ผลของเอนไซม์เพคติเนส อุณหภูมิและระยะเวลาในการบ่มต่อคุณภาพไซรัปจากตะขบ

The results of pectinase enzyme temperature and incubation time on the quality *Muntingia Calabura L.* syrup

มยุรา วชิรศักดิ์ชัย[1*], อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์[1] และ สุนัน ปานสาคร[2]

Mayura Wachirasakchai[1*], Orawan Oupathumpanont[1] and Sunan Parnsakhorn[2]

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเอนไซม์เพคติเนส อุณหภูมิ และระยะเวลาในการบ่มต่อคุณภาพไซรัปจากตะขบ ดำเนินการทดลองโดย 1) คั้นน้ำตะขบจากผลสุกสีแดง โดยการปั่นแยก 2) นำน้ำตะขบมาทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เพคติเนส ซึ่งปัจจัยที่ทำการศึกษามี 3 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณเอนไซม์เพคติเนส (0.5 และ 1% โดยปริมาตร/น้ำหนัก) อุณหภูมิในการบ่ม (40 และ 60 องศาเซลเซียส) และ ระยะเวลาในการบ่ม (120 และ 240 นาที) วางแผนการทดลองแบบ 2x2x2 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) มี 8 ทรีทเมนท์ โดยในแต่ละทรีทเม้นต์ทำการวัดค่าละ 3 ซ้ำ 3) นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ร้อยละของน้ำตะขบที่สกัดได้ (%Yield) ความสว่าง และการส่องผ่านแสง จากนั้นทำน้ำตะขบให้เข้มข้นโดยวิธีระเหยแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ไซรัปก่อนนำไปวิเคราะห์ คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความสว่าง การส่องผ่านแสง และความหนืด ผลการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำตะขบ คือ ปริมาณเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 1% บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 นาที ซึ่งให้ปริมาณผลผลิตของน้ำตะขบ 81.98% จากการ วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า น้ำตะขบมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 43.23 และมีค่าการส่องผ่านแสง (%T_{650}) เท่ากับ 52.63 เมื่อนำไประเหย ไซรัปจากตะขบที่ได้มีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 30.44 ค่าการส่องผ่านแสง (%T_{650}) เท่ากับ 10.33 และมีค่าความหนืด เท่ากับ 731.83 เซนติพอยส์

คำสำคัญ: การตกตะกอน, เอนไซม์เพคติเนส, การระเหย

ABSTRACT: The objectives of the present research were to study the effect of pectinases temperature and incubation time on *Muntingia Calabura L.* syrup quality. Conducting experiments by 1) Squeeze *Muntingia Calabura L.* by spin extractor. 2) Study the optimum conditions for the pectinase enzyme the study is 3 factors as follows pectinases (0.5 and 1% v/w) temperature (40 and 60 ^{o}C) and incubation time (120 and 240 min.). Experimental design was 2x2x2 Factorial in Completely Randomized Design (CRD). There are 8 treatments. By treatment each of the measurements 3 repeated. 3) They were analyzed physical quality include *Muntingia Calabura L.* juice yield brightness (L*) and transmission. *Muntingia Calabura L.* juice was concentrated by vacuum evaporator at 60 ^{o}C. *Muntingia Calabura L.* syrup to analyze the physical properties include brightness (L*) transmission and viscosity. The optimum conditions

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Home Economics Technology, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12110

[2] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12110

* Corresponding author: mayura_w@mail.rmutt.ac.th

to seditmentaiton *Muntingia Calabura L.* juice extraction were1% pectinases at 40 °C for incubation time 240 min. Which provides *Muntingia Calabura L.* juice yield 81.98%. The physical quality analysis of *Muntingia Calabura L.* juice were brightness (L*) 43.23 and transmission ($\%T_{650}$) 52.63. The physical quality analysis of *Muntingia Calabura L.* syrup were brightness (L*) 30.44 transmission ($\%T_{650}$) 10.33 and viscosity 731.83 cP.
Keywords: seditmentaiton, pectinases, evaporation

บทนำ

ตะขบ (*Muntingia Calabura L.*) เป็นไม้ยืนต้นผลัดใบขนาดกลาง สามารถออกดอกติดผลได้ตลอดทั้งปี พบได้ทั่วไปในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ตะขบเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม และฟอสฟอรัส และยังมีสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารไลโคปีน แอนโธไซยานิน กรดเอลลาจิก และกรดแกลลิก ซึ่งช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งหลายชนิด ยังช่วยดูดซับคลอเรสเตอรอล และช่วยลดความเสี่ยงเส้นเลือดสมองแตก ผลตะขบสุกมีรสหวาน มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว และมีปริมาณน้ำตาลสูง (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2546), (อรวัลภ์, 2554) จึงเหมาะที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตไซรัปจากตะขบ ไซรัปผลไม้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำผลไม้ที่ผลิตจากผลไม้สดมาทำให้เข้มข้น (ชิดชัย, 2547) เป็นการถนอมอาหารโดยการใช้น้ำตาลความเข้มข้นสูงผสมกับน้ำผลไม้ เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เข้มข้น ที่มีค่า water activity (a_w) ต่ำ ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ไซรัปจึงสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน มีลักษณะเป็นของเหลว มีความหนืดสูง มีกลิ่นรสของผลไม้ มีส่วนของน้ำผลไม้ไม่น้อยกว่า 25% และมีปริมาณสารที่ละลายน้ำได้อย่างน้อย 65% แต่มีความเป็นกรดต่ำ ถ้ามีน้ำตาลน้อยกว่า 68% ต้องใช้สารกันเสีย (preservative) ช่วยในการเก็บรักษาหากต้องการดื่มเป็นเครื่องดื่มต้องทำให้เจือจางก่อนดื่ม ซึ่งควรมีสารที่ละลายน้ำ 10-20% และมีความเป็นกรด 0.5-0.6% (อังคาร และนภาภรณ์, 2550) ในการผลิตไซรัปคุณสมบัติที่ต้องการ คือ ความใสของไซรัป สารที่ทำให้น้ำผลไม้มีความข้น คือ เพคติน (Pectin) โดยเพคตินจะอยู่ที่ผนังเซลล์ของพืช ซึ่งประกอบขึ้นจากโพลิเมอร์หลายชนิดรวมตัวกัน ประกอบด้วยเส้นใยของเซลลูโลส (Cellulose) ต่อเชื่อมกัน และฝังตัวในเมทริกซ์ (Matrix) ที่ซับซ้อนของเพคติน เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) โปรตีน และฟินอลลิก (Phenolics) (ทิพวรรณ, 2553)

