# ผลของระยะเวลาต้ม ความเข้มข้นของสารละลายด่างและสารละลายเอนไซม์ ต่อปริมาณ ความยาว และขนาดเส้นใยเปลือกข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2

วัลภา แต้มทอง* สุธีลักษณ์ ไกรสุวรรณ ธัญชนิต ทับสวัสดิ์ ปวีณา ขำสงค์ และ ศรัณย์พร จุลเจิมศักดิ์

คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

*รับบทความ 11 กุมภาพันธ์ 2568 แก้ไขบทความ 26 กันยายน 2568 ตอบรับบทความ 20 ตุลาคม 2568*

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาต้ม ความเข้มข้นของสารละลายด่างและสารละลายเอนไซม์ต่อปริมาณ ความยาว และขนาดเส้นใยเปลือกข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ปัจจัยการทดลองมี 3 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของสารละลายด่าง 2 ระดับ: 2.5 และ 5.0 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาต้ม 4 ระดับ: 30 60 90 และ 120 นาที และความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ 2 ระดับ: ร้อยละ 0.2 และ 0.4 ของน้ำหนักเส้นใย จัดสิ่งทดลองแบบ $2 \times 4 \times 2$ แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสามทาง (Three-way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดแห้งให้ปริมาณเส้นใยเฉลี่ยร้อยละ 24.18-86.67 เส้นใยมีความยาวเฉลี่ย 125.13-140.98 มิลลิเมตร และมีขนาดเส้นใยเฉลี่ย 31.19-64.32 เท็กซ์ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยพบว่า ความเข้มข้นของสารละลายด่างและระยะเวลาต้ม มีผลต่อปริมาณ ความยาว และขนาดเส้นใย ($p \leq .05$) ความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ มีผลต่อปริมาณ และขนาดเส้นใย ($p \leq .05$) แต่ไม่มีผลต่อความยาวเส้นใย ($p > .05$) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายด่างกับระยะเวลาต้ม มีผลต่อปริมาณเส้นใย ($p \leq .05$) แต่ไม่มีผลต่อความยาว และขนาดเส้นใย ($p > .05$) ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายด่างกับความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ ระยะเวลาต้มกับความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัย ไม่มีผลต่อปริมาณ ความยาว และขนาดเส้นใย ($p > .05$)

**คำสำคัญ :** เส้นใยเปลือกข้าวโพด; สารละลายด่าง; สารละลายเอนไซม์; ความยาวเส้นใย; ขนาดเส้นใย

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +669 4852 3663, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: walapa.t@ku.th*

# The Effects of Boiling Times, Concentrations of Alkali and Enzyme Solutions on Yield, Length, and Linear Density of Insee 2 Sweet Corn Husk Fibers

Walapa Tamthong* Suteeluk Kraisuwan Thanchanit Tubsawat
Paweena Khamsong and Sarunporn Juljermsak

Faculty of Agriculture, Kasetsart University
50 Ngamwongwan Road, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

*Received 11 February 2025; Revised 26 September 2025; Accepted 20 August 2025*

**Abstract**

This study aimed to investigate the effects of boiling time, and concentrations of alkali and enzyme solution on the yield, length, and linear density of Insee 2 sweet corn husk fibers. The experiment included three factors: two alkali solution concentration levels (2.5 and 5.0 g/L), four boiling time levels (30, 60, 90, and 120 min), and two enzyme solution concentration levels (0.2% and 0.4% of fiber weight). A 2 × 4 × 2 factorial experiment was conducted using a completely randomized design (CRD). Data were analyzed using means, standard deviations, three-way analysis of variance, and mean comparisons using the least significant difference (LSD) method. The fiber bundles extracted from dried corn husks produced average fiber yields of 24.18%–86.67%, fiber lengths of 125.13–140.98 mm, and fiber linear density of 31.19–64.32 tex. Analysis of variance revealed that the alkali solution concentration and boiling time significantly affected the yield, length, and linear density of the fibers ($p \leq .05$). The enzyme solution concentration significantly affected the yield and linear density of the fibers ($p \leq .05$) but did not affect the fiber length ($p > .05$). The interaction between alkali solution concentration and boiling time significantly affected fiber yield ($p \leq .05$) but had no effect on fiber length and linear density ($p > .05$). Additionally, the yield, length, and linear density of the fibers were not significantly affected by the interactions between alkali solution concentration and enzyme solution concentration, boiling time and enzyme solution concentration, and the three-way interaction among all factors ($p > .05$).

**Keywords :** Corn Husk Fibers; Alkali Solutions; Enzyme Solutions; Fiber Length; Fiber Linear Density

** Corresponding Author. Tel.: +669 4852 3663, E-mail Address: Walapa.t@ku.th*

## 1. บทนำ

ข้าวโพดเป็นพืชไร่ที่ปลูกง่าย ทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศในประเทศไทย สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี และให้ผลผลิตสูง ถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ โดยในปี 2566-2567 มีผลผลิตรวมทั้งสิ้น 5.34 ล้านตัน แบ่งเป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 4.89 ล้านตัน และข้าวโพดหวาน 0.45 ล้านตัน พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุด คือ จังหวัดเพชรบูรณ์ นครราชสีมา น่าน ตาก และลพบุรี ส่วนพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานมากที่สุด คือจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง สุโขทัย และกาญจนบุรี [1]

ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 เป็นข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมที่พัฒนาโดยศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (ไร่สุวรรณ) คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีรสชาติหวาน นุ่มและหอม โดยมีความหวานเฉลี่ย 15% บริกซ์ ซึ่งมีความหวานและความหอมสูงกว่าข้าวโพดหวานพันธุ์การค้าอื่น ๆ จึงได้รับความนิยมในการบริโภคอย่างแพร่หลายในหลายรูปแบบ ทั้งข้าวโพดฝักสด ข้าวโพดต้ม น้ำนมข้าวโพด และเมล็ดข้าวโพดบรรจุกระป๋อง ฝักของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 มีลักษณะทรงกระบอง น้ำหนักฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ย 328 กรัม ความยาวเฉลี่ย 29 เซนติเมตร และความกว้างเฉลี่ย 6 เซนติเมตร เปลือกหุ้มฝักยาวตลอดฝัก โดยแต่ละฝักมีเปลือกประมาณ 8-9 ใบ เมล็ดมีสีเหลืองเรียงเป็นแถวจำนวน 14-16 แถว เมล็ดไม่ยุบตัวเร็วเมื่อแห้ง และสามารถคงความเต่งได้นาน 2-3 วันหลังการเก็บเกี่ยว [2] จากความนิยมในการบริโภคข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ทำให้มีเปลือกข้าวโพดเหลือทิ้งจำนวนมาก ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ เช่น ทำปุ๋ยหมัก เพาะเห็ด และอาหารสัตว์

