

## ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๔๕๑๐ (พ.ศ. ๒๕๕๖)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้กับอาหาร

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีวิเคราะห์พลาสติกที่สัมผัสอาหาร

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้กับอาหาร มาตรฐานเลขที่ มอก. 656 - 2529

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๑๑๑๖ (พ.ศ. ๒๕๒๙) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้กับอาหาร ลงวันที่ ๒๕ ธันวาคม ๒๕๒๙ และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีวิเคราะห์พลาสติกที่สัมผัสอาหาร มาตรฐานเลขที่ มอก. 656 - 2556 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๖

ประเสริฐ บุญชัยสุข

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

# มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

## วิธีวิเคราะห์พลาสติกที่สัมผัสอาหาร

### 1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดวิธีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้สัมผัสอาหาร ได้แก่ ชนิดพลาสติก ปริมาณสารที่ละลายออกมา ปริมาณสารในเนื้อพลาสติกรวมทั้งปริมาณสารเติมแต่ง สารปนเปื้อน และสารตกค้าง

### 2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 พลาสติก (plastic) หมายถึง กลุ่มของวัสดุมวล โมเลกุลสูงที่เป็นพอลิเมอร์ชนิดสังเคราะห์ หรือพอลิเมอร์ธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการตัดแปรรูป วัสดุกลุ่มดังกล่าวนี้นำมาทำให้มีรูปร่าง ลักษณะ สมบัติและขนาดตามต้องการได้
- 2.2 พอลิเมอร์ (polymer) หมายถึง สารโมเลกุลขนาดใหญ่ ประกอบด้วยหน่วยซ้ำที่ต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ สามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือจากการสังเคราะห์
- 2.3 สารที่ละลายออกมา (migrant) หมายถึง สารที่เคลื่อนย้ายออกมาจากเนื้อพลาสติก จากการสกัดหรือละลายด้วยตัวทำละลายที่เป็นตัวแทนของอาหารแต่ละประเภท
- 2.4 เทอร์มอพลาสติก (thermoplastic) หมายถึง พอลิเมอร์ที่อ่อนตัวลงจนไหลได้เมื่อได้รับพลังงานความร้อนและแข็งตัวได้ใหม่เมื่อทิ้งไว้ให้เย็น การเปลี่ยนสถานะดังกล่าวเกิดซ้ำได้ จึงนำมาขึ้นรูปใหม่ได้หลายครั้ง
- 2.5 พลาสติกประเภทเทอร์มอเซต (thermoset plastic) หมายถึง พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างทางเคมีแปรสภาพารระหว่างกระบวนการขึ้นรูป และหลังการแปรสภาพแล้วนำมาหลอม ละลาย หรือขึ้นรูปใหม่อีกไม่ได้

### 3. วิธีวิเคราะห์ชนิดพลาสติก

- 3.1 เครื่องมือ
  - 3.1.1 อินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ ที่มีแหล่งกำเนิดรังสีครอบคลุมช่วงเลขคลื่น (wave number) ระหว่าง  $4\,000\text{ cm}^{-1}$  (ต่อเซนติเมตร) ถึง  $400\text{ cm}^{-1}$  พร้อมอุปกรณ์ประกอบที่เหมาะสมสำหรับบรรจุขึ้นทดสอบ
- 3.2 การเตรียมขึ้นทดสอบ
  - 3.2.1 เทอร์มอพลาสติก
    - 3.2.1.1 กรณีสัมผัสพลาสติก  
ตัดตัวอย่างให้มีรูปร่างและขนาดพอเหมาะสำหรับเซลล์ใส่ตัวอย่าง (sample cell)

- 3.2.1.2 กรณีพลาสติกหนาขนาดแสงอินฟราเรดผ่านไม่ได้  
อัดตัวอย่างให้บางลงโดยวิธีอัดร้อน (hot pressing) หรือใช้สารละลายที่เหมาะสมกับชนิดของพลาสติก  
ละลายขึ้นตัวอย่างให้บางลงจนแสงอินฟราเรดผ่านได้ แล้วปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 3.2.1.1
- 3.2.1.3 กรณีพลาสติกหนามากและไม่สามารถทำตามวิธีในข้อ 3.2.1.2  
ตัดตัวอย่างเป็นชิ้นขนาดเหมาะสมสำหรับประกบกับผลึกเทลเลียมโบรโมไอโอไดด์ เคอาร์เอส-5  
(thallium bromoiodide, KRS-5) ที่ใช้กับอุปกรณ์เอทีอาร์ (attenuated total reflectance, ATR)
- 3.2.2 พลาสติกประเภทเทอร์โมเซต  
ทำตัวอย่างให้เป็นผงละเอียด โดยการบดด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสม หรือชุบด้วยกระดาษซิลิคอนคาร์ไบด์  
กระดาษกากเพชร หรือกระดาษเคลือบโลหะ
- 3.3 วิธีวิเคราะห์
  - 3.3.1 เทอร์โมพลาสติก
    - 3.3.1.1 ใส่ชิ้นทดสอบที่เตรียมตามข้อ 3.2.1 แล้วแต่กรณี ลงในช่องสำหรับใส่ชิ้นทดสอบของอินฟราเรด  
สเปกโตรมิเตอร์  
กรณีเตรียมขึ้นทดสอบตามข้อ 3.2.1.3 ให้ประกบกับผลึกเทลเลียมโบรโมไอโอไดด์ ใส่ในอุปกรณ์  
สำหรับใส่ผลึก แล้วนำไปใส่ในช่องใส่ชิ้นทดสอบของอุปกรณ์เอทีอาร์
    - 3.3.1.2 บันทึกรูปแบบการดูดกลืนแสง
    - 3.3.1.3 เปรียบเทียบรูปแบบการดูดกลืนแสงของตัวอย่างกับรูปแบบการดูดกลืนแสงของพลาสติกมาตรฐาน
  - 3.3.2 พลาสติกประเภทเทอร์โมเซต
    - 3.3.2.1 ใส่ผงตัวอย่างที่เตรียมได้หรือกระดาษที่ชุบตัวอย่างลงในช่องสำหรับใส่ชิ้นทดสอบของอุปกรณ์  
ดิฟฟิวส์รีเฟล็กแทนซ์ (diffuse reflectance)
    - 3.3.2.2 บันทึกรูปแบบการดูดกลืนแสง
    - 3.3.2.3 เปรียบเทียบรูปแบบการดูดกลืนแสงของตัวอย่างกับรูปแบบการดูดกลืนแสงของพลาสติกมาตรฐาน

#### 4. วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารที่ละลายออกมา

- 4.1 โปแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา
  - 4.1.1 เครื่องมือ
    - 4.1.1.1 เครื่องสกัดด้านใน (inside extractor) ดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย
      - (1) แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมกว้าง 150 mm (มิลลิเมตร) ยาว 150 mm และหนา 10 mm
      - (2) ครอบเหล็กกล้าไร้สนิม ที่มีปลายเปิดทั้งสองด้าน มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน  
(112.8 ± 0.1) mm สูง 35 mm และหนา 6 mm
      - (3) แผ่นยาง สำหรับรองรับครอบเหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อกันรั่ว
      - (4) แผ่นกระจกใสสำหรับปิดครอบเหล็กกล้าไร้สนิม

(5) แผ่นเหล็กสำหรับยึดหนา 6 mm พร้อมหมุดเกลียวสำหรับขันยึดกับแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมหรืออาจใช้เครื่องมือหรือวิธีสกัดอื่นที่ให้ผลเทียบเท่า

4.1.1.2 หลอดแก้วขนาด  $100 \text{ cm}^3$  (ลูกบาศก์เซนติเมตร) สูง 25 cm (เซนติเมตร) เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.4 cm พร้อมจุกแก้วที่ปิดได้สนิท

4.1.1.3 ขวดแก้วรูปกรวยขนาด  $250 \text{ cm}^3$

เตรียมก่อนการใช้งานโดยเติมสารละลายกรดซัลฟิวริก (1 + 2) ตามข้อ 4.1.2.1 ปริมาตร  $5 \text{ cm}^3$  น้ำกลั่น  $100 \text{ cm}^3$  และสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต  $5 \text{ cm}^3$  ลงในขวดแก้วรูปกรวยแต่ละใบ ต้มให้เดือดเป็นเวลา 5 min (นาที) เทสารละลายทิ้ง ล้างขวดให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นก่อนนำขวดไปใช้

#### 4.1.2 สารละลายและวิธีการเตรียม

4.1.2.1 สารละลายกรดซัลฟิวริก (1 + 2)

เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ความหนาแน่น  $1.84 \text{ g/cm}^3$  (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) 1 ส่วน ลงในน้ำกลั่น 2 ส่วน

4.1.2.2 สารละลายมาตรฐานโซเดียมออกซาลेट  $0.005 \text{ mol/dm}^3$  (โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)

ชั่งโซเดียมออกซาลेट ซึ่งอบแห้งแล้ว 0.67 g (กรัม) ให้ทราบมวลแน่นอนจนถึง  $0.0001 \text{ g}$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $1000 \text{ cm}^3$  ละลายด้วยน้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร สารนี้เก็บในขวดแก้วสีน้ำตาลที่มีจุกปิดสนิท ได้ไม่เกิน 30 d (วัน)

4.1.2.3 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต  $0.002 \text{ mol/dm}^3$

ชั่งโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต 0.319 g ให้ทราบมวลแน่นอนจนถึง  $0.0001 \text{ g}$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $1000 \text{ cm}^3$  ละลายด้วยน้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร เก็บสารนี้ในขวดแก้วสีน้ำตาลที่มีจุกปิดสนิท ก่อนใช้ให้สอบเทียบความเข้มข้นกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมออกซาลेट ตามข้อ 4.1.2.2 ดังนี้

(1) ใส่น้ำกลั่น  $100 \text{ cm}^3$  ลงในขวดที่เตรียมไว้ตามข้อ 4.1.1.3 เติมสารละลายกรดซัลฟิวริก (1 + 2) ตามข้อ 4.1.2.1 ปริมาตร  $5 \text{ cm}^3$  ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต  $5 \text{ cm}^3$  ใส่ลงในขวดใบเดิม ต้มให้เดือดเป็นเวลา 5 min หยุดให้ความร้อน

(2) ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานโซเดียมออกซาลेट  $10 \text{ cm}^3$  ใส่ในสารละลายที่ได้ทันที หลังจากสีชมพูของสารละลายจางหายไป หยุดด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ละหยดจนสารละลายเป็นสีชมพูอ่อนอย่างถาวร ใส่สารละลายกรดซัลฟิวริก  $5 \text{ cm}^3$

(3) ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต  $5 \text{ cm}^3$  ใส่ในสารละลายที่ได้ ต้มให้เดือดนาน 5 min หยุดให้ความร้อน ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายโซเดียมออกซาลेट  $10 \text{ cm}^3$  ใส่ในสารละลายที่ได้แล้วไทเทรตทันทีด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตจนได้สีชมพูอ่อนอย่างถาวร แสดงว่าถึงจุดยุติ คำนวณค่าตัวประกอบ (factor) ของสารละลายโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้จากสูตร

$$f = \frac{10}{(5 + a)}$$

เมื่อ  $f$  คือ ตัวประกอบของสารละลายโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต

$a$  คือ ปริมาตรสารละลายโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ไทเทรต เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

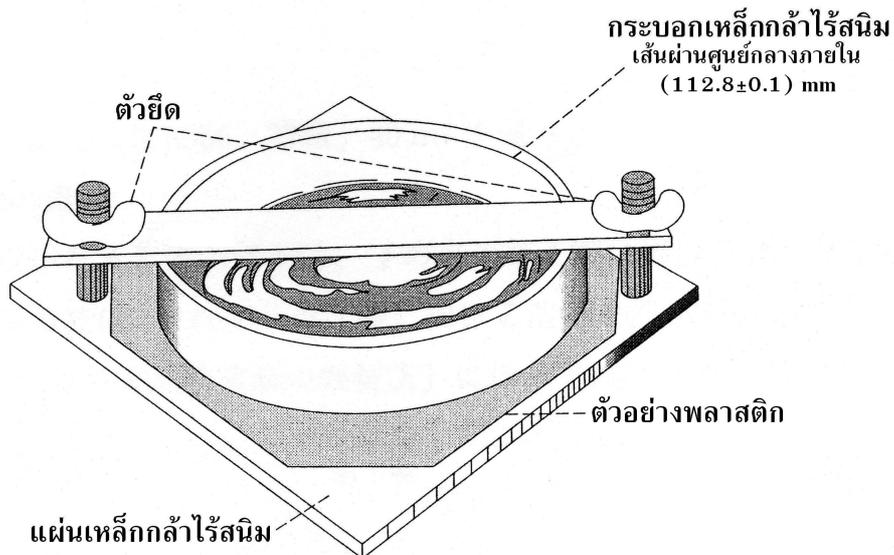
4.1.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นตั้งไว้ให้แห้งในที่ปลอดฝุ่น แล้วปฏิบัติดังนี้

4.1.3.1 กรณีตัวอย่างบรรจุสารละลายที่ใช้สกัดไม่ได้และต้องการสกัดเพียงด้านเดียว ใช้เครื่องสกัดด้านในตามรูปที่ 1

ตัดตัวอย่างให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 mm หรืออย่างน้อยมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของกระบอกเหล็กกล้าไร้สนิม วางตัวอย่างบนแผ่นยางซึ่งทาอยู่บนแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม วางกระบอกเหล็กกล้าไร้สนิมลงบนแผ่นตัวอย่าง ดังรูปที่ 1 ใส่น้ำกลั่นปริมาตร 200 cm<sup>3</sup> ปิดด้วยกระจกแล้วยึดให้แน่น แซะในอ่างน้ำหรือตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ (60±2) °C (องศาเซลเซียส) หรือ (95±2) °C แล้วแต่กรณี\* ตั้งไว้จนอุณหภูมิขึ้นถึงระดับที่ต้องการ เป็นเวลา 30 min เขย่าหรือคนเป็นครั้งคราว นำสารละลายออกจากกระบอกแล้วตั้งไว้ให้เย็น

หมายเหตุ \* หมายถึง อุณหภูมิทดสอบที่ (60±2) °C ใช้ทดสอบตัวอย่างพลาสติกที่มีอุณหภูมิใช้งานต่ำกว่าหรือเท่ากับ 100 °C และอุณหภูมิทดสอบที่ (95±2) °C ใช้ทดสอบตัวอย่างพลาสติกที่มีอุณหภูมิใช้งานสูงกว่า 100 °C



รูปที่ 1 เครื่องสกัดด้านในพร้อมตัวอย่างสำหรับการสกัดด้านเดียว (ข้อ 4.1.1.1 และข้อ 4.1.3.1)

#### 4.1.3.2 กรณีตัวอย่างบรรจุสารละลายที่ใช้สกัดได้

- (1) คำนวณพื้นที่ผิวของภาชนะพลาสติกที่ต้องการทดสอบ แล้วคำนวณปริมาตรสารละลายที่ต้องใช้สกัดในอัตราส่วนพื้นที่ผิวสัมผัสต่อสารละลายที่ใช้เป็น  $1 \text{ cm}^2$  (ตารางเซนติเมตร):  $2 \text{ cm}^3$  ใส่น้ำกลั่นปริมาตรที่คำนวณได้ลงในตัวอย่าง ปิดด้วยกระจก แช่ในอ่างน้ำหรือตู้ควบคุมอุณหภูมิที่  $(60 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$  หรือ  $(95 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$  แล้วแต่กรณี ตั้งไว้จนอุณหภูมิขึ้นถึงระดับที่ต้องการ เป็นเวลา 30 min เขย่าหรือคนเป็นครั้งคราว นำสารละลายออกจากตัวอย่างแล้วตั้งไว้ให้เย็น
- (2) กรณีตัวอย่างบรรจุสารละลายที่ใช้สกัดได้ แต่ไม่สามารถบรรจุในอัตราส่วนพื้นที่ผิวสัมผัสต่อสารละลายที่ใช้เป็น  $1 \text{ cm}^2: 2 \text{ cm}^3$  ให้บรรจุน้ำกลั่นให้เต็มตัวอย่าง บันทึกปริมาตรที่แน่นอน ปิดด้วยกระจก แช่ในอ่างน้ำหรือตู้ควบคุมอุณหภูมิที่  $(60 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$  หรือ  $(95 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$  แล้วแต่กรณี ตั้งไว้จนอุณหภูมิขึ้นถึงระดับที่ต้องการ เป็นเวลา 30 min เขย่าหรือคนเป็นครั้งคราว นำสารละลายออกจากตัวอย่างตั้งไว้ให้เย็น กำหนดผลลัพธ์สุดท้ายกลับมาในอัตราส่วนพื้นที่ผิวสัมผัสต่อสารละลายที่ใช้เป็น  $1 \text{ cm}^2: 2 \text{ cm}^3$

หมายเหตุ การหาพื้นที่ผิวสัมผัสให้ปฏิบัติตาม ISO 8442-2 Annex B หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า

#### 4.1.3.3 กรณีตัวอย่างบรรจุสารละลายที่ใช้สกัดไม่ได้

ตัดตัวอย่างให้เป็นรูปทรงที่คำนวณพื้นที่ได้ถูกต้องมากที่สุด คำนวณพื้นที่ผิวของตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ แล้วคำนวณปริมาตรสารละลายที่ต้องการใช้สกัด ในอัตราส่วนพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตรสารละลายที่ใช้เป็น  $1 \text{ cm}^2: 2 \text{ cm}^3$  นำตัวอย่างใส่ภาชนะใส่ตัวอย่างที่มีฝาปิด เช่น หลอดแก้วตามข้อ 4.1.1.2 กรณีที่ตัวอย่างไม่จมได้ผิวสารละลาย ให้ใช้แท่งแก้ว ลูกแก้ว หรืออุปกรณ์เหล็กกล้าไร้สนิม กดหรือวางทับ เพื่อให้สารละลายที่ใช้สกัดท่วมตัวอย่าง สกัดโดยนำภาชนะใส่ตัวอย่างแช่ในอ่างน้ำหรือตู้ควบคุมอุณหภูมิที่  $(60 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$  หรือ  $(95 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$  แล้วแต่กรณี ตั้งไว้จนอุณหภูมิขึ้นถึงระดับที่ต้องการ เป็นเวลา 30 min เขย่าหรือคนเป็นครั้งคราว นำสารละลายออกจากภาชนะใส่ตัวอย่างแล้วตั้งไว้ให้เย็น

#### 4.1.4 วิธีวิเคราะห์

4.1.4.1 นำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการสกัดตามข้อ 4.1.3 แล้วแต่กรณี มา  $100 \text{ cm}^3$  ใสในขวดที่เตรียมไว้ตามข้อ 4.1.1.3 เติมสารละลายกรดซัลฟิวริก (1 + 2) ปริมาตร  $5 \text{ cm}^3$  ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต  $10 \text{ cm}^3$  ใสในขวด คัมให้เดือดเป็นเวลา 5 min หยดให้ความร้อน ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานโซเดียมออกซาลเลต  $10 \text{ cm}^3$  ใสในขวดทันที สีชมพูจะหายไป แล้วไทเทรตทันทีด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต จนได้สีชมพูอ่อนอย่างถาวร แสดงว่าถึงจุดยุติ

4.1.4.2 ทำแบลنگก์เช่นเดียวกับข้อ 4.1.4.1 โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายตัวอย่าง

#### 4.1.5 วิธีคำนวณ

คำนวณปริมาณ โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา จากสูตร

$$K = 3.16 \times (a - b) \times f$$

- เมื่อ  $K$  คือ โฟแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ทำปฏิกิริยา เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
- $a$  คือ ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน โฟแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร
- $b$  คือ ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน โฟแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้ไทเทรตกับแบลнкเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตร
- $f$  คือ ตัวประกอบของสารละลายโฟแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตตามข้อ 4.1.2.3

## 4.2 ฟีนอล

### 4.2.1 เครื่องมือ

สเปกโตรมิเตอร์ ที่วัดค่าความดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 510 nm (นาโนเมตร)

