

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



249530



การวิเคราะห์ปริมาณเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตที่ตกค้างในไวน์  
พื้นบ้านโดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี  
DETERMINATION OF METHYL CARBAMATE AND ETHYL  
CARBAMATE RESIDUES IN LOCAL WINES BY  
GAS CHROMATOGRAPHY

นางสุภาวดี สารวัน

วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2553

6๐0253๙41

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



249530



การวิเคราะห์ปริมาณเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตที่ตกค้างในไวน์  
พื้นบ้านโดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี

DETERMINATION OF METHYL CARBAMATE AND ETHYL  
CARBAMATE RESIDUES IN LOCAL WINES BY  
GAS CHROMATOGRAPHY



นางสุภาวดี สาระวัน

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2553

**การวิเคราะห์ปริมาณเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตที่ตกค้างในไวน์  
พื้นบ้านโดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี**

**นางสุภาวดี สารวัน**

**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต**

**สาขาวิชาเคมีวิเคราะห์**

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น**

**พ.ศ. 2553**

**DETERMINATION OF METHYL CARBAMATE AND ETHYL  
CARBAMATE RESIDUES IN LOCAL WINES BY  
GAS CHROMATOGRAPHY**

**MRS. SUPAWADEE SARAWAN**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE  
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN ANALYTICAL CHEMISTRY  
GRADUATE SCHOOL KHON KAEN UNIVERSITY**

**2010**



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
หลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเคมีวิเคราะห์

ชื่อวิทยานิพนธ์: การวิเคราะห์ปริมาณเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตที่ตกค้างใน  
ไวน์พื้นบ้าน โดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์: นางสาวดิ สาระวัน

|                          |                                           |               |
|--------------------------|-------------------------------------------|---------------|
| คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีณา พงษ์คนตรี    | ประธานกรรมการ |
|                          | รองศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์สิทธิ์ จันทน์ไทย | กรรมการ       |
|                          | รองศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม เรืองวิริยะชัย   | กรรมการ       |
|                          | อาจารย์ ดร. เสนีย์ เครือเนตร              | กรรมการ       |

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์:

.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์สิทธิ์ จันทน์ไทย)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(รองศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม เรืองวิริยะชัย)

.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ลำปาง แม่นมาดย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกียรติ แสงอรุณ)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น

สุภาวดี สารวัน. 2553. การวิเคราะห์ปริมาณเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตที่ตกค้างในไวน์  
พื้นบ้านโดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเคมีวิเคราะห์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รศ.ดร.ศักดิ์สิทธิ์ จันทน์ไทย,  
รศ.ดร.เฉลิม เรืองวิริยะชัย

### บทคัดย่อ

249530

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ปริมาณเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตที่ตกค้างในไวน์  
พื้นบ้านที่มีปริมาณน้อยในระดับไมโครกรัมต่อลิตร โดยวิธีสกัดด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมและ  
เพิ่มความเข้มข้นด้วยเฟสของแข็ง และนำมาวิเคราะห์ปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี เฟลม  
ไอออไนเซชัน การพัฒนาวิธีการสกัดเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตจากไวน์พื้นบ้านปริมาตร  
25 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน 1:5 เท่า พบสภาวะที่เหมาะสมคือไดคลอโร  
มีเทน ที่ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ใช้เวลาสกัด 15 นาที และช่วยแยกชั้นของสารละลายด้วยโซเดียม  
คลอไรด์ความเข้มข้น 10% โดยมวลต่อปริมาตร เมื่อเพิ่มความเข้มข้นขึ้นเป็น 30 เท่าด้วยเฟส  
ของแข็งชนิดซี-18 โดยใช้ไดคลอโรมีเทนปริมาตร 3 มิลลิลิตรเป็นตัวชะ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณ  
ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีเฟลมไอออไนเซชัน ใช้คาพิลลารีคอลัมน์ชนิดคิพี-5 อุณหภูมิ  
เริ่มต้นของคอลัมน์ 50 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นจนถึง 100 องศาเซลเซียส ในอัตราเร็ว 8 องศา  
เซลเซียสต่อนาที อัตราการไหลของแก๊สพา 1 มิลลิลิตรต่อนาที และใช้สารมาตรฐานภายในที่ไม่  
เคยมีในรายงานใดมาก่อน คือ เทอร์เชียรีบิวทานอล จากการวิเคราะห์ที่สภาวะดังกล่าวสามารถแยก  
คาร์บาเมตและเทอร์เชียรีบิวทานอล ออกจากกันได้ดีภายในเวลา 12 นาที หลังจากการสกัดและเพิ่ม  
ความเข้มข้นของสารดังกล่าวเมื่อเติมสารมาตรฐานเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตที่ความ  
เข้มข้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร สามารถตรวจวัดความเข้มข้นต่ำสุด (LOD) ของเมธิลคาร์บาเมต  
และเอธิลคาร์บาเมตได้เท่ากับ 11.1 และ 3.33 ไมโครกรัมต่อลิตร และได้ขีดจำกัดต่ำสุดของการ  
วิเคราะห์ (LOQ) เท่ากับ 55.56 และ 16.67 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และให้ความแม่นยำสูง  
โดยให้ค่าร้อยละการกลับคืนของเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตเท่ากับ 82.19 - 91.23 และ  
82.44 - 95.24 ตามลำดับ ได้ความเที่ยงตรงจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการสกัดเมธิลคาร์  
บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตต่ำกว่าร้อยละ 6.92 และ 8.76 ตามลำดับ และได้เส้นตรงของกราฟ  
มาตรฐานของเมธิลคาร์บาเมตอยู่ในช่วง 0.5 - 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และเอธิลคาร์บาเมตอยู่ในช่วง

249530

0.1 - 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสารทั้งสองชนิดมากกว่า 0.994 เมื่อใช้วิเคราะห์ตัวอย่างไวน์พื้นบ้าน 10 ชนิด พบว่ามีเอธิลคาร์บาเมตตกค้างในไวน์พื้นบ้านไม่สูงกว่าที่มาตรฐาน มอก. 2089-2544 กำหนดไว้ และมีไวน์ 5 ชนิดมีการตกค้างของเมธิลคาร์บาเมตในปริมาณที่สูงกว่าเอธิลคาร์บาเมต

Supawadee Sarawan. 2010. **Determination of Methyl Carbamate and Ethyl Carbamate**

**Residues in Local Wines by Gas Chromatography.** Master of Science Thesis in

Analytical Chemistry, Graduate School, Khon Kaen University.

**Thesis Advisors:** Assoc. Prof. Dr. Saksit Chanthai,

Assoc. Prof. Dr. Chalerm Ruangviriyachai

### ABSTRACT

249530

This work describes determination trace of methyl carbamate (MC) and ethyl carbamate (EC) in local wines of level of  $\mu\text{g/L}$  by solvent extraction and preconcentration with solid-phase extraction (SPE) prior to quantitation using gas chromatography - flame ionization (GC-FID). The extraction was optimized using 25-mL of wine sample dilute with deionized water to 1:5. Dichloromethane of 20 mL was the best solvent for 15 minutes extraction and salting out by 10% (w/v) of NaCl. After that 30-fold preconcentration was done using C-18 SPE column with 3 mL of dichloromethane as the eluent. GC-FID was employed for MC and EC quantification using DB-5 capillary column with initial column temperature programming at  $50^{\circ}\text{C}$  and increased to  $100^{\circ}\text{C}$  in the ramp rate of  $8^{\circ}\text{C}/\text{min}$  in association with carrier gas flow-rate of 1 mL/min. *t*-butanol was the first time reported as internal standard. The optimized condition was able to separate the carbamates and *t*-butanol within 12 minutes. Addition of 200  $\mu\text{g/L}$  standard methyl carbamate and ethyl carbamate gave the limit of detection (LOD) at 11.1 and 3.33  $\mu\text{g/L}$  and the limit of quantitation (LOQ) at 55.56 and 16.67  $\mu\text{g/L}$ , respectively. The precisions determine by % recovery of methyl carbamate and ethyl carbamate were in range of 82.19 - 91.23 and 82.44 - 95.24, respectively. The accuracies determined by % RSD of methyl carbamate and ethyl carbamate, less than 10, were 6.92 and 8.76, respectively. Standard curves of methyl carbamate and ethyl carbamate gave good linearity in range of 0.5 - 5 mg/L and 0.1 - 0.5 mg/L, respectively. Both gave correlation coefficient of 0.994. Analysis of ethyl carbamate residue in 10 local wines showed lower content than regulation limit by MRLs (2089-2544). Five of ten wines contained methyl carbamate residues higher than ethyl carbamate.