เปลือกข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ได้จากการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเมื่ออายุ 65-70 วัน มีสีตั้งแต่เขียวอ่อนไปจนถึงเขียวเข้ม ลักษณะเป็นแผ่นยาวรี ขนาดค่อนข้างใหญ่ ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเส้นหนาเรียงตัวห่างกัน (Long Thick Strands) สลับกับส่วนที่เป็นแผ่นเยื่อบาง (Weak Fibrous Parts) [2] ซึ่งส่วนที่เป็นเส้นหนาสามารถแยกออกเป็นเส้นใยกลุ่มเล็ก ๆ ได้ จากการศึกษาของ P. Wangwan et al. [3] ที่แยกเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดหวานโดยใช้กระบวนการกำจัดลิกนินในสภาวะที่แตกต่างกัน พบว่าเส้นใยที่ได้เป็นเส้นใยสั้น มีความยาวและความละเอียดแตกต่างกัน โดยสามารถนำไปผลิตเป็นแผ่นเส้นใยเพื่อใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้ T. Tubsawat et al. [4] ได้ศึกษาการแยกเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเปลือกข้าวโพดหวานด้วยวิธีการแช่หมักในน้ำ พบว่าเส้นใยที่ได้มีลักษณะเป็นกลุ่มเส้นใย โดยเส้นใยเปลือกข้าวโพดหวานมีความยาวมากกว่าเส้นใยเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่มีขนาดเล็กหรือมีความละเอียดมากกว่า จากการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 200 เท่า พบว่าเส้นใยเปลือกข้าวโพดหวานมีลักษณะเป็นกลุ่มเส้นใย (Fiber Bundles) ประกอบด้วยเส้นใยเดี่ยวเรียงซ้อนกันตามแนวยาว และยึดเกาะกันด้วยลิกนิน เพกทินและสารอื่น ๆ พื้นผิวเส้นใยมีลักษณะไม่เรียบ มีองค์ประกอบหลักทางเคมี ได้แก่ เซลลูโลส ร้อยละ 61.24-74.71 เฮมิเซลลูโลส ร้อยละ 15.21-26.91 และลิกนิน ร้อยละ 0.76-4.51 [2]

การแยกเส้นใยจากใบพืชนิยมใช้การหมักในน้ำ การใช้ด่าง และการใช้เอนไซม์ เช่น เซลลูเลส เพกทิเนส และเฮมิเซลลูเลส ซึ่งเอนไซม์แต่ละชนิดมีสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานแตกต่างกัน เช่น เซลลูเลสมักทำงานได้ดีที่สุดในช่วง pH 4.5-5.5 อุณหภูมิ 50-60°C และจำเป็นต้องแยกเส้นใยด้วยวิธีอื่นก่อน แล้วจึงใช้เอนไซม์เพื่อช่วยให้เส้นใยมีขนาดเล็กลงและมีความละเอียดมากขึ้น

การใช้ประโยชน์จากเส้นใยเปลือกข้าวโพด ได้แก่ การนำมาผสมกับวัสดุอื่นเพื่อใช้เป็นชั้นซับน้ำ (Absorbent Layer) ในผ้าอนามัย ผลการวิจัยพบว่า

สามารถดูดซับน้ำได้มากกว่าผ้าอนามัยที่จำหน่ายในท้องตลาดเล็กน้อย อีกทั้งการปนเปื้อนของเชื้อราและแบคทีเรียยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ [6] นอกจากนี้ ยังมีการนำเส้นใยเปลือกข้าวโพดมาผลิตเป็นวัสดุประกอบ (Composite Material) โดยขึ้นรูปเป็นแผ่นใยและอัดด้วยอีพ็อกซีเรซิน (Epoxy Resin) ให้ซึมเข้าสู่เส้นใย พบว่าวัสดุประกอบที่มีเส้นใยเปลือกข้าวโพดมีความแข็งแรงมากกว่าวัสดุที่ทำจากอีพ็อกซีเรซินเพียงอย่างเดียว [7]

สมบัติของเส้นใยที่จำเป็นสำหรับกระบวนการผลิตสิ่งทอ ได้แก่ ความยาว ขนาด ความสม่ำเสมอ และความแข็งแรง ดังนั้น การศึกษาการแยกเส้นใยเปลือกข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 โดยใช้ระยะเวลาต้ม ความเข้มข้นของสารละลายด่างและสารละลายเอนไซม์ที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อปริมาณ ความยาว และขนาดของเส้นใย จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาและต่อยอดการใช้ประโยชน์เส้นใยจากเปลือกข้าวโพดให้หลากหลายมากขึ้น ไม่เพียงช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร แต่ยังเป็นแนวทางในการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากพืชชนิดอื่น ๆ เพื่อพัฒนาเส้นใยธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสิ่งทอและผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในอนาคตต่อไป

## 2. ระเบียบวิธีวิจัย

### 2.1 แผนการทดลอง

การวิจัยนี้มีปัจจัยการทดลอง 3 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของสารละลายด่าง 2 ระดับ คือ 2.5 และ 5.0 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาต้ม 4 ระดับ คือ 30 60 90 และ 120 นาที และความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.2 และ 0.4 ของน้ำหนักเส้นใยแห้ง จัดสิ่งทดลองแบบ $2 \times 4 \times 2$ แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) รวมทั้งสิ้น 16 สิ่งทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

### 2.2 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์

#### 2.2.1 การเตรียมและแช่หมักเปลือกข้าวโพด

เปลือกข้าวโพดที่ใช้คือ เปลือกของฝักข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 จากศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (ไร่สุวรรณ) อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา โดยลอกออกจากฝักโดยไม่แยกเปลือกชั้นนอกและเปลือกชั้นใน ตากแห้งเป็นเวลา 3 วัน (72 ชั่วโมง) อบแห้ง และชั่งน้ำหนักจนกระทั่งน้ำหนักของเปลือกข้าวโพดคงที่ แช่หมักเปลือกข้าวโพดโดยใช้อัตราส่วนเปลือกข้าวโพดต่อน้ำ 1:50 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน ใช้บล็อกคอนกรีตทับไม่ให้เปลือกข้าวโพดลอย เปลี่ยนน้ำทุก ๆ 3 วัน เพื่อให้เส้นใยสะอาด จากนั้นนำเปลือกข้าวโพดขึ้นจากน้ำ และใช้มือรูดส่วนที่เปื่อยยุ่ยออก (Weak Fibrous Parts) เหลือไว้เฉพาะส่วนที่เป็นกลุ่มเส้นใยหนา (Long Thick Strands) สำหรับใช้ทดลอง จากนั้น ล้างกลุ่มเส้นใยหนาด้วยน้ำสะอาด ตากแห้ง อบแห้ง ผึ่งในตู้ดูดความชื้นและชั่งน้ำหนัก (รูปที่ 1)

**รูปที่ 1** กลุ่มเส้นใยหนาของเปลือกข้าวโพดที่อบแห้งแล้ว

#### 2.2.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการแยกเส้นใยเปลือกข้าวโพด ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide; *NaOH*) ชนิดเม็ด น้ำหนักเม็ดละ 0.1 กรัม ผลิตโดย

Ajax Finechem Pty Limited ประเทศออสเตรเลีย และเอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase Enzyme) ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ (Enzyme Activity) ประมาณ 31,000 หน่วยต่อกรัม ผลิตโดย Tokyo Chemical Industry Limited ประเทศญี่ปุ่น

**2.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์**

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการแยกเส้นใยเปลือกข้าวโพดประกอบด้วย เครื่องทดสอบการซัก Atlas Launder-O-Meter รุ่น LEF เครื่องย้อม Logic Art รุ่น LA-650 Infra-Red Dryer เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล Denver Instrument รุ่น SI-234 น้ำหนักสูงสุด 230 กรัม ความละเอียด 0.1 มิลลิกรัม ผ้าขาวบาง และอุปกรณ์เครื่องแก้ว

