ผลของกระบวนการออกซิเดชั่นขั้นสูง (H_2O_2/UV-C) ร่วมกับฟองก๊าซขนาดไมโครนาโนต่อการกระตุ้นการสร้างสารพฤกษเคมี และสารต้านอนุมูลอิสระในไมโครกรีนไควาเระ

Effect of Advanced Oxidation Process (H_2O_2/UV-C) in Combination with Micro-Nano bubbles on enhancing of Bioactive Compounds and Antioxidants of radish (*Raphanus sativus* L.) Microgreens

สุวนันท์ ยอดสาร[1], พรพรรณ เล็กขำ[1], อารีลักษณ์ แก้วเล็ก[1], Surisa Phornvillay[1], จิราพร อ่อนศรีทอง[1], วาริช ศรีละออง[1,2] และ ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1,2]

Yodsarn, S.[1], Lekkham, P.[1], Kaewlek, A.[1], Phornvillay, S.[1], Oonsrithong, J.[1], Srilaong, V.[1,2] and Pongprasert, N.[1,2]

Abstract

This Research aims to study the effect of advanced oxidation process (AOP) (H_2O_2/UV-C) combination with Micro-Nano bubbles (H_2O_2/UV-C+Mbs) on enhancement of bioactive compounds and antioxidants of kaiware microgreens. Seeds were wash with AOP containing hydrogen peroxide (H_2O_2) solution at a concentration of 3% in combination with Micro-nano bubbles (3%H_2O_2/UV-C+Mbs) for 15 Mins. Compared with RO water and unwashed seeds. After washing, seeds were grow for 7 days. Results of the antioxidant activity tended to increase in all washing seed treatments. Microgreens wash with 3%H_2O_2+UV-C+Mbs treatment showed significantly highest amount of antioxidant, total flavonoid and glucosinolate. It is concluded that washing seed treatment by using 3%H_2O_2/UV-C+Mbs enhanced the production of phytochemical and antioxidants of Kaiware microgreens.

Keywords: Advanced Oxidation Process, Antioxidant, Micro-nano bubbles, Glucosinolate, Kaiware microgreens

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการออกซิเดชั่นขั้นสูง (AOP) ร่วมกับฟองก๊าซขนาดไมโครนาโน (Mbs) ต่อการกระตุ้นการสร้างสารพฤกษเคมี และสารต้านอนุมูลอิสระในไมโครกรีนไควาเระ โดยทำการล้างเมล็ดด้วยกระบวนการ AOP ประกอบด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่ความเข้มข้น 3% พร้อมกับการให้ UV-C และฟองก๊าซขนาดไมโครนาโน (3%H_2O_2/UV-C+Mbs) เป็นเวลา 15 นาที เปรียบเทียบกับการล้างด้วยน้ำกรอง RO (Reverse Osmosis) และเมล็ดที่ไม่ได้ล้างน้ำ นำเมล็ดจากการล้างมาเพาะเมล็ดเป็นต้นอ่อนเป็นเวลา 7 วัน พบว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลองที่มีกระบวนการล้าง โดยไมโครกรีนไควาเระที่ล้างด้วย 3% H_2O_2/UV-C+Mbsมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ, ปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณกลูโคซิโนเลตสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น กระบวนการล้างเมล็ดด้วยกระบวนการออกซิเดชั่นขั้นสูง 3%H_2O_2/UV-C+Mbs สามารถกระตุ้นการสร้างสารพฤกษเคมี และสารต้านอนุมูลอิสระของไมโครกรีนไควาเระได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: กระบวนการออกซิเดชั่นขั้นสูง สารต้านอนุมูลอิสระ ฟองก๊าซขนาดไมโครนาโน กลูโคซิโนเลต ไมโครกรีนไควาเระ

คำนำ

ในปัจจุบันไมโครกรีนได้รับความนิยมไปทั่วโลก เนื่องจากมีปริมาณสารอาหารสูงและมีรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ เมื่อเทียบกับเมล็ดพืชและพืชที่โตเต็มที่ สามารถผลิตได้รวดเร็วและสะดวกในสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมแบบประหยัดพื้นที่ (Ghoora และคณะ, 2020) การผลิตไมโครกรีนส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่ถั่วต่างๆ และพืชวงศ์ Brassicaceae (Ghoora และคณะ, 2020; Holliday และคณะ, 2001) มีงานวิจัยระบุว่าในบรรดาไมโครกรีน 10 ชนิดที่ได้รับการศึกษาไมโครกรีน หัวไชเท้ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, ฟีนอ

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน)
49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien), 49 Tientalay 25, Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150, Thailand
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพมหานคร 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand.

ลิก และมีคุณค่าทางโภชนาการมากที่สุด (Ghoora และคณะ, 2020) แต่เมล็ดที่นำมาผลิตไมโครกรีนมักปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ (Kyriacou และคณะ, 2016; Xiao และคณะ, 2014) และถ้าหากเมล็ดมีการปนเปื้อนเชื้อโรคตั้งแต่เริ่มกระบวนการปลูกจะมีการกำจัดออกได้ยาก (Riggio และคณะ, 2019; Wang and Kniel, 2016) นอกจากนี้การล้างหลังการเก็บเกี่ยวไมโครกรีนอาจจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน เนื่องจากความเสียหายของเนื้อเยื่อที่ทำให้เกิดการเติบโตของเชื้อโรคระหว่างการเพาะปลูก ปัจจุบัน AOP ที่มีการใช้งานมีหลายแบบ เช่น เฟนตอนรีเอเจนต์ (Fenton's reagent), แสงยูวีร่วมกับโอโซน (UV/O_3), แสงยูวีร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (UV/H_2O_2) หรือใช้แสงยูวีร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโอโซน (H_2O_2/O_3/UV) (อาลักษณ์, 2560) ในการกำจัดสารปนเปื้อน โดยเฉพาะน้ำเสียจากอุตสาหกรรมหนัก กระบวนการ AOP จะเป็นกระบวนการใช้สารเคมีที่เป็นตัวออกซิไดซ์ (Chemical Oxidant) เข้ามาช่วยในการกำจัด หรือลดปริมาณของสารเคมี การกำจัดสี และกลิ่น รวมทั้งการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) หรือเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำได้ (Zhou and Smith, 2002) ปัจจุบันมีการนำ AOP มาใช้จุลินทรีย์ในอุตสาหกรรมผักและผลไม้เพิ่มมากขึ้น แต่ยังไม่มีการศึกษาในด้านการส่งผลต่อคุณภาพและสารพฤษเคมี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของกระบวนการออกซิเดชั่นชั้นสูง (H_2O_2/UV-C) ร่วมกับฟองก๊าซขนาดไมโครนาโนที่ส่งผลต่อการกระตุ้นการสร้างสารพฤกษเคมี และสารต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนไควาเระ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดไควาเระมาล้างด้วยกระบวนการ AOP ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซดความเข้มข้น 3% พร้อมกับการให้ UV-C และฟองอากาศขนาดไมโครนาโน (3%H_2O_2/UV-C+Mbs) เป็นเวลา 15 นาที โดยเปรียบเทียบกับน้ำกรอง RO (Reverse Osmosis) ซึ่งแบ่งเป็น 6 ชุดการทดลองดังนี้ คือ

ชุดการทดลองที่ 1 ล้างด้วยน้ำกรอง RO เป็นเวลา 5 ชั่วโมง 15 นาที (ชุดความคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 ล้างด้วยน้ำกรอง RO เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และล้างต่อด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 3% (3%H_2O_2) เป็นเวลา 15 นาที

ชุดการทดลองที่ 3 ล้างด้วยน้ำกรอง RO เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และล้างต่อด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 3% (3%H_2O_2) ร่วมกับ UV-C เป็นเวลา 15 นาที

ชุดการทดลองที่ 4 ล้างด้วยน้ำกรอง RO เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และล้างด้วยการแช่ต่อด้วย UV-C เป็นเวลา 15 นาที

ชุดการทดลองที่ 5 ล้างด้วยน้ำกรอง RO เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และล้างด้วยการแช่ต่อด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 3% (3%H_2O_2) ร่วมกับ UV-C และฟองก๊าซขนาดไมโครนาโน เป็นเวลา 15 นาที

ชุดการทดลองที่ 6 ล้างด้วยน้ำกรอง RO เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และล้างด้วยการแช่ต่อด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 3% (3%H_2O_2) ร่วมกับฟองก๊าซขนาดไมโครนาโน เป็นเวลา 15 นาที นำเมล็ดไควาเระที่ล้างด้วยวิธีต่างๆ มาผ่านเครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อทำให้สะเด็ดน้ำ

จากนั้นนำมาเพาะในกระถางพลาสติกที่มีฟองน้ำวางในกระถางพลาสติก และรดน้ำทุกวัน โดยไม่ให้แสง 3 วันหลังจากการเพาะ หลังจากนั้นทำการให้แสง LED สีขาว ความเข้มแสง 70±5 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ เป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิ 22±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75-80เก็บเกี่ยวไมโครกรีนอายุ 7 วัน เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสาร Glucosinolate, Total flavonoid และความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของใบและลำต้น วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 4 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า AOP (3%H_2O_2/UV-C) สามารถกระตุ้นความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPHได้สูงและมากกว่าไมโครกรีนชุดควบคุม และชุดการทดลองอื่นๆ เช่นเดียวกันกับปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ส่วนปริมาณสารช่วยลดความเสี่ยงการเกิดมะเร็ง (Glucosinolates) มีการตอบสนองต่อกระบวนการออกซิเดชั่นชั้นสูง 3%H_2O_2 ร่วมกับฟองก๊าซขนาดไมโครนาโน และชุดการทดลองที่มีการใช้ UV-C ร่วมด้วยก็ให้ผลการตอบสนองที่ดีรองลงมา เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิค หรือฟลาโวนอยด์มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิคหรือฟลาโวนอยด์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระหลักในการต้านกระบวนการออกซิเดชันในพืช (Barros และคณะ, 2007; Murakami และคณะ, 2003) ซึ่งมีการรายงานว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ได้จากธรรมชาติยังมีคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันสูงกว่าสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการสังเคราะห์ (Lee และคณะ, 2003) และยังสอดคล้องกับพรชัย และคณะ (2561) จากผลการทดลอง พบว่า ไมโครกรีนจากผัก ขี้หูดพันธุ์มังกรคู่ และผักกาดเขียวน้อยพันธุ์สิงโตมีปริมาณ

สารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด แคโรทีนอยด์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไมโครกรีนผักขี้หูดพันธุ์มังกรคู่ที่มีสาร ซัลโฟราเฟนสูงที่สุด นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการให้สาร H_2O_2 จากภายนอกสามารถกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์ฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ในเมล็ดควินัวงอก (Swieca, 2016) H_2O_2 ยังมีบทบาทสำคัญในการส่งสัญญาณโมเลกุลในการปรับตัวให้ชินกับสภาพแวดล้อม โดยการกระตุ้นกลไกการป้องกันสารต้านอนุมูลอิสระ (Szopinska, 2014)

สรุปผล

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้กระบวนการออกซิเดชั่นชั้นสูง (3%H_2O_2/UV-C) ร่วมกับฟองก๊าซขนาดไมโครนาโนสามารถเพิ่มปริมาณสารพฤกษเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระ ของไมโครกรีนไควาเระได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในโครงการวิจัยนี้ และขอขอบพระคุณ UGSAS-GU โดยมหาวิทยาลัยกิฟุ สำหรับการสนับสนุนเครื่องมือสำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

พรชัย หาระโคตร วาสนา หวายพิมาย เยาวพา จิระเกียรติกุล และภาณุมาศ ฤทธิไชย, 2561, ปริมาณแคโรทีนอยด์ ซัลโฟราเฟน สารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไมโครกรีนผักพื้นเมืองวงศ์กะหล่ำ, วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ปีที่5 ฉบับที่3 (กรกฎาคม-กันยายน): หน้า 108-117.

อาลักษณ์ ทิพยรัตน์, 2560, โครงการการทำลายฤทธิ์ของยาปฏิชีวนะในน้ำเสียจากผลิตยาของอุตสาหกรรมอาหารและยา โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแอดวานซ์ออกซิเดชั่นเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม, รายงานวิจัย สำนักงานจัดการศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

Barros, L., M.J. Ferreira, B. Queiros, I.C.F.R. Ferreira, and P. Baptista., 2007, Total Phenols, Ascorbic Acid, β-carotene and Lycopene in Portuguese Wild Edible Mushrooms and Their Antioxidant Activities, Food Chemistry, 103: 413-419.

Ghoora, M. D., Babu, D.R. and Srividya, N., 2020, Nutrient Composition, Oxalate Content and Nutritional Ranking of Ten Culinary Microgreens, Journal of Food Composition Analytical, 91: 103495.

Holliday, S. L., Scouten, A. J. and Beuchat, L.R., 2001, Efficacy of Chemical Treatments in Eliminating *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on Sacrified and Polished Alfalfa Seeds, Journal of Food Protection, 64(10): 1489-1495.

Kyriacou, M. C., Rouphael, Y., Gioia, F. D., Kyratzis, A., Serio, F., Renna, M., Pascale, S. D. and Santamaria, P., 2016, Micro-scale Vegetable Production and the Rise of Microgreens, Trends in Food Science and Technology, 57: 103-115.

Lee, S. E., Hwang, H. J., Ha, J. S., Jeong, H. S., and Kim, J. H., 2003, Screening of Medicinal Plant Extracts for Antioxidant Activity, Life Science, 73: 167–179.

Murakami, M., Yamaguchi, T., Takamura, H., and Matoba, T., 2003, Effects of Ascorbic Acid and Tocopherol on Antioxidant Activity of Polyphenolic Compounds, Food Chemistry and Toxicology, 68: 1622–1625.

Riggio, G. M., Wang, Q., Kniel, K. E. and Gibson, K.E., 2019, Microgreens- A Review of Food Safety Consideration Along the Farm to Fork Continuum, Internationa Journal of Food Microbiololgy, 290: 76-85.

Swieca, M., 2016, Hydrogen Peroxide Treatment and the Phenylpropanoid Pathway Precursors Feeding Improve Phenolics and Antioxidant Capacity of Quinoa Sprouts via an Induction of L-tyrosine and L-phenylalanine Ammonia-lases Activities, Journal of Chemistry, 2016, p. 1-7.

Szopinska, D., 2014, Effects of Hydrogen Peroxide Treatment on the Ggermination, Vigour and Health of *Zizinnia elegans* Seeds, Folia Horticulturae, 26: 19-29.

Wang, Q. and Kniel, K. E., 2016, Survival and Transfer of Murin Norovirus Within a Hydroponic System During Kale and Mustard Microgreen Harvesting, Applied Environmental Microbiology, 82: 705-713.

Xiao, Z., Nou, X., Luo, Y. and Wang, Q., 2014, Comparison of the Growth of *Escherichia coli* O157: H7 and O104: H4 During Sprouting and Microgreen Production from Contaminated Radish Seeds, Food Microbiology, 44: 60-63.

Zhou, H. and Smith, D.W., 2002, Advanced Technologies in Water and Wastewater Treatment, Journal of Environmental Engineering and Science, 1: 247-264.

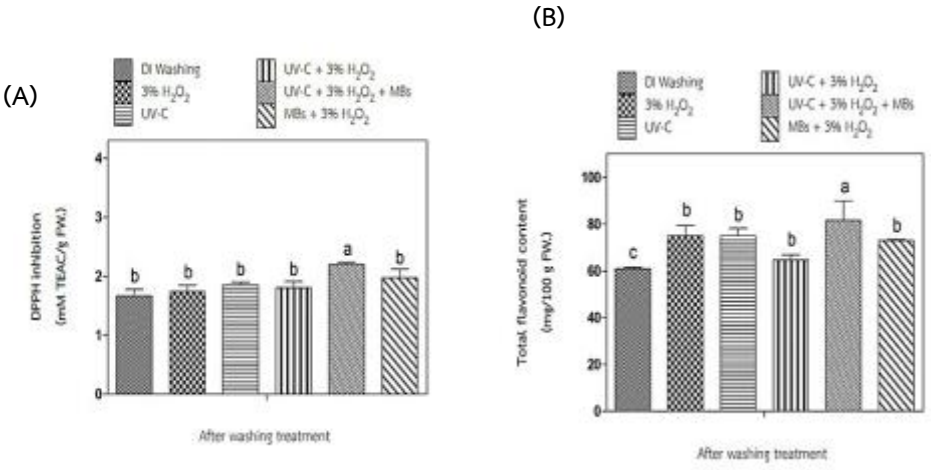

Figure 1 Effect of washed with various techniques on (A) DPPH radical scavenging activity and (B) total flavonoid content of their corresponding microgreens. Data are means of four replicates ± SE. Means with the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by CRD test.

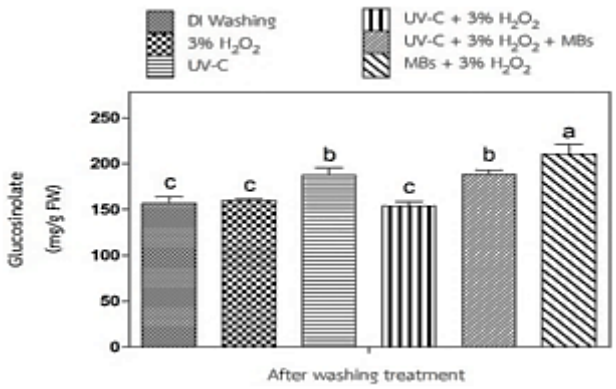

Figure 2 Effect of washed with various techniques on Glucosinolate content of their corresponding microgreens. Data are means of four replicates ± SE. Means with the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by CRD test.