### 4.2.2 สารละลายและวิธีเตรียม

#### 4.2.2.1 สารละลายบัฟเฟอร์กรดบอริก

- (1) ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 g ในน้ำกลั่น ทำให้ปริมาตรเป็น 100 cm<sup>3</sup> ด้วยน้ำกลั่น
- (2) ละลายกรดบอริก 6.2 g ในน้ำกลั่น ทำให้ปริมาตรเป็น 100 cm<sup>3</sup> ด้วยน้ำกลั่น
- (3) ผสมสารละลายในข้อ (1) และ (2) ในปริมาตรที่เท่ากัน

#### 4.2.2.2 สารละลาย 4-อะมิโน-1,2-ไดไฮโดร-1,5-ไดเมทิล-2-ฟีนิล-3-ไฮโดรเจนไพราซอล-3-โอน (4-amino-1,2-dihydro-1,5-dimethyl-2-phenyl-3-hydrogenpyrazol-3-one) หรือที่เรียกว่า สารละลาย 4-อะมิโนแอนติไพรีน (4 – aminoantipyrine)

ละลาย 4-อะมิโนแอนติไพรีน 1.36 g ในน้ำกลั่น ทำปริมาตรให้เป็น 1 000 cm<sup>3</sup> ด้วยน้ำกลั่น

#### 4.2.2.3 สารละลายโฟแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต (III) (potassiumhexacyanoferrate (III))

ละลายโฟแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต (III) 8.6 g ในน้ำกลั่น ใส่สารละลายแอมโมเนีย ร้อยละ 20 สกัดส่วนโดยปริมาตร ถึงร้อยละ 30 สกัดส่วนโดยปริมาตร 1.8 cm<sup>3</sup> แล้วทำปริมาตรให้เป็น 1 000 cm<sup>3</sup> ด้วยน้ำกลั่น

#### 4.2.2.4 สารละลายมาตรฐานฟีนอล 5 mg/dm<sup>3</sup> (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)

- (1) ชั่งฟีนอล ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99 ปริมาณ 1 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.001 g ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> ละลายด้วยน้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร
- (2) ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายข้อ (1) มา 1 cm<sup>3</sup> ใส่ขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร
- (3) ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายข้อ (2) มา 5 cm<sup>3</sup> ใส่ขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

### 4.2.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4.1.3 แล้วแต่กรณี

## 4.2.4 วิธีวิเคราะห์

- 4.2.4.1 ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานฟีนอลตามข้อ 4.2.2.4 (3) ปริมาตร  $20 \text{ cm}^3$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  เติมสารละลายบัฟเฟอร์กรดบอริกตามข้อ 4.2.2.1 ปริมาตร  $3 \text{ cm}^3$  ผสมให้เข้ากัน ใส่สารละลาย 4-อะมิโนแอนติไพรีน  $5 \text{ cm}^3$  และสารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต (III)  $2.5 \text{ cm}^3$  เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร ผสมให้เข้ากันตั้งไว้เป็นเวลา 10 min
- 4.2.4.2 ทำเช่นเดียวกับข้อ 4.2.4.1 แต่ใช้สารละลายตัวอย่างที่สกัดได้จากข้อ 4.2.3 ปริมาตร  $20 \text{ cm}^3$  แทนสารละลายมาตรฐานฟีนอล
- 4.2.4.3 นำสารละลายตามข้อ 4.2.4.1 และข้อ 4.2.4.2 มาวัดค่าความดูดกลืนด้วยสเปกโตรมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 510 nm ค่าความดูดกลืนของสารละลายตัวอย่างต้องไม่มากกว่าค่าความดูดกลืนสารละลายมาตรฐานฟีนอล จึงถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

## 4.3 ฟอรัมเมลดีไฮด์

## 4.3.1 เครื่องมือ

- 4.3.1.1 เครื่องกลั่นไอน้ำ (steam distillator)

## 4.3.2 สารละลายและวิธีเตรียม

- 4.3.2.1 สารละลายกรดฟอสฟอริก ร้อยละ 20 สัดส่วนโดยปริมาตร

- 4.3.2.2 สารละลายแอสซิทิลแอสซิโตน

ละลายแอมโมเนียมแอสซิเตด  $150 \text{ g}$  ในน้ำกลั่น ใส่กรดแอสซิทิกเข้มข้น ความหนาแน่น  $1.84 \text{ g/cm}^3$  ปริมาตร  $3 \text{ cm}^3$  และแอสซิทิลแอสซิโตน  $2 \text{ cm}^3$  ทำปริมาตรให้เป็น  $1000 \text{ cm}^3$  ด้วยน้ำกลั่น สารละลายต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทดสอบ

## 4.3.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4.1.3 แล้วแต่กรณี

## 4.3.4 วิธีวิเคราะห์

- 4.3.4.1 ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 4.3.3 ปริมาตร  $10 \text{ cm}^3$  ใส่ในเครื่องกลั่นไอน้ำตามข้อ 4.3.1.1 เติมสารละลายกรดฟอสฟอริก  $1 \text{ cm}^3$  เตรียมอุปกรณ์รองรับสารที่กลั่นได้โดยใส่น้ำกลั่น  $5 \text{ cm}^3$  ถึง  $10 \text{ cm}^3$  ในกระบอกตวงขนาด  $200 \text{ cm}^3$  จากนั้นกลั่นโดยให้สารที่กลั่นได้ผ่านลงในน้ำที่บรรจุในกระบอกตวง จนได้ปริมาตร  $190 \text{ cm}^3$  หยุดกลั่น เติมน้ำกลั่นจนถึงปริมาตร  $200 \text{ cm}^3$  นำสารที่กลั่นได้  $5 \text{ cm}^3$  ใส่ในขวดแก้วที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน  $15 \text{ mm}$  ใส่สารละลายแอสซิทิลแอสซิโตน  $5 \text{ cm}^3$  ให้ความร้อนในอ่างน้ำเดือด เป็นเวลา 10 min
- 4.3.4.2 ใส่น้ำกลั่นปริมาตร  $5 \text{ cm}^3$  ในขวดแก้วที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน  $15 \text{ mm}$  เติมสารละลายแอสซิทิลแอสซิโตน  $5 \text{ cm}^3$  ผสมให้เข้ากัน ให้ความร้อนในอ่างน้ำเดือด เป็นเวลา 10 min
- 4.3.4.3 นำสารละลายตามข้อ 4.3.4.1 และข้อ 4.3.4.2 ไปเทียบสีโดยใช้กระดาษสีขาววางหลังขวดแก้วทั้ง 2 ขวด เมื่อมองสีของสารละลายผ่านขวดแก้วไปยังกระดาษสีขาวที่อยู่ด้านหลัง สีของสารละลาย

ตัวอย่างในข้อ 4.3.4.1 ต้องไม่เข้มข้นกว่าสีของสารละลายในข้อ 4.3.4.2 จึงถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

4.4 สิ่งที่เหลือจากการระเหย

4.4.1 เครื่องมือ

- 4.4.1.1 เครื่องสกัดด้านใน เช่นเดียวกับข้อ 4.1.1.1
- 4.4.1.2 ตู้อบแบบอากาศหมุนเวียนควบคุมอุณหภูมิได้ที่  $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$
- 4.4.1.3 เครื่องระเหยหมุนสุญญากาศ (rotary vacuum evaporator)

4.4.2 ชนิดของสารที่ใช้สกัด

ให้เลือกใช้สารสกัดดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1 สารสกัดสำหรับอาหารแต่ละชนิด**  
(ข้อ 4.4.2)

ชนิดอาหาร	ความเป็นกรด-ด่าง	สารสกัด
น้ำมันหรืออาหารที่มีไขมัน	-	นอร์แมลเฮปเทน
อาหารที่มีแอลกอฮอล์	-	เอทานอล ร้อยละ 20 สัดส่วนโดยปริมาตร
อาหารอื่นนอกเหนือจากอาหารที่มีไขมันและแอลกอฮอล์	อาหารที่มี $\text{pH} > 5$ อาหารที่มี $\text{pH} \leq 5$	น้ำกลั่น สารละลายกรดแอสซิติค ร้อยละ 4 สัดส่วนโดยปริมาตร

4.4.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

- 4.4.3.1 กรณีสกัดด้วยน้ำกลั่น หรือสารละลายกรดแอสซิติค ร้อยละ 4 สัดส่วนโดยปริมาตร หรือเอทานอล ร้อยละ 20 สัดส่วนโดยปริมาตร  
ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4.1.3 แล้วแต่กรณี
- 4.4.3.2 กรณีใช้นอร์แมลเฮปเทนเป็นสารสกัด ให้ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น ตั้งไว้ให้แห้งในที่ปลอดฝุ่น ใช้นอร์แมลเฮปเทนสกัดในอัตราส่วนพื้นผิวสัมผัสต่อสารละลายที่ใช้เป็น  $1 \text{ cm}^2 : 2 \text{ cm}^3$  โดยใช้วิธีเช่นเดียวกับข้อ 4.1.3 แต่สกัดที่  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 60 min เขย่าเป็นครั้งคราว นำสารละลายที่สกัดได้ไปวิเคราะห์ต่อไป

4.4.4 วิธีวิเคราะห์

- 4.4.4.1 กรณีสกัดด้วยน้ำกลั่นหรือสารละลายกรดแอสซิติค ร้อยละ 4 สัดส่วนโดยปริมาตร หรือเอทานอล ร้อยละ 20 สัดส่วนโดยปริมาตร ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 4.4.3.1 ปริมาตร  $200 \text{ cm}^3$  ใส่ในถ้วยระเหยที่ทำด้วยแพลทินัม ควอตซ์ หรือแก้วทนความร้อนที่ทราบมวล นำไประเหยบนอ่างอังไอน้ำจนแห้ง อบในตู้อบแบบอากาศหมุนเวียนที่อุณหภูมิ  $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 2 h (ชั่วโมง) ตั้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งแล้วอบซ้ำจนได้มวลคงที่

## 4.4.4.2 กรณีสกัดด้วยนอร์แมลเฮปเทน

ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 4.4.3.2 ปริมาตร 200 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดแก้วก้นกลม นำไปทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องระเหยหมุนสุญญากาศจนปริมาตรลดลงเหลือ 2 cm<sup>3</sup> ถึง 3 cm<sup>3</sup> เติสารละลายที่ได้ลงในถ้วยระเหยที่ทำด้วยแพลทินัม ควอตซ์ หรือแก้วทนความร้อนที่ทราบมวล ล้างขวดแก้วอย่างน้อย 2 ครั้ง ด้วยนอร์แมลเฮปเทนครั้งละ 5 cm<sup>3</sup> เเทลงในถ้วยระเหย ระเหยสารละลายบนอ่างอังไอน้ำจนแห้ง นำถ้วยไปอบที่อุณหภูมิ (105 ± 2) °C เป็นเวลา 2 h ตั้งไว้ให้เย็นในเคชิกเคเตอร์ ชั่งแล้วอบซ้ำจนได้มวลคงที่

## 4.4.4.3 ทำแบลลงก์เช่นเดียวกับข้อ 4.4.4.1 หรือข้อ 4.4.4.2

โดยใช้ตัวทำละลายตามตารางที่ 1 แล้วแต่กรณี แทนสารละลายตัวอย่าง

## 4.4.4.4 วิธีคำนวณ

คำนวณหาปริมาณสิ่งที่เหลือจากการระเหย จากสูตร

$$D = \frac{(a-b) \times 1000}{v}$$

เมื่อ  $D$  คือ สิ่งที่เหลือจากการระเหย เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

$a$  คือ มวลสิ่งที่เหลือจากการระเหยสารละลายตัวอย่าง เป็นมิลลิกรัม

$b$  คือ มวลสิ่งที่เหลือจากการระเหยแบลลงก์ เป็นมิลลิกรัม

$v$  คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

## 4.5 โลหะหนัก (เทียบเป็นตะกั่ว)

## 4.5.1 สารละลายและวิธีเตรียม

## 4.5.1.1 สารละลายโซเดียมซัลไฟด์

ชั่งโซเดียมซัลไฟด์โนนะไฮเดรต (sodium sulfide nonahydrate) 5 g ละลายด้วยน้ำกลั่น 10 cm<sup>3</sup> เติเมกนีเซอริน 30 cm<sup>3</sup> ผสมให้เข้ากัน เก็บในขวดแก้วสีน้ำตาล

4.5.1.2 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 1 000 mg/dm<sup>3</sup>

ซิงค์เลด (II) ไนเตรต ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99.5 ปริมาณ 0.159 8 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.000 1 g ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> ใส่สารละลายกรดไนตริก ร้อยละ 10 สัดส่วนโดยปริมาตร 10 cm<sup>3</sup> เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร หรืออาจใช้สารละลายมาตรฐานตะกั่วคุณภาพเทียบเท่า เป็นสารตั้งต้นแทน

**หมายเหตุ** ให้เก็บสารละลายนี้ในขวดแก้วชั้นคุณภาพที่ไม่มีตะกั่วละลายออกมา

4.5.1.3 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 100 mg/dm<sup>3</sup>

ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ข้อ 4.5.1.2 ปริมาตร 10 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เติมสารละลายกรดไนตริก ร้อยละ 1 สัดส่วนโดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร

4.5.1.4 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว  $10 \text{ mg/dm}^3$   
ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ข้อ 4.5.1.3 ปริมาตร  $10 \text{ cm}^3$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  เติมสารละลายกรดไนตริก ร้อยละ 1 สัดส่วนโดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร

4.5.1.5 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว  $1 \text{ mg/dm}^3$   
ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ข้อ 4.5.1.4 ปริมาตร  $10 \text{ cm}^3$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  เติมสารละลายกรดไนตริก ร้อยละ 1 สัดส่วนโดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร

#### 4.5.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4.1.3 โดยใช้สารละลายกรดแอสติก ร้อยละ 4 สัดส่วนโดยปริมาตร เป็นสารสกัด

#### 4.5.3 วิธีวิเคราะห์

4.5.3.1 ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 4.5.2 ปริมาตร  $20 \text{ cm}^3$  ใส่ในหลอดเนสส์เลอร์หลอดที่ 1 เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น  $50 \text{ cm}^3$  หยดสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ 2 หยด ผสมให้เข้ากัน ตั้งไว้เป็นเวลา 5 min

4.5.3.2 ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4.5.3.1 แต่ใช้สารละลายมาตรฐานตะกั่วตามข้อ 4.5.1.5 แทนสารละลายตัวอย่าง ในหลอดเนสส์เลอร์หลอดที่ 2

4.5.3.3 เปรียบเทียบสีของสารละลายตัวอย่างในหลอดเนสส์เลอร์หลอดที่ 1 ต้องไม่เข้มกว่าสีของสารละลาย ตะกั่วในหลอดเนสส์เลอร์หลอดที่ 2 จึงถือว่าปริมาณโลหะหนัก (เทียบเป็นตะกั่ว) ไม่เกิน  $1 \text{ mg/dm}^3$

### 4.6 พลาวง

#### 4.6.1 เครื่องมือ

4.6.1.1 อะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรมิเตอร์ชนิดแกรไฟต์เฟอร์เนซ ที่มีภาวะและอุปกรณ์ประกอบดังนี้

(1) อุณหภูมิการแยกสลายด้วยความร้อน (pyrolysis)  $1\ 300 \text{ oC}$

(2) อุณหภูมิการทำละออง (atomization)  $1\ 900 \text{ oC}$

หรืออาจใช้ภาวะที่ระบุตามคู่มือการใช้เครื่องให้ได้ความไวในการวัดสูงสุด

(3) อิเล็กตรอนดิสชาร์จ์แลมป์ (electric discharge lamp) ชนิดฮอลโลคาโทดแลมป์ (hollow cathode lamp) หรือชนิดอิเล็กโทรดเลสส์ดิสชาร์จ์แลมป์ (electrodeless discharge lamp) สำหรับพลาวง หรือแหล่งกำเนิดแสงชนิดอื่นที่เทียบเท่า ซึ่งวัดได้ที่ความยาวคลื่น  $217.6 \text{ nm}$

4.6.1.2 เครื่องสกัดด้านใน ตามข้อ 4.1.1.1

#### 4.6.2 สารละลายและวิธีเตรียม

4.6.2.1 สารละลายมาตรฐานพลาวง  $1\ 000 \text{ mg/dm}^3$

ซังแอนดิโมนีไตรคลอไรด์ ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 98.0 ปริมาณ  $1.874 \text{ g}$  ให้ทราบมวลแน่นอนจนถึง  $0.0001 \text{ g}$  ละลายจนหมดในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1+1) ใส่ในขวดแก้วปริมาตร

ขนาด 1 000 cm<sup>3</sup> เดิมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1+9) จนถึงขีดปริมาตร หรืออาจใช้สารละลายมาตรฐานพลวงคุณภาพเทียบเท่าเป็นสารตั้งต้นแทน

**หมายเหตุ** สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1 + 1) เตรียมโดยเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ความหนาแน่น 1.18 g/cm<sup>3</sup> 1 ส่วน ลงในน้ำกลั่น 1 ส่วน

สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1 + 9) เตรียมโดยเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ความหนาแน่น 1.18 g/cm<sup>3</sup> 1 ส่วน ลงในน้ำกลั่น 9 ส่วน

- 4.6.2.2 สารละลายมาตรฐานพลวง 10 mg/dm<sup>3</sup>  
ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานพลวงตามข้อ 4.6.2.1 ปริมาตร 1 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เดิมสารละลายกรดแอสिटิก ร้อยละ 4 สกัดส่วนโดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร
- 4.6.2.3 สารละลายมาตรฐานพลวง 0.05 mg/dm<sup>3</sup>  
ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานพลวงตามข้อ 4.6.2.2 ปริมาตร 1 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 200 cm<sup>3</sup> เดิมสารละลายกรดแอสिटิก ร้อยละ 4 สกัดส่วนโดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร
- 4.6.2.4 สารละลายมาตรฐานพลวง 0.02 mg/dm<sup>3</sup> 0.03 mg/dm<sup>3</sup> และ 0.04 mg/dm<sup>3</sup>  
ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานพลวงตามข้อ 4.6.2.3 ปริมาตร 40 cm<sup>3</sup> 60 cm<sup>3</sup> และ 80 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> แต่ละใบ เดิมสารละลายกรดแอสिटิก ร้อยละ 4 สกัดส่วนโดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร
- 4.6.2.5 สารมอดิไฟเออร์ (modifier)  
ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายพาลาเดียม (Pd) ความเข้มข้น 10 000 mg/dm<sup>3</sup> ปริมาตร 25 cm<sup>3</sup> และสารละลายแมกนีเซียมไนเตรด (Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) ความเข้มข้น 10 000 mg/dm<sup>3</sup> ปริมาตร 15 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เดิมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร  
สารมอดิไฟเออร์ที่เตรียมได้มีมวลพาลาเดียม 0.005 mg (มิลลิกรัม) และมวลแมกนีเซียม 0.003 mg ในสารละลายปริมาตร 0.002 cm<sup>3</sup>
- 4.6.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง  
ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4.1.3 โดยใช้สารละลายกรดแอสिटิก ร้อยละ 4 สกัดส่วนโดยปริมาตร เป็นสารสกัด
- 4.6.4 วิธีวิเคราะห์
- 4.6.4.1 ทำเบลงก์เช่นเดียวกับข้อ 4.6.3 แต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง
- 4.6.4.2 ปรับระบบการทำงานของอะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโทรมิเตอร์ชนิดแกร์ฟต์เฟอร์เนซ ให้พร้อมสำหรับการดูดและผสมสารมอดิไฟเออร์และสารละลายมาตรฐานพลวง
- 4.6.4.3 ดูดและผสมสารละลายมาตรฐานพลวงตามข้อ 4.6.2.3 ปริมาตร 0.02 cm<sup>3</sup> กับสารมอดิไฟเออร์ตามข้อ 4.6.2.5 ปริมาตร 0.002 cm<sup>3</sup> วัดค่าความดูดกลืนที่ภาวะตามข้อ 4.6.1.1
- 4.6.4.4 ดูดและผสมสารละลายมาตรฐานพลวงตามข้อ 4.6.2.4 ปริมาตร 0.02 cm<sup>3</sup> กับสารมอดิไฟเออร์ตามข้อ 4.6.2.5 ปริมาตร 0.002 cm<sup>3</sup> วัดค่าความดูดกลืนที่ภาวะตามข้อ 4.6.1.1

- 4.6.4.5 สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความดูดกลืนกับปริมาณพลวง
- 4.6.4.6 ทำเช่นเดียวกับข้อ 4.6.4.3 แต่ใช้สารละลายตัวอย่างตามข้อ 4.6.3 และแปลงค่าตามข้อ 4.6.4.1 ปริมาตร  $0.02 \text{ cm}^3$  แทนสารละลายมาตรฐานพลวง บันทึกค่าปริมาณพลวงที่ได้จากกราฟมาตรฐานที่เปรียบเทียบกับแปลงค่าแล้ว

#### 4.7 เจอร์เมเนียม

##### 4.7.1 เครื่องมือ

- 4.7.1.1 อะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรมิเตอร์ชนิดแกรไฟต์เฟอร์เนซ ที่มีภาวะและอุปกรณ์ประกอบดังนี้
  - (1) อุณหภูมิการแยกสลายด้วยความร้อน  $1\ 500\ ^\circ\text{C}$
  - (2) อุณหภูมิการทำละออง  $2\ 300\ ^\circ\text{C}$   
หรืออาจใช้ภาวะที่ระบุตามคู่มือการใช้เครื่องให้ได้ความไวในการวัดสูงสุด
  - (3) อิเล็กทริกดีสชาร์จ์แลมป์ชนิดซอลโลคาโทดแลมป์ หรือชนิดอิเล็กโตรดเลสดีสชาร์จ์แลมป์ สำหรับเจอร์เมเนียม หรือแหล่งกำเนิดแสงชนิดอื่นที่เทียบเท่า ซึ่งวัดได้ที่มีความยาวคลื่น  $265.2 \text{ nm}$
- 4.7.1.2 เครื่องสกัดด้านใน ตามข้อ 4.1.1.1

##### 4.7.2 สารละลายและวิธีเตรียม

- 4.7.2.1 สารละลายมาตรฐานเจอร์เมเนียมความเข้มข้น  $1\ 000 \text{ mg/dm}^3$   
ซึ่งเจอร์เมเนียมไดออกไซด์ ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99 ปริมาณ  $0.144 \text{ g}$  ให้ทราบมวลแน่นอนจนถึง  $0.000\ 1 \text{ g}$  ในครุชเบิลแพลทินัม ใส่โซเดียมคาร์บอเนต  $1 \text{ g}$  ผสมให้เข้ากัน ให้ความร้อนเพื่อให้หลอมเหลว ตั้งไว้ให้เย็น ละลายด้วยน้ำ ปรับความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลางด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ความหนาแน่น  $1.18 \text{ g/cm}^3$  เติมให้มากเกินพออีก  $1 \text{ cm}^3$  ถ่ายลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร หรืออาจใช้สารละลายมาตรฐานเจอร์เมเนียมคุณภาพเทียบเท่าเป็นสารตั้งต้นแทน
- 4.7.2.2 สารละลายมาตรฐานเจอร์เมเนียมความเข้มข้น  $0.1 \text{ mg/dm}^3$   
ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานเจอร์เมเนียมจากข้อ 4.7.2.1 มา  $1 \text{ cm}^3$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  เติมสารละลายกรดแอสติก ร้อยละ 4 สัดส่วนโดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายที่ได้  $1 \text{ cm}^3$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  เติมสารละลายกรดแอสติก ร้อยละ 4 สัดส่วนโดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร
- 4.7.2.3 สารละลายมาตรฐานเจอร์เมเนียมความเข้มข้น  $0.04 \text{ mg/dm}^3$   $0.06 \text{ mg/dm}^3$  และ  $0.08 \text{ mg/dm}^3$   
นำสารละลายมาตรฐานเจอร์เมเนียมจากข้อ 4.7.2.2 มา  $40 \text{ cm}^3$   $60 \text{ cm}^3$  และ  $80 \text{ cm}^3$  แยกใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  แต่ละใบเติมสารละลายกรดแอสติก ร้อยละ 4 สัดส่วนโดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร
- 4.7.2.4 สารมอดิไฟเออร์  
เตรียมเช่นเดียวกับข้อ 4.6.2.5

## 4.7.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

สกัดตัวอย่างด้วยสารละลายกรดแอซิดิก ร้อยละ 4 โดยปริมาตร ตามวิธีสกัดข้อ 4.1.3 ที่อุณหภูมิ  $(60 \pm 2) ^\circ\text{C}$  หรือ  $(95 \pm 2) ^\circ\text{C}$  แล้วแต่กรณี เป็นเวลา 30 min

## 4.7.4 วิธีวิเคราะห์

4.7.4.1 ทำแบลคก์เช่นเดียวกับข้อ 4.7.3 แต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง

4.7.4.2 นำสารละลายมาตรฐานเจอร์เมเนียม ตามข้อ 4.7.2.2 และข้อ 4.7.2.3 ที่ใส่สารมอดิไฟเออร์ ตามข้อ 4.7.2.4 แล้ว มาวัดค่าความดูดกลืนด้วยอะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรมิเตอร์ชนิดแกรไฟต์เฟอร์เนซ ที่ภาวะตามข้อ 4.7.1.1 สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความดูดกลืนกับปริมาณเจอร์เมเนียม

4.7.4.3 นำสารละลายตัวอย่างตามข้อ 4.7.3 และแบลคก์ตามข้อ 4.7.4.1 มาวัดค่าความดูดกลืนและอ่านค่าปริมาณเจอร์เมเนียมจากกราฟมาตรฐานที่เปรียบเทียบกับแบลคก์แล้ว

## 4.8 บิสฟีนอลเอ รวมทั้งฟีนอลและพี-ที-บิวทิลฟีนอล

## 4.8.1 เครื่องมือ

4.8.1.1 เครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูงชนิดสารพาเหลว (high performance liquid chromatograph, HPLC) ที่มีภาวะและอุปกรณ์ประกอบดังนี้

(1) คอลัมน์เหล็กกล้าไร้สนิม เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4.6 mm ยาว 250 mm บรรจุออกทะเลซิลซิลิโคน ซิลิกาเจล (octadecylsilyl silica gel)

(2) อุณหภูมิของคอลัมน์  $40 ^\circ\text{C}$

(3) สารพา (mobile phase) เป็นสารผสมของแอซิโทรไนโตรลกับน้ำกลั่น (3 + 7) อัตราส่วนแบบลิเนียร์คอนเซนเทรชันเกรเดียนต์ (linear concentration gradient) จาก (3 + 7) เป็น (10 + 0) ภายในเวลา 35 min และคงอัตรานี้ไว้เป็นเวลา 10 min

(4) เครื่องตรวจวัดความดูดกลืนชนิดอัลตราไวโอเลตสเปกโตรเมตริกที่ความยาวคลื่น 217 nm

4.8.1.2 อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่  $(60 \pm 2) ^\circ\text{C}$  และ  $(95 \pm 2) ^\circ\text{C}$

4.8.1.3 ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่  $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$

4.8.1.4 เยื่อกรอง ขนาดรูพรุนไม่เกิน  $0.5 \mu\text{m}$  (ไมโครเมตร)

## 4.8.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

4.8.2.1 แอซิโทรไนโตรล ไทรล ชั้นคุณภาพโครมาโทกราฟีชนิดสารพาเหลว

4.8.2.2 สารละลายมาตรฐานผสม บิสฟีนอลเอ ฟีนอล และพี-ที-บิวทิลฟีนอล อย่างละ 100 mg/dm<sup>3</sup>

ซึ่งบิสฟีนอลเอ ฟีนอล ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99 และพี-ที-บิวทิลฟีนอล ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 98 อย่างละ 0.01 g ให้ทราบมวลแน่นอนจนถึง 0.0001 g ใส่รวมกันในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> ละลายด้วยเมทานอล เดิมเมทานอลจนถึงขีดปริมาตร

- 4.8.2.3 สารละลายมาตรฐานผสม บิสฟีนอลเอ ฟีนอล และพี-ที-บิวทิลฟีนอล อย่างละ  $10 \text{ mg/dm}^3$   
 ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานบิสฟีนอลเอ ฟีนอลและพี-ที-บิวทิลฟีนอล ตามข้อ 4.8.2.2 มา  $10 \text{ cm}^3$   
 ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร
- 4.8.2.4 สารละลายมาตรฐานผสม บิสฟีนอลเอ ฟีนอล และพี-ที-บิวทิลฟีนอลอย่างละ  $0.5 \text{ mg/dm}^3$   $1.0 \text{ mg/dm}^3$   
 $1.5 \text{ mg/dm}^3$   $2.0 \text{ mg/dm}^3$  และ  $2.5 \text{ mg/dm}^3$   
 ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานบิสฟีนอลเอ ฟีนอล และพี-ที-บิวทิลฟีนอล ตามข้อ 4.8.2.3 ปริมาตร  
 $1 \text{ cm}^3$   $2 \text{ cm}^3$   $3 \text{ cm}^3$   $4 \text{ cm}^3$  และ  $5 \text{ cm}^3$  แยกใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $20 \text{ cm}^3$  จำนวน 5 ใบ เติมน้ำ  
 กลั่นในขวดแต่ละใบจนถึงขีดปริมาตร
- 4.8.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง
- 4.8.3.1 กรณีสกัดด้วยน้ำกลั่น สารละลายกรดแอซิดิก ร้อยละ 4 สกัดด้วยปริมาตร หรือสารละลายเอทานอล  
 ร้อยละ 20 สกัดด้วยปริมาตร  
 ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4.1.3 แล้วแต่กรณี
- 4.8.3.2 กรณีสกัดด้วยนอร์แมลเฮปเทน  
 ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4.1.3 แต่ใช้นอร์แมลเฮปเทน แทนน้ำกลั่น โดยนำไปวางในตู้ควบคุมอุณหภูมิ  
 ที่  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 1 h จากนั้นนำสารละลายนี้มา  $25 \text{ cm}^3$  ใส่ในกรวยแยกขนาด  $125 \text{ cm}^3$   
 เติมแอซีโตรไนโตรล  $10 \text{ cm}^3$  เขย่าอย่างแรง เป็นเวลา 5 min ตั้งไว้ให้แยกชั้น เก็บชั้นแอซีโตรไนโตรล  
 ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $25 \text{ cm}^3$  เติมแอซีโตรไนโตรลอีก  $10 \text{ cm}^3$  ใส่ในกรวยแยกใบเดิม  
 เขย่าอย่างแรงเป็นเวลา 5 min ตั้งไว้ให้แยกชั้น เก็บชั้นแอซีโตรไนโตรลร่วมกันในขวดแก้วปริมาตร  
 แล้วเติมแอซีโตรไนโตรลจนถึงขีดปริมาตร จากนั้นใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายนี้มา  $2 \text{ cm}^3$  กรองผ่านเยื่อ  
 กรอง
- 4.8.4 วิธีวิเคราะห์
- 4.8.4.1 นิดสารละลายมาตรฐานผสม บิสฟีนอลเอ ฟีนอล และพี-ที-บิวทิลฟีนอล ตามข้อ 4.8.2.4 ความเข้มข้น  
 ละ  $0.1 \text{ cm}^3$  เข้าเครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูงชนิดสารพาหะตามข้อ 4.8.1.1 แล้ววัดค่าความ  
 ดูดกลืนด้วยเครื่องตรวจวัดความดูดกลืนชนิดอัลตราไวโอเลตสเปกโตรเมตริกที่ความยาวคลื่น 217 nm  
 สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความดูดกลืนกับปริมาณบิสฟีนอลเอ ฟีนอล และพี-ที-บิวทิลฟีนอล  
 เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
- 4.8.4.2 นิดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 4.8.3 (แล้วแต่กรณี) ปริมาตร  $0.1 \text{ cm}^3$  เข้าเครื่องโครมาโทกราฟี  
 สมรรถนะสูงชนิดสารพาหะตามข้อ 4.8.1.1 แล้ววัดค่าความดูดกลืนด้วยเครื่องตรวจวัดความดูดกลืน  
 ชนิดอัลตราไวโอเลตสเปกโตรเมตริกที่ความยาวคลื่น 217 nm
- 4.8.4.3 หาปริมาณบิสฟีนอลเอ รวมทั้งฟีนอลและพี-ที-บิวทิลฟีนอล เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร  
 จากกราฟมาตรฐาน โดยนำมารวมกัน

## 4.9 แคลโพรแลกแทม

### 4.9.1 เครื่องมือ

#### 4.9.1.1 เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟ ที่มีภาวะและอุปกรณ์ประกอบดังนี้

- (1) คอลัมน์แก้วซิลิเกต เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.32 mm ยาว 30 m (เมตร) เคลือบด้วยไคเมทิลพอลิซิลอกเซน (dimethyl polysiloxane) หนา 5  $\mu\text{m}$
- (2) อุณหภูมิของคอลัมน์ 240 °C
- (3) อุณหภูมิที่ฉีด (injection port) 240 °C
- (4) สารพา เป็นก๊าซไนโตรเจนหรือก๊าซฮีเลียม ที่ปรับอัตราไหลให้พาแคลโพรแลกแทมออกมาได้ภายใน 5 min
- (5) เครื่องตรวจวัดชนิดไฮโดรเจนเฟลมไอโอไนเซชันที่อุณหภูมิประมาณ 270 °C ปรับอัตราการไหลของไฮโดรเจนและอากาศให้มีความไวในการตรวจวัดสูงสุด

#### 4.9.1.2 อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิได้ที่ $(60 \pm 2)$ °C

### 4.9.2 สารละลายและวิธีเตรียม

#### 4.9.2.1 สารละลายมาตรฐานแคลโพรแลกแทม 1 500 mg/dm<sup>3</sup>

ชั่งแคลโพรแลกแทม ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 98 ปริมาณ 1.5 g ให้ทราบมวลแน่นอนจนถึง 0.001 g ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 1 000 cm<sup>3</sup> ละลายด้วยสารละลายเอทานอล ร้อยละ 20 สกัดส่วนโดยปริมาตร เติมสารละลายเอทานอล ร้อยละ 20 สกัดส่วนโดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร

#### 4.9.2.2 สารละลายมาตรฐานแคลโพรแลกแทม 15 mg/dm<sup>3</sup>

ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายตามข้อ 4.9.2.1 ปริมาตร 1 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เติมสารละลายเอทานอล ร้อยละ 20 สกัดส่วนโดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร

### 4.9.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4.1.3 โดยสารสกัดที่ใช้เป็นเอทานอล ร้อยละ 20 สกัดส่วนโดยปริมาตร

### 4.9.4 วิธีวิเคราะห์

4.9.4.1 นิดสารละลายมาตรฐานแคลโพรแลกแทมจาก ข้อ 4.9.2.2 ปริมาตร 0.001 cm<sup>3</sup> เข้าเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟ จะได้โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานแคลโพรแลกแทม

4.9.4.2 นิดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 4.9.3 ปริมาตร 0.001 cm<sup>3</sup> เข้าเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟ จะได้โครมาโทแกรมของสารละลายตัวอย่าง

4.9.4.3 เปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีกของแคลโพรแลกแทมในสารละลายตัวอย่างต้องไม่มากกว่าพื้นที่ใต้พีกของสารละลายมาตรฐานแคลโพรแลกแทม จึงถือว่าไม่มีแคลโพรแลกแทม ไม่เกิน 15 mg/dm<sup>3</sup>

## 4.10 เมทิลเมทาคริเลต

### 4.10.1 เครื่องมือ

#### 4.10.1.1 เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟ ที่มีภาวะและอุปกรณ์ประกอบดังนี้

- (1) คอลัมน์แก้วซิลิเกต เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.32 mm ความยาว 30 m เคลือบด้วยโคมเทิลพอลิซิลิโชน หน้า 5  $\mu\text{m}$
- (2) ให้ความร้อนคอลัมน์ที่อุณหภูมิ 120 °C คงอุณหภูมินี้ไว้เป็นเวลา 1 min จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 5 °C/min (องศาเซลเซียสต่อนาที) จนถึง 170 °C
- (3) อุณหภูมิที่ฉีด 200 °C
- (4) สารพา เป็นก๊าซไนโตรเจนหรือก๊าซฮีเลียม ที่ปรับอัตราไหลให้พามเทิลเมทาคริเลตออกมาได้ภายในเวลาประมาณ 5 min
- (5) เครื่องตรวจวัดชนิดไฮโดรเจนเฟลมไอโอไนเซชันที่อุณหภูมิประมาณ 200 °C ปรับอัตราการไหลของไฮโดรเจนและอากาศให้มีความไวในการตรวจวัดสูงสุด

4.10.1.2 อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่  $(60 \pm 2)$  °C

#### 4.10.2 สารละลายและวิธีเตรียม

4.10.2.1 สารละลายมาตรฐานเมทิลเมทาคริเลต 1 500 mg/dm<sup>3</sup>

ชั่งเมทิลเมทาคริเลต ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99 ปริมาณ 1.5 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.001 g ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 1 000 cm<sup>3</sup> ละลายด้วยเอทานอล ร้อยละ 20 สกัดส่วนโดยปริมาตร เติมสารละลายเอทานอล ร้อยละ 20 สกัดส่วน โดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร

4.10.2.2 สารละลายมาตรฐานเมทิลเมทาคริเลต 15 mg/dm<sup>3</sup>

ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานเมทิลเมทาคริเลตจากข้อ 4.10.2.1 ปริมาตร 1 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดแก้ว ปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เติมสารละลายเอทานอล ร้อยละ 20 สกัดส่วน โดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร

#### 4.10.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4.1.3 โดยสารสกัดที่ใช้เป็นเอทานอล ร้อยละ 20 สกัดส่วน โดยปริมาตร

#### 4.10.4 วิธีวิเคราะห์

4.10.4.1 นีดสารละลายมาตรฐานเมทิลเมทาคริเลตจาก ข้อ 4.10.2.2 ปริมาตร 0.001 cm<sup>3</sup> เข้าเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟ จะได้โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานเมทิลเมทาคริเลต

4.10.4.2 นีดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 4.10.3 ปริมาตร 0.001 cm<sup>3</sup> เข้าเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟ จะได้โครมาโทแกรมของสารละลายตัวอย่าง

4.10.4.3 เปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีคของเมทิลเมทาคริเลตในสารละลายตัวอย่างต้องไม่มากกว่าพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานเมทิลเมทาคริเลต จึงถือว่าตัวอย่างมีเมทิลเมทาคริเลต ไม่เกิน 15 mg/dm<sup>3</sup>

## 5. วิธีวิเคราะห์เนื้อพลาสติก

### 5.1 สารที่สกัดได้ด้วยนอร์แมลเฮกเซนสำหรับพอลิเอทิลีนและพอลิพรอพิลีนชนิดพอลิเมอร์ร่วม

#### 5.1.1 เครื่องมือ

- 5.1.1.1 เครื่องสกัด ประกอบด้วยขวดแก้วก้นกลมขนาด 2 dm<sup>3</sup> (ลูกบาศก์เดซิเมตร) ที่มีช่องเปิด สำหรับเสียบเทอร์โมมิเตอร์ และเครื่องควบแน่นกลั่นกลับ (reflux condenser) ความยาว 40 cm
- 5.1.1.2 เครื่องระเหยที่ระเหยสารละลายได้รวดเร็วและป้องกันการปนเปื้อนได้ เช่น อุปกรณ์ระเหยด้วยก๊าซไนโตรเจนที่แห้งปราศจากก๊าซออกซิเจนหรือมีความบริสุทธิ์สูงซึ่งมีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่า 10 ส่วนในล้านส่วน ที่ทำให้ร้อนด้วยท่อจุ่มในเครื่องอังไอน้ำ ซึ่งข้อต่อทั้งหมดทำด้วยเทตระฟลูออโรเอทิลีน (tetrafluoroethylene) ชนิดยึดหยุ่นได้
- 5.1.1.3 เตาไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้ พร้อมเครื่องคนแม่เหล็ก
- 5.1.1.4 เดซิกเคเตอร์สูญญากาศ
- 5.1.1.5 กรวยกรองบุชเนอร์ พร้อมแผ่นกรองหยาบฟริตเทด เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 cm
- 5.1.1.6 กรวยแก้วฟริตเทด (fritted-glass) เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 cm ความยาวก้าน 4 cm

#### 5.1.2 สารเคมี

- 5.1.2.1 นอร์แมลเฮกเซน ชั้นคุณภาพวิเคราะห์
- 5.1.2.2 โทลูอีน

#### 5.1.3 การเตรียมตัวอย่าง

ตัดพลาสติกตัวอย่าง โดยหลีกเลี่ยงส่วนที่มีหมึกพิมพ์ให้เป็นชิ้นเล็กละเอียด แต่ละชิ้นควรมีพื้นที่ไม่เกิน 0.25 cm<sup>2</sup> นำตัวอย่างที่ได้ผสมให้เข้ากัน

