

บทที่ 5

สารชีวโมเลกุล

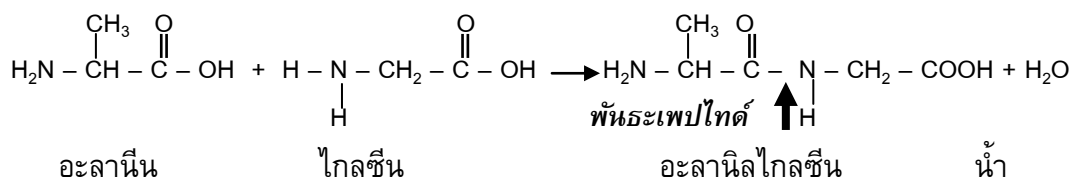
เนื่องจากอาหารแต่ละชนิดประกอบด้วยสารอาหารที่แตกต่างกัน และนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่างกัน ดังนั้นร่างกายจึงต้องได้รับสารอาหารในจำนวนที่เพียงพอและครบถ้วน สารที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ในการดำรงชีวิตเรียกว่าสารชีวโมเลกุล ซึ่งมี 3 กลุ่มคือโปรตีน, คาร์โบไฮเดรต และลิพิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้ ซึ่งเป็นสาระที่อยู่ในหนังสือเรียนและคู่มือครู สารการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมเคมี เล่ม 5 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2549) ,เคมี เล่ม 2 (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2540) และหลักเคมีทั่วไปเล่ม 2 (กฤษณา ชูติมา, 2551)

โปรตีน

ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตสามารถพบโปรตีนได้มากที่สุด คำว่าโปรตีน(ภาษากรีก) แปลว่ามีความสำคัญก่อน ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจะมีอยู่มากกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนักตัวแห้ง ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของโปรตีนมีอยู่ 4 ธาตุ คือ C , H , O, และ N นอกจากนี้ยังอาจมีธาตุอื่น ๆ รวมอยู่ด้วยเช่น S, P, Fe, Zn และ Cu การทดสอบโปรตีนสามารถทำได้โดยการทดสอบไบยูเรต(สารละลาย CuSO_4 ในเบส) ได้สารสีน้ำเงินม่วง ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างคอปเปอร์(II)ไอออน กับไนโตรเจน ในสารที่มีพันธะเพปไทด์ตั้งแต่ 2 พันธะขึ้นไป

หมายเหตุ การทดสอบโปรตีนมีการเติมสารละลาย NaOH เพื่อให้สารละลายมีสมบัติเป็นเบส และเมื่อทำการเติมสารละลาย CuSO_4 ลงไปจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีได้สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินม่วง

โปรตีนเป็นสารชีวโมเลกุลที่มีมวลโมเลกุลสูง (5×10^3 ถึง 1×10^7) ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวนมากเชื่อมกันด้วยพันธะเพปไทด์ ซึ่งเป็นพันธะโควาเลนต์ชนิดหนึ่ง เช่น



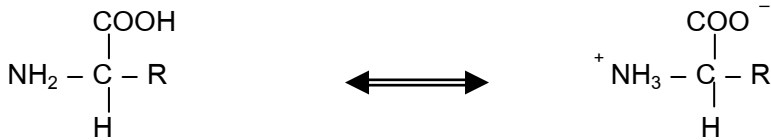
โปรตีนแบ่งตามองค์ประกอบได้ 2 ชนิด คือโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนเพียง
 อย่างเดียว และโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนและสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ เช่น

ไลโปโปรตีน เกิดจาก กรดอะมิโน และลิพิด (คอเรสเตอรอล) พบใน นม, ไข่แดง

ไกลโคโปรตีน เกิดจาก กรดอะมิโน และคาร์โบไฮเดรต พบใน เยื่อหุ้มเซลล์

นิวคลีโอโปรตีน เกิดจาก กรดอะมิโน และกรดนิวคลีอิก พบใน นิวเคลียสของเซลล์

กรดอะมิโน คือสารที่มีสมบัติเป็นได้ทั้งกรดและเบส ในภาวะที่มีค่า pH เหมาะสมจะ
 พบว่ากรดอะมิโนแสดงสมบัติเป็นได้ทั้งไอออนบวก และไอออนลบในโมเลกุลเดียวกัน เรียกว่า
 Zwitterion เพราะมีการถ่ายโอนโปรตอนระหว่างหมู่คาร์บอกซิลกับหมู่อะมิโนในโมเลกุล จึง
 เสมือนเกิดคาร์บอกซิเลตไอออนและแอมโมเนียมไอออนได้



นั่นคือในโมเลกุลของกรดอะมิโนจะมีหมู่อะมิโน และหมู่คาร์บอกซิลอย่างน้อย 1 หมู่ต่อ
 กับคาร์บอนในตำแหน่งแอลฟา (คาร์บอนตำแหน่งที่ 2)

กรดอะมิโนชนิดแอลฟา หมายถึง กรดอะมิโนที่มีหมู่อะมิโนเกาะอยู่ที่ C ตำแหน่งที่ 2
 นับจากหมู่คาร์บอกซิล เช่นอะลานีน



กรดอะมิโนมีทั้งที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้ และไม่สามารถสังเคราะห์ได้
 กรดอะมิโนที่ร่างกายสังเคราะห์ไม่ได้ เรียกว่า กรดอะมิโนจำเป็น

การอ่านชื่อและเขียนลำดับกรดอะมิโน : กรณีที่กรดอะมิโน 2 โมเลกุลมารวมตัวกัน เรียกว่า **ไดเพปไทด์** จะอ่านชื่อกรดอะมิโนตัวแรกโดยลงท้ายเสียงเป็น **-อิล** และต่อด้วยชื่อของกรดอะมิโนตัวที่สอง ส่วนการเขียนลำดับให้เขียนด้วยพยัญชนะ 3 ตัวแรก

เช่น กลูตามีน + ซีรีน จะได้ **กลูตามิลซีรีน** เขียนลำดับได้ว่า **Gln – Ser** กรณีที่เป็นไตรเพปไทด์ และพอลิเพปไทด์ จะใช้เกณฑ์เดียวกันในการอ่านชื่อโดยชื่อแรกๆลงท้ายด้วย **-อิล** และจบด้วยชื่อกรดอะมิโนสำหรับโมเลกุลสุดท้าย การเรียงลำดับก็เช่นกัน

โครงสร้างของโปรตีน มี 4 ระดับดังนี้

1. โครงสร้างปฐมภูมิ – แสดงลำดับกรดอะมิโนในสายเพปไทด์ ซึ่งแต่ละชนิดจะมีจำนวนและลำดับของกรดอะมิโนที่จำเพาะโดยปลายด้านซ้ายของสายจะเป็นหมู่อะมิโน และปลายด้านขวาจะเป็นหมู่คาร์บอกซิล การจัดลำดับของกรดอะมิโนมีค่าเท่ากับ $n!$ (n แฟคทอเรียล) เช่น $4! = 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 24$ (เขียนลำดับได้ 24 ชนิด)

2. โครงสร้างทุติยภูมิ – เกิดจากการขด หรือ ม้วนตัวของโครงสร้างปฐมภูมิ และมีการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่าง $C = O$ ของกรดอะมิโนหนึ่งกับ $N - H$ ของกรดอะมิโนถัดไปอีก 4 หน่วยในสายพอลิเพปไทด์เดียวกัน ทำให้ได้โครงสร้างที่บิดเป็นเกลียวเรียกว่า **เกลียวแอลฟา** นอกจากพันธะไฮโดรเจนจะเกิดในตำแหน่ง 1 และ 4 แล้วยังสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่าง $C = O$ กับ $N - H$ ในสายพอลิเพปไทด์ที่อยู่คู่กันได้ด้วย ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า **แผ่นพลิทบีตา** โครงสร้างทุติยภูมิยังสามารถเกิดพันธะชนิดอื่นได้อีก เช่น พันธะไดซัลไฟด์ ($S - S$) ซึ่งจะเกิดได้ถ้ามีกรดอะมิโนชื่อซิสเทอีนเป็นองค์ประกอบ

3. โครงสร้างตติยภูมิ – คล้ายโครงสร้างทุติยภูมิ โดยเกิดจากโครงสร้างเกลียวแอลฟาและบริเวณที่ไม่ใช่เกลียวแอลฟาม้วนเข้าหากันและไขว้กันด้วยแรงยึดเหนี่ยวอ่อนๆ

4. โครงสร้างจตุรภูมิ – เป็นการรวมตัวของหน่วยย่อยชนิดเดียวกัน หรือต่างชนิดกันของโครงสร้างตติยภูมิ ลักษณะของโครงสร้างใหม่ที่ได้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างตติยภูมิที่เป็นหน่วยย่อย เช่นอาจเป็นก้อนกลมเหมือนโครงสร้างของฮีโมโกลบิน หรือเป็นเส้นใยเหมือนโครงสร้างของคอลลาเจน

พอลิเพปไทด์ และโปรตีนที่มีจำนวนกรดอะมิโนมากๆจะไม่อยู่เป็นสายยาวเหมือนโครงสร้างปฐมภูมิ แต่จะม้วนตัวหรือพับเข้าหากัน เพราะมีการสร้างพันธะอื่นๆนอกจากพันธะเพปไทด์ ทำให้เกิดเป็นโครงสร้าง 3 มิติ เช่นโครงสร้างทุติยภูมิ ตติยภูมิ หรือจตุรภูมิ โครงสร้างที่ต่างกันทำให้หน้าที่ของโปรตีนแตกต่างกันด้วย เมื่อพิจารณาจากโครงสร้าง 3 มิติ จะแบ่งโปรตีนได้ 2 ชนิด คือ โปรตีนก้อนกลม(มีหน้าที่เกี่ยวกับกระบวนการเมทาบอลิซึม) และโปรตีนเส้นใย(มีหน้าที่เป็นโครงสร้างเพราะมีความแข็งแรงและยืดหยุ่นสูง)

