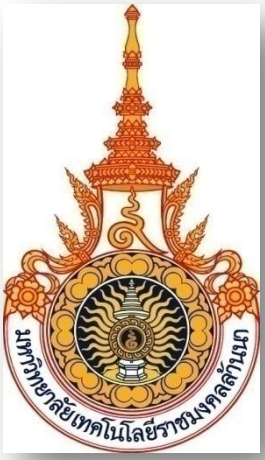


รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ พัฒนาผงหมักเนื้อปรุงรสจากก้านและแกนสับปะรดและการพัฒนาซอสหมักบาบีคิวพร้อมใช้จากเนื้อและเปลือกสับปะรด

Development of Core, Crown, PeeL and Stem Proteases Products from Pineapple

โดย

ผศ.ดร.เศรษฐศิลป์ อัมมวรรธน์
ดร.วรรณา อัมมวรรธน์
ว่าที่ร้อยตรีทนงศักดิ์ สัสดีแพง

กันยายน 2557

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ พัฒนาผงหมักเนื้อปรุงรสจากก้านและแกนสับปะรดและการพัฒนาซอสหมักบาบีคิวพร้อมใช้จากเนื้อและเปลือกสับปะรด

Development of Core, Crown, PeeL and Stem Proteases Products from Pineapple

โดย

ผศ.ดร.เศรษฐศิลป์ อัมมวรรธน์

ดร.วรรณา อัมมวรรธน์

ว่าที่ร้อยตรีทนงศักดิ์ สัสดีแพง

สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

กันยายน 2557

คำนำ

การศึกษาวิจัยเรื่อง พัฒนาผงหมักเนื้อปรุงรสจากก้านและแกนสับปะรดและการพัฒนาซอสหมักบาบีคิวพร้อมใช้จากเนื้อและเปลือกสับปะรดเป็นการศึกษาวิจัยโครงการวิจัยโดยเงินงบประมาณแผ่นดินสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) เป็นการศึกษา วิจัยเพื่อสกัดเอนไซม์จากสับปะรดด้วยสารละลายที่ต่างกันเพื่อให้ได้ผลผลิตการตกตะกอนเอนไซม์และความบริสุทธิ์ อีกทั้งการศึกษาผลของความสุกแก่ของสับปะรดต่อความประสิทธิภาพของเอนไซม์ที่ตกตะกอนได้ การ ศึกษาความเข้มข้นของเอนไซม์ในผงหมักเนื้อนุ่มที่เหมาะสมต่อการหมักเนื้อและเป็นการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของเอนไซม์ในผลิตภัณฑ์ซอสบาบีคิวเพื่อใช้ในการหมักเนื้อวัว รวมทั้งเปรียบเทียบซอสผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ได้ในการหมักเนื้อต่างชนิดกันซึ่งเป็นการศึกษาที่จำเป็นต้องใช้เวลาและงบประมาณตามโครงการอย่างต่อเนื่องที่ได้เสนอไป แต่ ในการวิจัยมิได้นำส่วนก้านและเปลือกของสับปะรดมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ซอสเนื้อนุ่มบาบีคิวหรือผงหมักเนื้อนุ่ม เนื่องจากปริมาณเอนไซม์ที่ได้จากการตกตะกอนมีปริมาณน้อยรวมทั้งการคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคอันเป็นผลจากการปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงและสารอื่นๆที่ปนเปื้อนที่ก้านและเปลือกได้ง่าย ซึ่งจะไม่คุ้มทุนในการสกัดและอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคจากสารปนเปื้อนของยาฆ่าแมลง ซึ่งผลิตภัณฑ์ต้นแบบในการทำซอสบาบีคิวได้นำไปใช้ประโยชน์ในการเผยแพร่ให้กับผู้ปลูกสับประรดและผู้สนใจจำนวน 50 คนเพื่อเป็นการนำสับปะรดมาใช้ประโยชน์ในการทำซอสเนื้อนุ่มบาบีคิว อันเป็นผลิตภัณฑ์ซอสที่จะสามารถช่วยเพิ่มการนำสับปะรดไปใช้ประโยชน์ได้เป็นจำนวนมาก

คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปา งและขอขอบคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่และนักศึกษาสาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรที่ให้ความช่วยเหลืออย่างดีมาโดยตลอด

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2557

วัตถุประสงค์การศึกษา

<u>วัตถุประสงค์ของโครงการ</u>

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบของเอนไซม์ออกฤทธิ์ย่อยโปรตีนในสับปะรด
2. เพื่อพัฒนาเทคนิคการแยกเอนไซม์ให้บริสุทธิ์
3. เพื่อศึกษาสภาวะการทำงานของเอนไซม์ ความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ ต่างๆ
4. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เอนไซม์พร้อมใช้งานในรูปผง และซอสต้นแบบ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้สารละลายตกตะกอนโปรตีนต่างชนิดกัน 3 ชนิดคืออะซีโตน เอธานอลและเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตพบว่าการใช้เอธานอลในการตกตะกอนจะให้ต้นทุนต่ำสุดในการตกตะกอนและมีความปลอดภัยสูง และเมื่อเปรียบเทียบสภาวะการตกตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลนที่อุณหภูมิที่ต่างกันพบว่าการตกตะกอนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 ชั่วโมงให้การตกตะกอนที่มีประสิทธิภาพในการตกตะกอนโปรตีนได้ดีกว่าการตกตะกอนที่ 4 องศาเซลเซียส และเมื่อทำการศึกษาการตกตะกอนส่วนเนื้อและแกนที่ระดับความสุกแก่ของสับปะรดที่ต่างกัน 3 ระดับคือเปลือกมีสีเขียว เขียว-เหลือง และเหลือง ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่างต่างกัน พบว่าสับปะรดที่มีระดับความสุกที่เปลือกมีสีเหลืองจะให้ตะกอนโปรตีนเอนไซม์สูงสุดทั้งในส่วนของเนื้อและแกนสับปะรดโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดที่มีเปลือกสีเขียว สีเขียว -เหลือง และเหลือง ด้านการเปรียบเทียบค่า ความแน่นเนื้อ และค่าแรงสัมผัสโดย ใช้สะโพกตอนล่าง ของเนื้อวัว หมักด้วยตะกอนโปรตีนเอนไซม์ที่ได้จากส่วนแกนและเนื้อสับปะรดที่ระดับความสุกของสับปะรดที่ต่างกัน 3 ระดับคือเมื่อเปลือกสีเขียว สีเขียว -เหลือง และสีเหลืองพบว่าค่าความสุกแก่ทั้ง 3 ระดับไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)แต่ค่าความสุกแก่ทั้ง 3 ระดับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดที่ไม่ผ่านการหมักด้วยตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลน

ในการศึกษาผลของตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลนในการทำผงหมักเนื้อนุ่มที่ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ต่างกันคือร้อยละ 0, 0.5, 1, 1.5 และ2 โดยทำการหมักเนื้อหมูขนาด 1 x 1 x 0.5 นิ้ว พบว่าค่าระดับความเป็นกรดด่างลดลงเมื่อความเข้มข้นตะกอนโปรตีนเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าความแน่นเนื้อของเนื้อหมูก่อนปรุงสุกที่ความเข้มข้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการหมักด้วยตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลน ด้านเนื้อหมูปรุงสุกพบว่าเนื้อหมูหมักด้วยตะกอนโปรตีนเอนไซม์ที่ความเข้มข้นต่างกันมีค่า ความแน่นเนื้อ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 มีค่ามากกว่าเนื้อหมูหมักด้วยตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลนที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 1.5 และ2 โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ด้านค่าแรงสัมผัสของเนื้อหมูที่ระดับความเข้มข้นต่างกันที่ร้อยละ 0.5, 1, 1.5 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อหมูไม่หมักด้วยผงหมักเนื้อนุ่มโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ด้านการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อวัวหมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวจากสารสกัดเอนไซม์โปรตีนโบรมิเลน ของเนื้อสับปะรด ที่ปริมาณความเข้มข้นต่างกันที่ระดับความเข้มข้นเอนไซม์โบรมิเลนที่ร้อยละ 0 1 2 และ 3 พบว่าค่าความเป็นกรดด่าง ความชื้นและผลผลิตหลังสุกมีค่าเป็นแนวทางเดียวกันโดยมีค่าลดลงตามลำดับ ตามค่าความเข้มข้นที่สูงขึ้นโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงสัมผัสที่ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ร้อยละ 2 และ 3 ให้ค่าความแน่นเนื้อต่ำซึ่งหมายถึงความนุ่มเนื้อสูงเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่มีความเข้มข้นเอนไซม์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 และ 1 ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ด้านค่าทางประสาทสัมผัสโดยวิธี A nine-point hedonic scale ของเนื้อหมักซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวที่ความเข้นข้นโปรตีนเอนไซม์ที่ต่างกันพบว่าที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 ให้ค่าคะแนนด้านสี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัสสูงสุดโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ ในขณะที่ด้านความชอบรวมระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ด้านการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อวัว เนื้อหมูและเนื้อไก่หมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวจากตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลนที่ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 2 พบว่าค่าความเป็นกรดด่าง ความชื้นสัมผัสและผลผลิตหลังสุกของเนื้อวัว เนื้อหมูและเนื้อไก่มีค่า 5.28 5.47 และ 5.80 ค่าความชื้นสัมผัสอยู่ที่ 72.37 81.40 และ 80.98 ในขณะที่ค่าผลผลิตหลังสุกมีค่า 62.71 73.77 และ 78.22 ตามลำดับ ด้านค่า ความแน่นเนื้อและค่าแรงสัมผัสพบว่าเนื้อวัวมีค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงสัมผัสสูงสุด ส่วนเนื้อไก่มีค่าความแน่นเนื้อ และแรงสัมผัสต่ำสุด

คำสำคัญ: สับปะรด, โบรมิเลน, เอทานอล, เนื้อวัว, เนื้อหมู, เนื้อไก่

Abstract

This study of using three protien coagulate solvents: acetone ethanol and ammonium sulfate was found that ethanol gave high safty for enzyme and lowest cost; For enzyme precipitation by coagulate at difference temperature; at room temperature 16 hours gave the higher efficiency than at 4 ^{o}C. The maturity 3 state of protein coagulation it was found that yellow peel gave the highest enzyme coagulation from pulp and core than yellow-green and green peel state, respectively. The physical property by shear force of firmness by curing in beef, it found that was no significant different from those maturity but it was significant difference ($p \leq 0.05$) from meat with nocure by bromilain.

The study on effect of bromelain enzyme coagulaete for tenderization of pork with 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 % by cutting pork with size 1x1x0.5 inch were found that the firmness and touchness value were decrease when increase concentation of enzyme coagulate while the firmness value in raw cure meat was no significant different in raw cure pork meat in all 4 level but their were difference from raw prok cured meat with no treated enzyme bromelain. In cooked pork, the firmness value at 0.5 % was difference from 1, 1.5 and 2 %.

Study on physicochemical property in beef curing by tenderized BBQ sauce with enzyme bromilain coagulate at 0, 1, 2 and 3 % were found that pH, moisture content and cooking yield decrease when the concentration increase. The firmness and toughness values of concentration at 2 and 3 % give the lowest value when compared with 0 and 1 % with significant difference. Sensory evaluate by panelists with nine-point hedonic scale were found that at concentration of 2 % gave highest value of color odour texture and overall acceptibilty while the 2 and 3 % was no significant difference ($p>0.05$). The physic-chemical property of BBQ curing sauce of enzyme bromelain in 3 type of meat such as beef, pork and chicken at 2 % concentration level were found that

pH of beef, pork and chicken were 5.28, 5.47 and 5.80 moisture cont were 72.37 81.40 and 80.98 cooking yield were 62.71 73.77 and 78.22 respectively. The firmness and toughness value were found that beef gave highest value while it was found that chicken gave lowest value.

Keyword: pineapple, bromilain, ethanol, beef, pork, chicken

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	2
บทคัดย่อ	4
Abstract	6
สารบัญ	8
สารบัญตาราง	9
สารบัญภาพ	11
บทนำ	13
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	62
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	65
สรุปผลการวิจัย	90
เอกสารอ้างอิง	92
ภาคผนวก	81

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปรียบเทียบคุณลักษณะที่สำคัญของสับปะรดต่างสายพันธุ์	14
2	การเปลี่ยนแปลงลักษณะของสับปะรดในระหว่างการเพาะปลูก	16
3	แสดงส่วนต่างๆ ของสับปะรดและคุณค่าทางโภชนาการ	17
4	หลักเกณฑ์การให้คะแนน	23
5	คุณค่าทางอาหารของกระเทียมสดและกระเทียมแห้ง	26
6	แสดงส่วนประกอบทางเคมีโดยประมาณของเนื้อสด	30
7	สภาวะที่เชื้อจุลินทรีย์ทำให้เกิดโรคเจริญเติบโตและทำให้อาหารเสื่อมเสีย	57
8	ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บ	58
9	แสดงผลของปริมาณน้ำหนัก สารสกัดโปรตีนจากการตกตะกอนของแกนและเนื้อสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ของผลสับปะรด	65
10	แสดงผลของปริมาณสารสกัดโปรตีนจากการตกตะกอนในแต่ละส่วนของผลสับปะรด	65
11	แสดงการเปรียบเทียบผลดีและผลเสียของการใช้สารละลายต่างชนิดกันในการตกตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลน	66
12	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณตะกอนโปรตีนเอนไซม์สับปะรดจากส่วนต่างๆของสับปะรด	67

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	แสดงผลของปริมาณสารสกัดโปรตีนจากการตกตะกอนของแกนและเนื้อสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ของผลสับปะรดที่เปลือกสับปะรดมีสีเขียว สีเขียว-เหลือง และสีเหลือง	68
14	การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อหมูหมักผงหมักเนื้อนุ่มที่มีส่วนผสมของสารสกัดเอนไซม์โปรตีนโบรมิเลนที่ปริมาณความเข้มข้นต่างกัน	72
15	การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี A nine-point hedonic scale ของผงหมักเนื้อนุ่มในการหมักหมูที่ความเข้นข้นโปรตีนเอนไซม์ที่ต่างกัน	74
16	การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อวัวหมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวจากสารสกัดเอนไซม์โปรตีนโบรมิเลนที่ปริมาณความเข้มข้นต่างกัน	81
17	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักสูตรพื้นฐานที่มีความเข้มข้นของปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนที่แตกต่างกันโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนด้านการทดสอบประสาทสัมผัสจำนวน 20 คน	84
18	การเปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงสัมผัสของเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักพร้อมปรุงที่อุณหภูมิการเก็บรักษาแตกต่างกัน	86
19	คุณสมบัติทางเคมีของเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักพร้อมปรุงที่อุณหภูมิการเก็บรักษาแตกต่างกัน	88

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สมการปฏิกิริยาของกรดไนตรัสแปรสภาพไปเป็นไนตริกออกไซม์	50
2	แสดงปฏิกิริยาเคมีพื้นฐานสำคัญของการสร้างสารสีใน เนื้อ	50
3	แสดงปฏิกิริยาการเกิดสีในเนื้อและผลิตภัณฑ์	51
4	ขั้นตอนการเกิดไนโตรโซฮีโมโครมในผลิตภัณฑ์	52
5	แสดงการเปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ระหว่างตะกอนเอนไซม์ที่ได้จากเนื้อและแกนสับปะรดที่ระดับความสุกต่างกัน	70
6	แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงเนื้อสัมผัส (Toughness) เปรียบเทียบระหว่างตะกอนเอนไซม์ที่ได้จากเนื้อและแกนสับปะรดและระยะความสุกแก่ของสับปะรด	71
7	แสดงการเปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของเนื้อวัวหมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวที่มีความเข้มข้นของเอนไซม์ปริมาณต่างกันก่อนการปรุงสุก	73
8	แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงสัมผัสเนื้อ (Firmness) ของเนื้อวัวหมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวที่มีความเข้มข้นของเอนไซม์ปริมาณต่างกันก่อนการปรุงสุก	73
8	แสดงการเปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อ (Touchness) ของเนื้อวัวหมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวที่มีความเข้มข้นของเอนไซม์ปริมาณต่างกันก่อนการปรุงสุก	73
9	แสดงการเปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของเนื้อวัวหมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวที่มีความเข้มข้นของเอนไซม์ปริมาณต่างกันก่อนการปรุงสุก	76

สารบัญภาพ (ต่อ)

10	แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงสัมผัส (Toughness) ของเนื้อวัว เนื้อหมู และเนื้อไก่หมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวที่มีความเข้มข้นของเอนไซม์ปริมาณเท่ากัน	76
11	แสดงการเปรียบค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักสูตรพื้นฐานที่มีความเข้มข้นของปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$)	78
12	แสดงการเปรียบค่าแรงสัมผัส (Toughness) ของเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักสูตรพื้นฐานที่มีความเข้มข้นของปริมาณเอนไซม์โบรมีเลนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$)	79

บทนำ

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย เพราะสับปะรดเป็นสินค้าเกษตรส่งออกที่สำคัญของไทย สามารถนำรายได้เข้าประเทศปีละ หลาย ล้านบาท สับปะรด นับว่า เป็นพืชที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งนอกจากจะนิยมนำมาบริโภคสดแล้ว ยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น สับปะรดกระป๋อง แยมสับปะรดและอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสับปะรดกระป๋องที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก

สับปะรดเป็นพืชสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี เป็นพืช ใบเลี้ยงเดี่ยว จำพวกไม้เนื้ออ่อนที่มีอายุหลายปี สามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิดที่ระบายน้ำดี ข้อดีในการเพาะปลูกสับปะรดคือ สามารถออกต้นใหม่ได้เสมือนกับต้นแม่ซึ่งเมื่อช่อดอกเจริญเป็นผลแล้วจะเจริญต่อไป โดยที่ตา มลำต้นจะสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีก สับปะรดต้องการอากาศค่อนข้างร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสมระหว่าง 24 – 30 องศาเซลเซียส มีฝนตกกระจายสม่ำเสมอตลอดปี และมีความชื้นในอากาศสูงชอบดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินปนลูกรัง ดินทรายชายทะเล และชอบที่ลาดเท เช่น ที่ลาดเชิงเขา ดินมีความเป็นกรดเล็กน้อย

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

สับปะรดเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ (Family) Bromeliaceae ซึ่งอยู่ในสกุล Ananas มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ananascomosus* (L.)Merr. สับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกไม้เนื้ออ่อนที่มีอายุหลายปี มีช่อดอกที่ส่วนยอดของลำต้น

พันธุ์ที่ปลูกมากในประเทศไทย

พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 4 พันธุ์ โดยถือตามลักษณะของต้นที่ได้ขนาดโตเต็มที่ และความแข็งแรงสมบรูณ์เป็นบรรทัดฐานดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณลักษณะที่สำคัญของสับปะรดต่างสายพันธุ์

พันธุ์	ลักษณะที่สำคัญ
1. พันธุ์ปัตตาเวีย	-ทนทานต่อความแห้งแล้ง และการขาดน้ำได้ดีกว่าพันธุ์อื่นๆ -ขอบใบเรียบ -เนื้อในสีเหลือง เนื้อฉ่ำ รสหวาน
2. พันธุ์ภูเก็ต	-รูปร่างทรงกระบอกสม่ำเสมอดี -รสชาติดีเนื้อหวานกรอบ -มีกลิ่นหอม -เนื้อสีเหลืองจัด
3. พันธุ์นางแล	-ผลมีเปลือกบางมาก -รสหวานแหลม -มีเนื้อเยื่อน้อยสีเหลืองจัด -ขอบใบมักเรียบ
4. พันธุ์อินทรชิต	-เปลือกผลหนา -เนื้อสีเหลือง

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

พันธุ์ปัตตาเวีย (Smooth Cayenne) สับปะรดพันธุ์นี้รู้จักกันแพร่หลายในนามสับปะรดศรีราชา สับปะรดปราณบุรี สับปะรดสามร้อยยอด เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายที่สุด เนื่องจากเป็นที่นิยมของตลาด โรงงานอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง และเป็นสับปะรดเพียงพันธุ์เดียวในปัจจุบันที่เหมาะสำหรับส่งโรงงานอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง เพราะคุณสมบัติสำหรับบรรจุกระป๋องที่ค่อนข้างดีหลายประการ นอกจากนี้ยังมีการปลูกโดยทั่วไปเพื่อขายผลสดซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เพราะมีรสชาติหวานฉ่ำถูกรสนิยมของคนไทย แหล่งปลูกที่สำคัญของพันธุ์ปัตตาเวีย คือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี ระยอง เพชรบุรี และลำปาง

ผลมีขนาดปานกลางถึงใหญ่ ผลหนักประมาณ 1–2.5 กิโลกรัม รูปทรงของผลเป็นทรงกระบอกปลายผลมีจุกขนาดเล็กเพียงจุดเดียว มีตาตื้นไม่เป็นร่องเปลือกผลเมื่อดิบมีสีเขียวคล้ำ เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มบริเวณส่วนล่างของผลประมาณครึ่งผลกลีบรองดอกสั้น ก้านผลสั้นเนื้อมีสีเหลืองอ่อนแต่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้มในฤดูร้อน เนื้อแน่นละเอียด มีเยื่อใยปาน

กลาง ฉ่ำน้ำ รสชาติหวาน กลิ่นหอมแกนผลค่อนข้างใหญ่ บริเวณก้านผลจะไม่พบตะเกียง นับตั้งแต่เริ่มบังคับให้ออกดอกจนถึงวันเก็บเกี่ยวใช้เวลาประมาณ 178 วัน หลังจากเก็บเกี่ยวแล้วสร้างหน่อได้ 1- 3 หน่อ เป็นพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาพแห้งแล้งและขาดน้ำได้ดีกว่าพันธุ์อื่น ๆ

จุดด้อยของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ได้แก่ ไม่ค่อยพบตะเกียง ไม่ทนต่อโรครากเน่าและไส้เน่า อ่อนแอต่อโรคเนื้อแกน ไม่ตอบสนองต่อสารเคมีเร่งดอกเท่าพันธุ์อื่น ๆ เนื้อมักมีสีซีดและมีกรดจัดในฤดูหนาว (จิราพรรณ , 2548)

การพิจารณาการสุกของสับปะรด

การเก็บเกี่ยว สับปะรด ขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาด โดยสามารถเก็บผลได้ตั้งแต่ผลดิบจนถึงผลสุกตลอดผล โดยพืชแต่ละชนิดจะมีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันไป หรือแม้แต่พืชชนิดเดียวกันก็ยังมีอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาด สับปะรดก็เช่นเดียวกัน สับปะรดจะมีการสุกเป็นไปตามธรรมชาติ ในกรณีของ ระบบอุตสาหกรรมแปรรูปจะรับซื้อผลผลิตเพื่อการบรรจุกระป๋องจะพิจารณาเฉพาะสับปะรดผลสุกเท่านั้น สำหรับหลักในการพิจารณาการสุกของสับปะรดมีแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะของสับปะรดในระหว่างการเพาะปลูก

ระยะ	อายุ (หลังใช้สารเร่งดอก)	การเปลี่ยนแปลง
ดอกแดง	20 – 30 วัน	ระยะแรกที่สังเกตได้โดยมองเห็นปลายจุกสีแดงในยอดสับปะรดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร
ดอกตูม	40 – 45 วัน	มองเห็นเป็นผลสับปะรด ฐานดอกสีแดงหุ้มดอกตูม ก้านผลยาวมากขึ้น
ดอกบาน	50 – 60 วัน	ก้านผลหยุดการยืด กลีบดอกสีม่วงเริ่มบานจากล่างขึ้นบน
ดอกโรย	70 – 75 วัน	กลีบดอกโรยหมดทั้งผล จำนวนใบและขนาดของจุกเพิ่มขึ้นมากเป็น 2 เท่า
ตาขาว	85 – 90 วัน	ผลย่อย (ตา) ขยายตัว กลีบรองดอกหุ้มปิดเข้าหากัน มีไขสีขาว
ตาดำ	115 – 120 วัน	ไขสีขาวมีเหลือที่บริเวณกลางตาเล็กน้อย ขอบตาเป็นสีม่วงดำ ผลย่อย (ตา) ขยายตัวมากขึ้น
ตาขยาย	130 – 135 วัน	ขนาดและน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นมาก ตาขยายและแบนราบ เนื้อแน่น
ตาเปิด	145 – 150 วัน	ขอบตาใส ผิวนอกเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองจาง โดยเริ่มเปลี่ยนจากโคนผลไปหาปลายผล เนื้อในผลเริ่มสุก

ที่มา: (จิราพรรณ 2548)

คุณค่าทางโภชนาการ

สับปะรด นับเป็นผลไม้ที่ มีประโยชน์มากชนิดหนึ่ง ใช้ผลเป็นอาหารทั้งผลสดและอาหารแปรรูป เช่น สับปะรดกระป๋อง เครื่องดื่มจากสับปะรด แยม ซึ่งคุณค่าจากส่วนที่กินได้ 100 กรัมมีดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงส่วนต่างๆ ของสับปะรดและคุณค่าทางโภชนาการ

ส่วนประกอบต่างๆของสับปะรด / ผล		คุณค่าทางโภชนาการ / 100 กรัม	
ส่วนประกอบ	น้ำหนัก	ส่วนประกอบทางเคมี	น้ำหนัก
น้ำหนักผล	2,414 กรัม	ความชื้น	87.0 กรัม
น้ำหนักจุก	495 กรัม	พลังงาน	47.0 แคลอรียูนิต
น้ำหนักเปลือก	655 กรัม	ไขมัน	0.3 กรัม
น้ำหนักเนื้อ	647 กรัม	คาร์โบไฮเดรต	11.6 กรัม
น้ำหนักแกน	235 กรัม	โปรตีน	0.7 กรัม
กรด(ร้อยละ)	0.95	เส้นใย	0.5 กรัม
ความเป็นกรด – ด่าง	3.5 กรัม	แคลเซียม	17 มิลลิกรัม
		วิตามิน บี	20.03 มิลลิกรัม
		ไนอาซิน	0.3 มิลลิกรัม
		วิตามิน ซี	22 มิลลิกรัม

เอนไซม์โบรมีเลน

โบรมีเลนเป็นเอนไซม์ย่อยสลายพันธะเปปไทด์ของโปรตีนเป็นเอนไซม์ในกลุ่มซิสเตอินโปรติเอส (Cysteine protease) พบในผลและลำต้นของสับปะรดและพืชใน ตระกูลโบรมีเลียซีอี้ (Family Bromeliaceae) โดยเริ่มมีการสกัดโบรมีเลนครั้งแรกจากลำต้นสับปะรดในฮาวายและในเวลาต่อมาได้มีการสกัดเอนไซม์ตัวนี้ในประเทศ ไต้หวัน ประเทศไทย บราซิลและเปอร์โตริโก (Rohrbach และคณะ, 2003)

โบรมิเลนสกัดได้จากส่วนต่างๆของสับปะรด (Ananasbracteatus และ Ananascomosus) ได้แก่ เนื้อ แกน เปลือก ก้าน และลำต้นของสับปะรด เอนไซม์โบรมิเลนมีลักษณะเป็นไกลโคโปรตีน (glycoprotein) สามารถเร่งปฏิกิริยาการย่อยโมเลกุลของสารประเภทโปรตีน จัดอยู่ในกลุ่มของเอนไซม์ประเภทที่มีกลุ่มซัลไฟดริล เช่นเดียวกับเอนไซม์ปาเปน (papain) จากมะละกอ และเอนไซม์ฟิซินจากมะเดื่อ เอนไซม์โบรมิเลนมีคุณสมบัติสามารถย่อยโปรตีนให้มี

โมเลกุลเล็กจนกลายเป็นเปปไทด์สั้นๆและกรดอะมิโนบางส่วน นอกจากนี้เอนไซม์โบรมิเลนยังสามารถเร่งการย่อยสารพวกเอมีน (amine) ของกรดอะมิโนและเปปไทด์ได้ด้วย เอนไซม์โบรมิเลนเป็นเอนไซม์จากพืชที่ยอมให้ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหรือใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารได้ ในสหรัฐอเมริกาโบรมีเลนได้รับอนุญาตให้ใช้ผสมในอาหารได้ (U.S. CFR 1981)

ประโยชน์ของโบรมีเลนในทางอุตสาหกรรมอาหารมีการนำโบรมิเลนไปช่วยทำให้เนื้อนุ่มขึ้นป้องกันความขุ่นของเบียร์ขณะเก็บรักษา ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์น้ำแอ ปเปิ้ล ช่วยเร่งกระบวนการหมักน้ำปลาจากปลาไส้ตัน นอกจากนี้ยังมีการนำโบรมีเลนไปใช้ในอุตสาหกรรมยา ได้แก่ การยับยั้งการเกิดเนื้องอก การเป็นภูมิแพ้ ช่วยในการย่อยอาหาร ช่วยรักษาแผลให้หายเร็วขึ้น ช่วยในการหมุนเวียนโลหิตของหลอดเลือดและหัวใจให้ดีขึ้น และจากคุณสมบัติของการลดการอักเสบและเพิ่มการหมุนเวียนของโลหิตในสมองจึงมีการนำไปใช้ในผู้ป่วยอัลไซเมอร์อีกด้วย (Valles และคณะ, 2007)

ในปัจจุบันมีการมีการส่งเสริมให้บริโภคเอนไซม์โบรมิเลนขึ้น (Maurer,2001)

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

1.ความจำเพาะของเอนไซม์ โดยทั่วไปเอนไซม์เป็นชีวโมเลกุลที่มีความจำเพาะต่อซับสเตรตซึ่งหมายถึง เอนไซม์บางตัวมีความจำเพาะต่อซับสเตรตสูง ในขณะที่เอนไซม์บางชนิดมีความจำเพาะต่อซับสเตรตต่ำกว่าโดยสามารถใช้ซับสเตรตได้หลายชนิด ตัวอย่างเช่น เอนไซม์กูลโคสไอโซเมอเรส มีความจำเพาะสูงต่อซับสเตรตกูลโคส เอนไ ซม์จากแหล่งต่างชนิดกันก็ยังคงใช้ซับสเตรตเดียวกัน ทำให้เกิดปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชันเป็นฟรุกโตส ในขณะที่เอนไซม์โปรติเอสมีหลายชนิด ที่มีสมบัติดโดยร่วม คือ สามารถย่อยเปปไทด์หรือโปรตีนได้ แต่พันธะเปปไทด์ที่ย่อยได้อาจต่างกัน เช่น เอนไซม์โปรติเอสชนิดโคโมซิน ตัดพันธะเปปไทด์ระหว่างกรดอะมิโนได้เพียง 3 ตัว คือ Glu-Ala, Leu-Val และ Phe-Met ในขณะที่เอนไซม์โปรตีเอสชนิดปาเปนมี กิจกรรม (activity) ได้กว้างกว่าสามารถตัดพันธะเปปไทด์ระหว่างกรดอะมิโนได้ถึง 9 แบบ เช่น Asn-Gln, Glu-Ala, Leu-Val, และ Phe-Try เป็นต้น จะเห็นได้ว่าความแตกต่างของความจำเพาะนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาและชนิดของเอนไซม์

2. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เอนไซม์แต่ละชนิดจะมีค่า พีเอชที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์ค่าหนึ่งในการนำไปใช้งานต่างๆ เราสามารถควบคุม ให้อยู่ในช่วงดังกล่าวได้หรือไม่ต้องขึ้นอยู่กับ ข้อจำกัดของขั้นตอนก่อนหน้า (upstream steps) หรือขั้นตอนหลังจากการเติมเอนไซม์ (downstream steps)

3.อุณหภูมิ ที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เป็นอุณหภูมิที่เอนไซม์มีอัตราเร็วของการเร่งปฏิกิริยาสูงสุด โดยเอนไซม์ส่วนใหญ่ยังไม่สูญเสียสภาพธรรมชาติจากความร้อน

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

มผช.290/2547 ซอสมะเขือเทศ

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะซอสมะเขือเทศที่บรรจุในภาชนะบรรจุ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ซอสมะเขือเทศ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากมะเขือเทศสดผสมกับส่วนผสมอื่น เช่น หอม กระเทียมน้ำส้มสายน้ำตาล เกลือในอัตราส่วนที่เหมาะสมอาจผสมผัก ผลไม้ เครื่องเทศหรือไม่ก็ได้

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่ข้นเกินไป

3.2 สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และสีสม่ำเสมอ

3.3 กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 8.1 แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.4 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

3.5 ของแข็งทั้งหมด

ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก

3.6 วัตถุเจือปนอาหาร

3.6.1 หากมีการใช้สีให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

3.6.2 หากมีการใช้วัตถุกันเสียให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กำหนดดังต่อไปนี้

3.6.2.1 กรดเบนโซอิก หรือเกลือของกรดเบนโซอิก (คำนวณเป็นกรดเบนโซอิก) กรดซอร์บิกหรือเกลือของกรดซอร์บิก (คำนวณเป็นกรดซอร์บิก) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกัน ต้องไม่เกิน 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.7 กรดทั้งหมด (คำนวณเป็นกรดแอซีติก)

ต้องไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก

3.8 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ต้องไม่เกิน 4.5

3.9 จุลินทรีย์

3.9.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.9.2 เอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia coli*) โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.9.3 ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4. สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษณะในการทำซอสมะเขือเทศ ให้เป็นไปตามคำแนะนำตาม GMP

5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุซอสมะเขือเทศในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

5.2 ปริมาตรสุทธิหรือน้ำหนักสุทธิของซอสมะเขือเทศในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุซอสมะเขือเทศทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์

(2) ชนิดและปริมาณวัตถุกันเสีย (ถ้ามี)

(3) ปริมาตรสุทธิหรือน้ำหนักสุทธิ

(4) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า "ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)

(5) ข้อแนะนำในการเก็บรักษา

(6) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ซอสมะเขือเทศที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ที่ทำในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอมการบรรจุและเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่ม

จากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ

3.4 ข้อ 5. และข้อ 6. จึงจะถือว่าซอสมะเขือเทศรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สีและกลิ่นรสให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 7.2.1 แล้ว

จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ถึงข้อ 3.3 จึงจะ

ถือว่าซอสมะเขือเทศรุ่นนั้นเป็นไปตาม
เกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบของแข็งทั้งหมด วัตถุเจือปนอาหารกรดทั้งหมด ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และจุลินทรีย์ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 5 หน่วยภาชนะบรรจุนำมาทำเป็นตัวอย่างรวม ให้ได้น้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 500 กรัม
กรณีที่ภาชนะบรรจุมีขนาดเล็ก ให้ชักตัวอย่างเพิ่มจนได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 500 กรัม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตาม
ข้อ 3.5 ถึงข้อ 3.9 จึงจะถือว่าซอสมะเขือเทศรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างซอสมะเขือเทศต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 และข้อ 7.2.3 ทุกข้อ จึงจะถือว่าซอสมะเขือเทศรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

8. การทดสอบ

8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป สีและกลิ่นรส

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบซอสมะเขือเทศอย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 เทตัวอย่างซอสมะเขือเทศลงในถ้วยกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

8.1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 หลักเกณฑ์การให้คะแนน

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่ข้นเกินไป	๔	๓	๒	๑
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ และสม่ำเสมอ	๔	๓	๒	๑
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์	๔	๓	๒	๑

8.2 การทดสอบสิ่งแปลกปลอมภาชนะบรรจุและเครื่องหมายและฉลาก

ให้ตรวจพินิจ

8.3 การทดสอบของแข็งทั้งหมด วัตถุเจือปนอาหารกรดทั้งหมด และความเป็นกรด-ด่าง

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.4 การทดสอบจุลินทรีย์

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.5 การทดสอบปริมาตรสุทธิหรือน้ำหนักสุทธิ

ให้ใช้เครื่องวัดปริมาตรหรือเครื่องชั่ง ที่เหมาะสม

เครื่องปรุง

น้ำตาล

น้ำตาลโดยทั่วไปหมายถึง สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวาน และให้พลังงานแก่ร่างกาย ในทางเคมีเราสามารถแบ่งน้ำตาลออกเป็นสองประเภทใหญ่ๆ คือ น้ำตาลเชิงเดียว (monosaccharide) เช่น น้ำตาลกลูโคส (glucose) น้ำตาลฟรุตโตส (fructose) เป็นต้น และน้ำตาลหลายชั้น (oligosaccharide) ที่รู้จักกันดี คือ น้ำตาลซูโครส (sucrose) และจัดเป็นน้ำตาลสองชั้น เพราะประกอบด้วย น้ำตาลกลูโคสกับน้ำตาลฟรุตโตส พืชจะสังเคราะห์แสง เพื่อสร้างอาหารตามธรรมชาติ ซึ่งหน่วยสุดท้ายของการสังเคราะห์แสง สารที่ได้ คือ น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลกลูโคสนี้จะสะสมอยู่ในรูปของแป้ง แต่ก็มีพืชหลายชนิด เช่น อ้อย มะพร้าว ตาล สามารถเปลี่ยนส่วนหนึ่งของน้ำตาลกลูโคส เป็นน้ำตาลฟรุตโตสและทำการสังเคราะห์น้ำตาลทั้งสองนี้เป็นน้ำตาลซูโครสได้ (อบชย และขนิษฐา, 2544)

คุณสมบัติของน้ำตาล

1.ความหวาน (Sweetness) ปัจจุบันใช้ซูโครสเป็นมาตรฐานของความหวาน เพื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลชนิดอื่นความหวานของซูโครสมีค่าเท่ากับ 1 ฟรุกโทสหวานมากที่สุด ซูโครสหวานรองลงมา และหวานน้อยที่สุดคือแลกโทส ความหวานของน้ำตาลขึ้นอยู่กับการรับรสที่ต่อมลิ้นของแต่ละคน ความเข้มข้น และอุณหภูมิของสารละลาย หากอุณหภูมิสูงขึ้นจะรู้สึกหวานขึ้นตามไปด้วย

2. การละลาย น้ำตาลโดยทั่วไปที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมักจะละลายน้ำได้ดี ตามปกติจะละลายได้ร้อยละ 30-80 ปริมาณที่ละลายได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ฟรุตโตสเป็นน้ำตาลที่ละลายได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ซูโครส ส่วนกลูโคสและมอลโทสละลายน้ำได้ดีพอๆกัน น้ำตาลที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ แล็กโตส

3. การเกิดสีน้ำตาลในอาหาร ในการเตรียมอาหารแปรรูป และการเก็บรักษาอาหารบางชนิดจะพบว่ามีสีน้ำตาลเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ตามปกติจะพบว่าอาหารเหล่านี้ที่มีสีน้ำตาลซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีนี้เป็นส่วนประกอบสารเคมีที่เกิดขึ้นมีตั้งแต่สีเหลืองจน มีสีดำ น้ำตาลส่วนใหญ่จะเป็นสีน้ำตาลกลิ่นรสของอาหารที่เปลี่ยนไป

4. การดูดและการเก็บรักษาความชื้นโดยน้ำตาล สมบัติของน้ำตาลด้านการดูดและการเก็บรักษาความชื้นมีความสำคัญต่อเนื้อสัมผัส และความคงทนในการรักษาลักษณะของอาหารบางชนิด

คุณค่าทางโภชนาการ

น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงาน เนื่องจากน้ำตาลทรายขาวมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 จึงสามารถคำนวณพลังงานของน้ำตาลทรายได้ โดยคิดน้ำตาลทราย 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่ นอกเหนือจากพลังงานแล้วน้ำตาลทรายขาวไม่ให้สารอื่นเลย (อบเชย และขนิษฐา, 2544)

เกลือ (salt)

ชนิดของเกลือแบ่งได้ดังนี้

1. เกลือธรรมดา ได้แก่ เกลือพวกโซเดียมคลอไรด์ เกลือโซเดียมคาร์บอเนต และเกลือแคลเซียมซัลเฟต
2. เกลือกรด ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนตหรือเบกิ้งโซดา แคลเซียมแอซิตและไพโรฟอสเฟต ซึ่งใช้ผสมในการทำผงฟูหรือเบกิ้งเพาเดอร์
3. เกลือด่าง
4. เกลือผสม ได้แก่ อลัม (alum) หรือสารส้ม

ผลของเกลือที่มีต่อผลิตภัณฑ์

1. ลักษณะเนื้อสัมผัสเมื่อเกลือแพร่เข้าไปในเนื้อเยื่อของอาหาร เช่น ปลา เนื้อสัตว์ โปรตีนซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอาหารประเภทที่เกิดการจับตัวเป็นก้อน ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักมีลักษณะเหนียวและแข็ง

2. กลิ่นรส เกลือจะมีผลต่อกลิ่นรสของอาหาร แต่ความบริสุทธิ์ของเกลือนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญต่อกลิ่นรส โดยแคลเซียมซัลเฟตกับปริมาณเล็กน้อยของแคลเซียมคลอไรด์และแมกนีเซียมคลอไรด์ จะให้รสขมกับผลิตภัณฑ์ ระดับเกลือที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอยู่ในระดับร้อยละ 2-5 เกลือที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์

3. สี ปกติเกลือมีผลต่อการเกิดสีในผลิตภัณฑ์น้อยมาก (ลักขณา, 2553)

พริก (chili hot pepper)

พริกเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญและพูกพันเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของคนไทยเรามาตั้งแต่สมัยโบราณกาล ดังจะเห็นได้จากอาหารที่รับประทานกันในแต่ละมื้อของแต่ละวันนั้นต้องมีพริกเป็นส่วนประกอบในการปรุงแต่งรสอาหารเครื่องแกงต่างๆทุกครัวเรือน นอกจากนี้ยังเป็นส่วนผสมของยาต่างๆทั้งภายในและภายนอกร่างกาย

กระเทียม (Garlic)

กระเทียมมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ Aliumsativum Linn อยู่ในตระกูล Amaryllidaceae กระเทียมเป้นพืชผักที่อยู่ในตระกูลเดียวกับหอมหัวใหญ่ หอมแดง กุยช่าย และกระเทียมใบ

กระเทียมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ประโยชน์การแปรรูป การบริโภคสด เป็นส่วนประกอบของอาหาร ใช้รักษาโรค ใช้เสริมสุขภาพในรูปกระเทียมอัดเม็ดและน้ำมันกระเทียม

ตารางที่ 5 คุณค่าทางอาหารของกระเทียมสดและกระเทียมแห้ง

ธาตุอาหาร	กระเทียมสด	กระเทียมแห้ง
น้ำ (มิลลิกรัม)	58.00	-
ไขมัน (กรัม)	0.15	0.35
โปรตีน	6.25	15.52
เซลลูโลส	1.22	2.90
เถ้า	1.43	3.40
กรดและน้ำมันหอมระเหย (มิลลิกรัม)	0.22	-
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	35.60	66.88
รวม	100.00	100.00

ที่มา : (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม 2555)

หอม (shallot)

หอมแดงมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Aliumascalunium Linn. ตระกูล Amaryllidaceaeชื่อเรียกทั่วไปคือ หอมแดง หอมแดงเป็นผักที่เราบริโภคส่วนของบัลบ์หรือหัวเช่นเดียวกับหอมหัวใหญ่ แต่มีขนาดเล็กกว่า รสและกลิ่นฉุนกว่า หอมแดงจะสร้างกลุ่มของบัลบ์หรือหัวเท่านั้น พันธุ์ของหอมแดงที่นิยมปลูกมี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์พื้นเมืองภาคเหนือ ลักษณะหัวกลมรี ขนาดหัวปานกลาง เปลือกนอกสีเหลืองปนส้ม 1 หัว แยกได้ 2-3 กลีบ กลิ่นไม่ฉุนจัด รสหวาน และพันธุ์บางช้างหรือหอมแดงศรีษะเกศ ลักษณะหัวกลม ขนาดหัวใหญ่กว่า สม่ำเสมอ เปลือกนอกมีสีม่วงปนแดง เปลือกหนาและเหนียวกว่า 1 หัว มี 1-2 กลีบ กลิ่นฉุนจัด รสหวาน

น้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชูเป็นเครื่องปรุงรสอาหารที่มีประจำทุกครัวเรือน เพื่อเพิ่มรสเปรี้ยวหรือแต่งกลิ่น มีกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่ง คือกรดน้ำส้ม (Acetic Acid) เป็นองค์ประกอบสำคัญ นอกจากนี้อาจมีกรดอินทรีย์และสารอื่นๆ ปนอยู่ด้วยเป็นส่วนน้อย เช่น กรดมาลิค (Malic Acid) กรดแลคติค (Lactic Acid) เอสเทอร์ (Ester) แอลกอฮอล์ (Alcohol) อัลดีไฮด์ (Aldehyde) ฯลฯ ซึ่งเกิดขึ้นจากธรรมชาติของการผลิตน้ำส้มด้วยกรรมวิธีหมัก

ชนิดของน้ำส้มสายชู

เนื่องจากน้ำส้มสายชูมีคุณสมบัติเป็นกรดมีรสเปรี้ยว ปัจจุบัน จึงปรากฏว่าได้มีการนำกรดอย่างอื่น เช่น กรดกำมะถัน หรือกรดซัลฟูริค (Sulphuric Acid) และ กรดเกลือ (Hydrochloric Acid) มาละลายน้ำปนปลอมเป็นน้ำส้มสายชู ตลอดจนกรรมวิธีการผลิตที่ต้องใช้กรดกำมะถันเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งอาจตกค้างอยู่ กรดเหล่านี้เป็นกรดอนินทรีย์หรือเรียกว่ากรดแร่ (Mineral Acid) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรดอย่างแรง เมื่อบริโภคเข้าไปจะเป็นอันตรายแก่ชีวิตได้ เรื่องนี้ได้เคยปรากฏแล้วในอดีต ดังนั้นเพื่อป้องกันการปนปลอมดังกล่าว กระทรวงสาธารณสุขจึงได้ประกาศให้น้ำส้มสายชูเป็นอาหารที่ต้องควบคุม ทั้งได้ประกาศกำหนดคุณภาพ และมาตรฐานของน้ำส้มสายชู ผู้ที่ประสงค์จะผลิตเพื่อจำหน่ายน้ำส้มสายชูจะต้องขออนุญาตแล้วจะต้องทำการผลิตน้ำส้มสายชูให้มีคุณภาพอย่างน้อยไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดในประกาศฯ ดังนั้นถ้าเราจะแบ่งชนิดของน้ำส้มสายชูจะแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. น้ำส้มสายชูแท้ ได้แก่
   1.1 น้ำส้มสายชูหมัก (wine Vinegar)
   1.2 น้ำส้มสายชูกลั่น (Distilled Vinegar)
2. น้ำส้มสายชูเทียม
3. น้ำส้มสายชูปลอม

เนื้อสัตว์ (Meat) หมายถึง เนื้อเยื่อของสัตว์ที่ได้มาจากโค กระบือ (Cattle) สุกร (Swine) แกะ (Mutton) หรือแพะ (kidneys) ที่มนุษย์ใช้บริโภคเป็นอาหาร โดยเฉพาะบริโภคกล้ามเนื้อ (Muscle tissue) เป็นหลัก อาจรวมไปถึงส่วนเครื่องใน เช่น หัวใจ ปอด ตับ ไต และอื่นๆ เป็นต้น เนื้อสัตว์มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันเนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนที่ช่วยเสริมสร้างความเจริญเติบโตให้แก่ร่างกาย เนื้อสัตว์มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์(essential amino acid) ครบถ้วน โดยเฉพาะ ไลซีน (Lysine) ซึ่งปกติมีน้อยในอาหารอื่น (ลักขณา , 2533)ส่วนไขมันสัตว์มีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ (essential fatty acid) ที่สำคัญ ได้แก่ กรดอะราคิโดนิก กรดลิโนเลอิก และกรดลิโนเลนิก (ชัยณรงค์, 2529)

เนื้อสัตว์ที่มนุษย์ใช้บริโภคได้มาจากแหล่งของเนื้อเยื่อสัตว์ที่มีการบริโภคมากที่สุด คือ เนื้อแดง (Red meat) เช่น เนื้อสุกร เนื้อโค กระบือ แกะแพะ นอกจากนี้ยังมีเนื้อสัตว์น้ำ (Aquatic meat) เช่น กุ้ง หอย ปู ปลา สัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ทั้งจากน้ำจืดและน้ำเค็ม เนื้อสัตว์ปีก (Poultry meat) เช่น ไก่ เป็ด ไก่งวง ห่าน และเนื้อสัตว์ป่า (Game meat) เช่น กวาง เก้ง หมูป่า เป็นต้น (ลักขณา, 2533)

ประเภทของเนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์ที่คนเราใช้บริโภคได้มาจากเนื้อของสัตว์เลี้ยง และสัตว์น้ำเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถจัดแบ่งเป็น 4 ประเภท โดยพิจารณาจากแหล่งที่มา คือ

1. เนื้อแดง (Red meat) ได้แก่ เนื้อสัตว์ที่ได้จากสัตว์เลี้ยงทั่วไป เช่น เนื้อสุกร เนื้อโค กระบือ แกะแพะ เป็นแหล่งที่มีการบริโภคมากที่สุด

2. เนื้อสัตว์น้ำ (Aquatic meat) ได้แก่ เนื้อที่ได้มาจากสัตว์น้ำ และสัตว์ทะเลส่วนใหญ่ได้จาก กุ้ง หอย ปู ปลา และสัตว์น้ำชนิดอื่นๆทั้งจากน้ำจืดและน้ำเค็ม

3. เนื้อสัตว์ปีก (Poultry meat) ได้แก่ เนื้อจากสัตว์ปีกทั้งหลาย เช่น ไก่ เป็ด ไก่งวง ห่าน

4. เนื้อสัตว์ป่า (Game meat) ได้แก่ เนื้อจากสัตว์ป่าทุกชนิดที่มนุษย์ล่ามา เพื่อใช้ในการบริโภค เช่น กวาง เก้ง หมูป่า เป็นต้น (ลักขณา, 2533)

พันธุ์สัตว์ให้เนื้อ

ในสหรัฐอเมริกานั้นเนื้อสัตว์ หมายถึง ชิ้นส่วนของ โค (beef) สุกร (pig) แกะ (sheep) ซึ่งเป็นสัตว์ที่นิยมนำเนื้อมา บริโภคมากที่สุด การเลี้ยงสัตว์เหล่านี้เพื่อนำเนื้อมาบริโภคจึงต้องเลือกพันธุ์ของสัตว์แต่ละชนิดให้เหมาะสมตามจุด ประสงค์ของการเลี้ยงดังนี้

1. สุกร

สุกรที่เลี้ยงเพื่อให้เนื้อสำหรับรับประทาน หรือทำผลิตภัณฑ์มักจะเลือกจากชนิดที่ให้เนื้อ (meat type) และพันธุ์เบคอน (bacon type) นอกจากนี้ ยังมีพันธุ์พื้นเมือง (lard type) แต่มักไม่นิยมเลี้ยงเพื่อให้เนื้อเนื่องจากมีไขมัน ค่อนข้างมาก

2. โค

โดยทั่วไปโคถูกแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ตามวัตถุประสงค์การใช้ประโยชน์ เช่น โคเนื้อ โคนม และโคอเนกประสงค์ โคชนิดให้เนื้อ(beef type) ได้แก่ เฮียร์ฟอร์ด (Hereford) เดนเวอร์ (Devon) เวสต์ไฮแลนด์ (West Highland) พันธุ์อะเบอร์ดีนแองกัส (Aberdeen Angus) และกัลโลเวย์ (Galloway) โคพันธุ์เหล่านี้เป็นชนิดที่ให้เนื้อในประเทศ อังกฤษ ส่วน ใน อเมริกามีหลายพันธุ์ด้วยกัน ได้แก่ ชอร์ตฮอร์น (Shorthorn) อะเบอร์ดีนแองกัส บราห์มัน (Brahman) และเฮียร์ฟอร์ด นอกจากนี้ยังมีพันธุ์อื่นๆ ซึ่งไม่เป็นที่นิยมเลี้ยงกันมากนัก ได้แก่ พันธุ์เรดโพล (Red Poll) สกอตไฮแลนด์ (Scotch Highland) บีฟมาสเตอร์ (Beefmaster) และ ชาร์เบรย์ (Charbray)

เนื้อโคที่จำหน่ายในท้องตลาดจะแบ่งตามอายุโค เนื้อที่มีคุณภาพดีได้มาจากโคที่มีอายุน้อย ได้แก่ โคหนุ่มตอน (steer) และโคสาว (heifer) ซึ่งทั้งโคหนุ่มตอนและโคสาวมีอายุประมาณ 1 ปี ถึง 3 ปี ส่วนโคนาง (cow) เป็นเนื้อโค ที่มีคุณภาพต่ำได้จากโคตัวเมียที่ให้ลูกแล้ว นอกจากนี้ยังมีเนื้อลูกโคที่ได้จากลูกโคอายุประมาณ 3 เดือน คำว่า บีฟ(beef) ใช้กับโคอายุ 8 เดือนขึ้นไป ส่วนเนื้อสุกรไม่ได้แบ่งตามอายุและเพศ เนื้อแกะแบ่งตามอายุได้เป็นเนื้อลูกแกะ (baby lamb) มีอายุ 3 – 4 เดือน แกะรุ่นอายุไม่เกิน 1 ปี ซึ่งเป็นช่วงอายุนิยมบริโภคมากที่สุด แกะที่เจริญเติบโตเต็มที่จะมีอายุอยู่ในช่วง 1 – 2 ปี (ลักขณา, 2533)

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญต่อร่างกายอย่างครบถ้วน ได้แก่ น้ำ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน สารประกอบอนินทรีย์และสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่ โปรตีน ส่วนของกล้ามเนื้อโครงร่างหรือส่วนของเนื้อแดงจะประกอบด้วย น้ำ โปรตีน ไขมัน ละคาร์โบไฮเดรตอยู่ในรูปของสารต่างๆ ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันไป ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงส่วนประกอบทางเคมีโดยประมาณของเนื้อสด

ส่วนประกอบ	จำนวน (ร้อยละ)
น้ำ	75 (65-80)
โปรตีน	18.5 (16-22)
ไมโอไฟบริลลาร์	9.5
ไมโอซิน	5.0
แอกทิน	2.0
โทรโปไมโอซิน	0.8
โทรโปนิน	0.8
อื่นๆ	0.9
ซาร์โคปลาสมิก	6.0
เอนไซม์	5.6
ไมโอโกลบิน	0.3
ฮีโมโกลบิน	0.1
เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน	
คอลลาเจน	1.5
อิลาสติน	0.1
อื่นๆ	1.4

ตารางที่ 6(ต่อ)

ส่วนประกอบ	จำนวน (ร้อยละ)
ไขมัน (ส่วนของเนื้อแดง)	3.0
ไตรกลีเซอไรด์	1.0
ฟอสโฟไลปิด	1.0
สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน ได้แก่ ครีเอทีนATP กรดอะมิโนโคเอนไซม์	1.5
คาร์โบไฮเดรต	1.0 (0.5-1.5)
ไกลโคเจน	0.5 -1.3
กลูโคส	0.1
คาร์โบไฮเดรตอื่นๆ รวมทั้งกรดแลกติกและผลิตผลจากแมแทบอลิซึม	0.1
สารประกอบอนินทรีย์	1.0
โปแตสเซียม	0.3
ฟอสฟอรัส	0.2
กำมะถัน	0.2
คลอรีน	0.1
โซเดียม	0.1
แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก โคบอลต์ ทองแดง สังกะสี นิเกิล แมงกานีส	0.1

ที่มา (ดัดแปลงจาก University of Western Sydney Hawkesbury, 1997)

โปรตีน

โปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะส่วนกล้ามเนื้อโครงร่างซึ่งมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบประมาณ 16–22 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนในเนื้อสัตว์ถูกแบ่งตามแหล่งที่มาและความสามารถในการละลายได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. **ไมโอไฟบริลลาร์โปรตีน**

ไมโอไฟบริลลาร์โปรตีน (myofibrillar protein) เป็นโปรตีนที่พบมากที่สุดประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในเนื้อสัตว์ โปรตีนชนิดนี้ทำหน้าที่ในการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อ เนื่องจากไมโอไฟบริลลาร์อยู่ในเส้นใยย่อยจึงอาจเรียกว่า โปรตีนเส้นใยย่อยสามารถละลายได้ในสารละลายเกลือ โปรตีนที่พบมากที่สุดในกลุ่มนี้ คือ ไมโอซิน แอกทิน โทรโปนิน และโทรโปไมโอซิน เป็นต้น

2. **ซาร์โคปลาสมิกโปรตีน**

ซาร์โคปลาสมิกโปรตีน (sarcoplasmic protein) เป็นโปรตีนที่ห่อหุ้มรอบเส้นใยย่อย ซึ่งละลายอยู่ในส่วนของซาร์โคพลาสซึมจึงเรียกว่าซาร์โคปลาสมิกโปรตีน โดยมีประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณโปรตีนทั้งหมด ซาร์โคปลาสมิกโปรตีนเป็นโปรตีนที่มีคุณสมบัติจะละลายได้ในน้ำและสารละลายน้ำเกลืออ่อน ๆ โปรตีนในกลุ่มนี้ประกอบไปด้วยไมโอโกลบิน ฮีโมโกลบิน ไซโตโครม และเอนไซม์ต่างๆ เป็นต้น

3. **สโตรมาโปรตีน**

สโตรมาโปรตีน (stroma protein) เป็นโปรตีนที่มีองค์ประกอบเหมือนกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจึงอาจเรียกอีกอย่างว่าโปรตีนจากเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสโตรมาโปรตีนมีอยู่ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมด โปรตีนในกลุ่มนี้ ได้แก่ คอลลาเจน อิลาสตินและเรติคิวลิน เป็นต้น โปรตีนเหล่านี้ละลายบ้างในสารละลายเข้มข้นของกรดและเบส (สรศักดิ์, 2525)

ไขมัน(lipids)

ไขมัน (lipids) เป็นส่วนประกอบสำคัญที่สะสมอยู่ในร่างกายสัตว์ ทำหน้าที่ให้พลังงานแก่ร่างกายสัตว์และเก็บสะสมไว้ให้สัตว์ใช้ในยามขาดแคลน ในกล้ามเนื้อโครงร่างมีไขมันเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 12-20 ของน้ำหนักสัตว์ที่มีชีวิต ในส่วนของเนื้อแดง (lean) มีไขมันประมาณร้อยละ 4–11 ไขมันที่มีในเนื้อสัตว์มักกระจายตัวอยู่ทั่วไปตามมัดกล้ามเนื้อและบริเวณใต้ผิวหนัง ไขมันในเนื้อสัตว์มีส่วนประกอบที่สำคัญ เช่น ไตรกลีเซอไรด์ฟอสโฟลิปิด คอเลสเทอรอล และวิตามินต่างๆ ที่ละลายในไขมัน ดังนี้

1. **ไตรกลีเซอไรด์** (triglyceride)ไขมันในเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) และมักอยู่รวมกันเป็นเนื้อเยื่อไขมันแทรกอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นนอกสุดหรือชั้นอิพิไมเซียม และกรดไขมันในเนื้อสัตว์ส่วนมากเป็นไตรกลีเซอไรด์ประเภทอิ่มตัว เช่น กรดปาล์มิติก (palmitic acid) กรดสเตียริก (stearic acid) เป็นต้น จึงทำให้ไขมันหรือน้ำมันจากสัตว์มัก เป็น

ของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ขณะที่ไขมันและน้ำมัน จากพืชมีกรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัว อยู่มากจึงมักเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ไขมันจากแกะมีกรดไขมันอิ่มตัวสูงซึ่ง ทำให้มีจุดหลอมเหลวสูง ไขมันแกะจึงเป็นของแข็งมากกว่าไขมันชนิดอื่นๆ แต่โคจะมีกรดไขมันอิ่มตัว ลดลง จาก แกะ เพียงเล็กน้อยและสุกรมีกรดไขมันอิ่มตัวน้อยที่สุด

2. **ฟอสโฟลิปิด** (phospholipid) มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะสี กลิ่น รส ของเนื้อสัตว์ ฟอสโฟลิปิดมักพบในเนื้อสัตว์ปริมาณเล็กน้อย โดยเก็บสะสมอยู่ในส่วนของเนื้อเยื่อของสมอง เนื้อเยื่อของตับ เนื้อเยื่อของไขสันหลังและเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของสัตว์

3. **คอเลสเทอรอล** (cholesterol) เป็นส่วนประกอบที่มีในไขมันสัตว์แต่มีปริมาณค่อนข้าง แปรปรวนสูง ร่างกายมนุษย์ได้รับคอเลสเทอรอลจากอาหารประมาณ ร้อยละ 20 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ80 ร่างกายสามารถ สังเคราะห์ขึ้นได้เอง ส่วนของร่างกายสัตว์ที่มีคอเลสเทอรอลปริมาณสูงได้แก่ สมอง และตับ

4. **วิตามินที่ละลายในไขมัน** (fat soluble vitamin) ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค ซึ่งพบว่า ในเนื้อสัตว์มีวิตามินที่ละลายในไขมันปริมาณต่ำมาก แต่ในสัตว์ที่อ้วนซึ่งมีการสะสมไขมันมากขึ้นจะมีวิตามินเหล่านี้มากกว่าสัตว์ปกติ ส่วนสัตว์ที่อายุน้อยหรือไม่อ้วนจะมีไขมันสะสมอยู่ตามส่วนต่างๆ ของร่างกายเพียงเล็กน้อย และพบว่าในสัตว์ที่มีอายุมากขึ้นจะมีปริมาณไขมันสะสมในเซลล์มากขึ้น (สรศักดิ์, 2525)

คาร์โบไฮเดรต(Carbohydrate)

เนื้อสัตว์มีคาร์โบไฮเดรตปริมาณต่ำมากประมาณไม่เกิน ร้อยละ 1 ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไกลโคเจน (Glycogen) และกรดแลกติก (Lactic acid) ในขณะที่สัตว์ยังมีชีวิตอยู่คาร์โบไฮเดรตในสัตว์จะอยู่ในรูปของไกลโคเจนซึ่งถูกสะสมอยู่ที่ตับประมาณครึ่งหนึ่งของทั้งหมด พันธุ์และเพศของสัตว์ไม่มีผลต่อระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ แต่อายุสัตว์จะมีผลต่อปริมาณไกลโคเจน โดยพบว่าในสัตว์ที่อายุมากขึ้นจะมีปริมาณไกลโคเจนลดลง เนื้อจากส่วนต่างๆ ของร่างกายสัตว์มีปริมาณไกลโคเจนที่ถูกนำไปใช้แตกต่างกัน จึงทำให้แต่ละส่วนมีค่าพีเอชต่างกันไป (สรศักดิ์, 2525)

น้ำ (water)

น้ำเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณมากที่สุด ในเนื้อสัตว์มีน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 50-70 สามารถจำแนกน้ำในเนื้อสัตว์ได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ น้ำที่ถูกตรึง น้ำที่ถูกจำกัดการเคลื่อนย้ายและน้ำอิสระน้ำอิสระ (free water) เป็นน้ำที่อยู่ไกลจากประจุไฟฟ้าของโมเลกุลโปรตีนมาก น้ำส่วนนี้จึงถูกกำจัดออกจากกล้ามเนื้อได้ง่ายที่สุดในเนื้อสัตว์แต่ละชนิดจะมีปริมาณน้ำอิสระที่แตกต่างกัน ในกล้ามเนื้อสัตว์ในสภาวะปกตินั้นน้ำส่วนใหญ่จะถูกโปรตีนตรึงไว้หลังจากสัตว์ตายและเกิดการเกร็งตัวแล้ว ไกลโคเจนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดแลกติก ซึ่งมีผลทำให้โปรตีนในเนื้อสูญเสียความสามารถในการดึงดูดน้ำไปจึงมีน้ำไหลออกมานอกเซลล์ แต่ถ้านำเนื้อไปแช่เย็นจะสามารถลดการสูญเสียน้ำได้(ลักขณา, 2533)

แร่ธาตุและวิตามิน (Mineral and Vitamin)

เนื้อสัตว์เป็นแหล่งที่มีแร่ธาตุฟอสฟอรัสและเหล็กมาก นอกจากนี้ยังพบแร่ธาตุชนิดอื่นๆ อีก เช่น แคลเซียม อะลูมินัม โคบอลต์ ทองแดง แมงกานีส และสังกะสี เป็นต้น เนื้อสัตว์เป็นแหล่งที่มีวิตามินบีรวมทั้งหลาย ได้แก่ วิตามินบี 1 บี 2 บี 5 บี 6 และบี 12 แต่มีวิตามินเอและซีต่ำ ส่วนวิตามินดี อี และ เค มีปริมาณต่ำมาก(สุจิตรา, 2535)

รงควัตถุ(pigments)

รงควัตถุที่สำคัญในร่างกายสัตว์ ได้แก่ ฮีโมโกลบินซึ่งมีมากในเลือดมีหน้าที่ขนถ่ายออกซิเจนไปตามเส้นเลือดไปสู่ส่วนต่างๆ ของร่างกาย ส่วนรงควัตถุที่มีมากในกล้ามเนื้อคือ ไมโอโกลบิน (myogobin) ทำหน้าที่รับออกซิเจนจากฮีโมโกลบินมาสู่กล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ในโมเลกุลไมโอโกลบินประกอบด้วยส่วนของโกลบินและฮีม (heam) ซึ่งมีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงประจุของธาตุเหล็กที่มีอยู่ในฮีมจะทำให้ไมโอโกลบินเกิดการเปลี่ยนแปลงไป

ในกล้ามเนื้อของสัตว์ที่ถูกฆ่าใหม่ๆ จะมีสีแดงคล้ำ เช่น ในเนื้อโคจะมีสีแดง ออกม่วง (purplish – red) เมื่อทิ้งไว้สักครู่ออกซิเจน ในอากาศรอบชิ้นเนื้อ จะทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินเกิดเป็นออกซีไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) ที่มีสีแดงสดจึงทำให้เนื้อมีสี แดงสดใส (bright red) หรือมีสีแดงสดคล้ายผลเชอรี่ (bright cherry red) เมื่อออกซีไมโอโกลบินเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชันต่อไปจะกลาย เป็นเมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ที่มีสีน้ำตาล และเมื่อเมทไมโอโกลบิน ถูก

ความร้อนจะกลายเป็นเมทไมโอโกลบิน ที่เสียสภาพทางธรรมชาติไป (denatured metmyoglobin) ที่มีสีน้ำตาลเข้มและไม่สามารถเปลี่ยนเป็นสารสีอื่นต่อไปได้อีก

นอกจากออกซิเจนแล้วเนื้อสัตว์ยังอาจเกิดสีได้เนื่องจากสารเคมีที่สามารถทำปฏิกิริยาให้เกิดสีได้ เช่น ไนเตรตและไนไตรต์ซึ่งจะแตกตัวให้กาซไนตริกออกไซด์ และรวมกับไมโอโกลบิน เกิดเป็นสารสีแดงที่เรียกว่า ไนโตรโซไมโอโกลบิน (nitrosomyoglobin) ซึ่งไม่เสถียรโดยจะเปลี่ยนกลับไปเป็นไมโอโกลบินและเมทไมโอโกลบิน ได้เสมอ แต่หากถูกความร้อนจนอุณหภูมิสูงถึง 54–60 องศาเซลเซียส ไนโตรโซไมโอโกลบินจะเปลี่ยนเป็นสาร สีชมพูที่คงทนที่เรียกว่า ไนโตรโซฮีโมโครม (nitrosohemochrome) ซึ่งเป็นสีของผลิตภัณฑ์เนื้อทั่วไป (สุจิตรา, 2535)

คุณภาพของเนื้อสัตว์

ปัจจุบันการผลิตเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีนับเป็นสิ่งสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากลักษณะการบริโภคและความ เป็นอยู่ในปัจจุบันได้เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต การซื้ออาหารนิยมซื้อเพื่อเก็บไว้ประกอบอาหารภายหลัง จึงทำให้ต้องการเนื้อ ที่มีคุณภาพสูงเพื่อให้เก็บรักษาไว้ได้นาน การนำเนื้อไปแปรรูปก็ต้องการเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพสูงเพื่อง่ายและสะดวกในการผลิต และควบคุมคุณภาพ และเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีและได้ มาตรฐาน

คุณภาพของเนื้อสัตว์มีความหมายแตกต่างกันตามความต้องการของผู้บริโภคหรือผู้ใช้ประโยชน์จากเนื้อสัตว์ ซึ่งมีจุด ประสงค์ในการนำเนื้อไปใช้ต่างกัน เช่น แม่บ้านที่ปรุงอาหารจะให้ความสำคัญของเนื้อที่ความน่ารับประทาน เช่น สี กลิ่น ความนุ่ม รสชาติ ส่วนนักโภชนาการจะให้ความสำคัญเรื่องคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อ ปริมาณไขมันที่มี ในเนื้อและการปน เปื้อนของสารตกค้างในเนื้อสัตว์ เป็นต้น (เยาวลักษณ์, 2536)

ปัจจัยที่กำหนดคุณภาพเนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีนั้นประกอบด้วยคุณสมบัติต่างๆ ที่สำคัญหลายประการตามลักษณะที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดคุณภาพเนื้อสัตว์ได้แก่ คุณภาพทางโภชนาการ คุณภาพทางการบริโภค ด้านความสะอาด ปลอดจากเชื้อโรคคุณสมบัติที่เกี่ยวกับการแปรรูปเนื้อสัตว์ และปัจจัยภายนอกอื่นๆ ดังต่อไปนี้

1. **คุณภาพทางโภชนาการ**

คุณภาพทางโภชนาการของเนื้อขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน นอกจากนี้ คุณภาพทางโภชนาการของเนื้อจะต้องคำนึงถึง ประโยชน์ที่ร่างกาย

ได้รับ เช่น ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนของเนื้อหรือ ปริมาณสัดส่วนของโปรตีนต่อไขมันที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์นั้น

2. คุณภาพทางการบริโภค

คุณภาพทางการบริโภค (eating quality) ของเนื้อจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับคุณสมบัติที่ใช้ตัดสินความน่ารับประทาน ของเนื้อสัตว์นั้น ดังนี้

2.1 สีของเนื้อ

สีของเนื้อจะขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ อายุ การทำงานของกล้ามเนื้อปริมาณเม็ดสีในเลือดและเม็ดสีในกล้าม เนื้อ และการเปลี่ยนแปลงของสีภายในกล้ามเนื้อ เป็นต้น สีของเนื้อนับเป็นลักษณะประการแรกที่บ่งบอกคุณภาพของเนื้อนั้น

2.2 ไขมันที่แทรกอยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อ

ไขมันแทรกสามารถใช้เป็นปัจจัยกำหนดคุณภาพเนื้อได้ เนื่องจากการมีไขมันที่แทรกอยู่ระหว่างเส้นใย กล้ามเนื้อจะช่วยเพิ่มความนุ่ม กลิ่นรสที่เป็นลักษณะเฉพาะในเนื้อแต่ละประเภทได้ เช่น เนื้อโค เนื้อแกะ เนื่องจากเนื้อจาก สัตว์ทั้งสองชนิดจะเหนียวมากขึ้นตามการทำงานของกล้ามเนื้อและอายุสัตว์เนื้อที่มีไขมันแทรกจึงได้ราคาดี กว่า ในขณะที่ เนื้อบางประเภท เช่น เนื้อสุกร และเนื้อไก่ ซึ่งได้จากสัตว์ที่อายุน้อยกว่าเนื้อจึงมีความเหนียวน้อยกว่าจึงอาจจะไม่เน้นความ สำคัญในเรื่องไขมันแทรกมากนัก (เยาวลักษณ์, 2536)

2.3 ความนุ่มของเนื้อ

ความนุ่ม (tenderness) ของเนื้อขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ พันธุ์สัตว์ อายุ ชนิดของกล้ามเนื้อ ปริมาณของ ไขมันที่แทรกอยู่ในเนื้อ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีในกล้ามเนื้อสัตว์ภายหลังการฆ่าและระยะเวลาในการบ่มเนื้อ ความนุ่ม ของเนื้อมีผลโดยตรงต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อซึ่งส่งผลต่อความน่ารับประทานของเนื้อด้วย

2.4 กลิ่นและรสชาติ

เนื้อสัตว์แต่ละชนิดมีกลิ่นและรสชาติที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับสัดส่วนของสารประกอบที่ทำ ให้เกิดกลิ่น นอกจากนี้ อาจมีกลิ่นผิดปกติที่จากกลิ่นเพศของสุกรเพศผู้ที่ไม่ได้ตอนหรือกลิ่นจากอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ เป็นต้น

2.5 ความชุ่มฉ่ำของเนื้อ

เนื้อที่มีความชุ่มฉ่ำเมื่อเคี้ยวอยู่ในปากจะมีความรู้สึกไม่เหนียว และเนื้อไม่แห้ง ส่วนใหญ่จะได้จากเนื้อสัตว์ที่ มีอายุน้อยหรือเนื้อที่มีความสามารถอุ้มน้ำได้ดี

2.6 ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ

เนื้อที่มีความนุ่มและไม่เหนียวเป็นเนื้อที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อค่อนข้างที่จะละเอียด ไม่เป็นเส้นหยาบความละ เอียดของเส้นใยกล้ามเนื้อจะขึ้นอยู่กับอายุ ชนิดของสัตว์ และลักษณะการใช้งานของกล้ามเนื้อนั้น

3. คุณภาพด้านความสะอาดและความปลอดภัย

คุณภาพในด้านความสะอาดและความปลอดภัย หมายถึง ความบริสุทธิ์ของเนื้อสัตว์ที่ต้องไม่มีการปนเปื้อนจาก จุลินทรีย์ พยาธิและสารพิษตกค้างในเนื้อ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายจากการบริโภคได้

3.1 การปนเปื้อนจากจุลินทรีย์

โดยทั่วไปเนื้อสัตว์มักมีการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ แต่ในเนื้อสัตว์ต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ ต่ำกว่าระดับที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคตามมาตรฐานกำหนด เชื้อจุลินทรีย์จะทำให้เก็บรักษาเนื้อสัตว์ได้ไม่นานเท่าที่ควร และอาจผลิตสารที่เป็นสาเหตุของโรค อาหารเป็นพิษขึ้นได้ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อตามที่มาตรฐานกำหนดต้องมี น้อยกว่า 1x105 เซลต่อกรัม โดยจะต้องไม่พบเชื้อแสตบไฟโลคอกคัสและ ซัลโมเนลลา สำหรับจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิด โรคกำหนดให้มีได้ในปริมาณต่ำกว่า 100 เซลต่อกรัม เป็นต้น (เยาวลักษณ์, 2536)

3.2 สารพิษตกค้างในเนื้อ

สารพิษตกค้างในเนื้อสัตว์ สามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อย ได้ดังนี้

3.2.1 ยาปฏิชีวนะและสารเร่งการเจริญเติบโต

3.2.2 ฮอร์โมนและฮอร์โมนสังเคราะห์ การใช้ฮอร์โมนและฮอร์โมนสังเคราะห์ ซึ่งมีสูตรทางเคมีคล้าย ฮอร์โมนเอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรน โดยการฝังไว้ใต้ผิวหนังสัตว์เพื่อช่วยกระตุ้นความ อยากกินอาหารในสัตว์ปีก และทำให้มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักเร็วขึ้น ฮอร์โมนจะตกค้างอยู่ ในเนื้อเยื่อสัตว์และเมื่อคนบริโภคเข้าไปจะมีคุณสมบัติเป็น สารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้

3.2.3 โลหะหนัก โลหะหนัก (heavy metals) ที่มักตกค้างในเนื้อที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษ ได้แก่ สารปรอท(Hg) สารตะกั่ว(Pb) แคดเมี่ยม(Cd) โลหะหนักดังกล่าวจะสะสมอยู่ในดินหรือน้ำใกล้กับเขตอุตสาหกรรม เมื่อนำน้ำที่ปนเปื้อนด้วยโลหะเหล่านี้มาใช้จะทำให้เกิดปัญหาการตกค้างในเนื้อได้ เมื่อร่างกายบริโภคโลหะหนักที่มีพิษ เข้าไปเกินระดับจะก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายได้

3.2.4 ยาฆ่าวัชพืช ยาฆ่าเชื้อรา และยาฆ่าแมลง ยาฆ่าวัชพืช หรือยาฆ่าเชื้อรา และยาฆ่าแมลง (herbicides, fungicides and insecticides) อาจมีการตกค้างอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ เมื่อ สัตว์ได้รับยาดังกล่าว เข้าไปอาจเก็บสะสมไว้ตามเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย นอกจากนี้ยังมีสารประกอบพวกคลอโรเนตไฮโดรคาร์บอน (chlorinated hydrocarbon) ซึ่งพบในยา ฆ่าแมลงที่มักตกค้างอยู่ในเนื้อเยื่อสัตว์โดยเฉพาะในเครื่องในไก่ มักพบ ดีดีที ซึ่งมักจะใช้ฉีดพ่นบนวัสดุปูพื้นคอกไก่เพื่อทำลายยุ่งและแมลงซึ่งปัจจุบันห้ามใช้โดยเด็ดขาด

3.2.5 สารเจือปนในอาหาร (food additives) สารเจือปนในอาหารบางชนิดที่อนุญาตให้ใช้ในเนื้อสัตว์อาจมีอันตรายและมีผลตกค้างในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ได้ เช่น เกลือโซเดียมไนเตรต และเกลือโซเดียมไนไตรต์ซึ่งนิยมเติมเพื่อให้เกิดสีแดงในเนื้อและผลิตภัณฑ์ แต่จะต้องใช้ตามปริมาณที่กำหนดอย่างเคร่งครัด การใช้ปริมาณสูงเกินไปจะมีผลต่อการเกิดสารประกอบพวกไนโตรซามีนซึ่งเป็นสารก่อ มะเร็งได้ (เยาวลักษณ์, 2536)

4. คุณสมบัติที่เกี่ยวกับการแปรรูปเนื้อสัตว์

คุณสมบัติของเนื้อสัตว์ที่เกี่ยวกับการแปรรูปซึ่งใช้เป็นตัวกำหนดคุณภาพว่าเนื้อมีคุณภาพหรือไม่มีหลายประการดังนี้

4.1 ความสามารถในการอุ้มน้ำ

เนื้อที่มีคุณภาพดีซึ่งเหมาะสมที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ควรเป็นเนื้อที่มีคุณสมบัติหรือความ สามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ได้สูงซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอชในเนื้อสัตว์ พบว่า เนื้อที่มีค่าพีเอชต่ำ จะมีความสามารถในการ อุ้มน้ำต่ำขณะที่เนื้อที่มีค่าพีเอชสูงจะสามารถอุ้มน้ำได้สูง สำหรับเนื้อที่มีไขมันและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน อยู่ปริมาณมากมักมีความสามารถในการรวมตัวกันระหว่างน้ำและโปรตีนต่ำลง

4.2 ปริมาณเม็ดสีในเนื้อ

ปริมาณเม็ดสีในเนื้อหรือไมโอโกลบินที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์มีความสำคัญต่อสีของเนื้อและผลิตภัณฑ์ เพราะในผลิตภัณฑ์หลายชนิดนิยมให้มีสีเหมือนกับสีของเนื้อสด ซึ่งผลิตภัณฑ์

จะมีสีเข้มหรือจางนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณ เม็ดสีในเนื้อและเกลือไนไตรต์ที่ถูกเติมลงไป (ลักขณา, 2533)

คุณภาพการบริโภคของเนื้อสัตว์

1. **สี**

สีของเนื้อสัตว์เป็นความรู้สึกประการแรกที่ผู้บริโภคสามารถสัมผัสได้ และเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ทำให้ผู้บริโภค ตัดสินใจในการซื้อหรือไม่ซื้อ สีของเนื้อจะแตกต่างกันตามประเภทของสัตว์ เพศ อายุ ตลอดจนชิ้นส่วนที่มาจากอวัยวะที่ ต่างกัน และยังขึ้นอยู่กับปริมาณไมโอโกลบินที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อสัตว์ สัตว์ต่างชนิด กันมีปริมาณไมโอโกลบินในเนื้อแตก ต่างกัน เช่น เนื้อโคจะมี ปริมาณไมโอโกลบินมากกว่าเนื้อสุกร จึงทำให้เนื้อโคมีสีเข้ม กว่าเนื้อสุกร อายุสัตว์ที่แตกต่างกัน ทำให้มีปริมาณไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อแตกต่างกัน เช่น โคอายุมากจะมีปริมาณ ไมโอโกลบิน มากกว่าโคอายุน้อย เนื้อโค อายุมากจึงมีสีเข้มกว่าเนื้อลูกโคอายุน้อยและแม้ว่าเป็นเนื้อสัตว์ชนิดเดียวกัน ก็มีสีแตกต่างกัน พบว่าเนื้อจากสัตว์ตัวผู้จะมี ไมโอโกลบินมากกว่าตัวเมีย นอกจากนี้ กล้ามเนื้อของสัตว์บริเวณที่ต้องถูก ใช้งาน เช่น บริเวณขาหน้าและขาหลังจะมี ไมโอโกลบินปริมาณมาก เนื้อที่ได้จึงมีสีเข้ม กว่าส่วนที่ออกกำลังหรือถูกใช้งานน้อย

สีของเนื้อสัตว์อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไมโอโกลบินได้ เมื่อสัตว์ตายจะไม่มีออกซิเจนส่งมายังกล้ามเนื้อไมโอโกลบินจึงอยู่ในรูปปราศจากออกซิเจน (deoxymyoglobin) ถ้าตัดชิ้นเนื้อไมโอโกลบินจะได้รับออกซิเจนจากอากาศรอบ ๆ ทำให้ไมโอโกลบินเปลี่ยนไปอยู่ในรูปออกซีไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) บริเวณผิวที่ถูกตัดจะเป็นชมพูสดจนถึงแดงซึ่งจะทำให้ชิ้นเนื้อมีสีแดงขึ้นได้ การบรรจุเนื้อในถาดโฟม หรือพลาสติกซึ่งห่อด้วยฟิล์มพลาสติกที่จำหน่ายตามซุปเปอร์มาเกตทั่วไปจะช่วยให้ออกซิเจนสามารถผ่านแผ่นฟิล์มได้บ้าง จึงทำให้ไมโอ- โกลบินสามารถเปลี่ยนเป็นออกซีไมโอโกลบินเพื่อให้เนื้อมีสีแดงสดได้ ฟิล์มพลาสติกที่ใช้ ห่อหุ้มจึงควร เป็นพลาสติกที่ยอมให้ออกซิเจนผ่านเข้าออกได้ เช่น พวกโพลิไวนิลคลอไรด์ และโพลิเอททิลีน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ถ้าเนื้อสัมผัสกับอากาศเป็นเวลานานเกินไปอาจทำให้เหล็กในฮีมถูกออกซิไดส์เป็นเฟอริก (Fe++) และไมโอโกลบิน จะเปลี่ยนเป็นเมทไมโอ-โกลบินซึ่งเป็นสีน้ำตาลออกแดง ทำให้เนื้อกลายเป็นสีน้ำตาลแดงซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้ซื้อ (ชัยณรงค์, 2529)

2. **ความนุ่ม**

ความนุ่มเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความรู้สึกว่าเนื้ออร่อยหรือไม่ เนื้อที่มีความนุ่มย่อมง่ายต่อการกัดหรือเคี้ยว เมื่อสัมผัสกับเนื้อเยื่อบริเวณแก้มและลิ้นจะทำให้รู้สึกอ่อนนุ่มและเมื่อเคี้ยวไประยะหนึ่งเนื้อจะยุ่ยละเอียด จึงทำให้ผู้บริโภค เกิดความพอใจเนื้อที่มีความนุ่มได้มากกว่าเนื้อที่เหนียวความนุ่มของเนื้อสัตว์ขึ้นอยู่กับพันธุ์ วิธีการเลี้ยงดูกรรมวิธีการ ปฏิบัติที่ได้รับก่อนฆ่าระหว่างฆ่าและหลังฆ่า วิธีเตรียมเพื่อบริโภค ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน พันธุ์สัตว์ อายุและการดูแลไม่ให้สัตว์มีความเครียดก่อนการฆ่ารวมถึงการบ่มจะช่วยทำให้เนื้อมีความนุ่มขึ้น การเตรียมเนื้อสัตว์เพื่อบริโภคบางวิธี ก็สามารถทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันสลายตัวและทำให้เนื้อสัตว์นุ่มขึ้น นอกจากนั้น การเลี้ยงดูสัตว์เพื่อการบริโภคเนื้อโดยเฉพาะ ก็จะช่วยให้เนื้อนุ่มขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม เนื้อสัตว์ที่มีความนุ่มมีราคาสูงกว่าเนื้อที่เหนียว ดังนั้น จึงอาจต้องทำให้เนื้อนุ่ม โดยใช้วิธีการต่างๆ ได้แก่ การบด หรือใช้วัตถุแหลมคม เช่น ปลายส้อมหรือเหล็กแหลมขนาดเล็กแทง การใช้ค้อนที่เป็น ปุ่มแหลมทุบชิ้นเนื้อเพื่อให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันฉีกขาดจะช่วยทำให้เนื้อนุ่มขึ้นได้ นอกจากนี้ อาจใช้สารเคมีได้เช่นกัน เช่น การใช้กรดอ่อน โดยใช้น้ำส้มสายชูหรือน้ำมะนาวหมักเนื้อ กรดอ่อนเหล่านี้จะช่วย ให้เกิดการบวมน้ำของคอลลาเจน ซึ่งทำให้ พันธะไฮโดรเจนภายในคอลลาเจนถูกตัดขาดจึงทำให้เนื้อนุ่มขึ้น อีกวิธีหนึ่งที่นิยมกันมากคือการใช้เอนไซม์ เช่น เอนไซม์ปาเปน (papain) ที่มีในยางจากใบและผลมะละกอดิบ เอนไซม์โบรมิลิน (bromelin) ในสับปะรด เอนไซม์เหล่านี้มี คุณสมบัติในการย่อยโปรตีนได้ เมื่อผสมหรือคลุกเคล้ากับเนื้อจะช่วยย่อยโปรตีนคอลลาเจน และอิลาสติน จนมีผลทำให้ เนื้อ นุ่มขึ้นแต่ต้อง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสมมิฉะนั้นอาจทำให้ชิ้นเนื้อถูกย่อยจนเปื่อยได้ (ชัยณรงค์, 2529)

3. **ความฉ่ำน้ำ**

คุณสมบัติที่ผู้บริโภคต้องการในเนื้อสัตว์อีกประการหนึ่ง คือ ความรู้สึกฉ่ำน้ำ เพราะทำให้มีความรู้สึกว่าเนื้อมี ความอร่อยมีความชุ่มฉ่ำ และน้ำที่ออกมาจากเนื้อยังทำให้รสชาติดีอีกด้วย สิ่งที่ทำให้เกิดความรู้สึกฉ่ำน้ำหลังจากเคี้ยว เนื้อคือปริมาณน้ำที่ยัง เหลืออยู่ในเนื้อซึ่งเป็นผลมาจาก ความสามารถใน การอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์และปริมาณไขมัน แทรกในกล้ามเนื้อจะช่วยกระตุ้นการหลั่งของน้ำลายทำให้เกิดความรู้สึกชุ่มฉ่ำภายในปากนั่นเอง ความสามารถในการอุ้มน้ำ ของเนื้อสัตว์เกิดจากโปรตีนในกล้ามเนื้อมีความเป็นประจุสูงจึงสามารถจับโมเลกุลของน้ำไว้ได้ดี ขณะที่เมื่อกล้ามเนื้อ เกิดการเกร็งตัวเนื้อ จะมีความเป็นกรดสูงขึ้นซึ่งเป็นการเพิ่มประจุขั้วลบให้สูงขึ้น ประจุขั้วลบเหล่านี้จะไปทำให้ประจุในเนื้อ มีค่าเป็นกลาง (neutralization) จึงทำให้โมเลกุล

ของน้ำที่ถูกจับไว้หลุดออกไปเรียกจุดที่ประจุขั้วบวกมีจำนวนเท่ากับขั้วลบ ว่า จุดไอโซอิเล็กตริก (Isoelectric point) ซึ่งจะทำให้โมเลกุลน้ำหลุดออกไปเป็นอิสระ เนื้อที่ได้มีความสามารถในการจับ น้ำต่ำมาก ซึ่งมักจะเกิดขึ้นเมื่อเนื้อมีค่าพีเอชประมาณ 5.0 ความสามารถอุ้มน้ำเป็นการกักเก็บน้ำให้เกือบเท่าหรือเท่าเดิม ได้ แม้มีแรง จากภายนอก เช่น การตัด การให้ความร้อน การบด และการอัดมากระทำความสามารถในการอุ้มน้ำมีความ สำคัญต่อสมบัติ ทางกายภาพของเนื้อหลายประการ เช่น สี ความแน่นลักษณะโครงร่าง และความหยาบละเอียดของเนื้อ เสมอความสามารถ ในการอุ้มน้ำของเนื้อจะส่งผลกระทบต่อการหดตัวของเนื้อใน ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อที่มีความ สามารถในการอุ้มน้ำ ต่ำจะเกิดการสูญเสียความชื้นได้ สูงจึงทำให้น้ำหนักเนื้อลดลงมาก ตามความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยเฉพาะในเนื้อที่เก็บ โดยไม่มีการป้องกันการระเหยของน้ำการแก้ไขทำได้ โดยการใช้วัสดุที่มีอัตรา การส่งผ่านน้ำต่ำ คลุมหรือห่อหุ้มชิ้นเนื้อไว้ แต่วิธีนี้จะไม่เหมาะสำหรับเนื้อพีเอสอีเนื่องจากจะยิ่งทำให้ มีน้ำซึมเยิ้มมากกว่าปกติซึ่ง ทำให้ผู้ บริโภคไม่ยอมรับเนื้อมากขึ้น

(ชัยณรงค์, 2529)

4. กลิ่นและรส

กลิ่นและรสจัดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพในการแปรรูปเนื้อ ถ้าเนื้อมีกลิ่นและรสผิด ปกติจะถือว่าเนื้อนั้นมีคุณภาพต่ำ เนื้อสัตว์สดใหม่จะมีกลิ่นอ่อนมากและมีรสชาติหวาน เค็ม เปรี้ยว หรือขมนิดหน่อยเท่านั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะทางชีวเคมีและแหล่งที่มาของชิ้นเนื้อนั้น รสชาติของเนื้อจะปรากฏออกมาเมื่อนำเนื้อไป ทำให้สุก กลิ่นรสของเนื้อที่ผ่านการให้ความร้อนมีองค์ประกอบทางเคมีที่ค่อนข้างซับซ้อน สารเคมีที่ระเหยออกมา ระหว่างการให้ความร้อนแก่เนื้อประกอบด้วยกรดอะมิโน กำมะถัน กรดอะมิโน เพปไทด์ กรดที่ระเหยได้และสารระเหยได้อื่นๆ เป็นต้น กลิ่นผิดปกติในเนื้อสัตว์อาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุดังต่อไปนี้

4.1 กลิ่นของเพศ

สัตว์ตัวผู้จะมีกลิ่นของเพศผู้ที่รุนแรงมาก กลิ่นนี้จะสะสมอยู่ในไขมันและเนื้อของสัตว์ โดยเฉพาะเนื้อสุกร จะมีกลิ่นเพศที่รุนแรงมาก เนื่องจากมีสารสเตียรอยด์ของฮอร์โมนเพศผู้จึงทำให้เกิดกลิ่นนี้ขึ้นจึงต้องทำการตอนสุกร พ่อพันธุ์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วก่อนจะส่งโรงฆ่านานประมาณ 6 สัปดาห์ เพื่อให้กลิ่นเพศในไขมันและในเนื้อหมดไป วิธีการทดสอบว่าเนื้อมีกลิ่นเพศหรือไม่สามารถทำได้โดยการนำเนื้อไปต้ม ซึ่งกลิ่นเพศจะระเหยออกมาคล้ายกับกลิ่น ของปัสสาวะ

ของสัตว์

4.2 กลิ่นอาหาร

ตัวอย่างของกลิ่นอาหารในเนื้อและในไขมันที่เห็นได้ชัด ได้แก่ อาหารที่มีปลาป่นในระดับสูงหรือเศษ อาหารที่นำมาใช้เลี้ยงสัตว์ ในบางประเทศได้ออกกฎหมายห้ามใช้ปลาป่นที่มีไขมันเกิน 0.3 เปอร์เซ็นต์ ผสมในอาหาร เพื่อเลี้ยงสัตว์ในระยะขุน ทั้งนี้พบว่าเนื้อจะมีกลิ่นเหม็นเหมือนน้ำมันปลาจากการที่เนื้อมีกลิ่นก็เนื่องมาจากการหืนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง (polyunsaturated fatty acid) ที่มีอยู่มากในไขมันปลานั่นเอง

4.3 กลิ่นที่เกิดจากปฏิกิริยาการทำลายไขมันในร่างกาย

ปฏิกิริยาการทำลายไขมันที่สะสมมากไปในร่างกายจะทำให้กระบวนการ สร้างและสลายของ คาร์โบไฮเดรตทำหน้าที่ผิดปกติไป ซึ่งมักจะพบในสัตว์ที่คลอดลูกใหม่หรือสัตว์ที่อดอาหารเป็นเวลานานร่างกายสัตว์ จะดึงไขมันที่สะสมอยู่ในร่างกายมาใช้ทำให้เกิดการสร้างอะซิโตนขึ้นและสะสมอยู่ตามเนื้อเยื่อในร่างกาย เมื่อไขมัน ถูกทำลายก็จะเกิดกลิ่นตามมาได้

4.4 กลิ่นจากสารรอบข้าง

เนื้อเยื่อของสัตว์มีความสามารถในการดูดกลิ่นที่อยู่รอบข้าง กลิ่นนี้อาจเป็นกลิ่นมาจากยาฆ่าแมลง พยาธิ ภายนอก กลิ่นน้ำยาทำความสะอาดที่ใช้ล้างรถยนต์บรรทุกเนื้อหรือในห้องเย็นเก็บซาก หรืออาจมาจากการดูด กลิ่นซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากโรงงานอุตสาหกรรมใกล้เคียง เป็นต้น (ชัยณรงค์, 2529)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อ

เนื้อสัตว์จะมีคุณภาพดีตามคุณสมบัติที่ได้กล่าวมาหรือไม่เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายประการ นับตั้งแต่ปัจจัยภายใน ที่เกี่ยวข้องกับตัวสัตว์เองและปัจจัยภายนอกต่าง ๆ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การผลิตจากฟาร์ม

ขั้นตอนการผลิตสัตว์จากฟาร์มมีส่วนเกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ นับตั้งแต่การคัดเลือกพันธุ์สัตว์ อาหารการจัดการ การเลี้ยงดูภายในฟาร์ม ซึ่งมีความสำคัญในระดับเบื้องต้น

ของการจัดการให้เนื้อมีคุณภาพที่ดี ดังนี้

1.1 การคัดเลือกพันธุ์สัตว์

พันธุ์สัตว์เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ โดยเฉพาะปริมาณไขมัน โดยพบว่าปริมาณไขมันแทรก ในกล้ามเนื้อจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับอิทธิพลทางพันธุกรรมของสัตว์ เช่น โคเนื้อพันธุ์ชาร์โลเลย์มีปริมาณไขมัน แทรกในกล้ามเนื้อสูงกว่า

พันธุ์อเมริกันบาร์ห์มันแม้ว่าจะได้รับการเลี้ยงดูและให้อาหารเหมือนกัน หรือซากสุกรพันธุ์ เบลเยี่ยมแลนด์เรซมีสัดส่วนของปริมาณเนื้อแดงต่อไขมันสูงกว่าสุกรพันธุ์ลาร์จไวต์ แต่พันธุ์เบลเยี่ยมแลนด์เรซมีโอกาส ที่จะเกิดเนื้อพีเอสอีได้สูงกว่าพันธุ์ลาร์จไวต์ เป็นต้น (ลักขณา, 2533)

1.2 อาหารสัตว์

อาหารนับว่ามีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงอย่างมากต่อคุณภาพเนื้อ เช่น โคที่กินอาหารหยาบหรือหญ้าในปริมาณ ที่สูงจะมีไขมันเป็นสีออกเหลือง ตรง ข้ามกับโคที่กินอาหารข้นที่พบว่าไขมันจะมีสีออกเหลืองน้อยกว่าในสูตรอาหาร ลูกโคที่มี วัตถุประสงค์เพื่อผลิตเนื้อลูกโคจะเลี้ยงด้วยน้ำนมหรือสูตรอาหารที่ลดปริมาณธาตุเหล็ก เพื่อให้ได้เนื้อที่มี สีชมพูอ่อนเหมือนเนื้อของสัตว์อายุน้อย นอกจากนี้ การใช้ปลาป่นที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงหรือมีไขมันพืชหรือสัตว์ ผสมในสูตรอาหารจะมีผลโดยตรงต่อคุณภาพ เนื้อของสุกร สูตรอาหารที่ขาดความสมดุลทางโภชนาการก็อาจทำให้เป็น เนื้อพีเอสอีได้ นอกจากนี้ การใช้ยาปฏิชีวนะ สารเร่งการเจริญเติบโต ฮอร์โมนสังเคราะห์ และวัสดุ อาหารสัตว์ที่มีการปนเปื้อนสารเคมีหรือยาฆ่าแมลงก็มีผลต่อการตกค้างของสาร ดังกล่าวในเนื้อสัตว์

1.3 การจัดการเลี้ยงดูและสภาพของโรงเรือน

คอกหรือโรงเรือนสัตว์ต้องสะอาด ไม่มีการหมักหมมของสัตว์เพราะ ในมูลสัตว์มีเชื้อโรคที่เป็นสาเหตุทำ ให้คุณภาพของเนื้อด้อยลงได้จากการติดเชื้อจุลินทรีย์พวกซัลโมเนลลาและครอสทริเดียม โดยจุลินทรีย์จะติดไปกับมูล สัตว์และติดไปกับผิวหนังนอกจากนี้ การดูแลสัตว์ที่ไม่ดี ปล่อยให้แมลงเจาะดูดเลือดทะลุผ่านผิวหนังเข้าสู่เนื้อสัตว์ เป็นผลทำให้สัตว์มีแผลติดเชื้อ หรือการตอนสัตว์ เช่น การตอนโคขุนเพื่อให้เนื้อมีการสะสมไขมันแทรกดีขึ้น การตอนสุกรเพื่อกำจัดกลิ่นเพศผู้ในเนื้อ การตัดเขาโคเพื่อป้องกันอันตรายจากการทิ่มแทงภายในฝูงกันเอง การจัดการเหล่านี้มีผลจะช่วยให้เนื้อมีคุณภาพดีขึ้นได้

นอกจากนี้การป้องกันโรคระบาดที่สำคัญ เช่น โรคปากและเท้า เปื่อยที่พบในสุกรและโคเป็นโรคที่ต้อง มีมาตรการควบคุมอย่างจริงจังเพราะโรคดังกล่าวยังไม่สามารถกำจัดให้หมดสิ้นไปได้

1.4 การให้ยาสัตว์

สัตว์ต้องได้รับการฉีดวัคซีนที่จำเป็นเพื่อป้องกันโรคระบาดที่เกิดขึ้น เพื่อให้สัตว์มีสุขภาพสมบูรณ์ซึ่งอาจจะ มีผลต่อคุณภาพเนื้อในเวลาต่อมา การรักษาสัตว์ ด้วยการให้กินยาหรือฉีดยาจะต้องคำนึงถึงพิษตกค้างของยาที่ยังเหลือ อยู่ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ด้วย การให้ยาสัตว์ในระยะก่อนกำหนดส่งฆ่าจะต้องระมัดระวังเรื่องกำหนดเวลาการใช้ยาก่อนส่งฆ่า การใช้เข็มฉีดยาสัตว์ในระหว่างการรักษาต้องใช้เข็มที่สะอาดเพราะเข็มฉีดยา ที่ไม่สะอาดจะเป็นสาเหตุทำให้เนื้อบริเวณที่เข็มฉีดลงไปแข็งเป็นไตหรืออาจจะติดเชื้อ เช่น วัณโรคได้

2. การขนส่งสัตว์ไปยังโรงฆ่า

การขนส่งสัตว์ไปสู่โรงฆ่าสัตว์นับเป็นขั้นตอนที่สำคัญต่อคุณภาพเนื้อเป็นอย่างมากเพราะอาจทำให้สัตว์บาดเจ็บ มีรอยช้ำ จุดเลือด หรือสัตว์ตายได้ ปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องในเรื่องนี้ ได้แก่ พาหนะที่ใช้บรรทุก ระยะทางในการขนส่ง สภาพภูมิอากาศ ความแออัด อุปกรณ์ที่ใช้ในการขนย้าย เป็นต้น การดำเนินการในขั้นตอนการขนส่งสัตว์ จะต้องกระทำ ด้วยความระมัดระวังให้ได้ตามมาตรฐานสากลและควรมีความปราณีต่อสัตว์

3. การปฏิบัติต่อสัตว์ในคอกพักสัตว์

การปฏิบัติต่อสัตว์ในคอกพักสัตว์ตั้งแต่ระยะการพักสัตว์ การให้สัตว์ได้ดื่มน้ำเต็มที่ หรือ การให้อาหาร เมื่อจำเป็น และการอาบน้ำสัตว์ภายในคอกพัก มีผลทำให้ได้เนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีทั้งสิ้น

4. การดำเนินการภายในโรงฆ่าสัตว์

การดำเนินการภายในโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อสัตว์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับ กรรมวิธี ขั้นตอนและเทคนิคในการ ปฏิบัติในขบวนการฆ่าและชำแหละซาก ดังนี้

4.1 วิธีการทำให้สัตว์สลบ

วิธีการที่ใช้ทำให้สัตว์สลบมีผลต่อความเครียดของสัตว์ทั้งสิ้น การตอบ สนองของร่างกายต่อความเครียด ที่สัตว์ได้รับขณะถูกทำให้สลบจะมีผลต่อคุณภาพเนื้อนั้นจึงควรเลือกวิธีการที่จะทำให้สัตว์สลบ โดยได้รับความเครียดน้อยที่สุด

4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการฆ่าและเทคนิคที่ใช้ในการปฏิบัติ

เทคนิคในการดำเนินการฆ่าและชำแหละซาก เช่น การแขวนซากบนรางแขวนการ

ล้างซากโดยใช้น้ำจาก หัวฉีดที่มีแรงดันสูง ตลอดจนการนำอุปกรณ์ทันสมัยต่าง ๆ มาใช้เพื่อช่วยในการปฏิบัติงานของคนเป็นวิธีการที่ช่วยลด ปริมาณ ติดเชื้อจุลินทรีย์ในซากทั้งสิ้น

5. การเก็บรักษาซาก

การเก็บรักษาซากไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 1-4 องศาเซลเซียส เพื่อการ ลดอุณหภูมิซาก จัดเป็นวิธีการ รักษาคุณภาพเนื้อที่ดี เนื่องจากความเย็นจะช่วยลดปริมาณ การกระจายและการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาซากที่ไม่ถูกต้องจะมีผลเสียต่อคุณภาพเนื้อมาก (ลักขณา, 2533)

6. การปฏิบัติในระหว่างขบวนการตัดแต่งซาก

การปฏิบัติในระหว่างขบวนการตัดแต่งซาก ได้แก่ เทคนิคในการตัดแต่ง ความพร้อมและความสะอาดของห้องตัด แต่งและอุปกรณ์ อุณหภูมิและความชื้นในห้องตัดแต่ง ทักษะและความชำนาญของผู้ตัดแต่งเนื้อตลอดจนสุขภาพของ ผู้ปฏิบัติงานล้วนมีผลต่อคุณภาพเนื้อโดยตรงทั้งสิ้น

7. การบรรจุและการจัดจำหน่าย

การบรรจุเนื้อสัตว์เพื่อรอจำหน่ายและวิธีการวางจัดจำหน่าย เช่น การบรรจุ ลงในถาดโฟมที่สะอาดและมีแผ่นฟิล์ม ปิดเพื่อป้องกันการติดเชื้อจุลินทรีย์จากอากาศ หรือการบรรจุในถุงสุญญากาศหรือในสภาพดัดแปรบรรยากาศในการบรรจุ หรือการเก็บรักษาเนื้อโดยใช้อุณหภูมิ – 40 องศาเซลเซียส เพื่อให้เก็บเนื้อสัตว์ได้นานหลายเดือนโดยการ แช่เย็นหรือ แช่เยือกแข็ง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพเนื้อและการเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์เป็นอย่างมาก การเก็บเนื้อสัตว์จะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศซึ่งเหมาะสมกับการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ หรือการใช้ภาชนะที่ไม่สะอาดหรือมีปนเปื้อน ฝุ่นละอองที่ติดมากับอากาศก็มีผลต่อคุณภาพของเนื้อได้ ในปัจจุบันมีการพัฒนาร้านจำหน่ายเนื้อสัตว์สดตาม ตลาดบาง แห่งโดยการกั้นเป็นห้องเพื่อควบคุมอุณหภูมิและรักษาความสะอาดมากยิ่งขึ้น (ลักขณา, 2533)

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ

ตามปกติค่าความเป็นกรด-ด่างหรือค่าพีเอชของกล้ามเนื้อในขณะมีชีวิตจะอยู่ที่ระดับ 7 หรือต่ำกว่าเล็กน้อย เมื่อสัตว์ ถูกฆ่าจะทำให้ค่าพีเอชภายในกล้ามเนื้อลดลงจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งซึ่งจะไม่ลดลงอีกต่อไป ที่จุดนี้จะมีค่าพีเอชประมาณ 5.5 การลดลงของค่าพีเอชจะเร็วหรือช้า

ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการที่สำคัญ เช่น ชนิดของสัตว์ ความ ทนต่อสภาพความเครียด ของสัตว์ที่ได้รับก่อนถูกฆ่า เป็นต้น (สัญชัย, 2547)

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในกล้ามเนื้อภายหลังการตายจะมีผลต่อคุณภาพเนื้อด้วย พบว่าหลังสัตว์ตายมีการเปลี่ยน แปลงค่าพีเอชจาก 7.0 ไปเป็น 5.6–5.7 ภายใน 68 ชั่วโมง หลังจากสัตว์ตาย และจะลดลงเป็นพีเอช5.3 – 5.7 ภายใน 25 ชั่วโมงต่อมา การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์ที่ทำให้เกิดกรดแลกติกในช่วงนี้จะช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อสัตว์ จากจุลินทรีย์ ได้ ความเครียดของสัตว์ก่อนการฆ่าจะส่งผลต่อปริมาณกรดแลกติกและค่าพีเอชได้ ถ้าก่อนฆ่าสัตว์มีอาการเครียดหรือ ตื่นตกใจง่ายมีการดิ้นรนต่อสู้ก่อนถูกฆ่าซึ่งทำให้สัตว์ต้องใช้พลังงานในการดิ้นรนต่อสู้มาก มีการนำออกซิเจนมาใช้ในการ สร้างพลังงานได้น้อยหรือไม่ทันจึงทำให้เกิดกรดแลกติกในเนื้อสัตว์ขึ้นอย่างรวดเร็ว ช่วงนี้เนื้อจะมีค่าพีเอชลดลงอยู่ในช่วง 5.4 –5.8 และกรดแลกติกจะเพิ่มมากขึ้นภายหลังสัตว์ถูกฆ่าแล้วทำให้มีค่าพีเอชเป็น 5.3–5.6เนื้อสัตว์ที่มีกรดแลกติกมาก จะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการเกร็งตัวอย่างแรงทำให้กลายเป็นเนื้อพีเอสอีได้

ในทางตรงกันข้ามกรณีที่เป็นสัตว์ทนเครียด ไม่ตื่นตกใจง่าย เช่น โค กระบือ เมื่อสัตว์ได้รับการพักผ่อนไม่เพียงพอ หรือในระหว่างการขนส่งลำบากเกินไปทำให้มีการใช้ไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อและตับจนหมด สัตว์จะมีลักษณะ ขาดพลังงานเหมือนกับ เมื่อมีอาการเมื่อยล้า เมื่อสัตว์ถูกฆ่าการเปลี่ยนแปลงของไกลโคไลซีสมีน้อยมาก เนื้อจึงมี ค่าพีเอช ลดลงน้อยกว่าปกติและเนื้อที่ได้จะเป็นเนื้อดีเอฟดี การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อสามารถส่งผลให้ได้เนื้อ 4 ลักษณะทั้งดีและไม่ดี ดังนี้

1. **เนื้อสีซีด นิ่มและฉ่ำน้ำ (เนื้อพีเอสอี)**

เนื้อพีเอสอีเป็นเนื้อที่ดูลักษณะภายนอกจะมีสีซีดผิดปกติ เมื่อใช้นิ้วกดลงไปเนื้อจะอ่อนยุบตัวลงไปตามแรงกด นอกจากนี้ บริเวณหน้าตัดของชิ้นเนื้อจะมีน้ำเยิ้มซึมออกมา ลักษณะเนื้อเช่นนี้มักจะเกิดขึ้นในสุกร การเป็นเนื้อพีเอสอีนั้น เกิดมาจากปริมาณกรดแลกติกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลา 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ถูกฆ่า เนื้อจะมีค่าพีเอช5.8 อุณหภูมิของเนื้อที่สูงขึ้นและกรดแลกติกที่เกิดขึ้นทำให้โปรตีนในเนื้อสูญเสียคุณสมบัติบางประการไป จึงทำให้โปรตีน จับตัวกับน้ำได้น้อยลงและทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ต่ำ จากลักษณะเนื้อจะเห็นว่ามีน้ำเยิ้มออกมาและ โครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อจะอยู่กันหลวม ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เนื้อค่อนข้างนิ่มและอ่อนตัวการมีน้ำเยิ้มออกมา บริเวณผิวหน้าของเนื้อจะทำให้เนื้อมีสีซีดจางกว่าปกติ

ไม่ใช่เพราะเนื้อมีปริมาณไมโอโกลบินต่ำกว่าเนื้อปกติ เนื้อชนิดนี้มี ผลเสียทางเศรษฐกิจหลายประการ ดังนี้ (สัญชัย, 2551)

1.1 การสูญเสียน้ำระหว่างแช่เย็น

เนื้อพีเอสอีมีเปอร์เซ็นต์น้ำที่สูญเสียออกมาระหว่างการแช่เย็นสูง การเก็บเพียง 1 คืนอาจการสูญเสียน้ำ ออกไปจากเนื้อสูงถึง 4-5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เนื้อปกติจะสูญเสียประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์

1.2 การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการทำให้สุก

เนื้อพีเอสอีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการทำให้สุกสูง ทั้งนี้เพราะน้ำออกมาจากเนื้อในขณะ ถูกความร้อนระหว่างการปรุงอาหาร และยังมีผลทำให้เนื้อที่สุกแล้วค่อนข้างแห้งและแข็งไม่เป็นที่นิยมบริโภค

1.3 มีรสเค็มจัด

ในการนำเอาเนื้อพีเอสอีไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทแฮมต้ม พบว่า มีการ สูญเสียน้ำหนักระหว่างการหุ้มต้ม เพิ่มขึ้นเกือบ 10 เปอร์เซ็นต์ และยังยากต่อการควบคุมรสชาติ เพราะเนื้อจะดูดเกลือไว้มากกว่าปกติทำให้แฮมที่ได้มี รสเค็มจัด

1.4 มีความคงตัวต่ำ

การนำเนื้อเนื้อซึ่งมีความคงตัวต่ำไปผลิตไส้กรอกบดละเอียดที่ต้องอาศัยคุณสมบัติในการรวมตัวกัน ระหว่างโปรตีน ไขมัน และน้ำ พบว่า ทำให้อิมัลชันที่ได้มีคุณภาพไม่ดี เมื่อผ่านขบวนการทำให้สุกพบว่าไขมันจะเกิด การแยกชั้น เกิดเป็นลักษณะคล้ายเยลลี่ในผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความคงตัว (consistency) ต่ำ

1.5 สีซีด

เนื้อและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อพีเอสอีจะมีสีซีดและสีไม่คงทนและยังขาดความสม่ำเสมอของสี หากเก็บไว้ในตู้เย็นเพียง 2-3 วัน จะมีสีเขียวอมเขียวเทาได้

1.6 การสูญเสียจากการละลาย

เมื่อนำเนื้อพีเอสอีที่แช่แข็งมาละลายเพื่อให้เนื้ออ่อนตัวลง พบว่า เนื้อจะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำมาก กว่าเนื้อปกติ ทั้งนี้เพราะเซลล์ของกล้ามเนื้อที่เป็นเนื้อพีเอสอีถูกทำลายเนื่องจากการ ขยายตัวของผลึกน้ำแข็งในเนื้อที่มี ปริมาณมากและมีขนาดใหญ่กว่าปกติ (สัญชัย, 2547)

2. เนื้อสีคล้ำ แน่นแข็งและแห้ง (เนื้อดีเอฟดี)

เนื้อดีเอฟดี หมายถึง เนื้อที่มองดูจากลักษณะภายนอกมีสีคล้ำ เนื้อจะมีความแน่นสูง

กว่าปกติ บริเวณผิวหน้าตัด ของเนื้อค่อนข้างแห้ง ลักษณะเช่นนี้จะพบได้ทั้งในเนื้อโคและเนื้อสุกร

การเกิดดีเอฟดีในเนื้อเป็นผลมาจากมีปริมาณกรดแลกติกในเนื้อน้อยมาก สาเหตุเกิดขึ้นจากก่อนสัตว์จะถูก ฆ่าปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อถูกใช้ไปเกือบทั้งหมดอาจเป็นเพราะสัตว์อ่อนเพลียมาจากการเดินทางเป็นเวลานาน และสัตว์ไม่ได้รับอาหารในระหว่างการพัก เมื่อสัตว์ตายขบวนการสร้างและสลายแบบไม่ใช้อากาศอาจจะไม่เกิดขึ้นหรือ เกิดขึ้นได้น้อยมากมีผลทำให้ค่าพีเอชลดลงเพียงเล็กน้อย(สัญชัย, 2551)

3. เนื้อปกติ

เนื้อปกติ หมายถึง เนื้อที่มีค่าพีเอชลดลงอย่างช้าและสม่ำเสมอในช่วงเวลา 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมงภาย หลังฆ่า ค่าพีเอชของเนื้อปกติเป็น 5.8 และเมื่อปล่อยเวลาให้นานต่อไปถึง 24 ชั่วโมงภายหลังฆ่า ค่าพีเอชควรจะลดลงถึง 5.4 ซึ่งการลดลงของค่าพีเอชนี้ควรเป็นไปอย่างช้าๆ เนื่องจากขบวนการสร้างและสลายแบบไม่ใช้อากาศยังเป็นไป อย่างปกติ อยู่ระยะหนึ่ง

4. เนื้อตายหรือเนื้อเกร็งตัว

เนื้อที่อยู่ในระยะการเกร็งตัวจะมีความเหนียวมากที่สุด ซึ่งไม่เหมาะในการนำไปทำผลิตภัณฑ์ใด ๆ เนื่องจากเนื้อ มีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยมากหรือที่เรียกกันตามภาษาชาวบ้านว่าเนื้อตาย ต้องนำเนื้อไปผ่านขบวนการบ่มซาก (aging or ripening) เพื่อให้เอนไซม์ย่อยโปรตีนเป็นโมเลกุลที่เล็กลงก่อนซึ่งจะช่วยให้เนื้อนุ่มขึ้นได้ นอกจากนี้ค่าพีเอช ในเนื้อยังจะสูงขึ้นด้วย ซึ่งมีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อดีขึ้นและมีความเหมาะสมในการนำไปทำผลิตภัณฑ์ ได้ ในสัตว์แต่ละชนิดจะใช้ระยะเวลาที่ใช้การบ่มซากแตกต่างกัน ในไก่และสุกรจะใช้เวลาสั้นกว่าโคมาก เช่น สุกรอาจจะ ใช้เวลาเพียง 1-2 วัน ส่วนโคอาจจะใช้เวลานานถึง 7-14 วัน เนื่องจากซากโคมีขนาดใหญ่กว่าจึง มีเนื้อเยื่อมากกว่า จึงต้อง ใช้เวลาในการเกิดการเกร็งตัวและการย่อยสะลายตัวเองของเนื้อเยื่อต่อไปอีกระยะหนึ่งทำให้จะต้องใช้เวลานานกว่าสุกร (สัญชัย, 2551)

การแปรรูปเนื้อสัตว์

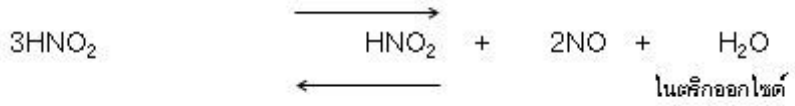
การแปรรูปเนื้อ (meat processing) เป็นการทำให้เนื้อสดถูกเปลี่ยนแปลงสภาพไปจากเดิมโดยอาจใช้วิธีการเพียง วิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายๆ วิธีร่วมกัน เช่น การหั่น (slicing) การสับละเอียด(chopping) การใช้เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส (seasoning) การใช้วัตถุเจือปนในอาหาร (food additives) การบด (grinding) การหมัก การรมควัน (smoking) การ บรรจุ กระป๋อง การทำ

ให้สุกและการแช่แข็ง เป็นต้น เพื่อเปลี่ยนเนื้อให้เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทานการแปรรูปเนื้อจึงประกอบ ด้วยการถนอมอาหาร (food preservation) ซึ่งหมายถึงการเก็บรักษาอาหารโดยวิธีต่าง ๆ ให้อาหารมีสภาพใกล้เคียงกับ ของสดที่สุดโดยสูญเสียคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการน้อยที่สุด นอกจากนี้ ยังรวมความถึงการแปรรูปอาหาร (food processing) ซึ่งเป็นการนำอาหารมาผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะตามต้องการโดยมีคุณภาพ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและมีความปลอดภัย ความหมายของการแปรรูปเนื้อสัตว์ยังอาจครอบคลุมตั้งแต่การแปรสภาพ เนื้อสดเพื่อการบริโภค การผลิตและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อ การแปรรูปเนื้อเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเพื่อยืดอายุ การเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าของเนื้อ โดยกระบวนการแปรสภาพจากเนื้อสดเป็นเนื้อที่พร้อมบริโภคได้ ตัวอย่างเนื้อแปรรูป ได้แก่ แฮม เบคอน คอร์นบีฟ แหนม หมูยอ กุนเชียง และไส้กรอกชนิดต่าง ๆ อีกหลายชนิด ก่อนที่ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะสำเร็จออกมาจะต้องผ่านหลายขั้นตอน โดยมีขั้นตอนพื้นฐานที่เหมือนกันแต่อาจจะแตกต่างกันในข้อปลีกย่อยหรือวัตถุดิบที่ใช้

การหมัก

การหมัก (curing) เป็นการเพิ่มรสชาติของการแปรรูปเนื้อสัตว์คู่ไปกับการยืดอายุการเก็บการ การหมักใช้เกลือเป็น ส่วนประกอบหลักเพื่อสร้างสีและปรุงรสในเนื้อสัตว์ให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะพิเศษเฉพาะ การหมักจะใช้เกลือมากเพื่อยืด อายุการเก็บรักษาเนื้อเพื่อให้เกลือทำหน้าที่ยับยั้งการเน่าเสียได้ โดยการลดปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ในการเจริญ แต่การใช้เกลือในระดับที่สูงเกินไปนั้นอาจทำให้ไมโอโกลบินเกิดออกซิไดส์เป็น ผลให้เนื้อมีสีที่ไม่น่ารับประทานจึงมีการ ใช้สารประกอบพวกไนเตรตหรือไนไตรต์เพื่อช่วยสร้างสีแดงที่ถาวรซึ่งนับว่ามีความจำเป็นควบคู่ไปกับเกลือด้วย การหมัก เนื้อใช้ส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 2 ชนิด คือ เกลือ และไนไตรต์ นอกจากนี้ยังเติมส่วนประกอบอื่น ๆ เพื่อเร่งการหมักให้ใช้ เวลาในการทำผลิตภัณฑ์สั้นลงเพื่อสร้างและรักษาสีของเนื้อให้คงทนรวมทั้งมีรสชาติและลักษณะเนื้อน่ารับประทาน การใช้เกลือในปัจจุบันใช้ที่ระดับต่ำเพื่อการสร้างรสชาติที่ดี โดยที่ระดับนี้เกลือก็ยังสามารถทำ หน้าที่ในการเก็บรักษาได้ เหมือนเดิมการหมักเนื้อมีเทคนิคหรือวิธีการใช้อยู่หลายวิธี แต่หลักการของการใช้ทุกวิธีมีหลักการเดียวกันคือการกระจาย อยู่ในส่วนผสมอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ เนื่องจากการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอจะทำให้สีผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอและทำ ให้ภายในผลิตภัณฑ์มีส่วนเน่าเสียเป็นแห่งๆ เช่น การเหม็นเปรี้ยวในแฮม ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ อาจจะมีพื้นที่สีเทาเป็นหย่อม ๆ อยู่ภายในเนื้อของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้บริโภครังเกียจการหมักในผลิตภัณฑ์ลดขนาด มีนอกจาก

ต้องการรสแล้วยังต้อง การให้เกิดสีที่คงทนและดึงดูดใจผู้บริโภค การเกิดสีในผลิตภัณฑ์เนื้อเริ่มจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีในการเปลี่ยนไนเตรต หรือไนไตรต์ไปเป็นไนตริกออกไซด์ซึ่งมีกลไกหลายประการด้วยกันหากใช้ในรูปน้ำเกลือบางส่วนของไนไตรต์จะอยู่ในรูป ของกรดไนตรัส (HNO2) ซึ่งขณะนั้นความเป็นกรดด่างของเนื้อปกติจะมีค่าประมาณ 5.5-6.0 เป็นสภาวะแวดล้อมที่ เหมาะสมที่กรดไนตรัสจะแปรสภาพไปเป็นไนตริก ออกไซด์ดังแสดงในสมการ



ภาพที่ 1 สมการปฏิกิริยาของกรดไนตรัสแปรสภาพไปเป็นไนตริกออกไซม์

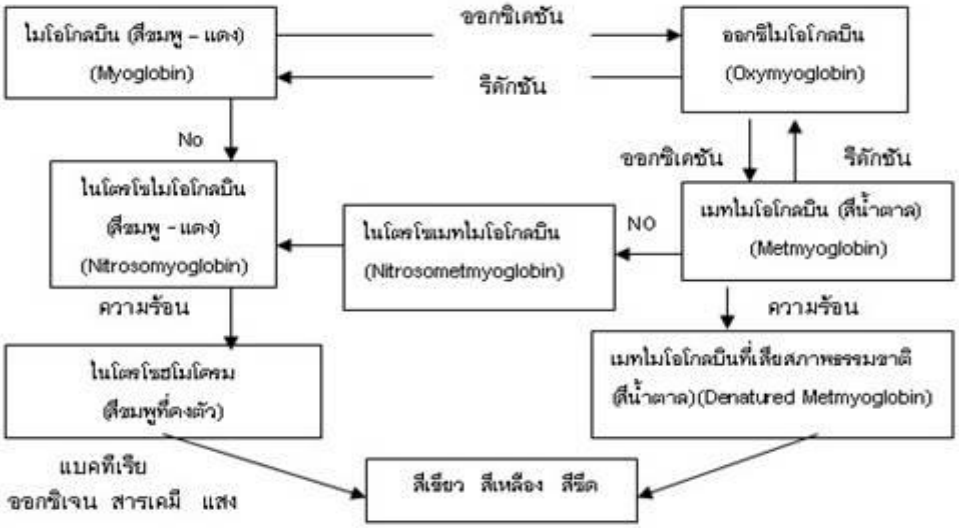
ที่มา: ดัดแปลงจากเยาวลักษณ์, 2536

จากนั้นไนตริกออกไซด์จะรวมกับไมโอโกลบินในเนื้อเป็นไนตริกออกไซด์ไม โอโกลบินที่มีสีแดงสดและเป็นสารสี ในเนื้อ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปผ่านการรมควัน เมื่อถูกความร้อนสารนี้ก็จะกลายเป็นสีที่คงทนซึ่งมีชื่อเรียกว่าไนโตรโซฮีโม โครม ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดสีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์นั่นเอง ปฏิกิริยาเคมีพื้นฐานสำคัญของการสร้างสารสีใน เนื้อสรุป ได้ดังสมการ

ภาพที่ 2 แสดงปฏิกิริยาเคมีพื้นฐานสำคัญของการสร้างสารสีในเนื้อ

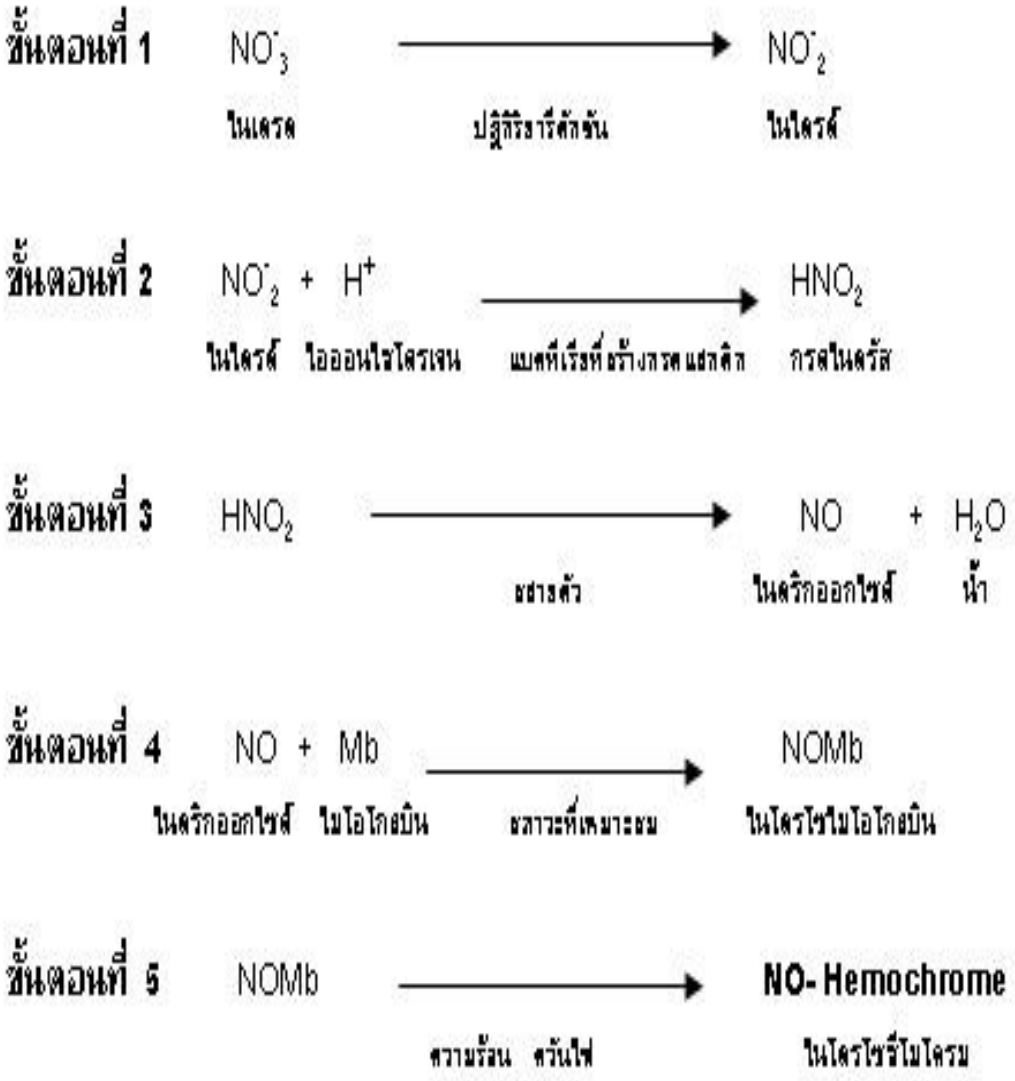
ที่มา: ดัดแปลงจากเยาวลักษณ์, 2536

การเสียสภาพธรรมชาติเกิดจากโปรตีนในเนื้อถูกความร้อนจากการทำให้สุก ในขั้นตอนเกือบสุดท้ายของกระบวน การทำผลิตภัณฑ์นั่นเองดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงปฏิกิริยาการเกิดสีในเนื้อและผลิตภัณฑ์

ที่มา: ดัดแปลงจากเยาวลักษณ์, 2536



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการเกิดไนโตรโซฮีโมโครมในผลิตภัณฑ์

ที่มา: ดัดแปลงจากเยาวลักษณ์ , 2536

การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์เนื้อ

ไนโตรโซฮีโมโครมเป็นสารสีที่คงทนต่อความร้อน ในการใช้ความร้อนเพื่อทำให้สุกจึงไม่มีผลใดๆต่อผลิตภัณฑ์ แต่ ถ้าไนโตรโซโมโกลบินและไนโตรโซฮีโมโครมถูกแสงอาจสูญเสียสีไปหมดจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนสีได้ ดังนั้นถ้าวางผลิต ภัณฑ์ระหว่างรอจำหน่ายในตู้ที่ใช้แสงไฟค่อนข้างแรงหรือปล่อยให้เนื้อสัมผัสอากาศ สีของเนื้อจะจางลงได้ภายในเวลาเพียง 1 ชั่วโมง แต่ถ้าเป็นเนื้อสดสีอาจอยู่ได้นานถึง 3 วัน หรือมากกว่านั้น การเกิดปฏิกิริยานี้เกิดจาก การแยกตัวของ ไนตริกออกไซด์ออกจากฮีมโดยมีแสงสว่างเป็น ตัวเร่งหรือการเกิดออกซิเดชันของไนตริกออกไซด์โดยออกซิเจน จากบรรยากาศ จากนั้นส่วนของฮีมจะเริ่มออกซิไดส์และอยู่ในสภาวะที่มีเฟอริก(Fe3+) ประกอบกับออกซิเจนจาก บรรยากาศรอบชิ้นเนื้อลดน้อยลงจะกระทั่งหมดไป ทำให้สีของเนื้อซีดจางลงจนกลายเป็นสีน้ำตาล อย่างไรก็ตาม สามารถ ป้องกันการเปลี่ยนแปลงได้โดยการป้องกันไม่ให้ออกซิเจนสัมผัสกับผิวหน้าของเนื้อ ซึ่งอาจทำได้โดยการบรรจุในถุง สุญญากาศหรือถุงที่ทำจากวัสดุที่กันออกซิเจนซึมเข้าได้ อีกวิธีหนึ่งที่ได้ผลดีคือการใช้กรดแอสคอร์บิกในขณะ หมักหรือการฉีดพ่นบนผิวหน้าของเนื้อโดยตรง กรดแอสคอร์บิกจะผลิตไนตริกออกไซด์จากไนไตรต์ ที่เหลืออยู่ในเนื้อช่วยให้ผิว หน้าของเนื้อมีไนตริกออกไซด์ที่ถูกผลิต
ออกมาแทนที่อยู่เรื่อยๆเนื้อจึงมีสีแดงสดอยู่เสมอ

การสร้างสูตรผสม

ส่วนประกอบต่างๆ ในการทำผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น เนื้อสัตว์ เกลือไนเตรตไนไตรต์ เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส สาร ช่วยจับน้ำ และน้ำ เป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งนี้โดยมีสัดส่วนผสมที่ แน่นอน มีลักษณะผลิตภัณฑ์ที่น่ารับประทาน รสชาติสม่ำเสมอและอร่อย การทำผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพได้ มาตรฐานจะ ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ส่วนประกอบที่สำคัญแต่ละชนิด เช่น เนื้อสัตว์ เครื่องปรุงแต่งรส เป็นต้น (ชัยณรงค์, 2529)

1. **เนื้อสัตว์**

เนื้อสัตว์เป็นวัตถุดิบพื้นฐานที่มีผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่ เนื้อเยื่อจากสัตว์มีความปรวนแปร ของความชื้น โปรตีน ไขมัน สี และความสามารถในการเกิดอิมัลชันค่อนข้างสูง ดังนั้น ผู้ผลิตจึงควรมีความรู้นอกจาก กล้ามเนื้อโครงร่างของสัตว์แล้วอาจใช้เนื้อเยื่อจากกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อชนิดอื่นเพื่อทดแทน หรือใช้ร่วมกันไปใน การทำ ผลิตภัณฑ์ได้ เนื้อสัตว์มี

ความสามารถในการรวมหรือยึดเกาะน้ำและส่วนผสมต่าง ๆ ให้เข้ากัน และเนื้อยังสามารถประสาน กันและกันเป็นก้อนเดียวกันได้ กล้ามเนื้อโครงร่างหรือ เนื้อที่เป็นผลพลอยได้มีความสามารถในการประสานกันแตกต่าง กันไป เช่น กล้ามเนื้อโครงร่างจากโคจะมีความสามารถในการประสานกันสูงกว่าเนื้อไก่หรือเนื้อสุกร นอกจากนี้ ถ้าเนื้อส่วน ใดมีไขมันปนอยู่สูงกว่าย่อมจะมีความสามารถยึดเกาะต่ำ ส่วนเนื้อที่มีเนื้อเยื่อ เกี่ยวพันสูงจะมีความสามารถในการยึดเกาะ ต่ำลง เนื่องจากเนื้อเยื่อเกี่ยวพันซึ่งส่วนใหญ่ เป็นคอลลาเจนนั้นเมื่อสัมผัสความร้อนจะเปลี่ยนรูปไปเป็นวุ้นซึ่งมีความ สามารถในการยึดเกาะต่ำมาก ดังนั้นการใช้วัสดุเหล่านี้เป็นวัตถุดิบจึงต้องมีข้อจำกัดในการนำมาใช้

2. **ความชื้น**

ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีน้ำอยู่ประมาณ 45-60 เปอร์เซ็นต์ จึงจัดว่าเป็นส่วน ประกอบที่มีอยู่ในปริมาณสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนประกอบอื่น น้ำที่มีในผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่มาจากเนื้อที่ใช้เป็นวัตถุดิบ อย่างไรก็ตามในการผลิต มักเติมน้ำเข้าไปในรูปของน้ำแข็งด้วยเพื่อเหตุผลหลายประการ ได้แก่ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มฉ่ำพอสมควรซึ่ง หากใช้ เพียงน้ำที่มีอยู่จากเนื้อแดงเองอาจจะไม่เพียงพอ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มดีขึ้น และช่วยลดอุณหภูมิส่วนผสมลงเพื่อป้องกันการแตกตัวของอิมัลชัน นอกจากนี้น้ำยังช่วยกระจายส่วนประกอบย่อยอื่นๆที่ใช้ในปริมาณน้อยให้กระจายได้อย่าง ทั่วถึงและสม่ำเสมอและน้ำจะช่วยแทนที่น้ำที่ระเหยออกไปในระหว่างที่ถูกความร้อนในขณะรมควันหรือทำให้ สุกเพื่อช่วยให้ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไม่ลดมากเกินไป (ชัย ณรงค์, 2529)

3. **สารที่ช่วยเพิ่มมวล สารที่ช่วยการรวมตัว และสารที่เพิ่มน้ำหนัก**

ส่วนประกอบที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ที่เติมลงไปในส่วนผสมของการทำผลิตภัณฑ์มีหลายชนิด ได้แก่ สารที่ช่วยเพิ่มเนื้อ สารที่ช่วยการรวมตัวและสารที่เพิ่มน้ำหนัก การเติมส่วนประกอบเหล่านี้เพื่อปรับปรุงความคงทนของอิมัลชันเพิ่มค่าความ สามารถในการจับน้ำ เพื่อมีรสชาติดียิ่งขึ้นและช่วยลดเปอร์เซ็นต์การเสียน้ำหนักในขณะทำให้สุก รวมทั้ง ช่วยปรับปรุงคุณ ภาพในการฝานและช่วยลดต้นทุนการผลิต

3.1 สารที่ช่วยเพิ่มมวล

สารที่ช่วยเพิ่มมวลหรือเพิ่มเนื้อ (extenders) หมายถึง วัสดุที่ไม่ใช่เนื้อแต่เติมลงไปเพื่อช่วยเพิ่มมวลของ ส่วนผสม หรือเปลี่ยนสัดส่วนของส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้โดยไม่นับรวมเกลือ น้ำและเครื่องปรุงรสด้วย

3.2 สารที่ช่วยการรวมตัว

สารที่ช่วยการรวมตัว (binder) เป็นส่วนประกอบอีกชนิดหนึ่งที่เติมเข้าไปเพื่อช่วยในการยึดเกาะน้ำไว้ใน ผลิตภัณฑ์ และทำหน้าที่ในการช่วยให้น้ำและไขมันสามารถรวมกันได้เพื่อให้อิมัลชันคงทนอยู่ได้

3.3 สารที่เพิ่มน้ำหนัก

สารที่เพิ่มน้ำหนัก (filler) หมายถึง สารที่ช่วยให้ยึดเกาะน้ำได้มากขึ้นแต่ช่วยในการเป็นอิมัลชันได้น้อยมาก สารที่ช่วยการรวมตัวที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อ มัก เป็นพวกที่มีโปรตีนสูง เช่น นม ผงหรือผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง ได้แก่ ถั่วเหลืองป่น โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นและโปรตีนถั่ว เหลืองสกัด เป็นต้น แป้งถั่วเหลืองและถั่วเหลืองป่นมีโปรตีนประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น เป็นโปรตีนที่ได้จากถั่วเหลืองซึ่งมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมีโปรตีน ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้ไม่ควรเกิน 2 เปอร์เซ็นต์ เพราะจะทำให้ส่วนผสมเหนียวมากเกินไปจนบรรจุไส้ได้ ยากนอกจากนี้ยังสามารถใช้โปรตีนจากพืช (manufactured vegetable protein, MVP) ซึ่งมีโปรตีนประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ หรือใช้นมผงปราศจากไขมันซึ่งมีโปรตีนประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวโพดและแป้งอื่นๆ ซึ่งใช้ประมาณ 3.5 เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ (ชัยณรงค์, 2529)

4. เครื่องเทศ

เครื่องเทศจัดเป็นเครื่องปรุงแต่งรส (seasoning) ของอาหารทั่วไป ซึ่งถูกเติมไปเพื่อปรุงแต่งรสชาติของผลิต ภัณฑ์ให้มีรสชาติเฉพาะตัว และอาจมีส่วนช่วยในการถนอมอาหารได้การใช้เครื่องเทศบางชนิดยังทำหน้าที่เป็นสารป้อง กันการหืนได้ แต่ทางตรงกันข้ามอาจมีแบคทีเรียปนเปื้อนอยู่ในเครื่องเทศสูง จึงทำให้เก็บผลิตภัณฑ์ได้ไม่นาน เครื่องปรุง รสที่ใช้ในการทำ

ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ได้แก่ ยี่หร่า (anise) กระวาน (cardamom) เมล็ดขึ้นฉ่าย (celery seed) ดอกจันทน์ เทศ (mace) มัสตาร์ด(mustard) ลูกจันทน์เทศ (nutmeg) อบเชย (cinnamon) กระเทียม พริกไทย กานพลู และอื่นๆ เป็นต้น

5. **วัสดุอื่น ๆ**

มีการใช้วัสดุอื่นๆ นอกเหนือไปจากที่ได้กล่าวถึงแล้วอีกหลายชนิด การใช้วัสดุเหล่านี้มีวัตถุประสงค์หลักก็เพื่อเสริมสร้างให้ผลิตผลสุดท้ายมีลักษณะและคุณภาพถูกใจต่อผู้บริโภค และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพด้วย วัสดุอื่นๆที่นิยมใช้นั้น ได้แก่ ไนไตรต์ โซเดียมแอสคอร์เบต และโซเดียมอิริทอเบต (sodium ascorbate and sodium erythorbate) กรดซอร์บิก (sorbic acid) สารฟอสเฟต เช่น โซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต (sodium tripolyphosphate, STPP) เตตะโซเดียมไพโรฟอสเฟต(tetrasodium pyrophosphate, TSPP) และ เตตะโปแตสเซียม ไพโรฟอสเฟต (tetrapotassium pyrophosphate, TKPP) (ชัยณรงค์, 2529)

การเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์

การเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ทั้งที่เป็นเชื้อก่อโรคและไม่ก่อโรคเกิดขึ้นได้จากองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์สภาวะที่ใช้ในการผลิตและการเก็บรักษา (ตารางที่ 7) การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเสื่อมเสียส่วนใหญ่จะเกิดในอาหารประเภทความชื้นสูงซึ่งต้องเก็บในตู้เย็น การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์จะไม่มีผลกับอาหารที่ผ่านความร้อนแล้วซึ่งบรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท อาหารแช่แข็ง ซึ่งอาหารประเภทนี้สามารถเก็บรักษาได้นานหลายเดือน เมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนเชื้อจุลินทรีย์จะถูกทำลาย อาหารก็จะเก็บได้นาน

การบรรจุในภาชนะบรรจุที่สะอาดปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์สามารถช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดีได้ ทำโดยการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนทั้งผลิตภัณฑ์และภาชนะบรรจุ นอกจากนี้ถ้าเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในสภาวะที่เย็นก็สามารถยืดอายุการเก็บได้ ผู้ผลิตมักใช้ขบวนการผลิตแบบ Individually Quick Frozen (IQF) ซึ่งเป็นการทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว จะช่วยรักษาลักษณะเนื้อสัมผัส และสีของผลิตภัณฑ์ให้คงสภาพอยู่ได้ การแช่แข็งช่วยลดการเก็บปฏิกิริยาทางเคมีและเชื้อจุลินทรีย์ทำให้ผลิตภัณฑ์คงคุณภาพและยืดอายุการเก็บได้ (สุจิตรา, 2535)

ตารางที่ 7 สภาวะที่เชื้อจุลินทรีย์ทำให้เกิดโรคเจริญเติบโตและทำให้อาหารเสื่อมเสีย

ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์	pH	Aw	**อุณหภูมิ** (^{o}C)
Bacillus cereus	4.5-9.3	0.92-0.99	10-50
Clostridium botulinum	6.0-8.0	0.90-0.98	30-40
E. coli	6.0-8.0	0.94-0.97	37-41
Most Molds	4.5-6.8	0.70-0.80	25-30
Salmonella	6.0-7.5	0.93-0.96	35-37
Most Yeast	4.0-6.5	0.87-0.94	25-35

ที่มา: ดัดแปลงจากสุจิตรา, 2535

9.1 การจำแนกปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บ

การวางแผนและทดสอบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ จะต้องเข้าใจถึงปัจจัยเริ่มต้นที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ (ตาราง 3) การวัดปัจจัยเหล่านี้จะใช้เป็นตัวกำหนดสภาวะการเก็บของอาหาร ยกตัวอย่างเช่น อาหารที่มีความชื้นและค่า Water Activity สูง มีความเป็นกรดต่ำ อาหารที่ต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และอาหารที่เก็บในภาชนะบรรจุที่อากาศสามารถซึมผ่านได้ ส่วนใหญ่จะเป็นอาหารที่เสื่อมเสียได้ง่ายทั้งจากเชื้อจุลินทรีย์และเอนไซม์

การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และอาจถูกยับยั้งหรือถูกกำจัดได้ ถ้าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสารกันเสีย หรือลดค่า Water Activity การลดความเป็นกรดด่าง หรือการเก็บในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ อย่างไรก็ตามหากปัจจัยเหล่านี้อาจจะส่งผลเสียต่อคุณภาพของอาหารได้ ดังนั้นการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบกับความคงตัวของอาหารมากที่สุดจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก (สุจิตรา, 2535)

ตารางที่ 8 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บ

องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์	**ภาชนะบรรจุ**
• ความเป็นกรดด่าง (pH) • Water Activity • ชนิดและปริมาณของไขมันและน้ำมัน • น้ำตาลจำพวก Reducing Sugar • ความไวของสารอาหารต่อปัจจัยภายนอก เช่น pH ความร้อน ความชื้น และแสง • ปฏิกิริยาของสารประกอบกับสิ่งอื่น ๆ	ลักษณะเกราะป้องกัน เช่น ออกซิเจน กลิ่น แสง ความแข็งแรงในการปิดผนึก การถ่ายเทระหว่างภายในและภายนอก ชนิดและปริมาณอากาศภายในภาชนะบรรจุ การขนส่ง การกระแทก การสั่นสะเทือน ปฏิกิริยาระหว่างผลิตภัณฑ์กับภาชนะบรรจุ
ขบวนการผลิต	**สภาวะแวดล้อม**
• ผลของเชื้อจุลินทรีย์ • ผลของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ • ผลของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบและการย่อยสลายของสารอาหาร	อุณหภูมิระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษา ความชื้นสัมพัทธ์ ก๊าซในบรรยากาศ แสง

ที่มา: ดัดแปลงจากสุจิตรา, 2535

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ketnawa และRawdkuen (2011) ศึกษาผลของสารสกัดโบรมีเลนที่ได้จากสารละลายส่วนบนของการใช้สารละลายสองชนิดในการสกัดแบบแยกส่วน คือโพลีเอธิลีนไกลคอล – 6000 ร้อยละ 18 และ $MgSO_4$ ร้อยละ 17เพื่อทำให้เกิดความนุ่มในกล้ามเนื้ออาหารประเภท เนื้อวัว , ไก่, และปลาหมึกที่มีรูปร่างขนาดเดียวกัน หมักด้วยสารสกัดโบรมีเลนความเข้มข้นต่างกัน (ร้อยละ 0 , 3, 7, 10 และ 20) ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สมบัติทางเคมีกายภาพได้รับการศึกษาวิเคราะห์ การลดลงในค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณความชื้นได้รับการสังเกตในตัวอย่างที่ใช้สารสกัดโบรมีเลน พบว่าสารละลาย กรดไตรคลอโรอะซิติกเปปไทด์มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สมบัติในการอุ้มน้ำและน้ำหนักเนื้อเมื่อทำให้สุกลดลงในทุกตัวอย่างการทดลองโดยเฉพาะเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดโบรมีเลนเพิ่มขึ้น จะมีผลต่อการสังเกตค่าความแน่นเนื้อและความเหนียวของเนื้อสัมผัสมีค่าลดลงใน เมื่อใช้สารสกัดโบรมีเลนที่ ร้อยละ 20 (W/W)ผลสรุปแสดงให้เห็นว่าค่าสารสกัด โบรมีเลนที่ได้จากเปลือกสับปะรดโดยใช้การสกัดแบบใช้สารละลาย 2 ชนิดในการแยกส่วนมีความสามารถ ทำให้เกิดความนุ่มเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Ionescu และคณะ (2008) ศึกษาผลของปาเปน (papain) และโบรมีเลน (bromelin) ต่อกล้ามเนื้อและโปรตีนคอลลาเจนในเนื้อวัว โดยการฉีดน้ำเกลือร่วมกับเอนไซม์ในระดับความเข้มข้นและอุณหภูมิที่ต่างกัน การใช้ปาเปน และโบรมีเลนนร่วมกับเอนไซม์ภายในเนื้อสัตว์ โดยวัดสารประกอบไนโตรเจนที่ส่งผลในการย่อยสลายของโปรตีนในเนื้อสัตว์และวัดปริมาณไฮโดรซีโพรลีน(hydroxyproline) ที่เกิดจากการย่อยสลายคอลลาเจนในระหว่างการทำให้นุ่มด้วยเอนไซม์และการเพิ่มความร้อนของเนื้อพบว่าปาเปนและโบรมิลินจะจำกัดการไฮโดรไลซีส(hydrolysis) ของโปรตีนในเนื้อวัว ซึ่งมีผลทำให้เกิดการสูญเสียคุณลักษณะทางกายภาพของกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ร่วมกับการละลายของโปรตีนโครงสร้างซึ่งทำให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพด้านความนุ่มของเนื้อ โดยจะมีผลทั้งในเนื้อดิบและในเนื้อปรุงสุกที่บ่มไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 และ48 ชั่วโมง

เสาวนีย์ และคณะ (2011) รายงานถึงผลของการใช้เอนไซม์โบรมิเลนจากผลสับปะรดในการทำให้สเต็กหมูนุ่ม การทดสอบสมบัติทางเคมีกายภาพได้แก่ ค่า pH ปริมาณเถ้า ความชื้นและสารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid, TSS)และนำไปสกัดเอนไซม์โบรมิเลนโดยการตกตะกอนโปรตีนด้วย เอทิล แอลกอฮอล์ 95% ทดสอบแอกติวิตีของเอนไซม์โบรมิเลนสกัดหยาบ

โดยวิธี Casein Digestion Unit (CDU) ทำการทดลองหมักเนื้อหมูเปรียบเทียบผงหมักเนื้อทางการค้าโดยแปรปริมาณเอนไซม์ต่อสเต็กหมู โดยสูตรที S1ใช้เอนไซม์ทางการค้า 0.038% ส่วนสูตร 2 และ 3 ใช้เอนไซม์โบรมิเลนสกัดแบบหยาบ 0.038 และ 0.075%หมักนาน 30 นาที นำไปทอดจากนั้นประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9 point hedonicscale และทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของสเต็กหมูโดยการวัดค่าแรงเฉือนด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส(Texture analyzer)สมบัติทางเคมีกายภาพของเอนไซม์โบรมิเลนสกัดแบบหยาบจากผลสับปะรดมีค่า pH เท่ากับ 4.30 ค่าปริมาณเถ้าความชื้น และ TSS เท่ากับ 0.28 85.12 และ 11.0 % ตามลำดับ ส่วนค่า CDU ของเอนไซม์โบรมิเลนทางการค้าและเอนไซม์โบรมิเลนที Sสกัดแบบหยาบจากผลสับปะรดมีค่าเท่ากับ 1855.36 และ 3243.72 CDU/mg ตามลำดับ ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติความนุ่มและความชอบโดยรวมของทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่าง($p>0.05$) ค่าแรงเฉือนของสูตร 1 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสูตร 2และสูตร 3 ($p>0.05$) แต่สูตร 2 มีค่าแรงเฉือนมากกว่าสูตร 3($p<0.05$) เอนไซม์โบรมิเลนสกัดแบบหยาบในงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นผงหมักเนื้อได้

จากผลการทดลองพบว่าผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส ความนุ่ม และความชอบโดยรวมของสเต็กทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ผลการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า สเต็กหมูสูตรที่ไม่เติมเอนไซม์โบรมิเลนจะมีค่าแรงเฉือนแตกต่างกับสูตรที่เติมเอนไซม์โบรมิเลนอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) การใช้เกลือและน้ำตาลไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัส เมื่อเปรียบเทียบเนื้อสัมผัสของสเต็กที่ใช้ผงหมักเนื้อและเอนไซม์สกัดหยาบพบว่า ค่าแรงเฉือนของสูตร 1 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสูตร 2และสูตร 3 ($p>0.05$) แต่ค่าแรงเฉือนของสูตรที่2 กับสูตรที่ 3แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ดังนั้นการใช้เอนไซม์สกัดหยาบสามารถทำให้สเต็กหมูนุ่มได้ใกล้เคียงกับผงหมักเนื้อทางการค้า และเมื่อปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนสกัดหยาบเพิ่มขึ้นส่งผลให้ สเต็กหมูมีความนุ่มเพิ่มมากขึ้น

อรวินท์และทนง (2527) รายงานถึงผลการทดลอง ปฏิกริยาการทำงานของโบรมีเลนจากสับปะรดโบรมีเลนเช่นเดียวเดียวกับเอนไซม์ทั่วไปที่มีปฏิกิริยาการทำงานเฉพาะและขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ความเป็นกรด -ด่าง ซึ่งมีช่วงเหมาะสมประมาณ 7.0 จากการทดลองปรากฏว่าเอนไซม์นี้สามารถทำงานได้ระหว่าง pH 6.5 ถึง 8.0 โดยทั่วไปแล้วความเหมาะสมของ pH ต่อการทำงานของโบรมีเลนจะมีช่วงกว้างคือในช่วง pH 6.0-7.5 ขึ้นอยู่กับชนิดของซับสเตรท

จากการศึกษาปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิต่างๆ ตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึง 50 องศาเซลเซียส ปรากฏว่ามีอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การทำงานของโบรมีเลนประมาณ 40 องศา

เซลเซียส โดยทั่วไปการทำงานของเอนไซม์จะอยู่ระหว่างอุณหภูมิ 27-60 องศาเซลเซียล ซึ่งค่อนข้างต่ำกว่าปาเปนที่มีอุณหภูมิเหมาะสมที่ 60-82 องศาเซลเซียส แต่คล้ายของฟิซินซึ่งมีอุณหภูมิเหมาะสมอยู่ระหว่าง 27-50 องศาเซลเซียส

เมื่อเก็บเอนไซม์โบรมีเลนที่สกัดได้ในรูปสารละลายไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลาตั้งแต่ 1 ถึง 4 วัน เมื่อตรวจสอบแล้วปรากฏว่ามีการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาการทำงานน้อยมาก แสดงว่าเอนไซม์ที่สกัดได้สามารถเก็บไว้ในตู้เย็นได้นานอย่างน้อย 4 วัน แต่อย่างไรก็ตาม อาจมีแนวโน้มที่จะลดลงได้เมื่อเก็บไว้นานขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัตถุดิบ

1. สับปะรด
2. เนื้อวัว
3. เนื้อไก่
4. เนื้อหมู

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
   - 1.1 ถังน้ำ
   - 1.2 มีด
   - 1.3 เขียง
   - 1.4 อุปกรณ์เครื่องครัว
   - 1.5 เครื่องชั่ง (2 ตำแหน่ง)
   - 1.6 หลอดทดลองพร้อมฝา
   - 1.7 ผ้ากรอง
2. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส
   - 2.1. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ
     - 2.1.1 เครื่องมือในการทำแห้งแบบ Freeze Dry
     - 2.1.2 ตู้อบแห้งลมร้อน
     - 2.1.3 อุปกรณ์เครื่องในการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส
     - 2.1.4 เครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง
     - 2.1.5 เครื่องระเหยสารเข้มข้น Rotary Evapotor
   - 2.2. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี
     - 2.2.1. เครื่องมือในการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 1984)
     - 2.2.2. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ค่า pH
     - 2.2.3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ค่า water holding capacity
     - 2.2.5. อุปกรณ์วิเคราะห์ค่า cooking yield

2.3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.3.1 แก้วน้ำ

2.3.2 ถาด

2.3.3 ถ้วย

2.3.4 ช้อน

2.3.5 แบบสอบถาม + ดินสอ

3. สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- สารละลายเอทานอล

- สารโซเดียมคลอไรด์

- สารกรดไตรคลอโรอซิติค

- สารละลายอะซีโตน

- สารแอมโมเนียมซัลเฟต

วิธีการ

ตอนที่ 1 ดำเนินการศึกษาองค์ประกอบของเอนไซม์ออกฤทธิ์ย่อยสับปะรดและการแยกเอนไซม์ให้บริสุทธิ์นี้

1.ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนเอนไซม์ที่ได้จากการตกตะกอนสับปะรดต่างสายพันธุ์

2.ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแยกตะกอนที่เหมาะสมโดยสารละลายอะซีโตน เอทานอล และ เกลือแอมโมเนียมซัลเฟต

3. ศึกษาเปรียบเทียบการตกตะกอนที่อุณหภูมิที่ห้องและที่ 4 องศาเซลเซียด

4. ศึกษาเปรียบเทียบการตกตะกอนเอนไซม์ในระดับความสุกแก่ที่ต่างกัน เมื่อผิวสับปะรดมีสีเขียว เขียว-เหลืองและเหลือง

ตอนที่ 2 ดำเนินการศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการทำซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิว จากเอนไซม์โบรมิเลน

2.1 ตรวจสอบความแตกต่างของตัวอย่างเนื้อวัวในส่วนเนื้อสะโพกตอนล่างภายหลังการหมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มที่ความเข้มข้นที่ร้อยละ 0 1 2 และ 3 ของน้ำหนักเนื้อ โดยตรวจหาค่า ความแน่นเนื้อและเนื้อสัมผัส ค่าความชื้น ค่าผลผลิตหลังสุก (cooking yield), ค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scaling 9 point ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมักซอสเนื้อนุ่มบาบีคิว โดยใช้ผู้ชิมที่มีประสบการณ์จำนวน 40 คนตรวจสอบด้านสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัสและความชอบรวม วาง

แผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test

2.2 ศึกษาเปรียบเทียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของซอสหมักเนื้อนุ่มที่เหมาะสมได้จากการทดลองที่ 3.1 เปรียบเทียบการหมักเนื้อต่างชนิดกันคือ เนื้อวัว เนื้อหมู และเนื้อไก่ โดยตรวจหาค่าความแน่นเนื้อและเนื้อสัมผัส ค่าความชื้น ค่าผลผลิตหลังสุก (cooking yield)นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test

ตอนที่ 3 ดำเนินการศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการทำผงหมักเนื้อนุ่ม ตรวจสอบความแตกต่างของตัวอย่างเนื้อหมูภายหลังการหมักผงโปรตีนเนื้อนุ่มที่ความเข้มข้นที่ร้อยละ 0 0.5 1 1.5 และ 2 ของน้ำหนักเนื้อ โดยตรวจหาค่าความแน่นเนื้อและเนื้อสัมผัส ค่าความชื้น ค่า water holding capacity, ค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scaling 9 point ของผลิตภัณฑ์หมูหมักผงเนื้อนุ่ม โดยใช้ผู้ชิมที่ผ่านการฝึกฝนและมีประสบการณ์จำนวน 12 คนตรวจสอบด้านความนุ่ม ความเหนียว ลักษณะปรากฏ และการชอบรวม วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) ตรวจสอบความแตกต่างของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test.

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลของการสกัดโปรตีนเอนไซม์สับปะรดจากการตกตะกอนของแกนและเนื้อสับปะรด

จากการรวบรวมเอกสารสำรวจผลผลิตสับปะรดในจังหวัดลำปาง โดยเฉพาะบริเวณชุมชนผู้ปลูกสับปะรด ต.บ้านเสด็จ จ.ลำปาง พบว่า สายพันธุ์สับปะรดที่ปลูกทั้งหมดเป็นปัตตาเวีย (สายน้ำผึ้ง) เนื่องจากเป็นสับปะรดที่ปลูกตามความต้องการของโรงงาน ที่รับซื้อ และไม่นิยมปลูกพันธุ์อื่น เช่นนางแล หรือ ภูแล เนื่องจากสายพันธุ์ดังกล่าวมีขนาดเล็ก มีสี ความหวาน รสชาติไม่เป็นไปตามที่โรงงานต้องการ ดังนั้น ผู้วิจัยจึง นำสับปะรดขนาดประมาณ 1 กิโลกรัม ราคาต่อหัว 10 บาท จากบริเวณดังกล่าว และ เปรียบเทียบกับ สับปะรดปัตตาเวียสายพันธุ์ห้วยมุ่น จ .อุตรดิตถ์ ที่มีความสุกเหลืองเต็มที่มาทำการศึกษาวิธีการแยกโปรตีน โดยแบ่งเป็นส่วน ๕ ส่วน พบว่ามีน้ำหนักเฉลี่ยแต่ละส่วนดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงผลของปริมาณน้ำหนัก สารสกัดโปรตีนจากการตกตะกอนของแกนและเนื้อสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ของผลสับปะรด

สายพันธุ์ปัตตาเวีย	น้ำหนัก (กรัม)					
	total	crown	core	fruit	peel	stem
สายน้ำผึ้ง	857.50±10.61	23.33±5.77	76.67±11.55	536.67±5.77	111.67±10.41	23.33±5.77
ห้วยมุ่น	1020.00±36.06	40.00±0	140.00±10.00	573.33±35.12	116.67±5.77	26.67±5.78

หมายเหตุ: น้ำหนักที่หายไปเป็นส่วนของใบและส่วนเน่าเสียที่เกิดขึ้นจริง และผลสับปะรดห้วยมุ่นมีขนาดโดยเฉลี่ยใหญ่กว่าสายน้ำผึ้งเล็กน้อย เมื่อนำมาวัด pH พบว่า pH ของส่วนดังกล่าวมีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 10 ดังนี้

ตารางที่ 10 แสดงผลของปริมาณสารสกัดโปรตีนจากการตกตะกอนในแต่ละส่วนของผลสับปะรด

สายพันธุ์ปัตตาเวีย	ค่าความเป็นกรดด่าง				
	crown	core	fruit	peel	stem
สายน้ำผึ้ง	4.90±0.10	3.80±0.04	4.28±0.17	4.39±0.09	5.16±0.14
ห้วยมุ่น	4.85+0.09	3.76+0.08	4.09+0.08	4.19+0.03	4.98+0.06

ข้อมูลดังกล่าวนี้เป็นส่วนสำคัญที่จะได้นำไปใช้ในการพัฒนาผงหมักเนื้อนุ่มและซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวให้เอนไซม์มีความคงตัวในโครงการต่อไป

เมื่อนำแต่ละส่วนมาศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแยกโปรตีนที่เหมาะสม โดยใช้สารละลายอะซีโตน เอทานอล และแอมโมเนียมซัลเฟตพบว่า อะซีโตนสามารถตกตะกอนโปรตีนได้ดีกว่าการใช้เอธานอล และการใช้เกลือแอมโมเนียมซัลเฟตโดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 11 ดังนี้

ตารางที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบผลดีและผลเสียของการใช้สารละลายต่างชนิดกันในการตกตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลน

สารเคมีที่ใช้ตกตะกอน	ข้อดี	ข้อเสีย
อะซีโตน	-ตกตะกอนโปรตีนได้ดีมาก -ไม่ตกตะกอนคาร์โบไฮเดรต -ระเหยได้เร็ว -	-ไม่มีเอกสารรองรับความปลอดภัยเมื่อนำมาใช้บริโภค -ต้นทุนสูง (0.2128 บาท ต่อ mL) -ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สามารถนำมาบริโภคได้เนื่องจากไม่มั่นใจเรื่องสารตกค้าง จึงจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติม
เอธานอล	-ตกตะกอนโปรตีนได้ดี -ปลอดภัยต่อผู้บริโภค -ต้นทุนต่ำ (0.0625 บาท ต่อ mL) -หากมีชุดกลั่นแอลกอฮอล์จะสามารถนำ supernatant มาซ้ำได้หลายครั้ง	-ตะกอนคาร์โบไฮเดรตได้ด้วย
เกลือแอมโมเนียมซัลเฟต	-ตกตะกอนโปรตีนได้พอใช้ -ต้นทุนต่ำ (0.0096 บาท ต่อ mL) -ไม่ตกตะกอนคาร์โบไฮเดรต	-กำจัดเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตออกยากมาก -ไม่มีเอกสารรองรับความปลอดภัยเมื่อนำมาใช้บริโภค

จากตารางที่ 11 พบว่าการ เลือกใช้เอธานอล จะให้ความปลอดภัยต่ อผู้บริโภค และลดต้นทุน โดยนำมาศึกษาปริมาณเอ ทานอลต่ำสุดที่ใช้ตกตะกอนพบว่า อัตราส่วน สับปะรดต่อเอธนาอลที่เหมาะสม คือ 1:1 (W/V) และเมื่อนำมาเปรียบเทียบการตกตะกอนในที่อุณหภูมิห้องและที่ 4 องศาเซลเซียส ใช้เวลาข้ามคืน (16 ชั่วโมง) พบว่า ตะกอนโปรตีนที่อยู่ในอุณหภูมิห้องมีคาร์โบไฮเดรตปนมาน้อยกว่าที่เก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าตะกอนแขวนลอยยังพบน้อยกว่าที่ การเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส อีกด้วย และเมื่อนำตะกอนที่ได้มากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น โดยใช้วิธี suction flask filtration แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 3 – 5 วัน จนแห้งพบปริมาณโปรตีนแห้งดังตารางที่ 12 ดังนี้

ตารางที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณตะกอนโปรตีนเอนไซม์สับปะรดจากส่วนต่างๆของสับปะรด

สายพันธุ์ปัตตาเวีย	ปริมาณโปรตีน (มิลลิกรัม)				
	crown	core	fruit	peel	stem
สายน้ำผึ้ง	340.3±26.0	139.6±22.6	2091.5±160.2	356.8±35.0	39.9±9.9
ห้วยมุ่น	332.9±63.2	135.6±40.6	2230.4±106.6	246.8±65.1	17.1±1.5

จากข้อมูลที่ได้นี้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของสับปะรดสายน้ำผึ้ง ที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดลำปาง จากการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นจึงพบว่าการสกัดเอนไซม์สับปะรดที่อุณหภูมิห้องมีประสิทธิภาพในการตกตะกอนโปรตีนได้ดีกว่าการเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส จึงนำผลการทดลองมาดำเนินการทดลองซึ่งผลผลิตของโปรตีนที่ได้นี้จะนำไปศึกษากิจกรรมของเอนไซม์และพัฒนาผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อคำนึงถึงความปลอดภัยผู้บริโภคเป็นหลักจะพบว่าส่วนของก้านและเปลือกสับปะรดไม่ควรนำมาใช้ในการตกตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลนเพื่อใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อาหารอันเนื่องมาจากเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่ามีการใช้ยาฆ่าแมลงในระหว่างการเพาะปลูกสับปะรดดังนั้นการนำส่วนของเปลือกและก้านมาสกัดเอนไซม์เพื่อทำผลิตภัณฑ์จึงเป็นการเสี่ยงต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ดังนั้นในการผลิตผลิตภัณฑ์ผงหมักเนื้อนุ่มจึงใช้ส่วนแกนสับปะรดและซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวจึงได้พิจารณานำเฉพาะส่วนเนื้อสับปะรดในการตกตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลน ต่อไป โดยทำการศึกษา เรื่องความสุกแก่ของเนื้อและแกนที่จะมีความปลอดภัยในด้านสารพิษตกค้างจากยาฆ่าแมลงมากกว่าการใช้จุก ก้าน และเปลือกของสับปะรด โดยในการทดลองได้นำเนื้อสับปะรดและแกนสับปะรดมาทำการศึกษาผลของความสุกแก่ของผล

สับปะรดต่อการตกตะกอนของเอนไซม์สับปะรดซึ่งการทดลองได้ดำเนินการสกัดสับปะรดด้วยสับปะรดต่อเอ ทานอลในปริมาณที่เหมาะสม คือ 1:1 (W/V) และจากการศึกษาผลของ ความสุกแก่ของสับปะรดต่อ การตกตะกอนเพื่อนำผลการวิจัย มาใช้ ในการเลือกความสุกแก่เพื่อ ใช้กับผลิตภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสมในเชิงการค้าให้ได้โปรตีนตกตะกอนที่มีปริมาณสูงสุดซึ่งพบว่าในการสกัดด้วยเอ ทานอลใช้เวลาข้ามคืน (16 ชั่วโมง) ก่อนทำการกรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น ก่อนเข้าเครื่อง vacuum rotary evaporation เพื่อทำการแยกเอ ทานอลและแยกตะกอนโดยเข้าเครื่อง Centrifuge ที่ 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำ ตะกอนไปทำให้แห้งซึ่งได้ปริมาณดังแสดงผลในตารางที่ 14 ซึ่งแสดงปริมาณสารสกัดโปรตีนจากการตกตะกอนของแกนและเนื้อสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ของผลสับปะรดที่เปลือกสับปะรดมีสีเขียว สีเขียว -เหลือง และสีเหลืองพบว่าผลการตกตะกอนโปรตีนแห้งโดยวิธีดังนี้

ตารางที่ 13 แสดงผลของปริมาณสารสกัดโปรตีนจากการตกตะกอนของแกนและเนื้อสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ของผลสับปะรดที่เปลือกสับปะรดมีสีเขียว สีเขียว -เหลือง และสีเหลือง

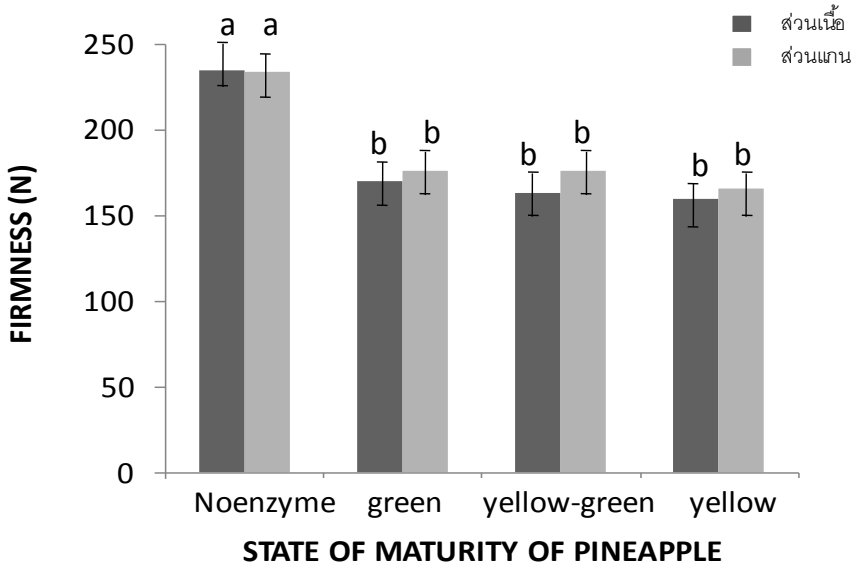
ส่วนของสับปะรด	ปริมาณโปรตีนตกตะกอนระยะความสุกแก่ (กรัม/กิโลกรัมเนื้อ)		
	เขียว	เขียว - เหลือง	เหลือง
แกนสับปะรด	3.37 ± 0.42^{D}	3.86 ± 0.49^{CD}	4.58 ± 0.15^{AB}
เนื้อสับปะรด	3.52 ± 0.35^{CD}	4.08 ± 0.25^{BC}	4.99 ± 0.22^{A}

ในการทดลองการสกัดเอนไซม์จากสับปะรดโดยใช้สับปะรดส่วนแกนและส่วนเนื้อสับปะรดที่ระดับอายุของผลสับปะรดที่เปลือกมีสีเขียว สีเขียว -เหลือง และสีเหลือง โดย พบว่าโปรตีนที่ตกตะกอนจากแกนสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ของสับปะรดที่เปลือกมีสีเขียว สีเขียว -เหลือง และสีเหลืองมีปริมาณของโปรตีนที่ตกตะกอนอยู่ที่ 3.37 3.86 และ 4.58 กรัมต่อกิโลกรัมของเนื้อสับปะรดตามลำดับ และพบว่าแกน สับปะรดที่มีเปลือกสีเหลืองมีปริมาณโปรตีนเอนไซม์ตกตะกอนสูงสุดโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดที่มีเปลือกสีเขียว และสีเขียว-เหลือง ในขณะที่โปรตีนที่ตกตะกอนของ เนื้อสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ของสับปะรดจากสีเขียว สีเขียว -เหลือง และสีเหลืองมีโปรตีน ตกตะกอนในปริมาณสูงสุดเท่ากับ 3.52 4.08 และ 4.99 กรัมต่อกิโลกรัมของเนื้อสับปะรด ตามลำดับโดยเนื้อสับปะรดที่ระดับความสุกเมื่อ

เปลือกสับปะรดมีสีเหลืองมีปริมาณโปรตีนเอนไซม์ตกตะกอนสูงสุดโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดที่มีเปลือกสีเขียว และสีเขียว-เหลือง

การวัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness)

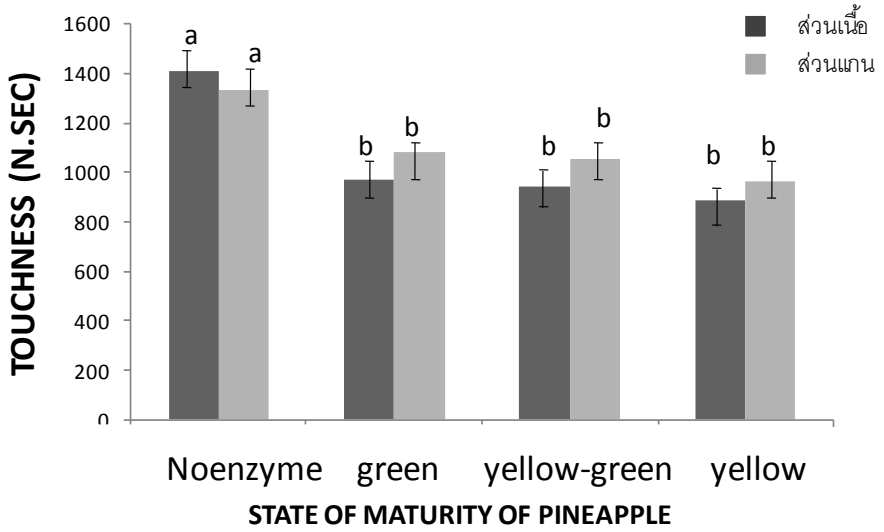
การวัดค่าความแน่นเนื้อและเนื้อสัมผัสของการหมักเนื้อวัวช่วงส่วนสะโพกตอนล่างด้วยตะกอนโปรตีนของเอนไซม์โดยตัดชิ้นเนื้อให้มีขนาด 1x1x1 นิ้วที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และเติมน้ำร้อยละ 10 ของน้ำหนักเนื้อ ทำการหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมงโดยทำการทดสอบจำนวนซ้ำเป็นเวลา 10 ซ้ำ และทำการ เปรียบเทียบระหว่างเนื้อที่ไม่ผ่านการหมักด้วยตะกอนโปรตีนเอนไซม์สับปะรดให้เป็นสิ่งควบคุม เนื้อที่หมัก ด้วยตะกอนโปรตีนของเนื้อสับปะรดที่ระดับความสุกแก่เมื่อผลสับปะรดมีเปลือกสีเขียว สีเขียว-เหลือง และสีเหลืองตามลำดับ พบว่าค่าความแน่นเนื้อสำหรับเนื้อที่ไม่ผ่านการหมักด้วยตะกอนโปรตีน เนื้อที่ผ่านการหมักเอนไซม์ในระดับความสุกแก่เมื่อเปลือกสับปะรดมีสีเขียว สีเขียว-เหลือง สีเหลือง มีค่า ความแน่นเนื้อที่ 235.41 170.59 163.87 และ160.27 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความแน่นเนื้อที่ไม่ผ่านการหมักด้วยตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลนที่ได้จากแกนสับปะรดให้เป็นสิ่งควบคุมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความแน่นเนื้อ ที่ผ่านการหมักด้วยตะกอนโปรตีนที่ระดับความสุกแก่เมื่อเปลือกสับปะรดมีสีเขียว สีเขียว -เหลือง สีเหลือง มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 234.81 176.24 176.58 และ165.74 ตามลำดับ โดยทั้งเนื้อวัวที่ผ่านการหมักด้วยตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลนที่ได้จากเนื้อและแกนสับปะรดที่มีระดับความสุกแก่ที่ผิวเปลือกสับปะรดมีสีเขียว เขียว -เหลือง และเหลืองตามลำดับไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อที่ไม่ผ่านการหมักด้วยตะกอนโปรตีนเอนเอนไซม์โบรมิเลน



ภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ระหว่างตะกอนเอนไซม์ที่ได้จากเนื้อและแกนสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ของสับปะรดต่างกัน

ด้านค่าแรงสัมผัส (Toughness)

การเปรียบเทียบระหว่างเนื้อที่ไม่ผ่านการหมักด้วยตะกอนโปรตีนเอนไซม์สับปะรดให้เป็นสิ่งควบคุม เนื้อที่หมัก ด้วยตะกอนโปรตีนของเนื้อสับปะรดที่ระดับความสุกแก่เมื่อผลสับปะรดมีเปลือกสีเขียว สีเขียว-เหลือง และสีเหลือง ตามลำดับ พบว่าค่าความแรงสัมผัสเนื้อสำหรับเนื้อที่ไม่ผ่านการหมักด้วยตะกอนโปรตีน เนื้อที่ผ่านการหมักเอนไซม์ในระดับความสุกแก่เมื่อเปลือกสับปะรดมีสีเขียว สีเขียว-เหลือง สีเหลือง มีค่า แรงสัมผัสเนื้อที่ 1406.04 970.36 938.12 และ 885.75 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความแรงสัมผัสเนื้อที่ไม่ผ่านการหมักด้วยตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลนสับปะรดที่ได้จากแกนสับปะรดให้เป็นสิ่งควบคุมเปรียบเทียบกับค่าความแรงสัมผัสเนื้อที่ผ่านการหมักด้วยตะกอนโปรตีนที่ระดับความสุกแก่เมื่อเปลือกสับปะรดมีสีเขียว สีเขียว -เหลือง สีเหลือง มีค่าแรงสัมผัสเนื้อเท่ากับ 1329.83 1078.79 1051.48 และ960.35 ตามลำดับ โดยทั้งเนื้อวัวที่ผ่านการหมักด้วยตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลนที่ได้จากเนื้อและแกนสับปะรดที่มีระดับความสุกแก่ที่ผิวเปลือกสับปะรดมีสีเขียว เขียว -เหลือง และเหลืองตามลำดับไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อที่ไม่ผ่านการหมักด้วยตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลน



ภาพที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงเนื้อสัมผัส (Toughness) เปรียบเทียบระหว่างตะกอนเอนไซม์ที่ได้จากเนื้อและแกนสับปะรดและระยะความสุกแก่ของสับปะรด

2. ผลของการใช้ปริมาณเอนไซม์โบรมีเลนจากเนื้อสับปะรดที่มีต่อความนุ่มของเนื้อวัวหมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวความเข้มข้นต่างกัน

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อวัวหมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวความเข้มข้นต่างกัน

การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อวัวหมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวจากสารสกัดเอนไซม์โปรตีนโบรมิเลนของเนื้อสับปะรดที่ปริมาณความเข้มข้นต่างกันที่ระดับความเข้มข้นเอนไซม์โบรมิเลนที่ร้อยละ 0 1 2 และ 3 พบว่าค่าความเป็นกรดด่าง ความชื้นและผลผลิตหลังสุกมีค่าเป็นแนวทางเดียวกันโดยมีค่าลดลงตามลำดับเมื่อค่าความเข้มข้นสูงขึ้นโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

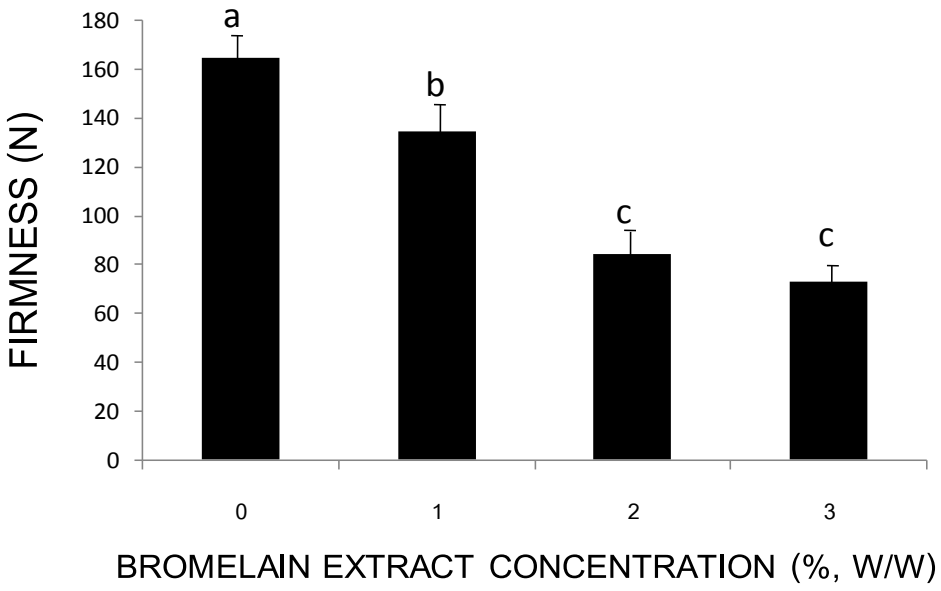
ตารางที่ 14 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อวัวหมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวจากสารสกัดเอนไซม์โปรตีนโบรมิเลนที่ปริมาณความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้นของโปรตีนเอนไซม์ (เปอร์เซ็นต์)	**ความเป็นกรดด่าง** (pH)	ความชื้น (moisture content)	**ผลผลิตหลังสุก** (cooking Yield)
0	5.44±0.01a	75.82±0.05a	74.24±0.07a
1	5.30±0.01b	74.40±0.26b	71.73±0.08b
2	5.28±0.01c	72.37±0.18c	62.71±0.02c
3	5.26±0.01c	70.88±0.17d	62.32±0.12d

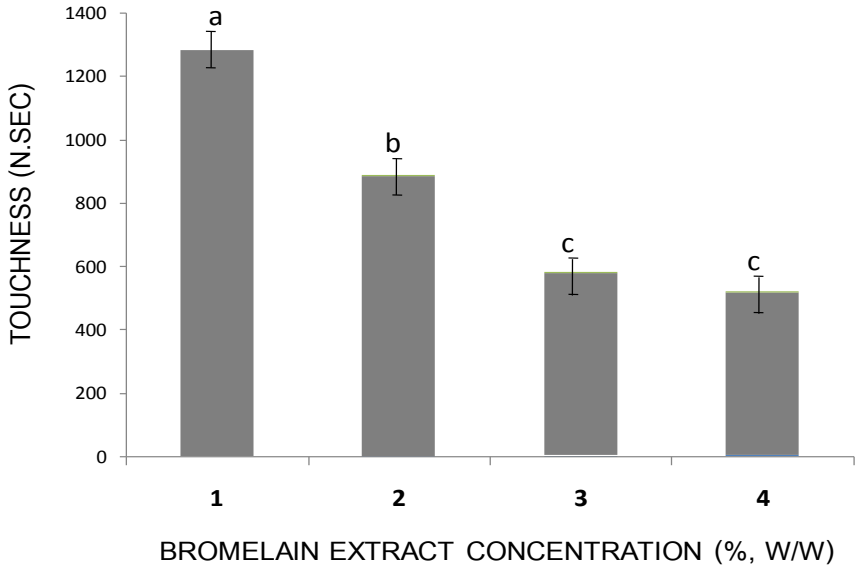
ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนของจำนวนซ้ำ 3 ซ้ำ
A-D ค่าเฉลี่ยของแถวในแนวตั้งที่กำกับด้วยตัวอักษรเป็นค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงสัมผัสที่ระดับความเข้มข้นเอนไซม์ต่างกัน

ค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงสัมผัสที่ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ร้อยละ 2 และ 3 โดยให้ค่าความแน่นเนื้อต่ำสุดซึ่งหมายถึงความนุ่มเนื้อสูงสุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่มีความเข้มข้นเอนไซม์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 และ 1โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤ 0.05)โดยค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงสัมผัสที่ระดับความเข้มข้นเอนไซม์ต่างกันมีแนวทางเดียวกันดังภาพที่ 7 และ 8 โดยค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงสัมผัสของการหมักเนื้อที่ความเข้มข้นเอนไซม์ที่ตกตะกอนได้ผสมร้อยละที่ 0, 1, 2 และ 3 ในส่วนของค่าความแน่นเนื้อมีค่า 164.61, 134.68, 84.33 และ 73.169มลำดับ ในขณะที่ ค่าแรงสัมผัสมีค่า 1286.05, 886.67, 578.54 และ 514.67 ตามลำดับ



ภาพที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของเนื้อวัวหมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวที่มีความเข้มข้นของเอนไซม์ปริมาณต่างกันก่อนการปรุงสุก



ภาพที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงสัมผัสเนื้อ (Touchness) ของเนื้อวัวหมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวที่มีความเข้มข้นของเอนไซม์ปริมาณต่างกันก่อนการปรุงสุก

การศึกษาทางประสาทสัมผัส ของเนื้อหมักซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวที่ความเข้มข้นโปรตีนเอนไซม์ที่ต่างกัน

ด้านค่าทางประสาทสัมผัสโดยวิธี A nine-point hedonic scale ของเนื้อหมักซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวที่ความเข้มข้นโปรตีนเอนไซม์ที่ต่างกันพบว่าที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 ให้ค่าคะแนนด้านสี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัสสูงสุดโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ด้านความชอบรวมระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 15 การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี A nine-point hedonic scale ของเนื้อหมักซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวที่ความเข้มข้นโปรตีนเอนไซม์ที่ต่างกัน

ความเข้มข้นของโปรตีนเอนไซม์ (เปอร์เซ็นต์)	**คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส**				
	สี	**กลิ่น**	**รส**	**เนื้อสัมผัส**	**ความชอบรวม**
0	6.95±0.69C	7.35±0.74B	7.50±0.51B	6.50±0.51D	6.00±0.88C
1	7.45±0.75B	7.35±0.48B	7.50±0.51B	7.00±0.55C	7.15±0.36B
2	7.80±0.41A	8.05±0.81A	8.00±0.55A	8.45±0.64A	8.37±0.74A
3	7.65±0.48AB	7.05±0.99B	7.40±0.93B	8.00±0.85B	8.20±0.69A

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนของผู้ชิม 40 คน
A-B ค่าเฉลี่ยของแถวในแนวตั้งที่กำกับด้วยตัวอักษรเป็นค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ค่าค่าระดับค่สเกล: 9 (ชอบมาก) ถึง 1 (ไม่ชอบ)

การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อต่างชนิดกัน

ด้านการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อวัว เนื้อหมูและเนื้อไก่หมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวจากตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลนที่ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 2 พบว่าค่าความเป็นกรดด่าง ความชื้นสัมผัสและผลผลิตหลังสุกของเนื้อวัว เนื้อหมูและเนื้อไก่มีค่า 5.28 5.47 และ 5.80 ค่าความชื้นสัมผัสอยู่ที่ 72.37 81.40 และ 80.98 และค่าผลผลิตหลังสุกมีค่า 62.71 73.77 และ 78.22 ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 16

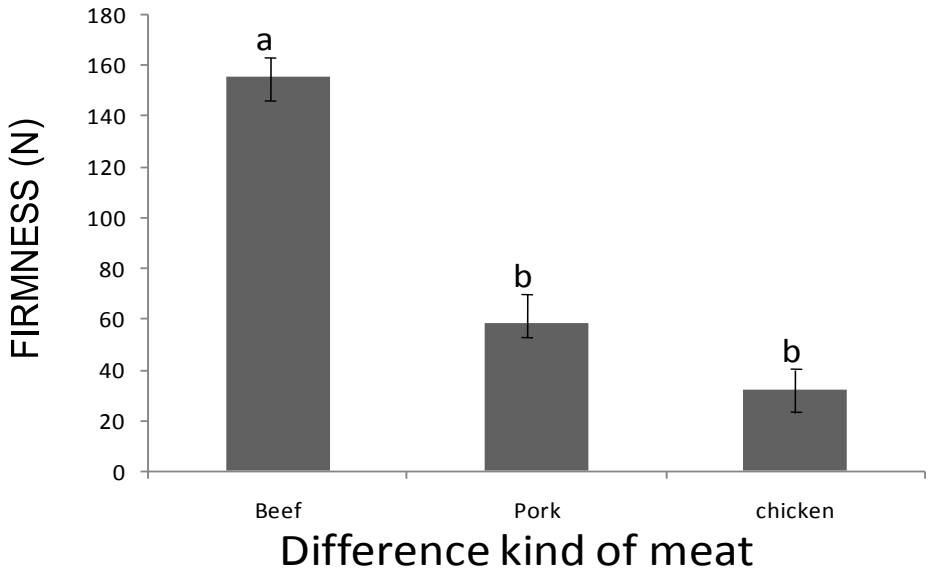
ตารางที่ 16 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อวัว เนื้อหมูและเนื้อไก่หมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวจากสารสกัดเอนไซม์โปรตีนโบรมิเลนที่ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 2

ชนิดของเนื้อ	ความเป็นกรดด่าง (pH)	ความชื้น (moisture content)	ผลผลิตหลังสุก (cooking Yield)
เนื้อวัว	5.28±0.01c	72.37±0.18c	62.71±0.02c
เนื้อหมู	5.47±0.01b	81.40±0.17a	73.77±0.03b
เนื้อไก่	5.80±0.01a	80.98±0.05b	78.22±0.03a

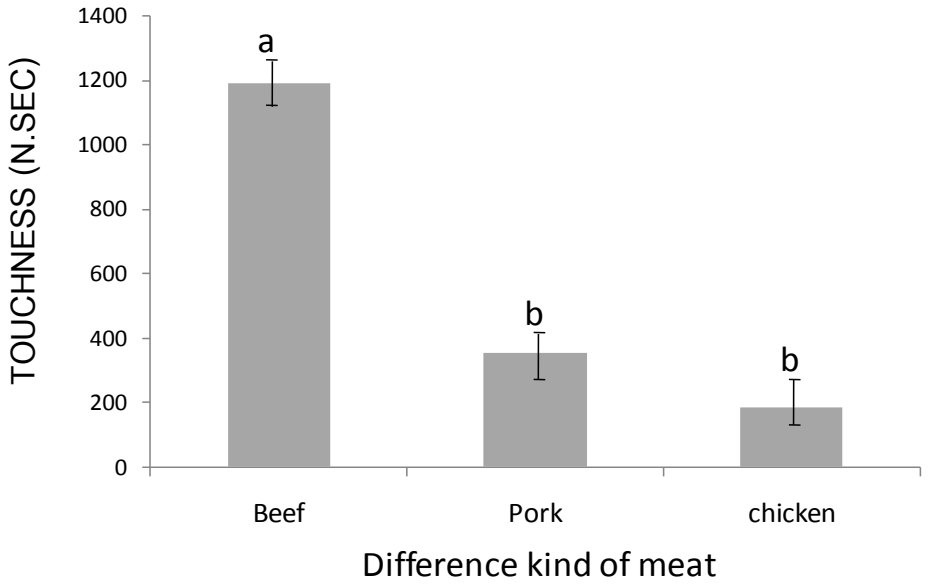
ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนของผู้ชิม 40 คน
A-D ค่าเฉลี่ยของแถวในแนวตั้งที่กำกับด้วยตัวอักษรเป็นค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ค่าค่าระดับค่สเกล: 9 (ชอบมาก) ถึง 1 (ไม่ชอบ)

ศึกษาความแน่นเนื้อและแรงสัมผัสในเนื้อต่างชนิดกันที่ผ่านการหมักด้วยเอนไซม์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2

ด้านค่า ความแน่นเนื้อ และค่าแรงสัมผัส ในเนื้อต่างชนิดกันที่ผ่านการหมักด้วยเอนไซม์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 พบว่าเนื้อวัวมีค่า ความแน่นเนื้อ และค่าแรงสัมผัสสูงสุดในขณะที่เนื้อไก่มีค่าแรงเฉือนและแรงสัมผัสต่ำสุดโดยค่าความแน่นเนื้อของเนื้อวัว เนื้อหมู และเนื้อไก่มีค่า 155.84, 58.54 และ 32.28 ตามลำดับในขณะที่ค่าแรงสัมผัสมีค่า 1193.10, 351.86 และ184.21 ตามลำดับซึ่งค่าความแน่นเนื้อ ค่าแรงสัมผัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของเนื้อวัวหมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวที่มีความเข้มข้นของเอนไซม์ปริมาณต่างกันก่อนการปรุงสุก

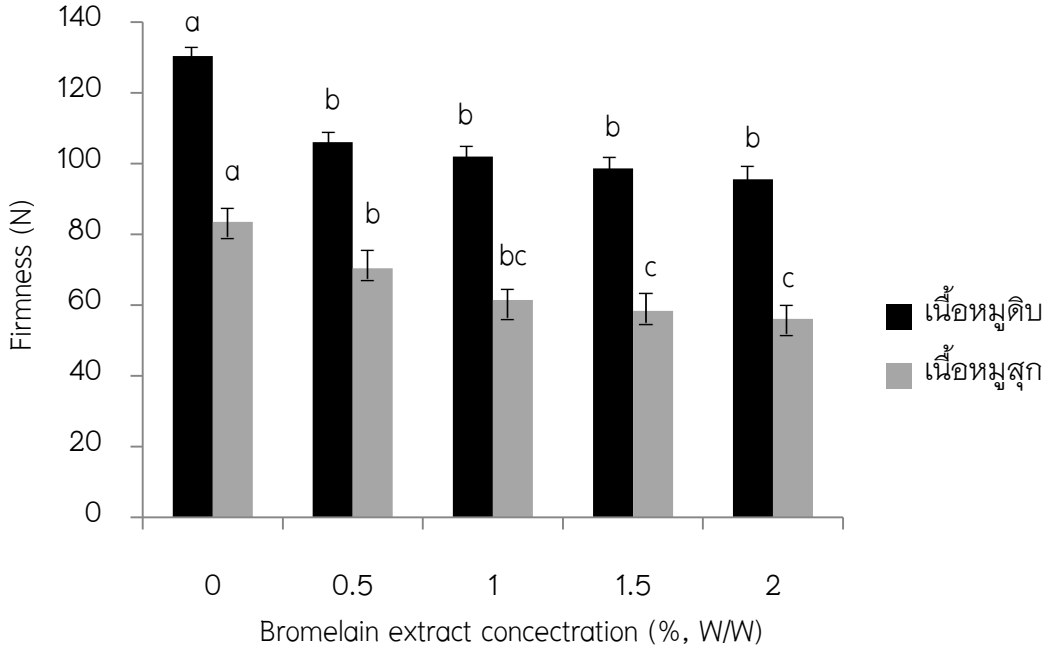


ภาพที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงสัมผัส (Toughness) ของเนื้อวัว เนื้อหมู และเนื้อไก่หมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวที่มีความเข้มข้นของเอนไซม์ปริมาณเท่ากัน

3. **ผลการหาปริมาณเอนไซม์โบรมีเลนจากแกนสับปะรดที่มีต่อความนุ่มของเนื้อหมูส่วนขาหลังโดยใช้สารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนร้อยละ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 มีผลการทดลองดังนี้**

3.1 ผลของเอนไซม์โบรมีเลนต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อหมู

3.1.1 ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักสูตรพื้นฐานที่มีความเข้มข้นของปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนที่แตกต่างกัน ค่าความแน่นเนื้อของตัวอย่างเนื้อหมูดิบที่มีความเข้มข้นของสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนร้อยละ 0.5, 1, 1.5 และ 2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) เมื่อเปรียบเทียบเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการหมักด้วยสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนในขณะที่เนื้อหมูสุกที่ไม่ผ่านการหมักด้วยสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลน มีค่าความแน่นเนื้อมากกว่าเนื้อหมูที่หมักด้วยเอนไซม์โบรมีเลนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1, 1.5 และ 2อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P≤0.05) แต่เนื้อหมูสุกหมักด้วยผงหมักพื้นฐานที่มีปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนร้อยละ 1.5 และ 2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยค่าความแน่นเนื้อของหมูที่หมักด้วยผงหมักสูตรพื้นฐานที่มีสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 เนื้อหมูดิบมีค่า 130.37, 106.1, 101.96, 98.61และ 95.54 นิวตัน ตามลำดับ ในขณะที่เนื้อหมูสุกมีค่า 83.54 ,70.42, 61.42, 58.4และ 56.09 นิวตัน ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 11 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Naveena และคณะ (2004) โดยใช้เครื่องมือ Warner Bratzler ค่าแรงเฉือนมีค่าลดลงเมื่อหมักด้วยเอนไซม์โปรตีเอสจากพืชรวมทั้งผลจาก Cucumisและขิงผงจากการทดลองในเนื้อกระบือมีการย่อยสลายเส้นใยกล้ามเนื้อเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน โดยค่าแรงเฉือนจะลดลงเมื่อมีการเพิ่มสารสกัดจากเหง้าขิงจะไปช่วยในการหมักเนื้อ

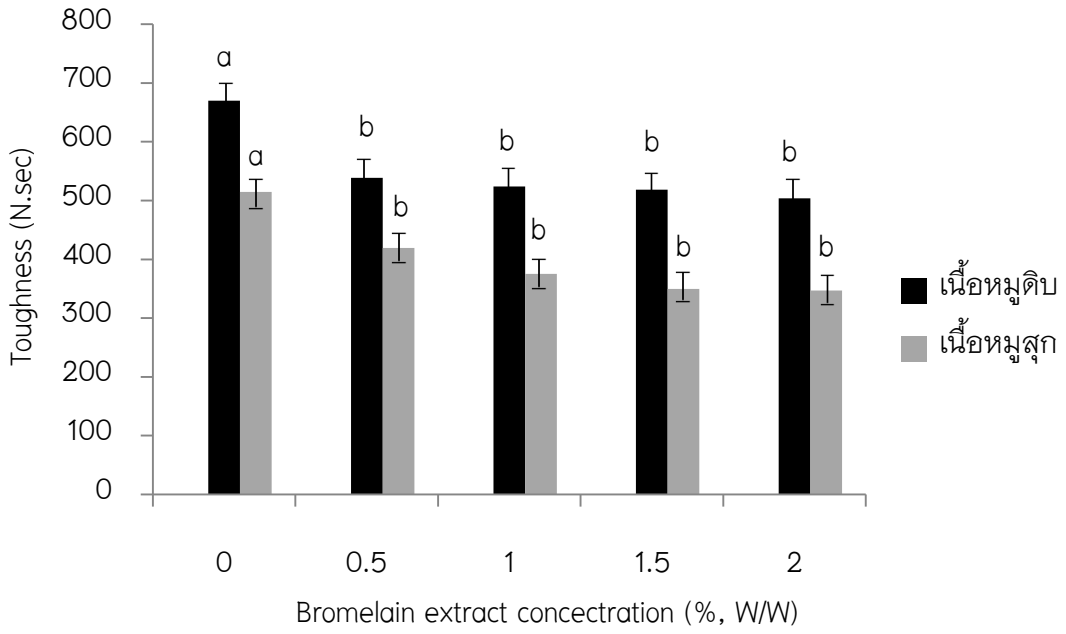


ภาพที่ 11 แสดงการเปรียบค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักสูตรพื้นฐานที่มีความเข้มข้นของปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$)

3.1.2 ค่าแรงสัมผัส (Toughness) ของเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักสูตรพื้นฐานที่มีความเข้มข้นของปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนที่แตกต่างกัน

ด้านค่าแรงสัมผัสของเนื้อหมูที่ระดับความเข้มข้นต่างกันที่ร้อยละ 0.5, 1, 1.5 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักสูตรพื้นฐานที่ไม่มี ส่วนผสมสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนทั้งในตัวอย่างเนื้อหมูดิบและสุก จากผลทดลองพบว่าค่าแรงสัมผัส ที่กระทำต่อตัวอย่างเนื้อหมูจะลดลงในทุกตัวอย่างที่มีการเติมของสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลน เมื่อเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่มีการเติมสารสกัดเอนไซม์โบรมิเลน จะสังเกตได้ว่าค่าแรงสัมผัสลดลงอย่างต่อเนื่องในทุกตัวอย่าง เมื่อระดับของสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดการสลายตัวของโปรตีนเส้นใยย่อยได้เปปไทด์ที่มีขนาดเล็ก หรือโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ซึ่งถูกสร้างขึ้นและส่งผลให้ความแน่นเนื้อของตัวอย่างเนื้อสัตว์ลดลง (Sunantha et al., 2011)โดยค่าแรงสัมผัสเนื้อของหมูที่หมักด้วยผงหมักสูตรพื้นฐานที่มีเอนไซม์โบรมีเลนความเข้มข้นที่0, 0.5 , 1 , 1.5 , และ 2 เนื้อหมูดิบมีค่า 669.68 , 538.45, 523.91, 518.36 และ 503.88นิวตันต่อวินาที ตามลำดับ และเนื้อหมูสุกมีค่า514.52 , 419.3, 375.01, 349.42และ 346.73นิวตันต่อวินาที ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 12

ค่าแรงสัมผัสของตัวอย่างเนื้อหมูมีความเกี่ยวพันกับปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันภายในกล้ามเนื้อสัตว์ ไขมันภายในกล้ามเนื้อและความยาวของซาโคเมียร์ซึ่งบ่งบอกถึงคุณภาพของเนื้อสัตว์ คุณภาพการรับประทานเนื้อสัตว์จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับความเหนียว โดยเนื้อที่เหนียวมากขึ้นจะมีค่าปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมากขึ้น สัตว์ที่มีขนาดใหญ่จะมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีมากกว่าสัตว์ขนาดเล็กจึงส่งผลให้มีค่าแรงสัมผัสเพิ่มขึ้น ความนุ่มเนื้อมีความสัมพันธ์กับการบ่มซากที่อุณหภูมิต่ำซึ่งเกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์ภายในกล้ามเนื้อ เอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน เช่น โปรตีนเอส จากพืชทำให้เกิดความนุ่มเนื้อ (Kemp et al., 2010)



ภาพที่ 12 แสดงการเปรียบค่าแรงสัมผัส (Toughness) ของเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักสูตรพื้นฐานที่มีความเข้มข้นของปริมาณเอนไซม์โบรมีเลนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.1.3 ปริมาณการอุ้มน้ำ

จากการทดลองพบว่าในเนื้อตัวอย่างมีการลดลงของปริมาณการอุ้มน้ำอย่างมีนัยสำคัญเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)ปริมาณการอุ้มน้ำในตัวอย่างเนื้อหมู จากค่าปริมาณการอุ้มน้ำในเนื้อตัวอย่างที่ลดลงส่งผลให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงด้วย ซึ่งการลดลงของค่าความเป็นกรด -ด่างเป็นผลมาจากการลดลงของโปรตีน การสูญเสียสภาพของซาร์โคพลาสมิคโปรตีน ส่งผลต่อการขจัดน้ำออกจากเซลล์และ

ส่งผลต่อปริมาณการอุ้มน้ำ และผลผลิตหลังสุกมีรายงานการศึกษาว่าปริมาณการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์เป็นสมบัติทางกายภาพที่มีความสัมพันธ์มากเช่นเดียวกับ สมบัติด้านสี ด้านเนื้อสัมผัส และ ความแน่นเนื้อ ซึ่งสมบัติเหล่านี้นั้นมีผลตรงต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ(Joo et al., 1999)การลดลงของคุณสมบัติในตัวอย่างที่เติมสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลน ปริมาณการอุ้มน้ำเป็นผลมาจากการสูญเสียสภาพทางธรรมชาติของโปรตีนไมโอไฟบริลซึ่งมีผลต่อการเก็บน้ำ ทำให้การเก็บน้ำลดลงทั้งนี้เพราะสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนทำให้ย่อยสลายโปรตีนการเป็นเพปไทด์โมเลกุลเล็กหรือกรดอะมิโนซึ่งเกิดการสูญเสียสมบัติทางกายภาพของเส้นใยย่อย (Sunantha et al., 2011)

3.1.4 ผลผลิตหลังสุก

ค่าผลผลิตหลังสุกของตัวอย่างเนื้อหมูที่มีการเติมด้วยสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1, 1.5และ 2 มีปริมาณผลผลิตหลังสุกลดลงอย่างมีนัยสำคัญดังตารางที่ 16 ซึ่งผลผลิตหลังสุก วัดค่าในส่วนการสูญเสียระหว่างทำให้สุกมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดโบรมีเลนพบว่าเมื่อให้ความร้อนต่อเนื้อหมู จะสามารถขจัดน้ำออกจากเซลล์ของเนื้อหมูมากขึ้น และช่วยให้เอนไซม์จากสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนสามารถสลายโปรตีนในเนื้อหมูมากขึ้น และการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลน ส่งผลต่อการทำให้นุ่มในเนื้อโดยเอนไซม์โบรมีเลนจากแกนสับปะรดทำให้ความนุ่มเนื้อของตัวอย่างเนื้อสัตว์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ ($P \leq 0.05$)และสอดคล้องกับผลการทดลองของ Pawar และคณะ พบว่าการลดลงของน้ำหนักเนื้อเมื่อทำให้สุกของกลุ่มทดลอง(เนื้อสัตว์ตัวอย่าง)มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมอาจเป็นผลจากการสูญเสียสภาพทางธรรมชาติของซาร์โครพลาสมิกและโปรตีนไมโอไพบริลลา (Pawar et al., 2007)

ตารางที่ 16 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักสูตรพื้นฐานที่มีความเข้มข้นของปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนที่แตกต่างกัน

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ	ร้อยละความเข้มข้นของปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลน				
	0	0.5	1	1.5	2
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	6.24 ± 0.0^{a}	6.20 ± 0.01^{b}	6.13 ± 0.01^{c}	5.92±0.01^{d}	5.81 ± 0.01^{e}
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	70.83± 2.57^{a}	67.85 ± 3.14^{ab}	66.70 ± 0.96^{b}	65.47±0.49^{b}	64.19 ± 1.63^{b}
โปรตีนที่ละลายน้ำได้ (ร้อยละ)	7.39± 1.24^{c}	9.76 ± 1.85^{c}	16.84 ± 0.44^{b}	19.23 ± 1.85^{ab}	20.66 ± 0.88^{a}
ปริมาณการอุ้มน้ำ (ร้อยละ)	62.22 ± 0.96^{a}	45.56 ± 0.96^{b}	42.22 ± 0.96^{c}	40.56 ± 0.96^{cd}	39.44 ± 0.96^{d}
ผลผลิตหลังสุก (ร้อยละ)	85.04± 1.94^{a}	83.05 ± 1.02^{ab}	81.21 ± 1.64^{b}	81.09 ± 2.15^{b}	78.01 ± 1.40^{c}

หมายเหตุ: a,b,c,d,e ตัวอักษรในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.2.ผลของเอนไซม์โบรมีเลนต่อคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อหมู

3.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และ ปริมาณความชื้น

เมื่อเปรียบเทียบสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนร้อยละ 0 ค่าความเป็นกรด-ด่างในเนื้อหมูที่มีสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1, 1.5 และ 2จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อาจเกิดจากค่าความเป็นกรด -ด่าง ของตัวอย่างเนื้อหมูลดต่ำลงดังตารางที่ 5และกระบวนการย่อยสลายกล้ามเนื้อของสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลน อาจทำให้เกิดการปล่อยกรดอะมิโนออกมา ซึ่งสามารถลดค่าความเป็นกรด -ด่าง ลงได้ในเนื้อหมู เมื่อเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการหมักโดยเอนไซม์แล้ว การลดลงของค่าความเป็นกรด -ด่าง ของตัวอย่างเนื้อหมูที่เติมสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนร้อยละ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 จะมีค่าความเป็นกรด -ด่าง 6.24, 6.20, 6.13, 5.92และ 5.81 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ มีความสำคัญอย่างมากโดยมีผลมากมายต่อเนื้อสัตว์ ในด้านคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีอื่นๆ รวมทั้ง คุณสมบัติเชิงคุณภาพอื่นๆ เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ , ความอ่อนนุ่มและ ความฉ่ำน้ำ (Goli et al., 2007) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เปลี่ยนไปนี้ เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมหลังจากสัตว์เสียชีวิตและการประยุกต์ใช้ส่วนผสมต่างๆ เพิ่มเติมลงไปในเนื้อสัตว์ ในช่วงกระบวนการต่างๆทางเทคโนโลยี (Gault, 1985)

ในตัวอย่างเนื้อหมูหมักด้วยผงหมักพื้นฐานที่มีส่วนผสมของเอนไซม์โบรมีเลนในปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้โปรตีนในเนื้อถูกย่อยสลายได้มากขึ้น ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการอุ้มน้ำ ผลผลิตหลังสุก และปริมาณความชื้น เมื่อเทียบกับตัวอย่างเนื้อหมูที่ไม่ได้เติมสารสกัดโบรมีเลนปริมาณความชื้นในเนื้อหมูที่หมักด้วยสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากการกระทำของเอ็นไซม์ จะช่วยให้คุณสมบัติการดูดซับน้ำดีขึ้น นอกเหนือจากนี้อาจเป็นเพราะการดูดซับความชื้นในตัวอย่างเนื้อหมูที่เติมสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนเอง หรืออาจเป็นเพราะธรรมชาติของการดูดความชื้นของสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนเมื่อนำมาผสมกับตัวอย่างเนื้อหมูที่เปียกน้ำ ผู้บริโภคจะยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นต่ำนอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ปรุงเสร็จแล้วจากผลการทดลองในเนื้อไก่ไข่เปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้เติมสารสกัด กับเนื้อไก่ไข่ที่เติมด้วยสารสกัดจากเหง้าขิง (ginger rhizome extract) จะมีการเก็บกักความชื้น (moisture retention) (Naveena et al., 2001)

3.2.2ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในเนื้อหมู เมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลน จะส่งผลทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ความเข้มข้นของปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนร้อยละ 0.5, 1, 1.5

และ 2 จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)ซึ่งเอนไซม์โบรมีเลนจะมีลักษณะเป็นไกลโคโปรตีน (glycoprotien) สามารถเร่งปฏิกิริยาการย่อยโมเลกุลของสารประเภทโปรตีน เอนไซม์โบรมิเลนมีคุณสมบัติสามารถย่อยโปรตีนให้มีโมเลกุลเล็กลงจนกลายเป็นเปปไทด์สั้น ๆ และกรดอะมิโนบางส่วน (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม , 2555) ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดเอนไซม์ขึ้น เอนไซม์จะย่อยสลายโปรตีนในเนื้อหมูได้เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้มีปริมาณแตกต่างกันตามปริมาณการใช้สารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนดังผลการทดลองในตารางที่ 5แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักสูตรพื้นฐานที่ไม่มีสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนและปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนร้อยละ 0.5 จะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยเอนไซม์โบรมีเลนจะมี คุณสมบัติการย่อยสลายโปรตีน เมื่อทำการหมักในระยะเวลาหนึ่งจะ มีการทำลายห่วงโซ่พอลิเพปไทด์ ทำให้เกิดความอ่อนตัวของเส้นใยคอลลาเจนและการสูญเสียสภาพธรรมชาติจะสลายโปรตีนในเนื้อสัตว์ออกมาได้มากขึ้น (Aurelia et al., 2008)ซึ่งการใช้สารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 มีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 7.39, 9.76, 16.84และ 19.23 ตามลำดับดังตารางที่ 5

3.2.3.คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมู

ในการทดสอบชิมเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักสูตรพื้นฐานที่มีความเข้มข้นของปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนที่แตกต่างกันด้วยวิธี 9 Point Hedonic scaling test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่มีผ่านการฝึกฝนด้านการทดสอบประสาทสัมผัสจำนวน 20 คน ตรวจสอบคุณลักษณะด้านความนุ่ม ความเหนียว ลักษณะปรากฏ และความชอบรวม พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความนุ่ม ความเหนียว ลักษณะปรากฏ และความชอบรวมมากที่สุดอยู่ที่ความเข้มข้นของปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนร้อยละ 0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนเพิ่มขึ้นร้อยละ 1, 1.5 และ 2 ได้ผลคะแนนความนุ่ม ความเหนียว ลักษณะปรากฏ และความชอบรวมที่น้อยกว่าการใช้ปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนร้อยละ 0.5 แต่ร้อยละ 1 คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 6และการใช้ปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนร้อยละ 0.5 จะได้คะแนนผลการทดสอบมากกว่าผงหมักสูตรพื้นฐานที่ไม่เติมสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของเนื้อหมูและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแต่ละบุคคลด้วยดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักสูตรพื้นฐานที่มีความเข้มข้นของปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนที่แตกต่างกันโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนด้านการทดสอบประสาทสัมผัสจำนวน 20 คน

ร้อยละความเข้มข้นของปริมาณเอนไซม์โบรมีเลน	คุณลักษณะ			
	ความนุ่ม	ความเหนียว	ลักษณะปรากฏ	ความชอบรวม
0	7.05±1.00^{b}	6.55±0.89^{b}	6.80±1.20^{b}	7.10±0.85^{b}
0.5	7.70±0.80^{a}	7.45±0.89^{a}	7.50±0.61^{a}	7.70±0.47^{a}
1	7.15±0.88^{b}	6.90±0.91^{b}	7.65±0.75^{a}	7.00±0.73^{b}
1.5	6.90±0.97^{b}	6.70±0.86^{b}	7.20±0.89^{ab}	7.10±0.91^{b}
2	7.05±1.28^{b}	6.70±1.22^{b}	6.85±0.99^{b}	6.80±1.06^{b}

หมายเหตุ: a,b ตัวอักษรในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.3.ผลการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาผงหมักพร้อมปรุงที่เติมเอนไซม์โบรมีเลนในปริมาณที่เหมาะสมโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25-27 องศาเซลเซียส) และ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ มีผลการทดลองดังนี้

3.3.1. ผลของเอนไซม์โบรมีเลนต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อหมู

3.3.1.1 ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักพร้อมปรุงที่เติมเอนไซม์โบรมีเลนในปริมาณที่เหมาะสม

จากผลการทดลองเมื่อหมักเนื้อหมูด้วยผงหมัก พร้อมปรุงที่เติม เอนไซม์โบรมีเลนในปริมาณที่เหมาะสม (ร้อยละ 0.5)พบว่าเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิ 2 อุณหภูมิ คืออุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25-27 องศาเซลเซียส) และ 40 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 1 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ระยะเวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 2 และ 3 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะส่งผลให้มีค่าความแน่นเนื้อน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เนื่องจากหากอุณหภูมิสูงมากขึ้น ย่อมมีผลทำให้เอนไซม์เสียสภาพธรรมชาติ เนื่องจากการสูญเสียพันธะที่คงโครงสร้างในระดับตติยภูมิทำให้เอนไซม์คลายพับ (unfold) ซึ่งทำให้จับกับสับสเตรตไม่ได้หรือจับได้ลดลง (เปี่ยมสุข, 2551)

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษาของเนื้อหมูที่ผ่านการหมักด้วยผงหมักพร้อมปรุงที่เติมเอนไซม์โบรมีเลนในปริมาณร้อยละ 0.5 พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในสัปดาห์ที่ 0 จะมีค่าความแน่นเนื้อที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 และหากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น จะส่งผลให้ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 7ซึ่งคุณสมบัติของเอนไซม์โบรมีเลนจะมีประสิทธิภาพการทำงานลดลงโดยสามารถย่อยสลายเส้นใยโปรตีนลดลงทำให้ได้ผลดังกล่าว โดยองค์ประกอบหรือส่วนประกอบที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์นับว่าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรต้องคำนึงถึงเนื่องจากจะส่งผลต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์โดยตรง เช่น ในผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรตต่างกันจะมีผลทำให้อายุการเก็บต่างกันได้ นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องไปถึงปริมาณสารอาหาร (nutrients) ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ด้วย (ยุทธนา, 2553)

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาจะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้นจะทำให้ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7

3.1.2 ค่าแรงสัมผัส (Toughness) ของเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักที่เติมเอนไซม์โบรมีเลนในปริมาณที่เหมาะสม

ค่าความแน่นเนื้อจะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับค่าแรงสัมผัสของตัวอย่างเนื้อหมูที่หมักด้วย ผงหมักพร้อมปรุงที่เติม เอนไซม์โบรมีเลน ในปริมาณที่เหมาะสม การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในสัปดาห์ที่ 0, 1 และ 2 จะมีค่าความแน่นเนื้อที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 3 และหากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น จะส่งผลให้ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)ซึ่งเมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้องจะมีค่าแรงสัมผัส 403.65,450.22,475.16และ 620.52นิวตันต่อวินาที และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่าแรงสัมผัส405.49, 489.40, 573.98และ 794.55 นิวตันต่อวินาที ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงสัมผัสของเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักพร้อมปรุงที่อุณหภูมิการเก็บรักษาแตกต่างกัน

คุณสมบัติทางกายภาพ	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	
		อุณหภูมิห้อง (25-27)	40
ค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	0	83.02 ± 7.13^{Ba}	83.88 ± 8.33^{Da}
	1	95.29 ± 6.64^{Aa}	95.75 ± 5.80^{Ca}
	2	99.81 ± 13.65^{Ab}	114.51 ± 10.61^{Ba}
	3	103.81 ± 8.23^{Ab}	134.08 ± 15.73^{Aa}
ค่าแรงสัมผัส (นิวตันต่อวินาที)	0	403.65 ± 43.78^{Ba}	405.49 ± 41.20^{Da}
	1	450.22 ± 58.40^{Ba}	489.40 ± 69.20^{Ca}
	2	475.16 ± 79.46^{Bb}	573.98 ± 49.22^{Ba}
	3	620.52 ± 122.82^{Ab}	794.55 ± 118.48^{Aa}

หมายเหตุ : 1. ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. A-D ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ในคอลัมน์เดียวกันหมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3. a-b ตัวอักษรพิมพ์เล็กในแถวเดียวกันหมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2. ผลของเอนไซม์โบรมีเลนต่อคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อหมู

2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าปริมาณน้ำอิสระ

จากการผลทดลองพบว่าค่าความเป็นกรด -ด่างและค่าปริมาณน้ำอิสระของตัวอย่างเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมัก พร้อมปรุงที่เติม เอนไซม์โบรมีเลน ในปริมาณที่เหมาะสม โดยอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บจะมีผลต่อค่าความเป็นกรด -ด่างและค่าปริมาณน้ำอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากผงหมักพร้อมปรุงเมื่อนำมาหมักกับตัวอย่างเนื้อหมู ณ ช่วงเวลาหนึ่ง ผงหมักจะทำปฏิกิริยากับเนื้อทำให้ค่าความเป็นกรด -ด่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากการเสื่อมเสียของผงหมักที่ใช้ด้วย ซึ่งค่าความเป็นกรด -ด่างจะขึ้นกับองค์ประกอบของอาหาร โดยจะมีผลต่ออายุการเก็บรักษาและความปลอดภัยของอาหาร (ยุทธนา , 2553) และค่าปริมาณน้ำอิสระของผงหมักพร้อมปรุง ที่เติมเอนไซม์โบรมีเลน ในปริมาณที่เหมาะสม

ร้อยละ 0.5จะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ซึ่งเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ในสัปดาห์ที่ 0 ค่าปริมาณน้ำอิสระจะไม่มีความแตกต่างกัน แต่จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1, 2 และ 3 สัปดาห์และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในสัปดาห์ที่ 0 จะมีค่าปริมาณน้ำอิสระที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) เมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 หากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น จะส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) เนื่องจากในช่วงการทดลองสภาพบรรยากาศจะมีความแปรปรวนสูง ทำให้ได้ผลการทดลองดังกล่าว แต่ค่าปริมาณน้ำอิสระที่เก็บในอุณหภูมิ จะมีค่ามากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิค่อนข้างสูงทำให้ค่าปริมาณน้ำอิสระลดลงเมื่อใช้ระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นซึ่งจะมีการระเหยของน้ำหรือปริมาณความชื้นออกจากตัวอย่างผงหมักพร้อมปรุงได้ปริมาณมากกว่าดังแสดงในตารางที่ 8

2.2 โปรตีนที่ละลายน้ำได้

ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักพร้อมปรุงที่มีปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนที่เหมาะสม ร้อยละ 0.5 เมื่อสังเกตจากปัจจัยของอุณหภูมิการเก็บรักษาที่แตกต่างกันจะไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในเนื้อหมูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) จึงกล่าวได้ว่าอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25-27 องศาเซลเซียส) และ 40 องศาเซลเซียสไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์โบรมีเลนในผงหมักพร้อมปรุงในการย่อยสลายโปรตีนที่ละลายน้ำได้ของเนื้อหมูเอนไซม์ส่วนใหญ่ยังไม่สูญเสียสภาพธรรมชาติจากความร้อน สำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมยังมีประเด็นที่ต้องคำนึงถึงเพิ่มขึ้น คือ ต้องควบคุมการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสุขลักษณะดี(เปี่ยมสุข, 2551)

การเก็บรักษาผงหมักพร้อมปรุงที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ เมื่อทำการวิเคราะห์โปรตีนที่ละลายน้ำได้ จะมีปริมาณลดลงแต่ระยะเวลาจะไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในเนื้อหมูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และหากเก็บรักษาผงหมักพร้อมปรุงที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2 และ 3 ตามลำดับซึ่งเมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้องจะมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 9.84, 9.06, 8.30 และ 8.04 และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 9.84, 8.71, 7.11 และ 6.03 ตามลำดับดังตารางที่ 8 เนื่องมาจากระยะเวลาในการเก็บผงหมักที่นานขึ้นจะมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์โบรมีเลนทำให้มีประสิทธิภาพลดลงมีความสอดคล้องกับผลการทดลองของอรวินท์และคณะ ซึ่งรายงานว่าการเก็บเอนไซม์โบรมีเลนที่สกัดได้ในรูปสารละลายไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 5

องศาเซลเซียส เป็นเวลาตั้งแต่ 1 ถึง 4 วัน เมื่อตรวจสอบแล้วปรากฏว่ามีการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาการทำงานน้อยมาก แสดงว่าเอนไซม์ที่สกัดได้สามารถเก็บไว้ในตู้เย็นได้นานอย่างน้อย 4 วัน แต่อย่างไรก็ตาม อาจมีแนวโน้มที่จะลดลงได้เมื่อเก็บไว้นานขึ้น (อรวินท์และคณะ, 2527)

ตารางที่ 19 คุณสมบัติทางเคมีของเนื้อหมูที่หมักด้วยผงหมักพร้อมปรุงที่อุณหภูมิการเก็บรักษาแตกต่างกัน

คุณสมบัติทางเคมี	**ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)**	**อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)**	
		อุณหภูมิห้อง (25-27)	40
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	0	5.99 ± 0.04^{Ca}	6.00 ± 0.03^{Da}
	1	6.06 ± 0.02^{Bb}	6.16 ± 0.04^{Ca}
	2	6.21 ± 0.02^{Aa}	6.23 ± 0.01^{Ba}
	3	6.23 ± 0.03^{Ab}	6.46 ± 0.04^{Aa}
ค่าปริมาณน้ำอิสระ (ร้อยละ)	0	0.77 ± 0.01^{Aa}	0.76 ± 0.01^{Aa}
	1	0.72 ± 0.02^{Ba}	0.68 ± 0.01^{Bb}
	2	0.72 ± 0.00^{Ba}	0.62 ± 0.01^{Cb}
	3	0.71 ± 0.00^{Ba}	0.58 ± 0.00^{Db}
โปรตีนที่ละลายน้ำได้ (ร้อยละ)	0	9.84 ± 1.03^{Aa}	9.76 ± 0.99^{Aa}
	1	9.06 ± 1.97^{Aa}	8.71 ± 0.64^{ABa}
	2	8.30 ± 0.94^{Aa}	7.11 ± 0.77^{BCa}
	3	8.04 ± 0.55^{Aa}	6.03 ± 1.32^{Ca}

หมายเหตุ: 1. ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. A-D ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ในคอลัมน์เดียวกันหมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3. a-b ตัวอักษรพิมพ์เล็กในแถวเดียวกันหมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

1.การตกตะกอนโปรตีน เอนไซม์โบรมิเลนพบว่า การใช้เอธานอลในการตกตะกอนจะให้ต้นทุนต่ำสุดและมีความปลอดภัยสูงและเมื่อเปรียบเทียบสภาวะการตกตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลนที่อุณหภูมิที่ต่างกันพบว่าการตกตะกอนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 ชั่วโมงให้การตกตะกอนที่มีประสิทธิภาพในการตกตะกอนได้ดีกว่าการ ตกตะกอนที่ 4 องศาเซลเซียส และเมื่อทำการศึกษาการตกตะกอนส่วนเนื้อและแกนที่ระดับความสุกแก่ของสับปะรดที่ต่างกัน 3 ระดับคือ เมื่อเปลือกมีสีเขียว เขียว-เหลือง และเหลืองพบว่าสับปะรดที่มีระดับความสุกที่เปลือกมีสีเหลืองจะให้ตะกอนโปรตีนเอนไซม์สูงสุดทั้งในส่วนของเนื้อและแกนสับปะรด จากการเปรียบเทียบค่า ความแน่นเนื้อ และค่าแรงสัมผัสโดยหมักเนื้อวัวสะโพกตอนล่าง ที่ผ่านการ หมักด้วยตะกอนโปรตีนเอนไซม์ โบรมิเลน ที่ได้จากส่วนแกนและเนื้อสับปะรดที่ระดับความสุกของสับปะรดที่ต่างกัน 3 ระดับคือเมื่อเปลือก มีสีเขียว สีเขียว-เหลือง และสีเหลืองพบว่าทั้ง 3 ระดับไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ทั้ง 3 ตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดที่ไม่ผ่านการหมักด้วยตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลน

2. ด้านการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อวัวหมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวจากสารสกัดเอนไซม์โปรตีนโบรมิเลนที่ปริมาณความเข้มข้นต่างกันที่ระดับความเข้มข้นเอนไซม์โบรมิเลนที่ร้อยละ 0 1 2 และ 3 พบว่าค่าความเป็นกรดด่าง ความชื้นและผลผลิตหลังสุกมีค่าเป็นแนวทางเดียวกันโดยมีค่าลดลงตามลำดับเมื่อค่าความเข้มข้นสูงขึ้น โดยค่าความแน่นเนื้อ และค่าแรงสัมผัสที่ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ร้อยละ 2 และ 3 ให้ค่าความแน่นเนื้อ ต่ำสุดซึ่งหมายถึงความนุ่มเนื้อสูงสุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่มีความเข้มข้นเอนไซม์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 และ 1 ด้านค่าทางประสาทสัมผัสโดยวิธี A nine-point hedonic scale ของเนื้อหมักซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวที่ความเข้นข้นโปรตีนเอนไซม์ที่ต่างกันพบว่าที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 ให้ค่าคะแนนด้านสี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัสสูงสุด ในขณะที่ด้านความชอบรวมระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ด้านการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อวัว เนื้อหมูและเนื้อไก่หมักด้วยซอสหมักเนื้อนุ่มบาบีคิวจากตะกอนโปรตีนเอนไซม์โบรมิเลน พบว่าที่ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 2 มีค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อวัว เนื้อหมูและเนื้อไก่มีค่า 5.28 5.47 และ 5.80 ค่าความชื้นสัมผัสอยู่ที่ 72.37 81.40 และ 80.98 และค่าผลผลิตหลังสุกมีค่า 62.71 73.77 และ 78.22 ตามลำดับ ด้านค่า ความแน่นเนื้อ และค่าแรงสัมผัสพบว่าเนื้อวัวมีค่า ความแน่นเนื้อ และค่าแรงสัมผัสสูงสุดในขณะที่เนื้อไก่มีค่าความแน่นเนื้อและแรงสัมผัสต่ำสุด

3. การศึกษาหาปริมาณเอนไซม์โบรมี เลนจากแกนสับปะรดที่เหมาะสมต่อความนุ่มของเนื้อหมูส่วนขาหลัง โดยใช้ปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนร้อยละ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 เมื่อทดสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส พบว่าปริมาณสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 0.5 โดยทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อหมู ด้านค่าความแน่นเนื้อทั้งเนื้อหมูดิบและสุกมีค่า 106.1 และ 70.42 นิวตัน ค่าแรงสัมผัสทั้งเนื้อหมูดิบและสุกมีค่า 538.45 และ 419.3 นิวตันต่อวินาที ปริมาณการอุ้มน้ำมีค่าร้อยละ 45.56 และผลผลิตหลังสุกมีค่าร้อยละ 83.05คุณสมบัติทางเคมีของเนื้อหมู ด้านค่าความเป็นกรด -ด่างมีค่า 6.20 ปริมาณความชื้นมีค่าร้อยละ 67.85 และโปรตีนที่ละลายน้ำได้มีค่าร้อยละ 9.76 และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่ม ความเหนียว ลักษณะปรากฏ และความชอบรวม ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนด้านการทดสอบประสาทสัมผัสจำนวน 20 คน สูงกว่าสิ่งทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ผงหมักพร้อมปรุงที่เติม เอนไซม์โบรมีเลนในปริมาณที่เหมาะสม ที่ร้อยละ 0.5ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยทดสอบ คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อหมู ด้านค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงสัมผัสคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อหมู ด้านค่าความเป็นกรด -ด่าง ด้านค่าปริมาณน้ำอิสระ และโปรตีนที่ละลายน้ำได้ พบว่า ปัจจัยด้านอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อ ค่าความแน่นเนื้อ ค่าแรงสัมผัส ค่าความเป็นกรด -ด่าง และค่าปริมาณน้ำอิสระ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่อุณหภูมิเก็บรักษาที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่งผลให้ผงหมักพร้อมปรุงยังคงมีคุณภาพที่ดีและสามารถเก็บรักษาต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2535. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการอาหารของไทย. กรมอนามัย กองโภชนาการ กระทรวงสาธารณสุขจังหวัดนนทบุรี. จารุพันธุ์ ทองแถม. 2526. สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย. อักษรวิทยา , กรุงเทพฯ. 158 น.

เกษม นันทชัย. (2526). เอกสารประกอบการสอนเรื่องกล้ามเนื้อและเนื้อสัตว์. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จิราภา และคณะ. 2553. การดปลี่ยนแปลงปริมารกรดอินทรีย์และน้ำตาลในน้ำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย. สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรลำปาง. มหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนา, ลำปาง.

จิราพรรณ คล้ายกิจ. 2548. สับปะรด. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 95 น.

จุฑารัตน์ ศรีพรหมมา. (2528). การจัดการเนื้อสัตว์. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร , กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอม-เกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. กรุงเทพมหานคร : วัฒนาพาณิช.

ณรงค์ คันธพนิต. (2529). วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. กรุงเทพมหานคร : วัฒนาพานิช.

นิธิยา รัตนาปนนท์ . มผช ซอสมะเขือเทศ. http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3002/tomato-sauce

ลักขณา รุจนะไกรกานต์. 2533. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์. พิมพ์ครั้งที่1. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วัฒนี บุญวิทยา. (2542). เทคโนโลยีเนื้อและผลิตภัณฑ์. ปทุมธานี

วงศ์ทอง และ ขนิษฐา พูนผลกุล.หลักการประกอบอาหาร.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544. 163 หน้า

วีระสิทธิ์ กัลยากฤตและอนันต์ บุญปาน. การทำเอนไซม์ไลเปสที่ชอบเกลือจากแบคทีเรียทนเกลือ Staphylococcus warneri PB233ให้บริสุทธิ์และศึกษาคุณสมบัติของเอนไซม์.ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บุญเลิศ วรรณประโพธิ์และคณะ. 2557. จุลสารจัดหางาน. ปีที่ 6 ฉบับที่ 67 ประจำเดือนกันยายน. สำนักงานจัดหางานจังหวัดพะเยา. พะเยา

เปี่ยมสุข พงษ์สวัสดิ์. 2551. เอนไซม์ดัดแปรคาร์โบไฮเดรตในอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรง-พิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. เนื้อหมู. แหล่งที่มา: http://www.foodnet work.com/wiki/word/1781/pork-เนื้อหมู,1 สิงหาคม 2557.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. การประเมินทางประสาทสัมผัส. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหา -วิทยาลัย เชียงใหม่, เชียงใหม่. 412 น.

ลักขณา รุจนะไกรกานต์.(2533).วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์.พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะเกษตรศษสตร์,

ลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. (2536). เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต.เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม

สรศักดิ์ ณ น่าน. (2525). เนื้อสัตว์.คณะเกษตรศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขต เกษตรบางพระ ศรีราชา ชลบุรี.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2547. การจัดการเนื้อสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหา - วิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เชียงใหม่.

สัญชัย จตุรสิทธา. (2551). เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานส่งเสิมภาคเหนือ มปป. คุณค่าทางโภชนาการ

สะอาด ภิญโญศรี.เครื่องเทศ. http://www.the-than.com/samonpai/sa_14.html

สุจิตรา เลิศพฤกษ์. 2535.เอกสารประกอบการบรรยาย วิชา ทอ 470 เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อ. ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตรคณะธุรกิจการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ เชียงใหม่.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2555. เอนไซม์โบรมีเลน. แหล่งที่มา: http://www2.oie.go.th/vc-pineapple/index.php/pineapple-industry/st09/86-bromelane11/81-bromelane- ind, 1 สิงหาคม 2557

เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์และสุรพงษ์ พินิจกลาง. 2554. การทำให้สเต็กหมูนุ่มด้วยเอนไซม์โบรมิ-เลนจากผลสับปะรดประเมินโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสและเครื่องวัดเนื้อสัมผัส. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ฉบับที่ 2 (พิเศษ) (พ.ค.-ส.ค. 2554) ปีที่ 42 หน้า457-460. เยาว

อดิศักดิ์ จูมวงษ์ และจินดา ศรศรีวิชัย. 2548. การประเมินคุณภาพที่มีความสัมพันธุ์กับระยะการแก่และสุกของผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย. ผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 180 น.

อบเชย วงศ์ทอง และ ขนิษฐา พูนผลกุล. หลักการประกอบอาหาร.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544. 163 หน้า

อัณณ์กาญจน์ นวลบุญเรือง, จิรภา พงษ์จันตา และลชินี ปานใจ. 2552. รายงานการวิจัยเรื่อง

องค์ประกอบทางเคมี กายภาพของสับปะรด และวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดสำหรับการผลิตน้ำเชื่อมและสารสีคาราเมล. สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรลำปาง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ลำปาง.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.พิมพ์ครั้งที่ 2.กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ยุทธนา พิมลศิริผล . 2553. เทคนิคการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร . พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท นพบุรีการพิมพ์ จำกัด. เชียงใหม่

อรวินท์ วงศ์มีเกียรติและทนง ภัครัชพันธุ์ . 2527. ปฏิกิริยาการทำงานของบรอมิเลนจากสับปะรด . รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 22 ภาคโปสเตอร์ ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . หน้า 440-450. กรุงเทพมหานคร.

AOAC, Official Method of Analysis, 14th edn. Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC, (1984).

A.O.A.C. 1990.Official Method of Analysis.Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia.1298 p.

Bollag, D.M., Rozycki, M.D. and Edelstein, S.J. 1996. Protein concentration determination. In Protein Methods, 2nd Ed., pp. 72–77, Wiley-Liss, Inc., New York, NY.

Devakate, R.V., Patil, V.V., Waje, S.S. and Thorat, B.N.. 2008. Purification and drying of romelain. Separation and Purification Technology 64 (2009) 259-264.

Espe,M.,Ruohonen,K.,Bjornevik, M.,Froyland,L,Nortvedt, R. and Kiessling,A. 2004.“Interactions between Ice Storage Time, Collagen Composition, Gaping and Tex-tural Properties in Farmed Salmon Muscle Harvested at Different Times of the Year,” *Aquaculture*, Vol. 240, No. 1-4, pp. 489-504.

Gault,N. F. S. 1985. “The Relationship between Water-Holding Capacity and Cooked Meat Tenderness in Some Beef Muscles as Influenced by Acidic Conditions below the Ultimate pH,” Meat Science, Vol. 15, No. 1, pp. 15-30. doi:10.1016/0309-1740(85) 90071-3

Ionescu, A., Aprodu,L., Pascaru,G. 2008. Effect of papain and bromelin on muscle and collagen proteins in beef meat. Food Technology, New Series, II (XXXI). 9-16

Joo,S. T., Kauffman,R. G., Kim,B. C. and Park, G. B. 1999.“The relationship of Sarcoplasmic and Myofibrillar Pro-tein Solubility to Colour and Water-holding Capacity in Porcine Longissimus Muscle,” Meat Science, Vol. 52, No. 3, pp. 291-297.

Kemp,C. M.,Sensky,P. L.,Bardsley, R. G., Buttery, P. J. and Parr,T. 2010. “Tenderness: An Enzymatic View,” Meat Science, Vol. 84, No. 2, pp. 248-256.

Ketnawa, S., Rawdkuen,S. 2011.Application of Bromelain Extract for Muscle FoodsTenderi-zation.Food and Nutrition Sciences, 2. 393-401

Lawrie, R. 1981. Developments in Meat Science-2. London and New Jersey : Applied Science.

Maurer, H.R. 2001. Bromelain: biochemistry, pharmacology and medical use.Cellular and Molecular life Sci. 58 : 1234-1245

Naveena, B. M. and Mendiratta,S. K. 2001.“Tenderization of Spent Hen Meat Using Ginger Extract,” British Poultry Science, Vol. 42, No. 3, pp. 344-350.doi:10.1080/00071660120055313

Naveena,B. M.,MendirattaS. K. and Anjaneyulu,A. S. R.2004.“Tenderization of Buffalo Meat Using Plant Proteases from CucumisTrigonusRoxb (Kachri) and ZingiberOffi-cinale Roscoe (Ginger Rhizome),” Meat Science, Vol. 68, No. 3, pp. 363-369.doi:10.1016/j.meatsci.2004.04.004

Pawar, V. D., Mule, B. D. and Machewad,G. M. 2007. “Effect of Marination with Ginger Rhizome Extract on Properties of Raw and Cooked Chevon,” Journal of Muscle Foods, Vol. 18, No. 4, pp. 349-369. doi:10.1111/j.1745-4573.2007.00091.x

Rohrbach, K.G., F. Leal and G.C. Eeckenbrugge. 2003. History, Distribution and World Production. pp . 1-12. In D.P. Bartholomew, R.E. Paull and K.G. Rohrbach. eds. The pineapple botany, production and uses. USA. CABI publishing.

Valles, D., S. Furtado and A.M.B. Cantera. 2007. Characterization of news proteolytic enzymes from ripe fruits of BromeliaantiacanthaBertol. (Bromeliaceae). Enzyme and Microbial Tech. 40 (3) : 409-416.

Wardlaw,F. B., Maccaskill,L. H. and Acton,J. C. 1973.“Effect of Postmortem Muscle Changes in Poultry Meat Loaf Properties,” Journal of Food Science, Vol. 38, No. 3, pp.421-424. doi:10.1111/j.1365-2621.1973.tb01444.x

ภาคผนวก

ใบรายงานผลการทดสอบ

9-Point Hedonic Scaling Test

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่ชิม.....

ตัวอย่าง เนื้อหมักซอสเนื้อนุ่มบาบิคิว

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างเรียงลำดับจากซ้ายไปขวาและให้คะแนนความชอบที่ท่านมีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อหมักซอสบาบิคิว

ระดับคะแนนความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด
2 = ไม่ชอบมาก
3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก
9 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง / คุณลักษณะ	ตัวอย่างที่ _____	ตัวอย่างที่ _____	ตัวอย่างที่ _____	ตัวอย่างที่ _____
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส				
ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ใบรายงานผลการทดสอบ

แบบประเมินผลการทดสอบวิธี 9 Point Hedonic Scaling Test

ผลของเอนไซม์จากสับปะรดต่อคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) **ของเนื้อหมู**

ชื่อ ....**วันที่** ..... **ชุดที่** .....

คำแนะนำ :กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ เพื่อศึกษาผลของเอนไซม์ต่อความนุ่มเนื้อ แล้วให้คะแนนระดับการยอมรับคุณภาพในคุณลักษณะต่างๆ ในระดับ 1-9 (Hedonic scale) และกรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่างทุกครั้ง โดยกำหนดให้คะแนน

1 = มีคุณลักษณะการยอมรับต่ำมากที่สุด 2 = มีคุณลักษณะการยอมรับต่ำมาก
3 = มีคุณลักษณะการยอมรับต่ำปานกลาง 4 = มีคุณลักษณะการยอมรับต่ำเล็กน้อย
5 = มีคุณลักษณะการยอมรับปานกลาง 6 = มีคุณลักษณะการยอมรับสูงเล็กน้อย
7 = มีคุณลักษณะการยอมรับสูงปานกลาง 8 = มีคุณลักษณะการยอมรับสูงมาก
9 = มีคุณลักษณะการยอมรับสูงมากที่สุด

คุณลักษณะ	**รหัส**				
	.....	.....	.....	.....	.....
ความนุ่ม					
ความเหนียว					
ลักษณะปรากฏ					
ความชอบรวม					

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบชิมครั้งนี้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ก.วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส(Texture Analyser) (ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA.XT.Plus)

วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อ (TA.XT plus Texture Analyser) (Stable Micro Systems) ด้วยเครื่องวัดเพื่อทดสอบเนื้อสัมผัสแบบใบมีดรูปทรงสี่เหลี่ยม (Warner – Bratzler blade) ตามวิธีของ Espe et al. โดยชิ้นเนื้อหมูส่วนขาหลังที่เป็นเนื้อแบบสี่เหลี่ยมตัดในแนวตั้ง ใช้ใบมีดตัดลงบนเนื้อในแนวตั้งด้วยความเร็ว 2 มิลลิเมตรต่อวินาทีบันทึกผลแรงเฉือนที่ใช้ในการตัดเนื้อตัวอย่าง (นิวตัน) และบันทึกงานรวมที่ได้จากการตัดตัวอย่างเนื้อ(นิวตันต่อวินาที)

ข. ปริมาณการอุ้มน้ำตามวิธีของ(Wardlawet al., 1973)

การวิเคราะห์ปริมาณการอุ้มน้ำโดยนำเนื้อบด 20 กรัม ใส่ลงในหลอดเซนทริฟิวจ์ที่มีส่วนผสมของโซเดียมคลอไรด์(NaCl) 30 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 0.6 โมลาร์ คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วนาน 1นาที จากนั้นนำไปทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 4องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีคนให้เข้ากันอีกครั้ง จากนั้นนำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (เซนทริฟิวจ์) ที่ระดับ 3000รอบเป็นเวลานาน 25นาทีวัดปริมาณของเหลวส่วนบน และคำนวณหาค่าร้อยละการอุ้มน้ำโดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละการอุ้มน้ำ} = \frac{\text{ปริมาตรของโซเดียมคลอไรด์ก่อนเหวี่ยง– ปริมาตรของโซเดียมคลอไรด์หลังเหวี่ยง}}{\text{ปริมาณของโซเดียมคลอไรด์ก่อนเหวี่ยง}} \times 100$$

ค.ผลผลิตหลังสุกด้วยหม้อนึ่งไอน้ำ(Steam sterilizer) (SEVERIN)

นำตัวอย่างเนื้อสัตว์(10 กรัม) ไปนึ่งด้วยไอน้ำเป็นเวลา 1นาที แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำเนื้อตัวอย่างที่ได้ซับให้แห้งด้วยกระดาษกรองแล้วนำไปชั่งซ้ำอีกครั้งด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักเนื้อเมื่อทำให้สุกสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ร้อยละผลผลิตหลังสุก} = \frac{\text{น้ำหนักของชิ้นเนื้อที่ปรุงสุก}}{\text{น้ำหนักของชิ้นเนื้อดิบ}} \times 100$$

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ก.ความเป็นกรด-ด่างวัดด้วย(pH meter; METTLER TOLEDO รุ่น FiveEasy)

นำตัวอย่างเนื้อสัตว์ 10กรัม เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรคนให้เข้ากัน นำไปวัดหาค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช(pH meter)

ข .ปริมาณความชื้นตามวิธี (ดัดแปลง A.O.A.C. 1990)

ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 5 กรัม ใส่ลงในภาชนะสำหรับหาความชื้น (Moisture can) ที่ผ่านการอบแล้ว นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง จากนั้นนำออกจากตู้อบและทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desicator) แล้วชั่งน้ำหนัก นำไปอบอีกประมาณ 1 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณความชื้นหรือน้ำที่หายไป

$$\text{ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ(กรัม)}-\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ(กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ(กรัม)}} \times 100$$

ค.ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)ด้วยเครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (AquaLabLITE รุ่น Decagon)

การวัดค่าปริมาณน้ำอิสระทำโดยใช้เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (AquaLabLITEรุ่น Decagon) ก่อนทำการวัดต้องเปิดเครื่องให้ทำงานจนกว่าเครื่องจะแสดงผลว่าพร้อมทำงาน จึงนำตัวอย่างผงหมักใส่ลงในช่องวัด สำหรับวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ รอจนกว่าเครื่องจะแสดงผลว่าให้อ่านค่าได้จึงบันทึกผล

ง. ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ด้วยวิธีแบรดฟอร์ดตามวิธีของ(Bollag et al., 1996)

1. วิธีการทำกราฟมาตรฐาน

ดูดสารละลาย BSA (Bovine serum albumin) ใส่ในหลอดทดลองปริมาตร 0, 0.5, 0.10, 0.15, 0.2, 0.25 และ 0.3 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ครบ 0.3 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Bradford working buffer (BWB) 3มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน พักทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 595 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดแสงที่ 595 นาโนเมตร กับความเข้มข้นของ Bovine serum albumin

2. วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ดูดตัวอย่างที่ผ่านการเจือจางในอัตราส่วน 1:100 ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Bradford working buffer (BWB)3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน พักทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 595 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณโปรตีน