

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเตรียมชุดทดสอบเพื่อตรวจวัดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์
ในผลิตภัณฑ์สับประรดกระป๋อง



T107805



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 107805
วัน,เดือน,ปี 14 พ.ศ. 2553

b. 12212258
i.

โครงการพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Preparation of test kit for determination of nitrate and nitrite
in canned pineapple



A Special Project submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for The Degree of
Bachelor of Science
Department of Chemistry
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Academic Year 2549

โครงการพิเศษเรื่อง การเตรียมชุดทดสอบเพื่อตรวจวัดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์สับประดะกระป๋อง

นักศึกษา 1. นางสาวอัจฉริยา จิณะเสน
2. นางสาวอารีญา ทองกล้า
ภาควิชา เคมี
สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
ปีการศึกษา 2549
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. คณิตา ตั้งคณานุรักษ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล	
กรรมการ ผศ. พรชยวรรณ ศรีนาค	
กรรมการ ผศ. คณิตา ตั้งคณานุรักษ์	

(ผศ. ดร. ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง การเตรียมชุดทดสอบเพื่อตรวจวัดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง

นักศึกษา 1. นางสาวอัจฉริยา จิณะเสน

2. นางสาวอารียา ทองกล้า

ภาควิชา เคมี

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์

ปีการศึกษา 2549

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. คณิตา ตั้งคณานุกรักษ์

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของโครงการพิเศษนี้ คือ เตรียมชุดทดสอบเพื่อวัดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง การเกิดสีเหลืองและสีแดงอมชมพูในสารละลายตัวอย่างขึ้นกับการเกิดสารเชิงซ้อนของไนเตรตและสารเชิงซ้อนไนไตรต์ตามลำดับ และการวัดความเข้มข้นของไนเตรตและไนไตรต์โดยตรง ชุดทดสอบนี้สามารถตรวจวัดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ได้ในช่วง 50-250 ppm. และ 0.1-0.9 ppm. ตามลำดับโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือวัด (เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์) สำหรับการทดสอบความใช้ได้ของชุดทดสอบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ทำได้โดยการตรวจวัดสารละลายมาตรฐานไนเตรตและไนไตรต์ และตัวอย่างสับปะรดกระป๋อง 3 ยี่ห้อด้วยวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรีเพื่อเปรียบเทียบผล ผลจากชุดทดสอบทั้งสองและวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรี ให้ผลที่สอดคล้องกันอย่างน่าพอใจ ดังนั้นชุดทดสอบทั้งสองนี้มีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน และให้ผลที่เที่ยงตรงและแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Preparation of test kit for determination of nitrate and nitrite in canned pineapple

Name Miss Achariya Jinasen
Miss Areeya Thongklam

Program Chemistry

Acedemic Year 2006

Special Project Advisor Asst.Prof Kanita Tangkananurak

ABSTRACT

The aim of this project is to prepare test kits for determination of nitrate and nitrite in canned pineapple. The developed pink and yellow color in the test sample solution is based on the nitrate-complex and nitrite-complex respectively and directly proportional to the concentration of nitrate and nitrite respectively. The prepared test kits can detect nitrate and nitrite in range 50-250 ppm. and 0.1-0.9 ppm. respectively without the use of instrument (UV-Visible spectrophotometer). For validation of this test kits, the nitrate and nitrite standard solution, the spiked sample and three brands of canned pineapple were determined by UV-Visible spectrophotometry for comparison. The results from both test kits and UV-Visible spectrophotometry showed satisfactory agreement. Therefore, these two test kits were convenient to use and gave precision and accurate results.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป.....	ง
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรดในพืช	3
- วัฏจักรของไนโตรเจน.....	4
- อิทธิพลของธาตุอื่นๆ ต่อการสะสมไนเตรดในพืช.....	5
2.2 ความเป็นพิษของของไนเตรดและไนไตรต์.....	6
2.3 ทฤษฎีและหลักการของเครื่องอัลตราไวโอเลต-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรี.....	7
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย.....	12
3.1 สารเคมี เครื่องมือและอุปกรณ์.....	12
3.1.1 สารเคมี.....	12
3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	13
3.2.1 การเตรียมสารละลาย.....	13
3.2.2 การเตรียมตัวอย่าง.....	14
3.2.3 การตรวจวัดปริมาณไนเตรตด้วยวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี..	14
3.2.4 การตรวจวัดปริมาณไนไตรต์ด้วยวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี..	15
3.2.5 การเตรียมแผ่นเทียบสีมาตรฐาน.....	16
3.2.6 การตรวจวัดปริมาณไนเตรตด้วยแผ่นเทียบสีมาตรฐาน.....	16
3.2.7 การตรวจวัดปริมาณไนไตรต์ด้วยแผ่นเทียบสีมาตรฐาน.....	16
3.3 การประเมินประสิทธิภาพชุดตรวจสอบไนเตรตและไนไตรต์.....	16
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	17
4.1 ศึกษาการเตรียมแผ่นเทียบสีจากสารละลายมาตรฐานไนเตรต.....	17
4.2 กราฟมาตรฐานไนเตรต.....	17
4.3 ศึกษาการเตรียมแผ่นเทียบสีจากสารละลายมาตรฐานไนไตรต์.....	18
4.4 กราฟมาตรฐานไนไตรต์.....	19
4.5 การตรวจวัดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง โดยใช้ แผ่นเทียบสีมาตรฐานเปรียบเทียบกับวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี.....	19
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	21
5.1 การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรต.....	21
5.2 การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรต์.....	22
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	22
ภาคผนวก ก	24
1.ค่าการดูดกลืนของสารละลายมาตรฐาน.....	24
1.1 ค่าการดูดกลืนของสารละลายมาตรฐานไนเตรต.....	24
1.2 ค่าการดูดกลืนของสารละลายมาตรฐานไนไตรต์.....	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข.....	25
2.ตารางค่าการดูดกลืนแสงในสารละลายตัวอย่าง.....	25
2.1 ค่าการดูดกลืนแสงในการหาปริมาณไนเตรต.....	25
2.2 ค่าการดูดกลืนแสงในการหาปริมาณไนไตรต์.....	25
2.3 ปริมาณไนเตรตในตัวอย่างสับประดะป้องกันการเทียบกราฟมาตรฐาน....	26
2.4 ปริมาณไนไตรต์ในตัวอย่างสับประดะป้องกันการเทียบกราฟมาตรฐาน..	27
2.5 ตารางตรวจวัดปริมาณไนเตรตในสารละลายตัวอย่างด้วยแผ่นเทียบสี... ..	28
2.6 ตารางตรวจวัดปริมาณไนไตรต์ในสารละลายตัวอย่างด้วยแผ่นเทียบสี... ..	29

บรรณานุกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 4.1 แผ่นเทียบสีจากสารละลายมาตรฐานไนเตรด.....	17
รูปที่ 4.2 กราฟมาตรฐานสารละลายมาตรฐานไนเตรด.....	18
รูปที่ 4.3 แผ่นเทียบสีจากสารละลายมาตรฐานไนไตรต์.....	18
รูปที่ 4.4 กราฟมาตรฐานสารละลายมาตรฐานไนไตรต์.....	19



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถลุล่วงไปด้วยดีในครั้งนี้ สืบเนื่องมาจากความร่วมมือและความกรุณาของทุกๆ ท่าน ทั้งอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.คณิตา ตั้งคณานุรักษ์ และคณะกรรมการ ที่ให้ความกรุณาช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหา และให้ความกรุณาตรวจสอบดูแลและเอาใจใส่เป็นอย่างดีจนโครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ของท่านและขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องธุรการ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ ภาควิชาเคมี รวมทั้งแม่บ้านที่คอยให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในทุกๆ ด้าน

สุดท้ายขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติ พี่น้อง และเพื่อนๆ รวมถึงรุ่นพี่รุ่นน้องทุกๆ คนที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือในทุกๆ ด้านจนโครงการนี้สำเร็จในที่สุด



นางสาวอัจฉริยา จิณะเสน

นางสาวอารีญา ทองกล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโรงงานพิเศษ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้นรายใหญ่ของโลก โดยเฉลี่ยปีละ 500,000 ตัน เป็นสับปะรดกระป๋องร้อยละ 80 และน้ำสับปะรดเข้มข้นร้อยละ 20 ในปี 2549 (ม.ค.-มี.ค.) ปริมาณการส่งออกสับปะรดและผลิตภัณฑ์สับปะรดรวม 201,789 ตัน มูลค่ารวม 5,450 ล้านบาท เปรียบเทียบกับปริมาณและมูลค่าการส่งออกในช่วงเดียวกันของปี 2548 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 34.95 และ 35.24 ตามลำดับ แต่ก็ยังมีปัญหาและอุปสรรคในการผลิตคือคุณภาพผลผลิตบางส่วนไม่ได้มาตรฐานของโรงงาน เช่น การตกค้างของสารไนเตรตเกินระดับมาตรฐาน

พืชต้องการธาตุไนโตรเจนในปริมาณสูงเพื่อการเจริญเติบโตที่รวดเร็วเพื่อให้ลำต้น ใบอ่อนและมีความกรอบ ดังนั้นในการปลูกพืชพวกนี้จึงต้องใส่ปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจนสูง ซึ่งไนโตรเจนจัดเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่ม มหธาตุ (macronutrient elements) และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบในเซลล์พืชหลายชนิด เช่น คลอโรฟิลล์, บอริไฟลีน เป็นต้น

โดยทั่วไปไนโตรเจนมิได้เป็นอันตรายโดยตรง แต่หากถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ และเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตในปริมาณมากพอก็จะก่อให้เกิดโทษได้ ไนไตรต์เป็นสารพิษที่มีผลโดยตรงต่อร่างกายมนุษย์ และอีกเหตุผลหนึ่งคือไนเตรตที่เติมลงไปจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์โดยแบคทีเรียที่มีอยู่ในสภาพแวดล้อมทั่วไป

ไนเตรตและไนไตรต์เป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายและเป็นพิษต่อร่างกายถึงชีวิตได้ ถ้าได้รับในปริมาณมาก คือ ไนไตรต์สามารถไปออกซิไดซ์ฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ทำให้เม็ดเลือดแดงหมดสภาพในการลำเลียงออกซิเจนได้อีก และช่วยก่อให้เกิดสารไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็ง (carcinogen) โดยปริมาณของโซเดียมไนเตรต (หรือโพแทสเซียมไนเตรต) และโซเดียมไนไตรต์ (หรือโพแทสเซียมไนไตรต์) ที่คณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ได้ไม่เกิน 500 mg/kg และ 200 mg/kg ตามลำดับ จากความเป็นพิษของสารประกอบไนเตรตและไนไตรต์และความนิยมของการบริโภคผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง จึงทำให้คณะผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญของการศึกษาการตรวจวัดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องด้วยเทคนิควิธี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี ซึ่งเทคนิควิธีสามารถวิเคราะห์ทั้งไนเตรตและไนไตรต์ได้พร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำได้ง่ายสะดวก รวดเร็วและให้ผลที่น่าเชื่อถือได้ ในงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยจะศึกษาเฉพาะการเตรียมชุดตรวจสอบไนเตรตและไนไตรต์

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเตรียมชุดทดสอบที่สามารถตรวจวัดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ได้อย่างง่ายสะดวกและให้ผลในเวลาอันรวดเร็ว
2. เพื่อให้ได้ชุดทดสอบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ที่มีประสิทธิภาพและใช้งานได้จริง

1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1. สืบค้นแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. เตรียมอุปกรณ์สารเคมี และเขียนแผนการทดลอง
3. เตรียมสารละลาย
4. เตรียมแผ่นสีมาตรฐานไนเตรตและไนไตรต์ในการตรวจวัด
5. เตรียมกราฟมาตรฐาน
6. เตรียมสารละลายตัวอย่างจากผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องยี่ห้อต่างๆ
7. ตรวจวัดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในสารละลายตัวอย่างด้วย
8. ประเมินผลด้วยวิธีทางสถิติ
9. สรุปผลและเขียนรายงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ชุดทดสอบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ที่ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพให้ผลที่มีความเที่ยงและความแม่นยำ
2. ทราบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลือกบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตในพืช

สับปะรดเป็นพืชที่ต้องการปุ๋ยในปริมาณสูงเพื่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตตอบแทน ในระหว่างการเจริญเติบโตนั้นเราควรให้ปุ๋ยแก่สับปะรดเป็นระยะเพื่อมิให้ต้นสับปะรดชะงักการเจริญเติบโตและแก่เร็ว ธาตุอาหารที่จำเป็นที่สุดเป็นอันดับแรกสำหรับสับปะรดก็คือไนโตรเจน ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลิตผล

การสะสมไนเตรตในพืชเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากๆ ไม่ใช่ปัจจัยเดียวที่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในพืชสูงขึ้นแต่มีปัจจัยอื่นๆร่วมด้วย เช่น

1. แสง มีอิทธิพลต่อ nitrate reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่แปรสภาพไนเตรตให้เป็นไนโตรเจนได้แม้ในที่มืดไนเตรตก็กระตุ้นให้เอนไซม์ทำงานได้ แต่กิจกรรมที่เกิดขึ้นจะไม่สูงเท่าเมื่อมีแสงสว่างเพียงพอ กล่าวกันว่าแสงมีอิทธิพลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ทางอ้อม คือ ช่วยให้ไนเตรตซึมผ่านเซลล์เมมเบรนเข้าไปสู่บริเวณที่มีเอนไซม์ได้สะดวก nitrate reductase มีทั้งในรากและใบพืช และจากการศึกษาพบว่าเมื่อลดความเข้มข้นของแสงที่ผิวใบลง กิจกรรมของเอนไซม์นี้จะลดลงอย่างมากพืชจึงสะสมไนเตรตมากขึ้นหากได้รับแสงสว่างน้อยลง

2. อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อการดูด การเคลื่อนย้ายและการใช้ในเทรตของพืชแต่การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิระดับหนึ่งจะมีผลต่อกระบวนการเหล่านี้ไม่เท่ากัน สำหรับพืชที่เจริญเติบโตโดยธรรมชาติจะพบว่าในเวลาเที่ยงวันอุณหภูมิของยอดจะสูงกว่าราก ทำให้ยอดมีการสะสมของไนเตรตน้อยกว่าที่ราก ส่วนในเวลากลางคืนอุณหภูมิของรากจะสูงกว่ายอดเนื่องจากดินยังมีความอุ่นอยู่ ดังนั้นสรุปได้ว่าอุณหภูมิต่ำจะทำให้มีการสะสมของไนโตรเจนสูงกว่าไนเตรต

3. ความชื้นของดินและความชุ่มชื้นของอากาศ พืชอาหารสัตว์ที่กระทบแล้งหรือดินมีความชื้นต่ำมักสะสมไนเตรตไว้มากกว่าปกติ เวลาที่อากาศแล้งจะมีการเคลื่อนย้ายของเกลือต่างๆ รวมทั้งไนเตรตจากดินล่างขึ้นมากับน้ำซับมาสะสมบนดิน ความชุ่มชื้นของอากาศก็มีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตเช่นเดียวกันเมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงพืชจะสะสมไนเตรตได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ธาตุอาหารที่พืชได้รับ โดยเฉพาะไนโตรเจน รูปของไนโตรเจนในดินมีอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์สำหรับในรูปของสารอินทรีย์จะอยู่ในรูปของ molecular nitrogen ในอากาศและในดินแต่ ไนโตรเจนในรูปนี้ไม่เป็นประโยชน์แก่พืชยกเว้นพืชตระกูลถั่วในรูปของ สารประกอบอินทรีย์ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไนเตรต (NO_3^-) ไนไตรต์ (NO_2^-) แอมโมเนียม (NH_4^+) ใน ดริก และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งไนโตรเจนในรูปของไนเตรตและแอมโมเนียมจะมีอยู่มากที่สุด

ในดินที่มีการระบายอากาศ มีความชื้น อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมอื่นๆ เหมาะสม แอมโมเนียม (NH_4^+) จะถูกจุลินทรีย์บางพวกเปลี่ยนให้เป็นไนไตรต์ (NO_2^-) และไนเตรต (NO_3^-) ตามลำดับ โดย กระบวนการที่เรียกว่า ไนตริฟิเคชัน (nitrification) เกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์สองกลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. Chemoautotrophic microorganisms จุลินทรีย์พวกนี้ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียจากแบคทีเรียจำนวน 7 genus มีเพียง 2 genus เท่านั้นที่มักพบในดินโดยทั่วไป คือ Nitrosomonas เป็นแบคทีเรียที่สามารถเพิ่ม ออกซิเจนให้แก่แอมโมเนียมเป็นไนไตรต์ ส่วน Nitrobacter เป็นแบคทีเรียที่เพิ่มออกซิเจนแก่ไนไตรต์เป็น ไนเตรต

2. Heterotrophic microorganisms จุลินทรีย์พวกนี้จะได้รับพลังงานจากการเพิ่มออกซิเจนให้กับ อินทรีย์สารแต่ไม่ได้พลังงานจากแอมโมเนียมและสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจน ผลที่ได้จากกระบวนการ คือ ไนไตรต์

วัฏจักรของไนโตรเจน

ไนโตรเจนในดินมีการเปลี่ยนรูปอยู่เสมอ จากสารอินทรีย์เป็นสารอินทรีย์หรืออยู่ในรูปก๊าซและมีการเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างสารต่างๆ เหล่านี้ตลอดเวลา โดยมีจุลินทรีย์บางชนิดเข้ามาเกี่ยวข้องกับ กระบวนการเปลี่ยนรูปนั้นๆ ก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศจะรวมกับไฮโดรเจน โดยกระบวนการตรึง ไนโตรเจน ซึ่งจะเกิดโดยกรรมวิธีทางโรงงานอุตสาหกรรม หรือโดยการตรึงของจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจน ได้เปลี่ยนเป็นสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งพืชนำไปใช้ในการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโต เมื่อสัตว์กินพืช ก็จะได้รับสารประกอบไนโตรเจนจากพืชภายหลังที่พืชและสัตว์ตายลง เกิดการสลายตัวของซากพืชซาก สัตว์พร้อมกับมีการปล่อยสารประกอบไนโตรเจนออกมาซึ่งถูกย่อยสลายไปเป็นแอมโมเนีย โดย กระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification) จุลินทรีย์บางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศ เปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย (NH_3) แอมโมเนียที่เกิดขึ้นเหล่านี้พืชอาจนำไปใช้หรือถูกออกซิไดส์โดยจุลินทรีย์บาง ชนิด ในกระบวนการ ไนตริฟิเคชันให้เป็นพวกไนเตรต ซึ่งไนเตรตละลายน้ำได้ดีพืชจะดูดไปใช้ในการ เจริญเติบโตและเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย โดยกระบวนการรีดิวซ์ไนเตรต ซึ่งไนเตรตบางส่วนจะถูกชะล้างไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหลลง ผู้ดินชั้นล่างหรือแม่น้ำลำคลองซึ่งอาจถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจนหรือไนตรัสออกไซด์ กระบวนการต่างๆ ดังกล่าวเรียกว่า วัฏจักรไนโตรเจน

ในเทรตที่พืชดูดขึ้นไปส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการสร้างสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ส่วนที่เหลือยังคงเป็นไนเตรตไอออนที่สะสมอยู่ในเซลล์พืชนั้น ถ้าสภาพแวดล้อมในดินเหมาะแก่การสะสมไนเตรต พืชจะดูดไนเตรตจากดินเข้าไปมาก และถ้าพืชมีความสามารถในการเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นอินทรียสารได้น้อยหรือสภาพแวดล้อมไม่อำนวยก็จะมีไนเตรตสะสมอยู่ในพืชมากขึ้น

สำหรับขั้นตอนที่ไนเตรตเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ซึ่งต่อไปจะกลายเป็นโปรตีนในพืชนั้นเกี่ยวข้องกับเอนไซม์หลายชนิด เช่น ไนเตรตรีดักเทส (Nitrate reductase) และไนไทรตรีดักเทส (Nitrite reductase)



ในกระบวนการดังกล่าว ถ้ากระบวนการรีดักชันของไนเตรตเร็วกว่ากระบวนการรีดักชันของไนไทรต์ จะทำให้ไนไทรต์สะสมอยู่ในพืช ซึ่งไนไทรต์จะเป็นพิษกับเซลล์ของพืชมาก ในทางตรงกันข้ามถ้ากระบวนการรีดักชันของไนเตรตเกิดช้า ทำให้ไนเตรตสะสมในพืชมากขึ้น

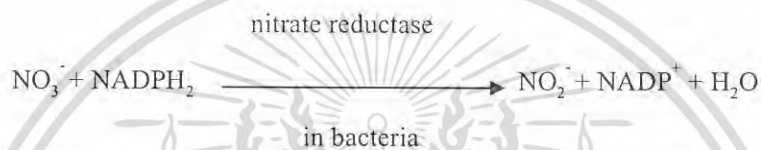
อิทธิพลของธาตุอื่นๆ ต่อการสะสมไนเตรตในพืช

1. การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ถึงแม้พืชจะขาดฟอสฟอรัสก็ไม่มีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตอย่างเด่นชัด
2. พืชที่ขาดกำมะถันกิจกรรมของไนเตรตรีดักเทส จะลดลงเนื่องจากเอนไซม์ดังกล่าวจะทำงานได้ต้องมี sulfhydryl group ดังนั้นพืชขาดกำมะถันจึงสะสมไนเตรตมากกว่าปกติ
3. แคลเซียมมีอิทธิพลต่อการดูดไนเตรตของรากพืชและอาจมีผลกระทบต่อกระบวนการรีดิวซ์ไนเตรตด้วย
4. โมลิบดีนัมเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการทำงานของไนเตรตรีดักเทส พืชที่ขาดโมลิบดีนัมอาจสะสมไนเตรตถึง 3% ของน้ำหนักแห้ง
5. คลอไรด์จัดเป็นไอออนประจุลบที่เป็นปฏิปักษ์ต่อการดูดไนเตรตของรากพืช หากสารละลายของดินมีคลอไรด์พอประมาณการดูดไนเตรตก็จะน้อยลง
6. แมงกานีส แม้ยังมาทราบแน่นอนถึงบทบาทต่อกระบวนการรีดิวซ์ไนเตรตแต่มีรายงานว่าแมงกานีสมีความสำคัญต่อกระบวนการนี้ในข้าวสาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความเป็นพิษของไนเตรตและไนไตรต์

สารที่เป็นพิษโดยตรงต่อร่างกายคือไนไตรต์ แต่ไนเตรตก็มีโอกาสเปลี่ยนไปเป็นไนไตรต์ได้ด้วยกระบวนการรีดักชัน ทั้งก่อนการบริโภคและหลังจากที่อาหารเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารแล้ว ซึ่งไนเตรตเมื่อถูกรีดิวซ์จะได้ไนไตรต์ โดยที่ไนเตรตในสถานะแวดล้อมต่างๆ ไปในอาหารจะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นไนไตรต์โดยจุลินทรีย์บางชนิด ดังสมการ



ถ้าบริโภคไนเตรตและไนไตรต์ในปริมาณที่สูงเกินกว่ากำหนด จะทำให้มีความเสี่ยงในการได้รับอันตรายจากการเป็นพิษของไนไตรต์ เพราะไนไตรต์ทำให้เกิดอันตรายได้โดยตรงและโดยอ้อมต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์

อันตรายโดยตรงเรียกว่าอาการเมทฮีโมโกลบินิเมีย (methemoglobinemia) ซึ่งจะมีอาการพิษตั้งแต่เล็กน้อย คือ ตัวเขียวเนื่องจากขาดออกซิเจน (cyanosis) และอาจถึงตายได้ในทารกที่อายุต่ำกว่า 6 เดือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทารกที่อายุต่ำกว่า 3 เดือน จะแสดงอาการพิษจากเมทฮีโมโกลบินิเมียที่รุนแรงกว่าเด็กโตและผู้ใหญ่ โดยที่อาการเมทฮีโมโกลบินิเมียเกิดเนื่องจากไนไตรต์จะออกซิไดซ์ (oxidise) Fe^{2+} ในโมเลกุลของฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ไปเป็น Fe^{3+} กลายเป็นเมทฮีโมโกลบิน (methemoglobin) ทำให้ไม่สามารถขนถ่ายออกซิเจนได้ตามปกติ ซึ่งถ้ารุนแรงผิวหนังของทารกจะมีสีเขียวคล้ำหรือสีเขียวน้ำเงิน จึงเรียกอาการนี้ว่า blue baby syndrome และไนไตรต์ยังเป็นสาเหตุของความผิดปกติในร่างกายอีกหลายอย่าง เช่น หัวใจเต้นเร็วกว่าปกติและหอบ เป็นต้น

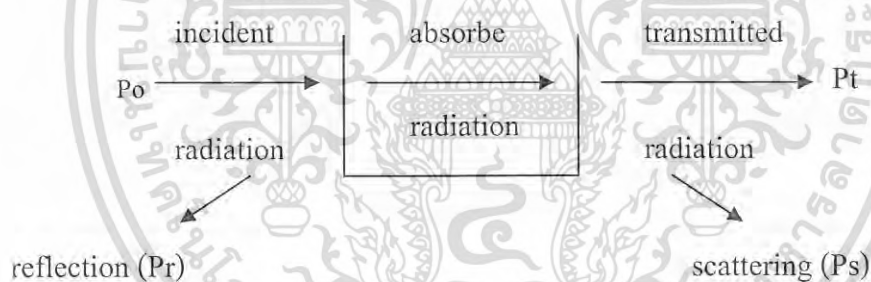
อันตรายโดยอ้อมของไนเตรตและไนไตรต์ คือ การที่ไนเตรตทำปฏิกิริยาไนโตรเซชัน (nitrosation) กับสารประกอบเอมีนทุติยภูมิ (secondary amine) เอไมด์ (amide) กวานิดีน (guanidine) และยูเรีย (urea) ได้สารประกอบ N-nitroso คือ ไนโตรซามีน (nitrosamines) และไนโตรซามาไมด์ (nitrosamides) ซึ่งสารทั้งสองเป็นสารก่อมะเร็งทั้งคู่ และพบว่าการเกิดสารไนโตรซามีนอาจเกิดจากไนตรัสออกไซด์ ที่เกิดจากการแตกตัวของไนเตรตและไนไตรต์ ดังนั้นการใช้ไนเตรตและไนไตรต์เติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ อาจก่อให้เกิดสารที่ทำให้เกิดมะเร็งขึ้นได้ในผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีและหลักการของเครื่องอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี

การดูดกลืนแสงหรือรังสีที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิล ซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 190-800 นาโนเมตร (nm) ของสารเคมีนั้น ส่วนใหญ่ได้แก่พวกสารอินทรีย์ (organic compound) หรือสารประกอบเชิงซ้อน (complex compound) หรือสารอนินทรีย์ (inorganic compound) ทั้งที่มีสีและไม่มีสี สมบัติของสารดังกล่าวนี้ได้นำมาใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณอย่างกว้างขวาง เพราะวิธีนี้ให้ความถูกต้องแม่นยำดี และมีสภาพไว (sensitivity) สูง โดยอาจทำการวิเคราะห์ที่อยู่ในรูปของธาตุหรือโมเลกุลก็ได้ แต่ในกรณีที่จะนำไปใช้พิสูจน์ว่าสารตัวอย่างนั้นเป็นสารอะไร มีโครงสร้างอย่างไร อาจจะต้องใช้เทคนิคอย่างอื่นเข้าช่วยด้วย เพื่อให้เกิดความแน่ใจ เช่น ใช้เทคนิคทาง IR หรือ NMR spectroscopy เป็นต้น

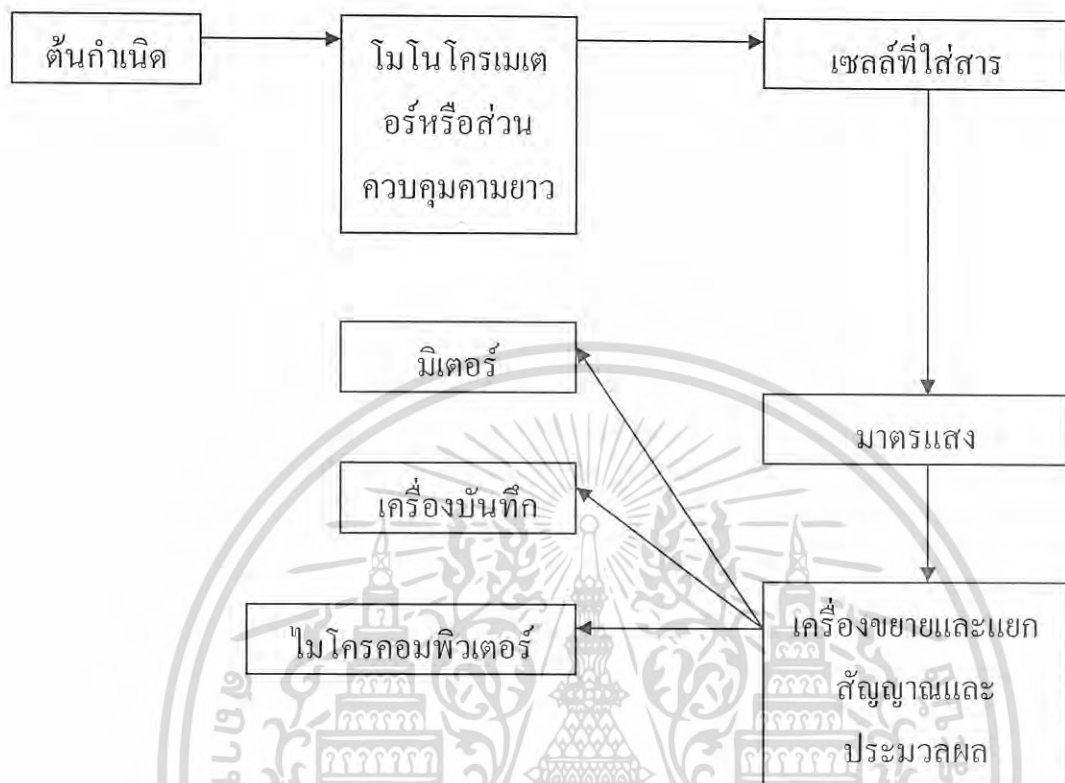
โดยทั่วไปเทคนิคการวิเคราะห์ที่บางครั้งนิยมเรียกว่า ยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตเมทรี แต่ถ้าสารที่ทำทำการวิเคราะห์ที่มีสีหรือทำให้เกิดสีขึ้น สารที่มีสีนั้นจะดูดกลืนแสงในช่วงวิสิเบิล อาจเรียกว่า คัลเลอร์ิเมตรี (colorimetry)



รูปที่ 1 แสดงการเกิดอันตรกิริยาของสารเคมีกับการแผ่รังสีหรือแสง

เมื่อให้ลำแสงที่เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องกัน (continuous beam of radiation) ผ่านเข้าไปในวัตถุใด จะพบว่าแสงบางส่วนถูกดูดกลืน บางส่วนเกิดการสะท้อน บางส่วนกระเจิง และบางส่วนผ่านทะลุออกไป ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ถ้าให้แสงที่ทะลุออกไปนั้นผ่านเข้าเครื่องกระจายเสียง (เช่น ปริซึม หรือเกรตติง) จะเห็นว่าสเปกตรัมหายไปส่วนหนึ่ง ส่วนที่หายไปนี้เรียกว่า absorption spectrum พลังงานที่ถูกดูดกลืนไปนั้นจะทำให้โมเลกุลหรืออะตอมเปลี่ยนระดับของพลังงานจากสถานะพื้น (ground state) ไปยังสถานะกระตุ้น (excited state)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. แหล่งกำเนิดรังสี (light source)

- ก) หลอดทังสเตน-ฮาโลเจน ให้รังสีที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 800-320 nm หลอดประเภทนี้มีราคาสูง
- ข) หลอดคิวทีเรียม สามารถให้รังสีที่มีความยาวคลื่น 330-180 nm หลอดประเภทนี้มีราคาแพงมาก

2. โมนโครเมเตอร์ (monochromator)

โมนโครเมเตอร์เป็นส่วนสำคัญในการกำหนดคุณภาพของสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ทำหน้าที่แยกลำแสงที่มีความยาวคลื่นต่อเนื่องออกเป็นลำรังสีความยาวคลื่นเดียว ในช่วงแสงที่ตามองเห็นได้ออกจะใช้ปริซึมแก้ว ส่วนในช่วง UV จำเป็นต้องใช้ปริซึมที่ทำด้วยควอตซ์ สำหรับสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่มีราคาแพง มักใช้โมนโครเมเตอร์แบบเกรตติงเลี้ยวเบน (diffraction gration) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีร่องเป็นจำนวนมาก และความกว้างของร่องใกล้เคียงกับความยาวคลื่นของรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เซลล์บรรจุสาร

สารที่นำมาวิเคราะห์โดยเครื่องยูวี สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่มีสถานะเป็นแก๊สจะมีภาชนะใส่เฉพาะส่วน สารละลายใช้บรรจุในเซลล์หนา 1 เซนติเมตร ถ้าใช้วัดในช่วงยูวีใกล้ เซลล์ต้องทำจากควอตซ์ แต่ถ้าใช้วัด ในช่วงวิสิเบิลใช้เซลล์ที่ทำจากแก้วได้ เพราะแก้วดูดกลืนรังสีของยูวีแต่ไม่ดูดกลืนรังสีช่วงวิสิเบิล ส่วนเซลล์ ที่ทำจากซิลิกาใช้กับช่วงยูวีไกล

การเตรียมสารละลายที่ใช้วัดในเครื่องยูวี สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ต้องเลือกตัวทำละลายที่มีความบริสุทธิ์ ไม่ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง และไม่ดูดกลืนรังสีในช่วงที่ตัวอย่างดูดกลืน สำหรับน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย มีขั้วนิยมใช้กับสารอนินทรีย์แต่ไม่นิยมใช้กับสารอินทรีย์ที่นิยมใช้คือไซโคลเฮกเซน เอทานอลร้อยละ 95 ไอโซออกเทน และสารละลายที่ใช้วัดต้องมีความขุ่นน้อยกว่าร้อยละ 0.1

4. อุปกรณ์บันทึกสัญญาณ (recorder)

หลังจากที่ลำรังสีความยาวคลื่นเดียวผ่านสารที่ต้องการวัดการดูดกลืนแสงแล้ว รังสีนั้นจะไป ตกที่อุปกรณ์รับสัญญาณซึ่งให้ข้อมูลการดูดกลืน สำหรับสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ราคาถูกข้อมูลนี้จะปรากฏ ออกมาในรูปการป้ายเบนของเข็มบนหน้าปัดมิเตอร์ หรือปรากฏเป็นตัวเลขก็ได้ ในกรณีเช่นนี้ต้อง บันทึกข้อมูลเหล่านี้สำหรับแต่ละความยาวคลื่นบนกระดาษกราฟ เส้นที่เชื่อมจุดต่างๆ ก็คือ สเปกตรัม นั้นเอง

สำหรับสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ราคาแพง จะมีอุปกรณ์บันทึกสัญญาณอยู่ด้วย สามารถเปลี่ยนความ ยาวคลื่นเองโดยอัตโนมัติ และบันทึกออกมาเป็นสเปกตรัมได้โดยตรง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. Kazuaki Ito a and Yohichi Takayama a,b and Nobuyuki Makabea and Ryo Mitsui a and Takeshi Hirokawab (2005)

เทคนิค Ion chromatography ที่มีความรวดเร็ว และ ว่องไวสูง โดยใช้คอลัมน์ชนิด monolithic ODS ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อหาปริมาณไนเตรต (NO_2^-) และ ไนไตรต์ (NO_3^-) ในน้ำทะเล โดยใช้คอลัมน์ชนิด monolithic ODS 2 คอลัมน์ (50 mm × 4.6 mm i.d. + 100 mm × 4.6 mm i.d.) เชื่อมต่อกัน ที่เคลือบ และ ทำ ให้สมดุลด้วยสารละลายเอควิวส 5 mM cetyltrimethylammonium chloride (CTAC) ซึ่งประสิทธิภาพของ คอลัมน์เมื่อใช้ 0.5 M NaCl เป็นเฟสเคลื่อนที่จะไม่ลดลง ทั้งๆ ที่มีการเพิ่มอัตราการใช้ของเฟสเคลื่อนที่ ฉะนั้น โครมาโทแกรมที่ดีจะได้มาภายใน 3 นาที สำหรับไนเตรต และ ไนไตรต์ในน้ำทะเลเทียมที่ปราศจาก การรบกวนจากไอออนที่มีอยู่ และมีเทคนิคที่วัดด้วยระบบยูวีที่ความยาวคลื่นที่ 225 nm พบว่ามี 0.8 และ 1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

µg/L ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีการบรรยายถึงลักษณะเฉพาะของ monolithic CTA⁺-coated ODS columns อีกด้วย ซึ่งวิธีการที่เสนอนี้สามารถนำมาใช้ได้เป็นอย่างดีในการวัดที่รวดเร็ว และ วงอวกของไนเตรต และ ไนไตรต์ในตัวอย่างน้ำทะเลจริง

2. Daniel C. Siu and Alan Henshall (1998)

สารประกอบไนเตรตและไนไตรต์เป็นสารที่นิยมเติมลงไปในการผลิตสัตว์เนื้อสัตว์เพื่อที่จะป้องกัน เชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเป็นพิษ ไนไตรต์สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบเอมีนทุติยภูมิได้เป็นไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่ง ไนเตรตนั้นถึงแม้ว่าจะมีความเสถียรมากกว่าไนไตรต์ แต่ก็สามารถทำหน้าที่เป็นที่สะสมไนไตรต์ได้ ดังนั้นทั้งไนเตรตและไนไตรต์จึงต้องถูกตรวจสอบเพื่อคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ในงานวิจัยนี้วิธีที่มีความแม่นยำและวงอวกได้ถูกอธิบายไว้โดยที่ไนเตรตและไนไตรต์จะถูกสกัดออกจากตัวอย่างอาหาร จากนั้นก็ทำการวิเคราะห์โดยไอออนโครมาโทกราฟี ตัวอย่างแฮมและซาลามีที่วางขายตามท้องตลาดถูกวิเคราะห์ด้วยไอออนโครมาโทกราฟีโดยการตรวจวัดการดูดกลืนรังสี UV ซึ่งการดูดกลืนรังสี UV ซึ่งการดูดกลืนรังสี UV นี้จะเฉพาะเจาะจงสำหรับไนเตรตและไนไตรต์โดยที่สารรบกวนจากไอออนอื่น ๆ นั้นจะไม่ปรากฏที่ความเข้มข้นสูง ๆ %Recoveries ของไนเตรตและไนไตรต์นั้นมีความมากกว่า 90% วิธีนี้ให้ผลการวิเคราะห์เป็นเส้นตรง ($r^2 > 0.999$) ในช่วงการวิเคราะห์ และ detection limit ของไนเตรตและไนไตรต์ คือ 50 µg/l และ 30 µg/l ตามลำดับ

3. Philip A. Marshall and V. Crige Trenery (1999)

Capillary ion electrophoresis (CIE) นั้นได้ถูกใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ที่ใช้ในอาหาร ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ คือ ซีส น้ำซุ๊ปกะหล่ำปลี น้ำผลไม้ น้ำเปล่าและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์หลากหลายชนิด ในการทดลองนี้ใช้ fused silica capillary column ที่มีขนาด 75 cm, 75 µm กับ OFM Anion-BT/sodium chloride electrolyte ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ คือ 20 kV อุณหภูมิ 28°C และตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 210 nm ปริมาณไนเตรตที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์นั้นมาจากสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต ในการทดลองตอนแรกนั้นใช้ไอโอไดด์และทังสเตนเป็นสารอ้างอิงภายในแต่ก็ต้องเปลี่ยนมาใช้ไทโอไซยานเนตเนื่องจากความสามารถการแยกที่ไม่ดีของคลอไรด์และไอโอไดด์ รูปร่างพีกที่ไม่ดีและพื้นที่พีกที่ไม่สอดคล้องกันของทังสเตน เมื่อใช้ไทโอไซยานเนตเป็นสารอ้างอิงภายใน แล้วจะได้ค่าคืนกลับของไนเตรตและไนไตรต์ที่ดี จากข้อมูลที่ได้รับนี้ชี้ให้เห็นว่าวิธีนี้เหมาะสมในการหาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมี เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมี

- 1) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide; NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
- 2) กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid; HCl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
- 3) กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid; H₂SO₄) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
- 4) โซเดียมไนเตรต (Sodium nitrate; NaNO₃) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
- 5) โซเดียมไนไตรต์ (Sodium nitrite; NaNO₂) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
- 6) กรดซาลิไซลิก (Salicylic acid; C₆H₄(OH)(COOH)) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
- 7) ซัลฟานิลาไมด์ (Sulfanilamide; C₆H₅N₂O₂S) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
- 8) แนฟทิลเอทิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ (N-1-Naphylethylenediaminedihydrochloride ; C₁₀H₇NH₂CH₂CH₂NH₃Cl₂) เกรดวิเคราะห์ บริษัท A.C.S.Xenon Limited Partnership
- 9) น้ำกลั่น
- 10) สัมประรดกระป๋องตัวอย่าง 4 ตัวอย่าง
 - 10.1) สัมประรดกระป๋องยี่ห้อบรูท
 - 10.2) สัมประรดกระป๋องยี่ห้อมาลี
 - 10.3) สัมประรดสดใส่เงาะกระป๋องยี่ห้อมาลี
 - 10.4) สัมประรดสดใส่เงาะกระป๋องยี่ห้อยูเอฟซี

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1) เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrophotometer) รุ่น 6405 บริษัท Jenway พร้อมเซลล์
- 2) เตาให้ความร้อน (hot plate)
- 3) เครื่องอิงไอน้ำ (water bath)
- 3) กระดาษกรอง filter paper “Whatman” No 42
- 4) เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometre)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5) เครื่องหมุนเหวี่ยงตะกอน
- 6) เครื่องปั่นผลไม้
- 7) เครื่องแก้ว

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.2.1 การเตรียมสารละลาย

- 1) NED reagent : ละลาย N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride 0.3 กรัม ใน 0.12 N HCl 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา
- 2) รีเอเจนต์ซัลฟานิลไมด์ : ละลายซัลฟานิลไมด์ 0.5 กรัม ใน 2.4 N HCl 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา
- 3) กรดซาลิไซลิก : ละลายกรดซาลิไซลิก 5 กรัม ใน H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 95 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา
- 4) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 4 M : ละลาย NaOH 160 กรัม ใน น้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร
- 5) สารละลายมาตรฐานไนเตรด ($NaNO_3$)
 - 5.1) stock solution : ละลาย $NaNO_3$ ที่ผ่านการอบเพื่อไล่ความชื้นแล้ว จำนวน 1 กรัมด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร จะได้ stock solution $NaNO_3$ เข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร
 - 5.2) intermediate solution : ปิเปิด stock solution จำนวน 250 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 500 มิลลิลิตร จะได้ intermediate solution เข้มข้น 500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร
 - 5.3) working solution : ปิเปิด intermediate solution จำนวน 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ขวดละความเข้มข้นปรับ ปริมาตรแต่ละขวดด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร จะได้ working solution เข้มข้น 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225 และ 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) สารละลายมาตรฐานไนไตรต์ (NaNO_2)

6.1) stock solution : ละลาย NaNO_2 ที่ผ่านการอบเพื่อไล่ความชื้นแล้ว จำนวน 1 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร จะได้ stock solution NaNO_2 เข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

6.2) intermediate solution : ปิเปิด stock solution จำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร จะได้ intermediate solution เข้มข้น 50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

6.3) working solution : ปิเปิด intermediate solution จำนวน 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 และ 0.9 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดละความเข้มข้น ปรับปริมาตรแต่ละขวดด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 มิลลิลิตร จะได้ working solution เข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 และ 0.9 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

3.2.2 การเตรียมตัวอย่าง

3.2.2.1 การสกัดแยกไนเตรดและไนไตรต์จากเนื้อสัตว์ประด

นำตัวอย่างเนื้อสัตว์ประดกระป๋องป็นให้ละเอียด แล้วสุมตักน้ำมาชั่งให้ได้ 10 กรัม แล้วนำไปปั่นในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรจนละเอียดด้วยเครื่องปั่นแล้วเทใส่บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นอีก 150 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ นำไปตั้งบนเครื่องอังไอน้ำที่อุณหภูมิ 80°C พร้อมทั้งคนด้วยแท่งแก้วเป็นระยะๆ ตั้งบนเครื่องอังไอน้ำนาน 2 ชั่วโมง จึงยกออกจากเครื่องอังไอน้ำแล้วคนด้วยแท่งแก้วประมาณ 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นให้ครบ 200 มิลลิลิตร แล้วกรองผ่านกระดาษกรอง whatmann No.42

3.2.2.2 การสกัดแยกไนเตรดและไนไตรต์จากน้ำในสัตว์ประดกระป๋อง

นำตัวอย่างน้ำเชื่อมในสัตว์ประดกระป๋องนำไปกรอง แล้วกรองผ่านกระดาษกรอง whatmann No.42 แล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 200 มิลลิลิตร ได้สารละลายใส

3.2.3 การตรวจวัดปริมาณไนเตรดด้วยวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี

3.2.3.1 การสร้างกราฟมาตรฐานของไนเตรด

1) ปิเปิด working standard solution NaNO_3 เข้มข้น 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225 และ 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) เติม 5% salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงตะกอน แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
- 3) เติม 4M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงตะกอน แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
- 4) นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรีที่ความยาวคลื่น 410 nm.
- 5) พล็อตกราฟระหว่างค่าดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของไนเตรต จะได้กราฟมาตรฐานของไนเตรต

3.2.3.2 การตรวจวัดปริมาณไนเตรตในตัวอย่าง

ตรวจวิเคราะห์ไนเตรตโดยปิเปต สารละลายที่สกัดได้จากตัวอย่างสับประดกระป๋อง จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติม 5% salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงตะกอน แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติม 4M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงตะกอน แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที จะได้สารละลายสีเหลือง-เขียว นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 nm. แล้วหาปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตจากกราฟมาตรฐาน

3.2.4 การตรวจวัดปริมาณไนไตรต์ด้วยวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี

3.2.4.1 การสร้างกราฟมาตรฐานของไนไตรต์

- 1) ปิเปต working standard solution NaNO_2 เข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 และ 0.9 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น
- 2) เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงตะกอน แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
- 3) เติม N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงตะกอน แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
- 4) นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm. แล้วสร้างกราฟมาตรฐานจากค่าดูดกลืนแสงและค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน

3.2.4.2 การตรวจวัดปริมาณไนไตรต์ในตัวอย่าง

โดยปิเปตสารละลายที่สกัดได้จากตัวอย่างสับประดกระป๋องจำนวน 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงตะกอน แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติม N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride จำนวน 2 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงตะกอน แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที จะได้สารละลายสีแดงอมชมพูนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm. แล้วหาปริมาณความเข้มข้นของไนโตรต์จากกราฟมาตรฐาน

3.2.5 การเตรียมแผ่นเทียบสีมาตรฐาน

3.2.5.1 การเตรียมแผ่นเทียบสีมาตรฐานของไนเตรต

นำสารละลายสีเหลืองที่เตรียมได้จากข้อ 3.2.3.1 เทใส่เซลล์พลาสติกสีเหลือง เรียงลำดับจากสีเหลืองจางไปเข้มหรือจากความเข้มข้นไนเตรตน้อยไปมาก ทำการถ่ายภาพเพื่อนำไปทำแผ่นเทียบสีมาตรฐานต่อไป

3.2.5.2 การเตรียมแผ่นเทียบสีมาตรฐานของไนโตรต์

นำสารละลายสีชมพูที่เตรียมได้จากข้อ 3.2.4.1 เทใส่เซลล์พลาสติกสีเหลือง เรียงลำดับจากสีชมพูจางไปเข้มหรือจากความเข้มข้นไนโตรต์น้อยไปมาก ทำการถ่ายภาพเพื่อนำไปทำแผ่นเทียบสีมาตรฐานต่อไป

3.2.6 การตรวจวัดปริมาณไนเตรตด้วยแผ่นเทียบสีมาตรฐาน

นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 3.2.3.2 มาเปรียบเทียบกับแผ่นสีมาตรฐานที่ได้จากข้อ 3.2.5.1 เพื่อหาความเข้มข้นของไนเตรตในตัวอย่าง