## 2.3 การแยกเส้นใยเปลือกข้าวโพด

เตรียมกลุ่มเส้นใยเปลือกข้าวโพดจำนวน 72 ชุด แต่ละชุดมีน้ำหนัก 30 กรัม แบ่งเป็น 24 ชุด สำหรับการแยกเส้นใยด้วยสารละลายด่าง และ 48 ชุด สำหรับการแยกเส้นใยด้วยสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์

**2.3.1 การแยกเส้นใยด้วยสารละลายด่าง**

1. เตรียมสารละลายด่างความเข้มข้น 2.5 และ 5.0 กรัมต่อลิตร โดยใช้อัตราส่วนกลุ่มเส้นใยต่อสารละลาย 1:20

2. ต้มกลุ่มเส้นใยในสารละลายด่างที่อุณหภูมิ 100°C ระยะเวลา 30 60 90 และ 120 นาที

3. กรองแยกเส้นใยออกจากสารละลายด่าง จากนั้นล้างเส้นใยด้วยน้ำสะอาดจนกระทั่งน้ำใสไม่มีสีและมีค่า pH 6-7

4. นำเส้นใยตากแห้งในสภาพแวดล้อมปกติจนกระทั่งเส้นใยมีน้ำหนักคงที่

**2.3.2 การแยกเส้นใยด้วยสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์**

1. แยกเส้นใยด้วยสารละลายด่างตามขั้นตอนในข้อ 2.3.1

2. เตรียมสารละลายเอนไซม์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 และ 0.4 ของน้ำหนักเส้นใยแห้ง โดยใช้อัตราส่วนเส้นใยต่อสารละลาย 1:20

3. แช่หมักเส้นใยในสารละลายเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 50°C ระยะเวลา 60 นาที

4. กรองแยกเส้นใยออกจากสารละลายเอนไซม์ จากนั้นล้างเส้นใยด้วยน้ำสะอาดจนกระทั่งน้ำใสไม่มีสีและมีค่า pH 6-7

5. นำเส้นใยตากแห้งในสภาพแวดล้อมปกติจนกระทั่งเส้นใยมีน้ำหนักคงที่

## 2.4 การทดสอบเส้นใย

1. การหาปริมาณเส้นใย (ร้อยละ) คำนวณจากสูตร [น้ำหนักเส้นใย (กรัม) ÷ น้ำหนักเปลือกข้าวโพด (กรัม)] × 100

2. ความยาวเส้นใย ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM Designation: D 5103-01 Standard Test Method for Length and Length Distribution of Manufactured Staple Fibers (Single-fiber Test)

3. ขนาดเส้นใย ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM Designation: D 1577-01 Standard Test Methods for Linear Density of Textile Fibers

## 2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณ ความยาว และขนาดเส้นใยเปลือกข้าวโพดโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean: $\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)

2. ทดสอบสมมติฐานโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสามทาง (Three-Way Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq .05$)

# 3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

เส้นใยเปลือกข้าวโพดที่แยกด้วยสารละลายด่างและสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ โดยใช้

ระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน มีลักษณะเป็นสีเหลืองปนน้ำตาลอ่อน พื้นผิวไม่เรียบ สัมผัสค่อนข้างกระด้าง และเส้นใยยังคงเกาะกลุ่มกันอยู่ (รูปที่ 2)

**รูปที่ 2** เส้นใยเปลือกข้าวโพดที่แยกด้วยสารละลายด่าง 5.0 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาต้ม 120 นาที ร่วมกับสารละลายเอนไซม์ร้อยละ 0.4

### 3.1 ปริมาณเส้นใยเปลือกข้าวโพด

ผลการศึกษาปริมาณเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่แยกด้วยสารละลายด่าง และสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ โดยใช้ระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน (ตารางที่ 1) พบว่า กลุ่มเส้นใยเปลือกข้าวโพดแห้งให้ปริมาณเส้นใยเฉลี่ยร้อยละ 24.18-86.67 การแยกเส้นใยด้วยสารละลายด่าง ที่มีระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน ให้ปริมาณเส้นใยเฉลี่ยร้อยละ 33.33-86.67 โดยการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 2.5 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาต้ม 30 นาที ให้ปริมาณเส้นใยมากที่สุด และการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 5.0 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาต้ม 120 นาที ให้ปริมาณเส้นใยน้อยที่สุด

สำหรับการแยกเส้นใยเปลือกข้าวโพดด้วยสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ ที่มีระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน พบว่า ให้ปริมาณเส้นใยเฉลี่ยร้อยละ 24.18-64.73 โดยการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 2.5 กรัมต่อลิตร ร่วมกับสารละลายเอนไซม์ร้อยละ 0.4 ระยะเวลาต้ม 30 นาที ให้ปริมาณเส้นใยมากที่สุด และการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 5.0 กรัมต่อลิตร ร่วมกับสารละลายเอนไซม์ร้อยละ 0.2 ระยะเวลาต้ม 120 นาที ให้ปริมาณเส้นใยน้อยที่สุด

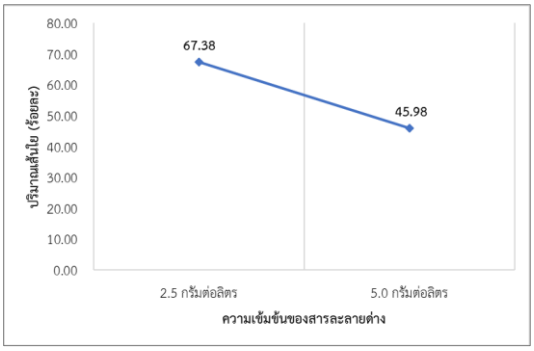
เมื่อพิจารณาปริมาณเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่แยกด้วยสารละลายด่าง และสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ จะเห็นว่า การใช้เอนไซม์ทั้ง 2 ระดับ ให้ปริมาณเส้นใยเปลือกข้าวโพดน้อยกว่าการใช้สารละลายด่างเพียงอย่างเดียวทุกระยะเวลาต้ม (ค่าเฉลี่ย 69.10 และ 49.40 ตามลำดับ)

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ยปริมาณเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่แยกด้วยสารละลายด่าง และสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ โดยใช้ระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน

| ความเข้มข้นของสารละลายด่าง | ระยะเวลาต้ม | ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ) ($\bar{X}$ ± SD) | ความเข้มข้นของสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ | ระยะเวลาต้ม | ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ) ($\bar{X}$ ± SD) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.5 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 86.67 ± 15.28 | 2.5 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 61.99 ± 3.87 |
| | 60 นาที | 83.33 ± 5.77 | เอนไซม์ ร้อยละ 0.2 | 60 นาที | 61.97 ± 0.73 |
| | 90 นาที | 80.00 ± 0.00 | | 90 นาที | 59.37 ± 0.69 |
| | 120 นาที | 76.67 ± 11.55 | | 120 นาที | 56.10 ± 0.98 |
| | | | 2.5 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 64.73 ± 0.04 |
| | | | เอนไซม์ ร้อยละ 0.4 | 60 นาที | 61.52 ± 1.33 |
| | | | | 90 นาที | 59.68 ± 0.19 |
| | | | | 120 นาที | 56.60 ± 0.06 |

| ความเข้มข้นของสารละลายด่าง | ระยะเวลาต้ม | ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ) ($\bar{X}$ ± SD) | ความเข้มข้นของสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ | ระยะเวลาต้ม | ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ) ($\bar{X}$ ± SD) |
|---|---|---|---|---|---|
| 5.0 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 73.33 ± 5.77 | 5.0 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 53.77 ± 1.58 |
| | 60 นาที | 66.67 ± 5.77 | เอนไซม์ ร้อยละ 0.2 | 60 นาที | 47.82 ± 0.17 |
| | 90 นาที | 52.78 ± 4.81 | | 90 นาที | 37.26 ± 0.06 |
| | 120 นาที | 33.33 ± 5.77 | | 120 นาที | 24.18 ± 0.64 |
| | | | 5.0 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 52.98 ± 0.52 |
| | | | เอนไซม์ ร้อยละ 0.4 | 60 นาที | 47.80 ± 0.53 |
| | | | | 90 นาที | 37.26 ± 0.06 |
| | | | | 120 นาที | 24.64 ± 0.28 |
| **รวม** | | **69.10 ± 18.44** | **รวม** | | **49.40 ± 13.10** |

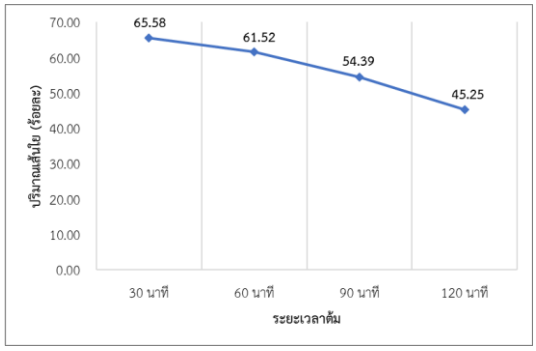
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยปริมาณเส้นใยเปลือกข้าวโพด พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายด่าง มีผลต่อปริมาณเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .000) โดยการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 2.5 กรัมต่อลิตร ให้ปริมาณเส้นใยมากกว่าการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 5.0 กรัมต่อลิตร (ร้อยละ 67.38 และ 45.98 ตามลำดับ) (รูปที่ 3) ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลายด่างที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณเส้นใยที่ได้ลดลง เพราะสารลิกนิน เฮมิเซลลูโลส เพกทินและเส้นใยสั้น ๆ ที่ยึดเกาะกับเส้นใยถูกกำจัดออกไปมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ N. D. Yilmaz [8] ที่พบว่าการใช้สารละลายด่างที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นในการแยกเส้นใยเปลือกข้าวโพด ส่งผลให้ปริมาณเส้นใยที่ได้ลดลง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ L. Nortoualee [7] ที่พบว่า การต้มฟางข้าวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น จะทำให้ได้ปริมาณเยื่อ (%Yield) ลดลง เนื่องจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับลิกนิน ทำให้พันธะระหว่างลิกนินกับคาร์โบไฮเดรตถูกทำลายมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณเยื่อลดลง




**รูปที่ 3** ผลของความเข้มข้นของสารละลายด่างต่อปริมาณเส้นใยเปลือกข้าวโพด

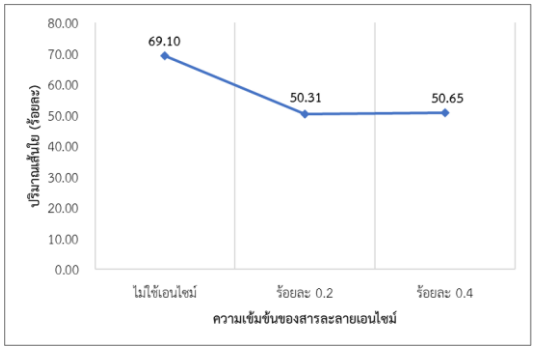
ระยะเวลาต้ม มีผลต่อปริมาณเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .000) โดยการใช้ระยะเวลาต้ม 30 60 90 และ 120 นาที ให้ปริมาณเส้นใยเฉลี่ยร้อยละ 65.58 61.52 54.39 และ 45.25 ตามลำดับ (รูปที่ 4) ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพบว่า การใช้ระยะเวลาต้ม 30 นาที ให้ปริมาณเส้นใยมากกว่าการใช้ระยะเวลาต้ม 90 และ 120 นาที การใช้ระยะเวลาต้ม 60 นาที ให้ปริมาณเส้นใยมากกว่าการใช้ระยะเวลาต้ม 90 และ 120 นาที และการใช้ระยะเวลาต้ม 90 นาที

ให้ปริมาณเส้นใยมากกว่าการใช้ระยะเวลาต้ม 120 นาที ดังนั้น การเพิ่มระยะเวลาต้มส่งผลให้ปริมาณเส้นใยที่ได้ลดลง เนื่องจากระยะเวลาที่นานขึ้นทำให้เส้นใยแตกตัวและแผ่นเยื่อบางที่เกาะเส้นใยอยู่หลุดจากเส้นใยมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณเส้นใยลดลง ผลการทดลองไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ K. Kanchanakarn et al [9] ที่พบว่าระยะเวลาต้มกาบไผ่ตงแห้งที่แตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณเส้นใยที่ได้ โดยเมื่อระยะเวลาต้มเพิ่มขึ้น ปริมาณเส้นใยที่ได้จะเพิ่มมากขึ้น เพราะกาบไผ่ตงมีโครงสร้างที่แข็ง หนาแน่น และเหนียวกว่าเปลือกข้าวโพด การใช้ระยะเวลาต้มน้อยอาจยังไม่เพียงพอที่จะสลายลิกนินและเฮมิเซลลูโลสที่ยึดเกาะเส้นใยไว้ ทำให้ได้เส้นใยออกมาน้อย เมื่อเพิ่มระยะเวลาต้ม สารยึดเกาะเหล่านี้ค่อย ๆ ถูกสลายมากขึ้น ทำให้สามารถแยกเส้นใยออกมาได้มากขึ้น




**รูปที่ 4** ผลของระยะเวลาต้มต่อปริมาณเส้นใยเปลือกข้าวโพด

ความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ มีผลต่อปริมาณเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .000) โดยการใช้สารละลายด่างเพียงอย่างเดียวโดยไม่ใช้เอนไซม์ การใช้สารละลายเอนไซม์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 และ 0.4 ให้ปริมาณเส้นใยเฉลี่ยร้อยละ 69.10 50.31 และ 50.65 ตามลำดับ (รูปที่ 5) ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพบว่า การใช้สารละลายด่างเพียงอย่างเดียวโดยไม่ใช้เอนไซม์ ให้ปริมาณเส้นใยมากกว่าการใช้สารละลายเอนไซม์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 และ 0.4 ทั้งนี้การใช้สารละลายเอนไซม์ ส่งผลให้ปริมาณเส้นใยลดลง ซึ่งอาจเกิดจากการที่เซลลูโลสส่วนอสัณฐานในผนังเซลล์ชั้นนอกถูกเอนไซม์เซลลูเลสย่อยสลาย

