

การวิเคราะห์ปริมาณแคลนบูเทรอลและซัลบูตามอลในเนื้อสุกร และการวิเคราะห์ปริมาณ
ไรโบฟลาวิน ฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ และฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์ในเบียร์
โดยเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟี

ณัฐพล รอดเรืองธรรม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาด้านหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

มิถุนายน 2549

ISBN 974-502-823-1

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ ณัฐพล รอดเรืองธรรม ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิริไชย)
..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณี เทอดเทพพิทักษ์)
..... กรรมการ
(ดร.นวศิษฐ์ รักษ์บำรุง)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิริไชย)
..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณี เทอดเทพพิทักษ์)
..... กรรมการ
(ดร.นวศิษฐ์ รักษ์บำรุง)
..... กรรมการ
(ดร.อภิญา นวคุณ)
..... กรรมการ
(ดร.กรประภา กาญจนะ)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)
วันที่ 30 เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๕

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ ระดับบัณฑิตศึกษา

จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

ประจำปีการศึกษา 2547

44910853: สาขาวิชา: เคมี: วท.ม. (เคมี)

คำสำคัญ: ไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟี/ เคลนบูเทรอล/ ซัลบูตามอล/ ไรโบฟลาวิน/
ฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์/ ฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์

ัญจุพล รอดเรืองธรรม: การวิเคราะห์ปริมาณเคลนบูเทรอลและซัลบูตามอลในเนื้อสุกร
และการวิเคราะห์ปริมาณไรโบฟลาวิน ฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ และฟลาวินโมโน
นิวคลีโอไทด์ในเบียร์ โดยเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟี (DETERMINATION
OF CLENBUTEROL AND SALBUTAMOL IN PORK, RIBOFLAVIN, FLAVIN ADENINE
DINUCLEOTIDE AND FLAVIN MONONUCLEOTIDE IN BEER BY HIGH-
PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY) อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์:

ผศ.ดร.สมศักดิ์ ศิริไชย, Ph.D., รศ.ดร.อรุณี เทอดเทพพิทักษ์, Ph.D., ดร.นวิษฐ์ รักษาบำรุง,
Ph.D. 99 หน้า. ปี พ.ศ. 2549. ISBN 974-502-823-1

งานวิจัยนี้ ทำการวิเคราะห์ปริมาณเคลนบูเทรอลและซัลบูตามอลในเนื้อสุกรและทำการ
วิเคราะห์ปริมาณไรโบฟลาวิน ฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ และฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์ใน
เบียร์ โดยเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟี คอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ C_{18} ขนาด
ความยาว 125 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 มิลลิเมตร ขนาดอนุภาคที่ใช้บรรจุ 5
ไมโครเมตร สารเคลนบูเทรอลและซัลบูตามอลตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 206 นาโนเมตร สาร
ไรโบฟลาวิน ฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ และฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์ ตรวจวัดที่ความยาว
คลื่น 267 นาโนเมตร สภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารเคลนบูเทรอลและซัลบูตามอล คือ
เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วย ตัวทำละลาย ก คือ เมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 5.0 มิลลิโมลาร์
สารละลายฟอสเฟตพีเอช 3.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน เวลา 0–5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำ
ละลาย ก คือ 12% และหลังจากเวลา 5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 17.5% ภายใต้
สภาวะนี้สามารถทำการวิเคราะห์สารทั้ง 2 ได้ภายในเวลา 17 นาที สภาวะที่เหมาะสมในการ
วิเคราะห์สารไรโบฟลาวิน ฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ และฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์ คือ
เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือ เมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 15.0 มิลลิโมลาร์
สารละลายฟอสเฟตพีเอช 6.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน เวลา 0–5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำ
ละลาย ก คือ 17% และหลังจากเวลา 5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25% ภายใต้สภาวะ
นี้สามารถทำการวิเคราะห์สารทั้ง 3 ได้ภายในเวลา 9 นาที ค่าร้อยละการกลับคืนสำหรับการ
วิเคราะห์เนื้อสุกรและเบียร์ให้ค่า 88.2–98.5% และ 87.8–104.8% ตามลำดับ

44910853: MAJOR: CHEMISTRY; M.Sc. (CHEMISTRY)

KEYWORDS: HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY/

CLENBUTEROL/ SALBUTAMOL/ RIBOFLAVIN/ FLAVIN ADENINE

DINUCLEOTIDE/ FLAVIN MONONUCLEOTIDE

NATTAPOL RODRUANGTUM: DETERMINATION OF CLENBUTEROL AND SALBUTAMOL IN PORK, RIBOFLAVIN, FLAVIN ADENINE DINUCLEOTIDE AND FLAVIN MONONUCLEOTIDE IN BEER BY HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY. THESIS ADVISORS: SOMSAK SIRICHA, Ph.D., ARUNEE THERDTEPPITAK, Ph.D., NAWASIT RAKBUMRUNG, Ph.D. 99 P. 2006 974-502-823-1.

This thesis reported the determination of clenbuterol and salbutamol in pork, riboflavin, flavin adenine dinucleotide and flavin mononucleotide in beer by high-performance liquid chromatography. The hypersil BDS C₁₈ column (125 x 4 mm, 5 µm) was used in separating the analytes. Clenbuterol and salbutamol were detected at 206 nm, and riboflavin, flavin adenine dinucleotide and flavin mononucleotide were detected at 267 nm. The optimized conditions for the determination of clenbuterol and salbutamol were solvent A: methanol and solvent B: 5.0 mM phosphate buffer (pH = 3.0). The linear gradient elution profile was as follows: 0-5.30 min, 12% A, 88% B, after 5.30 min, 17.5% A, 82.5% B. Under these conditions, clenbuterol and salbutamol could be analyzed within 18 min. The optimized conditions for the determination of riboflavin, flavin adenine dinucleotide and flavin mononucleotide were solvent A: methanol and solvent B: 15.0 mM phosphate buffer (pH = 6.0). The linear gradient elution profile was as follows: 0-5.00 min, 17% A, 83% B, after 5.00 min, 25% A, 75% B. Under these conditions, riboflavin, flavin adenine dinucleotide and flavin mononucleotide could be analyzed within 9 min. Pork and beer samples have been successfully analyzed with the recovery values of 88.2-98.5% and 87.8-104.8%, for pork and beer, respectively.

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำปรึกษา และช่วยแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิริไชย ซึ่งเป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณี เทอดเทพพิทักษ์ และ ดร.นวิศน์ รัชนีบำรุง กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้รับแนวทางในการศึกษาค้นคว้าความรู้ และประสบการณ์อย่างกว้างขวางในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ จึงกราบขอบพระคุณอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.อภิญา นวคุณ และ ดร.กรประภา กาญจนะ คณะกรรมการสอบปากเปล่า ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณแม่สิริ รอดเรืองธรรม อีกทั้งคุณตา คุณยาย และญาติพี่น้อง เพื่อน ๆ คุณปทุมพร มานาม ผู้คอยให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

คุณประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้เป็นสิ่งบูชาพระคุณบิดามารดา และครูอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ ได้อบรมสั่งสอนและมอบทุกสิ่งที่ดีงามให้แก่ผู้วิจัย

ณัฐพล รอดเรืองธรรม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
ขอบเขตการวิจัย.....	3
สถานที่ทำการวิจัย.....	4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
ทฤษฎีหลักการพื้นฐานของเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟี.....	7
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
การศึกษาในส่วนของสารเคลือบบูเทอรอลและซัลบูตามอล.....	10
การศึกษาในส่วนของสารไรโบฟลาวิน ฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ และฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์.....	18
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	25
อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	25
สารเคมี.....	25
วิธีดำเนินการ.....	26
การวิเคราะห์สารเคลือบบูเทอรอลและซัลบูตามอล.....	26
การเตรียมสารละลายเคมี.....	26
สถานะเครื่องไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟี.....	28
การศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทดลอง.....	28
ตรวจสอบความถูกต้องของวิธีที่ทำการวิเคราะห์.....	29

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างสารเคลือบพอลิเมอร์และ ซัลบูทามอล.....	30
การตรวจเอกลักษณ์ของสารเคลือบพอลิเมอร์และซัลบูทามอล.....	30
การหาสภาวะที่เหมาะสมของเฟสเคลื่อนที่ในการวิเคราะห์ตัวอย่างสาร เคลือบพอลิเมอร์และซัลบูทามอล.....	31
การวิเคราะห์เคลือบพอลิเมอร์และซัลบูทามอลในเนื้อสุก.....	31
การวิเคราะห์สารไรโบฟลาวิน, ฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ และฟลาวิน โมโนนิวคลีโอไทด์.....	31
การเตรียมสารละลายเคมี.....	31
สถานะเครื่องไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี.....	33
การศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการทดลอง.....	33
ตรวจสอบความถูกต้องของวิธีทำการวิเคราะห์.....	34
การวิเคราะห์ตัวอย่าง.....	35
การคำนวณ.....	35
4 ผลการทดลอง.....	37
ผลการทดลองสารกลุ่มเคลือบพอลิเมอร์และซัลบูทามอล.....	37
ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมการวิเคราะห์สารเคลือบพอลิเมอร์และซัลบูทามอล โดยเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี.....	37
ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์.....	44
ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมจากการเตรียมตัวอย่างเนื้อสุก.....	48
ผลการตรวจเอกลักษณ์ของสารเคลือบพอลิเมอร์และซัลบูทามอลในการวิเคราะห์ ตัวอย่าง.....	49
ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมของเฟสเคลื่อนที่ในการวิเคราะห์ตัวอย่างสาร เคลือบพอลิเมอร์และซัลบูทามอล.....	52
ผลผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเคลือบพอลิเมอร์และซัลบูทามอลในตัวอย่างโดย ใช้กราฟมาตรฐาน.....	56

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ผลการทดลองสารไรโบฟลาวิน ฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ และฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์.....	59
ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมการวิเคราะห์สารไรโบฟลาวิน ฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ และฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์.....	59
ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์.....	65
ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารไรโบฟลาวิน ฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ และฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์ในตัวอย่างโดยใช้กราฟมาตรฐาน.....	71
5 สรุปและอภิปรายผล.....	75
สารกลูตาไมนและซัลบูตามอล.....	75
สารไรโบฟลาวิน ฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ และฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์.....	78
บรรณานุกรม.....	82
ภาคผนวก.....	87
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	99

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4-1	ขีดจำกัดของการตรวจวัดของสารซัลบูตามอลและคลนบูเทรอล.....
4-2	ขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณของสารซัลบูตามอลและคลนบูเทรอล.....
4-3	ผลการสร้างช่วงความเป็นเส้นตรงของสารซัลบูตามอลและคลนบูเทรอล.....
4-4	ผลการสร้างกราฟมาตรฐานของสารซัลบูตามอลและคลนบูเทรอล.....
4-5	ความเที่ยงของการวิเคราะห์สารซัลบูตามอลและคลนบูเทรอลพิจารณาในเทอมของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของพื้นที่ฟีก และค่ารีเทนชันไทม์.....
4-6	ความแม่นยำของการวิเคราะห์สารซัลบูตามอลและคลนบูเทรอลพิจารณาในเทอมร้อยละการกลับคืน.....
4-7	ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารซัลบูตามอลและคลนบูเทรอลในตัวอย่าง.....
4-8	ขีดจำกัดของการตรวจวัดสารฟลาวิโนอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ ฟลาวิโนโมโนนิวคลีโอไทด์และสารไรโบฟลาวิน.....
4-9	ขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณของสารฟลาวิโนอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ ฟลาวิโนโมโนนิวคลีโอไทด์ และสารไรโบฟลาวิน.....
4-10	ผลการสร้างช่วงความเป็นเส้นตรงของสารฟลาวิโนอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ ฟลาวิโนโมโนนิวคลีโอไทด์ และสารไรโบฟลาวิน.....
4-11	ผลการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างพื้นที่ฟีกกับความเข้มข้นของสารฟลาวิโนอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ ฟลาวิโนโมโนนิวคลีโอไทด์ และสารไรโบฟลาวิน.....
4-12	ความเที่ยงของการวิเคราะห์สารฟลาวิโนอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ ฟลาวิโนโมโนนิวคลีโอไทด์ และไรโบฟลาวินพิจารณาในเทอมของ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของค่ารีเทนชันไทม์และพื้นที่ฟีกสาร.....
4-13	ความแม่นยำของการวิเคราะห์สารฟลาวิโนอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์และไรโบฟลาวินพิจารณาในเทอมของค่าร้อยละการกลับคืน.....
4-14	ความแม่นยำของการวิเคราะห์สารฟลาวิโนโมโนนิวคลีโอไทด์ พิจารณาในเทอมของค่าร้อยละการกลับคืน.....

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-15 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ ฟลาโวนโมโนนิวคลีโอไทด์ และไรโบฟลาบินในตัวอย่าง.....	71
ผ-1 พื้นที่ฟีกสารละลายมาตรฐานซัลบูตามอลเพื่อใช้สร้างกราฟมาตรฐาน.....	89
ผ-2 พื้นที่ฟีกสารละลายมาตรฐานแคลนบูเทรอลเพื่อใช้สร้างกราฟมาตรฐาน.....	89
ผ-3 พื้นที่ฟีกสารละลายมาตรฐานซัลบูตามอลเพื่อใช้สร้างความเป็นเส้นตรงของการวิเคราะห์.....	90
ผ-4 พื้นที่ฟีกสารละลายมาตรฐานแคลนบูเทรอลเพื่อใช้สร้างความเป็นเส้นตรงของการวิเคราะห์.....	90
ผ-5 ค่าพื้นที่ฟีกสารมาตรฐานฟลาโวนอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์.....	98
ผ-6 ค่าพื้นที่ฟีกสารมาตรฐานฟลาโวนโมโนนิวคลีโอไทด์.....	98
ผ-7 ค่าพื้นที่ฟีกสารละลายมาตรฐานไรโบฟลาบิน.....	98

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 โครงสร้างโมเลกุลของสารอัลบูตามอลและแคลนบูเทรอล.....	5
1-2 โครงสร้างโมเลกุลของสารไรโบฟลาวิน ฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์ และฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์.....	6
2-1 การเกิดพันธะเคมีของ (A) การเกิดปฏิกิริยาของพื้นผิวของซิลานอลกับสารประกอบคลอโรไดเมทิลไซเลน (Chlorodimethylsilene), (B) การเกิดปฏิกิริยาของพื้นผิวของซิลานอลกับสารประกอบพวกไตรฟังก์ชันนัลไซเลน (Trifunctional Silane), (C) การเกิดปฏิกิริยาของพื้นผิวของซิลานอลกับสารประกอบพวกไตรฟังก์ชันนัลอัลคอกซีไซเลน (Trifunctional Alkoxysilane).....	8
2-2 ผลของพีเอชของสารละลายเฟสเคลื่อนที่ในระบบ Reversed – phase ในตัวอย่างกรด, เบส และกลาง คอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ μ Bondapak C ₁₈ ความยาว 30 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.4 เซนติเมตร เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วย สารละลายฟอสเฟตเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ ในเมทานอล 40% สาร 1 คือ กรดซาลิไซลิก (Salicylic Acid), สาร 2 คือ ฟีนอบาบิโตน (Phenobarbitone), สาร 3 คือ ฟีนาซีติน (Phenacetin), สาร 4 คือ นิโคติน (Nicotine) และสาร 5 คือ เมทิลแอมเฟตามีน (Methylamphetamine).....	9
4-1 ผลของเปอร์เซ็นต์ของเมทานอลในสารละลายเฟสเคลื่อนที่ต่อโครมาโทแกรมของสารแคลนบูเทรอลและอัลบูตามอล สถานะการทดลองดังนี้ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือเมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 15.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 2 ระบบการชะแบบเกรเดียน โดยเวลาดังแต่ 0-5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ของตัวทำละลาย ก 9% ความเข้มข้น SB และ CB = 2 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	39
4-2 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของเมทานอลในสารละลายเฟสเคลื่อนที่กับสภาพไวของสารอัลบูตามอลและแคลนบูเทรอล.....	40

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-3 ผลของค่าพีเอชของสารละลายฟอสเฟตต่อโครมาโทแกรมของสารเคลนบูเทรอลและ ซัลบูตามอล สถานะการทดลองดังนี้ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือ เมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 15.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟต ระบบ การชะแบบเกรเดียน โดยเวลาดั้งเดิม 0-5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ของตัวทำละลาย ก 9% และหลังจากเวลา 5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25% ความเข้มข้น SB และ CB = 2 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	41
4-4 ผลความเข้มข้นของสารละลายฟอสเฟตต่อโครมาโทแกรมของสารเคลนบูเทรอลและ ซัลบูตามอล สถานะการทดลองดังนี้ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วย ตัวทำละลาย ก คือ เมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ สารละลายฟอสเฟต พีเอช 3.0 ระบบการชะแบบ เกรเดียน โดยเวลาดั้งเดิม 0-5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ของตัวทำละลาย ก 9% และ หลังจากเวลา 5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25% ความเข้มข้น SB และ CB = 2 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	42
4-5 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชของสารละลายฟอสเฟตในสารละลายเฟสเคลื่อนที่กับสภาพ ไวของสารซัลบูตามอลและเคลนบูเทรอล.....	43
4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายฟอสเฟตในสารละลายเฟสเคลื่อนที่กับ สภาพไวของสารซัลบูตามอลและเคลนบูเทรอล.....	43
4-7 กราฟความเป็นเส้นตรงของสารละลายซัลบูตามอล.....	45
4-8 กราฟความเป็นเส้นตรงของสารละลายเคลนบูเทรอล.....	46
4-9 กราฟมาตรฐานของสารละลายซัลบูตามอล.....	47
4-10 กราฟมาตรฐานของสารละลายเคลนบูเทรอล.....	47
4-11 ผลการหาสถานะที่เหมาะสมจากการเตรียมตัวอย่างเนื้อสุกร สถานะการทดลองดังนี้ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วย ตัวทำละลาย ก คือเมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 3.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน โดยเวลาดั้งเดิม 0-5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ของตัวทำละลาย ก 9% และหลังจากเวลา 5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ ตัวทำละลาย ก 25%.....	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-12 ผลการตรวจเอกลักษณ์ฟีกสารซัลบูตามอลและแคลนบูเทรอล โดยการเติมสารละลายมาตรฐานซัลบูตามอลและแคลนบูเทรอล 100.0 มิลลิกรัมต่อลิตร 5.0 ไมโครลิตร สภาวะที่ใช้ในการทดลองคือ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือเมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 5.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 3.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน โดยเวลาตั้งแต่ 0-5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ของตัวทำละลาย ก 9% และหลังจากเวลา 5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25%	51
4-13 ผลของความเข้มข้นของเมทานอลใน 5.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 3.0 ต่อโครมาโทแกรมของสารซัลบูตามอล สภาวะการทดลองดังนี้ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือเมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 15.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 3.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน หลังจากเวลา 5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25% M1 = เมทริกซ์ตำแหน่งที่ 1.....	53
4-14 ผลความเข้มข้นของเมทานอลในสารละลายฟอสเฟตความเข้มข้น 5.0 มิลลิโมลาร์ พีเอช 3.0 ต่อโครมาโทแกรมสารแคลนบูเทรอล เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือ เมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 15.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟต พีเอช 3.0 สภาวะการทดลองดังนี้ ระบบการชะแบบเกรเดียน โดยเวลาตั้งแต่ 0-5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ของตัวทำละลาย ก 12% M2 = เมทริกซ์ตำแหน่งที่ 2.....	54
4-15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นเมทานอลกับค่าการแยกระหว่างฟีกสารซัลบูตามอล กับฟีกเมทริกซ์ตำแหน่งที่ 1.....	55
4-16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นเมทานอลกับค่าการแยกระหว่างฟีกสารแคลนบูเทรอล กับฟีกเมทริกซ์ตำแหน่งที่ 2.....	55
4-17 โครมาโทแกรมตัวอย่างเนื้อสุกร 1 สภาวะเฟสเคลื่อนที่ที่เหมาะสมคือ ตัวทำละลาย ก คือเมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 5.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 3.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน โดยเวลาตั้งแต่ 0-5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ของตัวทำละลาย ก 12% และหลังจากเวลา 5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 17.5% เติมสารละลายมาตรฐานแคลนบูเทรอลและซัลบูตามอลความเข้มข้น 100.0 มิลลิกรัมต่อลิตร 10.0 ไมโครลิตร.....	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-18 โครมาโทแกรมตัวอย่างเนื้อสุก 2 สภาวะเฟสเคลื่อนที่ที่เหมาะสม คือ ตัวทำละลาย ก คือ เมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 5.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 3.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน โดยเวลาดั้ง 0-5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ของตัวทำละลาย ก 12% และหลังจากเวลา 5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 17.5% เติมสารละลายมาตรฐานซัลบูตามอลความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อลิตร 20.0 ไมโครลิตร และแคลนบูเทรอล 1000 ไมโครกรัมต่อลิตร 50.0 ไมโครลิตร.....	58
4-19 ผลของเปอร์เซ็นต์ของเมทานอลในสารละลายเฟสเคลื่อนที่ต่อโครมาโทแกรมของสารฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ ฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์ และไรโบฟลาวิน สภาวะการทดลอง ดังนี้ เฟสเคลื่อนที่ ใช้เมทานอลใน 15.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 6 อัตราส่วน 17: 83 (v/v) ความเข้มข้น FAD = 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร FMN และ RF = 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	60
4-20 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของเมทานอลในสารละลายเฟสเคลื่อนที่กับค่าการแยกของพิกสารฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์และพิกสารฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์.....	61
4-21 ผลของพีเอชของสารละลายฟอสเฟตต่อโครมาโทแกรมของสารฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ ฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์ และไรโบฟลาวิน สภาวะการทดลองดังนี้ เฟสเคลื่อนที่ใช้อัตราส่วนของเมทานอลต่อสารละลายฟอสเฟตเข้มข้น 15.0 มิลลิโมลาร์ อัตราส่วน 17: 83 (v/v) ความเข้มข้น FAD = 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร FMN และ RF = 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	62
4-22 ผลของความเข้มข้นของสารละลายฟอสเฟตต่อโครมาโทแกรมของสารฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ ฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์ และไรโบฟลาวิน สภาวะการทดลองดังนี้ เฟสเคลื่อนที่ใช้อัตราส่วนของเมทานอลต่อสารละลายฟอสเฟตพีเอช 6 อัตราส่วน 17: 83 (v/v) ความเข้มข้น FAD = 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร FMN และ RF = 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-23 ผลของการชะแบบเกรเดียนต์โครมาโทแกรมของสารฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ ฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์ และไรโบฟลาวิน สภาวะการทดลองดังนี้ เฟสเคลื่อนที่ ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือ เมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 15.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 6.0 ระบบการชะแบบเกรเดียนต์ เวลาตั้งแต่ 0-5.00 นาที ใช้ เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 17% และหลังจากเวลา 5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25% ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น เวลา 0-6.00 นาที 267 นาโนเมตร เวลา 6.01-8.00 นาที 400 นาโนเมตร หลังจากเวลา 8.00 นาที 267 นาโนเมตร ความเข้มข้น $FAD = 0.3$ มิลลิกรัมต่อลิตร FMN และ $RF = 0.5$ มิลลิกรัมต่อลิตร.....	64
4-24 กราฟความเป็นเส้นตรงของสารฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์.....	67
4-25 กราฟความเป็นเส้นตรงของสารฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์.....	67
4-26 กราฟความเป็นเส้นตรงของสารไรโบฟลาวิน.....	68
4-27 กราฟมาตรฐานของสารฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์.....	69
4-28 กราฟมาตรฐานของสารฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์.....	69
4-29 กราฟมาตรฐานของสารไรโบฟลาวิน.....	70
4-30 โครมาโทแกรมตัวอย่างเบียร์สิ่งเติมสารละลายมาตรฐาน FAD และ RF ความเข้มข้น 100.0 มิลลิกรัมต่อลิตร 10.0 ไมโครลิตร สภาวะการทดลองดังนี้ เฟสเคลื่อนที่ ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือ เมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 15.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 6.0 ระบบการชะแบบเกรเดียนต์ เวลาตั้งแต่ 0-5.00 นาที ใช้ เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 17% และหลังจากเวลา 5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25%.....	72
4-31 โครมาโทแกรมตัวอย่างเบียร์สิ่งเติมสารละลายมาตรฐาน FMN และ RF ความเข้มข้น 100.0 มิลลิกรัมต่อลิตร 20.0 ไมโครลิตร สภาวะการทดลองดังนี้ เฟสเคลื่อนที่ ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือ เมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 15.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 6.0 ระบบการชะแบบเกรเดียนต์ เวลาตั้งแต่ 0-5.00 นาที ใช้ เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 17% และหลังจากเวลา 5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25%.....	73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-32 โคโรมาโทแกรมเบียร์ข้างและเบียร์ไฮเนเก้นด์ สภาพะการทดลองดังนี้ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือ เมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 15.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 6.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน เวลาตั้งแต่ 0-5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 17% และหลังจากเวลา 5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25%.....	74
5-1 แสดงโครงสร้างของซัลบูตามอลและเกลนบูเทรอล (SB' = ซัลบูตามอลแคโทไอออน และ CB' = เกลนบูเทรอลแคโทไอออน)	76
ผ-1 โคโรมาโทแกรมสารมาตรฐานซัลบูตามอลความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อลิตร สภาพะการทดลอง คือ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วย ตัวทำละลาย ก คือเมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 5.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 3.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน โดยเวลาตั้งแต่ 0-5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ของตัวทำละลาย ก 9% และหลังจากเวลา 5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25%.....	87
ผ-2 โคโรมาโทแกรมสารมาตรฐานเกลนบูเทรอลความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อลิตร สภาพะการทดลอง คือ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วย ตัวทำละลาย ก คือเมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 5.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 3.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน โดยเวลาตั้งแต่ 0-5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ของตัวทำละลาย ก 9% และหลังจากเวลา 5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25%.....	87
ผ-3 โคโรมาโทแกรมสารมาตรฐานซัลบูตามอลความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อลิตร สภาพะการทดลอง คือ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วย ตัวทำละลาย ก คือเมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 5.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 3.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน โดยเวลาตั้งแต่ 0-5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ของตัวทำละลาย ก 9% และหลังจากเวลา 5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25%.....	88
ผ-4 โคโรมาโทแกรมสารมาตรฐานเกลนบูเทรอลความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อลิตร สภาพะการทดลอง คือ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วย ตัวทำละลาย ก คือเมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 5.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 3.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน โดยเวลาตั้งแต่ 0-5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ของตัวทำละลาย ก 9% และหลังจากเวลา 5.30 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25%.....	88

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ผ-5 สเปกตรัมของซัลบูตามอล.....	91
ผ-6 สเปกตรัมของแคลนบูเทรอล.....	91
ผ-7 สเปกตรัมของเมทริกซ์ตำแหน่งที่ 1.....	91
ผ-8 สเปกตรัมของเมทริกซ์ตำแหน่งที่ 2.....	92
ผ-9 สเปกตรัมของซัลบูตามอลในตัวอย่างเนื้อสุกร 2.....	92
ผ-10 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานฟลาวิโนอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ที่ความเข้มข้น 25 ไมโครกรัมต่อลิตร สภาวะการทดลอง คือ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือเมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 15.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 6.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน เวลาตั้งแต่ 0-5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 17% และหลังจากเวลา 5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25%.....	93
ผ-11 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานฟลาวิโนโมโนนิวคลีโอไทด์ที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อลิตร สภาวะการทดลอง คือ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือเมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 15.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 6.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน เวลาตั้งแต่ 0-5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 17% และหลังจากเวลา 5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25%.....	93
ผ-12 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไรโบฟลาวิโนที่ความเข้มข้น 25 ไมโครกรัมต่อลิตร สภาวะการทดลอง คือ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือเมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 15.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 6.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน เวลาตั้งแต่ 0-5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 17% และหลังจากเวลา 5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25%.....	94
ผ-13 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานฟลาวิโนอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อลิตร สภาวะการทดลอง คือ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือเมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 15.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 6.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน เวลาตั้งแต่ 0-5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 17% และหลังจากเวลา 5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25%.....	94

สารบัญภาพ (ต่อ)

ผ-14 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร สภาพการทดลอง คือ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือเมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 15.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 6.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน เวลาตั้งแต่ 0-5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 17% และหลังจากเวลา 5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25%.....	95
ผ-15 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไรโบฟลาวินที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อลิตร สภาพการทดลอง คือ เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยตัวทำละลาย ก คือเมทานอล และตัวทำละลาย ข คือ 15.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายฟอสเฟตพีเอช 6.0 ระบบการชะแบบเกรเดียน เวลาตั้งแต่ 0-5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 17% และหลังจากเวลา 5.00 นาที ใช้เปอร์เซ็นต์ตัวทำละลาย ก 25%.....	95
ผ-16 สเปกตรัมของฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์.....	96
ผ-17 สเปกตรัมของฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์.....	96
ผ-18 สเปกตรัมของไรโบฟลาวิน.....	96
ผ-19 สเปกตรัมของฟลาวินอะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ในตัวอย่าง.....	97
ผ-20 สเปกตรัมของฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์ในตัวอย่าง.....	97
ผ-21 สเปกตรัมของไรโบฟลาวินในตัวอย่าง.....	97