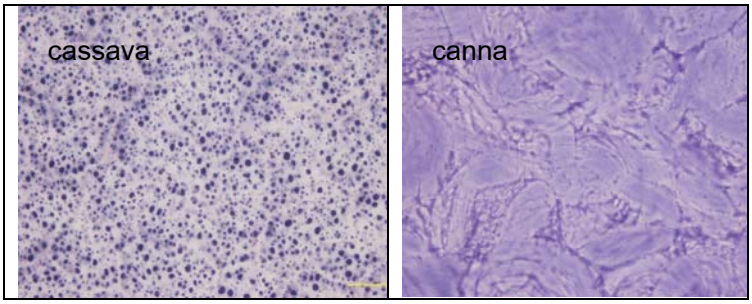
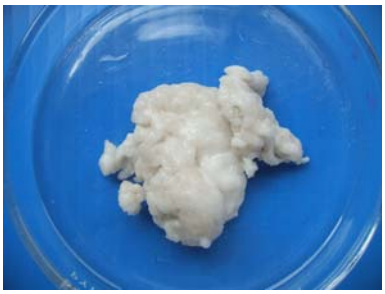


Figure2 Light micrographs (x400) of cassava and canna starches gelatinized at 121^{0}C, 15 psi for 15 min.

2. ลักษณะทางกายภาพของไฮโดรเจลหลังการตกตะกอนด้วยเมทานอล

ลักษณะของไฮโดรเจลที่สังเคราะห์จากเจลแป้ง$_{95}$ หลังการตกตะกอนด้วยเมทานอลแสดงดังรูปที่ 3 พบว่าเมื่อใช้อัตราส่วนโดยโมลของซัคซินิคแอนไฮไดรด์ต่อกลูโคสแอนไฮดรัสที่เท่ากัน ไฮโดรเจลที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลังจะมีลักษณะเหลว คงรูปเล็กน้อย สีออกขาว ส่วนไฮโดรเจลที่สังเคราะห์จากแป้งพุทธรักษาจะคงรูปเหนียว ยืดหยุ่นและมีเนื้อที่แน่นกว่าและมีสีออกเข้มกว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของซัคซินิคแอนไฮไดรด์จาก 5:1 เป็น 10:1 ไฮโดรเจลที่ได้จากทั้งแป้งมันสำปะหลังและแป้งพุทธรักษาจะมีลักษณะเนื้อที่เหนียวและแน่นมากขึ้น เนื่องจากปริมาณสารเชื่อมขวางที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ระดับการเกิดครอสลิงค์มากขึ้น โครงสร้างภายในของไฮโดรเจลจึงมีความแข็งแรงและแน่นมากขึ้น (ปวีณา และคณะ, 2548)



hydrogel from cassava starch mole ratios 5:1

hydrogel from canna starch mole ratios 5:1

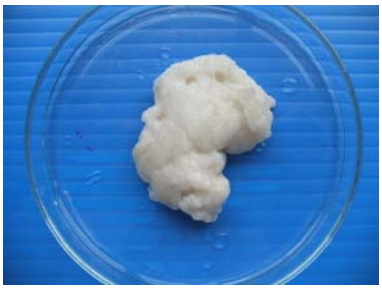
hydrogel from cassava starch mole ratios 10:1

hydrogel from canna starch mole ratios 10:1

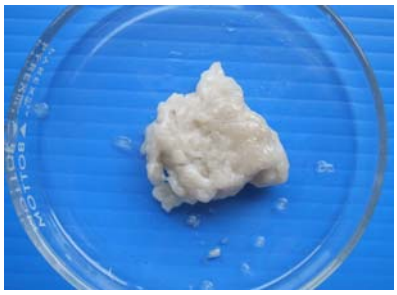
Figure 3 Appearance of hydrogels (from starch gelatinized at 95^{0}C for 15 min) synthesized by using mole ratios of succinic anhydride to gluco-anhydro unit at 5:1 and 10:1.

