

ผลของเอนไซม์เพคตินเนสและอะไมเลสต่อค่าคุณภาพด้านกายภาพเคมีของไซรัปทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ
The Effects of Pectinase and Amylase Enzyme on The Physicochemical Quality
of Sisaket Lava Durian (*Durio zibethinus* Murray) Syrup

จิรายุ มุสิก้า¹, พนารัตน์ สังข์อินทร์² และ ธนวรรณ มุสิก้า^{2*}
Jirayu Musika¹, Panarat Sungin² and Thanawan Musika^{2*}

Received: May 5, 2025

Revised: July 9, 2025

Accepted: July 9, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของเอนไซม์เพคตินเนสและอะไมเลส ต่อค่าคุณภาพด้านกายภาพเคมีของผลิตภัณฑ์ไซรัปทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ วางแผนการทดลอง central composite design (CCD) ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษามี 2 ปัจจัย คือ เอนไซม์เพคตินเนส และอะไมเลส ความเข้มข้นร้อยละ 0.05-0.20 พบว่าความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนส และอะไมเลส มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าคุณภาพของน้ำทุเรียนภูเขาไฟ โดยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของตัวแปรของร้อยละผลผลิต เท่ากับ 0.95 ปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้เท่ากับ 0.99 ความใสเท่ากับ 0.94 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 0.82 ค่าที่สูงของ R^2 บ่งบอกว่าแบบจำลองสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ดี จากการทำนายค่าพื้นที่ที่เหมาะสมพบว่าต้องใช้เอนไซม์เพคตินเนส ร้อยละ 0.12 และอะไมเลส ร้อยละ 0.18 บ่มอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 120 นาที ส่งผลให้น้ำทุเรียนภูเขาไฟ มีน้ำตาลรีดิวซ์ 10.58 กรัม/100 กรัม ความใส เท่ากับ ร้อยละ 95.83 มีปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้ 25.32 องศาบริกซ์ และปริมาณผลผลิตเท่ากับ ร้อยละ 53.85 วิธีการระเหยแบบสูญญากาศโดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 120 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตไซรัปที่ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 55.21

คำสำคัญ: ไซรัปทุเรียนภูเขาไฟ เอนไซม์เพคตินเนส เอนไซม์อะไมเลส วิธีการออกแบบพื้นผิวการตอบสนอง

ABSTRACT

This study examines the impact of pectinase and amylase enzymes on the physicochemical properties of Sisaket lava durian syrup. The experimental setup utilized a Central Composite Design (CCD), with two primary variables: enzyme concentrations of pectinase and amylase, ranging from 0.05% to 0.20%. The findings revealed that both enzymes significantly affected the quality of the lava durian juice. The coefficient of determination (R^2) values for the response variables were as follows: yield: 0.96, RSS: 0.99, clarity (%T670): 0.99, and reducing sugar: 0.82. The high R^2 values indicate that the model effectively captures the relationships between the variables. According to the response surface model, the optimal conditions for enzymatic lava durian juice production were pectinase (X1) at 0.12%, amylase (X2) at 0.18%, with incubation at 50°C for 120 minutes. Under these conditions, the predicted response values were reducing sugar at 10.58 g/100g, clarity (%T670) at 95.83%, RSS at 25.32 °Brix, and yield at 53.85%. The vacuum evaporation method at 60°C for 120 minutes was identified as the most suitable condition for syrup production, achieving the highest yield of 55.21%.

Keywords: lava durian syrup, pectinase, amylase, response surface methodology

Corresponding author e-mail: Thanawan.a@sskru.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

²สาขาเทคโนโลยีและนวัตกรรมอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

บทนำ

ทุเรียนเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยที่นำรายได้เข้าประเทศลำดับต้นๆ ของสินค้าเกษตรส่งออกทั้งหมด ตั้งแต่ปี พ.ศ.2566 ไทยส่งออกทุเรียนมูลค่า 1.4 แสนล้านบาท ขณะที่ปี 2567 ตลาดทุเรียนขยายตัวต่อเนื่องมูลค่าสูงถึง 1.5 แสนล้านบาท ทุเรียนเป็นสินค้าที่พึ่งพาตลาดส่งออกถึงร้อยละ 75 และบริโภคภายในประเทศเพียงร้อยละ 25 จากปริมาณผลผลิตทั้งหมด [1] โดยมีแหล่งปลูกหลักในภาคตะวันออกภาคใต้ รวมถึงทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ แม้ว่าจังหวัดศรีสะเกษจะไม่ใช่แหล่งปลูกทุเรียนหลัก แต่พื้นที่บางส่วน เช่น อำเภอขุนหาญ กันทรลักษณ์ และศรีรัตนะ มีศักยภาพในการปลูกทุเรียนคุณภาพสูง ที่รู้จักกันในชื่อ "ทุเรียนภูเขาไฟ ศรีสะเกษ" สายพันธุ์หมอนทอง (*Durio zibethinus* Murray) ซึ่งปลูกในดินภูเขาไฟที่มีแร่ธาตุสูงทำให้เนื้อทุเรียนแห้ง นุ่มเหนียว เส้นใยละเอียด มีกลิ่นหอมไม่ฉุน และรสชาติหวานมัน มีการผลิตตามมาตรฐานได้รับการรับรอง GAP และส่งเสริมเกษตรกรให้ได้รับใบอนุญาตตราสัญลักษณ์ GI จำนวน 447 ราย พื้นที่ 2,596.25 ไร่ รวมทั้งส่งเสริมการแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม [2] คุณค่าทางโภชนาการของทุเรียนหมอนทองต่อสัดส่วน 100 กรัมที่บริโภคได้ พลังงานทั้งหมด 185.37 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 3.65 กรัม น้ำตาล 26.69 กรัม คาร์โบไฮเดรต 34.55 กรัม โปรตีน 3.58 กรัม โยอาหาร 3.44 กรัม แคลเซียม 49.99 กรัม เหล็ก 0.31 มิลลิกรัม เถ้า 1.08 กรัม ความชื้น 57.14 กรัม และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของเนื้อทุเรียน 29.35 องศาบริกซ์ ในทุเรียนหมอนทองสุกมีสารโพลีฟีนอลทั้งหมด (total polyphenols) สูงที่สุด คือ 374.30 mg GAE ต่อ 100 กรัม [3] ซึ่งทุเรียนจัดอยู่ในกลุ่มผลไม้ประเภท climacteric fruit เมื่อเข้าสู่กระบวนการสุกจะมีการผลิตก๊าซเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้เกิดกระบวนการสุกขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีอายุการเก็บรักษาสั้น โดยการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสของทุเรียนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่นำไปสู่การไม่ยอมรับของผู้บริโภค [4] ปัจจุบันกรมส่งเสริมการเกษตรโดยสำนักงานเกษตรจังหวัดศรีสะเกษ ได้มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมและพัฒนาการปลูกทุเรียนอย่าง

ต่อเนื่อง โดยนำเอาระบบเกษตรแปลงใหญ่มาใช้เพื่อยกระดับการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เกษตรกรได้รับการสนับสนุนให้รวมกลุ่มเพื่อวางแผนการผลิต การจัดการผลผลิตร่วมกัน ตลอดจนการรวมกลุ่มเพื่อจำหน่าย โดยมีตลาดรองรับอย่างชัดเจน ส่งผลให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ตามเป้าหมาย เมื่อทุเรียนเข้าสู่ฤดูกาลเก็บเกี่ยว ผลผลิตจะมีปริมาณมาก ทำให้มีบางส่วนตกเกรดหรือไม่สามารถจำหน่ายเป็นผลสดได้ทั้งหมด เพื่อลดการสูญเสียผลผลิตและสร้างรายได้เพิ่มเติม เกษตรกรจึงได้นำผลผลิตส่วนนี้มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทุเรียนหลากหลายรูปแบบ เช่น ทุเรียนกวน ทุเรียนแช่แข็ง และไอศกรีมทุเรียน ซึ่งช่วยเพิ่มมูลค่าได้อย่างดี [2] นักวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเนื้อทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษที่มีระดับความสุกเกินรับประทานสด (เนื้อทุเรียนสุกจัดจนเละ) [5] มาพัฒนาเป็นไซรัป เนื่องจากเนื้อทุเรียนสุกมีปริมาณน้ำตาลสูง ไซรัปผลไม้ (fruit syrup) หรือน้ำเชื่อมผลไม้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีผลไม้อเป็นส่วนประกอบไม่น้อยกว่าร้อยละ 45 มีความข้นหนืดเป็นเนื้อเดียวกัน มีกลิ่นรสผลไม้ และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ไม่น้อยกว่า 65 องศาบริกซ์ ตามมาตรฐานของสถาบันมาตรฐานศรีลังกา [6] ปัจจุบันมีไซรัปทางการค้าแปรรูปจากผลไม้หลายชนิด เช่น ไซรัปเมเปิล ไซรัปอินทผาลัม ไซรัปน้ำอ้อย นิยมนำไปเจือจางเป็นเครื่องดื่ม และใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อาหารให้ความหวานและกลิ่นรสเฉพาะ [7-8] ทั้งนี้ประเทศไทยมีการกำหนดคุณภาพของน้ำเชื่อมที่ผลิตจากพืช ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไซรัปจากพืช [9] ที่กำหนดลักษณะปรากฏของไซรัปจากพืชต้องเป็นของเหลวข้น เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีผลึกน้ำตาล ไม่พบสิ่งแปลกปลอม สี และกลิ่นต้องเป็นไปตามธรรมชาติของไซรัปจากพืช มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ต้องไม่น้อยกว่า 70 องศาบริกซ์ ห้ามใช้สีและวัตถุกันเสียทุกชนิด โดยในการผลิตไซรัปประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การสกัดน้ำผลไม้และการทำให้เข้มข้น [10] ซึ่งในการผลิตไซรัปคุณสมบัติที่ต้องการ คือ ความใสของไซรัป สารที่ทำให้ให้น้ำผลไม้มีความข้น คือ เพคติน (pectin) โดยเพคตินจะอยู่ที่ผนัง

Corresponding author e-mail: Thanawan.a@sskru.ac.th

¹Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University

²Division of Food technology and innovation, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University

เซลล์ของพืช ซึ่งประกอบขึ้นจากโพลิเมอร์หลายชนิดรวมตัวกัน ประกอบด้วยเส้นใยของเซลลูโลส (cellulose) ต่อเชื่อมกัน และฝังตัวในเมทริกซ์ (matrix) ที่ซับซ้อนของเพคติน เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) โปรตีน และฟีนอลิก (phenolics) [11] ปัจจุบันมีการนำเอนไซม์ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้อย่างกว้างขวาง โดยมีวัตถุประสงค์ในการใช้ที่แตกต่างกัน คือ การสกัดน้ำผลไม้เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำผลไม้ การทำให้น้ำผลไม้ใส การทำให้เนื้อผลไม้นุ่ม และทำให้น้ำผลไม้เหลว นอกจากนี้เอนไซม์ยังช่วยลดความหนืดของน้ำผลไม้ อีกทั้งยังทำให้น้ำผลไม้ที่ได้มีสี กลิ่น และรสชาติ รวมทั้งสารอาหารต่างๆ เหมือนกับผลไม้สดที่ไม่ได้ผ่านการใช้เอนไซม์ [12] จากข้อมูลรายงานวิจัยที่ผ่านมาในการผลิตไซรัปจากตะขบโดยใช้เอนไซม์เพคตินเอสที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 ตกตะกอนในน้ำตะขบ และบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 นาที ให้ได้ปริมาณผลผลิตของน้ำตะขบเท่ากับร้อยละ 81.98 [13] ในการผลิตไซรัปโดยใช้วิธีการย่อยด้วยเอนไซม์ ซึ่งในการทดลองใช้เอนไซม์แบบผสมเชิงการค้า ที่ประกอบไปด้วยเพคตินเอส เซลลูเลส กลูโคส อะไมเลส อัลฟาอะไมเลส และโปรตีเอส จากการทดลองพบว่า ไซรัปที่ผลิตได้จากขนุนทั้งสามสายพันธุ์มีค่าสมมูลเดกซ์โทรส (DE) ระหว่าง 69-73 และมีน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น ร้อยละ 23 โดยไซรัปที่ผลิตจากขนุนพันธุ์มาเลเซียมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด [14] นอกจากนี้ยังมีรายงานเกี่ยวกับการเตรียมน้ำทุเรียน โดยใช้เอนไซม์เพคตินเอสเข้ามาช่วยย่อยสลายเพคตินในเนื้อทุเรียน ซึ่งทำให้ความหนืดลดลงจึงสกัดได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังมีการใช้เอนไซม์เพคตินเอสร่วมกับเอนไซม์ชนิดอื่น เช่น อะไมเลส [15] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเอนไซม์เพคตินเอส และอะไมเลส ต่อค่าคุณภาพด้านกายภาพเคมีของไซรัปทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1.วัตถุดิบทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ

การเตรียมตัวอย่าง ใช้ทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษสายพันธุ์หมอนทอง ที่เพาะปลูกในอำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ เก็บเกี่ยวเมื่ออายุประมาณ 120-125 วันหลังติดผล ในช่วงปลายเดือนพฤษภาคม-ต้นเดือนมิถุนายน ระยะความสุกถูกประเมินด้วยการเคาะเพื่อฟังเสียงโดยผู้เชี่ยวชาญ (local wisdom) โดยลักษณะเสียงของทุเรียนสุกเมื่อเคาะแล้วจะเกิดเสียงก้องกังวาน แสดงถึงการที่เนื้อหลวมไม่เกาะตัวกับเปลือก หรือทุเรียนอยู่ในระยะสุก สำหรับตัวอย่างทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือระยะของการสุกระดับที่ 4 (ทุเรียนสุกเกิน) โดยตัวอย่างทุเรียนสุกจะเก็บไว้หลังจากสุกเกินระยะที่สามารถบริโภคได้เป็นระยะเวลา 3-5 วัน [5] หลังจากนั้นจะถูกนำมาผ่าเอาเนื้อออก แยกเมล็ด ซึ่งเนื้อทุเรียนสุกเกินมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 29-30 องศาบริกซ์ วัดโดยใช้ Hand Refractometer (ATAGO รุ่น Hand Held Refractometer MASTER-M) หลังจากนั้นนำเนื้อทุเรียนภูเขาไฟไปปั่นด้วยไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ เป็นเวลา 10 นาที [15] จากนั้นแช่ในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ บดเนื้อทุเรียนให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นแบบมือถือ (Hand Blender ยี่ห้อ Philips รุ่น HR2543/00) บรรจุลงพลาสติกชนิด PET/PE (Polyethylene Terephthalate/Polyethylene) ในสถานะสุญญากาศ นำไปเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส สำหรับเอนไซม์ที่ใช้ทดลองเป็นเอนไซม์ทางการค้าจากบริษัท Novozymes ประเทศเดนมาร์ก ได้แก่ เอนไซม์เพคตินเอส (Pectinex® Ultra SP-L) มีกิจกรรม 26,000 PG/ml (Polygalacturonase/ml) และเอนไซม์อะไมเลส (Fungamyl® 800 L) มีกิจกรรม 1,000 FAU/ml (Fungal alpha-amylase Unit/ml)

Table 1 Matrix of experimental central composite design (CCD) for enzymatic of lava durian juice.

Treatment	X1	X2	Pectinase (X1)	Amylase (X2)
1	-1	-1	0.05	0.05
2	1	-1	0.20	0.05
3	-1	1	0.05	0.20
4	1	1	0.20	0.20
5	$-\alpha$	0	0.02	0.125
6	$+\alpha$	0	0.30	0.125
7	0	$-\alpha$	0.125	0.02
8	0	$+\alpha$	0.125	0.30
9	0	0	0.125	0.125
10	0	0	0.125	0.125
11	0	0	0.125	0.125
12	0	0	0.125	0.125
13	0	0	0.125	0.125

2. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำทุเรียน

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำทุเรียน โดยวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) มีปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัยๆ ละ 5 ระดับ ($-\alpha$, -1, 0, +1, $+\alpha$) คือ ปริมาณเอนไซม์เพคตินเนส (X1) และ อะไมเลส (X2) ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.05, 0.125, 0.20 และ 0.30 โดยปริมาตร ตามลำดับ บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยการแช่ในน้ำเดือด 10 นาทีและทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว [16] ทำการทดลองซ้ำที่จุดกึ่งกลาง 5 ซ้ำ จะได้จำนวนสิ่งทดลอง 13 สิ่งทดลอง นำน้ำทุเรียนที่สกัดได้ตรวจวัดคุณภาพทางกายภาพเคมี วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (response surface methodology) [17] โดยสร้างสมการลำดับที่ 2 เพื่อใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพกับปัจจัยที่

ศึกษา เลือกแบบจำลองที่มีระดับความเชื่อมั่นมากกว่าร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และ $R^2 > 0.75$ [7] มาสร้างกราฟพื้นที่ผิวตอบสนองเพื่อหาจุดที่เหมาะสม วิเคราะห์สมการถดถอย เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรตอบสนอง (ค่าคุณภาพ) และตัวแปรตาม (สัดส่วนของเอนไซม์ 2 องค์ประกอบ) และสร้างแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design-Expert 13 (Stat-Ease Inc., USA) การตรวจสอบค่าคุณภาพทางกายภาพเคมีของน้ำทุเรียนที่สกัดได้ดังนี้

2.1 ร้อยละผลผลิต (yield)

การคำนวณร้อยละผลผลิต เป็นค่าที่ใช้วัดปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิต เทียบกับปริมาณวัตถุดิบตั้งต้น คำนวณร้อยละผลผลิตสมการที่ 1

$$\text{ร้อยละผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำทุเรียนที่สกัดได้}}{\text{น้ำหนักเนื้อทุเรียนเริ่มต้น}} \times 100 \quad (1)$$

2.2 ปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้ (residual soluble solids; RSS)

การวัดปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้ วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total

soluble solid; TSS) โดยใช้ Hand Refractometer คำนวณปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้ จากสมการที่ 2 [18]

$$\text{ปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำทุเรียนที่สกัดได้}}{\text{น้ำหนักเนื้อทุเรียนเริ่มต้น}} \times \text{ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด} \quad (2)$$

2.3 ความใส (clarity; %T₆₇₀)

การวัดค่าความใส โดยการเจือจางตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นความเข้มข้น 1 ต่อ 10 จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 670 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ [19]

2.4 น้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar)

การวัดน้ำตาลรีดิวซ์ ด้วยวิธี DNS [20] ใช้ปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับสารละลาย DNS (3,5-Dinitrosalicylic Acid) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานกลูโคส (glucose standard)

3. การทำให้น้ำทุเรียนเข้มข้น

นำน้ำทุเรียนจากสถานะที่เหมาะสม มาทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยแบบสุญญากาศ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) มี 3 สิ่งทดลอง คือ อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส โดยกำหนดของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 70±2 องศาบริกซ์ ตรวจวัดคุณภาพกายภาพเคมี ได้แก่ ร้อยละผลผลิต (yield) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้ (RSS) ความใส (clarity; %T₆₇₀) น้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar)

และค่าสี (Hunter Lab รุ่น Hunter Lab Colorflex 4510 ยี่ห้อ Colorflex® ประเทศสหรัฐอเมริกา) นำค่าเฉลี่ยผลการทดลองมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี ANOVA และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 26 แผนการทดลอง Central Composite Design (CCD) จากนั้นวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology: RSM) วิเคราะห์สมการถดถอย เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรตอบสนอง (ค่าคุณภาพ) กับตัวแปรตาม จาก 2 ปัจจัย คือ เอนไซม์เพคตินเนส และอะไมเลส และสร้างแผนภาพ contour plot โปรแกรมสำเร็จรูป Design-Expert 13 (Stat-Ease Inc., USA)

ผลการทดลอง และวิจารณ์

ผลการศึกษากระบวนการสกัดน้ำทุเรียนภูเขาไฟ 2 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์อะไมเลส นำไปวัดค่าคุณภาพด้านกายภาพเคมี (Table 2) ร้อยละผลผลิต (yield) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้ (RSS) ความใส (clarity; %T₆₇₀) และน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยใน Table 2 สร้างกราฟพื้นผิวตอบสนองที่เหมาะสม

Table 2 Treatment schedule for two-factor CCD and the response in terms of yield, TSS, RSS, clarity (%T₆₇₀) and reducing sugar

Treatment	Yield (%)	TSS (°Brix)	RSS (°Brix)	Clarity (%T ₆₇₀)	Reducing Sugar (g/100g)
1	47.36±0.10 ^h	34.0±0.00 ^b	24.46±0.00 ^f	89.38±0.45 ^{cd}	6.50±0.02 ^e
2	52.76±0.17 ^c	34.0±0.12 ^b	24.82±0.00 ^d	98.72±0.64 ^a	6.70±0.02 ^d
3	51.06±0.23 ^e	33.5±0.00 ^d	25.21±0.12 ^c	90.61±0.72 ^c	5.30±0.04 ^f
4	56.45±0.31 ^a	33.5±0.12 ^d	25.57±0.29 ^b	99.95±0.53 ^a	10.70±0.02 ^b
5	48.14±0.20 ^g	33.7±0.12 ^c	24.76±0.00 ^e	88.13±0.73 ^d	2.16±0.02 ^g
6	54.20±0.40 ^b	33.5±0.12 ^d	25.44±0.12 ^b	96.25±0.75 ^b	7.95±0.03 ^c
7	49.32±0.32 ^f	34.0±0.00 ^b	24.49±0.00 ^f	93.80±0.47 ^c	2.16±0.02 ^g
8	56.22±0.18 ^a	33.0±0.29 ^e	25.89±0.29 ^a	96.10±0.76 ^b	7.97±0.02 ^c
9	51.91±0.21 ^d	33.5±0.00 ^d	25.07±0.29 ^{cd}	95.26±0.75 ^{bc}	10.90±0.03 ^a
10	52.95±0.45 ^c	34.5±0.12 ^a	25.12±0.12 ^c	94.67±0.34 ^{bc}	10.90±0.02 ^a
11	51.71±0.50 ^d	33.5±0.00 ^d	25.02±0.12 ^{cd}	95.66±0.79 ^{bc}	10.90±0.02 ^a
12	53.93±0.78 ^b	33.5±0.00 ^d	25.02±0.00 ^{cd}	94.68±0.57 ^{bc}	10.90±0.03 ^a
13	51.91±0.12 ^d	33.5±0.12 ^b	25.11±0.00 ^c	96.16±0.57 ^b	10.90±0.03 ^a

Treatment numbers represented enzymatic liquefaction of lava durian juice shown in Table 1.

Mean ±SD, ^{a-h} means within each column indicate significant differences ($p < 0.05$) using Duncan's multiple range test.

Table 3 Predictive regression models for quality of lava durian juice

regression	Yield (%)	RSS (°Brix)	Clarity (%T ₆₇₀)	Reducing Sugar (g/100g)
Constant	52.58	25.06	95.63	10.36
Pectinase (X1)	2.43	0.18	3.94	2.39
Amylase (X2)	1.92	0.37	0.67	2.06
Pectinase (X1)*Amylase (X2)	0.00	-	0.00	1.30
Pectinase (X1)*Pectinase (X1)	-0.70	-	-1.44	-1.58
Amylase (X2)*Amylase (X2)	-0.15	-	-0.16	-1.48
R ² (%)	0.95	0.99	0.94	0.82
lack of fit	0.85	0.78	0.08	0.82
Model	Quadratic	Linear	Quadratic	Quadratic

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม พบว่าร้อยละผลผลิต ปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้ ค่าความใส (%T₆₇₀) และน้ำตาลรีดิวซ์ มีความสัมพันธ์กับปริมาณ

เอนไซม์เพคตินเนส และอะไมเลส ดังจะเห็นได้ว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของน้ำทุเรียนภูเขาไฟ และค่าคุณภาพด้านกายภาพเคมี มีค่า R² > 0.75 และมีระดับ

Corresponding author e-mail: Thanawan.a@sskru.ac.th

¹Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University

²Division of Food technology and innovation, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University

ความเชื่อมั่นมากกว่าร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีความเหมาะสมในการใช้เป็นตัวแทนของชุดข้อมูลได้

(Table 3) นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไปสร้างกราฟพื้นที่ผิวตอบสนอง (Figure 1)

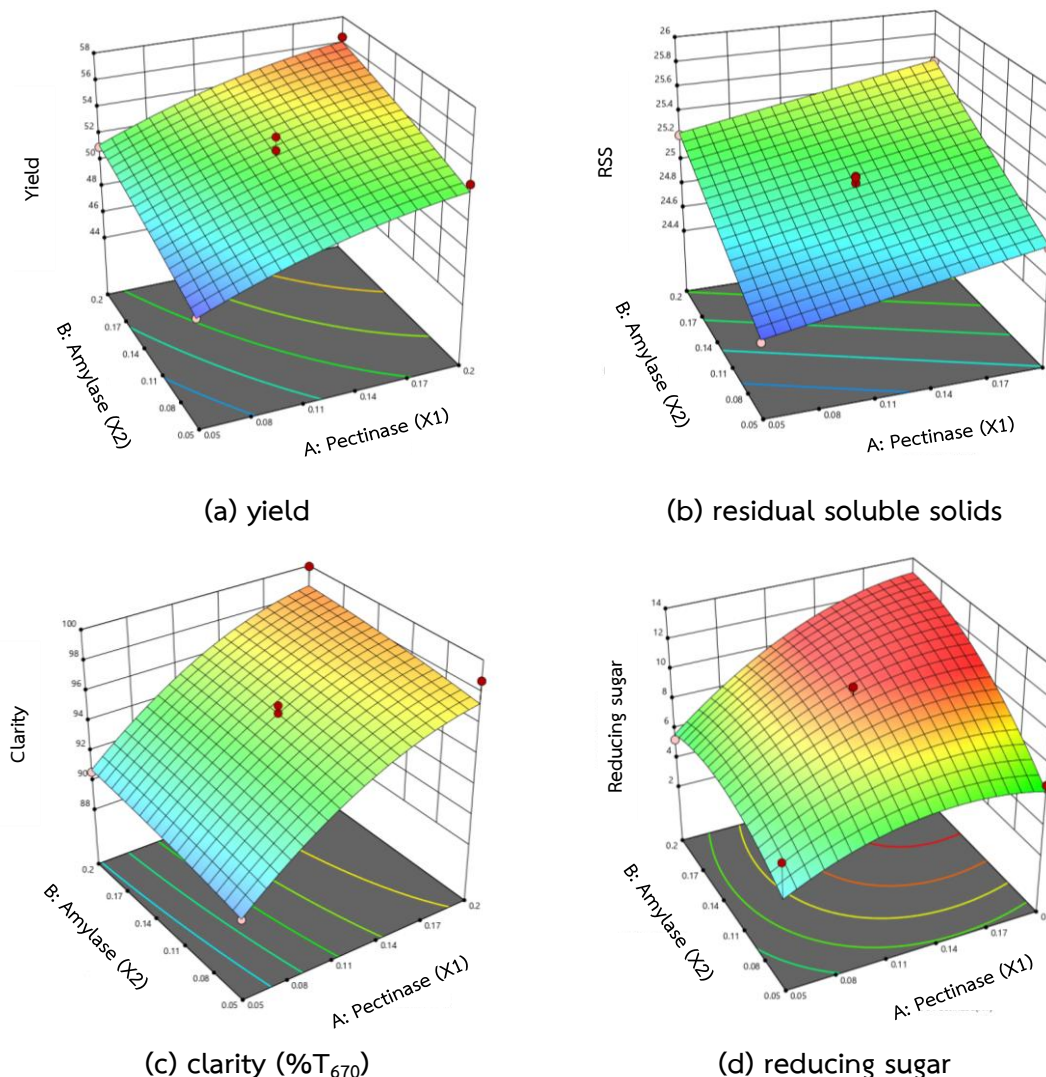


Figure 1 Response surfaces showing the effect of pectinase (X1) and amylase (X2) concentration on (a) yield (b) residual soluble solids (c) clarity (%T₆₇₀) and (d) reducing sugar

