

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันมนุษย์เรารับบริโภคเนื้อเป็นหนึ่งในอาหารหลัก ซึ่งเนื้อในตลาดอาจจะมีสารปนเปื้อน อย่างเช่น สารเคมีที่ช่วยทำให้เนื้อนุ่ม ซึ่งสารพวกนี้เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เอนไซม์บางชนิดในผลไม้ หรือในพืชมีคุณสมบัติช่วยในการย่อย และไม่เกิดอันตรายต่อสุขภาพอีกทั้งยังหาได้ง่ายในท้องถิ่น “เอนไซม์” คือ โมเลกุลโปรตีนที่มีพลังงานสูง เพื่อใช้ในขบวนการย่อยและเผาผลาญอาหาร ร่างกาย ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้หากขาด “เอนไซม์” เอนไซม์สกัดจากพืช ผักและผลไม้ จะมีประสิทธิภาพการย่อยอาหาร (Richtime, 2551 : เว็บไซค์) โดยเฉพาะตับประรด และมะละกอ จะมีปริมาณเอนไซม์มาก เอนไซม์ โบรมิเลนจะมีมากในตับประรด เอนไซม์โบรมิเลน (bromelain) เป็นเอนไซม์ย่อยโปรตีนได้จากเนื้อและแกน ผลตับประรดมีฤทธิ์ต้านการรวมตัวกันของเกล็ดเลือด ชักนำให้เกิดการหลั่งไซโทไคน์ที่ชักนำให้เซลล์เม็ดเลือดขาวกำจัดเซลล์มะเร็งได้ เนื่องจากมีรายงานว่าเมื่อให้โบรมิเลนกับสัตว์ทดลองสามารถสลายไขมันที่อุดตันในหลอดเลือดได้ มีฤทธิ์ต้านอักเสบ ลดความเจ็บปวดจากการอักเสบ การป้องกันการติดเชื้อลดการกระจายตัวของเซลล์มะเร็งในสัตว์ทดลอง นอกจากนี้โบรมิเลนยังมีฤทธิ์ช่วยระบบการย่อยอาหารและสมานแผลในกระเพาะอาหารเพราะมีคุณสมบัติสามารถย่อยโปรตีนให้มีโมเลกุลเล็กลง จึงมีการใส่น้ำตับประรดในการหมักเนื้อ เพื่อให้เนื้อนุ่ม หรือถ้ามีอาการแน่นท้องหลังจากกินอาหารประเภทนี้สัตว์หลายๆ ให้ดื่มน้ำตับประรดหลังอาหารก็ช่วยลดอาการแน่นท้องได้ (เอนไซม์ตับประรด, 2551 : เว็บไซค์) เอนไซม์ปาเปนจะมีมากในยางมะละกอ เอนไซม์ ปาเปนจะนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรม ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ เบียร์ ไวน์และเครื่องดื่มอื่น ๆ โดยจะ ทำหน้าที่ละลายโปรตีนในผลิตภัณฑ์ และให้สารละลายใสไม่ขุ่นเมื่อเก็บไว้นานหรือที่อุณหภูมิต่ำ ในโรงงานผลิตเนื้อสัตว์และปลาจะทำให้เนื้อสัตว์นั้นนุ่มเปื่อยเมื่อนำมา ประกอบอาหาร ในอุตสาหกรรมยาและใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ โดยใช้เป็นองค์ประกอบของยาช่วยย่อยอาหาร นอกจากนี้ ยังช่วยรักษาแผลติดเชื้อ เนื่องจากปาเปนมีคุณสมบัติให้เลือดแข็งตัว และยังสามารถใช้ฆ่าพยาธิในลำไส้ด้วย ในอุตสาหกรรมฟอกหนังโดยผสมปาเปนในน้ำยาแช่หนังจะทำให้หนังเรียบและนุ่ม ในอุตสาหกรรมทอผ้าจะใช้ปาเปนฟอกไหมให้หมดเมือก (เอนไซม์มะละกอ, 2551 : เว็บไซค์) จากข้อมูลดังกล่าวทำให้กลุ่มผู้ศึกษาเกิดความสงสัยว่าระหว่างน้ำ สตับประรดกับยางมะละกอ ผลไม้ชนิดไหนมี ประสิทธิภาพช่วยย่อยเนื้อให้เปื่อยนุ่มได้ดีที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ ในการศึกษาค้างนี้ ผู้จัดทำได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ดังนี้

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย่อยเนื้อระหว่างน้ำสับประคกับยางมะละกอ

1.3 สมมติฐาน

น้ำสับประคสามารถช่วยย่อยเนื้อให้เปื่อยนุ่มดีกว่ายางมะละกอ

1.4 ตัวแปรที่ศึกษา

1.4.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ น้ำสับประค และยางมะละกอ

1.4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ความเปื่อยนุ่มของเนื้อ

1.4.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ปริมาณน้ำสับประค ปริมาณยางมะละกอ ภาชนะที่ใส่เนื้อ ชนิดของเนื้อสัตว์ ปริมาณเนื้อสัตว์ ส่วนของเนื้อที่นำมาศึกษา ระยะเวลา

1.5 ขอบเขตการศึกษา ในการศึกษาค้างนี้ มีขอบเขตของการศึกษาค้างนี้

1.5.1 เอนไซม์ที่ใช้ศึกษามี 2 ชนิด คือ เอนไซม์จากน้ำสับประค และเอนไซม์จากยางมะละกอ

1.5.2 สับประคที่ใช้ในการทดลองใช้เฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อมาคั้นเอาน้ำเท่านั้น และมะละกอที่ใช้ในการทดลองใช้เฉพาะส่วนที่เป็นยางมะละกอเท่านั้น

1.5.3 เนื้อที่ใช้เป็นเนื้อหมู โดยใช้เนื้อส่วนคอ

1.5.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา 1 – 3 วัน ตั้งแต่ 7 - 9 ธันวาคม 2553

1.5.5 สถานที่ คือ กศน.อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบว่าน้ำสับประคหรือยางมะละกอ ชนิดไหนมีประสิทธิภาพในการช่วยย่อยดีที่สุด

1.7 นิยามปฏิบัติการ

เอนไซม์ หมายถึง ตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพ เป็นสารประกอบพวกโปรตีน สามารถลดพลังงาน

