



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชุดโครงการวิจัย

การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุ

Research and Development of Healthy Food Products for the Elderly

โครงการวิจัยย่อยที่ 1 เทคโนโลยีการเตรียมเนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุกเพื่อเป็นอาหารโปรตีน  
สำหรับผู้สูงอายุ

Preparation Technology of Pre-cooked Tender Chicken  
which is Protein Food for The Elderly

หัวหน้าโครงการวิจัย                      นางสาววรารักษ์ ประเสริฐ

คณะผู้ร่วมวิจัย                            นายนิพนธ์ ลิ้มสงวน  
    นายสมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พฤษภาคม 2554

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

และผลงานนี้เป็นความรับผิดชอบของผู้วิจัยแต่ผู้เดียว

ปีงบประมาณ 2553

## แบบรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

---

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) เทคโนโลยีการเตรียมเนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุกเพื่อเป็นอาหารโปรตีน  
สำหรับผู้สูงอายุ

(อังกฤษ) Preparation Technology of Pre-cooked Tender Chicken which  
is Protein Food for The Elderly

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2553 จำนวนเงิน 505,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ กรกฎาคม 2553 – กรกฎาคม 2554

รายนามคณะผู้วิจัย

1. นางสาววราภรณ์ ประเสริฐ (หัวหน้าโครงการ)
2. นายนิพนธ์ ลีสงวน (ผู้ร่วมโครงการ)
3. นายสมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม (ผู้ร่วมโครงการ)

หน่วยงาน สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900  
โทรศัพท์ 02-942 8629-35 ต่อ 611 โทรสาร 02-940-6455

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่กึ่งปรุงสุกที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มสำหรับผู้สูงอายุ ชั้นแรก ศึกษาผลของเอนไซม์โปรตีเอส 3 ชนิด ได้แก่ ปาเปน โบรมิเลน และ ฟิกซิน ที่ระดับความเข้มข้น 0.001 - 0.2 % และการให้ความร้อนภายใต้ความดัน 3 ระดับ คือ 0 (ความดันบรรยากาศ) 8 และ 15 psi ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่ จากการทดลองพบว่า เนื้อไก่กึ่งปรุงสุกทุกตัวอย่างมีเนื้อสัมผัสแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (ไก่นึ่งไม่ใช่เอนไซม์) โดยการเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์ทำให้เนื้อไก่มีความนุ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การเพิ่มระดับความดันสำหรับตัวอย่างที่ใช้เอนไซม์ปาเปนหรือโบรมิเลนทำให้เนื้อไก่มีความนุ่มลดลง แต่เมื่อใช้เอนไซม์ ฟิกซิน ให้ผลการทดลองที่ตรงกันข้าม ชั้นที่สอง ศึกษาอัตราส่วนของเอนไซม์ผสมและปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่ากรรมวิธีในการผลิตเนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุกที่เหมาะสมคือ นิดสารละลาย STPP 2.0% + NaCl 2.0%+ แป้งข้าวโพด 3% จนเนื้อไก่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 10% และหมักด้วยเอนไซม์ผสม (ปาเปน : โบรมิเลน : ฟิกซิน = 1: 98 :1) ความเข้มข้น 0.025% และใช้ในปริมาณ 10% ของน้ำหนักเนื้อไก่ นำไปนวดนาน 30 นาทีและนำไปแช่แข็ง 1 คืน จากนั้นนำมาให้ความร้อนโดยการนึ่งที่ความดันบรรยากาศนาน 13 นาที นำไปบรรจุในถุงลามิเนตแบบสุญญากาศและเก็บไว้ในตู้เย็น

**คำสำคัญ** ; กระบวนการทำให้นุ่ม, กึ่งปรุงสุก, ไก่, เอนไซม์โปรตีเอส, ความดัน

### **Abstract**

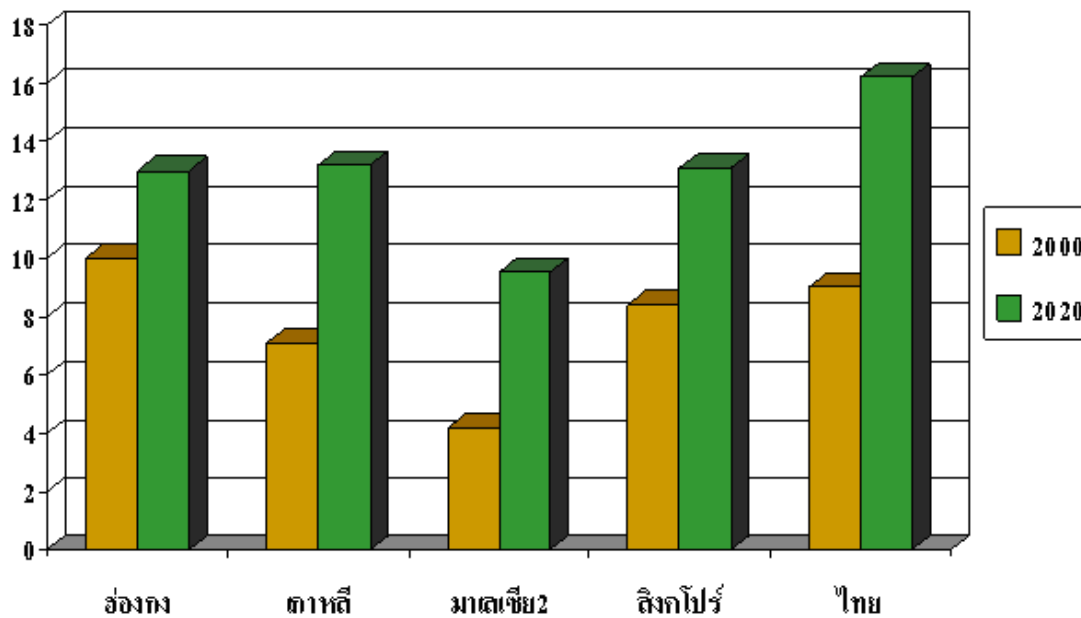
The purpose of this research was to develop precooked tender chicken breasts for consumption by elderly people. First, the effects on the texture of precooked chickens of three proteases (papain, bromelain and ficin) at different concentrations (0.001- 0.2 % w/v) and pressures (0, 8 and 15 psi) in the cooking steps were studied. The results found that the texture of the treated precooked chicken breasts were different from the control sample. Increasing the enzyme concentrations led to more tender chicken. However, increasing the pressure resulted in lower tenderness when papain or bromelain was used, but the effect from ficin showed the opposite result. Second, ratios of mixed enzymes were studied and a process was developed. The most suitable method comprised the injection of a solution (STPP 2.0% + NaCl 0.2% + corn flour 3.0%) until 10% solution uptake had been achieved. Then, the sample was marinated in 0.025 %w/w mixed enzyme solution (papain:bromelain:ficin = 1:98:1) and kneaded for 30 min. The sample was placed in a freezer overnight and steamed under atmospheric pressure for 13 min.. Finally, it was packed in a laminated bag under vacuum and kept in the refrigerator.

**Key words;** tenderization, pre-cooked, chicken, enzyme protease, pressure

## บทที่ 1

## บทนำ

ในอนาคตอันใกล้ประเทศไทยและประเทศในแถบเอเชียจะมีผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้น หลายหน่วยงานได้พยากรณ์ไว้ว่า สังคมไทยกำลังเดินเข้าสู่ความเป็นสังคมผู้สูงอายุ โดยจำนวนประชากรสูงอายุจะมีสัดส่วนมากขึ้นเรื่อย ๆ รูปแบบของประชากรสูงอายุในประเทศแถบเอเชียนั้น ทุกประเทศที่ทำการศึกษามีลักษณะเข้าสู่ความมีอายุของประชากรที่คล้ายกันโดยมีผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะอัตราการเจริญพันธุ์และอัตราการตายอยู่ในระดับต่ำ ความยืนยาวของชีวิตโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 การคาดประมาณประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป ปี 2000-2020

ตาราง 1. สัดส่วนของประชากรสูงอายุ 60 ปีขึ้นไปต่อประชากรทั้งหมดในประเทศไทย (%)

	พ.ศ. 2543	พ.ศ. 2563
จำนวนประชากรทั้งหมด (ล้านคน)	62.0	96.9
ประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป (ล้านคน)	5.82	12.47
ผู้สูงอายุวัยต้น (60-74 ปี)	4.56 (78.4%)	9.63(77.2%)
ผู้สูงอายุวัยปลาย (75ปีขึ้นไป)	1.26 (21.6%)	2.84 (22.8%)
อัตราส่วน ชาย: หญิง		
ผู้สูงอายุวัยต้น (60-74 ปี)	0.89	0.86
ผู้สูงอายุวัยปลาย (75ปีขึ้นไป)	0.75	0.66

ในปี พ.ศ.2563 ประเทศไทยจะมีผู้สูงอายุเกือบ 12 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 26 ของคนวัยทำงาน (ตาราง 1) หรือโดยภาพรวมระดับประเทศแล้ว ทุกๆ ครอบครัว ที่มีคนวัยทำงาน 3 คน จะมีผู้สูงอายุ 1 คน แต่ขณะที่จำนวนผู้สูงอายุกำลังเพิ่มขึ้น จำนวนคนวัยทำงานที่จะมาดูแลผู้สูงอายุก็กำลังลดลง เนื่องจากอัตราการเกิดลดลง มีการคุมกำเนิดมากขึ้นคนมีลูกน้อยลง ประกอบกับแนวโน้มหญิงที่ไม่แต่งงานมีมากถึง 33% และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

วัยสูงอายุ หรือ วัยชรา หมายถึง มนุษย์ที่มีอายุอยู่ในช่วงปลายของชีวิต นิยามของผู้สูงอายุอาจแตกต่างกันไปเมื่อพิจารณาจากแง่มุมต่าง ๆ เช่น ทางชีววิทยา ประชากรศาสตร์ การจ้างงาน และทางสังคมวิทยา ในทางสถิติมักถือว่าผู้ที่อยู่ในวัยสูงอายุคือบุคคลที่มีอายุ 60-65 ปีขึ้นไป สำหรับประเทศไทยกำหนดไว้ว่าผู้สูงอายุคือบุคคลที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ประเทศพัฒนาแล้วส่วนใหญ่จะมีสัดส่วนผู้สูงอายุต่อประชากรทั้งประเทศสูงกว่าประเทศกำลังพัฒนา สำหรับประเทศไทยมีสัดส่วนของผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในผู้สูงอายุที่ชัดเจนอย่างหนึ่งคือ มีสรีรวิทยาของฟันไม่ดีเหมือนเก่า ทำให้เคี้ยวอาหารไม่สะดวก เคี้ยวอาหารได้น้อยลง ไม่ละเอียด ร่วมกับการลดลงของการหลั่งน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร ลำไส้ และต่อมน้ำลายในปาก ส่งผลต่อการย่อยอาหารที่ทำได้อาจไม่ดีพอ แต่ผู้สูงอายุยังคงต้องการอาหารให้ครบ 5 หมู่เช่นเดียวกับคนวัยทั่วไป ดังนั้นในการประกอบอาหารสำหรับผู้สูงอายุจึงต้องมีการปรับเปลี่ยน ลักษณะทางกายภาพของอาหาร ได้แก่ กลิ่น สี ขนาด

ปริมาณ และความอ่อนหรือเปื่อยยุ่ยของอาหาร เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถบริโภคอาหารและได้รับสารอาหารอย่างครบถ้วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารประเภทโปรตีนเป็นกลุ่มสำคัญที่ผู้สูงอายุต้องการ แต่โปรตีนที่มาจากเนื้อสัตว์หลาย ๆ ชนิดมีความเหนียว เคี้ยวยาก และยังมีส่งผลให้ย่อยยากอีกด้วย จึงทำให้ผู้สูงอายุได้รับ โปรตีนและแคลอรีไม่เพียงพอ

ในงานวิจัยนี้ได้สังเกตเห็นความสำคัญของปัญหาการบริโภคอาหารกลุ่มโปรตีนในกลุ่มผู้สูงอายุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบริโภคโปรตีนจากเนื้อสัตว์ ซึ่งมีความเหนียวและเคี้ยวยาก เช่น เนื้อหมู เนื้อไก่ เนื้อวัว เป็นต้น เนื้อสัตว์เหล่านี้เป็นเนื้อสัตว์ที่บริโภคในชีวิตประจำวันของคนไทยในทุกเพศทุกวัย ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าว ข้อเสนอโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเนื้อไก่กึ่งปรุงสุกที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เอื้อต่อการบริโภคของผู้สูงอายุ กล่าวคือมีความนุ่ม ความชุ่มน้ำ เคี้ยวง่าย และยังคงรักษากลิ่นรสของเนื้อสัตว์ตามธรรมชาติของสัตว์นั้น ๆ ไว้ได้ ทั้งยังเพิ่มสะดวกและช่วยลดระยะเวลาในการปรุงได้อีกด้วย

## บทที่ 2

### การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

คุณภาพในการรับประทานของเนื้อสัตว์จะขึ้นอยู่กับลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความนุ่มและความฉ่ำของเนื้อร่วมกัน โดยทั่วไป ผู้บริโภคต้องการบริโภคเนื้อที่มีลักษณะเนื้อละเอียด มีความนุ่มแต่กล้ามเนื้อค่อนข้างแน่นและคงรูปได้ดี ความนุ่มเป็นปัจจัยสำคัญต่อความน่ารับประทานจึงเป็นลักษณะหลักของเนื้อสัตว์ในการตัดสินใจบริโภคเนื้อสัตว์ เนื้อสัตว์ที่เหนียวและแห้งจะไม่นับเป็นที่ยอมรับ ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะปรับปรุงความนุ่มของเนื้อสัตว์ตั้งแต่การเลี้ยงดู การให้อาหาร เมื่อสัตว์มีชีวิต กระบวนการเชือดและตัดแต่ง รวมไปถึงในขั้นตอนการนำเนื้อมาประกอบอาหาร

เนื่องจากเนื้อสัตว์แต่ละชนิดมีลักษณะกล้ามเนื้อที่ไม่เหมือนกัน สัตว์ขนาดใหญ่จะมีความหนาของกล้ามเนื้อมากและมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมากกว่าสัตว์ขนาดเล็ก ดังนั้นเนื้อจึงมีความเหนียวมากกว่า ชนิดของกล้ามเนื้อในแต่ละตำแหน่งจะมีความเหนียวต่างกัน เช่นเนื้อสันจะมีความนุ่มมากกว่าส่วนท้อง ไหล่ หรือขา เนื่องจากปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในกล้ามเนื้อที่ต้องทำงานมากจะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมาก เพื่อเสริมความแข็งแรงสำหรับทำงานหนัก สัตว์ที่มีอายุมากจะมีสัดส่วนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันกับกล้ามเนื้อน้อย แต่เนื้อเยื่อเกี่ยวพันของสัตว์ที่มีอายุมากจะมีการเชื่อมโยงกันของโมเลกุลโปรตีน (intermolecular crosslink) มากกว่าสัตว์อายุน้อย จึงทำให้สัตว์ที่อายุมากกว่ามีความเหนียวมากกว่า นอกจากนี้เนื้อที่มีปริมาณไขมันแทรกจะทำให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้นด้วย (อรอนงค์, 2548) การประเมินความนุ่มอาจใช้ผู้ทดสอบชิมหรือการประเมินด้วยเครื่องมือ โดยการวัดแรงเฉือนด้วยหัววัดแบบ Warner-Blatzler shear จากเนื้อที่มีพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางเซนติเมตร เนื้อที่นุ่มจะมีค่าแรงเฉือน 0-5 กิโลกรัม เนื้อที่เริ่มเหนียวมีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 5-10 กิโลกรัม ในขณะที่เนื้อเหนียวจะมีค่าแรงเฉือน 10-15 กิโลกรัม

การทำให้เนื้อนุ่มต้องทำให้เนื้อสัตว์หดตัวน้อยที่สุด หรือสลายโครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีหลายวิธี เช่น การบ่มซาก เป็นการเก็บชิ้นเนื้อไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 3 °C เอนไซม์คาเทปซินในเซลล์กล้ามเนื้อจะออกมาย่อยโปรตีน ทำให้โปรตีนเปลี่ยนแปลงสภาพโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อคลายตัว หรือการกระตุ้นซากด้วยไฟฟ้า เพื่อป้องกันการหดตัวเนื่องจากความเย็นและช่วยลดระยะเวลาในการบ่มซาก หรือการใช้เอนไซม์ฉีดเข้าไปในเส้นเลือดใหญ่ของสัตว์ก่อนการเชือด แต่การฉีดเอนไซม์เข้าไปในเส้นเลือดเป็นการทรมานสัตว์ จึงไม่นับเป็นที่ยอมรับในหลาย ๆ ประเทศ

ในการรักษาหรือปรับปรุงความนุ่มของเนื้อสัตว์หลังการตัดแต่งซากแล้วสามารถทำได้หลายวิธี เมื่อมีการตัดแต่งซากเป็นชิ้นเนื้อแล้ว การลดขนาดโดยการหั่น ทูบ บด หรือสับ จะทำให้เนื้อนุ่มและเคี้ยวง่ายขึ้น การลดขนาดเป็นการตัดเส้นใยกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของเนื้อสัตว์ หรือวิธีที่มีการใช้อย่างแพร่หลายคือ การเติมสารปรับปรุงความนุ่ม เช่น การใช้กรดอ่อน ทำให้พันธะไฮโดรเจนภายในเส้นใยถูกตัดขาด หรือการเติมเกลือในระดับความเข้มข้นไม่มากนักจะทำให้โปรตีนมีความสามารถอุ้มน้ำมากขึ้น แต่ถ้าเติมในปริมาณมากจะทำให้โปรตีนแข็งตัว หรือการเติมผงทำให้เนื้อนุ่มซึ่งมีส่วนผสมของเอนไซม์ปาเปน หรือเอนไซม์โบรมิเลน เป็นต้น

การนำเนื้อไปแช่หรือหมักในสารละลาย ทำให้ได้กลิ่นรสที่ดีเนื่องจากการดูดซึมของเหลวที่แช่เข้าสู่ชิ้นเนื้อ รวมถึงอาจเสริมความสามารถของของเหลวที่แช่เนื้อด้วยการใช้เอนไซม์ในการใช้เอนไซม์มาหมักเนื้อ สิ่งสำคัญคือการใช้เอนไซม์ซึมเข้าสู่เนื้อให้ได้อย่างสม่ำเสมอ โดยทั่วไปมี 3 วิธี ได้แก่การนำชิ้นเนื้อไปจุ่มในสารละลายเอนไซม์ การฉีดหรืออัดสารละลายเอนไซม์ด้วยแรงดันเข้าสู่เส้นเลือดของชิ้นเนื้อและการนำเนื้อที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมาคืนรูปในสารละลายเอนไซม์เพื่อให้ชิ้นเนื้อนั้นดูดสารละลายที่มีเอนไซม์กลับเข้าสู่ชิ้นเนื้อ แต่ในการนำไปปฏิบัติจริงนั้น 2 วิธีการแรกไม่สามารถนำไปปฏิบัติในระดับอุตสาหกรรมได้เนื่องจากจะได้ชิ้นเนื้อที่มีผิวของชิ้นเนื้อที่เปื่อยยุ่ยจนเกินไป ในขณะที่บริเวณใจกลางของชิ้นเนื้อก็ไม่ถูกกระทำโดยการทำงานของเอนไซม์ สารละลายไม่สามารถซึมเข้าสู่ใจกลางชิ้นเนื้อได้ (Lawrie, 1998)

การใช้เอนไซม์มักใช้ในรูปของเอนไซม์ผสม ระหว่างเอนไซม์โบรมิเลนเอนไซม์ฟักซิน และเอนไซม์ปาเปน รวมถึงการใช้สารอื่น ๆ ร่วมด้วย ทั้งนี้การใช้เอนไซม์หลายชนิดร่วมกันนั้น การใช้สารตัวพา (carrier) จะช่วยให้เอนไซม์ผสมสามารถกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั้งในสารละลาย และช่วยป้องกันเอนไซม์ไม่ให้รวมตัวกันและแข็งระหว่างการรักษา ตัวอย่างของสารที่นิยมใช้ เช่น เกลือ NaCl KCl น้ำตาลเด็กซ์โตรส เป็นต้น (Mays, 2000; Teran, 2004)

เอนไซม์แต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิจำเพาะที่จะทำให้เกิดกิจกรรมของเอนไซม์หรือหยุดกิจกรรมของเอนไซม์ ดังนั้นการใช้เอนไซม์ผสมต้องควบคุมอุณหภูมิและใช้เอนไซม์ในปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการทำงานที่เสริมกันในการตัดพันธะหรือเส้นใยกล้ามเนื้อ เนื้อที่ได้จึงจะนุ่มและเหมาะสมต่อการบริโภค เช่น สารละลายที่ใช้ในการฉีดเนื้อสำหรับปรุงสุกด้วย

การย่างหรือใช้ไมโครเวฟ ประกอบด้วย ส่วนผสมของเอนไซม์ : น้ำแข็ง : เกลือ : น้ำ เป็น 1 : 13 : 1.7 : 55 หรือสารละลายสำหรับการปรุงสุกด้วยการอบด้วยเตาไฟฟ้า จะประกอบด้วย ส่วนผสมของ เอนไซม์ : น้ำแข็ง : เกลือ : น้ำ เป็น 1 : 20 : 2.5 : 80 เป็นต้น การใส่น้ำแข็งในสารละลายที่ใช้ในการ นึ่งเพื่อชะลอการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และการละลายระหว่างการนึ่งสารละลายเข้าชิ้นเนื้อ (Teran, 2004)

Teran (1996) ได้พัฒนากระบวนการทำให้เนื้อนุ่มในผลิตภัณฑ์เนื้อที่ใช้ไมโครเวฟในการ ปรุงสุก โดยการนึ่งโปรตีนโอไลติกเอนไซม์และสารละลายกลีเซอรอล นำไปนวดภายใต้สภาวะที่มีความดันและความเร็วรอบที่แน่นอนจึงนำมาบรรจุแบบสุญญากาศ จากนั้นให้ความร้อนในช่วงแรก เพื่อกระตุ้นให้เอนไซม์โบรมิเลนและฟิซินทำงาน ส่งผลให้เนื้อนุ่มขึ้น แล้วนำมาเพิ่มความเย็น อย่างรวดเร็วเพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ทั้งสอง ผลิตภัณฑ์สามารถนำออกสู่ท้องตลาดเพื่อ จำหน่ายต่อไป เมื่อผู้บริโภคให้ความร้อนหรือปรุงสุกด้วยไมโครเวฟ เนื้อไมโครเวฟจะทำให้ เอนไซม์ไปปนทำงาน ทำให้เนื้อนุ่ม มีกลิ่นและลักษณะปรากฏที่ดี

การคลุกเคล้าหรือการนวดชิ้นเนื้อจะทำให้เกิดการกระจายตัวของเครื่องปรุงหรือสารหมัก เนื้ออย่างทั่วถึงภายในชิ้นเนื้อ สารที่ใช้หมักหรือนึ่งเข้าไปในชิ้นเนื้อสามารถซึมเข้าสู่ชิ้นเนื้อได้มากขึ้น การนวดจะทำให้โปรตีนของเนื้อสัตว์ถูกทำลาย สามารถสกัดโปรตีนที่ละลายน้ำได้มากขึ้น ผลิตภัณฑ์อู่มน้ำได้มากขึ้น ส่งผลให้มีเนื้อสัมผัสที่ดีและมีน้ำหนักของชิ้นเนื้อมากขึ้น เมื่อชิ้นเนื้อ ได้รับความร้อน โปรตีนจะเกิดการตกตะกอนเชื่อมชิ้นเนื้อเข้าด้วยกัน ระยะเวลาในการนวดควรนาน เพียงพอที่จะสกัดโปรตีนได้และถ้ามีสารยึดเกาะ (binder) จะต้องใช้เวลาในการนวดผสมนานขึ้น เพื่อให้สารนั้นสามารถเคลือบชิ้นเนื้อ ได้สม่ำเสมอ แต่การนวดที่นานเกินไปจะทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์ นุ่มและลักษณะของกล้ามเนื้อเสีย

การนวดสามารถกระทำภายใต้ความดันและการหมุนวนด้วยความเร็วคงที่ หรือการบรรจุ ในภาชนะระบบสุญญากาศ เช่น ถังโพลีเมอร์ที่มี relative vacuum ประมาณ -1.5 บาร์ เป็นต้น ความดันและแรงกลจากการหมุนจะทำให้เส้นใยแยกออกจากกัน โดยไม่มีการฉีกหรือหั่นเส้นใยออกเป็น ชิ้น ๆ และยังคงรักษาโครงสร้างของเส้นใยไว้ได้ (Teran, 2004) Mays (2000) ได้จัดลธิษบัตร วิธีการทำให้เนื้อนุ่ม โดยการใส่ท่อระบบปิดที่บรรจุของเหลวจนท่วมชิ้นเนื้อ ของเหลวที่ใช้อาจเป็น น้ำ หรือ สารแช่เนื้อ หรือสารแช่เนื้อที่มีส่วนผสมของสารเคมีหรือเอนไซม์ มีการปรับให้เกิดภาวะ

สุญญากาศ 25-30 นิ้วของปรอท โดยการปรับสภาวะสุญญากาศนี้ขึ้นกับสภาพธรรมชาติและลักษณะของเนื้อ Pietrasik and Shand (2004) พบว่าการนวดชิ้นเนื้อนานขึ้นจะปรับปรุงปริมาณน้ำในชิ้นเนื้อได้มากขึ้น เส้นใยกล้ามเนื้อจะเกิดโครงสร้างที่เป็นโครงข่าย (network) ทำให้สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ การนวดชิ้นเนื้อนาน 16 ชั่วโมงจะมีผลต่อการดูดซับน้ำ ความคงตัวต่อความร้อน การสูญเสียน้ำเนื่องจากความร้อน และความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ลดแรงเฉือนและลดความแข็งของชิ้นเนื้อได้ถึง 50 -60 % นอกจากนี้การใช้ blade tenderizer ก่อนการนวดสลายเกลือและโซเดียมไตร โพลีฟอสเฟตเข้าสู่ชิ้นเนื้อยังมีประโยชน์ในการปรับปรุงน้ำหนักหลังการปรุงอาหารได้และหากใช้ blade tenderizer ร่วมกับการนวดชิ้นเนื้อ 0-2 ชั่วโมงจะสามารถลดแรงเฉือนเนื้อได้ถึง 15-20% ต่อมา Pietrasik and Shand (2005) ได้ศึกษาผลของการนวดชิ้นเนื้อและการใช้สารรักษาความชื้นในชิ้นเนื้อ (เกลือและฟอสเฟต) พบว่าการนวดสลายน้ำเกลือเข้าสู่ชิ้นเนื้อช่วยปรับปรุงน้ำหนักหลังการปรุงสุกและเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความนุ่มของชิ้นเนื้อมากที่สุด การนวดชิ้นเนื้อไม่มีผลในเชิงเดียวต่อการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของชิ้นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หากมีการนวดร่วมกับการใช้ blade tenderizer จะมีผลในการปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำและปริมาณน้ำที่คงอยู่ในชิ้นเนื้อได้

### ปัจจัยในการบ่งชี้คุณภาพของเนื้อสัตว์

#### ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity; WHC)

ความสามารถในการอุ้มน้ำ คือ ความสามารถของเนื้อที่สามารถรักษาปริมาณน้ำไว้ได้ แม้จะมีผลจากสิ่งแวดล้อมภายนอกมากกระทำ เช่น การให้ความร้อน การตัด การบดและอัด เป็นต้น เนื้อที่มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำที่ดีจะให้ความรู้สึกชุ่มฉ่ำจากประสาทสัมผัสภายในปาก ถ้านำเนื้อสัตว์วางพื้นจะพบว่า มีน้ำเยิ้มออกมาจากชิ้นเนื้อ ซึ่งน้ำที่เยิ้มออกมานี้จะมากหรือน้อยขึ้นกับความสามารถในการอุ้มน้ำ นอกจากนี้ความสามารถในการอุ้มน้ำยังมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของเนื้อสัตว์ เช่น สี ความหนาแน่น ลักษณะโครงร่างหรือความหยาบละเอียดของเนื้อสัตว์ และมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อในระหว่างการเก็บรักษา รวมทั้งความน่ารับประทาน เนื้อที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ เมื่อนำไปปรุงสุกจะสูญเสียน้ำมากและยังทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามิน และแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำ ส่วนเนื้อสัตว์ที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำ

สูงเมื่อนำไปปรุงสุก แม้น้ำบางส่วนจะสูญเสียไปแต่น้ำส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในเนื้อ เมื่อเคี้ยวในปาก ผู้บริโภคจะรู้สึกมีการหล่อลื่นภายในปากที่ดี ทำให้เกิดความชุ่มฉ่ำ

โดยปกติแล้ว น้ำที่อยู่ในเนื้อสัตว์มี 3 ชนิด คือ

1. น้ำที่ถูกตรึง (Bound Water) โมเลกุลน้ำส่วนนี้จะถูกดึงดูดไว้ด้วยขั้วไฟฟ้าที่ต่างกันระหว่างโมเลกุลของน้ำและโปรตีนในเนื้อสัตว์ น้ำชนิดนี้มีประมาณ 4-5% ของน้ำในกล้ามเนื้อทั้งหมด การกำจัดน้ำส่วนนี้ทำได้ยากมาก ไม่สามารถถูกกำจัดด้วยการอบแห้งหรือการระเหยด้วยวิธีธรรมดา
2. น้ำที่ถูกจำกัดการเคลื่อนย้าย (Immobilized Water) เป็นน้ำที่ถูกกักอยู่ในระหว่างชั้นของโปรตีน เช่น อยู่ในไมโอไฟบริล เมื่อโครงสร้างของเนื้อเยื่อถูกทำลาย น้ำก็สามารถถูกขับออกมาได้
3. น้ำที่อยู่ในรูปอิสระ (Free Water) น้ำจะอยู่ในลักษณะของของเหลวจะถูกดึงดูดด้วยแรงดึงดูด เช่น น้ำระหว่างชั้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน น้ำประเภทนี้สามารถแยกออกได้ง่ายด้วย เนื้อสัตว์ต่าง ๆ จะมีน้ำอิสระประมาณ 30-50 % ของปริมาณน้ำทั้งหมด

เนื้อสัตว์แต่ละประเภทหรือมัดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันมีความสามารถในการอุ้มน้ำไม่เท่ากัน เนื้อหมูมีความสามารถอุ้มน้ำได้สูงสุด รองลงมาคือเนื้อโค และเนื้อไก่ ตามลำดับ สัตว์ที่อายุน้อยจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่าเนื้อสัตว์ที่มีอายุมาก และถ้าหากเนื้อมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสูงก็จะมีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้นด้วย (เขาวลัทธิ, 2536) ทั้งนี้ปริมาณหนึ่งในสามของการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นผลมาจากการลดลงของค่าความเป็นกรดต่างในเนื้อสัตว์ ที่เหลือเป็นผลมาจากการหดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (ชัยณรงค์, 2529) เนื่องจากโปรตีนในกล้ามเนื้อเป็นส่วนประกอบที่มีความเป็นประจุสูงทำให้จับน้ำไว้ได้เป็นอย่างดี เมื่อมีการเพิ่มปริมาณกรดแลคติกในเนื้อ ทำให้เนื้อมีความเป็นกรดสูงขึ้น หากค่าความเป็นกรดต่างเข้าใกล้จุดไอโซอิเล็กทริก (Isoelectric point) คือมีค่า pH ประมาณ 5.4 จะส่งผลให้ประจุสุทธิของเนื้อเป็นศูนย์ โมเลกุลของน้ำและโปรตีนที่จับกันจะหลุดออกจากกันเป็นอิสระทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำลง ( Huff-Lonergan and Lonergan, 2005)

## ความชุ่มฉ่ำ (Juiciness)

เนื้อสัตว์ที่มีความชุ่มฉ่ำจะมีความน่ารับประทาน และให้ความรู้สึกที่เนื้อนุ่ม เนื้อที่มีความชุ่มฉ่ำมีปริมาณน้ำและไขมันแทรกอยู่มาก ขณะที่เคี้ยว ของเหลวจะถูกปล่อยออกมาทำให้มีรสชาติดีขึ้น และไขมันจะช่วยกระตุ้นให้น้ำลายไหลและช่วยให้การเคี้ยวง่ายขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อความชุ่มฉ่ำของเนื้อสัตว์คือ ปริมาณน้ำที่ยังคงเหลือหลังจากการทำให้สุกแล้ว ซึ่งขึ้นกับความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์ และไขมันที่แทรกอยู่ในเนื้อ ระหว่างการปรุงสุกไขมันแทรกจะละลายแล้วไปอุดช่องว่างในระหว่างเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นเพอริไมเซียม ทำให้น้ำภายในเนื้อไม่ถูกปล่อยออกมา นอกจากนี้อายุของสัตว์ยังมีผลต่อความชุ่มฉ่ำ สัตว์ที่อายุน้อยจะมีความชุ่มฉ่ำมากกว่าสัตว์อายุมาก

ความนุ่มของเนื้อขึ้นอยู่กับคุณภาพเนื้อดิบและกรรมวิธีในการปรุงสุก สัมพันธ์กับ IMF, pH, ความสามารถในการอุ้มน้ำของชิ้นเนื้อ (Water Holding Capacity: WHC), การเพิ่มความเข้มข้นของไกลโคเจนจะทำให้ความนุ่มของเนื้อเพิ่มขึ้นที่ pH ระดับปกติของเนื้อสัตว์ทั่วไป (pH 5.50 - 7.75) Immonem *et al.*, (2000) กล่าวว่าอุณหภูมิใจกลางชิ้นเนื้อและปัจจัยในการให้ความร้อน ได้แก่ เวลา อุณหภูมิและวิธีการให้ความร้อน จะมีผลต่อความนุ่มของเนื้อด้วยกัน เช่น การใช้อุณหภูมิต่ำ ๆ จะทำให้เนื้อมีความนุ่มมากกว่าเนื้อที่ให้ความร้อนสูง เมื่อเปรียบเทียบ ณ อุณหภูมิใจกลางชิ้นเนื้อเท่ากัน เป็นต้น

## กระบวนการผลิตเนื้อสัตว์กึ่งปรุงสุก (pre-cooked)

กระบวนการผลิตเนื้อสัตว์กึ่งปรุงสุก (pre-cooked) เป็นการให้ความร้อนแก่เนื้อระดับหนึ่ง เพื่อให้สะดวกและลดระยะเวลาในการปรุงสุก นอกจากนี้ยังเป็นขั้นตอนที่มีการปรับปรุงคุณภาพของเนื้ออีกด้วย กระบวนการผลิตเนื้อสัตว์กึ่งปรุงสุกมีหลายวิธี Boles and Parrish (1990) ได้เสนอวิธีการผลิตเนื้อกึ่งสุก โดยนำเนื้อสัตว์ขนาด 6-8 ปอนด์ มาห่อด้วยตาข่ายแล้วให้ความร้อนด้วยเตาอบรมควันจนมีอุณหภูมิใจกลางชิ้นเนื้อ 155 °F จากนั้นนำชิ้นเนื้อมาแช่เย็นที่อุณหภูมิ 40 °F แล้วสไลด์เป็นชิ้นขนาด ¼ นิ้ว นำไปบรรจุแบบสุญญากาศแล้วเก็บที่ 40 °F ในขณะที่ผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งสุกที่ผลิตจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ชนิดหนึ่ง ผลิตโดยการฉีดด้วยโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.25 %, โซเดียมคลอไรด์ 0.35% และโซเดียมแลคเตต 2 % นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 ± 1 °C นาน 24 ชั่วโมง ทั้งนี้เพื่อให้สารละลายที่ฉีดเข้าชิ้นเนื้ออยู่ในสภาวะสมดุล จากนั้นนำมาชั่งแล้วบรรจุในถุงแบบสุญญากาศ CN 530 ซึ่งถุงนี้มีอัตราการซึมผ่านของอากาศ (Oxygen Transmission Rate: ORT) 20

cc/m<sup>2</sup>/24 ชั่วโมง ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 23 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 0% ให้ความร้อนในตู้อบรมควัน จนมีอุณหภูมิใจกลางชิ้นเนื้อ  $68 \pm 3$  °C นำมาแช่เย็นที่  $4 \pm 1$  °C 16 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งและนำไปบรรจุใหม่ 2 ชิ้นต่อถาด น้ำหนัก 300-350 กรัมต่อชิ้น ผลิตภัณฑ์นี้มีอายุการเก็บนาน 4 สัปดาห์<sup>1</sup>

เพื่อปรับลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ จะมีการหมักหรือฉีดสารละลายเข้าชิ้นเนื้อ โดยสารละลายนั้นอาจเป็นน้ำ น้ำเกลือ หรือมีส่วนผสมของสารหลายชนิด McWatters *et al.* (1999) ใช้สารในการหมักเนื้อทางการค้า ประกอบด้วย เกลือ โซเดียมฟอสเฟต น้ำตาลเด็กซ์โตรส โปรตีนถั่วเหลือง (Hydrolyzed Soy Protein) สารสกัดจากกระเทียม หัวหอมและเครื่องเทศต่าง ๆ ในการทำเนื้อกึ่งสุกนั้นนำเนื้อส่วน round มาเข้าเครื่องนวดสุญญากาศ (Vacuum tumbled) โดยเติมสารหมักเนื้อดังกล่าวข้างต้น ในอัตรา 1.5 % w/w ในรูปของผง นาน 5 นาที เมื่อนำออกจากเครื่องนวดให้กำจัดน้ำส่วนเกินออกไปแล้วบรรจุในพลาสติก นำเนื้อไปให้ความร้อนด้วยเครื่องอบรมควันนาน 5.5 ชั่วโมง แล้วนำออกมาแช่ในน้ำแข็งเพื่อทำให้เย็น 1 คืน จากนั้นหั่นสไลด์ให้มีความหนา 1.5 cm แล้วจึงนำไปบรรจุลงแบบสุญญากาศและนำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 °C สารที่นำมาแช่เนื้อนั้นอาจมีรสชาติต่างๆ เช่น รสเม็กซิกัน รสอิตาลี หรือแบบบาร์บีคิว เป็นต้น จากการประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้ชิม 102 คนสรุปได้ว่า กระบวนการทำให้เนื้อนุ่มนี้สามารถปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส การยอมรับโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นและยังส่งผลต่อความตั้งใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ในอนาคตด้วย โดยผู้บริโภคได้ให้คะแนนในการประเมินความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการมากกว่าตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมแล้วพบว่าเนื้อที่ผ่านกระบวนการทำให้เนื้อนุ่มนี้ใช้แรงในการตัดและพลังงานในการตัดน้อยกว่า มีความชื้นของชิ้นเนื้อมากกว่า 3% และไขมันน้อยกว่า 0.5% แต่มีการสูญเสียระหว่างกระบวนการหุงต้มมากกว่าตัวอย่างควบคุม DeYonge-Freeman *et al.* (2000) กล่าวว่า CaCl<sub>2</sub> มีประสิทธิภาพในการทำให้เนื้อที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมและความแก่ของวัวนุ่มขึ้นได้ เมื่อนำ CaCl<sub>2</sub> 300 mM นำไปฉีดในเนื้อ 10% w/w จะทำให้เกิดการปรับปรุงความนุ่มของเนื้ออย่างมาก แต่ทำให้เกิดรสขมและเกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ (Metallic off-flavor) อย่างไรก็ตามการ

<sup>1</sup> (Gourmet Convenience: <http://www.kruijer.com/dinner.pdf>)

ประเมินทางประสาทสัมผัส จะไม่สามารถรับรู้รสขมและกลิ่นรสที่ผิดปกติ หากใช้  $\text{CaCl}_2$  น้อยกว่า 200 mM แต่การใช้  $\text{CaCl}_2$  น้อยกว่า 200 mM จะไม่มีผลในการหยุดกิจกรรมของระบบเอนไซม์ calpain

Bernard *et al.* (2000) ได้จัดสิทธิบัตรเกี่ยวกับการพัฒนาและปรับปรุงเนื้อกึ่งสุก (Pre-cooked) โดยมีวัตถุประสงค์ต้องการให้ได้เนื้อที่มีความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Salmonella spp.* และ *Listeria spp.* รวมถึงปรับปรุงอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้เมื่อนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไปให้ความร้อนหรือปรุงสุกอีกครั้งจะต้องไม่มีความแตกต่างทางด้านประสาทสัมผัสจากเนื้อที่ปรุงสุกจากเนื้อที่ผ่านความร้อนเพียงครั้งเดียว เนื้อกึ่งสุกผลิตโดยนำเนื้อสดมาฉีดด้วยน้ำเกลือ 10-40 % โดยน้ำหนัก แต่โดยทั่วไปแล้วจะทำการฉีดด้วยน้ำเกลือเข้มข้น 10-25% เท่านั้น และฉีดด้วยแรงดัน 1-3 บาร์ ทั้งนี้ความดันที่ใช้ในการฉีดขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อ เช่น เนื้ออกไก่จะใช้แรงดันในการฉีด 1.0 -1.5 บาร์ ในขณะที่เนื้อหมูใช้แรงดันในการฉีด 1.5 -2.0 บาร์ จากนั้นคลุกเคล้าให้เข้ากันประมาณ 15-45 นาทีด้วยเครื่อง นวดและให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิใจกลางชิ้นเนื้อ 65-75 °C การให้ความร้อนนี้ถือเป็นการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ภายในชิ้นเนื้อหรือการพาสเจอร์ไรส์นั่นเอง การฉีดอาจใช้เข็มแบบหลายหัวเข็ม โดยน้ำเกลือที่ฉีดเข้าไปนั้นต้องเพียงพอและสามารถชดเชยการสูญเสียน้ำขณะหุงต้ม (cooking-loss) เพื่อให้ปริมาณน้ำในชิ้นเนื้อยังเหลือเท่ากับเนื้อสด การฉีดน้ำเกลือที่เพียงพอจะส่งผลให้ยังคงรักษาความนุ่มและความฉ่ำของเนื้อ หลังการปรุงให้สุกอีกครั้งให้คล้ายกับเนื้อที่ปรุงสุกจากเนื้อสด นอกจากนี้เกลือแล้ว อาจนำส่วนผสมประเภทนมเข้ามาเป็นส่วนประกอบ เช่น โยเกิร์ต บัตเตอร์มิลค์ ครีมนมเปรี้ยว นมเปรี้ยว หรือเวย์หมัก เหล่านี้มีค่า pH อ่อนๆ ซึ่งโดยปกติแล้วผลิตภัณฑ์นมที่เกิดจากการหมักมักมีค่า pH 4.8-5.1 เนื่องจากค่า pH มีความสำคัญต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้ออย่างยิ่ง ค่า pH ของชิ้นเนื้อ หลังจากฉีดด้วยน้ำเกลือจะต้องไม่ลดลงไปมากเกินไปจนมีค่า pH ใกล้เคียงกับค่า isoelectric point ของเนื้อสัตว์ โดยค่า pH ต้องไม่ต่ำกว่า 5.0 และหากค่า pH ใกล้เคียง 5.5 จะได้เนื้อที่มีคุณภาพที่ดี ระดับ pH ของเนื้อสัตว์สามารถบ่งบอกถึงปริมาณน้ำหรือความชื้นที่ยังคงอยู่ในชิ้นเนื้อหรือระดับการสูญเสียน้ำขณะหุงต้ม Knight and Thompson *et al.*, 1976 ได้ค้นพบ dry mix สำหรับเคลือบผิวชิ้นเนื้อเพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสและการรักษาความชุ่มฉ่ำของชิ้นเนื้อไว้เมื่อทำการปรุงสุก โดยส่วนผสมแห้งประกอบด้วยวัตถุดิบที่หลากหลาย เช่น สตาร์ช แป้ง สารบัพเฟอร์และเครื่องเทศต่าง ๆ

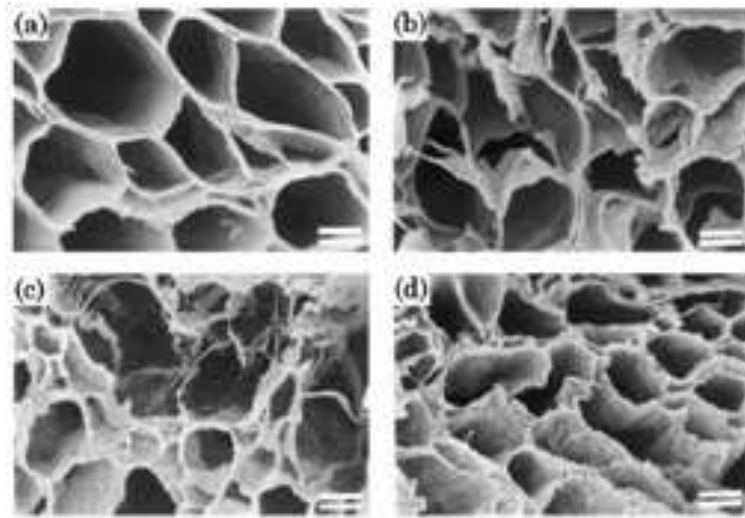
บัฟเฟอร์ใช้ในการรักษาระดับ pH หรือความเป็นกรดของชิ้นเนื้อ อาจเป็นสาร alkali metal phosphate เช่น Sodium dihydrogen phosphate, Disodium phosphate, Sodium pyrophosphate, sodium hexametaphosphate หรือสารจำพวกกรด เช่น กรดมาลิก (Malic acid), กรดมาโลนิค (Malonic acid), กรดซักซินิก (Succinic acid), กรดกลูทาริก (Glutaric acid) และเกลือของกรดดังกล่าว สารต่าง ๆ เหล่านี้ต้องผ่านการอนุญาตให้ใช้ในอาหารได้ และมีผลในการควบคุม pH ให้อยู่ในระดับ 5.2 -5.5 จึงจะเหมาะสม ตัวอย่างของส่วนผสมแห้ง เช่น แป้งข้าวโพด 27 %, เกลือ 22.5 %, สตาร์ชข้าวโพด 19.75 %, Sodium dihydrogen phosphate 10 %, น้ำตาลทรายแดง 9.5 %, เด็กซ์โตรส 3.75 %, กรดซิตริก 0.33%, Disodium phosphate 0.25 %, เครื่องเทศและสมุนไพร 6.85% และสารให้สี 0.34 % เมื่อนำมาประกอบอาหาร จะใช้ส่วนผสมแห้ง 2 ออนซ์ผสมกับน้ำ 12 ออนซ์ ใช้หมักเนื้อขนาด 4 ปอนด์

นอกจากใช้น้ำ น้ำเกลือ และสารจำพวกฟอสเฟตเพื่อปรับปรุงความนุ่มของเนื้อแล้ว เอนไซม์จำพวก โปรตีโอไลติกเอนไซม์ หรือเอนไซม์โปรตีเอสยังเป็นทางเลือกที่ดีอีกอย่างหนึ่ง โปรตีโอไลติกเอนไซม์ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางเป็นเอนไซม์ที่ได้มาจากพืช ได้แก่ เอนไซม์ปาเปน เอนไซม์โบรมิเลน และเอนไซม์ฟักซิน อย่างไรก็ตามได้มีงานวิจัยที่ศึกษาการใช้ประโยชน์จากเอนไซม์จากแหล่งอื่น ๆ เพื่อมาปรับปรุงคุณภาพของเนื้อสัตว์ Neveena *et al.* (2004) ได้นำเอนไซม์คูกูมิส(cucumis) ซึ่งได้จากต้นคาชริ (Kachri) *Cucumis trigonus Roxb* พืชตระกูลเมลอนพื้นเมืองของชาวอินเดียและเอนไซม์ซิงกิเบียน (zingibain) จากจิง *Zingiber officinale roscoe* และเอนไซม์ปาเปน โดยมีเนื้อกระป๋องที่หมักด้วยน้ำเป็นตัวอย่างควบคุม พบว่าการหมักด้วยเอนไซม์คูกูมิส ทำให้ชิ้นเนื้อมีค่า pH ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากผงเอนไซม์สกัดมีค่า pH 4.5-5.0 ในขณะที่เอนไซม์จากจิงสกัดและเอนไซม์ปาเปน มีค่า pH เป็น 6.5 และ 6.25 ตามลำดับ ผลจากค่า pH ของเอนไซม์จึงมีผลต่อค่า pH สุดท้ายของชิ้นเนื้อ และยังสัมพันธ์กับความสามารถในการอุ้มน้ำของชิ้นเนื้อด้วย เนื้อที่หมักด้วยเอนไซม์คูกูมิสมีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง ในขณะที่เนื้อที่หมักด้วยเอนไซม์สกัดจากจิงและเอนไซม์ปาเปนมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้นเล็กน้อย นอกจากนี้การหมักด้วยเอนไซม์จากจิงยังทำให้เนื้อมีคอลลาเจนที่ละลายได้เพิ่มขึ้น เป็นเพราะกิจกรรมของเอนไซม์ที่สกัดจากจิงทำให้เกิดการเกาะตัวกันของคอลลาเจนและยังมีผลต่อแอคโตไมโอซินด้วย ความสามารถในการย่อยโปรตีนทั้งสองชนิดในชิ้นเนื้อ จึงทำให้เนื้อมีความนุ่มมากขึ้น การหมักเนื้อด้วยเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดยังทำให้แรงเหวี่ยงลดลงและจากการประเมินทางประสาทสัมผัสยังพบว่า เอนไซม์ทำให้เนื้อ

มีคะแนนความชอบของกลิ่น ความชุ่มน้ำ ความนุ่มและความยอมรับโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อที่หมักด้วยเอนไซม์สกัดจากจึงได้คะแนนสูงกว่าเนื้ออื่น ๆ

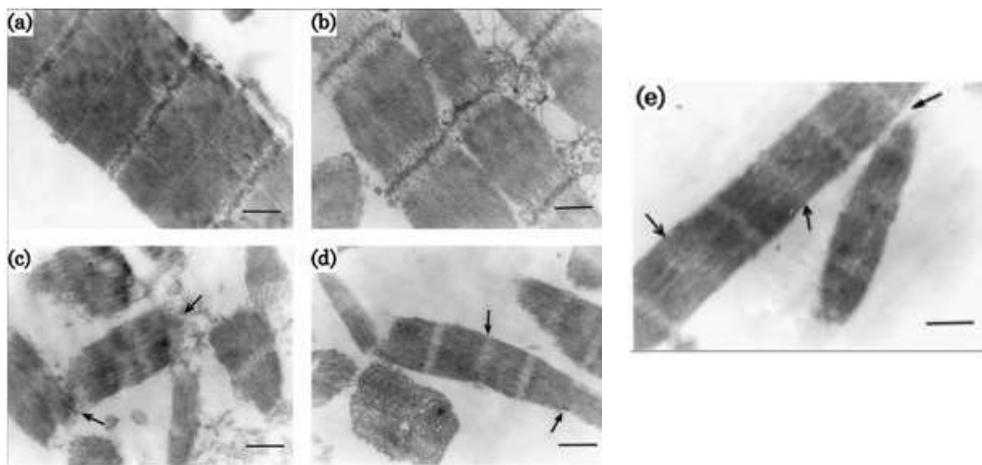
Gerelt B *et al.* (2000) ศึกษากระบวนการทำให้เนื้อนุ่ม โดยการนำเนื้อขนาด 30 x 30 x 20 mm หลังผ่านการดึงน้ำออกจากชิ้นเนื้อด้วยวิธี osmotic dehydration ไปจุ่มในสารละลายเอนไซม์ปาเปนและโปรตีเอสจาก *Aspergillus sojae* และ *Aspergillus oryzae* มีตัวอย่างเนื้อที่นำไปจุ่มน้ำที่ผ่านการกำจัดไอออนเป็นตัวอย่างควบคุม พบว่าสารละลายเอนไซม์มีประสิทธิภาพในการแพร่กระจายเข้าสู่ชิ้นเนื้อได้เป็นอย่างดี มีผลทำให้ความแข็งของชิ้นเนื้อลดลง และมีคะแนนจากการประเมินทางประสาทสัมผัสเพิ่มขึ้น โดยเนื้อที่จุ่มในเอนไซม์ปาเปนมีคะแนนความนุ่มสูงสุด แต่คะแนนความชุ่มน้ำและรสชาติต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม จากการตรวจสอบโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านพบว่า เอนไซม์ไปทำลายโครงสร้างเส้นใยเอนโดไมเซียมของชิ้นเนื้อที่มีลักษณะคล้ายรังผึ้ง (ภาพที่ 2) สอดคล้องกับการตรวจสอบเส้นใยไมโอไฟบริล ซึ่งพบว่าเอนไซม์เข้าไปทำลายโครงสร้างระดับไมโอไฟบริลของกล้ามเนื้อให้เบื่อกว่า (ภาพที่ 3) โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณ z-line โดยเอนไซม์โปรตีเอสจาก *A. oryzae* ไปเปลี่ยนแปลงโครงสร้างน้อยกว่าเอนไซม์อื่น ๆ และโครงสร้างของชิ้นเนื้อมีความสัมพันธ์กับความนุ่มของเนื้อที่เพิ่มขึ้น

สิทธิบัตรของ Taran (1996,2004) กล่าวถึงวิธีทำให้เนื้อนุ่มโดยใช้เอนไซม์ผสมระหว่าง โบรมีลิน 98.7 – 99.7%, ฟิกซิน 0.02-0.08% และปาเปน 0.01-0.05% ทั้งนี้อาจมีการใช้สารอื่น ๆ ร่วมกับเอนไซม์ เช่น เกลือ NaCl ทำหน้าที่เป็นสารตัวพา โดยใส่ 25-99 % ของส่วนผสมทั้งหมดหรือ น้ำมันถั่วเหลือง ใส่เพื่อเป็น Processing aid โดยจะใส่ประมาณ 0.1-2% ของส่วนผสมทั้งหมด



ภาพที่ 2 โครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM)

(a) ตัวอย่างควบคุม (b) เนื้อที่หมักด้วยเอนไซม์ปาเปน (c) เนื้อที่หมักด้วยเอนไซม์จาก *A. sojae* (d) เนื้อที่หมักด้วยเอนไซม์จาก *A. oryzae*



ภาพที่ 3 ลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อ (Myofibril) (a) ตัวอย่างควบคุม (b) ตัวอย่างควบคุมเก็บ 168 ชม. (c) เนื้อที่หมักด้วยเอนไซม์ปาเปน (d) เนื้อที่หมักด้วยเอนไซม์จาก *A. sojae* (e) เนื้อที่หมักด้วยเอนไซม์จาก *A. oryzae*

การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้ออีกวิธีหนึ่งคือการใช้ความดันสูงร่วมกับความร้อน Ma and Ledward (2004) พบว่าการใช้ความดันในช่วงอุณหภูมิ 20-40 °C ทำให้เนื้อวัวมีเนื้อสัมผัสที่แข็งมากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60 °C ขึ้นไปและใช้ความดัน 200 MPa จะทำให้เนื้อวัวนุ่มลงได้ ทั้งนี้เนื่องจากในสภาวะดังกล่าวเอื้อต่อการทำงานของเอนไซม์ในเนื้อสัตว์ทำให้เกิดการย่อยตัวเอง เนื้อสัตว์จึงมีความแข็งหรือความเหนียวลดลง ต่อมา Zamri *et al.* (2006) ศึกษาการใช้ความดันสูงและอุณหภูมิกับกล้ามเนื้ออกไก่ โดยการแปรผันอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึง 70°C และใช้ความดัน 0.1 – 800 MPa ตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี TPA พบว่าการใช้ความดันสูงเมื่อใช้อุณหภูมิห้องถึง 50°C กลับทำให้เนื้อไก่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งมากขึ้น แต่เมื่อปรับให้มีอุณหภูมิ 60-70 °C และใช้ความดัน 200 MPa ขึ้นไปจะทำให้ความแข็งของเนื้ออกไกลดลงได้

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่กึ่งปรุงสุกให้เนื้อสัมผัสมีความนุ่ม เหมาะสำหรับผู้สูงอายุ
2. เพื่อศึกษาผลของชนิด ความเข้มข้นเอนไซม์โปรตีเอสและการใช้ความดันในขั้นตอนการให้ความร้อนต่อลักษณะทางกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณภาพของเนื้อไก่กึ่งปรุงสุก
3. เพื่อศึกษาผลของสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไก่กึ่งปรุงสุกที่มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม เหมาะสำหรับผู้สูงอายุ

### ขอบเขตการวิจัย

ศึกษากรรมวิธีในการผลิตเนื้อไก่ให้มีความนุ่มและเนื้อสัมผัสที่ดี เหมาะสำหรับผู้สูงอายุ โดยศึกษาผลของการใช้เอนไซม์ การใช้ความดันสูง และการใช้เอนไซม์ร่วมกับการใช้ความดันสูง เพื่อให้เกิดกระบวนการใหม่ที่สามารถผลิตเนื้อไก่ที่มีความนุ่ม แต่ไม่เปื่อยยุ่ย ยังคงรักษาลักษณะปรากฏที่ดีของผลิตภัณฑ์ไว้ได้

### บทที่ 3

#### ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

#### อุปกรณ์และวิธีการ

##### วัตถุดิบ

เนื้ออกไก่ลอกหนัง

##### สารเคมี

1. เอนไซม์ Papain (from *Carica papaya*) water-soluble 30000 USP-U/mg, Merck, Germany)
2. เอนไซม์ Bromelain (from pineapples) 2 mAnson U/mg for biochemistry Merck, Germany)
3. เอนไซม์ Ficin ( from fig tree latex tan powder, Sigma-Aldrich)
4. โซเดียมไทรโพลีฟอสเฟต
5. เกลือแกง (NaCl)
6. แป้งข้าวโพด

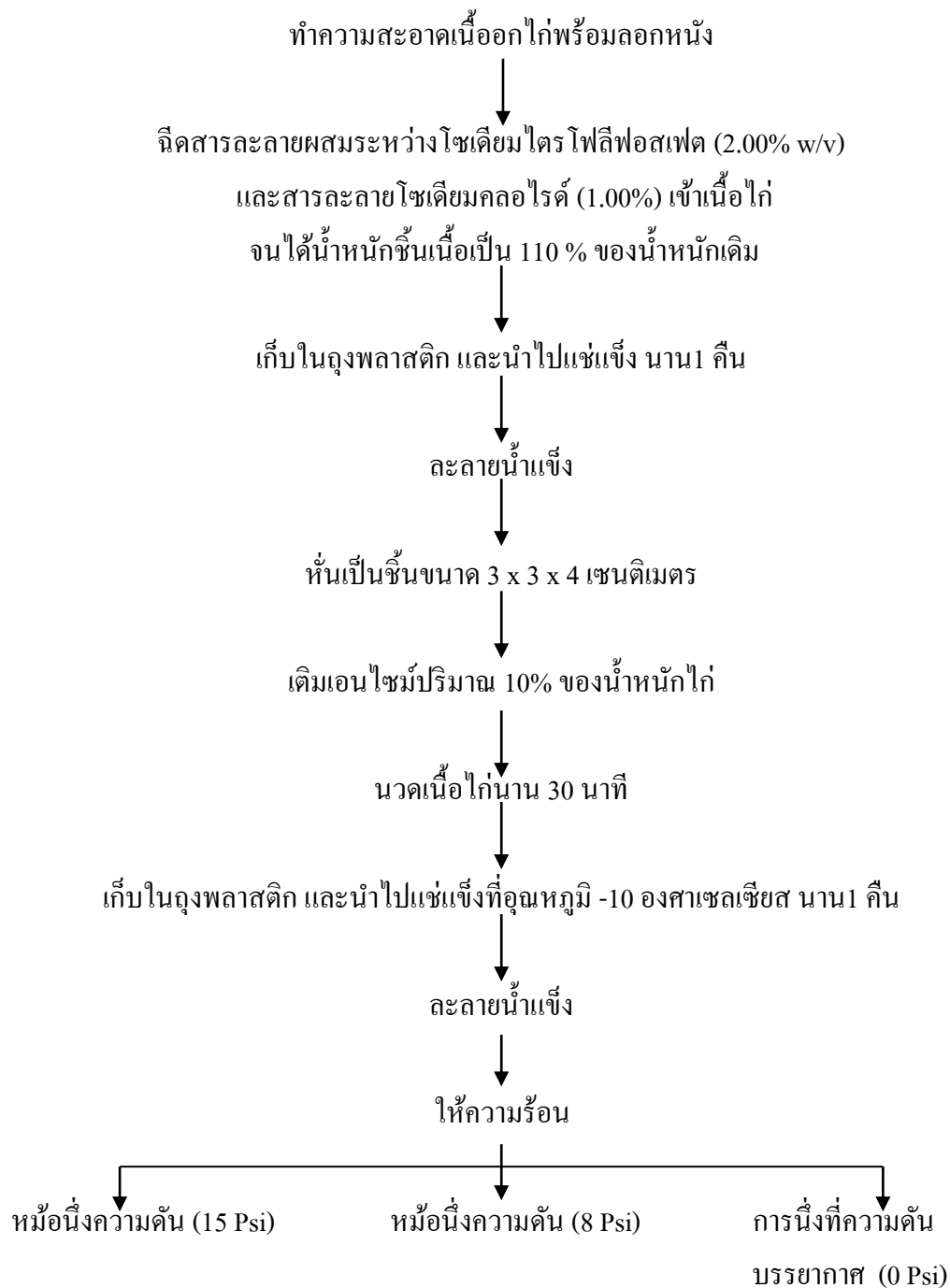
##### อุปกรณ์

1. หม้อนึ่งความดัน (Pressure Cooker)
2. เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyser, model TA.XT plus, Stable Micro Systems, UK )
3. เครื่องวัดสี (Spectraflash 600 plus; Data color International, USA)
4. เครื่องเหวี่ยงหมุนแยก (Centrifuge; Hettich, Germany)
5. เครื่องชั่งอย่างละเอียด (Sartorius, Germany)

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. ขั้นตอนการผลิตเนื้อไก่นุ่ม

การผลิตมีขั้นตอนดังนี้



## 2. การติดตามระหว่างกระบวนการผลิต

### 2.1 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (ดัดแปลงจาก Naveena *et al.*, 2004)

นำเนื้อไก่บด 20 กรัมใส่ในหลอดสำหรับปั่นเหวี่ยง เติมสารละลายที่ใช้ในการหมักเนื้อ 30 ml. แล้วคนด้วยแท่งแก้วนาน 1 นาที นำไปเก็บที่อุณหภูมิ  $4 \pm 1$  °C, 15 นาที คนด้วยแท่งแก้วอีกครั้ง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง 3000g, 25 นาที ชั่งน้ำหนักของเหลวใสด้านบนแล้วคำนวณความสามารถในการอุ้มน้ำ (%)

### 2.2 ค่าความเป็นกรดต่าง

นำเนื้อไก่ตัวอย่างที่ต้องการวัด pH 10 กรัมมาปั่นกับน้ำกลั่น 100 ml. นาน 1 นาที จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่อง pH meter โดยใช้บัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 7.00 และ 4.00

### 2.3 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักระหว่างกระบวนการ (Sheard and Tali., 2004)

ชั่งน้ำหนักชิ้นเนื้อต่าง ๆ ดังนี้ เนื้อสด ( $W_1$ ) เนื้อหลังการผ่านจืดด้วยสารละลายหรือ เอนไซม์ ( $W_2$ ) ชิ้นเนื้อที่ปรุงสุก ( $W_3$ ) จากนั้นนำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณ ดังนี้

$$\% \text{ การจืดสารละลายหรือเอนไซม์เข้าเนื้อ} = [(W_2 - W_1) / W_1] \times 100$$

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำ (Drip loss)} = [(W_2 - W_3) / W_2] \times 100$$

## 3. การประเมินคุณสมบัติของเนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุก

### 3.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส (ดัดแปลงจาก Obuz and Dikeman, 2003)

ประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสเนื้อไก่จากแต่ละสิ่งทดลอง ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ใช้หัววัดทดสอบแรงเฉือน Warner-Bratzler Shear (V-notch blade 60°) นำเนื้อไก่ขนาด 3 x 2 x 2.5 cm วางบนฐานสำหรับวัดตัวอย่าง กดหัววัดด้วยความเร็ว 2 mm/s ในทิศทางขวางเส้นใยของเนื้อ

### 3.2 ร้อยละของผลได้ (% Yield)

$$\text{ร้อยละของผลได้} = [(W_1 - W_2) / W_1] \times 100$$

เมื่อ  $W_1$  คือ น้ำหนักไก่ก่อนการให้ความร้อน

$W_2$  คือ น้ำหนักไก่หลังการให้ความร้อน

### 3.3 สี

วัดสี เนื้อไก่กึ่งปรุงสุกจากแต่ละสิ่งทดลอง และเนื้อไก่กึ่งปรุงสุก โดยนำเนื้อไก่ใส่ถุงพลาสติก สำหรับวัดสี แล้ววัดสีของตัวอย่างด้วยเครื่อง colorimeter จำนวน 5 ซ้ำ/ตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ยของ ค่า  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ในระบบ CIE Lab โดยค่า  $L^*$  คือค่าความสว่าง (0= สีดำ, 100= สีขาว) ค่า  $a^*$  คือค่าสีแดง-เขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว) และค่า  $b^*$  คือค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (+ = สีเหลือง, - = สีน้ำเงิน)

### 3.4 การประเมินทางประสาทสัมผัส

#### 3.4.1 เพื่อคัดเลือกสูตรที่มีสัดส่วนของเนื้อไขมันที่เหมาะสม

ทดสอบการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิมอย่างน้อย 30 คน ทำการชิมไก่กึ่งสุกที่ไม่มีการปรุงรส จากวัตถุดิบ คือ ไก่สด(ตัวอย่างควบคุม) เนื้อไก่กึ่งปรุงสุกที่พัฒนาขึ้น เพื่อประเมินคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี ความนุ่มเมื่อกัดตัวอย่าง ความนุ่มเมื่อเคี้ยวตัวอย่าง และรสชาติ โดยการให้คะแนนความชอบแบบ hedonic 9 scale จากนั้นประมวลผลเพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงผลิตภัณฑ์ เพื่อพัฒนาเนื้อสัมผัสให้เหมาะสม

#### 3.4.2 เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุ

การประเมินทางประสาทสัมผัสโดยผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป) จำนวน 42 คน ชิมไก่กึ่งสุกที่ไม่มีการปรุงรส จากวัตถุดิบ 3 ตัวอย่างคือ ไก่สด(ตัวอย่างควบคุม) เนื้อไก่กึ่งปรุงสุกที่พัฒนาขึ้น โดยประเมินความชอบของผู้ชิมต่อความนุ่มและความชอบโดยรวมของแต่ละตัวอย่าง โดยแบ่งเป็น 5 ระดับคือ ชอบมาก ชอบปานกลาง เฉยๆ ไม่ชอบปานกลาง ไม่ชอบมาก พร้อมทั้งประเมินตัวอย่างที่คิดว่านุ่มมากที่สุด และตัวอย่างที่ผู้ชิมชอบมากที่สุด โดยคัดเลือกสูตรที่มีผู้ชิมชอบมากที่สุด นำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบและนำไปศึกษาอายุการเก็บต่อไป

## 4. การตรวจสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 2 สัปดาห์ จนครบ 8 สัปดาห์ โดยการประเมินค่าต่าง ๆ ดังนี้

#### 4.1 การตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์ ทำการตรวจสอบ ดังนี้

1. Total plate count (cfu/g); อ้างอิงวิธี USFDA/CFSAN/BAM online (Chapter 3)

2. MPN *E. coli* / g ;อ้างอิงวิธี USFDA/CFSAN/BAM online (Chapter 4)
3. *Clostridium perfringens* (cfu/g) ; อ้างอิงวิธี USFDA/CFSAN/BAM online (Chapter 16)
4. *Staphylococcus aureus* (cfu/g) ; อ้างอิงวิธี USFDA/CFSAN/BAM online (Chapter 12)
5. *Salmonella* spp. / 25 g อ้างอิงวิธี ISO 6579, 2002

#### 4.2 ความหืนหลังจากผ่านกระบวนการกึ่งสุก

ประเมินความหืนหลังจากผ่านกระบวนการกึ่งสุกด้วยวิธี TBA(mg malonaldehyde/kg) อ้างอิงวิธีการทดสอบจาก TMC-17(2005)

#### 4.3 การประเมินทางประสาทสัมผัส

ประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างทุก ๆ 1 เดือนเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างระหว่างการเก็บรักษา โดยมีผลิตภัณฑ์ไก่นุ่มกึ่งปรุงสุกที่มีอายุการเก็บ 0 วันเป็นตัวอย่างอ้างอิง

### 5. การวางแผนการทดลอง

#### 5.1 การศึกษาผลของเอนไซม์โปรตีเอสแต่ละชนิดและระดับความดันในขั้นตอนการให้ความร้อนต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุก

วางแผนการทดลองแบบ CRD เพื่อเปรียบเทียบผลของกระบวนการผลิตแบบต่าง ๆ โดยทำการศึกษาผลของเอนไซม์ 3 ชนิด ได้แก่ เอนไซม์ปาเปน เอนไซม์โบรมิเลน และ เอนไซม์ฟิกลิน แปรผันความเข้มข้นของเอนไซม์ 4 ระดับ คือ 0.001, 0.005, 0.01 และ 0.1 %(w/v) สำหรับเอนไซม์ปาเปน และ 0.001, 0.01, 0.1 และ 0.2 %(w/v) สำหรับเอนไซม์โบรมิเลนและฟิกลิน ดังตาราง 2 จากนั้นนำตัวอย่างแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งปรุงสุก โดยนำให้ความร้อนโดยการนึ่งที่ระดับ 0 psi (ความดันบรรยากาศ), 8 psi และ 15 psi

ตาราง 2 ความเข้มข้นของเอนไซม์ (%w/v) แต่ละชนิด

ชนิดของเอนไซม์	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (%w/v)			
เอนไซม์ปาเปน	0.001	0.005	0.01	0.1
เอนไซม์โบรมิเลน	0.001	0.01	0.1	0.2
เอนไซม์ฟิกลิน	0.001	0.01	0.1	0.2

## 5.2 การศึกษาผลของเอนไซม์โปรตีเอสผสมต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุก

ทำการศึกษาผลของเอนไซม์ผสมระหว่างเอนไซม์ปาเปน เอนไซม์โบรมิเลน และเอนไซม์ฟิกลิน โดยพิจารณาปริมาณการใช้เอนไซม์จากการศึกษาผลของเอนไซม์แต่ละชนิด โดยให้มีปริมาณการใช้เอนไซม์ที่ผสมแล้วไม่เกิน 0.1% ใช้แผนการทดลองแบบผสม (Mixture Design) แล้วให้ความร้อนที่ระดับความดันบรรยากาศ ซึ่งเป็นระดับความดันที่ให้ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุกที่ดีที่สุดจากการศึกษาขั้นต้น

## 6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของค่าที่ทำการศึกษาดูด้วยการทดสอบแบบดันแคน (Duncan's Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

## บทที่ 4

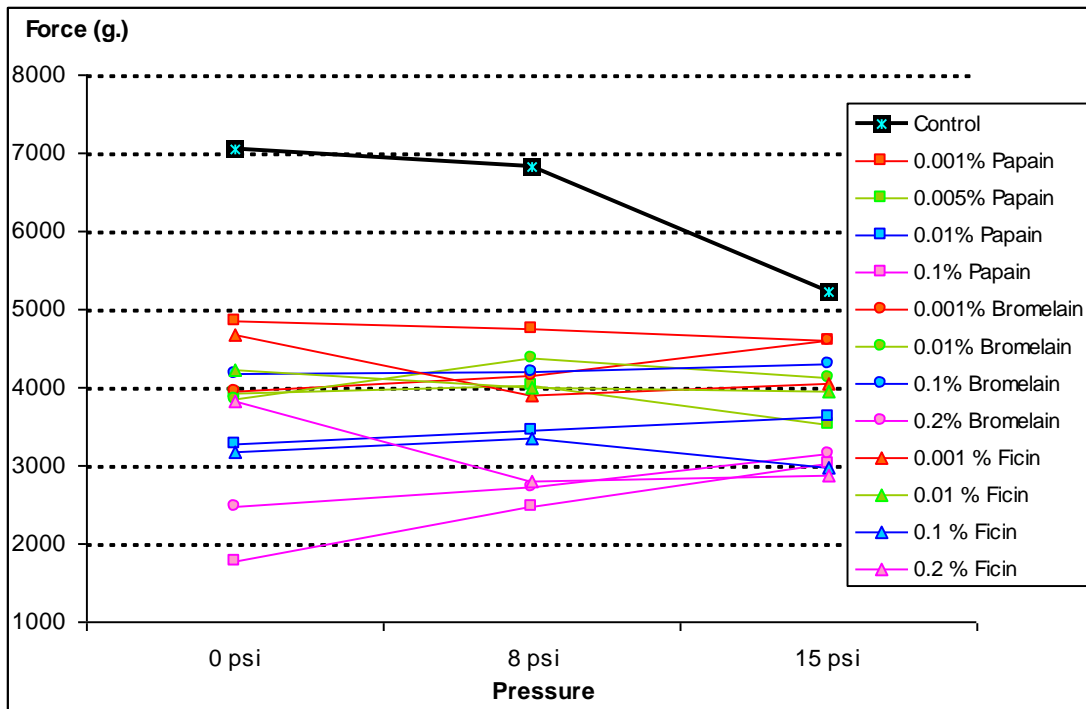
### ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

#### การศึกษาผลของความดันในการให้ความร้อน ชนิดและความเข้มข้นของเอนไซม์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่นุ่ม

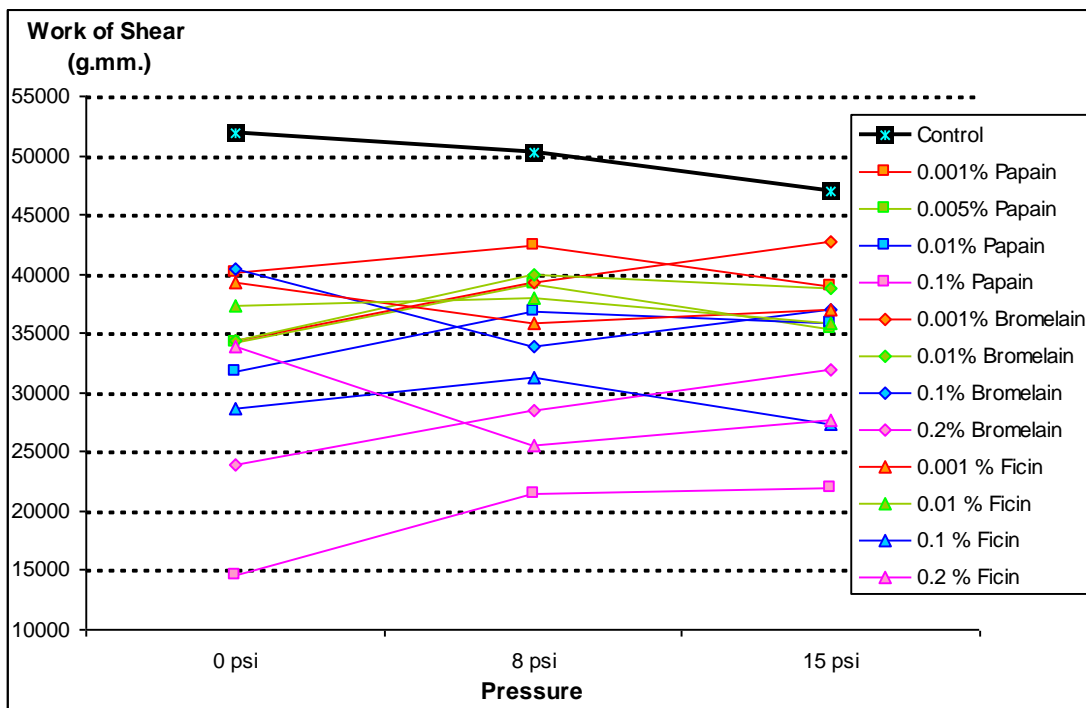
คุณสมบัติในการรับประทาน (eating quality) ได้แก่ ความนุ่มของเนื้อ (tenderness) ความชุ่มฉ่ำของเนื้อ (juiciness) และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดที่ผู้บริโภคจะใช้ในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ อย่างไรก็ตามคุณสมบัติในการรับประทานหลักที่มีผลต่อการซื้อซ้ำของผู้บริโภคคือ ความนุ่มของเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ผู้สูงอายุซึ่งมีความเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย ทั้งสุขภาพในช่องปาก ระบบย่อยและดูดซึมสารอาหาร ดังนั้นเนื้อสัตว์ที่มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มและเคี้ยวง่ายซึ่งเหมาะสำหรับบริโภคของผู้สูงอายุเป็นอย่างยิ่ง

การทดลองนี้ได้ทำการศึกษาผลของเอนไซม์โปรตีเอส 3 ชนิด ได้แก่ เอนไซม์ปาเปน เอนไซม์โบรมิเลน และเอนไซม์ฟีกซิน โดยแปรผันความเข้มข้นของเอนไซม์แต่ละชนิดและศึกษาผลของความดันในขั้นตอนการให้ความร้อน ที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่และร้อยละของผลได้ เพื่อพิจารณาเลือกชนิด ความเข้มข้นของเอนไซม์ และสภาวะในการให้ความร้อนที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อไก่นุ่มถึงปรุ่่งสุดสำหรับผู้สูงอายุ โดยพิจารณาลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ความนุ่มและงานที่ใช้ในการเคี้ยวเนื้อไก่เป็นสำคัญ ทั้งนี้ ความนุ่ม พิจารณาจากแรงสูงสุดที่ใช้ในการเคี้ยวเนื้อไก่ และงานที่ใช้ในการเคี้ยวเนื้อไก่พิจารณาจากพื้นที่ระหว่างแรงและระยะทางที่ใช้ในการเคี้ยวเนื้อไก่ ไก่ที่มีความเหนียวจะใช้แรงในการเคี้ยวให้ขาดสูง รวมถึงจะใช้งานในการเคี้ยวมากกว่าไก่ที่มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่า

จากการทดลองพบว่า การใช้เอนไซม์โปรตีเอสทุกชนิด ทุกความเข้มข้น สามารถทำให้เนื้อไก่มีความนุ่มมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้เอนไซม์อย่างชัดเจน (ภาพที่ 4) และเอนไซม์ยังทำให้งานที่ใช้ในการเคี้ยวลดลง (ภาพที่ 5) ทั้งนี้เป็นเพราะเอนไซม์ทำให้การละลายของกลุ่มอะมิโนอิสระ และไฮดรอกซีโทพรีลินเกิดมากขึ้น ส่งผลให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง จึงใช้แรงเคี้ยวลดลงหรือเนื้อมีความนุ่มมากขึ้น (Fogle *et al.*, 1982) ทั้งนี้เอนไซม์โปรตีเอสในระดับความเข้มข้นต่ำที่สุด คือ 0.001% w/v สามารถย่อยเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่และทำให้เนื้อสัมผัสของเนื้อไก่นุ่มมากขึ้น ส่งผลให้ใช้งานที่ใช้ในการเคี้ยวลดลง



ภาพที่ 4 ผลของชนิดของเอนไซม์ ความเข้มข้นของเอนไซม์และความดันระดับต่าง ๆ ที่มีต่อความนุ่มของเนื้อไก่ เปรียบเทียบกับเนื้อไก่ต้มที่ความดันระดับต่าง ๆ เป็นตัวอย่างควบคุม



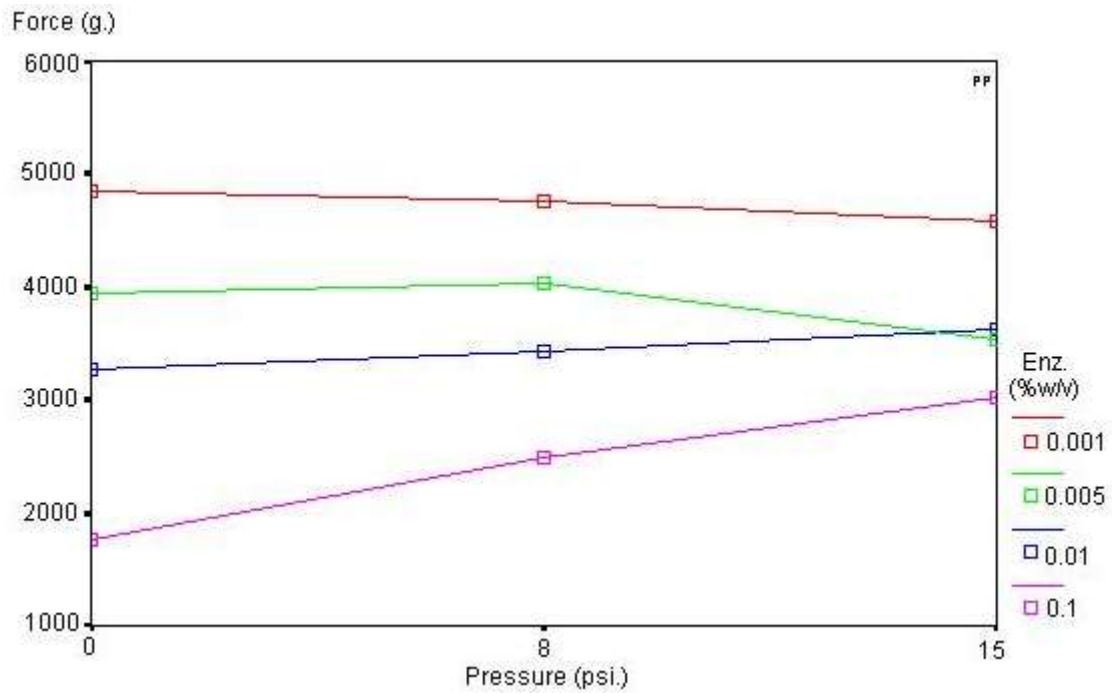
ภาพที่ 5 ผลของชนิดของเอนไซม์ ความเข้มข้นของเอนไซม์และความดันระดับต่าง ๆ ที่มีต่องานที่ใช้ในการฉีกเนื้อไก่ เปรียบเทียบเนื้อไก่ต้มที่ความดันระดับต่าง ๆ เป็นตัวอย่างควบคุม

เมื่อพิจารณาผลของความดันในการให้ความร้อน พบว่า ในตัวอย่างควบคุม ซึ่งไม่มีการใช้ เอนไซม์นั้น การเพิ่มความดันจะส่งผลให้เนื้อไก่ใช้แรงในการเคี้ยวและงานในการเคี้ยวของ หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าเมื่อความดันเพิ่มขึ้น เนื้อไก่มีความนุ่มมากขึ้น เนื่องจากความดันที่ เพิ่มขึ้น ส่งผลให้โครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดเล็ก เช่น ฟิลาเมนต์ หรือ ซาร์โคเมอร์ โคน ทำลาย (Suzuki et al., 1993) ผลการทดลองสอดคล้องกับการเพิ่มระดับความดันให้สูงขึ้นจะส่งผล ให้เนื้อวัวมีความนุ่มเพิ่มขึ้น (Ma and Ledward, 2004) แต่แนวโน้มดังกล่าวกลับตรงกันข้ามกับ ตัวอย่างที่มีการใช้เอนไซม์โปรตีเอสรวมกับการให้ความร้อนภายใต้ความดัน แสดงดังภาพที่ 4 และ 5 เห็นได้ว่า โดยภาพรวมแล้ว ในตัวอย่างที่ใช้เอนไซม์ชนิดเดียวกัน และความเข้มข้นเท่ากัน (กราฟ เส้นเดียวกัน) การเพิ่มความดันจะส่งผลให้เนื้อไก่จะใช้แรงในการตัดมากกว่าเนื้อไก่ที่ให้ความร้อน ที่ความดันบรรยากาศ

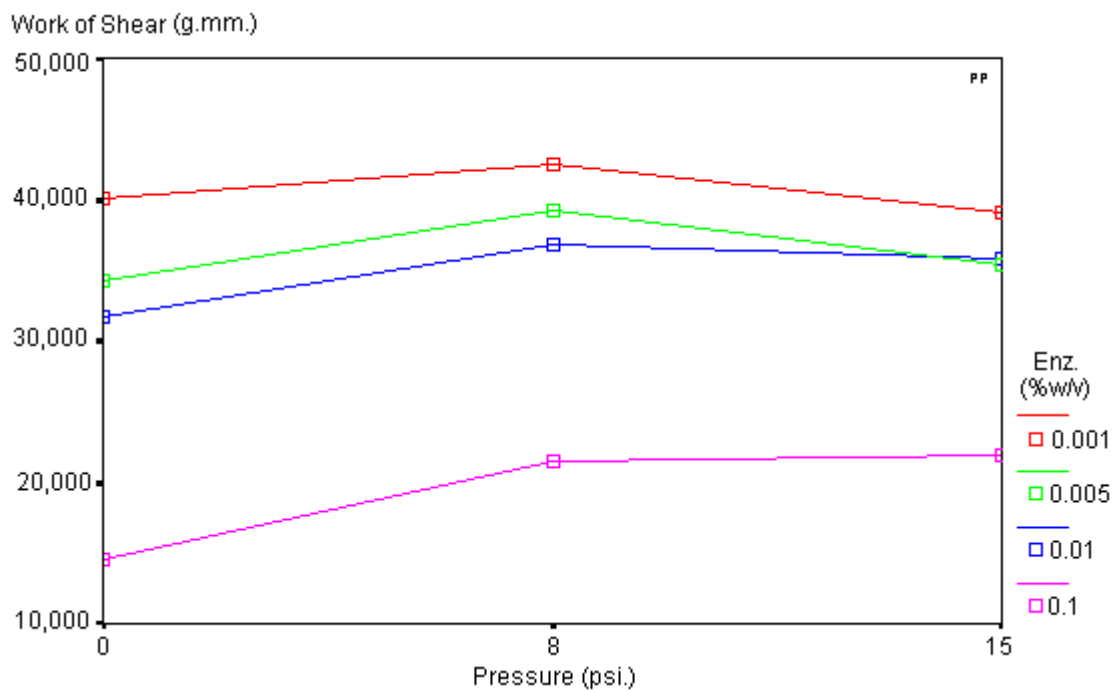
### ผลของเอนไซม์ปาเปน

การใช้เอนไซม์ปาเปนที่ความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น ทำให้ไก่มีความนุ่มมากขึ้น แต่ถ้าพิจารณา ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน การเพิ่มความดันมีผลทำให้ไก่มีความนุ่มลดลง จึงใช้แรงในการเคี้ยว เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 6) ซึ่งแนวโน้มของงานที่ใช้ในการเคี้ยวให้ผลเช่นเดียวกัน (ภาพที่ 7)

เอนไซม์ปาเปนทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิ 50-80°C และทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 65-75 °C (Calkins and Sullivan, 2011) เมื่อมีการให้ความร้อนกับเนื้อไก่ อุณหภูมิของเนื้อไก่จะเพิ่มขึ้น จนกระทั่งเอนไซม์ปาเปนทำงาน เมื่ออุณหภูมิของชิ้นเนื้อไก่ถึง 80-90 °C เอนไซม์จะสูญเสียสภาพ การทำงาน เนื่องจากกระบวนการให้ความร้อนในการทดลองนี้ การเพิ่มของความดันแปรผันตามการ เพิ่มอุณหภูมิ ดังนั้นความดันที่เพิ่มขึ้นจึงหมายถึงอุณหภูมิที่สูงขึ้นด้วย สภาวะที่มีความดัน 15 psi และ 8 psi จะมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในระบบอย่างรวดเร็วและอุณหภูมิในระบบสูงกว่าที่ความ ดันบรรยากาศ ทำให้เอนไซม์เสียสภาพได้เร็วกว่า ดังนั้นช่วงเวลาเอนไซม์ทำงานได้ดีจึงสั้นกว่า ระบบที่ความดันบรรยากาศ ส่งผลให้เอนไซม์ย่อยโปรตีนได้น้อยกว่า เป็นเหตุให้เนื้อสัมผัสของไก่ ในระบบที่มีความดันจึงมีความนุ่มน้อยกว่าไก่ที่ให้ความร้อนในระบบที่ความดันบรรยากาศ



ภาพที่ 6 ผลของเอนไซม์ปาเปนต่อความนุ่มของเนื้อไก่กึ่งปรุงสุก



ภาพที่ 7 ผลของเอนไซม์ปาเปนต่องานในการเฉือน (Work of Shear) ของเนื้อไก่กึ่งปรุงสุก

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาลักษณะปรากฏของเนื้อไก่แล้วจะเห็นว่า เอนไซม์ปาเปนทำให้เส้นใยของเนื้อไก่แยกออกจากกัน และการใช้วิธีการฉีดสารละลายเข้าไปในเนื้อไก่ จะทำให้สารละลายเอนไซม์กระจายไม่ทั่วชิ้นเนื้อ บริเวณที่ฉีดสารละลายเข้าไปจะได้รับเอนไซม์มากเกินไป จึงเกิดลักษณะและ จนมีลักษณะคล้ายเพสต์ (paste) หรือครีมข้น (ภาพที่ 8(B))

เอนไซม์ปาเปนมีสมบัติในการย่อยกล้ามเนื้อโปรตีนหลัก เช่น เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน คอลลาเจน และไมโอไฟบริลลาร์ โปรตีน แต่บางครั้งจะส่งผลให้เกิดการย่อยที่มากเกินไป (overtenderization) และทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดเมือก (Miller *et al.*, 1989) จากการทดลองพบว่า การใช้เอนไซม์ปาเปนความเข้มข้น 0.1 % (w/v) จะทำลายโครงสร้างของเนื้อไก่มากเกินไป เนื้อไก่สูญเสียลักษณะโครงสร้างและปรากฏที่ดี เนื้อไก่เกิดเมือกบริเวณผิวและสูญเสียโครงสร้าง ทำให้ไม่น่ารับประทาน ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (ภาพที่ 8 (C)) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Ashie *et al.*, (2002) พบว่า การใช้เอนไซม์ปาเปนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความนุ่มเพิ่มขึ้น จนถึงการใช้เอนไซม์ปริมาณ 0.1 AU/ เนื้อ 100 g เนื้อจะเกิดเมือกและเอนไซม์ไม่สามารถเข้าถึงใจกลางของชิ้นเนื้อได้



(A)



(B)



(C)

ภาพที่ 8 ลักษณะเนื้อไก่ที่ปรุงสุกด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกัน

- (A) เนื้อไก่ที่ไม่ใช้เอนไซม์
- (B) เนื้อไก่ที่ผ่านการฉีดเอนไซม์ปาเปน 0.1%
- (C) เนื้อไก่ที่ผ่านการหมักด้วยเอนไซม์ปาเปน 0.1%

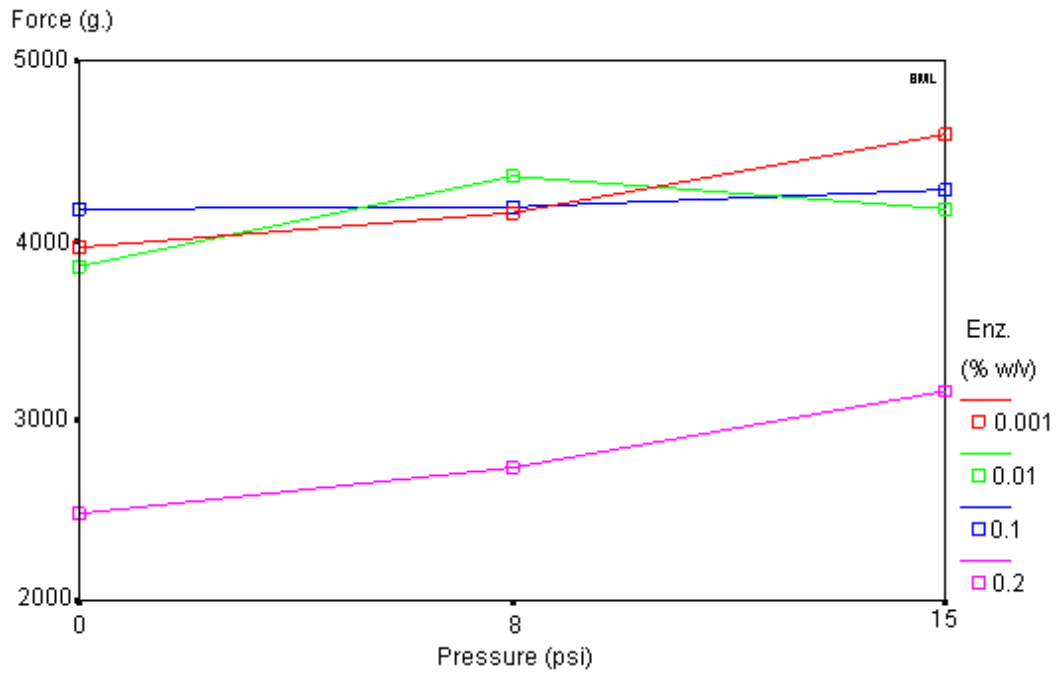
ถึงแม้ว่าเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มจะเหมาะสำหรับการรับประทานอาหารของผู้สูงอายุแล้ว ลักษณะของอาหาร เช่น รูปร่าง สี กลิ่น ก็มีความสำคัญต่อการรับประทานด้วยเช่นกัน ในการพัฒนาเนื้อไก่นุ่มสำหรับผู้สูงอายุนี้จึงให้ความสำคัญต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ คือ ผลิตภัณฑ์ต้องมีลักษณะปรากฏที่ดี ยังคงรักษาลักษณะคล้ายผลิตภัณฑ์จากไก่สดไว้ได้ และต้องมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มเหมาะสำหรับผู้สูงอายุ

ดังนั้นการทดลองขั้นต่อไปซึ่งพิจารณาผลของเอนไซม์ผสม จึงทำการทดลองโดยใช้เอนไซม์ปาเปนในช่วงความเข้มข้น 0.001-0.01 เท่านั้น

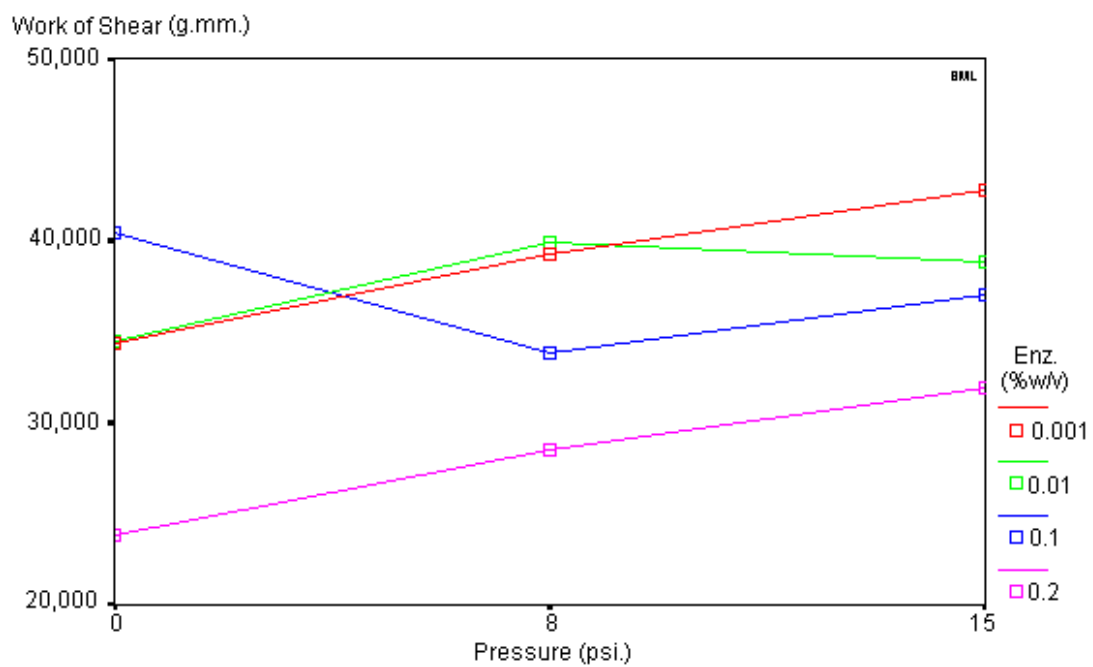
### ผลของเอนไซม์โบรมิเลน

เอนไซม์โบรมิเลนสามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิเดียวกับเอนไซม์ปาเปน คือ ทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิ 50-80°C และทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 65-75 °C แต่เอนไซม์จะมีความจำเพาะต่อการย่อยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) มากกว่าเอนไซม์ปาเปนซึ่งมีความจำเพาะในการย่อยเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) (Calkins and Sullivan, 2011) อย่างไรก็ตาม โดยภาพรวมแล้วเมื่อพิจารณาผลของความดันที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน พบว่าการเพิ่มความดันมีผลทำให้ไก่มีความนุ่มลดลง จึงใช้แรงในการเคี้ยวและงานที่ใช้ในการเคี้ยวเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 9 และ 10) ซึ่งผลดังกล่าวมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการใช้เอนไซม์ปาเปน และอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกัน นอกจากนี้ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้เอนไซม์โบรมิเลนที่ความเข้มข้น 0.2% ทำให้เนื้อไก่มีความนุ่มแตกต่างจากการใช้ความเข้มข้นอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากลักษณะปรากฏแล้วผิวของเนื้อไก่จะมีลักษณะเปื่อยยุ่ย ไม่น่ารับประทาน การให้ความร้อนในการปรุงสุกจะทำให้เนื้อบริเวณผิวหลุดออก

ในการทดลองขั้นต่อไปซึ่งพิจารณาผลของเอนไซม์ผสม จึงทำการทดลองโดยใช้เอนไซม์โบรมิเลนในช่วงความเข้มข้น 0.001 - 0.1 เท่านั้น



ภาพที่ 9 ผลของเอนไซม์โบรมิเลนต่อความนุ่มของเนื้อไก่กึ่งปรุงสุก

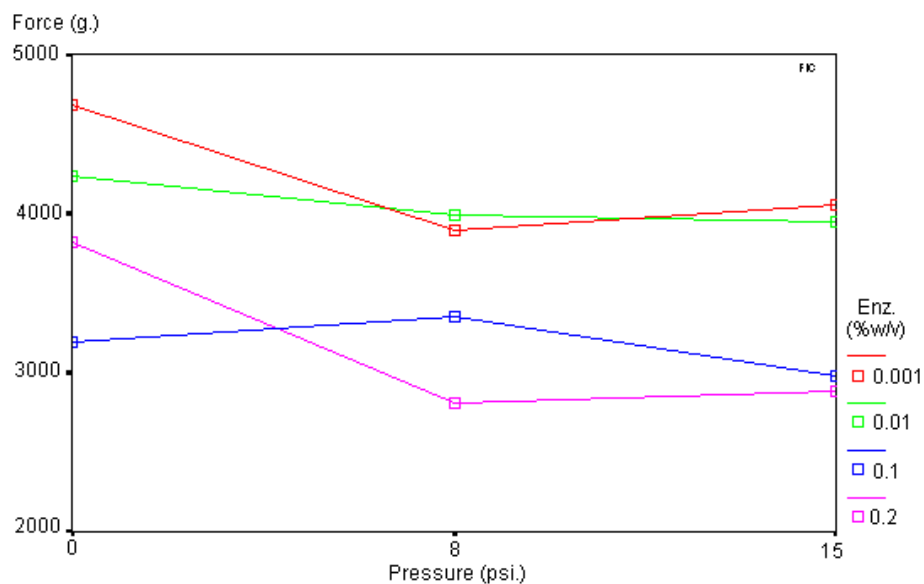


ภาพที่ 10 ผลของเอนไซม์โบรมิเลนต่องานในการเคี้ยว (Work of Shear) ของเนื้อไก่กึ่งปรุงสุก

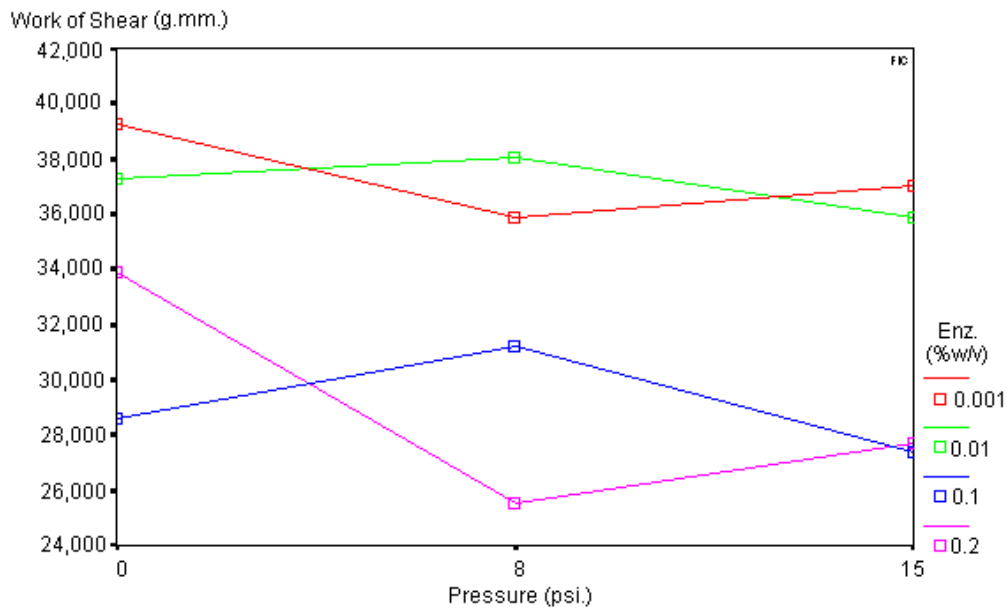
## ผลของเอนไซม์ฟิกลิน

เอนไซม์ฟิกลินทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิ 45-75°C และทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 60-70 °C (Calkins and Sullivan, 2011) ผลของความดันต่อความนุ่มของเนื้อไก่ เมื่อใช้เอนไซม์ฟิกลิน เมื่อพิจารณาที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน พบว่า เมื่อความดันเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้เนื้อไก่มีความนุ่มมากขึ้น จึงใช้แรงในการตัดลดลง (ภาพที่ 11) งานที่ใช้ในการตัดจึงมีแนวโน้มลดลงด้วย (ภาพที่ 12) ซึ่งผลดังกล่าวตรงกันข้ามกับเอนไซม์ปาเปนและโบรมิเลน

อย่างไรก็ตาม ลักษณะปรากฏของเนื้อไก่เมื่อใช้เอนไซม์ฟิกลิน 0.2% ทำให้เนื้อไก่ละเอียดและสูญเสียโครงสร้าง ในการทดลองขั้นต่อไปซึ่งพิจารณาผลของเอนไซม์ผสม จึงทำการทดลองโดยใช้เอนไซม์ฟิกลินในช่วงความเข้มข้น 0.001-0.1% เท่านั้น



ภาพที่ 11 ผลของเอนไซม์ฟิกลินต่อความนุ่มของเนื้อไก่กึ่งปรุงสุก



ภาพที่ 12 ผลของเอนไซม์ฟิอกซินต่องานในการเฉือน (Work of Shear) ของเนื้อไก่กึ่งปรุงสุก

การศึกษาผลของความดันในการให้ความร้อน ชนิดและความเข้มข้นของเอนไซม์ต่อร้อยละของผลได้ (% Yield)

ในกระบวนการผลิตไก่กึ่งปรุงสุกโดยใช้เอนไซม์และให้ความร้อนภายใต้ความดันนั้น ความเข้มข้นของเอนไซม์มีผลอย่างยิ่งต่อลักษณะปรากฏของเนื้อไก่ ความเข้มข้นที่สูงจะทำให้เกิดการย่อยที่มากเกินไป (overtenderization) ทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อบางส่วนไป ในระหว่างกระบวนการผลิตได้ การติดตามร้อยละผลได้จากกระบวนการผลิตจึงถือเป็นสิ่งสำคัญต่อการตัดสินใจเลือกสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ต่อไป

ในตัวอย่างควบคุม คือ ไก่ที่ไม่ใช้เอนไซม์และให้ความร้อนที่ 0 psi, 8 psi และ 15 psi มีร้อยละของผลได้เป็น 42.00, 47.45 และ 48.67 ตามลำดับ สำหรับร้อยละของผลได้เมื่อมีการใช้เอนไซม์ปาเปน เอนไซม์โบรมิเลน และเอนไซม์ฟิอกซินแสดงดังตาราง 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

ตาราง 3 ผลของเอนไซม์ปาเปนที่ระดับความเข้มข้นและความดันในการให้ความร้อนต่างๆ ต่อร้อยละผลได้ (% yield)

ความเข้มข้นของเอนไซม์ปาเปน (%(w/v))	ระดับความดัน		
	0 psi	8 psi	15 psi
0.001	36.03	38.28	35.44
0.005	35.01	41.83	37.15
0.01	35.81	36.85	37.62
0.1*	31.68	31.26	33.79

หมายเหตุ \* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการทดลอง พบว่า ความเข้มข้นของเอนไซม์ปาเปนมีผลต่อร้อยละของผลได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่ระดับความดันและอิทธิพลร่วมของความเข้มข้นของเอนไซม์และความดัน ไม่มีผลต่อร้อยละของผลได้ จากตาราง 3 แสดงถึงร้อยละของผลได้เมื่อการใช้เอนไซม์ปาเปน 0.1%(w/v) ทำให้ร้อยละของผลได้แตกต่างจากสภาวะอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ตาราง 4 ผลของเอนไซม์โบรมิเลนที่ระดับความเข้มข้นและความดันในการให้ความร้อนต่างๆ ต่อร้อยละผลได้ (% yield)

ความเข้มข้นของเอนไซม์โบรมิเลน (%(w/v))	ระดับความดัน		
	0 psi	8 psi	15 psi
0.001	34.95	38.19	38.96
0.01	31.87	37.34	33.50
0.1	34.66	31.78	36.26
0.2	33.16	34.31	36.19

ตาราง 5 ผลของเอนไซม์ฟิสิกซินที่ระดับความเข้มข้นและความดันในการให้ความร้อนต่างๆ ต่อ ร้อยละผลได้ (% yield)

ความเข้มข้นของเอนไซม์ฟิสิกซิน (%(w/v))	ระดับความดัน		
	0 psi	8 psi	15 psi
0.001	37.94	39.34	39.68
0.01	36.53	38.63	35.92
0.1	36.02	40.45	35.02
0.2	37.64	38.29	39.33

สำหรับเอนไซม์โบรมิเลนและเอนไซม์ฟิสิกซิน พบว่า ความเข้มข้นของเอนไซม์ ระดับความดัน และอิทธิพลร่วมของความเข้มข้นของเอนไซม์และความดันไม่มีผลต่อร้อยละของผลได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) (ตาราง 4 และ 5)

จากการศึกษาผลของเอนไซม์แต่ละชนิดพบว่า ความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ยังคงรักษาลักษณะปรากฏของเนื้อไก่ที่ดีที่สุดและมีความนุ่มที่เหมาะสม คือเอนไซม์ปาเปนในช่วงความเข้มข้น 0.001-0.01% เอนไซม์โบรมิเลนและเอนไซม์ฟิสิกซินในช่วงความเข้มข้น 0.001-0.1% โดยความเข้มข้นสูงสุดที่สามารถทำให้เนื้อไคนุ่มแต่ยังคงรักษาลักษณะปรากฏที่ดีของเนื้อได้คือ ความเข้มข้น 0.1% แต่เอนไซม์แต่ละชนิดส่งผลต่อเส้นใยกล้ามเนื้อแตกต่างกัน ดังนั้นการใช้เอนไซม์ผสมจึงเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในขั้นต่อไป

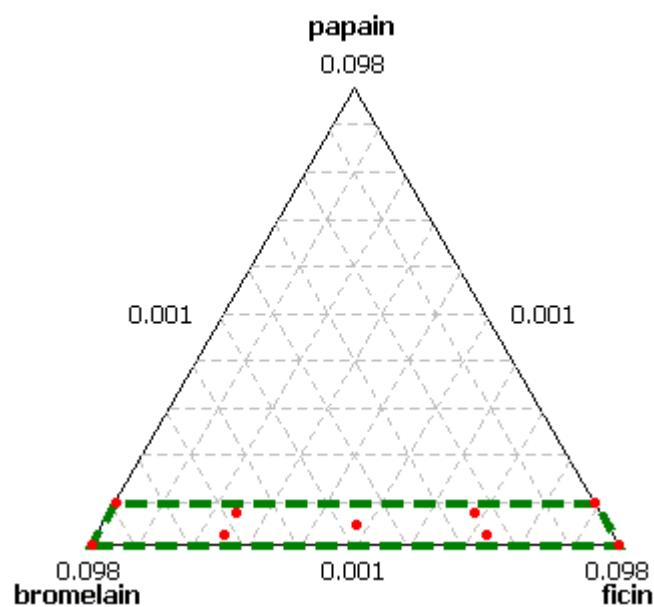
#### การศึกษาผลของเอนไซม์โปรตีเอสผสมต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อไคนุ่มกึ่งปรุงสุก

เนื่องจากในเนื้อสัตว์ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อหลายชนิด ดังนั้นในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อสัตว์ จึงนิยมใช้เอนไซม์ผสมเพื่อให้เกิดการทำงานอย่างทั่วถึงต่อ

กล้ำเนื้อทุก ๆ ชนิดในชั้นเนื้อ เช่น การใช้เอนไซม์ผสมระหว่าง เอนไซม์โบรมิเลน เอนไซม์ฟิซิน และเอนไซม์ปาเปน รวมถึงการใช้สารอื่น ๆ ร่วมด้วย (Mays, 2000; Teran , 1996;2004)

ในการวิจัยนี้ ศึกษาสัดส่วนของเอนไซม์ผสมระหว่าง ปาเปน โบรมิเลน และฟิซิน โดยวางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture Design) อ้างอิงจากการศึกษาผลของเอนไซม์แต่ละชนิด ในขั้นต้น พบว่าความเข้มข้นสูงสุดที่สามารถทำให้เนื้อไก่นุ่มแต่ยังคงรักษาลักษณะปรากฏที่ดีของเนื้อไก่คือ ความเข้มข้น 0.1% ดังนั้นจึงกำหนดให้ขอบเขตของปริมาณการใช้เอนไซม์ที่ผสมแล้วไม่เกิน 0.1% โดยในแต่ละสิ่งทดลองจะมีปริมาณเอนไซม์ปาเปนไม่เกิน 0.01% และเอนไซม์โบรมิเลนและฟิซิน อย่างละไม่เกิน 0.1% แสดงดัง ภาพที่ 13 และ ตาราง 6

ทุกสิ่งทดลองให้ความร้อนที่ระดับความดันบรรยากาศ ซึ่งเป็นระดับความดันที่ให้ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่นุ่มถึงปรุงสูงที่สุดที่ดีที่สุดจากการศึกษาขั้นต้น แล้วนำไปตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเนื้อไก่ระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อประเมิน ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity; WHC) และการสูญเสียน้ำระหว่างกระบวนการผลิต (Dip loss) รวมถึงการศึกษาร้อยละของผลได้ ลักษณะเนื้อสัมผัส สี และการประเมินทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างที่ใช้เอนไซม์ผสมสูตรต่าง ๆ กัน



ภาพที่ 13 ลักษณะการวางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture Design) โดยแสดงขอบเขต (เส้นประ) และจุดที่ทำการทดลองจริง

ตาราง 6 ความเข้มข้นของเอนไซม์แต่ละชนิดเมื่อวางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture Design)

Treatment	Papain (%)	Bromelain (%)	Ficin (%)	Total (%)
1	0.001	0.001	0.098	0.1
2	0.01	0.001	0.089	0.1
3	0.001	0.098	0.001	0.1
4	0.01	0.089	0.001	0.1
5	0.00550	0.04725	0.04725	0.1
6	0.00325	0.024125	0.072625	0.1
7	0.00775	0.024125	0.068125	0.1
8	0.00325	0.072625	0.024125	0.1
9	0.00775	0.068125	0.024125	0.1

#### ความสามารถในการอุ้มน้ำและค่า pH

จากการศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของตัวอย่าง พบว่า ไข่ตัวอย่างมีค่า WHC 96.03-100.95 % และการใช้เอนไซม์แต่ละสูตรให้ค่า WHC ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) (ตาราง 7) และกระบวนการที่พัฒนาขึ้นไม่ทำให้เนื้อสัตว์สูญเสียน้ำระหว่างกระบวนการผลิตมากนัก เนื่องจากกระบวนการผลิตเนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุกมีการใช้สารละลาย STPP ซึ่งมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ส่งผลให้เนื้อสัตว์มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม ทำให้เนื้อสัตว์ไม่สูญเสียน้ำมากเกินไประหว่างกระบวนการปรุงสุก และยังช่วยป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (Lee *et al.*, 1998; Poulanne *et al.*, 2001)

เมื่อพิจารณาค่า WHC ในไข่ทั้ง 9 สูตร พบว่า การใช้เอนไซม์ผสมสูตรที่ 3 ทำให้ไข่มีค่า WHC สูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการติดตามน้ำหนักระหว่างกระบวนการผลิต พบว่า การใช้เอนไซม์ผสมสูตรที่ 3 ทำให้เนื้อไก่มีการสูญเสียน้ำน้อยกว่ากระบวนการอื่น ๆ จึงมีน้ำหนักของเนื้อไก่ที่ซั่งได้มากที่สุด

ค่า pH ของเนื้อสัตว์จะมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำและสี เนื้อสัตว์ทั่วไปจะมีค่า pH 5.50 -7.75 สำหรับค่า pH ของไข่สดตัวอย่างมีค่า 6.04 จากตาราง 7 แสดงให้เห็นว่าการฉีดสารละลายและหมักด้วยเอนไซม์ไม่ทำให้ค่า pH ของเนื้อไก่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

( $p > 0.05$ ) แต่เมื่อผ่านขั้นตอนการแช่แข็งแล้วทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้ ชัยณรงค์ (2529) กล่าวว่าประมาณหนึ่งในสามของการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นผลมาจากการลดลงของค่าความเป็นกรดต่าง (ค่า pH เพิ่มขึ้น) ในเนื้อสัตว์ ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเนื้อไก่ระหว่างกระบวนการผลิตเนื้อไก่นุ่มถึงปรุงสุกที่เนื้อสัตว์มีน้ำหนักลดลงหลังจากการแช่แข็ง (ภาพที่ 14) เพราะค่า pH ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง น้ำหนักของตัวอย่างจึงลดลง

ตาราง 7 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) และ pH เนื้อไก่นุ่มถึงปรุงสุกเมื่อใช้เอนไซม์ผสม

Treatment	WHC	pH <sub>1</sub> <sup>NS</sup>	pH <sub>2</sub>
1	96.04	5.93	5.95 <sup>d</sup>
2	96.03	6.25	6.25 <sup>a</sup>
3	100.95	6.08	6.14 <sup>b</sup>
4	99.38	6.09	6.06 <sup>c</sup>
5	97.93	6.08	6.15 <sup>b</sup>
6	97.88	6.17	6.20 <sup>ab</sup>
7	97.51	6.09	6.06 <sup>c</sup>
8	96.96	6.05	6.05 <sup>c</sup>
9	96.42	6.07	6.04 <sup>c</sup>
ไก่สด	-	6.04	6.04 <sup>c</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ในแนวตั้งเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมี

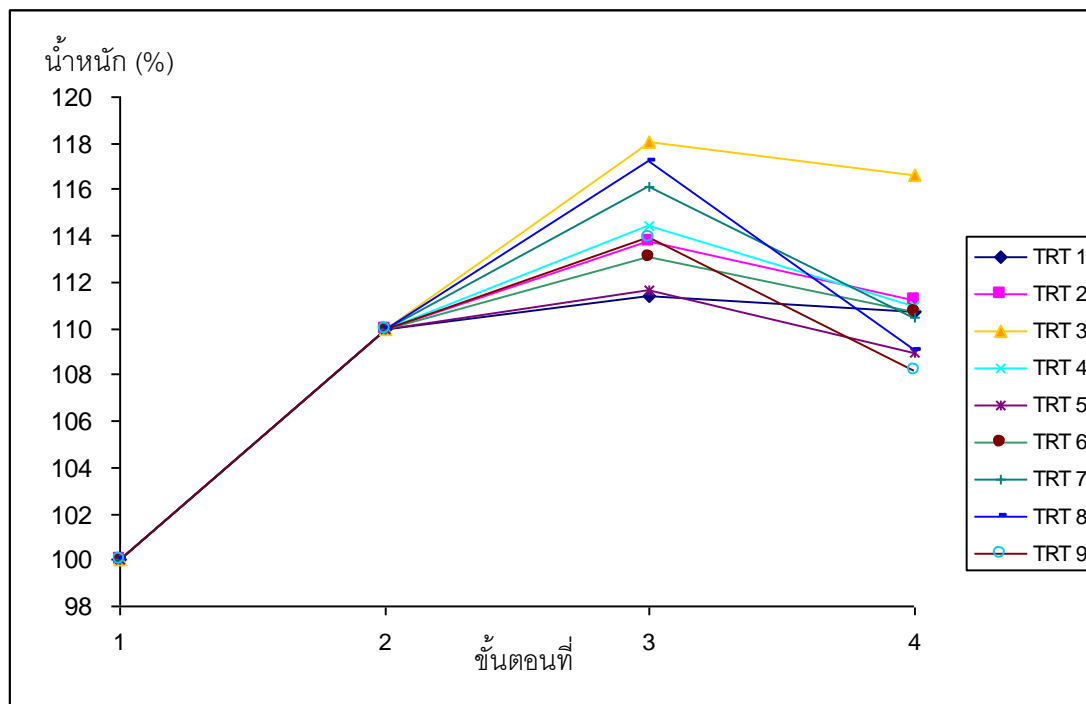
นัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ), NS ; not significant

pH<sub>1</sub> คือ ค่า pH ของเนื้อไก่หลังการน็อคด้วยสารละลาย STPP และนวดด้วยเอนไซม์

pH<sub>2</sub> คือ ค่า pH ของเนื้อไก่ก่อนการให้ความร้อน (หลังการละลายน้ำแข็ง)

## การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเนื้อไก่ระหว่างกระบวนการผลิตเนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุก

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเนื้อไก่ระหว่างกระบวนการผลิตมีความสำคัญต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เนื่องจากโดยทั่วไปหลังการชำแหละซากแล้ว เนื้อสัตว์จะมีการสูญเสีย น้ำระหว่างกระบวนการตัดแต่งหรือการปรุงสุก ทำให้เนื้อสัตว์จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แห้งกระด้าง ขาดความชุ่มฉ่ำ ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ดี เนื่องจากการผลิตเนื้อไก่นุ่มกึ่งสำเร็จรูปมีหลายขั้นตอน จึงต้องมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและทดแทนน้ำที่จะสูญเสียไประหว่างกระบวนการผลิต



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเนื้อไก่ระหว่างกระบวนการผลิตเนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุก

ขั้นตอนที่ 1 น้ำหนักไก่ตัวอย่างเริ่มต้น คิดเป็น 100%

ขั้นตอนที่ 2 น้ำหนักไก่ตัวอย่างหลังการฉีดสารละลาย โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต

ขั้นตอนที่ 3 น้ำหนักไก่ตัวอย่างหลังการหมักด้วยสารละลายของเอนไซม์ผสมและทำการ  
นวดนาน 30 นาที

ขั้นตอนที่ 4 น้ำหนักไก่ตัวอย่างที่ละลายแล้ว หลังจากผ่านการแช่แข็ง 1 คืน

จากภาพที่ 14 แสดงให้เห็นว่าเมื่อคำนวณให้น้ำหนักไก่เริ่มต้นถือเป็น 100% จากนั้นมีการฉีดด้วยสารละลาย 2 % STPP โดยควบคุมให้ทุกสูตรผ่านการฉีดสารละลายเข้าไป 10% ของน้ำหนักเริ่มต้น จึงทำให้ทุกสูตรมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเท่ากันคือ 110% จากนั้น นำไก่ตัวอย่างไปผ่านการหมักด้วยสารละลายเอนไซม์ทั้ง 9 สูตร โดยในทุกสูตรจะผ่านการนวดด้วยเครื่องผสมตัวอย่างด้วยความแรงที่เท่ากัน นาน 30 นาที หลังจากการนวดแล้วพบว่า การใช้สัดส่วนของเอนไซม์ที่แตกต่างกันส่งผลต่อน้ำหนักของตัวอย่างแตกต่างกัน จากนั้นนำตัวอย่างที่นวดแล้วที่แช่แข็ง 1 คืนและทำการละลายน้ำแข็งออก ในการแช่แข็งจะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กภายในตัวอย่าง ผลึกที่เกิดขึ้นจะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการฉีกขาด ส่งผลให้เนื้อสัมผัสตัวอย่างมีความนุ่มเพิ่มขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทำการละลายตัวอย่างก่อนให้ความร้อน จะทำให้น้ำในตัวอย่างถูกละลายออกมาด้วย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้น้ำหนักในตัวอย่างลดลง แต่อย่างไรก็ตามจากกระบวนการทั้งหมดจะเห็นว่าการฉีดสารละลาย STPP และการหมักด้วยสารละลายเอนไซม์สามารถทดแทนการสูญเสียน้ำหนัก (dip loss) และยังทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นด้วย

#### ลักษณะทางกายภาพของเนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุก

จากการติดตามร้อยละของผลได้ ลักษณะเนื้อสัมผัส และค่าสีของผลิตภัณฑ์ หลังการให้ความร้อนในขั้นตอนสุดท้ายก่อนการบรรจุ พบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุกใช้สัดส่วนของเอนไซม์โปรตีเอสแตกต่างกันมีค่าเฉลี่ยของร้อยละของผลได้ 69.09 - 75.39 แต่ค่าเฉลี่ยดังกล่าวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของเอนไซม์ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อร้อยละผลได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแม้ว่าปริมาณของเอนไซม์แต่ละชนิดในแต่ละสูตรแตกต่างกัน แต่ปริมาณรวมของเอนไซม์ผสมในแต่ละสูตรมีค่าเท่ากัน คือ 0.1%

เมื่อพิจารณาลักษณะเนื้อสัมผัสและค่าสีของผลิตภัณฑ์ พบว่า การใช้สัดส่วนของเอนไซม์โปรตีเอสที่แตกต่างกัน มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส (แรงในการเคี้ยวและค่างานในการเคี้ยว) และค่าสี ( $L^*$  และ  $b^*$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

จากตาราง 8 พบว่าการใช้เอนไซม์ผสมสูตรที่ 7 ทำให้ค่าแรงเคี้ยวตัวอย่างต่ำที่สุดและแตกต่างจากการใช้เอนไซม์สูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และสูตรที่ใช้แรงในการเคี้ยวน้อยในอันดับรองลงมาคือการใช้เอนไซม์สูตรที่ 3, 1, 8 และ 6 ตามลำดับ ในขณะที่สูตรที่ใช้ในงานที่ใช้ในการตัดตัวอย่างน้อยที่สุดคือสูตรที่ 7, 3 และ 1 ตามลำดับ โดยงานที่ใช้ในการเคี้ยวตัวอย่างในตัวอย่างที่ใช้เอนไซม์ผสมทั้ง 3 สูตรนี้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ถึงแม้ว่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับงานที่ใช้ในการเคี้ยว โดยมีค่า

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงถึง 0.969 ( $p < 0.01$ ) แต่ในการพิจารณาลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่าง จะต้องพิจารณาทั้งค่าแรงและค่างานในการเนียนร่วมกัน จากผลการทดลอง ตัวอย่างที่มีการใช้ เอนไซม์ผสมในสูตรที่ 1, 3 และ 7 ใช้แรงในการเนียนต่ำสุดเป็น 3 อันดับแรกและใช้งานในการ เนียนต่ำสุด นอกจากนี้หากพิจารณาลักษณะปรากฏของเนื้อไก่อนุ่มกึ่งปรุงสุกร่วมด้วยแล้ว ทั้ง 3 สูตร ยังคงรักษาลักษณะปรากฏที่ดีของเนื้อไก่อไว้ได้ ดังนั้นจึงคัดเลือกทั้ง 3 สูตรนี้เป็นตัวแทนสำหรับการ ประเมินทางประสาทสัมผัสต่อไป

ตาราง 8 ลักษณะทางกายภาพของเนื้อไก่อนุ่มกึ่งปรุงสุก

Treatment	% Yield <sup>NS</sup>	ลักษณะเนื้อสัมผัส		ค่าสี		
		Froce	Work	L	a <sup>NS</sup>	b
1	70.99	3246.08 <sup>dc</sup>	27546.56 <sup>d</sup>	82.96 ± 1.44 <sup>c</sup>	1.20 ± 0.23	15.82 ± 0.82 <sup>a</sup>
2	68.69	4313.52 <sup>b</sup>	37137.32 <sup>b</sup>	83.67 ± 1.72 <sup>bc</sup>	1.13 ± 0.34	15.36 ± 1.10 <sup>ab</sup>
3	75.39	3094.18 <sup>e</sup>	25548.04 <sup>d</sup>	85.37 ± 1.10 <sup>a</sup>	0.95 ± 0.32	15.20 ± 0.90 <sup>ab</sup>
4	71.75	3967.53 <sup>c</sup>	34076.93 <sup>bc</sup>	84.20 ± 0.79 <sup>abc</sup>	0.88 ± 0.44	14.70 ± 0.55 <sup>ab</sup>
5	70.98	3546.87 <sup>d</sup>	33732.58 <sup>bc</sup>	83.69 ± 1.96 <sup>bc</sup>	1.08 ± 0.41	14.26 ± ±1.10 <sup>b</sup>
6	69.09	3393.11 <sup>dc</sup>	31457.98 <sup>c</sup>	83.39 ± 1.70 <sup>bc</sup>	1.14 ± 0.76	15.30 ± 1.47 <sup>ab</sup>
7	71.48	2735.38 <sup>f</sup>	24478.69 <sup>d</sup>	84.62 ± 1.83 <sup>ab</sup>	0.72 ± 0.38	14.16 ± ±1.43 <sup>b</sup>
8	70.68	3336.96 <sup>dc</sup>	31351.66 <sup>c</sup>	84.66 ± 1.01 <sup>ab</sup>	1.06 ± 0.33	14.28 ± ±1.37 <sup>b</sup>
9	68.01	4895.71 <sup>a</sup>	44980.74 <sup>a</sup>	83.46 ± 1.97 <sup>bc</sup>	0.92 ± 0.45	14.52 ± 2.09 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ในแนวตั้งเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างกันของ  
ค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ), NS ; not significant ( $P > 0.05$ )

### ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการและลักษณะทางกายภาพของเนื้อไก่นุ่ม ถึงปรุรงสุก

ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติของเนื้อไก่ เช่น ค่า pH, WHC, dip loss และคุณสมบัติของ  
ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นแสดงดังตาราง 9

ร้อยละผลได้มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการอุ้มน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  
( $p < 0.01$ ) ในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากในตัวอย่างที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง แสดงถึง  
ความสามารถในการดูดน้ำหรือสารละลายที่ใช้ในการหมักเนื้อไก่ไว้กับตัวเองได้ดี ในขณะที่เดียวกัน  
ก็ยังรักษาน้ำระหว่างการให้ความร้อนไว้ได้ จึงส่งผลให้น้ำหนักของตัวอย่างสูง ค่าร้อยละของผลได้  
จึงมีค่าสูง

ค่าความสว่างของชิ้นเนื้อไก่มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำในทิศทางเดียวกันอย่างมี  
นัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) ทั้งนี้การเกิดการสูญเสียน้ำออกจากชิ้นเนื้อ นอกจากมีผลต่อความชุ่ม  
ฉ่ำแล้ว ฮีโมโกลบินในชิ้นเนื้อจะออกมาพร้อมกับน้ำด้วย สังเกตได้จากน้ำที่ซึมออกจากชิ้นเนื้อจะมี  
ลักษณะเป็นน้ำเลือดจางๆ ดังนั้นการเกิด dip loss สูง จึงทำให้ชิ้นเนื้อจะซีดจาง ส่งผลให้ค่า L\* (ค่า  
ความสว่าง) สูงขึ้นนั่นเอง

ค่าแรงที่ใช้ในการเนียนมีความสัมพันธ์กับงานที่ใช้ในการเนียนในทิศทางเดียวกันอย่างมี  
นัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) ไก่ที่มีความเหนียวจะใช้แรงในการเนียนให้ขาดสูง รวมถึงจะใช้งานใน  
การเนียนมากกว่าไก่ที่มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม

ตาราง 9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการ และลักษณะทางกายภาพของเนื้อไก่กึ่งปรุงสุก

	pH1	pH2	WHC	Dip loss 1	Dip loss 2	%Yield	Force	Work	L*	a*	b*
pH1	1										
pH2	0.656 **	1									
WHC	-0.082	-0.009	1								
Dip loss 1	0.382	0.099	0.337	1							
Dip loss 2	-0.032	0.327	0.457	0.497	1						
%Yield	-0.004	0.020	0.831**	0.464	0.542	1					
Force	0.534	0.126	0.002	-0.349	-0.160	-0.394	1				
Work	0.575	0.107	-0.132	-0.411	-0.415	-0.520	0.969 **	1			
L*	0.280	0.172	0.503	0.943 **	0.537	0.547	-0.429	-0.459	1		
a*	-0.209	0.201	-0.365	-0.578	-0.186	-0.135	0.112	0.119	-0.581	1	
b*	-0.424	0.164	-0.032	-0.354	0.416	0.105	0.015	-0.142	-0.398	0.638	1

หมายเหตุ \*\* หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $P < 0.01$ )

### การประเมินทางประสาทสัมผัส

การประเมินทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิม 32 คน โดยมีเนื้อไก่สดที่ไม่มีการใช้สารใดๆในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสเป็นตัวอย่างควบคุม เปรียบเทียบกับตัวอย่างเนื้อไก่นุ่มซึ่งผ่านการนึ่งในเวลาที่เหมาะสม จากการประเมินพบว่าผู้ชิมมีความชอบของเนื้อไก่ในทุก ๆ คุณลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี ความนุ่มของเนื้อไก่เมื่อกัดครั้งแรก ความนุ่มของเนื้อไก่เมื่อทำการเคี้ยว และรสชาติของเนื้อไก่นุ่มที่ได้พัฒนาขึ้นทั้ง 3 สูตรอยู่ในระดับเฉยๆถึงดี และค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) และเมื่อพิจารณาความนุ่มของเนื้อไก่ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 3 สูตร พบว่า ผู้ชิมให้คะแนนความชอบต่อสี ความนุ่มของเนื้อไก่เมื่อกัดครั้งแรก และความนุ่มของเนื้อไก่ขณะเคี้ยวสูงกว่าตัวอย่างควบคุม (ตาราง 10)

ตาราง 10 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ hedonic 9 scales

ตัวอย่าง	ลักษณะปรากฏ <sup>(NS)</sup>	สี <sup>(NS)</sup>	ความนุ่มเมื่อกัดตัวอย่าง <sup>(NS)</sup>	ความนุ่มขณะเคี้ยวตัวอย่าง <sup>(NS)</sup>	รสชาติ <sup>(NS)</sup>
ตัวอย่างควบคุม	6.09	5.93	5.19	5.22	6.06
ตัวอย่างที่ 1	6.16	6.12	6.06	5.81	5.91
ตัวอย่างที่ 3	5.72	6.34	5.94	5.81	5.91
ตัวอย่างที่ 7	6.03	6.28	5.84	5.84	5.88

หมายเหตุ NS; not significant ( $P> 0.05$ )

อย่างไรก็ตามแม้ว่าคะแนนความชอบของเนื้อไก่นุ่มไม่แตกต่างจากเนื้อไก่ตัวอย่างควบคุม แต่คะแนนความชอบต่อรสชาติของไก่ที่พัฒนาขึ้นต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมเล็กน้อย ทั้งนี้จากการสอบถามเชิงพรรณนาร่วมด้วยพบว่า แม้ว่าตัวอย่างมีความนุ่มมากขึ้น แต่เนื้อสัมผัสของตัวอย่างมีลักษณะร่วนและป็น จึงส่งผลต่อความชอบของรสชาติเนื้อไก่ ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสให้ยังคงมีความนุ่มแต่ยังคงรักษาเส้นใยของเนื้อสัตว์ไว้ได้ ไม่ร่วนและป็นจนเกินไป โดยได้คัดเลือกการใช้เอนไซม์สูตรที่ 3 เป็นตัวแทน เนื่องจากทุกสูตรให้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน แต่การผลิตโดยใช้เอนไซม์ผสมสูตรที่ 3 จะใช้ต้นทุนต่ำที่สุด

## การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุก

เนื่องจากเนื้อไก่นุ่มยังคงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ร่วนและปน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณผิวของตัวอย่าง ทั้งนี้เป็นเพราะบริเวณผิวจะสัมผัสกับสารละลายเอนไซม์โดยตรง จึงเกิดการย่อยที่มากกว่าบริเวณใจกลางชิ้นเนื้อ ดังนั้นแนวทางในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสจึงเป็นการพยายามที่ให้การหมักเนื้อไก่โดยเอนไซม์เข้าสู่ชิ้นเนื้อไก่ หรือให้เนื้อไก่มีความสามารถในการอุ้มน้ำหรือสารละลายในการหมักไก่ที่เพิ่มขึ้น โดยใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ลดลง เพื่อให้บริเวณผิวของชิ้นไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์มากเกินไป ในขณะที่เดียวกันสารละลายก็ซึมเข้าสู่ใจกลางชิ้นเนื้ออย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ดังนั้นจึงต้องใช้สารตัวพา (carrier) จะช่วยให้เอนไซม์ผสมสามารถกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในสารละลาย ตัวอย่างของสารที่นิยมใช้ เช่น เกลือ NaCl KCl น้ำตาลเดกซ์โตรส เป็นต้น (Teran, 2004)

ในกระบวนการผลิตเนื้อไก่นุ่มมีการใช้เกลือ NaCl 1.0% เป็นสารตัวพาและยังทำหน้าที่ในการปรับปรุงรสชาติของตัวอย่าง แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์นี้เตรียมขึ้นสำหรับผู้สูงอายุ ดังนั้นจึงไม่มีการเพิ่มปริมาณเกลือ NaCl ขึ้นอีก แต่มีการเติมแป้งข้าวโพด 3% ในส่วนของสารละลาย STPP สำหรับฉีดเข้าไปในชิ้นไก่ เช่นเดียวกับการพัฒนาเนื้อไก่ที่มีความนุ่มและชุ่มน้ำภายหลังการปรุงสุกด้วยไมโครเวฟของ Gaget *et al.* (1995) ที่มีการใช้สารละลายแป้ง 10-80% ร่วมกับการใช้ STPP 2-10% และเกลือ NaCl 2-25% โดยแป้งจะช่วยให้การอุ้มน้ำของชิ้นเนื้อ Meltemband Özlem (2004) ได้ศึกษาผลของแป้งข้าวโพด 0, 2 และ 4% ต่อคุณสมบัติของลูกชิ้น (Meat ball) เมื่อมีปริมาณไขมันต่าง ๆ กัน พบว่าแป้งข้าวโพดและปริมาณไขมันมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นและการเพิ่มความชื้นภายหลังการให้ความร้อนแก่ลูกชิ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเติมแป้งข้าวโพดไปมีผลทำให้เกิด cooking loss ลดลงเพราะแป้งข้าวโพดมีความสามารถในการรักษาความชื้นไว้กับตัวและส่งผลให้เกิดการเก็บกักไขมันเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับ Dzudie *et al.*, (2002) พบว่าการใช้แป้งถั่วที่เพิ่มขึ้นจะสามารถเก็บกักน้ำในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกได้เพิ่มขึ้น cooking loss ลดลงและยังเป็นผลให้แรงเคี้ยวและความแข็งของไส้กรอกลดลงได้ นอกจากนี้ ส่วนผสมที่ใช้ในการหมักเนื้อไก่ในระดับอุตสาหกรรมก็มีการใช้แป้งสาลีในส่วนผสม 4% (Barbanti and Pasquini, 2005)

ดังนั้นในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่ จึงใช้แป้งข้าวโพด 3 % ร่วมกับการลดความเข้มข้นของเอนไซม์ผสมลงเหลือ 0.075%, 0.050% และ 0.025% โดยใช้เอนไซม์ผสมสูตรที่ 3 (ปาเปน 0.001%, โบรมิเลน 0.098% และ ฟิกซิน 0.001%) จากนั้นนำเนื้อไก่ไปประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสและประเมินทางประสาทสัมผัสโดยผู้สูงอายุ

**ตาราง 11** ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่หลังการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสโดยแปรผันความเข้มข้นของเอนไซม์ผสมที่ระดับต่าง ๆ กัน

Enzyme	FORCE	WORK
0.025 %	3673.49 ± 392.82 <sup>a</sup>	29489.20 ± 3912.59 <sup>a</sup>
0.050 %	3462.49 ± 432.57 <sup>a</sup>	31003.02 ± 5015.27 <sup>a</sup>
0.075 %	2890.79 ± 271.40 <sup>b</sup>	26341.11 ± 4515.02 <sup>ab</sup>
0.100 %	2528.75 ± 457.84 <sup>b</sup>	21327.47 ± 6885.05 <sup>b</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ในแนวตั้งเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

จากการทดลองพบว่าเนื้อไก่ที่ใช้เอนไซม์ผสมสูตรเดียวกัน ความเข้มข้นเท่ากัน คือ 0.1 % เมื่อมีการใช้แป้งข้าวโพดจะทำให้เนื้อไก่มีความนุ่มมากขึ้น เนื่องจากแป้งจะทำหน้าที่เป็นสารตัวพา (carrier) จะช่วยให้เอนไซม์ผสมสามารถกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในสารละลาย (Teran, 2004) โดยก่อนการใช้แป้งข้าวโพดใช้แรงในการตัดเฉลี่ย 3,094.18 g และงานในการตัด 25,548.04 g/mm. (ตาราง 8) แต่การใช้แป้งข้าวโพดจะทำให้เนื้อไก่มีความนุ่มมากขึ้น จึงใช้แรงในการฉีกและงานในการฉีกลดลง คือ 2,528.75 g และ 21,327.47 g/mm ตามลำดับ (ตาราง 11) แสดงให้เห็นว่าการใช้แป้งข้าวโพดผสมสำหรับหมักเนื้อไก่ ช่วยให้เนื้อไก่สามารถดูดซึมสารละลายเอนไซม์ได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการลดลงของแรงฉีกนี้ กลับทำให้เนื้อไก่มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มจนเกินไป และยังส่งผลต่อลักษณะปรากฏของตัวอย่าง ทำให้มีลักษณะร่วนและเกิดเป็นชิ้นเนื้อเล็ก ๆ หลุดออกมาบางส่วน จากตาราง 11 แสดงให้เห็นว่าเนื้อไก่ที่มีการใช้เอนไซม์ 0.075% นั้นมีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากเนื้อไก่ที่ใช้เอนไซม์ 0.1 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างจากการลดความเข้มข้นของเอนไซม์เป็น 0.025 และ 0.050% และเมื่อประเมินลักษณะปรากฏของชิ้นเนื้อตัวอย่างแล้ว พบว่าการลด

เอนไซม์เหลือ 0.025 และ 0.050% สามารถรักษาลักษณะปรากฏของชิ้นเนื้อ และยังคงทำให้เนื้อไก่นุ่มกว่าตัวอย่างไก่ปรุงสุกจากเนื้อไก่สดตามท้องตลาด ดังนั้นจึงใช้เนื้อไก่ที่ปรุงสุกด้วยเอนไซม์ความเข้มข้น 0.025 และ 0.050% ในการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยผู้สูงอายุต่อไป

### การประเมินทางประสาทสัมผัสเนื้อไก่นุ่มโดยผู้สูงอายุ

การประเมินทางประสาทสัมผัสโดยผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป) จำนวน 42 คน ชิมไก่หนึ่งสุกที่ไม่มีการปรุงรส จากวัตถุดิบ 3 ตัวอย่างคือ มีไก่สด(ตัวอย่างควบคุม) เนื้อไก่ที่ปรุงสุกด้วยเอนไซม์ความเข้มข้น 0.025 และ 0.050% โดยประเมินความชอบของผู้ชิมต่อความนุ่มและความชอบโดยรวมของแต่ละตัวอย่าง โดยแบ่งเป็น 5 ระดับคือ ชอบมาก ชอบปานกลาง เฉยๆ ไม่ชอบปานกลาง ไม่ชอบมาก พร้อมทั้งประเมินตัวอย่างที่คิดว่านุ่มมากที่สุด และตัวอย่างที่ผู้ชิมชอบมากที่สุด ผลการประเมินแสดงดังตาราง 12

ตาราง 12 การประเมินทางประสาทสัมผัสเนื้อไก่นุ่มโดยผู้สูงอายุ

ตัวอย่าง	คะแนนความชอบ		ความถี่ของผู้ชิมที่ ชอบตัวอย่างมากที่สุด (คน)
	ความนุ่ม	ความชอบรวม	
ไก่สด	3.05 <sup>b</sup>	3.45 <sup>b</sup>	5
เนื้อไก่ที่ปรุงสุก (0.025% Enz)	4.57 <sup>a</sup>	4.33 <sup>a</sup>	23
เนื้อไก่ที่ปรุงสุก (0.050% Enz)	4.55 <sup>a</sup>	4.43 <sup>a</sup>	14

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ในแนวตั้งเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างกันของ

ค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

จากตาราง 12 ผู้ชิมมีความชอบต่อความนุ่มของตัวอย่างและความชอบโดยรวมในตัวอย่างที่ใช้เอนไซม์ทั้ง 2 ความเข้มข้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยมีความชอบระดับ

ชอบปานกลางถึงชอบมาก ในขณะที่ความชอบต่อความนุ่มและความชอบโดยรวมของเนื้อไก่สดนี้ ในระดับเฉยๆ ซึ่งแตกต่างจากไก่ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 2 สูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และผู้ชิมส่วนใหญ่ชอบตัวอย่างที่มีการใช้เอนไซม์ผสม 0.025% มากที่สุด โดยผู้ชิมมีความเห็นว่าควรมีผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีความนุ่มมากกว่าปกติวางจำหน่ายตามท้องตลาด

### ผลิตภัณฑ์ไก่นุ่มกึ่งปรุงสุกต้นแบบสำหรับผู้สูงอายุ

จากผลการพัฒนาสูตร กรรมวิธีในการผลิตและการประเมินทางประสาทสัมผัสสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ไก่นุ่มกึ่งปรุงสุกสามารถผลิตโดยการฉีดสารละลาย STPP 2.0% + NaCl 1.0%+ แป้งข้าวโพด 3% จนมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 10% และหมักด้วยเอนไซม์ผสม (ปาเปน : โบรมิเลน : ฟิกซิน = 1: 98 :1) โดยเตรียมให้มีความเข้มข้น 0.025 % และใช้สารละลายเอนไซม์ผสมในปริมาณ 10% ของน้ำหนักเนื้อไก่ นำไปนวดนาน 30 นาทีและนำไปแช่แข็ง 1 คืน จากนั้นนำมาให้ความร้อนโดยการนึ่งที่ความดันบรรยากาศนาน 13 นาทีและนำไปบรรจุในถุงลามิเนตแบบสุญญากาศ (ภาพที่ 15 )



ภาพที่ 15 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุกที่พัฒนาขึ้น

ตารางที่ 13 องค์ประกอบโดยประมาณของเนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุก

องค์ประกอบโดยประมาณ (%)	
ความชื้น	68.88
โปรตีน	28.10
ไขมัน	1.59
เถ้า	1.43
คาร์โบไฮเดรต	0.01
พลังงาน (Kcal/100 g)	
ปริมาณพลังงานทั้งหมด	126.685
ปริมาณพลังงานจากไขมัน	14.265

คุณสมบัติเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ ได้ทำการตรวจสอบองค์ประกอบโดยประมาณของเนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุก แสดงดังตารางที่ 13 มีปริมาณสารฟอสเฟตในเนื้อไก่กึ่งปรุงสุก 4,796 mg/kg และผลการประเมินทางจุลินทรีย์ พบเชื้อจุลินทรีย์ *E. coli* /g น้อยกว่า 3 และไม่พบ Total Plate count, *Cl. perfringens*, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. ในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่นุ่มที่ผลิตด้วยกระบวนการดังกล่าว

#### การประเมินอายุการเก็บรักษา

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุก ซึ่งบรรจุถุงพลาสติกลามิเนตแบบสุญญากาศและเก็บในตู้เย็น ทำการประเมินคุณสมบัติเชิงเคมีและจุลินทรีย์ทุก ๆ 2 สัปดาห์และลักษณะทางกายภาพทุก ๆ 4 สัปดาห์ เป็นเวลาทั้งสิ้นนาน 2 เดือน ผลแสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การประเมินคุณสมบัติเชิงเคมี จุลินทรีย์ และกายภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

คุณสมบัติ	0 week	2 week	4 week	6 week	8 week
<b>เชิงเคมี</b>					
TBA	-	1.01	1.03	1.11	3.5
<b>เชิงจุลินทรีย์</b>					
Total plate count (cfu/g)	ND	ND	ND	ND	ND
MPN <i>E. coli</i> /g	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
<i>Clitridium perfringen</i> (cfu/g)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Staphylococcus aureus</i> (cfu/g)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	ND	ND	ND
<b>เชิงกายภาพ</b>					
ลักษณะเนื้อสัมผัส					
แรงในการเฉือน <sup>NS</sup>	3673.95	-	3516.42	-	36432.77
งานในการเฉือน	29489.2	-	35360.61	-	37938.94
สี					
L* (NS)	84.74	-	82.61	-	83.3
a* (NS)	1.06	-	0.95	-	0.78
b* (NS)	15.55	-	14.73	-	14.12

หมายเหตุ ND; not detected, NS ; not significant(P > 0.05)

จากการประเมินการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์โดยการวิเคราะห์ค่า TBA พบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นจะมีการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาประกอบกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสแล้วพบว่า ผู้ชิมไม่พบความแตกต่างของกลิ่นรสที่ผิดปกติ เมื่อให้ชิมตัวอย่างที่มีอายุการเก็บ 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่มีอายุการเก็บ 0 สัปดาห์ (ตารางที่ 15 และ 16)

การตรวจสอบเชิงจุลินทรีย์ ผ่านเกณฑ์ตามประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เรื่อง เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (2553) ในทุก ๆ อายุการเก็บรักษา และการเก็บรักษานี้ไม่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของเนื้อไก่นุ่มกึ่งปรุงสุก

การประเมินทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา ให้ผู้ชิมประเมินลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยวิธี QDA และประเมินความชอบโดยรวมโดยวิธี Hedonic 9 scale เปรียบเทียบตัวอย่างที่มีอายุการเก็บต่าง ๆ กับตัวอย่างควบคุม (อายุการเก็บ 0 สัปดาห์) เมื่อนำไก่ตัวอย่างไปปรุงสุก 2 แบบ คือผัดและแกงจืด พบว่า จากการประเมินลักษณะของผลิตภัณฑ์และมีความชอบโดยรวมของตัวอย่างที่มีอายุการเก็บ 4 สัปดาห์ ผู้ชิมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) (ตาราง 15) และเมื่อตัวอย่างมีอายุการเก็บ 8 สัปดาห์ พบความแตกต่างจากการประเมิน ความนุ่มของตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่มีอายุ 8 สัปดาห์มีความนุ่มมากกว่าตัวอย่างควบคุมในตัวอย่างที่มีการปรุงสุกทั้งแบบผัดและแกงจืด แต่ยังมี ความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน (ตาราง 16)

ตาราง 15 การประเมินทางประสาทสัมผัสเมื่อมีอายุการเก็บ 4 สัปดาห์เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (0 สัปดาห์)

การประเมินทางประสาทสัมผัส	การประเมินลักษณะของผลิตภัณฑ์		การประเมิน ความชอบโดยรวม <sup>(NS)</sup>
	ความนุ่ม <sup>(NS)</sup>	กลิ่นรสที่ผิดปกติ <sup>(NS)</sup>	
ไก่อุ่มกึ่งปรุงสุก 0 สัปดาห์ - ผัดผัก	3.50	0.19	6.50
ไก่อุ่มกึ่งปรุงสุก 4 สัปดาห์ - ผัดผัก	4.46	0.20	6.80
ไก่อุ่มกึ่งปรุงสุก 0 สัปดาห์ - แกงจืด	4.67	0.16	6.80
ไก่อุ่มกึ่งปรุงสุก 4 สัปดาห์ - แกงจืด	5.16	0.16	6.70

หมายเหตุ NS; not significant (P > 0.05)

ตาราง 16 การประเมินทางประสาทสัมผัสเมื่อมีอายุการเก็บ 8 สัปดาห์เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (0 สัปดาห์)

การประเมินทางประสาทสัมผัส	การประเมินลักษณะของผลิตภัณฑ์		การประเมินความชอบ โดยรวม <sup>(NS)</sup>
	ความนุ่ม	กลิ่นรสที่ผิดปกติ <sup>(NS)</sup>	
ไก่อุ่มกึ่งปรุงสุก 0 สัปดาห์ - ผัดผัก	3.80 <sup>c</sup>	0.77	7.05
ไก่อุ่มกึ่งปรุงสุก 8 สัปดาห์ - ผัดผัก	6.08 <sup>a</sup>	1.03	5.90
ไก่อุ่มกึ่งปรุงสุก 0 สัปดาห์ - แกงจืด	4.75 <sup>bc</sup>	1.60	6.55
ไก่อุ่มกึ่งปรุงสุก 8 สัปดาห์ - แกงจืด	5.02 <sup>ab</sup>	1.28	6.25

หมายเหตุ NS; not significant (P > 0.05)

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยพร้อมข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัย

1. การพิจารณาอิทธิพลของเอนไซม์แต่ละชนิด ที่ความเข้มข้นและความดันในการให้ความร้อนต่างกัน พบว่า เมื่อความเข้มข้นเอนไซม์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เนื้อไก่มีความนุ่มมากขึ้น งานที่ใช้ในการเยียนลดลง และเมื่อพิจารณาผลของความดัน โดยกำหนดให้ความเข้มข้นของเอนไซม์คงที่ พบว่าเมื่อเพิ่มความดันในขั้นตอนการให้ความร้อน การใช้เอนไซม์ปาเปนและโบรมิเลนทำให้ใช้แรงในการตัดของเนื้อไก่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแสดงถึงความนุ่มของเนื้อไก่ลดลง แต่เอนไซม์ฟิกลินส่งผลตรงกันข้าม ดังนั้น การให้ความร้อนที่ความดันบรรยากาศจึงทำให้เนื้อไก่มีความนุ่มมากที่สุด

2. การใช้เอนไซม์ผสมระหว่างปาเปน โบรมิเลน และฟิกลิน ที่ทำให้ได้ไก่ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคมีความชอบสูงสุด มีกรรมวิธีในการผลิตคือ ฉีดสารละลาย STPP 2.0% + NaCl 1.0%+ แป้งข้าวโพด 3% จนเนื้อไก่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 10% และหมักด้วยเอนไซม์ผสม (ปาเปน : โบรมิเลน : ฟิกลิน = 1: 98 :1) โดยเตรียมให้มีความเข้มข้น 0.025% ใช้ในปริมาณ 10% ของน้ำหนักเนื้อไก่นำไปนวดนาน 30 นาทีและนำไปแช่แข็ง 1 คืน จากนั้นนำมาให้ความร้อน โดยการนึ่งที่ความดันบรรยากาศนาน 13 นาทีและนำไปบรรจุในถุงลามิเนตแบบสุญญากาศ

#### ข้อเสนอแนะ

กระบวนการที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการผลิตในระดับอุตสาหกรรม และสามารถนำไปประยุกต์กับเนื้อสัตว์ประเภทอื่น ๆ ได้

### เอกสารอ้างอิง

- ชัยณรงค์ ประเสริฐ. 2529. **วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์**. บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ.
- เขวาลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2 โรงพิมพ์มิตร  
ออฟเซต, กรุงเทพฯ.
- อรอนงค์ ศรีพวาทกุล. 2548. **เทคโนโลยีเนื้อและผลิตภัณฑ์**. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัย  
ราชภัฏเพชรบุรี, เพชรบุรี.
- Ashie, I.N.A., T.L. Sorensen and P.M. Nielsen. 2002. Effect of papain and a microbial enzyme on  
meat proteins and beef tenderness. **J. Food Sci.** 67: 2138-2142.
- Barbanti, D and Pasquini. 2005. Influence of cooking conditions on cooking loss and tenderness of  
raw and marinated chicken breast meat. **LWT.** 38 (8): 895-901.
- Boles, J.A., and F.C. Parrish. 1990. Sensory and chemical characteristics of precooked microwave-  
reheatable pork roasts. **J. Food Sci.** 55: 618-620.
- Bernard, M.T., J.J. David, K. Werner and B. Friedrich. 2000. **A pre-cooked meat product and a  
process for making the same**. Patent WO2000062632.
- Calkins, C.R., and G. Sullivan. 2011. **Adding Enzymes to Improve Beef Tenderness**. Available  
Source: <http://www.beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch>, July 7, 2011.
- DeYonge-Freeman, K.G., T.D. Pringle, A.E. Reynolds and S.E. Williams. 2000. Evaluation of  
calcium chloride and spice marination on the sensory and textural characteristics of  
precooked semitendinosus roasts. **J. Food Qual.** 23: 1-13.
- Dzudie, T., J. Scher and J. Hardy. 2002. Common bean flour as an extender in beef sausages. **J.  
Food Eng.** 52: 143-147.

- Fogle, DR., RF. Plimpton, HW. Ockerma, L. Jarenback and T. Persson. 1982. Tenderization of beef: effect of enzyme, enzyme level, and cooking method. **J. Food Sci.** 47: 1113-1118.
- Gagel, S., S. Sheen and J. Moyer. 1995. **Process for preparing tender, juicy microwaveable meat.** U.S. Patent 5384140.
- Gerelt, B., Y. Ikeuchi and A. Suzuki. 2000. Meat tenderization by proteolytic enzymes after osmotic dehydration. **Meat Sci.** 56: 311-318.
- Huff-Lonergan, E. and S.M. Lonergan. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat Sci.** 71: 194-204.
- Immonem, K., M. Ruusunen and E. Puolanne. 2000. Some effects of residual glycogen concentration on the physical and sensory quality of normal pH beef. **Meat Sci.** 55: 33-38.
- Knight, R.M. and E.J. Thompson. 1976. **Dry mix for coating foods.** U.S. patent 3,952,110.
- Lawrie, R.A. 1998. **The conversion of muscle to meat.** In R. Lawrie, Editor, *Lawrie's meat science* (6th ed.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge. 219-230.
- Lee, J.B., D.G. Hendricks and D.P. Conforth. 1998. Effect of sodium phytate, sodium pyrophosphate and sodium tripolyphosphate on physic-chemical characteristics of restructured beef. **Meat Sci.** 50: 273-283.
- Ma, H.J. and D.A. Ledward. 2004. High pressure/thermal treatment effects on texture of beef muscle. **Meat Sci.** 68: 347-355.
- Mays, R.C. 2000. **Method of tenderization meat.** U.S. patent 6,015,580.

- McWatters, K.H., A.V.A. Resurreccion, Carpenter and J.A. 1999. Sensory and physicochemical characteristics of precooked, microwave- reheatable steaks. **J. muscle foods**. 10: 51-65.
- Meltem, S. and D. Özlem. 2004. Effects of fat level (5%, 10%, 20%) and corn flour (0%, 2%, 4%) on some properties of Turkish type meatballs (koefte). **Meat Sci**. 68: 291-296.
- Miller, A.J., ED. Strange and RC. Whiting. 1989. Improved tenderness of restructured beef steaks by a microbial collagenase derived from *Vibrio B-30*. **J. Food Sci**. 54 (4): 855-857.
- Naveena, B.M., S.K. Mendiratta and A.S.R. Anjaneyulu. 2004. Tenderization of buffalo meat using plant proteases from *Cucumis trigonus Roxb* (Kachri) and *Zingiber officinale roscoe* (Ginger rhizome). **Meat Sci**. 68: 363-369.
- Obuz, E. and M.E. Dikeman. 2003.** Effects of cooking beef muscles from frozen or thawed states on cooking traits and palatability. **Meat Sci**. 65 (3): 993-997.
- Pietrasik, Z. and P.J. Shand. 2004. Effect of blade tenderization and tumbling time on the processing characteristics and tenderness of injected cooked roast beef. **Meat Sci**. 66: 871-879.
- \_\_\_\_\_. 2005. Effects of mechanical treatments and moisture enhancement on the processing characteristics and tenderness of beef *semimembranosus* roasts. **Meat Sci**. 71: 498-505.
- Puolanne, E.J., M.H. Ruusunen and J.I. Vainionpaa. 2001. Comined effect of NaCl and raw meat pH on water-holding in cooked sausage with and without added phosphate. **Meat Sci**. 58: 1-7.
- Shear, P.R. and A. Tali. 2004. Injection of salt, tripolyphosphate and bicarbonate marinade solutions to improve the yield and tenderness of cooked pork loin. **Meat Sci**. 68: 305-311.

Suzuki, A., M. Watanabe, Y. Ikeuchi, M. Saito and K. Takahashi. 1993. Effects of high-pressure treatment on the ultrastructure and thermal behaviour of beef intramuscular collagen. **Meat Sci.** 35: 17-25.

Teran, J. 1996. **Meat tenderization process for a microwavable meat product.** U.S. patent 5,512,015.

Teran, J.F. 2004. **Method for tenderizing pork.** U.S. patent 6,814,989 B2.

TMC-17. 2005. **In house method based on Journal of Food and Drug Analysis.** 13 (1): 78-83.

Zamri, A.I., D.A. Ledward and R.A. Frazier. 2006. Effect of combined heat and high-pressure treatments on the texture of chicken breast muscle (*Pectoralis Fundus*). **J. Agr. Food Chem.** 54: 2992-2996

## ภาคผนวก

## ประวัติคณะผู้วิจัย

## หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาววราภรณ์ ประเสริฐ

(ภาษาอังกฤษ) Ms. Waraporn Prasert

หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 6505 00534 70 4

## ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิจัย

หน่วยงาน สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ม.เกษตรศาสตร์

50 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

โทรศัพท์ 0-2942-8629-35 ต่อ

โทรสาร 0-2940-6455

E-mail: ifwrpp@ku.ac.th

## ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2548	ปริญญาตรี	วท.บ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย
2551	ปริญญาโท	วท.ม.	วิทยาศาสตร์การอาหาร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย

## สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

การตรวจสอบทางกายภาพและทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์จากแป้งหรือสตาร์ช

## ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

### งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

1. การศึกษาวิธีการอบแห้งสับประรดแผ่นที่มีความหนาของแผ่นแตกต่างกัน (ปี 2547)
2. การตัดแปรข้าวหอมมะลิทางกายภาพเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหอมมะลิหุงสุกเร็ว (วิทยานิพนธ์: ปี2548-51)
3. การพัฒนาแซนด์วิชสเปรดน้ำมันถั่วเหลืองใส่โปรตีนเกษตร (The development of soy milk sandwich spread with soy protein meat) : หัวหน้าโครงการ
4. คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และเชิงสุขภาพ ของแป้งถั่วทอง (Yellow Pea Flour) (โครงการพัฒนาวิชาการ: ผู้ร่วมโครงการ)
5. การพัฒนาเครื่องต้มสำเร็จรูปจากถั่วเขียว :ผู้ร่วมโครงการ
6. อิทธิพลของสภาวะการผลิตแบบเอกซ์ทรูชันต่อ ปริมาณ สตาร์ชเพื่อสุขภาพและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดกรอบพองที่มีข้าวหักและถั่วลิสงเป็นองค์ประกอบหลัก
7. อาหารเข้าัญชาติพร้อมบริโภครวมเพื่อสุขภาพโดยเทคโนโลยีเอกซ์ทรูชัน

### ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)

นายนิพนธ์ ลิมสงวน

(ภาษาอังกฤษ)

Mr. Nipat Limsangouan

เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน

3909900184072

ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ปัจจุบัน

รองหัวหน้าฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป

## นักวิจัย

หน่วยงาน สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ม.เกษตรศาสตร์  
 50 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10903  
 โทรศัพท์ 0-2942-8629-35 ต่อ 617 โทรสาร 0-2940-6455  
 E-mail : [ifmpl@ku.ac.th](mailto:ifmpl@ku.ac.th)

## ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2541	ปริญญาตรี	วท.บ.	เทคโนโลยีอาหาร	-	มหาวิทยาลัยศิลปากร	ไทย
2547	ปริญญาโท	วท.ม.	เทคโนโลยีอาหาร	-	มหาวิทยาลัยศิลปากร	ไทย

## สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

1. การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์
2. การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์
3. การจัดทำระบบคุณภาพในการผลิต

## ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

งานวิจัยที่ดำเนินการแล้วเสร็จ: ชื่อเรื่อง และสถานภาพในการทำวิจัย

- 1) การสกัดแอนโทไซยานินส์จากเปลือกห้วปลีสีแดง (Extraction of anthocyanins from red banana flower bud): การศึกษารายบุคคล
- 2) การศึกษากระบวนการสกัด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จากชาเขียวของไทย (The study of extraction procedure, antioxidant and antimicrobial activity from Thai green tea) : วิทยานิพนธ์
- 3) การประยุกต์ใช้ใบหม่อนในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสำเร็จรูปธัญชาติระบบเอกซ์ทรูชัน (Application of Mulberry Leaf in Instant Cereal Beverage Extruded Product) : ผู้ร่วมโครงการ
- 4) เครื่องดื่มสำเร็จรูปธัญชาติเสริมสุขภาพด้วยสมุนไพรไทย (Instant Cereal Beverage Supplement with Thai herb): ผู้ร่วมโครงการ
- 5) การพัฒนากระบวนการผลิตและควบคุมคุณภาพน้ำผลไม้เพื่อยืดอายุการเก็บ มก.-ชกส.: ผู้ร่วมโครงการ
- 6) การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสร้างเสริมสุขภาพจากธัญพืชโดยเทคโนโลยีเอกซ์ทรูชัน (Development of functional products with cereal and bean by extrusion technology) ได้รับทุนจาก UNU-Kirin Fellowship Programme ณ National Food Research Institute. Tsukuba, Japan. : หัวหน้าโครงการ
- 7) การพัฒนากรรมวิธีการผลิตและเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตน้ำตาลทรายแดงในระดับเครือข่ายวิสาหกิจชุมชน : ผู้ร่วมโครงการ
- 8) การศึกษาคคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งข้าวโพดบดหยาบดัดแปรด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน (Study of physical and chemical properties of modified corn grit flour by extrusion process) : หัวหน้าโครงการ
- 9) คุณสมบัติในการเสริมสร้างสุขภาพจากข้าวและถั่วของไทย: คุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สุขภาพ: หัวหน้าโครงการ
- 10) อิทธิพลของแป้งข้าวโพดบดหยาบดัดแปรด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีในผลิตภัณฑ์อัดพอง: หัวหน้าโครงการ

11) เสริมสุขภาพด้วยเปลือกมังคุดในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติจากกระบวนการเอกซ์ทรูชัน (Supplement health benefits with mangosteen pericarp in extruded puffed breakfast cereal): ผู้ร่วมโครงการ

12) อิทธิพลของสภาวะการผลิตแบบเอกซ์ทรูชันต่อปริมาณสารเพื่อสุขภาพและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดกรอบพองที่มีข้าวหักและถั่วลันเตาสีทองเป็นองค์ประกอบหลัก: ผู้ร่วมโครงการ

13) อาหารเช้าธัญชาติพร้อมบริโภคร่วมกับเทคโนโลยีเอกซ์ทรูชัน: ผู้ร่วมโครงการ

14) เครื่องดื่มล้างพิษ: การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากขมิ้น รังจืด และอินนูลิน และศึกษาคุณสมบัติในการล้างพิษในหนูทดลอง: ผู้ร่วมโครงการ

15) ผลของกระบวนการความร้อนต่อคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในงาขาว งาดำ และงาแดง: ผู้ร่วมโครงการ

### ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ	(ภาษาไทย)	นายสมโภชน์	ใหญ่เอี่ยม
	(ภาษาอังกฤษ)	Mr. Sompoch	Yai-Eam

รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ 39-40-0207

### ตำแหน่งปัจจุบันเจ้าหน้าที่วิจัย

สถานที่ทำงาน สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
 50 ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กทม. 10900  
 โทรศัพท์ 02 942 8629-35 ต่อ 616 โทรสาร 02-561-1970  
 E-mail [ifrkys@ku.ac.th](mailto:ifrkys@ku.ac.th)

## ประวัติการศึกษา ดูงาน และฝึกอบรม

วุฒิ	ปี พ.ศ.	ชื่อสถาบันศึกษา
เทคโนโลยีการเกษตรบัณฑิต (เทคโนโลยีและอุตสาหกรรมอาหาร)	2529	สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้
ประกาศนียบัตร หลักสูตรการฝึกอบรม		
“หลักสูตรการจัดการความปลอดภัยอาหาร สำหรับ SME, โดยระบบ Pre - HACCP”	2551	สถาบันอาหารแห่งชาติ ร่วมกับ สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
“หลักสูตรเส้นทางสู่มาตรฐานระบบ-คุณภาพ สินค้าอาหาร : สำหรับธุรกิจค้าปลีก” ของ ประเทศอังกฤษ (BRC)	2548	สถาบันอาหารแห่งชาติ ร่วมกับ สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Certificate in Canned Food - Thermal Process (FISH 0145) BCIT	2542	Department of Fisheries, KASETSART University
การพัฒนาระบบคุณภาพและการจัดการด้าน สุขลักษณะ โรงงานอุตสาหกรรมอาหาร	2539	สำนักงานมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวง อุตสาหกรรม

## ความชำนาญและความเชี่ยวชาญ

ความชำนาญทางด้านเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมอาหาร

ความชำนาญทางด้านฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี

## กิจกรรมสำคัญที่เกี่ยวข้องกับราชการหรือหน่วยงานภายนอก

## งานวิจัย

เรื่องที่ทำวิจัย	ระยะเวลาที่ใช้
1 โครงการ “พัฒนาคุณภาพมาตรฐานและบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์น้ำปลาหวาน และน้ำสมุนไพร” เป็นหัวหน้าโครงการ ภายใต้ความร่วมมือ ระหว่าง มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์และธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร	1 ปี

- (มก.- ช.ก.ส.) เพื่อพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ประจำปี 2549
- 2 โครงการ “พัฒนาคุณภาพมาตรฐานและบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์หมูหวานและหมูสวรรค์” เป็นหัวหน้าโครงการ ภายใต้ความร่วมมือ ระหว่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (มก.- ช.ก.ส.) เพื่อพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ประจำปี 2548 1 ปี
  - 3 โครงการ “พัฒนาผลิตภัณฑ์ไอ้ก๋ข้าวกั๋องหอมมะลิกิ่งสำเร็จรูป เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนจากสถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 1 ปี
  - 4 โครงการ “พัฒนาคุณภาพกาแฟและน้ำผลไม้” เป็นผู้ร่วมโครงการ ภายใต้ความร่วมมือ ระหว่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (มก.- ช.ก.ส.) เพื่อพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ประจำปี 2548 1 ปี
  - 5 Production of Instant Beverage of the Pineapple and Sweet Potato เป็นผู้ร่วมโครงการ รับผิดชอบในการควบคุมกระบวนการผลิตด้วยเครื่อง Double Drum Dryer 1 ปี
  - 6 Development of Instant Sweetpotato Drink Powder in Proceeding เป็นผู้ร่วมโครงการ รับผิดชอบในการควบคุมกระบวนการผลิตด้วยเครื่อง Double Drum Dryer 1 ปี
  - 7 โครงการ “พัฒนาผลิตภัณฑ์ไอ้ก๋สาหร่ายไวกิ่งสำเร็จรูป” เป็นผู้ร่วมโครงการ รับผิดชอบในการควบคุมกระบวนการผลิตด้วยเครื่อง Double Drum Dryer 1 ปี
  - 8 Utilization of Glandless Cottonseed Kernels in Beverage (Dorus Project) เป็นผู้ร่วมโครงการ รับผิดชอบเป็นผู้แยก Kernels ออกจากเปลือกหุ้มเมล็ดฝ้าย เพื่อนำไปผลิตเครื่องดื่ม 1 ปี

- 9 Process for Preparing Pre – Fried and Frozen French – fry Type Products เป็นผู้ร่วมโครงการ รับผิดชอบเป็นผู้จัดเตรียมวัตถุดิบและดำเนินการผลิต เพื่อการวิจัยมันเทศแช่เยือกแข็งแล้วทอด 1 ปี
- 10 อิทธิพลของกรรมวิธีการผลิตที่มีผลต่อคุณลักษณะของหน่อไม้แห้งและการยอมรับของผู้บริโภค เป็นผู้ร่วมโครงการ รับผิดชอบในส่วนของการออกสำรวจพื้นที่ และร่วมถ่ายทอดเทคโนโลยีควบคุมกระบวนการอบแห้ง (โครงการอีสานเขียว) 1 ปี
- 11 การผลิตอาหารประเภทเส้นและแผ่นจากสตาร์ชมันเทศ เป็นผู้ร่วมโครงการ รับผิดชอบในส่วนของการสกัดแป้งจากมันเทศ (Starch และ Flour) และควบคุมการผลิตด้วย Double Drum Dryer 1 ปี
- 12 Production of High Protein Snack from Defatted Glandless Cottonseed Flour เป็นผู้ร่วมโครงการ รับผิดชอบในการจัดเตรียมแยกส่วน Kernels 1 ปี
- 13 โครงการ “หมู่บ้านทำขนมจีนแห้ง” เป็นผู้ร่วมโครงการ รับผิดชอบในส่วนของการดำเนินการผลิตควบคุมเครื่องจักรในการโรยเส้นขนมจีน (โครงการอีสานเขียว) 1 ปี
- 14 โครงการ “ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่จากวน้ำมะพร้าวและน้ำที่เหลือจากการหมัก” เป็นผู้ร่วมโครงการ รับผิดชอบเป็นผู้ควบคุมกระบวนการผลิตเครื่องต้มบรรจุขวดฆ่าเชื้อ 1 ปี
- 15 งานวิจัยเรื่อง “อิทธิพลของพันธุ์ข้าวโพดที่มีต่อคุณภาพข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง” เป็นผู้ร่วมโครงการ รับผิดชอบดำเนินการจัดเตรียมวัตถุดิบและควบคุมการฆ่าเชื้อ 1 ปี

#### ผลงานด้านวิชาการและการตีพิมพ์

สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม, ปราโมทย์ ธรรมรัตน์, วรณดี สุทธินรากร, เย็นใจ ฐิตะฐาน, อุไร เผ่าสังข์ทอง, สาวิตรี ถนัดคำ. การพัฒนาคุณภาพมาตรฐานและบรรจุภัณฑ์น้ำปลาหวานและน้ำสมุนไพรร

รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอรายงานผลการดำเนินงานโครงการวิจัยโครงการความร่วมมือ  
มก. - ฐ.ก.ส. ปีบัญชี 2549 (44 หน้า)

สมโภชน์ ไหญ่เอี่ยม, อุไร เผ่าสังข์ทอง, เย็นใจ จิตะฐาน, สร้อยทอง สายหยุดทอง, สาวิตรี ถนัดคำ.  
การพัฒนาคุณภาพมาตรฐานและบรรจุภัณฑ์หมูหวาน / หมูสวรรค์ รายงานฉบับสมบูรณ์  
เสนอรายงานผลการดำเนินงานโครงการวิจัยโครงการความร่วมมือ มก. - ฐ.ก.ส. ปีบัญชี  
2548 (35 หน้า)

สมโภชน์ ไหญ่เอี่ยม, ช่อลัดดา เทียงพุก, วัฒนา วิรุฒิกกร, จารุวรรณ ศิริพรรณพร. การพัฒนา  
ผลิตภัณฑ์ไอ้กข้าวกลิ้งหอมมะลิกิ่งสำเร็จรูป รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอรายงานผลการ  
ดำเนินงานโครงการวิจัย สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (10 หน้า)

กุลวดี ทรงพาณิชย์, ตวิยา โลหะนะ, สมโภชน์ ไหญ่เอี่ยม. การพัฒนาคุณภาพกาแฟและน้ำผลไม้  
รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอรายงานผลการดำเนินงานโครงการวิจัยโครงการความร่วมมือ  
มก. - ฐ.ก.ส. ปีบัญชี 2548 (48 หน้า)

Suparat Reungmaneevaitoon and S. Yai – eiam. Production of Instant Beverage of the  
Pineapple and Sweetpotato. The International Workshop on Tropical and  
Subtropical Fruits. Program & Abatract November 27 – 30, 2006. Lotus Pang suan  
keaw Hotal Chang mai, Thailand (4 page)

ช่อลัดดา เทียงพุก, กัญญา สุจิตดวงสานนท์, สมโภชน์ ไหญ่เอี่ยม. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอ้กสำหรับ  
ไ้กกิ่งสำเร็จรูป ประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 สาขา  
อุตสาหกรรมเกษตร (6 หน้า)

Suparat Reungmaneevaitoon, Santi tip – Pyang, Sompoch Yai – eiam. Process for Preparing  
Pre – Fried and Frozen Sweetpotato French – fry Type Products. KASETSART J.  
(Nat. Sci.) 34 : 98 – 106 (2000)

Santi tip – Pyang, Suparat Reungmaneevaitoon, Vipa Surajanamethakul, Sompoch Yai – eiam.  
Utilization of Glandless Cottonseed Kernels in Beverage Document n for Discussion  
the DORUS Project. Review and Evaluation Meeting. 24 – 25 August 1993.

กุลวดี ครอบพาณิชย์, ชิดชม อีรางะ, อุไร เผ่าสังข์ทอง, สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม. อิทธิพลของกรรมวิธี การผลิตที่มีต่อคุณลักษณะของหน่อไม้แห้งและการยอมรับของผู้บริโภค. ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย์.) 27 : 211 – 218

สุภรัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์, สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม และนรินทร์ พูลเพิ่ม. การผลิตอาหารประเภทเส้น และแผ่นจากสตรัชมันเทศ. วารสารข้าว สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีที่ 3 ฉบับที่ 6 ประจำเดือนสิงหาคม 2542

Somchai Prabhavat, Duangchan Hengswadi, Tavis Lohana and Sompoch Yai – eiam. Production of High Protein Snack from Defatted Glandless Cottonseed Flour. Kasetsart J. (Nat. Sci) 30 : 400 – 408 (1996)

สุภรัตน์ ชวนะ, เพลินใจ ตังคนากุล, จันตรี บุญปั้น, ไพลิน ผู้พัฒน์, สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม. โครงการหมู่บ้านขนมจีนแห้ง รายงานโครงการมหาวิทยาลัยสนับสนุนงานพัฒนาตาม โครงการน้ำพระทัยจากในหลวงเพื่อพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามแนวพระราชดำริ (โครงการอีสานเขียว) สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตุลาคม 2534

กุลวดี ครอบพาณิชย์, ชุมสาย สีลวานิช, น้อย สาริกะภูติ, ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์, สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม, สิริพร สชนเสาวภาคย์, ปราโมทย์ ธรรมรัตน์. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่จากวุ้นน้ำมะพร้าวและน้ำที่เหลือจากการหมัก สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กุลวดี ครอบพาณิชย์, อุดม กาญจนปภรณ์ชัย, อุไร เผ่าสังข์ทอง, ชิดชม อีรางะ, มณฑาทิพย์ ชุ่นฉลาด, สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม. อิทธิพลของพันธุ์ข้าวโพดที่มีต่อคุณภาพข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง. รายงานการสัมมนา สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม. เรื่อง อุตสาหกรรมข้าวโพดในทศวรรษหน้า วันที่ 29 – 30 สิงหาคม 2539 ณ โรงแรมเมฆาลัย อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี .

มีนาคม 2540, ISBN 974 – 8027 – 77 – 5