

การใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งในการอบแห้งและคั่วอาหาร

สั๊กมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา^{๑,๒}

^๑ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

^๒ภาคีสมาชิก สาขาวิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวเคมี ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา, sakamon.dev@kmutt.ac.th

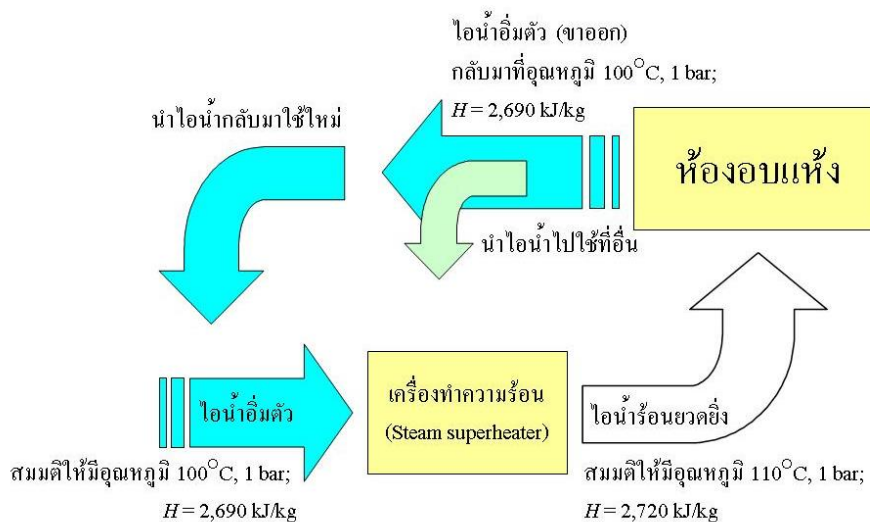
บทนำ

การอบแห้งเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารที่สำคัญมากกระบวนการหนึ่ง เนื่องจากสามารถลดความชื้นของอาหารจนอยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับการเก็บรักษา นอกจากเหตุผลในแง่ของการยืดอายุการเก็บรักษาแล้ว การอบแห้งยังเป็นวิธีการสำคัญในการผลิตอาหารที่มีคุณลักษณะพิเศษและไม่สามารถผลิตขึ้นได้โดยกระบวนการแปรรูปอื่น โดยทั่วไป ผู้แปรรูปอาหารนิยมใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้ง เนื่องจากสะดวกและมีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก ตลอดจนสามารถจัดหาเครื่องอบแห้งและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องได้โดยง่าย อย่างไรก็ตาม ผลผลิตที่อบแห้งด้วยอากาศร้อนมักมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากวัตถุดิบเริ่มต้นค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในแง่ของสี เนื้อสัมผัส รูปร่าง ตลอดจนคุณค่าทางอาหาร ด้วยเหตุนี้ จึงมีผู้พัฒนากระบวนการอบแห้งทางเลือกต่าง ๆ ขึ้น การอบแห้งที่ใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นตัวกลางในการอบแห้งนับเป็นทางเลือกทางหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากสามารถลดข้อด้อยบางประการของการอบแห้งโดยใช้อากาศร้อนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อประยุกต์ใช้กับผัก ผลไม้ และสมุนไพร นอกจากนี้จะเป็นตัวกลางในการอบแห้งแล้วยังสามารถใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นตัวกลางในการคั่วอาหารและวัสดุทางการแพทย์ เช่น เมล็ดข้าว เมล็ดกาแฟ เมล็ดงา เมล็ดทานตะวัน ได้อีกด้วย

การอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

ภาพที่ ๑ แสดงหลักการพื้นฐานของการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (superheated steam drying) ทั้งนี้ ไอน้ำร้อนยวดยิ่งก็คือไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว หรือกล่าวง่าย ๆ คือ อุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของน้ำที่ความดันค่าหนึ่ง ๆ การอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งเริ่มจากป้อนไอน้ำอิ่มตัวจากหม้อน้ำเข้าสู่เครื่องทำความร้อนเพื่อเปลี่ยนไอน้ำอิ่มตัวเป็นไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ไอน้ำร้อนยวดยิ่งจะถ่ายเทความร้อนให้แก่อาหาร และรับความชื้นที่ระเหยออกจากอาหาร ทำให้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีอุณหภูมิลดลง กลายเป็นไอน้ำอิ่มตัวดั้งเดิม ดังนั้น ไอน้ำที่ไหลออกจากห้องอบแห้งจึงอยู่ในภาวะอิ่มตัว สามารถนำกลับไปให้ความร้อนและเปลี่ยนเป็นไอน้ำร้อนยวดยิ่งได้ใหม่ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปริมาณไอน้ำที่ไหลออกจากห้องอบแห้งมีค่าสูงกว่าปริมาณที่ป้อนเข้าสู่ห้องอบแห้ง โดยปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับปริมาณความชื้นที่ระเหยออกจากอาหาร ดังนั้น จึงต้องระบายไอน้ำส่วนเกินนี้ออกจากกระบวนการ เพื่อไม่ให้เป็นการระเหยความร้อนกับเครื่องทำความร้อน ทั้งนี้ อาจนำไอน้ำส่วนเกินนี้ไปใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหารอื่น หรืออาจควบแน่นไอน้ำดังกล่าวให้กลายเป็นน้ำร้อน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในกระบวนการอื่นได้เช่นกัน จุดเด่นที่สำคัญของการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งจึงอยู่ที่ความสามารถในการนำพลังงานส่วนใหญ่ที่ป้อนให้แก่เครื่องอบแห้งกลับมาใช้ได้ใหม่ หรือแม้กระทั่งนำไปใช้ในกระบวนการอื่น จึงประหยัดพลังงานที่ต้องใช้ในการอบแห้งได้มาก จุดเด่นที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือการที่ไม่มีออกซิเจนในการอบแห้ง (หรือมีในปริมาณต่ำมาก) เนื่องจากอากาศที่อยู่ภายในห้อง

อบแห้งจะถูกแทนที่ด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมด ส่งผลให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ การเกิดออกซิเดชันของลิพิด ตลอดจนปฏิกิริยาการเสื่อมสลายของวิตามินที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เกิดขึ้นไม่ได้ (หรือเกิดขึ้นน้อย) นอกจากนี้ การอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งยังช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งอาจปนเปื้อนมากับอาหาร ทั้งนี้ เนื่องจากการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูง (สูงกว่า 100 องศาเซลเซียสที่ความดันบรรยากาศ) อีกทั้งอุณหภูมิของอาหารยังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการอบแห้ง อันเป็นผลจากการควบแน่นของไอน้ำบนผิวของอาหาร การที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งใช้อากาศร้อน ซึ่งอุณหภูมิของอาหารเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ทำให้จุลินทรีย์เจริญหรือสร้างสารพิษได้ก่อนถูกยับยั้งไป (สีกมม, ๒๕๕๕)



ภาพที่ ๑ หลักการพื้นฐานของการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง. H คือเอนทัลปีของไอน้ำ (ที่มา: สีกมม, ๒๕๕๕)

การใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นตัวกลางในการอบแห้งยังทำให้เกิดกระบวนการอื่น ๆ พร้อมไปกับการอบแห้ง เช่น การลวก ทั้งนี้ เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งดังกล่าวแล้วข้างต้น จุดเด่นอีกประการหนึ่งของการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งคือผลิตภัณฑ์อบแห้งมักมีความพรุนสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งใช้อากาศร้อน ทั้งนี้ เนื่องจากการเดือดของความชื้น (น้ำ) ในอาหารระหว่างการอบแห้ง กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ การที่น้ำเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ ทำให้น้ำเพิ่มปริมาตรขึ้นอย่างมาก โครงสร้างภายในของอาหารถูกดันให้ขยายตัวออก ความพรุนจึงมีค่าสูงขึ้น ลักษณะเช่นนี้ทำให้อาหารที่อบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งสามารถคืนตัว (หรือดูดน้ำกลับ) ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมอาหารกิ่งสำเร็จรูปเป็นอย่างยิ่ง

เนื่องจากการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ความดันบรรยากาศเป็นการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่าสูง จึงไม่เหมาะแก่การอบแห้งวัสดุที่อาจเสื่อมสภาพได้ง่ายที่อุณหภูมิสูง เช่น ผัก ผลไม้ สมุนไพร ด้วยเหตุนี้ จึงมีการพัฒนากระบวนการอบแห้งแบบใหม่ ซึ่งรวมเอาข้อดีของการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งเข้ากับความสามารถในการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ โดยอาศัยหลักการที่ว่า น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิต่ำลงหากความดันของ

ระบบลดลง จึงสามารถผลิตไอน้ำร้อนยวดยิ่งได้ที่อุณหภูมิต่ำลง (Devahastin et al., 2004) การอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำ (low-pressure superheated steam drying) ได้รับการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนปัจจุบันมีเครื่องอบแห้งที่อาศัยหลักการดังกล่าวในระดับอุตสาหกรรม (ภาพที่ ๒) ซึ่งใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อบแห้งคุณภาพสูงหลากหลายชนิดได้ในประเทศ (ภาพที่ ๓)



ภาพที่ ๒ เครื่องอบแห้งไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำระดับอุตสาหกรรม (ที่มา: บริษัท เนเชอรัล โปรดิวซ์เชส จำกัด)



ภาพที่ ๓ ตัวอย่างอาหารที่อบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำ (ที่มา: บริษัท เนเชอรัล โปรดิวซ์เชส จำกัด)

การคั่วโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

การคั่วเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนและมวลสารเช่นเดียวกับการอบแห้ง ในระหว่างการคั่ว ความร้อนจากตัวกลางให้ความร้อนจะส่งผ่านไปยังอาหาร ในขณะที่ความชื้นและสารประกอบที่ระเหยได้เคลื่อนที่จากอาหารสู่ตัวกลางให้ความร้อน การใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นตัวกลางให้ความร้อนระหว่างการคั่วมีข้อดี คือ สามารถเพิ่มอุณหภูมิของอาหารได้เร็วกว่ากรณีการใช้อากาศร้อน จึงจำกัดการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ไม่พึงประสงค์บางปฏิกิริยา ตลอดจนลดเวลาที่ต้องใช้ในการคั่วลงได้ นอกจากนี้เนื่องจากการคั่วสามารถทำได้ที่ภาวะออกซิเจนต่ำ อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ไม่พึงประสงค์จึงลดลงเป็นอย่างมาก ส่งผลให้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ไขมันสูง ได้นานขึ้นโดยปราศจากกลิ่นหืน (Yodkaew et al., 2017)

ในกรณีของกาแฟโรบัสตา ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่เพาะปลูกมากทางภาคใต้ของประเทศไทย การคั่วโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งทำให้เมล็ดกาแฟโรบัสตามีปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น ขณะที่ปริมาณกรดอะซิติก ซึ่งให้กลิ่นและรสไม่พึงประสงค์ มีแนวโน้มลดลง อีกทั้งไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณกาเฟอีนและกรดสำคัญ ๆ ที่ให้กลิ่นและรสพึงประสงค์ในกาแฟ เช่น กรดซิตริก กรดมาลิก กรดฟumaric นอกจากนี้ จากการประเมินเชิงประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีของสมาคมกาแฟพิเศษอเมริกา (Specialty Coffee Association of America) ซึ่งประกอบด้วย การประเมินกลิ่นหอม รสชาติ รสที่ค้างในคอ สัดส่วนรสเค็มกับเปรี้ยว สัดส่วนรสขมกับหวาน ความรู้สึกในปาก และคุณภาพ พบว่า กาแฟที่ชงจากเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่คั่วโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งได้คะแนนรวมสูงกว่ากาแฟที่ชงจากเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่คั่วโดยใช้อากาศร้อน (Chindapan et al., 2019; Chindapan et al., 2021) นอกจากนี้ การคั่วโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิสูง (๒๕๐ องศาเซลเซียส) ยังช่วยลดปริมาณแอมโมเนียและพอลิไซคลิกแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอนในเมล็ดกาแฟที่คั่วแบบเข้มได้อีกด้วย (Rattanarat et al., 2021)

บทสรุป

การอบแห้งและการคั่วโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำ เป็นกระบวนการที่สามารถใช้ในการผลิตอาหารอบแห้งและคั่วคุณภาพสูง ทั้งในแง่ของสี เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางอาหาร จึงเป็นกระบวนการที่มีศักยภาพสูงในเชิงพาณิชย์ แม้จะมีค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องจักรและการดำเนินการสูงกว่ากระบวนการที่ใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางให้ความร้อนอยู่บ้างก็ตาม

เอกสารอ้างอิง

- ศักดิ์กมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา. (๒๕๕๕) การอบแห้งอาหารและวัสดุชีวภาพ. สำนักพิมพ์ท็อป กรุงเทพฯ ฯ
- Chindapan, N., Soydok, S., Devahastin, S. (2019) Roasting kinetics and chemical composition changes of Robusta coffee beans during hot air and superheated steam roasting. *J. Food Sci.* 84, 292-302.
- Chindapan, N., Puangngoen, C., Devahastin, S. (2021) Profiles of volatile compounds and sensory characteristics of Robusta coffee beans roasted by hot air and superheated steam,” *Int. J. Food Sci. Technol.* 56, 3814-3825.
- Devahastin, S., Suvarnakuta, P., Soponronnarit, S., Mujumdar, A.S. (2004) A comparative study of low-pressure superheated steam and vacuum drying of a heat-sensitive material. *Drying Technol.* 22, 1845-1867.
- Rattanarat, P., Chindapan, N., Devahastin, S. (2021) Comparative evaluation of acrylamide and polycyclic aromatic hydrocarbons contents in Robusta coffee beans roasted by hot air and superheated steam. *Food Chem.* 341, 128266.
- Yodkaew, P., Chindapan, N., Devahastin, S. (2017) Influences of superheated steam roasting and water activity control as oxidation mitigation methods on physicochemical properties, lipid oxidation and free fatty acids compositions of roasted rice. *J. Food Sci.* 82, 69-79.