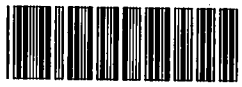
14494

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ

(Development of Low-fat Pork Burger)



นางสาวสาวไทย วงษ์ดีไทย

นางสาวสุภาพร กัณหะวัฒนะ

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2537

ปพ.
ส๒๘๖ก
2537

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96727
วัน.เดือน.ปี.....- 4 Jun 1994

1288

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ

(Development of Low-Fat Pork Burger)

โดย

นางสาวสาวไทย วงษ์ดีไทย

นางสาวสุภาพร กัณหะวัฒนะ

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 23/3/37 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ศรีพิมพ์ นวัสุข)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 28 เดือน มีนาคม พ.ศ. 37

ปพ.
ส686ก
2536

สาวไทย วงษ์ดีไทย และ สุภาพร กัณหะวัฒนะ. 2537. :การพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ (DEVELOPMENT LOW-FAT PORK BURGER). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา : อ.รวิพิมพ์ ฉวีสุข, 91 หน้า.

ในการศึกษาถึงผลของการลดไขมันในเบอร์เกอร์หมูจาก 20% ซึ่งเป็นปริมาณไขมันในเบอร์เกอร์ปกติเป็น 10% พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีไขมัน 10% จะมี Moisture retention, Fat retention และ Cooking yield สูงขึ้น แต่ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำและความชอบโดยรวม จะลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ โดยการใช้ Soy Protein Isolate ในรูป Hydrate 20% หรือ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% หรือ Soy protein isolate 20% ร่วมกับ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% พบว่าการใช้ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% จะช่วยเพิ่ม Moisture retention, Fat retention และ Cooking yield รวมทั้งช่วยเพิ่มความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำในผลิตภัณฑ์ชนิดที่มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด (3.009 บาท/60 กรัม) เมื่อศึกษาผลของการใช้ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% หรือ น้ำ 10% หรือ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% ร่วมกับ น้ำ 10% ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ (10%) เปรียบเทียบกับเบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% และ 20% พบว่าการเติม โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ร่วมกับน้ำ จะมีผลให้ผลิตภัณฑ์มี Water retention, Fat retention และ Cooking yield ในระดับที่สูงและในขณะเดียวกันช่วยปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ไขมันต่ำมีความนุ่ม และความชุ่มฉ่ำใกล้เคียงกับเบอร์เกอร์หมูไขมัน 20% มากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบราคาต้นทุนการผลิตต่อชิ้น (60 กรัม) พบว่าการใช้น้ำร่วมกับ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต จะมีต้นทุนการผลิตต่ำ (2.709 บาท/ 60 กรัม)

ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี
		23 มีนาคม 2537

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลงในที่สุด เนื่องจากการให้คำปรึกษา และดูแลอย่างใกล้ชิดจากอาจารย์ที่ปรึกษา คือ อาจารย์รวิพิมพ์ ฉวีสุข และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ จึงขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงและขอขอบพระคุณ ดร.กิติชัย บรรจง ที่ได้ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือ และขอขอบพระคุณอาจารย์ในภาควิชาทุกท่าน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกตลอดการปฏิบัติการปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณบริษัท VICCI CONSOLIDATE CO.,LTD. ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ Soy Protein Isolated

ขอขอบพระคุณท่านผู้จัดการบริษัท OSCARMAYER-CP Co.,Ltd คุณสมศักดิ์ ศิริชัยเจริญ, คุณชลิตา กลัดนิ่ม, คุณทรงสิทธิ์ ธาราติคุณ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เนื้อหมูมาด้วยดีตลอดโครงงาน

ขอบคุณเพื่อน ๆ และครอบครัวที่ได้ช่วยเหลือและให้กำลังใจกันมาตลอด

นางสาวสาวไทย วงษ์ดีไทย

นางสาวสุภาพร กัณหะวัฒนะ

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		ก
กิตติกรรมประกาศ		ข
สารบัญตาราง		จ
สารบัญภาพ		ฉ
บทที่		
1.	บทนำ	1
2.	วารสารปริทัศน์	3
	2.1 ผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำ	3
	2.2 Fat replacers ในผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำ	5
	2.3 Soybean protein	7
	2.4 สารประกอบฟอสเฟต	16
3.	อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	19
	3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	19
	3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	19
	3.3 ขั้นตอนการทดลอง	21
	3.4 วิธีการทดลอง	22
4.	ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	
	4.1 ผลจากการศึกษาการลดไขมันในเบอร์เกอร์หมู จาก 20% เป็น 10%	26
	4.2 ผลของน้ำ soy protein isolate และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ในการปรับปรุงคุณภาพเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ	33

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่

4.3 ผลของการนำ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และน้ำเนื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพสูตรเบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10% 41

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 51

5.1 สรุปผลการทดลอง 51

5.2 ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะ 52

เอกสารอ้างอิง 53

ภาคผนวก 58

ประวัติผู้เขียน 92

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงส่วนประกอบทางเคมีของแป้งถั่วเหลืองชนิดต่าง ๆ	9
4.1	แสดงสูตรและราคาของเบอร์เกอร์ไขมัน 10และ 20%	26
4.2	เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ ระหว่างเบอร์เกอร์ไขมัน 10 และ 20%	28
4.3	เปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีระหว่างเบอร์เกอร์ไขมัน 20% และ 10%	30
4.4	เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ระหว่างเบอร์เกอร์ไขมัน 10% และ 20%	31
4.5	สูตรและราคาที่คำนวณได้จาก linear programing	33
4.6	เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของเบอร์เกอร์ทั้ง 4 สูตร	34
4.7	เปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของเบอร์เกอร์ที่นำ SI และโซเดียมไตรโลฟอสเฟตมาใช้	36
4.8	เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของเบอร์เกอร์ที่ใช้ SI หรือ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	40
4.9	สูตรและราคาที่คำนวณได้จาก linear programing	41
4.10	เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของเบอร์เกอร์ที่ใช้น้ำ และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	42
4.11	เปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของเบอร์เกอร์ที่ใช้น้ำ และ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	46
4.12	เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเบอร์เกอร์ที่ใช้น้ำ และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	49

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงการผลิตแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม	10
2.2	แสดงการเตรียม soy protein concentrate	12
2.3	แสดงการเตรียม soy protein isolate	13
3.1	แสดงวิธีการทดลอง	25
4.1	แสดงผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ	27
4.2	แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมี	29
4.3	แสดงผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส	32
4.4	แสดงผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของเบอร์เกอร์ไขมันต่ำ ที่ใช้ SI โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	35
4.5	แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเบอร์เกอร์ไขมันต่ำที่ใช้ SI และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	37
4.6	แสดงผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของเบอร์เกอร์ไขมันต่ำที่ใช้ SI และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	39
4.7	แสดงผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของเบอร์เกอร์ที่ใช้ น้ำ และ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	43
4.8	แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเบอร์เกอร์ที่ใช้น้ำ และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	45
4.9	แสดงผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของเบอร์เกอร์ที่ใช้น้ำ และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	48

บทที่ 1
บทนำ

อาหารเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการดำรงชีวิตเพื่อให้ร่างกายแข็งแรงปลอดภัยจากโรคภัยไข้เจ็บต่าง ๆ การรู้จักเลือกรับประทานอาหารจึงเป็นสิ่งจำเป็น บางคนรับประทานอาหารเพื่อบรรเทาความหิว บางคนรับประทานอาหารตามใจตนเองจนเกินความพอเหมาะพอควร ร่างกายจึงได้รับอาหารทั้งที่จำเป็นและไม่จำเป็นมากเกินไป อาหารจะมีประโยชน์ต่อร่างกายเมื่อเราเลือกรับประทานให้ถูกต้องทั้งชนิดและปริมาณเท่านั้น

จากสภาพเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบัน อาหารประเภทฟาส์ตฟูดเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์เป็นอาหารที่นิยมรับประทานอย่างแพร่หลาย ได้มีรายงานว่า ผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ซึ่งมีปริมาณไขมันสูงถึง 20% หากได้รับในปริมาณนี้เป็นประจำจะส่งผลเสียต่อสุขภาพ ก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น ไขมันอุดตันในเส้นเลือด เส้นเลือดตีบตันทำให้ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ และโรคอ้วน

ทั้งนี้ทั้งนั้นไม่ได้หมายความว่าไขมันจะมีแต่โทษอย่างเดียว ประโยชน์ที่สำคัญของไขมันคือเป็นแหล่งพลังงาน แหล่งวิตะมินที่ละลายได้ในไขมัน คือ A, D, E, K และเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็น(Food Engineering INT'L,1992) และมีผลต่อเนื้อสัมผัสอาหาร เช่น ความนุ่มความชุ่มฉ่ำ ทำให้อาหารนั้นมองดูน่ารับประทาน มีความมัน ไม่แห้งด้าน ทำให้เกิดความรู้สึกอร่อยเมื่อรับประทาน Latta(1990)รายงานว่าหากลดการบริโภคไขมันลงสามารถลดอัตราการเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจได้ 10% และหากผู้ที่มีน้ำหนักเกินมาตรฐานทำการลดน้ำหนักลงโดยการควบคุมอาหารที่บริโภค สามารถลดอัตราการเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจชนิด Cardiovascular Heart Disease ได้ลงถึง 20% จากเหตุผลในด้านอาหารและสุขภาพมีความสัมพันธ์กัน จึงได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ โดยนำ Soy Protein Isolate, โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และ น้ำมาใช้ในการปรับปรุงคุณลักษณะในด้านความนุ่มและความชุ่มฉ่ำ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการลดไขมันในเบอร์เกอร์หมูจาก 20% เป็น 10% ต่อคุณภาพทางเคมี, ทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส

2. ศึกษาผลของการนำ Soy Protein Isolate และ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ในการปรับปรุงคุณภาพของเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ

3. ศึกษาผลของการนำ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ($Na_5P_3O_{10}$) และ น้ำ ในการปรับปรุงคุณภาพสูตรเบอร์เกอร์ไขมันต่ำ

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำ

ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่บริโภคอาหารโดยคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการและสุขภาพเป็นสำคัญ ดังนั้นผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำจึงเป็นเรื่องหนึ่งที่ได้รับความสนใจพัฒนาขึ้นมา ผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแคลอรี่ทั้งหมดมาจากไขมันน้อยกว่า 30% และมีไขมันอิ่มตัวต่ำกว่า 10% การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำ จะมุ่งเน้นในด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำ โดยให้ใกล้เคียงกับเนื้อไขมันเต็มส่วนให้มากที่สุด

Berry B.W.(1992)ได้ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ (ground beef patty) ที่มีระดับไขมันต่าง ๆ คือ 0, 4, 8, 12, 16, 20% ถึงผลกระทบในด้านประสาทสัมผัส แรงที่ใช้ในการตัดขาด พบว่าปริมาณไขมันที่ลดลง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และรสชาติที่ลดลงไปด้วย แต่แรงที่ใช้ในการตัดขาดจะเพิ่มขึ้น ตัวอย่างที่มีระดับไขมันเป็น 0% จะมีความชุ่มฉ่ำและกลิ่นรสที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นที่มีระดับไขมันสูงกว่า

Troutt E.S.(1992) ได้ศึกษาถึงลักษณะทางเคมี ทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของเนื้อบดที่มีปริมาณไขมัน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30% พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อบดไขมันต่ำ(low fat beef patty) ที่มีไขมัน 5 และ 10% นี้มีเนื้อสัมผัสที่แน่นกว่า มีความชุ่มฉ่ำ รสชาติ และมีความรู้สึกถึงการมีน้ำมันติดอยู่ที่ลิ้นน้อยกว่าตัวอย่างที่มีไขมัน 20-30% ในการวัดแรงที่ใช้ในการตัดขาดพบว่าจะต้องใช้แรงเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณไขมันลดลง นอกจากนี้พบว่าความร้อนที่ใช้ในการทอดตัวอย่างที่มีไขมันต่ำ และตัวอย่างที่มีไขมันสูงจะต่างกัน ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผู้ชิมเช่นกัน

Miller M.F.(1992) ได้ศึกษาถึงลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของ low fat ground beef patty โดยทำการเติมน้ำ 10% และ ฟอสเฟต 0.3% ลงในผลิตภัณฑ์เพื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างซึ่งมีปริมาณไขมัน 22%.และไม่ได้เติมทั้งน้ำและฟอสเฟต พบว่าการเติมน้ำจะไปทำให้เกิด thaw loss และ cooking loss มากขึ้น แต่เป็นการปรับปรุงด้านเนื้อสัมผัส และการยอมรับของผู้ชิมที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การที่ใช้น้ำและฟอสเฟตจะ

ไปทำให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในชิ้นเนื้อเพิ่มขึ้น โปรตีนลดลงแต่ไม่มีผลต่อระดับไขมันและทำให้มีความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Hunt M.C.(1992) ได้ศึกษาถึงการนำ dietary fibers, แป้งและ polydextrose มาใช้ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแฮมเบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 5 และ 10% โดยทำการเปรียบเทียบกับตัวอย่างซึ่งมีไขมัน 5, 10, 20 และ 30%เป็นตัวควบคุม พบว่าตัวอย่างที่ใช้ polydextrose แป้ง และ fiber มี cooking loss น้อยกว่าตัว control 20 ถึง 40% และตัวอย่างที่ใช้สามตัวนี้ร่วมกัน พบว่าจะมีเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกับตัว control ที่มีไขมัน 20% มากที่สุด และการใช้ polydextrose หรือ แป้ง หรือ fiber นี้จะทำให้ตัวอย่างนั้นมีความนุ่มและมีกลิ่นรสที่ลดน้อยลง

Susan (1992) ได้ทำการศึกษาผลของ ไขมัน ถั่วเหลือง และ carrageenan ต่อลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ground beef patties ซึ่งมีปริมาณไขมัน 8 และ 20% โดยศึกษาตัวอย่างที่มีไขมัน 8% ใช้ 20% soy protein isolate หรือ 20% soy concentrate หรือ 20%soy flour หรือ ส่วนผสมของ carrageenan 0.5% แป้ง 0.5% และฟอสเฟต 0.2% พบว่าตัวอย่างที่มีการใช้ carrageenan แป้งและฟอสเฟตมี cook loss ต่ำสุด ตัวอย่างที่มีการใช้ soy จะไปลดกลิ่นรสของเนื้อลงแต่จะมีกลิ่น off-flavor เพิ่มมากขึ้น และพบว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะต่ำลงในตัวอย่างที่มีไขมันสูง และตัวอย่างที่มีการใช้ soy

Ravin(1992) ได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติของการใช้ wheat germ protein (WGPF) ใน ผลิตภัณฑ์เนื้อบด เปรียบเทียบกับ corn germ protein flour(CGPF) และ soy flour(SF) พบว่าตัวอย่างที่มีการใช้โปรตีนเหล่านี้ จะมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น ลด cooking loss ลง ปรับปรุงในด้านความหนืด และความเหนียว WGPE ให้ผลในด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างไปจากการใช้ SF และ CGPF

Lecomte (1993) ได้ศึกษาถึงการนำ soy flour(SF), soy concentrate (SC), soy protein isolate(SI) มาใช้ในการปรับปรุงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อลดขนาด พบว่าหากใช้ในรูป pre-emulsified จะสามารถลด off-flavor และ off-aroma (กลิ่นเหม็นเขียว กลิ่นหิน ฯลฯ)ได้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและเพิ่ม yield ลด cook loss และไม่มีผลกระทบต่อสีของผลิตภัณฑ์

2.2 Fat Replacers ในผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำ

จากงานวิจัยดังที่ได้ยกตัวอย่างในหัวข้อ 2.1 จะเห็นว่าเป็นการศึกษาค้นคว้าที่มุ่งเน้นในด้านการพัฒนากลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำ โดยพยายามให้มีความใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเต็มส่วนมากที่สุด ซึ่งสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ สารต่าง ๆ ที่ใช้แทนไขมัน (fat replacer) ซึ่งจะช่วยเสริมกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสแทนไขมันที่สูญเสียไป ความชุ่มฉ่ำและรสชาติของ ground beef patties เป็นลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปริมาณไขมันที่ระดับสูง ในผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำจำเป็นต้องมีสิ่งที่นำมาใช้แทนไขมัน โดยให้คุณสมบัติที่ใกล้เคียงไขมันที่สูยเสียไปให้มากที่สุด เช่น ชุ่มน้ำ คุณสมบัติ fat-binding ปริมาณผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้หลังการประกอบการ (cooking yield) และกลิ่นรส นอกจากนี้สารที่นำมาใช้ไม่ควรทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง สารทดแทนไขมันที่จะกล่าวถึงในที่นี้คือ

1. <u>Carrageenan</u>

ใช้เป็น binder และ extender ในผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำ เป็นสารพวก polysaccharide มี 3 ชนิดคือ

- Iota carrageenan
- Kappa carrageenan
- Lamda carrageenan

Iota และ Kappa carrageenan มีคุณสมบัติเป็นสารที่ให้ลักษณะเจลแก่ผลิตภัณฑ์ ส่วน Lamda carrageenan มีคุณสมบัติเป็นสารที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดขึ้น

Iota carrageenan เป็นตัวที่ใช้ได้ดีใน low-fat ground beef patties เนื่องจากมีความเป็นเจลสูง ทั้งยังช่วยให้โครงสร้างของเนื้อที่แตกหักหรือฉีกขาดสามารถกลับมารวมตัวได้ คุณสมบัติที่สำคัญคือ ความสามารถในการเก็บกักน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มน้ำ และเนื่องจาก ground beef patties ถูกผลิตที่อุณหภูมิต่ำ carrageenan สามารถละลายได้ในที่ ๆ มีอุณหภูมิต่ำจึงเป็นการช่วยเสริมการทำงานของเครื่องจักรในการละลาย

Egbert และคณะ,1991 ศึกษาพื้นฐานของ carrageenan ที่ใช้เติมใน meet patties พบว่ามีความสัมพันธ์กับหน้าที่ 2 ประการ คือ

- ลักษณะของ carrageenan ที่อยู่ใน meat patties มีขนาดและรูปร่างคล้ายคลึงกับส่วนที่เป็นไขมันในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันอยู่ 20% โดย carrageenan ที่มีน้ำอยู่ในโครงสร้างจะให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่คล้ายกัน

- carrageenan ที่มีน้ำอยู่ในโครงสร้างอย่างสมบูรณ์จะช่วยรักษษความชื้นใน meat patties ได้เป็นอย่างดี