เอนไซม์

เอนไซม์เป็นโปรตีน มีหน้าที่เร่งปฏิกิริยาในเซลล์สิ่งมีชีวิต โดยเอนไซม์จะลดพลังงานก่อกัมมันต์ทำให้อุณหภูมิของสารตั้งต้นรวมกับเอนไซม์ได้เหมาะสมมากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วขึ้น การทำงานของเอนไซม์ สารตั้งต้น(สับสเตรต) เข้าจับกับเอนไซม์ในส่วนที่เป็นบริเวณเร่ง และเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจนสิ้นสุดปฏิกิริยาได้ผลิตภัณฑ์ และเอนไซม์ก็กลับออกมาด้วย เอนไซม์มีหลายชนิดในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตโดยเอนไซม์ชนิดหนึ่ง ๆ สามารถทำปฏิกิริยาได้เฉพาะอย่างเท่านั้น แต่เอนไซม์บางชนิดก็อาจมีบริเวณเร่งมากกว่า 1 บริเวณได้

เอนไซม์มีชื่อเรียกตามสับสเตรตที่จับ โดยลงท้ายเสียงเป็น -ส เช่นชูเครส ไลเปส ฯลฯ ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ มีดังนี้

1. อุณหภูมิ : โดยส่วนใหญ่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นการทำงานจะดีขึ้น
2. ค่า pH : ถ้า pH ไม่เหมาะสมการทำงานจะลดลง

การแปลงสภาพโปรตีน เป็นการทำลายพันธะเพปไทด์ พันธะไฮโดรเจน หรือการเปลี่ยนแปลงลำดับกรดอะมิโนในโปรตีน ซึ่งมีผลทำให้โครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไป ปัจจัยที่มีผลต่อการแปลงสภาพโปรตีน ได้แก่ ความร้อน สารละลายกรด – เบส แอลกอฮอล์ และโลหะหนัก นอกจากนี้การเติมสารซักฟอก การฉายรังสีเอ็กซ์ การเขย่าแรง ๆ ก็สามารถทำให้โปรตีนแปลงสภาพได้

กรดนิวคลีอิก

กรดนิวคลีอิก คือสารโมเลกุลใหญ่คล้ายโปรตีน โมเลกุลของกรดนิวคลีอิกประกอบด้วย ชาติคาร์บอน, ไฮโดรเจน, ออกซิเจน, ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส กรดนิวคลีอิกในร่างกายสามารถสร้างได้จากกรดอะมิโนและคาร์โบไฮเดรต มีหน้าที่ในการเก็บและถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต และควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน เพื่อไปทำหน้าที่ต่างๆในเซลล์ ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตพบกรดนิวคลีอิก 2 ชนิด คือกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก(DNA) และกรดไรโบนิวคลีอิก(RNA)

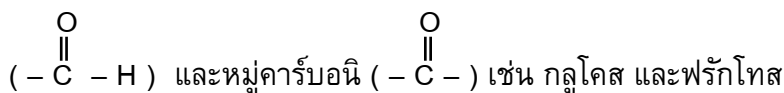
กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก และกรดไรโบนิวคลีอิก เป็นพอลิเมอร์ที่มีมอนอเมอร์ชื่อ นิวคลีโอไทด์ โดยนิวคลีโอไทด์ 1 โมเลกุลประกอบด้วยส่วนย่อย 3 ส่วน ดังนี้

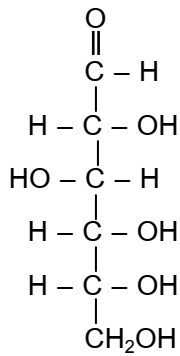
1. หมู่ฟอสเฟต
 2. น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มี C 5อะตอม หรือเรียกว่าน้ำตาลเพนโตส ซึ่งมี 2 ชนิด คือ น้ำตาลไรโบส กับน้ำตาลดีออกซีไรโบส
 3. เบสที่มีไนโตรเจนในโมเลกุล ซึ่งเบสที่พบในนิวคลีโอไทด์มีโครงสร้างแตกต่างกัน 5 ชนิด ได้แก่ อะดีนีน (A), กวานีน (G), ไซโตซีน (C), ไทมิน (T) และยูราซิล (U)
- นิวคลีโอไทด์หลายโมเลกุลรวมกันจะได้พอลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยน้ำตาลเพนโทสของนิวคลีโอไทด์โมเลกุลหนึ่ง กับหมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์อีกโมเลกุลหนึ่งในโมเลกุลของ DNA สายพอลิเมอร์จะเป็นเกลียวคู่ แต่ในโมเลกุลของ RNA จะเป็นสายเดี่ยวใน DNA ประกอบด้วยสายพอลิเมอร์นิวคลีโอไทด์ 2 สายเชื่อมต่อกันด้วยคู่เบสที่เหมาะสมด้วยพันธะไฮโดรเจน

คาร์โบไฮเดรต

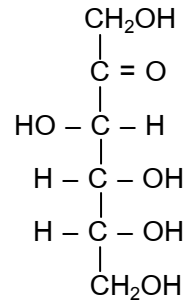
คาร์โบไฮเดรตเป็นสารชีวโมเลกุลประกอบด้วยธาตุ C, H และ O ทำหน้าที่เป็นสารสะสมพลังงาน ถ้าแบ่งโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ตามจำนวนหน่วยย่อยที่เป็นองค์ประกอบแบ่งได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

1. มอนอแซ็กคาไรด์ ประกอบด้วย C 3-8อะตอมที่พบมากได้แก่เพนโทสและเฮกโซส
 2. ไดแซ็กคาไรด์ เกิดจากการรวมตัวของมอนอแซ็กคาไรด์ 2 โมเลกุล ด้วยพันธะไกลโคซิดิก ไดแซ็กคาไรด์ที่สำคัญได้แก่ ซูโครส มอลโทส และแลกโทส
 3. พอลิแซ็กคาไรด์ เกิดจากมอนอแซ็กคาไรด์หลายๆโมเลกุลเชื่อมต่อกัน พอลิแซ็กคาไรด์ที่สำคัญได้แก่ แป้ง เซลลูโลส และไกลโคเจน
- มอนอแซ็กคาไรด์ สามารถแบ่งตามหมู่ฟังก์ชันได้ 2 ประเภท ดังนี้
1. แอลโดส คือน้ำตาลที่มีหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์อยู่ในโมเลกุล
 2. คีโตส คือน้ำตาลที่มีหมู่คาร์บอนิลอยู่ในโมเลกุล
- โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์ จะมีหมู่ฟังก์ชัน 2 แบบ คือหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์





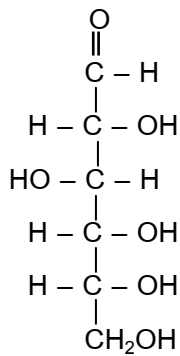
กลูโคส



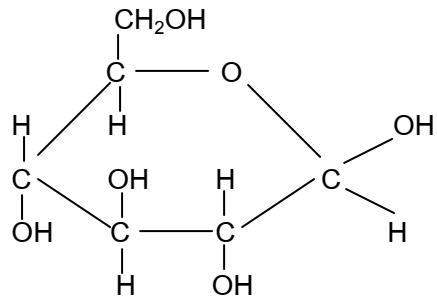
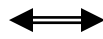
ฟรักโทส

ในธรรมชาติมอนอแซ็กคาไรด์จะอยู่เป็นวง เพราะเป็นโครงสร้างที่เสถียรมากกว่าโครงสร้าง

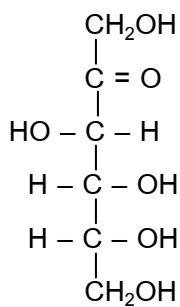
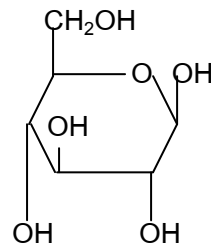
ที่เป็นโซ่เปิด โดยวงจะเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างหมู่ -C=O กับหมู่ -OH ในโมเลกุลเดียวกันดังนี้



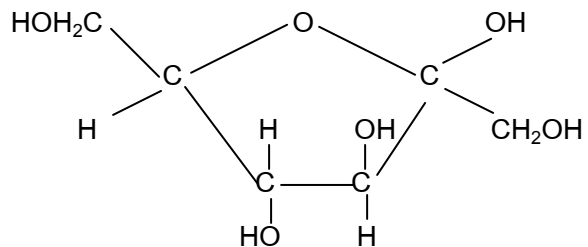
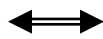
กลูโคส



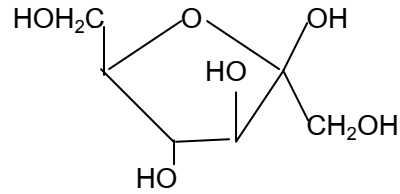
หรือ



ฟรักโทส



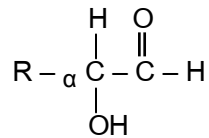
หรือ



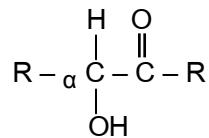
มอนอแซ็กคาไรด์ 2 โมเลกุลรวมตัวกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกได้ ไดแซ็กคาไรด์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของไดแซ็กคาไรด์และพอลิแซ็กคาไรด์ ถ้าเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์จะได้ มอนอแซ็กคาไรด์เป็นผลิตภัณฑ์

การทดสอบน้ำตาลจะใช้สารละลายเบเนดิกต์ และไตคอปเปอร์ (I) ออกไซด์ ซึ่งเป็นตะกอนสีแดงอิฐเป็นผลิตภัณฑ์ สารละลายเบเนดิกต์เป็นสารละลายที่ใช้ทดสอบสารที่มีหมู่ฟังก์ชันดังนี้

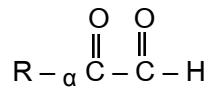
1. แอลดีไฮด์ที่มีหมู่แอลคิล $R - \overset{\overset{O}{||}}{C} - H$ (R จะเป็น H หรือหมู่แอลคิลไซเปดก็ได้)
2. แอลดีไฮด์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเกาะอยู่ที่แอลฟาคาร์บอน (แอลฟาไฮดรอกซีแอลดีไฮด์)



3. คีโตนที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเกาะอยู่ที่ตำแหน่งแอลฟาคาร์บอน (แอลฟาไฮดรอกซีคีโตน)



4. แอลฟาคีโตแอลดีไฮด์



การทดสอบแป้ง ใช้สารละลายไอโอดีน และได้สารสีน้ำเงินเป็นผลิตภัณฑ์ แป้งประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์ 2 ชนิด ดังนี้

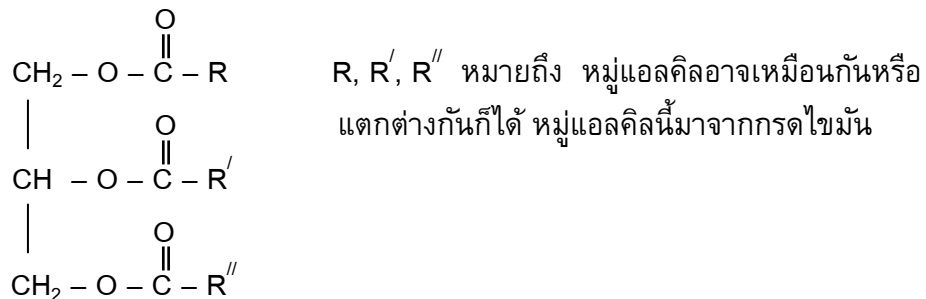
1. อะไมโลส เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ แบบโซ่ตรง
2. อะไมโลเพกติน เป็นพอลิแซ็กคาไรด์แบบโซ่กิ่ง

สำลี คือ เซลลูโลสชนิดหนึ่งประกอบด้วยกลูโคสที่ต่อกันเป็นแบบโซ่ตรง
 เซลลูโลส เป็น คาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของพืช หน่วยย่อย
 ของเซลลูโลส คือ กลูโคส
 ไกลโคเจน เป็น คาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในเซลล์ของสัตว์ ประกอบด้วยกลูโคสที่ต่อกัน
 คล้ายอะไมโลเพกตินของแป้ง แต่มีมวลโมเลกุลและมีโซ่กิ่งมากกว่า พบมากในตับและกล้ามเนื้อ

ลิพิด

ลิพิด เป็น สารชีวโมเลกุลที่ประกอบด้วยธาตุหลัก 3 ชนิด คือ C,H และ O นอกจากนั้น
 อาจประกอบด้วย N และ P ลิพิดที่มีสถานะเป็นของแข็งเช่น ไขมัน ส่วนลิพิดที่มีสถานะเป็น
 ของเหลว เช่น น้ำมัน ทั้งไขมัน และน้ำมันเป็นสารประกอบประเภทเอสเทอร์ เกิดจากปฏิกิริยา
 เอสเทอร์ฟิเคชันระหว่าง กลีเซอรอลกับกรดไขมัน โดยกลีเซอรอล 1 โมเลกุลจะรวมตัวกับกรด
 คาร์บอกซิลิกสายยาวหรือกรดไขมันจำนวน 3 โมเลกุล ไขมันส่วนใหญ่เป็นไตรเอสเทอร์ของ
 กลีเซอรอล หรือไตรกลีเซอไรด์ หรือเรียกว่า ไตรเอซิลกลีเซอรอล

สูตรทั่วไปของไขมันหรือน้ำมัน เขียนได้ดังนี้



กรดไขมันที่อยู่ในไขมันหรือน้ำมันจะมีทั้งกรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัว
 และจะเป็นไฮโดรคาร์บอนโซ่ยาวที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่ (12 - 24 อะตอม)
 โครงสร้างส่วนใหญ่จะเป็นโซ่ตรง การพิจารณาไขมันและน้ำมันว่าเป็นประเภทอิ่มตัวหรือไม่
 อิ่มตัวให้พิจารณาที่ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ ถ้าเป็นน้ำมันจากพืชมักมีกรดไขมัน
 ไม่อิ่มตัว แต่ถ้าเป็นไขมันจากสัตว์มักมีกรดไขมันอิ่มตัว โดยทั่วไปกรดไขมันอิ่มตัวจะมีจุด
 หลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว และจุดหลอมเหลวจะเพิ่มตามจำนวนคาร์บอนอะตอมที่
 เพิ่มขึ้น ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเท่ากัน แต่มีพันธะคู่ต่างกันยังมีพันธะคู่เพิ่ม

มากขึ้นเท่าไรจุดหลอมเหลวยิ่งลดลง การพิจารณาสถานะของไขมันหรือน้ำมันให้พิจารณาที่กรดไขมัน ถ้ามีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมากจะทำให้มีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ถ้ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมากจะมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง

ในการปรุงอาหารควรเลือกน้ำมันให้เหมาะสมกับการประกอบอาหาร ถ้าใช้ปรุงอาหารที่ต้องให้ความร้อนนานๆ เช่น การทอด ควรเลือกใช้น้ำมันแบบไม่อิ่มตัวเพราะกรดไขมันอิ่มตัวจะเกิดปฏิกิริยากับสารอื่นได้ยาก ส่วนการปรุงอาหารที่ให้ความร้อนในเวลาสั้นๆ เช่น การผัด ควรเลือกใช้น้ำมันแบบไม่อิ่มตัว การนำน้ำมันประเภทไม่อิ่มตัวไปใช้ปรุงอาหารที่ต้องให้ความร้อนนานๆเช่นการทอด จะทำให้เกิดอนุมูลอิสระได้มาก ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายได้เพราะพันธะคู่ในกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเกิดปฏิกิริยากับสารอื่นได้ง่าย ดังนั้นจึงไม่ควรนำน้ำมันที่ใช้แล้วกลับมาใช้อีกซ้ำหลายๆหน การบริโภคไขมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวมากๆจะทำให้เกิดผลเสียต่อร่างกาย คือ อาจทำให้หลอดเลือดอุดตัน

การหมิ่นเหม่เกิดได้ 2 กรณี ดังนี้

1. การหมิ่นเหม่ในน้ำมัน เกิดจากออกซิเจนในอากาศเข้าไปทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันเกิดเป็นสารเปอร์ออกไซด์และสลายตัวได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประเภทแอลดีไฮด์ และกรดไขมันโมเลกุลเล็กๆ ซึ่งมีกลิ่นเหมิ่นเหม่

2. การหมิ่นเหม่ของไขมันหรือน้ำมัน เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสระหว่างไขมันกับน้ำ ปฏิกิริยานี้มีเอนไซม์จากจุลินทรีย์ในอากาศเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้กรดไขมันโมเลกุลเล็กๆที่ระเหยง่ายและมีกลิ่นเหมิ่นเหม่เป็นผลิตภัณฑ์

การป้องกันการหมิ่นเหม่ของไขมันหรือน้ำมัน ทำได้ดังนี้

1. เก็บไขมันหรือน้ำมันในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ และปิดภาชนะให้สนิทไม่ถูกแสงไม่ให้สัมผัสกับออกซิเจนและไอน้ำในอากาศ เป็นการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส


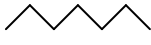
2. เติมสารเคมีบางชนิดลงไป เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันส่วนใหญ่จะเติม BHA (Butylated Hydroxy Anisole) , BHT (Butylated Hydroxy Toluene) หรือเติมสารป้องกันการหมิ่นเหม่ที่มีอยู่ตามธรรมชาติอย่างเช่น วิตามินอี วิตามินซี วิตามินเอ เป็นต้น

ไขมันหรือน้ำมันเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว จึงละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์แต่ไม่ละลายในน้ำ

ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสไขมันหรือน้ำมันด้วยเบส(เช่นNaOH) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสบู่หรือเกลือโซเดียมของกรดไขมัน และกลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้ การแยกกลีเซอรอลออกจากสบู่ทำได้โดยการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงไป วิธีนี้เรียกว่า Salting out

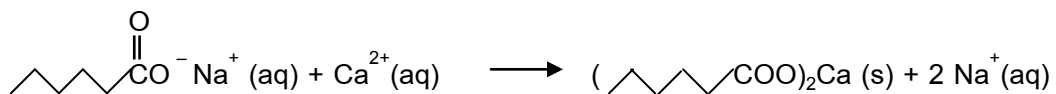
(ในการเตรียมสบู่จะเติมแอลกอฮอล์ลงไปเพื่อให้น้ำมันกับNaOHผสมกันได้ดี)

สบู่ หรือ เกลือโซเดียมของกรดไขมัน มีสูตรทั่วไปว่า $R - \overset{\text{O}}{\parallel} C - ONa$ แต่เนื่องจาก R

หรือหมู่แอลคิลมักเป็นโซ่ยาวจึงเขียนสัญลักษณ์ได้ว่า  $\overset{\text{O}}{\parallel} CO^- Na^+$ สบู่มีทั้งส่วนที่มีหัวและไม่มีหัว ส่วนที่มีหัวคือด่างโซเดียมคาร์บอกซิเลต ($-COO^- Na^+$) และส่วนที่ไม่มีหัวคือ R หรือ  ดังนั้นสบู่จึงละลายได้ในน้ำโดยหันส่วนที่มีหัว ($-COO^-$) เข้าหาน้ำ และทำ

ความสะอาดไขมันหรือสิ่งสกปรกโดยใช้ส่วนที่เป็น R หันเข้าล้อมรอบไขมัน ทำให้ไขมันหรือสิ่งสกปรกหลุดออกมาและแพร่กระจายอยู่ในน้ำในรูปของอิมัลชัน

น้ำที่ใช้ในแต่ละแห่งจะมีส่วนประกอบไม่เหมือนกัน น้ำที่มีไอออนของแคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบเรียกว่า น้ำกระด้าง การใช้สบู่กับน้ำกระด้างจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำทำความสะอาดลดลง เพราะจะเกิดฝ้าอยู่บนผิวน้ำซึ่งเรียกว่า ไคลสบู่ การเกิดฝ้าหรือไคลสบู่เกิดจากแคลเซียมไอออนหรือแมกนีเซียมไอออนรวมตัวกับไอออนลบของสบู่เกิดเป็นเกลือแคลเซียมหรือแมกนีเซียมของกรดไขมัน ซึ่งไม่ละลายน้ำ เรียกว่าไคลสบู่



สารซักฟอกเป็นสารที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ทำความสะอาดแทนสบู่ โมเลกุลจึงมีทั้งส่วนที่มีหัวและไม่มีหัวเหมือนกัน แต่สารซักฟอกเป็นเกลือโซเดียมซัลโฟเนตของสารไฮโดรคาร์บอน

ส่วนมีหัวจึงเป็นโซเดียมซัลโฟเนต $\left[\overset{\text{O}}{\parallel} \text{S} - \text{O}^- \text{Na}^+ \right]$ ซึ่งละลายน้ำได้ และส่วนที่ไม่มีหัวคือ

ไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีทั้งแบบโซ่ตรง, โซ่กิ่งและวงแหวน ละลายได้ในน้ำมัน สารซักฟอกจะไม่เกิดตะกอนกับไอออนของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่อยู่ในน้ำกระด้างทำให้ไม่เกิดไคลสบู่

เนื่องจากสารซักฟอกมีโครงสร้างหลายแบบ โดยแตกต่างกันที่สารไฮโดรคาร์บอน ถ้าเป็นสารซักฟอกที่มีไฮโดรคาร์บอนโซ่ตรงจะถูกย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์โดยจุลินทรีย์ในน้ำ ถ้าในน้ำมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอ แบบโซ่ตรงจึงก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด แต่ถ้าเป็นสารซักฟอกที่มีวงแหวนอยู่ในโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนของจุลินทรีย์ก็ยังคงย่อยสลายได้

บ้าง แต่ไม่ดีนักทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ แต่ถ้าเป็นสารซักฟอกที่มีโซ่กิ่งจะย่อยสลายไม่ได้ ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมมากที่สุด

สารซักฟอก มีส่วนประกอบดังนี้

1. สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) คือ สารที่ทำหน้าที่ลดแรงตึงผิวของน้ำ จึงช่วยให้สิ่งสกปรกละลายน้ำได้มากขึ้น จำแนกตามหมู่ฟังก์ชันที่มีผลต่อการลดแรงตึงผิวได้ 3กลุ่ม

1.1 ไอออนลบ ส่วนใหญ่มาจากสารต่อไปนี้

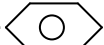
1.1.1 เกลือโซเดียมซัลโฟเนตของเอสเทอร์ที่มาจากกรดอินทรีย์

(RCOOSO₃Na)

1.1.2 เกลือโซเดียมของเอไมด์จากกรดอินทรีย์(RCONSO₃Na)

1.1.3 เกลือโซเดียมซัลโฟเนตของแอลกอฮอล์(ROSO₃Na)


1.1.4 เกลือโซเดียมซัลโฟเนตของแอลคิลเบนซีน

(R -  -SO₃Na)

หมายเหตุ กรดอินทรีย์จะมีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 16 – 18 อะตอม

1.2 ไอออนบวก ส่วนใหญ่เป็นเกลือของเบสที่มีสูตรทั่วไปดังนี้ R₄NCl

1.3 สารที่ไม่แตกตัวเป็นไอออน ส่วนใหญ่เป็นพอลิเมอร์ของเอทิลีนออกไซด์

ชนิดต่างๆเช่น RCOOC₂H₄OH , -C₂H₄OH และ R - $\overset{\text{O}}{\parallel}$ C - $\overset{\text{R}}{\text{N}}$ - C₂H₄OH

สารเหล่านี้จะแตกตัวหรือไม่แตกตัวเมื่อละลายน้ำ โดยหมู่ที่แสดงหมู่ฟังก์ชันเป็นไอออนชนิดต่างๆมักจะเป็นสารจำพวกเกลือ สารลดแรงตึงผิวจะมีอยู่ในสารซักฟอกประมาณ 12-30%

2. สารประกอบฟอสเฟต (Phosphate) เป็นสารที่ช่วยทำให้สารละลายเป็นเบสทำให้สารซักฟอกมีประสิทธิภาพในการซักล้างดีขึ้น และยึดสิ่งสกปรกไม่ให้กลับไปติดเนื้อผ้า ช่วยลดความกระด้างในน้ำ ตัวอย่างสารประกอบฟอสเฟต เช่น เกลือTetrasodium phosphate, Sodiumtripoly phosphate สารเหล่านี้มีในสารซักฟอกประมาณ 30-50%

3. สารประกอบซิลิเกต (Silicate) เป็นสารที่ใส่เพื่อป้องกันสนิม เช่นSodium silicate มีประมาณ 5-10%

4. โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Sodium Carboxymethyl Cellulose) เป็นสารที่ใส่เพื่อป้องกันการตกตะกอนของสารซักฟอก ทำให้ละลายน้ำได้ดีขึ้น มีประมาณ 0.5-1.0%