ก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา เอนไซม์จะเร่งเฉพาะชนิดของปฏิกิริยา และชนิดของสารที่เข้าทำปฏิกิริยา

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาโครงการเรื่อง เนื้อเยื่อนุ่มด้วยเอนไซม์จากธรรมชาติ คณะผู้ศึกษา ได้ค้นคว้า รวบรวมข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจากเว็บไซต์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยขอนำเสนอ ตามลำดับ ดังนี้

2.1 เอนไซม์

2.2 สับปะรด

2.3 มะละกอ

2.4 เอนไซม์ในสับปะรด

2.5 เอนไซม์ในมะละกอ

2.1 เอนไซม์

เอนไซม์ คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพ เป็นสารประกอบพวกโปรตีน สามารถลดพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา เอนไซม์จะเร่งเฉพาะชนิดของปฏิกิริยา และชนิดของสารที่เข้าทำปฏิกิริยา

การเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์

E เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (เอนไซม์)

S เป็นสารตั้งต้นเรียกว่า สับสเตรต และ P เป็นสารผลิตภัณฑ์



สารเชิงซ้อน

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

1. ชนิดของสารที่เอนไซม์ไปควบคุมปฏิกิริยา
2. ความเข้มข้นของสับสเตรดเปลี่ยนตามอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์
3. ความเข้มข้นของเอนไซม์เปลี่ยนตามอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์
4. ความเป็นกรด-เบสของสารละลาย ส่วนมากเอนไซม์จะทำงานได้ดีในช่วง pH เป็นเบสเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามเอนไซม์จะเร่งปฏิกิริยาให้เกิดเร็วในช่วง pH ใดก็ขึ้นอยู่กับชนิดของสับสเตรดนั้น ๆ
5. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่ 37 °C เป็นอุณหภูมิที่เอนไซม์ส่วนใหญ่ทำงานได้ดี อุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้การทำงานของเอนไซม์เสื่อมไป เพราะเอนไซม์เป็นโปรตีนเมื่ออุณหภูมิสูงเอนไซม์ถูกทำลายธรรมชาติไป
6. สารยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ สารบางชนิดเมื่อรวมตัวเอนไซม์จะทำให้เอนไซม์ทำงานช้าลงหรือหยุดทำงานได้
7. สารกระตุ้น เอนไซม์บางชนิดต้องการไอออนพวกอนินทรีย์เป็นตัวกระตุ้น จึงจะเกิดการ ทำงานและเกิดอัตราการเกิดปฏิกิริยา (เอนไซม์, 2551: เว็บบอร์ด)

เอนไซม์ (Enzyme) หมายถึง อินทรีย์สารจำพวกโปรตีน ซึ่งเซลล์สังเคราะห์ขึ้นเพื่อช่วยให้ปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ในร่างกายเกิดขึ้นได้ง่าย

คุณสมบัติของเอนไซม์

1. เป็นอินทรีย์สารจำพวกโปรตีน มีโมเลกุลขนาดใหญ่
2. เป็นตัวเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาหรือเป็นตัวคะตะลิสต์
3. ทำปฏิกิริยากับสารเฉพาะอย่าง เช่น ไลเปสย่อยไขมัน , อะไมเลสย่อยแป้ง
4. ไม่เปลี่ยนแปลง ไม่สูญหาย และไม่เปลี่ยนสภาพหลังจาก สิ้นสุดปฏิกิริยาแล้ว โครงสร้างของเอนไซม์ถือเป็นตัวกำหนดความเป็นคะตะลิสต์ให้แก่สารเคมีชนิดใดชนิดหนึ่งคล้ายแม่กุญแจกับลูก กุญแจ ต้องมีความเฉพาะเจาะจงกันจึงจะเกิดปฏิกิริยาเคมี ขึ้นได้
5. ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่เอนไซม์ทำงานได้ดีที่สุดในสัตว์ทั่ว ๆ ไป จะอยู่ประมาณ 35-40 องศาเซลเซียส สำหรับพืชจะอยู่ประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส ช่วงความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมที่เอนไซม์ทำงานได้ดีที่สุด โดยทั่วไปจะอยู่ประมาณ 6.0-7.5
6. มีปริมาณเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำงานได้
 - โคเอนไซม์ (Coenzyme) คือ กลุ่มสารอินทรีย์ซึ่งมี วิตามิน B เป็นองค์ประกอบ ทำหน้าที่เป็นตัวนำ 2 ประเภท คือ
 1. ตัวนำอิเล็กตรอน เช่น NAD⁺ , NADP⁺ , FAD
 2. ตัวนำหมู่อื่น ๆ เช่น Coenzyme A , Biotin ฯลฯ

การทำงานของเอนไซม์

โมเลกุลที่เข้าเกาะกับเอนไซม์เพื่อให้เกิดการกระตุ้น เรียกว่า ซับสเตรท (substrate) ที่ผิวของเอนไซม์ตำแหน่งที่จับ ซับสเตรทเข้าเกาะเพื่อให้เกิดการกระตุ้น เรียกว่า แอคทีฟไซต์ (active site) ทำให้เกิดสารประกอบที่เรียกว่า เอนไซม์ ซับสเตรท เอนไซม์ เปรียบเสมือนกุญแจ ซับสเตรท เปรียบเสมือนแม่กุญแจ ต่อมาจะเปลี่ยนไปเป็น ผลิตภัณฑ์ เอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาชีวเคมีในการสลายตัวของ H_2O_2 คือ เอนไซม์ คตะเลส (catalase) สารเคมีที่สามารถให้ปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง ปฏิกิริยานั้นหยุดชะงักลงเรียกว่า ตัวยับยั้งเอนไซม์ (Inhibitor) ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายซับสเตรท จะเข้าจับ เอนไซม์ที่ที่แอคทีฟไซต์ ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถจับกับ ซับสเตรทได้ปฏิกิริยาจึงหยุดชะงักลง

- เอนไซม์ไคโมทริปซิน (Chymotrypsin) จะสลายพันธะ ของโมเลกุลของโปรตีนที่พันธะฟีนีลอะลานีน
- เอนไซม์ทริปซิน (Trypsin) จะสลายพันธะของไลซีน
- ปาเปน (papain) เป็นเอนไซม์ที่ใช้ย่อยโปรตีนในเนื้อ สัตว์ ทำให้เนื้อนุ่ม เอนไซม์นี้สามารถพบได้ในยางมะละกอ
- โบรมีเลน (bromelain) เป็นเอนไซม์ที่พบในน้ำ สับปะรด
- อะไมเลส (amylase) เป็นเอนไซม์ที่พบในเมล็ดพืชที่ กำลังงอก ทำหน้าที่ย่อยแป้งในเมล็ด ใช้ในการเจริญเติบโตของต้นอ่อนขณะกำลังงอก

“เอนไซม์” คือ โมเลกุลโปรตีนที่มีพลังงานสูง เพื่อใช้ในขบวนการย่อยและเผาผลาญอาหาร ร่างกายไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้หากขาด “เอนไซม์” ร่างกายเราสามารถรับเอนไซม์ได้จาก 2 วิธีคือ

1. การรับประทานอาหารสด (ไม่ผ่านความร้อน)เนื่องจากการปรุงอาหารสุกโดยผ่าน “ความร้อน” ทำลาย “เอนไซม์”ไปโดยความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ อีกทั้งเมื่ออายุมากขึ้น ร่างกายจะผลิตเอนไซม์ ลดน้อยลงเรื่อย ๆ และเมื่อได้รับเอนไซม์ไม่เพียงพอเพื่อการย่อย ก็ทำให้เกิดการหมักเนาของอาหารตกค้างอยู่ภายในร่างกาย ซึ่งเป็นบ่อเกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

2. การเสริม “เอนไซม์สดจากพืช”เป็นการสกัดเอนไซม์สดจากพืช เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยอาหาร

ความสำคัญของเอนไซม์

- เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีในทุกๆ เซลล์ของร่างกาย ซึ่งมีมากกว่า 60 ล้านล้านเซลล์
- การหายใจ การย่อยอาหาร การเจริญเติบโต การคิดและการนอนก็ต้องใช้เอนไซม์
- ถ้าขาดเอนไซม์ ชีวิตย่อมอยู่ไม่ได้ เช่นการทำปฏิกิริยาเคมีสร้างภูมิคุ้มกันต่อต้านเชื้อโรคเข้ามาสู่ร่างกาย ถ้าทำโดยไม่มีเอนไซม์ ต้องใช้เวลา 3 เดือน เชื้อโรคฆ่าเราเสียก่อน
- ถ้ามีเอนไซม์สมบูรณ์ ภูมิคุ้มกันจะเกิดเพียงในหนึ่งนาที่แรกที่เชื้อโรคเข้ามาสู่ร่างกาย

- นักวิทยาศาสตร์สนใจศึกษาเอนไซม์กันมากในระยะ 20 ปีที่ผ่านมา และที่ไม่รู้จักเรื่องราวของเอนไซม์อีกมาก
- วงการแพทย์ให้ความสนใจประโยชน์ของเอนไซม์ในการป้องกันและทำเป็นยาเพื่อรักษาโรค และการห้ามการทำงานของเอนไซม์บางอย่างกลับมีประโยชน์ในการไปรักษาอาการของโรคได้
- อนาคตข้างหน้าภายในไม่เกิน 30 ปี เอนไซม์จะเป็นสิ่งมหัศจรรย์ในวงการแพทย์ และยอมรับว่า เอนไซม์คือ พลังงานสำคัญต่อชีวิต (Life Force) (Richtine, 2551: เว็บบไซต์)

เอนไซม์เป็นกลุ่มโมเลกุลโปรตีนที่มีหน้าที่พิเศษแตกต่างจากโปรตีนและโมเลกุลขนาดใหญ่ทั่วไป กล่าวคือ มีความสามารถเร่งปฏิกิริยาเคมี (catalytic activity) ในสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าตัวเร่งสังเคราะห์ที่เป็นหลายล้านเท่า นอกจากนี้เอนไซม์สามารถทำงานได้ภายใต้ภาวะไม่รุนแรงซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งกับสภาวะภายในเซลล์สิ่งมีชีวิต เอนไซม์มีความจำเพาะต่อสับสเตรตสูงมาก และเร่งปฏิกิริยาโดยไม่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อื่น รวมทั้งเอนไซม์เพิ่มอัตราเร็วของปฏิกิริยาโดยเอนไซม์มีความสามารถในการกระตุ้น ทำให้พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาลดลง

สมบัติของเอนไซม์

เอนไซม์เป็นโปรตีน (Protien) แสดงได้จากปรากฏการณ์ดังนี้

- 1.เมื่อนำเอนไซม์มาย่อยสลาย (hydrolysis) ด้วยกรดไฮโดรคลอริก โซดาไฟ หรือเอนไซม์โปรติเอส จะพบว่าผลผลิตที่ได้ประกอบด้วยกรดอะมิโน บางครั้งอาจพบกลุ่มคาร์โบไฮเดรต (glyco), ฟอสเฟต, กรดนิวคลีอิก, หรือไขมัน
2. เอนไซม์ถูกทำให้เสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน (protein denaturation) ได้ด้วยความร้อน, สารละลายอินทรีย์, กรดแก่หรือเบสแก่เหมือนโปรตีนทั่วไป
- 3.เอนไซม์มีลักษณะเหมือนโปรตีนอื่นๆ เมื่อนำมาศึกษา X-ray crystallography

เอนไซม์เป็นตัวเร่ง (Catalytic activity)

เอนไซม์ทุกตัวจะมีผลให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น (positive catalytic activity) โดยเพิ่ม turnover number 10(2)-10(7) เท่า ค่า turnover number แสดงให้เห็นประสิทธิภาพในการทำงานของเอนไซม์ซึ่งหมายถึง ปริมาณเป็นโมล (mole) ของสับสเตรตที่เข้าทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ 1 โมล ภายในหนึ่งหน่วยเวลา (มักจะเป็น 1 นาทีหรือ 1 วินาที) ทั้งนี้ขึ้นกับ pH อุณหภูมิ และปัจจัยอื่นๆ ด้วย

เอนไซม์มีความจำเพาะ (Specificity)

เอนไซม์มีความจำเพาะต่อสับสเตรตสูงมาก สับสเตรตจะต้องมีโครงสร้างที่เหมาะสมรวมกันพอดี (complementary) กับเอนไซม์ตรงบริเวณเร่ง (active site) เหมือนลูกกุญแจกับแม่กุญแจ หรือสามารถชักนำให้เกิดการรวมกันขึ้นได้ (Lock and key fit or induce fit) และสามารถเร่งปฏิกิริยาโดยไม่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อื่น (by-products) เอนไซม์จะต้องจับกับสับสเตรตก่อนจึงจะเกิดการเร่ง (catalysis) ได้

เอนไซม์มีความสามารถในการกระตุ้น (Activation)

เอนไซม์เพิ่มอัตราเร็วของปฏิกิริยาโดยลดพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยา ตามทฤษฎี Transition state ได้อธิบายขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ว่า ไปด้วยตัวทำปฏิกิริยา (reaction) จะเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ จะเกิดได้ก็ต่อเมื่อโมเลกุลของสับสเตรตรับพลังงานกระตุ้น (activation energy) ซึ่งจะเปลี่ยนเป็น ผลิตภัณฑ์ต่อไป อัตราเร็วของปฏิกิริยาใดๆ จึงขึ้นกับความเข้มข้นของสารนั้นที่ transition state

เอนไซม์จะลดพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยามีผลให้เพิ่มอัตราเร็วของปฏิกิริยาเคมีในเซลล์สิ่งมีชีวิตได้ สิ่งมีชีวิตทั้งหลายไม่ว่าพืช สัตว์ หรือจุลินทรีย์ ทุกกระบวนการของสิ่งมีชีวิตทุกประเภทมีเอนไซม์เป็นองค์ประกอบสำคัญทั้งสิ้น เอนไซม์ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงเพื่อการเจริญการร่วงงของดอกใบของพืช การย่อยอาหาร การผลิตพลังงานควบคู่ไปกับการนำพลังงานที่ได้ไปสร้างสารพลังงาน การสลายอาหารโมเลกุลใหญ่ในเซลล์สัตว์ชั้นสูงล้วนเป็นผลจากปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง เอนไซม์จึงมีความสำคัญในด้านต่างๆ เช่น ด้านโภชนาการ เอนไซม์มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ทำงานต่อเนื่องกันอย่างมีระเบียบเพื่อสลายโมเลกุลของสารอาหารให้ได้เป็นสารโมเลกุลเล็ก และมีการปล่อยพลังงานออกจากสารอาหารเหล่านั้นควบคู่ไปกับการนำพลังงานที่ได้ไปสร้างสารพลังงานพร้อมกับสังเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ ภายในเซลล์เพื่อการเจริญเติบโตในขั้นตอนต่อไปของเซลล์สิ่งมีชีวิต

ความจำเพาะของเอนไซม์ (Enzyme specificity)

1890-1930 Emil Fisher เสนอทฤษฎี "lock and key" ซึ่งมีพื้นฐานจากการเกิด "stereospecific enzyme-substrate complex" โดยโครงสร้างของเอนไซม์เปรียบได้กับแม่กุญแจ (lock) และสับสเตรตเปรียบได้กับลูกกุญแจ (key) ซึ่งจะสวมกันได้อย่างเหมาะสมพอดี (complementary)

ในขณะที่เกิด ES-complex ส่วนของสับสเตรตที่ทำหน้าที่จับกับเอนไซม์ (binding group, BG) จะจับกับ binding site (BS) ของเอนไซม์ทำให้ reactive group (RG) ของสับสเตรตที่จะเข้าทำปฏิกิริยาอยู่ตรงบริเวณเร่ง (catalytic site, CS) ของเอนไซม์พอดี โดยที่โครงสร้างและโครงแบบ (conformation) ทั้งหมดของเอนไซม์และสับสเตรตไม่เปลี่ยนแปลง

1958 Koshland เสนอสมมติฐาน Koshland "induced fit" เขาเสนอว่าสับสเตรตเมื่อจับกับเอนไซม์จะสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงแบบ (conformation) หรือโครงสร้างของเอนไซม์ได้ จึงเปรียบสับสเตรตเหมือนมือ และเอนไซม์เหมือนถุงมือ ซึ่งเมื่อสวม ถุงมือจะเปลี่ยนรูปร่างไปให้เหมาะสมกับมือได้

ตัวยับยั้ง (Inhibitor) หมายถึง สารประกอบเมื่อเติมลงไปในปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่งแล้วทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาลดลง สารหลายตัวมีสมบัติการทำงานของเอนไซม์ที่ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง ตัวยับยั้งอาจทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ที่บริเวณจับ (binding site) หรือบริเวณเร่ง (catalytic site) แล้วทำให้สับสเตรตไม่สามารถจับกับเอนไซม์ได้ตามเดิม หรือหากจับได้ปฏิกิริยาก็ไม่สามารถดำเนินได้ตามปกติ (เอนไซม์, 2546: เว็บบไซต์)

2.2 สับปะรด

สับปะรด (ชื่อทางวิทยาศาสตร์: *Ananas comosus*) เป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่งที่มีต้นกำเนิดมาจากแถวๆ ทวีปอเมริกาใต้ ลำต้นมีขนาดสูงประมาณ 80-100 เซนติเมตร การปลูกก็สามารถปลูกได้ง่ายโดยการใช้หน่อหรือที่เป็นส่วนยอดของผลที่เรียกว่า จุก มาฝังกลบดินไว้ และออกเป็นผล เปลือกของผลสับปะรดภายนอกมีลักษณะคล้ายตาล้อมรอบผลแต่ละท้องถันเรียกสับปะรดแตกต่างกันออกไปเช่น

- ภาคกลาง เรียกว่า "สับปะรด"
- ภาคอีสาน เรียกว่า "บักนัด"
- ภาคเหนือ เรียกว่า "มะนัด, มะชะนัด, บ่อนัด"
- ภาคใต้ เรียกว่า "ย่านัด, ย่านัด, ขนุนทอง"

ลักษณะของสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ปลูกได้ในดินแทบทุกแห่งในประเทศไทย เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เมื่อเจริญเป็นผลแล้วจะเจริญต่อไปโดยตาที่ลำต้น จะเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีก และ สับปะรดสามารถตัดแปลงเป็นไม้ประดับได้อีกด้วย

สับปะรดแบ่งออกตามลักษณะความเป็นอยู่ได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ พวกที่มีระบบรากหาอาหารอยู่ในดิน หรือ เรียกว่า ไม้ดิน พวกอาศัยอยู่ตามคาบไม้หรือลำต้นไม้ใหญ่ ได้แก่ ไม้อากาศต่าง ๆ ที่ไม่แย่งอาหารจากต้นไม้มันเกาะอาศัยอยู่ พวกนี้ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ประดับและพวกที่เจริญเติบโตบนผาหินหรือโขดหิน

ส่วนสับปะรดที่เราใช้บริโภคจัดเป็น ไม้ดิน แต่ยังมีลักษณะบางประการของไม้อากาศเอาไว้ คือสามารถเก็บน้ำไว้ตามซอกใบได้เล็กน้อยมีเซลล์พิเศษสำหรับเก็บน้ำเอาไว้ในใบ ทำให้ทนทานในช่วงแล้งได้

รูปลักษณะ ไม้ล้มลุกอายุหลายปี สูง 90 - 100 ซม. มีลำต้นอยู่ใต้ดิน ใบเดี่ยวเรียงสลับ ซ้อนกันถี่มากรอบต้น กว้าง 6.5 ซม. ยาวได้ถึง 1 เมตร ไม่มีก้านใบ ดอกช่อ ออกจากกลางต้น มีดอกย่อยจำนวนมาก ผลเป็นผลรวม รูปทรงกระบอก มีใบเป็นกระจุกที่ปลาย

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

สับปะรดต้องการอากาศค่อนข้างร้อนอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 23.9-29.4°C ปริมาณน้ำฝนที่ต้องการอยู่ในช่วง 1,000-1,500 มิลลิเมตรต่อปี แต่ต้องตกกระจายสม่ำเสมอตลอดปี และมีความชื้นในอากาศสูง สับปะรดชอบขึ้นในดินร่วน, ดินร่วนปนทราย, ดินปนลูกรัง, ดินทรายชายทะเล และชอบที่ลาดเท เช่น ที่ลาดเชิงเขา สภาพความเป็นกรดค่า (pH) ของดินควรเป็นกรดเล็กน้อย คือตั้งแต่ 4.5-5.5 แต่ไม่เกิน 6.0

ฤดูกาลของสับปะรด

- ช่วงเก็บเกี่ยวในฤดู ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน - มกราคม และกลางเดือนเมษายน - กรกฎาคม สับปะรดจะให้ผลผลิตมาก ในตลาดมีราคาสูง
- ช่วงเก็บเกี่ยวนอกฤดู ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ - ต้นเดือนเมษายน และเดือนสิงหาคม - ตุลาคม สับปะรดจะให้ผลผลิตน้อย ราคาแพง

สรรพคุณทางสารเคมี

มีเอนไซม์ย่อยโปรตีนชื่อบรอมีลิน (Bromelin) ช่วยย่อยโปรตีนไม่ให้ตกค้างในลำไส้ และมีเกลือแร่วิตามินซีจำนวนมาก

สรรพคุณทางสมุนไพร

- ช่วยบรรเทาอาการแผลเป็นหนอง
- ช่วยขับปัสสาวะ
- แก้อ่อนกระสับกระส่าย กระจายน้ำ
- แก้อาการบวม น้ำ ปัสสาวะไม่ออก
- บรรเทาอาการโรคบิด
- ช่วยย่อยอาหารพวกโปรตีน
- แก้ท้องผูก
- เป็นยาแก้โรคนิว
- แก้เส้นเท้าแตก

(สับปะรด, 2553: เว็บบไซต์)

2.3 มะละกอ

มะละกอ เป็นไม้ผลชนิดหนึ่ง สูงประมาณ 5-10 เมตร มีถิ่นกำเนิดในอเมริกากลาง ถูกนำเข้าสู่ประเทศไทยในสมัยกรุงศรีอยุธยา ผลดิบมีสีเขียว เมื่อสุกแล้วเนื้อในจะมีสีเหลืองถึงส้ม นิยมนำมารับประทานทั้งสดและนำไปปรุงอาหาร เช่น ส้มตำ ฯลฯ หรือนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ก็ได้

ลักษณะทั่วไป

มะละกอเป็น ไม้ล้มลุก (บางครั้งอาจเข้าใจผิดว่าเป็นไม้ยืนต้น) ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยว 5-9 แฉก เกาะกลุ่มอยู่ด้านบนสุดของลำต้น ภายในก้านใบและใบมียางเหนียวสีขาวอยู่ มะละกอบางต้นอาจมีดอกเพียงเพศเดียว แต่บางต้นอาจมีดอกได้ทั้งสองเพศก็ได้ ผลเป็นรูปรี อาจหนักได้ถึง 9 กิโลกรัม ผลดิบมีสีเขียว และมีน้ำยางสีขาวสะสมอยู่ที่เปลือก ส่วนผลสุก เนื้อในจะมีสีเหลืองถึงส้ม มีเมล็ดสีดำเล็ก ๆ อยู่ภายในกินไม่ได้

ประโยชน์

นอกจากการนำมะละกอไปรับประทานสด ๆ แล้ว เรายังสามารถนำไปปรุงอาหาร เช่น ส้มตำ แกงส้ม ฯลฯ หรือนำไปหมักเนื้อให้นุ่มได้อีกด้วย เพราะในมะละกอมีเอนไซม์ชนิดหนึ่งเรียกว่า พาเพน (Papain) ซึ่งสามารถนำเอนไซม์ชนิดนี้ไปใส่ในผงหมักเนื้อสำเร็จรูป บางครั้งนำไปทำเป็นยาช่วยย่อยสำหรับผู้ที่มีปัญหาอาหารไม่ย่อยก็ได้

สำหรับสารอาหารในมะละกอนั้น มีดังต่อไปนี้

เนื้อมะละกอสุก	
สารอาหาร	ปริมาณสารอาหารต่อมะละกอสุก 100 กรัม
โปรตีน	0.5 กรัม
ไขมัน	0.1 กรัม
แคลเซียม	24 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	22 มิลลิกรัม
เหล็ก	0.6 มิลลิกรัม
โซเดียม	4 มิลลิกรัม
ไทอะมิน	0.04 มิลลิกรัม
ไรโบฟลาวิน	0.04 มิลลิกรัม
ไนอะซิน	0.4 มิลลิกรัม
กรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี)	70 มิลลิกรัม

สรรพคุณของมะละกอมีมากมายนัก ใช้เป็นยาสมุนไพรรักษาโรคได้

1. แก้อาการขัดเบา ใช้รากสด (1 กำมือ) 70-90 กรัม รากแห้ง 25-35 กรัม หั่นต้มกับน้ำ กรองดื่ม เฉพาะน้ำ วันละ 3 ครั้ง ครั้งละ 1 ถ้วยชา(75 มิลลิลิตร) ดื่มน้ำก่อนอาหาร

2. เป็นยาระบายอ่อนๆ การกินเนื้อมะละกอสุก ช่วยเป็นยาระบายอ่อนๆ เพราะไปช่วยเพิ่มจำนวนกากใยอาหาร ดังนั้นเนื้อผลสุกมะละกอจะช่วยระบายอ่อนๆ แก้อท้องผูก

ผลสุก - เป็นมีสรรพคุณป้องกัน หรือแก้โรคเลือดออกตามไรฟัน เป็นยาระบาย

ยางจากผลดิบ - เป็นยาช่วยย่อยโปรตีน นำพาราธิได้

รากมะละกอ - ขับปัสสาวะ แก้ขัดเบา

ใช้เป็นยาระบาย : ใช้ผลสุกไม่จำกัดจำนวน รับประทานเป็นผลไม้

เป็นยาช่วยย่อย: 1. ใช้เนื้อมะละกอดิบไม่จำกัด ประกอบอาหาร เช่น ส้มตำ แอง เป็นผักจิ้ม 2. ยางจากผลดิบ หรือจากก้านใบ ใช้ 10-15 กรัม หรือถ้าเป็นตัวยาชช่วยย่อย เพราะในยางมะละกามีสารที่เรียกว่า Papain

เป็นยาแก้ไอ หรือแก้โรคหลอดลมอักเสบ โรคเลือดออกตามไรฟัน: ใช้มะละกอสุกรับประทานเป็นผลไม้ ให้วิตามินซีสูง

แก้ไอ: เอาใบมะละกอสดตำให้แหลกผสมกับเหล้าขาว ใช้พอกเท้าที่บวมลดอาการบวมลงได้

แก้เลือดขัดขอก: ใช้รากมะละกอสดตำให้แหลกผสมเหล้าโรงพอก

โดนหนามตำหรือหนามหูกคาน้ำใน: ให้บ่งปากแผลเปิดออก เอายางมะละกอดิบใส่หนามจะหลุดออก

คันเพราะพิษของหอยคัน: ให้ใช้ยางมะละกอดิบทาเข้า-เย็นจนหาย

เมื่อมีอาการปวดตามข้อและหลัง: รับประทานมะละกอสุกเป็นประจำป้องกันและบำบัดโรคปวดข้อ ปวดหลังได้ ปวดข้อ ปวดกล้ามเนื้อ ไม่มีแรง ใช้รากมะละกอตัวผู้แช่เหล้าขาวให้ท่วมยาไว้ 7 วัน และกรองเอาน้ำใช้ทาแก้ปวดข้อและกล้ามเนื้อเปลือยอ่อนแรง ลดอาการปวดบวม ให้เอาใบมะละกอสดย่างไฟหรือลวกกับน้ำร้อนแล้วประคบบริเวณที่ปวด หรือตำพอกหยาบห่อด้วยผ้าขาวบางทำเป็นลูกประคบ

ถ้าโดนตะปูตำเป็นแผล: ให้เอาผิวลูกมะละกอดิบตำพอกแผล เปลี่ยนยาวันละ 2 ครั้ง แผลน้ำร้อน ลวก ใช้เนื้อมะละกอดิบต้มให้สุกจนเปื่อย ตำพอกที่แผล แผลพุพอง ใช้ใบมะละกอแห้งกรอบบดเป็นผง ผสมกับน้ำกะทิพอเหนียวข้น ใช้พอกหรือทาที่แผลวันละ 2-3 ครั้ง

แก้ผดผื่นคัน: ใช้ใบมะละกอ 1 ใบ น้ำมะนาว 2 ผล เกลือ 1 ช้อนชา ตำรวมกันให้ละเอียดเอาทั้งน้ำ และเนื้อทาแผลบ่อย ๆ กลาก เกลื่อน ฮองกงพุต หรือเท้าเปื่อย ใช้ยางของลูกมะละกอดิบทาวันละ 3 ครั้ง ฆ่าเชื้อราได้ (มะละกอ, 2553: เว็บไซค์)

2.4 เอนไซม์ในสับปะรด “ เอนไซม์โบรมีเลน ” เอนไซม์ในสับปะรด

เอนไซม์โบรมีเลน (bromelain) เป็นเอนไซม์ย่อยโปรตีนได้จากเนื้อและแกนผลสับปะรดมีฤทธิ์ต้าน การรวมตัวกันของเกล็ดเลือด ชักนำให้เกิดการหลั่งไซโทไคน์ที่ชักนำให้เซลล์เม็ดเลือดขาวกำจัดเซลล์มะเร็ง ได้

มีรายงานว่าเมื่อให้โบรมีเลนกับสัตว์ทดลองสามารถสลายไขมันที่อุดตันในหลอดเลือดได้ มีฤทธิ์ ด้านอักเสบ ลดความเจ็บปวดจากการอักเสบ การป้องกันการติดเชื้อลดการกระจายตัวของเซลล์มะเร็งใน สัตว์ทดลอง

โบรมีเลน มีฤทธิ์ช่วยระบบการย่อยอาหารและสมานแผลในกระเพาะอาหารเพราะมีคุณสมบัติ สามารถย่อยโปรตีนให้มีโมเลกุลเล็กลง จึงมีการใส่น้ำสับปะรดในการหมักเนื้อ เพื่อทำให้เนื้อนุ่ม หรือถ้ามี อาการแน่นท้องหลังจากกินอาหารประเภทนี้สัตว์ต่างๆ ให้ดื่มน้ำสับปะรดหลังอาหารก็ช่วยลดอาการแน่น ท้องได้

ประโยชน์ของโบรมีเลน

มีการนำโบรมีเลนไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ หลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมผลิตเนื้อสัตว์ ผลิต อาหารสัตว์ ผลิตเบียร์ ไวน์ และน้ำผลไม้ รวมทั้งอุตสาหกรรมการฟอกหนัง อุตสาหกรรมเส้นใย การทำ กระดาษ การทำยาสีฟันและสารซักฟอก นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยา ได้แก่ ยาช่วยย่อย และยาลด การอักเสบบางชนิด

ปัจจุบันมีการนำโบรมีเลนไปใช้เป็นอาหารเสริมกันมาก เพราะเชื่อว่าทำให้มนุษย์มีสุขภาพแข็งแรง และสร้างภูมิคุ้มกันโรค ทำให้ความต้องการโบรมีเลนมีเพิ่มมากยิ่งขึ้น (เอนไซม์สับปะรด, 2551: เว็บไซค์)

2.5 เอนไซม์ในมะละกอ “ปาเปน” เอนไซม์ในยางมะละกอ

ปาเปน เป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งในยางมะละกอ ซึ่งปกติจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่มีฤทธิ์เป็น

Proteolytic enzyme อยู่ 4 ชนิด คือ Papain, Chymopapain A และ B และ Papaya peptidase A โดย

Chymopapain เป็นเอนไซม์ที่พบมากที่สุด ในยางมะละกอ รองลงมาคือ Papain ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าร้อยละ

10 สายพันธุ์มะละกอที่สามารถผลิตน้ำยางสดได้สูงคือ สายพันธุ์จำปาดำ และแขกดำ โดยจะพบยางมะละกอ

ในส่วนที่เป็นใบก้าน และผลดิบ ซึ่งใช้ในการกรีดเอายางมะละกามาใช้ประโยชน์ เพื่อการอุตสาหกรรม

ประโยชน์ของ “ปาเปน” ในด้านอุตสาหกรรม

1. ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เบียร์ไวน์และเครื่องดื่มอื่นๆ โดยปาเปนจะทำหน้าที่ละลายโปรตีนในผลิตภัณฑ์ และให้สารละลายใสไม่ขุ่นเมื่อเก็บไว้นานหรือที่อุณหภูมิต่ำ
2. ในโรงงานผลิตเนื้อสัตว์และปลาจะทำให้เนื้อสัตว์นั้นนุ่มเปื่อยเมื่อนำมาประกอบอาหาร
3. ในอุตสาหกรรมยาและใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ โดยใช้เป็นองค์ประกอบของยาช่วยย่อยอาหาร นอกจากนี้ ยังช่วยรักษาแผลติดเชื้อ เนื่องจากปาเปนมีคุณสมบัติให้เลือดแข็งตัว และยังสามารถใช้ฆ่าพยาธิในลำไส้ด้วย
4. ในอุตสาหกรรมฟอกหนังโดยผสมปาเปนในน้ำยาแช่หนังจะทำให้หนังเรียบและนุ่ม
5. ในอุตสาหกรรมทอผ้าจะใช้ปาเปนฟอกไหมให้หมดเมือก
6. ในอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ

เอนไซม์มะละกอมี ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมของเอนไซม์ชนิดหนึ่งในยางของมะละกอที่มีชื่อว่า “ปาเปน” และไม่ใช่เพียงเอนไซม์ในยางมะละกอเท่านั้นที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ ยังมีเอนไซม์ชนิดอื่นๆอีกมากมายที่รอให้เราศึกษาถึงประโยชน์ของมัน ขอเพียงท่านผู้อ่านมีความสนใจที่จะศึกษาหาข้อมูล และรักที่จะทำการค้นคว้าทดลอง หากเป็นดังนี้แล้วก็ไม่มีความใดที่เกินความสามารถของท่านอย่างแน่นอน (เอนไซม์มะละกอ, 2551: เว็บไซค์)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

3.1 วัสดุ อุปกรณ์

1. ปีกเกอร์ขนาด 100 ml	จำนวน	2 ใบ
2. ปีกเกอร์ขนาด 50 ml	จำนวน	2 ใบ
3. แท่งแก้วคนสาร	จำนวน	2 อัน
4. กระดาษ	จำนวน	1 ใบ
5. น้ำมัน	จำนวน	150 ml
6. หลอดหยอดสาร	จำนวน	2 อัน
7. เขียง	จำนวน	1 ใบ
8. มีด	จำนวน	1 ใบ
9. ทรายขี้	จำนวน	1 ใบ

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง การศึกษาเรื่องเนื้อเปื่อยนุ่มด้วยเอนไซม์จากธรรมชาติ ได้ดำเนินการ ดังนี้

1. ใช้เปลือกมะละกอ 1 กรัม ผสมน้ำเปล่า 100 ml ปั่นให้เข้ากัน แล้วกรองเอาแต่น้ำใส่ไว้ในปีกเกอร์ 50 ml
2. ใช้เนื้อสับประด 1 กรัม ผสมน้ำเปล่า 100 ml ปั่นให้เข้ากัน แล้วกรองเอาแต่น้ำใส่ไว้ในปีกเกอร์ 50 ml
3. หั่นเนื้อหมู แล้วแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 1 กรัม จำนวน 2 ชิ้น
 - ชิ้นที่ 1 แช่ในน้ำสับประด 50 ml ทิ้งไว้ 20 นาที
 - ชิ้นที่ 2 แช่ในยางมะละกอ 50 ml ทิ้งไว้ 20 นาที
4. นำเนื้อออกมาไว้ที่งานทำการทดสอบโดยการใช้มือจับแล้วบันทึกผล
5. นำเนื้อทั้ง 2 ชิ้น มาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ทอดในน้ำมันพร้อมกันโดยใช้น้ำมัน 150 ml จนเนื้อสุก
6. นำเนื้อที่ทอดสุกแล้วทั้ง 2 ชิ้นใส่จาน แล้วนำไปให้กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 10 คน ทดลองสัมผัสและชิม

บทที่ 4

ผลการศึกษา

จากการศึกษาเรื่องเนื้อเปื่อยนุ่มด้วยเอนไซม์จากธรรมชาติ ได้ผลการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนและค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของกลุ่มผู้ทดลองสัมผัสและชิมเนื้อที่แช่ด้วยน้ำสับปะรด