2. Oat fiber

เป็นตัวใช้เสริมเนื้อสัมผัสและความชื้น โดยเฉพาะ oat bran ช่วยเสริมความรู้สึกเมื่ออยู่ในปากให้ดีขึ้นกับผลิตภัณฑ์ จึงมีการปรับปรุงสำหรับ oat bran โดยปรุงแต่งกลิ่นรสแล้วแปรสภาพเป็นผลิตภัณฑ์แห้ง พร้อมที่จะนำไปเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำ นอกจากนี้ oat fiber ยังมีประโยชน์ต่อร่างกาย ช่วยในระบบการย่อยอาหาร ช่วยในการลดความอ้วน และช่วยลดปริมาณไขมันอิสระในเลือด

3. Modified Food Starches

เป็นแป้งที่ผ่านกรรมวิธีแปรสภาพเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำ ใช้เป็นตัว binder รักษาความชุ่มน้ำ ความนุ่มเนื้อเสริมโครงสร้าง และการเกาะตัวของน้ำในผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น ทั้งยังมีราคาไม่แพงและได้รับการยอมรับสูงในผู้บริโภค ช่วยรักษาปริมาณผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้หลังการประกอบการ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของแป้งสูง จะทำให้มี %yield ที่ได้เพิ่มขึ้นด้วย

4. Moltodextrin

เป็น binder ที่ใช้ได้มากถึง 3.5% ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย เกิดจากการแตกพันธะของ amylose และ amylopectin เช่น แป้งข้าวโอ๊ต ที่ถูกย่อยสลาย โดยเอนไซม์ alpha-amylase ได้เป็น maltodextrin เรียกว่า Oatrim มีลักษณะเป็นเจลคล้ายไขมัน แต่ให้พลังงานน้อยกว่า 1 แคลอรี่ต่อกรัม การใช้ maltodextrin ในผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำ ช่วยให้ราคาต้นทุนในการผลิตไม่สูงนัก และสะดวกในการใช้

5. Plant Oils

น้ำมันพืชมีปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำกว่าน้ำมันจากสัตว์ ในผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำนิยมนำน้ำมันพืชใช้ในการประกอบการ วัตถุดิบที่ใช้ เช่น ข้าวโพด ปาล์ม ถั่วลิสง ถั่วเหลืองและเมล็ดฝ้าย ในผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำ นอกจากใช้แทนการใช้น้ำมันจากสัตว์แล้ว ยังใช้เพื่อเพิ่มปริมาณสารอาหารด้วย

6. Functional blends

เป็นส่วนผสมที่ประกอบด้วยสารหลาย ๆ ตัวประกอบกัน เพื่อนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมัน และเรียกสารตัวนี้ว่า functional blebds ตัวอย่างเช่น สารที่มีชื่อทางการค้าว่า Prime-O-Lean™ ซึ่งประกอบด้วย น้ำ, partially hydrogenated canola oil, hydrolyzed beef plasma, แป้งมันสำปะหลัง, sodium alginate และเกลือ สารตัวนี้สามารถใช้ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้ไม่เกิน 2.5%

นอกจากนี้ blend ที่ประกอบด้วย modified food starches, rice flour, เกลือ, emulsifier และ flavor นี้สามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำที่มีส่วนประกอบของเนื้อแดง 90% น้ำ 7% และส่วนของ blend 3%

7. Soy protein

ที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อมี 3 ชนิดคือ soy flour,soy protein concentrate, soy protein isolate ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวไว้ในหัวข้อ2.3

2.3 Soy bean protein

โปรตีนจากถั่วเหลืองที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร มีรูปแบบของการใช้งาน 3 รูปแบบ คือในรูปของ แป้งถั่วเหลืองและถั่วเหลืองผง(soy flour และ soy grit), soy protein concentrated และ soy protein isolated ซึ่งจะมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 40-50%, 70%, และ 90% ตามลำดับ

2.3.1 แป้งถั่วเหลือง (Soy flour) และถั่วเหลืองผง (Soy grit)

แป้งถั่วเหลือง คือการนำเอาส่วนของเนื้อถั่วเหลืองที่อาจมีไขมันอยู่เต็มอัตรา เนื้อถั่วเหลืองที่เอาเปลือกออกแล้วไปผ่านขั้นตอนการบดให้ละเอียด ซึ่งความละเอียดของแป้ง(flour) ให้เป็นไปตามข้อกำหนดโดย Soy and Research Council โดยกำหนดไว้ว่าจะต้องมีไม่น้อยกว่า 97% ของแป้งผ่านตะแกรงร่อน U.S.No.100 mesh ของตะแกรงมาตรฐาน

ถั่วเหลืองผง (soy grit) เป็นส่วนของเนื้อถั่วเหลือง อาจเป็นส่วนที่มีไขมันอยู่เต็ม หรือส่วนที่สกัดไขมันออกแล้ว นำมาผ่านขั้นตอนการบดให้ละเอียดเป็นขนาดต่าง ๆ โดยถือเอาขนาดที่ผ่านตะแกรงมาตรฐานเป็นเกณฑ์คือ

หยาบ (coarse)	ผ่าน Mesh size No. 10-20
กลาง (medium)	ผ่าน Mesh size No. 20-40
ละเอียด (fine)	ผ่าน Mesh size No. 40-80

ชนิดของแป้งถั่วเหลืองและส่วนประกอบ

1. แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม (Full fat soy flour) คือแป้งถั่วเหลืองที่ทำมาจากถั่วเหลืองที่กำจัดเปลือกออก แล้วผ่านขั้นตอนการบดให้ละเอียดเป็นไปตามข้อกำหนด และมีส่วนประกอบของไขมันและโปรตีนอยู่ในใบเลี้ยงตามปกติ โดยปกติแล้วจะมีไขมันอยู่ไม่ต่ำกว่า 18%

2. แป้งถั่วเหลืองปราศจากไขมัน (Defatted soy flour) คือแป้งถั่วเหลืองที่กำจัดเอาเปลือกและผ่านการบดให้เป็นไปตามข้อกำหนด โดยปกติแล้วจะมีไขมันอยู่น้อยกว่า 1%

3. แป้งถั่วเหลืองที่มีไขมันน้อย (Low fat soy flour) คือแป้งถั่วเหลืองที่ทำจากการเติมไขมันลงไปในแป้งถั่วเหลืองปราศจากไขมัน (Refatting) ให้มีปริมาณตามที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้วจะมีไขมันอยู่ในช่วง 4.5-9%

4. Lecithinated soy flour ซึ่งเป็นแป้งชนิดที่เติม lecithin ลงไปในแป้งถั่วเหลืองปราศจากไขมัน โดยให้มีระดับต่าง ๆ อาจสูงถึง 15%

5. Enzyme active soy flour โดยทั่วไปจะหมายถึงแป้งถั่วเหลืองที่มีไขมันเต็ม หรือแป้งถั่วเหลืองที่ปราศจากไขมันที่ผ่านขั้นตอนการให้ความร้อนเล็กน้อยไม่พอในการที่จะทำลาย เอนไซม์ ที่มีอยู่ในถั่วเหลือง

6. แป้งถั่วเหลืองชนิดอื่น ๆ เป็นแป้งถั่วเหลืองที่ทำขึ้นมาเพื่อให้เป็นไปตามลักษณะการใช้งานอื่น ๆ เช่น แป้งถั่วเหลืองชนิดที่มีโปรตีนสูง 60% ซึ่งก็ทำมาจากการผสมระหว่าง 70% Protein concentrate กับ 50% Defatted soy flour

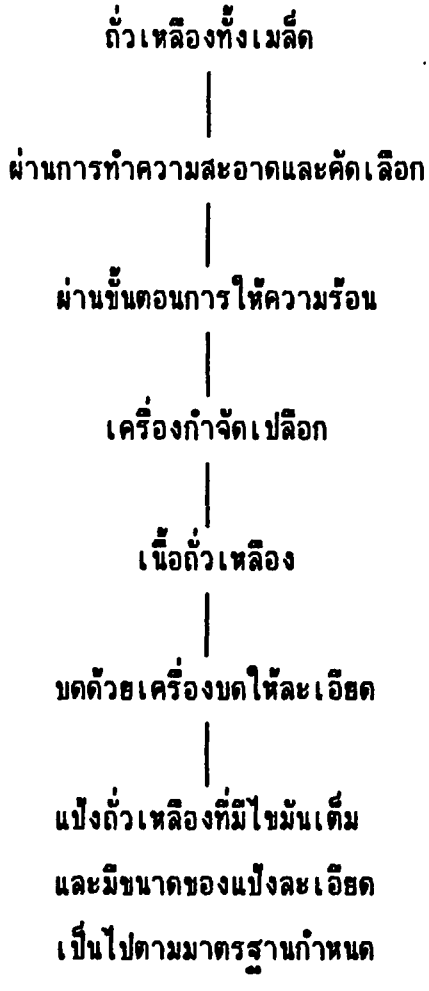
ตาราง 2.1 : ส่วนประกอบทางเคมีของแป้งถั่วเหลืองชนิดต่าง ๆ (dry basis)

	โปรตีน (%Nx6.25)	ความชื้น (%)	ไขมัน (%)	เส้นใย (%)	เถ้า (%)
ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด	42.6	11.0	20.0	5.3	5.0
แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม	46.6	5.0	22.1	2.1	5.2
แป้งถั่วเหลืองปราศจากไขมัน	59.0	7.0	0.9	2.6	6.4
Lecithinated soy flour	48.6	5.5	16.4	2.2	5.3

ที่มา : Wolf,1970

การทำแป้งถั่วเหลืองในอุตสาหกรรมมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน ทั้งนี้แล้วแต่ชนิดของแป้งถั่วเหลืองที่ต้องการเพื่อการใช้งาน การทำโดยวิธีที่เรียกว่า Extruder Cooker Processing และ Debittering Method จำเป็นที่ต้องเกี่ยวข้องกับความร้อน ซึ่งจะทำให้แป้งถั่วเหลืองที่ได้มีข้อดีในด้านกลิ่นเหม็นเขียวที่น้อยลง

ขั้นตอนการผลิตแป้งถั่วเหลืองที่มีไขมันเต็ม ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 : การผลิตแป้งถั่วเหลืองที่มีไขมันเต็ม
ที่มา : Wolf,1970

2.3.2 Soy Protein Concentrate (SPC)

Soybean protein concenntrate จะมีเนื้อละเอียดกว่า flour และ grits และมีโปรตีน(dry basis)อยู่สูงกว่า 70% ในประเทศไทยเราไม่ได้ทำการผลิต soy protein concentrate ขึ้นเองจึงต้องสั่งซื้อเข้ามาจากต่างประเทศซึ่ง soy protein concentrate ใช้เป็น Food ingredient ตัวหนึ่งที่มีการใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท

เช่น อุตสาหกรรมทำไส้กรอก เนื้อเทียม ขนมอบต่าง ๆ soy protein concentrate เตรียมได้จากถั่วเหลืองที่มีคุณภาพสูง สะอาด ผ่านการเอาเปลือกออก สกัดเอาไขมันออกแล้ว (Defatted flakes or fllour) และมีการแยก oligosaccharides, เถ้าและ minor components ออกโดยมีวิธีการแยก 3 วิธี

1. ล้างด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ 60-80% (wolf,1970)

โปรตีนและน้ำตาลโมเลกุลใหญ่จะไม่ละลายในแอลกอฮอล์ ในขณะที่น้ำตาลและสารประกอบอื่นจะละลายจึงถูกแยกออกมาได้ soy protein concentrate จะถูกทำให้แห้งและปรับ pH ให้เป็นกลาง

2. ล้างด้วยกรดที่ pH 4.5 เพื่อแยกน้ำตาลออก

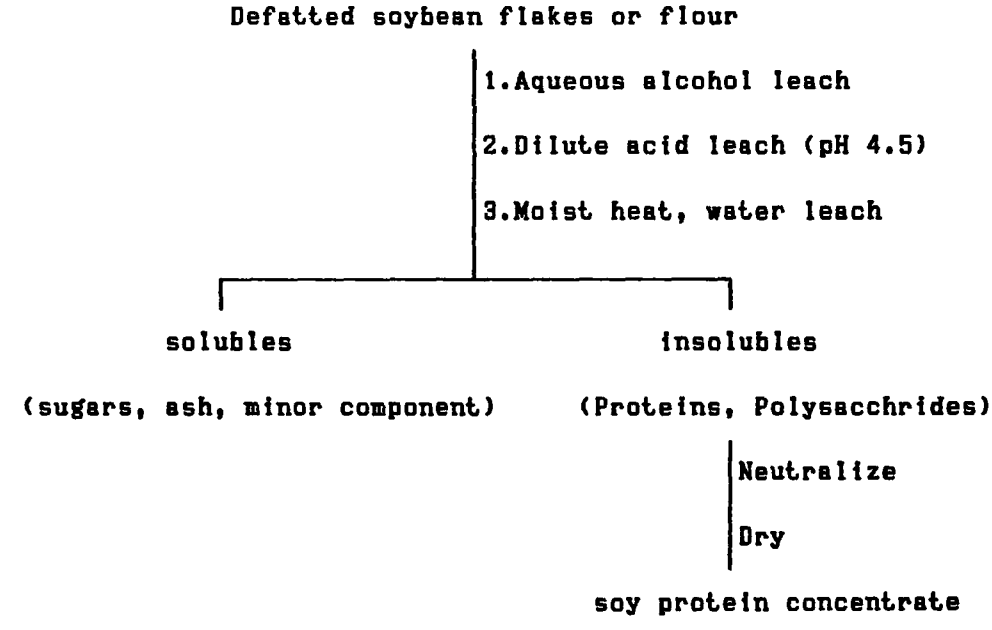
ที่ pH นี้เป็นจุด isoelectric point ของ globulin ทั้งโปรตีนและน้ำตาลโมเลกุลใหญ่จะไม่ละลาย วิธีนี้ทำได้ทั้งที่อุณหภูมิห้องหรือที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องก็ได้ จากนั้นทำให้เป็นกลางแล้วทำให้แห้ง(Wolf,1970)

3. ใช้ความร้อนชื้น

เพื่อทำให้โปรตีนเกิดการ denature และไม่ละลาย จากนั้นล้างด้วยน้ำเพื่อแยกน้ำตาลและ minor component ต่าง ๆ ออก (Wolf,1970)

soy protein concentrate ที่เตรียมได้จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับวิธีที่เลือกใช้ เช่น soy protein concentrate ที่เตรียมจากการล้างด้วยกรดโดยที่ไม่มีการใช้ความร้อน จะมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สูงกว่า soy protein concentrate ที่เตรียมได้จากการใช้ความร้อนและแอลกอฮอล์ soy protein concentrate จะมีระดับความเข้มของกลิ่นรสน้อยกว่า flour and grits เนื่องจากองค์ประกอบที่กลิ่นรสนั้นถูกกำจัดไปบางส่วนในขั้นตอนการเตรียมนั่นเอง

ขั้นตอนการเตรียม soy protein concentrate ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 : การเตรียม soy protein concentrate

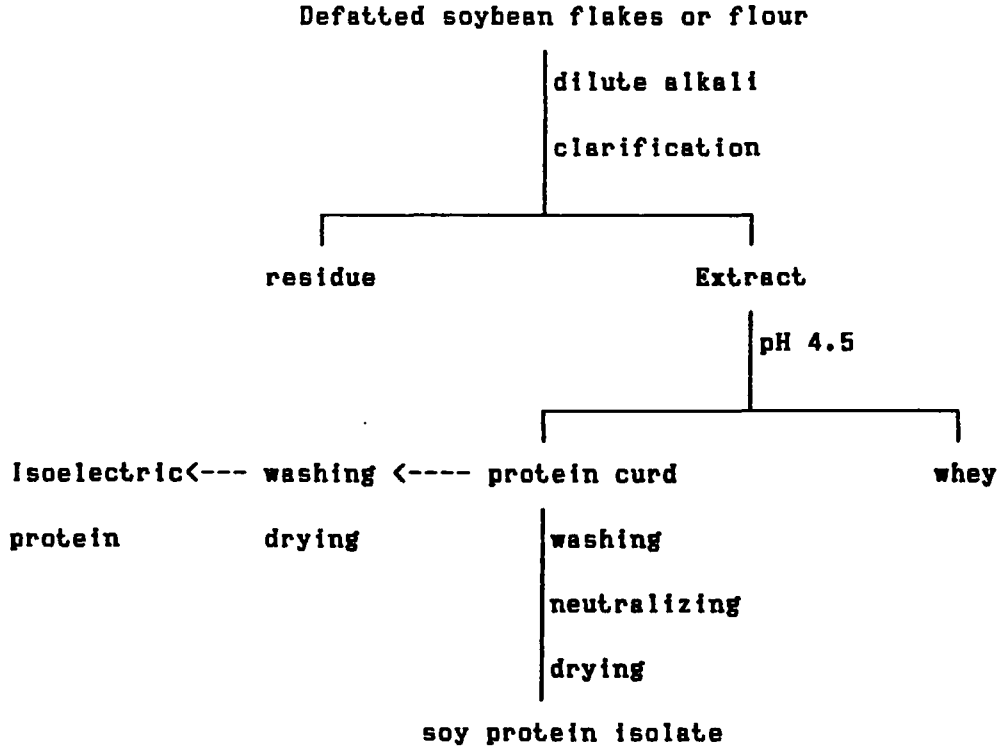
ที่มา : Wolf,1970

2.3.3 Soy Protein Isolate (SI)

การทำ soy protein isolate เป็นขั้นตอนที่ต่อไปอีกขั้นตอนหนึ่งจากการทำ soy protein concentrate ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะทำโปรตีนให้มีความบริสุทธิ์โดยการกำจัดพวก water insoluble polysaccharides และ water soluble sugar รวมทั้งสาร minor components อื่น ๆ ขั้นตอนการผลิตจะเริ่มจากการใช้แป้งถั่วเหลืองที่ไม่มีไขมันและมีค่าการละลายโปรตีนสูงมาละลายน้ำ และปรับให้อยู่ในสภาวะที่เป็นด่างเล็กน้อย (pH 7-9) ด้วยด่างที่เจือจาง โดยรักษาอุณหภูมิที่ 50-55 องศาเซลเซียส กรองแยกเอาส่วนที่ไม่ละลายออกไป ส่วนที่เป็นกาก (residue) ได้แก่พวกน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ที่ไม่ละลายน้ำ และบางส่วนของโปรตีน นำส่วนที่เป็น filtrate มาปรับ pH ให้อยู่ในช่วง pH 4.5 ด้วยกรดซึ่งเป็น food grade โปรตีนส่วนใหญ่จะตกตะกอน จากนั้นก็กรองเอาตะกอนออกและล้างตะกอนด้วยน้ำ หากนำไปอบแห้งเลยจะได้เป็น Isoelectric protein แต่ถ้านำเอาตะกอนที่ล้างแล้วไปละลายน้ำและปรับสภาพให้เป็นกลางก่อน แล้วจึงนำไปทำให้แห้งโดยการ spray drying ก็จะได้เป็น soy

protein isolate ที่ละลายน้ำได้ดีกว่าและง่ายต่อการรวมตัวในอาหาร

ขั้นตอนการเตรียม soy protein isolate ดังแสดงในรูป 2.3



รูปที่ 2.3 : การเตรียม soy protein isolate

ที่มา : Wolf,1970

soy protein isolate ที่ผลิตขึ้นได้นี้ ได้ผ่านขั้นตอนในสภาวะต่าง ๆ เช่น สารเคมี ความร้อน หรือเอนไซม์ก่อนที่จะถูกทำให้แห้ง ซึ่งสภาวะต่าง ๆ ดังกล่าวจะใช้ในการดัดแปลงคุณภาพของโปรตีนให้มีคุณสมบัติในหน้าที่เฉพาะต่าง ๆ ได้ เช่น การเพิ่ม whipping ability, gelation, protein binding, protein solubility, fat and oil emulsification และ water absorption เป็นต้น การผ่านสภาวะต่าง ๆ เพื่อให้โปรตีนมีหน้าที่ในการใช้งานเฉพาะอย่างนั้น เป็นเรื่องที่กระทำกันโดยไม่มีการเปิดเผยรายละเอียดเพื่อการเผยแพร่

2.3.4 คุณสมบัติของ Soybean proteins

คุณสมบัติของ soybean proteins มีประโยชน์อย่างมากในอุตสาหกรรมอาหาร แต่สิ่งที่ควรตระหนักคือ หากใช้ soybean proteins ที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ ผลที่ปรากฏออกมาจะเป็นผลที่เนื่องมาจากองค์ประกอบอื่นที่ยังมีอยู่ใน soybean proteins นั่นเอง ตัวอย่างเช่น แป้งถั่วเหลือง หรือ ถั่วเหลืองผง(flour, grit) ไม่เพียงแต่โปรตีนเท่านั้นที่ดูดซับน้ำ แต่ polysaccharides ก็ดูดซับน้ำด้วย ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จะต้องใช้น้ำมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ soy protein isolate soybean protein มีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมอาหารดังนี้

1. ช่วยในการเกิดอิมัลชั่น และทำให้อิมัลชั่นคงตัวในผลิตภัณฑ์พวกเนื้อบด

2. ช่วยส่งเสริมและควบคุมการดูดซับไขมัน

ในผลิตภัณฑ์พวกเนื้อบดต่าง ๆ soy protein จะช่วยในการดูดซับไขมัน ในขณะที่ soy flour ที่ใช้ในโดนัท หรือ แพนเคก จะป้องกันการดูดซับไขมันมากเกินไปในขณะทอด

3. soybean proteins มีโครงสร้างเป็น hydrophilic

ดังนั้นจึงดูดซับน้ำและเก็บรักษาน้ำไว้ได้ เช่น หากใช้ soy flours สามารถเติมน้ำได้มากขึ้นเพื่อปรับปรุงลักษณะของdoughs แต่ในทางกลับกัน การใช้ soy flours ในพวกมักโรนีจะไปลดความสามารถในการดูดซับน้ำในขณะที่กำลังต้ม จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นเหนียวขึ้น ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ และลูกกวาด soybean proteins ช่วยในการดูดซับน้ำและคงความชื้นในผลิตภัณฑ์ไว้ได้ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นคงความสดอยู่ได้นาน

4. ช่วยปรับปรุงในด้านเนื้อสัมผัส

soy protein concentrate และ soy flours ช่วยทำให้น้ำซุปและ gravies ข้นขึ้น เนื้อที่บดละเอียด soybean proteins จะ form ตัวเป็นเจล สานตัวกันเป็นตาข่าย สามารถเก็บกักน้ำและไขมันไว้ได้ซึ่งให้ความรู้สึกพอใจเมื่อได้รับประทาน

5. ทำ textured products ได้

โดยการนำ soy flours ผ่านขบวนการ extrution ภายใต้ความดันและอุณหภูมิ เพื่อให้มีรูปร่างตามที่ต้องการ เช่นเป็นแผ่นบาง ๆ หรือ เป็นเกล็ด ผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะถูกทำให้มีกลิ่นรสคล้ายเนื้อ เช่น แฮมเบอร์เกอร์, เนื้อต้ม หรือ chili beef (Wolf,1970)

นอกจากนี้ soy protein isolate และ soy flours สามารถทำให้เป็นผลิตภัณฑ์คล้ายเนื้อได้ด้วยการกวนในสภาพที่เป็นสารละลายอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอภายใต้อุณหภูมิสูง ซึ่งที่สภาวะนี้โปรตีนจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่เป็น shredded mass ทำให้ได้อาหารที่มีเนื้อสัมผัสเหมือนกับเนื้อ (Wolf, 1970) อีกวิธีหนึ่งในการผลิตเนื้อเทียมคือ การใช้สารละลายด่างเข้มข้น เพื่อให้โปรตีนเกิดการจัดเรียงตัวเป็นเส้นใย จากนั้นเติม binders, flavors, fats และสี เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเหมือนแฮม เบคอน เนื้อวัวหรือเนื้อไก่

6. soybean proteins สามารถเปลี่ยนเป็นวัตถุที่มีลักษณะคล้าย dough (doughlike material) ได้ภายใต้สภาวะหนึ่ง แต่จะขาดคุณสมบัติในด้าน dough-forming ซึ่งเป็นคุณสมบัติของโปรตีนจากแป้งสาลี การเติม soybean proteins ลงไปจะเป็นการลดความเข้มข้นของ gluten และ starch ให้เจือจางลง ทำให้ปริมาตรของขนมปังที่น้อยลดลง และมีผลกระทบต่อเนื้อสัมผัส ดังนั้น soybean proteins ไม่สามารถนำมาใช้แทนแป้งสาลีได้

7. มีคุณสมบัติในด้าน film-forming ซึ่งมีประโยชน์มากในผลิตภัณฑ์เนื้อ เช่น frankfurters และผลิตภัณฑ์เนื้อบดอื่น ๆ เนื่องจากคุณสมบัติในด้านความเหนียวของsoybean proteins จะไปทำให้อนุภาคของเนื้อเหล่านั้นรวมกันได้ เช่น ไส้กรอก, meat patties, meat loaves และ chicken rolls

8. ช่วยในการควบคุมสีของอาหาร

soy flours มีผลต่อสีของอาหารใน 2 ลักษณะด้วยกัน คือ ช่วยทำให้สีจางลง และทำให้สีเข้มขึ้น ตัวอย่างเช่นการใช้ undenatured soy flours เป็นตัวฟอกสีในขนมปัง แป้งชนิดนี้จะมีเอนไซม์ lipoxygenase (E.C. 1.13.1.13) ซึ่งจะไปออกซิไดซ์ polyunsaturated fats ซึ่งเชื่อกันว่าไขมันที่ถูกออกซิไดซ์แล้วนี้จะไปทำให้แคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นรงควัตถุที่มีอยู่ในแป้งสาลีนั้น มีสีจางลง ขนมปังที่ได้จึงมีสีขาวขึ้น หรือไปทำให้รอบนอก (เปลือก)ขนมปังมีสีอ่อนลง ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่าง soybean proteins และคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในแป้งสาลี ในส่วนผสมของแพนเคก และวาฟเฟิล soy flours จะช่วยทำให้มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ขณะที่มีการดูดซับไขมันเพียงเล็กน้อยในขณะทอด

9. ใช้เป็น aerating agents ใน whipped toppings และอาหารหวานแช่แข็ง

Pepsin hydrolyzates ของ soybean proteins ใช้เป็น whipping agents ในลูกกวาด และ chiffon mixes

2.4 สารประกอบฟอสเฟต

สารประกอบฟอสเฟตที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อมีหลายชนิด ส่วนใหญ่นิยมใช้ในรูปของเกลือโซเดียม ได้แก่ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต, โซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต,โมโนโซเดียมฟอสเฟต โซเดียมฟอสเฟต,ไตรโซเดียมฟอสเฟต, ไพโรฟอสเฟต และออกตาเมตาฟอสเฟต(ชัชชัย,2535) การเติมสารประกอบฟอสเฟตลงในเนื้อ จะช่วยปรับปรุงคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เนื้อได้ดีขึ้น ดังนี้

1. ช่วยให้สีของเนื้อคงตัว

ปกติสีของเนื้อจะขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาทางเคมีของรงควัตถุ (pigment) 2 ชนิด คือ ไมโอโกลบิน (myoglobin) และ ฮีโมโกลบิน (haemoglobin) สำหรับ haemoglobin นั้นเป็นรงควัตถุสีแดงในเลือด เป็น iron-protein complex ส่วน myoglobin จะเป็นรงควัตถุสีแดงเข้ม พบในเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อซึ่งเป็น iron-protein complex เหมือนกัน มีเหล็กอยู่ในรูปของ ferrous ซึ่งสามารถจะถูก oxidize ไปเป็น ferric ได้ง่าย ทำให้ได้รงควัตถุสีน้ำตาลเรียกว่า เมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ไมโอโกลบินสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่ผิวของเนื้อ ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งมีสีแดงสดเรียกว่า ออกซีไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) ออกซีไมโอโกลบินจะมีเหล็กอยู่ในรูปของ ferrous ซึ่งสามารถจะถูกเปลี่ยนให้เป็น เมทไมโอโกลบินได้ง่ายโดยการออกซิเดชั่น (oxidation) และหลังจากทิ้งให้เนื้อสัมผัสกับอากาศระยะหนึ่ง oxymyoglobin จะค่อย ๆ เปลี่ยนจากสีแดงสดไปเป็นสีน้ำตาล ซึ่งก็คือ metmyoglobin นั่นเอง จากการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อสีของเนื้อ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง reducing agents, curing salts, metal ion และออกซิเจน

การควบคุมความเป็นกรด-ด่าง และ metal ion ที่มีอยู่โดยใช้สารประกอบฟอสเฟต เช่น โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ($Na_5P_3O_{10}$)

2. ช่วยให้เนื้อนุ่ม

การเกิด rigor mortis เป็นสาเหตุทำให้ muscle fiber หดสั้นเข้าเนื่องจาก contractile muscle protein เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่คงตัวมาก การเติมสารประกอบฟอสเฟตจะทำให้ actomyosin แยกออกเป็น actin และ myosin ซึ่งจะมีผลต่อความนุ่มของเนื้อทุกชนิด

3. ช่วยให้เนื้อจับตัวกันได้ดีขึ้น

ลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อบด จะมีคุณภาพดีขึ้นกับการจับตัวกันของชิ้นเนื้อ สารประกอบฟอสเฟตที่เติมลงไปนี้ จะดึงโมเลกุลโปรตีนที่ละลายน้ำได้มารวมกันของชิ้นเนื้อ ซึ่งจะช่วยให้การจับตัวกันของชิ้นเนื้อในผลิตภัณฑ์ดีขึ้น

4. ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อนั้นมีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์เนื้อ เนื่องจากถ้าเนื้อไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้ จะทำให้ natural juice บางส่วนในเนื้อเสียไป ซึ่งมีผลทำให้ความยอมรับของผู้บริโภคลดลง จึงมีการค้นคว้าหาวิธีที่จะป้องกันและรักษาความชื้นของผลิตภัณฑ์เนื้อไว้ จากการทดลองพบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อจะดีขึ้นเมื่อความเป็นกรด-ด่างของเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อลดลง หรือการใส่เกลือในเนื้อทันทีจะทำให้สามารถรักษาความชื้นได้ดีขึ้น เนื่องจากมีการรวมตัวกันของเกลือ และ ATP ที่ยังคงมีเหลืออยู่จำนวนหนึ่งในเนื้อเยื่อนั้น จะทำให้ peptide chains ของโปรตีนแยกออกจากกันเป็นระยะห่างมากจนกระทั่ง bivalent cations ซึ่งปล่อยออกมาระหว่างการ break down ของ ATP ไม่สามารถมี cross link ได้ น้ำจะไปจับที่ hydrogen bonding สำหรับการเติมสารประกอบฟอสเฟตที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำของเนื้อ จะเป็นตัวทำให้ actomyosin complex แตกออก และจากการ complex divalent cations ประสิทธิภาพของฟอสเฟตที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อเรียงลำดับต่อไปนี้จากมากไปน้อย ได้แก่ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต, โซเดียมเตตระโพลีฟอสเฟต, โซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต

5. ช่วยปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์เนื้อให้ดีขึ้น

โดยทำให้โมเลกุลของเนื้อสานตัวกันเป็นตาข่าย. สามารถกันไม่ให้เลือดและของเหลวในเนื้อไหลออกมา เนื้อจึงมีรสชาติดีขึ้น

96727

6. ช่วยให้สีคงทน แต่มีผลด้อยกว่า ascorbic acid เนื่องจากความสามารถจะลดลงมากถ้ากระทบแสงสว่างจากหลอดนีออน

สารประกอบฟอสเฟตพวก alkaline phosphate เท่านั้นที่เหมาะสมต่อการใช้เพื่อปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

1. เนื้อสันนอก ราคาประมาณกิโลกรัมละ 50 บาท
2. เนื้อขาหน้าติดมัน ราคาประมาณกิโลกรัมละ 50 บาท
3. soy protein isolate (SI) ราคากิโลกรัมละ 85 บาท
4. โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ($Na_5P_3O_{10}$) ราคากิโลกรัมละ 100 บาท
5. น้ำ

สำหรับเนื้อสันนอก และขาหน้าติดมันได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ซีพี-ออสกามายเออร์ จำกัด

สำหรับ soy protein isolate ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท วิคกี้ คอนโซลิเดท จำกัด

3.1.2 สารเคมี

1. petrolium ether
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์
3. boric acid
4. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
5. catalyst ($CuSO_4$:K_2SO_4 ในอัตราส่วน 1:8)
6. phenolphthalene

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.1 อุปกรณ์ในการผลิตเบอร์เกอร์

1. เครื่องบดเนื้อ

2. เครื่องชั่งหยาบและเครื่องชั่งละเอียด
3. ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส
4. ท่อ PVC มีความหนา 1 เซนติเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8เซนติเมตร
5. เตาทอดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้

3.2.2 อุปกรณ์ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

1. ชุดทดสอบประกอบด้วยจานสีขาว และแก้วน้ำ
2. แบบสอบถาม

3.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางเคมี

1. ตู้อบ (Hot Air Oven)
2. เครื่องสกัดไขมัน Soxtherm Automatic Extraction Unit
3. เครื่องย่อยโปรตีน Buchi-Kjeldahl-Systems
4. เครื่องวิเคราะห์โปรตีน Buchi-Kjeldahl-Systems
5. Aluminium can พร้อมฝาปิด
6. Desiccater
7. Thimble
8. tong
9. ปากคีบ
10. เครื่องชั่งละเอียด

3.2.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางกายภาพ

- ชุดวิเคราะห์ KMITL TEXTUREOMETER INSTRUMENT

14494

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาผลของการลดไขมันในเบอร์เกอร์หมูจาก 20% เป็น 10% ต่อคุณภาพทางเคมี, ทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส

ทดลองผลิตเบอร์เกอร์หมูที่มีไขมัน 20% และเบอร์เกอร์หมูที่มีไขมัน 10% ตามวิธีการในข้อ 3.4.1 และ 3.4.2 และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมีและทางประสาทสัมผัสในด้านความนุ่ม (tender) และ ความชุ่มฉ่ำ (juiceness) และความชอบรวมตามวิธีการในข้อ 3.4.3

2. ศึกษาผลของการนำ Soy Protein Isolate และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10%

ทดลองผลิตเบอร์เกอร์หมูที่มีไขมัน 10% 4 สูตร คือ (1)เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10%ที่ไม่เติมสารใดเพื่อเป็นตัวควบคุม (control) (2)เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10% ใช้ร่วมกับ Soy protein isolate 20% โดยน้ำหนัก (3)เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10% ใช้ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% โดยน้ำหนักและ (4) เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10% ซึ่งผสมทั้ง Soy protein isolate 20% และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% โดยน้ำหนักร่วมกัน ตามวิธีการในข้อ 3.4.1 และ 3.4.2 และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมีและทางประสาทสัมผัสในด้านความนุ่มและความชุ่มฉ่ำ ตามวิธีการในข้อ 3.4.3

3. ศึกษาผลของการใช้โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และ น้ำในการปรับปรุงคุณภาพของเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ

ทดลองผลิตเบอร์เกอร์หมูที่มีไขมัน 10% 4 สูตร คือ (1)เบอร์เกอร์ไขมัน 10% ที่ไม่เติมสารใดเพื่อเป็นตัวควบคุม (2) เบอร์เกอร์ไขมัน 10% ซึ่งผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% โดยน้ำหนัก (3) เบอร์เกอร์ไขมัน 10% ซึ่งผสมน้ำ 10% โดยน้ำหนัก (4) เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ซึ่งผสมทั้งโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% และ น้ำ 10% ตามวิธีการในข้อ 3.4.1 และ 3.4.2 แล้วทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และ

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทางประสาทสัมผัสในด้านความนุ่ม และความชุ่มฉ่ำ กับเบอร์เกอร์หมูที่มีไขมัน 20% ตามวิธีการในข้อ 3.4.3

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

1. นำเนื้อสันนอกและขาหน้าติดมัน มาล้างทำความสะอาดแล้วนำแต่ละส่วนไปบดโดยใช้เครื่องบดที่มีขนาดรูตะแกรง 3/8 นิ้ว จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC,1990)

2. Soy Protein Isolate จะใช้ในรูป Hydrate form เตรียมโดยการนำมาผสมด้วยน้ำกลั่น ในอัตราส่วน SI:น้ำ =1:3 ตีให้เข้ากันจนได้ลักษณะที่เป็นเจล ซึ่งมีความเหนียวและหยุ่น จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน(AOAC,1990)

3.4.2 การผลิตเบอร์เกอร์หมูและการตรวจสอบคุณภาพ

1. นำข้อมูลอันได้แก่ เปอร์เซนต์ไขมันของเนื้อสันนอก เนื้อขาหน้าติดมัน soy protein isolate โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และราคาวัตถุดิบทั้งหมดไปหาส่วนผสมที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณไขมันตามต้องการโดยใช้ Linear Progreming Method โดยคิดน้ำหนักของเบอร์เกอร์เป็น 60 กรัมต่อหนึ่งชิ้น

2. ทำการผสมตามสัดส่วนที่ได้นานประมาณ 1 นาทีเพื่อให้เกิดการกระจายตัวอย่างทั่วถึง

3. นำไปบดผ่านรูตะแกรงขนาด 3/8 นิ้วอีกครั้ง

4. ทำการขึ้นรูป โดยใช้ท่อ PVC ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร เป็นแม่พิมพ์ โดย 1 แม่พิมพ์จะมีส่วนผสมหนัก 60 กรัม

5. นำไปแช่แข็งทันทีที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

6. เมื่อครบ 2-3 ชั่วโมง แกะออกจากพิมพ์ แล้วเก็บที่ -20 องศาเซลเซียสตามเดิม จะได้เป็นผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูดิบ แล้วนำผลิตภัณฑ์ดิบ ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกาย

ภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส

7. นำเบอร์เกอร์ดิบไปทอดที่อุณหภูมิ 165 ^{o} F เป็นเวลา 5 นาทีพลิกกลับทอดอีกด้าน เป็นเวลา 4.5 นาที ซับน้ำมันหลังทอด แล้วนำผลิตภัณฑ์สุกไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส

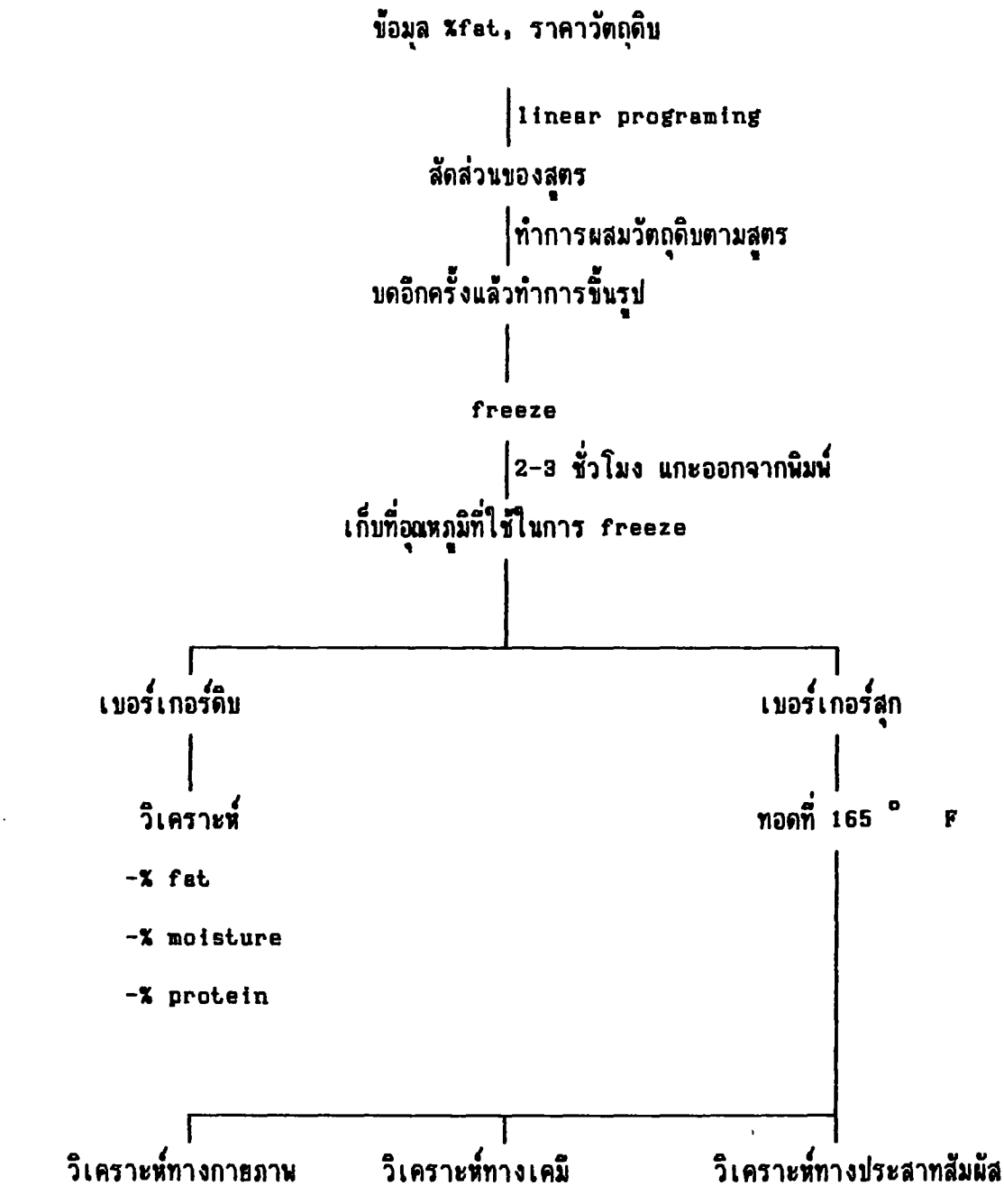
3.4.3 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

1. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ดิบ
   (1) ทางกายภาพ ได้แก่
      -ชั่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์
   (2) ทางเคมี ได้แก่
      -ปริมาณความชื้น (AOAC,1990)
      -ปริมาณโปรตีน (AOAC,1990)
      -ปริมาณไขมัน (AOAC,1990)
2. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์สุก
   (1) ทางกายภาพ ได้แก่
      -ชั่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ เพื่อหา cooking yield โดย
      -วัดแรงที่ใช้ในการตัดชิ้นเบอร์เกอร์ให้ขาด โดยใช้เครื่อง KMITL Texterometer Instrument
   (2) ทางเคมี ได้แก่
      -ปริมาณความชื้น (AOAC,1990) เพื่อหา moisture retention
      -ปริมาณไขมัน (AOAC,1990) เพื่อหา fat retention
      -ปริมาณโปรตีน (AOAC,1990)
   (3) ทางประสาทสัมผัส ในด้านต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในแต่ละขั้นตอนการทดลอง โดยใช้ Linear scaling ซึ่งมีความยาว 10 เซนติเมตร ด้านซ้ายสุดจะมีระดับความเข้มข้นของลักษณะที่ทดสอบน้อยที่สุด ส่วนด้านขวาสุดจะมีระดับความเข้มข้นของลักษณะที่ทดสอบมากที่สุด ทดสอบในด้านความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ชิมทั้งหมด 9 ท่าน

3.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทำโดยใช้ Statistical Analysis System (SAS,1988) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test for Variables

วิธีการทดลองทั้งหมดสรุปได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 : วิธีการทดลองทั้งหมด

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

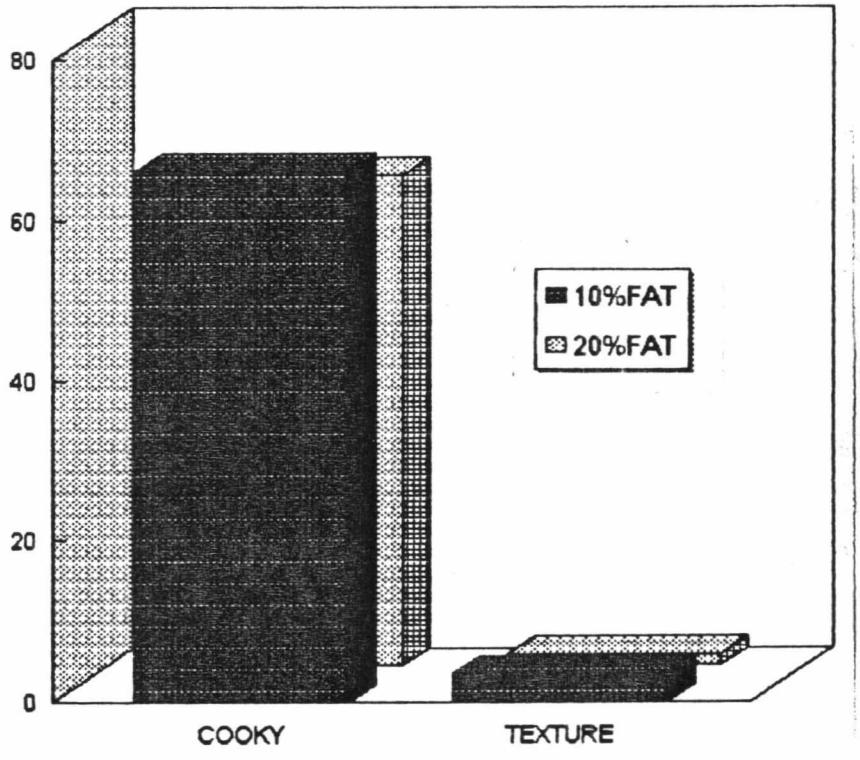
4.1 การศึกษาผลของการลดไขมันในเบอร์เกอร์หมูจาก 20% เป็น 10% ต่อคุณภาพทางเคมี, ทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส

4.1.1 สูตรและราคาของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ไขมัน 10% และเบอร์เกอร์หมูไขมัน 20% ที่ได้จากการคำนวณโดย linear programing method ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 : สูตรและราคาของเบอร์เกอร์ไขมัน 10 และ 20%

เบอร์เกอร์	วัตถุดิบ (กรัม)		น้ำหนักสุทธิ(g)	ต้นทุน (บาท/ชิ้น)
	เนื้อสันนอก	เนื้อขาหน้าติดมัน		
ไขมัน 10%	15.08	44.92	60	3.00
ไขมัน 20%	42.44	17.56	60	3.00

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยวัดแรงที่ใช้ในการตัดขาดของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมันเต็ม 20% และเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% และวิเคราะห์ cooking yield ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1



10%FAT = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10%

20%FAT = เบอร์เกอร์ไขมันปกติ 20%

รูปที่ 4.1 : ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ

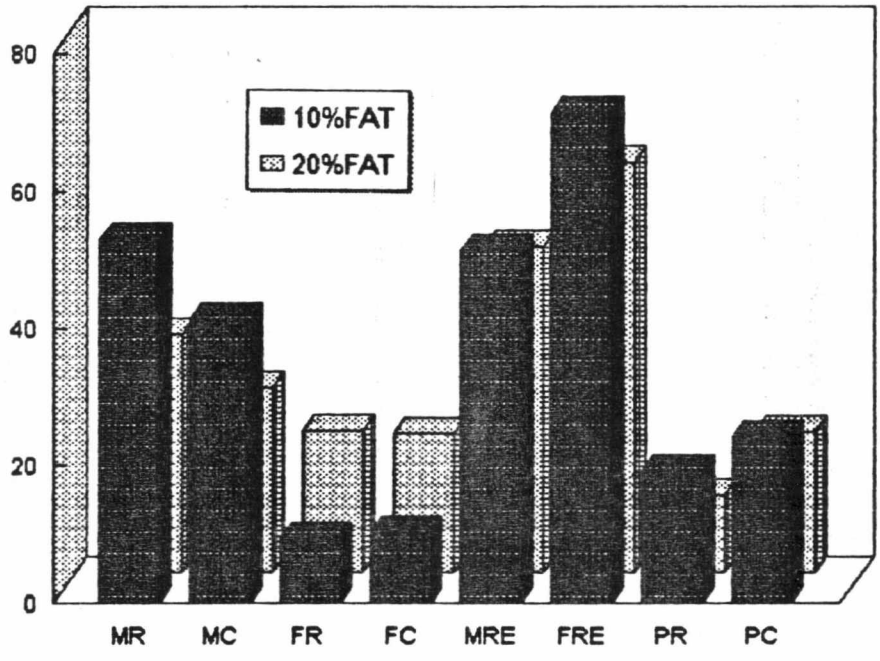
ตารางที่ 4.2 : ผลการเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพระหว่างเบอร์เกอร์หมู 10% และ 20%

เบอร์เกอร์	% COOKING YIELD	TEXTURE (force in kg)
ไขมัน 10%	66.08 [a]	3.41 [a]
ไขมัน 10%	61.07 [b]	1.41 [b]

a, b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ (ไขมัน 10%) จะมี cooking yield และค่าแรงที่ใช้ในการตัดชิ้นเบอร์เกอร์ให้ขาดสูงกว่าเบอร์เกอร์ไขมัน 20% อย่างเห็นได้ชัด($p<0.05$)

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ทางเคมี ของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมันเต็ม 20% และเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% เป็นดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2



MR = ปริมาณความชื้นในเบอร์เกอร์ดิบ

MC = ปริมาณความชื้นในเบอร์เกอร์สุก

FR = ปริมาณไขมันในเบอร์เกอร์ดิบ

FC = ปริมาณไขมันในเบอร์เกอร์สุก

MRE = moisture retention

FRE = fat retention

PR = ปริมาณโปรตีนในเบอร์เกอร์ดิบ

PC = ปริมาณโปรตีนในเบอร์เกอร์สุก

รูปที่ 4.2 : ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

ตารางที่ 4.3 : ผลการเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีระหว่างเบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% และ 20%

คุณภาพทางเคมี	เบอร์เกอร์	
	ไขมัน 10%	ไขมัน 20%
ความชื้นในผลิตภัณฑ์ดิบ (%)	52.91 [a]	34.60 [b]
ความชื้นในผลิตภัณฑ์สุก (%)	41.32 [a]	26.85 [b]
MOISTURE RETENTION (%)	51.41 [a]	47.40 [b]
ไขมันในผลิตภัณฑ์ดิบ (%)	9.49 [b]	20.62 [a]
ไขมันในผลิตภัณฑ์สุก (%)	10.32 [b]	20.18 [a]
FAT RETENTION (%)	71.54 [a]	59.76 [b]
โปรตีนในผลิตภัณฑ์ดิบ (%)	19.27 [a]	11.29 [b]
โปรตีนในผลิตภัณฑ์สุก (%)	24.26 [a]	20.43 [b]

a, b, c,... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4.3 พบว่าผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ทั้งดิบและสุก จะมีปริมาณความชื้นและโปรตีนสูงกว่าเบอร์เกอร์หมูไขมัน 20% ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณไขมันที่ต่ำกว่านั่นเอง สำหรับความสามารถในการเก็บรักษาความชื้นและไขมันไว้ในผลิตภัณฑ์ (moisture และ fat retention) ของเบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% นั้นก็มีค่าสูงกว่าเบอร์เกอร์หมูไขมัน 20% ($p<0.05$) โดยเฉพาะค่า fat retention ของเบอร์เกอร์หมูไขมัน 20% จะมีค่าต่ำมาก ซึ่งสังเกตได้ชัดเจนในขณะทอดว่ามีไขมันละลายออกมาในปริมาณสูงมาก ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ ที่พบว่าเบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% มีค่า cooking yield สูงกว่า เบอร์เกอร์หมูไขมัน 20%

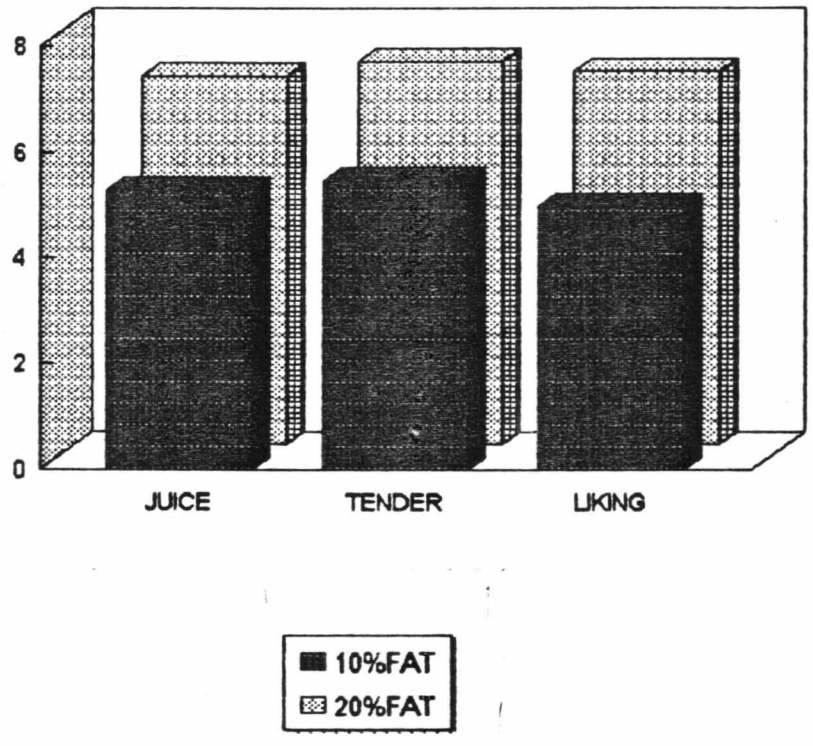
4.1.4 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมันเต็ม 20% และเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.4 : ผลการเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสระหว่างเบอร์เกอร์หมู 10% และ 20%

เบอร์เกอร์	ความชุ่มฉ่ำ	ความนุ่ม	ความชอบรวม
ไขมัน 10%	5.29 [b]	5.47 [b]	4.98 [b]
ไขมัน 20%	6.95 [a]	7.23 [a]	7.04 [a]

a, b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าผู้ชิมมีความรู้สึกว่าผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูที่มีไขมันต่ำ (10%) นั้นมีความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำต่ำกว่าผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูที่มีไขมันปกติ 20% ($p<0.05$) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ ดังที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการลดไขมันในเบอร์เกอร์หมูจาก 20% เป็น 10% โดยตรงนั้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้อยลง และได้รับความชอบรวมลดลงอย่างเห็นได้ชัด ($p<0.05$)จึงควรที่น่าจะมีการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ (10%) ให้คงความนุ่มและความชุ่มฉ่ำไว้



10% FAT = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10%

20% FAT = เบอร์เกอร์ไขมันปกติ 20%

รูปที่ 4.3 : ผลการวิเคราะห์ประสาทสัมผัส

4.2 การศึกษาผลของการนำ soy protein isolate (SI) และ $Na_5P_3O_{10}$ ในการปรับปรุงคุณภาพของเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10%

4.2.1 สูตรและราคาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10% ที่ได้จากการคำนวณโดย linear programing method ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 : สูตรและราคาที่คำนวณได้จาก linear programing

วัตถุดิบ(g)	ปริมาณที่ใช้ในสูตรเบอร์เกอร์(g)			
	1	2	3	4
ขาหน้าติดมัน	14.13	16.72	14.18	16.77
เนื้อสันนอก	45.87	31.28	45.64	31.05
SI	-	12.00	-	12.00
$Na_5P_3O_{10}$	-	-	0.18	0.18
น้ำหนักสุทธิ (g)	60.00	60.00	60.00	60.00
ราคา(บาท/ชิ้น)	3.00	3.42	3.009	3.43

1 = เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10%

2 = เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% + soy protein isolate 20%

3 = เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% + โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ($Na_5P_3O_{10}$) 0.3%

4 = เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% + soy protein isolate 20% + $Na_5P_3O_{10}$ 0.3%

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ เปรียบเทียบระหว่าง (1) เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% (2) เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ซึ่งผสม SI 20% โดยน้ำหนัก (3) เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ซึ่งผสม $Na_5P_3O_{10}$ 0.3% โดยน้ำหนัก (4) เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ซึ่งผสมทั้ง SI 20% โดยน้ำหนักและ $Na_5P_3O_{10}$ 0.3% โดยน้ำหนัก วิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยวัดแรงที่ใช้ในการตัดขาดของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ทั้ง 4 สูตรและวิเคราะห์ cooking yield ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.6 : ผลการเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพระหว่างเบอร์เกอร์หมู 10% ทั้ง 4 สูตร

เบอร์เกอร์	% COOKING YIELD	TEXTURE (force in kg)
1	66.08 [a]	3.41 [a]
2	66.82 [a]	1.91 [b]
3	67.39 [a]	2.38 [ab]
4	67.67 [a]	1.60 [b]