5. สารเพิ่มความสดใส (Optical Brightening Agents) เป็นสารที่ดูดกลืนแสงในช่วง

คลื่นอัลตราไวโอเล็ต แล้วปล่อยแสงบางช่วงคลื่นออกมาทำให้ผ้าดูสดใส เช่น ผงฟอกขาว

6. สารช่วยเพิ่มฟอง

7. สารฟอกขาว

8. เอนไซม์ที่ช่วยย่อยโปรตีนและคราบเลือด

9. สารที่ช่วยลดความกระด้างของน้ำ เช่น โซเดียมคาร์บอเนต หรือโซเดียม

ไฮโดรเจนคาร์บอเนต

10. สารเพิ่มปริมาณสารซักฟอก เช่น โซเดียมซัลเฟต สารนี้ใส่เพื่อลดต้นทุนการผลิต

ให้ถูกลง

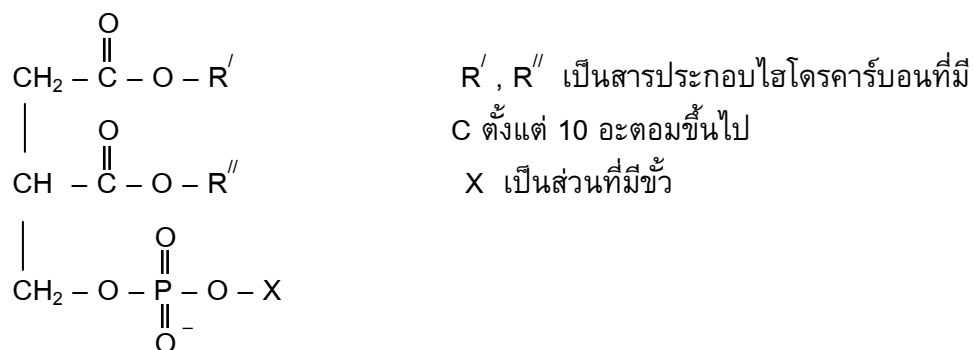
สารซักฟอกมี 2 ชนิด ดังนี้

2. สารซักฟอกชนิดอ่อน (Soft detergent) มีสารลดแรงตึงผิวเป็นหมู่แอลคิลที่มีโครงสร้างเป็นโซ่ตรง เรียกว่า LAS (Linear Alkylbenzene Sulfonate) ถูกย่อยสลายง่าย ปัจจุบันประเทศไทยผลิตสารซักฟอกชนิดนี้มาก

3. สารซักฟอกชนิดกระด้าง (Hard detergent) มีสารลดแรงตึงผิวเป็นหมู่แอลคิลที่มีโครงสร้างเป็นโซ่กิ่ง เรียกว่า ABS (Alkylbenzene Sulfonate) ถูกย่อยสลายยากทำให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ และมลพิษในดิน

ลิพิดนอกจากไขมัน และน้ำมัน ยังมีชนิดอื่นอีก เช่น ฟอสโฟลิพิด ไช และสเตอรอยด์

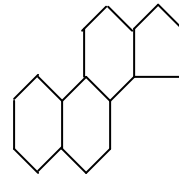
ฟอสโฟลิพิด เป็นลิพิดที่มีหมู่ฟอสเฟตในโมเลกุลพบได้ทั้งในเซลล์พืชและสัตว์เนื่องจากโครงสร้างฟอสโฟลิพิด 1 โมเลกุล เกิดจากกลีเซอรอล 1 โมเลกุล กับกรดไขมัน 2 โมเลกุลและหมู่ฟอสเฟต 1 หมู่ จึงจัดว่าเป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอล เขียนโครงสร้างได้ดังนี้



สารนี้มีสมบัติคล้ายไอออนลบของกรดไขมัน จึงสามารถละลายน้ำได้ โดยจะหันส่วนที่มีขั้วเข้าหาน้ำและใช้ส่วนที่เป็นไฮโดรคาร์บอนละลายไขมัน ตัวอย่างฟอสโฟลิพิด เช่น เลซิติน ซึ่งเป็นสารที่ช่วยละลายคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ และไขมันที่อยู่ในหลอดเลือด

ไซ จัดเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน กับแอลกอฮอล์ กรดไขมันและแอลกอฮอล์นี้จะมีโซ่ยาว(จำนวนคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ 10 อะตอมขึ้นไป) ไซมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องมีจุดหลอมเหลวต่ำ ตัวอย่างเช่น ขี้ผึ้ง ไซมีหลายชนิดแต่ชนิดจะแตกต่างกันตามกรดไขมันและแอลกอฮอล์ที่เป็นองค์ประกอบ แต่ทุกชนิดของไซจะไม่ละลายน้ำ ทำหน้าที่หล่อลื่นหรือป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดี จึงนำมาเคลือบผิวผลไม้เพื่อยืดอายุผลไม้

สเตรอยด์ เป็นลิพิดที่มีโครงสร้างเฉพาะคือ 1 โมเลกุลประกอบด้วยโครงสร้างที่เป็นวงแหวนของ C 6 เหลี่ยม 3 วงกับวงแหวนของ C 5 เหลี่ยม 1 วง ต่อกันมีชื่อทางเคมีว่า เพอร์ไฮโดรไซโคลเพนทาโนฟีแนนทริน ดังรูป สเตรอยด์ไม่ละลายน้ำละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ตัวอย่างสเตรอยด์เช่น คอเลสเตอรอล ซึ่งจัดเป็นสารประเภทแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่ง , ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน ฯลฯ



สรุป

สารชีวโมเลกุล เป็นสารโมเลกุลใหญ่ที่พบในสิ่งมีชีวิต เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และ ลิพิด ซึ่งสารแต่ละชนิดสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีได้แตกต่างกันตามแต่ชนิดของหมู่ฟังก์ชันที่เป็นองค์ประกอบ ทำให้มีลักษณะเฉพาะที่แตกต่าง การทำหน้าที่ในสิ่งมีชีวิตจึงไม่เหมือนกัน

แบบฝึกหัด

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงเขียน สารที่เป็นไคเพปไทด์มา 1 โมเลกุลพร้อมอ่านชื่อ
2. จงเขียนสารที่เป็นไคแซ็กคาไรด์ที่พบได้ในธรรมชาติมา 1 โมเลกุล
3. จงเขียนปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันและการเกิดโคลสบู