

การทดลองที่ 11

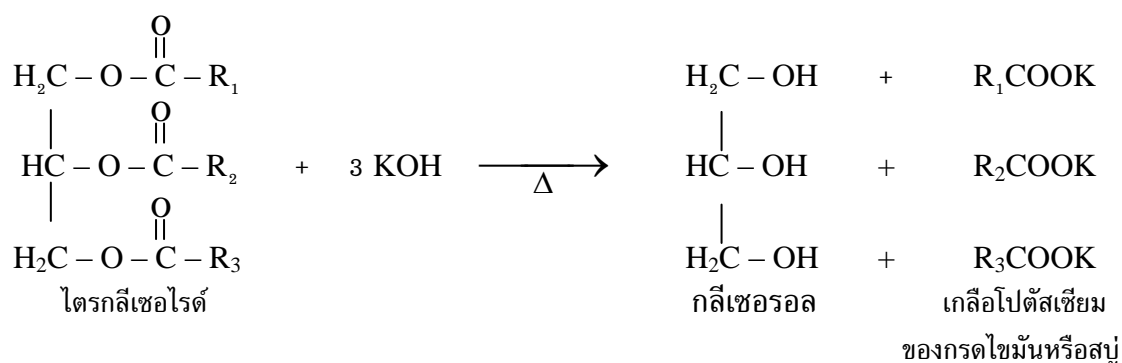
ลิปิต 1

อ. ชัยวัฒน์ วามวรรรัตน์

- วัตถุประสงค์
1. เพื่อศึกษาวิธีการหาค่าสะพอนิฟิเคชัน ของไขมันหรือน้ำมัน
 2. เพื่อให้รู้จักปฏิกิริยาการผลิตสบู่
 3. เพื่อนำสารละลายสบู่ไปใช้ในการทดลองเรื่อง ลิปิต 2

ลิปิตในธรรมชาติหลายชนิดมีกรดไขมันต่อเชื่อมอยู่ด้วยพันธะเอสเทอร์ เช่น กลีเซอไรด์ (glyceride) ซึ่งเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันและกลีเซอรอลและพบอยู่ในไขมันที่สะสมไว้ในเซลล์ของสัตว์และพืช น้ำมันที่ใช้ปรุงอาหารส่วนใหญ่เป็นไขมันในรูปกลีเซอไรด์นี้ โดยที่กลีเซอรอลหนึ่งโมเลกุลอาจสร้างพันธะเอสเทอร์กับกรดไขมันได้หนึ่ง สอง หรือสามโมเลกุล เกิดเป็นโมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) ไดกลีเซอไรด์ (diglyceride) และไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ตามลำดับ

ลิปิตที่มีโครงสร้างส่วนกรดไขมันต่อเชื่อมด้วยจะสลายตัวให้กรดไขมัน เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดหรือด่าง การสลายตัวด้วยโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัลกอฮอล์จะได้เกลือของกรดไขมันหรือสบู่ กระบวนการนี้เรียกว่า สะพอนิฟิเคชัน (saponification) ดังตัวอย่างปฏิกิริยาที่แสดงไว้ข้างล่าง เมื่อเกิดกับไตรกลีเซอไรด์



ปฏิกิริยานี้เป็นที่รู้จักกันมานานตั้งแต่ยุคโบราณสำหรับการผลิตสบู่ ซึ่งมักใช้อุณหภูมิสูงราว 100 °C สำหรับการย่อยสลายไตรกลีเซอไรด์ และได้ผลิตภัณฑ์เป็นกลีเซอรอลและสบู่ในรูปของเกลือโซเดียมหรือเกลือโปตัสเซียมขึ้นอยู่กับชนิดของด่างที่ใช้ กลีเซอรอลที่เกิดขึ้นจัดเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้สำหรับการค้าอีกอย่างหนึ่ง