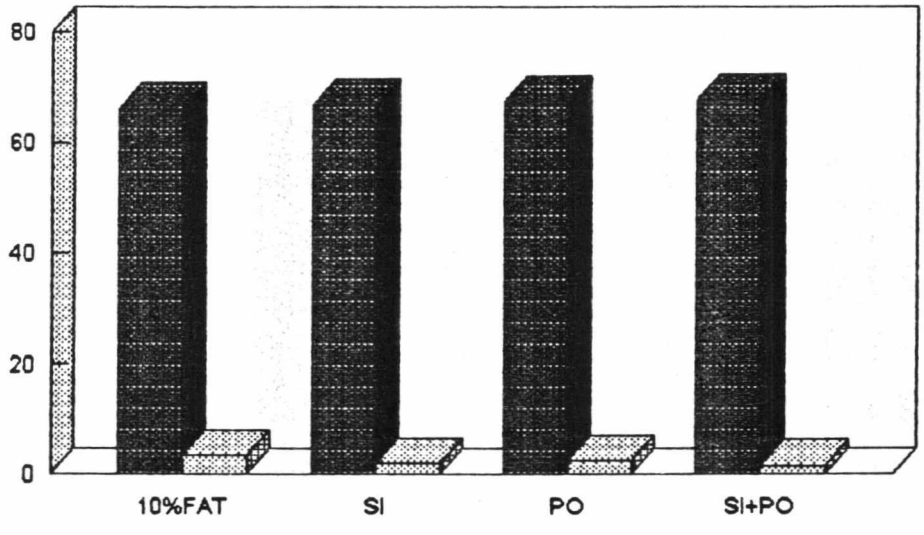
a, b... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1 = เบอร์เกอร์ไขมัน 10%

2 = เบอร์เกอร์ไขมัน 10% + SI 20%

3 = เบอร์เกอร์ไขมัน 10% + $Na_5P_3O_{10}$ 0.3%

4 = เบอร์เกอร์ไขมัน 10% + SI 20% + $Na_5P_3O_{10}$



10%FAT= เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ (10%)

SI = soy protein isolate

PO = โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต

SI + PO = soy protein isolate ผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต

COOKY = Cooking yield

texture = แรงที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อให้ขาด

รูปที่ 4.4 : ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ

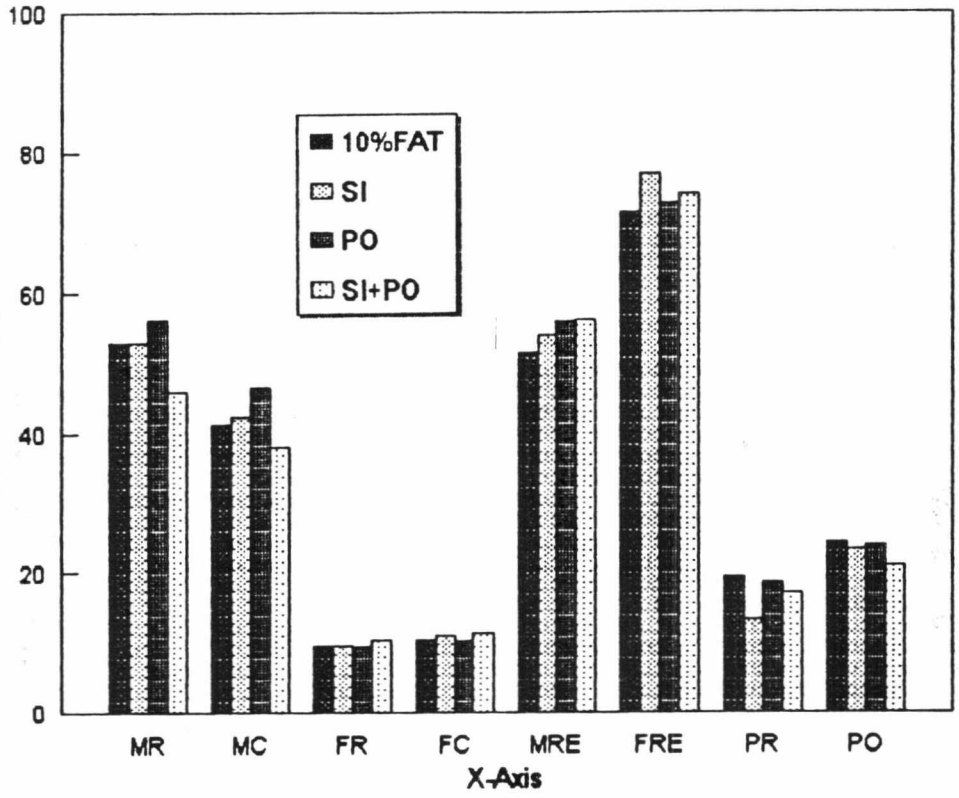
จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าการผสม soy protein isolate 20% หรือโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% หรือทั้ง 2 ตัวร่วมกันจะช่วยเพิ่ม cooking yield ได้เล็กน้อยเมื่อเทียบกับเบอร์เกอร์ไขมัน 10% ที่เป็นตัวควบคุม ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบแรงที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อให้ขาด พบว่าการผสม soy protein isolate หรือ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตหรือทั้งสองตัวร่วมกันจะช่วยลดแรงที่ต้องใช้ในการตัดให้ชิ้นเบอร์เกอร์ขาดลง($p<0.05$)

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% ทั้ง 4 สูตรได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.7 : ผลการเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของเบอร์เกอร์ไขมันต่ำที่มีการใช้ soy protein isolate และ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตในสูตร

คุณภาพทางเคมี	เบอร์เกอร์			
	1	2	3	4
ความชื้นในผลิตภัณฑ์ดิบ (%)	52.91 ^{b}	52.78 ^{b}	56.07 ^{a}	45.91 ^{c}
ความชื้นในผลิตภัณฑ์สุก (%)	41.32 ^{c}	42.50 ^{b}	46.53 ^{a}	38.09 ^{d}
MOISTURE RETENTION(%)	51.41 ^{b}	53.81 ^{ab}	55.93 ^{a}	56.03 ^{a}
ไขมันในผลิตภัณฑ์ดิบ (%)	9.49 ^{b}	9.45 ^{b}	9.38 ^{b}	10.31 ^{a}
ไขมันในผลิตภัณฑ์สุก (%)	10.32 ^{a}	10.90 ^{a}	10.14 ^{a}	11.30 ^{a}
FAT RETENTION (%)	71.54 ^{a}	77.08 ^{a}	72.86 ^{a}	74.11 ^{a}
โปรตีนในผลิตภัณฑ์ดิบ (%)	19.27 ^{a}	13.17 ^{a}	18.48 ^{a}	16.98 ^{a}
โปรตีนในผลิตภัณฑ์สุก (%)	24.26 ^{a}	23.29 ^{a}	23.97 ^{a}	21.08 ^{a}

a, b, c... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p<0.05$



10%FAT= เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ (10%)

SI = soy protein isolate

PO = โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต

SI + PO = soy protein isolate ผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต

รูปที่ 4.5 : ผลการวิเคราะห์เคมี

1 = เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10%

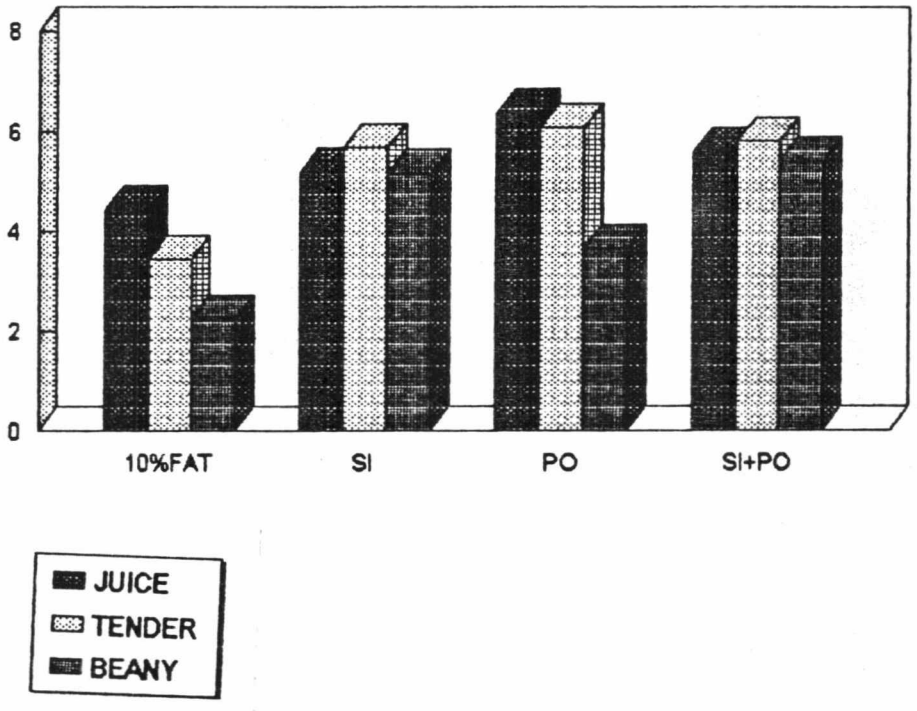
2 = เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% + SI 20%

3 = เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% + $Na_5P_3O_{10}$ 0.3%

4 = เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% + SI 20% + $Na_5P_3O_{10}$ 0.3%

จากตารางที่ 4.7 พบว่าผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ที่ผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% นั้นจะมีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ทั้งดิบและสุกสูงกว่าเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% ที่เป็นตัวควบคุม ($p<0.05$) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการเก็บรักษาความชื้นในผลิตภัณฑ์ พบว่าการเติม soy protein isolate หรือการเติม โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต หรือการเติมทั้งสองตัวร่วมกันจะมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการรักษาน้ำไว้ได้สูงขึ้น ($p<0.05$) โดยที่การเติมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตและการเติม soy protein isolate ควบคู่กันจะทำให้ผลิตภัณฑ์คงปริมาณน้ำไว้ได้สูงที่สุด การที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต มีคุณสมบัติในการเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยจะไปทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อจะยืดตัวล้อมรอบโมเลกุลของน้ำไว้ และ soy protein isolate จะเกิดเจลโดยสานตัวกันเป็นตาข่าย สามารถเก็บรักษาความชื้นและไขมันเอาไว้ได้

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ผสม SI 20% โดยน้ำหนัก เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ผสม $Na_5P_3O_{10}$ 0.3% โดยน้ำหนัก เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ผสม SI 20% โดยน้ำหนัก และ $Na_5P_3O_{10}$ 0.3% โดยน้ำหนักร่วมกัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.8 รูปที่ 4.6



10%FAT= เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ (10%)

SI = soy protein isolate

PO = โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต

SI + PO = soy protein isolate ผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต

รูปที่ 4.6 : ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.8 : ผลการเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเบอร์เกอร์ไขมันต่ำที่มีการใช้ soy protein isolate และ $Na_6P_3O_{10}$

เบอร์เกอร์	ความชุ่มฉ่ำ	ความนุ่ม	กลิ่นถั่ว
1	4.43 ^{b}	3.45 ^{b}	2.25 ^{c}
2	5.18 ^{ab}	5.67 ^{a}	5.16 ^{a}
3	6.35 ^{a}	6.06 ^{a}	3.65 ^{b}
4	5.59 ^{ab}	5.79 ^{a}	5.40 ^{a}

a, b, c... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1 = เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10%

2 = เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% + SI 20%

3 = เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% + $Na_6P_3O_{10}$ 0.3%

4 = เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% + SI 20% + $Na_6P_3O_{10}$ 0.3%

จากตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าเบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ที่มีการผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% หรือ soy protein isolate 20% หรือผสมทั้งสองอย่างร่วมกัน จะมีความชุ่มฉ่ำ และความนุ่มเพิ่มมากขึ้น ($p<0.05$) โดยเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% ที่มีการใช้โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต เพียงอย่างเดียวจะมีค่าในด้านความนุ่มและความชุ่มฉ่ำสูงสุด ส่วนเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% ที่มีการใช้ soy protein isolate นั้น พบว่ามีกลิ่นถั่วแรง ซึ่งผู้ชิมให้ความเห็นว่าไม่ชอบ กลิ่นถั่วส่วนหนึ่งนั้นมาจาก soy protein isolate เอง และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากปฏิกิริยา oxidation ของไขมันที่มีอยู่ สารประกอบพวกแอลกอฮอล์และพวกคาร์บอนิลเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่พบในถั่วดิบซึ่งทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเขียวของถั่ว

Isolate และ Identified ethyl vinyl ketone เป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเขียวของถั่ว สารประกอบนี้เกิดจากการสลายตัวของ linoleic acid ในปฏิกิริยา

oxidation ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ทันทีที่มีเอนไซม์ lipoxygenase นอกจากนี้ยังมีสารประกอบตัวอื่นอีกจำนวนมากที่สามารถตอบสนองการเกิด off-flavor และยังสามารถทำปฏิกิริยากันเองเกิด off-flavor ได้

4.3 การศึกษาผลของการนำ $Na_5P_3O_{10}$ และน้ำ เพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพสูตรเบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10%

4.3.1 สูตรและราคาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ไขมัน 10% ที่มีการใช้ $Na_5P_3O_{10}$ และน้ำและเบอร์เกอร์ไขมัน 20% ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ linear programing method

ตารางที่ 4.9 : สูตรและราคาที่คำนวณได้จาก linear programing

วัตถุดิบ (g)	ปริมาณที่ใช้ในสูตรเบอร์เกอร์(กรัม)				
	1	2	3	4	5
ขาหน้าติดมัน	14.13	15.89	14.18	24.50	45.87
เนื้อสันนอก	45.87	38.11	45.64	29.32	14.13
น้ำ	-	6.00	-	6.00	-
$Na_5P_3O_{10}$	-	-	0.18	0.18	-
น้ำหนักสุทธิ(g)	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
ราคา (บาท/ชิ้น)	3.00	2.70	3.009	4.166	3.00

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาย (1)ของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% (2)เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% ผสมน้ำ 10% โดยน้ำหนัก (3)เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% ผสม $Na_5P_3O_{10}$ 0.3% โดยน้ำหนัก (4) เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% ผสมใช้ทั้งน้ำ 10% และ $Na_5P_3O_{10}$ 0.3% โดยน้ำหนักร่วมกัน (5) และเบอร์เกอร์หมูไขมันเต็ม 20% ทำการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยวัดแรงที่ใช้ในการตัดขาดของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10%และ 20% และทำการวิเคราะห์ COOKING YIELD ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.10 : ผลการเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ

เบอร์เกอร์	%COOKING YIELD	TEXTURE (force,kg)
1	66.08 ^{c}	3.41 ^{a}
2	67.80 ^{bc}	2.48 ^{ab}
3	75.99 ^{a}	2.38 ^{ab}
4	71.41 ^{b}	2.10 ^{b}
5	61.07 ^{d}	1.41 ^{b}

a, b, c, d..ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

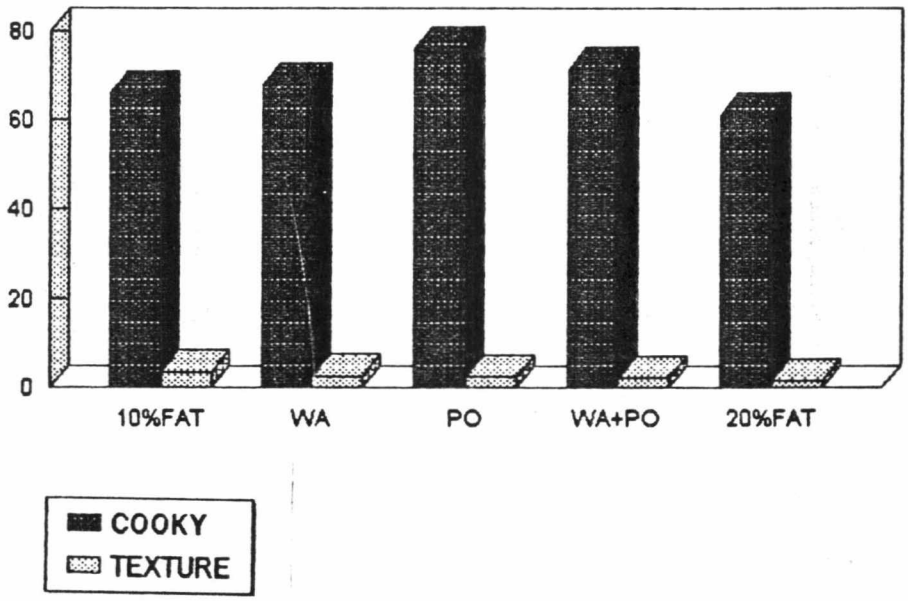
1 = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10%

2 = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10% + น้ำ 10%

3 = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10% + $Na_5P_3O_{10}$ 0.3%

4 = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10% + น้ำ 10% + $Na_5P_3O_{10}$ 0.3%

5 = เบอร์เกอร์ไขมัน 20%



PO = โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต

WA + PO= น้ำ ผสมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต

WA = น้ำเปล่าสะอาด

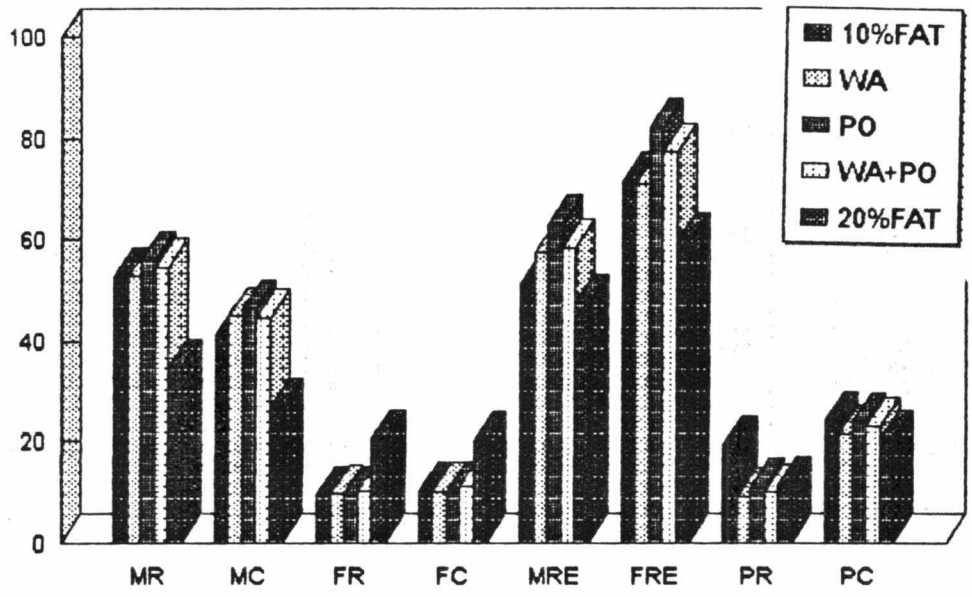
10% FAT = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10%

