ผลของวิธีการสกัดต่อคุณภาพของเพคตินจากใบหมาน้อย ในเทือกเขาภูพาน

Effect of extraction method on quality of pectin from Ma Noy *(Cissampelos pareira)* leave in Phupan valley

พรประภา ชุนถนอม[1*], กรรณิการ์ สมบุญ[1], สุดารัตน์ สกุลคู[1] และ อรนุช สีหามาลา[3]

Pornprapha Chunthanom[1*], Kanika Somboon[1], Sudarath Sakulkoo[2] and Oranut Sihamala[3]

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของวิธีการสกัดต่อคุณภาพของเพคตินจากใบหมาน้อยสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ศึกษาคุณภาพของเพคตินจากใบหมาน้อยสด ใบหมาน้อยอบแห้ง และใบหมาน้อยแช่แข็งที่สกัดแบบหยาบและแบบตกตะกอนในแอลกอฮอล์หรือ dialyzed พบว่า เพคตินจากใบหมาน้อยอบแห้งที่ได้จากการสกัดแบบ dialyzed เหมาะสมมากที่สุด โดยมีค่าความสว่าง ความใส ความหนืด ปริมาณแคลเซียมและโซเดียมมากที่สุด แต่มีความเข้มของสีเหลืองน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามพบเหล็กน้อยที่สุด และศึกษาคุณสมบัติทางวิสโคอิลาสติกทั้งค่าพลังงานสะสม (G') และพลังงานสูญเสีย (G'') พบว่าเพคตินจากใบหมาน้อยมีคุณสมบัติเป็นของเหลวที่มีความหนืดมากกว่าเป็นของแข็งที่มีความยืดหยุ่นหรือมีคุณสมบัติเป็นเจลที่เหมาะสมต่อการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

คำสำคัญ: เพคติน ใบหมาน้อย การสกัด แร่ธาตุ

ABSTRACT: The effect of pectin extraction method on quality of pectin from Ma Noy *(Cissampelos pareira)* leaves for healthy food products was investigated. Pectin extraction from three types of Ma Noy leaves including fresh, dried and frozen leaves with two pectin extraction methods including crude and alcohol precipitation or dialyzed fraction were studied. Results showed that the dialyzed pectin from dried leave was the most suitable condition. The results of lightness, clarity, viscosity, calcium and sodium of this sample were better than crude pectin but the chromaticity of yellow color was lowest. However, the content of iron was lower than crude pectin. Furthermore, the viscoelastic property including the storage modulus (G') and the loss modulus (G'') was studied. The pectin from Ma Noy leave showed the viscosity more than elasticity property or it exhibited suitable gelling agent for healthy beverage processing.
Keywords: pectin, Ma Noy (*Cissampelos pareira*) leave, extraction, mineral

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร 47160
Division of Food Science and Technology, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon campus, Sakon Nakhon 47160, Thailand.

[2] สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร 47160
Division of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon campus, Sakon Nakhon 47160, Thailand.

[3] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์ 46000
Division of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Kalasin campus, Kalasin 46000, Thailand,

* Corresponding author: wongfhun@yahoo.com

บทนำ

เพคตินเป็นวัตถุเจือปนอาหารชนิดหนึ่ง ประกอบไปด้วยโพลีแซคคาไรด์และเส้นใยอาหารที่มีความสำคัญอย่างมากในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารและเครื่องสำอาง ซึ่งประเทศไทยได้มีการนำเข้าเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกผลไม้จากต่างประเทศเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ต่างๆ เช่น gelling agent, thickener และ stabilizer ใบหมาน้อยเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคติน เพราะสามารถสกัดเพคตินได้สูง มีคุณสมบัติให้เจลที่ดีเพียงแค่นำใบหมาน้อยมาขยี้ผสมน้ำจะทำให้น้ำมีความหนืดสูงจนกลายเป็นวุ้นหรือเจล ซึ่งองค์ประกอบที่เป็นโครงสร้างของเจลนี้คือสารเพคติน ซึ่ง Singthong et al. (2004) ได้รายงานว่าวุ้นจากใบหมาน้อยเป็นสารจำพวกเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ สามารถเกิดเป็นเจลได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้น้ำตาลช่วย จึงเหมาะสมต่อการใช้ในอาหารเพื่อสุขภาพที่มีน้ำตาลน้อย การสกัดเพคตินจากใบหมาน้อยสามารถสกัดได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้กรด ความร้อนและแอลกอฮอล์เหมือนการสกัดเพคตินจากเปลือกผลไม้ แต่ต้องทำให้เพคตินมีความบริสุทธิ์ก่อนนำไปในอุตสาหกรรมเพื่อทดแทนการนำเข้า เพราะเจลจากใบหมาน้อยเมื่อละลายน้ำแล้วจะมีสารประกอบฟีนอลิกปนมาด้วย (Arkarapanthu et al., 2005) ซึ่งทำให้มีสีน้ำตาล นอกจากนั้นพันธุ์เลิศ (2554) ได้สกัดเพคตินจากใบหมาน้อยโดยอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 3 ชม. เติมเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1:10 กรองและสกัดโดยแช่ในกรดไฮโดรคลอริกเพื่อให้มี pH 2.0-2.8 ในอัตราส่วน 1:50 อุณหภูมิ 68-75°C เวลาในการสกัด 42 นาที ได้ผลผลิตของเพคตินในปริมาณสูง แต่การสกัดโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกอาจทำให้เกิดสารเคมีตกค้าง ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนากระบวนการสกัดโดยใช้เทคโนโลยีสะอาดเพื่อทำให้เพคตินมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานด้านอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการสกัดต่อคุณภาพของเพคตินจากใบหมาน้อยสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร

วิธีการศึกษา

เก็บเกี่ยวใบหมาน้อยแก่จัดจากป่าในเทือกเขาภูพาน อ.ภูพาน จ.สกลนคร ช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม 2553 นำมาศึกษาวิธีการสกัดเพคตินจากใบหมาน้อย ดัดแปลงจากวิธีของ Yoswit (2008) โดยนำใบหมาน้อยสด ใบหมาน้อยอบแห้ง (อุณหภูมิ 60°C นาน 12 ชม.) และใบหมาน้อยแช่แข็ง (อุณหภูมิ -20°C นาน 24 ชม.) ผสมน้ำอุ่น (60 °C) ในอัตราส่วน 1:100 (w/v) ปั่นผสมกันในอัตราความเร็วต่ำ นาน 1 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง จะได้เพคตินจากใบหมาน้อยแบบหยาบหรือ Crude และเมื่อนำเพคตินที่ได้ไปผสมเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1:1 (โดยปริมาตร) ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 12 ชม.ที่อุณหภูมิห้อง กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 2 จะได้เพคตินจากใบหมาน้อยแบบ Dialysed นำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดทั้งสองแบบนี้วัดค่าคุณภาพ ได้แก่ วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab) ความใสโดยการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การยอมให้แสงผ่าน (% transmittance) ที่ความยาวคลื่น 650 nm ตามวิธีของ Ishii and Yokotsuka (1972) วัดค่าความหนืดโดยใช้เครื่อง Brookfield ดัดแปลงวิธีการจาก Akesowan (nd) โดยนำตัวอย่างใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 ml และบรรจุตัวอย่างปริมาตร 500 ml โดยใช้หัววัดเบอร์ 63 วัดความหนืดที่ความเร็วรอบ 5 rpm ที่อุณหภูมิ 21.0-22.3 °C ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ทดสอบสมบัติทางวิสโคอิลาสติก โดยใช้ตัวอย่างชนิดละ 1% (w/v) ในน้ำ DI มาทดสอบด้วยเครื่อง Rheometer ดัดแปลงวิธีการจาก Singthong et al. (2004) ณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตรวจวัดคุณภาพแร่ธาตุโดยสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล รายงานปริมาณแร่ธาตุเป็นค่าเฉลี่ย

การศึกษานี้มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มบริบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) วิเคราะห์หาความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยวิธี Tukey's test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป Minitab version 14 รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดำเนินการศึกษาตั้งแต่ ต.ค 2553-ก.ย 2554

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สีของเพคตินจากใบหมาน้อย

จากผลการทดลองใน **Table 1** ค่าสี L* หรือค่าความสว่างของเพคตินจากใบหมาน้อยอบแห้งสกัดแบบ dialyzed มีความสว่างมากที่สุด ค่าสี a* หรือค่าความเป็นสีแดงของเพคตินใบหมาน้อยอบแห้งที่สกัดแบบ crude มีสีแดงมากที่สุด ค่าสี b* หรือค่าความเป็นสีเหลือง และค่าสี C* หรือค่าความเข้มของสีของเพคตินใบหมาน้อยแช่แข็งที่สกัดแบบ crude มีค่ามากที่สุด ค่าสี Hue หรือเฉดสีของเพคตินใบหมาน้อยมีสีส้มแดง-เหลืองในทุกตัวอย่าง และเพคตินจากใบหมาน้อยอบแห้งสกัดแบบ dialyzed มีเฉดสีเหลืองมากที่สุดและแตกต่างกับตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังนั้นเพคตินจากใบหมาน้อยอบแห้งสกัดแบบ dialyzed จึงมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีความสว่างมากที่สุด แต่มีสีแดง สีเหลืองและความเข้มสีน้อยที่สุด จึงเหมาะสมต่อการนำไปผสมอาหาร เนื่องจากไม่รบกวนสีของอาหาร

ความเป็นกรดด่าง ความใส ความหนืดและผลผลิตของเพคตินจากใบหมาน้อย

pH ของเพคตินใบหมาน้อยที่สกัดแบบ crude มีค่าต่ำกว่าการสกัดแบบ dialyzed ในทุกตัวอย่าง และ pH ของเพคตินของการสกัดแบบ crude ของใบหมาน้อยสดและอบแห้งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และยังพบว่า pH ของการสกัดทั้งสองแบบของใบหมาน้อยสดมีค่าต่ำกว่าใบอบแห้งและใบแช่แข็ง ตามลำดับ ความใสของเพคตินจากใบหมาน้อยอบแห้งสกัดแบบ dialyzed มีความใสมากที่สุดและแตกต่างกับตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่เพคตินจากใบหมาน้อยสดและอบแห้งสกัดแบบ crude และใบหมาน้อยสดสกัดแบบ dialyzed มีความใสน้อยที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ความหนืดของเพคตินจากใบหมาน้อยอบแห้งมีความหนืดสูงกว่าสดและแช่แข็งทั้งการสกัดทั้งแบบ crude และ dialyzed ซึ่งเพคตินใบหมาน้อยอบแห้งที่สกัดแบบ dialyzed มีความหนืดมากที่สุดและแตกต่างกับตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) **(Table 2)** ดังนั้นเพคตินจากใบหมาน้อยอบแห้งสกัดแบบ dialyzed จึงมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีความใสและความหนืดมากที่สุด

Table 1 Color of pectin from Ma Noy leaves.

Extraction method	L*	a*	b*	C*	°H
Fresh leaves + crude extraction	16.50±0.11 e	7.71±0.07 b	18.47±0.03 e	19.98±0.09 d	67.34±0.21 e
Dried leaves + crude extraction	17.77±0.13 e	8.75±0.09 a	21.07±0.20 b	22.78±0.22 b	67.45±0.29 e
Frozen leaves + crude extraction	44.51±0.15 c	4.48±0.07 d	27.55±0.50 a	27.91±0.06 a	80.77±0.12 b
Fresh leaves + dialyzed fraction	35.14±0.14 d	4.85±0.05 c	20.32±0.04 c	20.89±0.04 c	76.58±0.13 d
Dried leaves + dialyzed fraction	54.32±0.07 a	1.95±0.02 f	18.73±0.04 e	18.86±0.01 e	84.04±0.07 a
Frozen leaves dialyzed fraction	50.14±0.31 b	3.47±0.11 e	19.56±0.21 d	19.87±0.23 d	79.93±0.22 c

Means with different letters within a column of each quality are significantly different at $P<0.05$ by Tukey's test.

Table 2 pH, clarity and viscosity of pectin from Ma Noy leaves.

Extraction method	pH	clarity	viscosity (Cp)
Fresh leaves + crude extraction	3.73±0.03 a	5.20±0.17 d	26.2± 3.1 c
Dried leaves + crude extraction	3.76±0.02 a	5.67±0.12 d	2,057.0±24.6 b
Frozen leaves + crude extraction	4.00±0.02 c	18.27±0.40 b	28.3± 6.1 c
Fresh leaves + dialyzed fraction	3.93±0.01 b	6.20±0.78 d	156.0±16.9 c
Dried leaves + dialyzed fraction	4.21±0.01 d	22.90±0.17 a	4,535.0±33.9 a
Frozen leaves dialyzed fraction	4.54±0.02 e	13.07±0.21 c	46.0± 2.8 c

Means with different letter within a column of each quality are significantly different at P<0.05 by Tukey's test

สมบัติทางวิสโคอิลาสติก

สมบัติทางวิสโคอิลาสติกของเพคตินจากใบหมาน้อยสกัดแบบ Crude

Stress sweep การหาค่าความเครียดหรือความเค้นที่ไม่ทำให้โครงสร้างของตัวอย่างเสียสภาพโดยวิธี Stress sweep โดยการนำตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นเพคตินที่มีความหนืดมากที่สุดและเหลวมากที่สุด ทำการทดสอบหาค่าความเครียดหรือความเค้นที่เหมาะสม ซึ่งจากการทดลองนำเพคตินจากใบหมาน้อยสดและอบแห้ง หาค่าความเค้นหรือความเครียดที่เหมาะสม ดังแสดงใน **Figure 1** ซึ่งแสดงช่วง LVR (linear viscoelastic region) สำหรับการทดสอบการแบบสั่น พบว่าค่าความเค้นที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการทดสอบแบบสั่น คือ 0.1 Pa

Frequency sweep การทดสอบ Frequency sweep โดยให้ความเค้นคงที่ 0.1 Pa ตามสภาวะที่หาได้จากการศึกษา stress sweep ที่ช่วงความถี่ 0.1-10 Hz (**Figure 2**) พบว่าทุกหน่วยทดลอง ค่า G" (loss modulus) จะมากกว่าค่า G' (storage modulus) แสดงว่าความเป็นของเหลวที่มีสมบัติของความหนืดเด่นกว่าของแข็งยืดหยุ่น (Steffe, 1996) หากพิจารณาค่า G' และ G" ที่ความถี่ 1 Hz พบว่าค่า G' และ G" มีค่าแตกต่างกัน โดยที่เพคตินจากใบหมาน้อยอบแห้งมีค่า G' และ G" มากสุด คือ 0.114±0.016 Pa และ 0.544±0.016 Pa ตามลำดับ แต่ค่า G' ของเพคตินจากใบหมาน้อยอบแห้งไม่แตกต่างจากเพคตินใบหมาน้อยแช่แข็ง (P>0.05) ขณะที่เพคตินจากใบหมาน้อยสดมีค่า G' และ G" น้อยสุด คือ 0.019±0.002 Pa และ 0.113±0.001 Pa ตามลำดับ (**Table 3**)

สมบัติทางวิสโคอิลาสติกของเพคตินจากใบหมาน้อยสกัดแบบ Dialyzed

จากการทดลองพบว่า ไม่สามารถหาสมบัติทางวิสโคอิลาสติกของเพคตินได้ เนื่องจากเพคตินที่ได้มีลักษณะแยกชั้น และมีฟองอากาศ

อย่างไรก็ตามจากการทดลองของ Singthong et al. (2004 and 2005) ได้รายงานว่าเพคตินจากใบเครือหมาน้อยอบแห้งที่สกัดแบบ crude และ dialyzed มีค่า G' สูงกว่า G" แสดงว่าตัวอย่างเพคตินมีสมบัติเป็นของแข็งยืดหยุ่นมากกว่าเป็นของเหลวหนืด และยังได้รายงานว่าเพคตินที่สกัดแบบ dialyzed มี gel strength ที่แข็งแรงกว่าแบบ crude ซึ่งผลการทดลองนี้ไม่สอดคล้องกับการทดลองของ Singthong et al. (2004) เนื่องจากเพคตินที่ได้มีคุณสมบัติเป็นของเหลวหนืดมากกว่าของแข็งยืดหยุ่น และเพคตินที่สกัดแบบ crude มีความแข็งแรงมากกว่าแบบ dialyzed ทั้งนี้อาจเนื่องจากความเข้มข้นของ polymer หรือมีองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน ดังนั้นเพคตินจากใบหมาน้อยอบแห้ง จึงมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมี loss modulus และ storage modulus มากที่สุด

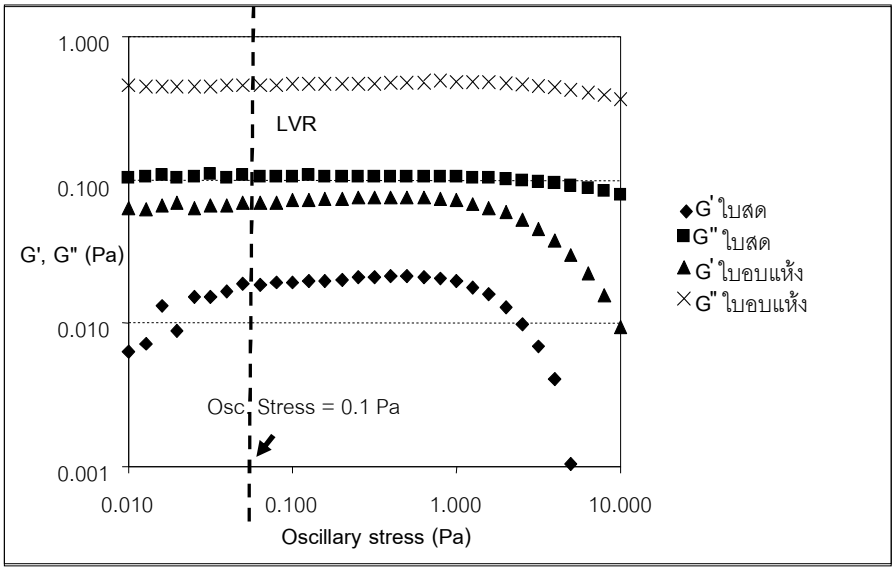

Figure 1 Linear viscoelastic region of stress sweep test of pectin from Ma Noy leaves.

Table 3 G' and G" of frequency at 1 Hz of crude pectin from Ma Noy.

เพคตินจากใบหมาน้อย	G' (Pa)	G" (Pa)
ใบสด	0.019±0.002 b	0.113±0.001 c
ใบแช่แข็ง	0.081±0.004 a	0.222±0.002 b
ใบอบแห้ง	0.114±0.016 a	0.544±0.016 a

Means with different letter within a column of each quality are significantly different at P<0.05 by Tukey's test.

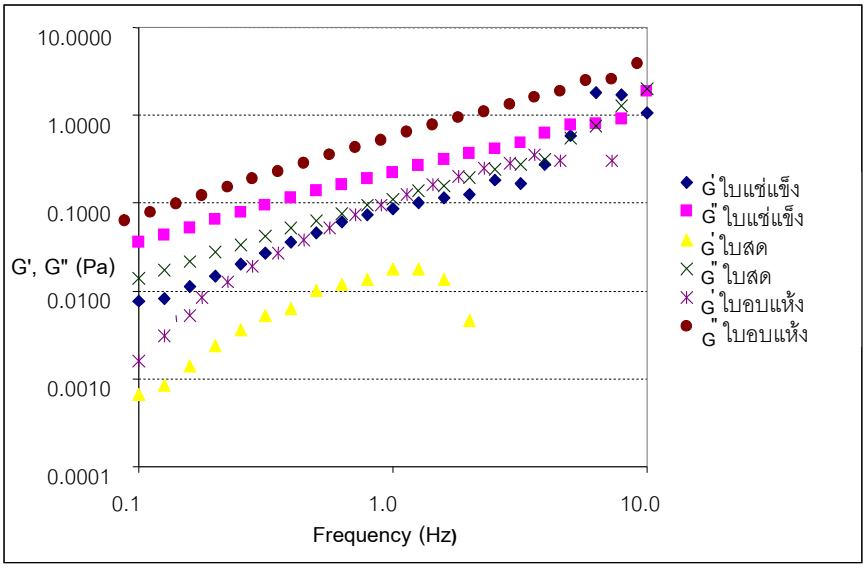

Figure 2 G' and G" of crude pectin from Ma Noy leaves.

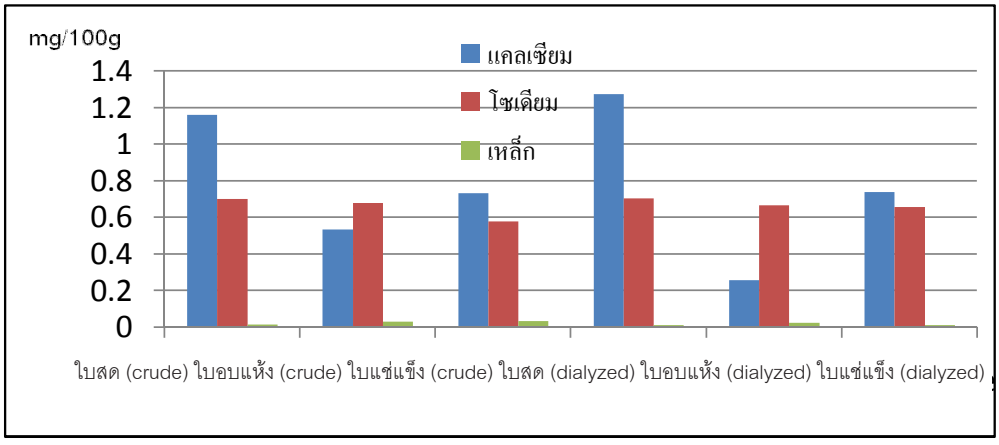

Figure 3 Minerals (mg/100g) of pectin from Ma Noy leaves.

แร่ธาตุของเพคตินจากใบหมาน้อย

ปริมาณแคลเซียมและเหล็กของเพคตินจากใบหมาน้อยอบแห้งสกัดแบบ crude และปริมาณโซเดียมของเพคตินจากใบหมาน้อยสดสกัดแบบ dialyzed มีปริมาณมากที่สุด ปริมาณแคลเซียมและเหล็กของเพคตินจากใบหมาน้อยที่สกัดทั้งสองวิธีของใบหมาน้อยอบแห้งมีปริมาณมากกว่าใบสดและใบแช่แข็ง ตามลำดับ ส่วนปริมาณโซเดียมนั้นพบว่าเพคตินจากใบหมาน้อยสดมีปริมาณมากกว่าอบแห้งและแช่แข็ง ตามลำดับ (**Figure 3**) Singthong et al. (2005) ได้รายงานว่าพบแคลเซียมและโซเดียมของเพคตินจากใบหมาน้อยความเข้มข้น 2%(w/v) ที่สกัดแบบ crude เป็น 1.4% และ 0.16% ตามลำดับ และแบบ dialyzed เป็น 2.7% และ 0.26% ตามลำดับ และพบเหล็กของเพคตินจากใบหมาน้อยสกัดแบบ crude และแบบ dialyzed ในปริมาณเท่ากันคือ 0.03 mg/g อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้พบปริมาณแคลเซียมและโซเดียมน้อยกว่าการทดลองของ Singthong et al. (2005) แต่พบปริมาณเหล็กสูงกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน ดังนั้นเพคตินจากใบหมาน้อยอบแห้งสกัดแบบ dialyzed จึงมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีแคลเซียมและโซเดียมมากที่สุด

สรุป

เพคตินจากใบหมาน้อยอบแห้งสกัดแบบ dialyzed จึงมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากมีค่าความสว่าง ความใส ความหนืด ปริมาณแคลเซียมและโซเดียมมากที่สุด และมีความเข้มของสีเหลืองน้อยที่สุด แต่พบเหล็กและน้ำตาลโมโนแซคคาไรด์น้อยที่สุด แต่ไม่สามารถศึกษาคุณสมบัติทางวิสโคอิลาสติกของเพคตินจากใบหมาน้อยอบแห้งสกัดแบบ dialyzed ได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยงบประมาณรายจ่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ประจำปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

พันธุ์เลิศ พรหมสาขา ณ สกลนคร. 2554. การพัฒนากระบวนการผลิตเพคตินจากใบเครือหมาน้อยและการประยุกต์ในผลิตภัณฑ์อาหาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Akesowan, A. Nd. Viscosity and gel formation of a Konjac flour from *Amorphophallus oncophyllus*. Faculty of Science, University of the Thai Chamber of Commerce Bangkok,Thailand.

Arkarapanthu, A., V. Chavasit, P. Sungpuag and L. Phuphathanaphong. 2005. Gel extraced from Khruea-Ma-Noi (*Cyclea barbata Miers*) leaves: chemical composition and gelation properties. J. Sci. Food Agri. 85:1741-1749.

Ishii, S. and T. Yokotsuka. 1972. Clarification of fruit juice by pectin transeliminase. J. Agri. Food Chem. 20:789-791.

Singthong, J, S.W. Cui, S. Ningsanond and H.D. Goff. 2004. Structural characterization, degree of esterification and some gelling properties of Krueo Ma Noy (*Cissampelos pareira*) pectin. Carbohydr. Polym. 58:391-400.

Singthong, J., S. Ningsanond, S.W. Cui and H.D. Goff. 2005. Extraction and physicochemical characterization of Krueo Ma Noy pectin. Food Hydrocolloids 19:793-801.

Steffe, J.F. 1996. Rheological Methods in Food Process Engineering. 2nd ed. Freeman Press, Michigan.

Yoswit, T. 2008. Study on extraction process of pectin from leaves of Khruea-Ma-Noi (*Cyclea barbata Mieers*) and its potential use in food industry. M.S. Thesis. Mahidol University, Bangkok.