



การใช้คลื่นแสงอินฟราเรดย่านใกล้แบบฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มและหัววัดไฟเบอร์ออปติกทำนาย ค่าความชื้นยาสมุนไพรมะขาม (จันทน์ลีลา)

* ภาณุวัฒน์ ทรัพย์ปรง¹ สุรศักดิ์ ราตรี² นิภาพร อมัสสา² และอรอนงค์ พวงชมพู³

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น อ. เมือง จ. ขอนแก่น 40000

² คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

³ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร อ. พังโคน จ. สกลนคร 42000

ผู้เขียนติดต่อ: ภาณุวัฒน์ ทรัพย์ปรง E-mail: panuwatphd1@yahoo.com

บทคัดย่อ

จันทน์ลีลาเป็นยาสมุนไพรมะขามที่ใช้แพร่หลายมาเป็นเวลานานแล้วความชื้นเป็นสาเหตุสำคัญก่อให้เกิดการปนเปื้อนของรา และถูกกำหนดให้เป็นคุณสมบัติที่ถูกควบคุม แต่การหาความชื้นโดยการอบแห้งจะเป็นการทำลายตัวอย่าง เสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก ดังนั้นการหาความชื้นโดยไม่ทำลายตัวอย่างด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มแสงอินฟราเรดย่านใกล้จึงมีความจำเป็นในการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบเพื่อการค้าวิจัยเพื่อหาความชื้นโดยไม่ทำลายตัวอย่างด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มแสงอินฟราเรดย่านใกล้ร่วมกับหัววัดไฟเบอร์ออปติก ในการวิจัยยาสมุนไพรมะขามจันทน์ลีลาชนิดผงถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม เท่าๆกัน นำไปอบในตู้อบแห้งอุณหภูมิ 45°C เวลา 0 60 120 และ 180 นาทีหลังอบแต่ละกลุ่มจะถูกแบ่งเก็บในถุงพลาสติกปิดสนิทถุงละประมาณ 100 กรัม จำนวน 25 ถุง จะได้ตัวอย่างรวม 100 ตัวอย่างและเก็บในห้องอุณหภูมิ 25°C ไม่น้อยกว่า 12 ชม. ตัวอย่างถูกสแกนด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์คลื่นแสงอินฟราเรดย่านใกล้แบบฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มด้วยเทคนิคจานแก้วหมุนและหัววัดไฟเบอร์ออปติกในช่วงจำนวนคลื่นแสง 10000 – 4000 cm⁻¹ แบบการสะท้อนคลื่นแสง ด้วยความละเอียด 16 cm⁻¹ จำนวน 32 ครั้งต่อสเปกตรัม หาความชื้นของตัวอย่างโดยวิธีการอบแห้งตัวอย่าง 80 ตัวอย่างถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มคาลิเบรชันและวาลิเดชันโดยวิธีเลขคู่เลขคี่ และอีก 20 ตัวอย่างเป็นกลุ่มพรีดิกชัน และใช้โปรแกรมอันสแครมเบลอร์ในการวิเคราะห์การถดถอยแบบพาร์เซียลลีส์ทสแควร์ (PLS) และสร้างสมการคาลิเบรชันผลการวิจัย พบว่า ช่วงจำนวนคลื่นแสง 7000 – 4000 cm⁻¹ เป็นช่วงที่เหมาะสม โดยการปรับแต่งสเปกตรัมควรใช้วิธี เดริเวทีฟลำดับที่สอง พบว่า ค่า r และ SEC ของตัวอย่างที่สแกนด้วยเทคนิคจานแก้วหมุน และหัววัดไฟเบอร์ออปติก คือ 0.94 0.14% และ 0.78 0.34% โดยค่า SEP และ Bias ของการทำนายค่าความชื้นมีค่า 0.36% 0.00% และ 0.42% 0.06% ตามลำดับ ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์ใช้คลื่นแสงอินฟราเรดย่านใกล้แบบฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มด้วยเทคนิคจานแก้วหมุนในการทำนายค่าความชื้นยาสมุนไพรมะขามได้อย่างดีถูกต้องเพียงพอ รวดเร็ว และไม่ทำลายตัวอย่าง แต่อาจต้องพัฒนาวิธีการวัดโดยหัววัดไฟเบอร์ออปติก

คำสำคัญ: ความชื้น; สมุนไพรมะขาม; คลื่นแสงอินฟราเรดย่านใกล้; หัววัดไฟเบอร์ออปติก

1. บทนำ

ประเทศไทยมีองค์ความรู้ด้านยาสมุนไพรมะขามและมีการใช้ยาสมุนไพรมะขามรักษาโรคมานานตั้งแต่ครั้งก่อนประวัติศาสตร์จนถึงยุคปัจจุบัน ได้มีการคิดค้นพัฒนายาโรคใหม่ ๆ ไปพร้อมกัน ตำรับยาสมุนไพรมะขามที่ใช้ในการดูแลสุขภาพ ที่กระทรวงสาธารณสุขรับรองอย่างเป็นทางการใช้มาเป็นเวลากว่าร้อยปี

คือ ตำรับยาสามัญประจำบ้าน ในปัจจุบันมีประกาศใช้อยู่ 27 ขนาน ตั้งแต่ปี 2542 ซึ่งยาสามัญประจำบ้านทั้ง 27 ขนาน [1] ครอบคลุมการรักษาโรคในกลุ่มอาการต่าง ๆ ตลาดโลกของผลิตภัณฑ์สมุนไพรมะขามกำลังได้รับความนิยมมากขึ้นอย่างรวดเร็ว มีอัตราการเติบโต 10-12 % ต่อปี โดยมีมูลค่าสูงมากถึง 120 ล้าน ล้านบาท ในปี พ.ศ.2549 และธนาคารโลกคาดว่าจะเพิ่มเป็น 200 ล้าน ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2593[2] ยา

จันทร์ลีลา สรรพคุณแก้ไข้ แก้วตัวร้อน ประกอบด้วยวัตถุดิบสมุนไพรต่างได้แก่ โกศสอ โกศเขมา โกศจุฬาลัมพา จันทร์เทศ จันทร์แดงลูกกระดอม บอระเพ็ด รากปลาไหลเผือก และ พิมเสนต้น ตำรับยาทั้งหมดได้ผ่านการรับรอง เน้นความปลอดภัย และสรรพคุณที่มีประสิทธิภาพ จากโดยกรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข และได้มีข้อกำหนดมาตรฐานกำหนดไว้ในเภสัชตำรับโดยเฉพาะปริมาณความชื้นจะกำหนดไม่เกิน 10% ซึ่งความชื้นเป็นสาเหตุสำคัญก่อให้เกิดการปนเปื้อนของราและถูกกำหนดให้เป็นคุณสมบัติที่ถูกรับรอง แต่การหาความชื้นโดยการอบแห้งจะเป็นการทำลายตัวอย่าง เสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก ดังนั้นการหาความชื้นโดยไม่ทำลายตัวอย่างด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มแสงอินฟราเรดย่านใกล้จึงมีความจำเป็นในการควบคุมคุณภาพ เทคนิคสเปกโทรสโกปีโดยใช้คลื่นแสงช่วงย่านใกล้อินฟราเรด (Near Infrared Spectroscopy, NIRs) เป็นวิธีการหนึ่งที่กำลังพัฒนาในการวัดค่าหรือตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยไม่ทำลายตัวอย่าง เทคนิค NIRs นี้จึงสามารถใช้ตรวจสอบคุณภาพ คุณสมบัติทางเคมีซึ่งจะมีปริมาณที่แตกต่างกัน และสามารถค้นหาปริมาณความชื้น ผลผลิตเกษตรหรือพืชสมุนไพรได้ จากการรายงานของ [3] พบว่าการใช้ NIRs ในการหาปริมาณความชื้นของโสมแห้งในช่วงความยาวคลื่น 1100-2500 นาโนเมตร ($10000-4000\text{ cm}^{-1}$) ค่า R^2 0.99 มีการใช้เทคนิค FT-IR, NIRs และ NMR ซึ่งเป็นวิธีที่รวดเร็วในการควบคุมคุณภาพยาสมุนไพรจีน โดยเฉพาะการหาค่าคุณสมบัติทางเคมี และ ชีวภาพ [4] จากการวิจัยการใช้ NIRs และ Chemometrics สำหรับการควบคุมคุณภาพ ของสมุนไพรจีน (*Lonicerae Japonicae Flos*) พบว่าสามารถวิเคราะห์ได้แม่นยำและรวดเร็ว [5] จะเห็นได้ว่าการใช้เทคนิค NIRs ในการหาปริมาณความชื้น หรือการหาค่าคุณสมบัติทางเคมี และ ชีวภาพ ยาสมุนไพรโดยไม่ทำลายตัวอย่างมีความสำคัญในทางการค้าและการควบคุมคุณภาพยาสมุนไพร

ในปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยการใช้เทคนิค FT-NIRs (Fourier Transform Near Infrared Spectroscopy) เป็นเทคนิคที่ตัวอย่างจะถูกสแกนโดยคลื่นแสงช่วงอินฟราเรด ย่านใกล้ ในทุกช่วงความยาวคลื่นที่สนใจในช่วงเวลาทั้งหมด ซึ่ง

ต่างจากเทคนิคเดิมที่เป็นแบบ Dispersive ซึ่งจะสแกนเฉพาะช่วงคลื่นแสงในขณะเวลาหนึ่งเท่านั้น [6] และ [7] และเทคนิค FT-NIRs จะมีข้อดีกล่าวคือ สามารถสแกนตัวอย่างได้รวดเร็ว มีค่าอัตราส่วนสัญญาณที่วัดต่อสัญญาณรบกวน (S/N) สูง มีความแม่นยำและความเสถียรของคลื่นแสงสูงมาก และง่ายในการส่งถ่ายข้อมูลในการคำนวณการคาลิเบรชัน [7] แต่อย่างไรก็ตามเครื่องจะมีขนาดใหญ่และราคาแพงมาก [8]

แม้ว่าจะมีการศึกษา วิจัยในการหาปริมาณความชื้น หรือการหาค่าคุณสมบัติทางเคมี และ ชีวภาพ ยาสมุนไพร โดยไม่ทำลายตัวอย่างในการหาปริมาณความชื้น หรือการหาค่าคุณสมบัติทางเคมี ด้วยเทคนิค NIRs แต่การใช้เทคนิค FT-NIRs ซึ่งมีความแม่นยำรวดเร็วกว่า ประกอบกับการใช้เทคนิคใยแก้วนำแสงหรือหัววัดไฟเบอร์ออปติก (fiber optic probe) ซึ่งจะเหมาะสมกับการนำไปใช้ตรวจสอบตัวอย่างในขณะบรรจุได้โดยตรง ดังนั้นการศึกษาวิจัยการทำนายค่าความชื้นยาสมุนไพรชนิดผง (จันทร์ลีลา) แบบไม่ทำลายโดยเทคนิค FT-NIRs และใช้หัววัดไฟเบอร์ออปติก ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ในทางการค้า และการควบคุมคุณภาพยาสมุนไพรต่อไปในอนาคต

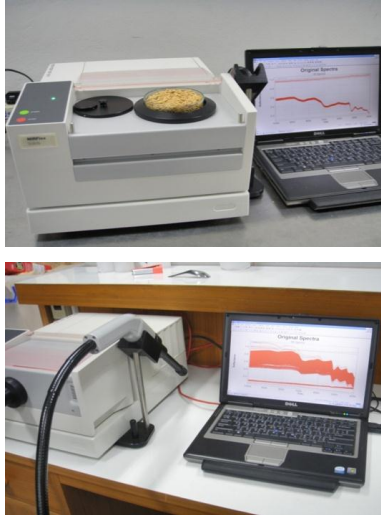
2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

ยาสมุนไพรชนิดผงตำรับจันทร์ลีลาถูกเตรียมขึ้นตามสูตรตำรับมาตรฐาน โดยสาขาวิชาแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร ยาสมุนไพรจันทร์ลีลาชนิดผงถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มเท่าๆกัน นำไปอบในตู้อบแห้งอุณหภูมิ 45°C เวลา 0 60 120 และ 180 นาที หลังอบแต่ละกลุ่มจะถูกแบ่งเก็บในถุงพลาสติกปิดสนิทถุงละประมาณ 100 กรัม จำนวน 25 ถุง จะได้ตัวอย่างรวม 100 ตัวอย่าง ตัวอย่างจะถูกเก็บรักษาในห้องที่มีอุณหภูมิ 25°C และเป็นอุณหภูมิเดียวกับเครื่องตรวจวัดคลื่นแสงอินฟราเรด ย่านใกล้ (NIRs spectrometer) ไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง ก่อนตรวจวัด

2.2 การตรวจวัดสเปกตรัม

เครื่อง FT-NIR spectrophotometer รุ่น NIR Flex N500 ผลิตโดย บริษัท Buchi Labortechnik, AG, Flawil ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ พร้อมชุดวัดด้วยเทคนิคจานแก้วหมุน(rotating plate) และหัววัดไฟเบอร์ออปติก(fiber optic probe) หรือใยแก้วนำแสง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เครื่อง FT-NIR spectrophotometer พร้อมด้วยพร้อมชุดวัดด้วยเทคนิคจานแก้วหมุน(บน) และหัววัดไฟเบอร์ออปติก (ล่าง)

ตัวอย่างถูกสแกนด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ คลื่นแสงอินฟราเรดย่านใกล้แบบฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มด้วยเทคนิคจานแก้วหมุนและหัววัดไฟเบอร์ออปติกในช่วงจำนวนช่วงคลื่น (Wave number region) ต่อเซนติเมตร ตั้งแต่ 10000-4000 cm^{-1} แบบการสะท้อนคลื่นแสงด้วยความละเอียด 16 cm^{-1} ของช่วงคลื่นแสงจะบันทึกค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัดจำนวน 32 ครั้งต่อสเปกตรัม

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

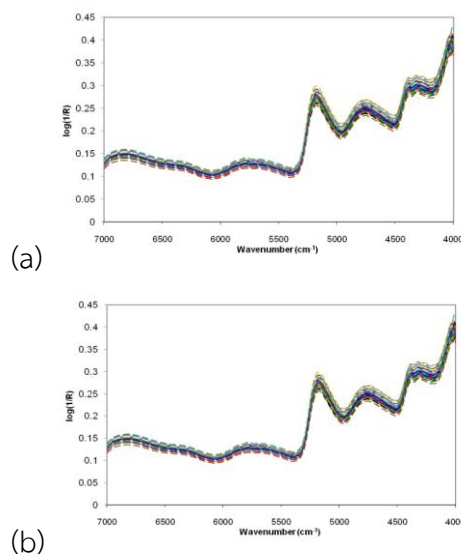
หลังจากการตรวจวัดสเปกตรัม นำตัวอย่างไปหาความชื้นของตัวอย่างโดยวิธีการอบแห้งตามวิธีของ AOAC สุ่มตัวอย่างพร้อมเส้นสเปกตรัมและค่าความชื้นมา 80 ตัวอย่างและถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มคาลิเบรชันและวาลิเดชัน (Calibration และ Validation set) โดยวิธีแบ่งเลขคู่เลขคี่ และอีก 20 ตัวอย่างจะเป็นกลุ่มพรีดิกชัน (Prediction set) และใช้โปรแกรม The Unscrambler v 10.2 (CAMO Software, Norway) ในการวิเคราะห์การถดถอยแบบพาร์

เชียลลีส์ทสแควร์ (Partial least squares (PLS) regression) และสร้างสมการคาลิเบรชัน

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลการตรวจวัดสเปกตรัมของตัวอย่าง

สเปกตรัมเริ่มต้นของตัวอย่างโดยวิธีการสะท้อนของแสงที่จำนวนคลื่นแสงต่อเซนติเมตร ตั้งแต่ 10000-4000 cm^{-1} ทั้งด้วยเทคนิคจานแก้วหมุนและหัววัดไฟเบอร์ออปติก สเปกตรัมที่จำนวนคลื่นแสงต่อเซนติเมตรที่มากกว่า 7000 cm^{-1} จะมีลักษณะเป็นการแทรกซ้อนของคลื่น (Noisy) ประกอบกับผลของการคำนวณ PLS calibration สำหรับหาปริมาณความชื้นผงยาสมุนไพร โดยพิจารณาจากค่า SEP (Standard error of prediction) และ ค่า Bias พบว่า จะมีค่า SEP และค่า Bias น้อยที่สุดเมื่อคำนวณในช่วงจำนวนคลื่นแสงต่อเซนติเมตรตั้งแต่ 7000-4000 cm^{-1} เมื่อเทียบกับในช่วงจำนวนคลื่นแสงช่วงอื่นๆ ซึ่งช่วงจำนวนคลื่นแสงต่อเซนติเมตรช่วง 7000 - 4000 cm^{-1} จะครอบคลุมช่วงการดูดกลืนแสงของน้ำ (water) คือ 5252 cm^{-1} [9] และ [10]. ดังนั้นช่วงจำนวนคลื่นแสงอินฟราเรดย่านใกล้ต่อเซนติเมตรสำหรับหาปริมาณความชื้นผงยาสมุนไพรโดยไม่ทำลายด้วยคลื่นแสงอินฟราเรดย่านใกล้แบบฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มทั้งด้วยเทคนิคจานแก้วหมุนและหัววัดไฟเบอร์ออปติก คือช่วง 7000 - 4000 cm^{-1} (รูปที่ 2(a) และ(b))



รูปที่ 2 สเปกตรัมเริ่มต้นของตัวอย่างที่จำนวนคลื่นแสงต่อเซนติเมตร ตั้งแต่ 7000-4000 cm^{-1} ด้วยพร้อมชุดวัดด้วยเทคนิคจานแก้ว

หมุน (a) และหัววัดไฟเบอร์ออปติก (b)

3.2 ผลการหาวิธีการปรับแต่งสเปกตรัมที่เหมาะสม

การคำนวณ PLS Calibration และ Validation จาก การทำการปรับแต่งสเปกตรัมหลายวิธีสำหรับหาปริมาณ ความชื้นผงยาสมุนไพร ในช่วงจำนวนคลื่นแสงต่อเซนติเมตร ตั้งแต่ 7000 – 4000 cm^{-1} โดยพิจารณาค่า SEC (Standard error of calibration) ค่า SEP (Standard error of prediction) และค่า Bias พบว่า การปรับแต่งสเปกตรัมด้วย วิธี การทำเดอริเวทีฟลำดับที่สอง (Second derivative) แสดงค่า SEC, SEP และ Bias ใกล้เคียงกับวิธีการปรับแต่ง ด้วยวิธีอื่นๆ แต่การปรับแต่งด้วยวิธีดังกล่าวจะให้ค่าจำนวน ปัจจัย (Factor) น้อยที่สุด ดังนั้นวิธีการปรับแต่งสเปกตรัมที่ เหมาะสมสำหรับการหาปริมาณความชื้นผงยาสมุนไพรโดยไม่ ทำลายด้วยคลื่นแสงอินฟราเรดย่านใกล้แบบฟูเรียร์ทรานส์ ฟอรัมทั้งด้วยเทคนิคจานแก้วหมุนและหัววัดไฟเบอร์ออปติก คือ เดอริเวทีฟลำดับที่สอง ดังแสดงผลคำนวณในตารางที่ 1

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าจากการ ทำนายปริมาณความชื้นผงยาสมุนไพรโดยใช้สมการ Calibration ที่ดีที่สุด จากสเปกตรัมที่ผ่านการปรับแต่งด้วย วิธี การทำเดอริเวทีฟลำดับที่สอง ในช่วงจำนวนคลื่นแสง 7000 – 4000 cm^{-1} แสดงในรูปที่ 3 (a) และ (b) ในทำนอง เดียวกันจากการทวนสอบโดยการ Validation จะได้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าจากการทำนายปริมาณ ความชื้นผงยาสมุนไพรแสดงในรูปที่ 3 (c) และ (d) และเมื่อ นำสมการ Calibration ที่ดีที่สุด

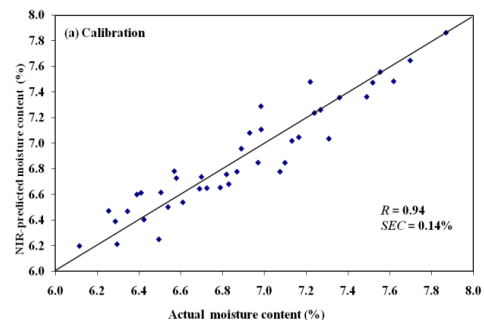
ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ PLS calibration สำหรับการทำนาย ปริมาณความชื้นผงยาสมุนไพรจันทน์ลีลา ช่วงจำนวนคลื่นแสงต่อ เซนติเมตร 7000 – 4000 cm^{-1}

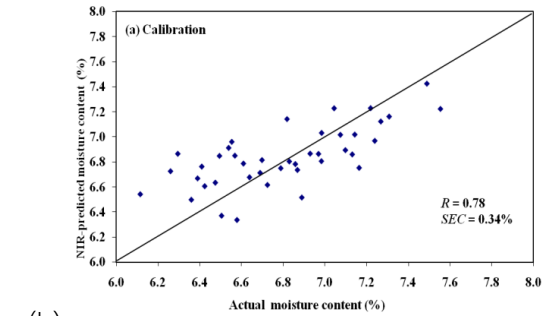
Results		Measuring cell	
		Rotating plate	Fiber-optic probe
Pretreatment		2 nd derivative	2 nd derivative
Calibration	Factors (F)	2	2
	R	0.94	0.78
	SEC (%)	0.14	0.34
Validation	SEP (%)	0.38	0.36
	Bias (%)	0.00	0.05
Prediction	SEP (%)	0.36	0.42
	Bias (%)	0.00	0.06

หมายเหตุ เมื่อ F: Number of factors used in the calibration equation. R: Multiple correlation coefficients. SEC: Standard error of calibration. SEP: Bias-corrected standard error of prediction. Bias: The average of difference between actual value and NIR-value

ไปใช้ทำนาย(Prediction) ปริมาณความชื้นผงยาสมุนไพรพบว่า โดยค่า SEP และ Bias ของการทำนายค่า ความชื้นมีค่า 0.36% 0.00% และ 0.42% 0.06% เมื่อ ตัวอย่างถูกสแกนด้วยเทคนิคจานแก้วหมุน และหัววัดไฟเบอร์ ออปติก กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าจากการ ทำนายปริมาณความชื้นผงยาสมุนไพรแสดงในรูปที่ 3 (c) และ (d) และเมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ T-test พบว่าไม่มีความ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระหว่าง ค่าจริงและค่าจากการทำนาย ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์ใช้ คลื่นแสงอินฟราเรดย่านใกล้แบบฟูเรียร์ทรานส์ฟอรัมในการ ทำนายค่าความชื้นยาสมุนไพรชนิดผงได้อย่างดี ถูกต้อง เพียงพอ รวดเร็ว และไม่ทำลายตัวอย่างใช้ในการตรวจสอบ จริงโดยอาจจะต้องพัฒนาวิธีการวัดโดยหัววัดไฟเบอร์ออปติก ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มจำนวนจุดและระยะ ระยะความลึกของหัววัดให้คงที่พร้อมการบรรจุในภาชนะที่ ป้องกันแสงภายนอกรบกวนได้

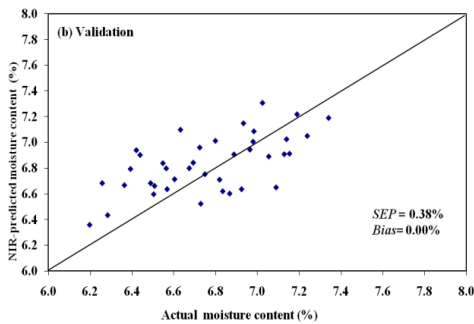
(a)



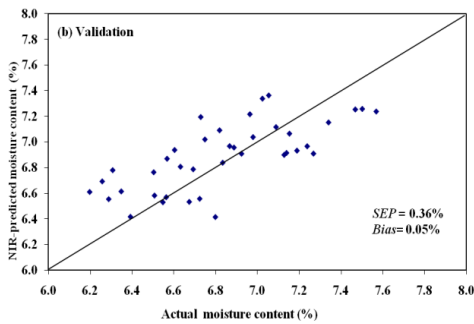


(b)

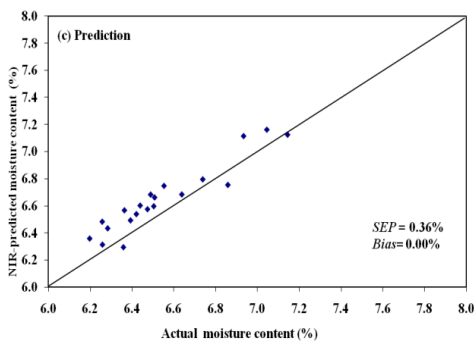
(c)



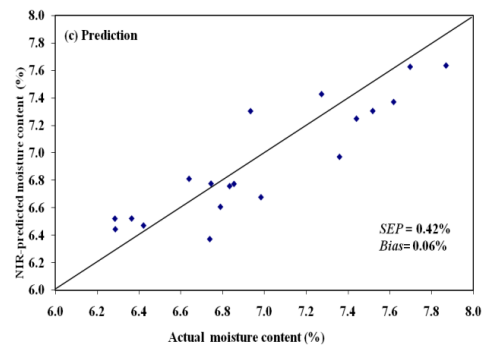
(d)



(e)



(f)



รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าทำนายจากเทคนิคจานแก้วหมุน และหัววัดไฟเบอร์ออปติกจากสมการ calibration (a),(b), validation (c), (d) และ prediction (e), (f) ตามลำดับ

4. สรุปผลการวิจัย

การพัฒนากระบวนการตรวจสอบมีความแม่นยำถูกต้องค่อนข้างสูงโดยไม่ทำลายตัวอย่างด้วยคลื่นแสงอินฟราเรดย่านใกล้แบบฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มโดยเทคนิคจานแก้วหมุน และหัววัดไฟเบอร์ออปติกสำหรับการหาปริมาณความชื้นยาสมุนไพรชนิดผงจันทน์ลีลาจะกำหนดจำนวนคลื่นแสงอินฟราเรดย่านใกล้ต่อเซนติเมตร $7000 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ โดยสเปกตรัมจะต้องมีการปรับแต่งด้วยวิธี Second derivative โดยการคำนวณวิธี PLS calibration สามารถใช้ในการทำนายที่มีความเหมาะสม แม่นยำ และสามารถพัฒนาผลงานวิจัยนี้ในการคัดเลือกหรือการหาปริมาณความชื้นยาสมุนไพรได้โดยไม่ต้องทำลายยาสมุนไพรนั้นๆ ก่อให้เกิดประโยชน์ด้านการค้า การพัฒนาและควบคุมคุณภาพยาสมุนไพรต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่ให้ทุนและสนับสนุนงานวิจัย ขอขอบคุณหน่วยวิจัยการตรวจสอบคุณภาพอาหารแบบไม่ทำลายตัวอย่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่สนับสนุนเครื่องมือและโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล



6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กองประกอบโรคศิลปะ. มปป. ตำราแพทย์แผนโบราณทั่วไป สาขาเภสัชกรรม. กองประกอบโรคศิลปะ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข.
- [2] สุรพจน์ วงศ์ใหญ่. (2551). ทิศทางใหม่ในการพัฒนาสมุนไพรไทย. คณะการแพทย์แผนตะวันออก มหาวิทยาลัยรังสิต กรุงเทพฯ.
- [3] Ren, G. and Chen, F. (1997). Determination of moisture content of ginseng by near infrared reflectance spectroscopy. *Food Chemistry* 60(3), pp. 433-436
- [4] Jiang, Y., David, B., Tu, P. and Barbin, Y. (2010). Recent analytical approaches in quality control of traditional Chinese medicines—A review. *Analytica Chimica Acta*. 657(1) pp. 9-18.
- [5] Li, W., Cheng, Z., Wang, Y. and Qu, H. (2013). Quality control of *Lonicerae Japonicae Flos* using near infrared spectroscopy and chemometrics. *J. Phar. and Biomed.* 72 , pp. 33-39.
- [6] Griffiths, P.R., and de Haseth, J.A (1986). In *Fourier Transform Infrared Spectrometry*. John Wiley and Sons, Canada.
- [7] Manley, M.L., Van Zyl and Osborne, B.G. (2002). *J. Near Infrared Spectrosc.* 10, pp.71-76
- [8] Tarkosova, J. and Copikova, J. (2000). *J. Near Infrared Spectrosc.* 8, pp. 251-257
- [9] Osborne, B.G., Fearn, T. and Hindle, P.H. (1993). *Practical NIR Spectroscopy with Applications in Food and Beverage Analysis*. Longman Scientific and Technical, Harlow, UK
- [10] Williams, P. (2007). in *Near Infrared Spectroscopy in Food Science and Technology*, Ed by Y. Ozaki, W. Fred McClure and A.A. Christy. Wiley Interscience, A John Wiley & Sons, Inc., USA. p. 165