26417

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T096777

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ลักษณะเนื้อสัมผัสกับการทดสอบแบบพับของหมูยอและไก่ยอ

(Texture property and folding test of Moo Yor and Kai Yor)

โดย

นางสาวณัฐโสภิณ	ทองประไพ	รหัสนักศึกษา 44040787
นางสาวธุติพร	เวียรศิลป์	รหัสนักศึกษา 44040790
นางสาวสวิตา	สุขพหล	รหัสนักศึกษา 44040799

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

Faculty of Agricultural Industry

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang
Bangkok 10520 Thailand

ปพ.
ณ3713
2547

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 96777
วัน,เดือน,ปี.....

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

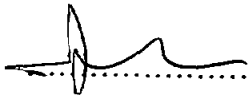
ลักษณะเนื้อสัมผัสกับการทดสอบแบบพับของหมูยอและไก่ยอ

(Texture property and folding test of Moo Yor and Kai Yor)

จัดทำโดย

นางสาว ณัฐโสภิณ ทองประไพ รหัสนักศึกษา 44040787
นางสาว ธุติพร เวียรศิลป์ รหัสนักศึกษา 44040790
นางสาว สวิตา สุขพหล รหัสนักศึกษา 44040799

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก



.....23...../...ก.ค...../...2548... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ผศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ)

ณัฐโสภิณ ทองประไพ ธุติพร เวียรศิลป์ และ สวิตา สุขพหล . 2547: ลักษณะเนื้อสัมผัสกับการทดสอบแบบพับของหมูยอและไก่ยอ(Texture property and folding test of Moo Yor and Kai Yor). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ

จากผลการศึกษาผลิตภัณฑ์ของ หมูยอ 10 ชนิด และไก่ยอ 7 ชนิด ที่วางขายทั่วไปตามท้องตลาด เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัสที่ได้จากการวัดโดยเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสกับข้อมูลที่ได้จากการทำการทดสอบแบบพับ พบว่า หมูยอมีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 41.114-255.511 N. ค่าความแตกเปราะอยู่ในช่วง 0.071-0.213 N. ค่าความเกาะติดพื้นผิวอยู่ในช่วง (-1.574)-(-0.064) N.s ค่าความยืดหยุ่นอยู่ในช่วง 0.732 – 1.149 ค่าความสามารถเกาะรวมตัวอยู่ในช่วง 0.596-0.6445 ค่าความเหนียวอยู่ในช่วง 26.420-152.164 N. ค่าการทนต่อการเคี้ยวอยู่ในช่วง 22.418 – 142.446 ในขณะที่คะแนนการพับของหมูยอพบว่ามีตั้งแต่ 1-5 คะแนน สำหรับไก่ยอมีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 14.055-87.765 N.ค่าความแตกเปราะอยู่ในช่วง 0.086-0.105 N. ค่าความเกาะติดพื้นผิวอยู่ในช่วง (-0.6175)-0.016 N.s ค่าความยืดหยุ่นอยู่ในช่วง 0.0903-1.240 ค่าความสามารถเกาะรวมตัวอยู่ในช่วง 0.585-0.617 ค่าความเหนียวอยู่ในช่วง 10.290-35.917 N ค่าการทนต่อการเคี้ยวอยู่ในช่วง 11.073-50.553 คะแนนการพับของไก่ยอพบว่าไม่มีระดับคะแนนการพับ 3 คะแนน เมื่อนำผลที่ได้จากเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสและการทดสอบแบบพับของทั้งหมูยอและไก่ยอมาหาความสัมพันธ์จะได้ว่าค่าความแข็ง ค่าความแตกเปราะ ค่าความยืดหยุ่น ค่าความสามารถเกาะรวมตัว ค่าความเหนียว ค่าการทนต่อการเคี้ยว ไม่มีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับคะแนนการพับ แต่ค่าความการเกาะติดพื้นผิวมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับคะแนนการพับในระดับที่ยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์ของไก่ยอ

ณัฐโสภิณ ทองประไพ
ธุติพร เวียรศิลป์
สวิตา สุขพหล
ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

23 / ส.ค. / 2547
วัน/เดือน/ปี

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง ลักษณะเนื้อสัมผัสกับการทดสอบแบบพับของหมูยอและไก่ยอ สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาคอยให้คำแนะนำ พร้อมทั้งให้คำปรึกษาและดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีและขอขอบพระคุณ อาจารย์พัสกร เจียตระกูล ที่มีส่วนช่วยให้คำแนะนำต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่ น้อง และเพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจในการทำงานมาโดยตลอด

ผู้จัดทำ

15 มีนาคม 2548

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
สารบัญภาคผนวก	ช
บทที่	
1.บทนำ	1
2.ตรวจเอกสาร	2
2.1 ลักษณะทางกายภาพของหมูยอโดยทั่วไป	2
2.2 คุณภาพของผลิตภัณฑ์	4
2.3 เนื้อสัมผัสของอาหาร	5
2.4 การวัดค่าเนื้อสัมผัส	6
2.5 การวิเคราะห์ฉดถอยและสหสัมพันธ์	10
3.วิธีการทดลอง	15
3.1 วัตถุดิบ	15
3.2 อุปกรณ์	15
3.3 วิธีการทดลอง	15
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	17
4.1 ผลการทดสอบแบบพับ	17
4.2 ผลการทดสอบด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของหมูยอ	20
4.3 ผลการทดสอบด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่ยอ	28
4.4 การศึกษาความสัมพันธ์ด้านเนื้อสัมผัสกับคะแนนการพับของหมูยอ	37
4.5 การศึกษาความสัมพันธ์ด้านเนื้อสัมผัสกับคะแนนการพับของไก่ยอ	44
5. สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	51
6. เอกสารอ้างอิง	52
7. ภาคผนวก	53

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงลักษณะตรงกันข้ามกับเนื้อสัมผัส	5
2.2 นิยามทางด้านเนื้อสัมผัสและผลจากรูปกราฟของการทดสอบแบบ TPA	9
4.1 ผลการทดสอบแบบพับของหมูยอ	17
4.2 ความหมายของระดับคะแนนการพับ	18
4.3 ผลการทดสอบแบบพับของไก่ยอ	19
4.4 คุณสมบัติทางกายภาพของหมูยอโดยการวัดด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสและการทดสอบแบบพับ	21
4.5 คุณสมบัติทางกายภาพของไก่ยอโดยการวัดด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสและการทดสอบแบบพับ	29

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงวิธีการทดสอบที่เลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ โดยเครื่องจะทำการกดลงบนอาหาร 2 ครั้ง	7
2.2 กราฟระหว่างค่าแรงและเวลาของการทดสอบแบบTPA	8
2.3 แผนภาพการกระจายแสดงลักษณะของความสัมพันธ์แบบต่างๆ ระหว่างตัวแปร	12
4.1 ผลคะแนนการพับของหมูยอ	18
4.2 ผลคะแนนการพับของไก่ยอ	20
4.3 ความแข็ง (Hardness) และ คะแนนการพับ (Folding test) ของหมูยอ	22
4.4 ค่าความแตกเปราะ(Fracturability) และ การทดสอบแบบพับ(Folding test) ของหมูยอ	23
4.5 ค่าการเกาะติดพื้นผิว (Adhesiveness) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของหมูยอ	24
4.6 ค่าความยืดหยุ่น(Springiness) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของหมูยอ	25
4.7 ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesieveness) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของหมูยอ	26
4.8 ค่าความเหนียว (Gumminess) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของหมูยอ	27
4.9 ค่าการทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของหมูยอ	28
4.10 ค่าความแข็ง (Hardness) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ	30
4.11 ค่าความแตกเปราะ (Fracturability) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ	31
4.12 ค่าการเกาะติดพื้นผิว(Adhesiveness) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ	32
4.13 ค่าความยืดหยุ่น(Springiness) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ	33
4.14 ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว(Cohesieveness) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ	34
4.15 ค่าความเหนียว (Gumminess) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ	35
4.16 ค่าการทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ	36
4.17 ความสัมพันธ์ของค่า Hardness กับคะแนนการพับของหมูยอ	37
4.18 ความสัมพันธ์ของค่า Fracturability กับคะแนนการพับของหมูยอ	38
4.19 ความสัมพันธ์ของค่า Adhesiveness กับคะแนนการพับของหมูยอ	39
4.20 ความสัมพันธ์ของค่า Springiness กับคะแนนการพับของหมูยอ	40
4.21 ความสัมพันธ์ของค่า Cohesiveness กับคะแนนการพับของหมูยอ	41

4.22 ความสัมพันธ์ของค่า Gumminess กับคะแนนการพับของหมูยอ 42
4.23 ความสัมพันธ์ของค่า Chewiness กับคะแนนการพับของหมูยอ 43
4.24 ความสัมพันธ์ของค่า Hardness กับคะแนนการพับของไก่ยอ 44
4.25 ความสัมพันธ์ของค่าFracturability กับคะแนนการพับของไก่ยอ 45
4.26 ความสัมพันธ์ของค่าAdhesiveness กับคะแนนการพับของไก่ยอ 46
4.27 ความสัมพันธ์ของค่า Springiness กับคะแนนการพับของไก่ยอ 47
4.28 ความสัมพันธ์ของค่าCohesivenessกับคะแนนการพับของไก่ยอ 48
4.29 ความสัมพันธ์ของค่าGumminessกับคะแนนการพับของไก่ยอ 49
4.30 ความสัมพันธ์ของค่าChewinessกับคะแนนการพับของไก่ยอ 50

สารบัญภาคผนวก

	หน้า
ภาคผนวก ก รูปคะแนนการทดสอบแบบพับของผลิตภัณฑ์ยอ	53
ภาคผนวก ข รูปเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสรุ่น TA-XT2i	54

บทที่ 1
บทนำ

ผลิตภัณฑ์ยอ เป็นการแปรรูปเนื้อสัตว์เพื่อเพิ่มมูลค่าของเนื้อสัตว์ให้มีราคาสูงขึ้นสามารถใช้วัตถุดิบแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิด อาทิ เช่น หมูยอ ไก่ยอ ปลายอ สามารถผลิตจำหน่ายได้ตลอดทั้งปี ตลาดมีความต้องการอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคให้มากขึ้น นอกจากความอร่อยแล้ว คุณสมบัติทางกายภาพโดยเฉพาะด้านเนื้อสัมผัสก็เป็นปัจจัยหนึ่งของผลิตภัณฑ์การตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความแข็ง ความยืดหยุ่น ความเหนียวของผลิตภัณฑ์ประเภทยอ โดยใช้เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสจะได้ข้อมูลที่ชี้วัดลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าข้อมูลที่ได้จากการทดสอบโดยทางประสาทสัมผัสโดยการชิม ซึ่งถ้าเป็นผู้ผลิตที่เป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อมซึ่งไม่สามารถลงทุนติดตั้งเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีราคาแพงจึงเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งในการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทยอ ให้มีคุณภาพดีเท่ากันทุกครั้ง และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอย่างสม่ำเสมอ

ดังนั้น การศึกษานี้จึงต้องการที่จะวัดคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ประเภทยอ ที่มีวางขายในท้องตลาดด้วยเครื่องมือวัดและศึกษาการทดสอบแบบพับรวมทั้งจะดูว่ามีความสัมพันธ์เป็นลักษณะอย่างไร โดยการทดลองนี้ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ประเภทยอทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ หมูยอ และไก่ยอ มาทดสอบด้วยเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัส และการพับและเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อื่น ๆที่ใกล้เคียงกัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของหมูยอ และ ไก่ยอ ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส
2. เพื่อศึกษาการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพโดยการพับของหมูยอและไก่ยอ
3. เพื่อหาความสัมพันธ์ของการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของหมูยอ และ ไก่ยอ ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสกับการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพโดยการพับ

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

หมูยอ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1346-2539) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อหมู มันหมู และเครื่องปรุงแต่งกลิ่นและรส ผสมกัน บดให้ละเอียดจนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วบรรจุในวัสดุห่อหุ้มให้แน่น ต้มหรือนึ่งให้สุก

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1346-2539) กำหนดคุณลักษณะของหมูยอที่ต้องการคือ ต้องมีสีครีมตามธรรมชาติของหมูยอ มีกลิ่นหอมน่ารับประทาน รสดี ปราศจากกลิ่นบูดเน่า หรือกลิ่นแปลกปลอมอื่นๆ ลักษณะเนื้อต้องละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน แน่น ไม่ยุ่ย อาจมีมันหมูชิ้นเล็กๆแทรกอยู่ และจำนวนจุลินทรีย์ที่อาจมีในหมูยอให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดดังนี้

- ซาลโมเนลลา(Salmonella) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม
  การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC(1995)
- สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus)ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม
  การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC(1995)
- คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC(1995)
- อี. โคไล (E.coli) โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม
  การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC(1995)

2.1 ลักษณะทางกายภาพของหมูยอโดยทั่วไป

1. สี หมูยอควรมีสีครีมตามธรรมชาติของหมูยอ
2. กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน รสดี ปราศจากกลิ่นบูด เน่าหรือกลิ่นแปลกปลอมอื่นๆ
3. ลักษณะเนื้อ ต้องละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน แน่นไม่ยุ่ย อาจมีมันหมูชิ้นเล็กๆแทรกอยู่
4. สิ่งแปลกปลอม ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอม เช่น ผม ขน กระดูก การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ
5. โปรตีน ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 13 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC(1995)

6.ไขมัน ต้องไม่เกินร้อยละ 24 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC(1995)

7. แป้งต้องไม่เกินร้อยละ2การทดสอบให้ปฏิบัติตามAOAC(1995)

- ส่วนประกอบโดยทั่วไปของหมูยอ

ส่วนประกอบหลัก

- เนื้อหมู
- มันหมู
- เครื่องปรุงรส

ส่วนประกอบอื่นที่อาจมีได้

- โปรตีนนม หรือโปรตีนพืชเข้มข้น (concentrated vegetable protein) เช่น จากถั่วเหลือง
- แป้ง เช่น แป้งมันสำปะหลัง

2.2 คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยอ

ผลิตภัณฑ์ยอ เป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์อย่างหนึ่งที่ได้จากการนำเนื้อหมูมาสับบดให้ละเอียด ผสมกับเครื่องแกง เครื่องเทศ แป้งมันสำปะหลัง น้ำแข็ง และสารปรุงแต่งกลิ่นรส แล้วนวดให้เข้ากันจนเหนียว จากนั้นนำมาบรรจุในถุงพลาสติก ห่อด้วยใบตองหลายชั้น และมัดให้แน่นก่อนจะนำไปต้มหรือนึ่งจนสุก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีเนื้อแน่นเรียบ มีความเหนียวและยืดหยุ่นดี ปกติจะเก็บไว้ในตู้เย็นได้หลายวัน

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยอที่ผลิตออกมาขายตามท้องตลาด จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการเช่น

1. คุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้โดยเฉพาะเนื้อหมูต้องเป็นเนื้อที่มีคุณภาพดี เป็นเนื้อที่สดใหม่ ซึ่งได้จากส่วนของไหล่ สะโพก และหลังหมู ที่จะเป็นเนื้อส่วนที่จับกับไขมันได้ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่ดี และสม่ำเสมอ
2. เครื่องเทศที่ใช้ได้แก่ หัวหอมใหญ่ กระเทียม พริกไทย และรากผักชี จะเป็นส่วนสำคัญที่ให้กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ยอ ต้องเลือกใช้แต่เครื่องเทศที่สะอาดไม่เก่าเก็บจนมีกลิ่นอับหรือมีเชื้อราขึ้น
3. กระบวนการผลิตตั้งแต่ต้นจนสิ้นสุด ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยอที่ได้ นับตั้งแต่การใช้ส่วนผสมที่ถูกต้อง การนวดเนื้อหมูกับเกลือให้เข้ากัน นอกจากเกลือจะให้รสชาติแล้วยังทำหน้าที่สกัดโปรตีนออกจากเซลล์กล้ามเนื้อ และรวมตัวกันทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความเหนียวขึ้น ขณะนวดจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำโดยใช้น้ำแข็ง เพื่อให้โปรตีนเกิดโครงสร้างโมเลกุลแบบตาข่ายได้ดี ที่เรียกว่าเจล ซึ่งจะช่วยในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวนุ่มชุ่มน้ำดูน่ารับประทาน
4. การบรรจุเนื้อหมูลงภาชนะ ก็จะต้องไล่อากาศออกให้มากที่สุด เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อเรียบสม่ำเสมอไม่เป็นรูพรุน ช่วยลดการเกิดออกซิเดชั่น(oxidation)ของไขมันภายหลังการเก็บรักษา และที่สำคัญที่สุดก็คือจะต้องคำนึงถึงความสะอาด ถูกสุขลักษณะ จึงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ยอคุณภาพดี

2.3 เนื้อสัมผัสของอาหาร

เนื้อสัมผัสของอาหาร (food texture) มีความสำคัญต่อการยอมรับในคุณภาพอาหารของผู้บริโภคซึ่งส่วนใหญ่ได้รับความรู้สึกทางปากหรือจากการกิน เริ่มจากกัดอาหาร (bite) ครั้งแรก ความรู้สึกเมื่อเคี้ยวอาหาร (chewing) และความรู้สึกเมื่อบดอาหารในปาก (mastication) การรับความรู้สึกในเนื้อสัมผัสอาหารนี้ เป็นการรับความรู้สึกทั้งทางกายภาพและทางสรีระวิทยาร่วมกันในด้านสรีระวิทยานี้มีประสาทสัมผัสอื่น ๆ ของร่างกายเข้ามามีส่วนในการร่วมกับความรู้สึกเนื้อสัมผัสของอาหารด้วย คือ การเห็น การสัมผัส และการได้ยิน ทำให้มีการร่วมรับความรู้สึกซับซ้อนขึ้นจากประสาทสัมผัสเหล่านี้ การบดอาหารในปากมีหน้าที่เกี่ยวกับสรีรวิทยาอยู่ 3 อย่างด้วยกัน คือ การทำให้อาหารแตกตัวออกและหล่อลื่นอาหารเพื่อให้สะดวกต่อการกลืนลงไปมีหน้าที่ในการผสมอาหารกับเอนไซม์ที่มีอยู่ในน้ำลายและมีหน้าที่ในการขยายพื้นผิวเพื่อให้พื้นผิวของอาหารให้ได้ทำปฏิกริยาอย่างรวดเร็วกับน้ำย่อยในกระเพาะ

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะตรงกันข้ามกับเนื้อสัมผัส

ลักษณะสัมผัสทางปาก	ลักษณะตรงข้าม	
การอยู่ตัว (firm)	เหนียว หยาบ (tough)	อ่อน นุ่ม (soft) เปื่อย (tender)
กาก (fibrous)	กรวด ทราย (gritty)	เรียบ(smooth)
เคี้ยวออก (chewy)	แข็ง (hard)	ละลาย(melting) คงรูป(yielding)
หยุ่น (rubbery)	ยืดหยุ่น (elastic)	กรอบ (crisp) เปราะ (brittle)
เหนอะ (sticky)	ติดตรึง (tacky)	ร่วน ป่น (crunchy)
ได้ที่ (mealy)	เป็นไต (chalky)	เลี่ยน (oily) เป็นไข (greasy)
เย็น (cool)	มินต์ (minty)	อุ่น (warm) ร้อน (hot)

2.4 การวัดค่าเนื้อสัมผัส

การวัดค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คือการวัดค่าความรู้สึกสัมผัส(kinesthetic) โดยพยายามออกแบบเครื่องมือเพื่อใช้วัดค่าทางกายภาพที่แสดงถึงความรู้สึกสัมผัสของมนุษย์ ทั้งความรู้สึกสัมผัสที่เกิดจากมือ (finger feel) ความรู้สึกสัมผัสที่เกิดจากปาก (mouth feel) เช่นการเคี้ยวอาหาร และความรู้สึกสัมผัสที่เกิดขึ้นกับร่างกาย เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสที่มีใช้ในระยะแรก ๆ วัดแรงด้วยกลไกของสปริง ถึงแม้เครื่องมือแบบนี้จะมีราคาถูกแต่ค่าที่ได้จากการวัดยังมีความถูกต้องแม่นยำน้อย และประสิทธิภาพในการใช้งานต่ำ ต่อมาได้มีการพัฒนาเครื่องมือวัดเนื้อสัมผัส โดยนำระบบอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้ทำให้ได้ค่าที่มีความถูกต้องแม่นยำกว่า แต่เครื่องมือแบบนี้จะมีราคาสูง

<u>เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสโดยทั่วไปจะทดสอบวัดสิ่งต่อไปนี้</u>

1.วัดแรงกระทำต่ออาหารที่สามารถแสดงลักษณะเนื้อสัมผัส โดยอาจใช้การทดสอบวัดต่อไปนี้

1.1 Puncture test เป็นการวัดแรงกดทะลุ

1.2 Compression test :เป็นการวัดค่าแรงที่เกิดจากการกด หรือบีบ เพื่อทำให้ปริมาณของตัวอย่างลดลง แต่ไม่ถึงกับทำลายให้รูปทรงของตัวอย่างแตกออก

1.3 Shear test เป็นการวัดค่าแรงที่ทำให้เกิดการแยกตัวโดยการเลื่อนออกจากกัน ซึ่งส่วนหนึ่งของตัวอย่างจะเลื่อนแยกออกจากส่วนเดิม

1.4 Compression – extrusion test เป็นการวัดแรงที่ใช้กดจนอาหารไหลทะลักออกมา

1.5 Tensile test เป็น การวัดค่าแรงที่ทำให้ตัวอย่างแยกออกจากกัน ด้วยการออกแรงไปในทิศทางตรงกันข้ามกันทำให้เกิดการแบ่งแยกออกจากกัน โดยมีรอยแยกไม่เป็นระเบียบ สิ่งที่ต้านแรงแยก คือความเหนียว (toughness) เช่น ความเหนียวของเส้นใย หรือความเหนียวของเส้นด้าย หรือเส้นเชือก

1.6 Shear-pressure test เป็นการวัดค่าแรงร่วมของแรงสองอย่าง คือแรงแยกบด (compression) และแรงแยกตัว (shear) ซึ่งเกิดขึ้นกับตัวอย่างในเวลาเดียวกัน เช่นแรงที่เกิดจากการเคี้ยวอาหารด้วยฟันของมนุษย์

1.7 Bending test เป็นการวัดความโค้งงอของผลิตภัณฑ์

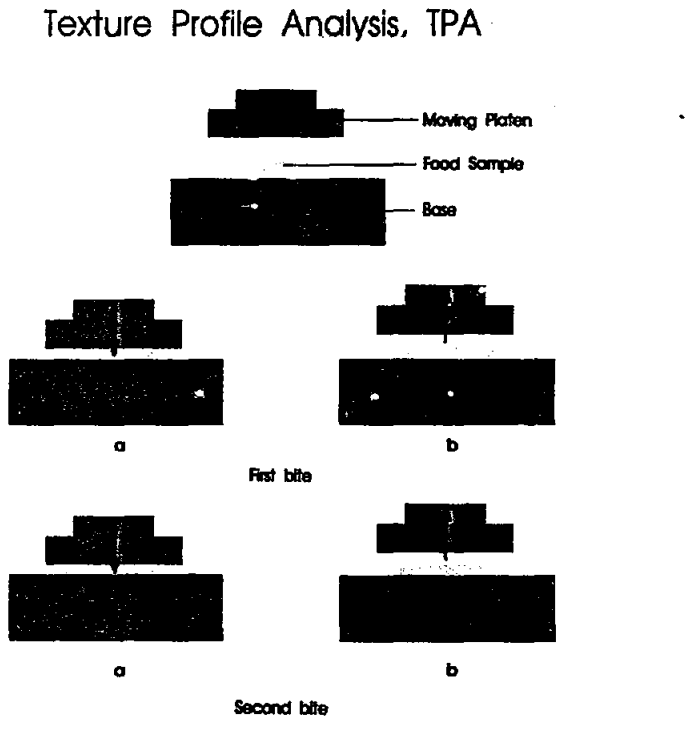
2. วัดระยะทาง

ใช้วัดของเหลวที่ไหลได้โดยกดอาหารแล้วดูว่าอาหารมีการเคลื่อนที่ไปได้เพียงใด หรือวัดความสูงของไข่เพื่อดูความสดใหม่ของไข่

3. วัดเวลา โดยวัดความหนืดดูเวลาการเคลื่อนที่ของของเหลว

2.4.1วิธีวิเคราะห์เนื้อสัมผัส(Texture Profile Analyis , TPA)

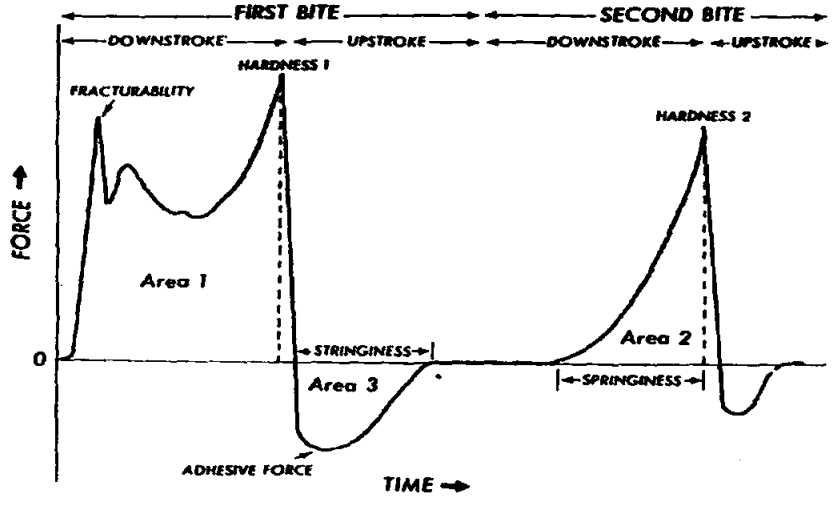
เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสจะมีผลสัมพันธ์กับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส วิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสคือวิธีการทดสอบแบบTPA(Texture Profile Analysis) เป็นวิธีการทดสอบที่เลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ โดยเครื่องจะทำการกดลงบนอาหาร 2 ครั้ง



รูปที่ 2.1 แสดงวิธีการทดสอบที่เลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ โดยเครื่องจะทำการกดลงบนอาหาร 2 ครั้ง

ที่มา:Malcolm Bourne, 2002

แสดงผลในรูปกราฟระหว่างค่าแรงกับเวลา ทำให้ได้ค่าตัวแปรทางเนื้อสัมผัสที่สัมพันธ์กับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส



รูปที่ 2.2 กราฟระหว่างค่าแรงและเวลาของการทดสอบแบบTPA

ที่มา:Malcolm Bourne, 2002

ตารางที่ 2.2 นิยามทางด้านเนื้อสัมผัสและผลจากรูปกราฟของการทดสอบแบบ TPA

พารามิเตอร์	คำจำกัดความทางประสาทสัมผัส	คำจำกัดความของเครื่องวัดเนื้อสัมผัส
ความแข็ง (Hardness)	เป็นแรงที่กระทำต่ออาหารทำให้อาหารแตกหรือแยกออก	ความสูงของ Force Peak ที่ได้จากการวัดครั้งแรก
ความแตกเปราะ (Fracturability)	เป็นแรงที่ทำให้อาหารเกิดการแตกหักเป็นชิ้น ๆ	แรงที่ทำให้เกิดรอยแยกขึ้นในกราฟของการกดครั้งแรก
ความสามารถเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness)	ความแข็งแรงของพันธะภายในที่เกิดขึ้นในอาหารแล้วทำให้อาหารทนต่อการเปลี่ยนรูปได้ระยะหนึ่งก่อนที่มันจะขาดแตกออกจากกันเป็นชิ้นย่อยเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ	อัตราส่วนของพื้นที่ใต้กราฟที่เป็นบวกของการกดครั้งแรกกับการกดครั้งที่สอง
การเกาะติดพื้นผิว (Adhesiveness)	งานที่ต้องการใช้ในการดึงอาหารออกมาจากพื้นผิวที่อาหารไปเกาะติดเช่น เพดานปาก	งานที่ต้องการในการถอนหัววัดออกจากอาหารของการกดครั้งที่ 1
ความยืดหยุ่น (Springiness)	ระดับความสามารถในการคืนตัวกลับเหมือนเดิมเมื่อมีการถอนแรงกดออกไปจากตัวอย่างอาหารที่ทำการทดสอบ	ระยะทางที่อาหารคืนตัวสู่ความสูงดงเดิมในระหว่างเวลาที่จบการทดสอบครั้งที่ 1 และเริ่มมีการทดสอบครั้งที่ 2
ความเหนียว (Gumminess)	พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวตัวอย่างอาหารที่เป็นกึ่งของแข็งในอัตราการเคี้ยวที่คงที่ จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้	Hardness × Cohesiveness
การทนต่อการเคี้ยว (Chewiness)	พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวตัวอย่างอาหารที่เป็นของแข็งในอัตราการเคี้ยวที่คงที่ จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้	Gumminess × Springiness

ที่มา : http://www.charpa.co.th/bulletin/food_texture.html

2.4.2 สิ่งที่ควรพิจารณาก่อนการวัดเนื้อสัมผัส

ในการวัดเนื้อสัมผัสใด ๆสิ่งที่ควรพิจารณาก่อนการวัดเนื้อสัมผัส คือ

- ตัวอย่างที่ทดสอบเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอะไร
- อะไรคือคุณสมบัติที่ต้องการทดสอบ
- ต้องการความแม่นยำในการทดสอบเท่าใด
- จำเป็นต้องทำลายตัวอย่างหรือไม่

นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงรูปร่างและลักษณะของผลิตภัณฑ์ ผลกระทบของสิ่งแวดล้อมต่อผลิตภัณฑ์ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น วิธีการวัดและหัววัดที่เหมาะสมกับคุณสมบัติที่ต้องการทดสอบสิ่งที่ต้องพิจารณาเหล่านี้ มีผลต่อประสิทธิภาพการตรวจสอบเนื้อสัมผัสให้ตรงกับวัตถุประสงค์การวัดอย่างยิ่ง

2.5 การวิเคราะห์ถดถอยและสหสัมพันธ์

การวิเคราะห์ถดถอยและสหสัมพันธ์ คือ วิธีการที่ใช้ศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรหนึ่งเมื่อตัวแปรนั้นมีความสัมพันธ์หรือได้รับอิทธิพลจากตัวแปรอื่นๆ

2.5.1 การวิเคราะห์การถดถอย เป็นวิธีการที่เกี่ยวข้องกับการหากฎเกณฑ์หรือสมการพีชคณิตเพื่อใช้เป็นตัวกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ต้องการศึกษา ซึ่งต้องเป็นตัวแปรที่ต่อเนื่องกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยที่ต้องการศึกษา เพื่อจะนำมาใช้ใน การคาดหมายหรือการประมาณค่าเกี่ยวกับตัวแปรที่สนใจเมื่อทราบค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้อง หรือเป็นการหากฎเกณฑ์ที่สามารถใช้ในการพยากรณ์หรือคาดคะเนเกี่ยวกับตัวแปรที่ต้องการศึกษา โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับค่าของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

2.5.2 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ จะเกี่ยวข้องกับวิธีการในการวัดระดับของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆนั่นคือ วัดค่าตัวแปรต่างๆเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด

วัตถุประสงค์ที่สำคัญในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ก็เพื่อมุ่งหวังที่จะวิเคราะห์เกี่ยวกับตัวแปรตัวหนึ่ง เมื่อทราบค่าตัวแปรตัวอื่นที่เกี่ยวข้องให้ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด ซึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาอาจมีเพียงตัวเดียวเท่านั้น เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Regression and Correlation Analysis) แต่ในบางกรณี

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่เราต้องการศึกษาอาจมีตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป จะเรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์เชิงพหุ (Multiple Regression and Correlation Analysis)

2.5.3 วิธีการในการวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์อย่างง่าย

วิธีการในการวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์อย่างง่าย มี 3 วิธี ได้แก่

2.5.3.1 หาสมการที่ใช้กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง ซึ่งเรียกว่า เส้นของความสัมพันธ์โดยเฉลี่ย (The Line of Average Relationship) หรือเรียกสั้นๆว่า เส้นถดถอย (Regression Line) ซึ่งอาจเปลี่ยนเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งก็ได้ เส้นถดถอยที่ใช้กันในทางธุรกิจและทางเศรษฐกิจก็เพื่อประโยชน์ 2 ประการ คือ เพื่อการควบคุมและพยากรณ์ ดังนั้น บางครั้งจึงเรียกเส้นของความสัมพันธ์โดยเฉลี่ยหรือถดถอยนี้ว่า เส้นแห่งการประมาณค่า (Estimating Line) เนื่องจากเส้นดังกล่าวสามารถประมาณค่าของตัวแปรที่ต้องการศึกษาได้ถ้าทราบค่าของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

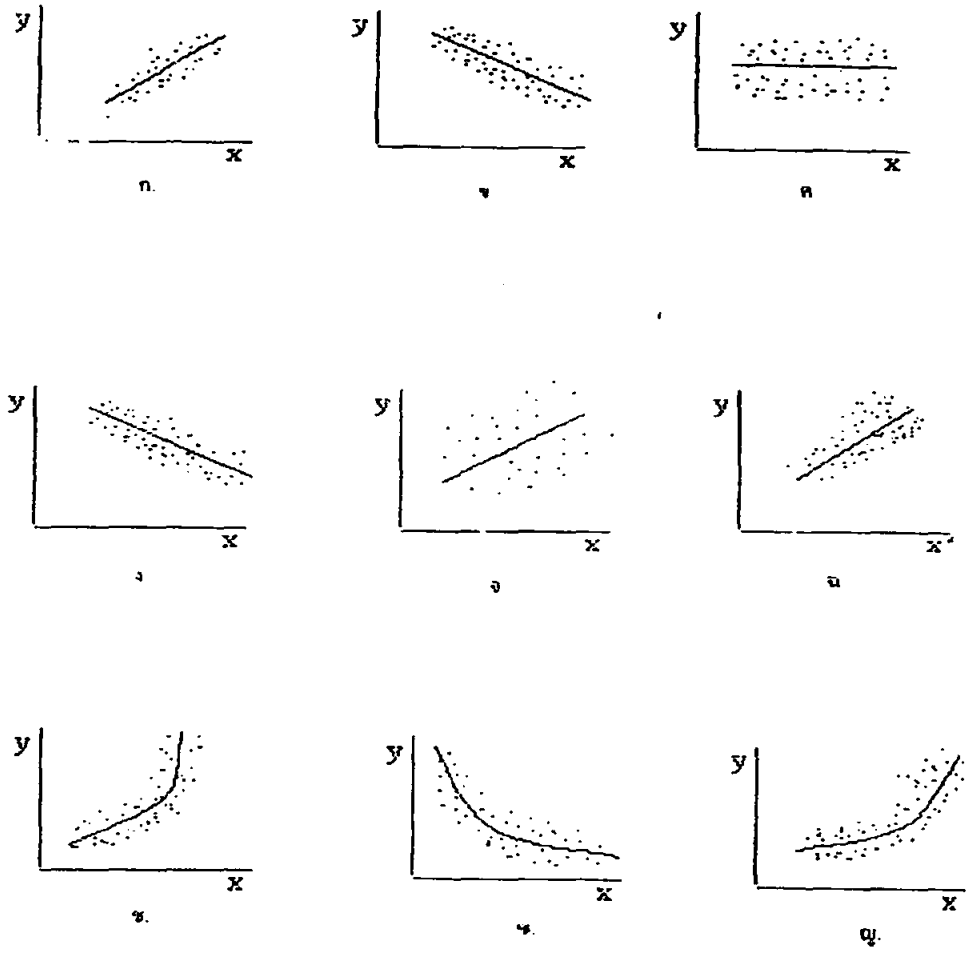
2.5.3.2 ความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (The Standard Error of Estimate) ใช้สัญลักษณ์ $S_{y.x}$ ซึ่งเป็นตัวที่ใช้วัดการระจายของค่าจริงแต่ละค่าจากเส้นประมาณขึ้นมา เพราะเป็นการยากที่จะประมาณค่าออกมาด้วยความถูกต้องถึง 100 เปอร์เซ็นต์ได้ เพียงแต่อาจประมาณค่าด้วยความใกล้เคียงมากที่สุดเท่านั้น $S_{y.x}$ เหมือนกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นตัววัดการกระจายโดยเฉลี่ยของค่าแต่ละค่า รอบค่าในกรณีที่ตัวแปรที่เราต้องการศึกษาเป็นอิสระไม่ขึ้นกับตัวแปรอื่น แต่ $S_{y.x}$ ใช้วัดการกระจายโดยเฉลี่ยของค่าแต่ละค่ารอบเส้นถดถอย โดยที่ค่าแต่ละค่าแตกต่างกันไปจากเส้นที่ประมาณขึ้นมามาก $S_{y.x}$ จะมีค่ามากด้วย แต่ถ้าจุดทุกจุดอยู่บนเส้นที่ประมาณขึ้นมา $S_{y.x}$ จะมีค่าเป็นศูนย์

2.5.3.3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (The Coefficient of Correlation) เป็นตัวที่ใช้วัดระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวว่าตัวแปร 2 ตัวนั้นมีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด และเป็นไปในแนวใด

2.5.3.4 สมการเส้นถดถอย

ในการหาสมการที่ใช้กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ต้องศึกษา (Y) กับตัวแปรที่เกี่ยวข้อง (X) ขั้นแรกต้องทราบว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหล่านั้นเป็นไปในแบบเส้นตรง (Linear Relationship) หรือเป็นไปในแบบเส้นโค้ง (Curvilinear Relationship) ซึ่งอาจทราบได้โดยการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาลงจุดดูการกระจาย

แผนภาพการกระจายเป็นรูปภาพแสดงการกระจัดกระจายของข้อมูลที่รวบรวมมา โดยแต่ละจุดแทนค่าตัวแปรอิสระและ ตัวแปรตามแต่ละคู่ที่รวบรวมได้ ดังได้ทราบมาแล้วว่าประโยชน์ของแผนภาพการกระจายของกลุ่มข้อมูลคือทำให้ทราบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามสำหรับแต่ละค่าของตัวแปรอิสระที่กำหนดมีค่าเท่ากันหรือไม่ แม้ว่าวิธีการทางสถิติที่จะนำมาใช้ในการทดสอบรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนดังกล่าว แต่การที่จะทราบว่าข้อมูลที่มีอยู่สอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับคุณสมบัติ 2 ประการดังกล่าว อาจสังเกตได้ง่ายจากแผนภาพการกระจาย



รูปที่ 2.3 แผนภาพการกระจายแสดงลักษณะของความสัมพันธ์แบบต่างๆ ระหว่างตัวแปร

ภาพ ก. เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ทางตรงแบบเส้นตรง ภาพ ข. เป็นรูปแบบของความสัมพันธ์ผกผันแบบเส้นตรง ภาพ ค. ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ภาพ ง. รูปแบบความสัมพันธ์ทางตรงแบบเส้นตรงที่มีความสัมพันธ์กันน้อยกว่าภาพ ก. ภาพ จ. รูปแบบความสัมพันธ์ทางตรงแบบเส้นตรงซึ่งความแปรปรวนของค่าจากเส้นของความสัมพันธ์ มีค่าเท่ากัน ภาพ ฉ. รูปแบบความสัมพันธ์ทางตรงแบบเส้นตรงซึ่งความแปรปรวนของค่าจากเส้นของความสัมพันธ์มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อ x มีค่าเพิ่มขึ้น ภาพ ช. เป็นความสัมพันธ์แบบผกผันในแบบเส้นโค้ง ภาพ ฌ. รูปแบบความสัมพันธ์ทางตรงแบบเส้นโค้ง ซึ่งความแปรปรวนของค่าจากเส้นของความสัมพันธ์มีค่าเท่ากัน

เมื่อทราบจากแผนภาพการกระจายว่าแนวโน้มของความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรง ก็ปรับสมการเส้นตรงให้กับความสัมพันธ์ดังกล่าว หรือถ้าแนวโน้มของความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้งควรหาสมการเส้นโค้งให้กับความสัมพันธ์นั้น ซึ่งวิธีการที่จะใช้ในการหาสมการให้กับความสัมพันธ์มีหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้กันมากคือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (The least squares method)

- **การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis)**

ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์

1. ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันในแบบเส้นตรง
2. ทั้งตัวแปรอิสระและตัวแปรตามต้องเป็นตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่อง หมายความว่าค่าของตัวแปรทั้งคู่ได้มาจากขบวนการสุ่มตัวอย่าง ไม่สามารถกำหนดหรือควบคุมค่าต่างๆในการทดลองได้
3. สำหรับตัวแปรแต่ละตัว ความแปรปรวนของตัวแปรหนึ่งเมื่อกำหนดค่าของของตัวแปรอื่นๆจะเท่ากัน นั่นคือต้องมีคุณสมบัติ Homoscedasticity แต่ละตัวแปร
4. ค่าแต่ละค่าของตัวแปร X และแต่ละค่าของตัวแปร Y ไม่ขึ้นต่อกัน
5. ตัวแปรแต่ละตัวมีการแจกแจงปกติ

- **สัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (The Coefficient of Determination)**

สัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) เป็นดัชนีที่ใช้บอกความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X ซึ่งทำให้สามารถตัดสินใจได้ว่าควรนำ X มาพิจารณาในการวิเคราะห์เกี่ยวกับ Y หรือไม่ หรือเป็นตัวบอกถึงเปอร์เซ็นต์ของความสัมพันธ์ระหว่าง X และ Y

เนื่องจาก $0 \leq R^2 \leq 1$

ถ้า R^2 เข้าใกล้ 0 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่าง X กับ Y ในแบบเส้นตรง (Linear Correlation) มีน้อยมาก

ถ้า R^2 เข้าใกล้ 1 แสดงว่า X มีอิทธิพลหรือมีความสัมพันธ์กับ Y มากและเป็นไปในแบบเส้นตรง

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (The Coefficient of Correlation)

เนื่องจากสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) ง่ายในการตีความถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร แต่ไม่เหมาะในการนำมาทดสอบทางสถิติ ดังนั้นจึงนิยมใช้รากที่สองของสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ ซึ่งเรียกว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็นตัวบอกระดับความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่างตัวแปร X กับ Y ดังนั้นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างคือ $R = \pm\sqrt{R^2}$

เนื่องจาก $0 \leq R^2 \leq 1$ ดังนั้นค่าของ r จะอยู่ในช่วง $-1 \leq R \leq 1$ ซึ่งเครื่องหมายของ R จะเหมือนกับเครื่องหมายของสัมประสิทธิ์เส้นถดถอย

ถ้า R = -1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างเต็มที่ระหว่าง X กับ Y ในแบบเส้นตรง แต่เป็นความสัมพันธ์แบบผกผัน นั่นคือ ถ้า X เพิ่มขึ้น Y จะมีค่าลดลง หรือถ้า X มีค่าลดลง Y จะมีค่าเพิ่มขึ้น

ถ้า R = 1 แสดงว่า X กับ Y มีความสัมพันธ์กันอย่างเต็มที่ในแบบเส้นตรง

บทที่ 3
วิธีการทดลอง

การทดลองจะแบ่งเป็นสองลักษณะ คือ

1.ใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer เพื่อตรวจวัดคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูยอและไก่ยอ

2.ใช้วิธีการพับ Folding Test เพื่อตรวจสอบความเหนียวหรือแข็งด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส

3.1 วัตถุดิบ

1.หมูยอ 10 ตัวอย่าง ที่มีขายในท้องตลาด

2.ไก่ยอ 7 ตัวอย่าง ที่มีขายในท้องตลาด

3.2 อุปกรณ์

1. เครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัส Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i

2. มีดและเขียงสำหรับหั่นผลิตภัณฑ์ยอให้เป็นแผ่นบางเพื่อนำไปทดสอบโดยวิธีการพับ

3.3 วิธีการทดลอง

1. วัดคุณสมบัติทางกายภาพโดยการกดด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i

1.1 ทำการทดสอบเทียบเครื่องมือวัดก่อนและตั้งค่าต่างๆในโปรแกรมให้เรียบร้อย

1.2 นำตัวอย่างที่เตรียมไว้วางบนแท่นวัด

1.3 กดตัวอย่างที่สูง 10 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร กดลงไปเพียง 30% deformation โดยใช้หัวกดขนาด 75 มิลลิเมตร ความเร็วของหัวกดเคลื่อนที่ลงมาก่อนสัมผัสตัวอย่าง (pre-test speed) 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหัวกดขณะเคลื่อนที่ลงในตัวอย่าง (test speed) 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วของหัวกดขณะเคลื่อนที่ขึ้นที่จากตัวอย่าง (post test speed) 10 มิลลิเมตรต่อวินาที

1.4 ทำการวัดตัวอย่าง 3 ครั้งต่อตัวอย่าง

1.5 ใช้วิธีวิเคราะห์เนื้อสัมผัส แบบ TPA Test

2. วัดคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โดยการพับ(Folding Test)

2.1 นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ยอที่ซื้อมาจากท้องตลาดมาตัดตามขวางให้มีความหนา 1.5 มิลลิเมตร

2.2 ทำการทดสอบโดยใช้แผ่นตัวอย่าง 3 แผ่น ทดลองซ้ำ 3 ครั้งนำมาพับเป็น 2 ส่วน ถ้าไม่มีรอยแตกให้พับต่อไปเป็น 4 ส่วน

2.3 ให้คะแนนโดยวิธีการพับดังแสดงในรูปที่ ก (ภาคผนวก ก)

3. หาความสัมพันธ์จากข้อมูลที่ได้จากวิธีการทดลองข้อ1 และ 2

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบแบบพับ

- **ผลการทดสอบแบบพับของหมูยอ**

ตารางที่ 4.1 แสดงตัวอย่างของหมูยอจำนวน 10 ชนิด พร้อมราคาและคะแนนการพับโดยการให้คะแนนจากคะแนน 1-5 ตามนิยามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

เมื่อนำคะแนนการพับของทั้ง 10 ชนิด มาเขียนในรูปกราฟจะแสดงได้ดังในรูปที่ 4.1

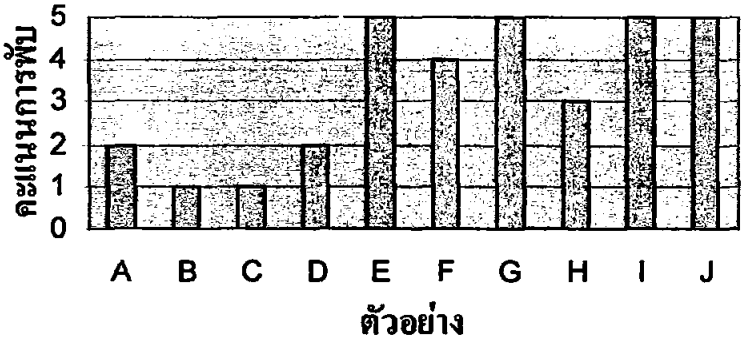
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบแบบพับของหมูยอ

ตัวอย่าง	ยี่ห้อ	ราคา/100กรัม	คะแนนการพับ
A	ไม่มียี่ห้อ	3	2
B	ขอนแก่น	7	1
C	เวียงเหนือ	7	1
D	จีรศักดิ์	9	2
E	มังกรคู่	10	5
F	สุพัตรา	12	4
G	ปิ่งหงี่เชียง	12	5
H	หมูดี	13	3
I	ป้าย่น	20	5
J	ส.ขอนแก่น	20.9	5

96777

ตารางที่ 4.2 ความหมายของระดับคะแนนการพับ

ระดับคะแนนการพับ	ความหมายของระดับคะแนน
5	ไม่มีรอยแตกเมื่อพับเป็น 4 ส่วน
4	มีรอยแตกเล็กน้อยเมื่อพับเป็น 4 ส่วน
3	มีรอยฉีกขาดเมื่อพับเป็น 4 ส่วน
2	มีรอยแตกแต่ไม่แยกออกจากกันเมื่อพับเป็น 2 ส่วน
1	มีรอยแตกและแยกออกจากกันเมื่อพับเป็น 2 ส่วน



รูปที่ 4.1 ผลคะแนนการพับของหมูยอ

จากรูปที่ 4.1 หมูยอยี่ห้อ A เป็นหมูยอที่มีราคาต่ำสุดจะมีคะแนนการพับเท่ากับ 2 คะแนน ส่วนหมูยอยี่ห้อ B-E เป็นกลุ่มหมูยอที่มีราคาต่ำถึงปานกลางจะมีคะแนนการพับในช่วง 1-5 คะแนน ส่วนหมูยอยี่ห้อ F-H เป็นกลุ่มหมูยอที่มีราคาปานกลางจะมีคะแนนการพับอยู่ในช่วง 3-5 คะแนน ส่วนหมูยอยี่ห้อ I-J เป็นกลุ่มหมูยอที่มีราคาสูงจะมีคะแนนการพับอยู่ในช่วง 5 คะแนน

สำหรับหมูยอยี่ห้อ B-E ซึ่งเป็นกลุ่มหมูยอที่มีราคาต่ำถึงปานกลางมีคะแนนการพับในช่วง 1-5 คะแนน คาดว่าเนื่องจากอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบของแต่ละโรงงานแตกต่างกัน

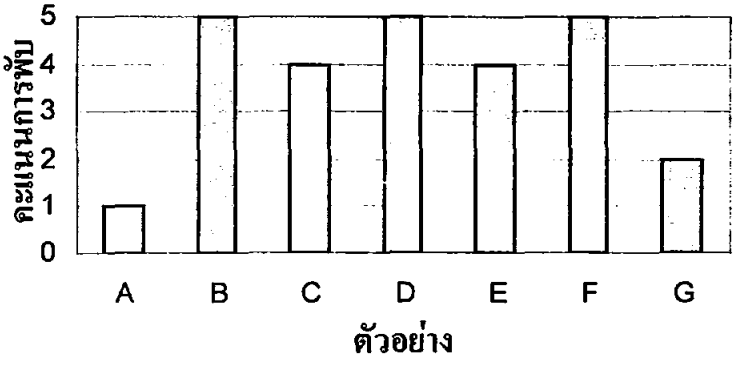
- **ผลการทดสอบแบบพับของไก่ยอ**

ตารางที่ 4..3 แสดงตัวอย่างของไก่ยอจำนวน 7 ชนิด พร้อมราคาและคะแนนการพับโดยให้คะแนนจากคะแนน 1-5 ตามนิยามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

เมื่อนำคะแนนการพับของทั้ง 7 ชนิด มาเขียนในรูปกราฟจะแสดงได้ดังในรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบแบบพับของไก่ยอ

ตัวอย่าง	ยี่ห้อ	ราคา/100กรัม	คะแนนการพับ
A	AFM	3.6	1
B	ไม่มียี่ห้อ	3.7	5
C	K&P	4.1	4
D	โกลเด้นแบรนด์	4.5	5
E	จีเอฟ	4.5	4
F	สหฟาร์ม	5	5
G	เอนกฟาร์ม	10	2



รูปที่ 4.2 ผลคะแนนการพับของไก่ยอ

จากรูปที่ 4.2 ไก่ยอยี่ห้อ A-F เป็นกลุ่มของไก่ยอที่มีราคาต่ำถึงปานกลางจะมีคะแนนการพับในช่วง 1-5 คะแนน ส่วนไก่ยอยี่ห้อ G จะมีคะแนนการพับอยู่ในช่วง 2 คะแนน

สำหรับไก่ยอยี่ห้อ G ที่มีคะแนนการพับอยู่ในช่วง 2 คะแนน คาดว่า ราคาอาจจะไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนการพับเสมอไป

4.2 ผลการทดสอบด้านเนื้อสัมผัสโดยการวัดด้วยเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของหมูยอ

จากการทดสอบการวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องมือวัดในผลิตภัณฑ์หมูยอด้วยวิธี TPA ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

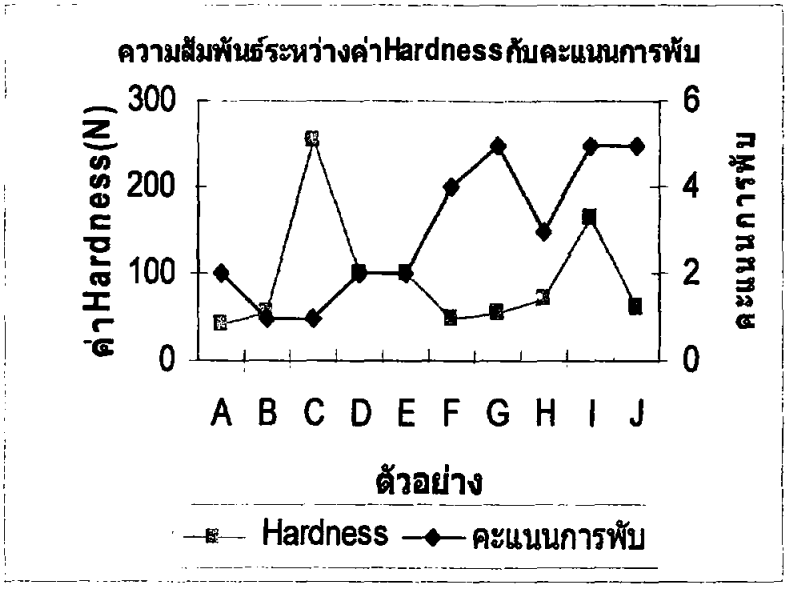
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์หมูยอด้วยวิธี TPA

ตัวอย่าง	ยี่ห้อ	Hardness(N)	Fracturability(N)	Adhesiveness(N.s)	Springiness	Gumminess(N)	Cohesiveness	Chewiness
A	ไม่มียี่ห้อ	41.1145	0.071	-1.623	0.8245	26.4205	0.6445	22.4185
B	ขอนแก่น	53.287	0.0875	-0.151	0.732	33.572	0.6345	26.1585
C	เวียงเหนือ	255.5115	0.1665	-0.0645	0.9385	152.164	0.597	142.4465
D	จีรศักดิ์	101.3565	0.213	-0.8985	1.246	61.218	0.604	75.8045
E	มังกรคู่	85.2635	0.1865	-0.638	0.937	50.812	0.596	47.484
F	สุพัตรา	47.332	0.187	-0.4875	1.149	29.215	0.6175	33.363
G	ปิ่งหงี่เซียง	56.076	0.1825	-0.8475	0.942	34.5205	0.616	32.5175
H	หมูดี	70.0145	0.193	-1.5745	0.9325	41.989	0.6	39.1375
I	ป้าย่น	163.5285	0.1955	-1.069	0.9665	99.868	0.611	96.516
j	ส. ขอนแก่น	62.7545	0.186	-0.6455	0.941	38.055	0.6065	35.8245

20417

- <u>ความแข็งกับคะแนนการพับ</u>

เมื่อนำค่า Hardness มาพล็อตกราฟกับคะแนนการพับของหมูยอจะได้ดังรูปที่ 4.3



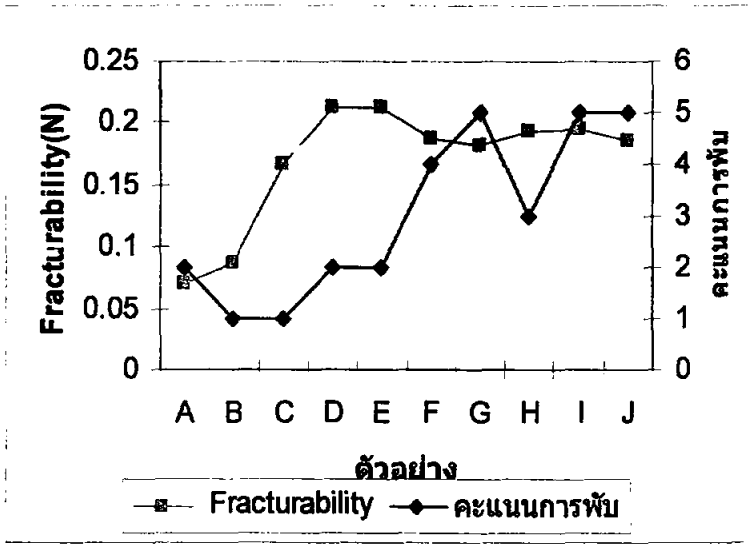
รูปที่ 4.3 ความแข็ง (Hardness) และ คะแนนการพับ (Folding test) ของหมูยอ

จากรูปที่ 4.3 พบว่าค่าความแข็งและคะแนนการพับของหมูยอมีลักษณะเป็นแบบผกผันกัน กล่าวคือ เมื่อค่าความแข็งเพิ่มขึ้น คะแนนการพับส่วนใหญ่จะมีค่าลดลง แต่เมื่อมีค่าความแข็งลดลง คะแนนการพับจะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าค่าความแข็งของหมูยอมีค่ามากจะบอกว่าได้ว่าคะแนนการพับจะอยู่ในช่วงที่ต่ำ ทั้งนี้ช่วงคะแนนต่ำ ๆ หมายถึงเมื่อพับเป็นสองส่วนผลิตภัณฑ์จะสังเกตเห็นรอยแยก นั่นคือ หมูยอมีความแข็งสูงจะพบในตัวอย่างเช่น ตัวอย่าง C

ถ้าความแข็งต่ำคะแนนการพับจะสูง เช่น ในตัวอย่างทุกตัวอย่างยกเว้น B, D, E

- <u>ความแตกเปราะกับคะแนนการพับ</u>

รูปที่ 4.4 แสดงผลการศึกษาค่าความแตกเปราะ (Fracturability) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของหมูยอ



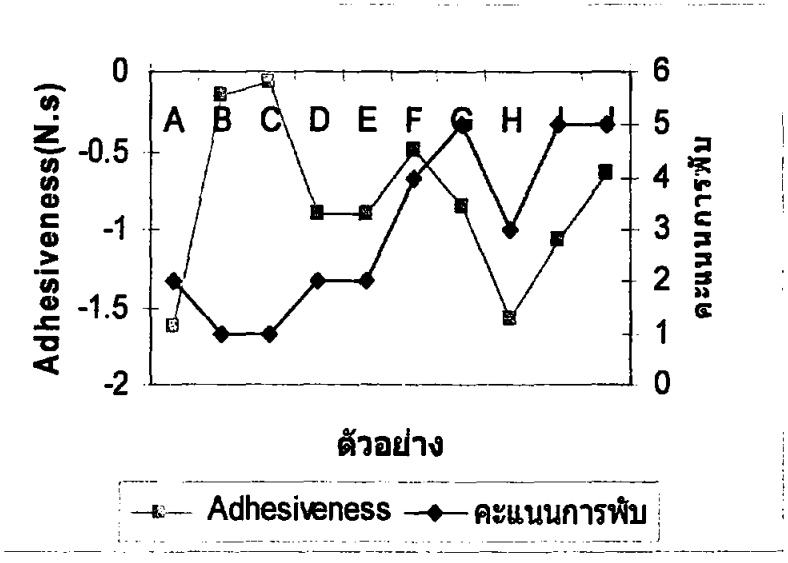
รูปที่ 4.4 ค่าความแตกเปราะ(Fracturability) และ การทดสอบแบบพับ(Folding test) ของหมูยอ

จากรูปที่ 4.4 พบว่าค่าความแตกเปราะและคะแนนการพับของหมูยอมีลักษณะเป็นแบบตามกัน กล่าวคือ เมื่อค่าความแตกเปราะเพิ่มขึ้น คะแนนการพับจะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังที่พบตัวอย่าง A-E แต่ค่าคะแนนการพับจะอยู่ในช่วงต่ำ (1-3 คะแนน)

เมื่อค่าความแตกเปราะของผลิตภัณฑ์ F-J พบว่ามีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันแต่ค่าคะแนนการพับของทุกตัวอย่างจะมีค่าค่อนข้างสูง (4-5 คะแนน) ยกเว้นตัวอย่าง H ที่มีค่าคะแนนการพับที่ระดับ 3 คะแนน

- <u>ค่าการเกาะติดพื้นผิวกับคะแนนการพับ</u>

รูปที่ 4.5 แสดงผลการศึกษาค่าการเกาะติดพื้นผิว (Adhesiveness) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของหมูยอ

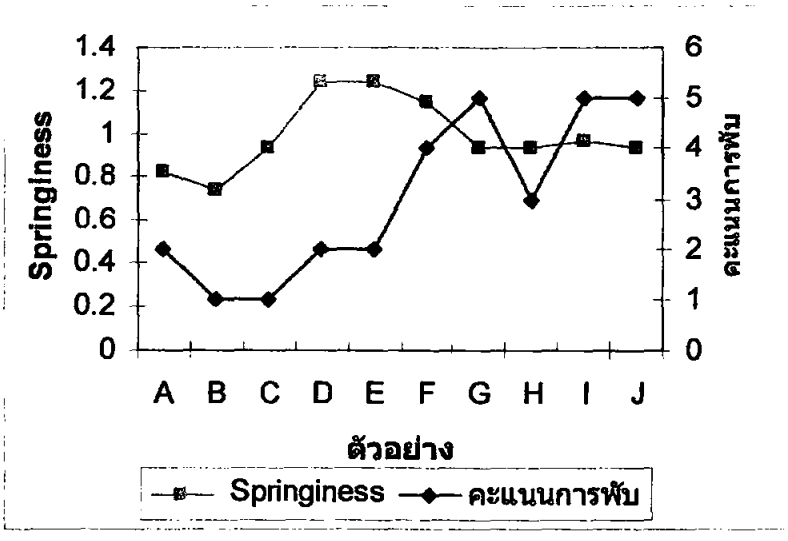


รูปที่ 4.5 ค่าการเกาะติดพื้นผิว (Adhesiveness) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของหมูยอ

จากรูปที่ 4.5 พบว่าค่าการเกาะติดพื้นผิว(Adhesiveness)และคะแนนการพับของหมูยอมีลักษณะเป็นแบบผกผันกัน กล่าวคือ เมื่อค่าการเกาะติดพื้นผิวเพิ่มขึ้น คะแนนการพับจะมีค่าลดลง แต่เมื่อค่าการเกาะติดพื้นผิวลดลง คะแนนการพับจะมีค่าเพิ่มขึ้น

- <u>ค่าความยืดหยุ่นกับคะแนนการพับ</u>

รูปที่ 4.6 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยืดหยุ่น(Springiness) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของหมูยอ

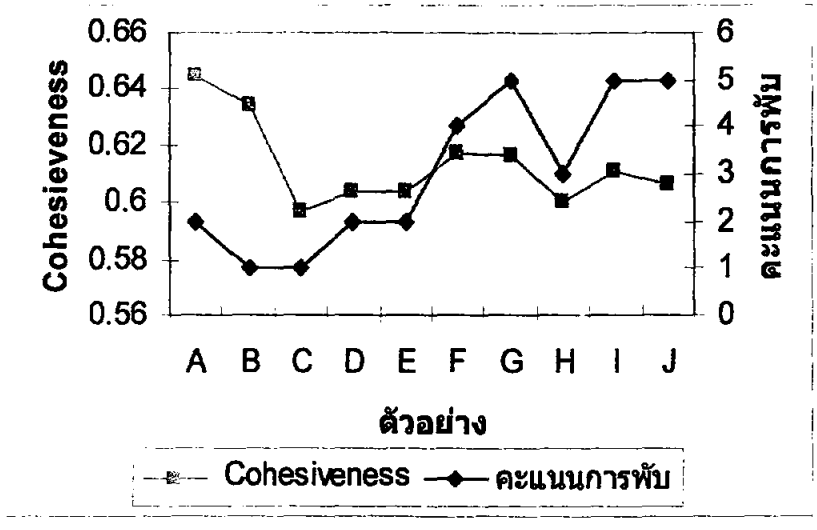


รูปที่ 4.6 ค่าความยืดหยุ่น(Springiness) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของหมูยอ

จากรูปที่ 4.6 พบว่าค่าความยืดหยุ่นและคะแนนการพับของหมูยอมีลักษณะเป็นแบบตามกัน กล่าวคือ เมื่อค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น คะแนนการพับจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อค่าความยืดหยุ่นลดลง คะแนนการพับจะมีค่าลดลง

- <u>ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกับคะแนนการพับ</u>

รูปที่ 4.7 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesieveness) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของหมูยอ

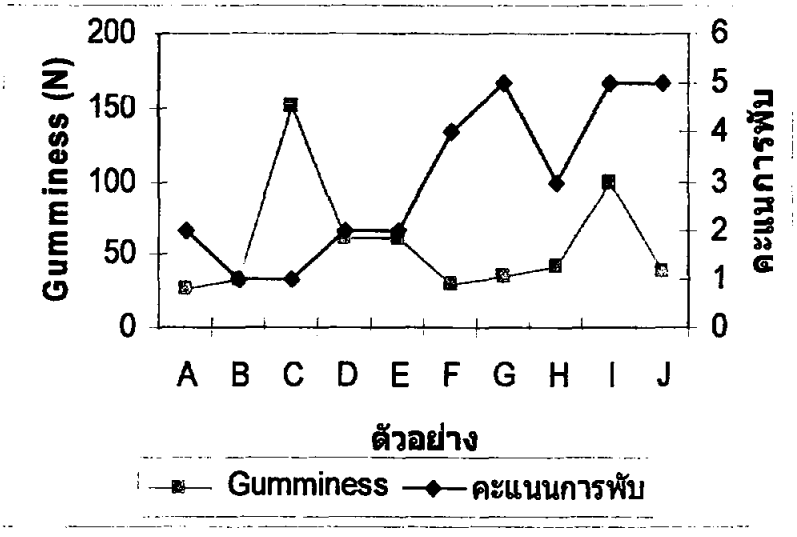


รูปที่ 4.7 ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesieveness) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของหมูยอ

จากรูปที่ 4.7 พบว่าค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวและคะแนนการพับของหมูยอมีลักษณะเป็นแบบผกผันกัน กล่าวคือ เมื่อค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว เพิ่มขึ้น คะแนนการพับจะมีค่าลดลง แต่เมื่อค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวลดลง คะแนนการพับจะมีค่าเพิ่มขึ้น

- **<u>ค่าความเหนียวกับคะแนนการพับ</u>**

รูปที่ 4.8 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนียว (Gumminess) และการทดสอบแบบพับ(Folding test) ของหมูยอ

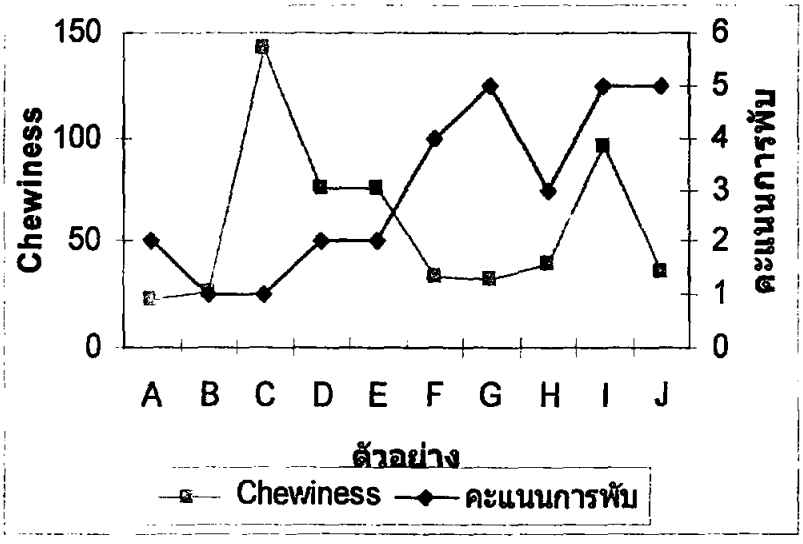


รูปที่ 4.8 ค่าความเหนียว (Gumminess) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของหมูยอ

จากรูปที่ 4.8 พบว่าค่าความเหนียวและคะแนนการพับของหมูยอมีลักษณะเป็นแบบผกผันกัน กล่าวคือ เมื่อค่าความเหนียวเพิ่มขึ้น คะแนนการพับจะมีค่าลดลง แต่เมื่อค่าความเหนียวลดลง คะแนนการพับจะมีค่าเพิ่มขึ้น ยกเว้นตัวอย่าง B,D,E

- <u>ค่าการทนต่อการเคี้ยวกับคะแนนการพับ</u>

รูปที่ 4.9 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของหมูยอ



รูปที่ 4.9 ค่าการทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของหมูยอ

จากรูปที่ 4.9 พบว่าค่าการทนต่อการเคี้ยวและคะแนนการพับของหมูยอมีลักษณะเป็นแบบผกผันกัน กล่าวคือ เมื่อค่าการทนต่อการเคี้ยวเพิ่มขึ้น คะแนนการพับจะมีค่าลดลง แต่เมื่อค่าการทนต่อการเคี้ยวลดลง คะแนนการพับจะมีค่าเพิ่มขึ้น ยกเว้นตัวอย่าง B

4.3 ผลการทดสอบเนื้อสัมผัส โดยการวัดด้วยเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่ยอ

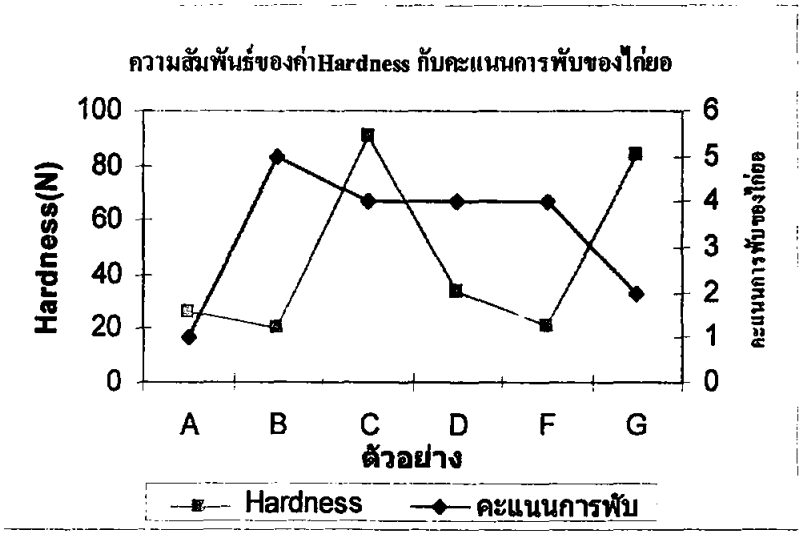
จากการทดสอบการวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องมือวัดในผลิตภัณฑ์ไก่ยอด้วยวิธี TPA ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์ไก่ยอด้วยวิธี TPA

ตัวอย่าง	ยี่ห้อ	Hardness(N)	Fracturability(N)	Adhesiveness(N.s)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess(N)	Chewiness
A	AFM	26.6063	0.09533	0.011667	1.095	0.6083	16.222	17.621
B	ไม่มียี่ห้อ	20.542	0.1053	-0.0513	0.903	0.62067	12.75	11.518
C	K&P	18.7595	0.0946	-0.6175	0.9073	0.585	11.9775	11.073
D	จีเอฟ	23.7365	0.0866	-0.0133	1.2467	0.617	14.4405	18.548
E	สหฟาร์ม	53.3895	0.101	-0.028	0.97467	0.60567	35.917	34.997
F	โกลเด้นซอสเซส	14.0555	0.10266	-0.0017	0.9925	0.6035	10.2903	10.1866
G	เอนกฟาร์ม	83.7656	0.095	-0.114333	0.9893	0.6106	51.105	50.553

- <u>ความแข็งกับคะแนนการพับ</u>

รูปที่ 4.10 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็ง (Hardness) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ

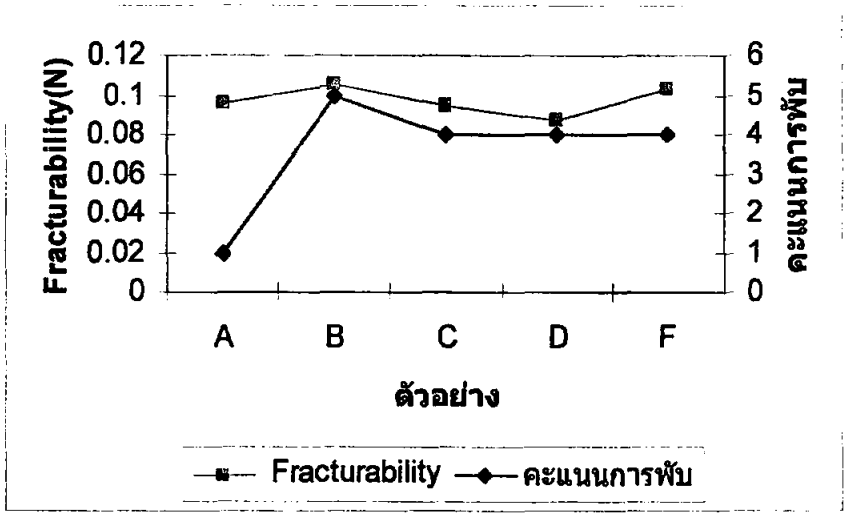


รูปที่ 4.10 ค่าความแข็ง (Hardness) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ

จากรูปที่ 4.10 พบว่าค่าความแข็งและคะแนนการพับของไก่ยอมีลักษณะเป็นแบบผกผันกัน กล่าวคือ เมื่อค่าความแข็งเพิ่มขึ้น คะแนนการพับจะมีค่าลดลง แต่เมื่อมีค่าความแข็งลดลง คะแนนการพับจะมีค่าเพิ่มขึ้น

- <u>ค่าความแตกเปราะกับคะแนนการพับ</u>

รูปที่ 4.11 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกเปราะ (Fracturability) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ

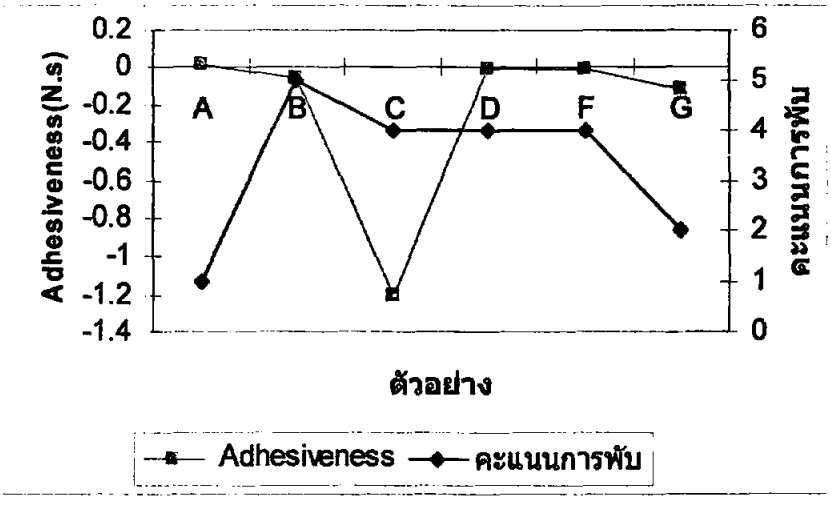


รูปที่ 4.11 ค่าความแตกเปราะ (Fracturability) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ

จากรูปที่4.11 พบว่าค่าความแตกเปราะและคะแนนการพับของไก่ยอมีลักษณะเป็นแบบตามกัน กล่าวคือ เมื่อค่าความแตกเปราะเพิ่มขึ้น คะแนนการพับจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อมีค่าความแตกเปราะลดลง คะแนนการพับจะมีค่าลดลง