ส่วนลักษณะของไฮโดรเจลที่สังเคราะห์จากเจลแป้ง$_{121/P}$ หลังการตกตะกอนด้วยเมทานอล (รูปที่ 4) พบว่าที่อัตราส่วนโมลที่เท่ากันไฮโดรเจลที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลังมีลักษณะเหลว ไม่คงตัวและเนื้อเจลใสมีสีขาวบางส่วนในขณะที่ไฮโดรเจลที่เตรียมจากแป้งพุทธรักษา มีลักษณะเจลเหลว ไม่คงตัว มีส่วนใสบางส่วน มีสีออกเข้มกว่าไฮโดรเจลที่สังเคราะห์จากแป้งมันสำปะหลัง เมื่อเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของซัคซินิคแอนไฮไดรด์จาก 5:1 เป็น 10:1 พบว่าเนื้อของไฮโดรเจลจากแป้งทั้งสองชนิดจะมีลักษณะเนื้อที่เหนียวและแน่นมากขึ้น เนื่องจากการครอสลิงค์ที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณสารเชื่อมขวางจึงทำให้เนื้อของไฮโดรเจลยืดหยุ่นได้ลดลงจึงคงรูปได้ดีกว่า (ปวีณา และคณะ, 2548) ไฮโดรเจลที่เตรียมจากเจลแป้ง$_{95}$จากแป้งทั้งสองชนิดจะตกตะกอนด้วยเมทานอลได้ดี มีลักษณะสีออกขาวขุ่นมากกว่าไฮโดรเจลที่เตรียมจาก เจลแป้ง$_{121/P}$ ที่ลักษณะเจลจะตกตะกอนได้ช้า และมีลักษณะส่วนที่เป็นเจลใสมากกว่าที่เตรียมจากเจลแป้ง$_{95}$ จากการตกตะกอนโดยเมทานอลในปริมาณที่เท่ากัน

ไฮโดรเจลที่เตรียมจาก เจลแป้ง$_{95}$ จะตกตะกอนได้ดีกว่าไฮโดรเจลที่เตรียมจากเจลแป้ง$_{121/P}$ ซึ่งคาดว่าน่าจะเกี่ยวข้องกับลักษณะการแตกตัวของเม็ดแป้งหลังการเจลาติไนซ์ โดยเม็ดแป้งในเจลแป้ง$_{95}$ จะแตกตัวและกระจายตัวในตัวทำละลายได้น้อยกว่าเม็ดแป้งของเจลแป้ง$_{121/P}$ เมื่อเกิดการครอสลิงค์โดยสารเชื่อมขวางจะเกิดขึ้นที่ผิวนอกของชิ้นส่วนของเม็ดแป้งทำให้ชิ้นส่วนเหล่านี้อยู่ใกล้ชิดกันมากขึ้นและมีความหนาแน่นที่สูงขึ้น จึงทำให้ตกตะกอนได้ง่ายกว่าไฮโดรเจลจากเจลแป้ง$_{121/P}$ ซึ่งเม็ดแป้งมีการแตกตัวและกระจัดกระจายมาก การครอสลิงค์กับสารเชื่อมขวางเกิดขึ้นระหว่างชิ้นส่วนของเม็ดแป้งที่เล็กกว่าจึงทำให้มีความหนาแน่นต่ำจึงตกตะกอนได้ช้า



hydrogel from cassava starch, mole ratios 5:1



hydrogel from canna starch, mole ratios 5:1

hydrogel from cassava starch,mole ratios 10:1

hydrogel from canna starch,mole ratios 10:1

Figure 4 Appearance of hydrogels (from starch gelatinized at 121^{0}C, 15 psi for 15 min) synthesized by using mole ratios of succinic anhydride to gluco-anhydro unit at 5:1 and 10:1.

3. ผลของอัตราส่วนโดยโมลของซัคซินิกแอนไฮไดรด์ต่อกูลโคสแอนไฮดรัสในแป้งต่อปริมาณการดูดซับน้ำของไฮโดรเจล

ปริมาณการดูดซับน้ำของไฮโดรเจลแห้งที่สังเคราะห์จากแป้งมันสำปะหลังโดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของซัคซินิคแอนไฮไดร์ต่อกลูโคสแอนไฮดรัสของแป้งเท่ากับ 5:1 ของเจลแป้ง$_{95}$ และ เจลแป้ง$_{121/P}$ มีค่าเท่ากับ 67.1 และ 92.5 g/g-ไฮโดรเจลแห้ง ในขณะที่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลเป็น 10:1 เจลแป้ง$_{95}$ และ เจลแป้ง$_{121/P}$ ให้ค่าปริมาณการดูดซับน้ำเท่ากับ 54.3 และ 50.3 g/g-ไฮโดรเจลแห้ง ตามลำดับ ส่วนไฮโดรเจลที่สังเคราะห์จากแป้งพุทธรักษาที่ใช้อัตราส่วนโดยโมลเท่ากับ 5:1 เจลแป้ง$_{95}$ และ เจลแป้ง$_{121/P}$ ให้ค่าปริมาณการดูดซับน้ำเท่ากับ 61.4 และ 89.4 g/g-ไฮโดรเจลแห้ง และเมื่อใช้อัตราส่วนโดยโมลเท่ากับ 10:1 เจลแป้ง$_{95}$ และ เจลแป้ง$_{121/P}$ ให้ค่าปริมาณการดูดซับน้ำเท่ากับ 46.1 และ 51.4 g/g-ไฮโดรเจลแห้ง ตามลำดับ ข้อมูลที่ได้นี้บ่งชี้ว่าปริมาณของซัคซินิคแอนไฮไดรด์ซึ่งใช้เป็นสารเชื่อมขวางเพื่อให้เกิดการครอสลิงค์ของโพลิเมอร์ในแป้ง (อะไมโลสและอะไมโลเพกติน) เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณภาพของไฮโดรเจลที่ได้ โดยถ้าใช้ในปริมาณที่มากขึ้น ระดับการเชื่อมขวางที่มากขึ้นจะส่งผลให้โครงสร้างภายในของไฮโดรเจลมีความยืดหยุ่นลดลง ทำให้โครงสร้างไม่สามารถขยายตัวเพื่อ

กักเก็บน้ำได้จึงส่งผลให้ค่าการดูดซับน้ำลดลง ในขณะที่เมื่อใช้ปริมาณสารเชื่อมขวางที่เหมาะสมจะทำให้ไฮโดรเจลที่ได้มีโครงสร้างโพลิเมอร์ที่มีความยืดหยุ่นมากกว่าและสามารถขยายตัวได้ดี จึงสามารถกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้ปริมาณสูงกว่า (ปวีณา และคณะ, 2548) ดังนั้นการใช้ปริมาณสารเชื่อมขวางที่อัตราส่วนโดยโมลเท่ากับ 5:1 ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลจากแป้งทั้งสองชนิดและจากสภาวะการเตรียมเจลทั้งสองสภาวะจึงเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมกว่าการใช้ที่อัตราส่วนโดยโมลเท่ากับ 10:1

4. ผลของสภาวะการเจลาติไนส์แป้งต่อปริมาณการดูดซับน้ำของไฮโดรเจล

จากผลการศึกษาสภาวะการเจลาติไนซ์ต่อคุณสมบัติการดูดซับน้ำของไฮโดรเจลจากแป้ง พบว่าในกรณีของแป้งมันสำปะหลังไฮโดรเจลที่เตรียมจากเจลแป้ง$_{95}$ใช้อัตราส่วนโดยโมลของสารเชื่อมขวางเท่ากับ 5:1 และ 10:1 มีปริมาณการดูดซับน้ำ 67.1 และ 54.3 g/g-ไฮโดรเจลแห้ง ในขณะที่ไฮโดรเจลที่เตรียมจากเจลแป้ง$_{121/P}$ มีปริมาณการดูดซับน้ำ 92.5 และ 50.3 g/g-ไฮโดรเจลแห้งตามลำดับ สำหรับแป้งพุทธรักษา พบว่าไฮโดรเจลที่เตรียมจากเจลแป้ง$_{95}$ โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของสารเชื่อมขวางเท่ากับ 5:1 และ 10:1 ดูดซับน้ำได้ 61.4 และ 46.1 g/g-ไฮโดรเจลแห้ง ในขณะที่ไฮโดรเจลจากเจลแป้ง$_{121/P}$ มีปริมาณการดูดซับน้ำ 89.4 และ 51.4 g/g-ไฮโดรเจลแห้งตามลำดับ ผลที่ได้นี้บ่งชี้ว่าการเตรียมเจลแป้งโดยใช้อุณหภูมิสูงภายใต้ความดันจะทำให้ได้เจลที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำสูงกว่าไฮโดรเจลที่เตรียมจากเจลแป้งทโดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่า เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงร่วมกับการใช้ความดันจะทำให้อะไมโลส อะไมโลเพคตินและชิ้นส่วนที่ยังเหลืออยู่ของเม็ดแป้งกระจายตัวได้ดี ทำให้มีโอกาสในการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันของหมู่ไฮดรอกซิลในแป้งกับสารเชื่อมขวางได้ดีกว่า ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับรายงานของ Hashem และคณะ (2005) ที่สังเคราะห์ไฮโดรเจลจากแป้งข้าวโพดด้วยวิธีการกราฟโพลิเมอไรเซชัน โดยเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิในการเจลาติไนซ์แป้งที่ 65, 75 และ 85 ^{0}C พบว่าที่อุณหภูมิเจลาติไนซ์ที่ 85 ^{0}C ไฮโดรเจลที่ได้ดูดซับน้ำได้สูงสุด อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้พบว่าเมื่อใช้ปริมาณสารเชื่อมขวางในปริมาณมาก (ที่ 10:1) เจลแป้ง$_{121/P}$ และเจลแป้ง$_{95}$มีปริมาณการดูดซับน้ำที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเชื่อมขวางเกิดขึ้นสูงมากจนทำให้ไม่มีความแตกต่างระหว่างเจลที่มีการแตกตัวของเม็ดแป้งต่างกัน

สรุป

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า สภาวะในการเตรียมเจลแป้งและปริมาณของซัคซินิกแอนไฮไดรด์ซึ่งใช้เป็นสารเชื่อมขวางมีผลต่อคุณสมบัติในการดูดซับน้ำของไฮโดรเจลที่สังเคราะห์จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งพุทธรักษา โดยเจลแป้งที่เตรียมโดยใช้อุณหภูมิ 121 ^{0}C ภายใต้ความดัน 15 psi เป็นเวลา 15 นาที จะให้ไฮโดรเจลที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำมากกว่าที่เตรียมจากเจลที่อุณหภูมิ 95 ^{0}C เป็นเวลา 15 นาที และอัตราส่วนโดยโมลของซัคซินิคแอนไฮไดร์ต่อกลูโคสแอนไฮดรัสของแป้งเท่ากับ 5:1 จะได้ไฮโดรเจลที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำมากกว่าที่อัตราส่วน 10:1 โดยที่สภาวะเดียวกัน ไฮโดรเจลที่สังเคราะห์จากแป้งมันสำปะหลังจะมีความสามารถในการดูดซับน้ำมากกว่าไฮโดรเจลจากแป้งพุทธรักษาเล็กน้อย สำหรับแนวทางในการศึกษาพัฒนาต่อไปคือ การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมที่จะทำให้ได้ไฮโดรเจลที่ความสามารถในการดูดซับน้ำได้สูงและสามารถตกตกตะกอนออกมาได้ง่ายหลังการสังเคราะห์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ปวีณา เลิศจรรยากุล, สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ และสุดา เกียรติกำจรวงศ์. 2548. ผลของกรดมาเลอิกต่อการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของอะคริลาไมด์/กรดมาเลอิกและค่าการดูดซึมน้ำ. วารสารราชบัณฑิตยสถาน 30:111-222.

