

# การหาปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และคลอไรด์ ในน้ำมะพร้าวด้วยเทคนิค Capillary Electrophoresis Determination of Potassium, Calcium, Magnesium and Chloride in Coconut Water by Capillary Electrophoresis

นฤมล วชิรปัทมา ทิตลิตา ศรีภุมมา และสุทธินี ไมตรีสรลันต์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

## บทคัดย่อ

น้ำมะพร้าวเป็นเครื่องดื่มที่คนทั่วไปนิยมโดยเฉพาะนักกีฬา เนื่องจากมีความเข้มข้นของแร่ธาตุ เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และคลอไรด์ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายสูงและมีกลิ่นหอม การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในน้ำมะพร้าวให้ได้ผลเร็วสามารถใช้เทคนิค capillary electrophoresis ที่มี capillary column ยาว 45 ซม. ทำการตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 206 nm และ Background electrolyte ประกอบด้วย imidazole, alanine และ 18 crown 6 ที่ pH 6 โดยใช้ความต่างศักย์ +25 kV และเวลาที่ใช้ในการฉีดสาร 7 วินาที ที่ความดัน 50 mbar สำหรับคลอไรด์ใช้ capillary column ยาว 50 ซม. เคลือบด้วย poly-(diallyldimethylammoniumchloride) และ background electrolyte ที่ประกอบด้วย 4 mM ของ chromate ใน Tris buffer ที่ pH 3 ใช้ความต่างศักย์ -30 kV เวลาที่ใช้ในการฉีดสาร 10 วินาที ที่ความดัน 50 mbar ผลการทดลองตรวจพบว่าปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และคลอไรด์ที่มีต่างกันในน้ำมะพร้าวขึ้นอยู่กับอายุการเก็บเกี่ยวผลมะพร้าว

คำสำคัญ : น้ำมะพร้าว โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม คลอไรด์ แคพิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส

## Abstract

Coconut water was often used as a soft drink for most of people, especially for athletes. Because it contains high concentration of mineral salts (potassium, calcium, magnesium and chloride) presently used as human nutritional minerals, besides having a pleasant flavor. Fast analysis of potassium, calcium, magnesium in coconut water can be performed on capillary column 45 cm by using capillary electrophoresis with 206 nm detected wavelength. Background electrolyte consisted of imidazole, alanine and 18 crown 6 at pH 6. The applied potential was +25 kV and injection time 7 sec at pressure 50 mbar. For chloride, capillary column 50 cm

coated with poly-(diallyldimethylammoniumchloride) was used and detected at 372 nm. Background electrolyte consisted of 4 mM chromate in Tris (hydroxymethyl) aminomethane buffer at pH 8.3. The applied potential was -30 kV and using injection time 10 sec at pressure 50 mbar. The results show different concentrations of potassium, calcium, magnesium and chloride in coconut water depend on different stages of maturity.

**Keywords:** coconut water, potassium, calcium, magnesium, chloride, capillary electrophoresis

## 1. บทนำ

น้ำมะพร้าวจะเริ่มถูกผลิตขึ้นในผลหลังจากอายุได้ประมาณ 2 เดือน แต่ระยะเวลาที่จะได้ผลมะพร้าวที่ให้น้ำมะพร้าวปริมาณสูงสุด มีรสชาติดี และมีธาตุอาหารสูงคือระยะ 6-7 เดือน ซึ่งน้ำมะพร้าวจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบด้วยวิตามิน กรดโฟลิก กรดอะมิโน น้ำตาล และเป็นแหล่งของเกลือแร่ที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และคลอไรด์ ซึ่งสามารถช่วยบรรเทาความอ่อนเพลียเนื่องจากท้องเสียหรือดื่มหลังการสูญเสียเหงื่อจากการเล่นกีฬาหรือออกกำลังกายได้ดี ปัจจุบันมีเกือบ 90 ประเทศ ทั่วโลกที่อยู่ในเขตร้อนที่ปลูกมะพร้าวและใช้มะพร้าวเป็นเครื่องดื่ม เป็นอาหารและเป็นแหล่งรายได้ งานวิจัยเกี่ยวกับมะพร้าวจึงมีความสำคัญและเป็นประโยชน์ มีงานวิจัยหลายฉบับที่ศึกษาแร่ธาตุที่มีในน้ำมะพร้าวโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์และเครื่องมือต่างกัน เช่น การศึกษาปริมาณแคลเซียมและโพแทสเซียมในน้ำมะพร้าวด้วยเทคนิค flow injection (FIA) ที่มี tubular ion-selective electrode เป็นตัวตรวจวัด [1] การศึกษาปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก สังกะสี และทองแดงในขวดที่บรรจุน้ำมะพร้าวด้วยเทคนิค inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICPOES) [2] การศึกษาปริมาณโซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม เหล็ก

และโคบอลต์ในเนื้อและในน้ำมะพร้าว 3 พันธุ์ (ต้นสูงพันธุ์ Srilanka ต้นเตี้ยพันธุ์ Malayan Yellow และพันธุ์ผสม) ที่ปลูกในประเทศปากีสถานด้วยเทคนิค flame atomic absorption spectrophotometer (FAAS) [3] การศึกษาคุณภาพน้ำมะพร้าวพันธุ์เดียวที่มีอายุการเก็บเกี่ยวต่างกันที่ปลูกในเขตตะวันตกเฉียงเหนือของ Brazil [4] การศึกษาโปรตีน น้ำตาล โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ในน้ำมะพร้าวพันธุ์เดียวอายุ 6-9 เดือน ที่ปลูกไกลจากชายทะเลบริเวณ Midwest ของ Brazil [5] การศึกษา anions, cations และน้ำตาลในน้ำมะพร้าวด้วยเทคนิค capillary electrophoresis (CE) และตรวจวัดด้วย contactless conductivity detector (CCD) [6] การศึกษาปริมาณคลอไรด์ในนมและในน้ำมะพร้าวด้วยเทคนิค FIA [7] และการศึกษาธาตุอาหารในมะพร้าวกะทิ (kopyor coconut; *Cocos nucifera* L.) ในประเทศอินโดนีเซีย [8] สำหรับประเทศไทยนิยมปลูกมะพร้าวในแถบบริเวณใกล้ชายทะเล เพราะมะพร้าวเป็นพืชที่ต้องการคลอไรด์สูงมาก ดังนั้นชาวบ้านที่ปลูกมะพร้าวจะนิยมนำเกลือทะเลไปใส่ในแปลงปลูกมะพร้าวปีละ 1-2 ครั้ง เพื่อให้ผลผลิตดี มะพร้าวที่นิยมปลูกเพื่อผลิตเป็นเครื่องดื่มคือมะพร้าวน้ำหอมเพราะมีกลิ่นหอมและรสชาติดี สำหรับมะพร้าวต้นสูงนิยมผลิตเป็นกะทิและน้ำมันมะพร้าว การวิจัยเกี่ยวกับแร่ธาตุในน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่

ช่วงเวลาเก็บเกี่ยวต่างกันเพื่อทราบปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในประเทศไทยยังไม่มีรายงาน จึงเป็นที่มาของวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ที่ต้องการศึกษาปริมาณแร่ธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และคลอไรด์ในน้ำมะพร้าว น้ำหอมที่ช่วงเวลาเก็บเกี่ยวต่างกันคือช่วง 6-7 เดือน (มะพร้าวอ่อน) และ 12 เดือน (มะพร้าวแก่) โดยใช้เทคนิค capillary electrophoresis

## 2. การทดลอง

### 2.1 เครื่องมือ

2.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมด้วยเทคนิค CE

Fused silica capillary column (Polymicro technology, Phoenix, AZ, USA) ยาว 45 cm (75  $\mu\text{m}$  I.D.) โดยมีความยาวจากจุดที่ฉีดสารถึงตัวตรวจวัด 36.5 cm เครื่อง capillary electrophoresis ที่ใช้แยก สารที่จะวิเคราะห์ คือ HP<sup>3D</sup> CE (Agilent Technologies, Bracknell, UK) และใช้ ศักย์ไฟฟ้า +25 kV ที่อุณหภูมิ 25°C โดยฉีดที่ความดัน 50 mbar เป็นเวลา 7 วินาที ทำการตรวจวัดที่ 206 nm

2.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมด้วยเทคนิค FAAS

Flame atomic absorption spectrophotometer, model 1100 B (Perkin Elmer)

2.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ธาตุคลอไรด์

Fused silica capillary column (Polymicro technology, Phoenix, AZ, USA) ยาว 50 cm (75  $\mu\text{m}$  I.D.) เคลือบด้วย 0.5% PDDAC ใช้ ศักย์ไฟฟ้า -30 kv ที่อุณหภูมิ 25°C โดยฉีดที่ความดัน

50 mbar เป็นเวลา 10 วินาที โดยทำการตรวจวัดที่ 372 nm

### 2.2 สารเคมี

น้ำที่ใช้เป็นน้ำที่ผ่านการกลั่นและ deionised (DI water),  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$  (Ajax, Finechem, Australia)  $\text{NO}_3^-$  และ chromate (99%, Carlo Erba, Lombardia, Italy)  $\text{Cl}^-$  (99.999%, Aldrich, St. Louis, USA),  $\text{SO}_4^{2-}$  และ Tris (hydroxymethyl) aminomethane (99.99%, Aldrich, St. Louis, USA), Imidazole (Fluka, Steinheim, Switzerland)  $\text{HNO}_3$  (Merck, Darmstadt, Germany) และ 18-crown-6 ether (Sigma-Aldrich Steinheim, Germany) เป็น analytical grade สำหรับ background electrolyte ของโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ประกอบด้วย 12 mM imidazole, 15 mM alanine และ 3 mM 18 crown 6 ether ที่ pH 6.0 ส่วน background electrolyte ของคลอไรด์ ประกอบด้วย 4 mM ของ chromate ใน tris buffer ที่ pH 8.3

ตัวอย่างน้ำมะพร้าวได้มาจากสวนเดียวกันของตำบลสวนหลวง อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร โดยนำน้ำมะพร้าวที่ได้จากมะพร้าวอายุ 6-7 เดือน (น้ำมะพร้าวอ่อน) หรือ 12 เดือน (น้ำมะพร้าวแก่) ประมาณ 40 ผล มารวมกันก่อนแบ่งบางส่วนมาทำการวิเคราะห์ หากไม่ทดลองทันที จำเป็นต้องเก็บน้ำมะพร้าวที่อุณหภูมิ 4°C

### 2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำมะพร้าวเพื่อใช้วิเคราะห์ด้วยเทคนิค CE

กรองน้ำมะพร้าวตัวอย่างพันธุ์ น้ำหอมที่มีอายุ 6-7 เดือน และ 12 เดือน ผ่าน 0.45  $\mu\text{m}$  disposable filter การวิเคราะห์โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมด้วยเทคนิค CE ต้องเจือจางน้ำ

มะพร้าวด้วย deionized water 200 เท่า และการวิเคราะห์คลอไรด์ด้วยเทคนิค CE ต้องเจือจางน้ำมะพร้าวด้วย deionized water 500 เท่า ก่อนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุด้วยเทคนิค CE

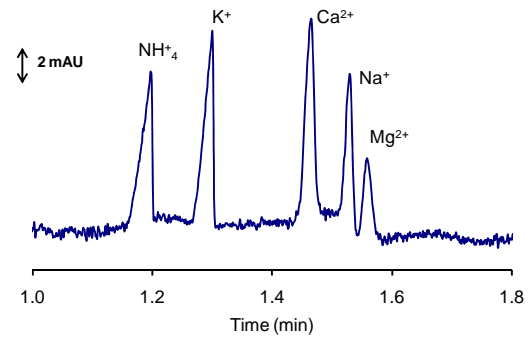
2.3.2 การเตรียมตัวอย่างน้ำมะพร้าวเพื่อใช้วิเคราะห์ด้วยเทคนิค FAAS

เติมกรดไนตริกเข้มข้น 2 ml ลงในน้ำมะพร้าวตัวอย่าง 10 ml ที่บรรจุใน beaker และนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นเติม 20 ml ของ DI water ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C ต่อจนปริมาตรเหลือประมาณ 15 ml ปลอຍให้สารตัวอย่างเย็นลง แล้วปรับปริมาตรเป็น 25 ml ใน volumetric flask ด้วย DI water จากนั้นกรองผ่าน 0.45  $\mu\text{m}$  disposable filter ก่อนนำไปวัดปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ด้วยเทคนิค FAAS เพื่อเปรียบเทียบกับผลที่วิเคราะห์ได้จากเทคนิค CE

### 3. ผลและวิจารณ์ผล

3.1 Electropherogram ของ สารมาตรฐาน แอมโมเนียมโพแทสเซียม แคลเซียม โซเดียมและแมกนีเซียม

การวิเคราะห์แคทไอออนที่มักพบในพืช ได้แก่ แอมโมเนียม ( $\text{NH}_4^+$ ) โพแทสเซียม ( $\text{K}^+$ ) แคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) โซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) และแมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) โดยเทคนิค CE จะใช้วิธีการเดียวกับการวิเคราะห์แคทไอออนในปุ๋ยเคมี โดยตรวจวัดที่ 206 nm ค่าศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ +25 kV นิ้ดสารโดยใช้ความดัน 50 mbar เป็นเวลา 7 วินาที จะได้ electropherogram ของแคทไอออนทั้ง 5 ชนิด คือ  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  ซึ่ง peak ทั้งหมดแยกจากกันและใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อยกว่า 2 นาที ดังแสดงในรูป 1



รูปที่ 1 Electropherogram ของสารละลายมาตรฐาน  $\text{NH}_4^+$  2.5 ppm,  $\text{K}^+$  5 ppm,  $\text{Ca}^{2+}$  1 ppm,  $\text{Na}^+$  1 ppm และ  $\text{Mg}^{2+}$  0.5 ppm

### 3.2 การหาปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในน้ำมะพร้าวด้วยเทคนิค CE

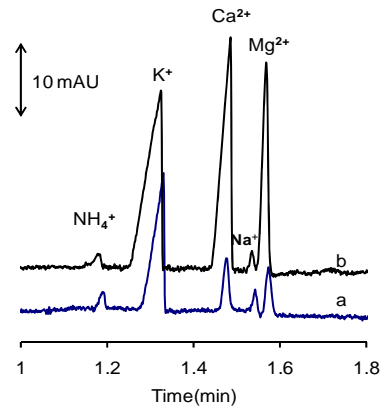
ประยุกต์ใช้ background electrolyte และ condition ที่เหมาะสมในการหาปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในน้ำมะพร้าวได้ electropherogram ของน้ำมะพร้าวอ่อน ดังรูป 2a จะพบธาตุอาหารที่สำคัญในน้ำมะพร้าวคือ  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  และเพื่อยืนยันว่าเป็น peak ของ  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  จึง spike สารละลายมาตรฐานของ  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  ลงในน้ำมะพร้าวอ่อน จะได้ electropherogram ดังแสดงในรูป 2b ซึ่งพบว่าแต่ละ peak มี migration time ตรงกับ peak ของสารละลายมาตรฐาน  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  ซึ่งเป็นการยืนยันว่าเป็น peak ของ  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  จากการวิเคราะห์หาปริมาณ  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  ในน้ำมะพร้าวอ่อนและน้ำมะพร้าวแก่ด้วย external calibration curve ( $R^2$  อยู่ในช่วง 0.9995-0.9998) จะได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าปริมาณ  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  ในน้ำมะพร้าวอ่อนจะมีมากกว่าในน้ำมะพร้าวแก่ประมาณ 2 เท่า หากเปรียบเทียบแร่ธาตุอาหารในน้ำมะพร้าวจากงานวิจัยของ

Chumbimuni-Torres [1] Solangi [2] และ Richter [6] พบว่าปริมาณ  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  และ  $Mg^{2+}$  ในน้ำมะพร้าวอ่อนและน้ำมะพร้าวแก่จากพันธุ์ต่างกันมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ถ้าเปรียบเทียบแร่ธาตุอาหารในน้ำมะพร้าวจากงานวิจัยของ Chumbimuni-Torres [1] Solangi [2] และ Richter [6] กับงานวิจัยนี้จะพบว่ามีผลต่างกันคือปริมาณ  $K^+$  ในน้ำมะพร้าวอ่อนที่วัดได้มีค่ามากกว่าผลงานวิจัยของ Chumbimuni-Torres [1] Solangi [2] และ Richter [6] ประมาณ 1 เท่า และมีค่าใกล้เคียงกันในน้ำมะพร้าวแก่ สำหรับ  $Ca^{2+}$  และ  $Mg^{2+}$  ในน้ำมะพร้าวอ่อนมีปริมาณใกล้เคียงกันแต่ในน้ำมะพร้าวแก่ งานวิจัยนี้ได้ปริมาณน้อยกว่า (ตารางที่ 2)

**ตารางที่ 1** ปริมาณของ  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  และ  $Mg^{2+}$  ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อนและน้ำมะพร้าวแก่โดยวิเคราะห์ด้วยเทคนิค CE (n=3)

| มะพร้าวน้ำหอม  | Cations (%)       |                   |                    |
|----------------|-------------------|-------------------|--------------------|
|                | $K^+$             | $Ca^{2+}$         | $Mg^{2+}$          |
| น้ำมะพร้าวอ่อน | $0.271 \pm 0.018$ | $0.022 \pm 0.001$ | $0.010 \pm 0.0005$ |
| น้ำมะพร้าวแก่  | $0.145 \pm 0.003$ | $0.012 \pm 0.002$ | $0.004 \pm 0.0004$ |

**3.3 การหาปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในน้ำมะพร้าวด้วยเทคนิค FAAS**  
เพื่อเปรียบเทียบเทคนิคการตรวจวัดปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมระหว่างเทคนิค CE กับเทคนิค FAAS ในน้ำมะพร้าว จึงนำตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อนไปย่อยในกรดไนตริกก่อนนำมาตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FAAS ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่วัดได้จากเทคนิค CE กับเทคนิค FAAS ได้ผลสอดคล้องกัน



**รูปที่ 2** Electropherogram ของตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อน(a) และ electropherogram ของตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อนที่ spiked ด้วย สารมาตรฐาน  $K^+$  (6 mg/l)  $Ca^{2+}$  (6 mg/l) และ  $Mg^{2+}$  (1.5 mg/l)

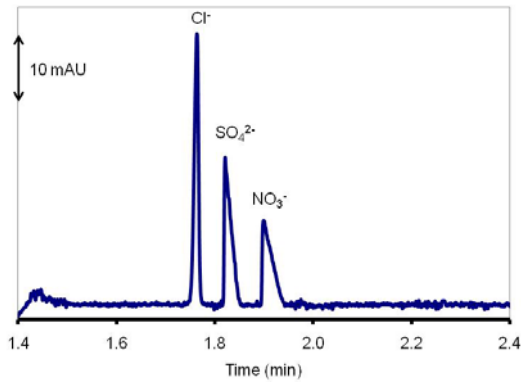
**ตารางที่ 2** เปรียบเทียบปริมาณ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อนที่วัดได้จากเทคนิค CE กับเทคนิค FAAS (n=3)

| ธาตุอาหาร | CE (%)             | AAS (%)            |
|-----------|--------------------|--------------------|
| $K^+$     | $0.271 \pm 0.018$  | $0.269 \pm 0.004$  |
| $Ca^{2+}$ | $0.022 \pm 0.001$  | $0.025 \pm 0.001$  |
| $Mg^{2+}$ | $0.010 \pm 0.0005$ | $0.011 \pm 0.0002$ |

### 3.4 Electropherogram ของสารมาตรฐาน คลอไรด์ ซัลเฟต และไนเตรต

การวิเคราะห์แอนไอออนที่มักพบในพืช ได้แก่ คลอไรด์ ( $Cl^-$ ) ซัลเฟต ( $SO_4^{2-}$ ) และไนเตรต ( $NO_3^-$ ) โดยเทคนิค CE จะใช้วิธีการเดียวกับการวิเคราะห์แอนไอออนในผักกาดหอมที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยตรวจวัดที่ 372 nm ค่า applied potential เท่ากับ -30 kV ฉีดสารโดยใช้ความดัน 50 mbar เป็นเวลา 10 วินาที จะได้ electropherogram ของ

Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> และ NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ซึ่ง peak ทั้งหมดแยกจากกันดังแสดงในรูปที่ 3

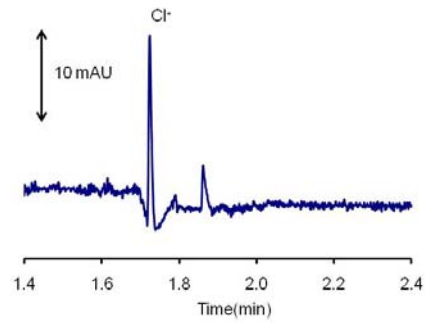


รูปที่ 3 Electropherogram ของสารมาตรฐาน Cl<sup>-</sup> (10 mg/l) SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (10 mg/l) และ NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (10 mg/l)

### 3.5 การหาปริมาณคลอไรด์ในน้ำมะพร้าวด้วย

#### เทคนิค CE

ประยุกต์ใช้ background electrolyte และ condition ที่เหมาะสมในการหาปริมาณคลอไรด์ในน้ำมะพร้าวโดยใช้วิธีการเดียวกับการวิเคราะห์แอนไอออนในผักกาดหอมที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ ได้ electropherogram ของคลอไรด์ในน้ำมะพร้าวอ่อน ดังรูปที่ 4 พบว่าแอนไอออนที่พบปริมาณสูงในน้ำมะพร้าวคือคลอไรด์ จากการวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ในน้ำมะพร้าวอ่อนและน้ำมะพร้าวแก่ด้วย external calibration curve ( $R^2 = 0.9997$ ) พบว่าน้ำมะพร้าวอ่อนและน้ำมะพร้าวแก่จะมีคลอไรด์ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 3) ปริมาณคลอไรด์ในน้ำมะพร้าวจากงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Richter [6] และ Silva [7] ซึ่งมีค่า 0.131% และ 0.140% จะเห็นว่างานวิจัยนี้มีปริมาณคลอไรด์มากกว่าเล็กน้อย



รูปที่ 4 Electropherogram ของคลอไรด์ในตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อน

ตารางที่ 3 ปริมาณคลอไรด์ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อนและน้ำมะพร้าวแก่โดยวิเคราะห์ด้วยเทคนิค CE (n=3)

| มะพร้าว        | Cl <sup>-</sup> (%) |
|----------------|---------------------|
| น้ำมะพร้าวอ่อน | 0.190±0.004         |
| น้ำมะพร้าวแก่  | 0.209±0.019         |

## 4. สรุปผลการทดลอง

เทคนิค capillary electrophoresis สามารถใช้ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ โปแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และคลอไรด์ในน้ำมะพร้าวได้รวดเร็ว ผลการทดลองพบว่าน้ำมะพร้าวอ่อนมีปริมาณ โปแทสเซียม แคลเซียมและ แมกนีเซียม มากกว่าน้ำมะพร้าวจากผลแก่ประมาณ 2 เท่า แต่ปริมาณคลอไรด์มีค่าใกล้เคียงกัน

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณแหล่งทุนสนับสนุนจากโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาปีงบประมาณ 2554

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Chumbimuni-Torres, K.Y. and Kubota, L.T., 2006, Simultaneous Determination of Calcium and Potassium in Coconut Water by a Flow-Injection Method with Tubular Potentiometric Sensors, *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 225-230.
- [2] Sousa, R.A., Silva, J.C.J., Baccan, N. and Cadore, S., 2005, Determination of Metals in Bottled Coconut Water Using an Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer, *Journal of Food Composition and Analysis* 18: 399-408.
- [3] Solangi, A.H. and Iqbal, M.Z., 2011, Chemical Composition of Meat (Kernel) and Nut Water of Major Coconut (*Cocos nucifera* L.) Cultivars at Coastal Area of Pakistan, *Pak. J. Bot.* 43: 357-363.
- [4] Kwiatkowski, A., Clemente, E., Scarcelli, A. and Vida, J.B., 2008, Quality of Coconut Water in Natura Belonging to Green Dwarf Fruit Variety in Different Stages of Development, in Plantation on the Northwest Area of Parana, Brazil, *Journal of Food, Agriculture and Environment* 6: 102-105.
- [5] Vigliar, R., Sdepanian, V.L. and Fagundes-Neto, U., 2006, Biochemical Profile of Coconut Water from Coconut Palms Planted in an Inland Region, *Jornal de Pediatria* 82: 308-312.
- [6] Richter, E.M., De Jesus, D.P., Muñoz, R.A.A., Do Lago, C.L. and Angnes, L., 2005, Determination of Anions, Cations, and Sugars in Coconut Water by Capillary Electrophoresis, *Journal of the Brazilian Chemical Society* 16: 1134-1139.
- [7] Silva, I.S., Richter, E.M., Lago, C.L., Gutz, I.G.R., Tanaka, A.A. and Angnes, L., 2005, FIA-Potentiometry in the Sub-Nernstian Response Region for Rapid and Direct Chloride Assays in Milk and in Coconut Water, *Talanta* 67: 651-657.
- [8] Santoso, U., Kubo, K., Ota, T., Tadokoro, T. and Maekawa, A., 1996, Nutrient Composition of Kopyor Coconuts (*Cocos nucifera* L.), *Food Chemistry* 57: 299-304.