#### 5.1.4 วิธีวิเคราะห์

- 5.1.4.1 ชั่งตัวอย่างตามข้อ 5.1.3 ปริมาณ 2.5 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.001 g ใส่ในขวดแก้วก้นกลม ใส่สารละลายนอร์แมลเฮกเซน 1 dm<sup>3</sup> ต่อขวดแก้วเข้ากับเครื่องควบแน่นกลั่นกลับ เปิดน้ำให้ไหลผ่านและคนด้วยเครื่องคนที่ความเร็วรอบสูงสุด ให้ความร้อนบนเตาไฟฟ้าจนสารละลายมีอุณหภูมิ (49 ± 1) °C ภายใน 20 min ถึง 25 min
- 5.1.4.2 ให้ความร้อนต่อที่อุณหภูมิ (49 ± 1) °C เป็นเวลา 2 h หยุดให้ความร้อนเตสารละลายอย่างต่อเนื่องขณะอุ่นผ่านแผ่นกรองหยาบฟริตเทดบนกรวยกรองบุชเนอร์ จากนั้นกรองผ่านกรวยแก้วฟริตเทด ลงในขวดแก้วรูปกรวยขนาด 1 dm<sup>3</sup>
- 5.1.4.3 ชั่งมวลสารละลายที่ได้จากการกรอง ซึ่งสารละลายที่กรองได้ต้องไม่น้อยกว่า ร้อยละ 90 ของสารละลายที่กลั่นได้
- 5.1.4.4 นำสารละลายที่กรองได้ครึ่งหนึ่งใส่บีกเกอร์ขนาด 1 dm<sup>3</sup> ระเหยด้วยเครื่องระเหยตามข้อ 5.1.1.2 เติสารละลายจากการกรองที่เหลือทั้งหมดลงในบีกเกอร์ ระเหยต่อจนเหลือปริมาตร 50 cm<sup>3</sup>

เทสารละลายที่ได้ลงในถ้วยระเหยที่ทราบมวลแน่นอน ล้างบีกเกอร์ด้วยนอร์แมลเฮกเซน 20 cm<sup>3</sup> ถึง 30 cm<sup>3</sup> จำนวน 2 ครั้ง เทรวมกันในถ้วยระเหย

5.1.4.5 ระเหยสารละลายที่ได้ต่อด้วยเครื่องระเหยตามข้อ 5.1.1.2 จนแห้ง (กรณีมีสารที่ไม่ละลายในนอร์แมลเฮกเซนร้อนอาจต้องใช้ตัวทำละลายอื่น เช่น โทลูอิน) นำถ้วยระเหยตั้งในเคชิกเคเตอร์สูญญากาศไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 12 h ชั่งให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.000 1 g จนได้มวลคงที่ ทำแบลنگก์โดยใช้สารละลายนอร์แมลเฮกเซน 1 dm<sup>3</sup> แทนสารละลายตัวอย่าง

5.1.5 วิธีคำนวณ

คำนวณหาปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยนอร์แมลเฮกเซน จากสูตร

$$H = \frac{(m_1 - m_2) \times 10^6}{m_3}$$

เมื่อ  $H$  คือ สารที่สกัดได้ด้วยนอร์แมลเฮกเซน เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

$m_1$  คือ มวลสิ่งที่เหลือจากการระเหยของสารละลายตัวอย่าง เป็นกรัม

$m_2$  คือ มวลสิ่งที่เหลือจากการระเหยของแบลنگก์ เป็นกรัม

$m_3$  คือ มวลพลาสติกตัวอย่าง เป็นกรัม

5.2 สารที่สกัดได้ด้วยนอร์แมลเฮกเซนสำหรับพอลิพรอพิลีนชนิดพอลิเมอร์เอกพันธ์

5.2.1 เครื่องมือ

เช่นเดียวกับข้อ 5.1.1

5.2.2 สารเคมี

5.2.2.1 นอร์แมลเฮกเซน ชั้นคุณภาพวิเคราะห์

5.2.2.2 ก๊าซไนโตรเจนชนิดแห้ง ความบริสุทธิ์สูงซึ่งมีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่า 10 ส่วนในล้านส่วน

5.2.3 การเตรียมตัวอย่าง

ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 5.1.3

5.2.4 วิธีวิเคราะห์

5.2.4.1 ชั่งตัวอย่างตามข้อ 5.2.3 ปริมาณ 1 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.001 g ใส่ในขวดแก้วก้นกลมพร้อมหินกันกระเด็น (boiling stones) 2 ชิ้น ถึง 3 ชิ้น เติมนอร์แมลเฮกเซน 100 cm<sup>3</sup> ต่อขวดแก้วเข้ากับเครื่องควบแน่นกลั่นกลับ เปิดน้ำให้ไหลผ่าน ให้ความร้อนบนเตาไฟฟ้าเพื่อเกิดภาวะกลั่นกลับเป็นเวลา 2 h หยุดให้ความร้อน

5.2.4.2 กรองสารละลายทันทีขณะร้อนผ่านกรวยกรองบรรจุใยแก้ว (glass wool) ลงในบีกเกอร์ขนาด 150 cm<sup>3</sup> ล้างขวดแก้วด้วยนอร์แมลเฮกเซนร้อน 10 cm<sup>3</sup> จำนวน 2 ครั้ง กรองแล้วนำไปรวมกับสารละลายที่ได้จากตัวอย่าง

5.2.4.3 ระเหยสารละลายที่กรองได้ทั้งหมดบนเครื่องอังไอน้ำโดยเป่าก๊าซไนโตรเจนช่วย อบสิ่งที่เหลือจากการระเหยในตู้อบสูญญากาศที่อุณหภูมิ (110 ± 2) °C เป็นเวลา 2 h ตั้งให้เย็นในเคชิกเคเตอร์สูญญากาศ ชั่ง

ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.000 1 g จนได้มวลคงที่ ทำแบลงก์โดยใช้สารละลายนอร์แมลเฮกเซน 120 cm<sup>3</sup> แทนสารละลายตัวอย่าง

### 5.2.5 วิธีคำนวณ

คำนวณหาปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยนอร์แมลเฮกเซน จากสูตร

$$H_{pp} = \frac{(m_1 - m_2) \times 10^6}{m_3}$$

เมื่อ  $H_{pp}$  คือ สารที่สกัดได้ด้วยนอร์แมลเฮกเซน เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

$m_1$  คือ มวลสิ่งที่เหลือจากการระเหยของสารละลายตัวอย่าง เป็นกรัม

$m_2$  คือ มวลสิ่งที่เหลือจากการระเหยของแบลงก์ เป็นกรัม

$m_3$  คือ มวลพลาสติกตัวอย่าง เป็นกรัม

## 5.3 สารที่ละลายได้ในไซลีนสำหรับพอลิเอทิลีนและพอลิพรอพิลีนชนิดพอลิเมอร์รวม

### 5.3.1 เครื่องมือ

5.3.1.1 เครื่องให้ความร้อนไฟฟ้า (electric heating mantle) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิได้

5.3.1.2 เครื่องควบแน่นกลั่นกลับ ความยาว 40 cm

5.3.1.3 อ่างน้ำหรือตู้ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งควบคุมอุณหภูมิได้คงที่ที่  $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$

5.3.1.4 อุปกรณ์ระเหยด้วยก๊าซไนโตรเจน ตามข้อ 5.1.1.2

5.3.1.5 เครื่องให้ความร้อนพร้อมเครื่องคนแม่เหล็กและแท่งคนแม่เหล็กเคลือบด้วยแก้ว

5.3.1.6 ถ้วยระเหยอะลูมิเนียมแบบใช้ครั้งเดียว

5.3.1.7 ตู้อบสูญญากาศ

5.3.1.8 กรวยกรองบุชเนอร์ พร้อมแผ่นกรองหยาบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 cm ถึง 6 cm

5.3.1.9 กรวยแก้วฟริตเทด

5.3.1.10 เครื่องแอสไพเรเตอร์ (aspirator) พร้อมอุปกรณ์กำเนิดแสงอินฟราเรด

### 5.3.2 สารเคมี

5.3.2.1 ไซลีน ชั้นคุณภาพวิเคราะห์ ความหนาแน่น 840 g/dm<sup>3</sup> (กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)

5.3.2.2 ก๊าซไนโตรเจนชนิดแห้งและมีความบริสุทธิ์สูงซึ่งมีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่า 10<sup>-4</sup> ส่วนในล้านส่วน

### 5.3.3 การเตรียมตัวอย่าง

ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 5.1.3

### 5.3.4 วิธีวิเคราะห์

5.3.4.1 ชั่งตัวอย่างตามข้อ 5.3.3 ปริมาณ 5 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.001 g ใส่ในขวดแก้วกันกลม เดิม ไซลีน 1 000 cm<sup>3</sup> ใส่แก้วกันกระเด็นลงในขวดกลั่น เพื่อป้องกันไม่ให้สารละลายเดือดรุนแรง ต่อขวดแก้วเข้ากับเครื่องควบแน่นกลั่นกลับ เปิดน้ำให้ไหลผ่าน และให้ความร้อนด้วยเครื่องให้ความร้อนไฟฟ้าขณะกลั่นที่ระดับสูงสุด

- 5.3.4.2 เมื่อไซลีนเริ่มเดือดลดกำลังไฟลงถึงระดับพอร์กายาภาวะก่กลับไว้ได้ ก่กลับเป็นเวลา 2 h หยุดให้ความร้อน ตั้งขวดก่กลับไว้ที่อุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิลดลงถึง 50 °C จากนั้นทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วในอ่างน้ำเย็น จนอุณหภูมิลดลงเป็น 25 °C ถึง 30 °C ย้ายขวดก่กลับไปแช่ในอ่างน้ำหรือตู้ควบคุมอุณหภูมิ (25 ± 1) °C จนอุณหภูมิจนของสารละลายคงที่อย่างน้อยเป็นเวลา 1 h
- 5.3.4.3 เขย่าสารละลายที่ได้เพื่อให้ตะกอนพอลิเมอร์แตกออก เทผ่านแผ่นกรองหยาบบนกรวยกรองบุชเนอร์อย่างต่อเนื่อง จากนั้นกรองผ่านกรวยแก้วฟริตเทด ลงในขวดแก้วรูปกรวยขนาด 1 dm<sup>3</sup> กรองสารละลายจนได้ปริมาตร 450 cm<sup>3</sup> ถึง 500 cm<sup>3</sup>
- 5.3.4.4 ชั่งสารละลายที่กรองได้ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.1 g เทสารละลายที่กรองได้ทั้งหมดลงในบีกเกอร์ขนาด 1 dm<sup>3</sup> ล้างขวดแก้วรูปกรวยด้วยไซลีน 2 ครั้งถึง 3 ครั้ง ครั้งละ 10 cm<sup>3</sup> เทรวมกันในบีกเกอร์ วางบีกเกอร์บนเครื่องให้ความร้อน ใส่แท่งคนแม่เหล็ก ปิดบีกเกอร์ด้วยฝาที่ติดตั้งท่อรับส่งก๊าซไนโตรเจนต่อท่อ นำก๊าซเข้ากับถังจ่ายก๊าซไนโตรเจนและต่อท่อ นำก๊าซออกเข้าเครื่องควบคุมที่ติดตั้งบนขวดแก้วรองรับ ปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนในอัตรา 2 dm<sup>3</sup>/min (ลูกบาศก์เดซิเมตรต่อนาที) ถึง 3 dm<sup>3</sup>/min ต่อเครื่องแอสไฟเรเตอร์เข้ากับขวดแก้วรองรับ เปิดแสงอินฟราเรด และปรับเครื่องให้ความร้อนเพื่อให้ได้อัตราการก่กลับ 12 cm<sup>3</sup>/min (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที) ถึง 13 cm<sup>3</sup>/min และปรับแท่งคนแม่เหล็กให้หมุนด้วยความเร็วสูงพอที่จะทำให้สารละลายเดือด
- 5.3.4.5 เมื่อปริมาตรของตัวทำละลายในบีกเกอร์ลดลงเหลือ 30 cm<sup>3</sup> ถึง 50 cm<sup>3</sup> ถ่ายของเหลวเข้มข้นลงในถ้วยระเหยอะลูมิเนียมแบบใช้ครั้งเดียวที่ทราบมวลแน่นอน ล้างบีกเกอร์ 2 ครั้ง ด้วยไซลีน ครั้งละ 10 cm<sup>3</sup> ถึง 20 cm<sup>3</sup> เทรวมกัน ระเหยบนแท่นให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ โดยให้มีก๊าซไนโตรเจนผ่านเข้ากึ่งกลางของถ้วยระเหย ขณะระเหยระวังอย่าให้เกิดการเผาไหม้
- 5.3.4.6 เมื่อสารละลายระเหยหมด นำถ้วยระเหยเก็บในตู้อบสูญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลาอย่างน้อย 12 h ชั่งให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.000 1 g จนได้มวลคงที่ ทำแบบลงด้วยไซลีนปริมาตรและวิธีเดียวกัน
- 5.3.5 วิธีคำนวณ
- คำนวณหาปริมาณสารที่ละลายได้ในไซลีน จากสูตร

$$X = \frac{(m_1 - m_2) \times 840 \times 10^6}{m_3 \times m_4}$$

เมื่อ	$X$	คือ	สารที่ละลายได้ในไซลีน เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
	$m_1$	คือ	มวลสิ่งที่เหลือจากการระเหยของสารละลายตัวอย่าง เป็นกรัม
	$m_2$	คือ	มวลสิ่งที่เหลือจากการระเหยของแบบลง เป็นกรัม
	$m_3$	คือ	มวลพลาสติกตัวอย่างที่นำมาละลายในไซลีน เป็นกรัม
	$m_4$	คือ	มวลของสารละลายที่กรองได้ เป็นกรัม

## 5.4 สารที่ละลายได้ในไซลีนสำหรับพอลิพรอพิลีนชนิดพอลิเมอร์เอกพันธ์

### 5.4.1 เครื่องมือ

- 5.4.1.1 เครื่องให้ความร้อนไฟฟ้า ซึ่งควบคุมความร้อนด้วยการเปลี่ยนสวิตช์ไฟฟ้า สำหรับขวดแก้วขนาด 125 cm<sup>3</sup>
- 5.4.1.2 เครื่องคนแม่เหล็กสำหรับใช้ร่วมกับเครื่องให้ความร้อนตามข้อ 5.4.1.1 พร้อมแท่งคนแม่เหล็กเคลือบด้วยสารเทอร์ฟลูออโรเอทีลิน ความยาวประมาณ 2.5 cm
- 5.4.1.3 อ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่  $(25 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$
- 5.4.1.4 ถ้วยระเหยอะลูมิเนียมแบบใช้ครั้งเดียว เส้นผ่านศูนย์กลาง 60 mm ความสูง 18 mm
- 5.4.1.5 ตู้อบสูญญากาศ
- 5.4.1.6 กรวยแก้วฟริตเทด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 cm ถึง 6 cm พร้อมเครื่องแอสไพเรเตอร์

### 5.4.2 สารเคมี สารละลายและการเตรียม

- 5.4.2.1 ไซลีนที่มีแอนท็อกซิแดนท์  
ละลายฟีนิล-เบต้า-แนฟทิลลามีน (phenyl- $\beta$ -naphthylamine) 0.02 g ด้วยไซลีนชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม ความหนาแน่นสัมพัทธ์ 0.856 ถึง 0.867 และอุณหภูมิเดือด  $123 ^\circ\text{C}$  ถึง  $160 ^\circ\text{C}$  ปริมาตร 1 dm<sup>3</sup>
- 5.4.2.2 ก๊าซไนโตรเจนชนิดแห้งที่มีความบริสุทธิ์สูงซึ่งมีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่า  $10^4$  ส่วนในล้านส่วน

### 5.4.3 การเตรียมตัวอย่าง

ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 5.1.3

### 5.4.4 วิธีวิเคราะห์

- 5.4.4.1 ชั่งตัวอย่างตามข้อ 5.4.3 ปริมาณ 1 g ถึง 2 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.001 g ใส่ในขวดแก้วขนาด 125 cm<sup>3</sup> ซึ่งมีแท่งคนแม่เหล็ก ใส่ไซลีน 100 cm<sup>3</sup> ปิดจุกหลวมๆ ให้ความร้อนด้วยเครื่องให้ความร้อนไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ  $120 ^\circ\text{C}$  พร้อมทั้งคนด้วยแท่งคนจนตัวอย่างละลายหมด
- 5.4.4.2 นำขวดออกจากเครื่องให้ความร้อน ปิดฝา ตั้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 1 h ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ต้องคน จากนั้นนำขวดไปไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่  $(25 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$  ตั้งไว้เป็นเวลา 1 h โดยไม่ต้องคน
- 5.4.4.3 นำขวดออก เขย่าให้เข้ากันแล้วเทผ่านกรวยแก้วฟริตเทดตามข้อ 5.4.1.6 จนได้สารละลาย 30 cm<sup>3</sup> ถึง 40 cm<sup>3</sup> (ถ้าสารละลายข้นมากจนกรองยากให้เติมไดอะตอมมาเซียส เอิร์ธ (diatomaceous earth) ปริมาณ 10 g และเขย่าอย่างแรงก่อนกรอง)
- 5.4.4.4 ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายที่กรองได้ 20 cm<sup>3</sup> ใส่ในถ้วยระเหยอะลูมิเนียมที่ทราบมวลแน่นอน วางถ้วยระเหยบนเครื่องอังไอน้ำ คว่ำกรวยแก้วก้านสั้นบนถ้วยระเหยแล้วผ่านก๊าซไนโตรเจนลงในก้านกรวยในอัตราที่ทำให้ผิวหน้าของตัวทำละลายเคลื่อนไหวเป็นระลอก (อาจให้ความร้อนถ้าต้องการ) เมื่อสารละลายระเหยหมด นำถ้วยระเหยไปอบในตู้อบสูญญากาศที่อุณหภูมิ  $140 ^\circ\text{C}$  ที่ความดันน้อยกว่า 6.7 kPa (กิโลพาสคัล) เป็นเวลา 2 h ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์สูญญากาศ ซึ่งให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.000 1 g จนได้มวลคงที่

5.4.5 วิธีคำนวณ

คำนวณหาปริมาณสารที่ละลายได้ในไซลีนสำหรับพอลิพรอพิลีน จากสูตร

$$X_{pp} = \frac{m_1}{m_2} \times \frac{10^8}{v}$$

- เมื่อ  $X_{pp}$  คือ สารที่ละลายได้ในไซลีน เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- $m_1$  คือ มวลสิ่งที่เหลือจากการระเหยของสารละลายตัวอย่าง เป็นกรัม
- $m_2$  คือ มวลพลาสติกตัวอย่าง เป็นกรัม
- $v$  คือ ปริมาตรสารละลายที่นำไประเหย เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

5.5 สารหนู

5.5.1 เครื่องมือ

5.5.1.1 อะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรมิเตอร์และอุปกรณ์วิเคราะห์ไฮโดรด์พร้อมอิเล็กโทรดิสซาร์ตแลมป์สำหรับสารหนูหรือแหล่งกำเนิดแสงชนิดอื่นที่เทียบเท่า ซึ่งวัดได้ที่มีความยาวคลื่น 193.7 nm โดยปรับภาวะตามคู่มือการใช้ให้ได้ความไวในการวัดสูงสุด

5.5.1.2 เครื่องย่อยตัวอย่างด้วยไมโครเวฟ หรือเครื่องย่อยระบบอื่นที่เทียบเท่า

5.5.2 สารละลายและวิธีเตรียม

5.5.2.1 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1+9)

เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ความหนาแน่น 1.18 g/cm<sup>3</sup> (มีสารหนูน้อยกว่า 0.005 ส่วนในล้านส่วน) 1 ส่วน ลงในน้ำกลั่น 9 ส่วน

5.5.2.2 สารละลายโซเดียมโบโรไฮไดรด์ 2 000 mg/dm<sup>3</sup>

5.5.2.3 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 500 mg/dm<sup>3</sup>

5.5.2.4 สารละลายมาตรฐานสารหนู 100 mg/dm<sup>3</sup>

บดอาร์ซีนิคไตรออกไซด์ ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99.5 จนเป็นผงละเอียด อบในตู้อบที่ (105±2) °C แล้วชั่ง 0.1 g ให้ทราบมวลแน่นอนจนถึง 0.000 1 g ใส่ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 1 dm<sup>3</sup> ละลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1+4) ปริมาตร 5 cm<sup>3</sup> ทำให้เป็นกลางด้วยกรดซัลฟิวริก (1+19) เติมกรดซัลฟิวริก (1+19) อีก 10 cm<sup>3</sup> แล้วเติมน้ำกลั่นที่เพิ่งผ่านการต้มเดือดและทำให้เย็น จนถึงขีดปริมาตร หรืออาจใช้สารละลายมาตรฐานสารหนูคุณภาพเทียบเท่าเป็นสารตั้งต้นแทน

**หมายเหตุ** สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1 + 4) เตรียมโดยผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 ส่วน ในน้ำกลั่น 4 ส่วน

สารละลายกรดซัลฟิวริก (1 + 19) เตรียมโดยเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ความหนาแน่น 1.84 g/cm<sup>3</sup> 1 ส่วน ลงในน้ำกลั่น 19 ส่วน

- 5.5.2.5 สารละลายมาตรฐานสารหนู  $10 \text{ mg/dm}^3$   
ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานสารหนู ข้อ 5.5.2.4 ปริมาตร  $10 \text{ cm}^3$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1+9) จนถึงขีดปริมาตร
- 5.5.2.6 สารละลายมาตรฐานสารหนู  $100 \text{ }\mu\text{g/dm}^3$  (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)  
ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานสารหนู ข้อ 5.5.2.5 ปริมาตร  $1 \text{ cm}^3$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1+9) จนถึงขีดปริมาตร
- 5.5.2.7 สารละลายมาตรฐานสารหนู  $2 \text{ }\mu\text{g/dm}^3$   $3 \text{ }\mu\text{g/dm}^3$   $4 \text{ }\mu\text{g/dm}^3$   $5 \text{ }\mu\text{g/dm}^3$  และ  $10 \text{ }\mu\text{g/dm}^3$   
ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานสารหนู ข้อ 5.5.2.6 ปริมาตร  $2 \text{ cm}^3$   $3 \text{ cm}^3$   $4 \text{ cm}^3$   $5 \text{ cm}^3$  และ  $10 \text{ cm}^3$  แยกใส่ขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  จำนวน 5 ใบ แต่ละใบเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1+9) ปริมาตร  $50 \text{ cm}^3$  เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์  $0.05 \text{ g/cm}^3$  ปริมาตร  $10 \text{ cm}^3$  และสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1+9) ปริมาตร  $10 \text{ cm}^3$  ผสมให้เข้ากัน ตั้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา  $30 \text{ min}$  เติมสารละลายกรดแอสคอร์บิก  $0.05 \text{ g/cm}^3$  ปริมาตร  $10 \text{ cm}^3$  เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1+9) จนถึงขีดปริมาตร
- 5.5.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง  
ชั่งตัวอย่าง  $1 \text{ g}$  ให้ทราบมวลแน่นอนจนถึง  $0.001 \text{ g}$  ใส่ในภาชนะสำหรับย่อยตัวอย่างด้วยเครื่องย่อยไมโครเวฟหรือเครื่องย่อยระบบอื่นที่เทียบเท่า นำสารละลายที่ย่อยได้ใส่ขวดแก้วขนาด  $100 \text{ cm}^3$  เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1+9) ปริมาตร  $50 \text{ cm}^3$  เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์  $0.05 \text{ g/cm}^3$  ปริมาตร  $10 \text{ cm}^3$  และสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1+9) ปริมาตร  $10 \text{ cm}^3$  ผสมให้เข้ากัน ตั้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา  $30 \text{ min}$  เติมสารละลายกรดแอสคอร์บิก  $0.05 \text{ g/cm}^3$  ปริมาตร  $10 \text{ cm}^3$  เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1+9) จนถึงขีดปริมาตร
- 5.5.4 วิธีวิเคราะห์
- 5.5.4.1 ทำแบลنگก์เช่นเดียวกับข้อ 5.5.3 แต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง
- 5.5.4.2 นำสารละลายมาตรฐานตาม ข้อ 5.5.2.7 มาวัดค่าความดูดกลืน ด้วยอะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโทรมิเตอร์ตามข้อ 5.5.1.1 ที่ความยาวคลื่น  $193.7 \text{ nm}$  โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1+9) เป็นตัวพา ใช้สารละลายโซเดียมโบโรไฮไดรด์ ตามข้อ 5.5.2.2 และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามข้อ 5.5.2.3 เป็นตัวทำปฏิกิริยา สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความดูดกลืนกับปริมาณสารหนู
- 5.5.4.3 นำสารละลายตัวอย่างตามข้อ 5.5.3 และแบลنگก์ตามข้อ 5.5.4.1 มาวิเคราะห์ปริมาณสารหนูตามวิธีในข้อ 5.5.4.2 โดยเปลี่ยนสารละลายมาตรฐานเป็นสารละลายตัวอย่าง นำไปวัดค่าความดูดกลืนและอ่านค่าปริมาณสารหนู จากกราฟมาตรฐานเปรียบเทียบกับแบลنگก์ เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

5.5.5 วิธีคำนวณ

คำนวณหาปริมาณสารหนู จากสูตร

$$As = \frac{c \times V}{m}$$

เมื่อ  $As$  คือ สารหนู เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

$c$  คือ ปริมาณสารหนูจากกราฟมาตรฐานที่เปรียบเทียบกับแบลด์แล้ว เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

$V$  คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

$m$  คือ มวลตัวอย่าง เป็นกรัม

5.6 ตะกั่ว

5.6.1 เครื่องมือ

5.6.1.1 อะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโทรมิเตอร์ชนิดเฟลมพร้อมอิเล็กทรอนิกส์ชาร์ตแลมปีสำหรับตะกั่ว หรือ แหล่งกำเนิดแสงชนิดอื่นที่เทียบเท่า ซึ่งวัดได้ที่มีความยาวคลื่น 283.3 nm โดยปรับภาวะตามคู่มือการใช้งานให้ได้ความไวในการวัดสูงสุด

5.6.1.2 เครื่องย่อยตัวอย่างด้วยไมโครเวฟ หรือเครื่องย่อยระบบอื่นที่เทียบเท่า

5.6.2 สารละลายและวิธีเตรียม

5.6.2.1 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 1 000 mg/dm<sup>3</sup>

ซิงเกิล (II) ไนเตรด ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99.5 ปริมาณ 0.159 8 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.000 1 g ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> ใส่สารละลายกรดไนตริก ร้อยละ 10 สัดส่วนโดยปริมาตร 10 cm<sup>3</sup> เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร หรืออาจใช้สารละลายมาตรฐานตะกั่วคุณภาพเทียบเท่า เป็นสารตั้งต้นแทน

*หมายเหตุ ให้เก็บสารละลายนี้ในขวดแก้วชั้นคุณภาพที่ไม่มีตะกั่วละลายออกมา*

5.6.2.2 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 100 mg/dm<sup>3</sup>

ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ข้อ 5.6.2.1 ปริมาตร 10 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เติมสารละลายกรดไนตริก ร้อยละ 1 สัดส่วนโดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร

5.6.2.3 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 50 mg/dm<sup>3</sup>

ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ข้อ 5.6.2.2 ปริมาตร 50 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เติมสารละลายกรดไนตริก ร้อยละ 1 สัดส่วนโดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร

5.6.2.4 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 10 mg/dm<sup>3</sup>

ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ข้อ 5.6.2.2 ปริมาตร 10 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เติมสารละลายกรดไนตริก ร้อยละ 1 สัดส่วนโดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร

5.6.2.5 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว  $1 \text{ mg/dm}^3$ 

ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ข้อ 5.6.2.4 ปริมาตร  $10 \text{ cm}^3$  ใส่ขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  เติมสารละลายกรดไนตริก ร้อยละ 1 สักส่วน โดยปริมาตร จนถึงขีดปริมาตร

## 5.6.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง  $1 \text{ g}$  ให้ทราบมวลแน่นอนถึง  $0.001 \text{ g}$  ใส่ในถ้วยระเหยทำจากแพลทินัมควอทซ์หรือแก้วทนความร้อนที่ทราบมวล เดิมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ความหนาแน่น  $1.84 \text{ g/cm}^3$  ปริมาตร  $2 \text{ cm}^3$  ให้ความร้อนตัวอย่าง จนหมดควันสีขาวและตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีดำ นำถ้วยระเหยใส่ในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ  $(450 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$  จนได้เถ้าสีขาว ละลายเถ้าด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1+1) ปริมาตร  $5 \text{ cm}^3$  ระเหยบนเครื่องอังไอน้ำ ตั้งไว้ให้เย็น ละลายด้วยสารละลายกรดไนตริก ร้อยละ 1 สักส่วน โดยปริมาตร  $20 \text{ cm}^3$  กรอง เก็บสารละลาย ส่วนใส่ไว้ทดสอบต่อไป

## 5.6.4 วิธีวิเคราะห์

5.6.4.1 ทำแบลนก์เช่นเดียวกับข้อ 5.6.3 แต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง

5.6.4.2 นำสารละลายในข้อ 5.6.2.3 ข้อ 5.6.2.4 และข้อ 5.6.2.5 มาวัดค่าความดูดกลืน ด้วยอะตอมิก แอ็บซอร์ปชันสเปกโตรมิเตอร์ตามข้อ 5.6.1.1 ที่ความยาวคลื่น  $283.3 \text{ nm}$  สร้างกราฟมาตรฐานระหว่าง ค่าความดูดกลืนกับปริมาณตะกั่ว

5.6.4.3 นำสารละลายตัวอย่างตามข้อ 5.6.3 และแบลนก์ตามข้อ 5.6.4.1 มาวัดค่าความดูดกลืนและอ่านค่า ปริมาณตะกั่วจากกราฟมาตรฐานเปรียบเทียบกับแบลนก์ เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

## 5.6.5 วิธีคำนวณ

คำนวณหาปริมาณตะกั่ว จากสูตร

$$Pb = \frac{c \times V}{m}$$

เมื่อ  $Pb$  คือ ตะกั่ว เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

$c$  คือ ปริมาณตะกั่วที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐานที่เปรียบเทียบแบลนก์แล้ว เป็นมิลลิกรัมต่อ ลูกบาศก์เดซิเมตร

$V$  คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

$m$  คือ มวลตัวอย่าง เป็นกรัม

## 5.7 แคดเมียม

## 5.7.1 เครื่องมือ

5.7.1.1 อะตอมิกแอ็บซอร์ปชันสเปกโตรมิเตอร์ชนิดแฟลมพร้อมอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแคดเมียม หรือแหล่งกำเนิดแสงชนิดอื่นที่เทียบเท่า ซึ่งวัดได้ที่มีความยาวคลื่น  $228.8 \text{ nm}$  โดยปรับภาวะตามคู่มือ การใช้ให้ได้ความไวในการวัดสูงสุด

- 5.7.1.2 เครื่องย่อยตัวอย่างด้วยไมโครเวฟ หรือเครื่องย่อยระบบอื่นที่เทียบเท่า
- 5.7.2 สารละลายและวิธีเตรียม
- 5.7.2.1 สารละลายมาตรฐานแคดเมียม  $1\ 000\ \text{mg}/\text{dm}^3$   
ซึ่งแคดเมียม ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 99.9 ปริมาณ  $0.1\ \text{g}$  ให้ทราบมวลแน่นอนถึง  $0.0001\ \text{g}$  ละลายด้วยสารละลายกรดไนตริก (1+9)  $50\ \text{cm}^3$  ระเหยจนแห้งในอ่างอังไอน้ำ ละลายสิ่งที่เหลือด้วยกรดไนตริก (1+99) ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100\ \text{cm}^3$  เติมสารละลายกรดไนตริก (1+99) จนถึงขีดปริมาตร หรืออาจใช้สารละลายมาตรฐานแคดเมียมคุณภาพเทียบเท่าเป็นสารตั้งต้นแทน
- หมายเหตุ* สารละลายกรดไนตริก (1 + 9) เตรียมโดยเติมกรดไนตริกเข้มข้น ความหนาแน่น  $1.42\ \text{g}/\text{cm}^3$  1 ส่วน ลงในน้ำกลั่น 9 ส่วน  
สารละลายกรดไนตริก (1 + 99) เตรียมโดยเติมกรดไนตริกเข้มข้น ความหนาแน่น  $1.42\ \text{g}/\text{cm}^3$  1 ส่วน ลงในน้ำกลั่น 99 ส่วน
- 5.7.2.2 สารละลายมาตรฐานแคดเมียม  $10\ \text{mg}/\text{dm}^3$   
ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานแคดเมียม ข้อ 5.7.2.1 ปริมาตร  $1\ \text{cm}^3$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100\ \text{cm}^3$  เติมสารละลายกรดไนตริก (1+99) จนถึงขีดปริมาตร
- 5.7.2.3 สารละลายมาตรฐานแคดเมียม  $5\ \text{mg}/\text{dm}^3$   
ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานแคดเมียม ข้อ 5.7.2.2 ปริมาตร  $25\ \text{cm}^3$  ใส่ขวดแก้วปริมาตรขนาด  $50\ \text{cm}^3$  เติมสารละลายกรดไนตริก (1+99) จนถึงขีดปริมาตร
- 5.7.2.4 สารละลายมาตรฐานแคดเมียม  $1\ \text{mg}/\text{dm}^3$   
ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานแคดเมียม ข้อ 5.7.2.2 มา  $10\ \text{cm}^3$  ใส่ขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100\ \text{cm}^3$  เติมสารละลายกรดไนตริก (1+99) จนถึงขีดปริมาตร
- 5.7.2.5 สารละลายมาตรฐานแคดเมียม  $0.5\ \text{mg}/\text{dm}^3$   
ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานแคดเมียม ข้อ 5.7.2.2 มา  $5\ \text{cm}^3$  ใส่ขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100\ \text{cm}^3$  เติมสารละลายกรดไนตริก (1+99) จนถึงขีดปริมาตร
- 5.7.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง  
ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 5.6.3
- 5.7.4 วิธีวิเคราะห์
- 5.7.4.1 ทำแบลด์ก์เช่นเดียวกับข้อ 5.7.3 แต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง
- 5.7.4.2 นำสารละลายในข้อ 5.7.2.3 ข้อ 5.7.2.4 และข้อ 5.7.2.5 มาวัดค่าความดูดกลืนด้วยอะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรมิเตอร์ตามข้อ 5.7.1.1 ที่ความยาวคลื่น  $228.8\ \text{nm}$  สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความดูดกลืนกับปริมาณแคดเมียม
- 5.7.4.3 นำสารละลายตัวอย่างตามข้อ 5.7.3 และแบลด์ก์ตามข้อ 5.7.4.1 มาวัดค่าความดูดกลืนและอ่านค่าปริมาณแคดเมียม จากกราฟมาตรฐานเปรียบเทียบกับแบลด์ก์ เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

## 5.7.5 วิธีคำนวณ

คำนวณหาปริมาณแคดเมียม จากสูตร

$$Cd = \frac{c \times V}{m}$$

เมื่อ  $Cd$  คือ แคดเมียม เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

$c$  คือ ปริมาณแคดเมียมที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐานที่เปรียบเทียบแบลงก์แล้ว เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

$V$  คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

$m$  คือ มวลตัวอย่าง เป็นกรัม

## 5.8 แบเรียม

## 5.8.1 เครื่องมือ

5.8.1.1 อะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโทรมิเตอร์ชนิดเฟลมพร้อมอิเล็กทรอนิกส์คาร์ดแลมปีสำหรับแบเรียมหรือแหล่งกำเนิดแสงชนิดอื่นที่เทียบเท่า ซึ่งวัดได้ที่ความยาวคลื่น 553.6 nm โดยปรับภาวะตามคู่มือการใช้ให้ได้ความไวในการวัดสูงสุด

5.8.1.2 เครื่องย่อยตัวอย่างด้วยไมโครเวฟ หรือเครื่องย่อยระบบอื่นที่เทียบเท่า

## 5.8.2 สารละลายและวิธีเตรียม

5.8.2.1 สารละลายกรดไนตริก 0.1 mol/dm<sup>3</sup>

ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น ความหนาแน่น 1.42 g/cm<sup>3</sup> ปริมาตร 6.4 cm<sup>3</sup> ใส่ขวดแก้วปริมาตรขนาด 1 000 cm<sup>3</sup> เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

5.8.2.2 สารละลายมาตรฐานแบเรียม 1 mg/dm<sup>3</sup>

ชั่งแบเรียมในเทรต ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 99 ปริมาณ 0.1903 g ให้ทราบมวลแน่นอนจนถึง 0.0001 g ละลายด้วยสารละลายกรดไนตริก จากข้อ 5.8.2.1 เติมสารละลายกรดไนตริกจนปริมาตรเป็น 100 cm<sup>3</sup> ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายนี้มา 1 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 1 000 cm<sup>3</sup> เติมสารละลายกรดไนตริก จนถึงขีดปริมาตร หรืออาจใช้สารละลายมาตรฐานแบเรียมคุณภาพเทียบเท่า เป็นสารตั้งต้นแทน

## 5.8.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง 0.5 g ให้ทราบมวลแน่นอนจนถึง 0.001 g ใส่ในถ้วยระเหยทำจากแพลทินัมควอทซ์ หรือแก้วทนความร้อน เผาตัวอย่างจนตัวอย่างเป็นสีดำ ให้ความร้อนในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ (450 ± 10) °C จนได้เถ้าสีขาว ละลายด้วยสารละลายกรดไนตริก 0.1 mol/dm<sup>3</sup> ปริมาตร 50 cm<sup>3</sup> กรองเก็บสารละลายส่วนใส่ไว้ทดสอบต่อไป

5.8.4 วิธีวิเคราะห์

5.8.4.1 ทำแบบลงก้เช่นเดียวกับข้อ 5.8.3 แต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง

5.8.4.2 วัดปริมาณแบเรียมในสารละลายมาตรฐานแบเรียม จากข้อ 5.8.2.2 ด้วยเครื่องอะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรมิเตอร์ ตามข้อ 5.8.1.1 ที่ความยาวคลื่น 553.6 nm

5.8.4.3 วัดปริมาณแบเรียมในสารละลายตัวอย่างที่เตรียมตามข้อ 5.8.3 และแบบลงก้ตามข้อ 5.8.4.1 เช่นเดียวกับข้อ 5.8.4.2

5.8.4.4 ปริมาณแบเรียมในสารละลายตัวอย่างที่เปรียบเทียบกับแบบลงก้แล้วต้องไม่มากกว่าในสารละลายมาตรฐานแบเรียม จึงถือว่าตัวอย่างมีปริมาณแบเรียมในพลาสติกไม่เกิน 100 mg/kg (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

5.9 สารที่ระเหยได้

5.9.1 เครื่องมือ

5.9.1.1 เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟที่มีภาวะและอุปกรณ์ประกอบ ดังนี้

(1) คอลัมน์แก้วซิลิเกต เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 mm ยาว 30 m หรือเทียบเท่า เคลือบด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอล หนา 0.5  $\mu\text{m}$

(2) ให้ความร้อนคอลัมน์จนอุณหภูมิ 60 °C แล้วเพิ่มอุณหภูมิขึ้นในอัตรา 4 °C/min จนถึง 100 °C จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นในอัตรา 10 °C/min จนถึงอุณหภูมิ 150 °C

(3) อุณหภูมิที่ฉีดตัวอย่าง 220 °C

(4) เครื่องตรวจวัดชนิดไฮโดรเจนเฟลมไอออไนเซชัน ที่อุณหภูมิ 220 °C ใช้อัตราการไหลก๊าซไฮโดรเจนและอากาศที่ปรับ จนได้ความไวในการตรวจวัดสูงสุด

(5) ก๊าซพาเป็นก๊าซไนโตรเจนหรือฮีเลียมที่ปรับอัตราไหลให้พาไดเอทิลเบนซีนออกมาได้ภายใน 11 min

5.9.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

5.9.2.1 เททระไฮโดรฟิวแรน ชั้นคุณภาพโครมาโทกราฟ

5.9.2.2 สารมาตรฐานโทลูอิน ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99.5

5.9.2.3 สารมาตรฐานเอทิลเบนซีน ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 98

5.9.2.4 สารมาตรฐานไอโซพริลเบนซีน ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 98

5.9.2.5 สารมาตรฐานพริลเบนซีน ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 97

5.9.2.6 สารมาตรฐานสไตรีน ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99

5.9.2.7 สารละลายมาตรฐานอินเทอร์นัลไดเอทิลเบนซีน ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 98

(1) ใช้ปิเปตต์ดูดสารมาตรฐานไดเอทิลเบนซีน 1  $\text{cm}^3$  ใส่ขวดแก้วปริมาตรขนาด 100  $\text{cm}^3$  เติมเททระไฮโดรฟิวแรนจนถึงขีดปริมาตร

(2) ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายตามข้อ (1) มา  $10 \text{ cm}^3$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  เติม  
 เทตระไฮโดรฟิวแรนจนถึงขีดปริมาตร

5.9.2.8 สารละลายมาตรฐานผสม โทลูอิน เอทิลเบนซีน ไอโซพรอฟิลเบนซีน พรอฟิลเบนซีน และสไตรีน  
 อย่างละ  $500 \text{ mg/dm}^3$

ใส่เทตระไฮโดรฟิวแรน  $5 \text{ cm}^3$  ถึง  $10 \text{ cm}^3$  ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  ซึ่งสารมาตรฐานโทลูอิน  
 สารมาตรฐานเอทิลเบนซีน สารมาตรฐานไอโซพรอฟิลเบนซีน สารมาตรฐานพรอฟิลเบนซีน และสาร  
 มาตรฐานสไตรีน อย่างละ  $0.05 \text{ g}$  ให้ทราบมวลแน่นอนจนถึง  $0.0001 \text{ g}$  ใส่รวมกันในขวดแก้วปริมาตร  
 เติมเทตระไฮโดรฟิวแรนจนถึงขีดปริมาตร

5.9.2.9 สารละลายมาตรฐานผสม โทลูอิน เอทิลเบนซีน ไอโซพรอฟิลเบนซีน พรอฟิลเบนซีน และสไตรีน  
 $25 \text{ mg/dm}^3$   $50 \text{ mg/dm}^3$   $75 \text{ mg/dm}^3$   $100 \text{ mg/dm}^3$  และ  $125 \text{ mg/dm}^3$

ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายตามข้อ 5.9.2.8 ปริมาตร  $1 \text{ cm}^3$   $2 \text{ cm}^3$   $3 \text{ cm}^3$   $4 \text{ cm}^3$  และ  $5 \text{ cm}^3$  แยกใส่ขวดแก้ว  
 ปริมาตร ขนาด  $20 \text{ cm}^3$  จำนวน 5 ใบ แต่ละใบใส่สารละลายมาตรฐานอินเทอร์นัลไดเอทิลเบนซีนตาม  
 ข้อ 5.9.2.7 (2) ปริมาตร  $1 \text{ cm}^3$  เติมเทตระไฮโดรฟิวแรนจนถึงขีดปริมาตร

5.9.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างที่ตัดเป็นชิ้นเล็กมา  $0.5 \text{ g}$  ให้ทราบมวลแน่นอนถึง  $0.001 \text{ g}$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรที่มีฝาปิดสนิท  
 ขนาด  $20 \text{ cm}^3$  เติมเทตระไฮโดรฟิวแรน  $5 \text{ cm}^3$  และสารละลายมาตรฐานอินเทอร์นัลไดเอทิลเบนซีน  $1 \text{ cm}^3$   
 แล้วเติมเทตระไฮโดรฟิวแรนจนถึงขีดปริมาตร ปิดฝาขวดเขย่าเป็นครั้งคราวที่อุณหภูมิห้องจนตัวอย่าง  
 ละลายหรือตั้งไว้ค้างคืน

5.9.4 วิธีวิเคราะห์

5.9.4.1 นิดสารละลายมาตรฐานผสม โทลูอิน เอทิลเบนซีน ไอโซพรอฟิลเบนซีน พรอฟิลเบนซีน และสไตรีน  
 ตามข้อ 5.9.2.9 ความเข้มข้นละ  $0.001 \text{ cm}^3$  เข้าเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟที่มีภาวะตามข้อ 5.9.1.1  
 โครมาโทแกรมที่ได้นำมาหาอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกของโทลูอิน เอทิลเบนซีน ไอโซพรอฟิลเบนซีน  
 พรอฟิลเบนซีน และสไตรีน กับพื้นที่ใต้พีกจากโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานอินเทอร์นัลได  
 เอทิลเบนซีน สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกที่ได้กับปริมาณสารมาตรฐานแต่ละ  
 ชนิดเป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

5.9.4.2 นิดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 5.9.3 ปริมาตร  $0.001 \text{ cm}^3$  เข้าเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟที่มีภาวะตาม  
 ข้อ 5.9.1.1 อ่านค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างจากกราฟมาตรฐาน นำค่าความเข้มข้นของสาร  
 แต่ละชนิดที่ได้คำนวณหาปริมาณตามสูตรคำนวณ และนำปริมาณสารที่ได้มารวมกัน

5.9.5 วิธีคำนวณ

คำนวณหาปริมาณสารที่ระเหยได้ จากสูตร

$$M = \frac{c \times V}{m}$$

เมื่อ  $M$  คือ สารที่ระเหยได้ เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

$c$  คือ ความเข้มข้นสารที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

$V$  คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

$m$  คือ มวลตัวอย่าง เป็นกรัม

5.10 สารประกอบไดบิวทิลทิน

5.10.1 เครื่องมือ

5.10.1.1 ก๊าซโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรมิเตอร์ ที่มีภาวะและอุปกรณ์ประกอบดังนี้

- (1) คอลัมน์แก๊วซิลิเกต เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 mm ยาว 30 m เคลือบด้วยไดเมทิลพอลิซิลิโเลน ที่มีไดฟีนิลซิลิโเลนอยู่ไม่เกินร้อยละ 5 ความหนาของสารเคลือบ 0.25  $\mu\text{m}$
- (2) ให้ความร้อนคอลัมน์ที่อุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 4 min จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 15 °C/min จนถึง 300 °C และคงอุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 min
- (3) อุณหภูมิของที่ฉีดตัวอย่าง 250 °C
- (4) เครื่องตรวจวัดชนิดแมสสเปกโตรที่ตั้งอัตราส่วนมวลต่อประจุ (mass-to-charge ratio,  $m/z$ ) เป็น 263
- (5) ก๊าซพา เป็นก๊าซฮีเลียมที่ปรับอัตราไหลให้พาไดบิวทิลทินออกมาได้ภายใน 13 min

5.10.1.2 เครื่องระเหยหมุนสุญญากาศ

5.10.1.3 เครื่องหมุนเหวี่ยงที่มีอัตราเร็วรอบไม่ต่ำกว่า 2 500 รอบต่อนาที

5.10.1.4 ตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่  $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$

5.10.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

5.10.2.1 สารละลายบัฟเฟอร์กรดแอสिटิก-โซเดียมแอสिटेट

- (1) ชั่งกรดกลูเซิลแอสिटิก 12 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100  $\text{cm}^3$
- (2) ชั่งโซเดียมแอสिटेट 16.4 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100  $\text{cm}^3$
- (3) ผสมสารละลายจากข้อ (1) ปริมาตร 3 ส่วน กับสารละลายจากข้อ (2) ปริมาตร 7 ส่วน

5.10.2.2 สารละลายโซเดียมเททระเอทิลบอเรต

ชั่งโซเดียมเททระเอทิลบอเรต 1 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 50  $\text{cm}^3$  ให้เตรียมและใช้งานทันที

5.10.2.3 นอร์แมลเฮกเซน

5.10.2.4 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ความหนาแน่น 1.18  $\text{g}/\text{cm}^3$

5.10.2.5 แอซีโตน

- 5.10.2.6 สารละลายมาตรฐานไคบิวทิลทินไดคลอไรด์  $1\ 000\ \text{mg}/\text{dm}^3$   
 ชั่งไคบิวทิลทินไดคลอไรด์ ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 97 ปริมาณ  $0.1\ \text{g}$  ให้ทราบมวลแน่นอนถึง  $0.000\ 1\ \text{g}$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100\ \text{cm}^3$  ละลายด้วยแอสีโทน หยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 2 ถึง 3 หยด เติมแอสีโทนจนถึงขีดปริมาตร
- 5.10.2.7 สารละลายมาตรฐานไคบิวทิลทินไดคลอไรด์  $10\ \text{mg}/\text{dm}^3$   
 ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานไคบิวทิลทินไดคลอไรด์จากข้อ 5.10.2.6 ปริมาตร  $1\ \text{cm}^3$  ใส่ขวดแก้ว ปริมาตรขนาด  $100\ \text{cm}^3$  หยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 2 ถึง 3 หยด เติมนอร์แมลเฮกเซนจนถึงขีด ปริมาตร
- 5.10.2.8 สารละลายมาตรฐานไคบิวทิลทินไดคลอไรด์  $1\ \text{mg}/\text{dm}^3$   
 ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานไคบิวทิลทินไดคลอไรด์ จากข้อ 5.10.2.7 ปริมาตร  $1\ \text{cm}^3$  ใส่ในขวด แก้วปริมาตรขนาด  $10\ \text{cm}^3$  หยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 2 ถึง 3 หยด เติมนอร์แมลเฮกเซนจนถึงขีด ปริมาตร
- 5.10.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง  
 ชั่งตัวอย่างที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก  $0.5\ \text{g}$  ให้ทราบมวลแน่นอนถึง  $0.001\ \text{g}$  ใส่ในขวดแก้วรูปรูปรวยที่มีฝาปิดสนิท ใส่สารผสมแอสีโทนกับนอร์แมลเฮกเซน (3 + 7) ปริมาตร  $20\ \text{cm}^3$  หยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 หยด ปิดฝาให้แน่นตั้งไว้ค้างคืนในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่  $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$  เขย่าเป็นครั้งคราว จากนั้นปล่อยให้เย็น กรอง แล้วทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องระเหยหมุนสุญญากาศที่อุณหภูมิ  $40^\circ\text{C}$  จนเหลือปริมาตรไม่เกิน  $1\ \text{cm}^3$  ใช้ นอร์แมลเฮกเซนช่วยในการถ่ายสารละลายลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $25\ \text{cm}^3$  เติมนอร์แมลเฮกเซนจนถึง ขีดปริมาตร จากนั้นแยกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 2 500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 min แล้ว นำสารละลายชั้นบนไปทดสอบหาปริมาณไคบิวทิลทิน
- 5.10.4 วิธีวิเคราะห์
- 5.10.4.1 ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 5.10.3 และสารละลายมาตรฐานไคบิวทิลทินไดคลอไรด์ จากข้อ 5.10.2.8 อย่างละ  $2\ \text{cm}^3$  แยกใส่ในขวดรีแอ็คชันไวแอล (reaction vial) เติมสารละลายบิฟเฟอรั กรดแอสีติก-โซเดียมแอสีเตตขวดละ  $5\ \text{cm}^3$  และสารละลายโซเดียมเทตระเอทิลบอเรตขวดละ  $1\ \text{cm}^3$  ปิดฝาให้สนิทและเขย่าอย่างแรงเป็นเวลา 20 min ตั้งสารละลายผสมนี้ไว้เป็นเวลา 1 h ที่อุณหภูมิ  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$
- 5.10.4.2 นำสารละลายชั้นบนหรือชั้นนอร์แมลเฮกเซนจากสารละลายตัวอย่าง และสารละลายมาตรฐาน ไคบิวทิลทินไดคลอไรด์อย่างละ  $0.001\ \text{cm}^3$  มาวิเคราะห์ด้วยก๊าซโครมาโทกราฟแมสสเปกโตรมิเตอร์ ตามข้อ 5.10.1.1
- 5.10.4.3 เปรียบเทียบโครมาโทแกรมของสารละลายตัวอย่างกับสารละลายมาตรฐานไคบิวทิลทินไดคลอไรด์ เวลาของพีคิเทนชันของตัวอย่างต้องเท่ากับพีคิเทนชันของสารละลายมาตรฐานไคบิวทิลทิน

โคคลอไรด์และพื้นที่ได้ฟีกของตัวอย่างต้องไม่มากกว่าพื้นที่ได้ฟีกของสารละลายมาตรฐานไดบิวทิลทินโคคลอไรด์ จึงถือว่าตัวอย่างมีสารประกอบไดบิวทิลทินไม่เกิน 50 mg/kg

## 5.11 ไทรครีซิลฟอสเฟต

### 5.11.1 เครื่องมือ

5.11.1.1 เครื่องโครมาโทกราฟสมรรถนะสูงชนิดสารพาเหลว ที่มีภาวะและอุปกรณ์ประกอบดังนี้

- (1) คอลัมน์เหล็กกล้าไร้สนิมเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4.6 mm ยาว 250 mm บรรจุด้วยฟีนิลซิลิกาเจล (phenyl silica gel)
- (2) อุณหภูมิของคอลัมน์ 50 °C
- (3) เครื่องตรวจวัดความดูดกลืนชนิดอัลตราไวโอเล็ตสเปกโตรมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 264 nm
- (4) สารพา เป็นสารผสมของเอซีโทไนโตรลกับน้ำ (2+1) ที่ปรับอัตราไหลให้พาไทรครีซิลฟอสเฟตออกมาได้ภายใน 9 min

5.11.1.2 มินิคอลัมน์ออกทะเลซิลซิลิเกต ซิลิกาเจล (octadecylsilylate silica gel) ซึ่งสามารถจับสารไทรครีซิลฟอสเฟตปริมาณที่ใช้ทดสอบไว้ได้ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 95  
เตรียมคอลัมน์ให้พร้อม โดยฉีดเอซีโทไนโตรล 5 cm<sup>3</sup> และสารผสมเอซีโทไนโตรลกับน้ำ (1+1) ปริมาตร 5 cm<sup>3</sup> เข้าในคอลัมน์ตามลำดับ คอลัมน์ที่เตรียมได้ต้องใช้งานทันที

### 5.11.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

5.11.2.1 แอซีโทไนโตรล ชั้นคุณภาพโครมาโทกราฟ

5.11.2.2 สารละลายมาตรฐานไทรครีซิลฟอสเฟต 1 000 mg/dm<sup>3</sup>

ซึ่งไทรครีซิลฟอสเฟต ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 90 ปริมาณ 0.1 g ให้ทราบมวลแน่นอนจนถึง 0.0001 g ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> ละลายด้วยเอซีโทไนโตรล เดิมแอซีโทไนโตรลจนถึงขีดปริมาตร

5.11.2.3 สารละลายมาตรฐานไทรครีซิลฟอสเฟต 10 mg/dm<sup>3</sup>

ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายจากข้อ 5.11.2.2 ปริมาตร 1 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เดิมแอซีโทไนโตรล 60 cm<sup>3</sup> เดิมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

### 5.11.3 วิธีเตรียมสารละลายตัวอย่าง

5.11.3.1 ชั่งตัวอย่างที่ตัดเป็นชิ้นเล็กหรือบดละเอียด 0.5 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.001 g ใส่ขวดแก้วรูปกรวยที่มีฝาปิดสนิท ใส่แอซีโทไนโตรล 15 cm<sup>3</sup> ปิดฝาให้สนิท ตั้งไว้ค้างคืนที่อุณหภูมิ (40 ± 2) °C กรองลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 25 cm<sup>3</sup> และล้างขวดแก้วด้วยเอซีโทไนโตรล เทลงรวมกัน เดิมแอซีโทไนโตรลจนถึงขีดปริมาตร

5.11.3.2 นำสารละลายจากข้อ 5.11.3.1 ปริมาตร  $5 \text{ cm}^3$  กับน้ำปริมาตร  $5 \text{ cm}^3$  ผสมให้เข้ากันแล้วฉีดเข้ามินิคอลัมน์จากข้อ 5.11.1.2 ปล่อยให้สารละลายที่ฉีดไหลทิ้งออกจากคอลัมน์จนใกล้หมดโดยไม่มีคอลัมน์แห้ง ฉีดสารละลายแอสีโทไนไทรล์ (2 + 1) ปริมาตร  $10 \text{ cm}^3$  เข้ามินิคอลัมน์ทันที เก็บสารละลายที่ผ่านออกจากคอลัมน์ทั้งหมด

#### 5.11.4 วิธีวิเคราะห์

5.11.4.1 ฉีดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 5.11.3.2 และสารละลายมาตรฐานไทรครีซิลฟอสเฟตจากข้อ 5.11.2.3 อย่างละ  $0.02 \text{ cm}^3$  ในเครื่องโครมาโทกราฟสมรรถนะสูงชนิดสารพาเหลวที่ภาวะตามข้อ 5.11.1.1 เปรียบเทียบพีกริเทนชันไทม์ของโครมาโทแกรมของสารทั้งสองชนิด ถ้าเท่ากันแสดงว่ามีไทรครีซิลฟอสเฟตในสารละลายตัวอย่าง

5.11.4.2 พื้นที่ใต้พีคไทรครีซิลฟอสเฟตของสารละลายตัวอย่างต้องไม่มากกว่าพื้นที่ใต้พีคไทรครีซิลฟอสเฟตของสารละลายมาตรฐาน จึงถือว่ามีปริมาณไทรครีซิลฟอสเฟตในพลาสติกไม่เกิน  $1\ 000 \text{ mg/kg}$

### 5.12 ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์

#### 5.12.1 เครื่องมือ

5.12.1.1 เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟ ที่มีภาวะและอุปกรณ์ประกอบดังนี้

- (1) คอลัมน์แก้วซิลิเกต เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน  $0.25 \text{ mm}$  ยาว  $25 \text{ m}$  เคลือบด้วยพอร์สสไตรีนไดไวนิลเบนซีนเรซิน (porous styrene divinylbenzene resin) หน้า  $3 \mu\text{m}$
- (2) ให้ความร้อนคอลัมน์ที่อุณหภูมิ  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  เป็นเวลา  $1 \text{ min}$  จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา  $10 \text{ }^\circ\text{C/min}$  จนถึง  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  และคงอุณหภูมินี้เป็นเวลา  $10 \text{ min}$
- (3) อุณหภูมิที่ฉีดตัวอย่าง  $200 \text{ }^\circ\text{C}$
- (4) เครื่องตรวจวัดชนิดไฮโดรเจนเฟลมไอออไนเซชัน อุณหภูมิ  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  ที่ปรับปริมาณก๊าซไฮโดรเจนและอากาศ จนได้ความไวในการตรวจวัดสูงสุด
- (5) ก๊าซพาเป็นก๊าซไนโตรเจนหรือฮีเลียมที่ปรับอัตราไหลให้พาไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ออกมาได้ภายใน  $5 \text{ min}$

#### 5.12.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

5.12.2.1 เอ็น, เอ็น ไดเมทิลแอเซทาไมด์ (N,N, dimethyl acetamide) ชั้นคุณภาพโครมาโทกราฟเหมาะสำหรับวิเคราะห์ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์

5.12.2.2 สารมาตรฐานไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99.5

5.12.2.3 สารละลายมาตรฐานไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์  $1\ 000 \text{ mg/dm}^3$

ใส่เอทานอลชั้นคุณภาพโครมาโทกราฟ  $190 \text{ cm}^3$  ในขวดแก้วขนาด  $200 \text{ cm}^3$  ปิดด้วยฝาที่ทำด้วยซิลิโคน ชั่งมวล ทำให้เย็นในอ่างเมทานอลและน้ำแข็งแห้งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า  $-14 \text{ }^\circ\text{C}$  ฉีดไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์จากข้อ 5.12.2.2 ปริมาณ  $0.2 \text{ g}$  ซึ่งชั่งให้ทราบมวลแน่นอนถึง  $0.001 \text{ g}$  ผ่านฝาซิลิโคนและ

ฉีดเอทานอลที่ทำให้เย็นในอ่างเมทานอลและน้ำแข็งแห้ง จนปริมาตรใกล้ถึง 200 cm<sup>3</sup> ตั้งไว้จนอุณหภูมิเพิ่มถึงอุณหภูมิห้อง ฉีดเอทานอลจนถึงขีดปริมาตร

5.12.2.4 สารละลายมาตรฐาน ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ 10 mg/dm<sup>3</sup>

