ความจำเพาะต่อชนิดกรดไขมันของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอเพื่อประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ

กิตติพศ ดอกบัว* , ณัฐฐา อินทร์ไย , พรทิพพา พิญญาพงษ์ และ พงศ์เทพ จันทร์สันเทียะ
สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จ.อุตรดิตถ์ 53000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความจำเพาะต่อชนิดของกรดไขมันในน้ำมันของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอเพื่อใช้ในการบำบัดตัวอย่างน้ำเสีย การเก็บตัวอย่างยางมะละกอโดยการใช้มีดปลายแหลมกรีดที่ผิวของผลมะละกอที่ยังดิบใส่กระปุกพลาสติกและเก็บไว้ในตู้เย็น การสกัดเอนไซม์โดยการนำยางมะละกอไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกเอนไซม์ที่มีลักษณะอนุภาคไม่ละลายน้ำ การหาค่ากิจกรรมของเอนไซม์โดยการนำเอนไซม์ที่สกัดได้มาผสมกับสารละลายบัฟเฟอร์ แคลเซียมคลอไรด์ และตัวอย่างน้ำมัน ในงานนี้ใช้ตัวอย่างน้ำมัน 6 ชนิดได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันคามิเลีย น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันหมู น้ำมันที่ใช้แล้ว และน้ำมันมะพร้าว จากผลการทดสอบพบว่าน้ำมันคามิเลียมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์สูงที่สุด คือ 5.73 ยูนิตต่อกรัม จากการศึกษาผลของปริมาณน้ำมันในน้ำเสียสังเคราะห์ (0.8-2.4 มิลลิลิตร) ต่อค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอพบว่า ปริมาณน้ำมัน 2.0 มิลลิลิตร มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์สูงที่สุดที่ 7.77 ยูนิตต่อกรัม

***ผู้เขียนหลัก:** Home23922@gmail.com

คำสำคัญ: ยางมะละกอ, เอนไซม์ไลเปส, ความจำเพาะต่อชนิดกรดไขมัน, การบำบัดน้ำเสีย

SCIENCE AND TECHNOLOGY
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

The Specificity on fatty acid of papaya latex lipase for application in the treatment of fat-containing wastewater

Kittipos Dokbua* , Nattha Inyai , Porntippa Pinyaphong and Pongthep Jansanthea
Program in Chemistry, Faculty of Science and Technology, UttaraditRajabhat University,
Uttaradit, Thailand 53000

Abstract

This research aimed to study the specificity of papaya latex lipase for fatty acids in oil and its application in oily wastewater treatment. Sampling the papaya latex by using a sharp knife to cut the surface of the raw papaya, store it in a plastic bottle and keep it within the refrigerate. Enzyme were extracted by centrifuging papaya latex to separate the enzymes with insoluble particulate properties. Enzyme activity was determined by mixing the extracted enzyme with buffer solution, calcium chloride, and oil samples. Six oil samples were used in this study, including palm oil, camellia oil, soybean oil, lard, gutter oil, and coconut oil. The results showed that camellia oil had the highest enzyme activity, which was 5.73 units/g. A study on the effect of oil content (0.8-2.4 ml) in synthetic wastewater on the activity of papaya latex lipase showed that 2.0 ml of oil had the highest enzyme activity of 7.77 units/g.

***Corresponding Author**: Home23922@gmail.com

Keywords: Papaya latex, Lipase, Specificity of fatty acid, Wastewater treatment.

SCIENCE AND TECHNOLOGY
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

1. บทนำ

มลพิษทางน้ำเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญที่เกิดจากอุตสาหกรรมอาหารซึ่งเป็นแหล่งของแหล่งใหญ่ เนื่องจากไขมันและน้ำมันที่เหลือจากกระบวนการผลิตอาหาร มีการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติส่งผลทำให้น้ำเน่าเสียและเกิดปัญหาต่าง ๆ เช่น ไขมันและน้ำมันอุดตันอยู่ในท่อเนื่องจากขาดการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมที่ดี อีกทั้งไขมันและน้ำมันเคลือบที่ผิวหน้าน้ำทำให้แสงส่องลงไปใต้น้ำไม่ได้ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำในการถ่ายเทออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำส่งผลทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง[1] โดยไขมันและน้ำมันเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทไฮโดรคาร์บอนเกิดจากการรวมตัวกลีเซอรอลกับกรดไขมันได้เป็นไตรกลีเซอไรด์ซึ่งเป็นไขมันชนิดหนึ่งในน้ำเสีย[2] ร้านอาหารในแต่ละวันจะมีการปล่อยน้ำเสียจากกระบวนการประกอบอาหารทำให้มีปริมาณไขมันและน้ำมันสูงซึ่งส่งผลเสียต่อแหล่งน้ำ ในการกำจัดไขมันและน้ำมันในน้ำเสียสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งวิธีทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งวิธีการทางชีวภาพเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันด้วยการใช้เอนไซม์ไลเปส ในการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส บริเวณพันธะเอสเทอร์ของไขมันและน้ำมัน จนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นกลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระ[3]