ปริมาณด่างที่ใช้ปฏิกิริยามีการรายงานเป็นค่าที่เรียกว่า เลขสะพอนิฟิเคชัน (saponification number : SN) ซึ่งหมายถึงจำนวนมิลลิกรัมของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งทำปฏิกิริยาพอดีกับไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม ค่านี้มีความสำคัญในการบ่งบอกลักษณะกรดไขมันในไขมันหรือน้ำมันนั้น ทั้งนี้ไขมันหรือน้ำมันมีองค์ประกอบหลักเป็นไตรกลีเซอไรด์ และ 1 โมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์มีกรดไขมันเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเอสเทอร์อยู่ถึง 3 โมเลกุล ดังนั้นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นต้องใช้โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 3 โมเลกุลไม่ว่ากรดไขมันนั้นจะมีความยาวโซ่ไฮโดรคาร์บอนสั้นหรือยาวก็ตาม ค่า SN นี้จึงมีความสัมพันธ์กับ

ความยาวโซ่ไฮโดรคาร์บอนของกรดไขมัน โดยแปรผกผันกับน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์นั้น ตัวอย่างเช่น ไตรบิวไทรีน (tributylin) และไตรสเตียรีน (tristearin) ในน้ำหนักที่เท่ากันค่า S.N. ของไตรบิวไทรีนจะสูงกว่าไตรสเตียรีน เนื่องจากมีกรดไขมันโมเลกุลเล็กกว่าเป็นองค์ประกอบ และมีจำนวนโมเลกุลมากกว่าในน้ำหนักที่เท่ากันจึงต้องใช้โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ในการทำปฏิกิริยาที่มากกว่า ตัวอย่างค่า SN ของไขมันและน้ำมันแสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 เลขสะพอนิฟิเคชัน (SN) ของไขมันและน้ำมันชนิดต่าง ๆ

ชนิดไขมันหรือน้ำมัน	ค่า SN	ชนิดไขมันหรือน้ำมัน	ค่า SN
น้ำมันข้าวโพด (corn oil)	188-193	ไขวัว (beef tallow)	193.2-200
น้ำมันมะกอก (olive oil)	185-196	น้ำมันปาล์ม (palm oil)	196-205
น้ำมันถั่วเหลือง (soy bean oil)	193	เนย (butter)	220-233
น้ำมันหมู (lard)	195.4	น้ำมันมะพร้าว (coconut oil)	246-260

การหาค่า SN ทำได้โดยทำการชั่งไขมันหรือน้ำมันให้รู้ค่าน้ำหนักที่แน่นอน แล้วมาทำปฏิกิริยากับสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ในแอลกอฮอล์ที่มากเกินไปโดยให้ความร้อนด้วย แอลกอฮอล์ช่วยให้ไขมันหรือน้ำมันละลายได้ดีขึ้นให้เข้าทำปฏิกิริยากับโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ได้อย่างสมบูรณ์ เพื่อป้องกันการสูญเสียแอลกอฮอล์จากการระเหยจึงใช้วิธีการกลั่นไหลกลับ (reflux) แล้วนำสารละลายที่ได้จากการกลั่นไหลกลับมาไตเตรทกับสารละลายกรดมาตรฐาน เพื่อหาปริมาณโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือจากปฏิกิริยา ทั้งนี้ต้องทำควบคู่ไปกับสารละลายเปล่า (blank) ทุกครั้งโดยใช้น้ำกลั่นแทนไขมันหรือน้ำมัน และกระทำทุกขั้นตอนเช่นเดียวกับตัวอย่างไขมันหรือน้ำมัน เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับตัวอย่าง ซึ่งแสดงวิธีคำนวณหาค่า SN ไว้ดังนี้

เมื่อให้ b = จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายกรดมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทหาค่าที่มีตัวอย่างไขมันหรือน้ำมัน

a = จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายกรดมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทหาค่าที่ใช้น้ำกลั่นแทนไขมันหรือน้ำมัน

เมื่อกรดที่ใช้เป็นกรดไฮโดรคลอริก จึงทำปฏิกิริยากับโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วนโมลต่อโมล ดังนั้นจำนวนมิลลิโมลของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับไขมันหรือน้ำมัน

$$= (a - b) \times \text{ความเข้มข้นของกรด (โมลาร์)}$$

น้ำหนักโมเลกุลของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 56

ดังนั้น จำนวนมิลลิกรัมของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม หรือ

$$\text{ค่า SN} = \frac{(a - b) \times \text{ความเข้มข้นของกรด} \times 56}{\text{จำนวนกรัมของไขมันหรือน้ำมันตัวอย่างที่ใช้}}$$

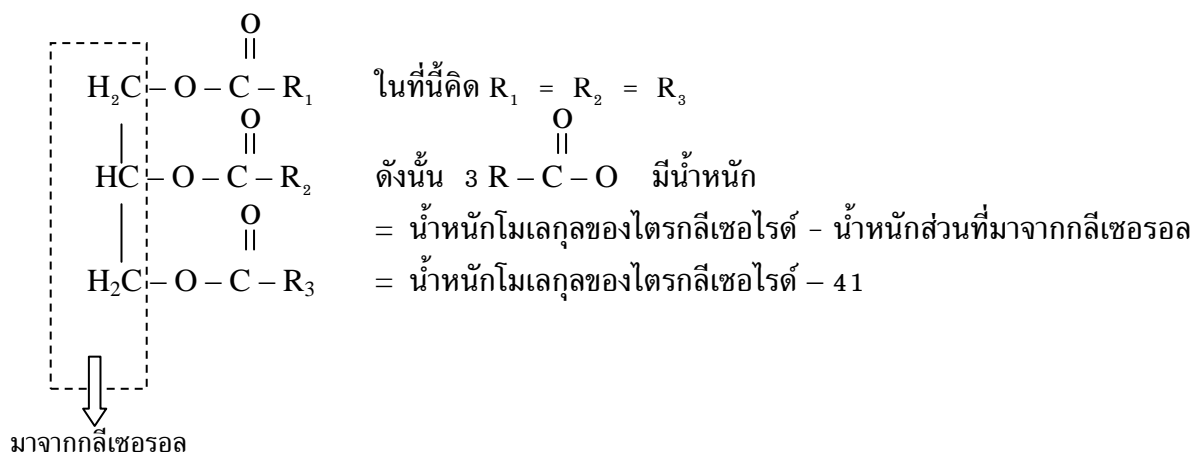
ค่า SN ที่ได้สามารถใช้ในการประเมินค่าน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ (TG) ในไขมันหรือน้ำมันตัวอย่างได้ แต่ไตรกลีเซอไรด์ในไขมันหรือน้ำมันมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบแตกต่างกันออกไป ดังนั้นน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่คำนวณได้จึงเป็นค่าเฉลี่ยของน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ทั้งหมดในไขมันหรือน้ำมันตัวอย่างนั้น โดยมีวิธีคำนวณดังนี้ จากปฏิกิริยาสะพอนิฟิเคชัน ไตรกลีเซอไรด์ 1 โมลทำปฏิกิริยาพอดีกับโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 3 โมล ดังนั้น 1 โมล TG \times น้ำหนักโมเลกุลของ TG (กรัม) ทำปฏิกิริยาพอดีกับโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ $3 \times 56 \times 1000$ มิลลิกรัม เมื่อเป็น น้ำหนักไตรกลีเซอไรด์ 1 กรัม จะทำปฏิกิริยาพอดีกับโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ $\frac{3 \times 56 \times 1000}{\text{น้ำหนักโมเลกุลของ TG}}$

เมื่อคิดว่าไตรกลีเซอไรด์เป็นน้ำมันหรือไขมันตัวอย่าง 1 กรัม และต้องใช้จำนวนมิลลิกรัมโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ในการทำปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ที่กล่าวไว้ข้างต้น จึงเข้าหลักเกณฑ์คำนวณของค่า saponification number ดังนั้น saponification number (SN) = $\frac{3 \times 56 \times 1000}{\text{น้ำหนักโมเลกุลของ TG}}$

และ

$$\text{น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์} = \frac{168,000}{\text{ค่า S.N.}}$$

เมื่อประเมินค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์ได้ ก็สามารถประเมินต่อไปถึงน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในไตรกลีเซอไรด์นั้นได้ โดยโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ส่วนที่มาจากโมเลกุลของกลีเซอรอลมีน้ำหนักเท่ากับ $(1 \times 5) + (12 \times 3)$ (H 5 อะตอมและ C 3 อะตอม) เท่ากับ 41



$$\text{กรดไขมัน 1 โมเลกุล จึงมีน้ำหนักโมเลกุล} = \left[\frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์} - 41}{3} \right] + 1$$

$$\text{(R}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{OH)}$$

โดยที่ 1 คือ น้ำหนักของไฮโดรเจนอะตอม

สารเคมีและอุปกรณ์

1. น้ำมันหมู น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม และน้ำมันถั่วเหลือง
2. สารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5 โมลาร์ ใน 95% เอทานอล ให้เตรียมใหม่ๆ
3. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.5 โมลาร์
4. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 0.5 % ใน 95 % เอทานอล
5. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
6. เครื่องควบแน่น (condenser)
7. บิวเรต

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมันหมูหรือน้ำมันมะพร้าวตามที่กำหนดให้แต่ละกลุ่มในปริมาณที่ใกล้เคียง 5.00 กรัม ห้ามเกิน ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร และจดน้ำหนักที่แท้จริงไว้
2. นำขวดรูปชมพู่อีกใบหนึ่งมาเติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร เพื่อเป็นขวดสารละลายเปล่า
3. เติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ใน 95% เอทานอลลงในขวดรูปชมพู่ทั้ง 2 ขวด ๆ ละ 50 มิลลิลิตร โดยใช้กระบอกตวง
4. ทำการกลั่นไหลกลับสารละลายทั้งสองขวดบนหม้ออังน้ำ (water bath) เป็นเวลา 30 นาที เขย่าเป็นครั้งคราว
5. เมื่อครบเวลา นำขวดทั้งสองออกมาแช่ในน้ำให้เย็น จากนั้นเติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนลงในขวดทั้งสอง ขวดละ 1 มิลลิลิตร
6. ไตเตรทสารละลายในขวดทั้งสองด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.5 โมลาร์ แล้วเก็บขวดสารละลายที่มีตัวอย่างไขมันไว้ใช้ในการทดลองที่ 10 เรื่องลิพิด 2 ต่อไป
7. คำนวณหาค่า SN คำนวณน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์และค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมันของตัวอย่างไขมัน และเปรียบเทียบค่าที่ได้ดังกล่าวกับเพื่อนร่วมชั้น

ตารางบันทึกผลการทดลอง

	ชนิดของตัวอย่างที่ใช้				
	น้ำกลั่น	น้ำมันหมู	น้ำมันมะพร้าว	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันถั่วเหลือง
น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)					
ปริมาตรของสารละลายกรด มาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทหลัง ปฏิกิริยาเสร็จสิ้น (มิลลิลิตร)					
ค่า Saponification number (แสดงการคำนวณในช่อง)	-				
น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของ ไตรกลีเซอไรด์ (แสดงการคำนวณในช่อง)	-				
น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของ กรดไขมัน (แสดงการคำนวณในช่อง)	-				

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

คำถามท้ายบท

ถ้ามีคอเลสเทอรอล เอสเทอร์ (cholesteryl ester) ในตัวอย่างไขมัน สารนี้จะเกิดปฏิกิริยาสะพอนิฟิเคชันหรือไม่ เพราะเหตุใด และจะมีผลต่อค่า SN หรือไม่ จงให้เหตุผล