ทำสารละลายจากข้อ 5.12.2.3 ให้เย็นอีกครั้งในอ่างเมทานอลและน้ำแข็งแห้ง แล้วฉีดสารละลายนี้ 1 cm<sup>3</sup> ผ่านฟาสติโคกลงในขวดแก้วขนาด 100 cm<sup>3</sup> ฉีดเอทานอลที่ทำให้เย็นในอ่างเมทานอลและน้ำแข็งแห้งจนถึงขีดปริมาตร เก็บไว้ในอ่างเมทานอลและน้ำแข็งแห้ง

5.12.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก 0.5 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.001 g ใส่ในขวดแก้วไวโอลขนาด 20 cm<sup>3</sup> ที่มีฝาประกอบด้วยเซปตัม (septum) เดิม เอ็น, เอ็น ไคเมทิลเอเซทาไมด์ 2.5 cm<sup>3</sup> ทันทึ ถ้าตัวอย่างไม่ละลาย หลังปิดฝาขวดให้เขย่าเป็นครั้งคราวที่อุณหภูมิห้องหรือตั้งไว้ค้างคืนที่อุณหภูมิ -14 °C หรือต่ำกว่า

5.12.4 วิธีวิเคราะห์

5.12.4.1 ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐาน ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ตามข้อ 5.12.2.4 ปริมาตร 0.05 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดแก้วไวโอลที่มีฝาประกอบด้วยเซปตัม ซึ่งมี เอ็น, เอ็น ไคเมทิลเอเซทาไมด์ 2.5 cm<sup>3</sup> บรรจุอยู่และปิดฝาทันทึ ทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ (90±2) °C เป็นเวลา 1 h เขย่าเป็นครั้งคราว ฉีดก๊าซที่อยู่เหนือสารละลายตัวอย่างและก๊าซที่อยู่เหนือสารละลายมาตรฐาน ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ อย่างละ 0.5 cm<sup>3</sup> ตามลำดับ เข้าเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟ ที่ภาวะตามข้อ 5.12.1.1 เปรียบเทียบพีกริเทนชันไทม์ของโครมาโทแกรมตัวอย่างกับโครมาโทแกรมสารละลายมาตรฐาน ถ้าทำกันแสดงว่ามีไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ในสารละลายตัวอย่าง

5.12.4.2 พื้นที่ใต้พีคจากโครมาโทแกรมสารละลายตัวอย่างต้องไม่มากกว่าพื้นที่ใต้พีคจากโครมาโทแกรมสารละลายมาตรฐาน ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ จึงถือว่าปริมาณไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ไม่เกิน 1 mg/kg

5.13 บิสฟีนอลเอ รวมทั้งฟีนอลและพี-ที-บิวทิลฟีนอล

5.13.1 เครื่องมือ

5.13.1.1 เครื่องโครมาโทกราฟสมรรถนะสูงชนิดสารพาเหลว ที่มีภาวะและอุปกรณ์ประกอบเช่นเดียวกับข้อ 4.8.1.1

5.13.1.2 เครื่องหมุนเหวี่ยงที่มีอัตราเร็วไม่ต่ำกว่า 3 000 รอบต่อนาที

5.13.1.3 เครื่องระเหยหมุนสุญญากาศ

5.13.1.4 เช็กรอง ขนาดรูพรุน ไม่เกิน 0.5 µm

5.13.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

5.13.2.1 ไคคลอโรมีเทน

5.13.2.2 แอซีโทน

5.13.2.3 แอซีโทนไฮดรอล์ ชั้นคุณภาพโครมาโทกราฟสมรรถนะสูงชนิดสารพาเหลว

- 5.13.2.4 เมทานอล ชั้นคุณภาพ โครมาโทกราฟีสมรรถนะสูงชนิดสารพาเหลว
- 5.13.2.5 สารละลายมาตรฐานผสม บิสฟีนอลเอ ฟีนอล และพี-ที-บิวทิลฟีนอล อย่างละ 100 mg/dm<sup>3</sup> ซึ่งบิสฟีนอลเอ ฟีนอล ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99 และพี-ที-บิวทิลฟีนอล ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 98 อย่างละ 0.01 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.000 1 g ใส่รวมกันในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> ละลายด้วยเมทานอล เติมเมทานอลจนถึงขีดปริมาตร
- 5.13.2.6 สารละลายมาตรฐานผสม บิสฟีนอลเอ ฟีนอล และพี-ที-บิวทิลฟีนอล อย่างละ 5 mg/dm<sup>3</sup> 10 mg/dm<sup>3</sup> 15 mg/dm<sup>3</sup> 20 mg/dm<sup>3</sup> และ 25 mg/dm<sup>3</sup> ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานผสม บิสฟีนอลเอ ฟีนอล และพี-ที-บิวทิลฟีนอล จากข้อ 5.13.2.5 ปริมาตร 1 cm<sup>3</sup> 2 cm<sup>3</sup> 3 cm<sup>3</sup> 4 cm<sup>3</sup> และ 5 cm<sup>3</sup> แยกใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 20 cm<sup>3</sup> จำนวน 5 ใบ เติมน้ำกลั่นในขวดแต่ละใบจนถึงขีดปริมาตร
- 5.13.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง  
ชั่งตัวอย่างที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก 1 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.001 g ใส่ในขวดแก้ว เติมไดคลอโรมีเทน 20 cm<sup>3</sup> เมื่อตัวอย่างละลายหมดหยดแอซีโทน 100 cm<sup>3</sup> ที่ละลายอย่างต่อเนื่องพร้อมทั้งเขย่านำไปแยกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่อัตราเร็ว 3 000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 min ดูดสารละลายชั้นบนมาระเหยด้วยเครื่องระเหยหมุนสุญญากาศ จนปริมาตรเหลือ 2 cm<sup>3</sup> เติมแอซีโทนไทรล์ 10 cm<sup>3</sup> เทสารละลายที่ได้ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 20 cm<sup>3</sup> เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลาย 1 cm<sup>3</sup> กรองผ่านเยื่อกรอง
- 5.13.4 วิธีวิเคราะห์
- 5.13.4.1 นิดสารละลายมาตรฐานผสม บิสฟีนอลเอ ฟีนอล และพี-ที-บิวทิลฟีนอล ตามข้อ 5.13.2.6 ความเข้มข้นละ 0.02 cm<sup>3</sup> เข้าเครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูงชนิดสารพาเหลวที่ภาวะตามข้อ 5.13.1.1 วัดค่าความดูดกลืนด้วยเครื่องตรวจวัดชนิดอัลตราไวโอเลตสเปกโตรเมทริกที่ความยาวคลื่น 217 nm สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความดูดกลืนกับความเข้มข้นบิสฟีนอลเอ ฟีนอล และพี-ที-บิวทิลฟีนอล เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
- 5.13.4.2 นิดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 5.13.3 ปริมาตร 0.02 cm<sup>3</sup> เข้าเครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูงชนิดสารพาเหลวที่ภาวะตามข้อ 5.13.1.1 วัดค่าความดูดกลืนด้วยเครื่องตรวจวัดชนิดอัลตราไวโอเลตสเปกโตรเมทริกที่ความยาวคลื่น 217 nm
- 5.13.4.3 หาความเข้มข้นบิสฟีนอลเอ รวมทั้งฟีนอลและพี-ที-บิวทิลฟีนอล ในสารละลายตัวอย่างโดยเปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคของบิสฟีนอลเอ ฟีนอล และพี-ที-บิวทิลฟีนอล กับกราฟมาตรฐาน เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

5.13.5 วิธีคำนวณ

5.13.5.1 คำนวณปริมาณบิสฟีนอลเอ จากสูตร

$$A = \frac{c_1 \times V}{m}$$

เมื่อ  $A$  คือ ปริมาณบิสฟีนอลเอ เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

$c_1$  คือ ปริมาณบิสฟีนอลเอที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

$V$  คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

$m$  คือ มวลตัวอย่าง เป็นกรัม

5.13.5.2 คำนวณปริมาณฟีนอล จากสูตร

$$B = \frac{c_2 \times V}{m}$$

เมื่อ  $B$  คือ ปริมาณฟีนอล เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

$c_2$  คือ ปริมาณฟีนอล ที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

$V$  คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

$m$  คือ มวลตัวอย่าง เป็นกรัม

5.13.5.3 คำนวณปริมาณพี-ที-บิวทิลฟีนอล จากสูตร

$$C = \frac{c_3 \times V}{m}$$

เมื่อ  $C$  คือ ปริมาณพี-ที-บิวทิลฟีนอล เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

$c_3$  คือ ปริมาณพี-ที-บิวทิลฟีนอล ที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

$V$  คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

$m$  คือ มวลตัวอย่าง เป็นกรัม

5.13.5.4 คำนวณปริมาณบิสฟีนอลเอ รวมทั้งฟีนอลและพี-ที-บิวทิลฟีนอล จากสูตร

ปริมาณบิสฟีนอลเอ รวมทั้งฟีนอลและพี-ที-บิวทิลฟีนอล =  $A + B + C$   
มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

5.14 ไคฟิโนลคาร์บอนเนต

5.14.1 เครื่องมือ

เครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูงชนิดสารพาหะเหลว ที่มีภาวะและอุปกรณ์ประกอบเช่นเดียวกับข้อ 4.8.1.1

5.14.2 สารละลายและวิธีเตรียม

- 5.14.2.1 สารละลายมาตรฐานไคฟีนิลคาร์บอนเนต  $100 \text{ mg/dm}^3$   
 ชั่งไคฟีนิลคาร์บอนเนต ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 97 ปริมาณ  $0.01 \text{ g}$  ให้ทราบมวลแน่นอนถึง  $0.0001 \text{ g}$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  ละลายด้วยเมทานอล เติมเมทานอลจนถึงขีดปริมาตร
- 5.14.2.2 สารละลายมาตรฐานไคฟีนิลคาร์บอนเนต  $5 \text{ mg/dm}^3$   $10 \text{ mg/dm}^3$   $15 \text{ mg/dm}^3$   $20 \text{ mg/dm}^3$  และ  $25 \text{ mg/dm}^3$   
 ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานไคฟีนิลคาร์บอนเนต จากข้อ 5.14.2.1 ปริมาตร  $1 \text{ cm}^3$   $2 \text{ cm}^3$   $3 \text{ cm}^3$   $4 \text{ cm}^3$   $5 \text{ cm}^3$  แยกใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $20 \text{ cm}^3$  จำนวน 5 ใบ เติมน้ำกลั่นในขวดแต่ละใบจนถึงขีดปริมาตร

5.14.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง  
 ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 5.13.3

5.14.4 วิธีวิเคราะห์

- 5.14.4.1 ฉีดสารละลายมาตรฐานไคฟีนิลคาร์บอนเนต ตามข้อ 5.14.2.2 ความเข้มข้นละ  $0.02 \text{ cm}^3$  เข้าเครื่องโครมาโทกราฟสมรรถนะสูงชนิดสารพาเหลวที่ภาวะตามข้อ 5.14.1 วัดค่าความดูดกลืนด้วยเครื่องตรวจวัดชนิดอัลตราไวโอเล็ตสเปกโทรเมทริก ที่ความยาวคลื่น  $217 \text{ nm}$  สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความดูดกลืนกับความเข้มข้นไคฟีนิลคาร์บอนเนต เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
- 5.14.4.2 ฉีดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 5.14.3 ปริมาตร  $0.02 \text{ cm}^3$  เข้าเครื่องโครมาโทกราฟสมรรถนะสูงชนิดสารพาเหลวที่ภาวะตามข้อ 5.14.1 วัดค่าความดูดกลืนด้วยเครื่องตรวจวัดชนิดอัลตราไวโอเล็ตสเปกโทรเมทริก ที่ความยาวคลื่น  $217 \text{ nm}$
- 5.14.4.3 หาความเข้มข้นของไคฟีนิลคาร์บอนเนตในสารละลายตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกของไคฟีนิลคาร์บอนเนตกับกราฟมาตรฐาน เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

5.14.5 วิธีคำนวณ

คำนวณปริมาณไคฟีนิลคาร์บอนเนต จากสูตร

$$P = \frac{c \times V}{m}$$

เมื่อ  $P$  คือ ไคฟีนิลคาร์บอนเนต เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

$c$  คือ ความเข้มข้นไคฟีนิลคาร์บอนเนตที่อ่านจากกราฟมาตรฐาน เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

$V$  คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

$m$  คือ มวลตัวอย่าง เป็นกรัม

5.15 แอมีนส์ (ไทโรเอทิลแอมีนและไทโรบิวทิลแอมีน)

5.15.1 เครื่องมือ

- 5.15.1.1 เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟที่มีภาวะและอุปกรณ์ประกอบดังนี้

- (1) คอลัมน์แก้วซิลิเกต เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.32 mm ยาว 30 m เคลือบด้วยไคเมทิลพอลิซิโลเซนหนา 5  $\mu\text{m}$
- (2) ให้ความร้อนคอลัมน์ที่อุณหภูมิ 150 °C เป็นเวลา 5 min เพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 20 °C/min จนถึง 250 °C และคงไว้เป็นเวลา 5 min
- (3) ก๊าซพาเป็นก๊าซฮีเลียมที่ปรับอัตราไหลให้พาไทรเอทิลเอมีนออกมาได้ในเวลา 3 min ถึง 4 min
- (4) อุณหภูมิที่ฉีดตัวอย่าง 200 °C ฉีดด้วยสปลิตเซอร์ (splitter) ที่อัตราส่วน 15 ต่อ 1
- (5) เครื่องตรวจวัดชนิดแอลคาไลน์ฟเลมเทอร์มิโอนิก (alkaline flame thermionic detector) หรือชนิดไนโตรเจนฟอสฟอรัสความไวสูง (high-sensitivity nitrogen phosphorus detector) ตรวจวัดที่อุณหภูมิ 250 °C

5.15.1.2 เครื่องหมุนเหวี่ยงที่มีอัตราเร็วไม่ต่ำกว่า 3 000 รอบต่อนาที

#### 5.15.2 สารละลายและวิธีเตรียม

5.15.2.1 สารละลายมาตรฐานผสม ไทรเอทิลเอมีนและไทรบิวทิลเอมีน ความเข้มข้นอย่างละ 100  $\text{mg}/\text{dm}^3$  ชั่งไทรเอทิลเอมีน ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99 และไทรบิวทิลเอมีน ความบริสุทธิ์ ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 98 อย่างละ 0.01 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.000 1 g ใส่รวมกันในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100  $\text{cm}^3$  ละลายด้วยไดคลอโรมีเทน เดิมไดคลอโรมีเทนจนถึงขีดปริมาตร

5.15.2.2 สารละลายมาตรฐานผสม ไทรเอทิลเอมีนและไทรบิวทิลเอมีน ความเข้มข้นอย่างละ 4  $\text{mg}/\text{dm}^3$  ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานผสม ไทรเอทิลเอมีนและไทรบิวทิลเอมีน จากข้อ 5.15.2.1 ปริมาตร 4  $\text{cm}^3$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100  $\text{cm}^3$  เดิมไดคลอโรมีเทนจนถึงขีดปริมาตร

5.15.2.3 สารละลายมาตรฐานผสม ไทรเอทิลเอมีนและไทรบิวทิลเอมีน ความเข้มข้นอย่างละ 0.2  $\text{mg}/\text{dm}^3$  0.4  $\text{mg}/\text{dm}^3$  0.6  $\text{mg}/\text{dm}^3$  0.8  $\text{mg}/\text{dm}^3$  และ 1.0  $\text{mg}/\text{dm}^3$  ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานผสม ไทรเอทิลเอมีนและไทรบิวทิลเอมีน จากข้อ 5.15.2.2 ปริมาตร 1  $\text{cm}^3$  2  $\text{cm}^3$  3  $\text{cm}^3$  4  $\text{cm}^3$  และ 5  $\text{cm}^3$  แยกใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 20  $\text{cm}^3$  จำนวน 5 ใบ เดิมไดคลอโรมีเทนในขวดแต่ละใบจนถึงขีดปริมาตร

#### 5.15.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก 1 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.001 g ใส่ในขวดแก้ว เดิมไดคลอโรมีเทน 20  $\text{cm}^3$  เมื่อตัวอย่างละลายหมดหยดแอซีโทน 100  $\text{cm}^3$  ทึลหดยกอย่างต่อเนื่องพร้อมทั้งเขย่านำไปแยกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่อัตราเร็ว 3 000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 min ดูดสารละลายชั้นบนมาระเหยด้วยเครื่องระเหยหมุนสุญญากาศ จนปริมาตรเหลือ 2  $\text{cm}^3$

#### 5.15.4 วิธีวิเคราะห์

5.15.4.1 ฉีดสารละลายมาตรฐานผสม ไทรเอทิลเอมีนและไทรบิวทิลเอมีน ตามข้อ 5.15.2.3 ความเข้มข้นละ 0.001  $\text{cm}^3$  เข้าเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟที่ภาวะตามข้อ 5.15.1.1 วัดสัญญาณไฟฟ้าด้วยเครื่องตรวจวัดชนิดแอลคาไลน์ฟเลมเทอร์มิโอนิก หรือชนิดไนโตรเจนฟอสฟอรัสความไวสูง สร้างกราฟมาตรฐาน

ระหว่างสัญญาณไฟฟ้ากับความเข้มข้นไทโรเอทิลเอมีนและไทโรบิวทิลเอมีน เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์ เดซิเมตร

5.15.4.2 นีดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 5.15.3 ปริมาตร 0.001 cm<sup>3</sup> เข้าเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟที่มีภาวะตามข้อ 5.15.1.1 วัดสัญญาณไฟฟ้าด้วยเครื่องตรวจวัดชนิดแอลคาไลน์เฟลมทอมีโอนิก หรือชนิดไนโตรเจน ฟอสฟอรัสความไวสูง

5.15.4.3 หาความเข้มข้นไทโรเอทิลเอมีนและไทโรบิวทิลเอมีนในสารละลายตัวอย่างโดยเปรียบเทียบอัตราส่วน พื้นที่ใต้พีคของไทโรเอทิลเอมีนและไทโรบิวทิลเอมีนกับกราฟมาตรฐาน เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์ เดซิเมตร

#### 5.15.5 วิธีคำนวณ

5.15.5.1 คำนวณปริมาณไทโรเอทิลเอมีน จากสูตร

$$A = \frac{c_1 \times V}{m}$$

เมื่อ  $A$  คือ ปริมาณไทโรเอทิลเอมีน เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

$c_1$  คือ ปริมาณไทโรเอทิลเอมีนที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

$V$  คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

$m$  คือ มวลตัวอย่าง เป็นกรัม

5.15.5.2 คำนวณปริมาณไทโรบิวทิลเอมีน จากสูตร

$$B = \frac{c_2 \times V}{m}$$

เมื่อ  $B$  คือ ปริมาณไทโรบิวทิลเอมีน เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

$c_2$  คือ ปริมาณไทโรบิวทิลเอมีน ที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

$V$  คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

$m$  คือ มวลตัวอย่าง เป็นกรัม

5.15.5.3 คำนวณหาปริมาณเอมีนส์ (ไทโรเอทิลเอมีนและไทโรบิวทิลเอมีน) จากสูตร

$$\text{เอมีนส์ทั้งหมด มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม} = A + B$$

#### 5.16 ไวนิลิดีนคลอไรด์

##### 5.16.1 เครื่องมือ

5.16.1.1 เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟ ที่มีภาวะและอุปกรณ์ประกอบดังนี้

- (1) คอลัมน์แก้วซิลิเกต เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 mm ยาว 25 m เคลือบด้วยพอร์สสไตรีน ไดไวนิลเบนซีนเรซิน หน้า 3  $\mu\text{m}$

- (2) ให้ความร้อนคอลัมน์ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 min เพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 10 °C/min จนถึง 250 °C และคงไว้เป็นเวลา 10 min
- (3) ก๊าซพาเป็นก๊าซฮีเลียมหรือไนโตรเจนที่ปรับอัตราไหลให้พาไวโวลิตินคลอไรด์ออกมาได้ในเวลาประมาณ 9 min
- (4) อุณหภูมิที่ฉีดตัวอย่าง 200 °C
- (5) เครื่องตรวจวัดชนิดไฮโดรเจนเฟลมไอออไนเซชัน ตรวจวัดที่อุณหภูมิ 250 °C และเสตสเปซแซมเพลอร์

5.16.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

5.16.2.1 เอ็น, เอ็น-ไดเมทิลอะเซตามิด (N,N, dimethyl acetamide) ชั้นคุณภาพโครมาโทกราฟเหมาะสำหรับวิเคราะห์ไวโวลิตินคลอไรด์

5.16.2.2 สารละลายมาตรฐานไวโวลิตินคลอไรด์ 60 mg/dm<sup>3</sup>

- (1) ใส่เอ็น, เอ็น-ไดเมทิลอะเซตามิด 98 cm<sup>3</sup> ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> ปิดด้วยจุกยางหรือซิลิโคน ฉีดไวโวลิตินคลอไรด์ ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99 ปริมาตร 0.25 cm<sup>3</sup> ผ่านจุกยางหรือซิลิโคนลงในขวดแก้ว ฉีดเอ็น, เอ็น-ไดเมทิลอะเซตามิดผ่านจุกยางหรือซิลิโคนจนถึงขีดปริมาตรเขย่าให้เข้ากัน จากนั้นฉีดสารละลายที่ได้ 1 cm<sup>3</sup> ผ่านจุกยางหรือซิลิโคน ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 50 cm<sup>3</sup> ฉีดเอ็น, เอ็น-ไดเมทิลอะเซตามิดผ่านจุกยางหรือซิลิโคนจนถึงขีดปริมาตร
- (2) ฉีดสารละลายจากข้อ (1) ปริมาตร 0.05 cm<sup>3</sup> ผ่านจุกยางหรือซิลิโคน ลงในขวดแก้วที่มีเอ็น, เอ็น-ไดเมทิลอะเซตามิด 2.5 cm<sup>3</sup> นำไปให้ความร้อนในเสตสเปซแซมเพลอร์ที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 1 h เขย่าเป็นครั้งคราว

5.16.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก 0.5 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.001 g ใส่ในขวดแก้ว เดิมเอ็น, เอ็น-ไดเมทิลอะเซตามิด 2.5 cm<sup>3</sup> ปิดฝาให้สนิททันที ให้ความร้อนในเครื่องเสตสเปซแซมเพลอร์ที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 1 h เขย่าเป็นครั้งคราว

5.16.4 วิธีวิเคราะห์

5.16.4.1 ฉีดไอของสารละลายมาตรฐานไวโวลิตินคลอไรด์ตามข้อ 5.16.2.2 (2) ปริมาตร 0.5 cm<sup>3</sup> และฉีดไอของสารละลายตัวอย่างที่เตรียมตามข้อ 5.16.3 ปริมาตร 0.5 cm<sup>3</sup> เข้าเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟที่ภาวะตามข้อ 5.16.1.1 จะได้โครมาโทแกรมสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานไวโวลิตินคลอไรด์ เปรียบเทียบพีกริเทนชัน ไทม์ของโครมาโทแกรมของสารทั้งสองชนิด ถ้าเท่ากันแสดงว่ามีไวโวลิตินคลอไรด์ในสารละลายตัวอย่าง

5.16.4.2 พื้นที่ใต้พีคจากโครมาโทแกรมของสารละลายตัวอย่างต้องไม่มากกว่าพื้นที่ใต้พีคจากโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน จึงถือว่าตัวอย่างมีปริมาณไวโวลิตินคลอไรด์ในพลาสติกไม่เกิน 6 mg/kg

## 5.17 แพคเกจ

## 5.17.1 เครื่องมือ

## 5.17.1.1 เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟ ที่มีภาวะและอุปกรณ์ประกอบดังนี้

- (1) คอลัมน์แก้วซิลิเกต เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 mm ยาว 30 m เคลือบด้วยฟีนิล-เมทิลพอลิซิลอกเซน (phenyl-methylpolysiloxane) ซึ่งมีฟีนิลร้อยละ 5 ความหนาของสารเคลือบ 0.25  $\mu\text{m}$
- (2) ก๊าซพาเป็นก๊าซฮีเลียม ความบริสุทธิ์ ร้อยละ 99.999 ที่ความดัน 80 kPa
- (3) ให้ความร้อนคอลัมน์ที่อุณหภูมิ 80 °C คงไว้เป็นเวลา 5 min จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 10 °C/min จนถึง 90 °C คงไว้เป็นเวลา 15 min
- (4) อุณหภูมิที่ฉีดตัวอย่าง 300 °C ฉีดด้วยสปลิทเซอร์ที่อัตราส่วน 1 ต่อ 10
- (5) อุณหภูมิระหว่างหน้า (interface temperature) ของเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟและเครื่องตรวจวัด 280 °C
- (6) เครื่องตรวจวัดชนิดแมสสเปกโตร ที่ตั้งอัตราส่วนมวลต่อประจุเป็น 50 ถึง 500

## 5.17.1.2 ตู้บหรืออ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ (37 ± 5) °C

5.17.1.3 เชื้อกรองขนาด 0.45  $\mu\text{m}$ 

## 5.17.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

## 5.17.2.1 สารเคมี

- (1) ไดเซปทิล แพเลต (diheptyl phthalate, DHP) ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 97 สัดส่วนโดยปริมาตร
- (2) ได-(2-เอทิลเฮกซิล) แพเลต (di-(2-ethylhexyl) phthalate, DEHP) ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 97 สัดส่วนโดยปริมาตร
- (3) ไดไอโซโนนิล แพเลต (diisononyl phthalate, DINP) ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 97 สัดส่วนโดยปริมาตร
- (4) ไดไอโซเดซิล แพเลต (diisodecyl phthalate, DIDP) ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 97 สัดส่วนโดยปริมาตร
- (5) ไดบิวทิล แพเลต (dibutyl phthalate, DBP) ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 97 สัดส่วน โดยปริมาตร
- (6) บิส(บิวทิลเบนซิล) แพเลต (bis(butylbenzyl) phthalate, BBP) ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 97 สัดส่วนโดยปริมาตร
- (7) นอร์แมลเฮกเซน
- (8) แอซีโตน

5.17.2.2 สารละลายและวิธีเตรียม

- (1) สารละลายมาตรฐานอินเทอร์นัลไคเฮปทิล แทเลต  
ชั่งไคเฮปทิล แทเลต 0.01 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.000 1 g ละลายด้วยเอซีโทน ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เติมเอซีโทนจนถึงขีดปริมาตร
- (2) สารละลายมาตรฐานไค-(2-เอทิลเฮกซิล) แทเลต 100 mg/dm<sup>3</sup>  
ชั่งไค-(2-เอทิลเฮกซิล) แทเลต 0.01 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.000 1 g ละลายด้วยเอซีโทน ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เติมเอซีโทนจนถึงขีดปริมาตร
- (3) สารละลายมาตรฐานไคไอโซโนนิล แทเลต 100 mg/dm<sup>3</sup>  
ชั่งไคไอโซโนนิล แทเลต 0.01 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.000 1 g ละลายด้วยเอซีโทน ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เติมเอซีโทนจนถึงขีดปริมาตร
- (4) สารละลายมาตรฐานไคไอโซเดซิล แทเลต 100 mg/dm<sup>3</sup>  
ชั่งไคไอโซเดซิล แทเลต 0.01 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.000 1 g ละลายด้วยเอซีโทน ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เติมเอซีโทนจนถึงขีดปริมาตร
- (5) สารละลายมาตรฐานไคบิวทิล แทเลต 100 mg/dm<sup>3</sup>  
ชั่งไคบิวทิล แทเลต 0.01 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.000 1 g ละลายด้วยเอซีโทน ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เติมเอซีโทนจนถึงขีดปริมาตร
- (6) สารละลายมาตรฐานบิส(บิวทิลเบนซิล) แทเลต 100 mg/dm<sup>3</sup>  
ชั่งบิส(บิวทิลเบนซิล) แทเลต 0.01 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.000 1 g ละลายด้วยเอซีโทน ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> เติมเอซีโทนจนถึงขีดปริมาตร
- (7) สารละลายมาตรฐานแทเลต 0 mg/dm<sup>3</sup> 1 mg/dm<sup>3</sup> 3 mg/dm<sup>3</sup> 5 mg/dm<sup>3</sup> 10 mg/dm<sup>3</sup> และ 20 mg/dm<sup>3</sup>  
ดูดสารละลายมาตรฐานแทเลตข้อ (2) ปริมาตร 0 cm<sup>3</sup> 1 cm<sup>3</sup> 3 cm<sup>3</sup> 5 cm<sup>3</sup> 10 cm<sup>3</sup> และ 20 cm<sup>3</sup> ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> จำนวน 6 ใบ เติมสารละลายมาตรฐานอินเทอร์นัลไคเฮปทิล แทเลต 5 cm<sup>3</sup> ในขวดแก้วแต่ละใบ เติมเอซีโทนจนถึงขีดปริมาตร แล้วปฏิบัติเช่นเดียวกันนี้กับสารละลายข้อ (3) ข้อ (4) ข้อ (5) และข้อ (6)
- (8) สารละลายผสมเอซีโทนกับนอร์แมลเฮกเซน  
ผสมเอซีโทน 30 cm<sup>3</sup> ให้เข้ากันกับนอร์แมลเฮกเซน 70 cm<sup>3</sup>

5.17.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

- 5.17.3.1 ชั่งตัวอย่างที่ตัดเป็นชิ้นเล็กมา 1 g ให้ทราบมวลแน่นอนถึง 0.001 g ใส่ในขวดแก้วที่มีฝาปิดสนิท
- 5.17.3.2 เติมสารละลายผสมเอซีโทนกับนอร์แมลเฮกเซน 10 cm<sup>3</sup> เขย่า นำไปเก็บในตู้บหรืออ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ (37±5) °C เขย่าเป็นครั้งคราว เป็นเวลา 24 h หลังจากนั้นตั้งให้เย็นที่อุณหภูมิ (25±2) °C

กรองด้วยเยื่อกรอง เดิมสารละลายมาตรฐานอินเทอร์นัลไอโซปทิล แทเลต  $5 \text{ cm}^3$  แล้วเติมแอซีโทนจนมี ปริมาตรเป็น  $100 \text{ cm}^3$

#### 5.17.4 วิธีวิเคราะห์

- 5.17.4.1 นิดสารละลายมาตรฐานแทเลตตามข้อ 5.17.2.2 (7) แล้วแต่กรณี และสารละลายตัวอย่างตามข้อ 5.17.3.2 อย่างละ  $0.001 \text{ cm}^3$  เข้าเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟที่ภาวะตามข้อ 5.17.1.1
- 5.17.4.2 สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างอัตราส่วนของพื้นที่ใต้พีคโครมาโทแกรมแทเลตแต่ละชนิด ต่อไอโซปทิล แทเลต กับความเข้มข้นเป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลายมาตรฐานแทเลต แล้วแต่กรณี
- 5.17.4.3 หาชนิดของแทเลตโดยเปรียบเทียบรูปร่างและเวลาของพีคที่เกินขั้นของตัวอย่างจากโครมาโทแกรมของ สารละลายตัวอย่างกับสารละลายมาตรฐานแทเลต
- 5.17.4.4 หาความเข้มข้นของแทเลตแต่ละชนิดในสารละลายตัวอย่าง เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดย เปรียบเทียบอัตราส่วนของพื้นที่ใต้พีคโครมาโทแกรมแทเลตต่อไอโซปทิล แทเลต กับกราฟมาตรฐาน

#### 5.17.5 วิธีคำนวณ

คำนวณปริมาณแทเลตแต่ละชนิด จากสูตร

$$T = \frac{c}{m} \times 100$$

เมื่อ  $T$  คือ แทเลต เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

$c$  คือ ความเข้มข้นของแทเลตที่ได้จากกราฟมาตรฐาน เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

$m$  คือ มวลตัวอย่าง เป็นกรัม

#### 5.18 อะคริโลไนไทรล์มอนอเมอร์

##### 5.18.1 เครื่องมือ

##### 5.18.1.1 เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟ ที่มีภาวะและอุปกรณ์ประกอบดังนี้

- (1) คอลัมน์แก้ว เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน  $4 \text{ mm}$  ยาว  $2 \text{ m}$  บรรจุพอลาร์แพคคิว (Polar Pack Q) ขนาดอนุภาค  $0.297 \text{ mm}$  (50 เมช) ถึง  $0.149 \text{ mm}$  (100 เมช) หรือคอลัมน์อื่นที่เทียบเท่า
- (2) อุณหภูมิคอลัมน์ระหว่าง  $160^\circ\text{C}$  ถึง  $180^\circ\text{C}$
- (3) อุณหภูมิที่ฉีดตัวอย่างระหว่าง  $200^\circ\text{C}$  ถึง  $230^\circ\text{C}$
- (4) ก๊าซพาเป็นก๊าซไนโตรเจนหรือก๊าซฮีเลียม ที่ปรับอัตราการไหลให้พาอะคริโลไนไทรล์มอนอเมอร์ ออกมาในเวลา  $5 \text{ min}$  ถึง  $10 \text{ min}$
- (5) เครื่องตรวจวัดชนิดไฮโดรเจนเฟลมไอออไนเซชันที่อุณหภูมิ  $230^\circ\text{C}$  หรือเครื่องตรวจวัดชนิดอื่น ที่เทียบเท่า

##### 5.18.1.2 อ่างน้ำ หรือตู้ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ $(20 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ และ $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$

5.18.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

5.18.2.1 ไดมethylฟอร์มาไมด์ ชั้นคุณภาพวิเคราะห์

5.18.2.2 สารละลายมาตรฐานอินเทอร์นัลพรอพิโอไนไทรล์

ใช้ปิเปตต์ดูดพรอพิโอไนไทรล์ ชั้นคุณภาพวิเคราะห์  $1 \text{ cm}^3$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  เติม ไดมethylฟอร์มาไมด์จนถึงขีดปริมาตร โดยควบคุมอุณหภูมิไว้ที่  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$  ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายที่ได้มา  $5 \text{ cm}^3$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  เติม ไดมethylฟอร์มาไมด์จนถึงขีดปริมาตร เก็บสารละลายนี้ไว้ที่อุณหภูมิ  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$

5.18.2.3 สารละลายมาตรฐานอะคริโลไนไทรล์  $810 \text{ mg/dm}^3$

ใช้ปิเปตต์ดูด ไดมethylฟอร์มาไมด์  $1 \text{ cm}^3$  ใส่ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $100 \text{ cm}^3$  ใช้ปิเปตต์ดูด สารละลายมาตรฐานอะคริโลไนไทรล์ ชั้นคุณภาพวิเคราะห์ ความหนาแน่น  $0.81 \text{ g/cm}^3$  ปริมาตร  $0.1 \text{ cm}^3$  ใส่ลงในขวด เติม ไดมethylฟอร์มาไมด์จนถึงขีดปริมาตร เก็บสารละลายที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิ  $(20 \pm 0.1)^\circ\text{C}$

5.18.2.4 สารละลายมาตรฐานอะคริโลไนไทรล์  $0 \text{ mg/dm}^3$   $20.25 \text{ mg/dm}^3$   $40.50 \text{ mg/dm}^3$   $60.75 \text{ mg/dm}^3$  และ  $81 \text{ mg/dm}^3$

ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานอะคริโลไนไทรล์ จากข้อ 5.18.2.3 ปริมาตร  $0 \text{ cm}^3$   $0.5 \text{ cm}^3$   $1 \text{ cm}^3$   $1.5 \text{ cm}^3$  และ  $2.0 \text{ cm}^3$  แยกใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $20 \text{ cm}^3$  จำนวน 5 ใบ เติมสารละลายมาตรฐานอินเทอร์นัลพรอพิโอไนไทรล์จากข้อ 5.18.2.2 ปริมาตร  $1 \text{ cm}^3$  ในขวดแก้วแต่ละใบ แล้วเติม ไดมethylฟอร์มาไมด์จนถึงขีดปริมาตร เก็บสารละลายที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิ  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$

5.18.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก  $1 \text{ g}$  ให้ทราบมวลแน่นอนจนถึง  $0.001 \text{ g}$  ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด  $20 \text{ cm}^3$  เติม ไดมethylฟอร์มาไมด์  $15 \text{ cm}^3$  ปิดจุกเขย่าเป็นครั้งคราว จนตัวอย่างละลาย จากนั้นเติมสารละลายมาตรฐานอินเทอร์นัลพรอพิโอไนไทรล์จากข้อ 5.18.2.2 ปริมาตร  $1 \text{ cm}^3$  เติม ไดมethylฟอร์มาไมด์จนถึงขีดปริมาตร เก็บสารละลายที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิ  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$

5.18.4 วิธีวิเคราะห์

5.18.4.1 นิดสารละลายมาตรฐานอะคริโลไนไทรล์ตามข้อ 5.18.2.4 ปริมาตร  $0.001 \text{ cm}^3$  เข้าเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟที่ภาวะตามข้อ 5.18.1.1 วัดค่าสัญญาณไฟฟ้าด้วยเครื่องตรวจวัดชนิดไฮโดรเจนเฟลมไอออไนเซชัน สร้างกราฟมาตรฐานจากอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคของอะคริโลไนไทรล์และพรอพิโอไนไทรล์ กับปริมาณอะคริโลไนไทรล์ เป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

5.18.4.2 นิดสารละลายตัวอย่างตามข้อ 5.18.3 ปริมาตร  $0.001 \text{ cm}^3$  เข้าเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟที่ภาวะตามข้อ 5.18.1.1 วัดค่าสัญญาณไฟฟ้าด้วยเครื่องตรวจวัดชนิดไฮโดรเจนเฟลมไอออไนเซชัน

5.18.4.3 หาปริมาณอะคริโลไนไทรล์มอนอเมอร์ในสารละลายตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีคของอะคริโลไนไทรล์และพรอพิโอไนไทรล์ในตัวอย่างกับกราฟมาตรฐาน เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

## 5.18.5 วิธีคำนวณ

คำนวณปริมาณอะคริโลไนไทรล์มอนอเมอร์ จากสูตร

$$AN = \frac{c \times V}{m}$$

เมื่อ  $AN$  คือ อะคริโลไนไทรล์มอนอเมอร์ เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

$c$  คือ ปริมาณอะคริโลไนไทรล์มอนอเมอร์ที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐานเป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

$V$  คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

$m$  คือ มวลตัวอย่าง เป็นกรัม

ภาคผนวก ก.

สัญลักษณ์หน่วย

สัญลักษณ์หน่วยในมาตรฐานนี้ใช้ตามระบบหน่วยระหว่างประเทศ (System International Units; SI) หรือที่เรียกหน่วยเอสไอ ดังกำหนดในตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 สัญลักษณ์หน่วย

สัญลักษณ์	ชื่อ
cm	เซนติเมตร (centimetre)
cm <sup>-1</sup>	ต่อเซนติเมตร (centimetre <sup>-1</sup> )
cm <sup>2</sup>	ตารางเซนติเมตร (square centimetre)
cm <sup>3</sup>	ลูกบาศก์เซนติเมตร (cubic centimetre)
cm <sup>3</sup> /min	ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที (cubic centimeter/minute)
d	วัน (day)
dm <sup>3</sup>	ลูกบาศก์เดซิเมตร (cubic decimetre)
dm <sup>3</sup> /min	ลูกบาศก์เดซิเมตรต่อนาที (cubic decimeter/minute)
g	กรัม (gram)
g/cm <sup>3</sup>	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (gram/cubic centimetre)
g/dm <sup>3</sup>	กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (gram/cubic decimetre)
h	ชั่วโมง (hour)
kPa	กิโลพาสคัล (kilopascal)
m	เมตร ( metre)
mg	มิลลิกรัม (milligram)
mg/cm <sup>3</sup>	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (milligram/cubic centimetre)
mg/dm <sup>3</sup>	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (milligram/cubic decimetre)
mg/kg	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (milligram/kilogram)
min	นาที (minute)
mm	มิลลิเมตร (millimetre)
mol/dm <sup>3</sup>	โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (mol/cubic decimetre)
nm	นาโนเมตร (nanometre)
µg/dm <sup>3</sup>	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (microgram/cubic decimetre)

สัญลักษณ์	ชื่อ
$\mu\text{m}$	ไมโครเมตร (micrometer)
$^{\circ}\text{C}$	องศาเซลเซียส (degree Celsius)
$^{\circ}\text{C}/\text{min}$	องศาเซลเซียสต่อนาที (degree Celsius/minute )

---