เอนไซม์ไลเปส (lipase; EC 3.1.1.3) เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายพันธะเอสเทอร์ในโมเลกุลไขมัน เมื่อไขมันถูกย่อยสลายอย่างสมบูรณ์แล้วจะได้ผลิตภัณฑ์เป็น กลีเซอรอล และกรดไขมัน จึงมีชื่อตามระบบว่า ไตรเอซิลกลีเซอรอลไฮโดรเลส (Triacylglycerol Hydrolase) เอนไซม์ไลเปสมีความจำเพาะต่อชนิดกรดไขมันที่แตกต่างกันบางชนิดจำเพาะต่อกรดไขมันสายสั้นบางชนิดจำเพาะต่อกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เช่น กรดไขมันโอเลอิก กรดไขมันไลโนเลอิก กรดไขมันไลโนเลนิก เป็นต้น ด้วยความจำเพาะต่อกรดไขมันสามารถนำมาไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อหากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสได้[4] นอกจากเร่งปฏิกิริยาย่อยสลายพันธะเอสเทอร์ของไขมันแล้วเอนไซม์ไลเปสยังเร่งปฏิกิริยาการสร้างพันธะเอสเทอร์ (Transesterification) ซึ่งเป็นการย้อนกลับของปฏิกิริยานี้ และด้วยคุณสมบัติของเอนไซม์ไลเปสจึงเป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมผงซักฟอก และการแพทย์ เป็นต้น[5] เอนไซม์ไลเปสสามารถพบได้จากสัตว์ จุลินทรีย์ และพืช โดยเอนไซม์ไลเปสจากพืชนั้นมีความจำเพาะต่อสับสเตรทสูง และมีคุณสมบัติเฉพาะ ซึ่งจะไม่พบในเอนไซม์ไลเปสที่ได้จากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม และจุลินทรีย์ ตามการศึกษาของ Polizelli et al. (2008)[6] นักวิทยาศาสตร์เริ่มให้ความสนใจเพื่อนำเอนไซม์ไลเปสจากแหล่งนี้ไปใช้ในระดับอุตสาหกรรม เช่น นำมาประยุกต์ใช้ในอาหารและยา เอนไซม์ ไลเปสสามารถหาได้จากพืชแหล่งต่าง ๆ เช่น มะละกอ และจากการศึกษาพบว่าน้ำยางมะละกอเป็นของเหลวแบบ ทิโซทรอปิก (Thixotropic) ที่มีลักษณะเป็นน้ำนมที่ประกอบด้วยน้ำประมาณร้อยละ 85 และส่วนที่เป็นอนุภาค ไม่ละลายน้ำคิดเป็นร้อยละ 25 โดยค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอจะอยู่ในส่วนที่เป็นอนุภาคไม่ละลายน้ำของน้ำยางมะละกอ[7] ซึ่งจะเห็นได้ว่าน้ำยางมะละกอมีความน่าสนใจอย่างมากในการนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม อย่างมีประสิทธิภาพ

ในงานวิจัยนี้จึงทำการสกัดเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ เพื่อนำไปศึกษาความจำเพาะต่อชนิดกรดไขมันและน้ำมันโดยเปรียบเทียบความจำเพาะต่อชนิดน้ำมัน ผลของปริมาณของน้ำมัน และการประยุกต์ใช้นการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปนเปื้อนน้ำมัน

2. วิธีการดำเนินการ

2.1 การเตรียมเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ

เตรียมเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอเริ่มด้วยเก็บน้ำยางมะละกอในช่วงเช้าโดยใช้มีดปลายแหลมกรีด ผลมะละกอดิบ 2-3 รอย โดยมีภาชนะเป็นถ้วย(พลาสติก) ไว้สำหรับรองรับน้ำยาง จากนั้นนำน้ำยางมะละกอไป หมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เพื่อแยกน้ำยางส่วนที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำออกจากกัน จากนั้นนำส่วนของตะกอนมาล้างด้วยน้ำกลั่น 3 รอบ และตรวจสอบกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในส่วนสารละลายใสและส่วนของตะกอน เก็บส่วนที่เป็นตะกอนไว้ในกระปุกพลาสติกที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้งานต่อไป (ภาพที่ 1) [8]

ภาพที่ 1 การเตรียมเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ

2.2 การตรวจสอบความจำเพาะต่อชนิดกรดไขมันในน้ำมันของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ

ผสมตัวอย่างน้ำมันปาล์ม 0.20 มิลลิลิตร สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.30 มิลลิลิตร และสารละลายบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.15 โมลาร์ พีเอช 7 ปริมาตร 4 มิลลิลิตร เข้าด้วยกัน และเติมเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ 0.5 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยากับตัวอย่างน้ำมัน จากนั้นหยุดปฏิกิริยาด้วยสารละลายเอทานอลปริมาตร 5 มิลลิลิตร ก่อนนำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.050 โมลาร์ โดยมีสารละลาย ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่เติมเอนไซม์ไลเปสหลังจากเติมสารละลายสารละลายเอทานอล ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนชนิดของน้ำมันได้แก่ น้ำมันคาเมเลีย น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันใช้แล้ว (น้ำมันทอดไข่ดาว) น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันหมู ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสสามารถคำนวณหาได้จากปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา คือปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต[4] (ภาพที่ 2)

ภาพที่ 2 การตรวจสอบความจำเพาะต่อชนิดกรดไขมันในน้ำมันของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ

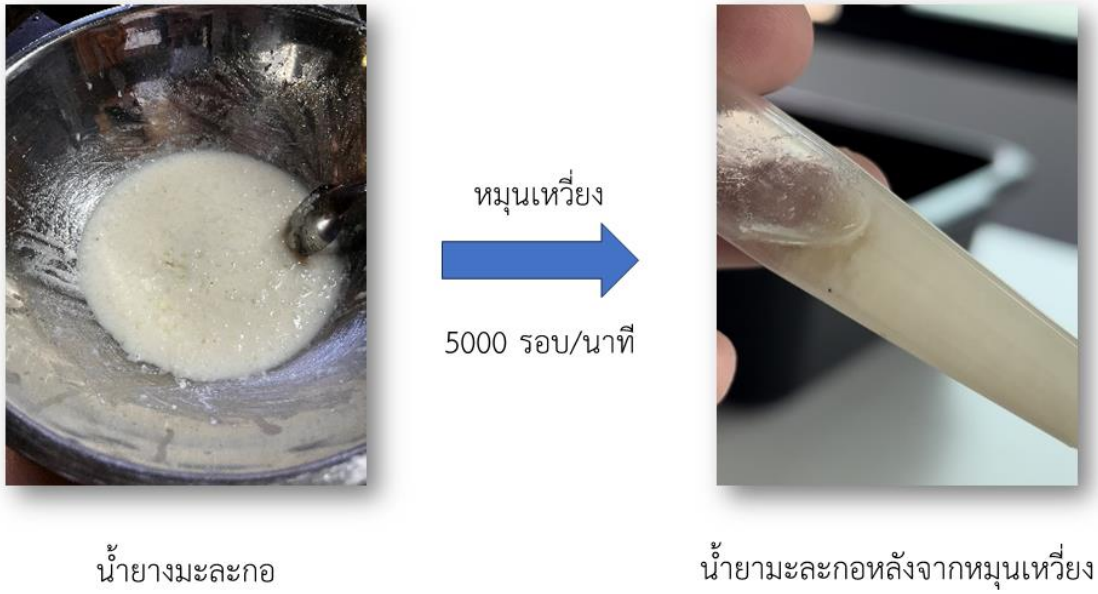
2.3 การศึกษาผลของปริมาณน้ำมันในน้ำเสียสังเคราะห์ต่อค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ

การตรวจสอบค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำมันเป็น 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 และ 2.4 มิลลิลิตร โดยขั้นตอนและสภาวะอื่น ๆ ให้เป็นไปตามหัวข้อ 2.2

3. ผลการวิจัย

3.1 การเตรียมเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ

เมื่อนำน้ำยางมะละกอที่มีสีขาวข้น ไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที จะได้น้ำยางมะละกอที่ลักษณะมีการแยกชั้นสองส่วนคือ (ภาพที่3) ส่วนที่เป็นของเหลวใส และส่วนที่เป็นอนุภาคที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งอนุภาคที่ไม่ละลายน้ำนี้คือส่วนของเอนไซม์ที่สกัดได้จากยางมะละกอดิบ



ภาพที่ 3 เอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ

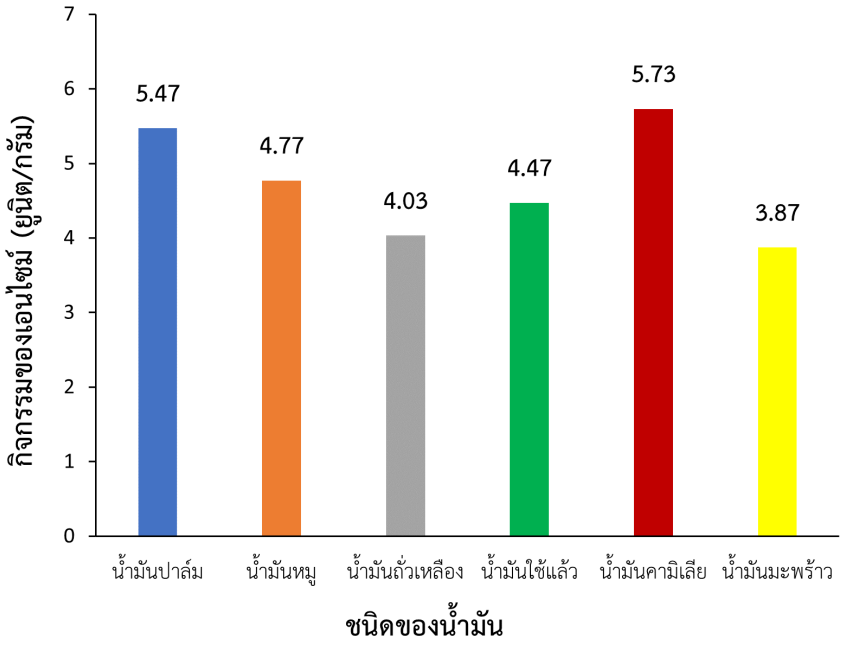
3.2 การตรวจสอบความจำเพาะต่อชนิดกรดไขมันในน้ำมันของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ

จากการตรวจสอบค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ โดยการนำไปเร่งปฏิกิริยาที่มีสารละลายผสมระหว่างน้ำมันชนิดต่าง ๆ คือ น้ำมันปาล์ม มันคามิเลีย น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันใช้แล้ว (น้ำมันทอดไข่ดาว) น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันหมู โดยค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสสามารถคำนวณจากปริมาณกรดไขมันที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาซึ่งได้จากปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต เปรียบเทียบผลต่างกับชุดควบคุมดังสมการ(1-2)[4] และผลการตรวจสอบค่ากิจกรรมของเอนไซม์ (ภาพที่ 4)

$$\text{กิจกรรมของเอนไซม์ (ยูนิตต่อกรัม)} = \frac{\text{ไมโครโมล}}{\text{เวลาที่ใช้ (นาที)} \times \text{ปริมาณของเอนไซม์ (กรัม)}} \quad (1)$$

$$\text{ไมโครโมล} = \frac{(\text{ปริมาณ NaOH}_{\text{ตัวอย่างน้ำมัน}} - \text{ปริมาณ NaOH}_{\text{ชุดควบคุม}}) \times 0.05}{1000} \quad (2)$$

SCIENCE AND TECHNOLOGY
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY



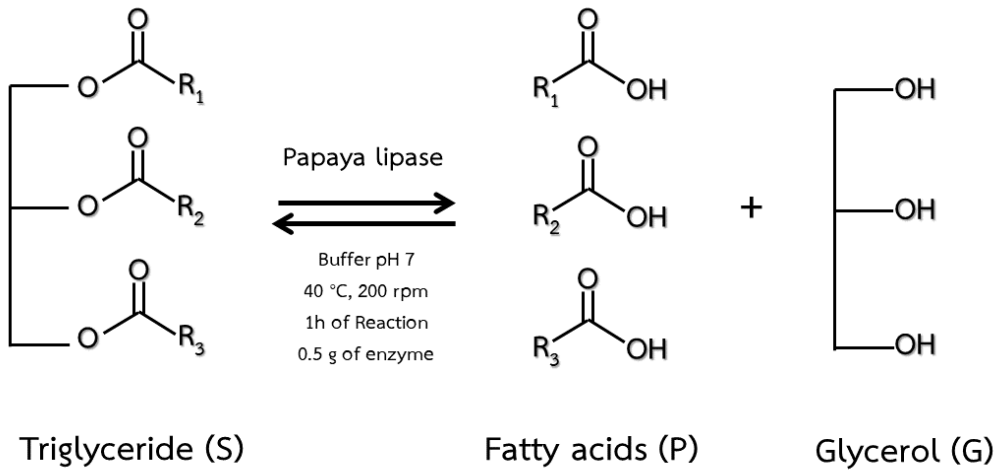
ภาพที่ 4 ความจำเพาะต่อชนิดกรดไขมันในน้ำมันของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ

เมื่อเปรียบเทียบค่ากิจกรรมของเอนไซม์ของน้ำมันชนิดต่าง ๆ สามารถเรียงลำดับค่ากิจกรรมของเอนไซม์ได้ดังนี้ น้ำมันคาโนลา > น้ำมันปาล์ม > น้ำมันหมู > น้ำมันที่ใช้แล้ว (น้ำมันทอดไข่ดาว) > น้ำมันถั่วเหลือง > น้ำมันมะพร้าว ซึ่งน้ำมันคาโนลามีค่ากิจกรรมของเอนไซม์สูงที่สุดที่ 5.73 ยูนิตต่อกรัม เนื่องจากน้ำมันคาโนลามีกรดไขมันโอเลอิกมากกว่าน้ำมันชนิดอื่น ๆ[9] สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kallio et al. (2001)[10] ที่เปรียบเทียบปริมาณ กรดไขมันโอเลอิกของน้ำมันปาล์มที่มีมากกว่าน้ำมันหมู ดังนั้นเห็นได้ว่ายิ่งปริมาณกรดไขมันโอเลอิกในน้ำมันมากขึ้นค่ากิจกรรมของเอนไซม์จะสูงขึ้นเช่นเดียวกัน สรุปได้ว่าเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอมีความจำเพาะต่อน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวคือ กรดไขมันโอเลอิก[11] ซึ่งการทำงานของเอนไซม์ไลเปสในการย่อยน้ำมันแสดง ดังสมการ (3) และภาพที่ 5[12]

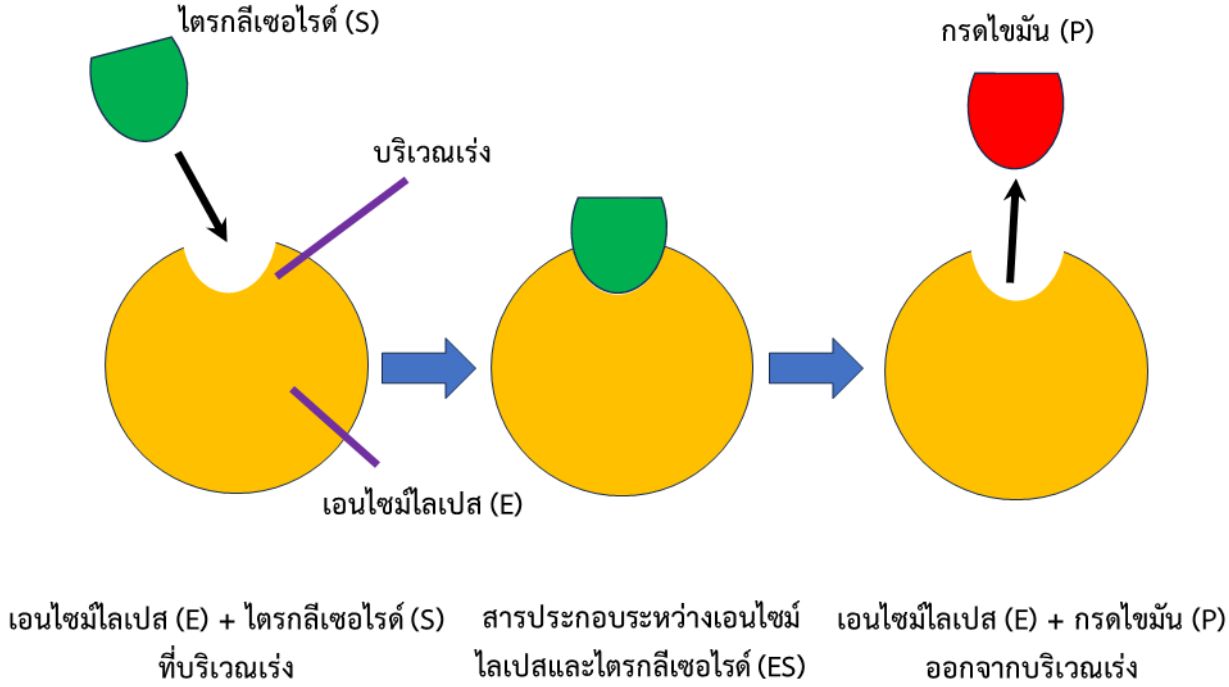
$$E + S \rightleftharpoons ES \longrightarrow E + P \qquad (3)$$

การทำงานของเอนไซม์ไลเปสในการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส โดยโมเลกุลของเอนไซม์ไลเปส (E) จะทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ (S) 1 โมเลกุล แล้วเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (ES) ก่อนที่จะเปลี่ยนแปลงเป็นกรดไขมัน (F) 3 โมเลกุลและกลีเซอรอล (G) 1 โมเลกุล อีกทั้งเอนไซม์ไลเปสที่เร่งปฏิกิริยาไปแล้วสามารถเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไตรกลีเซอไรด์โมเลกุลใหม่ได้ โดยเป็นไปตามกลไกการเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์แบบไมเคลิสและเมนเทนแสดงดังภาพที่ 6[13]

SCIENCE AND TECHNOLOGY
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY



ภาพที่ 5 การทำงานของเอนไซม์ไลเปสในการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

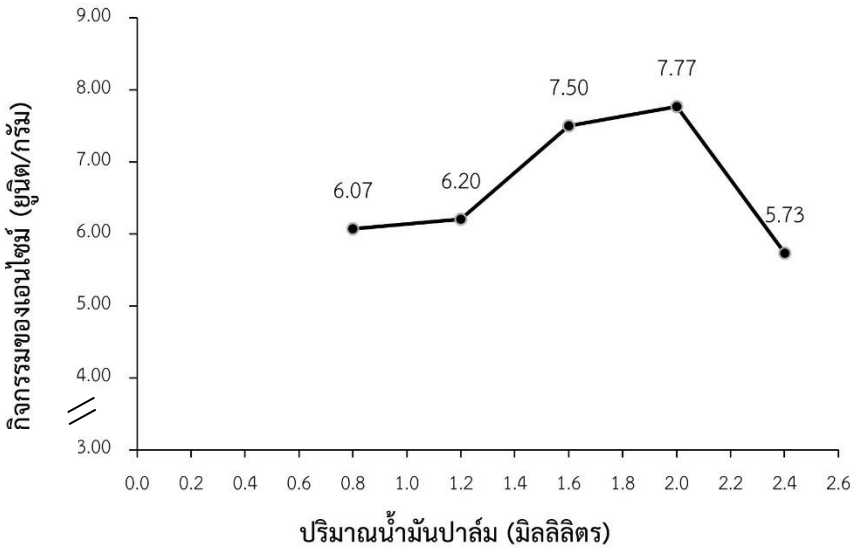


ภาพที่ 6 กลไกการเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์แบบไมเคลิสและเมนเทน

จากภาพที่ 6 กลไกการเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์แบบไมเคลิสและเมนเทน แสดงถึงการทำงานของเอนไซม์ไลเปส (E) ที่ทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ (S) ที่บริเวณเร่ง (Active site) เกิดเป็นสารประกอบระหว่างเอนไซม์ไลเปสและไตรกลีเซอไรด์ (ES) จากนั้นไตรกลีเซอไรด์จะถูกเปลี่ยนให้เป็นกรดไขมัน (P) และหลุดออกจากเอนไซม์ไลเปส (E) ที่บริเวณเร่ง

3.3 ผลของปริมาณน้ำมันปาล์มในน้ำเสียสังเคราะห์ต่อค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ

ในน้ำเสียส่วนใหญ่มีปริมาณของน้ำมันปาล์มสูง เหตุนี้เลือกใช้น้ำมันปาล์มในการตรวจสอบค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ โดยการนำเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอไปเร่งปฏิกิริยากับน้ำมันปาล์ม ปริมาณ 0.8-2.4 มิลลิลิตร ผลของปริมาณน้ำมันปาล์มต่อค่ากิจกรรมของเอนไซม์แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผลของปริมาณน้ำมันปาล์มต่อค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอ

เมื่อเปรียบเทียบค่ากิจกรรมของเอนไซม์ของน้ำมันปาล์มในปริมาณที่แตกต่างกันพบว่าค่ากิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันปาล์มจาก 0.8-2.0 มิลลิลิตร แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันปาล์มเป็น 2.4 มิลลิลิตร ทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ลดลง ซึ่งที่ 2.0 มิลลิลิตร มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์สูงที่สุดคือ 7.77 ยูนิตต่อกรัม เนื่องจากน้ำมันเป็นสารตั้งต้นที่สามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางกายภาพ และทางเคมีของเอนไซม์ไลเปส ถ้าปริมาณของน้ำมันเพิ่มขึ้นจนเกินพอ จะทำให้เอนไซม์ไลเปสถูกยับยั้งการทำงานโดยสารตั้งต้น[14] ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสที่ปริมาณของน้ำมันเท่ากับ 2.4 มิลลิลิตร มีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ellaiah et al. (2004)[15] ที่หาค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสโดยใช้สารตั้งต้นเป็นน้ำมันมะกอก พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของน้ำมันมากเกินพอจะทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ลดลง นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Pinyaphong et al. (2012)[8] ที่คล้ายคลึงกันโดยได้ศึกษาเกี่ยวกับการสังเคราะห์มอนอเอซิลกลีเซอรอลจากน้ำมันมะพร้าวซึ่งใช้เอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอในการเร่งปฏิกิริยา พบว่าร้อยละผลผลิตขึ้นอยู่กับปริมาณของสารตั้งต้นแต่ถ้าสารตั้งต้นมากเกินพอจะทำให้ร้อยละผลผลิตลดลง แนวโน้มเช่นนี้เกิดกับกรณีที่เพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์เช่นกัน โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะสูงขึ้น เนื่องจากเป็นการเพิ่มบริเวณเร่งในการทำปฏิกิริยา แต่ถ้าความเข้มข้นของเอนไซม์มากเกินพอจะทำให้เอนไซม์เกิดการอิ่มตัวต่อสารตั้งต้น ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่เพิ่มขึ้นอีก[6]

4. สรุปผล

เอนไซม์เปสจากยางมะละกอ ที่เตรียมโดยวิธีการนำไปหมุนเหวี่ยงเพื่อคัดแยกส่วนที่ไม่ละลายน้ำมาใช้ในการหาค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในน้ำมันแต่ละชนิดได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันคามิเลีย น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันที่ใช้แล้ว (น้ำมันทอดไข่ดาว) น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันหมู พบว่าน้ำมันคามิเลียมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสสูงที่สุด และปริมาณน้ำมันปาล์มในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหมาะสมกับปริมาณเอนไซม์ 0.5 กรัม คือ 2.0 มิลลิลิตร เอนไซม์ไลเปสที่สกัดจากมะละกอสามารถทดแทนการใช้เอนไซม์ไลเปสจากจุลินทรีย์และสัตว์ ซึ่งเอนไซม์ไลเปสจากยางมะละกอมีความจำเพาะต่อกรดไขมันโอเลอิกสูงจึงสามารถนำมา

ประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เช่น ด้านอุตสาหกรรมผลิตสารลดแรงตึงผิว อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมการบำบัดของเสีย และอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง โดยเฉพาะกลุ่มทำความสะอาด นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้สำหรับการสกัดโมโนลอรินจากน้ำมันมะพร้าวด้วยเอนไซม์กลีเซอรอไลซิสได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] S. Feng, H.H. Ngo, W. Guo, S.W. Chang, D.D. Nguyen, D. Cheng, S. Varjani, Z. lei and Y. Liu, Roles and applications of enzymes for resistant pollutants removal in wastewater treatment. Bioresour. Technol. no. 335, pp. 125278, 2021.

