# ผลของแป้งดัดแปรต่อคุณภาพของทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็ง

# EFFECT OF MODIFIED STARCH ON QUALITY OF FROZEN *BARBONYMUS GONIONOTUS* PASTE

ศศิพร รัตนสุวรรณ์* และกมลรัตน์ ระดิ่งหิน
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร 10220

Sasiporn Rattanasuwan* and Kamolrat Radinghin
Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, 10220
*sasi.rattana@gmail.com

**บทคัดย่อ**

ปลาตะเพียน (common silver barb, *Barbonymus gonionotus*) จัดเป็นปลาน้ำจืดที่พบมากและมีอยู่ทั่วไปในแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ แม่น้ำ ห้วย หนองและคลอง ประกอบกับพื้นที่ อบต. ท่าดินดำ เป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้แม่น้ำป่าสัก จึงเกิดแนวคิดนำมาแปรรูปเป็นทอดมันปลาตะเพียน แต่ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้น การแช่เยือกแข็งจึงเป็นวิธีที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาทอดมันปลาตะเพียน งานวิจัยนี้ จึงได้ศึกษาการใช้แป้งดัดแปรแบบ cross linked starch ในทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งโดยแปรผันปริมาณร้อยละ 0 2 4 และ 6 ของน้ำหนักเนื้อปลา ผลการทดลองพบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งดัดแปรในทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็ง ส่งผลให้ค่า TBA และค่าร้อยละการสูญเสียน้ำลดลง ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าสี L* a* b* และค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ส่วนผลการเก็บรักษาที่ –18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 1 2 และ 3 สัปดาห์ พบว่าทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งทุกระดับปริมาณแป้งดัดแปร มีผลให้ค่า TBA ค่าสี L* a* และค่าร้อยละการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่าสี b* และค่าความแน่นเนื้อ ($p > 0.05$)

**คำสำคัญ :** ปลาตะเพียน ทอดมันปลา แช่เยือกแข็ง แป้งดัดแปร

ABSTRACT

*Barbonymus gonionotus* is a freshwater fish which is commonly found in natural pound including river, creek, swamp and canal. Moreover, Subdistrict Administrative Organization of Tadindam is located near Pasak river, thus this research aimed to process the product of fish paste from common silver barb. However, this product has short shelf life therefore freezing process is a method for extending the shelf life of fish paste. This research varied modified (cross -linked) starch in frozen fish paste with amount of 0, 2, 4 and 6 % (w/w). The results were found that an increasing of modified starch in frozen common silver barb paste, the TBA values and drip loss were decreased ($p \leq 0.05$). Whereas L*a*b* values and firmness were increased ($p \leq 0.05$). For the shelf – life determination of products at –18°C for 0, 1, 2 and 3 weeks, found that TBA, L*, a* values and drip loss (%) of all modified starch levels frozen products increase ($p \leq 0.05$) while b* values and firmness were not significantly different ($p > 0.05$).

**Keyword** : common silver barb, *Barbonymus gonionotus,* fish paste, frozen, modified starch

**บทนำ**

สืบเนื่องจากการลงพื้นที่และสำรวจกลุ่มชุมชน ตำบลท่าดินดำ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี พบว่า พื้นที่ดังกล่าวอยู่ใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติ คือ แม่น้ำป่าสักและเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ ทำให้มีปริมาณของปลาออกสู่ท้องตลาดเป็นจำนวนมาก เป็นผลให้ปลามีราคาถูกลงและมีวิธีการบริโภคไม่หลากหลาย ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของปลา เช่น ปลาสร้อย ปลาตะเพียน ซึ่งมีก้างในเนื้อขนาดเล็กจำนวนมาก การนำมาแปรรูปส่วนใหญ่จะเป็นปลาร้า ปลาส้ม หรือปลาตะเพียนต้มเค็ม ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาสั้น กลุ่มชุมชนตำบลท่าดินดำ มีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลผลิตทางการเกษตรจากวัตถุดิบที่สามารถหาได้ในชุมชนและการใช้กระบวนการแปรรูปอาหารอย่างง่ายที่กลุ่มชุมชนมีเครื่องมืออุปกรณ์อยู่แล้วหรือสามารถซื้อได้ในราคาต้นทุนไม่สูงนัก ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูงขึ้นและยืดอายุการเก็บรักษาไว้ให้ได้นาน ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดดังกล่าวมาวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทอดมันปลาตะเพียน

ทอดมันปลาเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาบดที่ได้รับความนิยมบริโภคอย่างแพร่หลาย เป็นได้ทั้งอาหารมื้อหลักหรือเป็นอาหารว่าง ทอดมันคือการนำเนื้อปลามาสับผสมให้เข้ากับน้ำพริกแกงเผ็ดและเครื่องเทศต่าง ๆ จากนั้นนำลงทอดในน้ำมันให้เหลือง (มผช. 1035/2548)

ทอดมันปลาที่ได้จากปลาชนิดต่าง ๆ ปลาที่ได้รับความนิยมนำมาผลิตทอดมันมากที่สุด คือ ปลากราย ทอดมันปลากรายเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสดี แต่ปลากรายในท้องตลาดมีราคาแพงมาก ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีราคาแพง นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์จากปลายังมีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทอดมันปลาให้มีต้นทุนการผลิตต่ำ รสชาติดี และสามารถเก็บรักษาคุณภาพไว้ได้เป็นระยะเวลานาน เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการผลิตทอดมันปลาโดยใช้เทคโนโลยีแช่เยือกแข็ง ด้วยในปัจจุบันมีแนวโน้มขยายตัวทางเศรษฐกิจสูงขึ้น เนื่องจากวิถีชีวิตที่เปลี่ยนไป ผู้บริโภคต้องการความสะดวกและใช้เวลาในการเตรียมอาหารน้อยลง อาหารพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งมีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น Precooked-food, TV-dinner, Ready-to-eat เป็นลักษณะอาหารที่ผ่านการปรุงเรียบร้อยพร้อมบริโภคได้ทันที ผ่านการแช่เยือกแข็งเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารให้ยาวนานขึ้น ซึ่งสามารถรักษากลิ่น รส สีและคุณค่าทางด้านอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่จะรักษาเนื้อสัมผัสได้ปานกลางและอาจทำให้เกิดผลเสียกับอาหารได้ ซึ่งความรุนแรงขึ้นอยู่กับลักษณะของกระบวนการแช่เยือกแข็งและลักษณะของผลิตภัณฑ์ วิไล รังสาดทอง (2547) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำแป้งดัดแปรแบบ cross linked starch (Acetylated Distarch Phosphate) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้งมาเปลี่ยนสมบัติทางเคมี ทางฟิสิกส์จากเดิมด้วยความร้อน เอนไซม์หรือสารเคมี มาใช้ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็ง โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของปลาตะเพียน และศึกษาปริมาณการใช้แป้งดัดแปรแบบ cross linked starch เป็นสารป้องกันการเสียสภาพจากการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น

**วิธีการ**

1. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของเนื้อปลาตะเพียน

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือ ปลาตะเพียน (*Barbonymus gonionotus*) นำมาจากตำบลท่าดินดำ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี ในลักษณะของปลาสดทั้งตัว บรรจุในถังพลาสติก โดยอัตราส่วนปลาต่อน้ำแข็ง เท่ากับ 1:1 ใช้ระยะเวลาในการขนส่งประมาณ 90 นาที จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาด ขอดเกล็ด ตัวหัว ควักไส้ แล่เอาแต่เนื้อและหนัง บดด้วยเครื่องบดเนื้อ (Moulinex DFB341, France)

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ทำได้โดยนำศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า โดยวิธี AOAC (2000) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตได้จากการคำนวณ

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสี L*a*b* ด้วยเครื่องวัดสี Minolta CR-10 Japan), วัดความเป็นกรด-ด่างของเนื้อปลาตะเพียนด้วยเครื่อง pH meter (Model UB-10,

USA) และวัดปริมาณผลผลิตที่ได้ (% yield)

2. ศึกษาปริมาณแป้งดัดแปรที่เหมาะสมในการผลิตทอดมันปลาตะเพียนแช่แข็ง

ศึกษาปริมาณแป้งดัดแปรที่เหมาะสมในการผลิตทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็ง โดยแปรผันปริมาณของแป้งดัดแปรร้อยละ 0, 2, 4 และ 6 ของน้ำหนักเนื้อปลา สูตรมาตรฐานในการผลิตทอดมันปลาตะเพียน (ดังแสดงในตารางที่ 1) โดยการนำเนื้อปลาตะเพียนบด นวดผสมรวมกับ เกลือและน้ำพริกแกงให้เข้ากันด้วยเครื่องสับผสม (Illustration, c40STP) จากนั้นเติมแป้งดัดแปร เติมถั่วฝักยาวและใบมะกรูดและนวดผสมให้เข้ากัน ชั่งน้ำหนักชิ้นละ 15 กรัม ทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาที ได้ทอดมันปลาตะเพียน จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 1 2 และ 3 สัปดาห์ แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ

**ตารางที่ 1** สูตรมาตรฐานในการผลิตทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็ง

| ส่วนผสม | น้ำหนัก (กรัม) |
|---|---|
| เนื้อปลาตะเพียนบด | 600 |
| เกลือ | 3 |
| น้ำพริกแกง | 260 |
| ถั่วฝักยาว | 60 |
| ใบมะกรูด | 3 |

**ที่มา** : ดัดแปลงจากเกรียงไกร (2551)

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็ง โดยศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัดค่าการเกิดกลิ่นหืน TBA (Thiobarbituric acid) (Egan *et. al*. 1981)

วิเคราะห์คุณภาพด้านค่าสี L* a* b* นำทอดมันปลาตะเพียนมาวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta CR - 10 Japan) ทำการวัดโดยให้หัววัดของเครื่องวัดสีตั้งฉากกับผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ บันทึกค่าที่ได้

วิเคราะห์คุณภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส โดยวัดค่าความแน่นเนื้อของทอดมันปลาตะเพียนหลังแช่เยือกแข็งและทำละลายด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส Texture Analyzer (Texture Analyzer รุ่น TA.XT*plus*, Stable Micro Systems, UK) ด้วยวิธีการ compression หัววัดแบบ cylinder probe (P/36R) กดทอดมันปลาตะเพียนที่ผ่านการละลายน้ำแข็งแล้ว เป็นระยะทาง 12 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวกดก่อนวัดเท่ากับ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ขณะวัดเท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที และหลังวัดเท่ากับ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที

วิเคราะห์ร้อยละการสูญเสียน้ำ (% drip loss) (เกรียงไกร วงศ์คีนี, 2551) โดยนำตัวอย่างที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักและละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างหลังการละลาย

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำ} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนการละลาย} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังการละลาย}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนการละลาย}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพทางกายภาพแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ผลการวิจัยและวิจารณ์**

1. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของเนื้อปลาตะเพียน

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของเนื้อปลาตะเพียน ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าปลาตะเพียนมีขนาดความกว้างเฉลี่ย 13.65 และความยาวเฉลี่ย 23.65 เซนติเมตร วัดค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.25 เนื้อปลาตะเพียนที่ผ่านการตัดแต่ง แยกก้างและบดแล้วจะเหลือส่วนที่บริโภคได้เพียงร้อยละ 38.7 เนื้อปลาตะเพียนประกอบด้วยความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 74.59 20.43 3.85 1.01 และ 0.12 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองมีความสอดคล้องกับคุณค่าทางโภชนาการของปลาตะเพียน 100 กรัม (กองโภชนาการ. 2544)

เนื้อปลาตะเพียนบดที่ได้มีลักษณะสีค่อนข้างคล้ำเมื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ โดยนำมาวัดด้วยเครื่องวัดค่าสี จะได้ค่าความสว่างเท่ากับ 40.20 ค่าความเป็นสีแดงเท่ากับ 16.37 และค่าความเป็นสีเหลืองเท่ากับ 13.00

**ตารางที่** 2 องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของเนื้อปลาตะเพียน

| **องค์ประกอบ** | **ปริมาณ** |
|---|---|
| ปริมาณผลผลิต (yield) (ร้อยละ) | 38.70 |
| **ทางเคมี (ร้อยละ)** | |
| ความชื้น | 74.59±0.05 |
| โปรตีน | 20.43±0.07 |
| ไขมัน | 3.85±0.02 |
| เถ้า | 1.01±0.01 |
| คาร์โบไฮเดรต | 0.12±0.01 |
| ความเป็นกรด-ด่าง | 6.25±0.01 |

**ตารางที่ 2 (ต่อ)**

| องค์ประกอบ | ปริมาณ |
|---|---|
| **ทางกายภาพ** | |
| ค่าสี | |
| L* | 40.20±0.32 |
| a* | 16.37±0.41 |
| b* | 13.00±0.12 |
| ขนาดของตัวปลา (เซนติเมตร) | |
| ความกว้าง | 13.65±0.55 |
| ความยาว | 23.65±0.45 |

2. ศึกษาปริมาณแป้งดัดแปรที่เหมาะสมในการผลิตทอดมันปลาตะเพียนแช่แข็ง

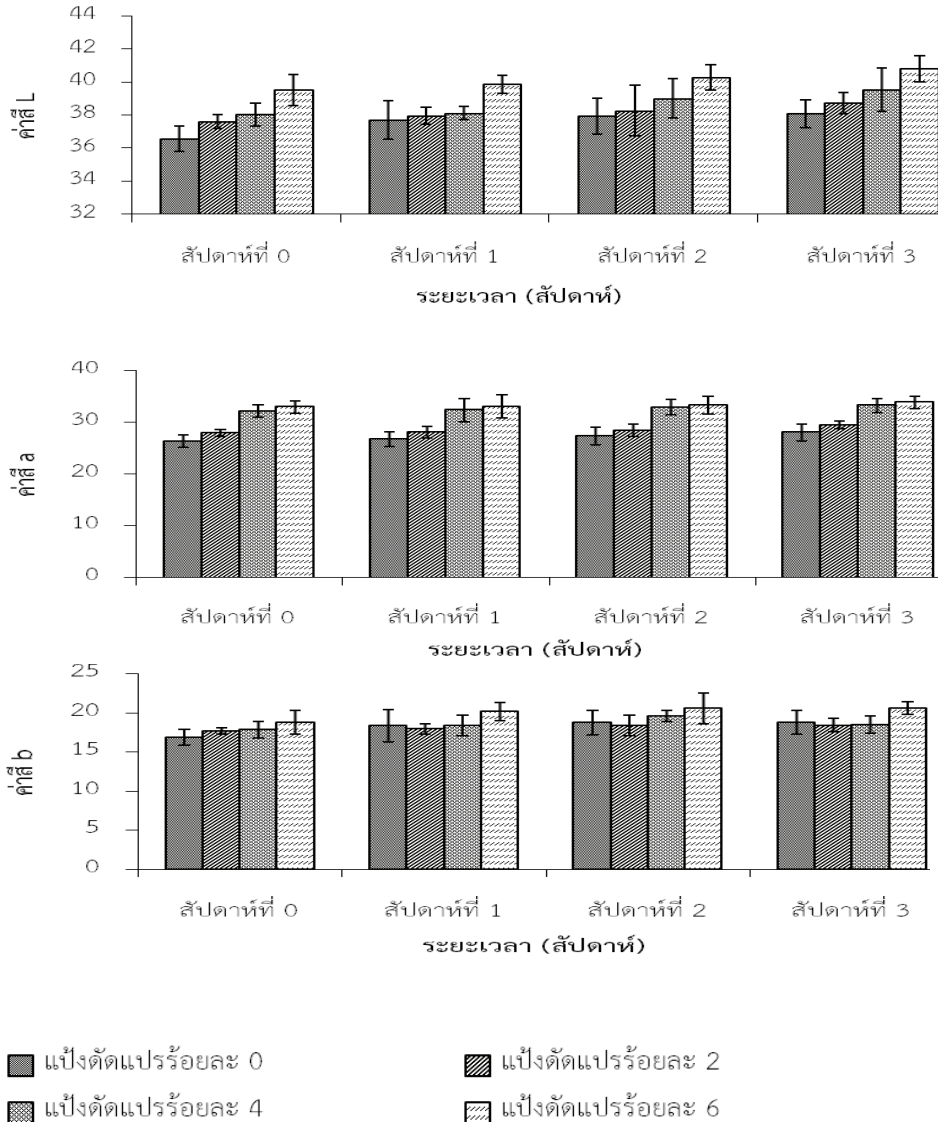
จากการศึกษาปริมาณแป้งดัดแปรที่ระดับร้อยละ 0 2 4 และ 6 ของน้ำหนักเนื้อปลา นำมาวิเคราะห์ค่า TBA ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ปริมาณแป้งดัดแปรที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า TBA มีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบตามระยะเวลาการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ พบว่า ทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งทุกสิ่งทดลองมีค่า TBA เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

**ตารางที่ 3** ค่า TBA ของทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งเมื่อใช้ปริมาณแป้งดัดแปรต่างกันระหว่างการเก็บรักษา

| ระยะเวลา (สัปดาห์) | ค่า TBA (mg. malonaldehyde/1Kg) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | แป้งดัดแปร (ร้อยละ 0) | แป้งดัดแปร (ร้อยละ 2) | แป้งดัดแปร (ร้อยละ 4) | แป้งดัดแปร (ร้อยละ 6) |
| 0 | $0.124^{aD} \pm 0.006$ | $0.095^{bD} \pm 0.011$ | $0.062^{cD} \pm 0.004$ | $0.049^{dD} \pm 0.030$ |
| 1 | $0.157^{aC} \pm 0.006$ | $0.124^{bC} \pm 0.009$ | $0.094^{cC} \pm 0.007$ | $0.068^{dC} \pm 0.006$ |
| 2 | $0.183^{aB} \pm 0.008$ | $0.148^{bB} \pm 0.007$ | $0.127^{cB} \pm 0.004$ | $0.095^{dB} \pm 0.006$ |
| 3 | $0.207^{aA} \pm 0.011$ | $0.174^{bA} \pm 0.012$ | $0.144^{cA} \pm 0.008$ | $0.126^{dA} \pm 0.011$ |

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ปริมาณแป้งดัดแปร)
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ระยะเวลาการเก็บรักษา)

การวัดค่าสี L* a* b* ดังแสดงในภาพที่ 1 จากภาพเห็นได้ว่า เมื่อปริมาณของแป้งดัดแปรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าสี L* a* b* ของทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ พบว่า ค่าสี L* และ a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ไม่มีผลต่อค่าสี b* ($p>0.05$)




**ภาพที่ 1** แสดงค่าสี L* a* b* ของทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็ง

ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำของทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าปริมาณแป้งดัดแปรที่เพิ่มขึ้น มีผลให้ร้อยละการสูญเสียน้ำมีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งทุกสิ่งทดลองมีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษา

**ตารางที่ 4** แสดงปริมาณร้อยละของการสูญเสียน้ำของทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งเมื่อใช้ปริมาณแป้งดัดแปรต่างกันระหว่างการเก็บรักษา

| ระยะเวลา (สัปดาห์) | ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | แป้งดัดแปร (ร้อยละ 0) | แป้งดัดแปร (ร้อยละ 2) | แป้งดัดแปร (ร้อยละ 4) | แป้งดัดแปร (ร้อยละ 6) |
| 0 | $0.006^{aC} \pm 0.006$ | $0.002^{abD} \pm 0.004$ | $0.000^{bB} \pm 0.000$ | $0.000^{bC} \pm 0.000$ |
| 1 | $0.039^{aB} \pm 0.006$ | $0.030^{bC} \pm 0.004$ | $0.007^{cB} \pm 0.005$ | $0.005^{dC} \pm 0.004$ |
| 2 | $0.089^{aA} \pm 0.011$ | $0.071^{bB} \pm 0.011$ | $0.038^{cA} \pm 0.017$ | $0.033^{cB} \pm 0.010$ |
| 3 | $0.099^{aA} \pm 0.047$ | $0.087^{aA} \pm 0.014$ | $0.050^{bA} \pm 0.010$ | $0.045^{bA} \pm 0.010$ |

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ปริมาณแป้งดัดแปร)
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ระยะเวลาการเก็บรักษา)

ความแน่นเนื้อของทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส แสดงผลในตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** แสดงค่าความแน่นเนื้อของทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งเมื่อใช้ปริมาณแป้งดัดแปรต่างกันระหว่างการเก็บรักษา

| ระยะเวลา (สัปดาห์) | ค่าความแน่นเนื้อ (กรัม/วินาที) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | แป้งดัดแปร (ร้อยละ 0)$^{ns}$ | แป้งดัดแปร (ร้อยละ 2)$^{ns}$ | แป้งดัดแปร (ร้อยละ 4)$^{ns}$ | แป้งดัดแปร (ร้อยละ 6)$^{ns}$ |
| 0 | 5.79$^{c}$±1.36 | 6.92$^{b}$±1.13 | 7.42$^{ab}$±1.36 | 8.09$^{a}$±0.90 |
| 1 | 6.02$^{d}$±0.55 | 7.05$^{c}$±0.54 | 7.52$^{b}$±1.11 | 8.38$^{a}$±0.76 |
| 2 | 6.39$^{c}$±1.07 | 7.26$^{b}$±0.98 | 7.77$^{b}$±0.75 | 8.62$^{a}$±0.70 |
| 3 | 6.80$^{c}$±1.44 | 7.46$^{bc}$±1.29 | 8.03$^{ab}$±1.18 | 8.82$^{a}$±0.77 |

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ปริมาณแป้งดัดแปร)
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ระยะเวลาการเก็บรักษา)

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ค่าความแน่นเนื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของแป้งดัดแปรเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งดัดแปรมีคุณสมบัติจับตัวกับน้ำที่อยู่ในส่วนผสม ช่วยในการเกาะติดส่งผลต่อความแน่นเนื้อของทอดมันปลาตะเพียน (บริษัท สยาม มอร์ดิฟายด์ สตาร์ช. 2549) เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็ง ($p > 0.05$) แต่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

**สรุป**

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของเนื้อปลาตะเพียน พบว่าปลาตะเพียนจัดอยู่ในกลุ่มปลาที่มีก้างขนาดเล็กในเนื้อจำนวนมาก เมื่อนำมาตัดหัว ควักไส้ ขอดเกล็ดและแล่ส่วนเนื้อปลา จากจำนวนปลาเริ่มต้น 5 กิโลกรัม ได้ส่วนของเนื้อปลาทั้งหมด 1.935 กิโลกรัม คิดเป็นปริมาณผลผลิตที่ได้ (% yield) เท่ากับร้อยละ 38.7 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 74.59, 20.43, 3.85, 1.01 และ 0.12 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองมีความสอดคล้อง

กับการรายงานของกองโภชนาการที่ระบุว่า ปลาตะเพียน 100 กรัม มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 74.7 20.4 3.2 1.6 และ 0.1 ตามลำดับ (กองโภชนาการ. 2544) วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด - ด่างของเนื้อปลาตะเพียนเริ่มต้นเท่ากับ 6.25 เพื่อวิเคราะห์ความสดของเนื้อปลา โดยหลังจากปลาตายจะเกิดการใช้ไกลโคเจน (glycogen) ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (anaerobic condition) เกิดเป็นกรดแลคติกขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรดด่าง ของเนื้อปลาลดลง โดยทั่วไปค่าความเป็นกรดด่างจะลดลงต่ำที่สุดประมาณ 6.2 เพราะปริมาณของไกลโคเจนในเนื้อปลามีน้อย จึงทำให้ปริมาณกรดแลคติกมีไม่มากนัก และหลังจากนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วงหลังจากระยะการเกร็งตัว (postmortem) จะมีการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่มีคุณสมบัติเป็นเบส ส่งผลให้ให้ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อปลาเพิ่มขึ้น โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดด่างขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเก็บรักษา (Dalgaard *et al*. 1993) และสอดคล้องกับ เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน (2546) ได้ศึกษาคุณภาพความสดของเนื้อปลานิล ทำการวัดดัชนีคุณภาพการเสื่อมเสียของปลานิล โดยในตัวอย่างเนื้อปลานิลสดมีค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 6.54 เมื่อทำการบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 - 16 ชั่วโมงจนเนื้อปลามีลักษณะปรากฏเน่าเสีย คือ เนื้อสัมผัสนิ่มเละ มีกลิ่นเหม็นเน่า สีของเนื้อปลาเปลี่ยนไป มีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นเป็น 8.3

จากผลการทดลองการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็ง พบว่า การใช้แป้งดัดแปร cross linked starch ที่ระดับร้อยละ 0 2 4 และ 6 ของน้ำหนักเนื้อปลา ส่งผลให้ค่า TBA ลดลง ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมื่อปริมาณแป้งดัดแปรมีคุณสมบัติในการยึดเกาะและสามารถกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้าง ส่งผลให้ป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน นิธิยา รัตนาปนนท์ (2545) และเมื่อเปรียบเทียบตามระยะเวลาการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ พบว่า ทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งมีค่า TBA เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากทอดมันเป็นอาหารที่ผ่านกระบวนการทอดในน้ำมัน ซึ่งน้ำมันในอาหารสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ในขณะเก็บรักษาอาหารแช่เยือกแข็ง (Hamilton. 1994) และการเก็บทอดมันในสภาวะปกติ จึงส่งผลให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นได้ สอดคล้องกับการทดลองของอังคณา ผ่องภักดี (2546) พบว่า ค่า TBA ของนักเก็ตปลาที่เก็บในสภาวะบรรยากาศปกติเกิดสูงกว่าในสุญญากาศ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามค่า TBA ที่เกิดขึ้นยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือไม่เกิน 20 mg. malonaldehyde/Kg สำหรับอาหารทั่วไป (Shamberger, *et. al.* 1971)

การวัดค่าสี L* a* b* พบว่า เมื่อปริมาณของแป้งดัดแปรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าสี L* a* b* ของทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งดัดแปร มีลักษณะเป็นผงสีขาว เมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นทำให้ค่าสี L* a* b* ของทอดมันปลาตะเพียนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษา 3 สัปดาห์

พบว่า ค่าสี L* และ a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากการแช่เยือกแข็งที่ระยะเวลานานขึ้นมีผลให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่และจำนวนมาก เมื่อผ่านขั้นตอนการละลายน้ำแข็งพบว่าส่วนของน้ำที่ออกมามีลักษณะสีของพริกแกงจึงสามารถอาจกล่าวได้ว่า ทอดมันปลาตะเพียนแช่แข็งทำให้สีของทอดมันปลาซีดจาง ทำให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้น (เกรียงไกร วงศ์คีนี. 2551) ในขณะที่การเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าสี b*($p > 0.05$)

ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำของทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าปริมาณแป้งดัดแปรที่เพิ่มขึ้น มีผลให้ร้อยละการสูญเสียน้ำมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งที่มีปริมาณแป้งดัดแปร เม็ดแป้งจะแทรกตัวอยู่ระหว่างช่วงว่างของเนื้อเยื่อและสามารถดูดซับน้ำไว้ในโครงสร้างได้ เมื่อผ่านการแช่แข็ง - ละลาย เนื้อเยื่อทอดมันถูกทำลาย ทอดมันที่มีปริมาณแป้งดัดแปรสามารถเก็บน้ำไว้ได้ในขณะที่ทอดมันที่ไม่เติมแป้งดัดแปรไม่สามารถเก็บน้ำได้ (เกรียงไกร วงศ์คีนี. 2551) ซึ่งคุณสมบัติของแป้งดัดแปรนั้นทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะการแช่เยือกแข็งได้ดีจึงส่งผลให้ทอดมันปลาตะเพียนที่มีแป้งดัดแปรสามารถอุ้มน้ำไว้ได้และมีการสูญเสียน้ำลดลง (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2550) และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งมีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเนื่องจากการโครงสร้างร่างแหของทอดมันปลาถูกทำลายจากสภาวะการแช่เยือกแข็ง ทำให้น้ำถูกปล่อยออกมานอกผลิตภัณฑ์ ซึ่งการแช่เยือกแข็งแบบช้าทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ภายในเซลล์ไปดันผนังเซลล์ทำให้เกิดการฉีกขาด เมื่อละลายน้ำแข็งจึงมีของเหลวไหลออกมามาก (Devine. 1996)