งานวิทยานิพนธ์นี้มอบส่วนดีให้บุพการีและคณาจารย์

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการวิเคราะห์ปริมาณเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตที่ตกค้างในไวนิลพินบ้าน โดยการสกัดด้วยของเหลวและเพิ่มความเข้มข้นด้วยเฟสของแข็งก่อนวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี การศึกษาสำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์สิทธิ์ จันทร์ไทย อาจารย์ที่ปรึกษาและรองศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม เรืองวิริยะชัย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งได้ให้คำปรึกษาอันเป็นแนวทางในการทำงานวิจัย และการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนปลูกฝังให้ผู้วิจัยมีความเพียรพยายามและรักในการทำงานวิจัย และเป็นแบบอย่างที่ดีให้ผู้วิจัยปฏิบัติตามมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา พงษ์คนตรี จากภาควิชาชีวเคมี ที่ให้คำชี้แจงและปรึกษาพร้อมทั้งเป็นประธานกรรมการในการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ดร.เสนีย์ เครือเนตร จากภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณท่านอาจารย์ผู้สอนจากภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยขอนแก่นทุกท่าน ที่ให้ความรู้ทางด้านวิชาการ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือและให้คำแนะนำต่างๆ ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ส่วนโครงการส่งเสริมการผลิตครูผู้มีความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ที่ให้ทุนสนับสนุนในการศึกษาต่อปริญญาโทและทุนในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณท่านผู้บริหารสำนักการศึกษาเทศบาลนครขอนแก่นตลอดจนผู้บริหารโรงเรียนเทศบาลวัดกลางทุกท่านที่ให้โอกาสในการพัฒนาความรู้ในครั้งนี้ ขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้องๆ นักศึกษาปริญญาโทและปริญญาเอกทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดการศึกษาและการทำวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณามา ณ โอกาสนี้

ท้ายสุดนี้ขอโน้มรำลึกถึงพระคุณบิดา มารดา ที่ได้อบรมเลี้ยงดู ให้โอกาสทางการศึกษาที่ดี ให้กำลังใจและการสนับสนุนด้านการวิจัยแก่ผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา และขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ ที่มีส่วนช่วยให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุภาวดี สารวัน

## สารบัญ

|                                                                                                                     | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย                                                                                                     | ก    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                                                                                                  | ค    |
| คำอุทิศ                                                                                                             | ง    |
| กิตติกรรมประกาศ                                                                                                     | จ    |
| สารบัญตาราง                                                                                                         | ซ    |
| สารบัญภาพ                                                                                                           | ฌ    |
| รายการสัญลักษณ์และคำย่อ                                                                                             | ฉ    |
| บทที่ 1 บทนำ                                                                                                        | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา                                                                                  | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย                                                                                         | 2    |
| 1.3 สมมติฐานของการวิจัย                                                                                             | 2    |
| 1.4 ขอบเขตของการวิจัย                                                                                               | 3    |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ                                                                                       | 3    |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                                                                              | 4    |
| 2.1 ประวัติความเป็นมาของไวน์                                                                                        | 4    |
| 2.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม                                                                                      | 6    |
| 2.3 สารพิษกลุ่มคาร์บาเมต                                                                                            | 9    |
| 2.4 เทคนิคการเตรียมสารตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์                                                                  | 12   |
| 2.5 เทคนิคโครมาโทกราฟี                                                                                              | 15   |
| 2.6 แก๊สโครมาโทกราฟี                                                                                                | 17   |
| 2.7 รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง                                                                                     | 21   |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย                                                                                          | 25   |
| 3.1 สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ                                                                                    | 25   |
| 3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย                                                                                        | 26   |
| บทที่ 4 ผลการวิจัย                                                                                                  | 33   |
| 4.1 สภาวะที่เหมาะสมของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีที่มีตัวตรวจวัดชนิดเฟลม<br>ไอออนในเซชันในการวิเคราะห์สารกลุ่มคาร์บาเมต | 33   |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                                                                       | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 4.2 สภาวะที่เหมาะสมของการสักระการกลุ่มคาร์บาเมตในตัวอย่างไวน์พื้นบ้าน                                                                 | 37   |
| 4.3 การศึกษาช่วงความเข้มข้นสารมาตรฐานที่ให้กราฟเส้นตรง                                                                                | 42   |
| 4.4 การศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดสัญญาณได้และความเข้มข้นต่ำสุดที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณ                                  | 44   |
| 4.5 การวิเคราะห์หาความแม่นยำและความเที่ยงตรงของวิธีวิเคราะห์ในตัวอย่างไวน์                                                            | 45   |
| 4.6 การวิเคราะห์สารกลุ่มคาร์บาเมตในตัวอย่างไวน์พื้นบ้าน                                                                               | 47   |
| บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ                                                                                                   | 49   |
| 5.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ ที่มีตัวตรวจวัดชนิดเฟลมไอออไนเซชันในการวิเคราะห์สารกลุ่มคาร์บาเมต                   | 49   |
| 5.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมของวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายและการเพิ่มความเข้มข้นด้วยเฟสของแข็งในการวิเคราะห์สารกลุ่มคาร์บาเมตในตัวอย่างไวน์ | 49   |
| 5.3 การวิเคราะห์สารเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตในตัวอย่างไวน์พื้นบ้าน                                                              | 51   |
| 5.4 อภิปรายผลการศึกษา                                                                                                                 | 52   |
| เอกสารอ้างอิง                                                                                                                         | 54   |
| ภาคผนวก                                                                                                                               | 59   |
| ภาคผนวก ก การคำนวณปริมาณเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมต                                                                               | 60   |
| ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ผลทางสถิติและค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์                                                                       | 65   |
| ภาคผนวก ค แหล่งที่มาของตัวอย่างไวน์พื้นบ้าน                                                                                           | 68   |
| ภาคผนวก ง โครมาโทแกรมของการวิเคราะห์สารเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตในตัวอย่างไวน์                                                  | 70   |
| ประวัติผู้เขียน                                                                                                                       | 76   |

## สารบัญตาราง

|               |                                                                                                                | หน้า |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 2.1  | แก๊สพาที่เหมาะสมสำหรับตัวตรวจวัดชนิดต่างๆ                                                                      | 18   |
| ตารางที่ 2.2  | งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ปริมาณเฮริลคาร์บาเมตในไวน์                                                 | 23   |
| ตารางที่ 3.1  | รายการสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย                                                                                  | 25   |
| ตารางที่ 4.1  | ผลของอุณหภูมิคอลัมน์ต่อการแยกสารกลุ่มคาร์บาเมตและสารมาตรฐานภายใน                                               | 33   |
| ตารางที่ 4.2  | ผลของอัตราส่วน split/splitless ของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่มีต่ออัตราส่วนพื้นที่ที่ได้พิก                      | 34   |
| ตารางที่ 4.3  | ผลของอัตราการใช้ของแก๊สพาที่มีต่อเวลาการคงอยู่ของสารมาตรฐานคาร์บาเมตและสารมาตรฐานภายใน                         | 35   |
| ตารางที่ 4.4  | สถานะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่มีตัวตรวจวัดแบบเฟลมไอออไนเซชัน                                                | 35   |
| ตารางที่ 4.5  | เวลาการคงอยู่ของสารกลุ่มคาร์บาเมตและสารมาตรฐานภายใน                                                            | 36   |
| ตารางที่ 4.6  | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และสมการเส้นตรงการถดถอยของกราฟมาตรฐานของสารเมธิลคาร์บาเมตและเฮริลคาร์บาเมต            | 44   |
| ตารางที่ 4.7  | ค่า LOD และ LOQ ของสารมาตรฐานเมธิลคาร์บาเมตและเฮริลคาร์บาเมตในตัวอย่างไวน์                                     | 44   |
| ตารางที่ 4.8  | ร้อยละการได้กลับคืนของสารเมธิลคาร์บาเมตและเฮริลคาร์บาเมตเมื่อเติมสารมาตรฐานผสมที่ความเข้มข้น 200 µg/L          | 46   |
| ตารางที่ 4.9  | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของสารเมธิลคาร์บาเมตและเฮริลคาร์บาเมตเมื่อทำการวิเคราะห์ในแบบ Intraday และ Interday | 46   |
| ตารางที่ 4.10 | ผลการวิเคราะห์สารเมธิลคาร์บาเมตและเฮริลคาร์บาเมตในตัวอย่างไวน์พื้นบ้าน                                         | 47   |
| ตารางที่ ผ1   | แหล่งที่มาของตัวอย่างไวน์แดง                                                                                   | 69   |
| ตารางที่ ผ2   | แหล่งที่มาของตัวอย่างไวน์ขาว                                                                                   | 69   |

## สารบัญภาพ

|             | หน้า                                                                                                                                     |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ภาพที่ 2.1  | โครงสร้างของเอธิลคาร์บาเมต                                                                                                               |
| ภาพที่ 2.2  | ปฏิกิริยาการเกิดเอธิลคาร์บาเมต                                                                                                           |
| ภาพที่ 2.3  | ปฏิกิริยาการเกิดเอธิลคาร์บาเมตในกระบวนการหมักไวน์                                                                                        |
| ภาพที่ 2.4  | โครงสร้างของเมธิลคาร์บาเมต                                                                                                               |
| ภาพที่ 2.5  | ส่วนประกอบของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี                                                                                                     |
| ภาพที่ 3.1  | ขั้นตอนการสกัดสารตัวอย่างด้วยของเหลว                                                                                                     |
| ภาพที่ 3.2  | ขั้นตอนการกำจัดสิ่งปนเปื้อนและเพิ่มความเข้มข้นสารตัวอย่างด้วยเฟสของแข็ง                                                                  |
| ภาพที่ 4.1  | โครมาโทแกรมของสารเมธิลคาร์บาเมต เอธิลคาร์บาเมตและสารมาตรฐานภายในที่อุณหภูมิคอลัมน์ 50-100 °C                                             |
| ภาพที่ 4.2  | ผลการศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตในตัวอย่างไวน์                                           |
| ภาพที่ 4.3  | ผลการศึกษาปริมาตรของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตในตัวอย่างไวน์                                        |
| ภาพที่ 4.4  | ผลการศึกษาปริมาตรของสารตัวอย่างที่เหมาะสมในการสกัดสารเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมต                                                     |
| ภาพที่ 4.5  | ผลการศึกษาเวลาที่ที่เหมาะสมในการสกัดสารเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตในตัวอย่างไวน์                                                     |
| ภาพที่ 4.6  | ผลการศึกษาความเข้มข้นของเกลือ NaCl ที่เหมาะสมในการสกัดสารเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตในตัวอย่างไวน์                                   |
| ภาพที่ 4.7  | ผลการศึกษาปริมาตรของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการชะสารเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตในส่วนการสกัดแบบเฟสของแข็ง                              |
| ภาพที่ 4.8  | กราฟมาตรฐานของสารเมธิลคาร์บาเมตช่วงความเข้มข้น 0.5 – 5 mg/L                                                                              |
| ภาพที่ 4.9  | กราฟมาตรฐานของสารเอธิลคาร์บาเมตช่วงความเข้มข้น 0.1 – 0.5 mg/L                                                                            |
| ภาพที่ 4.10 | การเปรียบเทียบปริมาณสารเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตในตัวอย่างไวน์พื้นบ้านที่นำมาวิเคราะห์ประกอบด้วยไวน์แดงและไวน์ขาวตัวอย่างละ 5 ชนิด |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

|            |                                                                                         | หน้า |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ ผ1  | โครมาโทแกรมของการวิเคราะห์เมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมต<br>ในตัวอย่างไวน์องุ่นแดง     | 71   |
| ภาพที่ ผ2  | โครมาโทแกรมของการวิเคราะห์เมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมต<br>ในตัวอย่างไวน์หมากเม่า     | 71   |
| ภาพที่ ผ3  | โครมาโทแกรมของการวิเคราะห์เมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมต<br>ในตัวอย่างไวน์กระชายดำ     | 72   |
| ภาพที่ ผ4  | โครมาโทแกรมของการวิเคราะห์เมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมต<br>ในตัวอย่างไวน์กระเจี๊ยบ    | 72   |
| ภาพที่ ผ5  | โครมาโทแกรมของการวิเคราะห์เมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมต<br>ในตัวอย่างไวน์สตรอเบอร์รี่ | 73   |
| ภาพที่ ผ6  | โครมาโทแกรมของการวิเคราะห์เมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมต<br>ในตัวอย่างไวน์องุ่นเขียว   | 73   |
| ภาพที่ ผ7  | โครมาโทแกรมของการวิเคราะห์เมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมต<br>ในตัวอย่างไวน์ข้าว         | 74   |
| ภาพที่ ผ8  | โครมาโทแกรมของการวิเคราะห์เมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมต<br>ในตัวอย่างไวน์ลิ้นจี่      | 74   |
| ภาพที่ ผ9  | โครมาโทแกรมของการวิเคราะห์เมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมต<br>ในตัวอย่างไวน์ใบเตย        | 75   |
| ภาพที่ ผ10 | โครมาโทแกรมของการวิเคราะห์เมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมต<br>ในตัวอย่างไวน์สับปะรด      | 75   |

## รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

|         |     |                                             |
|---------|-----|---------------------------------------------|
| C-18    | คือ | คาร์บอน-18                                  |
| DB-5    | คือ | 5% ฟีนิล-เมทิลโพลีไซลอกเซน                  |
| EC      | คือ | เอธิลคาร์บาเมต                              |
| ECD     | คือ | ตัวตรวจวัดชนิดจับอิเล็กตรอน                 |
| FID     | คือ | ตัวตรวจวัดชนิดเฟลมไอออไนเซชัน               |
| FLD     | คือ | ตัวตรวจวัดชนิดแสงฟลูออเรสเซนซ์              |
| FPD     | คือ | ตัวตรวจวัดชนิดเฟลมโฟโตเมตริก                |
| FTIR    | คือ | การกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด |
| GC      | คือ | แก๊สโครมาโทกราฟี                            |
| GLC     | คือ | แก๊ส-ของเหลวโครมาโทกราฟี                    |
| HEC     | คือ | ตัวตรวจวัดชนิดสภาพการนำไฟฟ้า                |
| HPLC    | คือ | โครมาโทกราฟีของเหลวความดันสูง               |
| HS-SPME | คือ | เทคนิคเฮดสเปสโซลิคเฟสไมโครเอกซแทรกชัน       |
| K       | คือ | เคลวิน                                      |
| LLE     | คือ | การสกัดของเหลวด้วยตัวทำละลาย                |
| LOD     | คือ | ขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด                 |
| LOQ     | คือ | ขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ปริมาณ         |
| MAE     | คือ | การสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยในการสกัด     |
| MC      | คือ | เมธิลคาร์บาเมต                              |
| MPa     | คือ | มิลลิปาสกาล (บาร์)                          |
| MS      | คือ | แมสสเปกโทสโกปี                              |
| mg/L    | คือ | มิลลิกรัมต่อลิตร                            |
| mL      | คือ | มิลลิลิตร                                   |
| mm      | คือ | มิลลิเมตร                                   |
| m       | คือ | เมตร                                        |
| NPD     | คือ | ตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจนฟอสฟอรัส              |
| PLS     | คือ | การวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิคพหุเชิงเส้น         |
| RSD     | คือ | ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์             |

### รายการสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

|                 |     |                                         |
|-----------------|-----|-----------------------------------------|
| SCE             | คือ | การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่ยิ่งยวด |
| SD              | คือ | ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน                 |
| SFE             | คือ | การสกัดโดยใช้ของเหลววิกฤติที่ยิ่งยวด    |
| SIM             | คือ | การวัดแบบเจาะจงส่วนของสเปกตรัม          |
| SPE             | คือ | การสกัดด้วยเฟสของแข็ง                   |
| TCD             | คือ | ตัวตรวจวัดชนิดสภาพนำความร้อน            |
| TEA             | คือ | เครื่องวิเคราะห์พลังงานความร้อน         |
| TLC             | คือ | ทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี                  |
| $t_r$           | คือ | เวลาการคงอยู่                           |
| UAE             | คือ | การสกัดโดยใช้คลื่นอัลตราซาวด์ความถี่ต่ำ |
| °C              | คือ | องศาเซลเซียส                            |
| $\mu\text{L}$   | คือ | ไมโครลิตร                               |
| $\mu\text{g/L}$ | คือ | ไมโครกรัมต่อลิตร                        |
| สมอ.            | คือ | สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม      |
| มอก.            | คือ | มาตรฐานอุตสาหกรรม                       |