การยืดอายุการเก็บรักษาน้ำพริกหนุ่ม ด้วยกระบวนการความดันสูงยิ่ง

อรุณี อภิชาติสรางกูร และ สุทธิศักดิ์ เจษฎาไพสิฐ
Arunee Apichartsrangkoon and Suttisak Jedsadapaisid

ABSTRACT

The aims of this research was to study the effects of ultra-high pressure on physical chemical and microbiological qualities of Nam prig noom stored at 4 °C for 30 days. The same batch of Nam prig noom were preserved by pressure of 400 and 600 MPa for 20 and 40 min, subsequently analyzed for colour L* a* b* , pH, Polyphenoloxidase, Peroxidase and Lypoxigenase activities,vitamin C content and total micro-organism as well as yeast and mold. As increasing storage time would effect on decrease colour for L* value, pH, Polyphenoloxidase, Peroxidase and Lypoxigenase activities as well as vitamin C, while the colour for a* and b* value had a tendency to increase. The number of total micro-organism, yeast and mold remained constant. Overall quality of pressurised Nam prig noom were not significantly different within treatment conditions ($P > 0.05$). For microbiological quality, every pressurised Nam prig noom displayed satisfactory level of micro-organism count throughout the storage time which appeared lower than those standard for community products.

Keywords : Ultra-High Pressure Processing, Nam prig noom

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของความดันสูงยิ่งต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยาของน้ำพริกหนุ่มในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน ที่อุณหภูมิ 4 °ซ โดยนำน้ำพริกหนุ่มที่ผลิตในชุดเดียวกันถนอมด้วยความดันสูงยิ่งระดับ 400 และ 600 เมกะพาสคาล (MPa) และระยะเวลาคงความดัน 20 และ 40 นาที จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพได้แก่ ค่าสี L* a* b*, ค่าความเป็นกรดด่าง กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เปอร์ออกซิเดส และไลพอกซีจิเนส ปริมาณวิตามินซี ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรา พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าสี L*, ค่าความเป็นกรด-ด่าง กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เปอร์ออกซิเดส ไลพอกซีจิเนส และปริมาณวิตามินซี ของน้ำพริกหนุ่มมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าสี a*, b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรามีปริมาณคงที่ ซึ่งคุณภาพโดยรวมของน้ำพริกหนุ่มที่ถนอมโดยความดันสูงยิ่งในแต่ละสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และจากคุณภาพทางจุลชีววิทยาพบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ถนอมโดยความดันสูงยิ่งทุกสิ่งทดลองมีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่า มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนตลอดอายุการเก็บรักษา

คำสืบค้น : Ultra-High Pressure Processing, Nam prig noom

อรุณี อภิชาติสรางกูร และ สุทธิศักดิ์ เจษฎาไพสิฐ. "การยืดอายุการเก็บรักษาน้ำพริกหนุ่มด้วยกระบวนการความดันสูงยิ่ง". อาหาร. 39. 1 (ม.ค.-มี.ค. 2552) 86-95.

หน่วยวิจัยผลิตภัณฑ์อาหารจากธรรมชาติ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คำนำ

น้ำพริกหนุ่มเป็นอาหารพื้นเมืองของภาคเหนือมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ พริกชี้ฟ้าสด หอมแดง กระเทียม และเครื่องปรุงรส ในการผลิตจะนำพริกมาเผาหรืออบ จากนั้นนำมาแกะเปลือกแล้วผสมกับส่วนผสมและเครื่องปรุงรส ปัจจุบันความนิยมบริโภคน้ำพริกหนุ่มมีเพิ่มมากขึ้นนอกจากคนในท้องถิ่นภาคเหนือแล้ว นักท่องเที่ยวจากจังหวัดอื่นก็ให้ความนิยมบริโภคเช่นกันตลาดขนาดใหญ่ในเชียงใหม่มีปริมาณการจำหน่ายน้ำพริกหนุ่มแต่ละวันอยู่ในช่วง 300 - 500 กิโลกรัม แต่น้ำพริกหนุ่มมีอายุการเก็บรักษาสั้นประมาณ 1 วันที่อุณหภูมิห้อง หากเก็บในตู้เย็นจะเก็บได้ 2-3 วัน (อรุณี, 2549) ซึ่งเมื่อผลิตแล้วจำหน่ายไม่หมด จะต้องสูญเสียน้ำพริกที่เหลือไปทำให้สูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจ ผู้ผลิตบางรายจึงวางจำหน่ายน้ำพริกโดยแช่เย็น เพื่อให้เก็บรักษาน้ำพริกได้นานขึ้นแต่อายุการเก็บรักษายังคงสั้นอยู่ ดังนั้นผู้ผลิตบางรายจึงเติมวัตถุกันเสียลงในน้ำพริกเพื่อยืดอายุการเก็บ แต่ส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุกันเสียทำให้ใช้ในปริมาณมากเกินพอจึงอาจเกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้

การถนอมน้ำพริกหนุ่มโดยไม่ใช้สารกันเสียจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหา เทคนิคความดันสูงยิ่งเป็นเทคนิคใหม่ที่ ได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน โดยใช้ความดันสูงยิ่งในช่วง 200-600 เมกะพาสคาล (MPa) ส่งผ่านของเหลวไปยังอาหาร ซึ่งความดันสูงยิ่งที่ใช้จะทำลายจุลินทรีย์ต่างๆ ในอาหารได้บางส่วนและยังมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในอาหาร (อรุณี, 2549) โดยเทคนิคนี้มีข้อดีคือ ความดันสูงยิ่งที่ใช้ไม่มีผลกระทบต่อกลิ่น สี รสชาติและคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำพริกหนุ่ม โดยใช้ความดันสูงยิ่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบ

พริกหนุ่มพันธุ์จักรพรรดิ์ หอมแดง และกระเทียม จากตลาดเมืองใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

2. อุปกรณ์

- เครื่องความดันสูงยิ่ง (High Pressure Processing ; Mini Foodlab : FPG 5620, England)
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis Spectrophotometer ; Perkin Elmer : Lambda 35, Germany)
- เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter ; Sartorius : PB-10, Germany)
- เครื่องวัดสี (Colorimeter ; Minolta Chroma meter : CR-300, Japan)
- ตู้ถ่ายเชื้อ (Laminar flow ; Heal Force : HFsafe 1200/C, China)
- ตู้บ่มเชื้อ (Incubator ; Gallenkamp, England)

3. การผลิตและถนอมน้ำพริกหนุ่ม

นำวัตถุดิบได้แก่พริกหนุ่มพันธุ์ จักรพรรดิ์ หอมแดงและกระเทียมมาล้างให้สะอาด จากนั้นนำพริกหนุ่มอบในเตาอบอุณหภูมิ 150 ^{o}ซ เป็นเวลา 20 นาที ลอกเปลือกของพริกหนุ่มออกบรรจุในถุงพลาสติกเพื่อรอการผสม อบหอมในเตาอบ 150 ^{o}ซ เป็นเวลา 10 นาที และลวกกระเทียมในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที นำหอมและกระเทียมมาปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่น จากนั้นเก็บไว้ในถุงพลาสติกเพื่อรอการผสม นำวัตถุดิบที่เตรียมไว้มาผสมในเครื่องผสมโดยมีอัตราส่วนดังนี้ พริกหนุ่มอบ 700 กรัม หอมอบ 100 กรัม, กระเทียม 100 กรัม, น้ำปลา 100 กรัม และเกลือป่น 1/2 ช้อนโต๊ะ ผสมจนส่วนผสมเข้ากันดี (อรุณี, 2549) บรรจุน้ำพริกหนุ่ม 100 กรัมในถุง Nylon/LLDPE ขนาดกว้างxยาว เท่ากับ 7x20 ซม ปิดสนิทด้วยความร้อน เข้าเครื่องความดันสูงยิ่ง โดยใช้ระดับความดัน 400 และ 600 เมกะพาสคาล (MPa) และระยะเวลาในการคงความดัน 20 และ 40 นาที จากนั้นเก็บรักษาน้ำพริกหนุ่มทุกสิ่งทดลองไว้ที่ 4 ^{o}ซ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ รวมทั้งชุดควบคุมซึ่งไม่ได้แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง

4. ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของน้ำพริกหนุ่ม

สุ่มตัวอย่างน้ำพริกหนุ่มที่ถนอมโดยความดันสูงยิ่งทั้ง 4 สภาวะและน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทุกๆ 5 วันเป็นเวลา 15 วัน โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

4.1 คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี L* a* b* โดยเครื่อง Minolta Chroma Meter รุ่น CR-300

4.2 คุณภาพทางเคมี

- ค่าความเป็นกรด- ด่าง โดยเครื่อง pH meter Sartorius รุ่น PB-10
- กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส โดยดัดแปลงจาก Flurkey and Jen (1978)
- กิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส โดยดัดแปลงจาก Flurkey and Jen (1978)
- กิจกรรมเอนไซม์ไลพอกซีจิเนส โดยดัดแปลงจาก Gokmen et al. (2004)
- ปริมาณวิตามินซี โดยวิธี A.O.A.C. (2000)

4.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี A.O.A.C. (1998)
- ปริมาณยีสต์และรา โดยวิธี A.O.A.C. (1998)

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์

1. คุณภาพทางกายภาพ

1.1 ค่าสี L*

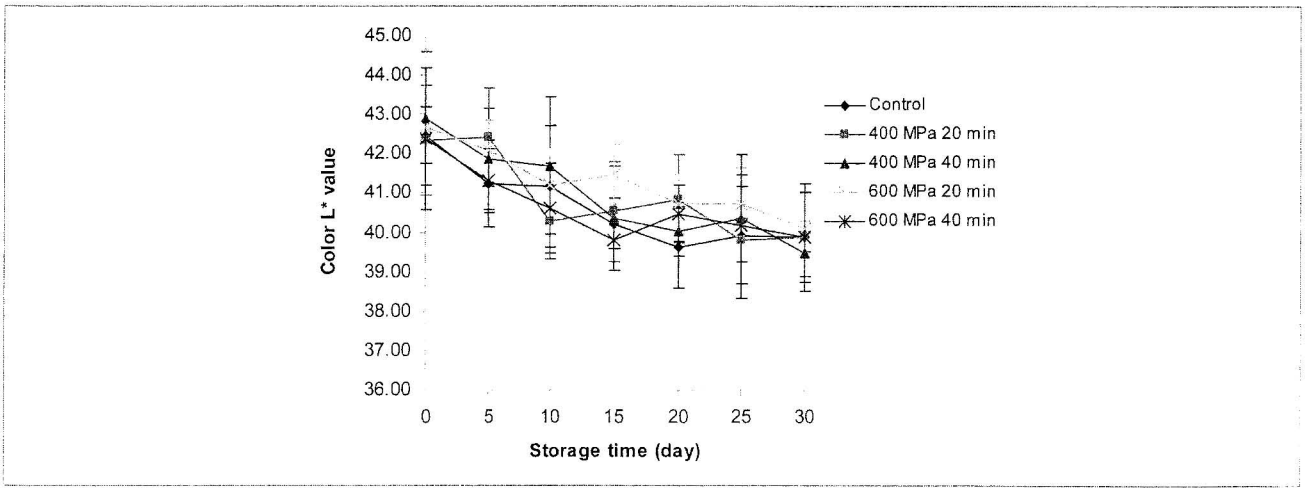

Figure 1. Colour L* value versus storage time at various processing conditions.

Figure 1 พบว่าค่าสี L* ของน้ำพริกหนุ่มในแต่ละสิ่งทดลองมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Figure 1) ซึ่งค่าสี L* ในแต่ละสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าสี L* ของน้ำพริกหนุ่มในแต่ละสิ่งทดลองมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยค่าสี L* เป็นค่าที่บ่งบอกความสว่างของอาหาร (McGuire,1992) ซึ่งค่า L* ที่ลดลงแสดงว่าน้ำพริกหนุ่มมีสีเข้มขึ้นตามเวลาเก็บรักษา

1.2 ค่าสี a*

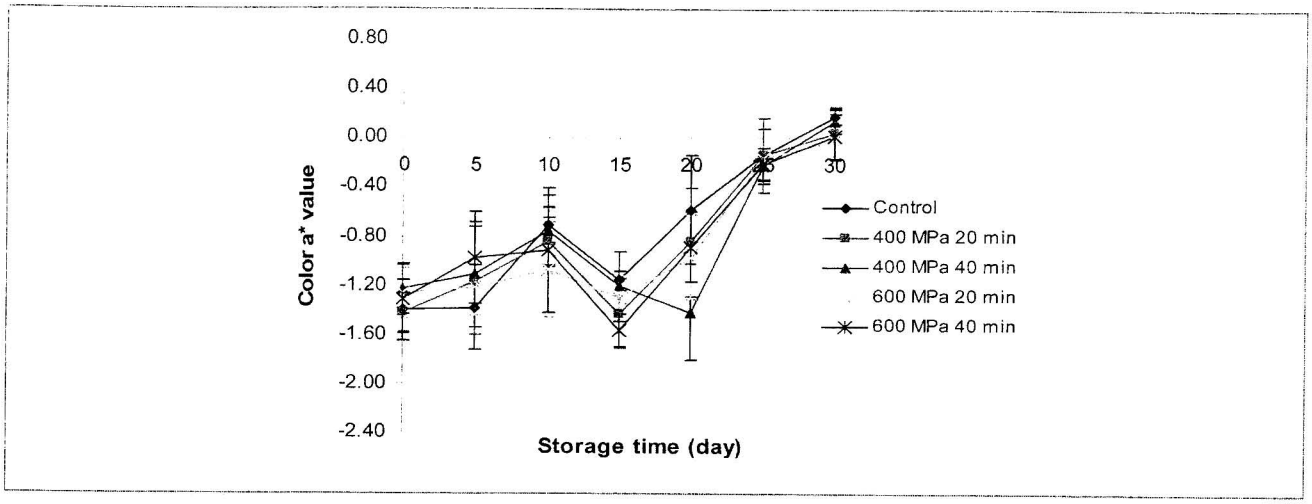

Figure 2. Colour a* value versus storage time at various processing conditions.

Figure 2 พบว่าค่าสี a* ของน้ำพริกหนุ่มในแต่ละสิ่งทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Figure 2) ซึ่งค่าสี a* ในแต่ละสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าสี a* ของน้ำพริกหนุ่มในแต่ละสิ่งทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นซึ่งค่าสี a* เป็นค่าที่แสดงถึงสีเขียวและสีแดงในอาหารโดยหากมีค่าเป็นบวกแสดงถึงอาหารนั้นมีสีแดง หากมีค่าเป็นลบแสดงถึงอาหารนั้นมีสีเขียว (McGuire, 1992) ดังนั้นค่าสี a* เพิ่มขึ้นแสดงว่าน้ำพริกหนุ่มมีสีเขียวลดลง แต่มีเฉดสีน้ำตาลแดง เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

1.3 ค่าสี b*

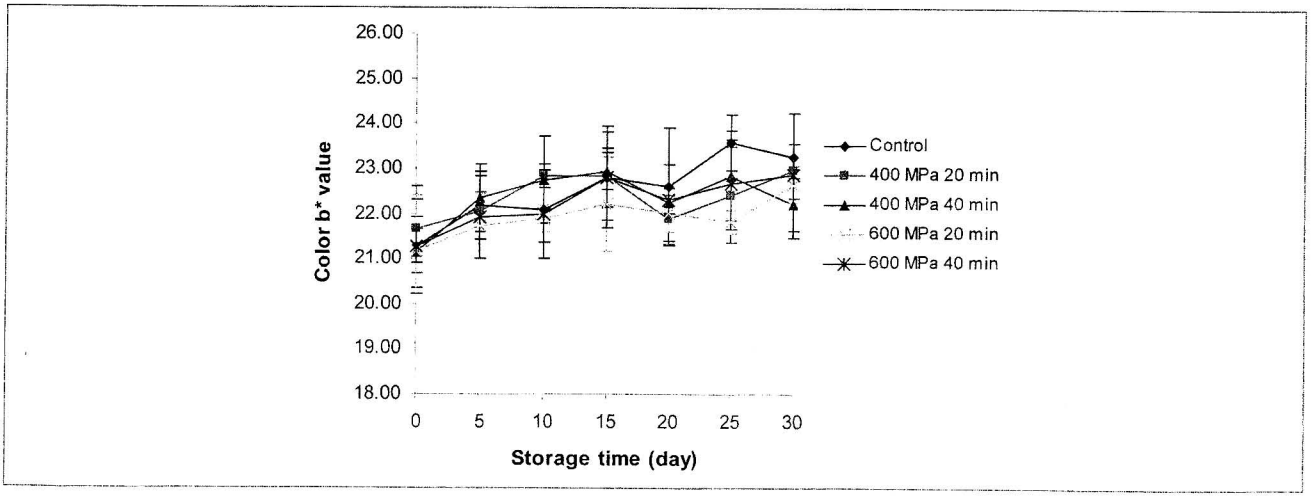

Figure 3. Colour b* value versus storage time at various processing conditions.

Figure 3 พบว่าค่าสี b* ของน้ำพริกหนุ่มในแต่ละสิ่งทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Figure 3) ซึ่งค่าสี b* ในแต่ละสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าสี b* ของน้ำพริกหนุ่มในแต่ละสิ่งทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นซึ่งค่าสี b* เป็นค่าที่แสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงินในอาหารโดยหากมีค่าเป็นบวกแสดงถึงอาหารนั้นมีสีเหลือง หากมีค่าเป็นลบแสดงถึงอาหารนั้นมีสีน้ำเงิน (McGuire,1992) ซึ่งค่าสี b* เพิ่มขึ้นแสดงว่าน้ำพริกหนุ่มมีสีเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

2. คุณภาพทางเคมี

2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

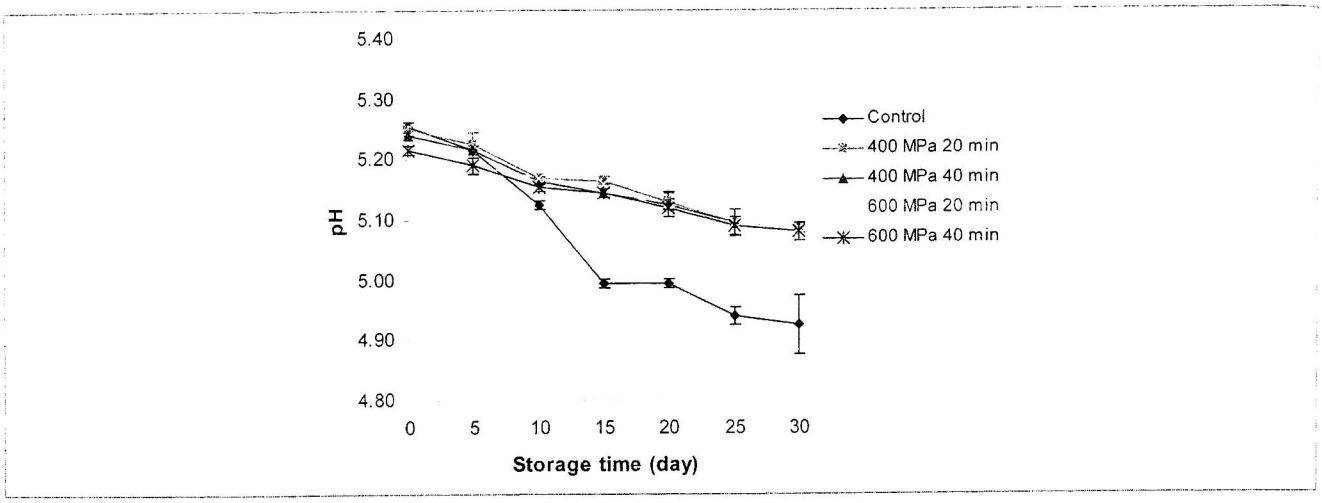

Figure 4. pH versus storage time at various processing conditions.

Figure 4 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำพริกหนุ่มในแต่ละสิ่งทดลองมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Figure 4) ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างในแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่า น้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำพริกหนุ่มที่ถนอมโดยความดันสูงยิ่ง แต่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำพริกหนุ่มที่ถนอม โดยความดันสูงยิ่งทั้ง 4 สภาวะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความเป็นกรด-ด่าง ในแต่ละสิ่งทดลองมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม อาจเนื่องมาจากการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำพริกหนุ่ม เมื่อจุลินทรีย์เจริญจะใช้น้ำตาลโดยเฉพาะกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานในการเจริญเติบโตและผลิตกรดขึ้น (สุมาลี, 2541) ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันสูงยิ่งมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม เนื่องจากความดันสูงยิ่งสามารถทำลายจุลินทรีย์ในน้ำพริกหนุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนแปลงสารอาหารในน้ำพริกหนุ่มโดยจุลินทรีย์จึงลดลง ดังนั้นค่าความเป็นกรด-ด่าง จึงเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

2.2 กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

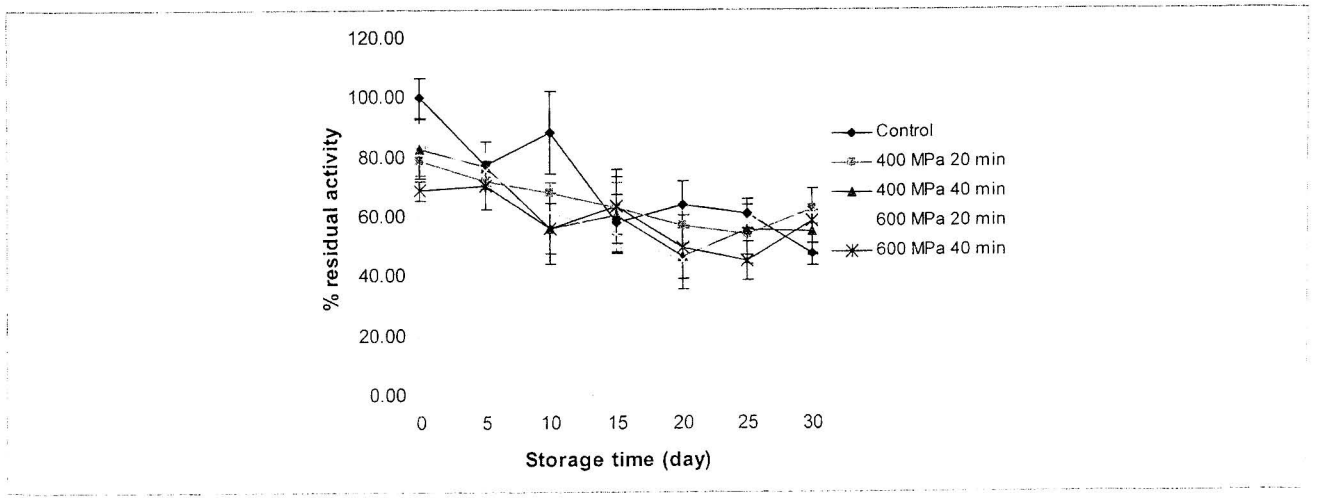

Figure 5. Activities of Polyphenoloxidase versus storage time at various processing conditions.

กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ ถ้ามีหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ปริมาณมากอาจทำให้มีสีเข้มขึ้นในระหว่างเก็บรักษาได้ (Fennema, 1996) Figure 5 พบว่า กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของน้ำพริกหนุ่มในแต่ละสิ่งทดลองมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Figure 5) ซึ่งกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสใน แต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย พบว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมมีกิจกรรมเอนไซม์เหลืออยู่สูงสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำพริกหนุ่มที่ถนอม โดยความดันสูงยิ่งแต่น้ำพริกหนุ่มที่ถนอมโดยความดันสูงยิ่งทั้ง 4 สภาวะมีกิจกรรมเอนไซม์เหลืออยู่(60-80%)ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและ พบว่ากิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของน้ำพริกหนุ่มในแต่ละสิ่งทดลองมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อาจเป็นสาเหตุให้ค่าสีของ Figure 1 , 2 และ 3 เปลี่ยนแปลงตามเวลาเก็บรักษา เพราะยังมีกิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสเหลืออยู่พอสมควร (Phunchaisri and Apichartsrangkoon, 2005, Rosenthal et. al , 2002) การลดลงของกิจกรรมเอนไซม์อาจมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงบริเวณเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ (Active site) โดยเอนไซม์จะมีบริเวณที่เรียกว่า Active site ซึ่งจำเพาะต่อสารสับสเตรท ซึ่งบริเวณนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ในการเร่งปฏิกิริยาชีวเคมี เมื่อสายพอลิเปปไทด์ ของโปรตีนก่อพันธะกันทำให้เกิดโครงสร้างระดับตติยภูมิและจตุรภูมิขึ้นที่บริเวณนี้ โดยพันธะที่พบในโครงสร้างระดับนี้เป็นพันธะนอนโควาเลนท์ เช่น พันธะไฮโดรเจน พันธะไฮโดรโฟรบิค เป็นต้น (Hendrickx and Knorr, 2002) ซึ่งสามารถถูกทำลายได้ง่าย ดังนั้นเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำพริกหนุ่มลดลง ทำให้พันธะของสายพอลิเปปไทด์ของเอนไซม์เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของประจุของกรดอะมิโน ซึ่งหากเกิดการเปลี่ยนแปลงที่บริเวณ Active site จะทำให้ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ ดังนั้นกิจกรรมเอนไซม์จึงลดลง โดยทั่วไปเอนไซม์ส่วนใหญ่จะเสถียรในค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เป็นกลาง เนื่องจากน้ำพริกหนุ่ม ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างค่อนไปทางกรด ดังนั้นความเสถียรของเอนไซม์ จึงลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

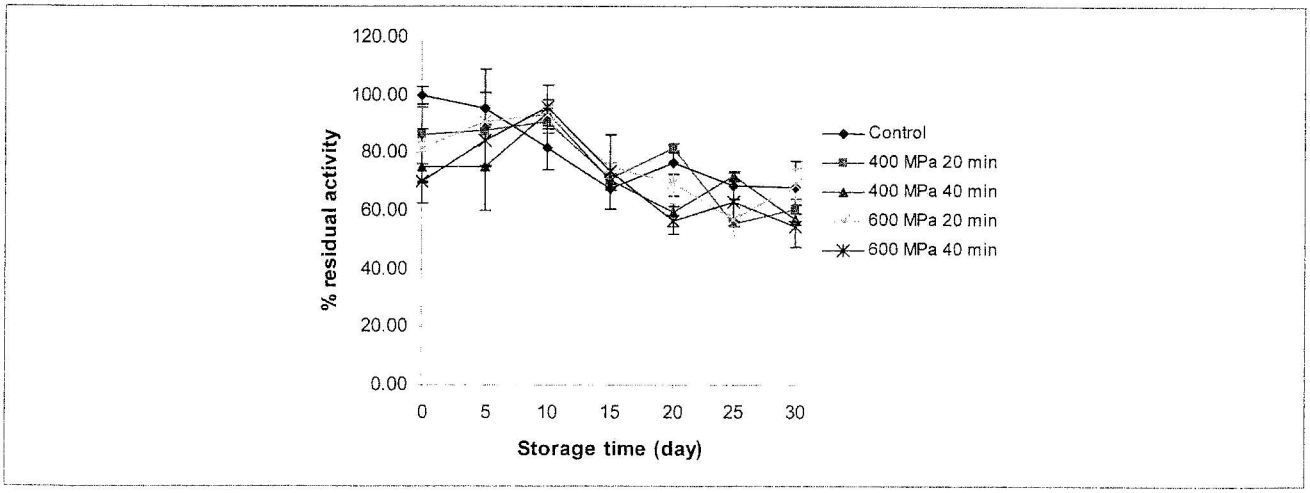

Figure 6. Activities of Peroxidase versus storage time at various processing conditions.

2.3 กิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

กิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส มีผลต่อสีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์ หากมีปริมาณมากอาจทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงได้ (Fennema,1996) Figure 6 พบว่ากิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของน้ำพริกหนุ่มที่ถนอม โดยความดันสูงยิ่งในแต่ละสิ่งทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 10 วันแรกของการเก็บรักษา แล้วจึงมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Figure 6) ซึ่งกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแต่ละสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นเอนไซม์ที่ทนความดันสูงยิ่ง (Hendrickx and Knorr, 2002) ดังนั้นกิจกรรมเอนไซม์ที่มีค่าเพิ่มขึ้นใน

ช่วงแรกของเก็บรักษา อาจมีผลต่อค่าสีของน้ำพริกหนุ่ม ดังเช่นโพลีฟีนอลออกซิเดส (Fennema,1996) อาจเกิดจากโครงสร้างเอนไซม์บางส่วน ซึ่งเสียสภาพแบบผันกลับได้กลับมาสร้างพันธะนอนโควาเลนท์กันแล้วทำให้โครงสร้างบริเวณ Active site สามารถจับกับสับสเตรทและเร่งปฏิกิริยาได้ ส่วนการลดลงของกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส อธิบายได้เช่นเดียวกับการลดลงของกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส คือเมื่อ pH ของน้ำพริกหนุ่มเปลี่ยน แปลงมากขึ้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงบริเวณ Active Site ของเอนไซม์แล้วทำให้เอนไซม์ไม่สามารถจับกับสับสเตรทได้กิจกรรมของเอนไซม์ จึงลดลงในเวลาต่อมา Phunchaisri and Apichartsrangkoon (2005) ถนอมลิ้นจี่ด้วยความดันสูงยิ่ง พบว่าที่ระดับความดัน 400 - 600 MPa ร่วมกับความร้อน 20 - 40 °ซ. ไม่มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60 °ซ. ที่ระดับความดัน 600 MPa ใช้เวลาคงความดัน 20 นาที สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสลงได้ 50% และ 90% ตามลำดับ

2.4 กิจกรรมเอนไซม์ไลพอกซีจิเนส

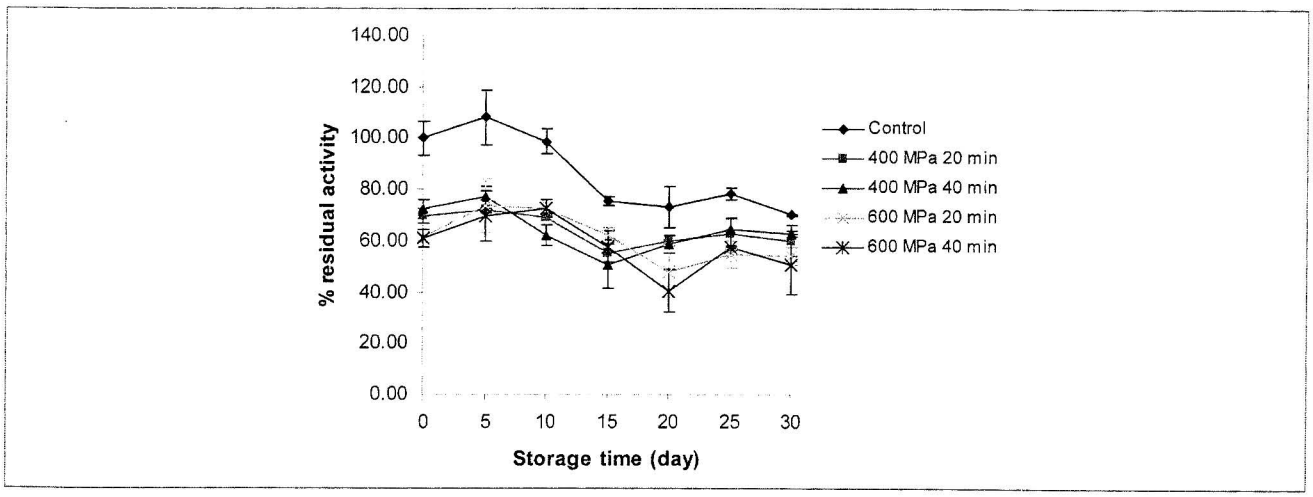

Figure 7. Activities of Lypoxigenase versus storage time at various processing conditions.