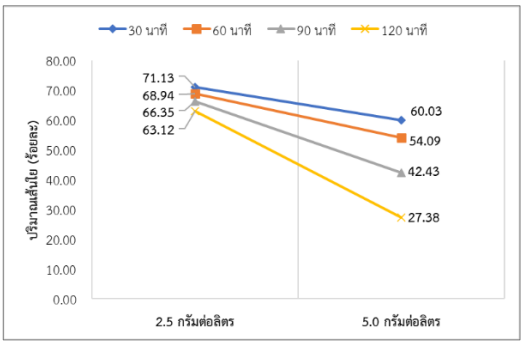



**รูปที่ 5** ผลของความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ต่อปริมาณเส้นใยเปลือกข้าวโพด

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายด่างกับระยะเวลาต้ม มีผลต่อปริมาณเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .000) ดังนี้

1) การใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 2.5 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาต้ม 30 60 90 และ 120 นาที ให้ปริมาณเส้นใยเฉลี่ยร้อยละ 71.13 68.94 66.35 และ 63.12 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพบว่า การใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 2.5 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาต้ม 30 นาที ให้ปริมาณเส้นใยมากกว่าระยะเวลาต้ม 120 นาที (รูปที่ 6)

2) การใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 5.0 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาต้ม 30 60 90 และ 120 นาที ให้ปริมาณเส้นใยเฉลี่ยร้อยละ 60.03 54.09 42.43 และ 27.38 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพบว่า การใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 5.0 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาต้ม 30 และ 60 นาที ให้ปริมาณเส้นใยมากกว่าระยะเวลาต้ม 90 และ 120 นาที และการใช้ระยะเวลาต้ม 90 นาที ให้ปริมาณเส้นใยมากกว่าระยะเวลาต้ม 120 นาที (รูปที่ 6)




**รูปที่ 6** ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายด่างกับระยะเวลาต้ม ต่อปริมาณเส้นใยเปลือกข้าวโพด

ผลการทดลองนี้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ S. Tosawat [10] ที่พบว่า การแยกเส้นใยจากไผ่สีสุกด้วยการใช้สารละลายด่างที่มีความเข้มข้นและระยะเวลาต้มน้อย ทำให้ได้ปริมาณเส้นใยน้อยกว่าการใช้สารละลายด่างที่มีความเข้มข้นมากและระยะเวลาต้มมาก เนื่องจากความเข้มข้นและระยะเวลาต้มที่น้อยไม่เพียงพอสำหรับการทำให้เส้นใยแตกตัว ซึ่งอาจเป็นเพราะกาบไผ่สีสุกมีความแข็งกระด้างกว่าจึงต้องใช้ความเข้มข้นกับระยะเวลาต้มมากกว่า

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายด่างกับความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาต้มกับความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัย ไม่มีผลต่อปริมาณเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .210$ .813 และ .965 ตามลำดับ)

## 3.2 ความยาวเส้นใยเปลือกข้าวโพด

ผลการศึกษาความยาวของเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่แยกด้วยสารละลายด่าง และสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ โดยใช้ระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน (ตารางที่ 2) พบว่า เส้นใยเปลือกข้าวโพดมีความยาวเฉลี่ย 125.13-140.98 มิลลิเมตร จัดเป็นเส้นใยสั้นแบบยาว (Long Staple Fibers) ตามเกณฑ์การแบ่งประเภทเส้นใยสั้นของ B. C. Goswami et al. [11] ที่กำหนดว่าเส้นใยที่มีความยาวตั้งแต่ 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) ขึ้นไป จัดเป็นเส้นใยสั้นแบบยาว การแยกเส้นใยด้วยสารละลายด่าง ที่มีระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน พบว่า เส้นใยมีความยาวเฉลี่ย 130.50-139.69 มิลลิเมตร โดยการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 2.5 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาต้ม 90 นาที ได้เส้นใยยาวที่สุด และระยะเวลาต้ม 120 นาที ได้เส้นใยสั้นที่สุด

สำหรับการแยกเส้นใยเปลือกข้าวโพดด้วยสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ ที่มีระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน พบว่า เส้นใยมีความยาวเฉลี่ย 125.13-140.98 มิลลิเมตร โดยการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 2.5 กรัมต่อลิตร ร่วมกับสารละลายเอนไซม์ร้อยละ 0.2 ระยะเวลาต้ม 60 นาที ได้เส้นใยยาวที่สุด และการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 5.0 กรัมต่อลิตร ร่วมกับสารละลายเอนไซม์ร้อยละ 0.2 ระยะเวลาต้ม 120 นาที ได้เส้นใยสั้นที่สุด

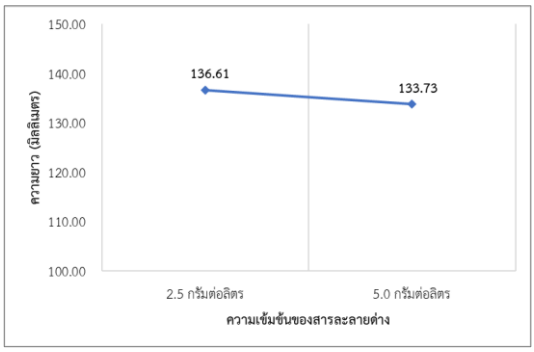
เมื่อพิจารณาความยาวเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่แยกด้วยสารละลายด่าง และสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ จะเห็นว่า การใช้เอนไซม์ทั้ง 2 ระดับ เส้นใยเปลือกข้าวโพดมีความยาวใกล้เคียงกับการใช้สารละลายด่างเพียงอย่างเดียวทุกระยะเวลาต้ม (ค่าเฉลี่ย 135.52 และ 134.99 ตามลำดับ)

**ตารางที่ 2** ค่าเฉลี่ยความยาวเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่แยกด้วยสารละลายด่างและสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ โดยใช้ระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน

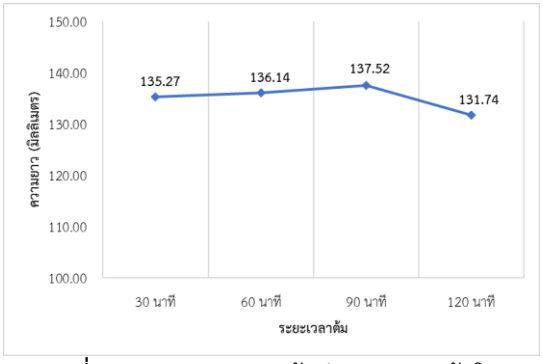
| **ความเข้มข้นของสารละลายด่าง** | **ระยะเวลาต้ม** | **ความยาวเส้นใย (มม.) ($\bar{X}$ ± SD)** | **ความเข้มข้นของสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์** | **ระยะเวลาต้ม** | **ความยาวเส้นใย (มม.) ($\bar{X}$ ± SD)** |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.5 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 135.46 ± 4.96 | 2.5 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 135.33 ± 4.74 |
| | 60 นาที | 137.52 ± 5.53 | เอนไซม์ ร้อยละ 0.2 | 60 นาที | 140.98 ± 0.79 |
| | 90 นาที | 139.69 ± 1.54 | | 90 นาที | 137.50 ± 9.84 |
| | 120 นาที | 130.50 ± 3.41 | | 120 นาที | 132.19 ± 1.74 |
| | | | 2.5 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 137.83 ± 3.89 |
| | | | เอนไซม์ ร้อยละ 0.4 | 60 นาที | 140.38 ± 4.58 |
| | | | | 90 นาที | 134.55 ± 7.23 |
| | | | | 120 นาที | 137.37 ± 0.16 |
| 5.0 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 138.33 ± 7.24 | 5.0 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 133.28 ± 2.46 |
| | 60 นาที | 133.13 ± 5.34 | เอนไซม์ ร้อยละ 0.2 | 60 นาที | 136.44 ± 3.68 |
| | 90 นาที | 137.16 ± 3.95 | | 90 นาที | 138.40 ± 9.28 |
| | 120 นาที | 132.40 ± 3.65 | | 120 นาที | 125.13 ± 0.58 |
| | | | 5.0 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 131.37 ± 3.18 |
| | | | เอนไซม์ ร้อยละ 0.4 | 60 นาที | 128.39 ± 5.73 |
| | | | | 90 นาที | 137.83 ± 1.12 |
| | | | | 120 นาที | 132.84 ± 2.91 |
| **รวม** | | **135.52 ± 5.00** | **รวม** | | **134.99 ± 5.52** |

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความยาวเส้นใยเปลือกข้าวโพด พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายด่าง มีผลต่อความยาวเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .034) โดยการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 2.5 กรัมต่อลิตร ได้เส้นใยที่มีความยาวมากกว่าการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 5.0 กรัมต่อลิตร (136.61 และ 133.73 มิลลิเมตร ตามลำดับ) (รูปที่ 7)

ระยะเวลาต้ม มีผลต่อความยาวเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .024) โดยการใช้ระยะเวลาต้ม 30 60 90 และ 120 นาที ได้เส้นใยที่มีความยาวเฉลี่ย 135.27 136.14 137.52 และ 131.74 มิลลิเมตร ตามลำดับ (รูปที่ 8) ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพบว่า การใช้ระยะเวลาต้ม 60 และ 90 นาที ได้เส้นใยที่มีความยาวมากกว่าระยะเวลาต้ม 120 นาที




**รูปที่ 7** ผลของความเข้มข้นของสารละลายด่างต่อความยาวเส้นใยเปลือกข้าวโพด




**รูปที่ 8** ผลของระยะเวลาต้มต่อความยาวเส้นใยเปลือกข้าวโพด

จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายด่างและระยะเวลาต้ม ส่งผลให้ความยาวของเส้นใยลดลง เนื่องจากเมื่อความเข้มข้นของสารละลายด่างเพิ่มขึ้น ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic) ในเซลลูโลสจะเกิดเร็วขึ้น ทำให้โซ่โมเลกุลของเซลลูโลสถูกตัดเป็นชิ้นเล็กลง ส่งผลให้เส้นใยเกิดการสลายตัวและมีความยาวลดลง [12] นอกจากนี้ ความเข้มข้นของสารละลายด่างที่สูงอาจทำให้เกิดการกัดกร่อนของโครงสร้างเส้นใย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการต้มเป็นเวลานาน

ความเข้มข้นของสารสะลายเอนไซม์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายด่างกับระยะเวลาต้ม ความเข้มข้นของสารละลายด่างกับความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ และระยะเวลาต้มกับความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ รวมถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัย ไม่มีผลต่อความยาวเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .913 .243 .357 .364 และ .519 ตามลำดับ)

### 3.3 ขนาดเส้นใยเปลือกข้าวโพด

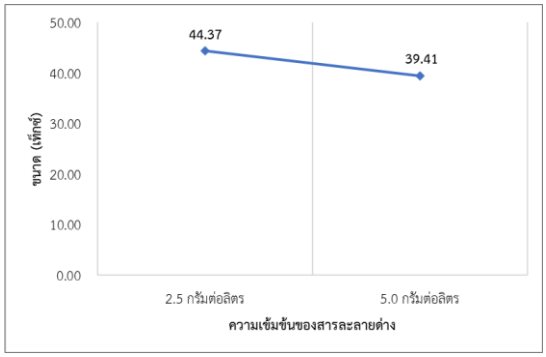
ผลการศึกษาขนาดของเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่แยกด้วยสารละลายด่าง และสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ โดยใช้ระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน (ตารางที่ 3) พบว่า เส้นใยเปลือกข้าวโพดมีขนาดเฉลี่ย 31.19-64.32 เท็กซ์ จัดเป็นเส้นใยหยาบตามเกณฑ์การจำแนกขนาดเส้นใยฝ้ายตามความละเอียดของ J. G. Cook [13] การแยกเส้นใยด้วยสารละลายด่าง ที่มีระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน เส้นใยมีขนาดเฉลี่ย 34.46-64.32 เท็กซ์ โดยการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 2.5 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาต้ม 30 นาที ได้เส้นใยขนาดใหญ่ที่สุด และการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 5.0 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาต้ม 90 นาที ได้เส้นใยขนาดเล็กที่สุด สำหรับการแยกเส้นใยเปลือกข้าวโพดด้วยสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ ที่มีระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน พบว่า เส้นใยมีขนาดเฉลี่ย 31.19-46.81 เท็กซ์ โดยการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 2.5 กรัมต่อลิตร ร่วมกับสารละลายเอนไซม์ร้อยละ 0.2 ระยะเวลาต้ม 90 นาที ได้เส้นใยขนาดใหญ่ที่สุด และการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 5.0 กรัมต่อลิตร ร่วมกับสารละลายเอนไซม์ร้อยละ 0.4 ระยะเวลาต้ม 90 นาที ได้เส้นใยขนาดเล็กที่สุด

เมื่อพิจารณาขนาดเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่แยกด้วยสารละลายด่าง และสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ จะเห็นว่า การใช้เอนไซม์ทั้ง 2 ระดับให้ขนาดเส้นใยเปลือกข้าวโพดเล็กกว่าการใช้สารละลายด่างเพียงอย่างเดียวเกือบทุกระยะเวลาต้ม (ค่าเฉลี่ย 46.56 และ 39.56 ตามลำดับ)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยขนาดเส้นใย พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายด่าง มีผลต่อขนาดเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .005) โดยการใช้สารละลายด่างความเข้มข้น 2.5 กรัมต่อลิตร ได้เส้นใยที่มีขนาดใหญ่กว่าการใช้ความเข้มข้น 5.0 กรัมต่อลิตร (44.37 และ 39.41 เท็กซ์ ตามลำดับ) (รูปที่ 9)

