

**The Effect of Chitosan on Quality and Extension  
of Shelf Life of Tofu**  
**ผลของไคโตซานต่อคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้**

A. Boonpan<sup>1</sup>, S. Pongswat,  
P. Pongthai and S. Saijai

Division of Biology, Faculty of Science and Technology,  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi

E-mail : ananboonpan@hotmail.com

**Abstract**

The purpose of this research was to study the effect of chitosan on quality and extension of shelf life of tofu. The experiment were performed in tofu with chitosan concentration of 0%, 0.01%, 0.02% and 0.03% (v/v). The results showed that there was no significant difference ( $P < 0.05$ ) in moisture content, protein content, yield and color among the tofu with and without chitosan. Chitosan addition showed high level in hardness, gumminess and chewiness but low level in cohesiveness and springiness compare with tofu without chitosan. Sensory evaluation of tofu was also studied, overall acceptability showed a high score in tofu without chitosan. A study on shelf life of tofu showed the increasing of chitosan concentration could decrease bacterial content in tofu. The addition of 0.01% (v/v) chitosan for tofu manufacturing was the most suitable for the extension of shelf life and a good sensory evaluation of tofu.

**Keywords :** chitosan, tofu, shelf life.

---

<sup>1</sup> Corresponding author

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโคโตซานต่อคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้ โดยทดลองเติมโคโตซานลงในเต้าหู้ที่ความเข้มข้น 0, 0.01, 0.02 และ 0.03 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) จากการทดลองพบว่า ปริมาณความชื้น โปรตีน ผลผลิต และสีของเต้าหู้ที่เติมและไม่เติมโคโตซานไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) การเติมโคโตซานจะทำให้เต้าหู้มีค่าความแข็ง ความเหนียว และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวของสูงกว่าเต้าหู้ที่ไม่เติมโคโตซาน ส่วนค่าการรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับค่าการคั่นตัวจะน้อยกว่าเต้าหู้ที่ไม่เติมโคโตซาน การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับเต้าหู้ที่ไม่เติมโคโตซานมากที่สุด การศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้ พบว่าการใช้โคโตซานร่วมกับการผลิตเต้าหู้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณแบคทีเรียในเต้าหู้ลดลง โดยการใช้โคโตซาน 0.01 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ร่วมกับการผลิตเต้าหู้จะมีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้ได้และผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับเป็นอย่างดี

**คำสำคัญ:** โคโตซาน เต้าหู้ อายุการเก็บรักษา

### บทนำ

เต้าหู้ (tofu) เป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง โดยการนำถั่วเหลืองมาล้างให้สะอาด แช่น้ำแล้วบดผสมกับน้ำร้อน กรองเอากากออก เติมน้ำที่ช่วยในการตกตะกอน เช่น แมกนีเซียมซัลเฟต ( $MgSO_4$ ) แคลเซียมซัลเฟต ( $CaSO_4$ ) แมกนีเซียมคลอไรด์ ( $MgCl_2$ ) แคลเซียมคลอไรด์ ( $CaCl_2$ ) และ กลูโคโนเดลต้าแลคโตน (GDL) จากนั้นนำตะกอนมาใส่ในแม่พิมพ์ซึ่งรองด้วยผ้า กดทับน้ำออกเพื่อให้แห้งและจับตัวเป็นแผ่นหรือก้อน เก็บรักษาในที่อุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส เต้าหู้ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสแน่นแข็ง เป็นก้อนสีเหลืองซีดขาวนวล [2] เต้าหู้จัดเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่ดีซึ่งมีราคาถูกและย่อยง่าย โดยประกอบด้วย ความชื้นประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนประมาณ 7.8 เปอร์เซ็นต์ ไขมันประมาณ 4.2 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมประมาณ 2 มิลลิกรัมต่อกรัม [12]

ไคโตซาน (chitosan) จัดเป็นสารพอลิเมอร์ชีวภาพซึ่งเตรียมได้จากกระบวนการดีอะซีทิลเลชัน (deacetylation) ของไคติน (chitin) สามารถสกัดได้จากเปลือกของสัตว์จำพวกกุ้งและปู ไคโตซานมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย (antibacterial) และเชื้อรา (antifungal) [6] ไม่มีพิษและมีความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค ดังนั้นปัจจุบันจึงนิยมนำมาใช้ประโยชน์กับอาหารอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการนำไคโตซานมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารในด้านต่างๆ เช่น ใช้ในการถนอมอาหารเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ใช้เป็นสารเคลือบผิวอาหารเพื่อชะลอการเสื่อมเสียในรูปของ antimicrobial packaging film [7] และใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อลดการเหม็นหืน (lipid oxidation) ลดการเน่าเสีย (putrefaction) ช่วยรักษาสีแดงของเนื้อสัตว์ในระหว่างการเก็บรักษา [8] เป็นต้น กลไกการยับยั้งจุลินทรีย์ของไคโตซานนั้น พบว่าหมู่อะมิโนของไคโตซานสามารถดูดซับอาหารและออรอน ของโลหะที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ไคโตซานสามารถเกิดเป็นสารประกอบที่ซับซ้อนบริเวณผิวหน้าของผนังเซลล์จุลินทรีย์ โดยก่อตัวเป็นชั้นบางๆ รอบเซลล์ขัดขวางการส่งผ่านสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์เข้าสู่ภายในเซลล์ นอกจากนี้พอลิเมอร์ประจุบวกของไคโตซานสามารถเกิดแรงกระทำกับประจุลบของผนังเซลล์จุลินทรีย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผนังเซลล์จุลินทรีย์ส่งผลให้ผนังเซลล์เกิดความเสียหาย [1, 10]

เต้าหู้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน จึงทำให้เต้าหู้มีแนวโน้มในการเน่าเสียได้ง่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำไคโตซานมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้ ซึ่งไคโตซานเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากวัตถุดิบธรรมชาติ มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ จึงน่าที่จะเป็นประโยชน์ที่ทำให้เต้าหู้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นและจะเป็นแนวทางในการนำไคโตซานไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ ต่อไป สำหรับวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้จะศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อคุณภาพของเต้าหู้ด้านเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัสและปริมาณไคโตซานที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้

## วัสดุและวิธีการวิจัย

### 1. วัตถุดิบ

- ถั่วเหลือง
- แมกนีเซียมซัลเฟต หรือดีเกลือ
- ไคโตซานจากบริษัท Aquatic Nutrition Lab (A.N. Lab) จำกัด ประเทศ  
ไทย สำหรับการเตรียมสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีวิธีการดังนี้ ละลาย  
ไคโตซาน 20 กรัม ในกรดอะซิติกเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นผสม  
ให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จนไคโตซาน  
ละลายได้หมด ปรับพีเอชของสารละลายให้เป็นกลางโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์  
ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

### 2. การผลิตเต้าหู้

การผลิตเต้าหู้โดยใช้ไคโตซานปริมาณที่แตกต่างกันเดิมในสูตรการผลิต วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยนำถั่วเหลือง (1 กิโลกรัม) มาคัดเอาสิ่งสกปรกออก นำไปล้างให้สะอาด แช่น้ำปริมาตร 3 ลิตร ทิ้งไว้ 8 ชั่วโมง จนกระทั่งถั่วนุ่มและพองตัว บีบเอาเปลือกออกให้หมด จากนั้นนำถั่วเหลืองไปล้างให้สะอาดอีกครั้ง บดถั่วเหลืองให้ละเอียดกับน้ำอุ่น (4 ลิตร) ในเครื่องปั่นผสมนาน 2 นาที กรองส่วนผสมผ่านผ้าขาวบาง 2 – 3 ชั้น บีบเอาน้ำถั่วเหลืองออกให้หมดจะได้ น้ำนมถั่วเหลือง 4 ลิตร นำน้ำนมถั่วเหลืองดิบมาต้มให้เดือด ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นานประมาณ 10 นาที จากนั้นเติมแมกนีเซียมซัลเฟต 16 กรัมสำหรับชุดควบคุม และเติมแมกนีเซียมซัลเฟต (16 กรัม) ผสมร่วมกับไคโตซาน 0.01, 0.02 และ 0.03 เปอร์เซ็นต์ กวนผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 15 นาที เพื่อให้ตกตะกอน ตักตะกอนลงใส่พิมพ์ไม้สี่เหลี่ยมขนาด 25×25×5 เซนติเมตร ที่รองด้วยผ้าขาวบาง กดทับด้วยของหนักประมาณ 30 นาที เพื่อบีบน้ำออก นำเต้าหู้ที่ได้แช่ในน้ำเป็นเวลา 30 นาที และปล่อยทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำเต้าหู้มาทำการศึกษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพ การประเมินทางประสาทสัมผัส และศึกษาอายุการเก็บรักษา

### 3. การประเมินคุณภาพของเต้าหู้

3.1 การประเมินคุณภาพทางเคมี จะทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยนำเต้าหู้ 5 กรัม ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน [11] วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธี Kjeldahl

3.2 การประเมินคุณภาพทางกายภาพ จะทำการวัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunterlab Tristimulus Colorimeter ซึ่งจะวัดค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าความแดง ( $a^*$ ) และค่าความเหลือง ( $b^*$ ) ของเต้าหู้ วัดลักษณะเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA) ด้วยเครื่อง Texture analyzer (TA-XT2, Stable Micro Systems, UK) โดยตัดเต้าหู้เป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาด  $10 \times 10 \times 10$  มม. ใช้หัววัดชนิด cylindrical probe ขนาด 25 มม. กดลงบนตัวอย่างด้วยอัตราเร็ว 1 มม./วินาที เป็นระยะทาง 50 เปอร์เซ็นต์ของความสูงตัวอย่าง และกำหนดระยะเวลาระหว่างการกดครั้งแรกกับครั้งที่สองนาน 30 วินาที บันทึกค่าความแข็ง (Hardness) ค่าการรวมเป็นเนื้อเดียวกัน (Cohesiveness) ค่าความเหนียว (Gumminess) ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness) และค่าการคืนตัว (Springiness)

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต (yield) จะแสดงเป็นน้ำหนักของเต้าหู้สดที่ได้ (กิโลกรัม) ต่อน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง (กิโลกรัม) [11]

3.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส จะใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน เพื่อประเมินความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ 9-point hedonic scale และวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกอย่างสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD)

3.5 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้ จะทำการบรรจุเต้าหู้ ( $10 \times 5 \times 5$  ซม.) ในถุงโพลีพรอพิลีนแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สุ่มเก็บตัวอย่างทุก ๆ 3 วัน เป็นเวลา 15 วัน นำมาวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดตามวิธีของ Yousef และ Carlstrom (2003) [13]

#### 4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

### ผลการวิจัยและวิจารณ์

#### 1. การประเมินคุณสมบัติทางเคมีและผลผลิตของเต้าหู้

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน และผลผลิตของเต้าหู้ พบว่าปริมาณความชื้น โปรตีน และผลผลิตของเต้าหู้ที่เติมและไม่เติมโคโตซาน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) (ตารางที่ 1) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเติมโคโตซานไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น โปรตีน และผลผลิตของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ โดยเต้าหู้ที่ได้จากการทดลองจะมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 74 – 75 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 13 – 14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเต้าหู้ทั่วไปที่วางขายในท้องตลาดซึ่งจะมีปริมาณความชื้นและโปรตีนประมาณ 74.83 และ 12.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ [3] ด้านผลผลิตของเต้าหู้พบว่าเต้าหู้ที่เติมและไม่เติมโคโตซานจะได้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปริมาณความชื้นที่ไม่แตกต่างกัน เมื่อคำนวณออกมาในรูปของผลผลิตจึงไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 1 ปริมาณความชื้น โปรตีน และผลผลิตของเต้าหู้ที่เติมและไม่เติมโคโตซาน

| โคโตซาน (%) | ความชื้น <sup>ns</sup> (%) | โปรตีน <sup>ns</sup> (%) | ผลผลิต <sup>ns</sup> (kg/kg) |
|-------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 0           | 74.99                      | 13.57                    | 1.33                         |
| 0.01        | 74.51                      | 14.02                    | 1.31                         |
| 0.02        | 74.46                      | 13.44                    | 1.32                         |
| 0.03        | 74.65                      | 13.25                    | 1.32                         |

หมายเหตุ <sup>ns</sup> แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ )

## 2. การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ

การเติมไคโตซานลงในผลิตภัณฑ์เต้าหู้นั้นไม่มีผลต่อค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าความแดง ( $a^*$ ) และค่าความเหลือง ( $b^*$ ) ของเต้าหู้ (ตารางที่ 2) ทั้งนี้อาจเนื่องจากไคโตซานที่ใช้ในการทดลองนั้นเป็นไคโตซานที่ได้จากการสกัดจากไคตินโดยใช้กรดอะซิติกเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และมีพีเอชเป็นกลาง ซึ่งไคโตซานที่ได้นั้นไม่มีสีจึงไม่มีผลต่อสีของเต้าหู้ และเมื่อพิจารณาจากค่าสีของเต้าหู้ที่ได้จากการทดลอง พบว่า เต้าหู้ที่ได้มีแนวโน้มเป็นสีขาวนวล ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของเต้าหู้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเต้าหู้แผ่น [4]

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ (ตารางที่ 3) พบว่า การเติมไคโตซานมีผลทำให้ค่าความแข็งของเต้าหู้เพิ่มขึ้นซึ่งอาจเนื่องจากโมเลกุลของไคโตซานมีประจุบวก เมื่อโปรตีนในถั่วเหลืองได้รับความร้อนจากการต้มถั่วเหลืองโปรตีนจะเสียสภาพธรรมชาติไป โปรตีนที่เสียสภาพธรรมชาติก็จะมีประจุเป็นลบและจะไปจับกับประจุบวกของไคโตซานและประจุบวกของตัวตกตะกอนทำให้โปรตีนมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้าและเข้ามาจับกันด้วย hydrophobic interaction เกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายขึ้นมา [5] ดังนั้นถ้าเติมไคโตซานเพิ่มมากขึ้นเต้าหู้ที่ได้ก็จะมีลักษณะแข็งขึ้น สำหรับค่าการรวมเป็นเนื้อเดียวกัน พบว่าการเติมไคโตซานในปริมาณที่เพิ่มขี้นมีผลให้แนวโน้มของค่าการรวมเป็นเนื้อเดียวกันลดลง อาจเนื่องจากไคโตซานมีผลทำให้ลักษณะเนื้อของเต้าหู้มีความแข็งเพิ่มขึ้น เต้าหู้จะเกิดการแยกตัวหรือเสียรูปได้ง่าย ทำให้การรวมเป็นเนื้อเดียวกันในผลิตภัณฑ์เต้าหู้ลดลง

เมื่อพิจารณาค่าความเหนียว พบว่าการเติมไคโตซานมีผลทำให้ค่าความเหนียวของเต้าหู้เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากเต้าหู้ที่เติมไคโตซานมีค่าความแข็งมากกว่าเต้าหู้ที่ไม่เติมไคโตซานและอาจเนื่องมาจากการจับกันระหว่างประจุลบของโปรตีนกับประจุบวกของไคโตซานและประจุบวกของตัวตกตะกอน เกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายขึ้นมา [5] เต้าหู้ที่ได้ก็จะมีลักษณะแข็งจึงส่งผลต่อค่าความเหนียวของเต้าหู้ สำหรับค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว พบว่าเต้าหู้ที่ไม่เติมไคโตซานมีค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวน้อยที่สุด ซึ่งอาจเนื่องจากเต้าหู้ที่ไม่เติมไคโตซานมีค่าความแข็งและค่าความเหนียน้อย มีลักษณะเนื้อนุ่ม จึงใช้แรงในการเคี้ยวน้อย ส่วนค่าการคินตัว พบว่าเต้าหู้ที่ไม่เติมไคโตซานมี ค่าการคินตัวมากที่สุด อาจเนื่องจากเต้าหู้ที่ไม่เติมไคโตซานมีลักษณะเนื้อนุ่ม ยืดหยุ่น มีค่าความแข็งและค่าความเหนียน้อย ทำให้อัตราส่วนในการคินรูปของผลิตภัณฑ์ดีกว่าเต้าหู้ที่เติมไคโตซาน

ตารางที่ 2 ค่าสีของเต้าหู้ที่เติมและไม่เติมโคโคซาน

| โคโคซาน (%) | ค่าความสว่าง <sup>ns</sup> (L*) | ค่าความแดง <sup>ns</sup> (a*) | ค่าความเหลือง <sup>ns</sup> (b*) |
|-------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 0           | 81.00                           | 1.27                          | 12.97                            |
| 0.01        | 80.91                           | 1.25                          | 13.17                            |
| 0.02        | 80.12                           | 1.34                          | 13.33                            |
| 0.03        | 80.09                           | 1.51                          | 13.73                            |

หมายเหตุ <sup>ns</sup> แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ )

ตารางที่ 3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ที่เติมและไม่เติมโคโคซาน

| โคโคซาน (%) | ลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้   |                            |                                |                                |                           |
|-------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
|             | Hardness <sup>1/</sup><br>(N) | cohesiveness <sup>1/</sup> | Gumminess <sup>1/</sup><br>(g) | Chewiness <sup>1/</sup><br>(g) | Springiness <sup>1/</sup> |
| 0           | 792 <sup>c</sup>              | 0.81 <sup>a</sup>          | 639.47 <sup>c</sup>            | 604.84 <sup>c</sup>            | 0.95 <sup>a</sup>         |
| 0.01        | 950 <sup>b</sup>              | 0.79 <sup>b</sup>          | 748.25 <sup>b</sup>            | 678.23 <sup>b</sup>            | 0.86 <sup>b</sup>         |
| 0.02        | 1176 <sup>a</sup>             | 0.75 <sup>c</sup>          | 882.83 <sup>a</sup>            | 777.09 <sup>a</sup>            | 0.88 <sup>b</sup>         |
| 0.03        | 1099 <sup>a</sup>             | 0.71 <sup>d</sup>          | 776.02 <sup>b</sup>            | 677.54 <sup>b</sup>            | 0.87 <sup>b</sup>         |

หมายเหตุ <sup>1/</sup> อักษรกำกับเหนือลักษณะที่ทดสอบที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ )

### 3. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิม 30 คน พบว่า สี กลิ่น และรสชาติของเต้าหู้ที่เติมและไม่เติมไคโตซานไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของเต้าหู้ที่เติมและไม่เติมไคโตซาน จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) (ตารางที่ 4) แสดงว่าปริมาณไคโตซานไม่มีผลต่อลักษณะสี กลิ่น และรสชาติของเต้าหู้ แต่จะมีผลต่อเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชิมจะให้การยอมรับเต้าหู้ที่ไม่เติมไคโตซานมากกว่าเต้าหู้ที่เติมไคโตซาน แต่เมื่อพิจารณาจากความชอบโดยรวม จะพบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับเต้าหู้ที่ไม่เติมไคโตซานและเต้าหู้ที่เติมไคโตซาน 0.01 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) และถ้าเปรียบเทียบระหว่างเต้าหู้ที่เติมไคโตซาน 0.01, 0.02 และ 0.03 เปอร์เซ็นต์ ผู้ทดสอบชิมจะให้การยอมรับเต้าหู้ที่เติมไคโตซาน 0.01 เปอร์เซ็นต์ มากที่สุด

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ที่เติมและไม่เติมไคโตซาน

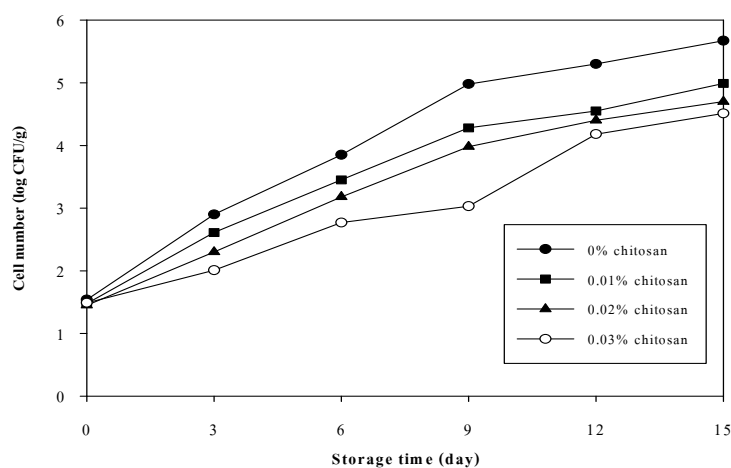
| ไคโตซาน<br>(%) | ลักษณะทางประสาทสัมผัส |                     |                      |                           |                             |
|----------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------|
|                | สี <sup>ns</sup>      | กลิ่น <sup>ns</sup> | รสชาติ <sup>ns</sup> | เนื้อสัมผัส <sup>1/</sup> | ความชอบโดยรวม <sup>1/</sup> |
| 0              | 7.43                  | 7.37                | 6.57                 | 7.53 <sup>a</sup>         | 7.57 <sup>a</sup>           |
| 0.01           | 7.33                  | 7.27                | 6.50                 | 6.77 <sup>b</sup>         | 7.13 <sup>ab</sup>          |
| 0.02           | 7.30                  | 6.97                | 6.27                 | 6.07 <sup>c</sup>         | 6.90 <sup>b</sup>           |
| 0.03           | 7.30                  | 6.93                | 6.17                 | 5.80 <sup>c</sup>         | 6.37 <sup>c</sup>           |

หมายเหตุ <sup>ns</sup> แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ )

<sup>1/</sup> อักษรกำกับเหนือลักษณะที่ทดสอบที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ )

#### 4. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้ (ภาพที่ 1) พบว่าหลังจากการเก็บเต้าหู้เป็นเวลา 15 วัน เต้าหู้ที่ไม่เติมโคโคซานจะมีแนวโน้มของปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ส่วนการใช้โคโคซานในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในเต้าหู้ลดน้อยลง เต้าหู้ที่เติมโคโคซาน 0.01 0.02 และ 0.03 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่า  $4.60 \log \text{CFU/g}$  ซึ่งเป็นจำนวนที่ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเต้าหู้แผ่น ซึ่งกำหนดให้เต้าหู้แผ่นจะต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน  $4.70 \log \text{CFU/g}$  [4] นอกจากการเก็บรักษาลักษณะเต้าหู้ในสภาวะอุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) จะช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้ได้ การเติมโคโคซานลงในผลิตภัณฑ์เต้าหู้ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้เต้าหู้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น การใช้โคโคซานในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในเต้าหู้ลดน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim *et. al.* (2007) [9] ที่ได้มีการใช้ผงสกัดจากเปลือกหอยนางรม (oyster shell powder) ในการยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้ และพบว่าการใช้ผงสกัดจากเปลือกหอยนางรม 0.05 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้ได้ อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้เมื่อพิจารณาผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาร่วมกับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้ พบว่าการใช้โคโคซาน 0.01 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับการผลิตเต้าหู้จะมีความเหมาะสมมากที่สุด โดยจะทำให้เต้าหู้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นและผู้บริโภคให้การยอมรับเป็นอย่างดี



ภาพที่ 1 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดของเต้าหู้ที่เติมและไม่เติมไคโตซานระหว่างการเก็บรักษา

## สรุป

จากการการศึกษาผลของไคโตซานต่อคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้พบว่า การใช้ไคโตซานร่วมกับการผลิตเต้าหู้จะไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น โปรตีน ผลผลิต และสีของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ สำหรับลักษณะ เนื้อสัมผัสของเต้าหู้ พบว่า การใช้ไคโตซานในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เต้าหู้มีค่าความแข็ง ความเหนียว และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวสูงกว่าเต้าหู้ที่ไม่เติมไคโตซาน ส่วนค่าการรวมเป็นเนื้อเดียวกันและค่าการคืนตัวมีค่าน้อยกว่าเต้าหู้ที่ไม่เติมไคโตซาน การประเมินความชอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับเต้าหู้ที่ไม่เติมไคโตซานมากที่สุด สำหรับการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้พบว่า การใช้ไคโตซานร่วมกับการผลิตเต้าหู้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้แนวโน้มของเชื้อแบคทีเรียลดน้อยลง เมื่อพิจารณาผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสร่วมกับอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้ พบว่า การใช้ไคโตซาน 0.01 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการผลิตเต้าหู้จะทำให้เต้าหู้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นและผู้บริโภคให้การยอมรับเป็นอย่างดี ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ไคโตซานร่วมกับการผลิตเต้าหู้ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

- [1] นภาพร เขียวชาญ และ ธนรัตน์ ศรีธรรมาธิช. 2547. โคลิโคซานกับการยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหาร. *วารสารอาหาร*. 34(2): 120-123.
- [2] เฟลินใจ ตั้งคณะกุล. 2545. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้. *วารสารอาหาร*. 32(2) : 92-97.
- [3] ประเสริฐ สายสิทธิ์. 2527. ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [4] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเต้าหู้แผ่น*. มผช. 461-2547.
- [5] อรุณา คำแดง. 2549. *ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลาทราย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [6] Chang, K.L.B., Lin, Y.S. and Chen, R.H. 2003. The effect of chitosan on the gel properties of tofu (soybean curd). *J. Food Eng.* 57: 315-319.
- [7] Chen, M.C., Yeh, G.H.C. and Chiang, B.H. 1996. Antimicrobial and physiochemical properties of methylcellulose and chitosan films containing a preservative. *J. Food Proc. Preserv.* 20: 379-390.
- [8] Darmadji, P. and Izumimoto, M. 1994. Effect of chitosan in meat preservation. *Meat Sci.* 38: 243-254.
- [9] Kim, Y.S., Choi, Y.M., Noh, D.O., Cho, S.Y. and Suh, H.J. 2007. The effect of oyster shell powder on the extension of the shelf life of tofu. *Food Chem.* 103: 155-160.
- [10] Roller, S. and Covill, N. 2000. The antimicrobial properties of chitosan in mayonnaise and mayonnaise-based salads. *J. Food Prot.* 63: 202-209.
- [11] Tsai, S.J., Lan, C.Y., Kao, C.S. and Chen, S.C. 1981. Studies on the yield and quality characteristics of totu. *J. Food Sci.* 46: 1734-1740.
- [12] Wang, H.L., Swain, E.W. and Kwolek, W.F. 1983. Effect of soybean varieties on the yield and quality of tofu. *Cereal Chem.* 60(3): 245-248.

- [13] Yousef, A.E. and Carlstrom, C. 2003. *Food Microbiology: A Laboratory Manual*. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.