20% FAT = เบอร์เกอร์ไขมัน 20%

รูปที่ 4.7 : ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ

จากตารางที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่าการผสมน้ำ 10% หรือผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% หรือการผสมทั้งสองชนิดรวมกัน จะช่วยเพิ่ม cooking yield ($p<0.05$) ในผลิตภัณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับเบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ที่ไม่ได้เติมสารใด และเบอร์เกอร์หมูไขมันปกติ 20% โดยเฉพาะการเติมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตจะให้ cooking yield สูงที่สุด สำหรับแรงที่ต้องใช้ในการตัดชิ้นเนื้อให้ขาดจากกันนั้นพบว่า เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ที่มีการผสมน้ำหรือผสมไตรโพลีฟอสเฟต หรือทั้งสองตัวร่วมกันจะต้องใช้แรงในการตัดชิ้นเนื้อให้ขาดจากกันน้อยกว่าเบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ที่เป็นตัวควบคุม ($p<0.05$) และแรงที่ใช้นั้นก็ไม่แตกต่างจากของเบอร์เกอร์หมูไขมันปกติ($p<0.05$)

4.3.3 ผลการวิเคราะห์ทางเคมี ของผลิตภัณฑ์ (1)เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% (2)เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% ผสม น้ำ 10% โดยน้ำหนัก (3) เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% ผสม $Na_5P_3O_{10}$ 0.3% โดยน้ำหนัก (4) เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10 % ผสมน้ำ 10% ร่วมกับ $Na_5P_3O_{10}$ 0.3% โดยน้ำหนัก และ(5)เบอร์เกอร์หมูไขมันเต็ม 20% ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.8



PO = โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต

WA + PO= น้ำ ผสมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต

WA = น้ำเปล่าสะอาด

10% FAT = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10%

20% FAT = เบอร์เกอร์ไขมัน 20%

รูปที่ 4.8 : ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

ตารางที่ 4.11 : ผลการเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำที่มีการใช้โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตและน้ำในสูตร

คุณภาพทางเคมี	สูตรเบอร์เกอร์				
	1	2	3	4	5
ความชื้นในผลิตภัณฑ์ดิบ (%)	52.91 ^{c}	52.91 ^{c}	56.07 ^{a}	54.51 ^{b}	34.60 ^{d}
ความชื้นในผลิตภัณฑ์สุก (%)	41.32 ^{c}	44.87 ^{b}	46.53 ^{a}	44.47 ^{b}	26.85 ^{d}
% MOISTURE RETENTION	51.41 ^{c}	57.50 ^{b}	63.08 ^{a}	58.27 ^{b}	47.40 ^{d}
ไขมันในผลิตภัณฑ์ดิบ (%)	9.49 ^{c}	9.69 ^{c}	9.38 ^{c}	10.31 ^{b}	20.62 ^{a}
ไขมันในผลิตภัณฑ์สุก (%)	10.32 ^{b}	10.16 ^{b}	10.14 ^{b}	11.14 ^{b}	20.18 ^{a}
% FAT RETENTION	71.54 ^{b}	71.06 ^{b}	82.11 ^{a}	77.25 ^{a}	59.76 ^{c}
% PROTEIN RAW	19.27 ^{a}	10.95 ^{b}	9.01 ^{b}	10.04 ^{b}	11.29 ^{b}
% PROTEIN COOKED	24.26 ^{a}	21.51 ^{ab}	23.97 ^{a}	23.11 ^{ab}	20.43 ^{b}

a, b, c, d...ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p<0.05$

1 = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10%

2 = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10% + น้ำ 10%

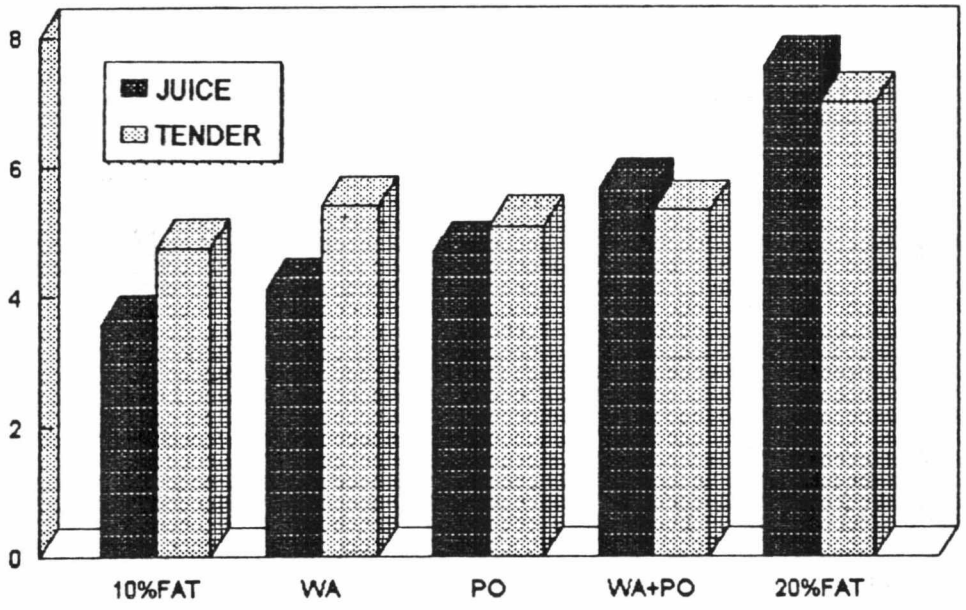
3 = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10% + $Na_5P_3O_{10}$ 0.3%

4 = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10% + น้ำ 10% + $Na_5P_3O_{10}$ 0.3%

5 = เบอร์เกอร์ไขมันปกติ 20%

จากตารางที่ 4.11 พบว่าผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ที่มีการผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% หรือน้ำ 10% หรือทั้งสองอย่างร่วมกัน จะมีปริมาณความชื้นมากกว่าเบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ที่เป็นตัวควบคุม และเบอร์เกอร์หมูไขมัน 20% ทั้งในตัวอย่างดิบและตัวอย่างสุก เมื่อพิจารณา moisture retention จะพบว่าการผสมน้ำ หรือผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร่วมกัน จะสามารถรักษาปริมาณน้ำไว้ในผลิตภัณฑ์ได้สูง คือ มี moisture retention มากที่สุด สำหรับผลการวิเคราะห์ความสามารถในการรักษาไขมันในผลิตภัณฑ์พบว่าเบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ที่มีการผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต หรือทั้งน้ำและโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร่วมกัน จะมีค่าสูงกว่าเบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ที่เป็นตัวควบคุม และเบอร์เกอร์หมูไขมัน 20% แต่อย่างไรก็ตามปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์สุกของเบอร์เกอร์หมูไขมัน 20% ก็ยังสูงกว่าเบอร์เกอร์อื่น ๆ ซึ่งมีผลต่อความชุ่มฉ่ำและความนุ่มในผลิตภัณฑ์สุก

4.3.4 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของ (1)ผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% (2)เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ผสม น้ำ 10% โดยน้ำหนัก (3) เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ใช้ $Na_6P_8O_{10}$ 0.3% โดยน้ำหนัก (4) เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ผสมทั้งน้ำ 10% และ $Na_6P_8O_{10}$ 0.3% โดยน้ำหนักร่วมกัน (5) เบอร์เกอร์หมูไขมันปกติ 20% ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.9



PO = โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต

WA + PO= น้ำ ผสมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต

WA = น้ำเปล่าสะอาด

10% FAT = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10%

20% FAT = เบอร์เกอร์ไขมัน 20%

COOKY = cooking yield

TEXTURE = แรงที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อให้ขาด

รูปที่ 4.9 : ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.12 : ผลการเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำที่มีการใช้ น้ำและ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตในสูตร

เบอร์เกอร์	ความชุ่มฉ่ำ	ความนุ่ม
1	3.58 ^{c}	4.76 ^{b}
2	4.14 ^{c}	5.42 ^{b}
3	4.69 ^{bc}	5.09 ^{b}
4	5.68 ^{b}	5.32 ^{b}
5	7.55 ^{a}	6.99 ^{a}

a, b, c... ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $p<0.05$

1 = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10%

2 = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10% + น้ำ 10%

3 = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10% + $Na_5P_3O_{10}$ 0.3%

4 = เบอร์เกอร์ไขมันต่ำ 10% + น้ำ 10% + $Na_5P_3O_{10}$ 0.3%

5 = เบอร์เกอร์ไขมันปกติ 20%

จากตาราง 4.12 แสดงให้เห็นว่าเบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ที่มีการผสมน้ำ หรือผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต หรือผสมทั้งสองอย่างร่วมกัน จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มฉ่ำเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเบอร์เกอร์ไขมัน 10% ที่เป็นตัวควบคุม โดยเฉพาะการผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตหรือทั้งน้ำและโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต มีค่าความชุ่มฉ่ำสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามยังมีค่าต่ำกว่าความชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ที่มีไขมัน 20% อย่างมีนัยสำคัญ สำหรับในด้านความนุ่มนั้นผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ไขมัน 10% ที่มีการผสมน้ำ หรือผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต หรือทั้งสองตัวร่วมกัน จะช่วยเพิ่มความนุ่มของผลิตภัณฑ์ขึ้นเล็กน้อย ($p<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกับเบอร์เกอร์ไขมัน 20% พบว่ายังคงมีความนุ่มต่ำกว่า ($p<0.05$)

จากการศึกษาผลของการใช้น้ำ และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ในการปรับปรุงคุณภาพของเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ (10%) พบว่าการผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% หรือการผสมทั้งน้ำ 10% และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% ร่วมกัน จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นทั้งในด้านความสามารถในการเก็บรักษาน้ำ และไขมัน ซึ่งมีผลต่อความนุ่ม และความชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับเบอร์เกอร์ที่มีไขมัน 20% แล้วพบว่ายังไม่สามารถปรับปรุงให้มีคุณภาพทัดเทียมกันในด้านความนุ่มและความชุ่มฉ่ำได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการลดไขมันในเบอร์เกอร์หมูไขมันเต็ม 20% เป็น 10% ที่มีต่อคุณภาพทางเคมีและทางประสาทสัมผัส พบว่าปริมาณไขมันมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งปริมาณไขมันจะเกี่ยวข้องกับความชุ่มฉ่ำ (juiceness) และความรู้สึกเมื่อรับประทาน (mouthfeel) และมีความสัมพันธ์กับการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับหรือมีความชอบ เบอร์เกอร์หมูไขมันเต็ม 20% มากกว่า เนื่องจากปริมาณไขมันที่ลดต่ำลงจะทำให้ ความนุ่ม และความชุ่มฉ่ำลดน้อยลงด้วย ในการศึกษาเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% ที่มีการใช้ soy protein isolate 20% หรือ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% หรือทั้งสองอย่างร่วมกัน จะช่วยเพิ่ม moisture retention, fat retention และ cooking yield ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำเพิ่มขึ้น แต่เบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ที่ผสม soy protein isolate 20% จะมีกลิ่นเหม็นเขียวของถั่วเหลือง ดังนั้นสูตรที่น่าสนใจคือ เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% ที่ใช้โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% เนื่องจากไม่มีกลิ่นเหม็นเขียวของถั่วเหลือง และราคาต้นทุนในการผลิตต่อแผ่นต่ำที่สุดเพียง 3.009 บาทต่อ60กรัมเท่านั้น เมื่อศึกษาเพิ่มเติมถึงการผสมเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% ด้วยน้ำหรือ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต หรือทั้งสองตัวร่วมกัน พบว่าการผสมด้วยโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 10% หรือการผสมทั้งน้ำและโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% ร่วมกัน จะให้ผลใกล้เคียงกันในการปรับปรุงคุณภาพ คือ ผลิตภัณฑ์มี moisture retention และ cooking yield สูงขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ที่มีไขมันปกติ 20% พบว่ายังมีคุณภาพด้อยกว่า ซึ่งควรมีการปรับปรุงต่อไป

อย่างไรก็ตามเบอร์เกอร์หมูไขมัน 10% ที่มีการผสมน้ำ 10% และ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% ร่วมกัน จะช่วยปรับปรุงคุณภาพได้ดีที่สุดและมีต้นทุนในการผลิตต่ำสุดคือ 2.7096 บาทต่อ 60 กรัม

5.2 ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะ

ควรมีการทดลองหาระดับปริมาณการใช้ soy protein isolate ที่จะให้ผลดีที่สุด และจากการใช้ soy protein isolate พบว่าสีของผลิตภัณฑ์ซีดจางลง ดังนั้นควรมีการศึกษาลักษณะการใช้งานของ soy protein isolate ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น หากใช้ในรูป pre-emulsified fat จะสามารถช่วยลด off-flavor หรือ กลิ่นเหม็นเขียวของถั่วลงได้ โดยที่ไม่ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป

การเติมน้ำเป็นการเพิ่มความชื้น ส่วนการเติม alkalide phosphate จะไปสกัดเกลือของโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (salt soluble protein) และจับกับ free water ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียน้ำที่จะออกจากผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงควรมีการทดลองหาระดับการใช้ Na-tripolyphosphate และน้ำ ที่จะให้ผลดีที่สุด และควรมีการศึกษาถึงผลของการใช้ Na-tripolyphosphate ร่วมกับสารตัวอื่นที่ออกฤทธิ์เป็นด่าง เนื่องจากว่ามันจะมีปฏิกิริยาเสริมกันเป็นการช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ

ควรมีการศึกษาถึงอิทธิพลที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% เช่น freezing rate, อุณหภูมิที่ใช้เก็บ, และเวลาในการเก็บ(self life) ของแต่ละสูตร และศึกษาถึงคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปอันมีผลต่อกลิ่นรส และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นอกจากนี้ควรศึกษาความเป็นไปได้ของการนำสารตัวอื่นมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% เช่น encapsulated salt หรือ fat replacer ตัวอื่น ๆ เช่น oat fiber, carageenan, modified food starch

เอกสารอ้างอิง

จุรีพร จิตจำรูญโชคไชย และคณะ 2535. คุณค่าอาหารฟาส์ตฟู้ด : สารอาหารหลัก วารสารอาหาร 22(3):31-35

วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2527. การใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมแทนเนื้อสัตว์ในไส้กรอก. วิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์. 18(3):162-164.

AOAC, 1990. Official methods of analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Banjonj, K. 1993. KMITL FOOD TEXTURE MEASURING INSTRUMENT. In the proceeding of workshop on engineering properties of foods. 20-22 September 1993, Asian Institute of Technology.

Berry, B.W. 1992. Low fat level effects on sensory, shear, cooking, and chemical properties of ground beef patties. J. Food Sci. 57 (3): 537-540

Berry, B.W. and Leddy, K.F. 1984. Effect of fat level and cooking method on sensory and textural properties og ground beef patties. J. Food Sci. 49 : 870-875

Brewer, M.S., McKeith, F.K., and Britt K. 1992. fat soy and carrageenan effects on sensory and physical characteristics of ground beef patties. J. Food Sci. 57(5): 1051-1055

Charalambous, G. 1989. Soy protein products, Food emulsifiers chemistrytechnology functional properties and application,pp. 145-166. Netherland:Elsevier Science Publishers B.V.

Drake, S.R., Hinnergardt, L.C., Kluter, R.A., and Prell, P.A. 1975. Beef patties:the effect of textured soy protein and fat levels on quality and acceptable. J. Food Sci. 40: 1065-1067

Egbert, W.R., Huffman, D.L., Chen, C., and Dylewski, D.P. 1991. Development of low-fat ground beef. Food Tech. 45(6):64-73

Erdman, J. PH.D et al.1987. Soy Protein Products:Characteristic, Nutritional Aspects and Utilization. Soy Protein Council. Washington, D.C. pp.21-22

Giese, J.1992. Developing Low-Fat Meat Products, Food Technology pp.100-108

Huffman,D.L. and Egbert, W.R. 1990. Advances in lean ground beef production. Alabama Agric. Exp. Sta. Bull. No.606. Auburn Univ., Ala.

Judge, M.D., Haudgh, C.G., Zachariah, G.L., Parmelee, C.E., and Pyle, R.L. 1974. Soya additives in beef patties. J. Food Sci. 39:137-139

Kendall, P.A., Harrison, D.L., and Dayton, A.D. 1974. Quality attributes of ground beef on retail market. J. Food Sci. 39: 610

Knutson,J. 1991. Meat facts 1991. Am. Meat Inst., Washington D.C.

Kregal, K.K., Prusa, K.J., and Hughes, K.V. 1986. Cholesterol content and sensory analysis of ground beef as influenced by fat level, heating, and storage. J. Food Sci. 51(5): 1162-1165

Latta, S. 1990. Dietary fats:New direction in research. Inform 1(4):238-258

Lecomte, N.B., Zayas, J.F., and Kastner, C.L. 1993. Soya protein functional and sensory characteristic improved in comminuted meats. J. Food Sci. 58(3): 464-472

Miller, M.F., Andersen, M.K., Ramsey, C.B., and Reagan J.O. 1993. Physical and sensory characteristics of low fat ground beef patties. J. Food Sci. 58(3): 461-463

Pearson,A.M.1987. Impact of fat reduction on palatability and consumer acceptance of processed meat. Proc. Recip. Meat conf.40:105

Ravin, G. and Zayas, J.F. 1992. Funtionality of wheat germ protein in commercial meat products as compared with corn germ and soy protein. J. Food Sci. 57(4): 829-833

Ray, F.K., Parret, N.A., VanStavern, B.D., and Ockerman, H.W. 1981. Effect of soy level and storage time on the quality characteristics of ground beef patties. J. Food Sci. 46: 1662

Robert, L.O. 1986. Plant proteins: Applications, Biological effect and chemistry. pp.77-87. Washington D.C.: American chemical Society

Romijn, A., et al. 1991. Impact of soy protein isolates and specific fractions on rancidity development in a cooked, refrigerated beef system. J. Food Sci. 56(1): 188-190

Rosario, del R.R., Maldo, O.M., and Villanueva, H.S. 1984. Utilization of textured plant protein in hamburger patties. The philipine Agriculturist. 67: 42-48.

Richart, S.H. 1991. Soy products. Present at Low-fat ground beef Symposium, Baton Rouge, La., Feb. 11-12

SAS, 1988. SAS Users's Guide:Basics Statisical Analysis. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Schneeman, B.O.1987. Soluble and insoluble fiber different phygiological responses. Food Technol. 41:81

Staff article. 1990. Fat substitute Update. Food Technol. pp.92-97

Troutt, E.S., et al. 1992. Chemical, physical and sensory characterization of ground beef containing 5 to 30 percent fat. J. Foos Sci. 57(1):25-29

Troutt, E.S., et al. 1992. Characteristics of low-fat ground beef containing texture-modifying ingredients. J.Food Sci. 57(1):19-24

Wolf, J.W. 1970. Soybean Protein:Their Functional, Chemical and Physical Properties. Agri. Food Chem. 18(6):965-975

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

วิธีตรวจสอบและวิเคราะห์ทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน รุ่น Jouan
2. Desiccator
3. Aluminium dish
4. Tong
5. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่งรุ่น Mettler AE 50
6. ตู้อบลมร้อน Oven air

วิธีการ

1. อบ Aluminium dish พร้อมฝาที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง
2. นำใส่ Desiccator ทิ้งให้เย็น 30 นาที
3. ชั่งน้ำหนัก Aluminium dish พร้อมฝา
4. ชั่งตัวอย่างใส่ใน Aluminium dish 2-3 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน
5. นำไปเข้าตู้อบที่ 100-102 °C เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง หรือที่ 125°C เป็นเวลา 2-4 ชั่วโมง
6. ทิ้งให้เย็นใน Desiccator ชั่งน้ำหนักจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (ลดลงไม่ต่ำกว่า 2%ของน้ำหนักครั้งล่าสุด

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซนต์ความชื้น} = \frac{[(A+B)-C] \times 100}{B}$$

A = น้ำหนัก Aluminium dish

B = น้ำหนัก ตัวอย่าง

C = น้ำหนัก Aluminium dish และตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว

การคำนวณ % Moisture retention :

$$\% \text{ moisture retention} = \frac{\text{cooked wt} \times \%\text{fat in cooked patties}}{\text{raw wt} \times \%\text{fat in raw patties}} \times 100$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริก (Conc. H_2SO_4)
2. กรดบอริก (H_3BO_3) 4 %
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 32%
4. คะตะลิสต์ผสม ประกอบด้วย
   - ซิลิเนียมไดออกไซด์ (SeO_2) 2.5 กรัม
   - โปตัสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 100.0 กรัม
   - คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) 20.0 กรัม
5. Mixed indicator
   - เตรียม 0.1% Bromocresol green (ใน 95% alcohol)และ 0.1% Methyl red (ใน 95% alcohol)
   - ผสม 10 มล. Bromocresol green กับ 2 มล. Methyl red ในขวดหยด
6. สารละลายกรดซัลฟูริก (H_2SO_4 0.1 N.)

อุปกรณ์

1. Digestion vessels
2. เครื่องวิเคราะห์โปรตีน Buchi-Kjeldahl systems

วิธีวิเคราะห์เตรียมตัวอย่างสำหรับย่อย

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างโดยถ้าเป็นของแข็ง N > 5% ใช้ 0.5 กรัม
   N < 5% ใช้ 1.0 กรัม
   ของเหลวใช้ 10 มิลลิลิตร (สูงสุด 50 มิลลิลิตร)
   * ผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ใช้ 0.5 กรัม
2. ใส่ reagent ลงใน digestion vessels ได้แก่
   - 2 glasses beads(เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร)
   - กรดซัลฟูริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร
   - เติมคะตะลิสต์ 7 กรัม

3. ประกอบ digestion vessels แล้ววางบนเครื่องย่อย
4. ย่อยตัวอย่างประมาณ 30-40 นาที หรือจนกระทั่งสารละลายมีสีเขียวใส
5. ปล่อยให้สารละลายสีฟ้าอ่อน เย็น และหมดควันของไอกรด

วิธีการกลั่นโปรตีน

1. เตรียม NaOH 32% และน้ำกลั่น ใส่ถังสำหรับ NaOH และน้ำกลั่นของเครื่อง
2. ใส่กรดบอริก 4 % จำนวน 100 มิลลิลิตรลงใน Flask และหยด Mixed indicator 4 หยด เขย่าสารละลายก่อนนำไปวางไว้
3. นำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแล้วจาก ขั้นตอนที่ 1 มาทำการกลั่นโดยตั้งเวลาที่ใช้ในการกลั่น 4-5 นาที
4. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตรและ NaOH 32% 70 มิลลิลิตร
5. กดปุ่มเริ่มกลั่น
6. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้กับกรดซัลฟูริก 0.1 N. จนได้สารละลายสีชมพูอ่อน
7. ทำการทดลองกับ Blank เหมือนกับตัวอย่างทุกประการ
8. นำผลที่ได้มาคำนวณ

$$\text{เปอร์เซนต์โปรตีน} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times f \times 1400}{E}$$

V_1 = ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง

V_2 = ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของกรดซัลฟูริคที่ใช้ไตเตรตกับ Blank

N = ความเข้มข้นเป็นนอร์มอลของกรดซัลฟูริคที่ใช้ในการไตเตรท

E = น้ำหนักเป็นกรัมของตัวอย่างหรือเป็นมิลลิลิตร

f = factor ของกรด (กรดซัลฟูริค = 5×10^{-2})

การคำนวณหาเปอร์เซนต์ไขมัน

$$\%\text{ไขมัน} = \frac{(W_1 - W_2)}{E} \times 100$$

A = น้ำหนักของ Beaker ก่อนทำการสกัดไขมัน

B = น้ำหนักของ Beaker หลังทำการสกัดไขมัน

E = น้ำหนักตัวอย่าง

การคำนวณ % Fat retention

$$\%\text{ fat retention} = \frac{\text{cooked wt} \times \%\text{fat in cooked patties}}{\text{raw wt} \times \%\text{fat in raw patties}} \times 100$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 1990)

สารเคมี

1. ปิโตรเลียมอีเทอร์

อุปกรณ์

1. Thimble
2. เครื่องสกัดไขมัน Soxtherm Automatic Extraction Unit

วิธีการ

1. ตั้งอุณหภูมิของ batch liquids ให้อยู่ในช่วง 150 องศาเซียลเซียส
2. เปิด pump ที่ใช้ในการดูดส่ง batch liquids
3. เปิดน้ำให้ไหลผ่านเข้าเครื่อง
4. ล้างทำความสะอาด beaker ที่ใช้กับเครื่อง นำไปอบให้แห้ง ทิ้งให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก
5. ชั่งตัวอย่างที่ต้องการสกัดใส่ใน Thimble ปริมาณ 5 กรัม ปิดด้วยสำลีปราศจากไขมันไม่หนามาก ตวงปิโตรเลี่ยมอีเทอร์ 130 มิลลิลิตร
6. นำ beaker จากข้อ 4 ประกอบกับเครื่อง
7. ทำการสกัดไขมัน จากนั้นจับเวลาที่ต้องการ(ประมาณ 2 ชั่วโมง)
8. เมื่อสกัดเสร็จทำการระเหยปิโตรเลี่ยมอีเทอร์ออก โโยการปรับที่เครื่อง
5. นำ beakerไปอบ ทำให้เย็นใน Desiccatoชั่งน้ำหนักของ beaker อีกครั้ง คำนวณหาน้ำหนักของไขมันที่หายไป

ภาคผนวก ข.

วิธีตรวจสอบและวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. การวิเคราะห์หา Cooking yield

ทำการชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ทั้งในลักษณะที่ดิบ หรือสุก

การคำนวณหา % Cooking yield

$$\%\text{cooking yield} = \frac{\text{cooked weight}}{\text{raw weight}} \times 100$$

2. การศึกษาความเหนียวโดยการวัดแรงที่ใช้ในการตัดขาด โดย KNITL TEXTEROMETER INSTRUMENT (กิตติชัย, 2534)

วิธีการ

1. จัดเครื่องมือโดยใช้หัวกด ลักษณะเป็นใบมีดกว้าง 2.5 เซนติเมตร หนา 0.1 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแท่นวาง 0.6 เซนติเมตร

2. วางผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์สุกที่ต้องการวัดลงบนแท่น โดยให้ส่วนกลางของผลิตภัณฑ์อยู่กึ่งกลางระหว่างแท่นทั้งสอง ดังภาพ

3. เปิดเครื่องให้หัวกด กดลงบนผลิตภัณฑ์จนกระทั่งผลิตภัณฑ์เกิดการฉีกขาด ทำการปิดเครื่อง แรงที่ใช้ในการกดจะถูกบันทึกไว้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ และแสดงให้เห็นออกมาในรูปกราฟระหว่างแรงเป็นกิโลกรัมกับเวลา

4. ทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากกราฟและตัวเลขที่ได้จากคอมพิวเตอร์

5. เลือกค่าแรงที่จุดสูงสุดของกราฟแรกในการวิเคราะห์ โดยแรงที่ได้คือ Breaking force ซึ่งการวิเคราะห์ผลด้านความกรอบนั้นถ้า breaking force สูง แสดงว่าต้องใช้แรงมากจนกว่าผลิตภัณฑ์จะเกิดการแตกหัก ซึ่งหมายถึงผลิตภัณฑ์มีความกรอบน้อย ถ้ามี reaking force น้อย หมายถึง ผลิตภัณฑ์มีความกรอบมากสามารถเกิดการแตกหักได้ง่าย

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติของตัวอย่างเบอร์เกอร์สุก เกี่ยวกับเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยใช้โปรแกรม SAS ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

<u>แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส</u>

เพื่อศึกษาลักษณะต่าง ๆของตัวอย่างเบอร์เกอร์ที่มีประกอบด้วยไขมัน 10% และ20%

ชื่อ_____ วันที่ _____

เมื่อท่านชิมตัวอย่างแล้ว กรุณาขีดสัญลักษณ์ | ลงบนเส้นตรงในตำแหน่งที่ตรงความเป็นจริง และกำกับหมายเลขรหัสตัวอย่างด้วย

1. ความชุ่มฉ่ำ (JUICENESS)หมายถึง ลักษณะชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์จากน้ำและจากไขมัน

น้อย มาก

2. ความนุ่ม (TENDERNESS) หมายถึง การใช้แรงในการบดเคี้ยวน้อย, ไม่แข็ง

น้อย มาก

3. ความชอบรวม

น้อย มาก

ข้อเสนอแนะ _____

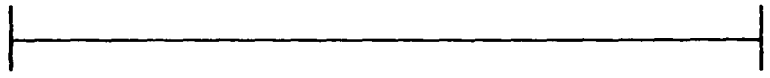
_____

<u>แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส</u> : เพื่อศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% โดยการนำ Soy protein isolate 20% และ Na-tripolyphosphate 0.3% มาใช้ในการปรับปรุงพัฒนาคุณภาพ

ชื่อ_____ วันที่ _____

เมื่อท่านชิมตัวอย่างแล้ว กรุณาขีดสัญลักษณ์ | ลงบนเส้นตรงในตำแหน่งที่ตรงกับความเป็นจริงและกำกับหมายเลขรหัสตัวอย่างด้วย

1. ความชุ่มฉ่ำ (JUICENESS)หมายถึง ลักษณะชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์จากน้ำและจากไขมัน



น้อย มาก

2. ความนุ่ม (TENDERNESS) หมายถึง การใช้แรงในการบดเคี้ยวน้อย, ไม่แข็ง

น้อย มาก

3. กลิ่นรสถั่ว

น้อย มาก

4. ความชอบรวม

น้อย มาก

ข้อเสนอแนะ _____ ขอบคุณค่ะ

<u>แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส</u> : เพื่อศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของเบอร์เกอร์หมูไขมันต่ำ 10% ที่ได้นำ Na-tripolyphosphate 0.3% และ น้ำ 10% มาใช้ในการปรับปรุงพัฒนาคุณภาพ

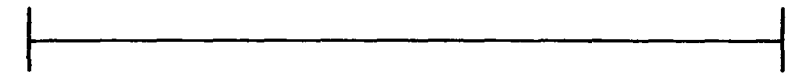
ชื่อ_____ วันที่ _____

เมื่อท่านชิมตัวอย่างแล้ว กรุณาขีดสัญลักษณ์ | ลงบนเส้นตรงในตำแหน่งที่ตรงกับความเป็นจริงและกำกับหมายเลขรหัสตัวอย่างด้วย

1. ความชุ่มฉ่ำ (JUICENESS)หมายถึง ลักษณะชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์จากน้ำและจากไขมัน

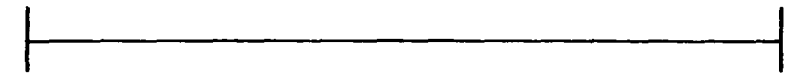
น้อย มาก

2. ความนุ่ม (TENDERNESS) หมายถึง การใช้แรงในการบดเคี้ยวน้อย, ไม่แข็ง



น้อย มาก

3. รสฝาดเฝื่อน



น้อย มาก

4. ความชอบรวม

น้อย มาก

ข้อเสนอแนะ _____ ขอบคุณค่ะ

ตารางภาคผนวกที่ 1 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์ดิบไขมัน 10% และไขมัน 20%

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	1	335.2561000	335.2561000	3488.62	0.0108
REP	1	0.0081000	0.0081000	0.08	0.8201
Error	1	0.0961000	0.0961000		
Corrected Total	3	335.3603000			

ตารางภาคผนวกที่ 2 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์สุกไขมัน 10% และ ไขมัน 20%

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	1	209.3809000	209.3809000	2872.17	0.0119
REP	1	0.0049000	0.0049000	0.07	0.8385
Error	1	0.0729000	0.0729000		
Corrected Total	3	209.4587000			

ตารางภาคผนวกที่ 3 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการเก็บรักษาความชื้น เปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์ไขมัน 10% และ ไขมัน 20%

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	1	16.12022500	16.12022500	247.91	0.0404
REP	1	2.90702500	2.90702500	44.71	0.0945
Error	1	0.06502500	0.06502500		
Corrected Total	3	19.09227500			

ตารางภาคผนวกที่ 4 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของไขมันเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์ดิบไขมัน 10% และไขมัน 20%

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	1	123.7656250	123.7656250	22002.78	0.0043
REP	1	0.0182250	0.0182250	3.24	0.3228
Error	1	0.0056250	0.0056250		
Corrected Total	3	123.7894750			

ตารางภาคผนวกที่ 5 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของไขมันเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์ดิบไขมัน 10% และไขมัน 20%

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	1	123.7656250	123.7656250	22002.78	0.0043
REP	1	0.0182250	0.0182250	3.24	0.3228
Error	1	0.0056250	0.0056250		
Corrected Total	3	123.7894750			

ตารางภาคผนวกที่ 6 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของไขมันเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์สุกไขมัน 10% และไขมัน 20%

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	1	97.31822500	97.31822500	656.56	0.0248
REP	1	0.42902500	0.42902500	2.89	0.3383
Error	1	0.14822500	0.14822500		
Corrected Total	3	97.89547500			

ตารางภาคผนวกที่ 7 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรักษาไขมันเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์ไขมัน 10% และไขมัน 20%

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	1	138.7684000	138.7684000	128.30	0.0561
REP	1	0.1089000	0.1089000	0.10	0.8044
Error	1	1.0816000	1.0816000		
Corrected Total	3	139.9589000			

ตารางภาคผนวกที่ 8 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ cooking yield เปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์ไขมัน 10% และไขมัน 20%

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	1	25.10010000	25.10010000	47.10	0.0921
REP	1	6.40090000	6.40090000	12.01	0.1788
Error	1	0.53290000	0.53290000		
Corrected Total	3	32.03390000			

ตารางภาคผนวกที่ 9 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์หมูดิบไขมัน 10% ในการศึกษาผลของการใช้น้ำ และ $Na_6P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	4	622.1624000	155.5406000	512.59	0.0001
Error	5	1.5172000	0.3034400		
Corrected Total	9	623.6796000			

ตารางภาคผนวกที่ 10 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้นเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์หมูสุก ไขมัน 10% ในการศึกษาผลของการใช้น้ำ และ $Na_6P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	4	515.4785600	128.8696400	3384.18	0.0001
Error	5	0.1904000	0.0380800		
Corrected Total	9	515.6689600			

ตารางภาคผนวกที่ 11 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรักษาความชื้นของเบอร์เกอร์ ในการศึกษาผลของการใช้น้ำ และ $Na_6P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	4	302.8421600	75.7105400	38.37	0.0006
Error	5	9.8666000	1.9733200		
Corrected Total	9	312.7087600			

ตารางภาคผนวกที่ 12 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของไขมันเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์ดิบในการศึกษาผลของการใช้น้ำ และ $Na_6P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	4	191.0755400	47.7688850	1104.23	0.0001
Error	5	0.2163000	0.0432600		
Corrected Total	9	191.2918400			

ตารางภาคผนวกที่ 13 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของไขมันเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์สุก ในการศึกษาผลของการใช้น้ำ และ $Na_6P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	4	153.2896400	38.3224100	236.73	0.0001
Error	5	0.8094000	0.1618800		
Corrected Total	9	154.0990400			

ตารางภาคผนวกที่ 14 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรักษาไขมันเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์ ในการศึกษาผลของการใช้น้ำ และ $Na_6P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	4	560.1658000	140.0414500	21.33	0.0024
Error	5	32.8228000	6.5645600		
Corrected Total	9	592.9886000			

ตารางภาคผนวกที่ 15 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ cooking yield เปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์หมู ในการศึกษาผลการใช้น้ำ และ $Na_6P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	4	252.1712400	63.0428100	29.13	0.0012
Error	5	10.8196500	2.1639300		
Corrected Total	9	262.9908900			

ตารางภาคผนวกที่ 16 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์หมูดิบในการศึกษาผลของการใช้ Soy protein isolate(SI) และ $Na_6P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	3	110.1245500	36.7081833	263.14	0.0001
Error	4	0.5580000	0.1395000		
Corrected Total	7	110.6825500			

ตารางภาคผนวกที่ 17 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์สุก ในการศึกษาผลของการใช้ SI และ $Na_6P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	3	72.93823750	24.31274583	184.24	0.0001
Error	4	0.52785000	0.13196250		
Corrected Total	7	73.46608750			

ตารางภาคผนวกที่ 18 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของไขมันเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์ดิบ ในการศึกษาผลของการใช้ SI และ $Na_6P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	3	14.85403750	4.95134583	26.65	0.0042
Error	4	0.74305000	0.18576250		
Corrected Total	7	15.59708750			

ตารางภาคผนวกที่ 19 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรักษาความชื้นเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์หมู ของการศึกษาผลการใช้ SI และ $Na_5P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	3	28.49353750	9.49784583	11.05	0.0209
Error	4	3.43705000	0.85926250		
Corrected Total	7	31.93058750			

ตารางภาคผนวกที่ 20 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของไขมันเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์หมูดิบในการศึกษาผลของการใช้ SI และ $Na_5P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	3	1.13890000	0.37963333	6.37	0.0529
Error	4	0.23850000	0.05962500		
Corrected Total	7	1.37740000			

