สรุปและเสนอแนะ

สรุป

1. การล้างหน่อไม้ฝรั่งสดและคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งหลังการล้าง

หน่อไม้ฝรั่งที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 ppm สามารถลดปริมาณเชื้อ APC ได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับการล้างด้วยน้ำโอโซน หรือน้ำประปา และเมื่อหน่อไม้ฝรั่งผ่านการล้างไม่ว่าด้วยวิธีใดจะตรวจไม่พบเชื้อ *E.coli* การล้างผักและผลไม้ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นซึ่งจะช่วยยืดอายุการเก็บ และส่งผลดีต่อคุณภาพของผักผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษา

2. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซ และคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งในสภาพปรับบรรยากาศ

หน่อไม้ฝรั่งเมื่อผ่านการล้างด้วยคลอรีน และทำการเก็บรักษาในถุง OPP ในสภาพปรับบรรยากาศแบบ active modified atmosphere packaging ที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มต้น 8.15 $\pm$ 0.29 % และปริมาณก๊าซออกซิเจนเริ่มต้น 17.51 $\pm$ 0.39 % และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลง โดยเข้าสู่สมดุลที่ 13% และ 7% ตามลำดับ และสามารถเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งได้ 8 วัน ภายหลังระบบเข้าสู่สมดุล รวมเป็นอายุการเก็บรักษาทั้งหมด 23 วัน โดยปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี hue angle ของหน่อไม้ฝรั่งลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษาดังกล่าว

3. การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่ง

เมื่อนำลักษณะปรากฏที่สังเกตได้มาเป็นเกณฑ์ในการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการทำนายอายุการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่ง พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่ผ่านการล้างด้วยคลอรีน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C มีอายุการเก็บรักษา 23 วัน ซึ่งใกล้เคียงกับผลในการทดลองจริง ส่วนผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ได้จากโปรแกรม Quick Basic เมื่อนำมาหาความชันระหว่างจุด พบว่า ปริมาณก๊าซออกซิเจนเข้าสู่สมดุลในวันที่ 12 โดยมีค่าความชันน้อยกว่า 0.001 และมีการเปลี่ยนแปลงค่าความ

ชันเกินระดับที่กำหนดในวันที่ 20 แสดงว่า มีอายุการเก็บรักษาภายหลังระบบเข้าสู่สมดุล 8 วัน เท่ากับผลจากการทดลองจริงเช่นเดียวกัน

ข้อเสนอแนะ

1. หากต้องการทราบถึงประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อ *E.coli* อย่างชัดเจน ควรทำการจุ่มตัวอย่างหน่อไม้ฝรั่งลงในสารละลาย *E.coli* ที่เตรียมความเข้มข้นไว้แน่นอน (inoculated) ก่อนทำการทดลอง แต่เนื่องจากในการทดลองนี้ต้องการศึกษาสภาพจริงจากแปลงปลูกหน่อไม้ฝรั่งของเกษตรกร ดังนั้น หากไม่มีการปนเปื้อนในปริมาณมากจากแหล่งผลิตก็เป็นการดีที่จะสามารถใช้สารเคมีในการล้างที่น้อยลงได้

2. ในการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งนั้น หน่อไม้ฝรั่งมีอัตราการหายใจสูงจึงทำให้มีการคายน้ำสูง คุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งจึงเสื่อมเสียเร็ว และทำให้เกิดโรคได้ง่าย ส่งผลให้หน่อไม้ฝรั่งมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง ดังนั้นจึงควรที่จะจัดหาวัสดุที่สามารถดูดซับน้ำได้ใส่ลงไปในถุงพลาสติกที่บรรจุหน่อไม้ฝรั่งในการเก็บรักษา หรือใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีการระบายอากาศดี

3. ควรมีการทดลองเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่อุณหภูมิอื่น หรือความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซที่แตกต่างออกไปจากการทดลอง เพื่อพิสูจน์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายการเปลี่ยนแปลงของก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ และอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่ง

4. งานวิจัยที่น่าจะทำในอนาคตคือ การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโอโซนให้สูงขึ้น เพื่อให้สามารถใช้ทดแทนสารละลายคลอรีนได้ โดยอาจใช้ก๊าซออกซิเจนเป็นตัวกำเนิดโอโซนแทนอากาศ และควรปรับปรุงการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้สามารถทำนายสภาวะเริ่มต้นในการบรรจุ (ปริมาณก๊าซออกซิเจน, ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ความหนาของฟิล์ม, ค่าการแพร่ผ่านของฟิล์ม และอื่น ๆ) เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการเลือกใช้ของผู้ผลิต และส่งออกสำหรับผักผลไม้ชนิดอื่น หรือผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2548. **1 ปี กับโครงการอาหารปลอดภัย.** แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/th/ShowArticles.aspx?id=1458, 14 สิงหาคม 2549.

กรมศุลกากร, 2548. **สถิติการนำเข้า – ส่งออก.** แหล่งที่มา: http://www.nfi.or.th/stat/, 14 สิงหาคม 2549.

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์. 2543. **รายงานข้อมูลการค้าของประเทศไทย.** แหล่งที่มา: http://www.bot.or.th/govnr/public/Information/source-econ.htm, 14 สิงหาคม 2549.

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2541ก. **การปลูกหน่อไม้ฝรั่ง.** แหล่งที่มา: http://www.doae.go.th/library/html/detail/asparagus/03.htm, 1 สิงหาคม 2549.

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2541ข. **การปลูกหน่อไม้ฝรั่งหน่อขาว.** แหล่งที่มา: http://www.doae.go.th/library/html/detail/normai/index.html, 1 สิงหาคม 2549.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2537. **ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** พิมพ์ครั้งที่ 5. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2546. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประพาพรัตน์ ทองเนาวรัตน์. 2540. **การจำลองทางคณิตศาสตร์ของบรรยากาศดัดแปรภายในบรรจุภัณฑ์พอลิเมอร์สำหรับผักและผลไม้สด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2535. **เอนไซม์ทางอาหาร ตอนที่ 1.** พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ผาติพงศ์ สระวาลี. 2527. **การผลิตหน่อไม้ฝรั่งในหมู่บ้านโครงการหุบกะพง.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยิ่งศักดิ์ บุญชำนาญ .2543 .**การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิ ความชื้น และค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซของฟิล์มพอลิเมอร์ต่อบรรยากาศดัดแปรภายในบรรจุภัณฑ์สำหรับผัก และผลไม้สด .**วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

เย็นจิตต์ ปิยะแสงทอง. 2535. **ผลของการใช้สารเคมี การแช่น้ำ การลดอุณหภูมิ และการบรรจุที่มีต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งหลังเก็บเกี่ยว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2536. **การสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 4. New Touch Media Corporation, กรุงเทพฯ.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2542. **การสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 5. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สมชาย กล้าหาญ .2542 .อิทธิพลของระดับคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออายุการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่ง , น .218 – 227 .ใน **เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ 30 ปี เกษตรเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วันที่ 24 – 25 มิถุนายน .2542** คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ,กรุงเทพฯ.

สมยศ เชิญอักษร. 2540. **การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับระบบทางวิศวกรรม.** ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สุภารัตน์ ภูช่างทอง. 2544. **อิทธิพลของสัดส่วน CO_2 : O_2 และสารดูดซับเอทธิลีนต่อการเกิดเอทธิลีน คุณภาพ และอายุการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

อรษา แกล้วเกษตรกรณ์. 2536. **ผลของฟิล์มพลาสติกพีวีซี ขนาดของภาชนะบรรจุและการลดอุณหภูมิ โดยใช้น้ำเย็นที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่ง.** ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Albanese, D., L. Russo, L. Cinquanta, A. Brasiello and M. Di Matteo. 2007. Physical and chemical changes in minimally processed green asparagus during cold-storage. **Food Chem.** 101: 274 – 280.

Association of Official Analysis Chemists. 2000. Official Methods of Analysis, 17th ed. Association of Official Analysis Chemists., Washington, DC.

Baur, S., R. Klaiber, W.P. Hammes and R. Carle. 2004. Sensory and microbiological quality of shredded, packaged iceberg lettuce as affected by pre-washing procedures with chlorinated and ozonated water. **Innovative Food Sci. and Emerg. Tech.** 5: 45 – 55.

Beuchat, L.R. 1996. Pathogenic microorganisms associated with fresh produce. **J. Food Proc.** 59(2): 204 – 216.

Brash, D.W., C.M. Charles, S. Wright and L. Bycroft. 1995. Shelf-life of stored asparagus is strongly related to postharvest respiratory activity. **Postharvest Biol. Technol.** 5: 77 – 81.

Campers, A.K. and G.A. MacFeters. 1979. Chlorine injury and the enumeration of waterborne coliform bacteria. **Appl. Environ. Microbiol.** 37(3): 633 – 641.

Cords, B.R. and G.R. Dychdala. 1993. Sanitizers: halogens, surface-active agents and peroxides. *In* P.M. Davidson and A.L. Branen, eds. **Antimicrobials in Foods.** 2nd ed. Marcel Dekker, New York.

Christie, G.B.Y., J.I. Macdiarmid, K. Schliephake and R.B. Tomkins. 1995. Determination of film requirements and respiratory behaviour of fresh produce in modified atmosphere packaging. **Postharvest Biol. and Tech.** 6: 41 – 54.

FDA. 1999. Microbiological safety evaluations and recommendations on sprouted seeds. **FDA.** Available source: http://www.cfsan.fda.gov/~mow/sprouts2.html, March 21, 2005.

Garcia, A., J.R. Mount and P.M. Davidson. 2003. Ozone and chlorine treatment of minimally processed lettuce. **J. Food Sci.** 68: 2747 – 2751.

Garcia-Gimeno, R.M., A.M. Castillejo-Rodriguez, E. Barco-Alcala and G. Zurera-Cosano. 1998. Determination of packaged green asparagus shelf-life. **Food Microbiology.** 15: 191 – 198.

Hagger, P.E., D.S. Lee and K.L. Yam. 1992. Application of an enzyme kinetics based respiration model to closed system experiments for fresh produce. **J. Food Proc Eng.** 15: 143 – 157.

Hertog, M.L.A.T.M., H.W. Peppelenbos, R.G. Evelo and L.M.M. Tijskens. 1998. A dynamic and generic model of gas exchange of respiring produce: the effects of oxygen, carbon dioxide and temperature. **Postharvest Biol Technol.** 14: 355 – 349.

Hong, S.I. and D.M. Kim. 2001. Influence of oxygen concentration and temperature on respiratory characteristics of fresh-cut green onion. **International J. Food Sci. and Tech.** 36: 283 – 289.

Huyskens-Keil, S. and R. Kadau. 2003. Quality and shelf life of fresh-cut asparagus (*Asparagus officinalis* L.) in different packaging films. pp. 787 – 790. *In* J. Oosterhaven and H.W. Peppelenbos, eds. **International Controlled Atmosphere Research Conference.** Acta Hort. 600. Rotterdam, Netherlands.

Kadau, R., S. Huyskens-Keil, M. Gobmann and C. Buttner. 2003. Postharvest quality dynamic of fresh-cut asparagus (*Asparagus officinalis* L.) in different film packaging, pp. 109 – 113. *In* B.E. Verlinden, B.M. Nicolai and J.D. Baerdemaeker, eds. **International conference postharvest unlimited.** ISHS, Belgium.

Kader, A.A., D. Zagory and E.L. Kerbel. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **CRC Crit. Rev. Fd. Sci. Nut.** 28(1): 1 – 30.

Kader, A.A. 1992. Postharvest biology and technology. **An overview. Postharvest Technology of Horticultural Crops**. Vol. 3311, University of California.

Kim, J.G., A.E. Yousef and S. Dave. 1999. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A Review. **J. Food Proc.** 62: 1017 – 1087.

Lau, M.H., J. Tang and B.G. Swanson. 2000. Kinetics of textural and color changes in green asparagus during thermal treatments. **J. Food Eng.** 45: 231 – 236.

Lee, D.S., P.E. Haggar, J. Lee and K.L. Yam. 1991. Model for fresh produce respiration in modified atmospheres based on principles of enzyme kinetics. **J. Food Sci.** 56: 1580 – 1585.

Lukasse, L.J.S. and J.J. Polderdijk. 2003. Predictive modelling of post-harvest quality evolution in perishables, applied to mushrooms. **J. Food Eng.** 59: 191 – 198.

Makino, Y., K. Iwasaki and T. Hirata. 1996. A Theoretical model for oxygen consumption in fresh produce under an atmosphere with carbon dioxide. **J. Agric. Engng. Res.** 65: 193 – 203.

Man, D. 2002. **Food industry briefing series: shelf life.** Blackwell Science Ltd, London.

Maturin, L.J. and J.T. Peeler. 2001. Aerobic plate count. **Bacteriological Analytical Manual Online.** Available source: http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-3.html, March 21, 2005.

Molloy, E., K. Hassenberg, M. Plöchl, C. Idler, M. Geyer and J. Barnes. 2003. Use of ozonated washing water for the surface decontamination of perishable produce. **Acta Hort.** 599: 577 -582.

Moore, G., C. Griffith and A. Peters. 2000. Bactericidal properties of ozone and its potential application as a terminal disinfectant. **J. Food Prot.** 63(8): 1100 – 1106.

Parish, M.E., L.R. Beuchat, T.V. Suslow, L.J. Harris, E.H. Garrett, J.N. Farber and F.F. Busta. 2003. Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.** 2: 161 – 173.

Powrie, W.D. and B.J. Skura. 1991. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. pp. 169 – 227. *In* B. Ooraikul and M.E. Stiles. eds. **Modified atmosphere packaging of food.** Ellis Horwood, England.

Raghavan, G.S.V., M. Ramachandra, C. Ratti and Y. Gariepy. 1999. Broccoli respiration rate modelling at varying gas compositions and different temperatures. pp. 25 – 30. *In* **International Conference on Agricultural Engineering 99.** Beijing, China.

Robertson, G.L., 1993. Shelf life of foods, pp. 338 – 380. *In* H.A. Hughes, ed. **Food Packaging – Principles and Practice.** Marcel Dekker, New York.

Simon, A., E. Gonzalez-Fandos and V. Tobar. 2004. Influence of washing and packaging on the sensory and microbiological quality of fresh peeled white asparagus. **J. Food Sci.** 69: 6 – 12.

Song, Y., N. Vorsa and K.L. Yam. 2002. Modeling respiration-transpiration in a modified atmosphere packaging system containing blueberry. **J. Food Eng.** 53: 103 – 109.

Uchino, T., D. Nei, W. Hu and S. Sorour. 2004. Development of a mathematical model for dependence of respiration rate of fresh produce on temperature and time. **Postharvest Biol. Technol.** 34: 285 – 293.

Villanueva, M.J., M.D. Tenorio, M. Sagardoy, A. Redondo and M.D. Saco. 2005. Physical, chemical, histological and microbiological changes in fresh green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) stored in modified atmosphere packaging. **Food Chem.** 91: 609 – 619.

Villota, R. and D.R. Hawkes. 1992. Reaction kinetics in food systems. pp. 39 – 144. *In* D.R. Heldman and D.R. Lund, eds. **Handbook of Food Engineering.** Marcel Dekker, New York.

Wiley, R.C. 1994. **Minimally processed refrigerated fruits & vegetables.** Chapman & Hall Inc., London.

Xu, L. 1999. Use of ozone to improve the safety of fresh fruits and vegetables. **Food Tech.** 53(10): 58 – 62.

Yam, K.L. and D.S. Lee. 1995**.** Design of modified atmosphere packaging for fresh produce, pp. 55 – 73. *In* Rooney M.L. **Active Food Packaging.** Chapman & Hall, London.

Zagory, D. and A.A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **J. Food Technol.** 42(8): 70 – 77.