กราฟพื้นที่ผิวตอบสนอง (Figure 1) ที่แสดงผลของเอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์อะไมเลส ต่อปริมาณร้อยละผลผลิต (a) ปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้ (b) ความใส (c) และน้ำตาลรีดิวซ์ (d) ของน้ำทุเรียนพบว่าร้อยละผลผลิตมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อใช้เอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์อะไมเลสเพิ่มขึ้น และเมื่อใช้สัดส่วนของเอนไซม์เพคตินเนส ที่ร้อยละ 0.2 และเอนไซม์อะไมเลส ที่ร้อยละ 0.2 ส่งผลให้ร้อยละผลผลิต

สูงสุดเท่ากับร้อยละ 56.45 ซึ่งเอนไซม์เพคตินเนสสามารถสลายโครงสร้างของเพคตินในผนังเซลล์พืช ทำให้ของเหลวภายในเซลล์หลั่งออกมาง่ายขึ้น ส่งผลต่อปริมาณน้ำผลไม้ที่ได้ [21-22] ดังนั้นการใช้เอนไซม์เพื่อย่อยสลายหรือกำจัดเซลลูโลส เพกติน หรือเฮมิเซลลูโลส จะทำให้คุณภาพของน้ำผลไม้ดีขึ้นและเพิ่มผลผลิตในการสกัด [23] นอกจากนี้เอนไซม์อะไมเลสยังช่วยในการย่อยแป้งในผลไม้ให้กลายเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้

Corresponding author e-mail: Thanawan.a@sskru.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

²สาขาเทคโนโลยีและนวัตกรรมอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

ซึ่งช่วยเพิ่มร้อยละผลผลิตโดยรวมของการสกัด [24] เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้ (b) พบว่าเมื่อใช้เอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์อะไมเลสเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้มีค่าสูงขึ้น ซึ่งสัดส่วนของเอนไซม์เพคตินเนสร้อยละ 0.125 และเอนไซม์อะไมเลส ร้อยละ 0.3 ทำให้ปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้มีค่าสูงสุดเท่ากับ 25.89 องศาบริกซ์สำหรับความใส (c) จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์อะไมเลสในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากกราฟค่าความใสสูงสุดที่สังเกตได้จากกราฟเท่ากับ 99.95 (%T₆₇₀) เมื่อใช้สัดส่วนของเอนไซม์เพคตินเนส ร้อยละ 0.2 และเอนไซม์อะไมเลส ร้อยละ 0.2 ในการเพิ่มค่าความใสของน้ำผลไม้โดยใช้เอนไซม์เพคตินเนสนั้น เอนไซม์เพคตินเนส สามารถย่อยเพกติน ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่ทำให้ผลไม้ข้น การย่อยเพกตินจะช่วยลดความหนืด เพิ่มการกรองของน้ำผลไม้ ทำให้ความใสเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังส่งผลให้ผลผลิตน้ำผลไม้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น [25] กราฟพื้นที่ผิวตอบสนอง (Figure 1) บริเวณที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (d) ที่สูงอยู่ในช่วงร้อยละ 0.18-0.20 ของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด โดยสัดส่วนของเอนไซม์เพคตินเนสที่ร้อยละ 0.125 และอะไมเลสที่ร้อยละ 0.125

ซึ่งอยู่บริเวณจุดกึ่งกลางของกราฟพื้นที่ผิวตอบสนองนั้น ส่งผลให้น้ำตาลรีดิวซ์มีค่าสูงสุด เท่ากับร้อยละ 10.9 กรัม/100 กรัม นอกจากนี้พบว่าเมื่อสัดส่วนของเอนไซม์เกินจากช่วงร้อยละ 0.18-0.20 ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง เนื่องจากการใช้เอนไซม์มากเกินไปจะทำให้เกิดการเกิดของปฏิกิริยาไม่เพิ่มขึ้น เพราะไม่มีสตาร์ชซึ่งเป็นสารตั้งต้นเหลือพอที่จะเข้าทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ หรือจากความอิ่มตัวของเอนไซม์ต่อซับสเตรต ส่งผลให้ประสิทธิภาพลดลง [26] นอกจากนี้ยังพบว่าการย่อยแป้งในเนื้อทุเรียนด้วยอะไมเลสอาจก่อให้เกิดกลุ่มของน้ำตาลโอลิโกแซคคาไรด์ เช่น มอลโตไตรโอส หรือมอลโตเตทราแซคคาไรด์ ซึ่งอยู่ในช่วงของคาร์โบไฮเดรตขนาดกลางที่มีประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหารในมนุษย์ [27] เมื่อพิจารณาการใช้เอนไซม์เพคตินเนสเพียงอย่างเดียวไม่สามารถเพิ่มปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดเกิดจากการใช้เอนไซม์อะไมเลสในระดับสูงเป็นหลัก สอดคล้องกับกลไกของเอนไซม์อะไมเลส ที่สามารถเร่งการสลายแป้ง (starch) ไปเป็นมอลโตส และกลูโคส ซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ [28] อย่างไรก็ตามการใช้เอนไซม์เพคตินเนสเพียงอย่างเดียวจะให้ค่าน้ำตาลรีดิวซ์ที่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากไม่ได้ย่อยแป้งโดยตรง

Table 4 Determination of the physicochemical quality of lava durian juice

Physicochemical	Determination
Yield (%)	50.00-56.45
RSS (°Brix)	24.50-25.57
Clarity (%T ₆₇₀)	95.00-99.95
Reducing Sugar (g/100g)	9.50-10.9

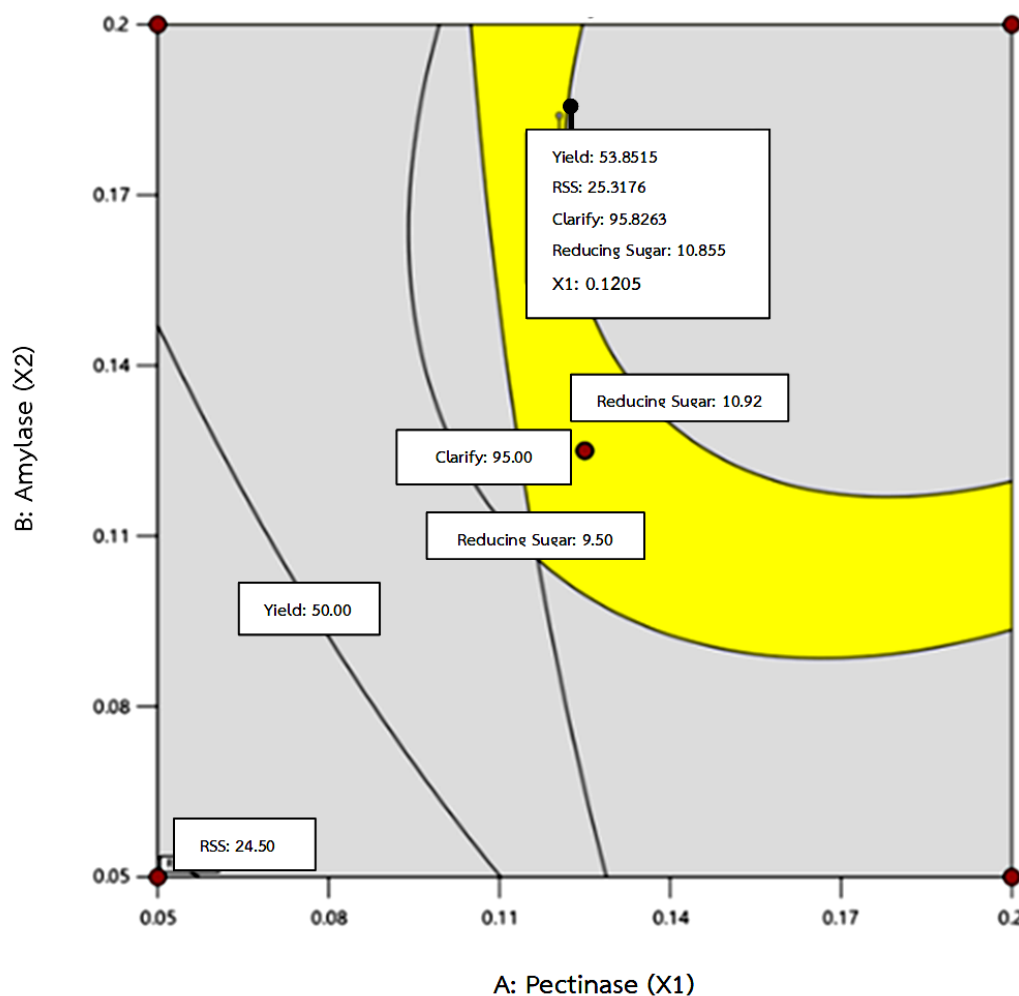


Figure 2 The 1 selected points within the superimposed contour plot of optimized area for lava durian juice among varied enzyme concentrations (0.05%-0.20%)

Table 4 และแผนภาพ Contour Plot (Figure 2) ที่ปริมาณผลผลิตอยู่ในช่วงร้อยละ 50.00-56.45 ปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้อยู่ในช่วง 24.50-25.57 องศาบริกซ์ ความใสอยู่ในช่วงร้อยละ 95.00-99.95 และน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ในช่วง 9.50-10.90 กรัม/100 กรัม จากการคำนวณค่าพื้นที่ที่เหมาะสมพบว่าใช้เอนไซม์ เพคตินเนสร้อยละ 0.12 และอะไมเลส ร้อยละ 0.18 ตามลำดับ ส่งผลให้มีน้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับ 10.58 กรัม/100 กรัม ซึ่งแสดงถึงการย่อยแบ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ในระดับที่ดี สอดคล้องกับรายงานวิจัยการผลิตน้ำทุเรียนที่มีปริมาณฟรักโทโอลิโกแซ็กคาไรด์สูง โดยใช้เอนไซม์ เพคตินเนสเติมในตัวอย่างน้ำทุเรียน และนำตัวอย่างไปต้มเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง นำไปต้มที่อุณหภูมิ 55 องศา

เซลเซียส พบว่าน้ำตาลซูโครสมีปริมาณลดลง โดยน้ำตาลฟรักโทส กลูโคส คีโตส และนิสโทส มีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเอนไซม์สามารถย่อยโมเลกุลของน้ำตาลซูโครสได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (น้ำตาลกลูโคสและฟรักโทส) ได้ อีกทั้งยังมีการสร้างน้ำตาลกลุ่มโอลิโกแซ็กคาไรด์อย่างน้ำตาลคีโตสและนิสโทสเพิ่มขึ้น [29]

ความใสเท่ากับร้อยละ 95.83 ค่าความใสของสารละลายอยู่ในระดับดีมาก แสดงว่ามีการย่อยสลายเพคตินและของแข็งแขวนลอยได้ดี ปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้เท่ากับ 25.32 องศาบริกซ์ และปริมาณผลผลิตเท่ากับร้อยละ 53.85 ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของกระบวนการย่อยแบ่งที่ดีของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด

Corresponding author e-mail: Thanawan.a@sskru.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

²สาขาเทคโนโลยีและนวัตกรรมอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

Table 5 Effect of time and temperature on yield of Lava durian syrup

Treatment of Evaporation (°C)	Time (min)	%Yield
40	180	53.80±0.23 ^b
50	150	54.00±0.17 ^{ab}
60	120	55.21±0.21 ^a

Mean ±SD, ^{a-c} means within each column indicate significant differences ($P < 0.05$) using Duncan's multiple range test.

ผลของอุณหภูมิต่อการย่อยสลายของผลผลิต พบว่า อุณหภูมิในการระเหยแบบสุญญากาศที่ 60 องศาเซลเซียส นั้นทำให้มีร้อยละผลผลิตที่สูงเท่ากับร้อยละ 55.21 ซึ่งแตกต่างจากอุณหภูมิอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

Table 6 Effect of temperature on L* a* b* and quality of Lava durian syrup

quality of Lava durian syrup	40°C	50°C	60°C
TSS (°Brix) ^{ns}	70.20±0.10	70.21±0.30	70.23±0.10
RSS (°Brix)	57.46±0.58 ^b	58.82±0.10 ^a	59.21±0.58 ^a
Clarity (%T ₆₇₀) ^{ns}	94.87±0.73	95.64±0.53	95.03±0.35
Reducing Sugar (g/100g)	10.12±0.03 ^b	10.95±0.02 ^{ab}	11.09±0.03 ^a
L*	79.00±0.13 ^a	78.62±0.40 ^a	76.35±0.10 ^b
a*	0.72±0.11 ^b	0.75±0.04 ^a	0.75±0.01 ^a
b*	37.10±0.14 ^a	37.76±0.35 ^a	33.35±0.70 ^b

Mean ±SD, ^{a-b} means within each row indicate significant differences ($P < 0.05$) using Duncan's multiple range test.

