ผลกระทบของมอร์แดนต์และค่าความเป็นกรดและด่างต่อสีย้อมจากเถาอวดเชือก

The Effects of Mordants and pH on the Dyestuff from *Combretum latifolium* Stems

อรุณรัตน์ สัณฐิติกวินสกุล[1] และตรีตุฬา ศรีศักดา[1]

Arunrat Sunthitikawinsakul[1] and Treetula Srisakda[1]

บทคัดย่อ

เถาอวดเชือกแห้งบดละเอียดสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส ได้สารสกัดน้ำ โดยมีค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) 5.6 และความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) 290 นาโนเมตร วิเคราะห์ค่าสีของสารสกัดด้วยเครื่องคัลเลอริมิเตอร์ พบค่าความสว่าง (L*) 23.95±0.6 ค่าสีแดง (a*) 35.82±0.3 และค่าสีเหลือง (b*) 39.65±0.8 การตรวจสอบเบื้องต้นของสารสกัดน้ำจากเถาอวดเชือก พบแอนโทไซยานินและคอนแดนซ์แทนนิน และศึกษาผลของน้ำขี้เถ้าและน้ำส้มสายชูทำหน้าที่เป็นมอร์แดนต์ และโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นสารช่วยย้อมต่อความเข้มของสีย้อมซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลง λ_{max} โดยสีย้อมที่มีน้ำขี้เถ้า (pH 7.8) มีผลต่อการลดค่าสีเหลืองมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ค่าความสว่างและค่าสีแดง ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ Δb^* -19.76 ΔL^* -11.96 และ Δa^* -7.42 ส่วนสีย้อมที่มีน้ำส้มสายชู (pH 4.5) จะเพิ่ม b* และ L* ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ Δb^* +6.48 และ ΔL^* +3.62 แต่ลด a* เล็กน้อย (Δa^* -1.49) และสีย้อมที่มี NaCl (pH 5.6) จะไม่มีผลต่อ L*, a* และ b* กรณีในสภาวะกรด (pH 4.5) ทำให้ L* และ b* เพิ่มขึ้น แต่ a* ลดลง ส่วนในสภาวะเบส (pH 8) NaCl พบว่า b*, a* และ L* ลดลง ตามลำดับ

Abstract

The air-dried ground *Combretum latifolium* stems were extracted dyestuff by boiled with water at 90-100°C. The extraction was a pH value of 5.6 and λ_{max} 290 nm. Analyses of this extract with colorimeter gave a lightness value (L*) of 23.95±0.6, a red value (a*) of 35.82±0.3 and a yellow value (b*) of 39.65±0.8 as color values. The *C. latifolium* water extract was further tested and was found, in the preliminary result, to contain anthocyanins and condensed tannins. Also, when this extract was used as a dyestuff, the effects of ash water and acetic acid as a mordant and sodium chloride (NaCl) as a dying auxiliary agent were studied on the dyestuff intensity without changing λ_{max}. The extract mixed with ash water was the b*, L* and a* values of the dyestuff (pH 7.8) mostly decreased, with values of Δb^* -19.76, ΔL^* -11.96 and Δa^* -7.42, respectively. However when the dyestuff contained acetic acid at pH 4.5, its b* and L* values, increased with Δb^* +6.48 and ΔL^* +3.62, respectively, but the a* value slightly decreased (Δa^* -1.49). NaCl at pH 5.6 in dyestuff was not effect on the L*, a* and b* values. In acidic condition (pH 4.5), the L* and b* values increased

[1] โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม นครปฐม 73000

[1] Program of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom, 73000

whereas the a* value **decreased**. In basic condition (pH 8), NaCl resulted in decreased the b*, a* and L* values.

Key Words: dyestuff, natural dyestuff, *Combretum latifolium*, Combretaceae, mordant

e-mail address: arunrat28@npru.ac.th

คำนำ

ประเทศไทยมีพืชหลายชนิด ที่มีประโยชน์ใช้เป็นพืชสมุนไพร และพืชอาหาร ที่สามารถประยุกต์เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ รวมทั้งเป็นสีย้อมธรรมชาติ (natural dyestuff) ซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีคุณค่ามานานแล้ว เนื่องจากผ้าที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติไม่มีอันตรายต่อสุขภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าสีย้อมสังเคราะห์ (Aydin and Tez, 2003) แหล่งสีย้อมธรรมชาติ เช่น สีเขียวจากใบหูกวางและเปลือกต้นเพกา สีดำจากเปลือกสมอ ลูกมะเกลือ และเปลือกรกฟ้า สีน้ำเงินจากต้นคราม สีเหลืองจากเมล็ดคำแสด เนื้อไม้โอ๊ก แก่นขนุนและแก่นแกแล สีแสดจากดอกกรรณิการ์ สีแดงจากรากต้นเข็ม รากยอและดอกคำฝอย สีน้ำตาลจากเปลือกไม้โกงกาง และสีชมพูจากต้นมหากาฬผสมต้นฝาง เป็นต้น (ปิ่นเพชร, 2539)

อวดเชือก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Combretum latifolium* ลักษณะเป็นไม้เถาอยู่ในวงศ์คอมบีรทาซีอี (Combretaceae) ชื่ออื่น ได้แก่ มันอวด แกดำ (หนองคาย) ถั่วแป๋เถา (เชียงใหม่) มันแดง อวดเชือกและแหน-เหลือง (กาญจนบุรี) (เต็ม, 2544) มีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศเขตร้อนชื้นทางตอนใต้ของทวีปแอฟริกา สำหรับในประเทศไทยพบมากทางภาคใต้ ลักษณะเป็นใบเดี่ยว คล้ายรูปไข่ ขอบใบเรียบ โคนสอบมน ปลายเรียวแหลม ยาว 10-20 เซนติเมตร ผิวเกลี้ยงเป็นมัน ออกเวียนเรียงสลับตรงข้ามเป็นคู่ ดอกออกเป็นช่อตามซอกใบบริเวณปลายยอด กลีบดอก 4 กลีบ ค่อนข้างกลม สีขาวแกมเขียวเหลือง เกสรกลางดอก 8 อัน ยาว 5-20 เซนติเมตร ผลค่อนข้างกลม ยาว 2-3 เซนติเมตร ภูมิปัญญาท้องถิ่นคนไทยนำเปลือกของอวดเชือกมาดื่มเพื่อบำรุงโลหิต ทำให้เลือดไหลเวียนดีขึ้น ส่วนคนจีนใช้ในการอาบน้ำ (Li *et al*, 2006)

สำหรับการศึกษาเบื้องต้น ผู้วิจัยได้สกัดเถาอวดเชือกด้วยน้ำ พบว่าได้สารสกัดสีม่วงแดง ซึ่งสามารถนำมาย้อมกับด้ายฝ้ายได้ ซึ่งยังไม่พบรายงานวิจัยการนำอวดเชือกมาสกัดเป็นสีย้อม โดยสีและความเข้มของสารสกัดสีย้อมธรรมชาติจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ที่สำคัญได้แก่ ค่าความเป็นกรดและด่าง มอร์แดนต์ (mordant) และสารช่วยย้อม เช่น แทนนิน ทั้งชนิดคอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannin) และไฮโดรไลซาเบิลแทนนิน (hydrolysable tannin) และเกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ (ปณิธาน, 2552; Chapin, 1918) ตัวอย่างโครงสร้างให้สีย้อมธรรมชาติ ได้แก่ แอนโทไซยานิน คลอโรฟิลล์ ไลโคพีน และแคโรทีน เป็นต้น

จากเหตุผลดังกล่าวงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบเบื้องต้นในการหาแอนโทไซยานิน (anthocyanin) และชนิดแทนนิน รวมทั้งศึกษาผลของชนิดมอร์แดนต์ ได้แก่ น้ำขี้เถ้าและน้ำส้มสายชู สารช่วย-ย้อม ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ และค่าความเป็นกรดและด่างต่อความเข้มของสารสกัดจากเถาอวดเชือก ซึ่งองค์-ความรู้ใหม่ที่ได้นี้ สามารถนำไปขยายและต่อยอดงานวิจัย ให้เป็นสีย้อมธรรมชาติชนิดใหม่และพัฒนาให้มีคุณภาพดีในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการทดลองทั่วไป

ความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) วัดด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโทมิเตอร์รุ่น U - 1800 บริษัท HITACHI และควอตซ์เซลล์ ค่าสีในเทอม L*, a* และ b* ระบบ CIELAB วัดด้วยเครื่องคัลเลอริมิเตอร์ (colorimeter) รุ่น ColorQuest XE บริษัท Hunter Lab (กำหนดค่า L* คือ ความสว่าง (lightness) ถ้า L* = 0 หมายถึง สีดำ และ L* = 100 หมายถึง สีขาว ค่า a* คือ สีแดงถึงสีเขียว (red-green) ถ้า a* = ค่าบวก หมายถึง สีแดง และ a* = ค่าลบ หมายถึง สีเขียว และค่า b* คือ สีเหลืองถึงน้ำเงิน (yellow-blue) ถ้า b* = ค่าบวก หมายถึง สีเหลือง และ b* = ค่าลบ หมายถึง สีน้ำเงิน) ค่า R_f วิเคราะห์บนแผ่นทินเลเยอร์-โครมาโทรากราฟี (TLC) ชนิดซิลิกาเจล 60 (normal phase) F_{254} แผ่นอะลูมิเนียม บริษัท Merck ด้วยเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) คือ 1-บิวทานอล:กรดแอซีติก:น้ำ เท่ากับ 4:0.6:0.4 และน้ำขี้เถ้าจากไม้ไผ่

การเตรียมสารสกัดน้ำจากเถาอวดเชือก

นำเถาอวดเชือกซึ่งเก็บจากตำบลครน อำเภอสวี จังหวัดชุมพร เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ. 2556 มา 750 กรัม หั่นเป็นชิ้นขนาดเล็ก แล้วผสมน้ำ 12 ลิตร คิดเป็นอัตราส่วนพืช:น้ำ เท่ากับ 1:16 (น้ำหนัก:ปริมาตร) จากนั้นนำมาต้มจนเดือด โดยกวนเป็นครั้งคราว เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง แล้วทิ้งสารละลายไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง กรองสารละลายที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง จะได้สารสกัดจากเถาอวดเชือก

การตรวจสอบเบื้องต้นของสารสกัดน้ำจากเถาอวดเชือก

- **การหาแอนโทไซยานิน** (นพมาศ, 2544) ดังนี้

ทดสอบโดยต้มกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1% 10 หยดลงในสารสกัดน้ำเถาอวดเชือก 1 มิลลิลิตร ถ้าสารละลายเกิดสีแดงอมส้มถึงแดงอมน้ำเงิน แสดงว่ามีแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบ

- **การหาชนิดแทนนิน** ดัดแปลงจากวิธีของ Schofield และคณะ (Schofield *et al.*, 2001) ดังนี้

วิธีที่ 1 นำสารสกัดน้ำจากเถาอวดเชือก 15 มิลลิลิตร มาเติม 10% โซเดียมคลอไรด์ 2-3 หยด เพื่อแยกสารที่ไม่ใช่แทนนินให้ตกตะกอนแยกออก (salting out) แล้วนำไปกรอง แบ่งสารสกัด 5 หลอด ๆ ละ 2 มิลลิลิตร ดังนี้ หลอดที่ 1 เติมน้ำยาเฟอร์ริกคลอไรด์เข้มข้น 1% 3-4 หยด หลอดที่ 2 เติมน้ำยาฟอร์มาลดีไฮด์เข้มข้น 40% 3 หยด และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1% 6 หยด หลอดที่ 3 เติมน้ำยาวานิลลินในกรดไฮโดรคลอริก 3-4 หยด หลอดที่ 4 เติมน้ำปูนใส 3 - 4 หยด และหลอดที่ 5 เติมน้ำยาโบรมีนเข้มข้น 3% 2 - 3 หยด เปรียบเทียบผลกับหลอดควบคุม โดยผลบวก (positive (+ve) test) ดังนี้

กรณีเกิดสารละลายสีน้ำเงินเข้ม สีเขียวเข้มถึงสีดำ เมื่อเติมน้ำยาเฟอร์ริกคลอไรด์เข้มข้น 1% แสดงว่ามีแทนนินชนิด hydrolyzable tannin หากเกิดเกิดตะกอนสีเขียวถึงสีเขียวอมน้ำตาล แสดงว่ามีแทนนินชนิด condensed tannin

กรณีเกิดตะกอนสีแดงหรือสีชมพู เมื่อเติมน้ำยาฟอร์มาลดีไฮด์เข้มข้น 40% และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1% และเกิดตะกอนสีเขียวถึงสีเขียวอมน้ำตาล เมื่อเติมน้ำยาเฟอร์ริกคลอไรด์เข้มข้น 1% แสดงว่ามีแทนนิน ชนิด condensed tannin

กรณีเกิดสารละลายสีแดงหรือสีชมพู เมื่อเติมน้ำยาวานิลลินในกรดไฮโดรคลอริก และตะกอนสีเขียวถึงสีเขียวอมน้ำตาล เมื่อเติมน้ำยาเฟอร์ริกคลอไรด์เข้มข้น 1% แสดงว่ามีแทนนิน ชนิด condensed tannin

กรณีเกิดตะกอนสีเทาแกมน้ำเงิน เมื่อเติมน้ำปูนใส และตะกอนสีเขียวถึงสีเขียวอมน้ำตาล เมื่อเติมน้ำยาเฟอร์ริกคลอไรด์เข้มข้น 1% แสดงว่ามีแทนนิน ชนิด hydrolyzable tannin

กรณีเกิดตะกอนสีเหลืองอ่อน เมื่อเติมน้ำยาโบรมีน และตะกอนสีเขียวถึงสีเขียวอมน้ำตาล เมื่อเติมน้ำยาเฟอร์ริกคลอไรด์เข้มข้น 1% แสดงว่ามีแทนนิน ชนิด condensed tannin

วิธีที่ 2 จุดสารสกัดน้ำจากเถาอวดเชือกบนแผ่น TLC 3 แผ่น และใส่ในภาชนะปิดที่อิ่มตัวด้วยไอของระบบตัวทำละลายเฟสเคลื่อนที่ จากนั้นฉีดพ่นแผ่นโครมาโทแกรม ดังนี้ แผ่นที่ 1 น้ำยาวานิลลิน-กรดไฮโดรคลอริก หากเกิดจุดสีแดงหรือสีชมพู เป็นชนิด condensed tannin แผ่นที่ 2 น้ำยาสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต (อิ่มตัว) หากเกิดจุดสีส้มหรือสีน้ำตาล เป็นชนิด hydrolyzable tannin และแผ่นที่ 3 น้ำยาโซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 20% โดยมวล/ปริมาตร หากเกิดจุดสีส้มหรือสีน้ำตาล เป็นชนิด hydrolyzable tannin

การเตรียมสีย้อม

นำสารสกัดน้ำจากเถาอวดเชือก 150 มิลลิลิตร มาเติมสารต่าง ๆ ดังนี้

ชุดที่ 1 เปรียบเทียบ

ชุดที่ 2 โซเดียมคลอไรด์ 1.5 กรัม

ชุดที่ 3 โซเดียมคลอไรด์ 1.5 กรัม และน้ำขี้เถ้า (pH 10.2) 105 มิลลิลิตร

ชุดที่ 4 โซเดียมคลอไรด์ 1.5 กรัม และน้ำส้มสายชูเข้มข้น 5% (pH 2.5) 10 มิลลิลิตร

ชุดที่ 5 น้ำขี้เถ้า 105 มิลลิลิตร

ชุดที่ 6 น้ำส้มสายชู 10 มิลลิลิตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การตรวจสอบเบื้องต้นหาแอนโทไซยานินของสารสกัดน้ำจากเถาอวดเชือก พบว่าสารละลายเปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีน้ำตาลแดงอมส้มของแอนโทไซยานิน ซึ่งในสภาวะกรด แอนโทไซยานินจะอยู่ในรูปแฟลวีเลียมแคตไอออน (flavylium cation) (ยุพาพร, 2547) (Figure 1) ส่วนการตรวจสอบเบื้องต้นหาชนิดแทนนิน ผลพบ condensed tannin โดยแทนนินสามารถตกตะกอนสีน้ำตาลเขียวกับโลหะหนัก Fe^{3+} ได้ และผลบวกกับน้ำยาฟอร์มาลดีไฮด์เข้มข้น 20% น้ำยาวานิลลินในกรดไฮโดรคลอริก น้ำปูนใสและน้ำบาโบรมีน (Table 1) โดยผลสอดคล้องกับการตรวจสอบโดยวิธี TLC กล่าวคือ แผ่นโครมาโทแกรมโดยการฉีดพ่นด้วยน้ำยาวานิลลิน-กรด-ไฮโดรคลอริก จะปรากฏจุดสารสีชมพูของ condensed tannin มีค่า R_f เท่ากับ 0.24 แต่เมื่อฉีดพ่นด้วยน้ำยา-โซเดียมไนไตรต์และโพแทสเซียมไอโอเดต (อิ่มตัว) ไม่เห็นผลตามทฤษฎี ซึ่งเป็นการยืนยันว่าเป็นชนิด condensed tannin ซึ่งถือว่าเป็นแทนนินแท้จริง (true tannin) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 1,000-3,000 โครงสร้างประกอบด้วยพอลิฟีนอล (polyphenol) ที่ซับซ้อนและเป็นอนุพันธ์ของฟลาโวนอยด์ (flavonoid) (Figure 2) สามารถแตกตัวหรือสลายด้วยน้ำได้ยากกว่าแทนนินชนิด hydrolyzable tannin เพราะในโครงสร้างโมเลกุลไม่มีน้ำตาลอยู่ด้วย ส่วนมากแหล่ง condensed tannins ได้แก่ เปลือกลำต้น และแก่นลำต้น เป็นต้น ซึ่งสารสกัดน้ำจากเถาอวดเชือกก็นำมาจากส่วนของลำต้นเช่นกัน

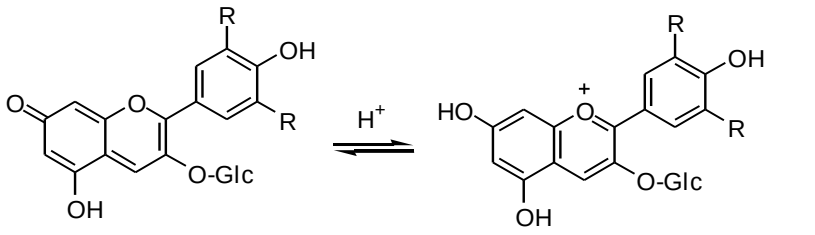

Figure 1 The reaction of anthocyanin in acid condition

Table 1 Preliminary test of tannins by precipitation method

No.	Reagents	Result
1	control	claret solution
2	ferric chloride 1%	black green solution with greenish brown precipitation (+ve test)
3	formaldehyde 40% และ HCl 1%	opaque solution with reddish orange precipitation (+ve test)
4	vanillin-HCl	pale red solution (+ve test)
5	lime water ($Ca(OH)_2$)	brownish red suspending precipitation (+ve test)
7	bromine water	yellow precipitation (+ve test)

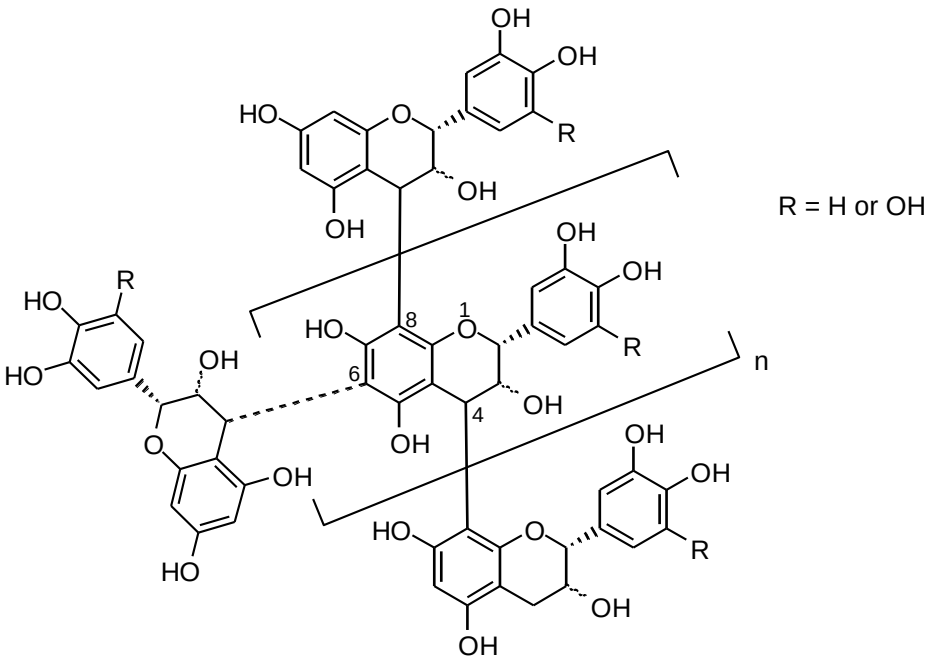

Figure 2 The structure of a condensed tannin

เมื่อนำสารสกัดน้ำจากเถาอวดเชือกมาเติมมอร์แดนต์ ได้แก่ น้ำขี้เถ้าและน้ำส้มสายชู และสารช่วยย้อม ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) พบว่าเปลี่ยนแปลง pH แต่ไม่เปลี่ยนแปลง λ_{max} กล่าวคือเท่ากับ 290 นาโนเมตร แต่เปลี่ยนแปลงค่าสี ได้แก่ L* a* และ b* ดังนี้ (Figure 3)

กรณีน้ำขี้เถ้า ทำหน้าที่เป็นมอร์แดนต์ ซึ่งเป็นเกลือของไฮดรอกไซด์ เช่น แคลเซียมไฮดรอกไซด์ พิจารณาความเข้มของสีย้อมระหว่างสีย้อมชุดที่ 1 (สารสกัดน้ำจากเถาอวดเชือก) มี L* เท่ากับ 23.95±0.6 a* เท่ากับ 35.82±0.3 และ b* เท่ากับ 39.65±0.8 ซึ่งมากกว่าสีย้อมชุดที่ 5 (สารสกัดน้ำจากเถาอวดเชือก + น้ำขี้เถ้า) เท่ากับ ΔL* +11.96 Δa* +7.42 และ Δb* +19.76 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบน้ำส้มสายชูทำหน้าที่เป็นมอร์แดนต์ พบว่าสีย้อมชุดที่ 1 มี L* และ b* น้อยกว่าสีย้อมในชุดที่ 6 (สารสกัดน้ำจากเถาอวดเชือก + น้ำส้มสายชู) เท่ากับ ΔL* -3.62 และ Δb* -6.48 แต่เปลี่ยนแปลง a* เล็กน้อย (Δa* เท่ากับ +1.49)

กรณีโซเดียมคลอไรด์ ทำหน้าที่เป็นสารช่วยย้อม ซึ่งเป็นเกลือเกิดจากกรดแก่ ได้แก่ ไฮโดรคลอริก (HCl) และเบสแก่ ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ (NaOH) ทำปฏิกิริยากัน มี pH 7 ดังนั้น จึงทำให้สีย้อมไม่เปลี่ยนแปลง pH เมื่อเปรียบเทียบสีย้อมชุดที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย condensed tannin เป็นสารช่วยย้อม มี L* a* และ b* มากกว่าสีย้อมชุดที่ 2 (สารสกัดน้ำจากเถาอวดเชือก + NaCl) เล็กน้อย กล่าวคือ ΔL* +0.07 Δa* -0.32 และ Δb* -1.21 แต่เมื่ออยู่ในสภาวะเบส พิจารณาจากสีย้อมชุดที่ 2 pH 5.6 และสีย้อมชุดที่ 3 (สารสกัดน้ำจากเถาอวดเชือก + NaCl + น้ำขี้เถ้า) pH 8 ทำให้ L*, a* และ b* ลดลง กล่าวคือ ΔL* -2.77 Δa* -6.36 และ Δb* -14.48 ส่วนในสภาวะกรด พิจารณาจากสีย้อมชุดที่ 2 และชุดที่ 4 (สารสกัดน้ำจากเถาอวดเชือก + NaCl + น้ำส้มสายชู) pH 4.5 พบว่า เพิ่มค่าความสว่าง (ΔL* +1.14) และเพิ่มค่าสีเหลืองเล็กน้อย (Δb* +0.85) แต่ลดค่าสีแดง (Δa* -2.3)

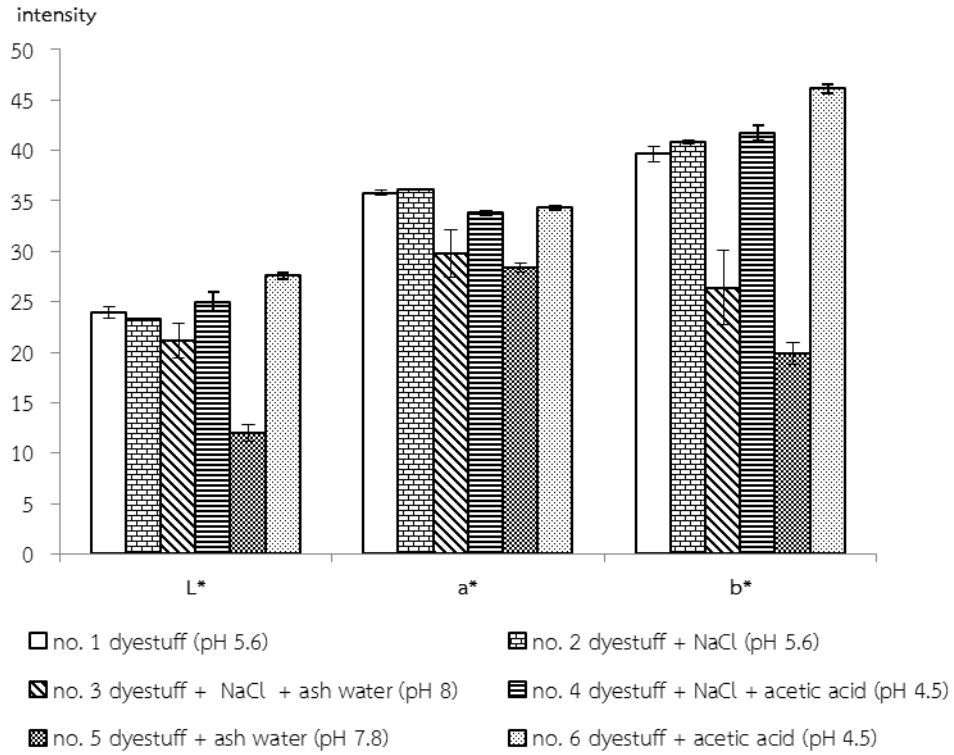

Figure 3 L*, a* and b* color values (n = 3) of the *C. latifolium* dyestuff

สรุป

สีย้อมจากเถาอวดเชือกที่มีน้ำขี้เถ้าและน้ำส้มสายชู ทำหน้าที่เป็นมอร์แดนต์ และโซเดียมคลอไรด์ เป็นสารช่วยย้อม จะไม่เปลี่ยนแปลงค่าความยาวคลื่นสูงสุด แต่ส่งผลให้ความเข้มของสีย้อมเปลี่ยนแปลง โดยน้ำขี้เถ้าส่งผลให้สีย้อมเข้มกว่าน้ำส้มสายชู กล่าวคือค่าความสว่าง สีแดงและสีเหลืองน้อยกว่า ในขณะที่โซเดียมคลอไรด์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีเล็กน้อย จากผลการทดลอง ผู้วิจัยจะได้ขยายองค์ความรู้ที่ได้นี้ โดยนำไปย้อมกับผ้าฝ้ายหรือด้ายฝ้าย รวมทั้งการทดสอบการคงทนต่อการซักล้างต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้โดยทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ปี 2556

เอกสารอ้างอิง

เต็ม สมิตินันท์. 2544. **ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้, ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ประชาชน, กรุงเทพฯ.

ปิ่นเพชร ชูทรงช่วย. 2539. **การใช้วัสดุธรรมชาติในท้องถิ่นทำสีย้อมผ้าไหมในจังหวัดสุรินทร์**. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสุรินทร์ ทุนอุดหนุนโครงการวิจัยของศูนย์วิจัยและบริการ.

ปณิธาน สุระยศ. 2552. **ผลของมอร์แดนต์ต่อความคงทนของสีและการดูดซับสีย้อมธรรมชาติที่สกัดจากผลมะกายคัดบนเส้นด้ายฝ้าย**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นพมาศ สุนทรเจริญนนท์. 2544. **เภสัชวินิจฉัย ยาและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เล่ม 1**. พิมพ์ครั้งที่ 3. แสงเทียนการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ยุพาพร ผลาขจรศักดิ์. 2547. **การสกัดและความคงตัวของแอนโทไซยานินที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Aydin, A.H. and H. Tez. 2003. The sorption behaviors between natural dyes and wool fiber. **International Journal of Chemistry** 13: 85-91.

Chapin, E.S. 1918. Natural dyestuffs-an important factor in the dyestuff situation. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry** 10: 795-798.

Schofield, P., D.M. Mbugua and A.N. Pell. 2001. Analysis of condensed tannins: A rewiew. **Journal of Animal Feed Science and Technology** 91: 21-40.

Li, S. *et al*. 2006. Herbs for medicinal baths among the traditional Yao communities of China. **Journal of Ethnopharmacology** 108: 59-67.