

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของสารสกัดจากหัวหอมและการประยุกต์ใช้คือน้ำผักและผลไม้ผสม

Antioxidant and Antibacterial Activities of Onion Extract and Applications in Mixed Fruit and Vegetable Juice

กิติพงศ์ อัศตรกุล* และ นฤมล หิมะสุทธิเดช

Kitipong Assatarakul* and Narumon Himasuttidach

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของสารสกัดจากหัวหอม 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หัวหอมใหญ่ (*Allium cepa* Linn.) หอมแดง (*Allium ascalonicum* Linn.) และหอมแขก (*Muraya koenigii*) ด้วยเอทานอล และการประยุกต์ใช้คือน้ำผักและผลไม้ผสม โดยเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของสารสกัด ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) และ 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging activity (DPPH) และศึกษาฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (*Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* O157:H7 และ *Salmonella* Enteritidis) โดยวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ (minimum inhibitory concentrations, MIC) และค่า antibacterial index (AI) ผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากหอมแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ DPPH สูงสุด ($17.22 \pm 2.24 \mu\text{mol GAE/g DW}$, $3.10 \pm 0.23 \mu\text{mol QT/g DW}$, $5.65 \pm 0.44 \mu\text{mol trolox/g DW}$ และ $6.27 \pm 0.21 \text{ mg vit C/g DW}$ ตามลำดับ) ในขณะที่สารสกัดจากหัวหอมทั้ง 3 ชนิดสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทุกชนิดที่ใช้ในการทดสอบได้ ยกเว้น *Salmonella* Enteritidis โดยมีค่า MIC ในช่วง 0.125-1.75 g/mL และมีค่า AI ในช่วง 14.09-24.81 สารสกัดจากหัวหอมทั้ง 3 สายพันธุ์ ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์คือน้ำผักและผลไม้ผสมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และสารสกัดยับยั้งการเจริญของ *B. cereus*, *S. aureus* และ *E. coli* O157:H7 คือน้ำผักและผลไม้ผสมได้ประมาณ 2, 2 และ 1.5 log CFU/mL ตามลำดับ ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน

คำสำคัญ: ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย สารสกัดจากหัวหอม น้ำผักและผลไม้ผสม

ABSTRACT

The objectives of this research were to evaluate the antioxidant and antibacterial activities of ethanolic onion extract from 3 varieties (*Allium cepa* Linn., *Allium ascalonicum* Linn. and *Muraya koenigii*) and application in mixed fruit and vegetable juice. Determination of chemical properties of onion extract included total phenolic compound, flavonoid, antioxidant activity by ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) and 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging activity (DPPH) assays. Antibacterial activity against *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* Enteritidis was performed by determination of minimum inhibitory concentration (MIC) and antibacterial index (AI). Results showed that *Allium ascalonicum* Linn. (RO) extract contained the highest amount of total phenolic compound, flavonoid and antioxidant activity by FRAP and DPPH assays ($17.22 \pm 2.24 \mu\text{mol GAE/g DW}$, $3.10 \pm 0.23 \mu\text{mol QT/g DW}$, $5.65 \pm 0.44 \mu\text{mol trolox/g DW}$ and $6.27 \pm 0.21 \text{ mg vit C/g DW}$, respectively). All onion extracts were able to inhibit the growth of all tested bacteria except *Salmonella* Enteritidis with MIC between 0.125-1.75 g/mL and AI between 14.09-24.81. All onion extracts significantly ($p \leq 0.05$) increased total phenolic compound and flavonoid contents in mixed fruit and vegetable juice. All onion extracts were able to inhibit the growth of *B. cereus*, *S. aureus* and *E. coli* O157:H7 approximately 2, 2 and 1.5 log CFU/mL in mixed fruit and vegetable juice, respectively, during the storage at 4 °C for 14 days.

Keywords: Antioxidant activity, Antibacterial activity, Onion extract, Mixed fruit and vegetable juice

* Kitipong.A@chula.ac.th

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

บทนำ

ปัจจุบันมีการบริโภคผักและผลไม้ผสมมากขึ้น เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานต่ำ มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและอาจสามารถป้องกันโรคต่างๆ ได้ คุณภาพของผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะลดลงหากเก็บรักษาในภาวะที่ไม่เหมาะสม ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมการเสื่อมเสีย โดยปัจจัยทางด้านจุลินทรีย์มีความสำคัญมาก นอกจากจะก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์แล้ว จุลินทรีย์ก่อโรคหรือสารพิษที่สร้างโดยจุลินทรีย์ ยังสามารถส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้บริโภคด้วย ดังนั้นกระบวนการผลิตที่ช่วยเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้บริโภคจึงได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น วิธีการใช้สารยับยั้งจุลินทรีย์ (antimicrobial substance) ในผลิตภัณฑ์อาหารเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างมากที่สุดวิธีหนึ่ง เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์หลายชนิด [1]

สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เช่น สารเคอร์ซีติน (quercetin) จากพืชนั้น สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ [2] ดังนั้นการสกัดสารจากธรรมชาติเพื่อใช้ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย จึงเป็นที่สนใจในอุตสาหกรรมอาหาร โดยมีการใช้สารสกัดจากธรรมชาตินี้แทนการใช้สารเคมีที่นิยมใช้ในปัจจุบัน หัวหอมเป็นพืชที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งต่อสังคมไทยมาช้านาน เนื่องจากมีสรรพคุณทางยาและมีสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยหัวหอมมีสารเคอร์ซีตินปริมาณสูงสุด ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ต่างๆ [3] และจากการสำรวจการระบาดของโรคอาหารเป็นพิษโดยจุลินทรีย์ก่อโรค พบว่าเชื้อ *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7 และ *Staphylococcus aureus* เป็นจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุหลักของโรคอาหารเป็นพิษในตัวอย่างน้ำผักและผลไม้ [4,5] นอกจากนี้มักพบการเสื่อมเสียของน้ำผลไม้จากยีสต์ รา และแบคทีเรีย ซึ่งการเจริญของจุลินทรีย์เหล่านี้ส่งผลต่อคุณภาพของน้ำผลไม้ทั้งทางด้านกลิ่น สี และลักษณะสัมผัส [6] ดังนั้นงานวิจัยนี้มี

จุดประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของสารสกัดจากหัวหอม 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หัวหอมใหญ่ (*Allium cepa* Linn.) หอมแดง (*Allium ascalonicum* Linn.) และหอมแขก (*Murraya koenigii*) ด้วยเอทานอล รวมถึงการประยุกต์ใช้สารสกัดจากหัวหอมในน้ำผักและผลไม้ผสมระหว่างการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส และสามารถนำความรู้ที่ได้จากผลการวิจัยครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำผักและผลไม้ต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1. วัตถุดิบและการเตรียมตัวอย่าง

หัวหอมใหญ่ (ON) หอมแดง (RO) และหอมแขก (SO) ซื้อจากตลาดสด ในจังหวัดกรุงเทพฯ และน้ำผักและผลไม้ผสม ซื้อจากร้านสะดวกซื้อ โดยมีองค์ประกอบดังนี้ น้ำผักรวมเข้มข้นร้อยละ 28.75 น้ำทริปปเปิ้ลแครอท (แครอทสับ แครอทม่วง และแครอทเหลือง) ร้อยละ 20 น้ำผลไม้รวมเข้มข้น (แอปเปิ้ล ส้ม สับปะรด กีวี) ร้อยละ 48.75 และใยอาหาร (dietary fiber) ร้อยละ 2.5 (ไม่เติมวัตถุกันเสีย)

ปอกเปลือกหัวหอมและล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นบดตัวอย่างและเก็บในโถสุญญากาศภายใต้ภาวะสุญญากาศ และเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนการทดลอง

2. การสกัดสารสกัดจากหัวหอม

สกัดสารสกัดจากหัวหอมโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล ร้อยละ 95 (w/v) ที่อัตราส่วน ตัวอย่าง: เอทานอล เท่ากับ 10 g:100 mL ที่ภาวะการเขย่าที่ 200 rpm เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างมา กรองผ่านด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ระเหยตัวทำละลายเอทานอลด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (rotary evaporator)

* Kitipong.A@chula.ac.th

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และปรับปริมาตรของสารสกัดที่ได้ด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 10 mL

3. การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetry ตามวิธีของWaterhouse (2002) [7] โดยผสมสารละลายตัวอย่าง 100 μ L น้ำกลั่น 7 mL และสารละลาย Folin-Ciocalteu 500 μ L ลงในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 10 mL ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 นาที แล้วเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอีกตัว 1.5 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 10 mL เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย ที่ความยาวคลื่น 765 nm เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ได้กับกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

วิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ด้วยวิธี aluminium chloride colorimetry ตามวิธีของ Zhishen และคณะ (1999) [8] โดยผสมสารละลายตัวอย่าง 2 mL และสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ ร้อยละ 2 (w/v) 2 mL ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 430 nm เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ได้กับกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานเคอร์ซีติน

5. การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

1. วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) ตามวิธีของ Benzie และ Strain (1996) [9] โดยบ่มสารละลาย FRAP 2 mL ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติมสารละลายตัวอย่าง 200 μ L ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 593 nm

เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ได้กับกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานโทรลอกซ์

2. วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity ตามวิธีของ Pérez และคณะ (2007) [10] โดยผสมสารละลายตัวอย่าง 1.5 mL และสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 mM ปริมาตร 1.5 mL ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย ที่ความยาวคลื่น 515 nm เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ได้กับกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานโทรลอกซ์ (ใช้ในการวิเคราะห์ในน้ำผักและผลไม้ผสมที่เติมสารสกัดจากหัวหอม) จากนั้นสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %scavenging activity กับความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง ด้วยสมการ 1

$$\% \text{scavenging activity} = (A_0 - A_s) / A_0 \times 100 \text{ ---สมการ 1}$$

เมื่อ A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุม (ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง)

A_s คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่ทำปฏิกิริยากับสารละลาย DPPH

จากนั้นคำนวณค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเทียบเท่าวิตามินซี (ascorbic acid equivalent antioxidant capacity, AEAC) โดยคำนวณจากสมการ 2

$$\text{AEAC (mg ascorbic acid/g)}$$

$$= \text{EC}_{50} \text{ vitamin C} / \text{EC}_{50} \text{ sample} \times 100 \text{ ---สมการ 2}$$

(ใช้ในการวิเคราะห์สารสกัดจากหัวหอม)

6. การวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดจากหัวหอม

1. เตรียมเชื้อแบคทีเรีย โดยเลี้ยง *B. cereus*, *S. aureus*, *E. coli* O157:H7 และ *Salmonella* Enteritidis ใน nutrients broth (NB) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยความเข้มข้นสุดท้ายของจุลินทรีย์ประมาณ 10^6 CFU/mL

* Kitipong.A@chula.ac.th

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

2. วิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของสารสกัดจากหัวหอมทั้ง 3 ชนิด โดยวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียด้วยวิธี agar well diffusion ตามวิธีของ Batovska และคณะ (2009) [11] โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งเฉพาะตามชนิดของจุลินทรีย์ คือ Nutrients Agar (NA), Baird Parker Agar Base (BPA), Eosin Methylene Blue Agar (EMB) และ Salmonella Shigella Agar (SSA) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ *B. cereus*, *S. aureus*, *E. coli* O157:H7 และ *Salmonella* Enteritidis ตามลำดับ [12] ซึ่งทดสอบกับสารสกัดจากหัวหอมที่ความเข้มข้นสูงสุด โดยรายงานผลเป็นค่า inhibition zone และคำนวณค่าดัชนีการยับยั้งแบคทีเรีย (antibacterial index, AI) ดังนี้

$$AI = \frac{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง} - \text{เส้นผ่านศูนย์กลางของหลุม}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของหลุม}}$$

3. วิเคราะห์ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ (Minimum Inhibitory Concentrations, MIC) ด้วยวิธี agar well diffusion ตามวิธีของ Batovska และคณะ (2009) [11] โดยแปรความเข้มข้นของสารสกัดครั้งละ 0.25 g/mL

7. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาของน้ำผักผลไม้ผสมระหว่างการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส

1. วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ เตรียมตัวอย่างโดยผสมน้ำผักและผลไม้ผสมและสารสกัด ในอัตราส่วน 7.5:2.5 และวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ดังนี้ ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ DPPH และค่าสี ($L^* a^* b^*$) โดยในการทดลองการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพไม่มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ และวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของตัวอย่างเมื่อ

ผสมน้ำผักและผลไม้ผสมและสารสกัดจากหัวหอมและเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2. วิเคราะห์สมบัติทางจุลชีววิทยา เตรียมตัวอย่างโดยผสมน้ำผักและผลไม้ผสม เชื้อจุลินทรีย์ และสารสกัด ในอัตราส่วน 7:1:2 เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วสุ่มตัวอย่างทุกวันที่ 0, 3, 7, 10 และ 14 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ *B. cereus*, *S. aureus* และ *E. coli* O157:H7 ด้วยเทคนิค pour plate โดยบ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนิบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อและรายงานเป็นหน่วย CFU/mL

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของสารสกัดจากหัวหอม

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ AEAC แสดงดัง Table 1 โดยหอมแดง (RO) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์สูงสุด ($17.22 \pm 2.24 \mu\text{mol gallic acid/g dry weight}$, $3.10 \pm 0.23 \mu\text{mol quercetin/g dry weight}$) รองลงมาคือ หัวหอมใหญ่ (ON) ($17.17 \pm 0.60 \mu\text{mol gallic acid/g dry weight}$, $2.38 \pm 0.14 \mu\text{mol quercetin/g dry weight}$) และหอมแขก (SO) ($12.97 \pm 0.77 \mu\text{mol gallic acid/g dry weight}$, $2.36 \pm 0.06 \mu\text{mol quercetin/g dry weight}$) ตามลำดับ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากหัวหอมทั้ง 3 ชนิด ให้ผลสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์ โดยหอมแดง (RO) มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุดทั้งด้วยวิธี FRAP และ AEAC

* Kitipong.A@chula.ac.th

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

Table 1 Total phenolic compound, flavonoid contents and antioxidant activity by FRAP and DPPH assays

Extract	Total phenolic ($\mu\text{mol GAE} / \text{g DW}$)	Flavonoid ($\mu\text{mol QT} / \text{g DW}$)	FRAP ($\mu\text{mol trolox} / \text{g DW}$)	AEAC ^{ns} ($\text{mg vit C} / \text{g DW}$)
SO	12.97 ^a $\pm$ 0.77	2.36 ^a $\pm$ 0.06	4.05 ^a $\pm$ 0.28	6.04 $\pm$ 0.48
ON	17.17 ^b $\pm$ 0.60	2.38 ^a $\pm$ 0.14	4.32 ^a $\pm$ 1.09	5.76 $\pm$ 0.45
RO	17.22 ^b $\pm$ 2.24	3.10 ^b $\pm$ 0.23	5.65 ^b $\pm$ 0.44	6.27 $\pm$ 0.21

Remark: mean $\pm$ SD (n = 3)

a, b, c; different letters in the same column indicate significant differences between mean values ($p \leq 0.05$)

ns; no significant differences ($\alpha = 0.05$) between mean values within each column

$\mu\text{mol GAE/g DW}$ = $\mu\text{mol gallic acid equivalent/g dry weight}$

$\mu\text{mol QT/g DW}$ = $\mu\text{mol quercetin/g dry weight}$

$\mu\text{mol trolox/g DW}$ = $\mu\text{mol trolox/g dry weight}$

mg vit C/g DW = $\text{mg vitamin C/g dry weight}$

สารประกอบฟีนอลิกเป็นเมแทบอลิท์ทุติยภูมิซึ่งถูกสังเคราะห์ได้ในพืช โดยสารประกอบฟีนอลิกในแต่ละกลุ่มมีองค์ประกอบของสารที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อลักษณะปรากฏ กลิ่น สี และรสของพืช และส่งผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในพืชแต่ละชนิดด้วย [13] สีและลักษณะที่แตกต่างกันของหัวหอมแต่ละชนิดจึงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน โดยสารกลุ่มฟลาโวนอยด์เป็นสารกลุ่มหลักของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ซึ่งเป็นสารกลุ่มหลักที่พบมากในหัวหอม Prakash และคณะ (2007) [14] ได้วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในหัวหอมที่มีสีต่างๆ กัน ได้แก่ สีแดง สีเหลือง สีขาว และสีเขียว (ต้นหอม) และพบว่าหัวหอมมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 4.6 ถึง 74.1 mg GAE/g และพบว่าหัวหอมสีเหลืองและสีแดง มีสารฟลาโวนอยด์สูงกว่าหัวหอมสีขาว นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าหัวหอมที่มีสีต่างกัน เช่น สีเหลืองและสีแดง มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูง เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์สูง [15]

สารฟลาโวนอยด์ 2 กลุ่มย่อยที่มีผลต่อสีของหัวหอมคือ กลุ่มฟลาโวนอลส์ (flavonols) และกลุ่มแอนโธไซยานินส์

(anthocyanins) โดยสารฟลาโวนอลส์มีองค์ประกอบหลักคือ เคอร์ซีติน (quercetin) และเคมเพอรอล (kaempferol) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ทำให้เกิดสีผิวของหัวหอมเป็นสีเหลืองและสีน้ำตาล ในขณะที่สารแอนโธไซยานินส์ ซึ่งพบในรูปของอนุพันธ์ต่างๆ พบมากในสีของดอกไม้ ผัก และผลไม้ โดยสารแอนโธไซยานินส์ ส่งผลให้สีผิวของหัวหอมเป็นสีแดงและม่วง [16]

2. การวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดจากหัวหอม

Table 2 แสดงฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของสารสกัดจากหัวหอม โดยหัวหอมทั้ง 3 ชนิดสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ทั้งหมด ยกเว้น *Salmonella* Enteritidis หัวหอมใหญ่ (ON) สามารถยับยั้ง *B. cereus* และ *S. aureus* ได้สูงสุด โดยมีโซนยับยั้ง (IZ) เท่ากับ 20.65 ± 0.65 และ 18.32 ± 1.08 mm ตามลำดับ ในขณะที่หัวหอมแดง (RO) สามารถยับยั้ง *E. coli* O157:H7 ได้สูงสุด โดยมีโซนยับยั้ง (IZ) เท่ากับ 13.02 ± 0.31 mm นอกจากนี้หัวหอมแขก (SO) สามารถยับยั้ง *B. cereus* ได้มากกว่าหัวหอมแดง (RO) แต่ยับยั้ง *S. aureus* และ *E. coli*

* Kitipong.A@chula.ac.th

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

O157:H7 ได้น้อยกว่าหอมแดง (RO) และหัวหอมใหญ่ (ON)

สารสกัดจากหัวหอมทั้ง 3 ชนิดสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกได้มากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ โดยสามารถยับยั้ง *B. cereus* และ *E. coli* O157: H7 ได้มากที่สุดและน้อยที่สุด ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดจากหัว

หอมทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่สามารถยับยั้ง *Salmonella* Enteritidis ได้ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าดัชนีการยับยั้งแบคทีเรีย (AI) ของสารสกัดจากหัวหอมต่อเชื้อแบคทีเรียชนิดต่างๆ (Table 2) แล้วให้ผลสอดคล้องกับฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ซึ่งบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดได้

Table 2 Antibacterial activity (inhibition zone) and antibacterial index (AI) of onion extracts

Microorganisms	Extracts	Agar disc diffusion assay	
		Inhibition zone, IZ (mm)	AI
<i>Bacillus cereus</i>	SO	20.43 ± 2.49	24.54
	ON	20.65 ± 0.65	24.81
	RO	17.10 ± 0.61	20.38
<i>Staphylococcus aureus</i>	SO	15.60 ± 0.83	18.50
	ON	18.32 ± 1.08	21.90
	RO	16.58 ± 0.36	19.73
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	SO	12.07 ± 0.22	14.09
	ON	12.27 ± 0.82	14.34
	RO	13.02 ± 0.31	15.28
<i>Salmonella</i> Enteritidis	SO	0	0
	ON	0	0
	RO	0	0

Remark: mean ± SD (from 3 replicates)

IZ was compared with control or distilled water (IZ = 0 mm)

ผลการทดลองจากงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ikgai และคณะ (1993) [17] ที่ศึกษาเกี่ยวกับสารสกัดจากพืชเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยพบว่าแบคทีเรียแกรมลบมีความสามารถในการต้านทานต่อสารประกอบโพลีฟีนอลิกได้สูงกว่าแบคทีเรียแกรมบวก เนื่องจากในชั้นเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบมีสารลิโปพอลิแซ็กคาไรด์ (lipopolysaccharides) ซึ่งมีสมบัติในการปกป้องเซลล์แบคทีเรีย จึงสามารถช่วยป้องกันความเสียหายจากสารยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้

ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (MIC) ของสารสกัดจากหัวหอมต่อแบคทีเรียชนิดต่างๆ แสดงใน Table 3 หัวหอมใหญ่ (ON) มีค่า MIC ที่ต่ำที่สุดในการยับยั้งแบคทีเรียทั้งหมด ยกเว้น *Salmonella* Enteritidis โดยค่า MIC ของหัวหอม (ON) ในการยับยั้ง *B. cereus*, *S. aureus* และ *E. coli* O157:H7 เท่ากับ 0.125, 0.125 และ 1.00 g/mL ตามลำดับ ในขณะที่หอมแดง (RO) และหอมแขก (SO) มีค่า MIC ใกล้เคียงกัน โดยหอมแดง (RO) มีค่า MIC เท่ากับ 1.00, 0.75 และ 1.75

* Kitipong.A@chula.ac.th

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

g/mL ตามลำดับ และหอมแขก (SO) มีค่า MIC เท่ากับ 1.00, 1.00 และ 1.75 g/mL ตามลำดับ

Table 3 Minimum inhibitory concentration (MIC) of onion extracts

Microorganisms	Minimum Inhibitory concentration, MIC (g/mL)		
	SO	ON	RO
<i>Bacillus cereus</i>	1.00	0.125	1.00
<i>Staphylococcus aureus</i>	1.00	0.125	0.75
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	1.75	1.00	1.75
<i>Salmonella</i> Enteritidis	0	0	0

ค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง *E. coli* O157:H7 (MIC ของ *E. coli* O157:H7) มีค่ามากที่สุดในทุกสารสกัดจากหัวหอมทั้ง 3 ชนิด และ *S. aureus* มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่น้อยสุดในทุกสารสกัดจากหัวหอมทั้ง 3 ชนิดเช่นกัน ซึ่งเป็นผลสอดคล้องกับค่าฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียในข้างต้นที่กล่าวมาแล้ว จากผลการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดจากหัวหอมต่อเชื้อแบคทีเรียชนิดต่างๆ ด้วยวิธี agar well diffusion นั้น เป็นวิธีที่ขึ้นอยู่กับสมบัติการละลายและการแพร่กระจายในอาหารเลี้ยงเชื้อของสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้ [18]

หัวหอมใหญ่ (ON) มีฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งจุลินทรีย์ทุกชนิดกับหอมแดง (RO) และหอมแขก (SO) โดยเป็นผลมาจากในสารสกัดจากหัวหอม (ON) มีสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีสารประกอบหลัก ได้แก่ เคอร์ซีตินและแคมเฟอร์อล ซึ่งประกอบด้วยส่วนของไกลโคไซด์และอะไกลโคน (aglycones) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งคาร์บอน 3 ที่เป็นหมู่สำคัญที่ทำให้เกิดการยับยั้ง

จุลินทรีย์ได้ [19] แต่จากผลการทดลองพบว่า หอมแดง (RO) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์สูงสุด แต่มีฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียใกล้เคียงกับหอมแขก (SO) และมีฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียน้อยกว่าหัวหอมใหญ่ (ON) นั้น อาจเนื่องมาจากหัวหอมแต่ละชนิดมีสารประกอบฟีนอลิกและมีประสิทธิภาพที่ต่างกันหรือมีสารประกอบกลุ่มที่ไม่ใช่สารประกอบฟีนอลิก ที่มีส่วนประกอบสำคัญในการยับยั้งแบคทีเรียได้ เช่น สารเทอร์ปีนอยด์ (terpenoid) เป็นต้น [20]

3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาของน้ำผักและผลไม้ผสมระหว่างการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส

การเติมสารสกัดจากหัวหอมทั้ง 3 ชนิด ไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง °Brix ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละของกรดซิตริก) ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ DPPH และค่าสีของน้ำผักและผลไม้ผสม แต่ส่งผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์ของน้ำผักและผลไม้ผสมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงใน Table 5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์ของน้ำผักและผลไม้ผสมที่เติมสารสกัดจากหัวหอมทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณสูงกว่าน้ำผักและผลไม้ผสมควบคุม (ไม่เติมสารสกัดและไม่เติมเชื้อแบคทีเรีย) ซึ่งเป็นผลดีต่อผู้บริโภค เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์ซึ่งพบมากในผักและผลไม้เป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เนื่องจากเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถป้องกันการเกิดโรคหัวใจและมะเร็ง โดยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในเซลล์และเนื้อเยื่อได้ [21]

สีเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของผลิตภัณฑ์อาหารเนื่องจากเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคสามารถมองเห็นได้อย่างแรก และเป็นสมบัติที่สำคัญต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค ดังนั้นการเติมสารสกัดจากหัวหอมทั้ง 3 ชนิดลงในตัวอย่างน้ำผักและผลไม้ผสมไม่ควรส่งผลต่อค่าสีและผลการทดลองพบว่าการเติมสารสกัดจากหัวหอมทั้ง

* Kitipong.A@chula.ac.th

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

3 ชนิดไม่ส่งผลต่อค่าสีของน้ำผักและผลไม้ผสมอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ค่าสีสามารถแสดงได้ด้วยค่า L^* a^* และ b^* โดยค่า L^* เป็นค่าที่แสดงความสว่าง (L^* มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 100 ซึ่งหมายถึงสว่างมาก และมีค่าน้อยสุด เท่ากับ 0 ซึ่งหมายถึงสีดำ) ในขณะที่ค่า a^* ที่เป็นบวกหมายถึงสีแดงและค่า a^* ที่เป็นลบหมายถึงสีเขียว นอกจากนี้ค่า b^* ที่เป็นบวกหมายถึงสีเหลืองและค่า b^* ที่เป็นลบหมายถึงสีน้ำเงิน [22]

น้ำผักและผลไม้ผสมมีค่า L^* ประมาณ 34 ซึ่งหมายถึงมีความสว่างไม่มากนัก ค่อนไปทางสีคล้ำๆ และมีค่า a^* ประมาณ 4 ซึ่งหมายถึงมีค่าสีแดงอ่อนๆ ในขณะที่ค่า b^* มีค่าประมาณ 16-17 ซึ่งหมายถึงมีสีค่อนข้างไปทางเหลือง ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่าสีทั้งหมดพบว่าน้ำผักและผลไม้ผสมมีสีส้มน้ำตาล

Table 5 Physical and chemical properties of mixed fruit and vegetable juice added with onion extracts

Physical and Chemical properties	Control	SO	ON	RO
pH ^{ns}	3.90±0.01	3.90±0.04	3.92±0.01	3.91±0.02
°Brix ^{ns}	11.33±0.42	11.57±0.55	11.80±0.35	11.77±0.50
total acid ^{ns}	0.45±0.01	0.45±0.02	0.46±0.02	0.45±0.02
phenolic compound (μmol GAE / g DW)	54.83±2.36 ^a	71.37±5.17 ^b	74.32±3.85 ^b	74.66±3.18 ^b
flavonoid (μmol QT / g DW)	18.93±1.39 ^a	23.02±2.33 ^b	23.64±2.81 ^b	24.59±2.67 ^b
DPPH (μmol trolox / g DW) ^{ns}	97.93±3.03	104.50±2.81	104.79±3.24	105.03±5.31
FRAP (μmol trolox / g DW) ^{ns}	162.93±5.50	166.53±4.58	166.66±4.91	169.96±4.80
Color values				
L^* ^{ns}	34.07±0.04	34.45±0.35	35.67±0.80	34.48±1.52
a^* ^{ns}	4.57±0.04	4.98±0.04	4.99±0.16	5.19±0.59
b^* ^{ns}	16.44±0.04	17.04±0.21	16.92±0.26	17.46±0.97

Remark: mean ± SD (from 3 replicates)

a, b, c; different letters in the same row indicate significant differences between mean values ($p\leq0.05$)

ns; no significant differences ($\alpha = 0.05$) between mean values within each row

μmol GAE/g DW = μmol gallic acid equivalent/g dry weight

μmol QT/g DW = μmol quercetin/g dry weight

μmol trolox/g DW = μmol trolox/g dry weight

Figure 1–3 แสดงปริมาณ *B. cereus*, *S. aureus* และ *E. coli* O157:H7 ตามลำดับ ที่ลดลง (log CFU/mL) ในน้ำผักและผลไม้ผสมเมื่อเติมสารสกัดจากหัวหอมระหว่างการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน (CT = control, ON = หัวหอมใหญ่ RO = หอมแดง และ SO = หอมแขก) จากผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากหัวหอมทั้ง 3 ชนิดสามารถยับยั้งการเจริญของ *B. cereus* และ *S.*

aureus ได้ประมาณ 2 log CFU/mL ในขณะที่สามารถยับยั้งการเจริญของ *E. coli* O157:H7 ได้ประมาณ 1.5 log CFU/mL ตลอดระยะเวลาการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Benkeblia (2004) [2] ที่พบว่าสารสกัดจากหัวหอมสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก (*S. aureus*) และแบคทีเรียแกรมลบ (*Salmonella* Enteritidis) สารสกัดจากหัวหอมอุดมไป

* Kitipong.A@chula.ac.th

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

ด้วยสารประกอบฟีนอลิกซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย นอกจากนี้สารที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ (sulfur-containing compound) เช่น S-methyl-L-cysteine sulfoxide ที่สามารถพบได้ในสารสกัดจากหัวหอมเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย [23]

จากงานวิจัยพบว่าอนุพันธ์ของเคอซีดินมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* และ *Helicobacter pylori* [24] ในขณะที่สารสกัดจากหัวหอมด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของ *E. coli* *Salmonella* Typhi และ *B. subtilis* [25]

เมื่อพิจารณาตัวอย่างควบคุม (CT หรือน้ำผักและผลไม้ผสมที่ไม่เติมสารสกัดและไม่เติมเชื้อแบคทีเรีย) พบว่า

แบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดสามารถรอดชีวิตได้ในน้ำผักและผลไม้ผสมซึ่งมีสมบัติเป็นกรด (ค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 3.90) ระหว่างการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ซึ่งมีการรายงานว่า *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp. และ *Listeria monocytogenes* สามารถรอดชีวิตภายใต้ภาวะที่เป็นกรดของน้ำผลไม้ต่างๆ ซึ่งเป็นผลมาจากการที่จุลินทรีย์สามารถปรับตัวภายใต้ภาวะที่เป็นกรดได้ (acid-adapted response) โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (physiological property) ของเซลล์เมื่ออยู่ภายใต้ภาวะที่เป็นกรด ทำให้ความต้านทานต่อภาวะที่เป็นกรดเพิ่มขึ้น [26, 27]

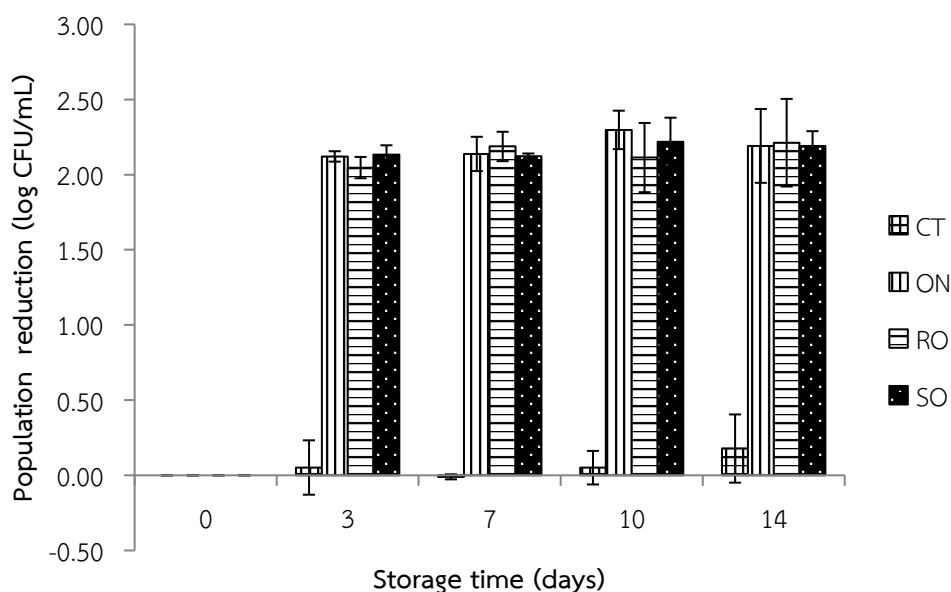


Figure 1 Population reduction of *B. cereus* (log CFU/mL) treated with onion extracts during the storage at 4 °C

* Kitipong.A@chula.ac.th

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

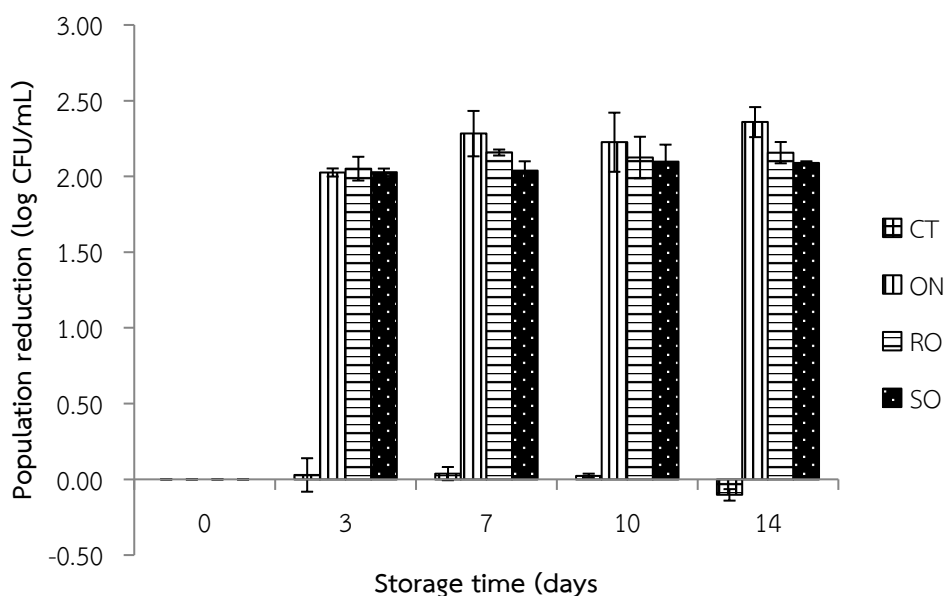


Figure 2 Population reduction of *S. aureus* (log CFU/mL) treated with onion extracts during the storage at 4 °C

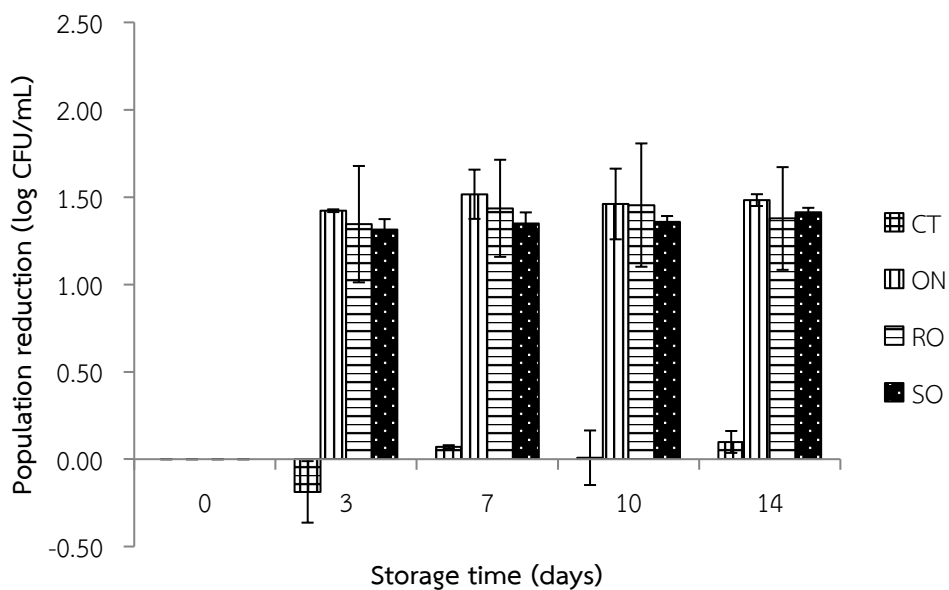


Figure 3 Population reduction of *E. coli* O157:H7 (log CFU/mL) treated with onion extracts during the storage at 4 °C

สรุปผล

สารสกัดด้วยเอทานอลของหัวหอม 3 สายพันธุ์ (หัวหอมใหญ่ หอมแดง และหอมแขก) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย โดยหอมแดง (RO) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ DPPH สูงสุด สารสกัดจากหัวหอมทั้ง 3 สายพันธุ์ มีฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของ *B. cereus*, *S. aureus* และ *E. coli* O157:H7 แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *Salmonella* Enteritidis ได้ ในขณะที่สารสกัดจากหัวหอมทั้ง 3 สายพันธุ์ ไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง °Brix ปริมาณกรดทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ DPPH และค่าสี (L^* a^* b^*) แต่ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์ของน้ำผักและผลไม้ผสมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้สารสกัดจากหัวหอมทั้ง 3 สายพันธุ์สามารถลดปริมาณ *B. cereus*, *S. aureus* และ *E. coli* O157:H7 ได้ประมาณ 2, 2 และ 1.5 log CFU/mL ตามลำดับ ในน้ำผักและผลไม้ผสม ระหว่างการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ดังนั้นการใช้สารสกัดจากหัวหอมทั้ง 3 สายพันธุ์ สามารถรักษาคุณภาพและเพิ่มความปลอดภัยให้กับน้ำผักและผลไม้ผสม ซึ่งสามารถนำข้อมูลจากงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำผักและผลไม้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ทุนนักวิจัยใหม่ วท. ประจำปี 2557)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Vergis, J., Gokulakrishnan, P., Agarwal, R. K. and Kumar, A. (2015). Essential oils as natural food antimicrobial agents: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 55(10): 1320-1323.
- [2] Benkeblia, N. (2004). Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onions (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*). *LWT-Food Science & Technology*. 37: 263-268.
- [3] Tadokoro, T. and Takeuchi, M. (2006). Antibacterial and antioxidant activities of quercetin oxidation products from yellow Onion (*Allium cepa*) skin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54: 3551-3557.
- [4] Parish, M.E. (1998). Coliforms, *Escherichia coli*, and *Salmonella* serovars associated with a citrus-processing facility implicated in a salmonellosis outbreak. *Journal of Food Protection*. 61: 280-284.
- [5] Singh, B.R., Kulshreshtha, S.B. and Kapoor, K.N. (1995). An orange juice-borne diarrhoeal outbreak due to enterotoxigenic *Escherichia coli*. *Journal of Food Science and Technology*. 3: 504-506.
- [6] Tianli, Y., Jiangbo, Z. and Yahong, Y. (2014). Spoilage by *Alicyclobacillus* Bacteria in juice and beverage products: chemical, physical, and combined control methods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 13: 771-797.
- [7] Waterhouse, A.L. (2002). Determination of total phenolics. pp.11.1.1-11.1.8. In Wrolstad, R.E. (ed.). *Current protocols in food analytical chemistry*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

* Kitipong.A@chula.ac.th

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

- [8] Zhishen, J., Mengcheng, T. and Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*. 64: 555-559.
- [9] Benzie, I.F.F. and Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of 'antioxidant power': The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 239: 70-76.
- [10] Pérez, M.B., Calderón, N.L. and Croci, C.A. (2007). Radiation-induced enhancement of antioxidant activity in extracts of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Food Chemistry*. 104: 585-542.
- [11] Batovska, D.I., Tsvetkova, T.V. and Najdenski, H.M. (2009). Antibacterial study of the medium chain fatty acid and their 1-monoglycerides: Individual effect and synergistic relationships. *Polish Journal Microbiology*. 58: 43-47.
- [12] Bacteriological Analytical Manual. (2001). U.S. Food and Drug Administration. Center for Food Safety and Applied Nutrition, USA.
- [13] Hodzic, Z., Pasalic, H., Memisevic, A., Srabovic, M., Saletovic, M. and Poljakovic, M. (2009). The influence of total phenols content on antioxidant capacity in the whole grain extracts. *European Journal of Scientific Research*. 28: 471-477.
- [14] Prakash, D., Singh, B.N. and Upadhyay, G. (2007). Antioxidant and free radical scavenging activities of phenols from onion (*Allium cepa*). *Food Chemistry*. 102: 1389-1393.
- [15] Yang, J., Meyers, K.J., Van, D.H. and Rui, H.L. (2004). Varietal differences in phenolic content and antioxidant and antiproliferative activities of onions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 6787-6793.
- [16] Basaran, P. and Akgul, N.B. (2010). Onion: a food, spice, and remedy in the middle eastern gastronomy. pp.873-883. In Y.H. Hui (ed.). *Handbook of Fruit and Vegetable Flavors*. John Wiley and Sons, INC. Hoboken.
- [17] Ikigai, H., Nakae T., Hara, Y. and Shimamura, T. (1993). Bactericidal catechins damage the lipid bilayer. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1147(1): 132-136.
- [18] Kloucek, P., Polesny, Z., Svobodova, B., Vlkova, E. and Kokoska, L. (2005). Antibacterial screening of some Peruvian medicinal plants used in Calleria District. *Journal of Ethnopharmacology*. 99: 309-312.
- [19] Xu, H.X. and Lee, S.F. (2001). Activity of plant flavonoids against antibiotic-resistant bacteria. *Phytotherapy Research*. 15: 39-43.
- [20] Cushnie, T.P.T. and Lamb, A.J. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*. 26: 343-356.
- [21] Scalbert, A. and Williamson, G. (2000). Dietary intake and bioavailability of

* Kitipong.A@chula.ac.th

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

- polyphenols. *Journal of Nutrition*. 130: 2073S-2085S.
- [22] Hunter Associates Laboratory. 2008. CIE L*a*b* Color Scale. Application Note. 8: 1-4.
- [23] Griffiths, G., Trueman, L., Crowther, T., Thomas, B. and Smith, B. (2002). Onions—a global benefit to health. *Phytotherapy Research*. 16: 603-615.
- [24] Ramos, F.A., Takashi, Y., Shrotoril, M., Kawaguchi, Y., Tsuchiya, K., Shibata, H., Higuti, T., Tadokoro, T. and Takeuchi, M. (2006). Antibacterial and antioxidant activities of quercetin oxidation products from yellow onion (*Allium cepa*) skin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54(10): 3551-3557.
- [25] Onyeagba, N.A.R. (2006). Antimicrobial properties of extracts of *Allium cepa* (onions) and *Zingiber officinale* (ginger) on *Escherichia coli*, *Salmonella typhi* and *Bacillus subtilis*. *The Internet Journal of Tropical Medicine*. 3(2): 1-7.
- [26] Mazzotta, A.S. (2001). Thermal inactivation of stationary-phase and acid-adapted *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, and *Listeria monocytogenes* in fruit juices. *Journal of Food Protection*. 64: 315–320.
- [27] Ryu, J. and Beuchat, L.R. (1998). Influence of acid tolerance responses on survival, growth, and thermal cross-protection of *Escherichia coli* O157:H7 in acidified media and fruit juices. *International Journal of Food Microbiology*. 45: 185-193.

* Kitipong.A@chula.ac.th