การผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียน (Durio zibethinus Linn.) เข้มข้นโดยการใช้เอนไซม์

นางสาววิภาดา ศุภจรรยา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ.2537

ISBN 974-583-907-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF CONCENTRATED DURIAN (*Durio zibethinus* Linn.) SYRUP USING ENZYMES

Miss Wipada Supajanya

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Food Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-583-907-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียน (Durio zibethinus Linn.) เข้มข้นโดยการใช้เอนไซม์
โดย	นางสาววิภาดา ศุภจรรยา
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อ่านเปรื่อง

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อ่านเปรื่อง)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายวรุณี ชัยวานิชศิริ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.พาสวดี ฤทัยฐานนท์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

วิภาดา ศุภจรรยา : การผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียน (*Durio zibethinus* Linn.) เข้มข้นโดยการใช้เอนไซม์ (PRODUCTION OF CONCENTRATED DURIAN (*Durio zibethinus* Linn.) SYRUP USING ENZYMES) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ปราณี อ่านเปรื่อง, 162 หน้า. ISBN 974-583-907-8

ทุเรียนเป็นผลไม้ประเภท pulpy fruit มีเนื้อมาก น้ำน้อย ความหนืดสูง และมีกลิ่นรสแรงจัด ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าทุเรียนมีแป้ง เพคติน และ เส้นใย เป็นองค์ประกอบร้อยละ14.08, 0.85 และ 4.25 ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ขัดขวางการสกัดน้ำผลไม้ งานวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาบทบาทของเอนไซม์ในการผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นโดยใช้เอนไซม์ทางการค้า 3 ชนิด คือ เพคติเนส (Pectinex Ultra SP-L), เซลลูเลส (Celluclast 1.5 L) และอะมัยเลส (Rohalase M3) โดยการศึกษาหาอุณหภูมิ ความเข้มข้นของเอนไซม์และเวลาที่เหมาะสม ในการสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นจากเนื้อทุเรียนบด ภายใต้ภาวะปฏิกิริยาของเอนไซม์ร่วมกันแบบต่อเนื่อง (simultaneous reaction) และแบบตามลำดับขั้น (sequential reaction) ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้เพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ความเข้มข้นร้อยละ 1.5, 1.0 และ 0.5 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักเนื้อทุเรียนบด บ่มภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมงจะให้ปริมาณผลผลิตสูงสุดร้อยละ 40.45 และพบว่าเอนไซม์เพคติเนสและเซลลูเลสจะมีผลต่อค่าร้อยละของการลดความหนืดของเนื้อทุเรียนบดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนการใช้เอนไซม์ร่วมกัน 3 ชนิด จะมีผลต่อค่าร้อยละของผลผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อทำการสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นภายใต้ภาวะปฏิกิริยาของเอนไซม์แบบตามลำดับขั้นโดยใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์แต่ละชนิดร้อยละ 0.5 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักเนื้อทุเรียนบด บ่มเพคติเนสที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วจึงเติมเซลลูเลสบ่มต่อที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเติมอะมัยเลสบ่มต่อที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะให้ปริมาณผลผลิตของหัวน้ำเชื้อทุเรียนร้อยละ 44.49 แต่จะพบว่าหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นที่สกัดภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบตามลำดับจะมีกลิ่นไม่ดีเท่ากับกรณีของปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง ลักษณะของหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นที่สกัดได้จะมีลักษณะใส และยังคงมีกลิ่นรสธรรมชาติของทุเรียน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 37 °Brix และ pH เท่ากับ 6.8 และผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์อาหารที่ผสมหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นในไอศกรีม นม และโดนัทราดไอซิ่ง พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีกลิ่นและรสของทุเรียนสด และมีคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน และผลิตภัณฑ์นี้ยังรักษาคุณสมบัติเดิมตลอดระยะเวลาการเก็บ

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต วิภาดา ศุภจรรยา

สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ปราณี อ่านเปรื่อง

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

บทคัดย่อและบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เป็นเพียงบทคัดย่อ

C326735 MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEY WORD: CONCENTRATED DURIAN SYRUP/ PECTINASE/ CELLULASE/ AMYLASE/ SHELF LIFE
WIPADA SUPAJANYA : PRODUCTION OF CONCENTRATED DURIAN (*Durio zibethinus* Linn.) SYRUP USING ENZYMES. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. PRANEE ANPRUNG, Ph.D. 162 pp.
ISBN 974-583-907-8

Durian is the pulpy fruit that had a high pulp, low moisture content, high viscosity and very strong smell. The chemical composition of durian include starch, pectin and crude fiber with and amount of 14.08%, 0.05% and 4.25%, respectively. This component hindered juice extraction. This research aims to study the role of enzymes to produce concentrated durian syrup using three commercial enzymes available Pectinex Ultra SP-L (pectinases), Celluclast 1.5 L (cellulases) and Rohalase M3 (amylases). The optimum condition such as temperature, concentration and incubation time were observed in the extraction of concentrated durian syrup under simultaneous and sequential reaction. The maximum durian syrup yield of 40.45% was obtained from incubated pectinase 1.5% (V/W), cellulase 1.0% (V/W) and amylase 0.5% (V/W) at 45 ^{o}C for 5 hours under simultaneous reaction. It was found that the synergistic activities of pectinase and cellulase decreased viscosity of durian pulp significantly ($p \leq 0.05$) and the synergistic activities of three enzymes improved juice yield significantly ($p \leq 0.05$). Under sequential reaction, the incubation of pectinase 0.5% (V/W) at 45 ^{o}C for 2 hours, cellulase 0.5% (V/W) at 50 ^{o}C for 1 hour and amylase 0.5% (V/W) at 45 ^{o}C for 3 hours improved yield of durian syrup to 44.49% but its aroma was not as good as the syrup obtained from simultaneous reaction. Concentrated durian syrups produced using the both proposed methods had clear juice, aroma and flavor of natural fruit with total soluble solid of 37 ^{o}Brix, and pH 6.8. The sensory evaluation of food product flavored with concentrated durian syrup such as ice-cream, milk and doughnut had a natural durian flavor and excellent acceptable flavor and aroma. Moreover, it was found that the shelf life of the produced syrup under storage temperature of 4-10 ^{o}C was 3 months and the 3 month-old syrup still retained all original properties with storage time.

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต วิภาดา สุปัญญา

สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ประนี อ่านพริ้ง

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อ่านเปรื่อง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้าโดยให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหาในทุกๆด้าน คอยเอาใจใส่ดูแลและให้กำลังใจข้าพเจ้า ทำให้ข้าพเจ้ามีความมุ่งมั่นพยายามในการทำวิจัยจนสำเร็จ และส่งเสริมให้ข้าพเจ้ามีส่วนร่วมในการเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการต่างๆ อีกทั้งยังช่วยติดต่อขอความอนุเคราะห์จากบริษัทต่างๆ และติดต่อใช้อุปกรณ์จากภาควิชาวัสดุศาสตร์และภาควิชาจุลชีววิทยา และให้ยืมเอกสารประกอบเพื่อเสริมความรู้ จนเป็นผลให้งานวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ ในการอนุญาตให้ข้าพเจ้าขอใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆในงานวิจัย จนได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทต่างๆอย่างดี ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ กรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.พาสวดี ฤทัยยานนท์ ที่ได้ให้ความรู้และคำปรึกษาในเรื่องการใช้เครื่อง Lovibond อีกทั้งยังเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ด้วย ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้พื้นฐานต่างๆซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณ บริษัท อีสต์เอเชียติก (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L และ Celluclast 1.5 L ตลอดงานวิจัย ขอขอบพระคุณบริษัท ฟูดแอนด์คอสเมติกส์ ซีสเท็มส์ จำกัด ที่อนุเคราะห์เอนไซม์ Rohalase M3 ตลอดงานวิจัย ขอขอบพระคุณ บริษัท ห้องเย็นเจริญรักษ์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องเย็นในการเก็บเนื้อทุเรียนแช่แข็งตลอดงานวิจัย ขอขอบพระคุณ บริษัท ลิควิด คาร์บอนิค (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่อง cryogenic freezer ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้เงินอุดหนุนการค้นคว้าและวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ควบคุมห้องปฏิบัติการของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารที่อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือต่างๆ และขอขอบคุณเพื่อน พี่ และน้อง ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกคนที่ให้กำลังใจแก่ผู้เขียนเสมอมา ขอขอบคุณ คุณธัญญวัฒน์ รุ่งทิวาสุวรรณ ที่ให้คำปรึกษาเรื่องการแจกแจงชนิดและระดับความเข้มของกลิ่นหัวน้ำเชื้อทุเรียน ขอขอบคุณ คุณจิดาภา ศรีมุข คุณกฤษณพล วิชพันธุ์ และคุณศศิน เฉลิมลาภ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการถ่ายรูปและการจัดทำรายงานจนรูปเล่มเสร็จสมบูรณ์ สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่ และน้อง ที่คอยให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในทุกด้าน คอยให้กำลังใจ ให้ความสะดวกและเอาใจใส่ดูแลให้ผู้เขียนบรรลุเป้าหมายและประสบความสำเร็จในการศึกษาตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

2 วารสารปริทัศน์ 5

- ทุเรียน 5
- โครงสร้างของเนื้อเยื่อผลไม้และองค์ประกอบทางเคมีของโพลิแซคคาไรด์ในเซลล์พืช 10
- เอนไซม์ย่อยสลายโพลิแซคคาไรด์ 16
- เอนไซม์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ในทางการค้า 25
- การประยุกต์ใช้เอนไซม์ในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ 29

3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย 39

- อุปกรณ์ 39
- วัสดุและสารเคมี 40
- วิธีการดำเนินงานวิจัย 47

หน้า

4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 53
- องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเนื้อทุเรียนบด 53
- สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้น 56
  - อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียน 56
  - ผลของความเข้มข้นของการใช้เอนไซม์ร่วมกันของเพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ที่เหมาะสมภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง.... 63
  - ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาย่อยสลายเนื้อทุเรียนบดที่เหมาะสม 72
- สมบัติทางกายภาพของหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นที่สกัดโดยใช้เอนไซม์ 87
- อายุการเก็บของหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้น 91
- เปรียบเทียบสมบัติทางประสาทสัมผัสระหว่างหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นที่สกัดได้โดยการใช้เอนไซม์กับหัวน้ำเชื้อทุเรียนสังเคราะห์ 100
- การแจกแจงชนิดและระดับความเข้มของกลิ่นทางประสาทสัมผัส (flavor profile) ของหัวน้ำเชื้อทุเรียน เข้มข้นชนิดต่างๆ 106

5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 110
- สรุปผลการทดลอง 110
- ข้อเสนอแนะ 114

รายการอ้างอิง 117

ภาคผนวก 124
- ภาคผนวก ก. 125
- ภาคผนวก ข. 146
- ภาคผนวก ค. 159

ประวัติผู้เขียน 162

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 สรุปสถิติการเพาะปลูกไม้ผลยืนต้น ปีการเพาะปลูก 2531/2532 2

1.2 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกทุเรียน 3

2.1 ผลการวิเคราะห์คุณค่าอาหารในเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนี 100 กรัม 7

2.2 ตัวอย่างเอนไซม์ทางการค้าที่ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ 27

4.1 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเนื้อทุเรียนบด 53

4.2 ค่าร้อยละของการลดความหนืดของเนื้อทุเรียนบด เมื่อใช้เพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ชนิดเดียวที่อุณหภูมิต่างๆกัน 57

4.3 ค่าร้อยละของการลดความหนืดของเนื้อทุเรียนบดและค่าร้อยละของผลผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียน เมื่อใช้เพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ร่วมกันภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง บ่มที่อุณหภูมิต่างๆ 61

4.4 ค่าร้อยละของผลผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้น เมื่อใช้ความเข้มข้นของเพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ที่ระดับต่างๆ บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง ... 64

4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าร้อยละของผลผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียน เมื่อใช้ความเข้มข้นของเพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ที่ระดับต่างๆ และบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง 66

4.6 ค่าร้อยละของการลดความหนืดของเนื้อทุเรียนบด เมื่อใช้ความเข้มข้นของเพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ที่ระดับต่างๆ บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง 67

ตารางที่ หน้า

4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าร้อยละของการลดความหนืดของเนื้อทุเรียนบด เมื่อใช้ความเข้มข้นของเพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ที่ระดับต่างๆ และบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ... 68

4.8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการลดความหนืดของเนื้อทุเรียนบด เมื่อใช้ความเข้มข้นของเพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ที่ระดับต่างๆ บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง 69

4.9 ค่าร้อยละของการลดความหนืดของเนื้อทุเรียนบด และค่าร้อยละของผลผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียน เมื่อใช้ความเข้มข้นของเพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ร่วมกันที่ระดับต่างๆ และบ่มที่ระยะเวลาต่างๆกัน ภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง 73

4.10 ค่าร้อยละของการลดความหนืดของเนื้อทุเรียนบด เมื่อใช้เพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ร่วมกันภายใต้ภาวะปฏิกิริยาตามลำดับ และบ่มที่ระยะเวลาต่างๆกัน 77

4.11 ค่าร้อยละของผลผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียน เมื่อใช้เพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ร่วมกันภายใต้ภาวะปฏิกิริยาตามลำดับ และบ่มที่ระยะเวลาต่างๆกัน 79

4.12 สมบัติทางกายภาพของหัวน้ำเชื้อทุเรียนที่สกัดโดยการใช้เอนไซม์ 88

4.13 จำนวนจุลินทรีย์ที่พบในหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้น เก็บที่อุณหภูมิห้องเย็น ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆกัน 92

4.14 จำนวนจุลินทรีย์ที่พบในหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้น เก็บที่อุณหภูมิห้องที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆกัน 94

4.15 สมบัติทางกายภาพของหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้น เก็บที่อุณหภูมิห้องเย็นที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆกัน 95

ตารางที่ หน้า

4.16 สมบัติทางกายภาพของหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นเก็บที่อุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆกัน 97

4.17 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นทุเรียน เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ผสมหัวน้ำเชื้อทุเรียน ที่สกัดจากเอนไซม์ความเข้มข้นต่างๆกัน และผลิตภัณฑ์ที่ใส่หัวน้ำเชื้อทุเรียนสังเคราะห์ .. 101

4.18 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมกลิ่นทุเรียน เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ผสมหัวน้ำเชื้อทุเรียนที่สกัดจากเอนไซม์ความเข้มข้นต่างๆกัน และผลิตภัณฑ์ที่ใส่หัวน้ำเชื้อทุเรียนสังเคราะห์ 102

4.19 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดนัทราดไอซิ่งกลิ่นทุเรียน เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ผสมหัวน้ำเชื้อทุเรียนที่สกัดจากเอนไซม์ความเข้มข้นต่างๆกัน และผลิตภัณฑ์ที่ใส่หัวน้ำเชื้อทุเรียนสังเคราะห์ .. 104

ก.3.1 ค่าร้อยละของการลดความหนืดของเนื้อทุเรียนบดโดยใช้เพคติเนสชนิดต่างๆ บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 127

ก.3.2 ค่าร้อยละของการลดความหนืดของเนื้อทุเรียนบดโดยใช้อะมัยเลสชนิดต่างๆ บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 128

ก.3.3 ค่าร้อยละของผลผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้น เมื่อใช้เอนไซม์ร่วมกันสามชนิด ในการสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นโดยใช้อะมัยเลสชนิดต่างๆ บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 129

ค.1 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design (CRD) 151

ค.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการวางแผนแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) 151

ค.3 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Factorial Completely Randomized Design 152

ค.4 การคิดค่าเฉลี่ยสำหรับข้อมูลแบบ factorial 153

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของเนื้อเยื่อ parenchyma ที่พบโดยทั่วไปในผักผลไม้ที่เจริญเต็มที่แล้ว	10
2.2	โพลิแซคคาไรด์ที่พบในผนังเซลล์พืชชั้นสูง	11
2.3	โครงสร้างของเพคติน	12
2.4	โครงสร้างของกรดเพคติก	12
2.5	โครงสร้างสายโมเลกุลเซลลูโลส	13
2.6	การเชื่อมต่อของสายโมเลกุลเซลลูโลสด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยกลูโคสแต่ละหน่วยจะจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลเซลลูโลส 2 พันธะ คือ O3-H...O5' และ O6...H-O2' และพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโมเลกุลเซลลูโลส คือ O6-H...O3	14
2.7	ลำดับการรวมกลุ่มของเซลลูโลสในผนังเซลล์พืช เช่น microfibril, macrofibril และ elementary fibril	15
2.8	โครงสร้างของโมเลกุลอะมัยโลส	16
2.9	โครงสร้างของโมเลกุลอะมัยโลเพคติน	16
2.10	ปฏิกิริยาย่อยสลายของเพคตินเอสเทอเรส	17
2.11	ปฏิกิริยาการย่อยสลายของโพลิกาแลคทูโรเนส	18
2.12	ปฏิกิริยาการย่อยสลายของเพคเตท ไลเอส	20
2.13	การทำงานของเซลลูเลส ตามสมมุติฐานของ Cowling	23
2.14	ผลผลิตการย่อยสลายแป้งด้วยอะมัยเลสทั้ง 3 ชนิด	26
3.1	ลักษณะของทุเรียนสุกพันธุ์ชะนี	42
3.2	เนื้อทุเรียนบดก่อนนำไปสกัดโดยใช้เอนไซม์	42

รูปที่ หน้า

3.3 เครื่อง cryogenic freezer 43

3.4 เนื้อทุเรียนที่ผ่านการแช่แข็งแบบ cryogenic freezing 43

3.5 ขั้นตอนในการสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียน 45

3.6 เครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer 46

3.7 ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Suction) 46

4.1 ค่าร้อยละของการลดความหนืดของเนื้อทุเรียนที่สกัดโดยใช้เพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ที่อุณหภูมิต่างๆ 58

4.2 ค่าร้อยละของการลดความหนืด และค่าร้อยละของผลผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียน เมื่อสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง บ่มที่ อุณหภูมิต่างๆ 62

4.3 ค่าร้อยละของการลดความหนืดของเนื้อทุเรียนบดเมื่อสกัดโดยการใช้ เอนไซม์ภายใต้ภาวะปฏิกิริยาตามลำดับ 81

4.4 ค่าร้อยละของผลผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นเมื่อสกัดโดยการใช้ เอนไซม์ภายใต้ภาวะปฏิกิริยาตามลำดับ 82

4.5 หัวน้ำเชื้อทุเรียนที่สกัดโดยใช้เอนไซม์ภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง 90

4.6 หัวน้ำเชื้อทุเรียนที่สกัดโดยใช้เอนไซม์ภายใต้ภาวะปฏิกิริยาตามลำดับ ที่สภาวะความเข้มข้นของเพคติเนสร้อยละ 0.5 บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เซลลูเลสร้อยละ 0.5 บ่มที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และอะมัยเลสร้อยละ 0.5 บ่มที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 91

4.7 ลักษณะของหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้น 100

4.8 การแจกแจงชนิดและระดับความเข้มของกลิ่นทางประสาทสัมผัส 107

ก.4.1 ผลของ pH ต่อแอคติวิตีของ Pectinex Ultra SP-L 131

รูปที่ หน้า

ก.4.2 ผลของอุณหภูมิต่อแอคติวิตีของ Pectinex Ultra SP-L 131

ก.5.1 ผลของ pH ต่อแอคติวิตีของ Celluclast 1.5 L 134

ก.5.2 ผลของอุณหภูมิต่อแอคติวิตีของ Celluclast 1.5 L 134

ก.5.3 ผลของ pH ต่อเสถียรภาพของ Celluclast 1.5 L 135

ก.5.4 ผลของอุณหภูมิต่อเสถียรภาพของ Celluclast 1.5 L 135

ก.6.1 การทำงานของ Fungal - α - amylase 137

ก.6.2 ผลของ pH ต่อแอคติวิตีของ Rohalase M3 138

ก.6.3 ผลของอุณหภูมิต่อแอคติวิตีของ Rohalase M3 138

ก.6.4 ผลของ pH และอุณหภูมิต่อเสถียรภาพของ Rohalase M3 139

ข.9 เครื่องวัดสี Lovibond 158