กิจกรรมเอนไซม์ไลพอกซีจิเนสมีผลต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะส่วนที่เป็นไขมัน (Fennema1996) Figure 7 พบว่า กิจกรรมเอนไซม์ไลพอกซีจิเนสของน้ำพริกหนุ่มในแต่ละสิ่งทดลองมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Figure 7) ซึ่งกิจกรรมเอนไซม์ไลพอกซีจิเนสในแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยพบว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมมีกิจกรรมเอนไซม์เหลืออยู่สูงที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำพริกหนุ่มที่ถนอม โดยความดันสูงยิ่ง และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดัน 600 MPa เวลา 20 และ 40 นาทีมีกิจกรรมเอนไซม์ต่ำที่สุดและต่างจากน้ำพริกหนุ่มที่ถนอมโดยความดัน 400 MPa 20 และ 40 นาที อย่างมีนัยสำคัญและพบว่ากิจกรรมเอนไซม์ไลพอกซีจิเนสของน้ำพริกหนุ่มในแต่ละสิ่งทดลองมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะเห็นว่ากิจกรรมเอนไซม์ไลพอกซีจิเนสลดลงมากกว่าเปอร์ออกซิเดสหรือโพลีฟีนอลออกซิเดส ถึงอย่างไรก็ตาม ยังมีกิจกรรมเอนไซม์เหลืออยู่ในระหว่างเก็บรักษาอาจทำให้กลิ่นของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงได้

2.5 ปริมาณวิตามินซี

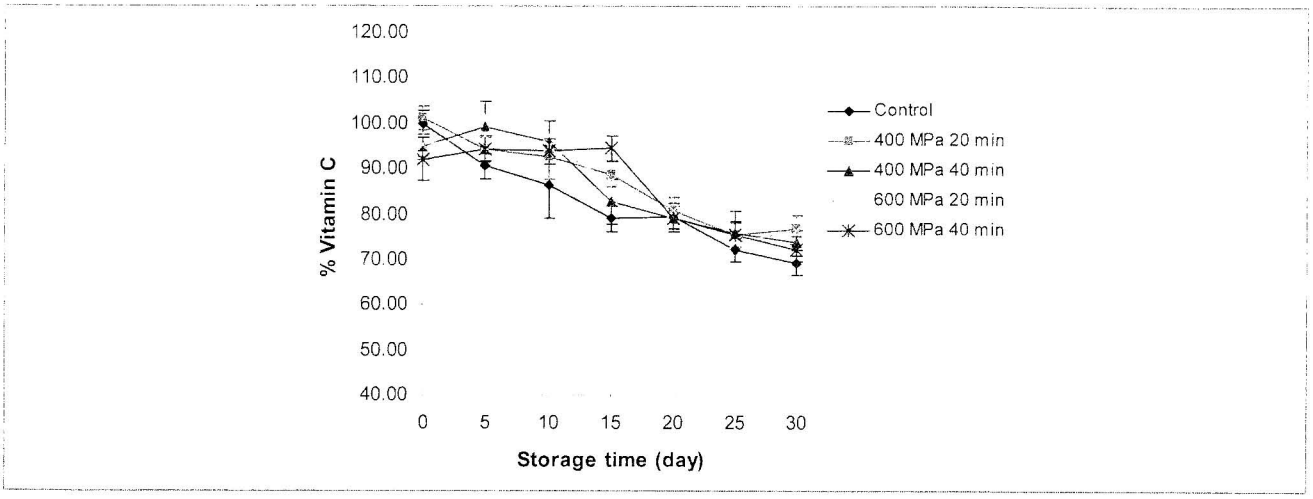

Figure 8. Vitamin C content versus storage time at various processing conditions.

Figure 8 พบว่าปริมาณวิตามินซีของน้ำพริกหนุ่มในแต่ละสิ่งทดลองมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Figure 8) ซึ่งปริมาณวิตามินซีในแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมมีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำพริกหนุ่มที่ถนอมโดยความดันสูงยิ่ง แต่น้ำพริกหนุ่มที่ถนอมโดยความดันสูงยิ่งทั้ง 4 สภาวะมีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณวิตามินซีในแต่ละสิ่งทดลองมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิตามินซีลดลงเล็กน้อยในวันแรกแต่ลดลงประมาณ 30% ในวันที่ 30 เนื่องจากการที่วิตามินซีเป็นสารรีดิวซิงเอเจนต์ที่แรงซึ่งมีความคงตัวต่ำ ดังนั้นเมื่อสัมผัสกับอากาศที่เหลืออยู่ในบรรจุภัณฑ์อาจเกิดการออกซิเดชัน ไปเป็น dehydro-L-ascorbic acid และ diketo-L-gulonic acid ได้ (Fennema, 1996)

3. คุณภาพทางจุลชีววิทยา

3.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

Table 1. Total micro-organism count of nam prig num treated at various processing conditions.

Storage time (day)	Total Plate Count (log cfu/g)				
	Control	400 MPa 20 min	400 MPa 40 min	600 MPa 20 min	600 MPa 40 min
0	2.89	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected
5	3.95	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected
10	6.56	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected
15	7.88	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected
20	8.58	1	Not detected	Not detected	Not detected
25	7.82	1.30	1	1.30	1
30	7.85	1.60	1	1.30	1.30

Table 1 พบว่า น้ำพริกหนุ่มที่ถนอมโดยความดันสูงยิ่งทุกสิ่งทดลอง มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือ 4 log cfu/g ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 1 เดือนแสดงว่าระดับความดันและระยะเวลาคงความดันที่ใช้มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์โดยทั่วไประดับความดัน 300-700 MPa มีผลในการทำลายจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในอาหาร (Phua and Davey, 2007) น้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมพบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมมีปริมาณเพิ่มขึ้น (Table 1) แต่มีปริมาณลดลงหลัง 20 วันของการเก็บรักษา

3.2 ปริมาณยีสต์และรา

จากการทดลองพบว่า น้ำพริกหนุ่มที่ถนอมโดยความดันสูงยิ่งทุกสิ่งทดลอง ตรวจไม่พบยีสต์และราตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่าระดับความดันและระยะคงเวลาที่ใช้มีประสิทธิภาพในการทำลายยีสต์และราในน้ำพริกหนุ่ม โดยทั่วไประดับความดัน 300-700 MPa สามารถทำลายยีสต์และราในอาหารได้ (Bull et al., 2004) ส่วนน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วันตรวจพบปริมาณยีสต์และราเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 293/2547) ซึ่งกำหนดให้น้ำพริกหนุ่มต้องมีปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 10 cfu/g

สรุป

จากการถนอมน้ำพริกหนุ่มด้วยความดันสูงยิ่งเปรียบเทียบกับน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม พบว่าน้ำพริกหนุ่มที่ถนอมโดยความดันสูงยิ่งมีคุณภาพ โดยรวมดีกว่าน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม เนื่องจากความดันสูงยิ่งสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่สามารถยับยั้งเอนไซม์ในน้ำพริกหนุ่มได้บางส่วน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าสีที่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาเก็บรักษา คุณภาพโดยรวมของน้ำพริกหนุ่มที่ถนอมโดยความดันสูงยิ่งทั้ง 4 สภาวะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นกิจกรรมเอนไซม์ไลพอกซีจิเนส ซึ่งพบว่าลดลงมากกว่าเปอร์ออกซิเดสหรือโพลีฟีนอลออกซิเดส สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการถนอมน้ำพริกหนุ่มโดยความดันสูงยิ่ง คือระดับความดัน 600 MPa 20 นาที เนื่องจากคุณภาพโดยรวมไม่แตกต่างจากระดับความดัน 600 MPa 40 นาที แต่ใช้เวลาในการคงความดันน้อยกว่า เมื่อพิจารณาจากคุณภาพจุลชีววิทยาพบว่า น้ำพริกหนุ่มที่ถนอมด้วยความดันสูงยิ่งมีคุณภาพด้านจุลชีววิทยาต่ำกว่าเกณฑ์ตลอดระยะเวลา 30 วันของการเก็บรักษา

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

สุมาลี เหลืองสกุล. 2541. จุลชีววิทยาทางอาหาร. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, กรุงเทพมหานคร.

อรุณี อภิชาติสรางกูร. 2549. การปรับปรุงพันธุ์พริกหนุ่มเพื่อผลิตน้ำพริกหนุ่มที่มีความเผ็ดคงที่และปราศจากรสขม. รายงานการวิจัยฉบับ ส ม บู รณ์ (ปีที่1) เสนอต่อ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

A.O.A.C. 1998. Bacteriological Analytical Manual. 8th ed., AOAC International, Gaithersburg, USA.

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC 17th ed., Association of Official Analytical Chemists, Verginia, USA.

Bull, M. K., Zerdin, K., Howe, E., Goicoechea, D., Paramanandhan, P., Stockman, R., Sellahewa, J., Szabo, E. A., Johnson, L. and Stewart, C. M. 2004. The effect of high pressure processing on the microbial, physical and chemical properties of Valencia and Navel orange juice. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 5: 135 - 149.

Fennema, O.R. 1996 . Food Chemistry . 3rd ed. Marcel Dekker, Inc., New York, 1067 pp.

Flurkey, W. H. and Jen, J. J. 1978. Peroxidase and Polyphenol oxidase activities in developing peaches. **Journal of Food Science.** 43: 1826 - 1831.

Gokmen, V., Bahceci, K., Serpen, A. and Acar, J. 2004. Study of lipoxygenase and peroxidase as blanching indicator enzymes in peas :change of enzyme activity, ascorbic acid and chlorophylls during frozen storage. Lebensmittel - Wissenschaft and Technologie. 38: 903 - 908.

Hendrickx, M. and Knorr, D. 2002. Ultra High Pressure Treatments of Food. New York, USA.

McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience. 27(12) : 1254 - 1255.

Phua, S. T. G. and Davey, K. R. 2007. Predictive modelling of high pressure ($\leq$700 MPa) cold pasteurization ($\leq$ 25 ^{o}C) of Escherichia coli, *Yersinia enterocolitica* and *Listeria monocytogenes* in three liquid foods. Chemical Engineering and Processing. 46: 458 - 464.

Phunchaisri C., and Apichartsrangkoon A. 2005. Effect of ultra-high pressure on biochemical and physical modification of Lychee (Litchi chinensis Sonn.) **Food Chemistry**, 93, 57-64

Rosenthal, A. Ledward, D. Defaye, A. Gilmour, S and Trinca, L. 2002, Effect of pressure, temperature, time and storage on peroxidase and polyphenol oxidase from pineapple Progress in Biotechnology, 19, 525-532