[2] M.S. Beldean-Galea, J. Vial, D. Thiebaut and V. Coman, Characterization of the fate of lipids in wastewater treatment using a comprehensive GC x GC/qMS and statistical approach. Anal. Methods. no. 5, pp. 2315–2323, 2013.

[3] A. Javadi, S. Dowlati, S. Shourni, S. Rusli, K. Eckert, R. Miller and M. Kraume, Enzymatic hydrolysis of triglycerides at the water–oil interface studied via interfacial rheology analysis of lipase adsorption layers. Langmuir. no. 37, pp. 12919–12928, 2021.

[4] P. Jagdish, V. Deepa, G. Rohan and R.D. Bhagat, Production of microbial lipases isolated from curd using waste oil as a substrate. Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci. Vol. 4 no. 3, pp. 831-839, 2013.

[5] ประดินันท์ รัศมีพงศ์. การคัดเลือกและจัดจำแนกเชื้อแบคทีเรียที่สามารถผลิตเอนไซม์ไลเปสจากน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. ปีที่ 11 ฉบับที่ 1. pp. 37-45, 2559.

[6] P.P. Polizelli, F.D.A. Facchini, H. Cabral and G.O. Bonilla-Rodriguez, A new lipase isolated from oleaginous seeds from pachira aquatica (*Bombacaceae*). Appl. Biochem. Biotechnol. no. 150, pp. 233–242, 2008.

[7] V.B. Athira, M. Balakrishnan, S. Karthikeyan, S. Marimuthu and S. Ganapathy, Investigation on enzyme activity of lipase from papaya (*Carica papaya*) latex. Pharma innov. Vol. 11 no. 9, pp. 838-841, 2022.

[8] P. Pinyaphong, P. Sriburi and S. Phutrakul, Synthesis of monoacylglycerol from glycerolysis of crude glycerol with coconut oil catalyzed by carica papaya lipase. Int. j. sci. res. innov. Vol. 6 no. 10, pp. 926-931, 2012.

[9] J. Ma, H. Ye, Y. Rui, G. Chen and N. Zhang, Fatty acid composition of camellia oleifera oil. J. Verbrauch. Lebensm. no. 6, pp. 9–12, 2011.

[10] H. Kallio, K. Yli-Jokipii, J.P. Kurvinen, O. Sjovall and R. Tahvonen, Regioisomerism of triacylglycerols in lard, tallow, yolk, chicken skin, palm oil, palm olein, palm stearin and a transesterified blend of palm stearin and coconut oil analyzed by tandem mass spectrometry. J. Agric. Food Chem. no. 49, pp. 3363–3369, 2001.

[11] R. Borgdorf and S. Warwel, Substrate selectivity of various lipases in the esterification of cis- and trans-9-octadecenoic acid. Appl. Microbiol. Biotechnol. no. 51, pp. 480-485, 1999.

SCIENCE AND TECHNOLOGY
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

[12] M.H.M. Avelar, D.M.J. Cassimiro, K.C. Santos, R.C.C. Domingues, H.F. de Castro and A.A. Mendes, Hydrolysis of vegetable oils catalyzed by lipase extract powder from dormant castor bean seeds. Ind. Crops Prod. no. 44, pp. 452–458, 2013.

[13] H. Hermansyah, A. Wijanarko, Dianursanti, M. Gozan, P.P.D.K. Wulan, R. Arbianti, R.W. Soemantojo, T.S. Utami, Yuliusman, M. Kubo, N. Shibasaki-Kitakawa and T. Yonemoto, Kinetic model for triglyceride hydrolysis using lipase: review. Makara J. Sci. Vol. 11 no. 1, pp. 30-35, 2007.

[14] H. Haidari, Z. Kopecki, R. Bright, A.J. Cowin, S. Garg, N. Goswami and K. Vasilev, Ultrasmall AgNP-Impregnated biocompatible hydrogel with highly effective biofilm elimination properties. ACS Appl. Mater. Interfaces. no. 12, pp. 41011–41025, 2020.

[15] P. Ellaiah, T. Prabhakar, B. Ramakrishna, A.T. Taleb and K. Adinarayana, Production of lipase by immobilized cells of *Aspergillus niger*. Process Biochem. no. 39, pp. 525–528, 2004.

SCIENCE AND TECHNOLOGY
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY