

การตอบสนองของเอทานอลใน cuvette cell ต่อแสงเนียร์อินฟราเรด Response of Ethanol in Cuvette Cell to Near Infrared

ศศิเมฆ ฟองสา^{1,2} ปารีชาติ เทียนจุมพล^{1,2} พิเชษฐ์ น้อยมณี^{1,2} และ ดนัย บุญยเกียรติ^{1,2,3}
Sasimet Fongsa^{1,2}, Parichat Theanjumpol^{1,2}, Pichet Noimanee^{1,2} and Danai Boonyakiat^{1,2,3}

Abstract

The objective of this research was to study the response of ethanol in cuvette cell to near infrared (NIR). Ethanol at 99.99% was put in cuvette cells, with thickness of 1, 2, 4 and 10 mm. Measuring the spectra by NIRSystem 6500 in the wavelength range from 700 nm to 2500 nm were done. It showed that the thickness of cuvette cell affected ethanol spectrum. The thickness at 1, 2 and 4 mm exhibited better results than 10 mm. The cuvette cell at 1 mm was used in the later experiment. The ethanol solution at concentrations of 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 99.99% were prepared and were put in the cuvette cell. After that NIR transmittance spectra of the samples were measured by NIRSystem 6500 in the same wavelength as previous experiment (700-2500 nm). It was found that the mean original spectra of ethanol solution in long wavelength (1100-2500 nm) gave a clearer absorption band. Their peaks were at 2080 and 2308 nm. It could be concluded that ethanol containing in cuvette cell at 1 mm absorbed better NIR in long wavelength.

Keywords: ethanol, near infrared, cuvette cell

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาการตอบสนองของเอทานอลใน cuvette cell ต่อแสงเนียร์อินฟราเรด (NIR) โดยบรรจุด้วยเอทานอลความเข้มข้น 99.99% ใน cuvette cell ที่ความหนา 1, 2, 4 และ 10 มิลลิเมตร วัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ช่วงความยาวคลื่น 700-2500 นาโนเมตร พบว่า ความหนาของ cuvette cell มีผลต่อสเปกตรัมของเอทานอล ซึ่งที่ความหนา 1, 2 และ 4 มิลลิเมตร ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ดีกว่าที่ความหนา 10 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงเลือกใช้ cuvette cell ความหนา 1 มิลลิเมตร ในการทดลองต่อไป โดยเตรียมเอทานอลที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 99.99% บรรจุใน cuvette cell วัดสเปกตรัมการส่องผ่านของแสงด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ช่วงความยาวคลื่น 700-2500 นาโนเมตร พบแถบการดูดกลืนแสงชัดเจนของเอทานอลบนสเปกตรัมดั้งเดิมเฉลี่ยเฉพาะช่วงความยาวคลื่นยาว (1100-2500 นาโนเมตร) ที่ 2080 และ 2308 นาโนเมตร ดังนั้นเอทานอลที่บรรจุใน cuvette cell ความหนา 1 มิลลิเมตร ตอบสนองต่อแสง NIR ในช่วงความยาวคลื่นยาว ได้ดี

คำสำคัญ: เอทานอล, เนียร์อินฟราเรด, cuvette cell

คำนำ

เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (near infrared spectroscopy, NIRS) เป็นเทคนิคที่ใช้หลักการดูดกลืนแสงเนียร์อินฟราเรด (near infrared, NIR) ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ช่วงความยาวคลื่น 700-2500 นาโนเมตร เพื่อตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่าง (nondestructive) จึงมีข้อดีคือ แม่นยำ รวดเร็ว ประหยัดต้นทุน และลดการใช้สารเคมีในการตรวจวิเคราะห์ (Mohsenin, 1984) จึงมีการนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะด้านการเกษตร ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิค NIRS มาใช้เพื่อตรวจสอบปริมาณเอทานอลในผลส้มสายน้ำผึ้ง ซึ่งเกิดจากกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่งผลให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติซึ่งจะเกิดได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาผลส้มที่เคลือบผิวไว้ที่อุณหภูมิสูง (Cohen *et al.*, 1990; Hagenmaier, 2000) จึงเริ่มการทดลองด้วยการศึกษาการตอบสนองของเอทานอลต่อแสง NIR และในการวัดสเปกตรัมของตัวอย่างที่เป็นของเหลวด้วยเครื่องเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

¹ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

¹ Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

² ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

² Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand

³ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

³ Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

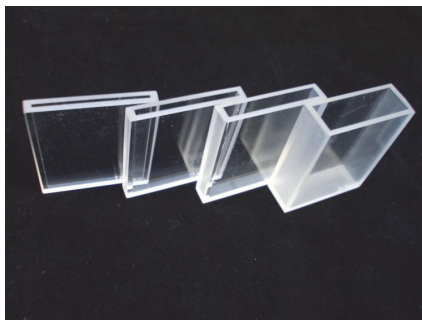
โตมิเตอร์ (near infrared spectrophotometer) ต้องวัดการส่องผ่านของแสงโดยบรรจุตัวอย่างใน cuvette cell ซึ่งความหนา มีผลต่อการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง ดังนั้นจึงต้องหาขนาดของ cuvette cell ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาปริมาณเอทานอล

อุปกรณ์และวิธีการ

แบ่งเป็น 2 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 นำเอทานอลความเข้มข้น 99.99% (analytical grade) บรรจุใน cuvette cell ที่ความหนา 1, 2, 4 และ 10 มิลลิเมตร (Figure 1a) จำนวน 20 ซ้ำต่อความหนา วัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ช่วงความยาวคลื่น 700-2500 นาโนเมตร (Figure 1b) โดยวัดการส่องผ่านของแสง (transmittance) เพื่อหาความหนาที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการศึกษาต่อไป

การทดลองที่ 2 นำ cuvette cell ความหนาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1 คือ ที่ความหนา 1, 2 และ 4 มิลลิเมตร เตรียมสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 99.9% บรรจุใน cuvette cell ที่ความหนาต่างๆ จำนวน 20 ซ้ำต่อความหนา แล้วนำไปวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ช่วงความยาวคลื่น 700-2500 นาโนเมตร วัดการส่องผ่านของแสง



(a)



(b)

Figure 1 Cuvette cell at thickness of 1, 2, 4 and 10 mm (a) and NIRSystem 6500 with transportation module (b)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลองที่ 1 พบว่าความหนาของ cuvette cell มีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงของเอทานอล โดยเมื่อความหนาของ cuvette cell เพิ่มขึ้น (1, 2, 4 มิลลิเมตร) ค่าการดูดกลืนแสงของเอทานอลมีค่าเพิ่มขึ้นทั้งช่วงความยาวคลื่น คือ 700-2500 นาโนเมตร โดยพบพีคชัดเจนที่ 2082 และ 2308 นาโนเมตร และที่ความหนา 10 มิลลิเมตร พบพีคหัวตัดที่ความยาวคลื่น 2082 นาโนเมตร และพบว่ามียุทวนรบกวน (noise) ค่อนข้างสูงที่ความยาวคลื่น 2300 – 2500 นาโนเมตร (Figure 2) นั่นคือ แสงไม่สามารถส่องผ่านตัวอย่างไปสู่ตัวรับสัญญาณ (detector) ได้ เกิดจากอิทธิพลของระยะการเดินทางของแสง (pathlength) (Williams and Norris, 2001) จึงทำให้มีค่าการดูดกลืนแสง ($\log(1/T)$) ที่สูงเกินความสามารถของตัวตรวจวัด จึงได้พีคหัวตัด ดังนั้นจึงควรใช้ cuvette cell ที่มีความหนาน้อย เพื่อให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงที่เหมาะสมและสามารถตรวจวัดได้ (ศิริลักษณ์ และอนุพันธ์, 2552) ในการทดลองจึงเลือกใช้ cuvette cell ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร

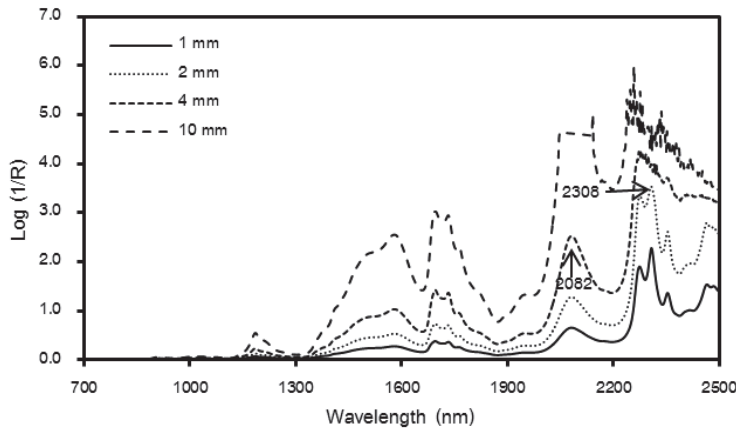


Figure 2 Means original spectra of ethanol at the concentration of 99.9% loaded into four sizes of cuvette cell, 1, 2, 4 and 10 mm measured by NIRSystem 6500.

ในการทดลองที่ 2 พบว่า สเปกตรัมดั้งเดิมของสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ พบพีกเฉพาะในช่วงความยาวคลื่นยาว ขณะที่ความยาวคลื่นสั้นไม่ปรากฏพีกใดๆ โดยมีพีกชัดเจนที่ความยาวคลื่น 1454, 1934, 2080 และ 2308 นาโนเมตร โดยที่ความยาวคลื่น 1454 และ 1934 นาโนเมตร พบบนสเปกตรัมของของสารละลาย เอทานอลที่มีความเข้มข้นต่ำ ที่ 10-90% คือแถบการดูดกลืนแสงของน้ำ (Labbé *et al.*, 2008) และที่ความยาวคลื่น 2080 และ 2308 นาโนเมตร พบบนสเปกตรัมของสารละลายเอทานอลเข้มข้น 50- 99.9% คือ แถบการดูดกลืนแสงของเอทานอล (Osborne *et al.*, 1993) ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงของน้ำจะผกผันกับเอทานอล นั่นคือเมื่อความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้นค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 1454 และ 1934 นาโนเมตร จะลดลง ขณะที่ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 2080 และ 2308 นาโนเมตร มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ (Figure 3) นอกจากนี้ที่ความเข้มข้นต่ำของสารละลายเอทานอลระหว่าง 10-30 เปอร์เซ็นต์ พบพีกหัวตัดที่ความยาวคลื่น 1934 นาโนเมตร และที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลตั้งแต่ 40 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปไม่พบพีกหัวตัด ทั้งนี้เนื่องจากที่ความเข้มข้นต่ำของสารละลาย เอทานอล ส่งผลให้มีโมเลกุลของน้ำมากเกินไป นอกจากนี้ยังไปซ้อนทับพีกของสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นต่ำอีกด้วย

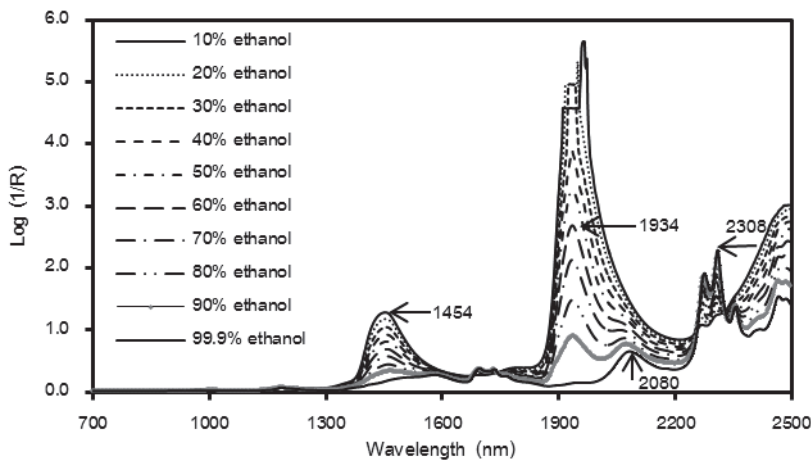


Figure 3 Means original spectra of ethanol at various concentration loaded into 1 mm thickness of cuvette cell measured by NIRSystem 6500.

สรุป

ความหนาของ cuvette cell ที่เหมาะสม สำหรับใช้วัดสเปกตรัมของสารละลายเอทานอล คือ ขนาดความหนา 1 มิลลิเมตร โดยเอทานอลที่ความเข้มข้นสูงตอบสนองต่อแสง NIR ในช่วงความยาวคลื่นยาวได้ดี และที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถแยกสเปกตรัมของน้ำและสเปกตรัมของเอทานอลได้ชัดเจน ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการตรวจหาปริมาณเอทานอลในผลส้มหรือสารอื่นที่มีเอทานอลความเข้มข้นสูงด้วย NIRS ในลำดับต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กทม. 10400 ที่สนับสนุนทุนวิจัย และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนด้านสถานที่และอุปกรณ์สำหรับการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

- ศิริลักษณ์ ปฐวิรัตน์ และอนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. 2552. เครื่องมือและอุปกรณ์สเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้. 19 หน้า. ใน: เทคโนโลยีอินฟราเรดย่านใกล้ในอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- Cohen, E., Y. Shalom and I. Rosenberger. 1990. Postharvest ethanol built up and off-flavor of 'Murcott' tangerine fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 115: 775-778.
- Hagenmaier, R.D. 2000. Evaluation of a polyethylene-candelilla coating for 'Valencia' oranges. *Postharvest Biology and Technology* 19: 147-154.
- Labbé, N., X.P. Ye, J.A. Franklin, A.R. Womac, D.D. Tyler and T.G. Rials. 2008. Analysis of switchgrass characteristics using near infrared spectroscopy. *BioResources* 3: 1329-1348.
- Mohsenin, N.N. 1984. *Electromagnetic Radiation Properties of Foods and Agricultural Products*. Gordon and Breach, Science Publishers, Inc. USA. 673 pp.
- Osborne, B. G., T. Fearn and P. H. Hindle. 1993. *Practical NIR Spectroscopy with Applications in Food and Beverage Analysis*. 2nd ed. Longman Singapore Publisher (Pte) Ltd, Singapore. 277 pp.
- Williams, P. and K. Norris. 2001. *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*. 2nd (ed). American Association of Cereal Chemists, Inc, USA.