Akiyoshi, K., Deguchi, S., Moriguchi, N., Yamaguchi, S. and Sunamoto, J. 1993. Self-aggregates of hydrophobized Polysaccharides in Water-Formation and Characteristics of pH-responsive Behaviors of Graft Copolymer and Blend Nanoparticles. Macromolecules 26:3062-3068.

Akiyoshi, K., Taniguchi, I., Fukui, H. and Sunamoto, J. 1996. Hydrogel Nanoparticle Formed by Self-assembly of Hydrophobized Polysaccharide. Stabilization of Adriamycin by complexation, *Eur. J. Pharm*. 42:286-290.

Bajpai, S.K. and Saxena, S. 2004. Emzymatically Degradable and pH-sensitive Hydrogels for Colon-targeted Oral Drug Delivery. I. Synthesis and Characterization. *J. Appl polym. Sci*. 92:3630-3643.

Bhuniya, S.P., Rahman, S., Satyanand, A.J., Gharia, M.M. and Dave, A.M. 2003. Novel Ruote to Synthesis of Allyl-modified Starch with Methacrylic Acid and Acrylamide. *J. Polym. Sci. Part A: Polym.Chem*. 41:1650-1658.

Castellano, I., Pascual, B., Vazquez, B., Goni, I. and Gurruchaga, M. 1994. Graft Copolymerization of Different Mixtures of Acrylic Monomers on amylopectin: Swelling Behavior. *J. Appl polym. Sci*. 54:577-584.

Ceresh, S., Gilboa, Y., Peisahov-Korol, J., Gdalevsky, G., Voorspoels, J., Remon, J.P. and Kost, J. 2002. Preparation and Characterization of Bioadhesive Grafted Starch Copolymers as Platsforms for Controlled Drug Derivery. J. Appl. Polym.Sci. 86:1157-1162.

Hashem, A., Afifi, M. A., El-Alfy, E. A. and Hebeish, A. 2005. Synthesis, Characterization and Saponification of Poly(AN)-Starch Composites and Properties of their Hydrogels. *American* J. Applied Sci 2:614-621.

Hashim, K., Dahlan, K.Z. and Noordin, N.M., 2000, Hydrogel of Sago Starch/Water-soluble Polymers by Electron Beam Irradiation Technique. International Symposium on Radiation Technology in Emerging Industrial Applications. International Atomic Energy Agency (IAEA)-SM-365.

Janes, K.A., Calvo, P. and Alonso, M.J. 2002. Polysaccharide Colloidal Particles as Delivery Systems for Macromolecules. Adv. Drug. Deliv. Rev. 54: 13-36.

Lee, J.S., Kumae, R.N., Rozman, H.D. and Azemi, B.M.N. 2005. Pasting, swelling and solubility properties of UV initiated starch-graft-poly(AA). *Food Chemistrl.* 91:203-211.

Kiatkamjornwong, S., Mongkolsawat, K. and Sonsuk, M. 2002. Synthesis and property characterization of cassava starch grafted poly[acrylamide-co-(maleic acid)] superabsorbent via γ-irradiation. Polymer Journal. 43:3915-3924.

Masci, G., Bontempo, D. and Crescenzi, V. 2002. Synthesis and Characterization of Thermoresponsive N-isopropylacrylamide/Methacrylated Pullulan Hydrogels. *Polymer* 43:5587-5593.

Qunyi, T. and Ganwei, Z. 2005. Rapid synthesis of a superabsorbent from a saponified starch and acrylonitrile/AMPS graft copolymers. *Carbohydrate Polymers Journo.* 62:74-79.

Yoshimura, T., Yoshimura, R., Seki, C. and Fujioka, R. 2006. Synthesis and characterization of biodegradable hydrogels based on starch and succinic anhydride. Carbohydrate Polymers Journal 64:345-349.