- <u>ค่าการเกาะติดพื้นผิวกับคะแนนการพับ</u>

รูปที่ 4.12 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเกาะติดพื้นผิว (Adhesiveness) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ

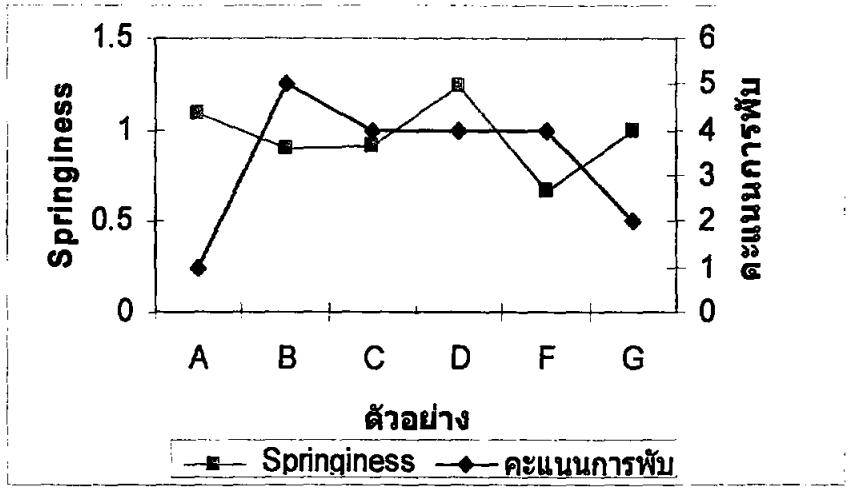


รูปที่ 4.12 ค่าการเกาะติดพื้นผิว(Adhesiveness) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ

จากรูปที่ 4.12 พบว่าค่าการเกาะติดพื้นผิว (Adhesiveness) และคะแนนการพับของไก่ยอมีลักษณะเป็นแบบผกผันกัน กล่าวคือ เมื่อค่าการเกาะติดพื้นผิวเพิ่มขึ้น คะแนนการพับจะมีค่าลดลง แต่เมื่อค่าการเกาะติดพื้นผิวลดลง คะแนนการพับจะมีค่าเพิ่มขึ้น

- <u>ค่าความยืดหยุ่นกับคะแนนการพับ</u>

รูปที่ 4.13 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยืดหยุ่น (Springiness) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ

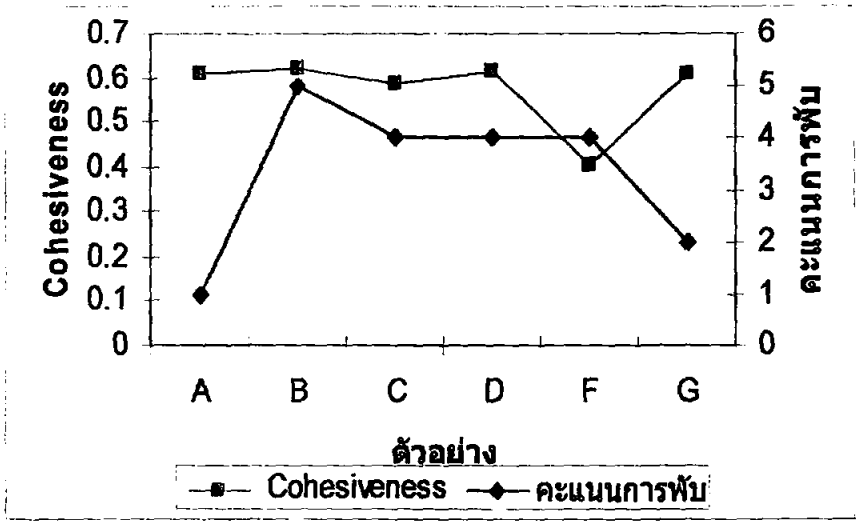


รูปที่ 4.13 ค่าความเยืดหยุ่น(Springiness) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ

จากรูปที่ 4.13 พบว่าค่าความยืดหยุ่นและคะแนนการพับของไก่ยอมีลักษณะเป็นแบบผกผันกัน กล่าวคือ เมื่อค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น คะแนนการพับจะมีค่าลดลง แต่เมื่อค่าความยืดหยุ่นลดลง คะแนนการพับจะมีค่าเพิ่มขึ้น

- **ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกับคะแนนการพับ**

รูปที่ 4.14 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesieveness) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ

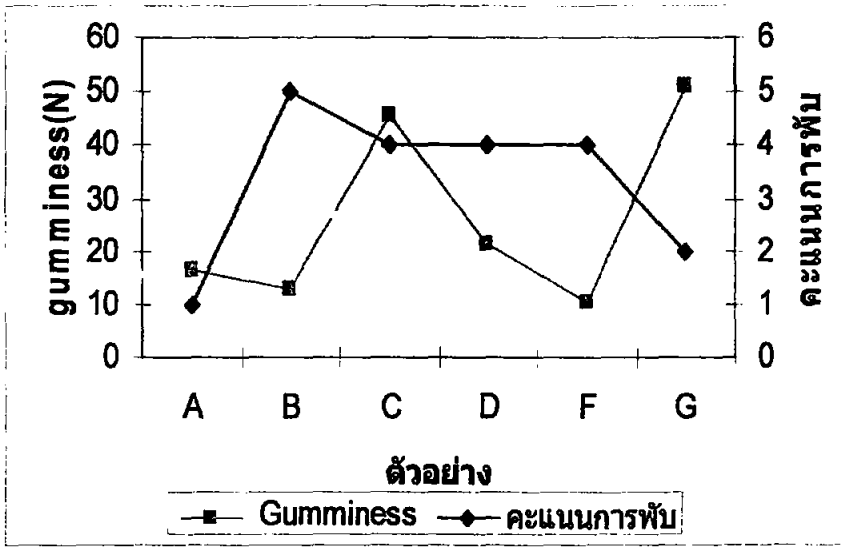


รูปที่ 4.14 ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว(Cohesieveness) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ

จากรูปที่4.14 พบว่าค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวและคะแนนการพับของไก่ยอมีลักษณะเป็นแบบผกผันกัน กล่าวคือ เมื่อค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว เพิ่มขึ้น คะแนนการพับจะมีค่าลดลง แต่เมื่อค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวลดลง คะแนนการพับจะมีค่าเพิ่มขึ้น ยกเว้นตัวอย่าง B

- <u>ค่าความเหนียวกับคะแนนการพับ</u>

รูปที่ 4.15 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนียว (Gumminess) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ

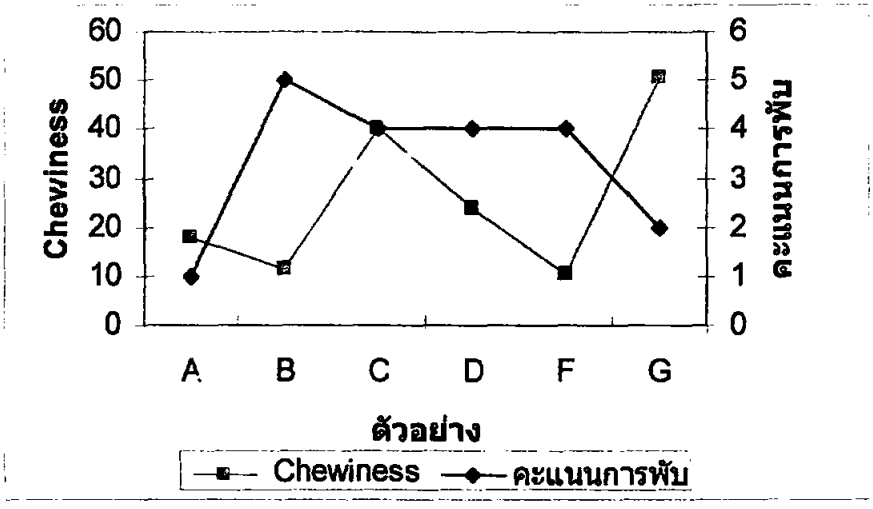


รูปที่ 4.15 ค่าความเหนียว (Gumminess) และ การทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ

จากรูปที่ 4.15 พบว่าค่าความเหนียวและคะแนนการพับของไก่ยอมีลักษณะเป็นแบบผกผันกัน กล่าวคือ เมื่อค่าความเหนียวเพิ่มขึ้น คะแนนการพับจะมีค่าลดลง แต่เมื่อค่าความเหนียวลดลง คะแนนการพับจะมีค่าเพิ่มขึ้น

- **ค่าการทนต่อการเคี้ยวกับคะแนนการพับ**

รูปที่ 4.16 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ

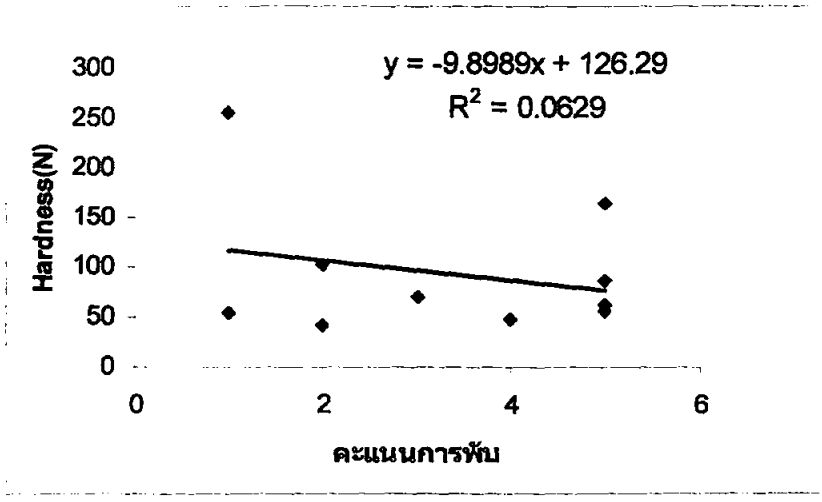


รูปที่ 4.16 ค่าการทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) และการทดสอบแบบพับ (Folding test) ของไก่ยอ

จากรูปที่ 4.16 พบว่าค่าการทนต่อการเคี้ยวและคะแนนการพับของไก่ยอมีลักษณะเป็นแบบผกผันกัน กล่าวคือ เมื่อค่าการทนต่อการเคี้ยวเพิ่มขึ้น คะแนนการพับจะมีค่าลดลง แต่เมื่อค่าการทนต่อการเคี้ยวลดลง คะแนนการพับจะมีค่าเพิ่มขึ้น ยกเว้นตัวอย่าง C

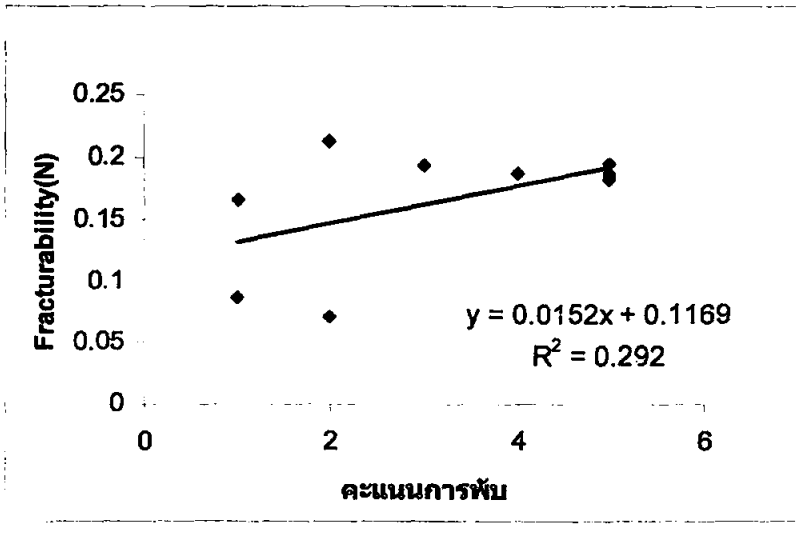
4.4 การศึกษาความสัมพันธ์ด้านเนื้อสัมผัสกับคะแนนการพับของหมูยอ

จากการศึกษาความสัมพันธ์ด้านเนื้อสัมผัสโดยการวัดด้วยเครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสกับการทดสอบแบบพับของหมูยอ ได้ความสัมพันธ์ดังนี้



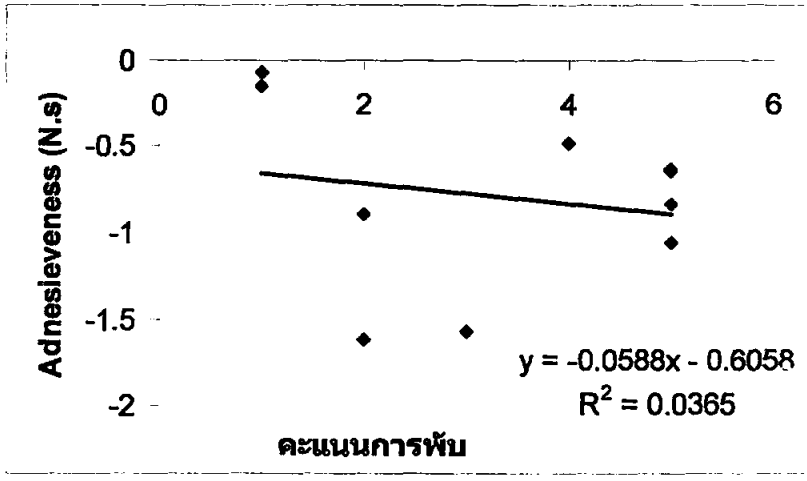
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ของค่า Hardness กับคะแนนการพับของหมูยอ

จากรูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ของค่า Hardness กับคะแนนการพับของหมูยอ พบว่าสมการถดถอยมีค่าความสัมพันธ์เป็นเชิงลบและค่า R^2 มีค่าประมาณ 0.0629 นั่นคือ ความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองของหมูยอไม่ได้เป็นไปในแนวของสมการถดถอย(ดูจากค่า R^2 มีค่าต่ำ) แต่ก็สามารถสรุปได้ว่าที่ช่วงคะแนนการพับประมาณ 2 คะแนน มีค่าความแข็งประมาณ 101.3565 N. ที่คะแนนการพับประมาณ 3 คะแนน จะมีค่าความแข็งประมาณ 70.0145 N. และที่คะแนนการพับที่ 4 คะแนน จะมีค่าความแข็งประมาณ 47.332 N.



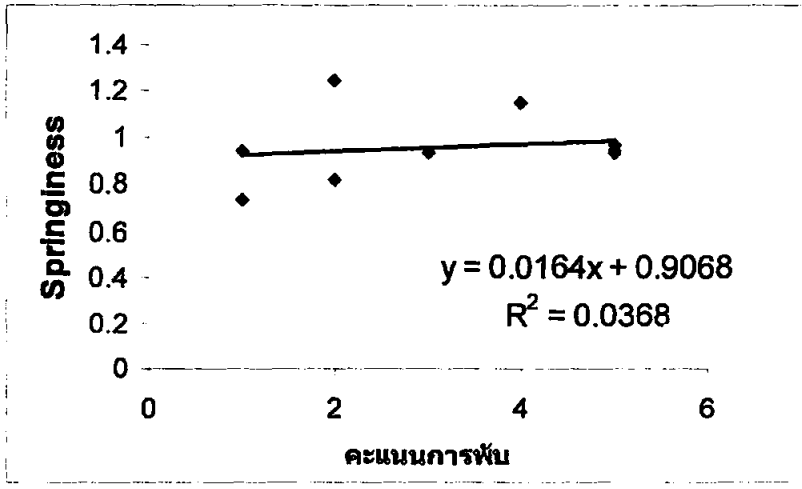
รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ของค่า Fracturability กับคะแนนการพับของหมูยอ

จากรูปที่ 4.1.8 ความสัมพันธ์ของค่า Fracturability กับคะแนนการพับของหมูยอ พบว่า ความสัมพันธ์ของค่า Fracturability กับคะแนนการพับของหมูยอสมการถดถอยมีค่าความสัมพันธ์เป็นเชิงบวกและค่า R^2 มีค่าประมาณ 0.292 นั่นคือความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองของหมูยอไม่ได้เป็นไปในแนวของสมการถดถอย (ดูจากค่า R^2 ที่มีค่าต่ำ) แต่ก็สามารถสรุปได้ว่าที่ช่วงคะแนนการพับประมาณ 2 คะแนนจะมีค่าความแตกหักประมาณ 0.071-0.213 N. ที่คะแนนการพับประมาณ 4 คะแนนจะมีค่าความแตกหักประมาณ 0.187 N.และที่ประมาณ 5 คะแนนจะมีค่า 0.1825-0.1955 N.



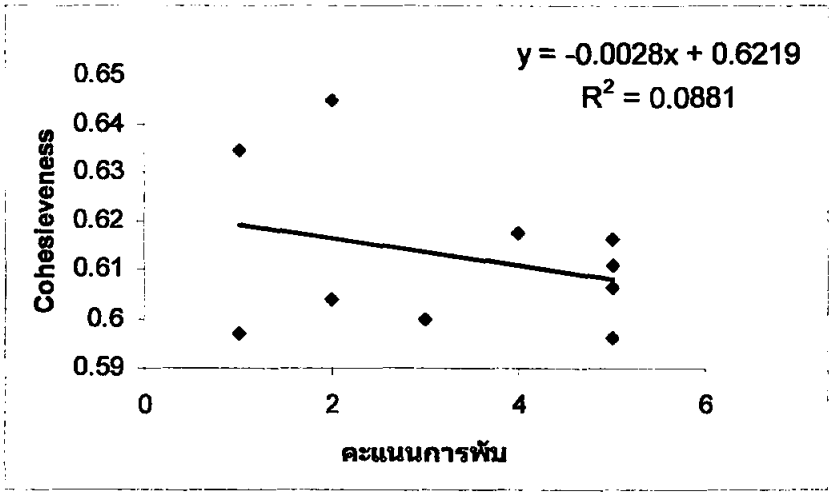
รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ของค่า Adhesiveness กับคะแนนการพับของหมูยอ

จากรูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ของค่า Adhesiveness กับคะแนนการพับของหมูยอ พบว่า สมการถดถอยมีค่าความสัมพันธ์เป็นเชิงลบและค่า R^2 มีค่าประมาณ 0.0365 นั่นคือ ความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองของหมูยออยู่ในเกณฑ์พอใช้ แต่ก็สามารถสรุปได้ว่าที่ช่วงคะแนนการพับที่ประมาณ 2 คะแนนมีค่า Adhesiveness ประมาณ - 0.8985 N.s ที่คะแนนการพับประมาณ 3 คะแนนมีค่า – 1.5745 N.s และที่ 5 คะแนน มีค่า -0.638- (-1.069) N.s



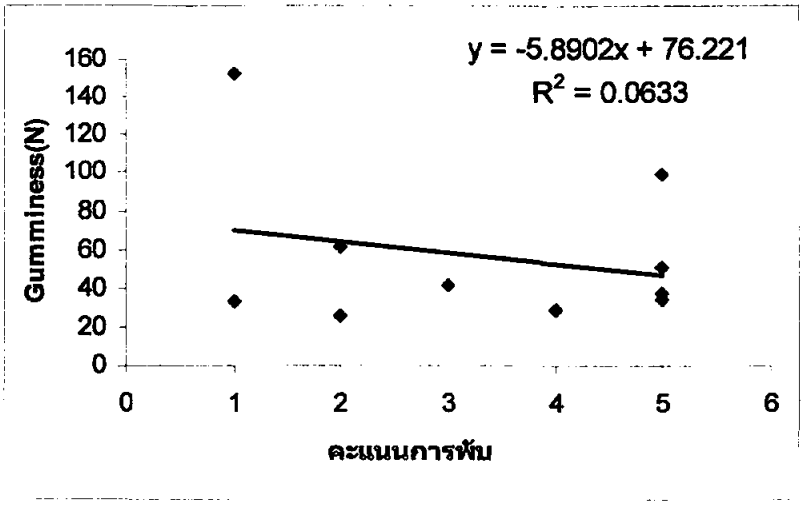
รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ของค่า Springiness กับคะแนนการพับของหมูยอ

จากรูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ของค่า Springiness กับคะแนนการพับของหมูยอ พบว่า สมการถดถอยมีค่าความสัมพันธ์เป็นเชิงบวกและค่า R^2มีค่าประมาณ 0.0368 นั่นคือ ความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองของหมูยอไม่ได้เป็นในแนวของสมการถดถอย แต่ก็สามารถสรุปได้ว่าที่ช่วงคะแนนการพับที่ประมาณ 3 คะแนนมีค่า Springiness ประมาณ 0.9325 ที่คะแนนการพับประมาณ 4 คะแนนมีค่า 1.149 และที่ 5 คะแนน มีค่า 0.937-0.941



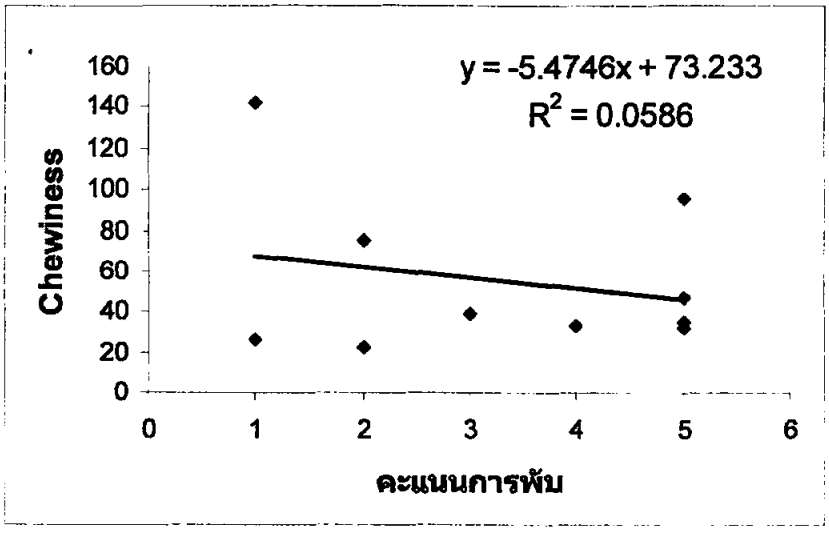
รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ของค่า Cohesiveness กับคะแนนการพับของหมูยอ

จากรูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ของค่า Cohesiveness กับคะแนนการพับของหมูยอ พบว่าสมการถดถอยมีค่าความสัมพันธ์เป็นเชิงลบและค่า R^2มีค่าประมาณ 0.0881 นั่นคือ ความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองของหมูยอไม่ได้เป็นในแนวของสมการถดถอย แต่ก็สามารถสรุปได้ว่าที่ช่วงคะแนนการพับที่ประมาณ 2 คะแนนมีค่า Cohesiveness ประมาณ 0.6445 ที่คะแนนการพับประมาณ 3 คะแนนมีค่า 0.6 และที่ 5 คะแนน มีค่า 0.596-0.616



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ของค่า Gumminess กับคะแนนการพับของหมูยอ

จากรูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ของค่า Gumminess กับคะแนนการพับของหมูยอ พบว่า สมการถดถอยมีค่าความสัมพันธ์เป็นเชิงลบและค่า R^2 มีค่าประมาณ 0.0633 นั่นคือ ความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองของหมูยอไม่ได้เป็นในแนวของสมการถดถอย แต่ก็สามารถสรุปได้ว่าที่ช่วงคะแนนการพับที่ประมาณ 2 คะแนนมีค่า Gumminess ประมาณ 61.218 N. ที่คะแนนการพับประมาณ 3 คะแนนมีค่า 41.989 N. และที่ 5 คะแนน มีค่า 38.055-50.812 N.

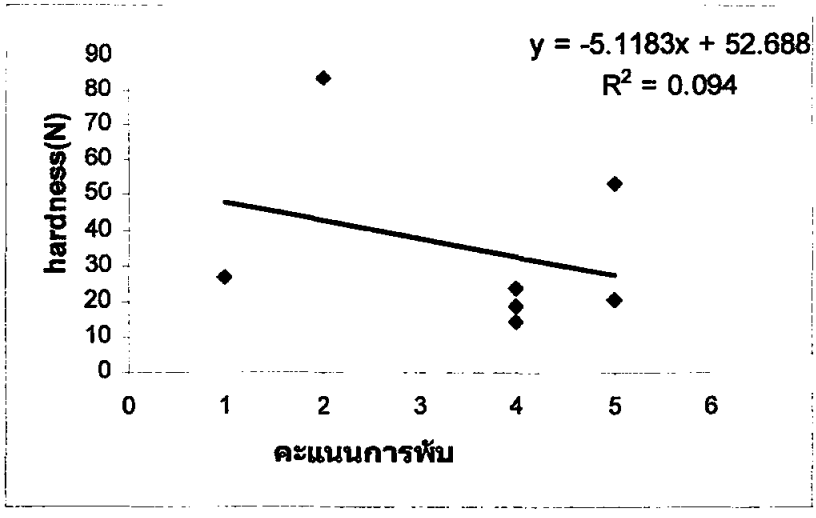


รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ของค่า Chewiness กับคะแนนการพับของหมูยอ

จากรูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ของค่า Chewiness กับคะแนนการพับของหมูยอ พบว่า สมการถดถอยมีค่าความสัมพันธ์เป็นเชิงลบและค่า R^2มีค่าประมาณ 0.0586 นั่นคือ ความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองของหมูยอไม่ได้เป็นในแนวของสมการถดถอย แต่ก็สามารถสรุปได้ว่าที่ช่วงคะแนนการพับที่ประมาณ 3 คะแนนมีค่า Chewiness ประมาณ 39.1375 ที่คะแนนการพับประมาณ 4 คะแนนมีค่า 33.363 และที่ 5 คะแนน มีค่า 32.5175-96.516

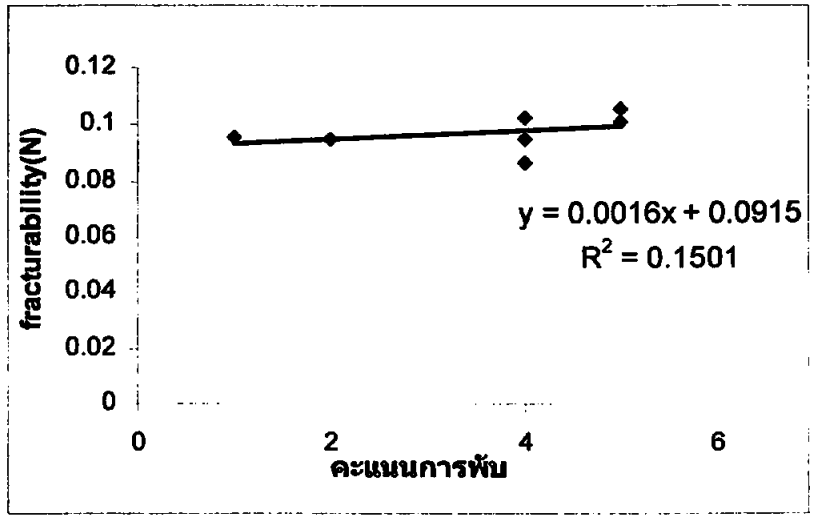
4.5 การศึกษาความสัมพันธ์ด้านเนื้อสัมผัสกับคะแนนการพับของไก่ยอ

จากการศึกษาความสัมพันธ์ด้านเนื้อสัมผัสโดยการวัดด้วยเครื่องมือวัดเนื้อสัมผัส กับ การทดสอบแบบพับของไก่ยอ ได้ความสัมพันธ์ดังนี้



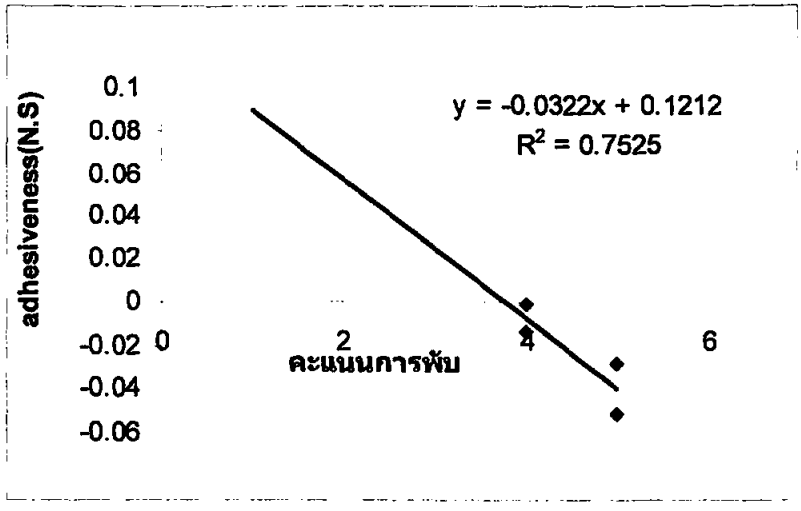
รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ของค่า Hardness กับคะแนนการพับของไก่ยอ

จากรูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ของค่า Hardness กับ คะแนนการพับของไก่ยอ พบว่า สมการถดถอยมีความสัมพันธ์เป็นเชิงลบและมีค่า R^2= 0.094 นั่นคือความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองของไก่ยอไม่ได้เป็นไปตามแนวสมการถดถอย(ดูจากค่า R^2 มีค่าต่ำ)แต่ก็สามารถสรุปได้ว่าที่ช่วงของคะแนนการพับที่ 1 คะแนน จะมีค่า Hardness ประมาณ 26.606 N. ช่วงของคะแนนการพับที่ 2 คะแนน จะมีค่า Hardness ประมาณ 83.76 N. ช่วงของคะแนนการพับที่ 4 คะแนน จะมีค่า Hardness ประมาณ 14.05-23.73 N. ช่วงของคะแนนการพับที่ 5 คะแนน จะมีค่า Hardness ประมาณ 20.54-53.39N.



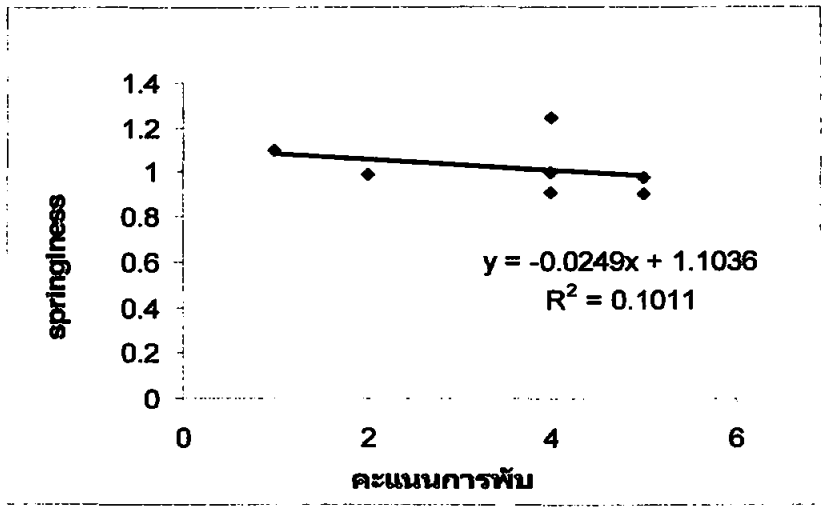
รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ของค่าFracturability กับคะแนนการพับของไก่ยอ

จากรูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ของค่าFracturability กับคะแนนการพับของไก่ยอ พบว่าสมการถดถอยมีความสัมพันธ์เป็นเชิงบวกและมีค่า R^2= 0.1501 นั่นคือความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองของไก่ยอไม่ได้เป็นไปตามแนวสมการถดถอย(ดูจากค่า R^2 มีค่าต่ำ)แต่ก็สามารถสรุปได้ว่าที่ช่วงของคะแนนการพับที่ 1 คะแนน จะมีค่า Fracturability ประมาณ 0.0953 N. ช่วงของคะแนนการพับที่ 2 คะแนน จะมีค่า Fracturability ประมาณ 0.095 N. ช่วงของคะแนนการพับที่ 4 คะแนน จะมีค่า Fracturability ประมาณ 0.0867-0.102 N. ช่วงของคะแนนการพับที่5คะแนน จะมีค่า Fracturability ประมาณ 0.101-0.105 N.



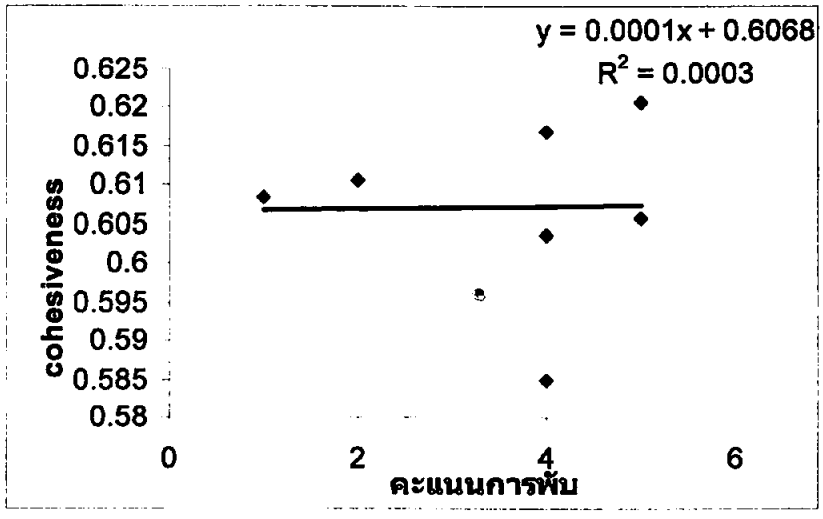
รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ของค่าAdhesiveness กับคะแนนการพับของไก่ยอ

จากรูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ของค่าAdhesiveness กับคะแนนการพับของไก่ยอ พบว่าสมการถดถอยมีความสัมพันธ์เป็นเชิงลบและมีค่า R^2= 0.7525 นั่นคือความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองของไก่ยอได้เป็นไปตามแนวสมการถดถอย(ดูจากค่า R^2 มีค่าสูง)และก็สามารถสรุปได้ว่าที่ช่วงของคะแนนการพับที่1คะแนน จะมีค่า Adhesiveness ประมาณ0.0117 N.s ช่วงของคะแนนการพับที่ 4 คะแนน จะมีค่า Adhesiveness ประมาณ -0.02-(-0.01) N.s ช่วงของคะแนนการพับที่ 5 คะแนน จะมีค่าAdhesiveness ประมาณ-0.05--0.02 N.s



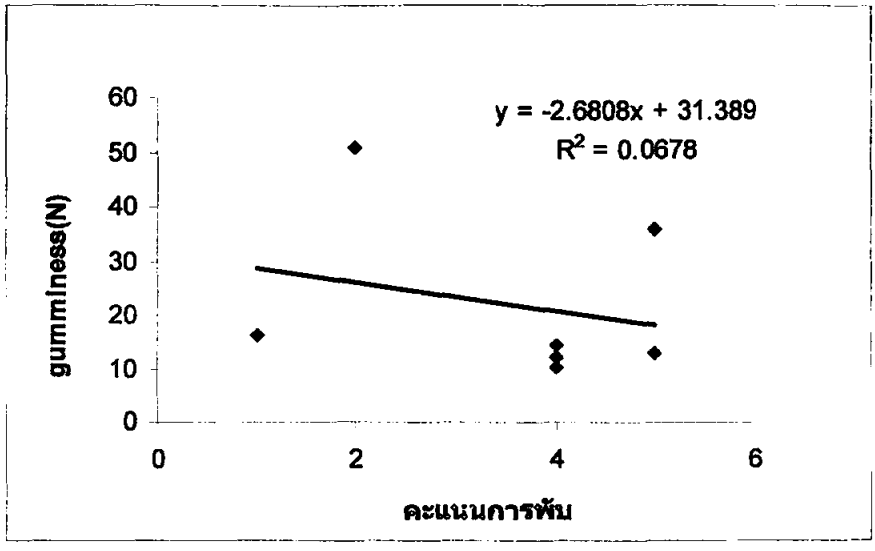
รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ของค่า Springiness กับคะแนนการพับของไก่ยอ

จากรูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ของค่า Springiness กับคะแนนการพับของไก่ยอ พบว่าสมการถดถอยมีความสัมพันธ์เป็นเชิงลบและมีค่า R^2= 0.1011 นั่นคือความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองของไก่ยอไม่ได้เป็นไปตามแนวสมการถดถอย(ดูจากค่า R^2 มีค่าต่ำ)แต่ก็สามารถสรุปได้ว่าที่ช่วงของคะแนนการพับที่ 1 คะแนน จะมีค่า Springiness ประมาณ 1.095 ช่วงของคะแนนการพับที่ 2 คะแนน จะมีค่า Springiness ประมาณ 0.989 ช่วงของคะแนนการพับที่ 4 คะแนน จะมีค่า Springiness ประมาณ 0.907-1.240 ช่วงของคะแนนการพับที่ 5 คะแนน จะมีค่า Springiness ประมาณ 0.974



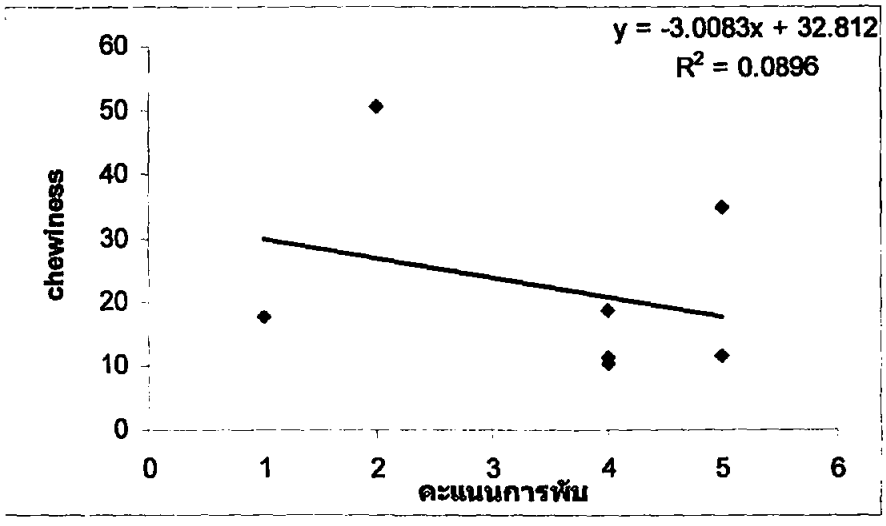
รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ของค่าCohesivenessกับคะแนนการพับของไก่ยอ

จากรูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ของค่าCohesivenessกับคะแนนการพับของไก่ยอ พบว่า สมการถดถอยมีความสัมพันธ์เป็นเชิงบวกและมีค่า R^2= 0.0003 นั่นคือความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองของไก่ยอไม่ได้เป็นไปตามแนวสมการถดถอย (ดูจากค่า R^2 มีค่าต่ำ) แต่ก็สามารถสรุปได้ว่าที่ช่วงของคะแนนการพับที่ 1 คะแนน จะมีค่า Cohesiveness ประมาณ 0.608 ช่วงของคะแนนการพับที่ 2 คะแนน จะมีค่า Cohesiveness ประมาณ 0.610 ช่วงของคะแนนการพับที่ 4 คะแนน จะมีค่า Cohesiveness ประมาณ 0.585-0.617 ช่วงของคะแนนการพับที่ 5 คะแนน จะมีค่า Cohesiveness ประมาณ 0.605-0.620



รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ของค่าGumminessกับคะแนนการพับของไก่ยอ

จากรูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ของค่า Gumminess กับคะแนนการพับของไก่ยอ พบว่า สมการถดถอยมีความสัมพันธ์เป็นเชิงลบและมีค่า R^2= 0.0678 นั่นคือความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองของไก่ยอไม่ได้เป็นไปตามแนวสมการถดถอย (ดูจากค่า R^2 มีค่าต่ำ) แต่ก็สามารถสรุปได้ว่าที่ช่วงของคะแนนการพับที่ 1 คะแนน จะมีค่า Gumminess ประมาณ 16.22 N. ช่วงของคะแนนการพับที่ 2 คะแนน จะมีค่า Gumminess ประมาณ 51.10 N. ช่วงของคะแนนการพับที่ 4 คะแนน จะมีค่า Gumminess ประมาณ 10.29-14.44 N. ช่วงของคะแนนการพับที่ 5 คะแนน จะมีค่า Gumminess ประมาณ 12.75-35.9 N.



รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ของค่าChewinessกับคะแนนการพับของไก่ยอ

จากรูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ของค่าChewinessกับคะแนนการพับของไก่ยอ พบว่าสมการถดถอยมีความสัมพันธ์เป็นเชิงลบและมีค่า R^2= 0.0896 นั่นคือความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองของไก่ยอไม่ได้เป็นไปตามแนวสมการถดถอย (ดูจากค่า R^2 มีค่าต่ำ) แต่ก็สามารถสรุปได้ว่าที่ช่วงของคะแนนการพับที่ 1 คะแนน จะมีค่า Chewiness ประมาณ 17.62 ช่วงของคะแนนการพับที่ 2 คะแนน จะมีค่า Chewiness ประมาณ 50.55 ช่วงของคะแนนการพับที่ 4 คะแนน จะมีค่า Chewiness ประมาณ 10.18-18.54 ช่วงของคะแนนการพับที่ 5 คะแนน จะมีค่า Chewiness ประมาณ 11.51-34.9

บทที่5
สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปผลได้ดังนี้

1. หมูยอทั้ง 10 ชนิดมีค่าความแข็งอยู่ในช่วงจาก 41.114-255.511 N ค่าความสามารถในการแตกเปราะอยู่ในช่วง 0.071-0.213 N ค่าความเกาะติดพื้นผิวอยู่ในช่วง (-1.574)-(-0.064) N.s ค่าความยืดหยุ่นอยู่ในช่วง 0.732 – 1.149 ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวอยู่ในช่วง 0.596-0.6445 ค่าความเหนียวอยู่ในช่วง 26.420-152.164Nค่าการทนต่อการเคี้ยวอยู่ในช่วง 22.418 – 142.446 สำหรับคะแนนการพับของหมูยออยู่ในช่วง 1-5 โดยส่วนใหญ่กลุ่มราคาต่ำอยู่ในช่วงคะแนน 1-2และราคาสูงอยู่ในช่วงคะแนน 3-5

2. ไก่ยอทั้ง 7 ชนิดมีค่าความแข็งอยู่ในช่วงจาก14.055-87.765 N ค่าความสามารถในการแตกเปราะอยู่ในช่วง 0.086-0.105 N ค่าความเกาะติดพื้นผิวอยู่ในช่วง -0.6175-0.016 N.s ค่าความยืดหยุ่นอยู่ในช่วง 0.0903-1.240 ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวอยู่ในช่วง 0.585-0.617 ค่าความเหนียวอยู่ในช่วง 10.290-35.917 Nค่าการทนต่อการเคี้ยวอยู่ในช่วง 11.073-50.553 สำหรับ คะแนนการพับของไก่ยออยู่ในช่วง 1-5 โดยไม่พบตัวอย่างที่มีระดับคะแนนที่ 3 และส่วนใหญ่มีระดับคะแนนสูงกว่าคะแนนการพับของหมูยอ นั้นแสดงว่าไก่ยอมีความเหนียวมากกว่าหมูยอ

3. ความสัมพันธ์ของคุณลักษณะเนื้อสัมผัสและการทดสอบแบบพับของทั้งหมูยอและไก่ยอ สรุปได้ว่า ค่าความแข็ง ค่าความสามารถในการแตกเปราะ ค่าความยืดหยุ่น ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว ค่าความเหนียว ค่าการทนต่อการเคี้ยว ไม่มีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับคะแนนการพับ แต่ค่าความการเกาะติดพื้นผิวมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับคะแนนการพับในระดับที่ยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์ของไก่ยอ

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2539.มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมูยอ. เอกสาร มอก.ที่ 1346-2539. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม,กรุงเทพ ฯ

นุชนารถ ทรัพย์พาณิชย์. 2544. "เทคนิคการวัดเนื้อสัมผัสของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์." วารสารจาร์พา18, 63: 28-32

กิตติชัย บรรจง, ดร.2535. เครื่องมือวัดสมบัติลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วิรัชช พานิชวงศ์, รศ. 2546. การวิเคราะห์การถดถอย. ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

"ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร." (ออนไลน์). เข้าถึงได้: http://www.charpa.co.th/bulletin/food_texture.html

"การแปรรูปเนื้อสัตว์(หมูยอ/ไก่ยอ)." (ออนไลน์). เข้าถึงได้: http://www.dld.go.th/pvlo_kpp/p15.htm

Malcolm Bourne. 2002. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. 2nd Edition. Academic Press. New York

Sandaram Gunasekaran. 2001. Nondestructive Food Evaluation: Techniques to Analyze Properties and Quality. Marcel Dekker, Inc. NewYork

ภาคผนวก ก

5 คะแนน คือไม่มีรอยแตกเมื่อพับเป็น 4 ส่วน

4 คะแนน คือ มีรอยแตกเล็กน้อยเมื่อพับเป็น 4 ส่วน

3 คะแนน คือ มีรอยฉีกขาดเมื่อพับเป็น 4 ส่วน

2 คะแนน คือ มีรอยแตกแต่ไม่แยกออกจากกันเมื่อพับเป็น 2ส่วน

1 คะแนน คือ มีรอยแตกและแยกออกจากกันเมื่อพับเป็น 2 ส่วน

รูป ก คะแนนการทดสอบแบบพับของผลิตภัณฑ์ยอ