

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติความเป็นมาของไวน์ (นัยทัศน์ ภูธรันย์, 2542)

ไวน์มีต้นกำเนิดในศตวรรษที่ 19 เมื่อหลุยส์ ปาสเตอร์ พบว่า "ยีสต์" หรือเชื้อราขนาดเล็กเป็นตัวเปลี่ยนน้ำตาลในผลไม้เป็นแอลกอฮอล์โดยอาศัยปฏิกิริยาที่ค่อนข้างซับซ้อน การหมักน้ำองุ่นให้กลายเป็นเหล้าเป็นไวน์นั้นเป็นวิธีตามธรรมชาติ โดยยีสต์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติของผิวองุ่นให้เป็นแอลกอฮอล์และฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ อาจเติมยีสต์เข้าไปอีก เพื่อช่วยกระบวนการหมัก ไวน์แดงทำมาจากองุ่นแดงที่หมักนานประมาณ 2 สัปดาห์ อุณหภูมิ 21-29 องศาเซลเซียส ส่วนไวน์ขาวทำมาจากองุ่นเขียว หมักที่อุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3-6 สัปดาห์ ขั้นตอนคร่าวๆ ที่ผู้ผลิตไวน์ทำกันก็คือ สกัดน้ำออกมาจากองุ่นก่อนและใส่ถังหมัก เมื่อหมักและกรองตะกอนจากเหล้าองุ่นแล้ว จึงนำเก็บไว้แล้วค่อยบรรจุขวดที่หลัง รสชาติของไวน์ที่ต่างกันนั้น นอกจากจะแตกต่างที่ตัวองุ่นแล้ว ยังขึ้นอยู่กับขั้นตอนและเวลาของการหมักอีกด้วย

ในยุคอียิปต์โบราณ มีการเพาะปลูกองุ่นเพื่อใช้ทำไวน์ในสมัยนั้นมีการดำเนินการอย่างเป็นระบบระเบียบมาก มีเทพเจ้าต่างๆ ทั้งโอซิริสของอียิปต์ เทพไดโอนีซุสของกรีก บัคคัสของโรมัน หรือ กิลกาเมชของบาบิโลน ล้วนแล้วแต่เป็นเทพแห่งไวน์ นอกจากนั้น ไวน์ยังเป็นสัญลักษณ์ของพระโลหิตของพระเยซูเจ้าตามความเชื่อทางศาสนาคริสต์ หลังจากนั้นไวน์มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงไปเป็นอันมากในช่วงสองร้อยปีให้หลัง ชาวโรมันในสมัยก่อนนั้นดื่มไวน์ที่มีรสขมจนต้องผสมน้ำทะเลก่อนดื่ม รสชาติของไวน์ดังกล่าว จึงแตกต่างจากไวน์ในปัจจุบันอย่างสิ้นเชิง

ในสมัยศตวรรษที่ 19 ไวน์ถือว่าเป็นเครื่องดื่มบำรุงกำลังโดยคนงานที่รับจ้างเก็บเกี่ยวพืชผล จะดื่มไวน์ถึงวันละ 6-8 ลิตร และนายจ้างจะจ่ายไวน์ให้เป็นส่วนหนึ่งของค่าแรง เพราะสมัยนั้นน้ำยังไม่ค่อยสะอาดพอที่จะนำมาดื่มได้

การเรียกชื่อไวน์

มีการเรียกชื่อไวน์ตามพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูก ซึ่งพื้นที่ หมายถึง ไวน์เฉพาะถิ่นที่ผลิตในพื้นที่ซึ่งกำหนดไว้ โดยพื้นที่แต่ละแห่งจะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม สภาพพื้นดิน สภาพอากาศ ซึ่งทำให้องุ่นที่ปลูกในพื้นที่นั้นๆ ให้รสชาติและลักษณะไวน์ที่เป็นลักษณะเฉพาะและเป็นที่รู้จักเพิ่มขึ้น ไวน์ของผู้ผลิตในประเทศต่างๆ (ออสเตรเลีย แอฟริกาใต้ ชิลี แคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา) สร้างความหลากหลายให้กับรสชาติไวน์ตามลักษณะของพื้นที่ผลิต (แสงแดด

ความชื้น คุณภาพดิน)

สำหรับในฝรั่งเศส พื้นที่ผลิตมักจะสัมพันธ์กับพันธุ์องุ่น โดยในพื้นที่หนึ่งๆ อาจจะปลูกองุ่นเพียงพันธุ์เดียว หรือหลายพันธุ์เป็นการเฉพาะ ตัวอย่างเช่น ไวน์มาดิรอน (ฝรั่งเศส: madiran) จากแถบเทือกเขาปิเรเนสจะทำจากองุ่นพันธุ์ตองนาต์ (ฝรั่งเศส: tannat) เท่านั้น ผู้ผลิตจะตั้งชื่อไวน์ตามชื่อพื้นที่สำหรับไวน์บูร์โกญ (ฝรั่งเศส: bourgogne) เรียกในภาษาอังกฤษว่าเบอร์กันดี (อังกฤษ: burgundy) ส่วนไวน์บอร์โดซ์ (ฝรั่งเศส: bordeaux) ตั้งตามชื่อปราสาท (ฝรั่งเศส: châteaux - ชาโตซ์)

นอกจากนี้ยังมีการเรียกชื่อไวน์ตามปีที่ผลิต ซึ่งปีที่ผลิต คือ ปีที่มีการเก็บองุ่นซึ่งนำมาใช้ทำไวน์นั้นๆ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงลักษณะอากาศในปีต่างๆ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของคุณภาพไวน์โดยปกติผู้ผลิตจะเขียนชื่อปีที่ผลิตไว้บนฉลาก กฎหมายของสหภาพยุโรปไม่ได้กำหนดให้แจ้งปีที่เก็บเกี่ยวองุ่นที่ใช้ทำไวน์แต่อย่างใด

ชนิดของไวน์

โดยทั่วไปไวน์สามารถแบ่งได้ตามสี คือ ไวน์แดง(red wine) ไวน์ชมพู (pink wine) และไวน์ขาว (white wine) หรือแบ่งตามรสชาติ คือ ชนิดหวาน (sweet wine) และชนิดไม่หวาน (dry wine) นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิด ตามปริมาณของแอลกอฮอล์ ความหวาน คาร์บอนไดออกไซด์ สีและการปรุงแต่งคือ

(1) ไวน์โต๊ะ (table wine, still wine หรือ natural wine) ทำจากน้ำองุ่นคั้นแล้วหมักตามธรรมชาติ บางครั้งอาจเติมน้ำตาลหรือยีสต์ ปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์มีตั้งแต่ร้อยละ 7-15 ส่วนมากจะมีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ประมาณร้อยละ 12 เหล้าองุ่นส่วนใหญ่เป็นไวน์โต๊ะ มักดื่มควบคู่กับการรับประทานอาหาร

(2) ไวน์แรง (fortified wine, dessert wine หรือ aperitif wine) เป็นเหล้าองุ่นปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 16-23 โดยการเติมแอลกอฮอล์ในระหว่างการผลิต ซึ่งมักเติมบรันดีที่ทำจากองุ่น ไวน์ชนิดนี้นิยมดื่มก่อนหรือหลังรับประทานอาหาร

(3) ไวน์ซ่าหรือเหล้าองุ่นอัดลม (sparkling wine) ที่รู้จักกันมากที่สุด คือ แชมเปญเหล้าองุ่นอัดลม มักเป็นเหล้าองุ่นขาวแต่ก็มีเหล้าองุ่นแดงหรือชมพูด้วยมีปริมาณแอลกอฮอล์ใกล้เคียงกับไวน์โต๊ะ ความซ่าเกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ บางครั้งก็มีการอัดก๊าซเพิ่มเข้าไปในไวน์ด้วย

(4) ไวน์ปรุงแต่ง (flavored wine) เป็นไวน์ที่นำมาปรุงแต่งรสด้วยเครื่องเทศ สมุนไพร และผลไม้เพื่อให้ได้รสชาติและกลิ่นเฉพาะตัว เป็นเอกลักษณ์ของแต่ละท้องถิ่น

การผลิตไวน์ (สมบัติ กรินทราทันต์, 2529)

ไวน์ (wine) หรือสุราผลไม้ หมายถึง เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักน้ำผลไม้ด้วยเชื้อยีสต์ ซึ่งถ้าจะพูดให้ถูกต้องแน่นอนแล้ว ผลไม้ที่ใช้ทำไวน์ควรจะเป็นองุ่น แต่โดยทั่วไปแล้ว ผลไม้ทุกชนิดจะใช้เวลาหมักได้โดยมักจะนิยมบอกชื่อชนิดของผลไม้ไว้ด้วย เช่น ไวน์สับปะรด ไวน์กระเจี๊ยบ เป็นต้น ในไวน์จะประกอบด้วย เอธิลแอลกอฮอล์ หรือเอทานอล (ethyl alcohol or ethanol) น้ำตาล คาร์โบไฮเดรต กรดอินทรีย์ สารให้สี (pigments) สารให้กลิ่น รส ไขมัน และแร่ธาตุต่างๆ

ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง พบทั่วไปในธรรมชาติ มักไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ โดยในการหมักแอลกอฮอล์ หรือไวน์ ยีสต์มักจะถูกใช้ในรูปของลำยีสต์ส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างแอลกอฮอล์แตกต่างกันออกไปตามสายพันธุ์ ยีสต์ที่นิยมใช้ในการหมักแอลกอฮอล์ก็คือ ยีสต์ในสกุล *Saccharomyces* โดยทั่วไป ยีสต์จะมีการเจริญใน 2 ลักษณะคือ ในสภาพที่มีอากาศยีสต์จะใช้น้ำตาลไปในการเจริญเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ แต่ในสภาพไม่มีอากาศยีสต์จะใช้น้ำตาลไปเพื่อสร้างแอลกอฮอล์ ดังนั้น ในการหมักแอลกอฮอล์การควบคุมปริมาณอากาศที่ยีสต์ได้รับจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อปริมาณของแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ ยีสต์ที่ใช้ในการผลิตไวน์เป็นยีสต์ที่ลักษณะเฉพาะ คือสามารถทนต่อแอลกอฮอล์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นสูงกว่ายีสต์ปกติ ทำงานได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ ให้ไวน์ที่มีกลิ่นรสดี ยีสต์ที่ใช้ทำไวน์มักขายใน 3 รูปแบบ คือ ยีสต์ผง ยีสต์น้ำ และยีสต์บนรุ้น การเลือกชนิดยีสต์ มักขึ้นอยู่กับชนิดของไวน์ที่ต้องการทำเป็นสำคัญ

2.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)

2.2.1 ความเป็นมาของมาตรฐาน

ปี พ.ศ. 2516 สมอ. กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสุรา มอก. 39-2516 เพื่อควบคุมผลิตภัณฑ์สุราให้มีคุณภาพที่สม่ำเสมอ ซึ่งมาตรฐานดังกล่าวได้ครอบคลุมถึงเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ทุกชนิด รวมถึงไวน์ด้วย

ปี พ.ศ. 2542 สมอ. ปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานสุราที่ประกาศใช้ เพื่อให้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย และสะดวกสำหรับการนำไปใช้อ้างอิง รวมทั้งมีความทันสมัยสอดคล้องกับชื่อเรียกทางการค้า ตามประเภทของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และตามวัตถุดิบรวมถึงกรรมวิธีที่ทำ และได้ยกเลิกมาตรฐานสุรา มอก. 39-2516 และประกาศใช้ใหม่เป็นมาตรฐาน 3 เรื่อง ได้แก่

- | | |
|------------------|------------------|
| - มอก. 2088-2544 | มาตรฐานสุรากลั่น |
| - มอก. 2089-2544 | มาตรฐานไวน์ |
| - มอก. 2090-2544 | มาตรฐานเบียร์ |

ปี พ.ศ. 2544 สมอ. ได้ประกาศมาตรฐานทั้ง 3 เรื่องดังกล่าว เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544

2.2.2 นิยามของไวน์ ตาม มอก.

ในมาตรฐานจะเรียกไวน์แทนคำว่าสุราแช่ ไวน์ หมายถึง เครื่องดื่มที่มีความแรงของแอลกอฮอล์ที่เกิดจากการหมักผลไม้ น้ำผลไม้ หรือผลิตผลทางการเกษตรบางชนิด เช่น ข้าว น้ำผึ้ง แอปเปิ้ล น้ำตาล เป็นต้น ทั้งนี้อาจเติมแอลกอฮอล์หรือสุราชนิดอื่น เพื่อให้มีความแรงแอลกอฮอล์มากขึ้น และอาจปรุงแต่งสี กลิ่น รส เพิ่มเติมด้วยก็ได้

นิยามไวน์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมให้ไว้ 8 ข้อ คือ เทเบิลไวน์ สปาร์กลิงไวน์ ฟอร์ทิไฟด์ไวน์ เฟลเวอร์ไวน์ ไวน์องุ่น ไวน์ผลไม้ ไวน์จากผลผลิตเกษตรอื่น และไวน์ผสม สำหรับไวน์ที่นิยมในประเทศ คือ

- (1) เทเบิลไวน์ หมายถึง ไวน์ที่มีความแรงแอลกอฮอล์ตามธรรมชาติที่เกิดจากการหมัก ไม่ต่ำกว่า 7 ดีกรีและไม่สูงกว่า 15 ดีกรี
- (2) ไวน์องุ่น หมายถึง ไวน์ที่ทำจากองุ่นหรือผลิตภัณฑ์จากผลองุ่น
- (3) ไวน์ผลไม้ หมายถึง ไวน์ที่ทำจากผลไม้อื่นหรือผลิตภัณฑ์จากผลไม้อื่นนอกจากองุ่น และให้รวมถึงผลไม้ที่ผสมกับองุ่นด้วย
- (4) ไวน์จากผลผลิตเกษตรอื่น หมายถึง ไวน์ที่ทำจากข้าว น้ำผึ้ง แอปเปิ้ล น้ำตาล เช่น สาเก อุ กระแช่ น้ำตาลเมา ไวน์น้ำผึ้ง เป็นต้น

2.2.3 คุณลักษณะมาตรฐานของไวน์

สมอ. ได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไวน์ มาตรฐานเลขที่ มอก. 2089-2544 โดยขอบข่ายของมาตรฐาน ครอบคลุมถึงไวน์ที่ทำหรือนำเข้า กำหนดเกิน 10 ลูกบาศก์เดซิเมตร (ลิตร) เพื่อประโยชน์ทางการค้า โดยได้กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการในด้านต่างๆ รวมทั้งการแสดงเครื่องหมายและฉลาก การบรรจุ ตลอดจนวิธีชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสินไว้เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ผลิตในประเทศพัฒนาไวน์ไทยให้ได้มาตรฐาน โดยไวน์ที่ได้รับการรับรองคุณภาพต้องมีคุณลักษณะตามมาตรฐาน ดังนี้

- 1) ปริมาณความแรงของแอลกอฮอล์เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลากโดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ 1 ดีกรีร้อยละโดยปริมาตร

- 2) มีคุณลักษณะทางเคมี คือ

- | | |
|-----------------|-------------------|
| (2.1) ฟูลอออซัล | ไม่เกิน 2500 mg/L |
| (2.2) เอสเทอร์ | ไม่เกิน 1200 mg/L |

(2.3) แอลดีไฮด์ ไม่เกิน 160 mg/L

(2.4) เมทิลแอลกอฮอล์ ไม่เกิน 420 mg/L

(2.5) เอทิลคาร์บาเมต ไม่เกิน 200 µg/L

3) วัตถุเจือปนอาหาร มีชนิดและปริมาณ ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ดังนี้

(3.1) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 300 mg/L

(3.2) กรดเบนโซอิกหรือเกลือของกรดนี้ ไม่เกิน 250 mg/L

(3.3) กรดซอร์บิกหรือเกลือของกรดนี้ ไม่เกิน 200 mg/L

(3.4) สารปรุงแต่งสี กลิ่นและรส ในปริมาณที่เหมาะสม

4) สารปนเปื้อนที่อาจมีอยู่ในไวน์ไม่เกินเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

(4.1) สารหนู ไม่เกิน 0.1 mg/L

(4.2) ตะกั่ว ไม่เกิน 0.2 mg/L

(4.3) ทองแดง ไม่เกิน 5 mg/L

(4.4) เหล็ก ไม่เกิน 1.5 mg/L

5) ไม่มีเฟอร์โรไซยาไนด์ปนเปื้อนอยู่ในไวน์

6) การบรรจุมีปริมาตรสุทธิ ตามระบุไว้ที่ฉลากและไม่ต่ำกว่าปริมาณที่แสดงไว้เป็นร้อยละ คือ ร้อยละ 6 สำหรับปริมาตรไม่เกิน 50 มิลลิลิตร ร้อยละ 3 สำหรับปริมาตรไม่เกิน 50-500 มิลลิลิตร ร้อยละ 2 สำหรับปริมาตรไม่เกิน 500 มิลลิลิตร แต่ไม่เกิน 1 ลิตร และร้อยละ 1 สำหรับปริมาตรเกิน 1 ลิตรขึ้นไป

7) เครื่องหมายและฉลากแสดงชัดเจนมีรายละเอียด คือ

(7.1) ชื่อผลิตภัณฑ์ตามชื่อไวน์ต่างๆ เช่น ไวน์องุ่น ไวน์ผลไม้หรือระบุชื่อผลไม้ที่ใช้ทำไวน์ ไวน์ข้าว เทเบิลไวน์ สปรักกลิ้งไวน์

(7.2) ชื่อทางการค้า

(7.3) ความแรงแอลกอฮอล์เป็นดีกรี หรือร้อยละโดยปริมาตร

(7.4) ปริมาตรสุทธิ

(7.5) คำเตือนตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น การดื่มสุราทำให้ความสามารถในการขับขี่ยานพาหนะลดลง เป็นต้น

(7.6) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำหรือผู้นำเข้า พร้อมสถานที่ตั้ง

(7.7) เครื่องหมายการค้าจดทะเบียน (ถ้ามี)

ในกรณีใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีเครื่องหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดข้างต้น ยกเว้นคำเตือนต้องเป็นภาษาไทย

2.3 สารพิษกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamates) (สุภาณี พิมพ์สมาน, 2540)

คาร์บาเมตเป็นยาฆ่าแมลงกลุ่มที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ แบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่

1. กลุ่ม N-N-dimethyl carbamates of phenol and hydroxy heterocyclics เช่น Pyrolan, Isolan, Dimetilan, Pirimicarb เป็นต้น
2. กลุ่ม Phenyl carbamates เช่น Carbaryl, Carbofuran, Bufencarb, Dioxacarb, Landrin เป็นต้น
3. กลุ่ม Oxime carbamates เช่น Aldicarb, Methomyl, Cartab เป็นต้น

กลไกการออกฤทธิ์ของคาร์บาเมตในสัตว์และพืช

ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีการเปลี่ยนแปลงสารกลุ่มคาร์บาเมต โดยทำให้อยู่ในรูปที่มีประจุมากขึ้น ละลายน้ำได้ดีขึ้น และถูกกำจัดออกทางปัสสาวะ ส่วนในพืชมีการเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในรูปที่ทำปฏิกิริยากับเปปไทด์ โปรตีน หรือคาร์โบไฮเดรต

คาร์บาเมตมีผลต่อระบบประสาทโดยออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส (Acetylcholinesterase หรือ AChE) ทำให้เกิดการสะสมของอะเซทิลโคลีน ที่ซินแนปส์ (synapse) ของเส้นประสาท เนื่องจากเอนไซม์ไม่สามารถไปไฮโดรไลสอะเซทิลโคลีนให้เป็นโคลีนและกรดอะซิติกได้ จึงทำให้เกิดการกระตุ้นปลายประสาทเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งถ้ารุนแรงจะทำให้เสียชีวิตได้

อาการพิษของคาร์บาเมต

1. อาการพิษแบบมัสคารินิก (Muscarinic signs and symptoms) มักพบส่วนใหญ่ที่กล้ามเนื้อเรียบ หัวใจและต่อมมีท่อ อาการที่เกิดขึ้นคือ เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเดิน น้ำตาไหล เหงื่อออก ม่านตาหดตัว กลืนอาหารและปัสสาวะไม่อยู่ การเกร็งของหลอดลม หลอดลมจะมีเมือกและเสมหะมาก เป็นต้น

2. อาการพิษแบบนิโคตินิก (Nicotinic signs and symptoms) เกิดเนื่องจากการสะสมของอะเซทิลโคลีนที่ปลายประสาทมอเตอร์และที่ซินแนปส์ของระบบประสาทอัตโนมัติ อาการที่เกิดขึ้นคือ กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นมากกว่าปกติ มีการกระตุกของกล้ามเนื้อที่หน้า หน้าตา ลิ้น ถ้าอาการรุนแรงขึ้นกล้ามเนื้อจะกระตุกมากขึ้นทั่วร่างกาย ต่อมาจะเกิดการอ่อนเพลียของกล้ามเนื้อทั่วไปและเกิดเป็นอัมพาตของกล้ามเนื้อในที่สุด

3. อาการทางสมอง เนื่องจากความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลาง อาการที่พบได้แก่ มึนศีรษะ ปวดศีรษะ งง และกระสับกระส่าย ตื่นตกใจง่ายและอารมณ์พลุ่งพล่าน ถ้า

อาการมากอาจชักและหมดสติได้ ผู้ป่วยที่มีอาการมากอาจตายได้เนื่องจากระบบการหายใจล้มเหลว (respiratory failure) ซึ่งอาจเกิดจากหลอดลมตีตัน กล้ามเนื้อของระบบการหายใจเป็นอัมพาต และ ศูนย์ควบคุมการหายใจในสมองหยุดทำงาน ในรายที่มีอาการไม่รุนแรงนัก อาการจะดีขึ้นใน 2-3 วัน แต่จะอ่อนเพลีย ไม่มีแรงเป็นเวลานาน

การแก้พิษ

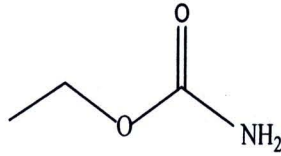
1. รีบนำผู้ป่วยออกจากบริเวณที่มีวัตถุมีพิษนั้นทันที และให้พักผ่อนในที่ที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก หากหายใจขัดให้ใช้เครื่องช่วยหายใจทันที
2. หากเข้าปากรีบทำให้อาเจียนโดยคั้นน้ำเกลืออุ่น (เกลือ 1 ช้อนโต๊ะ ต่อ น้ำอุ่น 1 แก้ว)
3. หากสัมผัสผิวหนังรีบล้างออกด้วยสบู่และน้ำจำนวนมากๆ หรือถ้าเข้าตาต้องล้างด้วยน้ำจำนวนมากๆ หากเปื้อนเสื้อผ้ารีบเปลี่ยนใหม่ทันที
4. หากมีอาการรุนแรงรีบนำผู้ป่วยส่งแพทย์ทันที พร้อมภาชนะบรรจุและฉลากวัตถุมีพิษนั้น

การป้องกันอันตรายจากสารพิษ

1. การใช้วัตถุมีพิษ ผู้ใช้ควรรู้ถึงอันตราย อ่านคู่มือและปฏิบัติตามคำแนะนำอย่างละเอียดก่อนใช้
2. ควรสวมเสื้อผ้า เครื่องป้องกันการซึมของสารเคมีเข้าสู่ร่างกายขณะใช้งาน
3. ห้ามผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปบริเวณที่มีวัตถุมีพิษหรือบริเวณที่ฉีดพ่นสาร และควรนำสัตว์เลี้ยงออกจากบริเวณดังกล่าวด้วย
4. เกษตรกรที่ใช้วัตถุมีพิษดังกล่าวทางการเกษตร ต้องมีความรู้เกี่ยวกับระยะเวลาดกค้างของสารบนผลผลิตที่ได้ เนื่องจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่เพิ่งจะพ่นยาออกจำหน่าย อาจก่อให้เกิดพิษแก่ผู้บริโภคได้

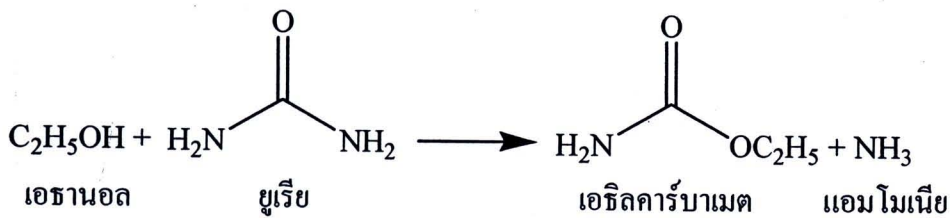
2.3.1 เอธิลคาร์บาเมต (Ethyl carbamate)

เอธิลคาร์บาเมต หรือ ยูรีเทน (urethane) เป็นสารประกอบเอสเทอร์ที่ประกอบด้วยเอสเทอร์ของกรดคาร์บามิก เป็นสารที่มีขั้วเล็กน้อย มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียสและ 49 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มีสูตรโมเลกุล คือ $(\text{NH}_2\text{-COOC}_2\text{H}_5)$



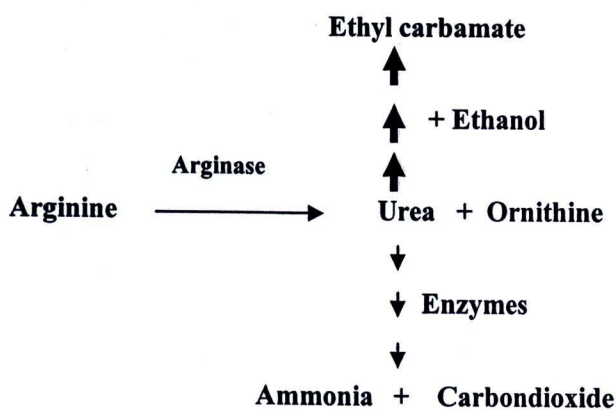
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของเอธิลคาร์บาเมต

เอธิลคาร์บาเมตเป็นสารประกอบที่สร้างขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ด้วยยีสต์ สร้างจากยูเรีย ซึ่งเป็นสารตั้งต้น (precursor) ที่จะถูกเอนไซม์ urease เปลี่ยนเป็นสารชนิดนี้



ภาพที่ 2.2 ปฏิกริยาการเกิดเอธิลคาร์บาเมต (อุสนา ประจง, 2544)

เอธิลคาร์บาเมตในกระบวนการผลิตไวน์นั้นเกิดจากกรดอะมิโนชื่ออาร์จินีนที่มีในน้ำองุ่น ซึ่งกรดอะมิโนชนิดนี้เป็นอาหารของยีสต์ ภายหลังจากสลายด้วยเอนไซม์อาร์จินเนส จะเกิดเป็นออร์นิทีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีขนาดเล็กและเกิดยูเรียขึ้นจำนวนมากอีกด้วย ซึ่งยูเรียที่มีมากในเซลล์จะถูกปล่อยออกมาสู่ไวน์ มีผลให้ปริมาณยูเรียในไวน์สูงขึ้น ยูเรียส่วนหนึ่งจะถูกย่อยสลายกลายเป็นแอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์แต่อย่างไรก็ตามยูเรียที่เหลืออีกส่วนหนึ่งที่มียูเรียมากในไวน์ก็จะทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ที่ชื่อเอทานอล เกิดกลายเป็นเอธิลคาร์บาเมตปนเปื้อนในไวน์ (Dahabieh, et al., 2010) ซึ่งการเกิดเอธิลคาร์บาเมตแสดงดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

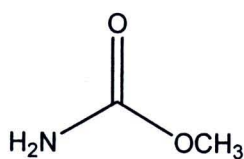


ภาพที่ 2.3 ปฏิกริยาการเกิดเอธิลคาร์บาเมตในกระบวนการหมักไวน์ (ดัดแปลงจาก Dahabieh, et al., 2010)

ดังนั้นไวน์ที่มีการปนเปื้อนเมธิลคาร์บาเมตเป็นปริมาณมากอาจทำให้ผู้บริโภคเกิดโรคมะเร็งหรือทำให้เกิดอาการแพ้ได้ ซึ่งเกณฑ์กำหนดใน มอก.ไวน์ 2089-2544 ของเมธิลคาร์บาเมต คือ 200 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (วิธีทดสอบตาม AOAC 1997)

2.3.2 เมธิลคาร์บาเมต (methyl carbamate) (ปรุ่งจันทร์ ทินกร ณ อยุธยา, 2535)

เมธิลคาร์บาเมต เรียกอีกชื่อว่า เมธิลยูรีเทน (methyl urethane) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดจากสารประกอบเอสเทอร์ของกรดคาร์บามิก (NH_2COOH) เป็นสารที่มีขั้วเล็กน้อย มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 177 องศาเซลเซียส และ 52 องศาเซลเซียสตามลำดับ และมีสูตรโมเลกุล คือ ($\text{NH}_2\text{-COOCH}_3$) ในปัจจุบันนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงของเส้นใยพอลิเอสเทอร์และใยฝ้าย ใช้ในกระบวนการผลิตยาฆ่าแมลงประเภทเมธิลคาร์บาเมตในรูปของ N-methyl carbamate เช่น คาร์บาริลและอัลดีคาฟ และใช้ปริมาณเล็กน้อยในการผลิตโฟมโพลียูรีเทน พลาสติกและยา และใช้ในการสังเคราะห์สารอินทรีย์เป็นต้น สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายของสารชนิดนี้ เป็นสารก่อมะเร็งและสารกระตุ้นอาการแพ้



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของเมธิลคาร์บาเมต

เมธิลคาร์บาเมตหรือเมธิลยูรีเทน ตรวจพบในเครื่องคั้นไวน์มักอยู่ในรูปของไดเมทิลไดคาร์บอเนต (dimethyl dicarbonate) ซึ่งพบในไวน์ที่มีการปนเปื้อนสารกลุ่มไซยาไนด์ เช่น ไฮโดรเจนไซยาไนด์ ไซยาโนไฮดริน ไซยานेट ไรโอไซยาไนด์ หรือแม้แต่สารเชิงซ้อนกลุ่มคอปเปอร์ไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในกระบวนการหมักนั้น สามารถทำให้เกิดเมธิลคาร์บาเมตได้เช่นกัน (Aylott, et al., 1989)

2.4 เทคนิคการเตรียมสารตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), 2552)

การสกัดสารสำคัญจากตัวอย่างเป็นการแยกสาร โดยอาศัยคุณสมบัติพื้นฐานในการละลายและความมีขั้ว (Polarity) ของตัวทำละลาย และตัวถูกละลาย โดยทั่วไปตัวทำละลายที่นิยมใช้ตัวทำละลายที่ไม่เป็นอันตรายหรือมีความปลอดภัยมากที่สุดซึ่งได้แก่ เอทานอล และน้ำ การเลือกใช้ตัวทำ



ละลายที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัด ตัวทำละลายที่ดีจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัดสามารถแยกออกหรือกำจัดออกได้ง่ายหลังจากการสกัดแล้ว เช่นมีจุดเดือดต่ำเพื่อแยกออกโดยการกลั่นได้ง่าย นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงความปลอดภัยต่อการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทอาหาร เป็นสารที่รับรองโดยทั่วไปว่าปลอดภัย (Generally Recognized As Safe ; GRAS) ตัวอย่างของตัวทำละลายอินทรีย์ที่นิยมใช้ในการสกัดสารสำคัญจากตัวอย่าง ได้แก่ อีเทอร์ เฮกเซน คลอโรฟอร์ม และอะซีโตน เป็นต้น สารสกัดที่ได้จะถูกนำมาระเหยเพื่อกำจัดเอาตัวทำละลายออกให้เหลือแต่สารสำคัญที่ต้องการ (crude extract) และทำให้สารสกัดที่ได้เข้มข้นขึ้นโดยใช้เครื่องระเหยแบบหมุน (rotary evaporator) เพื่อสะดวกต่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

นอกจากนั้น การสกัดสารนั้นยังสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่สกัด คุณสมบัติของสารสำคัญที่มีอยู่ในตัวอย่าง ความคงทนต่อความร้อน ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้สกัด ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป วิธีการสกัดที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่

2.4.1 Maceration

เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญจากตัวอย่าง ซึ่งทำได้โดยการหมักตัวอย่างกับตัวทำละลายในภาชนะปิด และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3-7 วัน เพื่อให้ตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าไปละลายเอาสารสำคัญที่มีอยู่ในตัวอย่างออกมา ข้อดีของวิธีนี้คือ สารสกัดที่ได้ไม่ถูกความร้อน แต่เป็นวิธีที่ใช้เวลานานในการสกัด และสิ้นเปลืองตัวทำละลายมาก นิยมใช้ในการสกัดพืชสมุนไพรทางเภสัชวิทยา

2.4.2 Percolation

เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญจากตัวอย่างโดยการชะสกัดสารตัวอย่าง ตัวทำละลายจะไหลผ่านตัวอย่างโดยต่อเนื่องในอุปกรณ์ที่เรียกว่า Percolator พร้อมกับละลายสารสำคัญออกมา นอกจากจะเป็นวิธีที่ไม่ใช้ความร้อนในการสกัดแล้ว ยังเป็นวิธีที่สะดวกและง่ายต่อการสกัดอีกด้วย

2.4.3 Soxhlet Extraction

เป็นวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง โดยใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำ เช่น เฮกเซน หรืออีเทอร์ การสกัดทำได้โดยการให้ความร้อนเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยขึ้นไปแล้วควบแน่นกลับลงมาแช่ใน Thimble ที่บรรจุตัวอย่างไว้ ตัวทำละลายจะสกัดสารสำคัญให้หลุดออกมา เมื่อตัวทำละลายมีปริมาณมากพอก็จะเกิดแรงดันทำให้ไหลกลับสู่ขวดด้านล่าง การสกัดจึงหมุนเวียนอย่างต่อเนื่อง วิธีนี้ทำให้ประหยัดตัวทำละลาย และได้สารสกัดที่มีความเข้มข้นสูง

แต่การใช้ความร้อนอาจทำให้
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 12 ก.ย. 2555
เลขทะเบียน 249530

สารสำคัญบางชนิดสลายตัวได้ ส่วนใหญ่นิยมใช้ในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืช เช่น งา ถั่วเหลือง รำข้าว และปาล์ม เป็นต้น

2.4.4 การสกัดด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่

2.4.4.1 Supercritical Fluid Extraction (SFE)

เป็นการสกัดโดยใช้ของเหลววิกฤติที่ยิ่งยวด หรือของเหลวไหลเหนือวิกฤติ (supercritical fluid) ซึ่งเป็นจุดที่สารอยู่ในสถานะที่อุณหภูมิและความดันที่เป็นจุดวิกฤติ (critical point) ของเหลวที่อยู่ในสถานะนี้ มีองค์ประกอบที่ไม่ใช่ของเหลว หรือก๊าซแต่มีลักษณะเป็นของไหลกึ่งของเหลวและแก๊ส มีคุณสมบัติคล้ายตัวทำละลายอินทรีย์ แต่สามารถแพร่ซึมผ่านได้เหมือนแก๊ส มีความข้นหนืดและแรงตึงผิวน้อย ทำให้สามารถสกัดหรือพาสารที่ต้องการออกจากพืชได้ดี จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้นิยมนำเอาวิธีการสกัดแบบ SFE มาใช้ในการสกัดสารสำคัญจากตัวอย่างมากกว่าวิธีการสกัดอื่นๆ โดยเฉพาะการสกัดด้วยตัวทำละลายที่อาจมีปัญหาในการจำกัดเอาตัวทำละลายออกได้ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดการตกค้างของตัวทำละลายในสารสกัดที่ได้ นอกจากนี้ วิธีการสกัดแบบ SFE ยังเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในยุโรปและอเมริกา เนื่องจากสามารถลดปริมาณการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ ลดปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม และใช้เวลาสกัดน้อยกว่า ไม่เกิดการเสื่อมสลายขององค์ประกอบทางเคมีของสารสกัด

เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดแบบ SFE ประกอบด้วยส่วนของถังบรรจุของไหลวิกฤติที่ยิ่งยวด ถังบรรจุสารช่วยเพิ่มความจำเพาะในการสกัด (modified agent) ถังใส่ตัวอย่างที่จะทำการสกัดและถังเก็บสารสกัด สำหรับตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดแบบ SFE ถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสกัด ตัวทำละลายที่ดีควรมีความสามารถในการสกัดสูง ไม่เกิดปฏิกิริยากับสารสกัดง่ายต่อการแยกออกจากสารสกัด และมีราคาถูก โดยทั่วไปนิยมใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤติที่ยิ่งยวด (supercritical CO₂) ซึ่งมีสถานะวิกฤติที่ความดัน 73.8 บาร์ (7.4 MPa) และอุณหภูมิ 31.1 °C (304 K) มีงานวิจัยที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพรบางชนิด เช่น จิง ขมิ้น และโรสแมรี่ โดยใช้ supercritical CO₂ extraction; SCE ที่ความดัน 10-30 MPa และอุณหภูมิ 40 °C นอกจากนั้นยังใช้ในการสกัดนิโคตินออกจากใบยาสูบ การสกัดคาเฟอีนออกจากเมล็ดกาแฟ อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของวิธีนี้คือ เครื่องมือยังมีราคาแพงและสภาวะการสกัดที่ความดันสูง ทำให้ต้องใช้อุปกรณ์ที่สามารถทนต่อแรงดันสูงได้

2.4.4.2 Ultrasonically Assisted Extraction (UAE)

เป็นวิธีการสกัดสารโดยใช้คลื่นอัลตราซาวด์ความถี่ต่ำ (low frequency ultrasound) 20-100 KHz ช่วยในการสกัด อาศัยหลักการเกิดปรากฏการณ์ cavitation เนื่องจากคลื่นประกอบด้วย

ช่วงอัดและช่วงขยาย ในช่วงขยายเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวทำละลายจะทำให้เกิดฟอง (Bubble) ของตัวทำละลายขนาดเล็กจำนวนมากมาย เมื่อฟองเหล่านี้ได้รับแรงจากคลื่นในช่วงอัดจะทำให้ฟองแตกออกและเกิดเป็น microjet ที่มีความแรงมาก ทำให้อัตราการถ่ายเทมวลสารเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการชะสารสำคัญออกจากตัวอย่างได้มากขึ้น การสกัดโดยวิธี UAE มี 3 รูปแบบ ได้แก่ การสกัดทางอ้อมโดยอาศัยตัวกลางในการส่งผ่านคลื่น การสกัดโดยตรงแบบใช้ ultrasound horn เป็นแหล่งกำเนิดคลื่น และการสกัดโดยตรงแบบให้แหล่งกำเนิดคลื่นติดกับถังสกัด ตัวอย่างงานวิจัยที่ได้ศึกษาวิธีการสกัดแบบ UAE ได้แก่ การสกัดสารจากผักชี (coriander) ผักชีล้อม (fennel) และผักชีลาว (dill) โดยการสกัดด้วยเอทานอล ร่วมกับการใช้ UAE เป็นเวลา 30 นาที พบว่าได้ปริมาณผลผลิตมากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย และใช้เวลาในการสกัดน้อยกว่า

2.4.4.3 Microwave Assisted Extraction (MAE)

เป็นวิธีการสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยในการสกัด ร่วมกับการสกัดด้วยตัวทำละลาย หลักการของวิธี MAE อาศัยการส่งผ่านคลื่นไมโครเวฟไปยังตัวอย่าง โดยทำให้โมเลกุลของน้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในตัวอย่างสั่นสะเทือน เกิดแรงดันขึ้นภายใน และปล่อยสารสำคัญที่อยู่ภายในออกมาผสมกับตัวทำละลายที่ใช้สกัด เนื่องจากกระบวนการสกัดใช้เวลาสั้นๆ ทำให้ไม่เกิดการสลายตัวขององค์ประกอบของสารที่สกัดได้ เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้น วิธีการสกัดแบบ MAE ในทางการค้ามี 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบระบบปิด (closed extraction vessels) หรือ multimode microwave oven และแบบ focused microwave oven ข้อดีของวิธีนี้ คือ ใช้เวลาในการสกัดสั้น ไม่เปลืองตัวทำละลาย ช่วยป้องกันการสลายตัวขององค์ประกอบสารสำคัญที่สกัดได้เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้น และช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตของสารสกัดที่ได้ ตัวอย่างเช่น การสกัดคาเฟอีนและโพลีฟีนอลจากชาเขียวด้วยเอทานอล ร่วมกับการใช้ MAE ซึ่งใช้เวลาในการสกัดเพียง 4 นาทีเท่านั้น

2.5 เทคนิคโครมาโทกราฟี (วิรัช ว่องพัฒนากุล, 2542)

เทคนิคโครมาโทกราฟีอาศัยสมบัติ 2 ประการคือ

- 1) สารต่างชนิดกันมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายได้ต่างกัน
- 2) สารต่างชนิดกันมีความสามารถในการถูกดูดซับด้วยตัวดูดซับได้ต่างกัน

โครมาโทกราฟี (chromatography) เป็นการแยกสารผสมที่มีสี หรือสารที่สามารถทำให้เกิดสีได้ วิธีการนี้จะมีเฟส 2 เฟส คือ เฟสอยู่กับที่ (stationary phase) กับเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) โดยที่สารในเฟสอยู่กับที่จะทำหน้าที่ดูดซับ (adsorb) ผสมด้วยแรงไฟฟ้าสถิตย์ สารที่ใช้ทำเฟสอยู่กับที่จึงมีลักษณะเป็นผงละเอียดมีพื้นที่ผิวมากเช่นอลูมินา (alumina, Al_2O_3) ซิลิกาเจล

(silica gel, SiO_2) หรืออาจจะใช้วัสดุที่สามารถดูดซับได้ดี เช่น ซอล์ก กระจกาศ ซึ่งสารที่ทำหน้าที่ดูดซับในเฟสอยู่กับที่ เช่น น้ำ ส่วนเฟสเคลื่อนที่จะทำหน้าที่ชะ (elute) เอาสารผสมออกจากเฟสอยู่กับที่ให้เคลื่อนที่ไปด้วย การจะเคลื่อนที่ได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดระหว่างสารในสารผสมกับตัวดูดซับในเฟสอยู่กับที่ ดังนั้นสารที่ใช้เป็นเฟสเคลื่อนที่ ได้แก่ พวกตัวทำละลาย เช่น ปิโตรเลียมอีเทอร์ เฮกเซน คลอโรฟอร์ม เบนซีน ฯลฯ การทำโครมาโทกราฟีสามารถทำได้หลายวิธีจะแตกต่างกันที่เฟสอยู่กับที่ที่อยู่ในลักษณะใดเช่น

2.5.1 โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ (column chromatography) ทำได้โดยการบรรจุสารที่เป็นเฟสอยู่กับที่ เช่น อลูมินาหรือซิลิกาเจลไว้ในคอลัมน์ แล้วเทสารผสมที่เป็นสารละลายของเหลวลงสู่คอลัมน์ สารผสมจะผ่านคอลัมน์ช้าๆ โดยตัวทำละลายซึ่งเป็นเฟสเคลื่อนที่เป็นตัวพาไปสารในเฟสอยู่กับที่จะดูดซับสารในสารผสมไว้ ส่วนประกอบใดของสารผสมที่ถูกดูดซับได้ดีจะเคลื่อนที่ช้า ส่วนที่ถูกดูดซับไม่ดีจะเคลื่อนที่ได้เร็ว ทำให้สารผสมแยกจากกันได้

2.5.2 โครมาโทกราฟีแบบชั้นบาง (thin layer chromatography) เป็นโครมาโทกราฟีแบบระนาบ (plane chromatography) โดยทำเฟสอยู่กับที่ให้มีลักษณะเป็นครีมชั้น แล้วเคลือบบนแผ่นกระจกให้ความหนาของการเคลือบเท่ากันตลอดแล้วนำไปอบให้แห้ง หยดสารละลายของสารผสมที่ต้องการแยกบนแผ่นที่เคลือบเฟสอยู่กับที่นี้ไว้ แล้วนำไปจุ่มในภาชนะที่บรรจุตัวทำละลายที่เป็นเฟสเคลื่อนที่ไว้ โดยให้ระดับของตัวทำละลายต้องอยู่ต่ำกว่าระดับของจุดที่หยดสารผสม ตัวทำละลายจะซึมไปตามเฟสอยู่กับที่ ด้วยการซึมตามรูเล็กเหมือนกับน้ำที่ซึมไปในกระดาษหรือผ้า เมื่อซึมถึงจุดที่หยดสารผสมไว้ ตัวทำละลายจะชะเอาองค์ประกอบในสารผสมนั้นไปด้วยอัตราเร็วที่ต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพมีขั้ว (polarity) ของสารที่เป็นองค์ประกอบกับสารที่เป็นตัวทำละลาย ถ้าตัวทำละลายเป็นโมเลกุลมีขั้ว (polar molecule) จะชะเอาสารในสารผสมที่เป็นสารมีขั้วไปด้วยได้เร็ว ส่วนสารที่ไม่มีขั้วในสารผสมจะถูกชะพาไปได้ช้า สารผสมก็จะแยกออกจากกัน

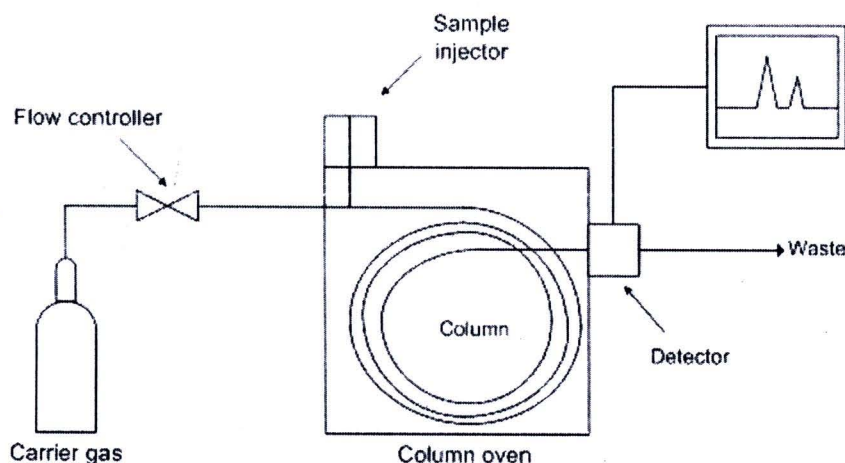
2.5.3 โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ (paper chromatography) เป็นโครมาโทกราฟีแบบระนาบอีกแบบหนึ่ง มีวิธีการและหลักการเหมือนกับโครมาโทกราฟีแบบชั้นบาง แตกต่างกันที่เฟสอยู่กับที่ใช้กระดาษที่สามารถดูดซับได้แทนกระจกที่เคลือบด้วยซิลิกาเจล

2.5.4 แก๊สโครมาโทกราฟี (gas chromatography, GC) ใช้สำหรับแยกสารผสมที่เป็นแก๊ส โดยมีเฟสเคลื่อนที่เป็นแก๊สเช่นกันแต่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารผสม เช่น ฮีเลียม จะทำหน้าที่เป็นตัวพา (carrier) สารผสม ส่วนเฟสอยู่กับที่อาจจะแข็งหรือของเหลวที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์ เมื่อทั้งตัวพาและสารผสมเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์นี้ เฟสอยู่กับที่ในคอลัมน์จะดึงดูดด้วยแรงดึงดูดไฟฟ้าสถิตตามความเป็นขั้วของสารกับโมเลกุลในสารผสม ทำให้องค์ประกอบในสารผสมถูกพาไปด้วยอัตราเร็วที่ต่างกัน สารผสมก็จะแยกออกจากกัน

ปัจจุบันเทคนิคของโครมาโทกราฟีได้ถูกพัฒนาให้สามารถทำงานได้รวดเร็ว และใช้แยกสารตัวอย่างได้ครั้งละหลายสารตัวอย่าง เช่น gas-liquid chromatography (GLC), high performance liquid chromatography (HPLC)

2.6 แก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC)

เป็นเทคนิคใช้สำหรับแยกสารผสมที่มีคุณสมบัติที่สามารถเป็นแก๊สได้ โดยใช้เฟสเคลื่อนที่เป็นแก๊สเช่นกันแต่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารผสม เช่น ฮีเลียม จะทำหน้าที่เป็นตัวพาสารผสม ส่วนเฟสอยู่กับที่อาจจะเป็นของแข็งหรือของเหลวที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์ เมื่อทั้งตัวพาและสารผสมเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์นี้ เฟสอยู่กับที่ในคอลัมน์จะดึงดูดด้วยแรงดึงดูดไฟฟ้าสถิตตามความเป็นขั้วของสารกับโมเลกุลในสารผสมทำให้องค์ประกอบในสารผสมถูกพาไปด้วยอัตราเร็วที่ต่างกัน สารผสมก็จะแยกออกจากกัน เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีนี้มักใช้ในการวิเคราะห์ทั้งคุณภาพและปริมาณในหลายด้าน อาทิเช่น ทางด้านอาหาร ยา ยาฆ่าแมลง น้ำมันหอมระเหยทางการแพทย์ ปิโตรเลียม และ ทางสิ่งแวดล้อม เป็นต้น



ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

องค์ประกอบหลักที่สำคัญของเครื่อง GC สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ส่วน คือ

2.6.1 แก๊สพา (carrier gas)

คือ ส่วนของแก๊สพาที่จะนำพาสารเข้าสู่เครื่องมือ ซึ่งใช้แก๊สเฉื่อย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาใดๆ ในคอลัมน์และไม่เกิดอันตรกิริยาใดๆ กับสารที่จะวิเคราะห์ ตัวอย่างของแก๊สพาได้แก่ ไฮโดรเจน ฮีเลียม ไนโตรเจน แก๊สพาที่ใช้ต้องมีความบริสุทธิ์สูงและต้องพิจารณาถึงความ

ปลอดภัยต่อผู้ใช้เครื่องมือและมีความเหมาะสมกับตัวตรวจหา อัตราการไหลของแก๊สพามีผลต่อประสิทธิภาพของคอลัมน์ ดังนั้นในการวิเคราะห์สารจะต้องมีการวัดหรือควบคุมอัตราการไหลของแก๊สพา แก๊สพาที่เหมาะสมกับตัวตรวจวัดชนิดต่างๆ ดังแสดงตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แก๊สพาที่เหมาะสมสำหรับตัวตรวจวัดชนิดต่างๆ

ตัวตรวจวัด	แก๊สพา	แก๊สเชื้อเพลิง (Fuel gas)	แก๊สช่วย (Auxillary gas)
Thermal conductivity	He	-	-
Flame ionization	N ₂	H ₂	Air
Electron capture	N ₂ or He	-	-
Flame photometry	He	H ₂	Air or O ₂

2.6.2 ระบบนำเข้าสู่สารตัวอย่าง (injector)

คือ ส่วนที่สารผสมตัวอย่างจะถูกฉีดเข้าสู่เครื่องมือ และระเหยกลายเป็นไอ ก่อนที่จะเข้าสู่คอลัมน์ อุณหภูมิที่เหมาะสมของส่วนฉีดสาร ควรเป็นอุณหภูมิที่สูงพอที่จะทำให้ตัวอย่างระเหยได้แต่ต้องไม่ทำให้สารสลายตัว เช่น split, splitless injector, on column injector เป็นต้น

กรณีสารตัวอย่างเป็นของเหลว และแก๊ส จะมีระบบนำเข้าสู่สารตัวอย่างอยู่ในช่วง 0.1 - 1.0 ไมโครลิตร โดยใช้เข็มฉีดยา (microsyringe) ฉีดผ่านเซปตัม (septum) ซึ่งทำด้วยยางซิลิโคนที่มีความยืดหยุ่น ทำให้สารตัวอย่างและแก๊สพาไม่ดันย้อนกลับออกมา ควบคุมอุณหภูมิคงที่และสูงพอที่จะทำให้ตัวอย่างเปลี่ยนสถานะเป็นไอ สำหรับสารตัวอย่างที่เป็นแก๊สจะใช้ปริมาณตัวอย่างมากกว่าของเหลว คือประมาณ 1 ไมโครลิตร ถึง 10 มิลลิลิตร กรณีตัวอย่างเป็นของแข็งจะนำไปละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสมก่อนนำมาวิเคราะห์

สำหรับตัวอย่างที่มีจุดเดือดสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เช่น สารพอลิเมอร์ ตัวอย่างดิน เส้นใยต่างๆ ต้องทำการแยกสลายด้วยความร้อน โดยตัวอย่างจะถูกทำให้แตกตัวเป็นโมเลกุลย่อยๆ ซึ่งเครื่องมือนี้เรียกไพโรไลเซอร์ (pyrolyzer) โดยจะต้องเข้าแทนที่ระบบนำเข้าแบบฉีด การวิเคราะห์จะต้องเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับตัวอย่างแต่ละชนิด

กรณีตัวอย่างเป็นสารผสมระหว่างแก๊สและของเหลวที่มีความหนืดน้อยหรือสารผสมที่ระเหยง่ายอยู่ร่วมกับสารที่ระเหย จะใช้วิธีนำเข้าตัวอย่างแบบเฮดสเปซ (head space) โดยตัวอย่างจะใส่ในขวดที่มีฝาปิด โดยขวดใส่สารตัวอย่างเช่นในอ่างควบคุมอุณหภูมิ เมื่อได้รับความร้อนสารตัวอย่างที่ระเหยง่ายจะระเหยเข้าสู่คอลัมน์ของเครื่องโครมาโทกราฟโดยตรง

2.6.3 ตู้อบและคอลัมน์ (oven and column)

คือ ส่วนที่ใช้สำหรับบรรจุคอลัมน์ และเป็นส่วนที่ควบคุมอุณหภูมิของคอลัมน์ให้เปลี่ยนไปตามความเหมาะสมกับวิธีการที่ต้องการวิเคราะห์สารผสม คอลัมน์แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แพ็คคอลัมน์และคาพิลลารีคอลัมน์

2.6.3.1 แพ็คคอลัมน์ (pack column) ประกอบด้วยท่อกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 ถึง 6 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 1 ถึง 4 เมตร คอลัมน์จะถูกขดไว้ในตู้อบคอลัมน์ จะบรรจุด้วยวัสดุภาคคงที่ที่เป็นของแข็งหรือของเหลวที่เคลือบอยู่บนของแข็ง วัสดุที่ใช้ทำคอลัมน์มีหลายชนิด เช่น แก้ว สแตนเลส พอลิเมอร์ อะลูมิเนียม ทองแดง เป็นต้น การเลือกใช้คอลัมน์ที่ทำด้วยวัสดุชนิดใดนั้น ต้องพิจารณาว่าวัสดุที่ใช้นั้นจะต้องไม่เกิดปฏิกิริยากับวัสดุภาคคงที่ วัสดุภาคเคลื่อนที่ หรือตัวอย่าง และต้องมีความทนต่อความร้อนสูงได้

2.6.3.2 คาพิลลารีคอลัมน์ (capillary column) เป็นคอลัมน์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กประมาณ 0.2 ถึง 0.5 มิลลิเมตร ความยาวประมาณ 25 ถึง 100 เมตร ภายในจะเคลือบด้วยของเหลวที่ทำหน้าที่เป็นวัสดุภาคคงที่

ลำดับของการระเหยออกจากคอลัมน์ ขึ้นอยู่กับ

- จุดเดือดของสาร สารที่มีจุดเดือดต่ำจะออกมาก่อน ถ้าเป็นสารประเภทเดียวกัน

ลำดับการระเหยจะถูกเรียงตามจำนวนคาร์บอนอะตอมจากน้อยไปมาก

- ลำดับการระเหยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติความเป็นขั้วและขึ้นอยู่กับอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นของสารตัวอย่างกับวัสดุภาคคงที่

การควบคุมอุณหภูมิของตู้อบ นั้นมี 2 แบบ คือ isothermal จะใช้อุณหภูมิคงที่ตลอดการวิเคราะห์ และแบบ temperature program จะสามารถเปลี่ยนอุณหภูมิได้ในระหว่างการวิเคราะห์ มักจะนิยมใช้กับสารผสมที่มีช่วงของจุดเดือดกว้าง ทำให้โครมาโทแกรมที่ได้มีรูปร่างของพีค ไม่ broad และยังช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์

2.6.4 ตัวตรวจวัด (detector)

คือส่วนที่ใช้สำหรับตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง และดูว่าสารตัวอย่างที่สนใจมีปริมาณอยู่เท่าใด มีหลายชนิดตามความเหมาะสมดังนี้

2.6.4.1 ตัวตรวจวัดชนิดฟเลมไอออไนเซชัน (Flame Ionization Detector, FID) เหมาะสำหรับตรวจวัดสารที่มีพันธะ C-H ในโมเลกุลหรือที่เรียกว่าเป็นสารอินทรีย์

2.6.4.2 ตัวตรวจวัดชนิดสภาพนำความร้อน (Thermal Conductivity Detector, TCD) มี filament ที่มีการให้กระแสไฟฟ้าคงที่ และจะเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าของ filament ใน reference cell และ sample cell การเปลี่ยนแปลงนี้จะมีความสัมพันธ์กับ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสารที่ต้องการวิเคราะห์กับค่าสัมประสิทธิ์นำความร้อนของแก๊ส พา ทำให้ตัวตรวจวัดชนิดนี้สามารถตรวจสอบสารได้ทุกชนิดยกเว้นตัวแก๊ส ที่ใช้เป็นแก๊สพา

2.6.4.3 ตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจนฟอสฟอรัส (Nitrogen Phosphorous Detector, NPD) เป็นเครื่องมือในการตรวจวัดที่ใช้ตรวจวัดเฉพาะสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัส เป็นองค์ประกอบโดยสารตัวอย่างจะถูกเผาใน plasma ที่เกิดจาก rubidium bead ที่ถูกกระตุ้นด้วย ไฮโดรเจน และอากาศ ทำให้สารที่มีไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสกลายเป็นไอออน

2.6.4.4 ตัวตรวจวัดชนิดฟเลมโฟโตเมตริก (Flame Photometric Detector, FPD) สารที่มีซัลเฟอร์หรือฟอสฟอรัสในองค์ประกอบเมื่อถูกเผาใน hydrogen/air flame จะให้แสงในช่วงคลื่นเฉพาะ แสงนี้จะผ่าน monochromatic filter ไปยัง photomultiplier tube เพื่อทำการตรวจวัด

2.6.4.5 ตัวตรวจวัดชนิดจับอิเล็กตรอน (Electron Capture Detector, ECD) เป็นตัวตรวจวัดเฉพาะที่ใช้วัด electrophilic compounds อย่างเช่น ฮาโลเจน, ไนเตรต และ conjugated carbonyls หลักของตัวตรวจวัดนี้คือ ^{63}Ni จะให้อิเล็กตรอน เมื่อมีกระแสไฟฟ้า เมื่อสารที่เป็น electrophilic compounds เข้าไปจับกับอิเล็กตรอน ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของกระแสในการวัด

2.6.5 ระบบประมวลผลและรายงานผล (recorder and data processing)

ส่วนที่ทำหน้าที่บันทึกและรายงานผล มีหลายแบบ เช่น เครื่องบันทึกผล ทำหน้าที่บันทึกโครมาโทแกรมเพียงอย่างเดียว เครื่องบันทึกและประมวลผล บันทึกโครมาโทแกรมคำนวณผลและให้ข้อมูลต่างๆ เช่น พื้นที่ใต้พีค ความสูงของพีค เวลาการคงอยู่ของสาร และสามารถเก็บข้อมูลได้ ปัจจุบันนิยมใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการทำงานของเครื่อง แก๊สโครมาโทกราฟ รวมทั้งบันทึกและประมวลผล

2.7 รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 การตรวจสอบคุณภาพไวน์และสุราแช่

ในการตรวจสอบคุณภาพของไวน์ เพื่อวิเคราะห์หาสารองค์ประกอบหลักและสารปนเปื้อนชนิดต่างๆ ในไวน์เปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) นั้น มีผู้ทำการวิจัยไวน์ชนิดหนึ่ง โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีที่มีระบบการตรวจวัดเป็นแบบเปลวไอออไนเซชัน (flame ionization) พบว่า มีปริมาณแอลกอฮอล์ตามฉลากที่ระบุข้างขวด และไม่พบอะซีตัลดีไฮด์ เมทานอล และเอธิลอะซิเตตในไวน์ตัวอย่างดังกล่าว (จรัญ ตุ่นสิงห์คำและสกุลชัย สุกอ่วม. 2541) นอกจากการตรวจสอบคุณภาพของไวน์แล้ว สุราแช่ก็ยังเป็นที่นิยมสำหรับผู้บริโภคที่ชื่นชอบในรสชาติของสุราไทย จึงต้องมีการควบคุมคุณภาพสารปนเปื้อนในสุราแช่ที่วางจำหน่ายอยู่ทั่วไปในท้องตลาด ซึ่งมีการสำรวจปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กรดเบนโซอิก โลหะหนักต่างๆ เช่น ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว สารหนู และฟอร์ไรโซยานีน ซึ่งพบว่าปริมาณสารกลุ่มดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ไพรวลัย อินทร์อุดมและคณะ. 2546, ชนิกา แสงสุริย์และคณะ. 2547)

2.7.2 การสกัดและการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บาเมต

ในการวิเคราะห์ปริมาณเอธิลคาร์บาเมตซึ่งมีปริมาณน้อยมากในตัวอย่างแต่ละชนิดนั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการสกัด จึงได้มีการศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่าง เช่น สกัดด้วยสารละลายผสม dichloromethane : petroleum ether : acetone (1:1:1; v/v) (วิไล เสและคณะ. 2551) สกัดตัวอย่างด้วยสารละลายไดคลอโรมีเทน (Canas, et al., 1988; Conacher, et al., 1987; Sen, et al., 1992;) สกัดด้วยคลอโรฟอร์ม (Woo, et al., 2001)

นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มความเข้มข้นของสารตัวอย่าง เพื่อประสิทธิภาพในการตรวจวัด โดยใช้เทคนิค solid-phase extraction (SPE) ร่วมกับ GC-MS ซึ่งเทคนิคการสกัดและเพิ่มความเข้มข้นด้วย SPE นี้ทำให้สามารถวิเคราะห์ปริมาณเอธิลคาร์บาเมตได้จากหลายๆ แหล่งที่คาดว่าจะพบ เช่น น้ำผลไม้ ไวน์ วิสกี้ ทำให้ผู้บริโภคเลือกที่จะบริโภคเครื่องดื่มที่มีปริมาณเอธิลคาร์บาเมตต่ำได้ อย่างถูกต้องตามความต้องการ (Battaglia, et al., 1990) การเพิ่มความเข้มข้นของสารตัวอย่างโดยการใช้เทคนิคการสกัดแบบ head-space solid-phase microextraction (HS-SPME) ซึ่งให้ช่วง LOD ที่ความเข้มข้น 30 ppb และค่า LOQ ที่ความเข้มข้น 110 ppb (Lachenmeier, et al., 2006)

2.7.3 การวิเคราะห์สารกลุ่มคาร์บาเมตในไวน์

ในการพัฒนาวิธีเพื่อความรวดเร็วในการวิเคราะห์เอธิลคาร์บาเมต ในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ โดยผสมซิลิกาถึงในสารตัวอย่าง และสกัดคลอโรฟอร์มด้วยอะลูมินา เมื่อชะสารตัวอย่างเอธิลคาร์บาเมตจะถูกชะออกมาพร้อมกับ methylene chloride ใช้ตัวตรวจวัดชนิด thermal energy

analyzer (TEA) วัดปริมาณเอธิลคาร์บาเมต พบว่าวิธีนี้สามารถตรวจวัดได้ดีในช่วง 20-133 ppb และมีค่าร้อยละการได้กลับคืนในช่วง 87.3-88.7 % มีค่าต่ำสุดของการตรวจวัดอยู่ที่ 1.5 ppb (Casas, et al. 1998) และมีการหาปริมาณเมธิลคาร์บาเมตและเอธิลคาร์บาเมตในไวน์ ตรวจวิเคราะห์สารกลุ่มดังกล่าวด้วย GC-TEA (N-mode) พบว่าวิธีนี้สามารถเพิ่มความสามารถในการตรวจวัดได้ดี (1-2 ppb) มีความเที่ยงตรงและแม่นยำดีซึ่งทำการทดสอบกับตัวอย่างไวน์ 27 ตัวอย่าง ตรวจพบเมธิลคาร์บาเมตมากกว่า 2.7 ppb และปริมาณเอธิลคาร์บาเมตมากกว่า 70 ppb (Sen, et al. 1992) นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์เอธิลคาร์บาเมต โดยการใช้เครื่อง HPLC-FLD สามารถตรวจพบสารดังกล่าวในปริมาณต่ำๆได้เช่นเดียวกับการใช้ GC-MS (de Melo Abreu, et al. 2005)

ในการวิเคราะห์ปริมาณเอธิลคาร์บาเมตที่ปนเปื้อนในเครื่องดื่มผลไม้ ซึ่งทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS ใช้ระบบ MS แบบ SIM mode เป็นตัวตรวจวัด และในส่วนของตัวตรวจวัดนี้ยังเป็น triple quadrupole อีกด้วย จากการวิเคราะห์พบว่า ค่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด 10 ppb และค่าขีดจำกัดต่ำสุดการวิเคราะห์ 40 ppb ให้ร้อยละการได้กลับคืน 100.4 % ซึ่งข้อดีของการพัฒนาวิธี GC/MS/MS นี้ เหมาะกับการวิเคราะห์ที่ใช้เวลาน้อยและให้ผลการวิเคราะห์ที่แม่นยำ นอกจากนี้ยังได้มีการวิเคราะห์ปริมาณเอธิลคาร์บาเมตโดยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) และ chemometrics ซึ่ง FTIR ต่อกับ Partial Least Squares (PLS) ซึ่งใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อยมากเพียง 2 นาที ขณะที่ขีดจำกัดการตรวจวัดอยู่ในช่วง 600-800 ppb และในปีเดียวกันยังได้ทำการศึกษา retrospective trends และ current status ของเอธิลคาร์บาเมต โดยการวิเคราะห์ด้วย GC-MS ซึ่งปริมาณเอธิลคาร์บาเมตที่พบอยู่ในช่วง 10-180 ppb แต่เมื่อผ่านตัวอย่างในช่วงแสง UV พบว่าความเข้มข้นที่ตรวจพบเพิ่มขึ้นเป็น 10-260 ppb แสดงให้เห็นว่าวิธีนี้สามารถวิเคราะห์เอธิลคาร์บาเมตในเครื่องดื่มผลไม้ที่มีปริมาณเล็กน้อยได้ อีกทั้งยังทดสอบได้ง่าย และตรวจปริมาณเอธิลคาร์บาเมตในปริมาณต่ำๆได้ (Lachenmeier, et al. 2005)

นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องมือและตัวตรวจวัดเพื่อให้สามารถตรวจวัดสารในปริมาณต่ำๆ ได้โดยใช้ตัวตรวจวัดชนิด Hall Electrolytic Conductivity (HEC) เชื่อมต่อกับเครื่อง MS วิธีการนี้ให้ขีดจำกัดในการตรวจวัดอยู่ที่ 5 ppb สำหรับตัวตรวจวัดชนิด HEC และให้ค่าต่ำสุดการตรวจวัดอยู่ที่ 0.5 ppb สำหรับตัวตรวจวัดชนิด MS (Conacher, et al. 1987) นอกจากนี้ยังมีการตรวจวัดปริมาณเอธิลคาร์บาเมตโดยใช้ Selective Ion Monitoring (SIM mode) โดยใช้ GC-MS พบว่าวิธีการนี้ให้ค่าขีดจำกัดต่ำสุดการวิเคราะห์ 10 ppb และให้ค่าร้อยละการได้กลับคืน 92-112% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการนี้กับวิธีแบบ AOAC 1997 พบว่าให้ค่าความสัมพันธ์ $r^2 = 0.9970$ และวิธีการนี้ยังช่วยลดสัญญาณรบกวนได้อีกด้วย (Mirzoian, et al. 2006)

รายละเอียดงานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ปริมาณเอธิลคาร์บาเมตในตัวอย่างไวน์
แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ปริมาณเอธิลคาร์บาเมตในไวน์

ปีที่ ศึกษาวิจัย (ค.ศ.)	ผู้วิจัยศึกษา	เทคนิคที่ใช้ วิเคราะห์	วิธีการสกัด ตัวอย่าง	ขีดจำกัดต่ำสุด ของการตรวจวัด (LOD)
1987	Conacher, et al.	MS	LLE	0.5-5 ppb
1988	Canas, et al.	GC-TEA	Pack column	1.5 ppb
1990	Battaglia, et al.	GC-MS	SPE	ppb
1992	Sen, et al.	GC-FID	LLE	5-25 ppb
		GC-TEA	LLE	2.7-70 ppb
1998	Canas, et al.	GC-TEA	LLE	20-133 ppb
2001	Woo, et al.	GC-TEA	LLE	ppb
2005	de Melo Abreu, et al.	HPLC, GC-MS	LLE	ppb
2005	Lachenmeier, et al.	GC-MS	SPE	10-260 ppb
		GC/MS/MS		70-7000 ppb
		FTIR		600-800 ppb
2006	Lachenmeier, et al.	GC/MS/MS	HS-SPME	30 ppb

2.7.4 การเลือกสารมาตรฐานภายในสำหรับการวิเคราะห์เอธิลคาร์บาเมต

วิธีการลดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ปริมาณสารคาร์บาเมตที่อาจเกิดจากความแปรปรวนต่างๆในการวิเคราะห์นั้น กระทำได้โดยการเติมสารมาตรฐานภายในที่ทราบชนิดและความเข้มข้นที่แน่นอนลงไปผสมกับสารละลายมาตรฐานที่กำลังสนใจและสารตัวอย่างที่วิเคราะห์ แล้วจึงนำค่าอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคของสารที่สนใจศึกษากับสารมาตรฐานภายในมาวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาปริมาณที่แท้จริงต่อไปนั้น ซึ่งในการวิเคราะห์สารกลุ่มคาร์บาเมตมีผู้ศึกษาวิจัยโดยการเติมสารมาตรฐานภายในคิวเทอร์เรตเอธิลคาร์บาเมต หรือ d5-EC (Mirzoian, et al., 2006; Lachenmeier, et al., 2006) ซึ่งเป็นสารมาตรฐานเอธิลคาร์บาเมตที่มีการเปลี่ยนโครงสร้างด้วยคิวทีเรียม แล้วทำการตรวจวัดด้วยเทคนิค GC-MS หรือเทคนิค GC/MS/MS นอกจากนี้ยังมีการ

ใช้นอร์มอลโพรพิลคาร์บาเมต (Canas, et al., 1994; Aylott, et al., 1990) ทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS หรือแม้แต่การใช้ไอโซโพรพิลคาร์บาเมต (Ma, et al., 1995) และวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS นอกจากนี้ยังมีการใช้เทอร์เชียรีบิวทิลคาร์บาเมต และนอร์มอลบิวทิลคาร์บาเมตเป็นสารมาตรฐานภายในสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID อีกทั้งยังใช้เอริล ^{13}C - ^{15}N -คาร์บาเมตเป็นสารมาตรฐานภายในและทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS อีกด้วย (Pierce, et al., 1988)