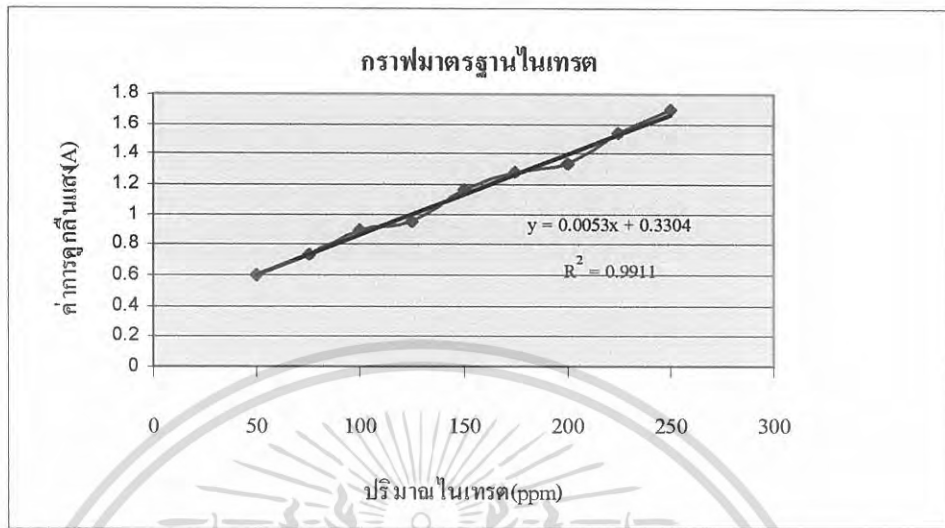
3.2.7 การตรวจวัดปริมาณไนโตรต์ด้วยแผ่นเทียบสีมาตรฐาน

นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 3.2.4.2 มาเปรียบเทียบกับแผ่นสีมาตรฐานที่ได้จากข้อ 3.2.5.2 เพื่อหาความเข้มข้นของไนโตรต์ในตัวอย่าง

3.3 การประเมินประสิทธิภาพชุดตรวจสอบไนเตรตและไนโตรต์

นำปริมาณไนเตรตและไนโตรต์ในตัวอย่างแต่ละชนิดที่ตรวจวัดได้จากแผ่นเทียบสี มาเปรียบเทียบกับปริมาณไนโตรต์ที่ตรวจวัดได้จากวิธีวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี โดยใช้หลักทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

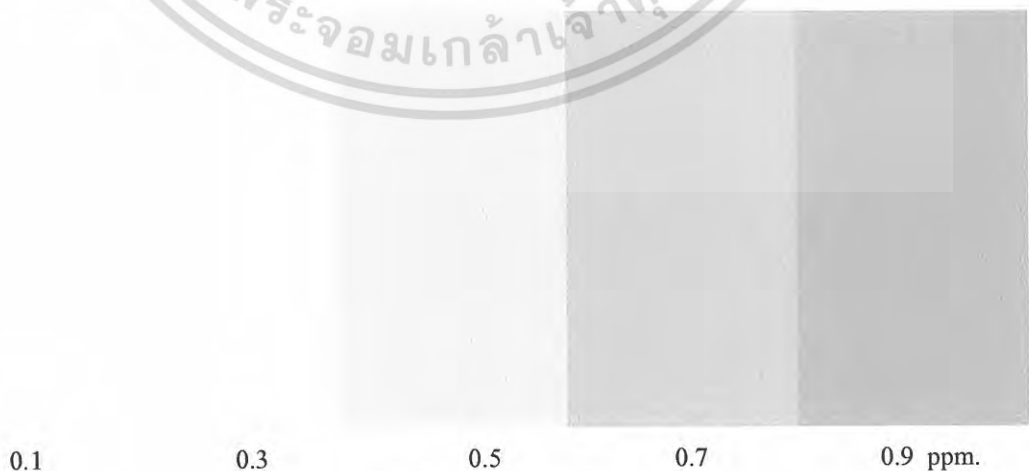


รูปที่ 4.2 กราฟมาตรฐานไนเตรต

4.3 การเตรียมแผ่นเทียบสีไนไตรต์

แผ่นเทียบสีมาตรฐานของไนไตรต์ เตรียมได้จากการถ่ายภาพสีของสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อนสีแดงอมชมพู ที่เตรียมได้จากสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ที่ความเข้มข้นต่างๆ แต่เนื่องจากสีของสารละลายที่ความเข้มข้น 0.1 , 0.3 , 0.4 , 0.5, 0.6 , 0.7 , 0.8 และ 0.9 ppm. นั้นใกล้เคียงกันมาก เราจึงตัดสีที่ความเข้มข้น 0.2 , 0.4 , 0.6 และ 0.8 ppm. ออกไป แผ่นเทียบสีที่ได้จึงมีระดับความเข้มข้น 0.1 , 0.3 , 0.5 , 0.7 และ 0.9 ppm.

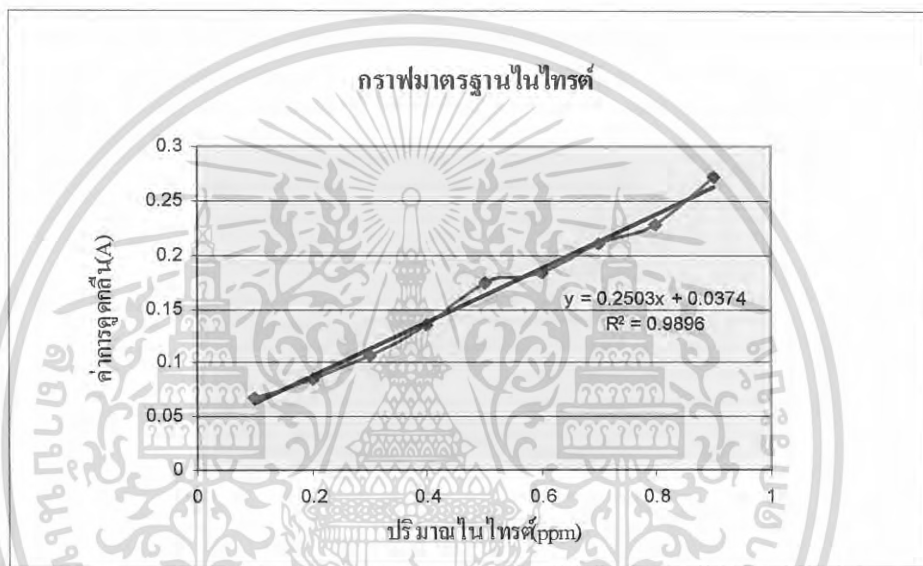
ดังนั้นความเข้มข้นของไนไตรต์ที่ให้สีเหลืองของสารประกอบเชิงซ้อนที่สามารถแยกความแตกต่างได้ด้วยสายตา คือ 0.1, 0.3 , 0.5 , 0.7 และ 0.9 ppm. ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผ่นเทียบสี

4.4 กราฟมาตรฐานไนไตรต์

เมื่อนำสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อนสีแดงอมชมพูของไนไตรต์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กันกับสารละลายแนฟทิลเอทีลินไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ไปวัดค่าดูดกลืนแสง แล้วนำไปพลอตกราฟกับความเข้มข้นของไนไตรต์ ได้กราฟแสดงในรูปที่ 4.4 ที่ความยาวคลื่น 520 nm ซึ่งสมการเส้นตรง คือ $y = 0.2503x + 0.0374$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9896



รูปที่ 4.4 กราฟมาตรฐานไนไตรต์

4.5 การตรวจวัดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง โดยใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐานเปรียบเทียบกับวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี

จากการตรวจวัดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในเนื้อสับปะรดและน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง ด้วยวิธีใช้แผ่นเทียบสีที่เตรียมได้กับวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี ซึ่งจัดเป็นวิธีมาตรฐานได้ผลดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 ซึ่งผลที่ได้จากการทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นของไนเตรดและไนไตรต์ของตัวอย่างในเนื้อสัตว์ประดกระป๋อง
ด้วยวิธีเทียบแผ่นสีมาตรฐานและวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี

ยี่ห้อ	ความเข้มข้นของไนเตรด (ppm,mg/kg)		ความเข้มข้นของไนไตรต์ (ppm,mg/kg)	
	วิธีเทียบแผ่นสีมาตรฐาน	วิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี	วิธีเทียบแผ่นสีมาตรฐาน	วิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี
บรท*	100	80.365±0.541	0.1	0.099±0.005
มาลี*	100	99.065±0.976	0.3	0.192±0.011
มาลี**	100	80.197±0.612	0.1	0.111±0.005
ยูเอฟซี**	100	97.681±0.650	0.3	0.146±0.001

ตารางที่ 4.2 ความเข้มข้นของไนเตรดและไนไตรต์ของตัวอย่างในน้ำสับประดกระป๋อง
ด้วยวิธีเทียบแผ่นสีมาตรฐานและวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี

ยี่ห้อ	ความเข้มข้นของไนเตรด (ppm,mg/kg)		ความเข้มข้นของไนไตรต์ (ppm,mg/kg)	
	วิธีเทียบแผ่นสีมาตรฐาน	วิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี	วิธีเทียบแผ่นสีมาตรฐาน	วิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี
บรท*	200	188.855±0.337	0.1	0.118±0.004
มาลี*	250	248.017±0.771	0.3	0.223±0.002
มาลี**	250	233.342±0.953	0.3	0.161±0.004
ยูเอฟซี**	250	248.017±0.813	0.3	0.189±0.003

*แทนตัวอย่างสับประดกระป๋อง

**แทนตัวอย่างเงาะสอดไส้สับประดกระป๋อง

จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าจากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้งของทุกตัวอย่างด้วยแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่เตรียมขึ้นให้ผลที่เหมือนกันแสดงว่าวิธีนี้มีความเที่ยงและเมื่อเปรียบเทียบวิธีมาตรฐานพบว่ามีความใกล้เคียงกัน แสดงว่าวิธีใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐานมีความแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรด

งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมแผ่นเทียบสีมาตรฐานสำหรับชุดตรวจสอบปริมาณไนเตรดในผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง โดยการทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างไนเตรดที่ความเข้มข้นต่างๆ กับกรดซัลฟิวริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีเหลือง ซึ่งความเข้มของสีที่เกิดขึ้นจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณไนเตรด แผ่นเทียบสีมาตรฐานของไนเตรดที่เตรียมขึ้นสามารถตรวจวัดปริมาณไนเตรดได้ในช่วงความเข้มข้น 0-250 ppm. สามารถประเมินประสิทธิภาพและทดสอบความใช้ได้ของวิธีการใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐานไนเตรดทำได้โดยการตรวจวัดซ้ำในสารละลายมาตรฐานไนเตรด ตัวอย่างเนื้อสับปะรดและน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องแล้วนำผลไปเปรียบกับการตรวจวัดด้วยวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี พบว่าค่าไนเตรดที่อ่านได้จากแผ่นเทียบสีในน้ำเชื่อมมีปริมาณไนเตรดเท่ากับ 200, 250, 250 และ 250 ppm. สำหรับสับปะรดกระป๋องยี่ห้อบูรุม, มาลี และเงาะสอดใส่สับปะรดกระป๋องยี่ห้อมาลี, ยูเอฟซี ตามลำดับ และในเนื้อสับปะรดกระป๋องมีปริมาณไนเตรดเท่ากับ 100, 100, 100 และ 100 ppm. สำหรับสับปะรดกระป๋องยี่ห้อบูรุม, มาลี และเงาะสอดใส่สับปะรดกระป๋องยี่ห้อมาลี, ยูเอฟซี ตามลำดับ ซึ่งค่าอยู่ในช่วงเดียวกันกับการวัดค่าไนเตรดด้วยวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรีคือในน้ำเชื่อมมีปริมาณไนเตรดเท่ากับ 188.855 ± 0.337 , 248.071 ± 0.771 , 233.342 ± 0.953 และ 248.017 ± 0.813 ppm. สำหรับสับปะรดกระป๋องยี่ห้อบูรุม, มาลี และเงาะสอดใส่สับปะรดกระป๋องยี่ห้อมาลี, ยูเอฟซี ตามลำดับ และในเนื้อสับปะรดกระป๋องมีปริมาณไนเตรดเท่ากับ 80.365 ± 0.541 , 99.085 ± 0.976 , 80.197 ± 0.612 และ 97.681 ± 0.650 ppm. สำหรับสับปะรดกระป๋องยี่ห้อบูรุม, มาลี และเงาะสอดใส่สับปะรดกระป๋องยี่ห้อมาลี, ยูเอฟซี ตามลำดับ แสดงว่าวิธีใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐานมีประสิทธิภาพดีคือให้ผลวิเคราะห์ที่มีความน่าเชื่อถือ จากการวิเคราะห์พบว่าในน้ำเชื่อมมีปริมาณไนเตรดมากกว่าในเนื้อสับปะรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรต์

การเตรียมแผ่นเทียบสีมาตรฐานสำหรับชุดตรวจสอบปริมาณไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์สับประรดกระป๋อง โดยการทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างไนไตรต์ที่ความเข้มข้นต่างๆ กับกับแนฟทิลเอทิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ ได้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีแดงอมชมพู ซึ่งความเข้มของสีที่เกิดขึ้นจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณไนไตรต์ แผ่นเทียบสีมาตรฐานของไนไตรต์ที่เตรียมขึ้นสามารถตรวจวัดปริมาณไนไตรต์ได้ในช่วงความเข้มข้น 0-0.9 ppm. สามารถประเมินประสิทธิภาพและทดสอบความใช้ได้ของวิธีการใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐานไนไตรต์ ทำได้โดยการตรวจวัดซ้ำในสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ ตัวอย่างเนื้อสับประรดและน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์สับประรดกระป๋องแล้วนำผลไปเปรียบกับการตรวจวัดด้วยวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมตรี พบว่าค่าไนไตรต์ที่อ่านได้จากแผ่นเทียบสีในน้ำเชื่อมมีปริมาณไนไตรต์เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.3 และ 0.3 ppm. สำหรับสับประรดกระป๋องยี่ห้อบูรท, มาลีและเงาะสอด ได้สับประรดกระป๋องยี่ห้อมาลี, ยูเอฟซี ตามลำดับ และในเนื้อสับประรดกระป๋องมีปริมาณไนไตรต์เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.1 และ 0.3 ppm. สำหรับสับประรดกระป๋องยี่ห้อบูรท, มาลีและเงาะสอด ได้สับประรดกระป๋องยี่ห้อมาลี, ยูเอฟซี ตามลำดับ ซึ่งค่าอยู่ในช่วงเดียวกันกับการวัดค่าไนไตรต์ด้วยวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมตรีคือในน้ำเชื่อมมีปริมาณไนไตรต์เท่ากับ 0.118 ± 0.004 , 0.223 ± 0.002 , 0.161 ± 0.004 และ 0.189 ± 0.003 ppm. สำหรับสับประรดกระป๋องยี่ห้อบูรท, มาลีและเงาะสอด ได้สับประรดกระป๋องยี่ห้อมาลี, ยูเอฟซี ตามลำดับ และในเนื้อสับประรดกระป๋องมีปริมาณไนไตรต์เท่ากับ 0.099 ± 0.005 , 0.192 ± 0.011 , 0.111 ± 0.005 และ 0.146 ± 0.001 ppm. สำหรับสับประรดกระป๋องยี่ห้อบูรท, มาลีและเงาะสอด ได้สับประรดกระป๋องยี่ห้อมาลี, ยูเอฟซี ตามลำดับ แสดงว่าวิธีใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐานมีประสิทธิภาพดีคือ ให้ผลวิเคราะห์ที่มีความน่าเชื่อถือ จากการวิเคราะห์พบว่าในน้ำเชื่อมมีปริมาณไนไตรต์มากกว่าในเนื้อสับประรด

5.3 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

1. ควรเก็บสารละลายที่สกัดได้ไว้ในอุณหภูมิต่ำเพื่อป้องกันเชื้อราและแบคทีเรีย
2. เครื่องแก้วที่ใช้ต้องล้างด้วยน้ำกลั่นทุกครั้งและอบให้แห้ง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสารอื่น
3. สีของสารละลายมาตรฐานไนเตรตและไนไตรต์ จะเสถียรหลังจากเกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 15 นาที-2 ชั่วโมง เราจึงควรทำการวัดค่าดูดกลืนแสงทันที หลังจากเตรียมสารละลายเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

1.ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน

1.1 ตารางค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรด

หลอดที่	ความเข้มข้นของไนเตรด (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	50	0.603	0.592	0.590	0.595	0.006
2	75	0.728	0.733	0.744	0.735	0.007
3	100	0.904	0.895	0.898	0.899	0.004
4	125	0.953	0.956	0.956	0.955	0.001
5	150	1.159	1.163	1.161	1.161	0.002
6	175	1.270	1.268	1.293	1.277	0.011
7	200	1.296	1.330	1.373	1.333	0.032
8	225	1.542	1.537	1.535	1.538	0.003
9	250	1.698	1.703	1.707	1.703	0.004

1.2 ตารางค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนไตรต์

หลอดที่	ความเข้มข้นของไนเตรด (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	0.1	0.058	0.069	0.074	0.067	0.007
2	0.2	0.082	0.089	0.084	0.085	0.003
3	0.3	0.101	0.108	0.112	0.107	0.005
4	0.4	0.140	0.131	0.134	0.135	0.004
5	0.5	0.172	0.177	0.175	0.175	0.002
6	0.6	0.180	0.190	0.182	0.184	0.004
7	0.7	0.207	0.218	0.208	0.211	0.005
8	0.8	0.226	0.239	0.219	0.228	0.008
9	0.9	0.266	0.279	0.268	0.271	0.006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

2. ตารางค่าการดูดกลืนแสงในสารละลายตัวอย่าง

2.1 ค่าการดูดกลืนแสงในการหาปริมาณในหลอด

ตัวอย่างในเนื้อตับประรดกระป๋อง

ยี่ห้อ	หลอดที่	ค่าการดูดกลืนแสง			เฉลี่ย	ค่า SD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
บรุต*	1	0.757	0.755	0.756	0.756	0.0008
	2	0.76	0.759	0.761	0.760	0.0008
	3	0.753	0.752	0.754	0.753	0.0008
มาลี*	1	0.998	0.99	0.989	0.992	0.0040
	2	0.975	0.979	0.978	0.977	0.0017
	3	0.981	0.982	0.981	0.981	0.0005
มาลี**	1	0.76	0.761	0.765	0.762	0.0022
	2	0.755	0.758	0.757	0.757	0.0012
	3	0.749	0.751	0.753	0.751	0.0016
ยูเอฟซี**	1	0.855	0.854	0.857	0.855	0.0012
	2	0.844	0.846	0.843	0.844	0.0012
	3	0.849	0.847	0.846	0.847	0.0012

ตัวอย่างในน้ำเชื่อมตับประรดกระป๋อง

ยี่ห้อ	หลอดที่	ค่าการดูดกลืนแสง			เฉลี่ย	ค่า SD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
บรุต*	1	1.334	1.333	1.334	1.334	0.0005
	2	1.332	1.33	1.331	1.331	0.0008
	3	1.329	1.328	1.331	1.329	0.0012
มาลี*	1	1.65	1.649	1.651	1.650	0.0008
	2	1.649	1.641	1.644	1.645	0.0033
	3	1.639	1.638	1.643	1.640	0.0022
มาลี**	1	1.565	1.57	1.568	1.568	0.0021
	2	1.571	1.573	1.575	1.573	0.0016
	3	1.553	1.556	1.557	1.555	0.0017
ยูเอฟซี**	1	1.645	1.644	1.642	1.644	0.0012
	2	1.638	1.637	1.637	1.637	0.0005
	3	1.655	1.649	1.651	1.652	0.0025

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ค่าการดูดกลืนแสงในการหาปริมาณไนโตรเจน

ตัวอย่างในเนื้อสับประครกระป๋อง

ยี่ห้อ	หลอดที่	ค่าการดูดกลืนแสง			เฉลี่ย	ค่า SD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
บรุต*	1	0.063	0.063	0.062	0.063	0.0005
	2	0.065	0.065	0.064	0.065	0.0005
	3	0.061	0.059	0.060	0.060	0.0008
มาลี*	1	0.087	0.086	0.086	0.086	0.0005
	2	0.081	0.079	0.080	0.080	0.0008
	3	0.089	0.088	0.088	0.088	0.0005
มาลี**	1	0.065	0.066	0.066	0.066	0.0005
	2	0.062	0.063	0.065	0.063	0.0012
	3	0.070	0.064	0.065	0.066	0.0026
ยูเอฟซี**	1	0.073	0.074	0.073	0.073	0.0005
	2	0.076	0.075	0.075	0.075	0.0005
	3	0.072	0.073	0.072	0.072	0.0005

ตัวอย่างในน้ำเชื่อมสับประครกระป๋อง

ยี่ห้อ	หลอดที่	ค่าการดูดกลืนแสง			เฉลี่ย	ค่า SD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
บรุต*	1	0.066	0.067	0.069	0.067	0.0012
	2	0.065	0.066	0.066	0.066	0.0005
	3	0.068	0.067	0.068	0.068	0.0005
มาลี*	1	0.093	0.094	0.093	0.093	0.0005
	2	0.092	0.092	0.093	0.092	0.0005
	3	0.093	0.094	0.094	0.094	0.0005
มาลี**	1	0.080	0.079	0.078	0.079	0.0008
	2	0.075	0.076	0.075	0.075	0.0005
	3	0.080	0.081	0.081	0.081	0.0005
ยูเอฟซี**	1	0.086	0.085	0.086	0.086	0.0005
	2	0.084	0.085	0.085	0.085	0.0005
	3	0.084	0.083	0.084	0.084	0.0005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ปริมาณไนเตรตในตัวอย่างสับประคกระป๋องด้วยการเทียบกราฟมาตรฐาน

ชนิด	ปรอท*(ppm)	มาลี*(ppm)	มาลี**(ppm)	ยูเอฟซี**(ppm)
เนื้อ	80.3019	100.3019	80.8049	98.5409
	81.0566	98.9811	80.4277	96.9686
	79.7359	97.9119	79.3585	97.5346
เฉลี่ย	80.3648	99.0650	80.1970	97.6814
SD	0.5411	0.9775	0.6126	0.6502
%RSD	0.6732	0.9867	0.7639	0.6657
น้ำ	189.2956	248.9811	233.4465	247.7862
	188.7925	247.9748	234.4528	247.1572
	188.4780	247.0943	232.1258	249.1069
เฉลี่ย	188.8554	248.0167	233.3417	248.0168
SD	0.3367	0.7709	0.9529	0.8125
%RSD	0.1783	0.3108	0.4084	0.3276

2.4 ปริมาณไนไตรต์ในตัวอย่างสับประคกระป๋องด้วยการเทียบกราฟมาตรฐาน

ชนิด	ปรอท*(ppm)	มาลี*(ppm)	มาลี**(ppm)	ยูเอฟซี**(ppm)
เนื้อ	0.1049	0.1982	0.1129	0.1462
	0.0996	0.1766	0.1036	0.1476
	0.0930	0.2008	0.1156	0.1449
เฉลี่ย	0.0992	0.1919	0.1107	0.1462
SD	0.0049	0.0108	0.0051	0.0011
%RSD	4.9087	5.6535	4.6432	0.7539
น้ำ	0.1196	0.2234	0.1582	0.1928
	0.1129	0.2195	0.1595	0.1875
	0.1209	0.2248	0.1662	0.1875
เฉลี่ย	0.1178	0.2226	0.1613	0.1893
SD	0.0035	0.0022	0.0035	0.0025
%RSD	2.9756	1.0076	2.1731	1.3201

*แทนตัวอย่างสับประคกระป๋อง

**แทนตัวอย่างเงาะสดใส่สับประคกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณ

การหาความเที่ยงจากสูตร
หาได้จากสูตร

$$\%RSD = \frac{SD \times 100}{\bar{X}}$$

โดยที่ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 \bar{X} = ค่าเฉลี่ย

2.5 ตารางตรวจวัดปริมาณไนเตรตในสารละลายตัวอย่างด้วยแผ่นเทียบสี

ตัวอย่างในเนื้อสับประรดกระป๋อง

ยี่ห้อ	หลอดที่	สีของสารละลาย	ช่วงความเข้มข้น (ppm)
บรุท*	1	สีเหลืองอ่อน	100
	2	สีเหลืองอ่อน	100
	3	สีเหลืองอ่อน	100
มาลี*	1	สีเหลืองอ่อน	150
	2	สีเหลืองอ่อน	150
	3	สีเหลืองอ่อน	150
มาลี**	1	สีเหลืองอ่อน	100
	2	สีเหลืองอ่อน	100
	3	สีเหลืองอ่อน	100
ยูเอฟซี**	1	สีเหลืองอ่อน	100
	2	สีเหลืองอ่อน	100
	3	สีเหลืองอ่อน	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างในน้ำเชื่อมสับประดะกระป๋อง

ยี่ห้อ	หลอดที่	สีของสารละลาย	ช่วงความเข้มข้น (ppm)
บรุต*	1	สีเหลืองเข้ม	200
	2	สีเหลืองเข้ม	200
	3	สีเหลืองเข้ม	200
มาลี*	1	สีเหลืองเข้ม	250
	2	สีเหลืองเข้ม	250
	3	สีเหลืองเข้ม	250
มาลี**	1	สีเหลืองเข้ม	250
	2	สีเหลืองเข้ม	250
	3	สีเหลืองเข้ม	250
ยูเอฟซี**	1	สีเหลืองเข้ม	250
	2	สีเหลืองเข้ม	250
	3	สีเหลืองเข้ม	250

2.6 ตารางตรวจวัดปริมาณไนโตรเจนในสารละลายตัวอย่างด้วยแผ่นเทียบสี ตัวอย่างในเนื้อสับประดะกระป๋อง

ยี่ห้อ	หลอดที่	สีของสารละลาย	ช่วงความเข้มข้น (ppm)
บรุต*	1	สีชมพูอ่อน	0.1
	2	สีชมพูอ่อน	0.1
	3	สีชมพูอ่อน	0.1
มาลี*	1	สีชมพูอ่อน	0.3
	2	สีชมพูอ่อน	0.3
	3	สีชมพูอ่อน	0.3
มาลี**	1	สีชมพูอ่อน	0.3
	2	สีชมพูอ่อน	0.3
	3	สีชมพูอ่อน	0.3
ยูเอฟซี**	1	สีชมพูอ่อน	0.3
	2	สีชมพูอ่อน	0.3
	3	สีชมพูอ่อน	0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างในน้ำเชื่อมสับประรดกระป๋อง

ยี่ห้อ	หลอดที่	สีของสารละลาย	ช่วงความเข้มข้น (ppm)
บรุต*	1	สีชมพูอ่อน	0.1
	2	สีชมพูอ่อน	0.1
	3	สีชมพูอ่อน	0.1
มาลี*	1	สีชมพูอ่อน	0.3
	2	สีชมพูอ่อน	0.3
	3	สีชมพูอ่อน	0.3
มาลี**	1	สีชมพูอ่อน	0.3
	2	สีชมพูอ่อน	0.3
	3	สีชมพูอ่อน	0.3
ยูเอฟซี**	1	สีชมพูอ่อน	0.3
	2	สีชมพูอ่อน	0.3
	3	สีชมพูอ่อน	0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กรีซเพชร แสนบุญเวช. (2549). ผลของวัสดุคลุมดินต่อผลผลิต ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ ในหน่อไม้ฝรั่งพันธุ์ฮอลโล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จารุพันธ์ ทองแถม, ม.ล. (ม.ป.ป.) สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ณัฐคุณ ขุนภักดี, ตรีพงษ์ ตั้งเต็มทอง และพงศกร อังคทะวิวัฒน์. การเตรียมชุดทดสอบปริมาณในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก. โครงการพิเศษ สาขาวิชาเคมีเครื่องมือวิเคราะห์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เย็นหทัย แน่นหนา. (2549). สมปกโทรสโกปีสำหรับเคมีอินทรีย์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ลักขณา อมรสิน. (2539). คู่มือประกอบการปฏิบัติการวิชาพืชวิทยาสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: ภาควิชา เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ลักขณา อมรสินและคณะ. (2544). “การปลูกผักกางคั้งให้ได้ผลผลิตสูงและลดปริมาณไนเตรต และไนไตรต์”. วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง. 9 (2) : 19-24
- ไนเตรตและไนไตรต์. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2549, จาก <http://www.dmsh.moph.go.th/webroot/food/files/news/nitrad.htm>
- สับปะรดและผลิตภัณฑ์สับปะรด (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2549, จาก [http://www.dft.moc.go.th/the_files/\\$16/level4/pineapple49.doc](http://www.dft.moc.go.th/the_files/$16/level4/pineapple49.doc)
- อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพและคณะ. (2545). ผลกระทบของปุ๋ยต่อปริมาณไนเตรตและไนไตรต์. ค้นเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2549, จาก http://www.rdi.ku.ac.th/foods/Aunchanee/index_Nitrate.html.10/7/46.
- Association of Official Analytical Chemists(AOAC).(1995). Official Method of Analysis of AOAC International.16th ed. vol 2, Virginia : International Suit 400.
- American Academy of Pediatrics.(1970). Infant Methemoglobinemia : The Role of Dietary Nitrate(RE0004). ค้นเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2549, จาก <http://www.aap.org/policy/356.html.12/7/2003>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Central Science Laboratory.(2002). Nitrate and Nitrite in Foodstuffs. ค้นเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2549, จาก <http://www.csl.gov.uk/prodserv/ana/nutrition/nitrate/nitrate/cfm?CFID=231563&CFTOKEN=23579274.25/3/2003>.

Spectroscopy. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อวันที่ 23 มกราคม 2550, จาก <http://www.sc.chula.ac.th/matsci/Lab/spectroscopy.htm>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้