ปัจจุบันมีการนำเอนไซม์ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้อย่างกว้างขวาง ได้แก่ การทำน้ำมันหรือการเพิ่มผลผลิตในการสกัดน้ำมัน และอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ โดยมีวัตถุประสงค์ในการใช้ที่แตกต่างกัน คือ การสกัดน้ำผลไม้เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำผลไม้ การทำให้น้ำผลไม้ใส การทำให้เนื้อผลไม้นิ่ม และทำให้ผลไม้เหลว นอกจากนี้เอนไซม์ยังช่วยลดความหนืดของน้ำผลไม้ อีกทั้งยังทำให้น้ำผลไม้ที่ได้มีสี กลิ่น และรสชาติ รวมทั้งสารอาหารต่างๆ เหมือนกับผลไม้สดที่ไม่ได้ผ่านการใช้เอนไซม์ (วิภาดา และปราณี, 2537) เอนไซม์เพคติเนสเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสารประกอบเพคตินที่ผนังเซลล์พืช มีผลทำให้สารประกอบเพคตินมีขนาดโมเลกุลสั้นลง ส่งผลให้เนื้อสัมผัสที่แน่นมีความอ่อนตัว ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำผลไม้ที่สกัดได้ (สมฤดี, 2555) น้ำผลไม้มีลักษณะปรากฏ 2 อย่าง คือ ใส และขุ่น การผลิตน้ำผลไม้ใส มีกระบวนการที่ต้องผ่านขั้นตอนสำคัญ คือ หลังจากการคั้นน้ำผลไม้จะคั้นแยกตะกอนแขวนลอยของเพคติน เซลลูโลส ออกไป ถ้าเป็นตะกอนแข็ง เรียกเซลล์หิน (Stone Cell) สามารถกรองออกได้ง่ายด้วยตะแกรงหรือแรงเหวี่ยง แต่ถ้าหากเป็นเซลล์สำลี (Cotton Cell) หรือเซลล์แขวนลอยของคาร์โบไฮเดรต ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งเพคติน เซลลูโลส เมื่อรวมกับโปรตีนจะกรองแยกออกได้ยาก จึงต้องใช้วิธีของเอนไซม์เพคติเนสย่อยสลายสายเพคตินให้เปิดออก เพื่อให้โมเลกุลโปรตีนในคอลลอยด์ และเพคตินมารวมกันเกิดเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้นจะได้มีโอกาสตกตะกอนได้ง่ายขึ้น (ปราณี, 2558) เนื่องจากตะขบเป็นผลไม้ที่มีสารประกอบประเภทเพคตินอยู่ ทำให้การสกัดโดยการบีบหรือคั้นทำให้สกัดได้ยากและได้ผลผลิตน้อย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเอนไซม์เพคติเนสต่อคุณภาพไซรัปจากตะขบ ซึ่งมีแนวคิดนำเอนไซม์มาใช้ในการช่วยย่อยสารประกอบประเภทเพคตินในน้ำตะขบ โดยการใช้เอนไซม์เพคติเนส เพื่อทำให้น้ำตะขบมีความหนืดลดลง และทำให้น้ำตะขบใสขึ้น

วิธีการศึกษา

แผนการทดลอง

การเตรียมน้ำตะขบ ทำการเตรียมน้ำตะขบ โดยใช้ลูกตะขบที่มีสีแดงทั้งผล ทำการแยกก้านและใบออก ล้างลูกตะขบให้สะอาดด้วยน้ำสะอาด พักลูกตะขบไว้ในตะกร้าให้สะเด็ดน้ำ นำลูกตะขบมาทำการปั่นแยกกาก (Juice extractor) ยี่ห้อ Nesco จะได้น้ำตะขบที่มีลักษณะข้น มีเนื้อและเมล็ดบางส่วนอยู่ในน้ำตะขบ

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เพคติเนส มีขั้นตอน ดังนี้ 1) คั้นน้ำตะขบจากผลสุกสีแดง โดยการปั่นแยกด้วยเครื่องปั่นแยกกาก (Juice extractor) ยี่ห้อ Nesco 2) นำน้ำตะขบที่ได้มาทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เพคติเนส โดยทำการศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณเอนไซม์เพคติเนส มี 2 ระดับ คือ 0.5 และ 1% อุณหภูมิในการบ่ม มี 2 ระดับ คือ 40 และ 60 องศาเซลเซียส และ ระยะเวลาในการบ่ม มี 2 ระดับ คือ 120 และ 240 นาที ทำการวางแผนการทดลองแบบ 2x2x2 Factorial in CRD ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 8 ทรีทเมนต์ (**Table 1**) บ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) ยี่ห้อ WiseBath จากนั้นนำน้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนสมาหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยแช่ในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที และทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว นำน้ำตะขบที่ได้มาแยกน้ำและเนื้อด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ยี่ห้อ Hermle รุ่น Z-300 (2,000 รอบ/นาที) เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำน้ำตะขบที่ได้ไประเหยทำให้เข้มข้น 65 องศาบริกซ์ โดยใช้วิธีระเหยแบบสุญญากาศ (Vacuum Rotary Evaporator) ยี่ห้อ Buchi รุ่น R-200/V Basic ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยในแต่ละตัวอย่างทำการวัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

Table 1 %Pectinas temperature and incubation time

Treatments	Pectinas (%)	Temperature (°C)	Incubation Time (min.)
1	0.5	40	120
2	0.5	40	240
3	0.5	60	120
4	0.5	60	240
5	1	40	120
6	1	40	240
7	1	60	120
8	1	60	240

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของไซรัปจากตะขบ

การวิเคราะห์ร้อยละของผลผลิต (%Yield) การหาร้อยละของผลผลิตน้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนส โดยนำน้ำตะขบที่ตกตะกอนจากเอนไซม์เพคติเนสที่ได้มาหาปริมาณ ซึ่งคำนวณจากสมการ (ชิดชัย, 2547) ดังนี้

$$\text{ร้อยละผลผลิตของน้ำตะขบที่ตกตะกอน} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำตะขบที่สกัดได้}}{\text{น้ำหนักน้ำตะขบเริ่มต้น}} \times 100$$

การวิเคราะห์ความสว่าง (Lightness) นำตัวอย่างไซรัปจากตะขบมาวัดความสว่างด้วยเครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab Lovibond รุ่น SP60 บริษัท เอช. เอ. รีเสริช จำกัด) โดยบรรจุตัวอย่างไซรัปจากตะขบลงใน Cuvette ขนาด 7 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมไว้วางลงบนแท่นของเครื่องวัดค่าสี อ่านค่าความสว่างโดยใช้ระบบ Hunter Lab โดยค่าที่วัดได้จะเป็นค่า L* โดยค่า L* (Lightness) เป็นค่าแสดงความสว่าง คือ มีค่าตั้งแต่ 0 แสดงความเป็นสีดำ ถึง 100 แสดงความเป็นสีขาว

การวิเคราะห์การส่องผ่านแสง (Transmission) นำตัวอย่างไซรัปจากตะขบมาวัดความใส ด้วยเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer ยี่ห้อ Biochrom รุ่น S12 โดยบรรจุตัวอย่างไซรัปจากตะขบลงใน Cuvette ขนาด 3.5 มิลลิลิตร นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่แท่นของเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer อ่านค่าร้อยละของการทะลุผ่านของแสง (% Transmittance, %T) ใช้ความยาวคลื่นที่ระดับ 650 นาโนเมตร บันทึกค่า

การวิเคราะห์ความหนืด (Viscosity) ทำการวัดค่าความหนืดของไซรัปจากตะขบด้วยเครื่อง Brookfield viscometer รุ่น DV-III โดยนำตัวอย่างไซรัปจากตะขบใส่บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้หัววัดความหนืดขนาดเบอร์ 4 (Spindle No.4) และกำหนดค่าความเร็วรอบในการหมุนหัวเข็ม 90 รอบ/นาที อ่านค่าความหนืดภายใน 2 นาที ทำการบันทึกค่า

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance, ANOVA) ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95 เปอร์เซ็นต์ และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (T-Test)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาผลของเอนไซม์เพคติเนส อุณหภูมิ และระยะเวลาในการบ่มต่อคุณภาพไซรัปจากตะขบ ได้ผลดังนี้การวิเคราะห์ร้อยละของน้ำตะขบที่สกัดได้จากการนำตัวอย่างน้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนสทั้ง 8 ทรีทเมนต์ มาทำการวิเคราะห์การวิเคราะห์ร้อยละของน้ำตะขบที่สกัดได้ **(Table 2)** พบว่า น้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนสทรีทเมนต์ที่ 6 ใช้เอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 1% (81.98%) บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 240 นาที ได้เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตน้ำตะขบที่สกัดได้ปริมาณในมากที่สุด จะเห็นได้ว่าสิ่งทดลองที่ใช้ปริมาณเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สมฤดี (2555) ได้กล่าวว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของเอนไซม์เพคติเนส ต่อน้ำผลไม้สูงขึ้น ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารเริ่มต้น (Substrate) ของเอนไซม์เพคติเนส คือ สารประกอบเพคติน เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของพืช (Cell Wall) การใช้เอนไซม์เพคติเนสทำให้เพคตินถูกทำลาย ทำให้ของเหลวและสารประกอบต่างๆ ที่อยู่ภายในเซลล์ถูกปลดปล่อยออกมา ทำให้สกัดน้ำผลไม้ง่ายขึ้น และยังพบว่า อุณหภูมิในการบ่มและระยะเวลาในการบ่มเป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ (ชิดชัย, 2547), (วิภาดา และปราณี, 2537)

Table 2 The yield results of *Muntingia calabura L*. juice after sedimentation by pectinase

Treatments	Pectinas (%)	Temperature (°C)	Incubation Time (min.)	%Yield
1	0.5	40	120	64.60[h]
2	0.5	40	240	74.61[b]
3	0.5	60	120	65.52[g]
4	0.5	60	240	68.17[f]
5	1	40	120	71.61[e]
6	1	40	240	81.98[a]
7	1	60	120	72.05[d]
8	1	60	240	73.68[c]

[a,b,c] Means in the same column with different superscripts differ significantly (P<0.05)

การวิเคราะห์ค่าความสว่างน้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนส และไซรัปจากตะขบ จากการนำตัวอย่างน้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนส และตัวอย่างไซรัปจากตะขบทั้ง 8 ทรีทเมนต์ มาทำการวิเคราะห์ค่าความสว่างด้วยเครื่อง Hunter Lab (Figure 2) พบว่า น้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนส และไซรัปจากตะขบ ทรีทเมนต์ที่ 6 ใช้เอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 1% บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 240 นาที มีค่าความสว่างสูงที่สุด (L* = 43.23 และ 30.44) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากปริมาณเอนไซม์เพคติเนส ในระดับมากส่งผลให้สิ่งทดลองมีค่าความสว่างสูงขึ้น โดยจะพบว่าเอนไซม์เพคติเนสมีคุณสมบัติในการช่วยให้ไซรัปจากตะขบมีความใสขึ้น เพราะเอนไซม์เพคติเนสมีคุณสมบัติสามารถทำให้น้ำผลไม้ใส โดยเป็นการกำจัดทั้งเพคติน โปรตีน และแป้ง ในน้ำผลไม้ให้หมดไป จนไม่มีตะกอนตกค้างไม่ว่าจะเก็บไว้ที่อุณหภูมิใด เหมาะกับน้ำผลไม้ที่ต้องการเฉพาะกลิ่น และรส แต่ไม่ต้องการความขุ่นของเนื้อผลไม้ (ปราณี, 2535)

เมื่อนำค่าความสว่างของน้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนส และไซรัปจากตะขบ ทั้ง 8 ทรีทเมนต์มาเปรียบเทียบค่า T-Test พบว่า สภาวะในการทำงานของเอนไซม์เพคติเนสทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณเอนไซม์เพคติเนส อุณหภูมิ และระยะเวลาในการบ่ม มีผลต่อการตกตะกอนของน้ำตะขบ ซึ่งทำให้ค่าความสว่างของน้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนสแตกต่างกัน จึงทำให้มีผลต่อการผลิตไซรัปจากตะขบ และแต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อรุษา และคณะ (2553) ได้กล่าวว่า การใช้การระเหยที่สภาวะสุญญากาศร่วมกับการใช้เอนไซม์ทำให้น้ำผลไม้เข้มข้นมีความสว่างมากที่สุด เนื่องจากเมื่อน้ำตาลได้รับความร้อนสูงเกินจุดหลอมเหลวจะเกิดการเกิดการสูญเสียน้ำ โดยไม่มีสารประกอบพวกโปรตีน และอะมิโนซึ่งน้ำตาลที่บริสุทธิ์จะเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (Caramelization) ได้รวดเร็วที่อุณหภูมิสูง ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยานั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และเวลา (พรพิมล และคณะ, 2557)

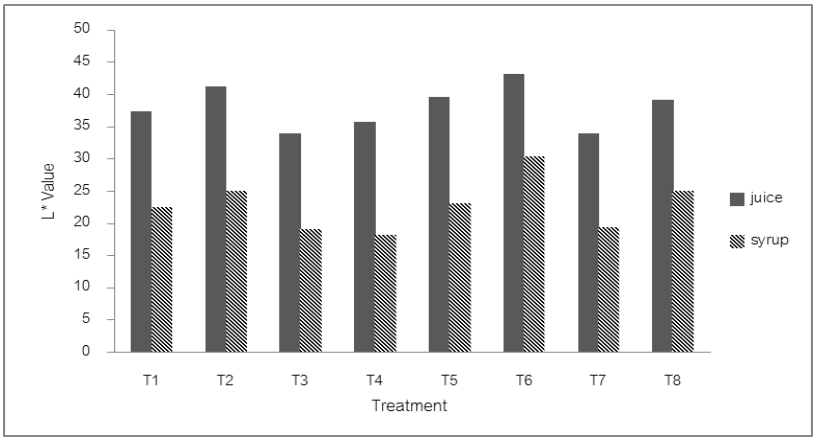


Figure 2 Brightness (L* value) of *Muntingia calabura L*. juice after sedimentation by pectinase and *Muntingia calabura L*. syrup

การวิเคราะห์ค่าการส่องผ่านแสงน้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนส และไซรัปจากตะขบ จากการนำตัวอย่างน้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนส และตัวอย่างไซรัปจากตะขบทั้ง 8 ทรีทเมนต์มาทำการวิเคราะห์ค่าการส่องผ่านแสงด้วยเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer **(Figure 3)** พบว่า น้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนส และไซรัปจากตะขบ ทรีทเมนต์ที่ 6 ใช้เอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 1% บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 240 นาที มีค่าการส่องผ่านแสงมากที่สุด ($\%T_{650}$ = 52.63 และ 10.33) จะเห็นได้ว่า ระยะเวลาในการบ่ม 120 นาที และ 240 นาที มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเอนไซม์เพคติเนสมีลักษณะปฏิกิริยาของการย่อยสลายพันธะไกลโคซิลในเพคตินหรือกรดเพคติก แล้วได้สารโพลิเมอร์สายสั้นที่สายหนึ่งมีปลายรีดิวซ์ และอีกสายโพลีเมิร์มีพันธะคู่ (ปราณี, 2535) เนื่องจากการที่เอนไซม์เพคติเนส ช่วยทำให้โมเลกุลของโปรตีนในคอลลอยด์ และเพคตินรวมตัวเกิดเป็นโมเลกุลใหญ่และตกตะกอน ทำให้น้ำผลไม้ที่ได้ใสขึ้น (ศุภศิลป์ และคณะ, 2550) อมรรัตน์ (2545) ได้กล่าวว่า ปริมาณเอนไซม์ และระยะเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้น ทำให้เอนไซม์สามารถย่อยสารประกอบ เพคตินที่อยู่ในน้ำผลไม้มากขึ้น ทำให้สารประกอบที่แขวนลอยอยู่ตกตะกอนแยกออกจากน้ำผลไม้มากขึ้น

เมื่อนำค่าการการส่องผ่านแสงของน้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนสและไซรัปจากตะขบทั้ง 8 ทรีทเมนต์มาเปรียบเทียบค่า T-Test พบว่า ปริมาณเอนไซม์เพคติเนส อุณหภูมิ และระยะเวลาในการบ่ม มีผลต่อการตกตะกอนของน้ำตะขบ ซึ่งทำให้น้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนสมีค่าการส่องผ่านแสงแตกต่างกัน ซึ่งทำให้มีผลต่อการผลิตไซรัปจากตะขบ และแต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ชิดชัย และคณะ (2547) ได้กล่าวว่า การระเหยแบบสุญญากาศเป็นการระเหยที่ทำให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับออกซิเจนได้น้อยและใช้อุณหภูมิต่ำ ซึ่งทำให้มีออกซิเจนในกระบวนการระเหยน้อยลงทำให้ออกซิเจนมีโอกาสสัมผัสกับไซรัปน้อยลง เรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) โดยมีหลายปัจจัยในการทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้แก่ ความเข้มข้นของออกซิเจน อุณหภูมิ และพื้นที่ผิวต่อปริมาตร เป็นต้น (อังคาร และนภาภรณ์, 2550) อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ด้านสี ความใส และกลิ่น

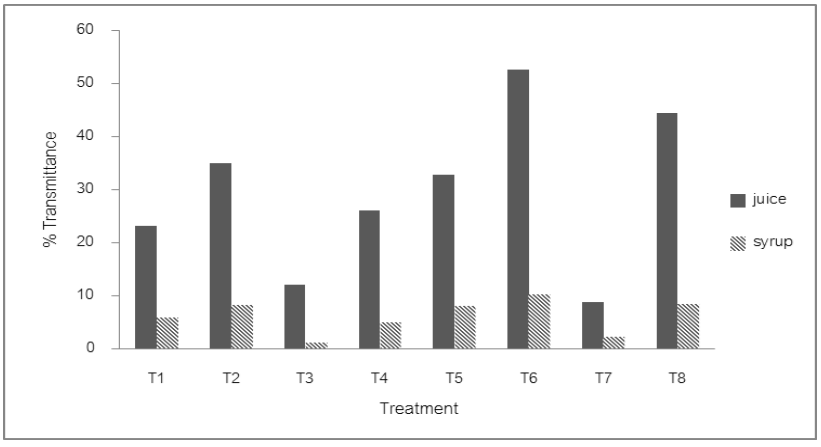


Figure 3 Clarity ($\%T_{650}$) of *Muntingia calabura L*. juice after sedimentation by pectinase and *Muntingia calabura L*. syrup

การวิเคราะห์ค่าความหนืดของไซรัปจากตะขบ จากการนำตัวอย่างไซรัปจากตะขบทั้ง 8 ทรีทเมนต์ มาทำการวิเคราะห์ค่าความหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield viscometer **(Figure 4)** พบว่า ไซรัปจากตะขบทรีทเมนต์ที่ 6 ใช้เอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 1% บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 240 นาที มีค่าความหนืดน้อยที่สุด (731.83 cP) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของสิ่งทดลองทั้ง 8 สิ่งทดลอง อรุณี และปราณี (2536) ได้กล่าวว่า เวลาในการบ่มของเอนไซม์ เกิดการทำให้เป็นของเหลว (Liquefaction) ที่เกือบสมบูรณ์นั้นคือ ผนังเซลพืชถูกทำลายของเหลวภายในเซลล์ถูกปลดปล่อยออกมาหมด และโพลีแซคคาร์ไรด์ทุกชนิดรวมทั้งสารประกอบเพตตินที่ผนังเซลล์พืชถูกย่อย ทำให้มีโมเลกุลที่เล็กลงละลายลงสู่ส่วนที่เป็นของเหลว และอมรรัตน์ (2545) ได้กล่าวว่า การใช้เอนไซม์เพคติเนสในน้ำผลไม้จะทำให้น้ำผลไม้มีความหนืดลดลง