การสังเกต	ระดับความคิดเห็น						แปลผล
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	เฉลี่ย	
ความนุ่มจากการสัมผัส	35	4	6	-	-	4.5	มีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด
ความนุ่มจากการชิม	25	16	3	-	-	4.4	มีความคิดเห็นในระดับมาก
ความเหนียวจากการสัมผัส	-	-	9	14	-	2.3	มีความคิดเห็นในระดับน้อย
ความเหนียวจากการชิม	-	-	9	14	-	2.3	มีความคิดเห็นในระดับน้อย

จากตารางที่ 4.1 ผลการทดลองพบว่าเนื้อที่แช่ด้วยน้ำสับปะรดมีความนุ่มจากการสัมผัสอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.5 ความนุ่มจากการชิมอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.4 ความเหนียวจากการสัมผัสอยู่ในระดับน้อยที่ค่าเฉลี่ย 2.3 ความเหนียวจากการชิมอยู่ในระดับน้อยที่ค่าเฉลี่ย 2.3

ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนและค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของกลุ่มผู้ทดลองสัมผัสและชิมเนื้อที่แช่ด้วยยางมะละกอ

การสังเกต	ระดับความคิดเห็น						แปลผล
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	เฉลี่ย	
ความนุ่มจากการสัมผัส	10	8	9	6	-	3.3	มีความคิดเห็นในระดับปานกลาง
ความนุ่มจากการชิม	-	12	15	2	1	3.0	มีความคิดเห็นในระดับปานกลาง
ความเหนียวจากการสัมผัส	20	12	9	-	-	4.1	มีความคิดเห็นในระดับมาก
ความเหนียวจากการชิม	15	12	12	-	-	3.7	มีความคิดเห็นในระดับมาก

จากตารางที่ 4.2 ผลการทดลองพบว่าเนื้อที่แช่ด้วยยางมะละกอมีความนุ่มจากการสัมผัสอยู่ในระดับปานกลาง
ที่ค่าเฉลี่ย 3.3 ความนุ่มจากการชิมอยู่ในระดับปานกลางที่ค่าเฉลี่ย 3.0 ความเหนียวจากการสัมผัสอยู่ใน
ระดับมากที่ค่าเฉลี่ย 4.1 ความเหนียวจากการชิมอยู่ในระดับมากที่ค่าเฉลี่ย 3.7

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาเรื่องเนื้อเปื่อยนุ่มด้วยเอนไซม์จากธรรมชาติ ซึ่งน้ำสับปะรดมีความสามารถทำให้เนื้อนุ่มจากการสัมผัสอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.5 มีความนุ่มจากการชิมอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.4 มีความเหนียวจากการสัมผัสอยู่ในระดับน้อยที่ค่าเฉลี่ย 2.3 มีความเหนียวจากการชิมอยู่ในระดับน้อยที่ค่าเฉลี่ย 2.3 ส่วนเนื้อที่แช่ด้วยยางมะละกอมีความนุ่มจากการสัมผัสอยู่ในระดับปานกลางที่ค่าเฉลี่ย 3.3 มีความนุ่มจากการชิมอยู่ในระดับปานกลางที่ค่าเฉลี่ย 3.0 มีความเหนียวจากการสัมผัสอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.1 และมีความเหนียวจากการชิมอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 3.7

5.2 อภิปรายผล

จากผลการทดลองเรื่องเนื้อเปื่อยนุ่มด้วยเอนไซม์จากธรรมชาติ พบว่าเอนไซม์โบรมีเลนที่ได้จากน้ำสับปะรดมีประสิทธิภาพในการทำให้เนื้อเปื่อยนุ่มได้ดีกว่าเอนไซม์ปาเปนที่ได้จากยางมะละกอ เนื่องจากเอนไซม์โบรมีเลนในน้ำสับปะรดมีคุณสมบัติสามารถย่อยโปรตีนให้มีโมเลกุลเล็กลง จึงมีการใส่น้ำสับปะรดในการหมักเนื้อ เพื่อให้เนื้อนุ่ม

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะมีการทดลองกับเนื้อชนิดอื่น ๆ
2. ควรทำการทดลองกับเนื้อส่วนอื่น ๆ เช่น สะโพก น่อง
3. ในการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำให้เนื้อเปื่อยนุ่ม
4. ควรจะลองทดลองส่วนอื่น ๆ ของสับปะรด และส่วนอื่น ๆ ของมะละกอด้วย
5. ควรศึกษาความเข้มข้นของน้ำสับปะรดและยางมะละกอให้มีหลายสูตร

บรรณานุกรม

มะละกอ.วิถีพิเศษ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.philippineherbalmedicine.org/papaya.htm>

(วันที่ค้นข้อมูล : 7 ธันวาคม 2553)

มะละกอ.วิถีพิเศษ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://yathai.blogspot.com/2010/09/blog-post_10.html

(วันที่ค้นข้อมูล : 7 ธันวาคม 2553)

สับปะรด.วิถีพิเศษ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://>

www.tungsong.com/samunpai/drug/60Pineapple/pineapple.htm (วันที่ค้นข้อมูล : 7 ธันวาคม 2553)

เอนไซม์. วิถีพิเศษ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.school.net.th/library/snet5/topic8/enzyme.html>

(วันที่ค้นข้อมูล : 7 ธันวาคม 2553)

เอนไซม์.วิถีพิเศษ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://>

www.school.net.th/library/webcontest2003/100team/dlss022/science/enzyme/enzyme.html

(วันที่ค้นข้อมูล : 7 ธันวาคม 2553)

เอนไซม์มะละกอ.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [http://myenzyme.blogspot.com/2008/08/enzyme-](http://myenzyme.blogspot.com/2008/08/enzyme-papaya.html)

[papaya.html](http://myenzyme.blogspot.com/2008/08/enzyme-papaya.html) (วันที่ค้นข้อมูล : 7 ธันวาคม 2553)

เอนไซม์สับปะรด.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://myenzyme.blogspot.com/2008/08/enzyme.html>

Richtime. เอนไซม์.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [http://www.enzymethai.blogspot.com/2008/06/blog-](http://www.enzymethai.blogspot.com/2008/06/blog-post.html)

[post.html](http://www.enzymethai.blogspot.com/2008/06/blog-post.html) (วันที่ค้นข้อมูล : 7 ธันวาคม 2553)

ภาคผนวก

