Agricultural Sci. J. 33 : 6 (Suppl.) : 200-203 (2002) **ว. วิทย. กษ. 33 : 6 (พิเศษ) : 200-203 (2545)**

การยืดอายุการเก็บรักษาถั่วงอกภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลง

Shelf-life Extension of Mungbean Sprouts by Modified Atmosphere Packaging

ฉันทวรรณ ต้นประสงค์[1] สุรางค์ สุธิราวุธ[1] และ วารุณี ธนะแพสย์[2]

Chantawan Tonprasong[1], Surang Suthirawut[1] and Warunee Thanapase[2]

Abstract

The study of methods to extend the shelf-life of mungbean sprouts made by local grower in Bangkok was conducted. Normally mungbean sprouts which has aerobic plate count (APC) 6.8-8.0 log CFU/g was washed by running ozonated water which could significantly reduced microflora better than soaking. The effective way to reduce microorganisms in mungbean sprouts is washing through running water at the flow rate of three liters per min for 10 mins. The process was performed twice before spin dried by centrifugation at 800 cycles per min for three mins. Futhermore, washing by running ozonated water 0.03 ppm could reduce APC 0.7-1.0 log CFU/g and coliform bacteria 1.0-2.0 log CFU/g. Whereas, running sprouts through tap water could reduce APC only 0.6-0.7 and coliform bacteria 0.1-0.8 log CFU/g respectively. In addition, *E. coli* was found to 0.2 and 11-700 MPN per grams after washing with running ozonated water and tap water, respectively. The study of factors affecting Modified Atmosphere Packaging (MAP) was shown that polypropylene (PP) bag without holes extend the shelf-life of mungbean sprouts better than polyethylene (PE) bag. The O_2 : CO_2 was 2-4% : 11-15% could keep the acceptable quality of mungbean sprouts for 4 days at 8$\pm$2 $^{\circ}$C. Moreover, low temperature at 0 $^{\circ}$C could extend the shelf-life of sprouts longer $\geq$ 7 days, while storage. However at ambient temperature (30$\pm$2 $^{\circ}$C) could not keep over 24-48 hours.

Keywords: Shelf-life, Mungbean sprouts, Modified Atmosphere Packaging

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีการล้างเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ประจำถิ่นบนผิวถั่วงอกที่ผลิตในอุตสาหกรรมระดับครัวเรือนในกรุงเทพฯ พบว่าการล้างถั่วงอกที่มีจุลินทรีย์ทั้งหมด (Aerobic Plate Count) ประมาณ 6.8-8.0 log CFU/g ด้วยน้ำโอโซนไหลผ่านให้ผลดีกว่าล้างด้วยวิธีแช่ในน้ำโอโซน วิธีที่ดีที่สุดคือการล้างถั่วงอกด้วยน้ำโอโซนไหลผ่านอัตราเร็ว 3 ลิตรต่อนาที นาน 10 นาที ซ้ำ 2 ครั้ง แล้วสะเด็ดน้ำด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็ว 800 รอบต่อนาที นาน 3 นาที การล้างด้วยน้ำโอโซนไหลผ่านที่ความเข้มข้น 0.03 ppm ให้ผลดีกว่าการล้างด้วยน้ำประปาสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ถึง 0.7-1.0 log CFU/g และลดแบคทีเรียโคลิฟอร์มได้ 1.0-2.0 log CFU/g ขณะที่การล้างด้วยน้ำประปาลดได้เพียง 0.6-0.7 log CFU/g และ 0.1-0.8 log CFU/g ตามลำดับ ประการที่สำคัญตรวจพบ *Escherichia coli* เมื่อล้างถั่วงอกด้วยน้ำโอโซนและน้ำประปาน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.20 และ 11-700 MPN ต่อกรัม ตามลำดับ จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลง พบว่าการบรรจุในถุง polypropylene (PP) ที่ไม่เจาะรู ยืดอายุการเก็บรักษาถั่วงอกได้ดีกว่าถุง polyethylene (PE) โดยมีสัดส่วนของปริมาณก๊าซออกซิเจนต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 2-4 ต่อ 11-15 เปอร์เซ็นต์ สามารถรักษาคุณภาพถั่วงอกที่ยอมรับต่อการบริโภคได้นาน 4 วัน ที่อุณหภูมิ 8$\pm$2 $^{\circ}$C โดยที่อุณหภูมิต่ำ 0 $^{\circ}$C สามารถเก็บถั่วงอกได้นานกว่า 7 วัน ในขณะที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง (30$\pm$2 $^{\circ}$C) มีอายุการเก็บไม่เกิน 24-48 ชั่วโมง

คำสำคัญ : การยืดอายุ, ถั่วงอก, สภาวะบรรยากาศดัดแปลง

คำนำ

กระบวนการผลิตถั่วงอกระดับอุตสาหกรรมในต่างประเทศ มีการควบคุมมาตรฐานการผลิตที่ถูกสุขลักษณะทำให้ได้ถั่วงอกที่สะอาดสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5-10 $^{\circ}$C นาน 5-7 วัน ขณะที่อุตสาหกรรมการผลิตถั่วงอกในประเทศไทยมีการผลิตที่ยังไม่ถูกสุขลักษณะ จึงมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สูง ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาสั้นที่อุณหภูมิห้อง (30$\pm$2 $^{\circ}$C) ไม่เกิน 24 ชั่วโมง หรือแม้แต่การเก็บที่อุณหภูมิ 5 $^{\circ}$C มักจะเกิดสีน้ำตาลดำคล้ำและเน่าเสียเร็ว เนื่องจากไม่ได้ผ่านกระบวนการล้างก่อนการจำหน่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำกระบวนการแปรรูปขั้นต่ำ (Minimally Processed) มาใช้ร่วมกับการเก็บภายใต้สภาวะบรรยากาศ

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Microbiology, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

[2] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Kasetsart Agricultural and Agro – Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

ดัดแปลง (Modified Atmosphere Packaging) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาถั่วงอกโดยศึกษากรรมวิธีในการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับถั่วงอกโดยวิธีการล้างด้วยน้ำประปาเปรียบเทียบกับการล้างด้วยน้ำโอโซน ศึกษาการเก็บรักษาถั่วงอกภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลง ตลอดจนศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของถั่วงอกที่ผ่านกรรมวิธีดังกล่าว เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาถั่วงอกให้ใหม่สดอยู่ได้ยาวนานที่สุดและมีความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

กระบวนการแปรรูปขั้นต่ำ: สุ่มตัวอย่างถั่วงอกสดจากโรงงานเพาะถั่วงอกตลิ่งชัน มาศึกษาวิธีการล้างเพื่อลดปริมาณจุลิน ทรีย์เริ่มต้น โดยเปรียบเทียบวิธีการล้างด้วยน้ำโอโซนไหลผ่านและวิธีแช่น้ำโอโซน น้ำโอโซนที่ใช้มีความเข้มข้น 0.03 ppm หลังจากนั้นศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสะเด็ดน้ำด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที ที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ตลอดจนกรรมวิธีการล้างถั่วงอกแบบต่างๆ ตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Aerobic Plate Count: APC) ด้วยวิธี Standard Plate Count เทคนิค rinse test และวิเคราะห์แต่ละชุดการทดลองทางสถิติโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS for windows version 9 (ANOVA)

การศึกษาการเก็บภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลง: ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง Gas chromatography Shimadzu GC-14 และ C-R5A chromatopac ภายในถุงบรรจุถั่วงอกชนิด polypropylene (PP) เปรียบเทียบกับถุงชนิด Polyethylene(PE) เพื่อหาสภาวะของสัดส่วนก๊าซที่เหมาะสมในการเก็บรักษาถั่วงอก จากนั้นทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาที่ 0 °C, 8±2 °C และ 30±2 °C

หลังจากได้ถั่วงอกที่ผ่านวิธีการล้างและสะเด็ดน้ำที่เหมาะสม พร้อมกับการบรรจุที่ดีที่สุดแล้วจึงนำมาศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยา โดยตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มและ *Escherichia coli* ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลง

ผลและวิจารณ์

การศึกษากรรมวิธีการล้างถั่วงอกเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน

การลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบนผิวถั่วงอกโดยการล้างน้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.03 ppm ด้วยวิธีแช่ในน้ำโอโซนเปรียบเทียบกับน้ำโอโซนไหลผ่านอัตราเร็ว 3 ลิตรต่อนาที นาน 20 นาที และสะเด็ดน้ำด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็ว 800 รอบต่อนาที นาน 5 นาที ดังตารางที่ 1 การล้างด้วยน้ำโอโซนไหลผ่านสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นได้ 0.91 log CFU/g ส่วนวิธีแช่น้ำโอโซนสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นได้เพียง 0.54 log CFU/g ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวิธีการล้างด้วยน้ำโอโซนไหลผ่านมีการถ่ายเทน้ำตลอดเวลา ทำให้มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากกว่าวิธีแช่ในน้ำโอโซนซึ่งไม่มีการถ่ายเทน้ำ จากการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสะเด็ดน้ำหลังจากการล้างน้ำโอโซนนาน 20 นาที ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็ว 800 รอบต่อนาที นาน 1, 2, 3, 4 และ 5 นาที ตามลำดับ พบว่าแนวโน้มเวลาการสะเด็ดน้ำที่ดีคือ 3, 4 และ 5 นาที สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 0.33, 0.32 และ 0.34 log CFU/g ตามลำดับ ดังนั้น เวลาที่เหมาะสมที่สุดในการสะเด็ดน้ำน่าจะเป็น 3 นาที เพราะใช้เวลาสั้นที่สุด

จากตารางที่ 2 ศึกษาวิธีการล้างถั่วงอกด้วยน้ำประปาเปรียบเทียบกับการล้างด้วยน้ำโอโซน และใช้เวลาในการสะเด็ดน้ำนาน 3 นาที พบว่าการล้างด้วยน้ำโอโซนไม่ว่าวิธีการล้างแบบใดก็มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ได้มากกว่าการล้างด้วยน้ำประปา และแต่ละวิธีการของล้างถั่วงอกด้วยน้ำโอโซนให้ผลการลดปริมาณจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สามารถลดได้อยู่ในช่วง 0.71-0.73 log CFU/g ในขณะที่การล้างถั่วงอกด้วยน้ำประปานาน 10 นาที ซ้ำ 2 ครั้ง สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้มากที่สุดเพียง 0.47 log CFU/g ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการล้างนาน 10 นาที ซ้ำ 2 ครั้ง และใช้เวลาสะเด็ดน้ำนาน 3 นาที เหมาะสมที่สุดในการลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจากวิธีการล้างถั่วงอกด้วยการแช่น้ำโอโซนหรือน้ำโอโซนไหลผ่านนาน 20 นาที และสะเด็ดน้ำ 5 นาที

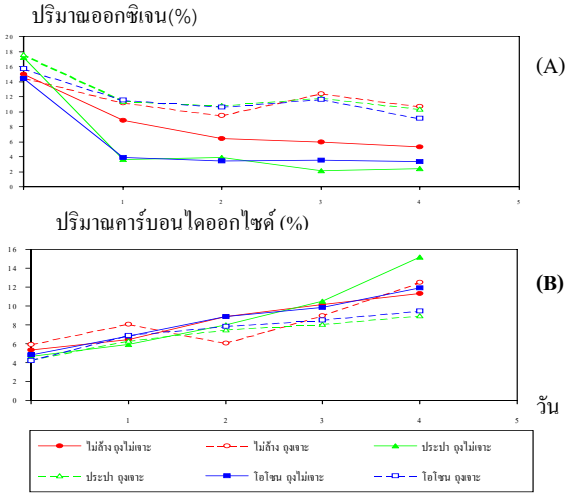
ชุดการทดลอง	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (APC) log CFU/g	ปริมาณจุลินทรีย์ที่ลดลง log CFU/g
ไม่ล้าง	7.97±0.24 c	-
แช่น้ำโอโซน	7.12±0.12 b	0.85
น้ำโอโซนไหลผ่าน	6.67±0.33 a	1.30

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบวิธีการล้างถั่วงอกด้วยน้ำประปากับน้ำโอโซนและสะเด็ดน้ำนาน 3 นาที ต่อการลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

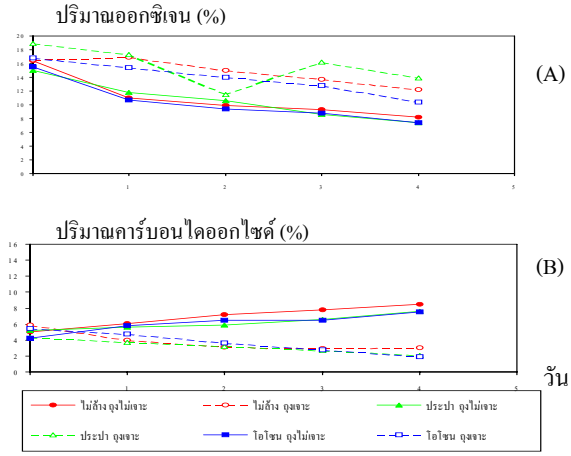
ชุดการทดลอง	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (APC), log CFU/g		
	0 ชั่วโมง	การลด*	24 ชั่วโมง
ไม่ล้าง	6.76±0.03 eE	-	6.94±0.11 F
ประปา 10 นาที ซ้ำ 2 ครั้ง	6.29±0.07 bC	0.47	6.14±0.04 B
ประปา 10 นาที สะเด็ด 10 วินาที ล้าง 10 นาที	6.46±0.06 dD	0.30	6.34±0.05 CD
ประปา 10 นาที สะเด็ด 1 นาที ล้าง 10 นาที	6.40±0.01 cD	0.36	6.18±0.02 B
โอโซน 10 นาที ซ้ำ 2 ครั้ง	6.03±0.52 aA	0.73	6.17±0.02 B
โอโซน 10 นาที สะเด็ด 10 วินาที ล้าง 10 นาที	6.04±0.04 aA	0.72	6.42±0.02 D
โอโซน 10 นาที สะเด็ด 1 นาที ล้าง 10 นาที	6.05±0.02 aA	0.71	6.20±0.03 BC

หมายเหตุ * คือ ปริมาณจุลินทรีย์ที่ลดลงในแต่ละชุดการทดลองเทียบกับถั่วงอกที่ไม่ผ่านการล้าง
ค่าเฉลี่ยได้จากชุดการทดลองเดียวกัน 3 ชุดๆ ละ 2 ซ้ำ
a-e หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
A-H หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง และแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาการเก็บรักษาถั่วงอกภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลง



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ (A) ก๊าซออกซิเจน และ (B) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของถั่วงอกที่ไม่ผ่านการล้างกับล้างด้วยน้ำประปาหรือน้ำโอโซนนาน 10 นาที ซ้ำ 2 ครั้ง และ สะเด็ดน้ำ 3 นาที บรรจุถุง PP ที่ไม่เจาะรูและเจาะรูเก็บที่ 8±2 ° C



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ (A) ก๊าซออกซิเจน และ(B) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของถั่วงอกที่ไม่ผ่านการล้างกับล้างด้วยน้ำประปาหรือน้ำโอโซนนาน 10 นาที ซ้ำ 2 ครั้ง และสะเด็ดน้ำ 3 นาทีบรรจุถุง PE ที่ไม่เจาะรูและเจาะรู เก็บที่ 8±2 °C

จากการศึกษาชนิดของถุงพลาสติกที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา พบว่าถั่วงอกที่ผ่านการล้างไม่ว่าจะล้างน้ำประปาหรือน้ำโอโซนให้ผลสอดคล้องกัน คือ ถุง PP ให้ถั่วงอกที่มีคุณภาพดีกว่าถุง PE และในถุงที่ไม่เจาะรูให้ผลดีกว่าถุงที่เจาะรูไม่ว่าจะบรรจุในถุง PP หรือ PE โดยถั่วงอกที่บรรจุถุง PP และ PE ที่ไม่เจาะรู มีสัดส่วนของก๊าซออกซิเจนต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 2-4 : 11-15 และ 7 : 8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณก๊าซที่เหมาะสมตามหลักการเก็บผักภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงของ Kader และคณะ (1989) และจากรายงานของ Hirata และคณะ (1993) ตรวจปริมาณก๊าซภายในถุงบรรจุถั่วงอกที่เก็บภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลง ตามซุปเปอร์มาร์เก็ต เมื่อเก็บนาน 7 วัน พบว่า มีก๊าซออกซิเจน 6 เปอร์เซ็นต์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 14.4 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาถั่วงอกดีกว่าการเก็บในสภาพปกติ ซึ่งเก็บได้เพียง 24-48 ชั่วโมง

เมื่อทำการศึกษาผลของอุณหภูมิต่ออายุการเก็บรักษาถั่วงอก พบว่า ถั่วงอกที่บรรจุถุง PP ที่ไม่เจาะรูเก็บภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงที่อุณหภูมิ 0 ˚C สามารถเก็บได้นานกว่า 7 วัน ซึ่งมากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 8±2 ˚C และ 30±2 ˚C ที่สามารถเก็บได้เพียง 4 วัน และ 24-48 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยตลอดระยะเวลาการเก็บถั่วงอกที่อุณหภูมิต่างๆ มีปริมาณจุลินทรีย์ ไม่เกิน 7 log CFU/g และยังคงสภาพของถั่วงอกเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

นอกจากนี้ถั่วงอกที่ผ่านกระบวนการล้างที่ดีที่สุดและบรรจุในถุง PP ที่ไม่เจาะรู เมื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่าถั่วงอกที่ล้างด้วยน้ำโอโซนสามารถลดปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มและ *Escherichia coli* ได้สูงกว่าถั่วงอกที่ล้างด้วยน้ำประปาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลได้แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณจุลินทรีย์ก่อนและหลังการเก็บรักษาถั่วงอกที่บรรจุถุง PP ที่ไม่เจาะรู เก็บที่อุณหภูมิ 8±2 ˚C

ระยะเวลา (วัน)	การล้าง	ปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบบนอาหารเลี้ยงเชื้อ					
		APC	PDA		coliform bacteria		*E. coli* MPN/g
		(log CFU/g)	ยีตส์/g	รา/g	VRB (log CFU/g)	MPN/g	
0	ไม่ล้าง	7.24	10	55	6.92	$1.40x10^5$	$9.40x10^3$
	น้ำประปา	6.45	3	22	6.14	$1.40x10^4$	$6.30x10^2$
	น้ำโอโซน	6.21	-	8	5.11	0.90	< 0.2
5	ไม่ล้าง	7.63	30	10	7.04	$1.40x10^5$	$8.00x10^3$
	น้ำประปา	7.14	8	7	6.71	$2.30x10^4$	$6.00x10^3$
	น้ำโอโซน	6.99	3	1	5.17	1.10	0.2

สรุป

1. การล้างถั่วงอกด้วยน้ำโอโซนไหลผ่านให้ผลดีกว่าวิธีแช่ในน้ำโอโซน ส่วนการล้างด้วยน้ำโอโซนไหลผ่านให้ผลดีกว่าการล้างด้วยน้ำประปาไหลผ่าน สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ 0.91 และ 0.40 log CFU/g ตามลำดับ โดยวิธีการล้างที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือ การล้างน้ำโอโซนนาน 10 นาที ซ้ำ 2 ครั้งและสะเด็ดน้ำ 3 นาที สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ถึง 0.7-1.0 log CFU/g

2. ถั่วงอกที่บรรจุถุง PP มีคุณภาพดีกว่าถุง PE และถั่วงอกในถุงที่ไม่เจาะรูให้ผลดีกว่าถุงที่เจาะรูโดยที่การเก็บถั่วงอกที่อุณหภูมิ 0 ˚C เก็บได้นานกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 8±2 ˚C และ 30±2 ˚C ตามลำดับ

3. การล้างถั่วงอกด้วยน้ำโอโซนสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณเชื้อยีสต์และแบคทีเรียโคลิฟอร์ม และ *E. coli* ได้มากกว่าการล้างด้วยน้ำประปา

เอกสารอ้างอิง

ฉันทวรรณ ต้นประสงค์. 2545. การยืดอายุการเก็บรักษาถั่วงอกภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาจุลชีววิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Hirata, T., T. Nishiyama, H. Sato, Y. Ishikawa, T. Shiina and T. Ishitani. 1993. A fast gas chromatograpic method for the separation of nitrogen, oxygen, carbondioxide and argon and its application to in-package modified atmosphere. J. Pack. Sci. Technol. 2(1): 15-23.

Kader, A.A, D. Zagory and E.L. Kerbel. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. Crit. Rev. Food Sci, Nutri. 28(1): 1-29.