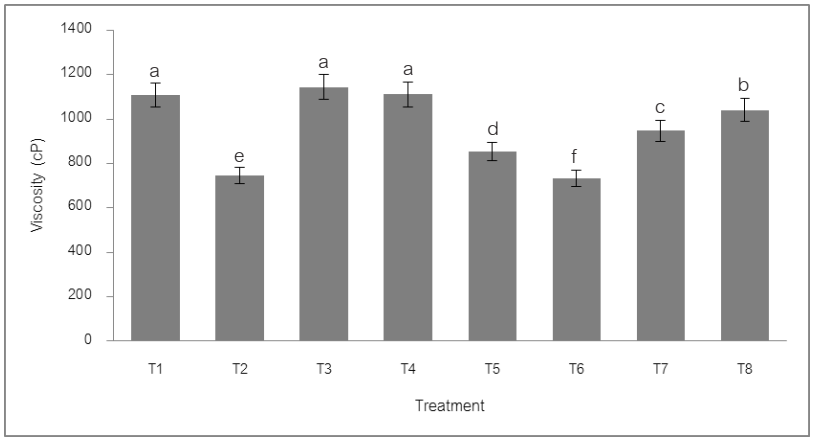


Figure 4 Viscosity of *Muntingia calabura L*. syrup

สรุป

จากการศึกษาวิจัยผลของเอนไซม์เพคติเนส อุณหภูมิ และระยะเวลาในการบ่มต่อคุณภาพไซรัปจากตะขบ พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไซรัปจากตะขบ คือ ปริมาณเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 1% อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 240 นาที และเมื่อนำมาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพด้านความสว่าง (L*) การส่องผ่านแสง ($\%T_{650}$) และความหนืด พบว่า น้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคติเนส และไซรัปจากตะขบ ทรีทเมนต์ที่ 6 มีค่าความสว่าง (30.44) ค่าการส่องผ่านแสงสูงที่สุด (10.33) และมีค่าความหนืดน้อยที่สุด (731.83 cP) ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำมาผลิตไซรัป

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ ปานสาคร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เสียสละเวลาอันมีค่าในการอบรมสั่งสอน และชี้แนะแนวทางในการจัดทำบทความวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยี คหกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. 2546. คู่มือการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ ตะขบต้นไม้ใจดี. โรงพิมพ์ครุสภา, กรุงเทพฯ.

ชิดชัย ปัญญาสวรรค์. 2547. การพัฒนาไซรัปเข้มข้นจากกล้วยหอมทองโดยการใช้เอนไซม์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทิพวรรณ ทองสุข. 2553. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและเทคนิคการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผักผลไม้แปรรูป. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 29: 456-469.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2535. เอนไซม์ทางอาหารตอนที่ 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วิภาดา ศุภจรรยา และ ปราณี อ่านเปรื่อง. 2537. การสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียนโดยการใช้เอนไซม์ เพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องและแบบตามลำดับ. อาหาร. 24: 173-180.

ศุภศิลป์ มณีรัตน์, อรัญ หันพงศ์กิตติกูล และวาสนา มู่สา. 2550. การเปรียบเทียบการทำไวน์ผลไม้ให้ใสโดยใช้เอนไซม์ เพคติเนสกับวิธีการอื่นๆ . มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, สงขลา.

สมฤดี ไทพาณิชย์. 2555. กระบวนการแปรรูปด้วยเอนไซม์และการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยของไซรัปขนุนชนิดผง. เทคโนโลยีการอาหาร. 7: 31-39.

อังคาร กานแก้ว และ นภาภรณ์ มูลทองหลาง. 2550. การปรับปรุงกระบวนการผลิตไซรัปน้ำอ้อย. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, นครราชสีมา.

อมรรัตน์ มุขประเสริฐ. 2545. การทำน้ำฝรั่งให้ใสโดยวิธีทางเคมีและชีวเคมี. วิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 12: 57-64.

อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์. 2554. การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากลูกตะขบโดยการทำแห้ง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

อรุณี เพียรทวีรัชต์ และ ปราณี อ่านเปรื่อง. 2536. ผลของเพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลสต่อการผลิตน้ำกล้วยหอม. อาหาร. 23: 188-196.

อรุษา เชาวนลิขิต, อรัญญา มิ่งเมือง, ธิดารัตน์ กิจบรรลือวิทย์ และน้ำปรุง ชลดำรงกุล. 2553. ผลกระทบของกระบวนการแปรรูปต่อคุณภาพน้ำมังคุดแบบเข้มข้น. ศรีนครินทรวิโรฒ (วิทย.). 2: 99-106.