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ค่าความแน่นเนื้อของทอดมันปลาตะเพียนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของแป้งดัดแปรเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งดัดแปรมีคุณสมบัติจับตัวกับน้ำที่อยู่ในส่วนผสม ช่วยในการเกาะติดส่งผลต่อความแน่นเนื้อ (บริษัท สยาม มอร์ดิฟายด์ สตาร์ช. 2549) เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็ง ($p > 0.05$) แต่มีแนวโน้มของความแน่นเนื้อเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการแช่เยือกแข็ง มีผลให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพทำให้ไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้ เมื่อทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นร้อยละการสูญเสียน้ำก็เพิ่มขึ้น (ดังแสดงในตารางที่ 4) เนื้อสัมผัสของทอดมันจะมีความกระด้างเพิ่มขึ้น เซลล์เนื้อเยื่อของปลาและแป้งดัดแปรที่เคยอุ้มน้ำไว้จะเกิดการหดตัวและจัดเรียงพันธะไฮโดรเจนใหม่ น้ำที่เคยอุ้มในโครงสร้างถูกขับออกมา เรียกปฏิกิริยานี้ว่า syneresis ส่งผลให้ทอดมันปลาตะเพียนมีความแน่นเนื้อมากขึ้น (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร

และพิมลพรรณ ฮั่นไพศาล (2537) รายงานว่า ลูกชิ้นปลาสูตรต่าง ๆ เมื่อผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าความแข็งแรงของเจลจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่า การแช่เยือกแข็งลูกชิ้นปลาทำให้มีเนื้อสัมผัสแน่นแข็งยิ่งขึ้น ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับ

จากผลการทดลองการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็ง พบว่า การใช้แป้งดัดแปร cross linked starch ที่ระดับร้อยละ 0 2 4 และ 6 ของน้ำหนักเนื้อปลา มีผลให้ค่า TBA และร้อยละการสูญเสียน้ำมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น เมื่อนำมาศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่า TBA และค่าร้อยละการสูญเสียน้ำไปในทิศทางเดียวกัน ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของทอดมันปลาตะเพียน กล่าวได้ว่า แป้ง cross linked starch สามารถปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของทอดมันปลาตะเพียนแช่เยือกแข็งแบบช้าได้

**กิตติกรรมประกาศ**

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2558 และขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

**เอกสารอ้างอิง**

เกรียงไกร วงศ์คีนี. (2551). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทอดมันแช่เยือกแข็งจากปลาน้ำจืด.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2550). **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กองโภชนาการ. (2544). **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย.** กรุงเทพฯ: กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

ทศพรพรรณ รัตนภักดี. (2546). **การผลิตและอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิดัดแปลงไขมันพาสเจอไรซ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2545). **เคมีอาหาร.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน. (2546). **การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลานิลซึ่งเก็บรักษาภายใต้การปรับเปลี่ยนบรรยากาศ.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

บริษัท สยาม มอดิฟายด์ สตาร์ช จำกัด. (2549). **เอกสารเผยแพร่เรื่องแป้งดัดแปรสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร.** (อัดสำเนา)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.(2548). **ทอดมันปลา** มผช.1035/2548.

วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร และพิมลพรรณ ฮั่นไพศาล. (2537). **การปรับปรุงคุณภาพลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง : บทบาทแป้งและไขมัน.** วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย์.). 28, 441 - 450.

วิไล รังสาดทอง. (2547). **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : เท็กซ์แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น.

อังคณา ผ่องภักดี. (2546). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์นักเกตแช่เยือกแข็งจากปลาโอลาย *(Euthynnus affinis).*** วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาผลิตภัณฑ์ประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 17th ed. William Horwitz.U.S.A. Association of Official Analytical Chemist, Inc.

Egan, H., Kirk, R.S. and Sawyer R. (1981). **Pearson's Chemical Analysis of Foods.** London : Churchill Livingstone.

Dalgaard, P., Gram, L., and Huss, H.H. (1993). **Spoilage and shelf-life of cod fillets packed invacuum or modified atmosphere.** Int. J. Food Microbiol. 28(4), 21-29.

Devine, L.E. (1996). **Freezing Effects on Food Quality Agri and Agri-Food.** Canada Research Center. 10(1), 35-51

Shamberger, R.J., Shamberger B.A. and Will, C.E. (1971). **Malonadehyde Content of Food.** J. Nutr. 107, 1404-1409.