**ตารางที่ 3** ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่แยกด้วยสารละลายด่าง และสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ โดยใช้ระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน

| ความเข้มข้นของด่าง | ระยะเวลาต้ม | ขนาดเส้นใย (เท็กซ์) ($\bar{X} \pm SD$) | ความเข้มข้นของด่างร่วมกับเอนไซม์ | ระยะเวลาต้ม | ขนาดเส้นใย (เท็กซ์) ($\bar{X} \pm SD$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.5 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 64.32 ± 10.58 | 2.5 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 42.82 ± 2.68 |
| | 60 นาที | 52.19 ± 5.09 | เอนไซม์ ร้อยละ 0.2 | 60 นาที | 41.86 ± 1.24 |
| | 90 นาที | 44.31 ± 1.46 | | 90 นาที | 46.81 ± 7.47 |
| | 120 นาที | 40.02 ± 2.28 | | 120 นาที | 42.22 ± 0.56 |
| 2.5 กรัมต่อลิตร | | | 2.5 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 41.50 ± 10.41 |
| | | | เอนไซม์ ร้อยละ 0.4 | 60 นาที | 37.63 ± 7.84 |
| | | | | 90 นาที | 39.48 ± 3.17 |
| | | | | 120 นาที | 39.30 ± 12.93 |
| 5.0 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 46.93 ± 3.59 | 5.0 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 43.55 ± 2.92 |
| | 60 นาที | 45.85 ± 2.40 | เอนไซม์ ร้อยละ 0.2 | 60 นาที | 36.63 ± 1.09 |
| | 90 นาที | 34.46 ± 0.53 | | 90 นาที | 37.11 ± 7.60 |
| | 120 นาที | 44.38 ± 11.18 | | 120 นาที | 33.89 ± 1.06 |
| | | | 5.0 กรัมต่อลิตร | 30 นาที | 42.51 ± 9.73 |
| | | | เอนไซม์ ร้อยละ 0.4 | 60 นาที | 34.96 ± 3.95 |
| | | | | 90 นาที | 31.19 ± 2.82 |
| | | | | 120 นาที | 41.52 ± 3.34 |
| **รวม** | | **46.56 ± 9.82** | **รวม** | | **39.56 ± 5.93** |

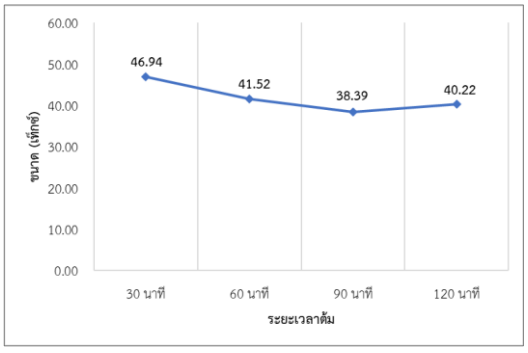



**รูปที่ 9** ผลของความเข้มข้นของสารละลายด่างต่อขนาดเส้นใยเปลือกข้าวโพด

ระยะเวลาต้ม มีผลต่อขนาดเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .009) โดยการใช้ระยะเวลาต้ม 30 60 90 และ 120 นาที ได้เส้นใยที่มีขนาดเฉลี่ย 46.94 41.52 38.39 และ 40.22 เท็กซ์ ตามลำดับ (รูปที่ 10) ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพบว่า การใช้ระยะเวลาต้ม 30 นาที ได้เส้นใยที่มีขนาดใหญ่กว่าการใช้ระยะเวลาต้ม 60 90 และ 120 นาที

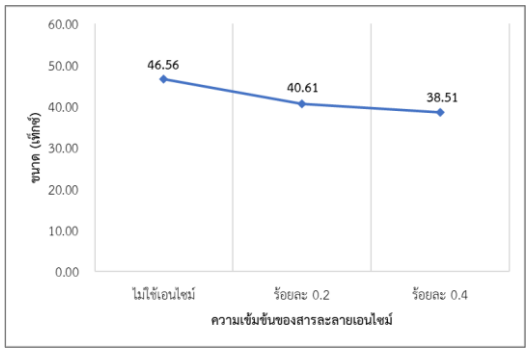
จากผลการวิจัยพบว่า ความเข้มข้นของสารละลายด่างและระยะเวลาต้มที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง เนื่องจากการใช้สารละลายด่างที่มี

ความเข้มข้นสูงและระยะเวลาต้มที่เพิ่มขึ้น จะทำให้เส้นใยเกิดการเปื่อยยุ่ยมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ S. Tosawat [10] ที่พบว่า การใช้สารละลายด่างที่มีความเข้มข้นสูงและระยะเวลาต้มที่มาก ทำให้เส้นใยไผ่สีสุกมีขนาดเล็กกว่าการใช้สารละลายความเข้มข้นต่ำและระยะเวลาน้อย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ W. Lojareonrat [14] ที่พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และระยะเวลาการปั่นกวนฟางข้าว ทำให้เส้นใยที่ได้มีลักษณะเรียวเล็กและอ่อนนุ่มขึ้น ซึ่งช่วยให้มีสมบัติการเกาะเกี่ยวที่ดีขึ้น




**รูปที่ 10** ผลของระยะเวลาต้มต่อขนาดเส้นใยเปลือกข้าวโพด

ความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ มีผลต่อขนาดเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .001) โดยการใช้สารละลายด่างเพียงอย่างเดียวโดยไม่ใช้เอนไซม์ การใช้สารละลายเอนไซม์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 และ 0.4 ได้เส้นใยที่มีขนาดเฉลี่ย 46.56 40.61 และ 38.51 เท็กซ์ ตามลำดับ (รูปที่ 11) ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพบว่า การใช้สารละลายด่างเพียงอย่างเดียวโดยไม่ใช้เอนไซม์ ได้เส้นใยที่มีขนาดใหญ่กว่าการใช้สารละลายเอนไซม์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 และ 0.4 จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การใช้สารละลายเอนไซม์ส่งผลให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง เนื่องจากเอนไซม์เซลลูเลสสามารถย่อยสลายเซลลูโลสในส่วนอสัณฐานที่ผนังเซลล์ชั้นนอกออก ทำให้โครงสร้างของเส้นใยแตกออกเป็นชิ้นเล็กลง [15] ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ N. D. Yilmaz et al. [16] ที่พบว่า การใช้เอนไซม์ทำให้เส้นใยเปลือกข้าวโพดมีขนาดเล็กลง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายด่างกับระยะเวลาต้ม ความเข้มข้นของสารละลายด่างกับความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ และระยะเวลาต้มกับความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ รวมถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัย ไม่มีผลต่อขนาดเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .344 .400 .085 และ .218 ตามลำดับ)




**รูปที่ 11** ผลของความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ต่อขนาดส้นใยเปลือกข้าวโพด

จากผลการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัย พบว่า ไม่มีผลต่อความยาวและขนาดเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากปัจจัยแต่ละชนิดมีบทบาทต่อกระบวนการแยกเส้นใยในลักษณะที่เป็นอิสระต่อกัน กล่าวคือ สารละลายด่างมีหน้าที่หลักในการละลายลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และเพกทินที่ยึดเกาะเส้นใย ส่วนระยะเวลาต้มมีผลต่อระดับการสลายตัวของสารยึดเกาะดังกล่าว ขณะที่เอนไซม์ทำหน้าที่ย่อยสลายเซลลูโลสในส่วนที่ไม่เป็นผลึกของผนังเซลล์ แม้ทั้ง 3 ปัจจัยจะมีผลต่อโครงสร้างเส้นใย แต่เมื่อใช้ร่วมกันกลับไม่ก่อให้เกิดผลเสริมซ้อน (Synergistic Effect) ที่เพียงพอจะทำให้โครงสร้างเส้นใยแตกสลายจนส่งผลต่อความยาวและขนาดเส้นใยได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ การใช้เอนไซม์ภายหลัง อาจทำให้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นใน

ขั้นตอนการต้มด้วยสารละลายด่างไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์โดยตรง จึงไม่เกิดความแตกต่างด้านความยาวและขนาดเส้นใยจากปฏิสัมพันธ์ของทั้ง 3 ปัจจัย

## 4. สรุป

การแยกเส้นใยเปลือกข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ด้วยสารละลายด่าง และสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ โดยใช้ระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน พบว่า 1) การแยกเส้นใยด้วยสารละลายด่าง ที่มีระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน ให้ปริมาณเส้นใยเฉลี่ยร้อยละ 33.33-86.67 สำหรับการแยกเส้นใยด้วยสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ ที่มีระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน ให้ปริมาณเส้นใยเฉลี่ยร้อยละ 24.18-64.73 2) การแยกเส้นใยด้วยสารละลายด่าง ที่มีระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน เส้นใยมีความยาวเฉลี่ย 130.50-139.69 มิลลิเมตร สำหรับการแยกเส้นใยด้วยสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ ที่มีระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน เส้นใยมีความยาวเฉลี่ย 125.13-140.98 มิลลิเมตร และ 3) การแยกเส้นใยด้วยสารละลายด่าง ที่มีระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน เส้นใยมีขนาดเฉลี่ย 34.46-64.32 เท็กซ์ สำหรับการแยกเส้นใยด้วยสารละลายด่างร่วมกับสารละลายเอนไซม์ ที่มีระยะเวลาต้มและความเข้มข้นต่างกัน เส้นใยมีขนาดเฉลี่ย 31.19-46.81 เท็กซ์

ปัจจัยความเข้มข้นของสารละลายด่าง ระยะเวลาต้ม และความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ ส่งผลต่อปริมาณ ความยาว และขนาดของเส้นใยเปลือกข้าวโพด ดังนี้

1) ความเข้มข้นของสารละลายด่าง ระยะเวลาต้ม ความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายด่างกับระยะเวลาต้ม มีผลต่อปริมาณเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq .05$) ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายด่างกับความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ ระยะเวลาต้มกับความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัย ไม่มีผลต่อปริมาณเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

2) ความเข้มข้นของสารละลายด่าง และระยะเวลาต้ม มีผลต่อความยาวเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq .05$) ส่วนความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัย และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัย ไม่มีผลต่อความยาวเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

3) ความเข้มข้นของสารละลายด่าง ระยะเวลาต้ม และความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ มีผลต่อขนาดเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq .05$) ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัย และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัย ไม่มีผลต่อขนาดเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

จากผลการศึกษาชี้แนะว่า การแยกเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดพันธุ์อินทรี 2 สำหรับนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำหรับผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าเครื่องแต่งกายที่ต้องการเส้นใยละเอียด ควรแยกด้วยสารละลายด่างความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ร่วมกับสารละลายเอนไซม์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ระยะเวลาต้ม 120 นาที สภาวะดังกล่าวให้เส้นใยที่มีความยาวน้อยที่สุดและขนาดเล็กที่สุด และสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ต้องการผ้าที่มีผิวสัมผัส ควรแยกด้วยสารละลายด่างความเข้มข้น 2.5 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาต้ม 30 นาที ซึ่งให้เส้นใยที่มีความยาวมากที่สุดและขนาดใหญ่ที่สุด อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และสมบัติอื่น ๆ ของเส้นใยเพิ่มเติม ได้แก่ สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติทางเคมี เพื่อสนับสนุนการนำเส้นใยเปลือกข้าวโพดไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอหรืออุตสาหกรรมอื่นได้ในอนาคต

## 5. เอกสารอ้างอิง

[1] Bureau of Agricultural Commodities Promotion and Management, "Crop Production Situation for 2023/24: Field Corn," [Online]. http://www.agriman.doae.go.th/home/news/year2567.html. [Accessed: Nov. 15, 2024].

[2] W. Tamthong, "The effects of corn varieties, layers of corn husk and fiber extraction methods on yield, chemical compositions and properties of corn husk fibers." Ph.D. dissertation, Dept. Homec., Kasetsart Univ., Bangkok., Thailand, 2019.

[3] P. Wangwan, W. Tamthong, and S. Kraisuwan, "Fibrous webs from corn husks," in *Proceeding of the 55th Kasetsart University Annual Conference,* Kasetsart University, Bangkok, Thailand, 2017, pp. 969-976.

[4] T. Tubsawat, P. Khamsong, S. Juljermsak, W. Tamthong, and S. Kraisuwan, "Physical properties of corn husk fiber bundles from animal feed corn husks and sweet corn husks," in *Proceeding of the 56th Kasetsart University Annual Conference,* Kasetsart University, Bangkok, Thailand, 2018, pp. 829-836.

[5] D. Rastogi, A. Jain, and B. Chanana, "Development of sanitary napkins using corn husk fibres in absorbent layer-an exploratory study," *Journal of Industrial Textiles*, vol. 51, no. 2, pp. 2267S-2282S, Jun. 2022.

[6] K. S. Chun, T. Maimunah, C. M. Yeng, T. K. Yeow, and O. T. Kiat, "Properties of corn husk fibre reinforced epoxy composites fabricated using vacuum-assisted resin infusion," *Journal of Physical Science*, vol. 31, no. 3, pp. 17-31, 2020.

[7] L. Nortoualee, "Increasing the value of rice straw by producing packaging paper," M. S. thesis, Off. Acad. Admin. Dev., Maejo Univ., Chiang Mai, Thailand, 2021.

[8] N. D. Yilmaz, "Effect of chemical extraction parameters on corn husk fibres characteristics," *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, No. 38, pp. 29-34, Mar. 2013.

[9] K. Kanchanakarn, S. R. N- Phuket, and K. Piromthamsiri, "Characteristics of bamboo fibers obtained from boiling Dendrocalamus Asper baker sheath in sodium hydroxide solution," *Journal of Home Economics*, vol. 58, no. 3, pp. 54-63, Sep.-Dec. 2015.

[10] S. Tosawat, "A study on the extraction of bamboo fiber from Bambusa Blumeana schult to use as textile raw material," M.S. thesis, Fac. Eng., RMUTT, Pathum Thani, Thailand, 2011.

[11] B. C. Goswami, R. D. Anandjiwala, and D. M. Hall, *Textile sizing*. New York: Marcel Dekker, Inc., 2004.

[12] P. Ivars, B. Hans, H. Jessika, and B. Allard, "Alkaline degradation of cellulose: mechanisms and kinetics," *Journal of*

*Polymers and the Environment*, vol 11, no.2, pp. 39-47, Apr. 2003.

[13] J. G. Cook. *Handbook of textile fibers vol.1 natural fibres*, 6th ed. Delhi: Replika Press Pvt Ltd., 2001.

[14] W. Lojareonrat, "The production of thermal insulation from rice straw fiber and natural rubber latex," *Kasetsart Engineering Journal,* vol. 19, no. 57, pp. 32-45, Dec.-Mar. 2006.

[15] *Handbook of Natural Fibres, Volume 2: Processing and Applications*, Padstow, Cornwall, UK: TJ International Ltd., 2012.

[16] N. D., Yilmaz, E. Çalıskan, and K. Yilmaz, "Effect of xylanase enzyme on mechanical properties of fibres extracted from undried and dried corn husks," *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, vol. 39, pp. 60-64, Mar. 2014.