



ปัญหาพิเศษ

การพัฒนาปรับปรุงบทปฏิบัติการชีวเคมี เรื่องลิพิด
**IMPROVEMENT OF BIOCHEMISTRY LABORATORY
PROTOCOL : LIPIDS**

โดย

นางสาวสุกมา อมรประไพพิศ

เสนอ

สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป)

พ.ศ. 2551



ใบรับรองปัญหาพิเศษ
สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์บัณฑิต

ปริญญา

วิทยาศาสตร์ทั่วไป

สาขา

วิทยาศาสตร์

สายวิชา

เรื่อง การพัฒนาปรับปรุงบทปฏิบัติการชีวเคมี เรื่องลิพิด

Improvement of Biochemistry Laboratory Protocol : Lipids

นามผู้วิจัย _____ นางสาวสุกมา อมรประไพพิศ _____

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ _____

(_____ อาจารย์พุทธพร ส่องศรี _____)

สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(_____ อาจารย์ศลยา สุขสอาด _____)

หัวหน้าสายวิชาวิทยาศาสตร์

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____



ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การพัฒนาปรับปรุงบทปฏิบัติการชีวเคมี เรื่องลิพิด

Improvement of Biochemistry Laboratory Protocol : Lipids

โดย

นางสาวสุกมา อมรประไพพิศ

เสนอ

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป)

พ.ศ. 2551

สุกมา อมรประไพพิศ 2550 : การพัฒนาปรับปรุงบทปฏิบัติการชีวเคมี เรื่องลิพิด
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์
ประธานกรรมการที่ปรึกษา : อาจารย์พุทธพร ต่องศรี, D.Eng. 26 หน้า

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและปรับปรุงบทปฏิบัติการชีวเคมี I เรื่องลิพิด โดยเฉพาะการทดสอบคอเลสเตอรอล ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยการให้คอเลสเตอรอลและสารที่ใช้ทดสอบทำปฏิกิริยากับน้ำยาทำให้เกิดสี ซึ่งประกอบด้วยกรดซัลฟิวริกและกรดโพธิโอนิกในอัตราส่วน 1:1.5 แล้วเกิดสารประกอบสีม่วงน้ำตาล ซึ่งความเข้ม-อ่อนของสีจะขึ้นอยู่กับระดับของคอเลสเตอรอลในสารนั้น ทำการศึกษาทั้งหมด 6 หลอด ได้แก่ สารละลายคอเลสเตอรอล ไอโซโพรพานอล นม เนย ไข่ และน้ำมันหมู พบว่าจากการสังเกตสีของสารแต่ละชนิดนั้น น้ำมันหมูปรากฏสีม่วงน้ำตาลที่เข้มมากที่สุด เมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 560 nm โดยที่มีไอโซโพรพานอลเป็นสารอ้างอิง น้ำมันหมูก็มีค่าการดูดกลืนแสงมากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบการทดลองนี้กับการทดลองที่ใช้ในห้องปฏิบัติการปัจจุบัน โดยในการทดลองนี้มีข้อดีมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

Sukuma Amornprapaipis 2007 : Improvement of biochemistry laboratory
protocol : lipids

Bachelor of science. (General Science) Department of Science.

Special Problems Advisor : Mr. Puttaporn Songsri, D.Eng. 26 p.

The present study was focused on the improvement of Biochemistry laboratory protocol : lipids, particularly determining cholesterol that cholesterol and test solution was mixed by a cholesterol color reagent. It was prepared by sulphuric acid and propionic acid in ratio 1:1.5 making purple-brown compound, the intensity of color was depended on the level of cholesterol. This procedure was to study total six kinds of samples, include cholesterol, isopropanol, milk, butter, egg and lard. It was found that the lard gave strongest color as same as the absorbance of the cholesterol and test solution was read at 560 nm using isopropanol as a reference. This method has many strong point compared with current method.

Student's signature

Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์พุทธพร ส่องศรี ประธานกรรมการที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจแก้ไขรายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้สำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ ที่สาขาวิชาชีวเคมีทุกท่าน ที่ให้ความรู้และช่วยเหลือ ตลอดจน ให้ความสะดวกในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจและการสนับสนุนการศึกษามาโดยตลอด สุดท้ายนี้ ขอบขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ ที่มีส่วนช่วยเหลือ สนับสนุน และให้กำลังใจจนกระทั่ง ทำปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

สุกมา อมรประไพพิศ

มีนาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์ คำย่อ และอักษรย่อที่ใช้ในโปรแกรม	(4)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
บทปฏิบัติการชีวเคมี I	2
คอเลสเตอรอล	3
กรดโพรพิโอนิก (Propionic acid)	5
นมรสจืด	7
เนยชนิดเค็ม	7
ไข่	7
น้ำมันหมู	8
อุปกรณ์และวิธีการ	9
อุปกรณ์	9
วิธีการ	10
สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง	12
สถานที่ในการทดลอง	12
ระยะเวลาในการทดลอง	12
ผลและวิจารณ์	13
ผล	13
วิจารณ์	19
สรุป	21
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	22
ภาคผนวก	24
ประวัติการศึกษา	26

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สีที่เกิดขึ้นกับสเตอรอลแต่ละชนิด เมื่อเติมสารละลายสารละลาย เฟอริกคลอไรด์ในกรดแอซิดกลั่นและกรดซัลฟูริกเข้มข้น	2
2	อันตรายต่อสุขภาพอนามัยเมื่อสัมผัสกับกรดโพรพิโอนิก (Propionic acid)	6
3	ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่วัดได้จากสารแต่ละชนิด	18
4	การเปรียบเทียบระดับคอเลสเตอรอลระหว่างสารแต่ละชนิดกับ สารละลายคอเลสเตอรอล	18
5	เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียระหว่างการทดลองนี้กับการทดลอง ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการปัจจุบัน	20

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สูตรโครงสร้างเคมีของคอเลสเตอรอล	3
2	กระบวนการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลใน HMG-CoA reductase pathway	4
3	สูตรโครงสร้างเคมีของกรดโพรพิโอนิก (Propionic acid)	5
4	การเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายหลอดที่ 1-6 คือ สารละลายเนย น้ำมันหมู ไข่ นม ไอโซโพรพานอล และคอเลสเตอรอล ตามลำดับ หลังจากเติมสารละลายที่ใช้ตกตะกอนโปรตีน (สาร A)	13
5	การเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายหลอดที่ 1-6 คือ สารละลายเนย น้ำมันหมู ไข่ นม ไอโซโพรพานอล และคอเลสเตอรอล ตามลำดับ หลังจากการนำส่วนใส (Supernatant) มาอย่างละ 1.0 ml	14
6	การเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายทั้ง 6 หลอด ในขณะที่ต้ม	15
7	เปรียบเทียบสีระหว่างสารละลายคอเลสเตอรอลกับไอโซโพรพานอล	15
8	เปรียบเทียบสีระหว่างสารละลายคอเลสเตอรอลกับไข่	16
9	เปรียบเทียบสีระหว่างสารละลายคอเลสเตอรอลกับนม	16
10	เปรียบเทียบสีระหว่างสารละลายคอเลสเตอรอลกับเนย	17
11	เปรียบเทียบสีระหว่างสารละลายคอเลสเตอรอลกับน้ำมันหมู	17

ภาพผนวกที่

1	เครื่อง Centrifuge (Hettich zentrifugen D-78532 Tufflingen Type 2000 230 V)	25
2	เครื่อง Spectrophotometer (MILTON ROY รุ่น Spectronic 20)	25

คำอธิบายอักษรย่อ

nm	=	Nanometer
rpm	=	Rotations per minute
mg	=	Milligrams
g	=	Grams
ml	=	Milliliters

การพัฒนาปรับปรุงบทปฏิบัติการชีวเคมี เรื่องลิพิด

Improvement of Biochemistry Laboratory Protocol : Lipids

คำนำ

ในบทปฏิบัติการชีวเคมี I ได้มีการทดลองหลาย ๆ การทดลอง และหนึ่งในนั้นก็ คือ การทดลองเรื่องลิพิด ซึ่งได้มีการทดลองย่อยไปอีกหลายเรื่องด้วยกัน อาทิเช่น การทดสอบสมบัติการละลายได้ของลิพิดชนิดต่าง ๆ สมบัติของสบู่ การทดสอบวิตามินเอและวิตามินอี และโดยเฉพาะการทดสอบสเตอรอล จำพวกคอเลสเตอรอล ซึ่งเป็นการทดสอบที่สเตอรอลทำปฏิกิริยากับน้ำยาทำให้เกิดสี โดยบทปฏิบัติการในการทดสอบคอเลสเตอรอลที่ใช้เรียนอยู่นี้ ใช้การทดสอบสเตอรอลด้วยปฏิกิริยา Liebermann-Burchard และปฏิกิริยา Zak ที่มีขั้นตอนการทดลองที่ใช้เวลานาน ใช้สารเคมีที่มีอันตรายและหาได้ยาก ซึ่งมีข้อจำกัดในการจัดซื้อ และเมื่อทำซ้ำก็ได้ผลออกมาไม่ได้ เหมือนกับการทดลองครั้งก่อน ซึ่งเป็นปัญหาอย่างยิ่งต่อนิสิตที่เรียนวิชานี้ ทำให้นิสิตเกิดความเข้าใจผิดในเนื้อหา จนเป็นอุปสรรคต่อการเรียนได้

ดังนั้นด้วยความต้องการให้บทปฏิบัติการชีวเคมี I มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาเพื่อแก้ไขจุดบกพร่องต่าง ๆ การพัฒนาและปรับปรุงบทปฏิบัติการชีวเคมี I นี้ จึงมีความสำคัญและสามารถช่วยนำไปสู่การมีบทปฏิบัติการที่เป็นผลดีต่อนิสิตที่เรียนวิชานี้ต่อไป

การตรวจเอกสาร

1. บทปฏิบัติการชีวเคมี I

ในบทปฏิบัติการชีวเคมี I เรื่องลิพิด ได้กล่าวถึงปฏิกิริยาที่เกี่ยวกับคอเลสเตอรอล คือ ปฏิกิริยา Liebermann-Burchard และปฏิกิริยา Zak โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 ปฏิกิริยา Liebermann-Burchard

เป็นปฏิกิริยาที่ให้สเตอรอลทำปฏิกิริยากับน้ำยาทำให้เกิดสี ซึ่งประกอบด้วยกรดแอสซิติกล้วนและแอสซิติกแอนไฮไดรด์และกรดซัลฟิวริกในอัตราส่วน 3:6:1 เกิดสารประกอบที่มีสีน้ำเงินอมเขียว อัตราเร็วของการเกิดสีขึ้นอยู่กับระดับความไม่อิ่มตัวของสเตอรอลนั้น ปฏิกิริยานี้สามารถปรับใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสเตอรอล เช่น ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด โดยวัดการดูดแสงที่ 625 nm

1.2 ปฏิกิริยา Zak

เป็นปฏิกิริยาที่ให้สเตอรอลทำปฏิกิริยากับสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ในกรดแอสซิติกล้วนและกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ได้สารละลายมีสีต่าง ๆ ขึ้นกับชนิดของสเตอรอลในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สีที่เกิดขึ้นกับสเตอรอลแต่ละชนิด เมื่อเติมสารละลายสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ในกรดแอสซิติกล้วนและกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

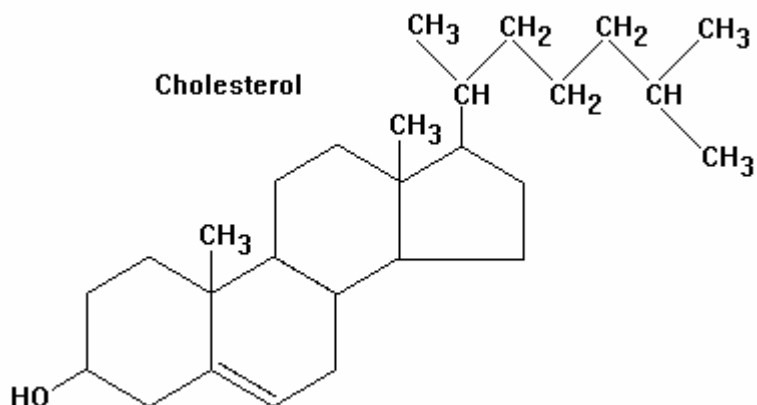
ชนิดของสเตอรอล	สีที่เกิดขึ้น
คอเลสเตอรอล	สีชมพูปนม่วง
เออโกสเตอรอล แอซีเทต	สีน้ำตาล
สตีกลมาสเตอรอล	สีชมพูปนม่วง

ที่มา : ชัยวัฒน์(2548)

ปฏิกิริยานี้ก็สามารถปรับใช้วิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดได้เช่นเดียวกับปฏิกิริยา Liebermann-Burchard โดยวัดค่าการดูดแสงที่ 560 nm

2. คอเลสเตอรอล

คอเลสเตอรอล (Cholesterol) เป็นทั้งสาร สเตอโรยด์ (steroid) ไลปิด (lipid) และ แอลกอฮอล์ (alcohol) พบใน ผนังเซลล์ (cell membrane) ของทุกเนื้อเยื่อในร่างกาย และถูกขนส่งในกระแสเลือดของสัตว์ คอเลสเตอรอลส่วนใหญ่ไม่ได้มากับอาหารแต่จะถูกสังเคราะห์ขึ้นภายในร่างกาย จะสะสมอยู่มากในเนื้อเยื่อของอวัยวะที่สร้างมันขึ้นมาเช่น ตับ ไขสันหลัง (spinal cord) สมอง และ ผนังหลอดเลือดแดง (atheroma) คอเลสเตอรอลมีบทบาทในกระบวนการทางชีวเคมีมากมาย แต่ที่รู้จักกันดีคือ มันเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคหัวใจและระบบหลอดเลือด (cardiovascular disease) และภาวะคอเลสเตอรอลในเลือดสูง



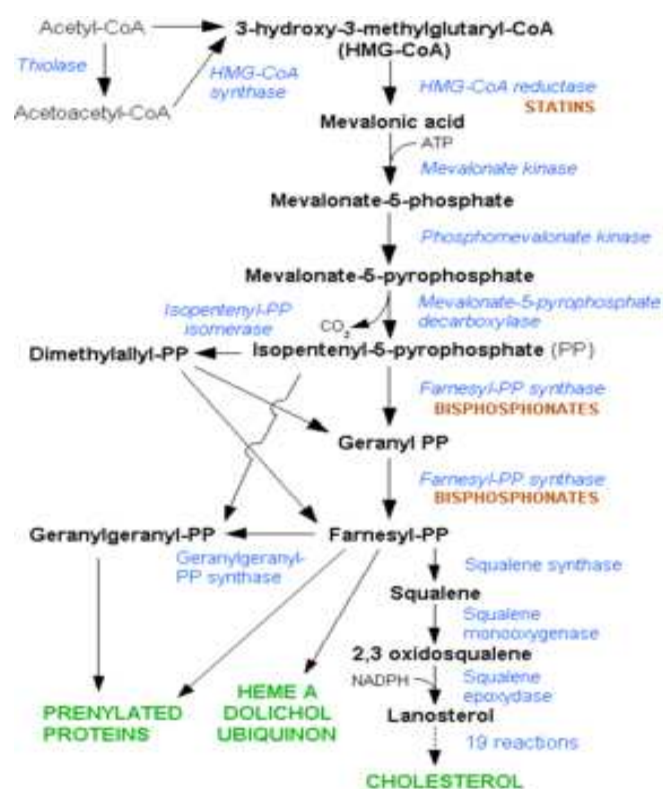
ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างเคมีของคอเลสเตอรอล

ที่มา : Stephen T. Abedon (1997)

2.1 สมบัติทั่วไปของคอเลสเตอรอล

- ชื่อ IUPAC (IUPAC name) คือ (10R,13R)-10,13-dimethyl-17-(6-methylheptan-2-yl)-2,3,4,7,8,9,11,12,14,15,16,17-dodecahydro-1H-cyclopenta[a]phenanthren-3-ol
- สูตรโครงสร้าง (Molecular formula) คือ $C_{27}H_{46}O$
- น้ำหนักโมเลกุล (Molar mass) คือ 386.654
- ลักษณะ คือ เป็นผลึกผงสีขาว (white crystalline powder)
- จุดหลอมเหลว (Melting point) คือ 148-150 °C
- จุดเดือด (Boiling point) คือ 360 °C
- การละลายในน้ำ (Solubility in water) คือ 0.095 mg/l (30 °C)

2.2 การสังเคราะห์และการนำเข้าสู่ร่างกาย



ภาพที่ 2 กระบวนการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลใน HMG-CoA reductase pathway

ที่มา : วิถีพีเคีย, สารานุกรมเสรี (2008)

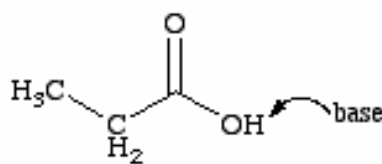
คอเลสเตอรอลมีสารตั้งต้นการสังเคราะห์มาจากอะซิติล โคเอ (acetyl CoA) โดยผ่าน เอชเอ็มจี-โคเอ รีดักเทส พาธเวย์ (HMG-CoA reductase pathway) การผลิตคอเลสเตอรอลทั้งหมดในร่างกายประมาณ 20-25 % (ซึ่งผลิตได้วันละ 1 g) เกิดขึ้นใน ตับ ส่วนอื่นของร่างกายที่ผลิตมากรองลงไปได้แก่

- ลำไส้เล็ก (intestines)
- ต่อมอะดรีนัล (adrenal gland)
- อวัยวะสืบพันธุ์ (reproductive organ)

ในผู้ใหญ่ที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 150 ปอนด์ (68 kg) จะมีคอเลสเตอรอลในร่างกายทั้งหมดประมาณ 35 g เกิดจากร่างกายผลิตขึ้นประมาณ 1 g ได้จากอาหารที่กินเข้าไปประมาณ 200-300 mg

3. กรดโพรพิโอนิก (Propionic acid)

กรดอินทรีย์ชนิดหนึ่ง สูตรเคมีคือ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ เป็นของเหลวไม่มีสี กลิ่นแฉะเหม็นหรือกลิ่นโชติเค็มของกรดนี้ใช้เป็นสารกันบูด



ภาพที่ 3 สูตรโครงสร้างเคมีของกรดโพรพิโอนิก (Propionic acid)

ที่มา : The Chemical Thesaurus (n.d.)

3.1 ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

- ความคงตัวทางเคมี : สารนี้มีความเสถียร
- สารที่เข้ากันไม่ได้ : เบสเข้มข้น เอมีน สารประกอบฮาโลเจนเข้มข้น สารออกซิไดส์อย่างแรง โลหะ สารรีดิวซ์อย่างแรง ฮาโลเจน
- สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง : ความร้อน เปลวไฟ และแหล่งจุดติดไฟ
- สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว : คาร์บอนไดออกไซด์ และ คาร์บอนมอนอกไซด์
- อันตรายจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ : จะไม่เกิดขึ้น

3.2 อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect) มีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อันตรายต่อสุขภาพอนามัยเมื่อสัมผัสกับกรดโพรพิโอนิก (Propionic acid)

สัมผัสทางหายใจ	การหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อจมูก และลำคอ ก่อให้เกิดอาการไอ และหายใจติดขัด
สัมผัสทางผิวหนัง	การสัมผัสถูกผิวหนังจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง เกิดแผลไหม้ สารนี้สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายผ่านทางผิวหนังได้
กินหรือกลืนเข้าไป	การกลืนหรือกินเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบย่อยอาหารและทางเดินอาหาร ก่อให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน เกิดแผลแสบไหม้บริเวณปาก และลำคอ
สัมผัสถูกตา	การสัมผัสถูกตาจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อตา และทำให้เกิดแผลไหม้ได้
การก่อมะเร็ง ความผิดปกติอื่น ๆ	<ul style="list-style-type: none"> ● มีผลทำลายตา ผิวหนัง และเยื่อเมือก ● อวัยวะเป้าหมาย : ตา ผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจ

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (มปป.)

4. นมรสจืด

นมเป็นอาหารเพียงอย่างเดียวของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเมื่อยังเป็นตัวอ่อน เพราะมีปริมาณสารอาหารครบถ้วนพอเหมาะ และย่อยง่าย

น้ำนมเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ นมสด 1 ถ้วยตวงมีโปรตีน 8 g ไขมันในนมที่เรียกว่ามันเนยเป็นแหล่งพลังงาน และมีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย ไขมันในนมเป็นหยดเล็ก ๆ ที่ย่อยง่าย นมที่มีไขมันสูงขายได้ดีมากกว่านมที่มีไขมันต่ำ ตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุขระบุว่า น้ำนมสดต้องมีมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 3.25

และนมมีคอเลสเตอรอลประมาณ 0.14 mg/ml (นิรนาม, 2005)

5. เนย ชนิดเค็ม

เนย (Butter) ได้จากการแยกไขมัน หรือมันเนยออกจากนม อาจเป็นนมวัว นมแพะ หรือนมแกะ แต่ส่วนใหญ่ใช้นมวัว โดยที่เนยที่ขายในท้องตลาดมี 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เนยจืด (unsalt butter) เป็นเนยที่ไม่ใส่เกลือ กับเนยเค็ม (salt butter) เป็นเนยที่ใส่เกลือ

และเนยมีคอเลสเตอรอลประมาณ 2.19 mg. ต่อเนย 1 g (นิรนาม, 2005)

6. ไข่

ไข่จัดอยู่ในอาหารประเภทโปรตีนประเภทสูง ไข่ 1 ฟองให้โปรตีนประมาณ 7 g โปรตีนในไข่เป็นโปรตีนที่สมบูรณ์ มีกรดอะมิโนครบทุกชนิดตามที่ร่างกายต้องการในปริมาณสูง ร่างกายสามารถนำโปรตีนจากไข่ไปใช้ได้ทั้งหมด นอกจากไข่จะมีโปรตีนแล้ว ยังมีเกลือแร่ต่าง ๆ ที่สำคัญมากมาย เช่น เหล็ก วิตามินดี และบีสอง

อีกทั้งไข่ยังมีคอเลสเตอรอลประมาณ 350 mg ต่อฟอง โดยที่ไข่ 1 ฟอง มีปริมาตรประมาณ 700 ml ดังนั้น ไข่จะมีคอเลสเตอรอลประมาณ 0.5 mg/ml (ลลิตา, 2551)

แต่เนื่องจากคนเราไม่ควรกินคอเลสเตอรอลเกินวันละ 300 mg ทุกวันนี้จึงมีเทคนิควิธีการเลี้ยงไก่ให้ออกไข่ไม่มีระดับคอเลสเตอรอลต่ำกว่าไข่ไก่ปกติ ทุกวันนี้มีวิธีการเลี้ยงไก่พิเศษ ให้ไข่แดงระดับคอเลสเตอรอลจากฟองละ 350 mg ลงมาเหลือฟองละ 250-275 mg เท่านั้น

7. น้ำมันหมู

น้ำมันหมูเป็นไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acid) จะมีอะตอมของคาร์บอนที่ต่อกันเป็นลูกโซ่ด้วยพันธะเดี่ยวเท่านั้น โดยที่แกนของคาร์บอนแต่ละตัวจะจับอะตอมของไฮโดรเจนเต็มไปหมด ไม่มีแขนว่างอยู่เลย กรดไขมันชนิดนี้จะมีสถานะอันเหนียวเหนียวในกระบวนการเคมีของร่างกาย ถ้าไม่ถูกย่อยไปใช้เป็นพลังงานก็มีแนวโน้มที่จะตกตะกอนในหลอดเลือด ทำให้ไขมันในเลือดสูง เกิดความเสี่ยงที่จะอุดตันในหลอดเลือดได้ เป็นต้นเหตุของโรคความดันโลหิตสูง หัวใจ และสมองขาดเลือด เป็นอัมพฤกษ์ อัมพาต ฯลฯ

น้ำมันหมูมีคอเลสเตอรอลประมาณ 0.95 mg ต่อน้ำมันหมู 1 g (นิรนาม, 2005)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์และเครื่องแก้ว

1. Test tube (หลอดทดลอง)
2. Beaker (บีกเกอร์)
3. Stirring rod (แท่งแก้วคน)
4. Spatula (ช้อนตักสาร)
5. Cylinder (กระบอกตวง)
6. Pipett (ปิเปต)
7. ลูกยางดูด

2. สารเคมี

1. Ferric chloride hexahydrate (เฟอริกคลอไรด์ เฮกซะไฮเดรท)
2. Propionic acid (กรดโพรพิโอนิก)
3. Sulphuric acid (กรดซัลฟิวริก)
4. Cholesterol (คอเลสเตอรอล)
5. Isopropanol (ไอโซโพรพานอล)
6. อาหารที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ นม เนย ไข่ และน้ำมันหมู

3. เครื่องมือ

1. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
2. Centrifuge (เครื่องปั่นเหวี่ยง)
3. Water bath หรือ ชุดตะเกียงบุชเชน
4. ภาชนะใส่น้ำเย็น

วิธีการ

1. เตรียมสารละลาย

1.1 การเตรียมสารละลายที่ใช้ตกตะกอนโปรตีน (สาร A)

นำ Ferric chloride hexahydrate 0.15 g ละลายใน Propionic acid ปริมาตร 100 ml สารละลายนี้สามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและไม่ควรให้ถูกแสง

1.2 การเตรียมน้ำยาที่ทำให้เกิดสี (สาร B)

นำ Sulphuric acid ที่เย็นจัด ปริมาตร 100 ml เติมลงไป Propionic acid ที่เย็นจัด ปริมาตร 150 ml อย่างช้า ๆ ซึ่งมีข้อควรระวังในการเติม Sulphuric acid ณ อุณหภูมิผสมไม่ควรมีอุณหภูมิที่สูงมากกว่า 5 องศาเซลเซียส สารผสมนี้สามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและไม่ควรให้ถูกแสง

ซึ่งสารละลายทั้ง 2 ชนิดนี้ เตรียมเพียงครั้งเดียวก็สามารถใช้ได้ตลอดการทดลอง แต่ควรจะเก็บโดยไม่ให้ถูกแสง

2. การทดสอบคอเลสเทอรอล

2.1 นำสารแต่ละชนิดใส่ในหลอดทดลองแต่ละหลอดในปริมาณเท่า ๆ กัน

2.1.1 หลอดทดลองหลอดที่ 1 (Blank) ใส่ Isopropanol ในปริมาณ 0.1 ml

2.1.2 หลอดทดลองหลอดที่ 2 (Standard) ใส่สารละลายคอเลสเทอรอล ซึ่งเตรียมโดยเติมคอเลสเทอรอล 0.2 g ใน Isopropanol ปริมาตร 100 ml แล้วนำไปใส่หลอดทดลองเพียง 0.1 ml

2.1.3 หลอดทดลองหลอดที่ 3-6 (Test) ใส่อาหารที่ต้องการทดสอบ ได้แก่ นม เนย ไข่ และน้ำมันหมู ชนิดละ 0.1 ml

2.2 เติมสารละลายที่ใช้ในการตกตะกอนโปรตีน (สาร A) ปริมาตร 3.0 ml ลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด จากนั้นผสมสารละลายให้เข้ากัน

2.3 นำหลอดทดลองแต่ละหลอดไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ด้วยความเร็วรอบประมาณ 8,000 rpm เพื่อตกตะกอนโปรตีน

2.4 นำส่วนใส (Supernatant) ที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงของแต่ละหลอดมา 1.0 ml มาใส่ในหลอดทดลองเปล่าที่แห้งสนิทอีก 6 หลอด

2.5 เติมสารทำให้เกิดสี (สาร B) 5.0 ml ผสมสารละลายให้เข้ากัน และนำไปแช่ใน Water bath เป็นเวลา 1 นาที แล้วไปแช่ในภาชนะที่ใส่น้ำเย็นอีกเป็นเวลา 1 นาทีเช่นกัน หลังจากนั้นก็ผสมให้เข้ากันอีกครั้ง

2.6 หาค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของสารละลายในหลอด Test และ Standard ซึ่งปรับความยาวคลื่นไปที่ 560 nm โดยใช้ Blank เป็นสารอ้างอิง (Reference)

2.7 สังเกตและจดบันทึก

3. เปรียบเทียบคอเลสเตอรอล โดยวิธีการคำนวณ

โดยเปรียบเทียบกับสารละลายคอเลสเตอรอล ที่เตรียมจากคอเลสเตอรอล 0.2 g (200 mg) และไอโซโพรพานอล 100 ml จะมีคอเลสเตอรอลอยู่ 2 mg/ml ซึ่งการคำนวณจะนำสารที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ นม เนย ไข่ และน้ำมันหมู มาหารระดับคอเลสเตอรอลในอาหาร โดยควรจะทำให้มีหน่วยเดียวกับสารละลายคอเลสเตอรอล คือ mg/ml จึงจะสามารถเปรียบเทียบระดับคอเลสเตอรอลได้ เช่น

ในไข่มีคอเลสเตอรอลประมาณ 350 mg ต่อฟอง โดยที่ไข่ 1 ฟอง มีปริมาตรประมาณ 700 ml ดังนั้น ไข่จะมีคอเลสเตอรอลประมาณ 0.5 mg/ml เมื่อเปรียบเทียบกับระดับคอเลสเตอรอลในสารละลายคอเลสเตอรอลที่มีอยู่ 2 mg/ml จะได้ว่า สารละลายคอเลสเตอรอลมีระดับคอเลสเตอรอลมากกว่าไข่อยู่ 4 เท่า

สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

สถานที่

ห้องปฏิบัติการชีวเคมี สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

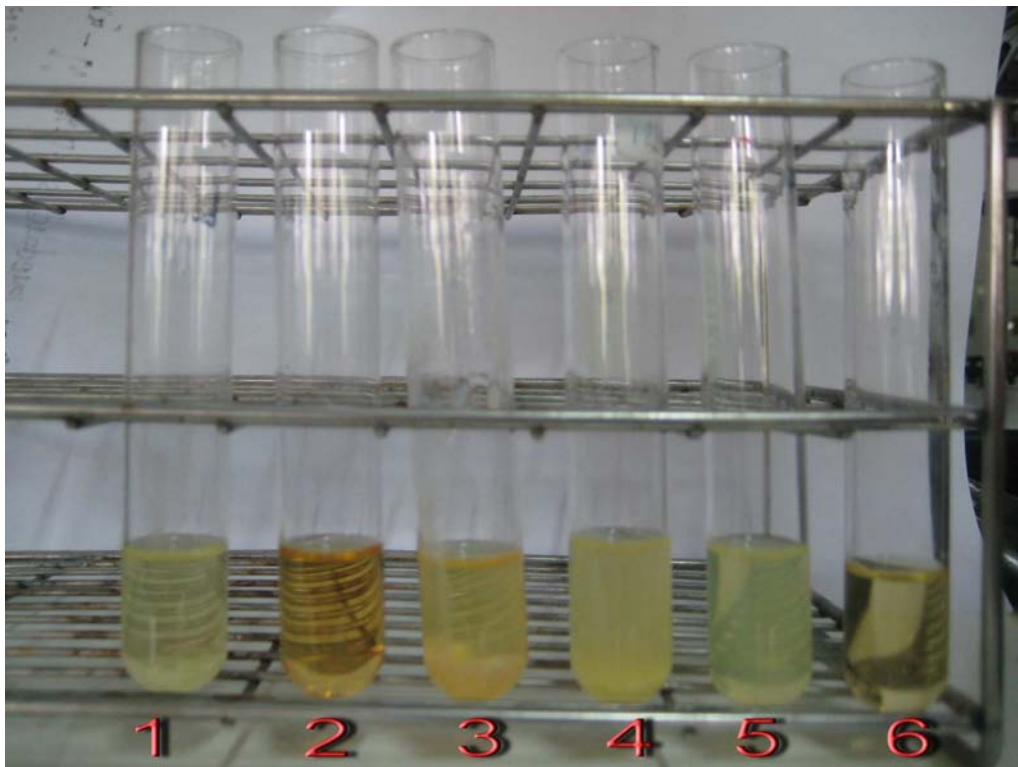
ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองนี้เริ่มตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน 2550 – เดือนมีนาคม 2551

ผลและวิจารณ์

ผล

จากการทดลอง เมื่อทำการเติมสารละลายที่ใช้ตกตะกอนโปรตีน (สาร A) ซึ่งมีสีเหลืองลงในหลอดทดลองที่ใส่สารทั้ง 6 หลอด ได้แก่ สารละลายคอเลสเตอรอล ไอโซโพรพานอล นม เนย ไข่ และน้ำมันหมู ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายแต่ละหลอดขึ้น โดยบางหลอดเกิดตะกอนขึ้นเล็กน้อย หรือสารละลายขุ่น ก่อนนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ซึ่งในหลอดที่ 3 คือ สารละลายไข่ จะเห็นเป็นตะกอนอยู่ที่ก้นหลอดทดลองอย่างชัดเจน และในหลอดที่ 4 คือ สารละลายนม จะเห็นเพียงสารละลายขุ่น ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายหลอดที่ 1-6 คือ สารละลายเนย น้ำมันหมู ไข่ นม ไอโซโพรพานอล และคอเลสเตอรอล ตามลำดับ หลังจากเติมสารละลายที่ใช้ตกตะกอนโปรตีน (สาร A)

หลังจากการปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge แล้วนำส่วนใส (Supernatant) มาอย่างละ 1.0 ml ทำให้ได้สารละลายที่ใส แต่สีและความใสก็มีความแตกต่างกันไป โดยหลอดที่มีความขุ่นเป็น หลอดที่ 3 และ 4 คือ สารละลายไข่และนม ตามลำดับ ดังภาพที่ 5



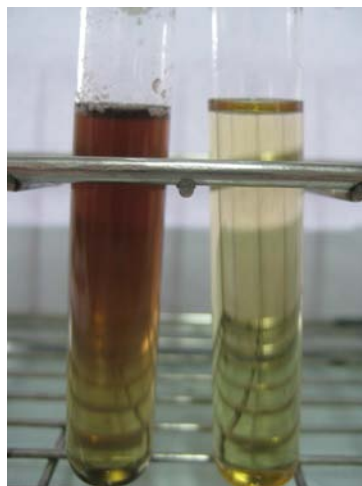
ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายหลอดที่ 1-6 คือ สารละลายเนย น้ำมันหมู ไข่ นม ไอโซโพรพานอล และคอเลสเตอรอล ตามลำดับ หลังจากการนำส่วนใส (Supernatant) มาอย่างละ 1.0 ml

เมื่อเติมสารทำให้เกิดสี (สาร B) แล้วนำไปต้ม จากนั้นก็แช่ในภาชนะใส่น้ำเย็น อย่างละ 1 นาที ทำให้สารละลายในแต่ละหลอดเกิดสีม่วงน้ำตาลที่มีความเข้ม-อ่อนของสีต่างกัน ดังภาพที่ 6 และ 7

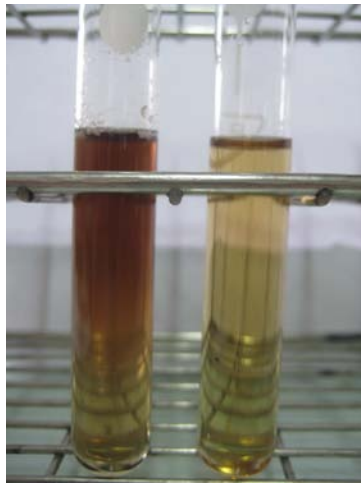


ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายทั้ง 6 หลอด ในขณะที่ต้ม

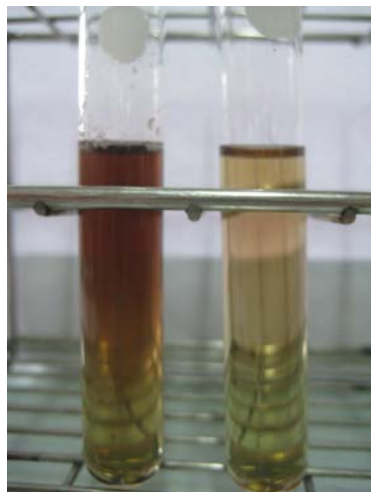
เมื่อเปรียบเทียบความเข้มของสีม่วงน้ำตาลในแต่ละหลอดกับคอเลสเตอรอล ซึ่งเป็นตัวควบคุม (control) จะทำให้เกิดการเปรียบเทียบได้ชัดเจนมากขึ้น ดังภาพที่ 7-11



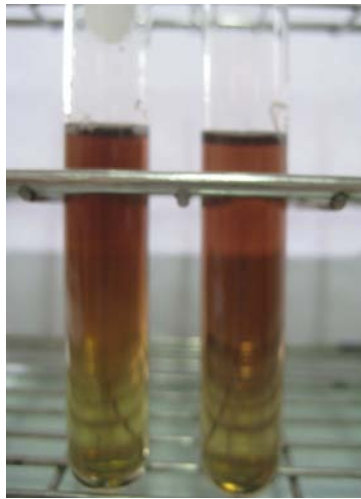
ภาพที่ 7 เปรียบเทียบสีระหว่างสารละลายคอเลสเตอรอลกับไอโซโพรพานอล



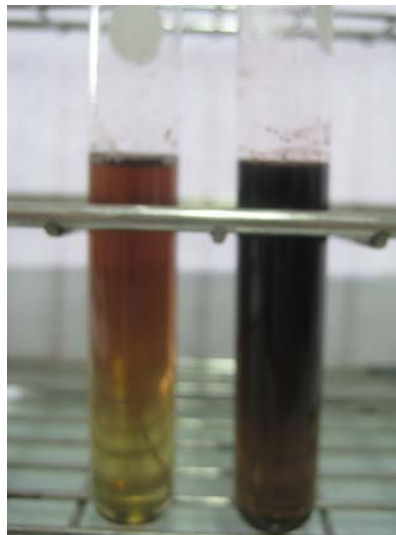
ภาพที่ 8 เปรียบเทียบสีระหว่างสารละลายคอเลสเตอรอลกับไข่



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบสีระหว่างสารละลายคอเลสเตอรอลกับนม



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบสีระหว่างสารละลายคอเลสเตอรอลกับเนย



ภาพที่ 11 เปรียบเทียบสีระหว่างสารละลายคอเลสเตอรอลกับน้ำมันหมู

และเมื่อทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) โดยใช้สารละลายไอโซโพรพานอลที่ได้จากการทดลองเป็นสารอ้างอิง (Reference) ที่ความยาวคลื่น 560 nm ได้ผลตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่วัดได้จากสารแต่ละชนิด

สาร	ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance)
คอเลสเตอรอล	0.38
นม	0.01
เนย	0.42
ไข่	0.05
น้ำมันหมู	2.00

จากการเปรียบเทียบระดับคอเลสเตอรอลระหว่างสารแต่ละชนิดกับสารละลายคอเลสเตอรอลที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งมีระดับคอเลสเตอรอลที่ 2 mg/ml ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบระดับคอเลสเตอรอลระหว่างสารแต่ละชนิดกับสารละลายคอเลสเตอรอล

สาร	ระดับคอเลสเตอรอลของสาร (mg/ml)	ความแตกต่างของระดับคอเลสเตอรอล
ไข่	0.50	< สารละลายคอเลสเตอรอล 4 เท่า
นม	0.14	< สารละลายคอเลสเตอรอล 14 เท่า
เนย	2.19	> สารละลายคอเลสเตอรอล 1 เท่า
น้ำมันหมู	0.95	< สารละลายคอเลสเตอรอล 2 เท่า