Table 6 แสดงผลของอุณหภูมิในการระเหยแบบสุญญากาศต่อค่าคุณภาพทางด้านกายภาพเคมีของไซรัปทุเรียนภูเขาไฟ พบว่าอุณหภูมิในการระเหยต่อค่าสี (L* a* b*) ของไซรัปทุเรียนภูเขาไฟ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่ออุณหภูมิในการระเหยเพิ่มขึ้นจาก 40 องศาเซลเซียส เป็น 50 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส นั้นจะทำให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ลดลง เมื่อพิจารณาค่าความเป็นแดง (a*) เมื่ออุณหภูมิในการระเหยที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากกระบวนการผลิตไซรัปทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ โดยใช้เอนไซม์อะไมเลส เพื่อย่อยแบ่งให้ได้เป็นน้ำตาลรีดิวซ์

เป็นกระบวนการผลิตที่ใช้ความร้อนไม่เกิน 90 องศาเซลเซียส ในการแปรรูป จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาที่น้ำตาลรีดิวซ์ กรดแอมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ ทำปฏิกิริยากัน โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเกิดเป็นสารเมลานอยดิน (melanoidins) ซึ่งเป็นสารสีน้ำตาล [23] นอกจากนี้การแปรรูปด้วยความร้อนยังอาจส่งผลให้สารประกอบบางชนิดที่อยู่ในวัตถุดิบเกิดการเสื่อมสภาพและย่อยสลายออกมา [30] จากสารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด และสารประกอบอื่นๆ ที่เกิดขึ้นจากการแปรรูปด้วยความร้อนจึงส่งผลให้ไซรัปมีสีเข้มขึ้น ความสว่างลดลง และเมื่อไซรัปมีสีน้ำตาลเกิดขึ้นค่าสีจึงโน้มเอียง

Corresponding author e-mail: Thanawan.a@sskru.ac.th

¹Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University

²Division of Food technology and innovation, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University

เป็นทางสีแดงและสีน้ำเงินมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการระเหยแบบสุญญากาศเป็นระบบปิดทำให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับออกซิเจนได้น้อย และใช้อุณหภูมิต่ำผลิตภัณฑ์จึงเป็นสีเหลืองทำให้มีค่าความสว่าง (L^*) สูงกว่าค่าความเป็นสีแดง (a^*) อุณหภูมิในการระเหยแบบสุญญากาศที่ 50 และ 60 องศาเซลเซียส ทำให้ไซรัปมีปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้ (RSS) เท่ากับ 58.82 และ 59.21 องศาบริกซ์ ตามลำดับ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่ควบคุมไว้ คือ 70 ± 2 องศาบริกซ์ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของไซรัปจากพืช [9] ที่กำหนดให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มีปริมาณไม่น้อยกว่า 70 องศาบริกซ์ และเป็นตามมาตรฐานของไซรัปผลไม้ (fruit cordial concentrates, fruit concentrates and fruit syrup concentrates) ของสถาบันมาตรฐานของศรีลังกา [6] ได้กำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ไซรัปจากผลไม้ควรมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ไม่ต่ำกว่า 65 องศาบริกซ์ เพื่อให้ได้ความหวาน และความหนืดที่เหมาะสมกับการบริโภคและการเก็บรักษา [31] สอดคล้องกับรายงานวิจัยการผลิตไซรัปจากขนุน จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ทองประเสริฐ พันธุ์มาเลเซีย และพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดอุบลราชธานี ที่เติมเอนไซม์ทางการค้าผสมหลายชนิด ได้แก่ เพคตินเนส เซลลูเลส อัลฟาอะไมเลส และโปรตีเอสในขั้นตอนการเตรียมน้ำขนุนสำหรับผลิตไซรัปจากขนุน โดยทำการบ่มที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ก่อนนำไประเหยในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนได้ไซรัปที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็น 72 องศาบริกซ์ โดยไซรัปจากขนุนพันธุ์มาเลเซียมีน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด [14] จากผลการทดลองความใสของไซรัปทุเรียนภูเขาไฟของไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ซึ่งแสดงว่าอุณหภูมิการระเหยไม่ส่งผลกระทบต่อความใสของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อนำน้ำทุเรียนมาผ่านกระบวนการระเหยแบบสุญญากาศ พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ส่งผลทำให้ค่าน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 11.09 กรัม/100 กรัม การระเหยแบบ

สุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ผลิตภัณฑ์ไซรัปที่มีคุณภาพดี ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีระเหยแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเพื่อให้ น้ำทุเรียนภูเขาไฟเข้มข้นขึ้น ซึ่งไซรัปทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำทุเรียนที่ผ่านการสกัดโดยใช้เอนไซม์ จากนั้นมาทำให้เข้มข้น มีลักษณะเป็นน้ำเชื่อมเหลว ข้นหนืด สีเหลืองใส มีรสชาติหวาน และมีกลิ่นหอมของทุเรียน สามารถนำไปปรุงรสชาติของเครื่องดื่ม และอาหารได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมหวาน ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์นม และเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากทุเรียนที่มีระดับความสุกเกินรับประทานสดได้ สอดคล้องกับรายงานวิจัยที่ผ่านมาที่ศึกษาการผลิตน้ำทุเรียนที่มีปริมาณฟรักโทโอลิโกแซ็กคาไรด์สูงโดยใช้เอนไซม์ Pectinex® Ultra SP-L ส่งผลทำให้ปริมาณน้ำตาลซูโครสในน้ำทุเรียนมีปริมาณลดลงและมีปริมาณ fructooligosaccharide (FOS) เพิ่มขึ้น [29]

สรุปผล

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของเอนไซม์อะไมเลส และเพคตินเนสมีอิทธิพลต่อคุณภาพทางกายภาพเคมีของน้ำที่สกัดได้จากทุเรียนภูเขาไฟ โดยสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ คือ การใช้เอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์อะไมเลส ร้อยละ 0.12 และร้อยละ 0.18 ตามลำดับ กระบวนการผลิตไซรัปทุเรียน บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ใช้วิธีการทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยแบบสุญญากาศที่ 60 องศาเซลเซียส เวลา 120 นาที ไซรัปจากทุเรียนภูเขาไฟที่ได้มีค่าคุณภาพดีขึ้นในด้านร้อยละผลผลิต ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ โดยไม่ส่งผลต่อค่าความใสของผลิตภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากทุนอุดหนุนคณะกรรมการและวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

Corresponding author e-mail: Thanawan.a@sskru.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

²สาขาเทคโนโลยีและนวัตกรรมอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Trade Policy and Strategy Office Ministry of Commerce. (2 0 2 5). Durian is an important agricultural export product that all agencies must help take care. [Online] Available from <https://tpso.go.th/news/2503-0000000014> [Accessed April 1, 2025].
- [2] Sisaket Provincial Agricultural Extension Office. (2024). The Srisaket lava durian season has begun. It is believed that this year the price will be good and farmers will be able to sell for more than 2 billion baht. [Online] Available from <https://www.doe.go.th/%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B9%89%E0%B8%A7%E0%B8%A4%E0%B8%94%E0%B8%B9%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A5%E0%B8%97%E0%B8%B8%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%99/> [Accessed April 1, 2025].
- [3] Aziz, N.A.A. and Jalil, A.M.M. (2019). Bioactive compound, nutritional value, and potential health benefits of indigenous durian (*Durio zibethinus* Murr.): A review. *Foods*. 8(3): 96. doi:10.3390/foods8030096.
- [4] Muangmoon, M., Chanthavornpaith, S., Dhamvithee, P., Jangchad, A. and Boonbumrung, S. (2012). Firmness changes of fresh-cut durian cv. Monthong and Chanee dependent on storage temperatures. *Agricultural Science Journal*. 43 (3, Suppl.): 564–567. (in Thai).
- [5] Haruenkit, R., Poovarodom, S., Vearasilp, S., Namiesnik, J., Sliwka-Kaszynska, M., Park, Y.S., Heo, B.G., Cho, J.Y., Jang, H.G. and Gorinstein, S. (2010). Comparison of bioactive compounds, antioxidant and antiproliferative activities of Mon Thong durian during ripening. *Food Chemistry*. 118(3): 540–547. doi:10.1016/j.foodchem.2009.05.022.
- [6] Sri Lanka Standards Institution. (1985). SLS 730: Specification for fruit cordial concentrates, fruit squash concentrates and fruit syrup concentrates (First revision). Colombo, Sri Lanka: SLSI.
- [7] Chaiyo, M. (2011). Qualitative comparison of banana syrup from refined sugar and refined sugar. Master's thesis, Srinakharinwirot University. Bangkok, Thailand. (in Thai).
- [8] Alsenaien, W.A., Alamer, R.A., Tang, Z.X., Albahrani, S.A., Al-Ghannam, M.A. and Aleid, S.M. (2015). Substitution of sugar with dates powder and dates syrup in cookies making. *Advanced Journal of Food Science and Technology*. 8(1): 8–13.
- [9] Thai Industrial Standards Institute. (2018). Thai community product standard of syrup from plant. [Online] Available from <https://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx> [Accessed June 10, 2025]. (in Thai).
- [10] Panyasawan, C., Haruthaithanasan, V. and Chompreeda, P. (2004). Development of concentrated syrup from banana (*Musa acuminata* ‘Gross Michel’) by using enzyme. In *Proceedings of the 42nd*

Corresponding author e-mail: Thanawan.a@sskru.ac.th

¹Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University

²Division of Food technology and innovation, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University

- Kasetsart University Academic Conference, Q02: Food Processing; Q04: Food Composition, pp. 434–441. February 3–6, 2004. Bangkok, Thailand. (in Thai).
- [11] Thongsuk, T. (2010). Factors affecting texture changes and texture improvement techniques of processed fruit and vegetable products. *Maharakham University Journal of Science and Technology*. 29: 456–469.
- [12] Supajanya, W. and Anprung, P. (1994). Extraction of durian syrup by pectinases, cellulases, and amylases under simultaneous and sequential reactions. *Journal of Food*. 24: 173–180.
- [13] Wachirasakchai, M., Oupathumpanont, O. and Parnsakhorn, S. (2017). The results of pectinase enzyme temperature and incubation time on the quality *Muntingia calabura* L. syrup. *Khon Kaen Agricultural Journal*. 45(3): 401–408. (in Thai).
- [14] Phomkong, W., Wachum, M. and Inree, R. (2015). Quality jackfruit syrup using different jackfruit varieties. *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*. 17(2): 9–16.
- [15] Norjana, I. and Noor-Aziah, A. A. (2011). Quality attributes of durian (*Durio zibethinus* Murr.) juice after pectinase enzyme treatment. *International Food Research Journal*. 18: 1117–1122.
- [16] Sukuntaros, T., Vichai, H., Penkwan, C. and Thongchai, S. (2007). Optimization of pectinase enzyme liquefaction of banana Gros Michel for banana syrup production. *Journal of Kasetsart (Natural Science)*. 41(4): 740–750. (in Thai).
- [17] Hu, R. (1999). Food product design. Technomic Publishing Company, Inc.
- [18] Al-Hooti, S.N., Sidhu, J.S., Al-Sager, J.M. and Al-Othman, A. (2002). Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulose enzyme treatment. *Food Chemistry*. 79: 215–220.
- [19] Johnson, J.R., Braddock, R.J. and Chen, C.S. (1995). Kinetics of ascorbic acid loss and nonenzymatic browning in orange juice serum: Experimental rate constants. *Journal of Food Science*. 60(3): 502–505.
- [20] AOAC. (2016). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- [21] Kashyap, D.R., Vohra, P.K., Chopra, S. and Tewari, R. (2001). Applications of pectinases in the commercial sector: A review. *Bioresource Technology*. 77(3): 215–227. doi:10.1016/S0960-8524(00)00114-1.
- [22] Kumar, S. (2015). Role of enzymes in fruit juice processing and its quality enhancement. *Advanced in Applied Science Research*. 6(6): 114–124.
- [23] Sharma, H.P., Patel, H. and Sugandha. (2017). Enzymatic added extraction and clarification of fruit juices: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 57(6): 1215–1227. doi:10.1080/10408398.2014.977434.
- [24] Ahmad, A., Sogi, D. S. and Sood, M. (2010). Optimization of enzymatic clarification of apple juice using response surface

- methodology. *Journal of Food Science and Technology*. 47(4): 387–392.
- [25] Patel, V. B., Chatterjee, S. and Dhoble, A. S. (2022). A review on pectinase properties, application in juice clarification, and membranes as immobilization support. *Journal of Food Science*. 87(8): 3338–3354. doi:10.1111/1750-3841.16233.
- [26] Scanlon, M. G., Henrich, A. W., & Whitaker, J. R. (2018). Factors affecting enzyme activity in food processing. In R. Y. Yada (Ed.), *Proteins in food processing* (2nd ed., pp. 337–365). Woodhead Publishing. doi:10.1016/B978-0-08-100722-8.00014-0.
- [27] Roberfroid, M. (2007). Prebiotics: The concept revisited. *The Journal of Nutrition*. 137(3 Suppl 2): 830S–837S. doi:10.1093/jn/137.3.830S.
- [28] Dhake, K. P. and Patil, M. B. (2012). Application of amylase enzyme for juice clarification. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*. 3(3): 1176–1179.
- [29] Chaichana, N. (2022). Production of durian drink with high fructooligosaccharide content. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Food Technology Department of Food Technology. Faculty of science Chulalongkorn University. Bangkok, Thailand. (in Thai).
- [30] Nhu, N. T. H., Suong, N. T. D. and Thuy, N. M. (2018). Using response surface methodology to optimize parameters of enzymatic process for increasing juice yield and bioactive compounds from *gandaria*. *CTU Journal of Science*. 54: 56–64.
- [31] Saengkrajang, W., Chaijan, M. and Panpipat, W. (2021). Physicochemical properties and nutritional compositions of nipa palm (*Nypa fruticans* Wurmb) syrup. *NFS Journal*. 23: 58–65.