

ผลของชนิด และปริมาณพลาสติกไซเซอร์ต่อการขึ้นรูปและสมบัติ
ของแผ่นฟิล์มบริโภคน้ำได้จากเปลือกข้าวโพด

THE EFFECT OF TYPE AND AMOUNT ON FORMING PLASTICIZER
AND PROPERTIES OF EDIBLE FILM FROM CORN HUSK

วิชัญ เกตุรู้ ฝึกการรอง เด็ดขุนทด และธนาวรรณ สุขเกษม*

Wisanu Ketoo, Phakakrong Doedkhunthod, and Tanawan Sukkasem*

Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University

* corresponding author e-mail: Tan_awan@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพลาสติกไซเซอร์ต่อการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มบริโภคน้ำได้จากเปลือกข้าวโพด 3 ชนิด คือ ข้าวโพดข้าวเหนียว ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ข้าวโพดไร่) โดยเติมสารพลาสติกไซเซอร์ 3 ชนิด คือ กลีเซอรอล ซอร์บิทอลและไกลคอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 20, 25 และ 30 จากนั้นนำแผ่นฟิล์มที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของแผ่นฟิล์ม พบว่าแผ่นฟิล์มที่เติมสารพลาสติกไซเซอร์ด้วยกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 ลงในสารละลายที่เตรียมจากผงเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 5 กรัม สามารถขึ้นรูปได้ดีที่สุด เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพ พบว่าแผ่นฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลมีค่าความหนาอยู่ระหว่าง 0.79-0.93 มิลลิเมตร ค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มร้อยละ 9.61-18.50 ค่าการละลายน้ำร้อยละ 66.91-77.35 อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 420.07-500.31 g/m²hr และเมื่อนำแผ่นฟิล์มบริโภคน้ำได้มาประยุกต์ใช้โดยการเคลือบผิวสตรอว์เบอร์รี่เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา พบว่าวันที่ 3 ผลสตรอว์เบอร์รี่ที่เคลือบแผ่นฟิล์มบริโภคน้ำได้จะมีลักษณะที่แห้งเหี่ยวและมีลักษณะนิ่ม แต่ไม่เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เมื่อเทียบกับสตรอว์เบอร์รี่ที่ไม่ได้เคลือบ (ชุดควบคุม)

คำสำคัญ: ฟิล์มบริโภคน้ำได้ เปลือกข้าวโพด พลาสติกไซเซอร์

Abstract

The purpose of this research was to study the plasticizer on edible film-forming from waxy corn, sweet corn and flint corn by adding 3 types of plasticizer which were composed of glycerol, sorbitol and glycol with the concentration at 20, 25 and 30% and analyzed physical and chemical properties. The results found that edible film from 5 grams of flint corn husk powder was added glycerol at concentration 30% could be the best form that was 0.79-0.93 mm thick. The moisture content was 9.61-18.50%. The solubility valued 66.91-77.35% and the water vapor transmission rate (WVTR) was 420.07-500.31 g/m²hr. Finally, the edible film from corn husk was applied for shelf life extension by coating strawberries and compared with the non-coating as the control

group. It was found that the coating strawberries for 3 days had withered and soften without microorganism spoilage.

Keywords: edible film, corn husk, plasticizer

บทนำ

ข้าวโพด ซึ่งจัดเป็นธัญพืชที่ใช้เป็นอาหารมนุษย์และสัตว์มีความสำคัญรองจากข้าวสาลี และข้าว (Wongwutisaroj, 2014) ข้าวโพดใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้หลายชนิด ใช้เป็นอาหารหลักของมนุษย์ในหลายประเทศ นอกจากนี้ข้าวโพดยังสามารถนำมาใช้ในการแปรรูปเป็นอาหารคาวหวานได้อีกมากมายทั้งในรูปข้าวโพดสด และการแปรรูปข้าวโพดในน้ำเกลือ และน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง ซึ่งอัตราการผลิตและการบริโภคข้าวโพดมีแนวโน้มมากขึ้นในปัจจุบันจนทำให้เปลือกข้าวโพดซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปเข้าสู่สิ่งแวดล้อมจำนวนมากทำให้เกิดขยะเป็นปริมาณมากซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการเกิดภาวะโลกร้อน ประกอบกับในยุคปัจจุบันผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยเฉพาะผัก และผลไม้ของประเทศไทยได้รับความนิยมบริโภคทั้งภายในและภายนอกประเทศ แต่เนื่องจากผลิตผลทางการเกษตรมีอัตราการเสื่อมเสียเร็วจึงมีการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นโดยใช้แผ่นฟิล์มเคลือบผิวซึ่งโดยส่วนใหญ่สารเคลือบผิวทำมาจากสารเคมีที่มีราคาแพง และไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภคเนื่องจากมีสารมลพิษปนเปื้อน และเวลาในการย่อยสลายสารเคลือบผิวพลาสติกย่อยได้ยาก และใช้เวลานาน จึงได้มีการประยุกต์เอาเปลือกข้าวโพดที่เหลือทิ้งมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์โดยพัฒนาเป็นฟิล์ม และสารเคลือบผิวที่รับประทานได้จากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติทดแทนการใช้ฟิล์มพลาสติกมากขึ้นเนื่องจากมีความปลอดภัย และย่อยสลายง่าย (Pradtanapian, 2004) เนื่องจากฟิล์มบริโภคมีคุณสมบัติป้องกันหรือชะลอการผ่านของไอน้ำ ออกซิเจน สารละลาย และชะลออัตราการหายใจ (Krochta, 2002) โดยมีการเติมพลาสติกไซเซอร์ที่ใช้กับอาหารลงไปช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มให้มีความยืดหยุ่น และอ่อนนุ่มขึ้น พลาสติกไซเซอร์ที่นิยม เช่น กลีเซอรอล ซอร์บิทอล พอลิเอทิลีนไกลคอล- ซูโครส และไซโลส (Psomiadou et al., 1996) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจะศึกษาชนิดและปริมาณของพลาสติกไซเซอร์ชนิดต่าง ๆ ต่อสมบัติทางกายภาพ และเคมีของแผ่นฟิล์มบริโภคได้จากเปลือกข้าวโพดที่เหลือทิ้ง และการประยุกต์ใช้เป็นสารเคลือบผิวสตอร์เบอร์รี่เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาซึ่งใช้เป็นแนวทางในการผลิตสารเคลือบผิวผลไม้จากผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่ออุตสาหกรรมส่งออก และเป็นแนวทางในการผลิตสารเคลือบผิวผลไม้ชีวภาพในเชิงการค้าอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมเยื่อเซลลูโลสจากเปลือกข้าวโพด

นำเปลือกข้าวโพดทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดหวาน มาล้างน้ำทำความสะอาดทิ้งไว้ให้แห้ง ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้นร้อยละ 10 ในอัตราส่วน NaOH: เปลือกข้าวโพด (10: 1) อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วล้างเยื่อด้วยน้ำกลั่น จากนั้นอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาบดละเอียดแยกอนุภาคของผงด้วยตะแกรงร่อนเบอร์ 325 mesh ให้มีขนาดอนุภาค

ของผงเปลือกข้าวโพดน้อยกว่า 45 ไมโครเมตร เก็บเยื่อที่ได้ใส่ในถุงซิปล็อกเก็บในตู้อบความชื้นรอสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไป

2. การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเยื่อเปลือกข้าวโพด (CMC)

ซึ่งเยื่อเซลลูโลสที่เตรียมได้จากขั้นตอนการเตรียมเยื่อ 5 กรัม ผสมกับกรดคลอโรอะซิติกในไฮโปโพรพิวแอลกอฮอล์ 20 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ 40 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที อบที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากอบแยกส่วนหนืดกับส่วนใสออกจากกัน นำส่วนหนืดมาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้เป็นกลาง ล้างด้วยเอทานอล 20 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง และอบที่อุณหภูมิ 60°C 5 ชั่วโมง จะได้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) (Jinaphan et al., 2012)

3. การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มบิโกลได้จากเปลือกข้าวโพด

นำคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่สังเคราะห์ได้จากเปลือกข้าวโพดทั้ง 3 ชนิดมาเติมพลาสติกไซเซอร์ 3 ชนิด ได้แก่ ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และไกลคอลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20, 25 และ 30 (w/v) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันจนสารละลายชั้นหนืดแล้วขึ้นรูปแผ่นฟิล์มโดยเทสารละลายลงในจานเพาะเชื้อเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตัดแปลงมาจากวิธี Charawae (2007) ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นก็ลอกแผ่นฟิล์มออกจากจานเพาะเชื้อเพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฟิล์ม

4. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของแผ่นฟิล์ม

4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

ความหนา ทดสอบโดยใช้ Hand Micrometer รุ่น Winton การวัดค่าสีตามวิธีของ Rhim et al. (1999) ด้วยเครื่อง Universal Hunter Lab meter รุ่น Colour Flex™ วัดค่าสีในระบบ Hunter LAB บันทึกค่า L* ((-)L* แสดงสีดำจนถึง (+)L* แสดงสีขาว), a*((-)a* แสดงสีเขียวจนถึง (+)a* แสดงสีแดง) และ b*((-)b* แสดงสีน้ำเงินจนถึง (+)b* แสดงสีเหลือง)

4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของแผ่นฟิล์ม (moisture content) ตามวิธี A.O.A.C. (2000) ปริมาณน้ำอิสระ water activity (a_w) ด้วยเครื่อง water activity meter ยี่ห้อ Aqua Lab, USA รุ่น CX2 ค่าการละลายน้ำของแผ่นฟิล์ม (film solubility) ตามวิธีของ Oh et al. (2004) อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ Water Vapor Transmission Rate (WVTR) ปรับปรุงจากวิธีของ Bustillos & Krochta (1993) ตามวิธีของ Ektharmasut (2010)

5. การเคลือบผิวสตรอว์เบอร์รี่เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

นำผลสตรอว์เบอร์รี่ที่มีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกัน ไม่มีตำหนิทางกายภาพและบาดแผลจากแมลงหรือโรคที่เกิดจากจุลินทรีย์ ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษา โดยแบ่งเป็น 3 ชุด การทดลอง ได้แก่ ไม่มีการเคลือบ (ชุดควบคุม) เคลือบด้วยฟิล์มพลาสติก และเคลือบด้วยสารละลายคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกข้าวโพดโดยวิธีการจุ่มสตรอว์เบอร์รี่ในสารเคลือบให้ท่วมผลแล้วนำขึ้นทันที วางผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ตามวิธีของ Hongkulsup et al. (2007) สังเกตการเสื่อมเสียด้วยตาเปล่าเป็นเวลา 1 สัปดาห์

6. การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลองทั้ง 3 ซ้ำ นำข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ด้วยค่าสถิติทดสอบเปรียบเทียบความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม

จากการศึกษาชนิดของพลาสติกไซเซอร์ทั้ง 3 ชนิด ต่อการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มจากเปลือกข้าวโพด ดังภาพที่ 1 (Figure 1) พบว่าพลาสติกไซเซอร์ที่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ดีที่สุด คือ กลีเซอรอลทุกระดับความเข้มข้นและไกลคอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 25 และ 30 ส่วนซอร์บิทอลร้อยละ 25 สามารถขึ้นรูปได้เพียงความเข้มข้นเดียว ซึ่งฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดที่ใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซอร์จะมีลักษณะแข็งกรอบ และแตกง่ายส่วนมากไม่สามารถขึ้นรูปได้ ในขณะที่ฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดที่ใช้กลีเซอรอล และไกลคอลจะมีความยืดหยุ่นมากกว่าซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ Pisamai et al. (2012) ที่พบว่าฟิล์มมะม่วงที่ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์มีความยืดหยุ่นสามารถขึ้นรูปฟิล์มได้ดี ดังนั้น กลีเซอรอลจึงนิยมนำมาใช้เป็นพลาสติกไซเซอร์ในการผลิตฟิล์มบริโภคทั่วไป (Phakdevaraporn, 2001) แต่เมื่อพิจารณาถึงชนิดของเปลือกข้าวโพด พบว่าเปลือกข้าวโพดหวานขึ้นรูปได้ดีที่สุด ลอกเป็นฟิล์มได้ง่าย ผิวเรียบ ลื่น และมีสีขาวใส ดังภาพที่ 1A (Figure 1A) แผ่นฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะมีผิวเรียบ ลื่น ลอกออกได้ง่าย มีฟองอากาศขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วแผ่นฟิล์ม และมีสีออกเหลืองเข้ม ดังภาพที่ 1B (Figure 1B) ส่วนเปลือกข้าวโพดข้าวเหนียวมีลักษณะผิวหยาบ มีรูพรุน ลอกเป็นฟิล์มได้ยาก สีเหลืองขุ่น และฉีกขาดง่ายดังภาพที่ 1C (Figure 1C)

Table 1 Thickness of edible films from cornhusk using glycerol, glycol and sorbitol as plasticizer

Type of plasticizer	Thickness (mm)		
	Field corn	Swiss corn	Waxy corn
Glycerol 20%	0.81 ± 0.07B ^{cd}	0.88 ± 0.05AB ^{bc}	0.92 ± 0.04A ^c
Glycerol 25%	0.79 ± 0.06B ^{de}	0.82 ± 0.07B ^{bc}	0.93 ± 0.04A ^c
Glycerol 30%	0.84 ± 0.06AB ^{cd}	0.92 ± 0.05A ^b	0.79 ± 0.06B ^d
Glycol 20%	0.67 ± 0.11A ^f	0.72 ± 0.08A ^c	0.70 ± 0.09A ^d
Glycol 25%	0.70 ± 0.02A ^{ef}	0.81 ± 0.01A ^{bc}	0.79 ± 0.01A ^d
Glycol 30%	1.08 ± 0.01A ^b	0.83 ± 0.11B ^{bc}	1.56 ± 0.15B ^d
Sorbitol 20%	0.89 ± 0.10B ^c	1.28 ± 0.24A ^a	1.46 ± 0.06A ^a
Sorbitol 25%	0.78 ± 0.01B ^{de}	1.30 ± 0.02A ^a	1.40 ± 0.12A ^{ab}
Sorbitol 30%	1.29 ± 0.01A ^a	1.38 ± 0.01A ^a	1.34 ± 0.07A ^b

Remark Mean of three replicates ± standard deviation

^{a-f} Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

A-C Mean of the same row with different alphabet indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

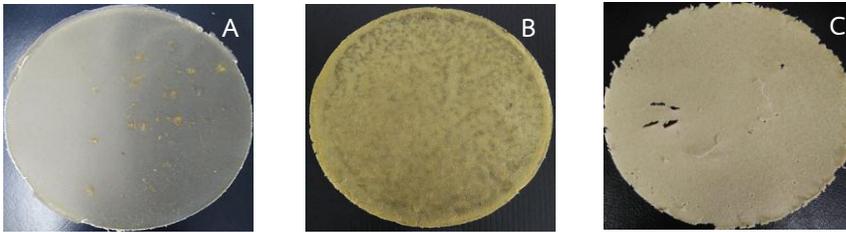


Figure 1 Forming of edible film from three types of cornhusk
A) Swiss corn B) Field corn C) Waxy corn

2. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของแผ่นฟิล์ม

การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มจากข้าวโพดชนิดต่าง ๆ ที่มีการเติมสารพลาสติกไซเซอร์ 3 ชนิด นำมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนา และค่าสีของแผ่นฟิล์ม พบว่าค่าความหนาของแผ่นฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดทั้ง 3 ชนิด มีค่า 0.67 - 1.56 มิลลิเมตร แผ่นฟิล์มที่มีความหนามากที่สุด คือ ฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดข้าวเหนียวที่เติมไกลคอล ร้อยละ 30 มีความหนา 1.56 มิลลิเมตร ส่วนแผ่นฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ผสมไกลคอล ร้อยละ 20 มีความหนาน้อยสุด 0.67 มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 1 (Table 1)

แต่เมื่อพิจารณาชนิดของพลาสติกไซเซอร์ที่เติมลงไปในแผ่นฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าพลาสติกไซเซอร์ที่ทำให้แผ่นฟิล์มมีความหนามากที่สุด คือ sorbitol 30% ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับข้าวโพดหวาน ส่วนข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีการเติม sorbitol 20% มีผลทำให้ความหนามากที่สุด (1.46 มิลลิเมตร) เช่นเดียวกับ Kanchanatecha et al. (2011) ที่ใช้ซอร์บิทอล 20% เป็นพลาสติกไซเซอร์จะมีผลทำให้ความหนาของแผ่นฟิล์มหนามากกว่ากลีเซอรอล

เมื่อทำการศึกษาค่าสี L^* a^* และ b^* ของแผ่นฟิล์มจากข้าวโพด พบว่าฟิล์มที่มีค่าความสว่างมากที่สุด คือ แผ่นฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดข้าวเหนียวที่เติมซอร์บิทอลร้อยละ 25 ($L^* = 67.40$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sukkasem et al. (2017) ที่รายงานว่าฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดหวานที่ใช้ซอร์บิทอลจะมีความสว่างมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ข้าวโพดหวานที่เติมซอร์บิทอลร้อยละ 20 ($L^* = 66.88$) ส่วนแผ่นฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เติมไกลคอลร้อยละ 25 มีความสว่างน้อยที่สุด ($L^* = 27.00$) นอกจากนี้ยังพบว่าฟิล์มบริเวณที่ได้ที่ผลิตจากเปลือกข้าวโพดหวานจะมีสีค่อนข้างเขียว (a^* มีค่าติดลบ) ส่วนฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดข้าวเหนียวจะมีสีออกเหลืองเนื่องจากค่า b^* มีค่าสูง ดังตารางที่ 2 (Table 2)

เมื่อพิจารณาผลของพลาสติกไซเซอร์ต่อค่าสีของแผ่นฟิล์ม พบว่าแผ่นฟิล์มที่เติมซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซอร์จะให้ค่าสีที่มีความสว่างมากกว่าไกลคอล และกลีเซอรอล ตามลำดับ และแผ่นฟิล์มที่ได้จะมีเฉดสีเขียวออกเหลือง เมื่อพิจารณาชนิดของเปลือกข้าวโพดที่นำมาผลิตแผ่นฟิล์ม พบว่าข้าวโพดข้าวเหนียวให้ค่าความสว่างของแผ่นฟิล์มมากที่สุด

Table 2 Color of edible films from cornhusk using 3 types of plasticizer

Type of plasticizer	Field corn			Swiss corn			Waxy corn		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Glycerol 20%	29.22	-0.32	8.87	37.29	-0.75	7.45	56.29	1.92	18.42
Glycerol 25%	46.31	4.04	20.36	28.75	-1.08	2.48	58.01	0.81	19.45
Glycerol 30%	29.33	-0.97	7.60	32.26	-1.05	5.46	59.11	-0.09	18.24
Glycol 20%	55.77	2.04	21.60	58.35	-0.55	15.14	58.25	1.58	19.30
Glycol 25%	27.00	-0.91	5.44	30.35	-1.03	4.71	31.54	-0.36	8.64
Glycol 30%	48.16	3.04	18.35	34.38	-0.94	6.25	48.58	2.31	17.40
Sorbitol 20%	51.31	-0.17	14.10	66.88	-0.12	11.30	60.36	0.04	14.41
Sorbitol 25%	37.29	-0.23	5.26	35.82	-0.78	6.95	67.40	1.00	13.32
Sorbitol 30%	30.79	-0.10	9.26	46.44	2.46	16.92	53.98	1.46	15.86

3. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของแผ่นฟิล์ม

แผ่นฟิล์มจากข้าวโพดชนิดต่าง ๆ ที่มีการเติมสารพลาสติกไซเซอร์ 3 ชนิด นำมาศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ค่าการละลายน้ำ และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของแผ่นฟิล์ม

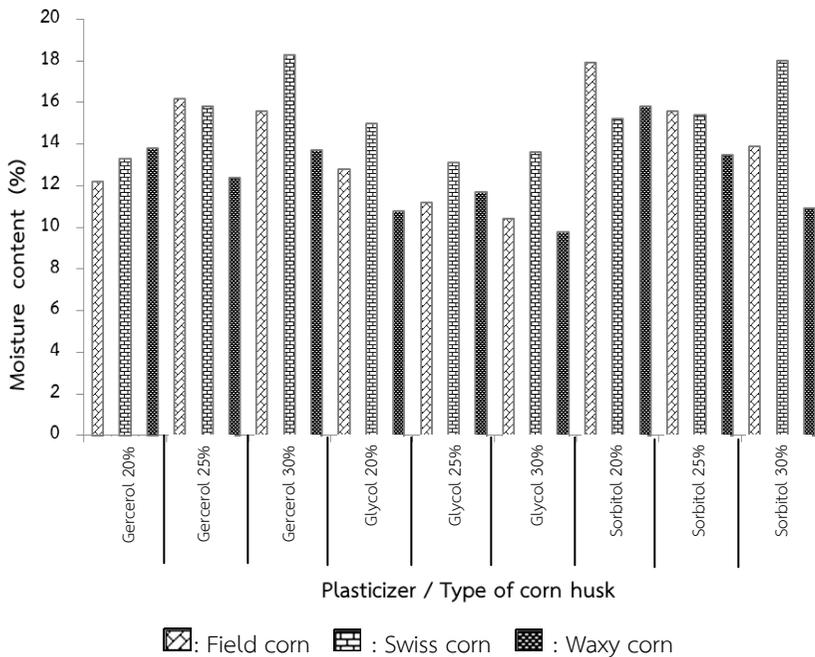


Figure 2 Moisture content of edible film from cornhusk

ปริมาณความชื้นของแผ่นฟิล์มที่บริโภคได้จากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดหวาน ดังภาพที่ 2 (Figure 2) พบว่าแผ่นฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดหวานที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 30 มีปริมาณความชื้นสูงสุดเท่ากับร้อยละ 18.50 ในขณะที่แผ่นฟิล์มจากเปลือกข้าวโพด

ข้าวเหนียวที่เติมไกลคอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 มีปริมาณความชื้นต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ 9.61 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suwannarat et al. (2014) ที่ศึกษาฟิล์มบรีโคจากเนื้อเมล็ดมะขามที่ใช้ซอร์บิทอล และกลีเซอรอลเป็นสารพลาสติกไซเซอร์ พบว่าค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลมีปริมาณความชื้นสูงกว่าฟิล์มที่เติมซอร์บิทอล

Table 3 Water activity (a_w) and water vapor transmission rate (WVTR) of edible film from cornhusk using 3 types of plasticizer

Type of Plasticizer	a_w			WVTR (g/m ² hr)		
	Field corn	Swiss corn	Waxy corn	Field corn	Swiss corn	Waxy corn
Glycerol 20%	0.42±0.01 ^b	0.41±0.03 ^c	0.40±0.03 ^d	420.07±0.01	387.03±0.02	NA
Glycerol 25%	0.40±0.03 ^c	0.43±0.03 ^b	0.39±0.03 ^e	500.31±0.04	402.76±0.03	NA
Glycerol 30%	0.43±0.01 ^b	0.40±0.03 ^d	0.40±0.03 ^d	NA	NA	NA
Glycol 20%	0.38±0.01 ^d	0.40±0.01 ^d	0.38±0.02 ^{ef}	432.22±0.02	394.90±0.01	NA
Glycol 25%	0.44±0.03 ^b	0.40±0.02 ^d	0.42±0.04 ^c	516.04±0.03	462.55±0.03	409.06±0.02
Glycol 30%	0.37±0.01 ^d	0.41±0.01 ^c	0.37±0.04 ^{ef}	NA	NA	NA
Sorbitol 20%	0.47±0.02 ^a	0.45±0.55 ^a	0.49±0.01 ^a	392.27±0.043	NA	NA
Sorbitol 25%	0.48±0.03 ^a	0.42±0.04 ^b	0.44±0.04 ^b	NA	373.32±0.02	NA
Sorbitol 30%	0.43±0.46 ^b	0.46±0.06 ^a	0.45±0.04 ^b	NA	NA	NA

Remark Mean of three replicates ± standard deviation, NA = Not analysis

^{a-f} Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p < 0.05$)

ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นฟิล์มที่บรีโคได้จากเปลือกข้าวโพดทั้ง 3 ชนิด ดังตารางที่ 3 (Table 3) พบว่าแผ่นฟิล์มที่บรีโคได้จากข้าวโพดมีปริมาณน้ำอิสระ 0.37 - 0.49 ซึ่งแผ่นฟิล์มที่มี a_w ต่ำที่สุด คือ แผ่นฟิล์มจากข้าวโพดข้าวเหนียวที่เติมไกลคอลร้อยละ 30 เป็นพลาสติกไซเซอร์ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนแผ่นฟิล์มจากข้าวโพดข้าวเหนียวทั้ง 3 ชนิดที่เติมซอร์บิทอลร้อยละ 20 มี a_w มากที่สุด ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่งผลทำให้เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์มากขึ้น แต่เนื่องจากแผ่นฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดข้าวเหนียวมีลักษณะฉีกขาดขึ้นรูปได้ยากเมื่อนำมาวิเคราะห์ค่า a_w ส่งผลให้ค่าที่ได้มีค่าไม่สอดคล้องกับปริมาณความชื้น นอกจากนี้อัตราการซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์มบรีโคได้จากเปลือกข้าวโพด 3 ชนิด พบว่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดหวานที่เติมซอร์บิทอลร้อยละ 25 มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์มต่ำสุดเท่ากับ 373.32 g/m²hr ในขณะที่แผ่นฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เติมไกลคอลร้อยละ 25 มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำสูงสุดอยู่ที่ 516.04 g/m²hr ดังตารางที่ 3 (Table 3) โดยปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Lamul et al. (2014) และจากการศึกษาของ Jinaphan et al. (2012) ที่กล่าวว่าปริมาณสารพลาสติกไซเซอร์เพิ่มขึ้น มีผลทำให้คุณภาพของแผ่นฟิล์มบรีโคได้มีคุณภาพดีขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสารที่ดูดซับความชื้น

(hydrophilic) ได้สูง แผ่นฟิล์มที่เติมซอร์บิทอลส่วนใหญ่ไม่สามารถนำมาหาอัตราการซึมผ่านไอน้ำได้ เนื่องจากไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้เพราะซอร์บิทอลมีโมเลกุลที่ใหญ่กว่ากลีเซอรอลจึงไม่สามารถแทรกจับกับโมเลกุลของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kanchanatecha et al. (2011) เมื่อพิจารณา ปริมาณพลาสติกไซเซอร์ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้แผ่นฟิล์มมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำเพิ่มขึ้น และการใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซอร์มีผลทำให้อัตราการซึมผ่านต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลีเซอรอล และไกลคอล ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับ Bourtoom (2003) ที่กล่าวว่า การเพิ่มปริมาณพลาสติกไซเซอร์มีผลทำให้ WVTR ลดลง และซอร์บิทอลมีผลทำให้ WVTR ต่ำที่สุด

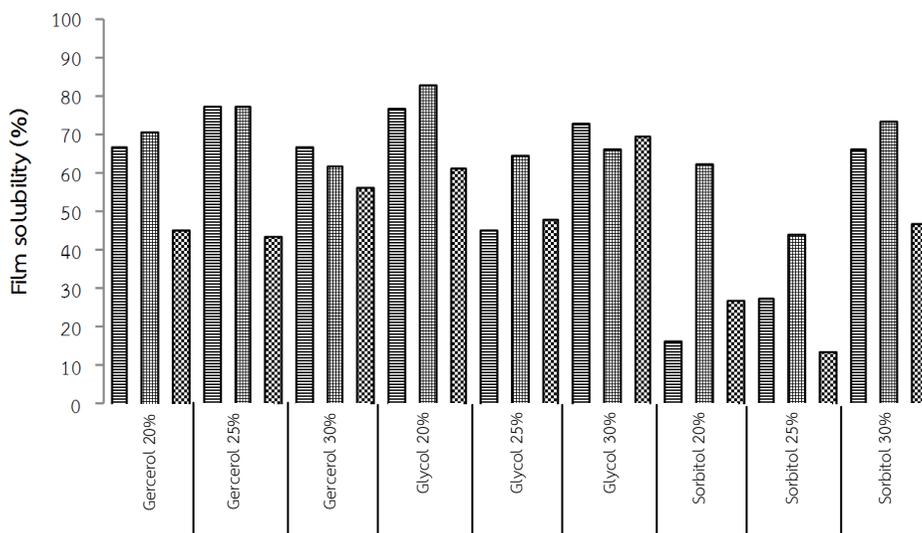


Figure 3 Film solubility of edible film from cornhusk

ค่าการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มบริโศคได้จากเปลือกข้าวโพดทั้ง 3 ชนิด พบว่าแผ่นฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดหวานที่เติมไกลคอลร้อยละ 20 มีค่าการละลายน้ำสูงสุดร้อยละ 82.76 และเปลือกข้าวโพดข้าวเหนียวที่เติมซอร์บิทอลร้อยละ 30 มีค่าการละลายน้ำต่ำสุดที่ร้อยละ 13.59 ดังภาพที่ 3 (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jinaphan et al. (2012) ดังนั้นซอร์บิทอลจึงเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นพลาสติกไซเซอร์สำหรับการผลิตฟิล์มจากสตาร์ชข้าวโพด (Bourtoom, 2004) การใช้ไกลคอลเป็นพลาสติกไซเซอร์จะทำให้ฟิล์มสามารถละลายน้ำได้ดี ส่วนแผ่นฟิล์มที่มีการเติมซอร์บิทอลจะมีค่าการละลายน้ำต่ำที่สุด สอดคล้องกับ Bourtoom (2004) ที่พบว่าฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซอร์จะมีค่าการละลายน้ำของฟิล์มมีค่าต่ำที่สุด

ผลการศึกษารการเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาตรอว์เบอร์รี

จากการนำสารละลายคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) จากเปลือกข้าวโพดหวานที่เติมกลีเซอรอล ร้อยละ 25 มาเคลือบผิวของผลตรอว์เบอร์รี ดังภาพที่ 4 (Figure 4) เนื่องจากสามารถขึ้นรูปได้ง่ายมีความยืดหยุ่นได้ดีกว่า และมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำสูง พบว่าในวันที่ 3 ผลตรอว์เบอร์รีที่ไม่ได้เคลือบผิว (ชุดควบคุม) ดังภาพที่ 4A (Figure 4A) เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ และมีลักษณะเหี่ยวเนื่องจากสูญเสียน้ำขึ้นซึ่งมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของความดันไอระหว่างภายในและภายนอกของผลโดยการระเหยน้ำออกทางผิว และช่องเปิดต่าง ๆ ของผล (Ketsa, 1985) นอกจากนี้

กระบวนการหายใจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ เนื่องจากในกระบวนการหายใจผลไม้จะมีการใช้ออกซิเจนแล้วปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำออกมา (Amarante et al., 2001)

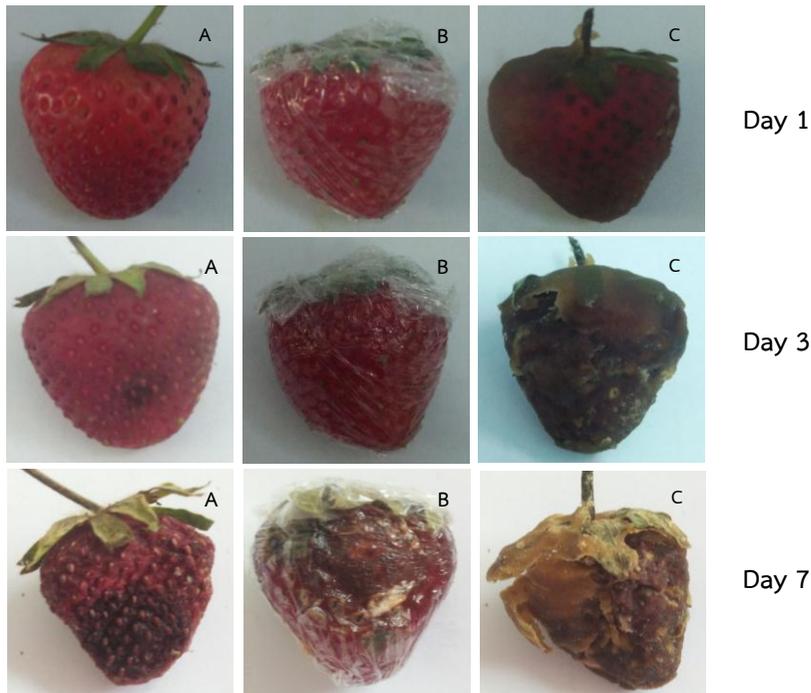


Figure 4 Physical appearance of strawberries stored at 20 °C about 7 days.

A) Not coated (Control) B) Coated with plastic film C) Coated with CMC

ส่วนผลสตรอว์เบอร์รี่ที่เคลือบด้วยสารละลาย CMC ดังภาพที่ 4C (Figure 4C) ไม่พบการเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์แต่จะมีลักษณะผิวแห้ง สีคล้ำ และผลนิ่ม เนื่องจากสารเคลือบผิวจะไปปกคลุมและปิดทับช่องเปิดธรรมชาติเหล่านี้ รวมถึงคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสเนื่องจาก CMC เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นพอลิเมอร์ตัดแปรจากธรรมชาติที่มีความหนืดทำให้เมื่อนำมาเคลือบผิวผลไม้โดยตรงจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพที่ไม่ดี (Uttapap & Jalearnkul, 2012) และสตรอว์เบอร์รี่ที่เคลือบด้วยฟิล์มพลาสติกดังภาพที่ 4B (Figure 4B) จะพบการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ในวันที่ 6

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพลาสติกไฮเซอร่ต่อการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มบริโภคนได้จากเปลือกข้าวโพดข้าวเหนียว ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หรือข้าวโพดไร่ โดยเติมพลาสติกไฮเซอร่ 3 ชนิด คือ กลีเซอรอล ซอร์บิทอล และไกลคอล ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20, 25 และ 30 พบว่าแผ่นฟิล์มจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เติมพลาสติกไฮเซอร่ด้วยกลีเซอรอลสามารถขึ้นรูปได้ดีที่สุด ผิวเรียบ สีเหลืองมีความหนา 0.79-0.93 มิลลิเมตร ค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มอยู่ระหว่างร้อยละ 9.61-18.50 ค่าการละลายอยู่ระหว่างร้อยละ 66.91-77.35 อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 420.07- 500.31 g/m²hr การเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาสตรอว์เบอร์รี่ พบว่าวันที่ 3 ผลสตรอว์เบอร์รี่ที่ไม่เคลือบผิวเริ่มมีการเสื่อมเสีย จากเชื้อจุลินทรีย์

สตอร์เบอร์รี่ที่เคลือบฟิล์มพลาสติกมีการเสื่อมเสียในวันที่ 6 ของการทดสอบ ส่วนผลสตอร์เบอร์รี่ที่เคลือบด้วยสารละลายคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสผลจะมีลักษณะแห้งเหี่ยวและนิ่ม ในวันที่ 3 ของการทดลอง แต่ไม่เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์สำหรับการทำวิจัย อีกทั้งขอขอบคุณบุคลากรทุกท่านที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือการทำงานวิจัยในครั้งนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- A.O.A.C. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 17th ed. Maryland: USA; 2000.
- Amarante C, Banks NH, Ganesh S. Relationship between character of skin cover of coated pears and permeance to water vapor and gases, *Postharvest Biology and Technology*. 2001; 21: 291-301.
- Bourtoom T. *Development, Characterization and Application of Edible Film from Straches*. Research report, Department of Packaging and Materials Technology, Prince of Songkla University, 2004.
- Bourtoom T. *Edible Films from Water Soluble Protein in Surimi Wash Water*. Doctor of Philosophy (Food Technology), Graduate School, Chulalongkorn University, 2003.
- Bustillos RJA, Krochta JM. Water vapor permeability of caseinate-based edible films as affected by pH, calcium cross linking and lipid concentration, *Journal of Food Science*. 1993; 58: 904-907.
- Charawae A. *Development of Edible Film from "Kluai Nam Wa"*. Master of Science (Packaging Technology), Kasetsart University, 2007.
- Ektharmasut K. Effect of zein hydrolysate on physical properties of edible konjac film, *University of the Thai Chamber of Commerce Journal*. 2010; 30(1): 81-89.
- Hongkulsup C, Uthairatanakij A, Borompichaichartkul C. Edible film from konjac powder and applications on coating 'Tup Tim Jun' java apple, *Journal of Agricultural Science*. 2007; 38(6): 208 - 211.
- Jinaphan N, Sangsuwan J, Sutthasupa S. et al. Properties of Carboxy Methyl Cellulose (CMC) film from rice straw pulp, *Journal of Agricultural Science*. 2012; 43(3): 616-620.
- Kanchanatecha P, Pathumthanasup C, Tattawasart A. et al. Effect of plasticizer on mechanical and water resistant properties of alcoholic - alkaline treated Mung Bean starch films, *The 12th Graduate Research Conferences*. 2011; 1086-1095.
- Katsa S. *Physiology and Postharvest of Fruits and Vegetables*. Nakhonpathom: Printing and National Training Center; 1985.
- Krochta JM. *Proteins as Raw Materials for Films and Coating: Definitions, Current Status, and Opportunities*. Protein-Based Films and Coatings. CRC Press, Florida; 2002.
- Lamol W, Nuttapol P, Prayoon J. Effects of drying temperatures and glycerol concentrations on properties of edible film from konjac flour, *Journal of Medical and Bioengineering*. 2014; 3(3): 171 - 174.
- Oh JH, Baowu W, Perris DF. et al. Characteristics of edible films made from dairy proteins and zein hydrolysate cross-linked with transglutaminase, *International Journal of Food Science and Technology*. 2004; 39: 287-294.
- Phakdeevaraporn, S. *Production of Edible Film From Rice Flour and Tapioca Starch*. Master of Science (Food Science), King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 2001.
- Pisamai J, Yongkasikan A, Sangwain C. et al. The study of edible film from mango power, *Journal of*

- Agricultural Science*. 2012; 43(2): 89-92.
- Pradnanapian M. Biobased food packaging, *Food Journal of Thailand*, 2004; 6(34): 11–15.
- Psomiadou E, Arvanitoyannis I, Yamamoto N. Edible films made from natural resources Micro Crystalline Cellulose (MCC), Methyl Cellulose (MC) and corn starch and polyols-part2, *Carbohydrate Polymers*, 1996; 31(4): 193–204.
- Rhim JW, Wu Y, Weller CL. et al. Physical characteristics of a composite film of soy protein isolate and propyleneglycon alginate, *Journal of Food Science*. 1999; 64: 149-152.
- Sukkasem T, Buranachokpaisan K, Anukulwattana K. Mechanical and physical properties of edible film from corn husk waste (*Zea mays* Kinn.), *Journal of Agricultural Science*. 2017; 45(1): 1222-1228.
- Suwannarat P, Sutthiparinyanont S, Chitropas P. Effect of co-film former and plasticizer on physical and mechanical properties of Tammarind kernel films, *The 15th Graduate Research Conferences*, 2014; 1522-1532.
- Uttapap D, Jalearnkul. *Chemical Properties of Carbohydrates Hydrocolloids and Industrial Application*, 2012. Available at: <http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611 /chapter4>. Accessed January 15, 2016.
- Wongwutisaraj S. *Water Consumption of Maize*. 2014. Available at: http://corninfo.blogspot.com/2014 /11/blog-post_8.html. Accessed December 10, 2016.