หมายเหตุ : จากข้อมูลของ (นิรนาม, 2005) เนยและน้ำมันหมูจะมีระดับคอเลสเตอรอลในอาหารเป็น 2.19 และ 0.95 mg/g ตามลำดับ ดังนั้น เพื่อความสะดวกในการคำนวณ จึงเปลี่ยน mg/g เป็น mg/ml

วิจารณ์

จากการทดลองเพื่อพัฒนาและปรับปรุงบทปฏิบัติการชีวเคมี I เรื่องลิพิด โดยการให้คอเลสเตอรอลและสารที่ใช้ทดสอบทำปฏิกิริยากับน้ำยาทำให้เกิดสี (สาร B) ซึ่งสารที่ใช้ทดสอบมีทั้งหมด 6 หลอด ได้แก่ คอเลสเตอรอล ไอโซโพรพานอล นม เนย ไข่ และน้ำมันหมู พบว่าเมื่อสังเกตความเข้ม-อ่อนของสีม่วงน้ำตาล ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ 560 nm และคำนวณหาระดับคอเลสเตอรอล จะได้ว่า น้ำมันหมูมีระดับคอเลสเตอรอลที่มากที่สุด หากสังเกตเพียงความเข้มสีของสารละลาย และทำการวัดค่าดูดกลืนแสง แต่หากคำนวณหาระดับคอเลสเตอรอล โดยเปรียบเทียบกับสารละลายคอเลสเตอรอลพบว่า เนยจะมีระดับคอเลสเตอรอลมากที่สุดและมากกว่าน้ำมันหมู และจากข้อมูลของ (นิรนาม, 2005) ก็เป็นไปในทิศทางเดียวกันนี้ ซึ่งมีความขัดแย้งกับการทดลอง ดังนั้น หากต้องการความถูกต้องและแม่นยำมากกว่านี้ ควรจะทำการทดสอบคอเลสเตอรอลโดยวิธีของการใช้เอนไซม์เข้ามาทำการวิเคราะห์ แต่เนื่องด้วยการใช้เอนไซม์มีข้อจำกัดอีกหลายประการ ทั้งเรื่องของค่าใช้จ่าย และความยุ่งยากซับซ้อน จึงน่าจะมีการศึกษาถึงรายละเอียดให้มากกว่านี้

เมื่อนำข้อดี-ข้อเสียของการทดลองนี้มาเปรียบเทียบกับทดลองที่ใช้ในห้องปฏิบัติการปัจจุบัน จะเห็นว่าทดลองนี้สามารถให้ผลอย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพดียิ่ง โดยสามารถเปรียบเทียบระหว่างการทดลองนี้กับการทดลองที่ใช้ในห้องปฏิบัติการปัจจุบัน ในเรื่องของสารเคมี ระยะเวลาการทดลอง ความถูกต้องและแม่นยำเมื่อมีการทดลองซ้ำ และการทดสอบเชิงคุณภาพและปริมาณ ได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียระหว่างการทดลองนี้กับการทดลองที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ
ปัจจุบัน

เปรียบเทียบ	การทดลองนี้	การทดลองที่ใช้ในบทปฏิบัติการชีวเคมี I
สารเคมี	สารเคมีที่ใช้ คือ กรดโพรพิอิก ซึ่งไม่มีข้อจำกัดในหาซื้อ และมีราคาไม่แพง	สารเคมีที่ใช้ คือ กรดแอสติกแอนไฮไดรด์ ซึ่งมีข้อจำกัดในการหาซื้อ
ระยะเวลาการทดลอง	ใช้เวลาในการทดลองน้อย (ประมาณ 1 ชั่วโมง)	ใช้เวลาการทดลองมากกว่า (ประมาณ 3 ชั่วโมง)
เมื่อทดลองซ้ำ	เมื่อทดลองซ้ำที่ได้ออกมามีความถูกต้องและแม่นยำ	เมื่อทดลองซ้ำผลที่ได้ออกมาไม่มีความถูกต้องและแม่นยำหรือมีน้อย
ทดสอบเชิงคุณภาพและปริมาณ	สามารถทดสอบเชิงคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถทดสอบเชิงปริมาณได้	สามารถทดสอบเชิงคุณภาพได้ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร และไม่สามารถทดสอบเชิงปริมาณได้

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าการทดลองนี้มีข้อดีมากมายสำหรับการที่จะใช้ทดลองในบทปฏิบัติการชีวเคมี I เรื่องลิพิด ทั้งในเรื่องของสารเคมี ระยะเวลาในการทดลอง ความถูกต้องและแม่นยำ และการทดสอบเชิงคุณภาพและปริมาณ ซึ่งจะทำให้เป็นประโยชน์ต่อนิสิตที่เรียนวิชาปฏิบัติการชีวเคมี I เป็นอย่างยิ่ง

แต่อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ก็ยังมีข้อเสียอยู่ โดยเฉพาะในเรื่องของสารเคมีที่เป็นอันตรายมาก คือ กรดโพรพิโอนิก (Propionic acid) ดังนั้น อาจารย์ผู้สอนต้องเน้นย้ำให้นิสิตเพิ่มความระมัดระวังในการทดลองให้มาก

สรุป

จากการทดลองเพื่อพัฒนาและปรับปรุงบทปฏิบัติการชีวเคมี I เรื่องลิพิด โดยการให้ คอเลสเตอรอลและสารที่ใช้ทดสอบทำปฏิกิริยากับน้ำยาทำให้เกิดสี ซึ่งประกอบด้วยกรดซัลฟูริก และกรดโพธิโอนิกในอัตราส่วน 1:1.5 เกิดสารประกอบสีม่วงน้ำตาล ซึ่งความเข้ม-อ่อนของสีจะ ขึ้นอยู่กับระดับของโคเลสเตอรอลในสารนั้น โดยสารที่ใช้ทดสอบมีทั้งหมด 6 หลอด ได้แก่ คอเลสเตอรอล ไอโซโพรพานอล นม เนย ไข่ และน้ำมันหมู และผลจากการศึกษา คือ น้ำมัน หมูมีความเข้มของสีม่วงน้ำตาลมากที่สุด เมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 nm ทำให้น้ำมันหมูมีค่าการดูดกลืนแสงมากที่สุดด้วย

จากการหาระดับคอเลสเตอรอลในสารที่ใช้ทดสอบแต่ละชนิด ได้แก่ นม เนย ไข่ และ น้ำมันหมู โดยการเปรียบเทียบกับสารละลายคอเลสเตอรอลที่เตรียมจากคอเลสเตอรอล 0.2 g (200 mg) และไอโซโพรพานอล 100 ml ซึ่งมีคอเลสเตอรอลอยู่ 2 mg/ml จะได้ว่า นม ไข่ และ น้ำมันหมูมีระดับคอเลสเตอรอลน้อยกว่าระดับคอเลสเตอรอลในสารละลายคอเลสเตอรอล 14, 4 และ 2 เท่า ตามลำดับ ส่วนเนยมีระดับคอเลสเตอรอลมากกว่าระดับคอเลสเตอรอลในสารละลาย คอเลสเตอรอลอยู่ 1 เท่า

จากการเปรียบเทียบการทดลองนี้กับการทดลองที่ใช้ในห้องปฏิบัติการปัจจุบัน จะได้ว่า การทดลองมีข้อดีมากกว่าการทดลองที่ใช้ในห้องปฏิบัติการปัจจุบัน โดยในเรื่องแรก คือ สารเคมี พบว่าการทดลองนี้สารเคมีที่ใช้ คือ กรดโพธิโอนิก ซึ่งไม่มีข้อจำกัดในหาซื้อ และมีราคาไม่ แพง ส่วนการทดลองที่ใช้ในห้องปฏิบัติการปัจจุบัน สารเคมีที่ใช้ คือ กรดแอสซิติคแอนไฮไดรด์ ซึ่งมีข้อจำกัดในการหาซื้อ เรื่องที่สอง คือ ระยะเวลาในการทดลอง พบว่าการทดลองนี้ใช้ ระยะเวลาในการทดลองน้อยกว่าการทดลองที่ใช้ในห้องปฏิบัติการปัจจุบัน เรื่องที่สาม คือ ความ ถูกต้องและแม่นยำเมื่อมีการทดลองซ้ำ พบว่าการทดลองนี้ให้ความถูกต้องและแม่นยำมากกว่าการ ทดลองที่ใช้ในห้องปฏิบัติการปัจจุบัน และเรื่องสุดท้าย คือ การทดสอบเชิงคุณภาพและปริมาณ พบว่า การทดลองนี้สามารถทดสอบเชิงคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถทดสอบ เชิงปริมาณได้ ส่วนการทดลองที่ใช้ในห้องปฏิบัติการปัจจุบัน สามารถทดสอบเชิงคุณภาพได้ไม่มี ประสิทธิภาพเท่าที่ควร และไม่สามารถทดสอบเชิงปริมาณได้

เอกสารอ้างอิง

ชัยวัฒน์ วามวรรรัตน์. 2548. **คู่มือปฏิบัติการชีวเคมี 1**. สาขาวิชาชีวเคมี. สายวิทยาศาสตร์. คณะศิลป
ศาสตร์และวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

นรินาม. 2545. **ไข่**. แหล่งที่มา : [http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/
st2545/4-5/no12/eggpic.html](http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/st2545/4-5/no12/eggpic.html). 26 ธันวาคม 2550

Stephen T. Abedon. 1997. **Cholesterol**. แหล่งที่มา : [http://mansfield.osu.edu/~sabedon/
biol1030.htm](http://mansfield.osu.edu/~sabedon/biol1030.htm). March 11, 2008

วิกิพีเดีย, สารานุกรมเสรี. 2008. **คอเลสเตอรอล**. แหล่งที่มา : <http://th.wikipedia.org/wiki/>. 12
มีนาคม 2551

Wikipedia, the free encyclopedia. 2008. **Cholesterol**. แหล่งที่มา : [http://en.wikipedia.org/wiki/
Cholesterol](http://en.wikipedia.org/wiki/Cholesterol). March 12, 2008

The Chemical Thesaurus. n.d. **CH₃CH₂COOH**. แหล่งที่มา : [http://www.chemthes.com/
entity_datapage.php?id=550](http://www.chemthes.com/entity_datapage.php?id=550). March 10, 2008

พญ.ลลิตา ชีระศิริ. 2551. **ไข่**. แหล่งที่มา : [http://www.balavi.com/content_th/nanasara/
Con00242.asp](http://www.balavi.com/content_th/nanasara/Con00242.asp). 26 ธันวาคม 2550

นรินาม. 2545. **นม**. แหล่งที่มา : [http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/st2545/4-
5/no12/milk.html](http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/st2545/4-5/no12/milk.html). 5 มกราคม 2551

นรินาม. 2004. **คอเลสเตอรอล**. แหล่งที่มา : [http://www.bbznnet.com/scripts2/view.php?user=
healthy&board=3&id=19&c=1&order=numtopic](http://www.bbznnet.com/scripts2/view.php?user=healthy&board=3&id=19&c=1&order=numtopic). 5 มกราคม 2551

นรินาม, 2007. คอเลสเตอรอลในอาหาร. แหล่งที่มา : <http://abctha.spaces.live.com/blog/cns!2090823E70C9EFDA!241.entry>. 12 มีนาคม 2551

นรินาม, มปป. คอเลสเตอรอลในอาหาร. แหล่งที่มา : <http://203.172.163.147/stu/23205/noom2.html>. 12 มีนาคม 2551

นรินาม, 2006. เนย. แหล่งที่มา : http://www.geocities.com/momzone2002/tipsto_09.html. 12 มีนาคม 2551

แพทย์หญิงสายพิณ โชติวิเชียร. น้ำมันหมู. แหล่งที่มา : <http://www.nutrition.anamai.moph.go.th/fat-acid.doc>. 11 มีนาคม 2551

นรินาม, 2005. ปริมาณคอเลสเตอรอล. แหล่งที่มา : <http://www.pooyingnaka.com/story/story.php?Category=health&No=518>. 12 มีนาคม 2551

Das, Manik L. (Ballwin, MO). 1980. **Colorimetric cholesterol assay**. แหล่งที่มา : <http://www.freepatentsonline.com/4211531.html>. November 30, 2007

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2005. กรดโพรพิโอนิก. แหล่งที่มา : <http://escivocab.ipst.ac.th/readdoc.asp?no=1074>. 30 พฤศจิกายน 2550

กรมควบคุมมลพิษ. มปป. **Propionic acid**. แหล่งที่มา : <http://msds.pcd.go.th/searchName.asp?vID=742>. 16 มกราคม 2551

ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 เครื่อง Centrifuge (Hettich zentrifugen D-78532 Tufflingen Type 2000 230 V)



ภาพผนวกที่ 2 เครื่อง Spectrophotometer (MILTON ROY รุ่น Spectronic 20)

ประวัติการศึกษา

1. นางสาวสุกมา อมรประไพพิศ
2. ประวัติการศึกษา
 - 2.1 ระดับประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนารีวิทยา อ.เมือง จ.ราชบุรี
 - 2.2 ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนนารีวิทยา อ.เมือง จ.ราชบุรี
 - 2.3 ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนารีวิทยา อ.เมือง จ.ราชบุรี
3. ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ
 - 3.1 ผลการเรียนดีเด่นในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2544
 - 3.2 ผลการเรียนดีเด่นในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2545
 - 3.3 ผลการเรียนดีเด่นในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2546