ตารางภาคผนวกที่ 21: การวิเคราะห์ความแปรปรวนของไขมันเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์หมูสุก ในการศึกษาถึงผลของการใช้ SI และ $Na_6P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	3	1.72365000	0.57455000	2.93	0.1628
Error	4	0.78350000	0.19587500		
Corrected Total	7	2.50715000			

ตารางภาคผนวกที่ 22 : แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของการวิเคราะห์ไขมันที่ยังคงอยู่ ในการศึกษาผลของการใช้ SI และ $Na_6P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	3	33.66253750	11.22084583	1.06	0.4580
Error	4	42.23225000	10.55806250		
Corrected Total	7	75.89478750			

ตารางภาคผนวกที่ 23: การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโปรตีนเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์หมูดิบ ในการศึกษาผลของการใช้ SI และ $Na_5P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	3	43.97433750	14.65811250	2.02	0.2541
Error	4	29.07405000	7.26851250		
Corrected Total	7	73.04838750			

ตารางภาคผนวกที่ 24 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโปรตีนเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์หมูสุก ในการศึกษาผลของการใช้ SI และ $Na_5P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	3	12.45943750	4.15314583	2.20	0.2311
Error	4	7.56625000	1.89156250		
Corrected Total	7	20.02568750			

ตารางภาคผนวกที่ 25 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโปรตีนเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์หมูดิบในการศึกษาผลของการใช้ น้ำ และ $Na_6P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	4	134.2371000	33.5592750	4.37	0.0687
Error	5	38.3933000	7.6786600		
Corrected Total	9	172.6304000			

ตารางภาคผนวกที่ 26 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโปรตีนเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์หมูสุกในการศึกษาผลของการใช้ น้ำ และ $Na_6P_3O_{10}$

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Trt	4	21.60626000	5.40156500	3.46	0.1030
Error	5	7.81115000	1.56223000		
Corrected Total	9	29.41741000			

ตารางภาคผนวกที่ 27: การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโปรตีน เปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์ดิบ ในการศึกษาผลของการลดไขมันจาก 20% เป็น 10%

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	1	63.60062500	63.60062500	4.41	0.1705
Error	2	28.82725000	14.41362500		
Corrected Total	3	92.42787500			

ตารางภาคผนวกที่ 28 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโปรตีน เปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์สุก ในการศึกษาผลของการลดไขมันจาก 20% เป็น 10%

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	1	14.70722500	14.70722500	15.20	0.0599
Error	2	1.93525000	0.96762500		
Corrected Total	3	16.64247500			

ตารางภาคผนวกที่ 29 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชุ่มฉ่ำเบอร์เกอร์หมู ในการศึกษาผลของการลดไขมันจาก 20% เป็น 10%

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	1	13.86112500	13.86112500	31.38	0.0003
REP	9	36.92512500	4.10279167	9.29	0.0014
Error	9	3.97512500	0.44168056		
Corrected Total	19	54.76137500			

ตารางภาคผนวกที่ 30 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความนุ่มเปรียบเทียบระหว่างเบอร์เกอร์หมู ในการศึกษาผลของการลดไขมันจาก 20% เป็น 10%

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	1	15.48800000	15.48800000	20.33	0.0015
REP	9	52.15450000	5.79494444	7.61	0.0029
Error	9	6.85700000	0.76188889		
Corrected Total	19	74.49950000			

ตารางภาคผนวกที่ 31 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความชอบโดยรวมของผู้บริโภคที่มีต่อเบอร์เกอร์ที่ลดไขมันลงจาก 20% เป็น 10%

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr
TRT	1	21.21800000	21.21800000	17.26	0.0025
REP	9	36.85800000	4.09533333	3.33	0.0438
Error	9	11.06200000	.22911111		
Corrected Total	19	69.13800000			

ตารางภาคผนวกที่ 32 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนในด้านความชุ่มฉ่ำของเบอร์เกอร์หมูในการศึกษาผลของการใช้ SI และ $Na_5P_3O_{10}$

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	3	17.38777778	5.79592593	2.17	0.1173
JUD	8	31.23180556	3.90397569	1.46	0.2219
Error	24	63.98097222	2.66587384		
Corrected Total	35	112.60055556			

ตารางภาคผนวกที่ 33 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความนุ่ม ของการวิเคราะห์ด้านความนุ่มของเบอร์เกอร์หมู ในการศึกษาผลของการใช้ SI และ $Na_5P_3O_{10}$

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	3	39.21583333	13.07194444	3.74	0.0245
JUD	8	20.89250000	2.61156250	0.75	0.6504
Error	24	83.87916667	3.49496528		
Corrected Total	35	143.98750000			

ตารางภาคผนวกที่ 34 : การวิเคราะห์ความแปรปรวน ของการวิเคราะห์ด้านกลิ่นถั่วของเบอร์เกอร์หมู ในการศึกษาผลของการใช้ SI และ $Na_6P_3O_{10}$

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	3	57.96020833	19.32006944	11.81	0.0001
JUD	8	70.43597222	8.80449653	5.38	0.0006
Error	24	39.2479167	1.6353299		
Corrected Total	35	167.6440972			

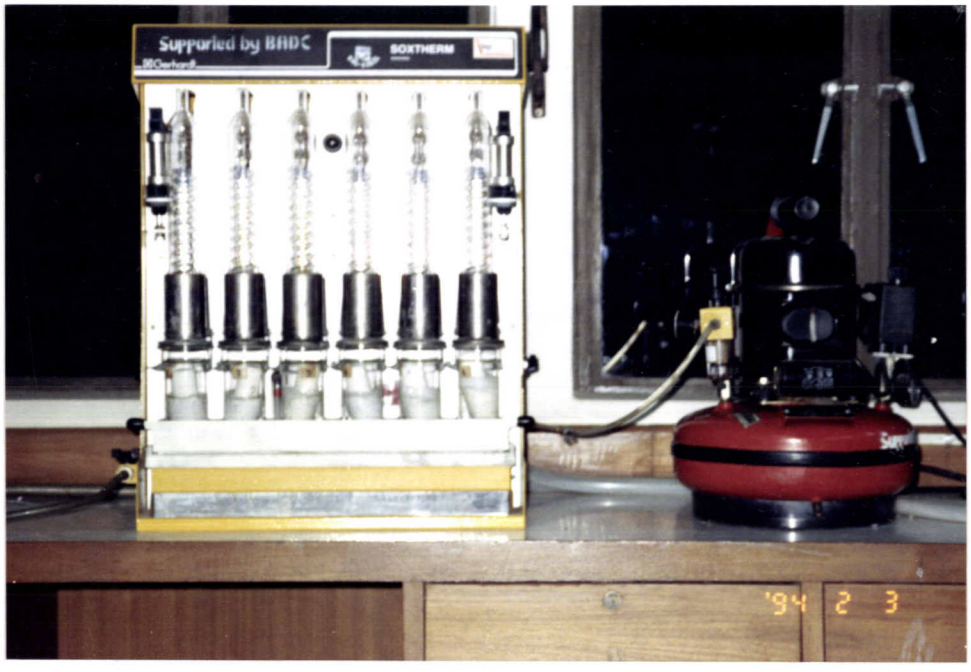
ตารางภาคผนวกที่ 35 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความชุ่มฉ่ำเบอร์เกอร์หมู ในการศึกษาผลของการใช้น้ำ และ $Na_5P_3O_{10}$

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	87.73944444	21.93486111	13.90	0.0001
JUD	8	46.83577778	5.85447222	3.71	0.0036
Error	32	50.4875556	1.5777361		
Corrected Total	44	185.0627778			

ตารางภาคผนวกที่ 36 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความนุ่มของเบอร์เกอร์หมู ในการศึกษาผลของการใช้ น้ำ และ $Na_5P_3O_{10}$

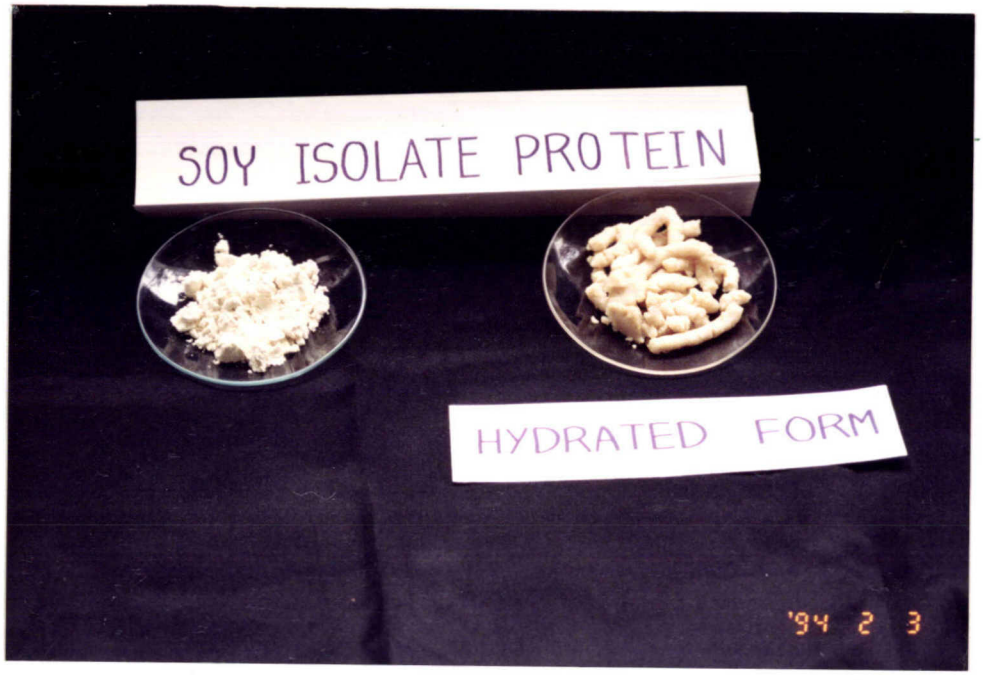
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	26.80755556	6.70188889	2.88	0.0381
JUD	8	59.50011111	7.43751389	3.20	0.0088
Error	32	74.38544444	2.32454514		
Corrected Total	44	160.69311111			

ภาคผนวก ง.



Soxtherm Automatic Extraction Unit

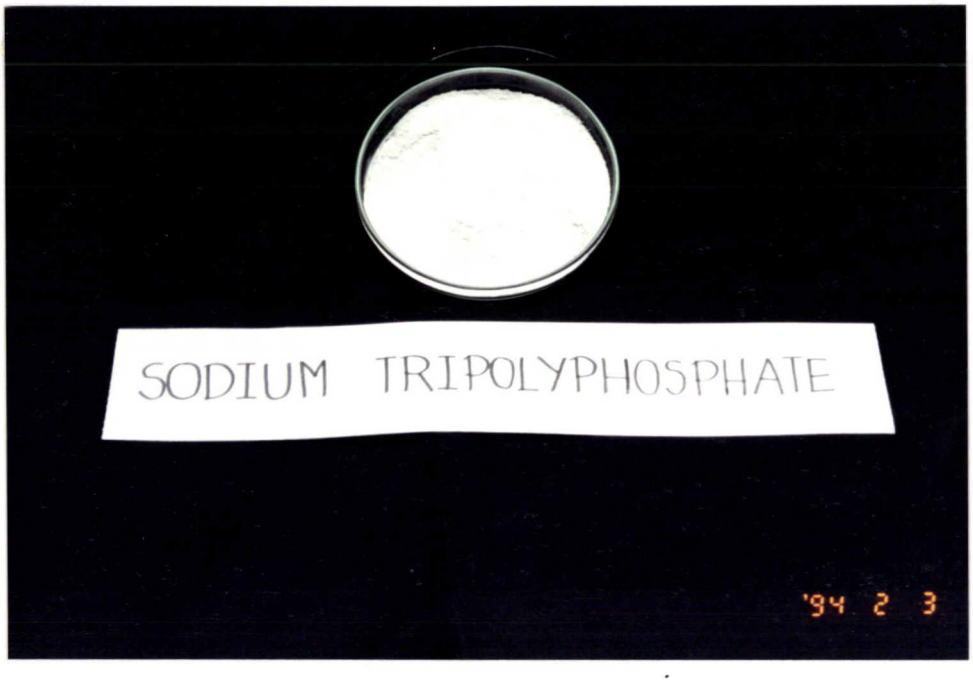
ภาคผนวก จ.



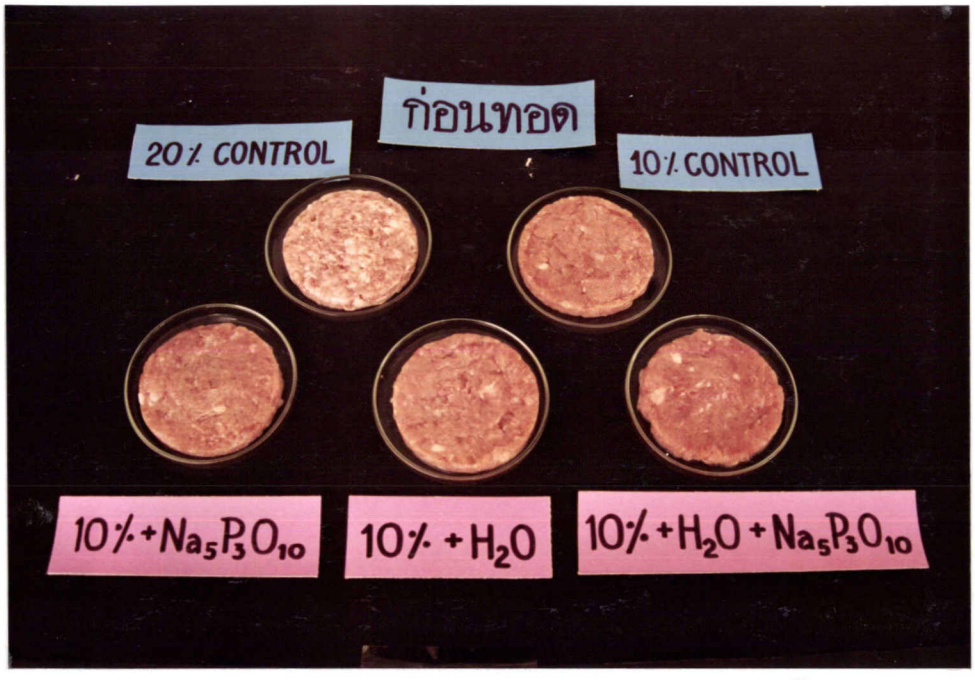
Soy Protein Isolate

โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต

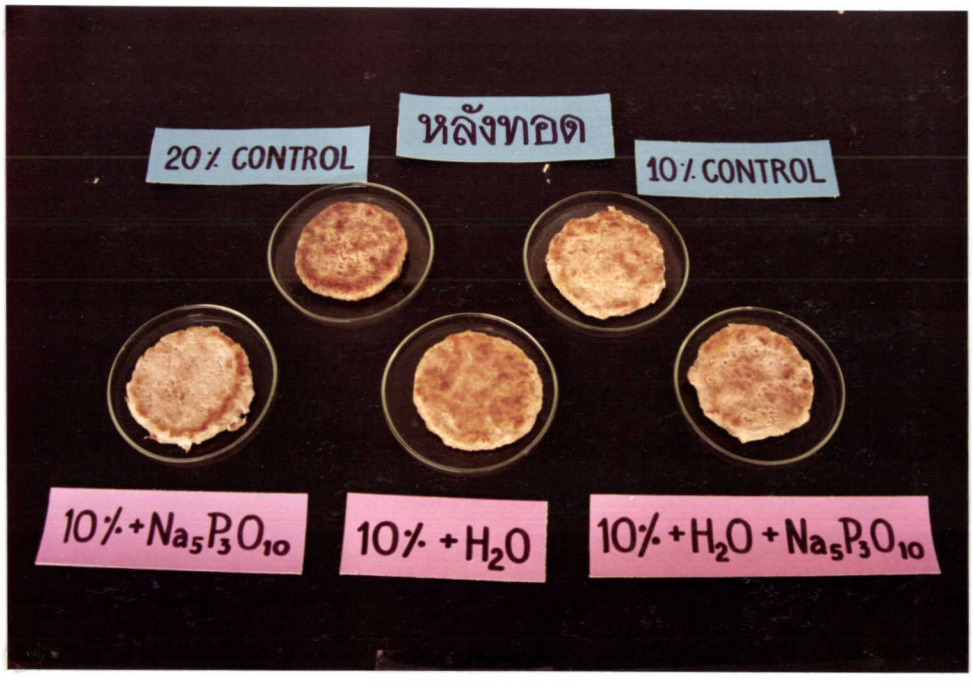
($Na_5P_3O_{10}$)



ภาคผนวก ฉ.

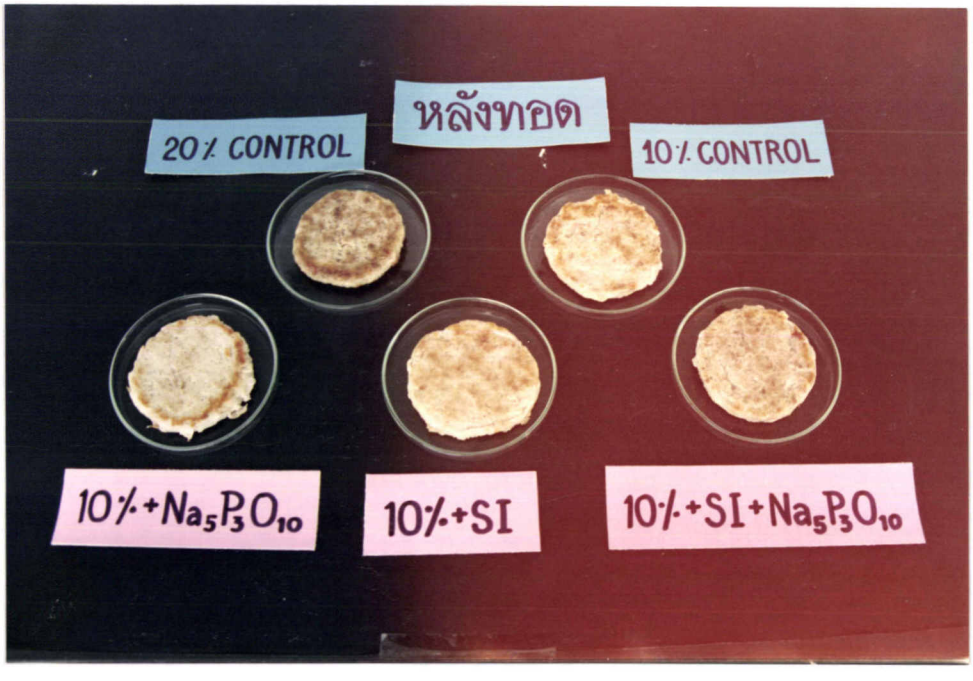


การศึกษาผลของการใช้ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และน้ำ



ภาคผนวก ช.

การศึกษาผลของการใช้ Soy protein isolate และ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต



คณะเทคโนโลยีการเกษตร
ห้องสมุด
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง