การศึกษาการวัดความชื้นผงขมิ้นชันด้วยเทคนิคสเปคโตรสโคปี

A STUDY OF TURMERIC POWDER MOISTURE MEASUREMENT BY SPECTROSCOPY TECHNIQUE

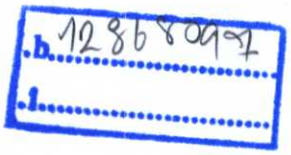
ปรีดี กิตติพงศ์พิทยา
PREEDEE GITTIPONGPITTAYA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2560
KMITL-2017-EN-M-060-001

การศึกษาการวัดความชื้นผงขมิ้นชันด้วยเทคนิคสเปคโตรสโคปี

A STUDY OF TURMERIC POWDER MOISTURE MEASUREMENT BY SPECTROSCOPY TECHNIQUE

ปรีดี กิตติพงศ์พิทยา
PREEDEE GITTIPONGPITTAYA



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2560
KMITL-2017-EN-M-060-001

A STUDY OF TURMERIC POWDER MOISTURE MEASUREMENT BY SPECTROSCOPY TECHNIQUE

PREEDEE GITTIPONGPITTAYA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2017
KMITL-2017-EN-M-060-001

COPYRIGHT 2017
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการวัดความชื้นผงขมิ้นชันด้วยเทคนิคสเปคโตรสโคปี
Thesis Title A Study of Turmeric Powder Moisture Measurement by Spectroscopy Technique
นักศึกษา นายปรีดี กิตติพงศ์พิทยา
รหัสประจำตัว 56601296
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.วิริยะ กองรัตน์
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2017-EN-M-060-001

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ดร.ยุทธพงศ์	ทัพผดุง	
รศ.ดร.วิทยา	ทิพย์สุวรรณพร	
รศ.ดร.ทวีพล	ซื่อสัตย์	
รศ.ดร.สุพรรณ	กุลพาณิชย์	
รศ.วิริยะ	กองรัตน์	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2559 เวลา 08.30-10.30 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2559

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการวัดความชื้นผงขมิ้นชันด้วยเทคนิคสเปคโตรสโคปี
นักศึกษา	นายปรีดี กิตติพงศ์พิทยา
รหัสประจำตัว	56601296
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. วิริยะ กองรัตน์

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการนำขมิ้นชันมาใช้จะต้องนำมาผ่านกระบวนการแปรรูปให้เป็นผงขมิ้นและน้ำมันหอมระเหยก่อน ดังนั้นการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการกระบวนการผลิตที่จะทำให้มั่นใจได้ว่าวัตถุดิบที่ได้มีคุณภาพตามมาตรฐานและมีคุณภาพคงที่ในแต่ละครั้งที่ผลิต ซึ่งจะส่งผลถึงประสิทธิภาพ การวัดความชื้นก็เป็นมาตรฐานหนึ่งของขมิ้นชันผง เนื่องจากขมิ้นชันผงสามารถดูดความชื้นเข้าไปได้ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของน้ำผลึก (Water of crystallization) หรือน้ำที่ถูกดูดซับบนผิวของขมิ้นชันผง (Adsorbed form) ทำให้อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมี หรือเกิดการสลายตัวได้ และจัดว่าเป็นสิ่งแปลกปลอม ทำให้เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบสำคัญที่มีอยู่ลดลงเมื่อคิดเทียบกับน้ำหนักขมิ้นชันผง ทั้งหมด

สำหรับประเทศไทยนั้นมีเอกสารเลขที่ TPCS 676-2547(2004) ที่กำหนดมาตรฐานการควบคุมความชื้นเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ความชื้น ในงานวิจัยชิ้นนี้จะศึกษาการวัดความชื้นของขมิ้นชันผงด้วยเครื่องมือวัดความชื้นด้วยเทคนิคการสะท้านกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 1940, 1820, 2200 นาโนเมตร เทียบกับเครื่องมือวัดความชื้นด้วยเทคนิคการกลั่น โดยในการทดลองนี้จะนำขมิ้นชันที่มีความชื้นที่ระดับต่างๆตั้งแต่ 1.15 ถึง 8.35 เปอร์เซ็นต์ความชื้น มาใช้พิสูจน์ ข้อดีเครื่องมือวัดความชื้นด้วยเทคนิคการสะท้านกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดคือ มีความน่าเชื่อถือ, ตอบสนองไว, ตัวอย่างไม่ถูกทำลายสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้, วัดแบบไม่สัมผัสทำให้ไม่เกิดการปนเปื่อน จากการทดลองพบว่าเครื่องมือวัดความชื้นด้วยเทคนิคการสะท้านกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดสามารถทำนายค่าความชื้นของขมิ้นชันผงได้จริง มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9938 และค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้น การทดลองในห้องทดลองสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของขมิ้นชันผงและการสะท้อนกลับของคลื่นจากขมิ้นชันผง ผลที่ได้เป็นความสัมพันธ์ที่เป็นเชิงเส้นเชิงบวกระหว่างค่าความชื้นของขมิ้นชันผงและค่าความเข้มของการดูดกลืนคลื่นใกล้อินฟราเรดที่สะท้อนกลับ

Thesis	A Study of Turmeric Powder Moisture Measurement by Spectroscopy Technique
Student	Mr. Preedee Gittipongpittaya
Student ID.	56601296
Degree	Master of Engineering
Program	Instrumentation Engineering
Year	2017
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Viriya Kongratana

ABSTRACT

Nowadays, using of Turmeric's root, first we need to turn them in a process to Turmeric powder and aromatherapy oil. Therefore, the most important thing is to make a good quality control of product before every manufacturing time. The moisture content measurement of Turmeric powder is one of standard of testing process. Thus, Turmeric powder can absorb moisture in term of water of crystallization or absorbed form on the surface. Effect to physical, chemical transformation or even disintegration would be adulterated thing. This means that the percentage of the main ingredient is decrease when comparing with the weight of Turmeric powder. In Thailand, there is document number TPCS 676-2547(2004). That is ten moisture standard control. In this research study of turmeric powder moisture by comparing between A near-infrared (NIR) reflectance sensor based on three different wavelengths; 1940, 1820, 2200 nm and azeotropic distillation method. This experiment use a different moisture level of Turmeric powder 1.15 to 8.35 percent of moisture. The advantages of near-infrared reflectance sensor are reliable, high accuracy, fast response, sample isn't broken and non-touch sample. Moisture is consistent with intensity of absorption by the correlation is 0.9938. It has an error of measurement equal to 0.2 percent moisture. Laboratory experiments investigate the relationship between Turmeric powder moisture content and near-infrared reflectance from the surface. The results indicate a strong linear correlation between Turmeric powder moisture content and relative absorption depths.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ. วิริยะ กองรัตน์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับการทำวิจัย การทดลอง ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ผู้ทำวิจัยรู้สึกซาบซึ้งในการอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ นาย สินชัย จันทร์แดง ที่ให้แนวคิด คำปรึกษา จนสำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบคุณ นายกอบชัย ปิตาสวัสดิ์ ผู้อำนวยการบริษัท ยูนิไทย กรุ๊ป จำกัด ที่อนุญาตให้นำเครื่องมือมาใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณ คณะกรรมการสอบทุกท่านที่กรุณาแนะนำและชี้แนะแนวทาง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา ผู้วิจัยหวังว่าบทความวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆได้

ปรีดี กิตติพงศ์พิทยา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 4

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 4

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.6 โครงสร้างวิทยานิพนธ์ 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีพื้นฐาน 6

2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับขมิ้นชัน 6

2.1.1 ลักษณะทั่วไป 6

2.1.2 การปลูกขมิ้นชัน 7

2.1.3 ประโยชน์และสรรพคุณของขมิ้นชัน 9

2.1.4 การแปรรูปและผลิตภัณฑ์ 10

2.1.5 การทำขมิ้นแห้ง 11

2.1.6 การตลาดขมิ้น 12

2.2 พื้นฐานอินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (Infrared spectroscopy) 13

2.3 การวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม 14

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4 ความสัมพันธ์ของค่าความเข้มของการดูดกลืนแสง....18
2.5 เซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดสำหรับวัดค่าความชื้นรุ่น IR3000....19

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย....21
3.1 การออกแบบ....21
3.1.1 การออกแบบการวิจัย....21
3.1.2 ตัวอย่างผงขมิ้นชัน....22
3.1.3 เซ็นเซอร์อินฟราเรด....23
3.1.4 โปรแกรมสำเร็จรูปของเซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรต....25
3.1.5 หน้าต่างการทำงานของโปรแกรมสำเร็จรูป....25
3.2 การจัดเตรียมการทดลอง (Experiment Setup)....27
3.2.1 การเตรียมตัวอย่าง....28
3.2.2 การทดลอง....29

บทที่ 4 ผลการจำลองการทำงานและผลการทดลอง....30
4.1 รูปแบบสำหรับใช้วัดค่าความชื้นจากพื้นผิวขมิ้นชันผง....30
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นของผงขมิ้นชันและค่าความเข้มของการดูดกลืนแสง....31

บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ....35
5.1 สรุปผลงานวิจัย....35

อ้างอิง....36

ภาคผนวก ก....42

ประวัติผู้เขียน....48

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า
3.1 ลักษณะของขมิ้นชันผงทั้งหมด....22
4.1 ข้อมูลที่ได้จากการสอบเทียบ, การทำนายและการวัดจริง....30
4.2 ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของเครื่อง IR3000 และเทคนิคการกลั่น....33

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ขมิ้นชัน....6

2.2 การปลูกขมิ้นชัน....7

2.3 การเตรียมดิน....8

2.4 การเตรียมท่อนพันธุ์....8

2.5 การแปรรูปขมิ้นชัน....11

2.6 ขมิ้นแห้ง....11

2.7 Electromagnetic spectrum แสดงความสัมพันธ์ของรังสีอินฟราเรดและช่วงของรังสีอื่น....13

2.8 การดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของอะตอม....15

2.9 แผนผังแสดงองค์ประกอบของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม....17

2.10 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงใกล้อินฟราเรดของโมเลกุลน้ำ....19

2.11 โครงสร้างของเซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดรุ่น IR3000 20

2.12 ตัวเครื่อง IR3000....20

3.1 แสดงผังโครงสร้างงานวิจัย....21

3.2 ผงขมิ้นชัน....22

3.3 โครงสร้างของเซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดรุ่น IR3000 23

3.4 ตัวเครื่อง IR3000....23

3.5 IP สำหรับเชื่อมต่อเซ็นเซอร์....25

3.6 โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้วัดควบคุมเซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรด....25

3.7 หน้าต่างหลักของโปรแกรมสำเร็จรูป....26

3.8 หน้าต่างสำหรับสอบเทียบ....26

3.9 หน้าต่างแสดงสมการความสัมพันธ์ของเซ็นเซอร์....27

3.10 อบขมิ้นชันผงที่ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง....28

3.11 (ก) วัดค่าดิบขมิ้นชันผงด้วยเครื่อง IR3000, (ข) วัดค่าความชื้นขมิ้นชันผงด้วยวิธีการกลั่น, (ค) ชั่งขมิ้นชันผงก่อนนำไปกลั่น, (ง) น้ำที่ได้จากการกลั่นครั้งแรก, (จ) น้ำที่ได้จากการกลั่นขมิ้นชันผง....29

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของการดูดกลืนแสงกับค่าความชื้นของขมิ้นชันผง....32

4.2 ค่าเฉลี่ยในการสอบเทียบสมการเชิงเส้น $\theta = aR + b$ ของขมิ้นชันผง....32

4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นที่ทำนายได้และค่าความชื้นมาตรฐาน....34

4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้น IR3000 และค่าความชื้นมาตรฐาน....34

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมด้านอาหาร, สุขภาพและ ความสวยความงามในประเทศไทยมีการนำสมุนไพรไทยมาใช้เป็นวัตถุดิบเป็นส่วนผสมในการผลิตสินค้ามากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะขมิ้นชัน จากข้อมูลการนำเข้าปี 2011 ถึง 2014 มีปริมาณ 87.1, 326.0, 226.2 และ 474.19 ตันตามลำดับ และส่งออกปี 2012 ถึง 2014 มีปริมาณ 103.7, 36.3 และ 40.8 ตันตามลำดับ [1] จากข้อมูลแสดงให้เห็นมีการนำเข้าขมิ้นชันมากกว่าการส่งออกและมีแนวโน้มที่มีการนำเข้ามากขึ้นเรื่อยๆทุกปี การนำขมิ้นชันมาใช้จะต้องนำมาผ่านกระบวนการแปรรูปให้เป็นผงขมิ้นและน้ำมันหอมระเหยก่อน แล้วจึงนำไปผสมและผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ในที่สุด ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีในขมิ้นชันที่นำมาใช้จะประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิด ดังนั้นการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการผลิตที่จะทำให้มั่นใจได้ว่าวัตถุดิบที่ได้มีคุณภาพตามมาตรฐานและมีคุณภาพคงที่ในแต่ละครั้งที่ผลิต ซึ่งจะส่งผลถึงประสิทธิภาพ นอกจากนี้การสร้างมาตรฐานของสมุนไพรรองรับ ทำให้ผู้บริโภคมั่นใจในผลิตภัณฑ์สมุนไพรมากขึ้น [3]

การตรวจปริมาณน้ำในสมุนไพรเป็นหนึ่งในการตรวจสอบวัตถุดิบสมุนไพรไทย คือการหาค่าปริมาณน้ำหรือความชื้นเท่านั้น โดยมากจะมีน้ำในปริมาณหนึ่งในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากสมุนไพรสามารถดูดความชื้นเข้าไปได้ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของน้ำผลึก (Water of crystallization) หรือน้ำที่ถูกดูดซับบนผิวของสมุนไพร (Adsorbed form) ทำให้สมุนไพรอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมี หรือเกิดการสลายตัวได้ และจัดว่าเป็นสิ่งแปลกปลอมเนื่องจากทำให้เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบสำคัญที่มีอยู่ลดลง เมื่อคิดเทียบกับน้ำหนักสมุนไพรทั้งหมด [4] สำหรับผงขมิ้นชันที่เป็นวัตถุดิบในประเทศไทยนั้นอ้างอิงตามเอกสาร LCPS 676-2547(2004) ผงขมิ้นชันต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละสิบโดยน้ำหนัก [5]

เทคนิคการวัดความชื้นแบบทางตรงและทางอ้อมมีดังนี้

1. เทคนิคการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก [6]

2. เทคนิคการกลั่น [7]

3. เทคนิคการทำปฏิกิริยาเคมี

4. เทคนิคกัมมันตภาพรังสี เช่น นิวตรอนโพรบ (Neutron Probe) [8]

5. เทคนิคคลื่นไมโครเวฟ [9]

6. เทคนิคความต้านทาน

7. เทคนิคโพรบชนิดเก็บประจุ (Capacitance Probe) [10]

8. เทคนิคการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรด (Near Infrared reflector) หรือ อินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (Infrared Spectroscopy)

เทคนิคการวิเคราะห์โดยน้ำหนักเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปและมีความน่าเชื่อถือมากที่สุดสำหรับการวัดความชื้นและสามารถนำมาใช้สอบเทียบให้กับเทคนิคการวัดแบบทางอ้อม ข้อดีของเทคนิคนี้คือมีความแม่นยำและความน่าเชื่อถือมาก แต่เทคนิคนี้จะเสียเวลา, สิ้นเปลืองตัวอย่างที่ใช้วัด , ทำลายตัวอย่างที่วัด, ไม่สามารถใช้กับสมุนไพรที่มีน้ำมันหอมระเหยได้ และไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ต่อมาคือเทคนิคการกลั่น เป็นเทคนิคที่อาศัยการกลั่นตัวของน้ำจากการให้ความร้อนไปที่ตัวอย่าง โดยตัวอย่างจะผสมตัวทำละลายที่ใช้จับสารที่ไม่ต้องการไว้ เช่น โทลูอีน ไซลีน เป็นต้น ทำให้สามารถวัดค่าปริมาตรน้ำได้อย่างถูกต้อง ข้อเสียคือใช้ระยะเวลานานในการกลั่น นอกจากนี้ยังมีเทคนิคการทำปฏิกิริยาเคมี ซึ่งอาศัยการใช้สารเคมีในการเปลี่ยนสารตั้งต้นให้เป็นสารใหม่ แล้วดูอัตราปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เช่น การไทเทรตตัวอย่างที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบด้วยสารละลายไอโอดีนในเมทานอล, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide) และไพริดีน (pyridine) โดยไอโอดีนจะทำปฏิกิริยากับน้ำ เมื่อน้ำทำปฏิกิริยาจนหมดการไทเทรตสิ้นสุดแล้ววัดปริมาตรของไอโอดีนที่ใช้ในการไทเทรต ข้อเสียคือเสียเวลาในการหาค่าความชื้นและเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมี ต่อมาคือเทคนิคกัมมันตภาพรังสี เทคนิคนี้จะวัดปริมาณรังสีที่ลดลงแปรผันกับค่าความชื้นในตัวอย่าง แต่ข้อเสียคือมีช่วงย่านการวัดที่กว้างทำให้ความแม่นยำต่ำ, อันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม, ราคาสูงและผู้ใช้งานต้องมีความชำนาญ นอกจากนี้ยังมีเทคนิคคลื่นไมโครเวฟและเทคนิคการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรด เทคนิคเหล่านี้จะอาศัยการส่งคลื่นเฉพาะที่โมเลกุลน้ำเกิดการดูดกลืนเข้าไปในตัวอย่าง ทำให้เกิดการดูดกลืนพลังงานที่ส่งเข้าไป พลังงานที่ไม่ถูกดูดกลืนจะถูกส่งมาที่ตัวรับ แล้วแปลงค่าเป็นค่าปริมาณความชื้น เทคนิคโพรบชนิดเก็บประจุถูกศึกษามายาวนานและมีการผลิตออกมาขายเมื่อไม่นานมานี้ ความละเอียดในการวัดขึ้นอยู่กับขนาดของเซ็นเซอร์ ข้อเสียคือการปนเปื้อนของน้ำจะมีผลกระทบต่อการวัด ไม่สามารถวัดได้ครอบคลุมช่วงการวัด เทคนิคความต้านทานจะอาศัยการส่งกระแสไฟฟ้าเข้าไปในตัวอย่างแล้ววัดค่าความต้านทานออกมา โดยค่าความต้านทานจะแปรผันตรงกับค่าความชื้นที่อยู่ในตัวอย่าง ข้อดีคือราคาไม่สูงและใช้งานง่าย แต่มีข้อเสียคือถ้ามีการปนเปื้อนของน้ำจะทำให้นำไฟฟ้าได้ไม่ดี ทำให้ค่าที่วัดได้เพี้ยนไป การหาค่าความชื้นของสมุนไพรสามารถหาได้จากวิธีการกลั่น (Azeotropic distillation) สำหรับผงขมิ้นชันที่มีน้ำมันหอมระเหยเป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการทดลองนี้จะใช้การกลั่นเพื่อหาค่าความชื้นเพราะ การกลั่นนั้นจะใช้ตัวทำละลายโทลูอีน (Toluene) เป็นตัวดึงน้ำพร้อมกับน้ำมันหอมระเหยออกมา ชั้นของน้ำและโทลูอีนจะแยกจากกัน ส่วนน้ำมันหอมระเหยที่ถูกกลั่นออกมาจะละลายอยู่ในชั้นของโทลูอีน

อินฟราเรดสเปคโตรสโคปีคือ เทคนิคการวิเคราะห์โดยวัดปริมาณแสงทั้งหมดของความยาวคลื่นแสงที่ถูกตัวอย่างดูดกลืน การวัดด้วยเทคนิคนี้จะทำให้รู้ถึงคุณสมบัติของตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ เช่น ค่าความเข้มข้นของสาร ความยาวคลื่นแสงโดยทั่วไปที่นิยมนำมาใช้อยู่ในช่วงคลื่นอัลตร้าไวโอเลตไปจนถึงแสงที่ตามองเห็นได้คืออยู่ในช่วงความยาวคลื่น 250 ถึง 750 นาโนเมตร เทคนิคการใช้ความยาวคลื่นเฉพาะในการตรวจสอบสารที่ต้องการรู้ค่า เทคนิคนี้ถูกนำไปใช้งานหลากหลายด้านเพื่อตรวจสอบลักษณะของตัวอย่าง เช่นสารที่อยู่ในตัวอย่าง, แร่ธาตุในดิน, ปริมาณน้ำในตัวอย่าง, ค่าความเป็นกรดด่างและค่าของโลหะหนักในตัวอย่างที่มีส่วนประกอบต่างกัน โดยในงานวิจัยชิ้นนี้จะนำเทคนิคนี้ไปใช้วัดค่าความชื้นของขมิ้นชันผง ซึ่งเมื่อปล่อยคลื่นใกล้อินฟราเรดไปที่ตัวอย่าง จะเกิดการส่งผ่าน, การ

สะท้อนกลับของพลังงาน แต่เนื่องจากตัวอย่างมีความหนาแน่นมากทำให้การเกิดการส่งผ่านมีค่าน้อยมากๆ ต่อมาโมเลกุลน้ำในตัวอย่างก็จะดูดซับพลังงานไว้โดยมีค่าแปรผันตรงกับค่าความชื้นที่อยู่ในตัวอย่าง ซึ่งเกิดลักษณะการดูดกลืนคลื่นเนื่องจากมีการสั่นของพันธะโมเลกุล โมเลกุลของน้ำในผงขมิ้นชันมีการดูดกลืนคลื่นในช่วงความยาวคลื่น 1940, 1820 และ 2200 นาโนเมตรในย่านของคลื่นใกล้อินฟราเรด โดยมีย่านความยาวคลื่นสามแถบ (Band) ที่มีการดูดกลืนมากที่สุด เมื่อโมเลกุลของ O-H ดูดกลืนรังสีอินฟราเรดซึ่งมีค่าพลังงานเท่ากับความแตกต่างของพลังงานระหว่างสถานะพื้น (Ground State) และสถานการณ์กระตุ้น (Excited State) ก็จะเกิดการสั่นขึ้น โมเลกุล O-H จะเกิดการสั่นได้สองแบบคือสั่นแบบยืด (stetching) และสั่นแบบงอ [11], [12], [13] ค่าความชื้นที่สูงจะมีความสัมพันธ์กับแถบความเข้มในการดูดกลืนคลื่นที่มาก และในทางกลับกันถ้าค่าความชื้นที่ต่ำจะมีความสัมพันธ์กับแถบความเข้มในการดูดกลืนคลื่นที่น้อย โดยในการทดลองนี้จะใช้อินฟราเรดสเปคโตรสโคปีแบบสะท้อนกลับ เทคนิคการสะท้านกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดเทียบกับค่าความชื้นที่ได้จากการกลั่นแล้วใช้ค่าสหสัมพันธ์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็นสถิติที่ใช้วิเคราะห์ผลการทดลอง ด้วยข้อดีของเทคนิคการสะท้านกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดที่มีความแม่นยำ ความน่าเชื่อถือ ตอบสนองเร็วและไม่ทำลายตัวอย่างที่วัด ทำให้เกิดงานวิจัยชิ้นนี้ขึ้นเพื่อศึกษาถึงการนำเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตรสโคปีมาใช้วัดความชื้นแทนที่เทคนิคการกลั่นซึ่งมีข้อเสียคือ ใช้เวลานานในการทดสอบ สิ้นเปลืองสารเคมีและไม่สามารถนำตัวอย่างกลับมาใช้ได้ใหม่

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาเทคนิคคลื่นแสงใกล้อินฟราเรดมาใช้ในการตรวจสอบปริมาณน้ำในขมิ้นชันผง

1.2.2 เพื่อนำผลที่ได้จากการศึกษาเทคนิคคลื่นแสงใกล้อินฟราเรดไปใช้ในการทำนายการตรวจสอบปริมาณน้ำในขมิ้นชันผง

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบการวัดความชื้นระหว่างเทคนิคการสะท้อนคลื่นใกล้อินฟราเรดกับเทคนิคการกลั่น

1.2.4 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเทคนิคคลื่นแสงใกล้อินฟราเรดที่นำมาใช้ตรวจสอบปริมาณน้ำของสมุนไพรชนิดที่มีน้ำมันหอมระเหยต่อไปในอนาคต

1.2.5 เพื่อศึกษาเทคนิคการวัดความชื้นแบบไม่ต้องทำลายตัวอย่าง

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

เนื่องจากเมื่อคลื่นรังสีใกล้อินฟราเรดจะเคลื่อนที่เข้าไปในวัตถุดิบที่ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำ โมเลกุลเหล่านั้นจะเกิดการสั่นเนื่องจากพลังงานของรังสีใกล้อินฟราเรดอยู่ในช่วงความถี่ที่สอดคล้องกับการสั่นของพันธะภายในโมเลกุล นั้นก็หมายความว่าหากการสั่นของพันธะในโมเลกุลน้ำเกิดที่ความถี่ที่ตรงกับความถี่ของรังสีใกล้อินฟราเรดก็จะเกิดการดูดกลืนขึ้น เมื่อน้ำที่อยู่ในวัตถุดิบมีการสั่นของพันธะที่ตรงกับความถี่ของรังสีใกล้อินฟราเรดและปริมาณน้ำที่อยู่ในวัสดุคือปริมาณความชื้นที่ต้องการทราบค่า ดังนั้นผู้วิจัยจึงเอาหลักการเกิดการดูดกลืนรังสีใกล้อินฟราเรดมาใช้ในการหาค่าปริมาณความชื้นที่อยู่ในวัตถุดิบ เพื่อควบคุมปริมาณความชื้นที่อยู่ในวัตถุดิบ เนื่องจากถ้ามีปริมาณความชื้นมากเกินไป อาจทำให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อราและจุลินทรีย์ และเกิดการสลายของตัวยาได้ง่าย ซึ่งวิธีการนี้เป็นการหาปริมาณความชื้นที่รวดเร็วและง่ายดาย นอกจานี้ยังเป็นการวัดแบบไม่สัมผัสและไม่เป็นการทำลายวัตถุดิบอีกด้วย ทำให้สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การใช้วิธีการทางสถิติเข้ามาช่วยวิเคราะห์ความแม่นยำและความคลาดเคลื่อนของการวัดปริมาณความชื้นของผงขมิ้นชันด้วยเทคนิคคลื่นใกล้แสงอินฟราเรด เพื่อศึกษาเทคนิคคลื่นใกล้แสงอินฟราเรดในการหาปริมาณความชื้น และศึกษาดูประสิทธิภาพในการวัด

1.5 ขอบเขตการวิจัย

- การใช้วิธีการทางสถิติเข้ามาช่วยวิเคราะห์ความแม่นยำและความคลาดเคลื่อนของเทคนิคคลื่นใกล้แสงอินฟราเรด

- เพื่อศึกษาเทคนิคคลื่นใกล้แสงอินฟราเรดมาใช้ในการตรวจสอบปริมาณน้ำในขมิ้นชันผง เมื่อส่งความยาวคลื่นที่ 1940 นาโนเมตร

- ทำการทดลองแล้วสร้างสมการเพื่อนำมาทำนายค่าปริมาณน้ำที่อยู่ในผงขมิ้นชัน

1.6 โครงสร้างวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทในแต่ละบทจะมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย สมมติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย และขอบเขตของงานวิจัย

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องซึ่งจะประกอบไปด้วย ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับขมิ้นชัน ลักษณะทั่วไป การปลูกขมิ้นชัน ประโยชน์และสรรพคุณของขมิ้นชัน การแปรรูปและผลิตภัณฑ์ การทำขมิ้นแห้ง การตลาดขมิ้น พื้นฐานอินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (Infrared spectroscopy) การวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม ความสัมพันธ์ของค่าความเข้มของการดูดกลืนแสงเซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดสำหรับวัดค่าความชื้นรุ่น IR 3000

บทที่ 3 การออกแบบการวิจัย ตัวอย่างผงขมิ้นชัน เซ็นเซอร์อินฟราเรด การแสดงผล การจัดเตรียมการทดลอง (Experiment Setup) และการทดลอง

บทที่ 4 กล่าวถึงผลการจำลองการทำงานและผลการทดลอง รูปแบบสำหรับใช้วัดค่าความชื้นจากพื้นผิวขมิ้นชันผง ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นของผงขมิ้นชันและค่าความเข้มของการดูดกลืน

บทที่ 5 กล่าวถึงสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะถึงแนวทางในงานวิจัยต่อไป

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีพื้นฐาน

2.1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับขมิ้นชัน

2.1.1 ลักษณะทั่วไป

ขมิ้นชันมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่าเคอร์คูมา ลองกา ลินเนียส (Curcuma longa Linnaeus) มีชื่อสามัญว่า Turmeric อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae มีชื่อเรียกพื้นเมืองแตกต่างกันไปตามท้องถิ่น เช่น ขมิ้นแกง ขมิ้นหยอก ขมิ้นหัว (ภาคเหนือ) ขมิ้นชัน (ภาคกลาง) ขี้มิ้น (ภาคใต้) ตายอ (กะเหรี่ยง-กำแพงเพชร) สะยอ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) และหมิ้น ขมิ้นจัดอยู่ในตระกูลพืชล้มลุก ลำต้นเหนือดินเป็นลำต้นที่เกิดจากการอัดตัวกันของกาบใบ สูงประมาณ 50-70 เซนติเมตร ลำต้นจริงเรียกว่าเหง้าขมิ้นซึ่งอยู่ใต้ดิน ประกอบด้วยเหง้าหลักใต้ดินเรียกว่าหัวแม่ ซึ่งมีรูปไข่ และแตกแขนงทรงกระบอกออกด้านข้างทั้ง 2 ด้าน ที่เรียกว่าแง่งขมิ้น เนื้อในของเหง้ามีสีเหลืองเข้มจนถึงสีแดงเข้มมีกลิ่นหอมเฉพาะ ใบเป็นใบเดี่ยว ก้านยาว ใบเหนียว เรียวและปลายแหลม กว้าง 12-15 เซนติเมตร ยาว 30-40 เซนติเมตร ดอกเป็นดอกช่อทรงกระบอก มีก้านช่อแทงจากเหง้าโดยตรง ยาว 7-15 เซนติเมตร ประกอบด้วยใบประดับจำนวนมาก มีสีเขียวอ่อน ใบประดับตรงปลายช่อจำนวน 6-10 ใบ มีสีขาวหรือขาวแกมชมพู ดอกมีสีเหลืองอ่อน เกิดในซอกใบประดับ ดอกบานครั้งละ 3-4 ดอก ผลรูปกลม มี 3 พู ขมิ้นเป็นพืชที่ปลูกง่ายเพราะชอบอากาศค่อนข้างร้อน ใช้ระยะเวลาในการปลูกและมีโรครบกวนน้อยจึงนิยมปลูกกันทั่วไป

รูปที่ 2.1 ขมิ้นชัน
(http://skinano.lnwshop.com/article/5)

2.1.2 การปลูกขมิ้นชัน

ขมิ้นชันเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ทั่วไปในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก ที่สำคัญได้แก่ ประเทศอินเดีย บังคลาเทศ จีน ไต้หวัน เปรู อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ จาไมกา และเอลซาวาดอร์ อินเดียเป็นประเทศผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก แต่ส่งออกเพียงร้อยละ 5 (10,000-15,000 ตัน) เนื่องจากความต้องการใช้ภายในประเทศสูงมาก สำหรับประเทศไทยสามารถปลูกได้ดีทั่วทุกภาคของประเทศ ส่วนใหญ่ปลูกเป็นพืชรองหรือพืชเสริมรายได้ แต่ในขณะนี้มีการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากขมิ้นมากขึ้น จึงทำให้เกษตรกรปลูกในลักษณะพืชเชิงเดี่ยวมากขึ้น และมีรายได้สูงด้วย สำหรับผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ในประเทศไทยของเกษตรกร พบว่า อยู่ระหว่าง 2-3 ตัน สำหรับพื้นที่ที่มีการปลูกขมิ้นชันมาก ได้แก่ จังหวัดพังงา สุราษฎร์ธานี กระบี่ ตาก นครพนม ราชบุรี พิษณุโลก และจังหวัดพัทลุง โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยได้แก่ ขมิ้นด้วง และขมิ้นทอง

รูปที่ 2.2 การปลูกขมิ้นชัน
(http://technology-farmmer.blogspot.com/)

องอาจ หาญชาญเลิศ ฉลอง แบบประเสริฐ และยิ่งยง ไพศานติ (2539) ได้ให้อธิบายถึงการปลูกขมิ้นไว้ดังนี้ การปลูกขมิ้นควรเริ่มปลูกในช่วงย่างเข้าฤดูฝน คือประมาณปลายเดือนเมษายนจนกระทั่งถึงต้นเดือนพฤษภาคม และจะเก็บเกี่ยวผลผลิตในปลายเดือนธันวาคมจนกระทั่งถึงเดือนมกราคม รวมระยะเวลาการปลูกเฉลี่ย 8-9 เดือน ขมิ้นชันสามารถขึ้นได้ดีในดินทุกชนิด แต่เหมาะกับพื้นที่ที่เป็นดินร่วน ที่ระบายน้ำดี น้ำไม่ท่วมขัง หากปลูกในพื้นที่ซึ่งเป็นดินเหนียวจำเป็นจะต้องปรับสภาพของดินโดยการใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก ในอัตรา 1 ตันต่อไร่ การปลูกขมิ้น ควรดำเนินการดังนี้

(1) การเตรียมดิน ควรไถพรวนก่อนและตากหน้าดินไว้ระยะหนึ่ง ปกติการไถพรวนควรดำเนินการให้เสร็จสิ้นก่อนต้นฤดูฝน และหลังจากพรวนดินให้มีขนาดเล็กลงแล้ว ควรไถยกร่องเตรียมไว้ ทำการขุดหลุมปลูก โดยขุดหลุมให้ปลูกระยะห่างระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น 30 เซนติเมตร

รูปที่ 2.3 การเตรียมดิน
(http://oknation.nationtv.tv/blog/horti-asia/2012/10/16/entry-1)

(2) การเตรียมท่อนพันธุ์ การปลูกขมิ้นอาจใช้ท่อนพันธุ์ได้ 2 ลักษณะ คือ ใช้หัวแม่ และแง่ง ถ้าปลูกโดยใช้หัวแม่ ขนาดน้ำหนัก 15-50 กรัมต่อหัว จะสามารถให้ผลผลิต 3,300 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะปลูก 75x30 เซนติเมตร ถ้าปลูกด้วยแง่ง ขนาด 15-30 กรัมต่อชิ้น หรือ 7-10 ปล้องต่อชิ้น จะให้ผลิตน้ำหนักสดประมาณ 2,800 กิโลกรัมต่อไร่ ก่อนนำลงปลูกในแปลงควรแช่ด้วยยากันราและยาฆ่าเพลี้ย เพื่อป้องกันโรคหัวเน่าและกำจัดเพลี้ย ซึ่งอาจติดมากับท่อนพันธุ์และมักระบาดมากขึ้นในช่วง 2-3 ปี ของการปลูกหากมิได้รับการเอาใจใส่ป้องกันให้ดีก่อนปลูกโดยแช่นานประมาณ 30 นาที

รูปที่ 2.4 การเตรียมท่อนพันธุ์
(https://www.technologychaoban.com/news_detail.php?tnid=1345)

(3) การปลูกขมิ้นชัน ก่อนปลูกขมิ้นชันควรรองก้นหลุมด้วยด้วยปุ๋ยเคมี สูตร 13-13-21 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และวางท่อนพันธุ์ลงในแปลง กลบดินหนาประมาณ 5-10 เซนติเมตร หลังจากนั้นขมิ้นชันจะใช้ระยะเวลาในการงอกประมาณ 30-70 วันหลังปลูก

(4) การใส่ปุ๋ยและการกำจัดวัชพืช เมื่อขมิ้นชันเริ่มงอกยาวประมาณ 5-10 เซนติเมตร ให้ทำการกำจัดวัชพืช เนื่องจากขมิ้นชันหลังจากงอกจะเจริญเติบโตแข่งกับวัชพืชไม่ได้ และใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อกำจัดวัชพืชครั้งที่ 2 ควรพรวนกลบดินโคนแถวด้วย หลังจากนั้นให้กำจัดวัชพืชอีก 2-3 ครั้ง

(5) การให้น้ำ ในช่วงที่ฝนทิ้งช่วงควรให้น้ำเพิ่มหรือใช้วัสดุคลุมดินเพื่อรักษาความชุ่มชื้น สำหรับในช่วงหน้าฝนไม่จำเป็นต้องให้น้ำเลยแต่ควรดูแลเรื่องการระบายน้ำในแปลงปลูกไม่ให้น้ำท่วมขัง เพราะจะทำให้หัวเน่า

(6) โรคและแมลงศัตรูพืช โรคของขมิ้นชันเกิดจากการเน่าของหัวขมิ้นจากน้ำท่วมขังหรือการให้น้ำที่มากเกินไป หรือเกิดจากการปลูกซ้ำที่เดิมหลายครั้ง ทำให้เกิดการสะสมโรค โรคที่พบได้แก่ โรคเหง้าและรากเน่าซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย โรคต้นเหี่ยว และโรคใบจุด เกิดจากเชื้อรา โรคดังกล่าวเมื่อเกิดแล้วรักษายากจึงควรป้องกันก่อนปลูก การป้องกันโรคที่ดีคือควรหมุนเวียนแปลงปลูกทุก ๆ ปี

2.1.3 ประโยชน์และสรรพคุณของขมิ้นชัน

ขมิ้นชัน นับได้ว่าเป็นสมุนไพรที่มีประโยชน์มาก นอกจากจะใช้ในการประกอบอาหารแล้วยังมีสรรพคุณในการรักษาโรคต่าง ๆ ได้หลากหลาย ซึ่งสามารถสรุปประโยชน์ สรรพคุณและวิธีการใช้ขมิ้นชันได้ ดังนี้

(1) นำใบขมิ้นมาหั่นเป็นฝอยเป็นเครื่องปรุงของข้าวยำ (จังหวัดนครศรีธรรมราช)

(2) การใช้ขมิ้นชันผสมในเครื่องแกง ซึ่งนอกจากจะช่วยปรุงแต่งรสชาติและทำให้น้ำแกงมีสีสวยน่ารับประทานแล้วที่สำคัญก็เพื่อเป็นยาแก้อาการต่างๆ โดยเฉพาะทางภาคใต้ นิยมใส่ขมิ้นลงในแกงเผ็ดแทบทุกชนิด เช่น แกงเหลือง แกงกะทิ และแกงไตปลา หรือแม้แต่แกงประเภทต้ม เช่น ไก่บ้านต้มขมิ้น ต้มปลา ตลอดจนอาหารประเภทปลาทอดต่าง ๆ เช่น ปลาทรายทอดขมิ้น เป็นต้น

(3) นำผงเหง้าขมิ้นผสมกับน้ำฝน คนให้เข้ากันใช้ทาบริเวณที่เป็นกลากเกลื้อน

(4) ผงเหง้าขมิ้นชันมีฤทธิ์ลดอาการอักเสบและสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของเชื้อหนองได้ จึงสามารถนำมาทาแก้อาการผื่นคันเนื่องจากความอับชื้น ยุงหรือแมลงกัดต่อย และรักษาแผลพุพองมีหนอง โดยใช้เหง้าขมิ้นชันสดตำให้ละเอียด คั้นเอาเฉพาะน้ำ นำมาทาบริเวณผื่นคันหรืออาจใช้ผงขมิ้นชันแห้งผสมน้ำเล็กน้อยทาบริเวณผื่นคัน หรือนำเหง้าขมิ้นมาขูดเอาเนื้อขมิ้นทาบริเวณที่ถูกกัดจะทำให้หายคันและตุ่มจะยุบหายไป

(5) ผสมผงเหง้าขมิ้นกับน้ำผึ้งปั้นเป็นยาลูกกลอน กินครั้งละ 3-5 เม็ด วันละ 4 ครั้งหลังอาหารและก่อนนอน เพื่อรักษาอาการท้องอืด เฟ้อ อาหารไม่ย่อย และรักษาแผลในกระเพาะอาหาร

(6) นำเหง้าขมิ้นขนาดพอสมควรมาล้างให้สะอาด ตำให้ละเอียดคั้นเอาแต่น้ำ เจือน้ำสุกเท่าตัว กินครั้งละประมาณ 2 ช้อนโต๊ะ วันละ 3-4 ครั้ง อาจเติมเกลือเล็กน้อยเพื่อให้กินได้ง่ายขึ้น ใช้รักษาอาการท้องร่วง

(7) ผสมผงเหง้าขมิ้น 1 ช้อนโต๊ะกับน้ำมันมะพร้าว หรือน้ำมันหมู 2-3 ช้อนโต๊ะ เคี่ยวด้วยไฟอ่อนๆ และคนไปเรื่อย ๆ จนน้ำมันกลายเป็นสีเหลือง ใช้น้ำมันที่ได้ใส่แผล หรือจะใช้ขมิ้นที่ล้างให้สะอาดแล้วมาตำจนละเอียดคั้นเอาน้ำใส่แผลสดก็ได้

(8) แก้ท้องร่วง แก้บิด หัวขมิ้นชั้นคั้นน้ำ เจือน้ำสุกเท่าตัว กินครั้งละ 2 ช้อนโต๊ะ กิน วันละ 3-4 ครั้ง หรือหัวขมิ้นชันเผาไฟ โขลกให้ละเอียด คั้นกับน้ำปูนใส กินครั้งละ 1-2 ถ้วยชา ขมิ้นช่วยระงับการเกร็งตัวของลำไส้ ในคนที่ท้องเสีย หรือเป็นบิด

(9) แก้นิ่ว โดยตำละเอียด คั้นเอาน้ำผสมน้ำปูนใส กินครั้งละ 1- 2 ถ้วยชา วันละ 2-3 ครั้ง

(10) แก้ตกเลือด เอาขมิ้นชันผง ๑ ช้อนแกง ผสมกับน้ำต้มสุก ๑ ถ้วยชา ใช้กินเพียง ครั้งเดียว แก้หญิงตกเลือดให้หยุด หรือเอาขมิ้นชันละลายสุรา แทรกพิมเสน กินก็ได้

(11) ยาสตรีหลังคลอดบุตร ใช้ผงขมิ้นชันผสมดินสอพอง ทาท้อง หญิงมีครรภ์ ตั้งแต่ ท้องเริ่มขยาย จนหลังคลอด จะทำให้ท้องสวย เหมือนยังสาว

(12) ขับพยาธิ น้ำคั้นจากหัวขมิ้นชันสด กินครั้งละ 1-2 ช้อนโต๊ะ กิน เป็นยาฆ่าพยาธิ และขับพยาธิ

(13) แก้ไข้ แก้หวัด ใช้หัวสด ขยี้ดมแก้หวัด คัดจมูก หรือใช้ผงขมิ้นโรยใน ไฟ แล้วสูดดม

(14) บรรเทาอาการปวดหัว ใช้ผงขมิ้นผสมแป้งปิดพอกศีรษะ แก้ ปวด ศีรษะ

(15) แก้ตาแดง เอาผงขมิ้นชันโรยในเตาถ่าน ให้มีควันลอยขึ้นมา ลืมตารมควันนี้ วันละครั้ง เพียง 2-3 ครั้ง เจ็บตา ตาช้ำก็จะหาย

(16) รักษาโรคฟัน เคี้ยวเกลือกับขมิ้นชัน แล้วอมไว้ 10 นาที ทำเป็นประจำ ฟันจะคงทน นอกจากนี้ ยังใช้ขมิ้นชันขัดฟัน ให้ขาว โดยเอานิ้วแตะขมิ้นชันแล้ว นำมาขัดฟันให้ทั่ว ทิ้งไว้สักครู่ จึงบ้วนทิ้ง แปรงด้วยยาสีฟันอีกครั้ง ทำให้ฟันขาว และคงทน

(17) แก้ปวดฟัน ขมิ้นชันสดโขลกกับเกลือให้เค็มจัด ผสมพิมเสน การบูร บดละเอียด ให้แทนยาสีฟัน แก้ปวดฟัน เหงือกบวม

(18) แก้น้ำกัดเท้า ล้างเท้าให้สะอาด เช็ดให้แห้ง ฝนขมิ้นชัน ทาก่อน จึงทาปูนแดงลงไปตรงน้ำกัด แผลจะแห้ง และตกสะเก็ด หายไปในที่สุด

(19) แก้ฟกช้ำ เอาขมิ้นผสมปูนแดง ทาแก้ฟกช้ำดำเขียว

(20) แก้ชันตุ เอาขมิ้นชัน 2 องคุลี เนื้อมะพร้าวแก่ๆ ขนาดเท่านิ้วชี้ 2 ชิ้น ใบมะลิ 1 กำมือ ตำรวมกันทำเป็นลูกประคบ แต้มตามศีรษะ ใช้กับเด็กเล็กๆ ที่เป็น แผลพุพอง น้ำเหลืองเยิ้มเป็นตุ่มๆที่หนังหัว มีกลิ่น เหม็นคาว เมื่อทายาแล้ว แผลจะตกสะเก็ด ต้องสระผม ให้เด็กตอนเช้า

(21) แก้ผื่นคัน ใช้ขมิ้นชันผง โรยบนส่วนที่คัน แล้วลูบ ค่อยๆ ให้ ขมิ้นติดอยู่ส่วนที่เป็นผื่น

(22) แก้พิษงูกัด เอาขมิ้นชัน ทาบริเวณยุงกัด ตุ่มคันจะ หายไป

(23) รักษาฝี ขมิ้นผสมเกลือพอเค็ม ตำพอกแก้พิษฝี ที่เจ็บปวด

(24) แก้พิษมดกัด ให้เอาน้ำล้างมดออก โรยผงขมิ้น ให้ทั่วๆ ขา ที่ยังเปียก อยู่ ขมิ้นจะดับพิษมดกัด

(25) สารเคอร์คูมินในขมิ้นชันมีฤทธิ์ช่วยป้องกันโรคมะเร็งปอด มะเร็งลำไส้ มะเร็งต่อมลูกหมาก และอัลไซเมอร์

2.1.4 การแปรรูปและผลิตภัณฑ์

แม้ว่าสรรพคุณของขมิ้นชันในด้านต่าง ๆ จะเป็นที่รู้จักกันมานานแต่การนำขมิ้นชันมาใช้เป็นส่วนผสมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจำหน่ายในเชิงอุตสาหกรรม เช่น แชมพู ครีมทาหน้า หรือ สบู่ เพิ่งได้จะมีการศึกษาค้นคว้าอย่างจริงจังเมื่อไม่นานมานี้ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับขมิ้นชันและสรุปผลการทดลองใช้ประโยชน์เชิงอุตสาหกรรมจากขมิ้นชัน ไว้ดังนี้

การใช้ขมิ้นสด ใช้ขมิ้นสดมาเป็นส่วนผสมในแชมพูสระผม สบู่เหลว และโลชั่นทาผิว โดยนำขมิ้นสดมาตำแล้วละลายน้ำ ต้มให้เดือด กรองเอาแต่น้ำ แล้วนำไปผสมกับเครื่องสำอางค์โดยใช้ขมิ้นสดร้อยละ 4, 8,12, 16, 20 โดยน้ำหนัก เมื่อให้ผู้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์จำนวน 20 คน แล้วให้คะแนนปรากฏว่า ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดและทุกระดับได้รับการยอมรับทั้งความชอบ สี และความละเอียดของผลิตภัณฑ์ ที่มีขมิ้นเป็นส่วนผสม ส่วนโลชั่นทาผิวที่มีขมิ้นเป็นส่วนผสมมักจะมีสีติดเสื้อผ้าบ้างเล็กน้อย

การใช้ขมิ้นแห้ง นำขมิ้นแห้งมาละลายน้ำ ต้มให้เดือด กรองเอาแต่น้ำ แล้วนำไปผสมกับเครื่องสำอางโดยใช้ขมิ้นแห้งร้อยละ 2, 4, 6, 8, 10, 12, และ 14 โดยน้ำหนัก เมื่อให้ผู้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์จำนวน 20 คน แล้วให้คะแนน ผลปรากฏว่า ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดและทุกระดับได้รับการยอมรับทั้งความชอบ สี และความละเอียดของผลิตภัณฑ์ ที่มีขมิ้นเป็นส่วนผสม ส่วนโลชั่นทาผิวที่มีขมิ้นเป็นส่วนผสมด้วยนั้น มักจะมีสีขมิ้นติดเสื้อผ้าบ้างเล็กน้อย

รูปที่ 2.5 การแปรรูปขมิ้นชัน
(https://www.chemipan.com/home/index.php/635)

2.1.5 การทำขมิ้นแห้ง

รูปที่ 2.6 ขมิ้นแห้ง
(http://www.caherbal.com/)

เนื่องจากขมิ้นชันหัวสดไม่สามารถเก็บไว้ได้นานจึงนิยมนำขมิ้นชันมาแปรรูปเป็นขมิ้นแห้ง ขั้นตอนในการทำขมิ้นแห้งเริ่มจากทำความสะอาด คัดแยกหัวและแง่งออกจากกัน ตัดรากและส่วนต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการทิ้ง อาจใช้แปลงช่วยขัดผิว หรือตัดทิ้งในส่วนที่ไม่สามารถทำความสะอาดได้ทั่วถึง คัดเลือกส่วนที่สมบูรณ์ปราศจากโรคและแมลง นำมาล้างด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้ง หลังจากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการเตรียมขมิ้นก่อนทำให้แห้ง ซึ่งมี 2 รูปแบบ

(1) แบบชิ้น โดยหั่นหัวหรือแง่งเป็นชิ้นบาง ๆ วางบนถาดหรือกระด้ง หมั่นกลับบ่อย ๆ หรืออบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สำหรับ 8 ชั่วโมงแรก แล้วลดอุณหภูมิลงเป็น 40-45 องศาเซลเซียส หมั่นกลับบ่อย ๆ อบจนแห้ง โดยทั่วไปขมิ้นชันสด 5-6 กิโลกรัมจะได้ขมิ้นชันแห้ง 1 กิโลกรัม

(2) แบบทั้งแง่ง ตลาดต่างประเทศนิยมซื้อมากในสภาพแง่งแห้ง โดยนำแง่งที่ทำความสะอาดแล้ว ต้มในน้ำเดือดนาน 1-2 ชั่วโมง หรือต้มในน้ำด่างอ่อนเช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมคาร์บอเนต เป็นต้น ระยะเวลาที่ใช้ต้มแตกต่างตามความเหมาะสมเช่น ถ้าต้มในน้ำด่างแคลเซียมออกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 3 ชั่วโมง ต้มในโปแตสเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 2.5 นาน 1 ชั่วโมง เป็นต้น แล้วนำไปตากแดดจนแห้ง ประมาณ 6-8 วัน หรือโดยใช้เครื่องเป่าลมร้อน 65-70 องศาเซลเซียสจนแห้ง วิธีการต้มในน้ำด่างอ่อนจะช่วยเพิ่มสีแดงและลดสีเหลือง แง่งขมิ้นชันจากประเทศอินเดียมักผ่านกระบวนการขัดหลังจากทำแห้งแล้ว โดยขัดกับผิววัสดุที่หยาบหรือใส่ถุงที่มีหินสะอาดแล้วเขย่าหรือขัดโดยใช้เครื่องจักร

อย่างไรก็ตามมีข้อที่ควรระวังคือ การทำให้ขมิ้นแห้งโดยการตากแดดที่ใช้เวลานาน จะเปิดโอกาสให้มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ได้มากและสีของขมิ้นชันแห้งจากการอบจะสวยกว่าตากแดด ขมิ้นชันที่แห้งแล้วควรบรรจุในภาชนะที่สะอาด ปิดให้สนิท เก็บในที่แห้งและสะอาด หากยังไม่ได้นำไปใช้ให้นำออกผึ่งในที่ร่มทุก 3-4 เดือน ไม่ควรเก็บวัตถุดิบขมิ้นชันไว้นานเพราะปริมาณน้ำมันหอมระเหยจะลดลง

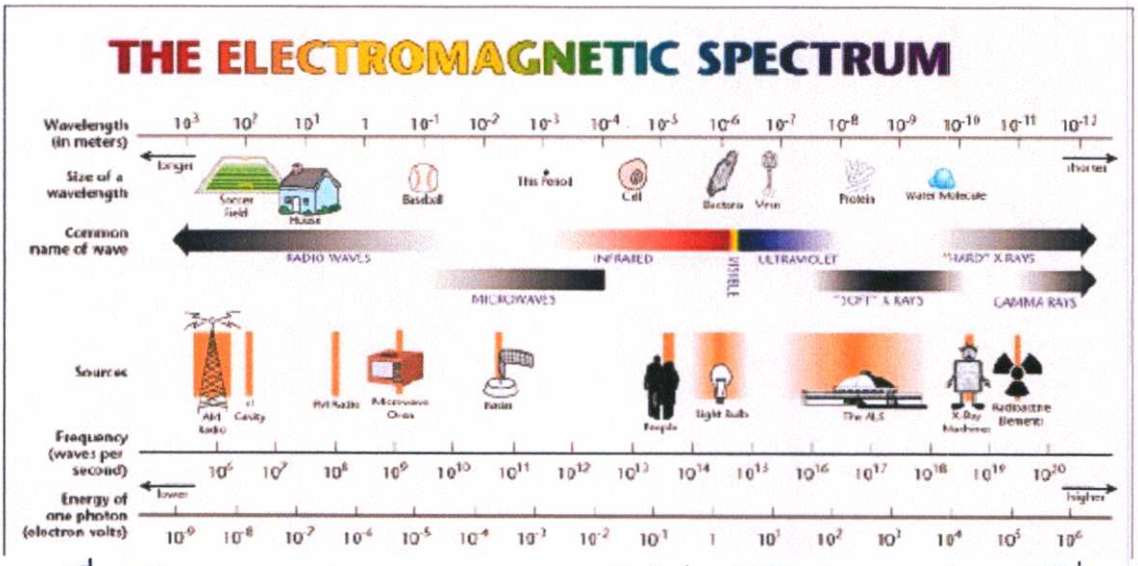
2.1.6 การตลาดขมิ้น

ตลาดขมิ้นในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ หัวแม่ หัวแม่พร้อมแง่ง (นิ้วมือ) และแตกหักขมิ้นที่จำหน่ายในประเทศไทยส่วนใหญ่จำหน่ายเป็นขมิ้นสดในลักษณะแง่งนิ้วมือ ราคาอยู่ในระหว่างกิโลกรัมละ 15-20 บาท โดยเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นจะจำหน่ายผลผลิตให้กับผู้รวบรวมท้องที่ซึ่งทำหน้าที่เป็นพ่อค้าคนกลางนำผลผลิตไปจำหน่ายให้กับผู้รวบรวมท้องถิ่นซึ่งจะจำหน่ายต่อไปยังผู้ค้าปลีกและผู้แปรรูปต่อไป เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการตลาดขมิ้นชันอย่างจริงจัง ข้อมูลเกี่ยวกับวิถีการตลาด การกำหนดราคาจำหน่าย และส่วนเหลื่อมการตลาดของขมิ้นชันจึงยังไม่มีความชัดเจน

ด้านการตลาดการค้าขมิ้นระหว่างประเทศ แบ่งขมิ้นออกเป็น 3 ชนิด คือ นิ้วมือ ทั้งเหง้าและแตกหัก สำหรับประเทศไทยปี 2532-2541 มีสถิติการส่งออก 24-80 ตันต่อปี มูลค่าการส่งออกประมาณ 2-4 ล้านบาท สถิติการส่งออกของประเทศต่าง ๆ มักจะรวมอยู่ในหมวดของเครื่องเทศ อื่น ๆ จึงทำให้ไม่ทราบปริมาณการส่งออกที่แน่ชัด ตลาดที่สำคัญของประเทศไทย ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และสหราชอาณาจักร ซึ่งมีการนำเข้ารวมกันประมาณปีละ 8,000-10,000 ตัน นอกจากนี้ประเทศในแถบตะวันออกกลาง เช่น ซาอุดิอาระเบีย และอิหร่าน ก็มีความต้องการมาก

เช่นเดียวกัน สำหรับขมิ้นที่ส่งออก ผู้ส่งออกจะทำความสะอาดหัวขมิ้นและคัดเลือกหัวที่เป็นโรคออก และอาจจะต้มหรือไม่ต้มก่อนก็ได้ ก่อนการส่งออกต้องผ่านการรมยาและขอใบรับรองการตรวจโรคจากงานตรวจพืชขาออก กรมวิชาการเกษตร ซึ่งแล้วแต่ความต้องการของประเทศปลายทาง นอกจากขมิ้นสดแล้วยังมีการส่งในรูปขมิ้นแห้งและขมิ้นผงด้วย ปริมาณการส่งออกไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับประมาณการผลิตและราคาส่งออกเป็นสำคัญ

2.2 พื้นฐานอินฟราเรดสเปคโตรสโคปี



รูปที่ 2.7 Electromagnetic spectrum แสดงความสัมพันธ์ของรังสีอินฟราเรดและช่วงของรังสีอื่น

อินฟราเรดสเปคโตรสโคปี ได้ถูกบันทึกไว้ตั้งแต่ระหว่าง ค.ศ. 1642-1727 โดยเริ่มจาก Sir Issac Newton ได้ทดลองให้แสงอาทิตย์ผ่านหน้าต่างมายังห้องมืด จากนั้น เขาได้ใช้แท่งปริซึมมากั้นให้แสงผ่าน ซึ่งพบว่าแสงขาวมีการหักเหให้แสงสีต่างๆกันหลายสี โดยสีม่วงมีการหักเหของแสงมากที่สุด และสีแดงมีการหักเหของแสงน้อยที่สุด ซึ่ง Newton เป็นคนแรกที่อธิบายเรื่องนี้ไว้ หลังจากนั้น Frederic William Herschel ได้อธิบายถึงแสงที่มองไม่เห็น (Invisible) ซึ่งอยู่หลังจากแสงสีแดงในช่วงการมองเห็น (Visible) การทดลองของเขาได้เอาเทอร์โมมิเตอร์มาวัดอุณหภูมิที่นอกช่วงแสงที่มองเห็นใกล้กับแสงสีแดงพบว่า อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งช่วงแสงนี้เองคือช่วงของ รังสีอินฟราเรด (Infrared(IR) region) และหลังจากนั้น ก็ได้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง

หากพิจารณาจาก Electromagnetic spectrum (รูปที่ 2.7) ย่านของรังสีอินฟราเรดอยู่ระหว่างย่านวิซิเบิล(Visible)และย่านไมโครเวฟ (Microwave) โดยแบ่งย่อยออกเป็น

ก. ย่านอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared region) 0.8 - 2.5 μm (12500 - 4000 cm-1)

ข. ย่านอินฟราเรด (Infrared region) 2.5 - 15 μm (4000 - 666 cm-1)

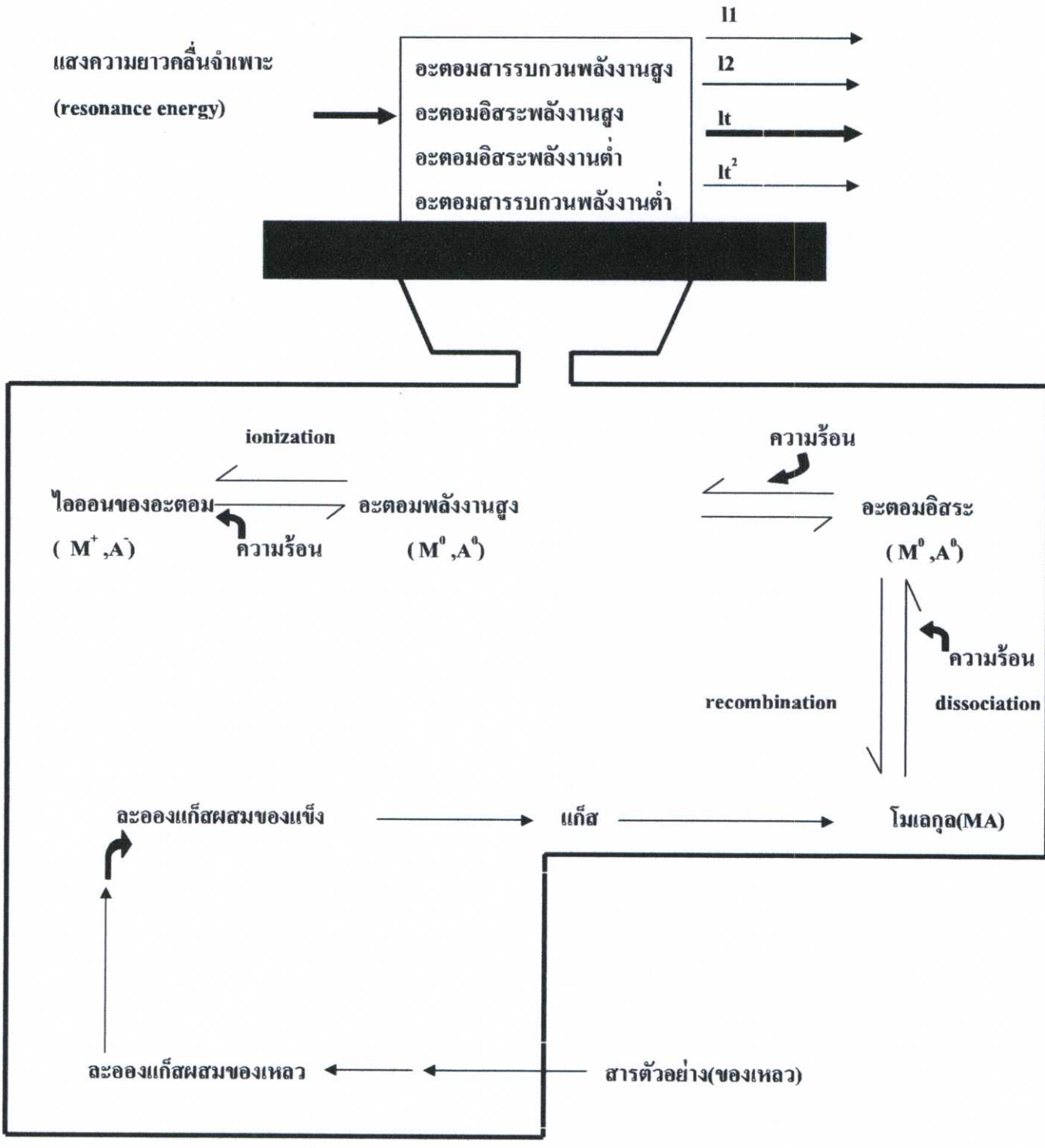
ค. ย่านอินฟราเรดไกล (Far Infrared region) 15 - 200 μm (666 - 50 cm-1)

รังสีอินฟราเรดในย่านความยาวคลื่น 4000 - 666 cm-1 (2.5 - 15 μm) เป็นย่านที่จะนำไปใช้ใน Infrared spectroscopy ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการหาหมู่ฟังก์ชั่นของสารอินทรีย์อันเป็นข้อมูลหนึ่งในการหาสูตรโครงสร้างของสาร เนื่องจากนักเคมีนิยมเรียกตำแหน่งที่เกิดจากการสั่นของพันธะ

เป็นจำนวนคลื่น (wave number, **V**) ซึ่งมีหน่วยเป็น cm-1 บางคนนิยมเรียกเป็นความยาวคลื่น (wavelength, **λ**) หน่วยเป็นไมโครเมตร (μm) ดังนั้น เพื่อความสะดวกในการเปลี่ยนจำนวนคลื่น (wave number) เป็น ความยาวคลื่น (wavelength) หรือกลับกัน จึงได้กำหนดสมการ

2.3 การวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม (ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETIC)

การจำแนก (identify) ธาตุชนิดต่าง ๆ โดยอาศัยการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นจำเพาะของอะตอมของธาตุแต่ละชนิดได้ถูกนำมาใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1955 แต่เริ่มใช้กันอย่างแพร่หลายมากใน ช่วงปี ค.ศ. 1963 -1965 เนื่องจากสามารถสร้างเครื่องมือวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม (atomic absorption spectrophotometer, AAS) ที่มีความถูกต้องและมีความแม่นยำสูงได้ อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์ธาตุที่มีปริมาณน้อย ๆ ได้ดี ในปัจจุบันเครื่องดังกล่าวได้ถูกพัฒนาจนสามารถวิเคราะห์ปริมาณธาตุได้ไม่น้อยกว่า 70 ชนิด ในสารตัวอย่างเกือบทุกชนิด ตัวอย่างธาตุเหล่านี้ได้แก่ Cu, Zn, Cd, Sb, Bi, Fe, Co,Mn, Ni, Ag, Au, Pb, Ca, Sn, As, Ge, Se, Te, Ru, Os, Ir, Al, Si, Be, Sr, Ba, P, S, silicon ฯลฯ. แต่เนื่องจากเครื่องมือดังกล่าวมีราคาสูงมากการใช้งานจึงยังไม่แพร่หลายในห้องปฏิบัติการทั่วไปเหมือนเครื่องมือวิทยาศาสตร์ชนิดอื่นๆ



รูปที่ 2.8 การดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของอะตอม

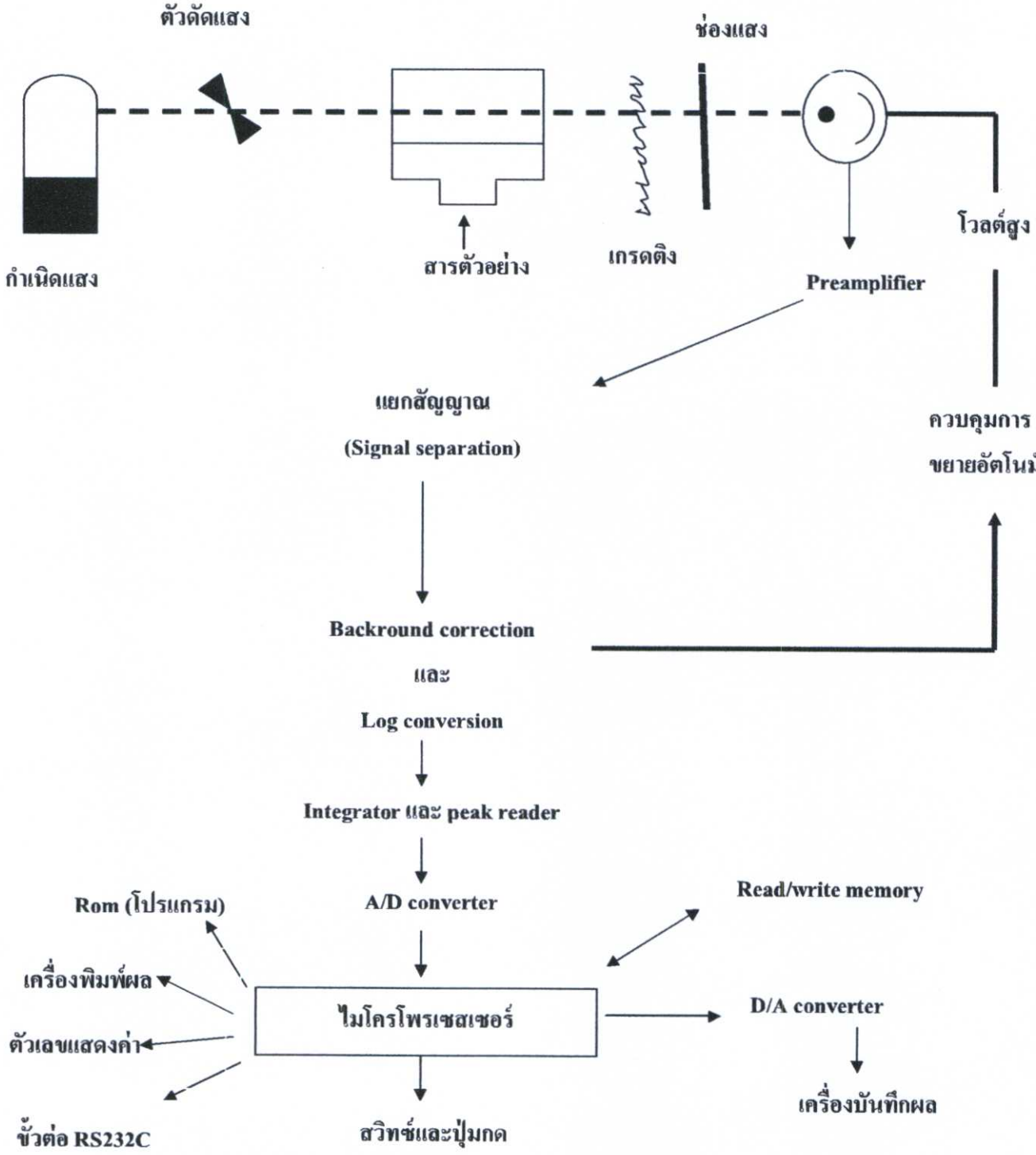
จากรูปที่ 2.8 แสดงให้เห็นว่าเมื่อสารตัวอย่างที่เป็นของเหลวถูกดูดเข้าสู่เปลวไฟ ความร้อนจะทำให้ละอองของแก๊สผสมของเหลว (gas-liquid aerosol) กลายเป็นละอองของแก๊สผสมของแข็ง (solid-gas aerosol) กลายเป็นแก๊ส และเกิดโมเลกุลของสารตัวอย่าง (MA) ตามลำดับ เมื่อโมเลกุลได้รับความร้อนที่เหมาะสม โมเลกุลจะแตกตัวเป็นอะตอมอิสระ M0 และ A0 ซึ่งในขั้นตอนนี้ถ้าปล่อยพลังงานแสง (resonance energy) จากแหล่งภายนอกที่มีความยาวคลื่นจำเพาะสำหรับอะตอมนั้น ๆ ผ่านกลุ่มอะตอมอิสระ พลังงานแสงนี้จะถูกดูดกลืนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนอะตอมอิสระดังสมการ

$$A = \log I0/It = knt$$

A = ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance)
k = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (absorption coefficient) ของอะตอมที่ความยาวคลื่นที่กำหนด
n = จำนวนอะตอมอิสระที่มีพลังงาน /มล.
T = ความกว้างของเปลวไฟที่แสงผ่าน (ซม.)

ดังนั้นเมื่อวัดความเข้มของแสงที่เหลือจากการดูดกลืนโดยอะตอม จึงสามารถหาความเข้มข้นของธาตุได้โดยวิธีการของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ($A = \varepsilon ct$) ในทางปฏิบัติอุณหภูมิของเปลวไฟที่สูงเกิน ทำให้อะตอมอิสระบางส่วนกลายเป็นอะตอมมีพลังงานสูง (M* และ A*) และแตกตัวเป็นไอออน (M+ และ A-) ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ นอกจากนี้ความผิดพลาดในการวิเคราะห์ยังมาจากแสง จากสีของเปลวไฟ (I1) แสงที่ปล่อยจากอะตอมของสารรบกวน (I2) แสงที่ปล่อยออกมาจากอะตอมอิสระพลังงานสูง (I3) ตลอดจนการดูดกลืนแสงจำเพาะโดยสารรบกวน (It') จึงต้องลดความผิดพลาดเหล่านี้โดยเทคนิคต่าง ๆ

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.9 แผนผังแสดงองค์ประกอบของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม

148262

องค์ประกอบและคุณสมบัติ

เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม มีองค์ประกอบหลักคล้ายกับเครื่องวัดการดูดกลืนแสงกล่าวคือ มีหลอดไฟกำเนิดแสง (light source) มีเปลวไฟซึ่งทำหน้าที่เหมือนคิวเวทท์ มีตัวแยกแสง (monochromator) มีภาคขยายสัญญาณและภาคแสดงผล แต่เพื่อให้การวัดปริมาณธาตุมีความถูกต้องสูงจึงจำเป็นต้องมีระบบไมโครโพรเซสเซอร์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการวิเคราะห์ตัวอย่าง เช่น ระบบควบคุมอัตราการขยายสัญญาณอัตโนมัติ (automatic gain control) ระบบแก้การรบกวนจากพื้นหลัง (background correction) และโปรแกรมคำนวณต่างๆ ฯลฯ เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของอะตอมโดยทั่วไป

2.4 ความสัมพันธ์ของค่าความเข้มของการดูดกลืนแสง

การคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของการดูดกลืนของคลื่นช่วง 1940, 1820 และ 2200 นาโนเมตร โดยคลื่นช่วง 1820 และ 2200 นาโนเมตรจะใช้เป็นคลื่นอ้างอิงเพราะเป็นคลื่นที่มีช่วงใกล้ 1940 นาโนเมตร ความสัมพันธ์ของค่าความเข้มในการดูดกลืนแสงแสดงดังสมการที่ 1 และค่าการดูดกลืนของแสงแสดงได้ดังตัวอย่างรูปที่ 2.10

$$Concentration\ of\ water = slope \times \left[\left(\frac{(K1 \times ref1) + (K2 \times ref2)}{meas} \right) \left(\frac{meas_p}{(K1 \times ref1_p) + (K2 \times ref2_p)} \right) \right] + zero \quad ...(1)$$

ซึ่ง $meas$ คือค่าความเข้มของการสะท้อนกลับของคลื่นในช่วงความยาวคลื่น 1940 นาโนเมตร ที่ส่องแสงผ่านตัวอย่าง

$meas_p$ คือค่าความเข้มของคลื่นในช่วงความยาวคลื่น 1940 นาโนเมตร ที่ส่องเข้าตัวรับ โดยตรง

$ref1$ คือค่าความเข้มของการสะท้อนกลับของคลื่นในช่วงความยาวคลื่น 1820 นาโนเมตร ที่ส่องผ่านตัวอย่าง

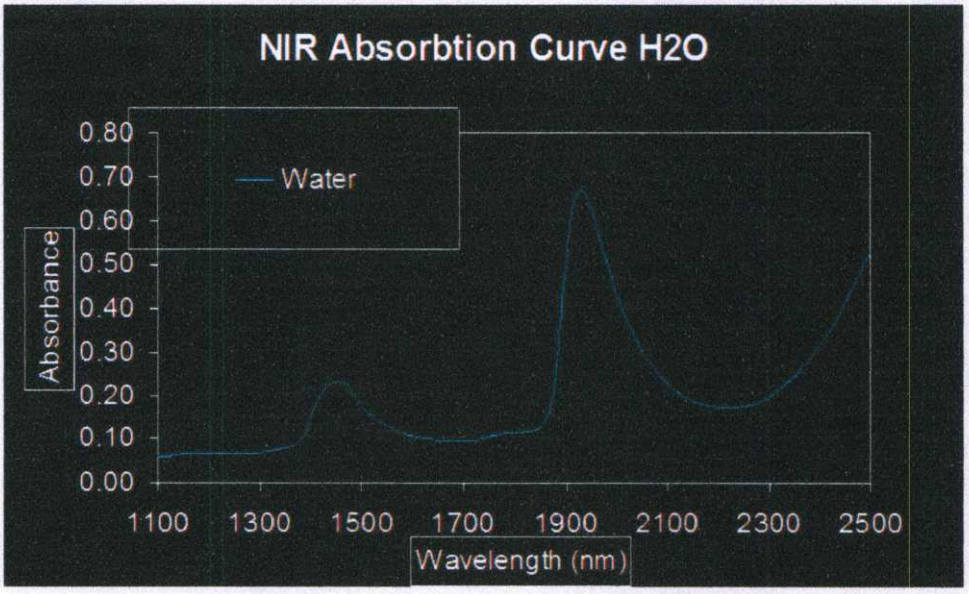
$ref1_p$ คือค่าความเข้มของคลื่นในช่วงความยาวคลื่น 1820 นาโนเมตร ที่ส่องเข้าตัวรับโดยตรง

$ref2$ คือค่าความเข้มของการสะท้อนกลับของคลื่นในช่วงความยาวคลื่น 2200 นาโนเมตร ที่ส่องผ่านตัวอย่าง

$ref2_p$ คือค่าความเข้มของคลื่นในช่วงความยาวคลื่น 2200 นาโนเมตร ที่ส่องเข้าตัวรับโดยตรง

K1 คือค่าคงที่ เท่ากับ 0.3

K2 คือค่าคงที่ เท่ากับ 0.7

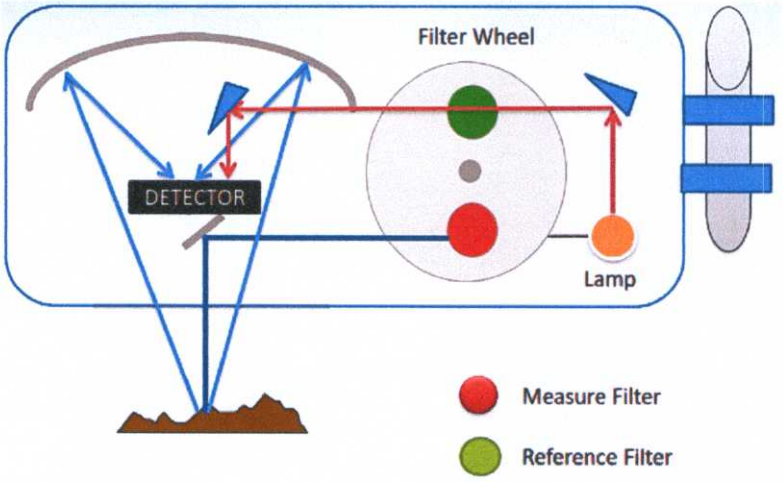


รูปที่ 2.10 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงใกล้อินฟราเรดของโมเลกุลน้ำ

2.5 เซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดสำหรับวัดค่าความชื้นรุ่น IR3000

โครงสร้างเซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดสำหรับวัดค่าความชื้นรุ่น IR3000 ประกอบไปด้วย แหล่งกำเนิดแสงใช้หลอดทังสเตนเพื่อใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง, โมโนโครเมเตอร์เพื่อแปลงคลื่นแสงวิซิเบิลให้เป็นคลื่นใกล้อินฟราเรดที่มีความยาวคลื่น 1820, 1940 และ 2200 นาโนเมตร, โฟโต้ไดโอดเบอร์ 402-14nep สำหรับรับแสงใกล้อินฟราเรดที่สะท้อนกลับ, วงจรขยายสัญญาณ, วงจรแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลและวงจรสื่อสารแบบ Ethernet TCP/IP

วัสดุภายนอกทำจากอลูมิเนียม มีมาตรฐานป้องกัน IP65, มอเตอร์มีความเร็วในการหมุน 1800 รอบต่อนาที นอกจากนี้การออกแบบของระบบส่องแสงถูกออกแบบมาให้สามารถวัดค่าความชื้นได้แบบ Real-time เนื่องจากมีแสงอ้างอิง (Prime beam) ที่เป็นย่านแสงอ้างอิงเข้าไปที่ตัวรับแสงพร้อมๆกับย่านแสงที่ใช้วัด ช่วยให้ลดค่าความไวของระยะทาง, มีความเสถียรมากขึ้น, มีความคลาดเคลื่อนน้อยลง และไม่เกิดความคลาดเคลื่อนของเวลาในขณะวัด



รูปที่ 2.11 โครงสร้างของเซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดรุ่น IR3000

รูปที่ 2.12 ตัวเครื่อง IR3000

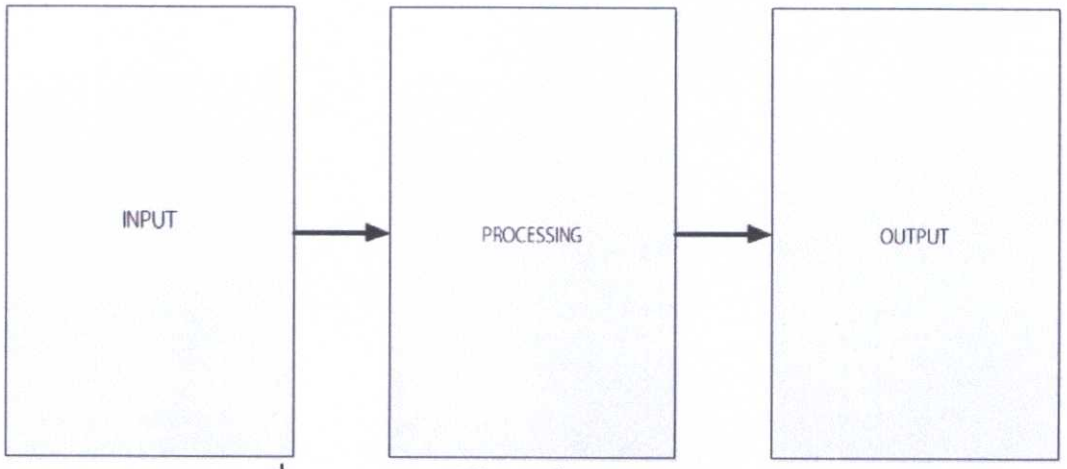
โมโนโครเมเตอร์จะประกอบไปด้วย 4 ช่องเปลี่ยนความยาวคลื่นดังนี้ ช่องที่หนึ่งสำหรับเปลี่ยนให้เป็นความยาวคลื่น 1940 นาโนเมตรซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่โมเลกุลน้ำเกิดการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นนี้, ช่องที่สองและสามสำหรับเปลี่ยนให้เป็นความยาวคลื่น 1820 และ 2200 นาโนเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่โมเลกุลน้ำไม่เกิดการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นนี้, ช่องที่สี่สำหรับเปลี่ยนเป็นความยาวคลื่นแสงที่มองเห็นได้ เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดขอบเขตของแสงที่วัด ในขณะที่มอเตอร์หมุนที่ความเร็ว 1800 รอบต่อนาที

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์ของการศึกษาในปัจจุบันคือ 1. เพื่อศึกษาเทคนิคคลื่นแสงใกล้อินฟราเรดมาใช้ในการตรวจสอบปริมาณน้ำในขมิ้นชันผง 2. เพื่อนำผลที่ได้จากการศึกษาเทคนิคคลื่นแสงใกล้อินฟราเรดไปใช้ในการทำนายการตรวจสอบปริมาณน้ำในขมิ้นชันผง 3. เพื่อเปรียบเทียบการวัดความชื้นระหว่างเทคนิคการสะท้อนคลื่นแสงใกล้อินฟราเรดกับเทคนิคการกลั่น 4. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเทคนิคคลื่นแสงใกล้อินฟราเรดที่นำมาใช้ตรวจสอบปริมาณน้ำของสมุนไพรชนิดที่มีน้ำมันหอมระเหยต่อไปในอนาคต

3.1 การออกแบบ

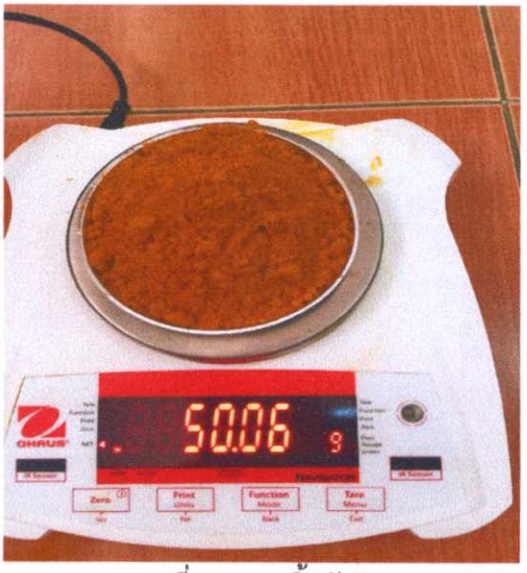
3.1.1 การออกแบบการวิจัย



รูปที่ 3.1 แสดงแผนผังโครงสร้างงานวิจัย

การออกแบบโครงสร้างโดยภาพรวมของงานวิจัยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย 1.Input คือ ผงขมิ้น 2.Processing คือ เซ็นเซอร์ตรวจจับชนิดอินฟราเรด 3.Output คือ การแสดงผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์

3.1.2 ตัวอย่างผงขมิ้นชัน



รูปที่ **3.2** ผงขมิ้นชัน

ผงขมิ้นชันสามตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองถูกซื้อมาจากร้านขายสมุนไพรในประเทศไทยซึ่งเป็นขมิ้นชันผงที่มีลักษณะโดยทั่วไปขนาด 6 เมช (Mesh), มีลักษณะของสีเหมือนกัน สามารถนำขมิ้นชันผงมาวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังตารางที่ 3.1

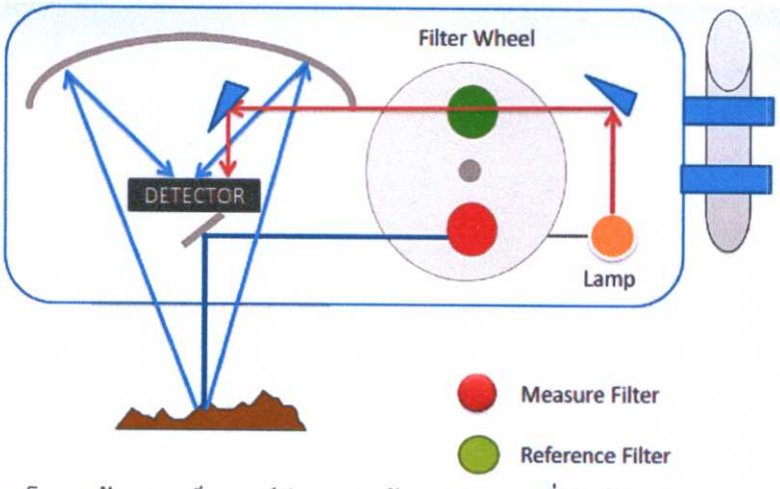
ตารางที่ 3.1 ลักษณะของขมิ้นชันผงทั้งหมด

Sample set	Sample no.	Condition		
		Temperature of Sample (°C)	Bulk Density (g/cm³)	Size (Mesh)
Calibration	Powder 1	32.0	0.364	6
	Powder 2	32.0	0.364	6
	Powder 3	31.5	0.364	6
Validation	Powder 4	31.5	0.364	6
	Powder 5	31.0	0.364	6
	Powder 6	29.0	0.364	6
	Powder 7	29.0	0.364	6
	Powder 8	32.0	0.364	6

3.1.3 เซ็นเซอร์อินฟราเรด

โครงสร้างเซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดสำหรับวัดค่าความชื้นรุ่น IR3000 ประกอบไปด้วย แหล่งกำเนิดแสงใช้หลอดทังสเตนเพื่อใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง, โมโนโครเมเตอร์เพื่อแปลงคลื่นแสงวิซิเบิลให้เป็นคลื่นใกล้อินฟราเรดที่มีความยาวคลื่น 1820, 1940 และ 2200 นาโนเมตร, โฟโต้ไดโอดเบอร์ 402-14nep สำหรับรับแสงใกล้อินฟราเรดที่สะท้อนกลับ, วงจรขยายสัญญาณ, วงจรแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลและวงจรสื่อสารแบบ Ethernet TCP/IP

วัสดุภายนอกทำจากอลูมิเนียม มีมาตรฐานป้องกัน IP65, มอเตอร์มีความเร็วในการหมุน 1800 รอบต่อนาที นอกจากนี้การออกแบบของระบบส่องแสงถูกออกแบบมาให้สามารถวัดค่าความชื้นได้แบบ Real-time เนื่องจากมีแสงอ้างอิง (Prime beam) ที่เป็นย่านแสงอ้างอิงเข้าไปที่ตัวรับแสงพร้อมๆกับย่านแสงที่ใช้วัด ช่วยให้ลดค่าความไวของระยะทาง, มีความเสถียรมากขึ้น, มีความคลาดเคลื่อนน้อยลง และไม่เกิดความคลาดเคลื่อนของเวลาในขณะวัด



รูปที่ **3.3** โครงสร้างของเซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดรุ่น IR3000

รูปที่ 3.4 ตัวเครื่อง IR3000

โมโนโครเมเตอร์จะประกอบไปด้วย 4 ช่องเปลี่ยนความยาวคลื่นดังนี้ ช่องที่หนึ่งสำหรับเปลี่ยนให้เป็นความยาวคลื่น 1940 นาโนเมตรซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่โมเลกุลน้ำเกิดการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นนี้, ช่องที่สองและสามสำหรับเปลี่ยนให้เป็นความยาวคลื่น 1820 และ 2200 นาโนเมตร

ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่โมเลกุลน้ำไม่เกิดการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นนี้, ช่องที่สี่สำหรับเปลี่ยนเป็นความยาวคลื่นแสงที่มองเห็นได้ เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดขอบเขตของแสงที่วัด ในขณะที่มอเตอร์หมุนที่ความเร็ว 1800 รอบต่อนาที

1.คุณสมบัติทั่วไป

- วัดได้หลายพารามิเตอร์ ได้แก่ ความชื้น, ไขมัน, สารเคลือบ, โปรตีน
- ย่านความชื้น 0 - 100 % ความชื้น
- ความแม่นยำ +-0.01%ความชื้น
- ความทำซ้ำ +- 0.01 % ความชื้น
- ระยะส่องแสงจากเซ็นเซอร์ 10 ถึง 40 เซนติเมตร
- ขนาดขอบเขตแสงที่ส่อง 1.5 นิ้ว
- สร้างสมการได้ถึง 50 สมการ (50 ตัวอย่าง)
- น้ำหนัก 7 กิโลกรัม
- วัสดุตัวเครื่อง อลูมิเนียม และสแตนเลสสำหรับงาน food
- มาตรฐานป้องกันน้ำและฝุ่น IP65
- ขนาดเครื่อง 31*18*16 cm
- ใช้ไฟ 80 - 260 VAC
- อุณหภูมิบรรยากาศที่สามารถใช้งาน 55 องศาเซลเซียส แต่ถ้าเกินสามารถติด cooling จะทนได้ถึง 85 องศาเซลเซียส
- มีช่อง output เป็น 4-20mA 3 ช่อง, มีช่องสื่อสาร RS232/422/485 หนึ่งช่อง, มีช่อง LAN (Ethernet)

2.คุณสมบัติเฉพาะ

2.1 PRIME BEAM คือแสงช่วงความยาวที่ใช้อ้างอิง ที่โมเลกุลน้ำไม่เกิดการดูดซับ เข้าไปที่เซ็นเซอร์ พร้อมกับแสงช่วงความยาวที่ใช้วัด ประโยชน์คือ ช่วยลดค่าความไวของ ระยะการวัด, ช่วยให้มีความเสถียรของสัญญาณการวัดมากขึ้น, ช่วยให้มีความแม่นยำมากขึ้น, ทำให้ไม่เกิดความคลาดเคลื่อนของเวลาขณะวัด

2.2 FILTER WHEEL คือตัวแปลงคลื่นให้เป็นคลื่นความยาว NIR ทำให้สามารถถอดเปลี่ยนได้หากจะใช้วัดพารามิเตอร์อื่น เช่น ไขมัน โปรตีน และความชื้น

3.การนำไปประยุกต์ใช้งาน

3.1 ใช้วัดความชื้นได้หลากหลาย application เช่นสายพาน, ในท่อ, ในห้องทดลองมาตรฐาน

3.2 สามารถนำสัญญาณการวัดค่าความชื้นที่ได้ไปควบคุมดูแลและส่งสัญญาณเข้าระบบควบคุมเพื่อไปควบคุมระบบการผลิตได้ เช่น อบแป้งทำเส้นหมี่ด้วยไอน้ำ ถ้าความชื้นมากจะทำให้เส้นหมี่เสียรูป ดังนั้นเลยใช้ IR3000 วัดความชื้นแล้วส่งสัญญาณไปที่ PLC แล้ว PLC ก็ส่งสัญญาณไปควบคุมวาล์วไอน้ำลดลงเมื่อความชื้นมีค่ามาก เป็นต้น

3.3 ใช้งานได้หลากหลายผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ใบยาสูบ, อาหารอบกรอบ, แผ่นไม้, นมผง, น้ำตาล, ผงซักฟอก, คุกกี้, ชีเรี่ยว, ไม้สับ, ผงกาแฟ, เศษไม้, ถ่านหิน, แร่

3.1.4 โปรแกรมสำเร็จรูปของเซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรด

โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้วัดควบคุมเซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดมีชื่อว่า "Moist Tech IR Gauge Configuration" เวอร์ชัน 3.027 ส่วนเซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดมีเฟิร์มแวร์เวอร์ชั่น 3.23 โปรแกรมนี้จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทางการสื่อสารอีเธอร์เน็ตเอาท์พุท (Ethernet output) ซึ่งทำให้สะดวกต่อการควบคุมได้ทั้งแบบจุดต่อจุดและแบบโลคอลเน็ตเวิร์ค (local network) ในงานวิจัยชิ้นนี้จะใช้การเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุดโดยใช้ช่องแลนที่ด้านหลังเครื่องมาต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยกำหนด IP ดังรูปที่ 3.5

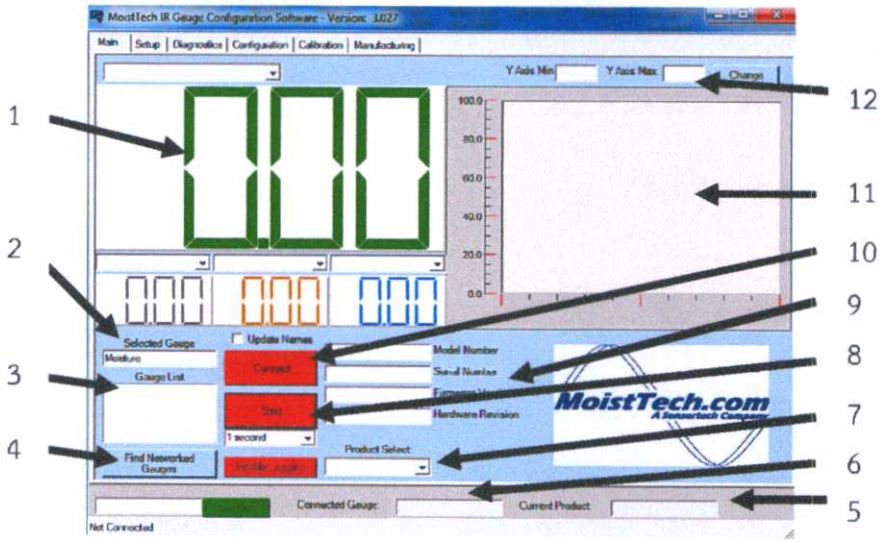
	Host PC	Gauge
IP Address	192.168.0.200	192.168.0.100
Subnet Mask	255.255.255.0	255.255.255.0
Default Gateway	192.168.0.1	192.168.0.1
DNS Server	192.168.0.1	192.168.0.1

รูปที่ 3.5 IP สำหรับเชื่อมต่อเซ็นเซอร์

รูปที่ 3.6 โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้วัดควบคุมเซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรด

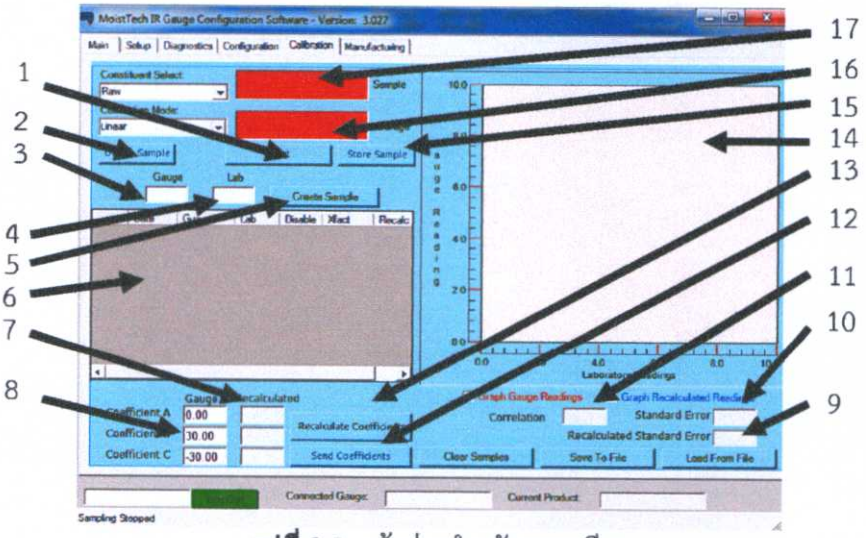
3.1.5 หน้าต่างการทำงานของโปรแกรมสำเร็จรูป

โปรแกรมสำเร็จรูปนี้เราจะใช้งานฟังก์ชั้นหน้าต่างหลักๆมี 3 หน้าต่างคือ หน้าต่างหลัก หน้าต่างแสดงความสมการความสัมพันธ์ของเซ็นเซอร์และหน้าต่างสำหรับสอบเทียบ ดังรูปที่ 3.7 หน้าต่างหลักประกอบไปด้วย 1. ช่องแสดงผลค่าความชื้น 2. ชื่อเซ็นเซอร์ที่จะทำการเชื่อมต่อ 3. ชื่อเซ็นเซอร์ที่ค้นหาเจอ 4. ปุ่มกดค้นหาเซ็นเซอร์ 5. ช่องสูตรที่ใช้วัด 6. ชื่อเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่ออยู่ 7. ช่องเลือกสูตรที่ใช้วัด 8. ปุ่มกดเริ่มวัด 9. รายละเอียดของเซ็นเซอร์ 10. ปุ่มกดเพื่อเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ 11. กราฟแสดงผลตามช่องแสดงผลค่าความชื้นเทียบหน่วยเวลา 12. ขอบเขตการแสดงผลแกน Y



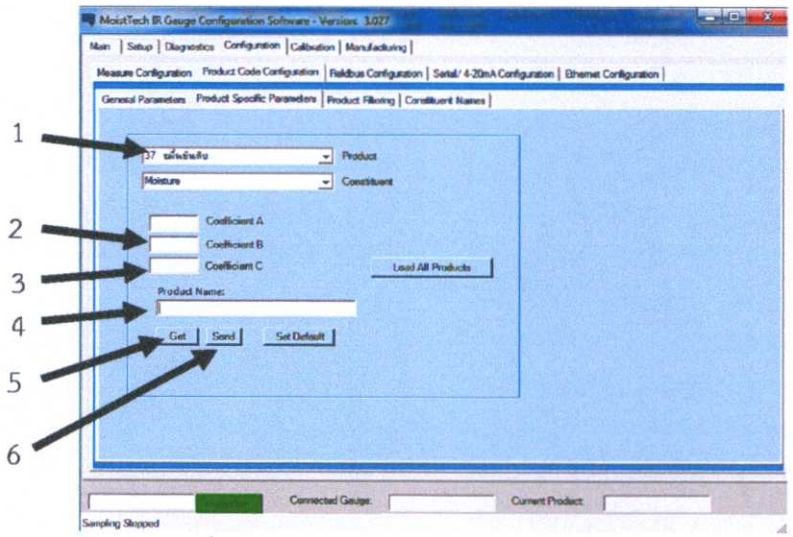
รูปที่ 3.7 หน้าต่างหลักของโปรแกรมสำเร็จรูป

หน้าต่างสำหรับสอบเทียบดังรูปที่ 3.8 ประกอบไปด้วย 1. ปุ่มกดเพื่อเริ่ม-หยุดวัดค่าการดูดกลืนแสง 2. ปุ่มกดเพื่อลบค่าที่บันทึกไว้ในตาราง 3. ช่องใส่ค่าการดูดกลืนแสง 4. ช่องใส่ค่าความชื้นที่ได้จากวิธีวัดทางตรง 5. ปุ่มกดเพื่อบันทึกค่าจากการพิมพ์ข้อมูลลงในช่อง “Gauge” และ “Lab” ลงในตาราง 6. ตารางค่าการดูดกลืนแสงและค่าความชื้น 7. ช่องแสดงสมการความสัมพันธ์ที่คำนวณได้ 8. ช่องแสดงค่าสหสัมพันธ์ของเซ็นเซอร์ ณ ปัจจุบัน 9. ช่องแสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยที่ทำนายได้หลังบันทึกค่าลงในเซ็นเซอร์ 10. ช่องแสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยที่คำนวณได้ก่อนบันทึกค่าลงในเซ็นเซอร์ 11. ช่องแสดงสมการความสหสัมพันธ์ของกราฟ 12. ปุ่มกดเพื่อใส่สมการความสัมพันธ์ที่ได้ลงในเซ็นเซอร์ 13. ปุ่มกดเพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ 14. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและค่าความชื้นของวิธีวัดทางตรงที่ได้ 15. ปุ่มกดเพื่อบันทึกค่าที่จากช่องแสดงค่าเฉลี่ยค่าการดูดกลืนแสง 16. ช่องแสดงค่าเฉลี่ยค่าการดูดกลืนแสง 17. ช่องแสดงค่าการดูดกลืนแสง



รูปที่ 3.8 หน้าต่างสำหรับสอบเทียบ

หน้าต่างแสดงสมการความสัมพันธ์ของเซ็นเซอร์ดังรูปที่ 3.9 ประกอบด้วย 1. ช่องเลือกสูตรที่ใช้วัด 2. ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการถดถอยหรือค่าความชันของสมการเส้นตรง 3. ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการถดถอยหรือค่าออฟเซ็ทของสมการเส้นตรง 4. ช่องสำหรับเปลี่ยนชื่อให้สูตรที่เลือกใช้ 5. ปุ่มกดดึงข้อมูลที่ตั้งค่าไว้ 6. ปุ่มบันทึกข้อมูลการตั้งค่าใหม่



รูปที่ 3.9 หน้าต่างแสดงสมการความสัมพันธ์ของเซ็นเซอร์

3.2 การจัดเตรียมการทดลอง (Experiment Setup)

ก่อนทำการทดลองจะแบ่งตัวอย่างขมิ้นชันผงออกเป็นแปดกลุ่มอย่างละเท่าๆกันเท่ากับ 120 กรัมต่อหนึ่งกลุ่มเพื่อทำความชื้นในแต่ละกลุ่มให้แตกต่างกัน โดยตัวอย่างกลุ่มที่หนึ่งถึงสามทำให้มีค่าความชื้นเท่ากับ 3.20, 6.60, 8.72 เปอร์เซ็นความชื้น ตามลำดับและตัวอย่างกลุ่มที่สี่ถึงแปดทำให้มีค่าความชื้นเท่ากับ 1.15, 3.50, 5.20, 7.15, 8.72 เปอร์เซ็นความชื้น ตามลำดับ

นำตัวอย่างกลุ่มหนึ่งถึงสามไปสอบเทียบหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดและค่าความชื้นจากวิธีเทคนิคการกลั่น จากนั้นนำสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและค่าความชื้นที่ได้ไปใส่ให้กับเซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรด เพื่อให้เซ็นเซอร์วัดการสะท้อนกลับของคลื่นใกล้อินฟราเรดที่เป็นวิธีการวัดทางอ้อมสามารถบอกค่าความชื้นได้โดยอาศัยสมการความสัมพันธ์ที่ได้

รูปที่ 3.10 อบขมิ้นชันผงที่ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.2.1 การเตรียมตัวอย่าง

วิธีทำความชื้นให้กับกลุ่มตัวอย่างที่หนึ่งถึงแปด

1. ตัวอย่างกลุ่มที่หนึ่งนำไปอบด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปเข้าโถดูดความชื้นเพื่อไม่ให้ความชื้นถูกดูดกลับเข้าไปที่ตัวอย่าง
2. ตัวอย่างกลุ่มที่สองนำไปอบด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปเข้าโถดูดความชื้นเพื่อไม่ให้ความชื้นถูกดูดกลับเข้าไปที่ตัวอย่าง
3. ตัวอย่างกลุ่มที่สามใส่ถุงซิป ซิปปากถุงไว้
4. ตัวอย่างกลุ่มที่สี่นำไปอบด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปเข้าโถดูดความชื้นเพื่อไม่ให้ความชื้นถูกดูดกลับเข้าไปที่ตัวอย่าง
5. ตัวอย่างกลุ่มที่ห้านำไปอบด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที หลังจากนั้นนำไปเข้าโถดูดความชื้นเพื่อไม่ให้ความชื้นถูกดูดกลับเข้าไปที่ตัวอย่าง
6. ตัวอย่างกลุ่มที่หกนำไปอบด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 15 นาที หลังจากนั้นนำไปเข้าโถดูดความชื้นเพื่อไม่ให้ความชื้นถูกดูดกลับเข้าไปที่ตัวอย่าง
7. ตัวอย่างกลุ่มที่เจ็ดนำไปอบด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปเข้าโถดูดความชื้นเพื่อไม่ให้ความชื้นถูกดูดกลับเข้าไปที่ตัวอย่าง
8. ตัวอย่างกลุ่มที่แปดใส่ถุงซิป ซิปปากถุงไว้

3.2.2 การทดลอง

วิธีการดำเนินการทดลอง

1. นำขมิ้นชันผงตัวอย่างที่หนึ่งไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง IR3000 แล้วบันทึกผลสามครั้ง

2. นำขมิ้นชันผงตัวอย่างที่หนึ่งไปวัดค่าความชื้นด้วยวิธีการกลั่น หนึ่งตัวอย่างทำซ้ำสองครั้ง บันทึกผลการทดลอง

3. ทำซ้ำตามขั้นตอน 1 และ 2 ใหม่แต่เปลี่ยนเป็นขมิ้นชันผงตัวอย่างที่สองและสามตามลำดับ

4. วิเคราะห์ข้อมูลจากค่าการดูดกลืนแสงของเครื่อง IR3000 กับค่าความชื้นของขมิ้นชันผงที่ได้จากการกลั่นตัวอย่างที่หนึ่งถึงสาม

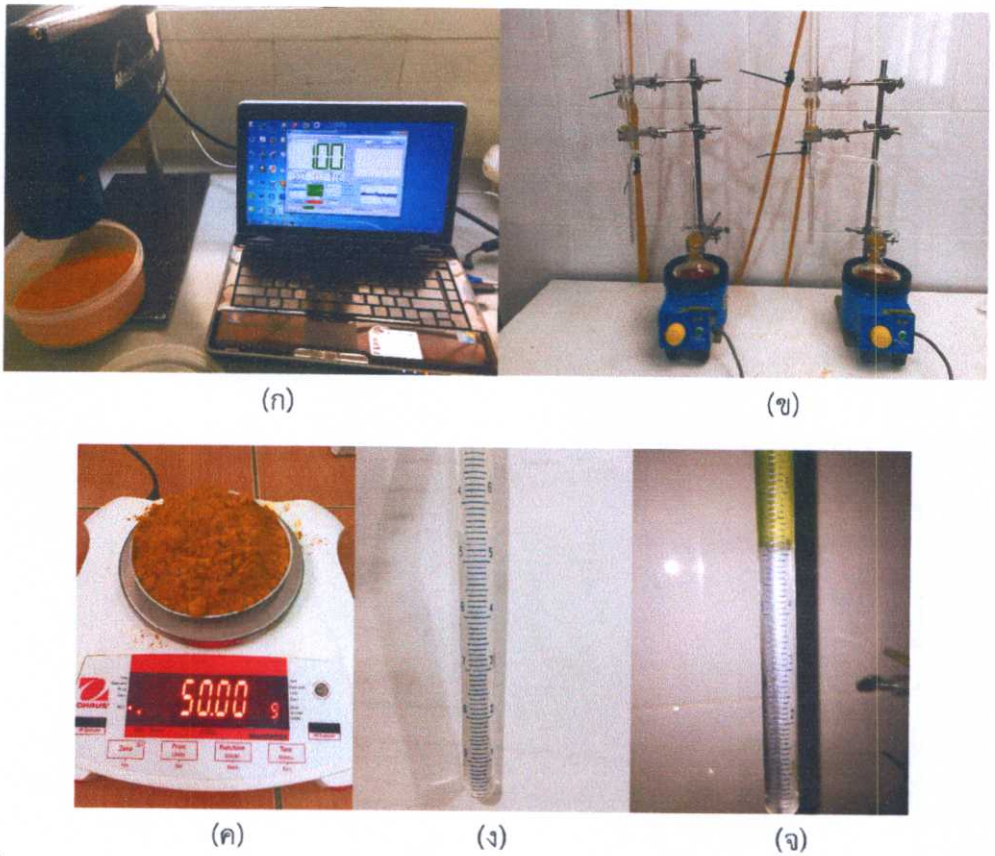
5. ป้อนข้อมูลเพื่อสร้างเส้นสอบเทียบที่เครื่อง IR3000

6. นำผงขมิ้นชันตัวอย่างที่สี่ไปวัดค่าความชื้นด้วยเครื่อง IR3000 ที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว บันทึกผลสามครั้ง

7. นำขมิ้นชันผงตัวอย่างที่สี่ไปวัดค่าความชื้นด้วยวิธีการกลั่น หนึ่งตัวอย่างทำซ้ำสองครั้ง บันทึกผลการทดลอง

8. ทำซ้ำตามขั้นตอน 7 และ 8 ใหม่แต่เปลี่ยนเป็นขมิ้นชันผงตัวอย่างที่ห้าและแปดตามลำดับ

ขั้นตอนการทดลองดังรูปที่ 3.9 (ก) – (จ)



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ)

รูปที่ 3.11 (ก) วัดค่าการดูดกลืนแสงของขมิ้นชันผงด้วยเครื่อง IR3000, (ข) วัดค่าความชื้นขมิ้นชันผงด้วยวิธีการกลั่น, (ค) ชั่งขมิ้นชันผงก่อนนำไปกลั่น, (ง) น้ำที่ได้จากการกลั่นครั้งแรก, (จ) น้ำที่ได้จากการกลั่นขมิ้นชันผง

บทที่ 4

ผลการจำลองการทำงานและผลการทดลอง

4.1 รูปแบบสำหรับใช้วัดค่าความชื้นจากพื้นผิวขมิ้นชันผง

สมการที่ใช้ในการสอบเทียบจะใช้การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นบนผิวขมิ้นชันผงกับค่าการดูดกลืนแสงของขมิ้นชันผง ข้อมูลประกอบไปด้วยค่าความชื้นที่ระดับต่างๆ และข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็นสองชุด ชุดที่หนึ่งสำหรับการสอบเทียบและชุดที่สองสำหรับการทดลองวัดจริง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ได้จากการสอบเทียบ, การทำนายและการวัดจริง

Sample set	Sample no.	IR3000			Azeotropic
		value1	value2	value3	value
Calibration	Point 1-1	0.81	0.81	0.81	3.04
	Point 1-2	0.81	0.81	0.81	3.36
	Point 2-1	0.99	0.99	0.99	6.40
	Point 2-2	0.98	0.98	0.98	6.80
	Point 3-1	1.06	1.06	1.07	8.70
	Point 3-2	1.06	1.07	1.07	8.74
Predict	Point 1-1	3.12	3.12	3.12	3.04
	Point 1-2	3.12	3.12	3.12	3.36
	Point 2-1	6.95	6.95	6.95	6.40
	Point 2-2	6.74	6.74	6.74	6.80
	Point 3-1	8.44	8.44	8.66	8.70
	Point 3-2	8.44	8.66	8.66	8.74

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Sample set	Sample no.	IR3000			Azeotropic
		value1	value2	value3	value
Validation	Point 1-1	0.98	0.96	0.94	1.10
	Point 1-2	1.20	1.27	1.24	1.20
	Point 2-1	3.45	3.48	3.46	3.50
	Point 2-2	3.46	3.46	3.45	3.40
	Point 3-1	5.27	5.37	5.34	5.20
	Point 3-2	5.40	5.35	5.33	5.40
	Point 4-1	7.16	7.17	7.14	7.40
	Point 4-2	7.14	7.17	7.16	6.90
	Point 5-1	8.37	8.37	8.42	8.30
	Point 5-2	8.40	8.36	8.41	8.40

ข้อมูลที่ใช้ในการสอบเทียบถูกเลือกโดยวิธีการสุ่มข้อมูลออกมาจากค่าความชื้นของขมิ้นชันผงที่ระดับต่างๆเพื่อสร้างสมการสอบเทียบ จากนั้นจะใช้การวัดจริงมาพิสูจน์สมการที่ได้จากการสอบเทียบการวัดค่าความชื้นให้วัดแบบครอบคลุมย่านความชื้นของขมิ้นชันผงตั้งแต่แห้งไปจนถึงชื้น สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นของขมิ้นชันผงและค่าสมการความสัมพันธ์ของค่าความเข้มในการดูดกลืนแสง

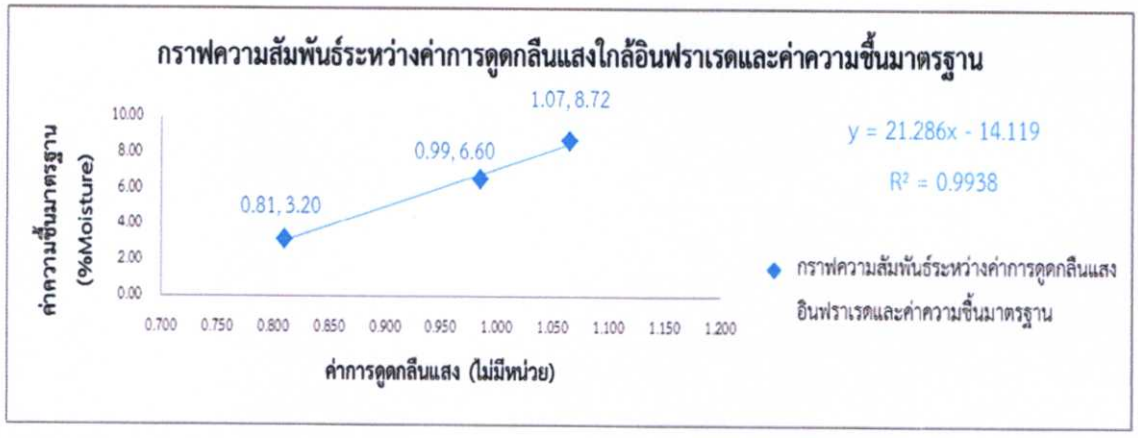
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นของผงขมิ้นชันและค่าความเข้มของการดูดกลืนแสง

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงค่าความสหสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระหว่างค่าความชื้นและค่าความเข้มของการดูดกลืนแสงของผงขมิ้นชัน ซึ่งผลของความสัมพันธ์ที่ได้ของผงขมิ้นชันจะได้ ค่า R^2 = 0.9938 รูปแบบสมการได้จากการสอบเทียบและนำมาพิจารณาค่าสหสัมพันธ์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานได้ดังตารางที่ 4.2 เมื่อค่าความชื้นเพิ่มขึ้นจะพบว่าค่าความเข้มของการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน สมการการทำนายค่าความชื้นที่เป็นเชิงเส้นที่ได้จากตัวอย่างของผงขมิ้นชันจะได้ดังสมการที่ 2

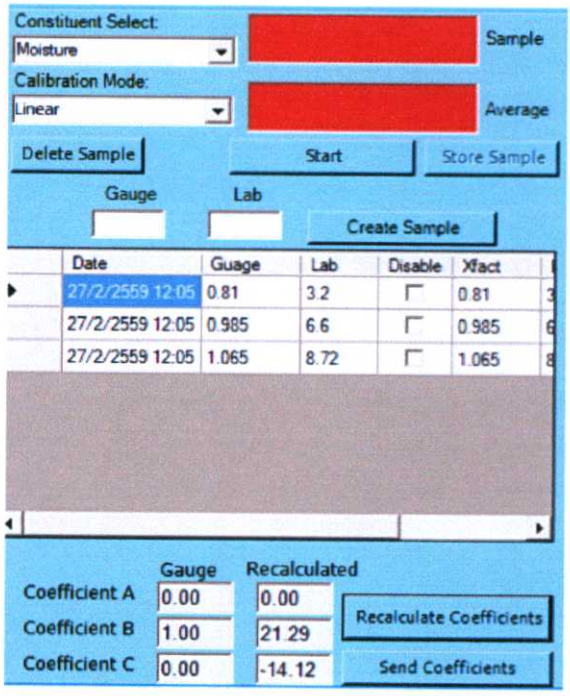
$$\theta = (21.29 \times R) - 14.12 \qquad \text{....(2)}$$

ซึ่ง θ คือค่าความชื้นของขมิ้นชันผง มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้น

R คือค่าความสัมพันธ์ของค่าความเข้มของการดูดกลืนแสง ไม่มีหน่วย



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของการดูดกลืนแสงกับค่าความชื้นของขมิ้นชันผง

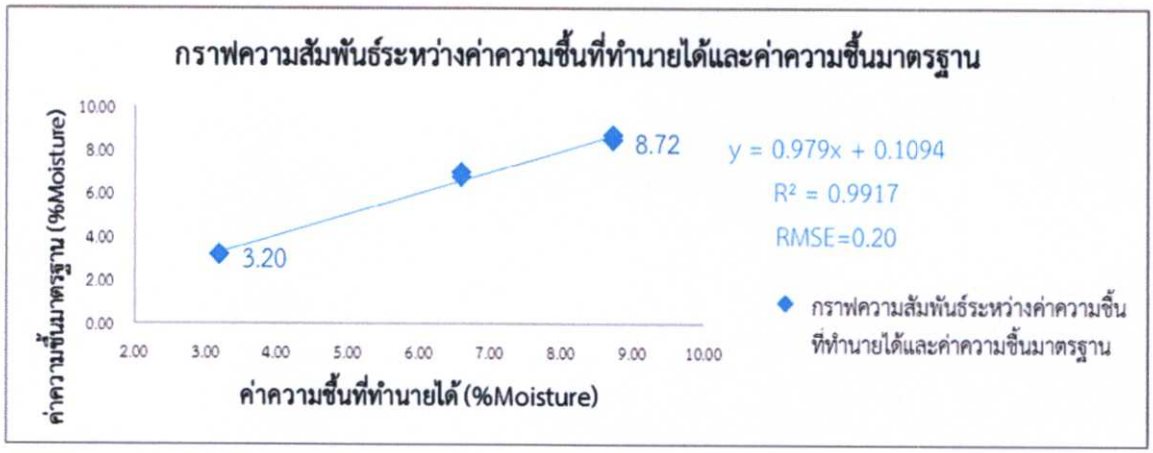


รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยในการสอบเทียบสมการเชิงเส้น $\theta = aR + b$ ของขมิ้นชันผง

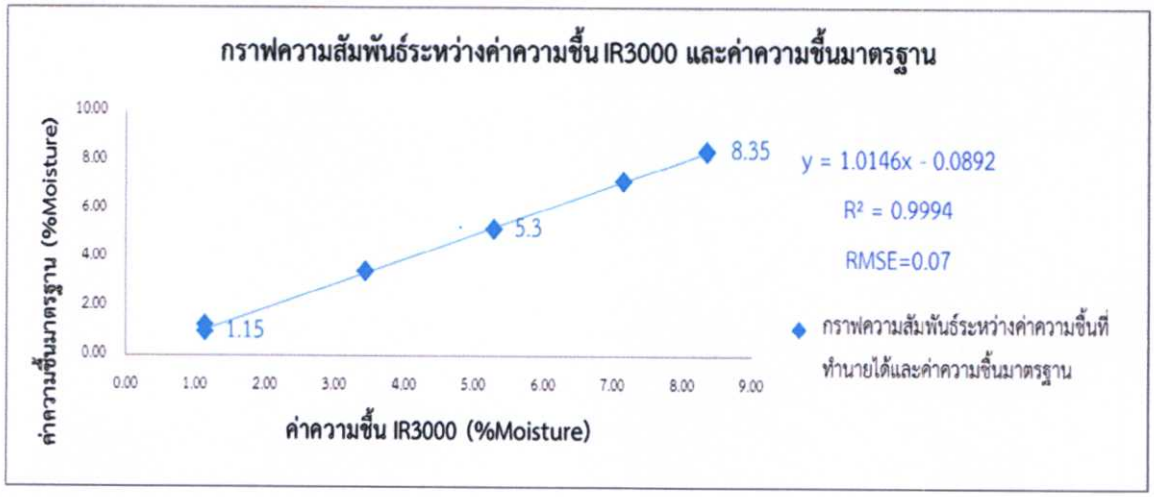
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของเครื่อง IR3000 และเทคนิคการกลั่น

Sample set	Sample no.	IR3000		Azeotropic	
		RMSE	AVG	SD	AVG
Predict	Point 1-1	0.00	3.12	2.28	3.20
	Point 1-2				
	Point 2-1	0.11	6.85		6.60
	Point 2-2				
	Point 3-1	0.11	8.55		8.72
	Point 3-2				
Validation	Point 1-1	0.14	1.10	2.57	1.15
	Point 1-2				
	Point 2-1	0.01	3.46		3.45
	Point 2-2				
	Point 3-1	0.05	5.34		5.30
	Point 3-2				
	Point 4-1	0.01	7.16		7.15
	Point 4-2				
	Point 5-1	0.02	8.39		8.35
	Point 5-2				

ตัวแปรที่มีผลต่อการสะท้อนของขมิ้นชันผงดังนี้ เนื้อขมิ้นชันผง, ผิวขมิ้นชันผงที่ขรุขระและค่าความชื้น ดังนั้นขมิ้นชันผงควรจะมีการสอบเทียบเฉพาะซึ่งจะทำให้ได้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำและค่าสหสัมพันธ์ที่สูง ผลลัพธ์ของขมิ้นชันผงเป็นดังนี้ ขมิ้นชันผงมีค่า R^2 = 0.9917 และขมิ้นชันผงมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้น ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นที่ทำนายได้และค่าความชื้นมาตรฐาน



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้น IR3000 และค่าความชื้นมาตรฐาน

บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

เทคนิคการสะท้อนคลื่นใกล้อินฟราเรดที่ใช้วัดค่าความชื้นของขมิ้นชันผงประกอบด้วยเซ็นเซอร์เชิงแสงถูกออกแบบและใช้ในการวัดค่าการสะท้อนของคลื่นใกล้อินฟราเรดจากผิวขมิ้นชันผง ขมิ้นชันผงถูกเก็บค่าและทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นของขมิ้นชันผงและค่าความเข้มในการดูดกลืนแสง ค่าความชื้นมีความสอดคล้องกับค่าความเข้มในการดูดกลืนแสงโดยค่าสหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.9938 นั้นแสดงให้เห็นว่าค่าการดูดกลืนแสงของเครื่อง IR3000 ขึ้นกับค่าความชื้นที่วัดได้อยู่ที่ 99.38 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นอีก 0.62 เปอร์เซ็นต์ขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ ผลของการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการวัดค่าความชื้นของผิวขมิ้นชันผงด้วยการสะท้อนกลับของคลื่นจากผิวขมิ้นชันผงโดยใช้หลอดไฟทังสเตนฮาโลเจนเป็นแหล่งจ่ายแสงผ่านโมโนโครเมเตอร์ที่ความยาวคลื่น 1820, 1940 และ 2200 นาโนเมตร และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานจากการทำนายอยู่ที่ 0.2 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดจริงอยู่ที่ 0.09 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่ทำนายไว้ อย่างไรก็ตามผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการสะท้อนของคลื่นสำหรับการวัดความชื้นของขมิ้นชันผงที่ระดับความชื้นต่างๆจะได้ค่าเฉลี่ยในการวัดจริงของทั้งห้าความชื้นและมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในแต่ละระดับดังนี้ (1.10, 0.14), (3.46, 0.01), (5.34, 0.05), (7.16, 0.01), (8.39, 0.02) ตามลำดับซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระดับความชื้น 1.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นจะมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมากที่สุด เนื่องจากตัวอย่างมีความแห้งมากในขณะนำมาทดลอง และเมื่อตัวอย่างเจอความชื้นในอากาศจึงเกิดการดูดซับความชื้นทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมากกว่าตัวอื่นๆ การวัดขมิ้นชันผงจริงนอกห้องทดลองนั้นมีตัวแปรหลายอย่างที่แตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิของอากาศที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย ฉะนั้นยิ่งทดลองจริงมากขึ้นก็จะยิ่งสามารถพัฒนาเทคนิคการสะท้อนคลื่นใกล้อินฟราเรดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

[1] ปรารถนา ไปเหนือ (นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ กรมส่งเสริมการเกษตร), พุทธศักราช 2557, **สถานการณ์/แนวโน้มพืชสมุนไพร**,http://ssnet.doae.go.th/wp-content/uploads/2015/04/026_tumeric.pdf

[2] ดร. สมภพ ประธานธุรารักษ์ (ภาควิชาเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล), **วัตถุดิบสมุนไพรที่มีคุณภาพ: กรณีศึกษาขมิ้นชัน**www.abhaiherb.com/system/files/sawanat6.pdf

[3] นันทนา สิทธิชัย (สำนักยาและวัตถุเสพติด), พุทธศักราช 2547, **มาตรฐานของสมุนไพรในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย**, วารสารสมุนไพร ปีที่ 11(1), หน้า 21

[4] คณะอนุกรรมการพัฒนาบัญชียาหลักแห่งชาติ, พุทธศักราช 2555, **คู่มือการผลิตและหลักประกันคุณภาพเภสัชตำรับโรงพยาบาลจากสมุนไพรในบัญชียาหลักแห่งชาติ พุทธศักราช 2555**, หน้า 96

[5] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, พุทธศักราช 2547, **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขมิ้นชันผง เอกสาร TCPS 676-2547**, หน้า 1-5

[6] Gardner, W.H., 1986. **Method of soil analysis**. American Society of Agronomy 9, 493–544.

[7] Fetzer, W. R., **Determination of Moisture by Distillation**. Anal. Chem.*1951*, 23 (8), 1062 – 1069 (and references cited therein).

[8] Chanasyk, D.S., Naeth, M.A., 1996. **Field measurement of soil moisture using neutron probes**. Canadian Journal of Soil Science 76, 317–323.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

[9] Jackson, T.J., 1993. **Measuring surface soil moisture using passive microwave remote sensing**. Hydrological Processes 7, 139–152.

[10] Eller, H., Denoth, A., 1996. **A capacitive soil moisture sensor**. Journal of Hydrology 185, 137–146.

[11] Büning-Pfaue, H., 2003. **Analysis of water in food by near infrared spectroscopy**. Food Chemistry 82, 107–115.

[12] Baumgardner, M.F., Silva, L.F., Biehl, L.L., Stoner, E.R., 1985. **Reflectance properties of soils**. Advances in Agronomy 38.

[13] Liu, W.D., Baret, F., Gu, X.F., Zhang, B., Tong, Q.X., Zheng, L.F., 2003. **Evaluation of methods for soil surface moisture estimation from reflectance data**. International Journal of Remote Sensing 24, 2069–2083.

[14] ทวีภรณ์ คีรีคช, ธวัชชัย ศรีสุวรรณ, รอกีเยาะ ตาเละ, โรสนานี เหมตระกูลวงศ์, สาปีน๊ะ เจ๊ะสะอิ, สนั่น ศุภธีรสกุล (คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์), พุทธศักราช 2557, **ผลของเวลาและอุณหภูมิในการนึ่งฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของผงขมิ้นชัน**, วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 17 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2557, หน้า 57-67

[15] Belisle, W.R., Sharma, A., Coleman, T.L., 1996. **An optical reflectance technique for soil moisture measurement – Part 1: Theory, description and application**. Geoscience and Remote Sensing Symposium 2, 1315–1319.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

[16] Ben-Dor, E., Banin, A., 1995. **Near-infrared analysis as a rapid method to simultaneously evaluate several soil properties**. Soil Science Society of America Journal 59, 364–372.

[17] Ben-Dor, E., Heller, D., Chudnovsky, A., 2008. **A novel method of classifying soil profiles in the field using optical means**. Soil Science Society of America Journal 72, 1113–1123.

[18] Bowers, S.A., Hanks, R.J., 1965. **Reflection of radiant energy from soils**. Soil Science 100, 130–138.

[19] Brutsaert, W.H., 1983. **Evapotranspiration into the Atmosphere**. D. Reidel Publishing Company, London, p. 299.

[20] Clarke Topp, G., Reynolds, W.D., 1998. **Time domain reflectometry: a seminal technique for measuring mass and energy in soil**. Soil and Tillage Research 47, 125–132.

[21] Daniel, K.W., Tripathi, N.K., Honda, K., Apisit, E., 2004. **Analysis of VNIR spectral signatures for measurement of soil organic matter in tropical soils of Thailand**. International Journal of Remote Sensing 25, 643–652.

[22] Dobriyal, P., Qureshi, A., Badola, R., Hussain, S.A., 2012. **A review of the methods available for estimating soil moisture and its implications for water resource management**. Journal of Hydrology 458–459, 110–117.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

[23] Evett, S.R., Tolk, J.A., Howell, T.A., 2003. **A depth control stand for improved accuracy with the neutron probe**. Vadose Zone Journal 2, 642–649.

[24] Fitzjohn, C., Ternan, J.L., Williams, A.G., 1998. **Soil moisture variability in a semi-arid gully catchment**: implications for runoff and erosion control. CATENA 32, 55– 70.

[25] Gaskin, G.J., Miller, J.D., 1996. **Measurement of soil water content using a simplified impedance measuring technique**. Journal of Agricultural Engineering Research 63, 153–159.

[26] Inoue, Y., Watanabe, T., Kitamura, K., 2001. **Prototype time-domain reflectometry probes for measurement of moisture content near the soil surface for applications to ''on-the-move'' measurements**. Agricultural Water Management 50, 41–52.

[27] Kano, Y., McClure, W.F., Skaggs, R.W., 1985. **A near infrared reflectance soil moisture meter**. ASAE 28, 1852–1855.

[28] Kokaly, R.F., Clark, R.N., 1999. **Spectroscopic determination of leaf biochemistry using band-depth analysis of absorption features and stepwise multiple linear regression**. Remote Sensing of Environment 67, 267–287.

[29] Levitt, D.G., Simpson, J.R., Huetu, A.R., 1990. **Estimates of surface soil water content using linear combinations of spectral wavebands**. Theoretical and Applied Climatology 42, 245–252.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

[30] Loan, P., James, L.S., 2008. **Soil water measurement: capacitance.** Encyclopedia of Water Science 1, 1054–1057.

[31] Lobell, D.B., Asner, G.P., 2002. **Moisture effects on soil reflectance**. Soil Science Society of America Journal 66, 722–727.

[32] Skidmore, E.L., Dickerson, J.D., Schimmelpfennig, H., 1975. **Evaluating surface soil water content by measuring reflectance**. Soil Science Society of America Journal 39, 238–242.

[33] Tarantino, A., Ridley, A., Toll, D., 2008. **Field measurement of suction, water content, and water permeability.** Geotechnical and Geological Engineering 26, 751–782.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

A STUDY OF TURMERIC POWDER MOISTURE MEASUREMENT BY SPECTROSCOPY TECHNIQUE

Preedee Gittipongpittaya, Assco. Prof. Viriya Kongratana*
Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand
Email: * kkviriya@gmail.com

Abstract — Nowadays, using of Turmeric's root, first we need to turn them in a process to Turmeric powder and aromatherapy oil. Therefore, the most important thing is to make a good quality control of product. The moisture content measurement of Turmeric powder is one of standard of testing process. A near-infrared (NIR) reflectance sensor designed for moisture measurement at Turmeric powder based on the reflectance of filter wheel with three different wavelengths, in which one has a wavelength of 1940 nm and a strong water absorption band, whereas the others have a wavelength of 1820, 2200 nm and a weak water absorption band, as related to Turmeric powder moisture content reflectance. The results indicate a strong linear correlation between Turmeric powder moisture content and relative absorption depths for Turmeric powder. The Turmeric powder moistures content predicted using the proposed method agree well with measurements obtained by azeotropic distillation method, indicating the feasibility of the proposed method for Turmeric powder moisture measurement.

Keywords; Moisture measurement, Near infrared spectroscopy , Turmeric powder

I. INTRODUCTION

Nowadays, industrial of food, health and beauty in Thailand has been used Thai herbal ingredient as raw materials to produce more goods. Especially, the information which is from imported report from 2011 to 2014. Turmeric has been imported in volume of 87.1, 326.0, 226.2 and 474.19 tons respectively. Moreover from exported report from 2012 to 2014 has been exported in volume of 103.7, 36.3 and 40.8 tons respectively. [1] The data showed number of Turmeric importing is higher than exporting and continuously increase in every year. First of all using Turmeric, must be processed into powder and Turmeric essential oil. Then we mixed it with another ingredients and turn to products at the end. Chemical ingredient in Turmeric will be consisted many kind of chemical. Therefore high standard and quality control of raw materials constantly are very important before product will be produced to make customer confident in product. [2]

Water quantity measurement is one of the thing should be concerned because when we keep herbal powder we can't predict how much is moisture within them. Maybe it is in a water of crystallization or absorbed form. Therefore, herbal powder might be changed in a physical, chemical or disintegration terms as well. Sometimes, there are adulterated things is a result of percentage of the key element is reduced when compare with the weight of all herbs. [3] For Turmeric powder must have moisture not over than ten percentages by weight. [4] There are direct and indirect techniques of moisturized measurement as following: First technique is gravimetric method has been generally accepted and are the most reliable for measuring moisture. It can be used to calibrate indirect measurement techniques. The advantages of this technique are accurate and reliable. However, this technique is time consuming, waste of sample measurement, the sample is destroyed and also it can't be used with herbal powder with Turmeric essential oil and can't be reused again. The second technique is distillation. It is based on the condensation of water of the heat to the sample. The sample is mixed with substances which are caught with unwanted material for example Toluene and Benzene to measure the volume of water correctly. But there are some disadvantage wastes a lot of time to do it. The third technique is chemical reaction which relies on the use of chemical to transform substrate to be the new substances. Then observe at the rate of a reaction such as Titration which is separate chemical and water by using Iodine. However, this technique still has some disadvantage are waste of time to do titration process and waste of money as well. The fourth technique is radioactive. This technique measure the amount of decreasing radiation with the testing of moisture content. But the weak points are

Copyright © 2016 IEICE. Permission request for reproduction: Service Department, IEICE Headquarters Office, E-mail: service@ieice.org. IEICE Provisions on Copyright: http://www.ieice.org/eng/copyright/.

low precision due to the wide range of measurement, and its harmful to the health and the environment, expensive cost, it's also require for only expertise. The next techniques are microwave technique and near infrared reflectance, these techniques are relying on transmission of water molecules makes energy absorption. The energy which is not absorbed will be sent to receiver. The seventh technique is capacitor. This technique had been studied and tested for a long period of time. Recently, these products have been launch to the market. The resolutions of measurement depend on the size of sensor. Disadvantage is that the contaminated of water impact the process of measurement. The last technique is resistance relies on the transmission of electricity in the sample, the measure the resistant output. The resistance is proportional to the moisture content in the sample. The advantage are afford able price and easy to use. But disadvantage is if there is contamination of water will make the measurement distorted.

Infrared spectroscopy is a technic for measuring the amount of light of wavelengths. The light is being absorbed by the sample. This technique is to know the qualifications of the analyzed sample such as concentration of the substance. In general, the wavelength commonly used in the ultra-violet to visible light is in the wavelength range 250 to 750 nm. The technique uses a specific wavelength to detect the substances. This technique was used to determine the various characteristics of the sample such as substances in a sample, the minerals in the soil, the water content in the samples, the pH value of the alkaline and heavy metals in samples. In the research this technique will be used to measure the moisture content of the Turmeric powder when the sample to emit infrared transmittance, reflectance of the energy, as shown in Figure 1. However, because the sample is very dense, making the transmission is very low. The water molecules in the sample, it absorbs energy with the values proportional to the moisture content in the sample. The characters of absorbable spectrum are the vibration of the molecular bond. Turmeric powder with water molecules is in the absorbable spectrum in the wavelength range of 1940, 1820 and 2200 nm in the near infrared wavelength. The district has one wavelength bands that have absorbed most of the O-H molecules absorb infrared energy, which is equal to the energy difference between the ground state and excited state. The molecules will vibrate. There are two types of the molecular vibrations. Which are stretching and bending [10], [11], [12]. The height of moisture is correlated with the intensity of the absorption spectrum that much. On the other hand, if the moisture is low, it is correlated with the intensity of the absorption wavelength less. In this study case use infrared spectroscopy and reflection against moisture from distillation. Moreover we also use correlation and standard error analysis.

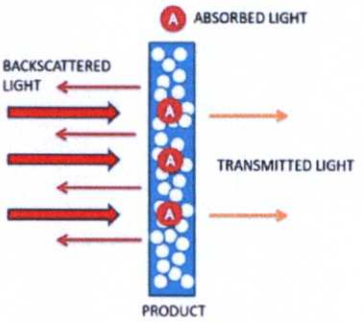


Figure 1 the incident, reflection and absorption of the near infrared to the Turmeric powder.

The purposes of this research are firstly, to study the infrared light spectrum technique used to determine the water content in Turmeric powder. Secondly, the results of the study, the technique used to predict wave infrared to monitor the water content in Turmeric powder. Thirdly, to measure the effects of reflected near infrared light waves with distillation techniques. And lastly, to guide the infrared light spectrum techniques are used to check the water content of the herbs with oil in the future.

II. SENSOR DESCRIPTION

The sensor for measuring moisture Model IR3000 includes a light source using tungsten, monochromator convert light waves into near infrared wavelengths of 1820, 1940 and 2200 nm. Photoconductor is number 402-14nep for receiving near infrared light reflection, amplifier circuit, converting signals from analog to digital communications and integrated Ethernet TCP / IP. Outside material is made from stainless steel and IP65 protection standards. Motor rotation speed of 1800 round per minute. This system is designed to measure the moisture has a Real-time due to a reference light (Prime beam) as the reference light into the receiver to reduce the sensitivity of the distance, more stable, have fewer errors and reduce incorrecting time while measuring.

Monochromator is composed of four holes with the light converter. First of all, the channel for converting a wavelength of 1940 nm, a wavelength which is the water molecules absorb light in this wavelength range. The second and third wavelength for conversion into 1820 and 2200 nm wavelength, which is the water molecule, don't absorb light in this wavelength range. For the fourth converted to visible light. The motor is rotating at a speed of 1800 round per minute.

III. MATERIALS AND METHODS

A. Termeric powder samples

Turmeric powder, six samples used in the experiment were purchased from stores selling herbs in Thailand. Which is characterized by a powder grain size 6 meshes; there are aspects of the same color. Turmeric powder was analyzed data in Table 1.

Turmeric Powder No.	Calibration			Validation		
	Powder 1	Powder 2	Powder 3	Powder 4	Powder 5	Powder 6
Temperature of Sample (°C)	32	32	31.45	31.5	29	32
Dry Bulk Density (g/cm³)	0.364	0.364	0.364	0.364	0.364	0.364
Moisture Content (% moisture)	3.2	6.6	8.72	1.15	7.15	8.72
Size (Mesh)	6	6	6	6	6	6

Table 1 Characteristics of Turmeric powder.

B. Experiment procedure

During the experiment, samples are split into three groups. The first group will make a sample dried by oven at 105 degrees Celsius for two hours, a second group will use as an example, the moisture is moderate oven at 105 ° C for one hour. The third example is very moisture by using normal sample.

The experimental procedure is as follows: first of all, Turmeric powder samples of the raw measurement with IR3000 then record three times. Second, Turmeric powder samples to measure the moisture with condensation. One example repeated twice. Third, repeat steps one and two, but turn sample of Turmeric powder to the second and third, respectively. Fourth, analysis of the data of the IR3000 with the moisture of Turmeric powder samples at 1-3. Fifth, enter your information to create the calibration of the machine IR3000. Sixth, take fourth Turmeric powder sample to measure moisture with IR3000 and record three times. Seventh, take Turmeric powder fourth example to measure moisture by distillation. One example repeated twice. The last, repeat steps seventh and eight but turn sample of Turmeric powder, fifth and sixth respectively.

The amount of water in order to calculate the moisture content of Turmeric powder using distilled water and determine the percentage using Equation (1) below.

$$W = \frac{n' - n}{p} \times 100 \qquad (1)$$

Where
W= moisture content (percent of moisture)
n′= volume of all distilled water (ml)
n = volume of distilled water at the first time; before add Turmeric powder (ml)
p = weight of Turmeric powder (g)

C. Relative absorption depth

The calculation of correlation between the intensity of the absorption and moisture content is at wavelength range of 1940, 1820 and 2200 nm. Range 1820 and 2200 nm wavelength is used as a reference because it is near 1940 nm wavelength range. The relationship of the intensity of the absorption is shown in Equation (2) below.

$$W = m\left[\left(\frac{(K1\times ref1)+(K2\times ref2)}{meas}\right)\left(\frac{meas_P}{(K1\times ref1_P)+(K2\times ref2_P)}\right)\right]+b \qquad (2)$$

Where
W = moisture content (percent of moisture)
m = slope
b = offset
meas = intensity of the reflected wave of 1940 nm wavelengths of light through the sample
$meas_P$ = intensity of the spectrum in the wavelength 1940 nm shining directly into the receiver
ref1 = intensity of the reflected wave in the wavelength range of 1820 nm light through the sample
$ref1_P$ = intensity of the spectrum in the wavelength 1820 nm shining directly into the receiver
ref2 = intensity of the reflected wave in the wavelength range of 2200 nm light through the sample
$ref2_P$ = intensity of the spectrum in the wavelength 2200 nm shining directly into the receiver
K1 = 0.3 (constant value)
K2 = 0.7 (constant value)

IV. RESULT AND DISCUSSION

A. Model for Turmeric powder moisture estimation

Use the calibration equation to evaluate the relationship between the moisture on the surface of Turmeric powder with the absorption of Turmeric powder. Information includes the sample at difference moisture levels. The first group is that used for calibration. And another one is for the actual measurement.

The data used to calibrate were selected randomly out of the powder at various moisture levels to create the calibration curve. Then use actual measurements to prove that the equation of the calibration. As provided comprehensive measurement of the moisture from the Turmeric powder dry until wet. The relationship between the moisture of Turmeric powder and the equation of the relationship of the intensity of light absorption are below.

$$\theta = aR + b \qquad (3)$$

Where

θ = the moisture content of Turmeric powder (percent of moisture)

R = the relationship of the intensity of light absorption.

a = the coefficient of the regression equation or the slope

b = the coefficient of the regression equation or the offset

We use the correlation coefficient, standard error and standard deviation to determine the accuracy of the measurement. Less standard error shows that there is little difference between the measured value and the predicted value. Correlation and standard error and standard deviation can be calculated using equation (4) to (6) respectively.

$$R^2 = 1 - \sum_{i=1}^{n}(\hat{\theta}_i - \theta_i)^2 / \sum_{i=1}^{n}(\hat{\theta}_i - \bar{\theta})^2 \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\theta_i - \hat{\theta}_i)^2} \quad (5)$$

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\theta_i - \bar{\theta}_i)^2} \quad (6)$$

Where

θ_i = moisture content (percent of moisture)

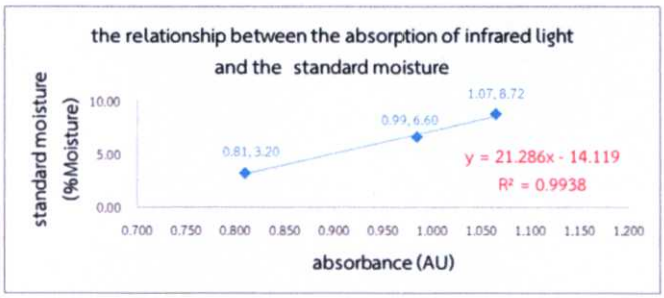
$\hat{\theta}_i$ = moisture predicted (percentage of moisture)

$\bar{\theta}$ = average moisture content (percentage of moisture)

n = number of sample

B. Relative between Turmeric powder moisture and the intensity of light absorption

From graph 1 shown the linear correlation between the moisture content and the intensity of light absorption which the results of the relationship of Turmeric powder to the graph 1 as $R^2 = 0.9938$ and the model for the calibration and be considered as correlations and standard error is shown in Table 2. These samples were separated to be three groups of moisture level and each group was separated to be two points for repeat. When the moisture content is increased, we found that the intensity of light absorption is also increased to the same direction.

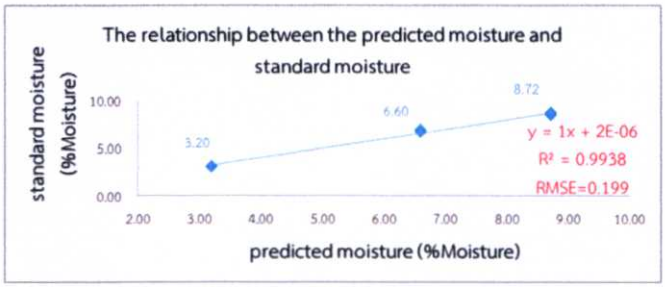


Graph 1 the relationship between the intensity of the absorption of the moisture content of Turmeric powder.

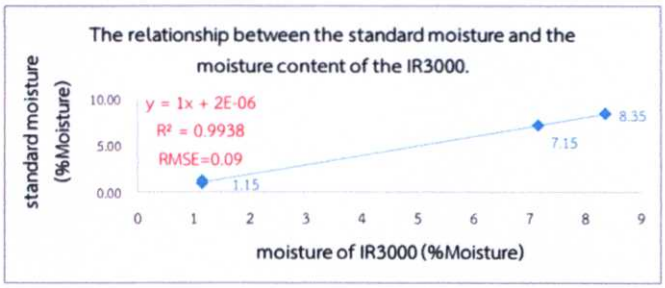
Sample set	Sample no.	IR method		Azeotropic method	
		RMSE	AVG	SD	AVG
Predict	Group 1-1	0.08	3.12		3.20
	Group 1-2				
	Group 2-1	0.27	6.85	2.50	6.60
	Group 2-2				
	Group 3-1	0.20	8.55		8.72
	Group 3-2				
Validation	Group 1-1	0.15	1.10		1.15
	Group 1-2				
	Group 2-1	0.01	7.16	3.45	7.15
	Group 2-2				
	Group 3-1	0.04	8.39		8.35
	Group 3-2				

Table 2 Means, standard deviation and, standard error of the IR method and Azeotropic method.

There are some factors that affect the reflection of the Turmeric powder as Turmeric powder surface roughness and moisture content. Therefore, Turmeric powder should be specifically calibration equation. Which makes low error and correlation is high. A result of Turmeric powder is as follows: correlation of Turmeric powder is $R^2 = 0.9938$ and the standard error is 0.199 percent of moisture as graph2.



Graph 2 shows the correlation between the predicted moisture and moisture content standards.



Graph 3 shows the relationship between the moisture content of the IR3000 and distillation.

V. CONCLUSSION

Moisture is consistent with the intensity of the absorption by the correlation is 0.9938. The absorbance of the IR3000 is associated with the moisture measured at 99.38 percent. Then another 0.62 percent based on other factors. It has a standard error of prediction equal to 0.199. It has an error of measurement equal to 0.09. This is less than the standard error of prediction. However, the result shows the pattern of the reflected waves to measure verities the moisture level and standard error in each group of Turmeric powder as (1.1, 0.15), (7.16, 0.01), (8.39, 0.04) respectively. It can be seen that 1.1 percent of moisture, will get the most standard error due to the sample is very dry while testing in the laboratory. The sample touches the humidity in the ambient so it will absorb humidity effect to higher standard error. There is also a standard deviation of the distillation of calibration and measurement to actually see the 2.5 and 3.45 showed the standard deviation from calibrated distribution is less than actual measurements. However the sample 1-1 and 1-2 from the both group have the same sample preparing method but the moisture content is not the same. It means that when we put the sample in desiccator for a long time make the higher moisture content. There are many different Factors as the air temperature changes easily. So it's even more important experimental techniques can be developed to be more effective.

REFERENCES

[1] Pratana Paincua (Agricultural Operations of Department of Agricultural Extension), 2014, Situation / trends herbs, http://ssnet.doae.go.th/wp-content/uploads/2015/04/026_tumeric.pdf

[2] Nantana Sithichai (Bureau of Drug and Narcotic), 2004, Thai Herbal Pharmacopoeia, Thai Journal of Phytopharmacy Volume 11(1), 21

[3] National List of Essential Medicines, National Essential Drug Development Subcommittee, 2012, Guide production and ensure the quality of herbal Pharmacopoeia hospitals in the national essential drugs. 2012, 96

[4] Thai Industrial Standards Institute, 2004, Community Standards Turmeric powder document TCPS 676-2547, 1-5

[5] Gardner, W.H., 1986. Method of soil analysis. American Society of Agronomy 9, 493–544.

[6] Fetzer, W. R., Determination of Moisture by Distillation. Anal. Chem.*1951*, 23 (8), 1062 – 1069 (and references cited therein).

[7] Chanasyk, D.S., Naeth, M.A., 1996. Field measurement of soil moisture using neutron probes. Canadian Journal of Soil Science 76, 317–323.

[8] Jackson, T.J., 1993. Measuring surface soil moisture using passive microwave remote sensing. Hydrological Processes 7, 139–152.

[9] Eller, H., Denoth, A., 1996. A capacitive soil moisture sensor. Journal of Hydrology 185, 137–146.

[10] Büning-Pfaue, H., 2003. Analysis of water in food by near infrared spectroscopy. Food Chemistry 82, 107–115.

[11] Baumgardner, M.F., Silva, L.F., Biehl, L.L., Stoner, E.R., 1985. Reflectance properties of soils. Advances in Agronomy 38.

[12] Liu, W.D., Baret, F., Gu, X.F., Zhang, B., Tong, Q.X., Zheng, L.F., 2003. Evaluation of methods for soil surface moisture estimation from reflectance data. International Journal of Remote Sensing 24, 2069–2083.

[13] Belisle, W.R., Sharma, A., Coleman, T.L., 1996. An optical reflectance technique for soil moisture measurement – Part 1: Theory, description and application. Geoscience and Remote Sensing Symposium 2, 1315–1319.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายปรีดี กิตติพงศ์พิทยา
วัน เดือน ปีเกิด	29 พฤษภาคม 2533
ที่อยู่	163 ซอยพึ่งมี 11 ถนนสุขุมวิท 93 แขวงบางจาก เขตพระโขนง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10260
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2551	มัธยมปลาย โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ
พ.ศ.2554	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์อิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย	
พ.ศ.2554	ตำแหน่ง นักศึกษาฝึกงาน ห้องปฏิบัติการวิจัยการสื่อสารเชิงแสงและควอนตัม ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
พ.ศ.2555-2558	ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกเทคนิคคอลซัพพอร์ต บริษัท ยูนิไทย กรุ๊ป จำกัด
พ.ศ.2560	ตำแหน่ง ผู้จัดการแผนกเทคนิคคอลซัพพอร์ต บริษัท ยูนิไทย กรุ๊ป จำกัด