นวัตกรรมของสารเพิ่มรสชาติในอาหารลดโซเดียม

วาสนา นาราศรี

ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล : ifrwsn@ku.ac.th
รับเมื่อ 20 เมษายน 2566 **แก้ไขเมื่อ** 26 มิถุนายน 2566 **ตอบรับเมื่อ** 13 กรกฎาคม 2566

จุดเด่น

- การลดปริมาณโซเดียมในอาหาร
- สารเพิ่มรสชาติช่วยเพิ่มความเข้มของความรู้สึกเค็ม และให้รสอูมามิในอาหารลดโซเดียม
- นวัตกรรมของสารเพิ่มรสชาติ ได้แก่ กรด ผงชูรส กรดอะมิโน สารสกัดจากยีสต์ โปรตีนไฮโดรไลเสต สารประกอบจากพืช สาหร่ายทะเล สารสกัดจากเห็ด เวย์เปปไทด์ และ 5′ นิวคลีโอไทด์

บทคัดย่อ

การบริโภคอาหารที่มีโซเดียมสูงกว่าที่ควรจะได้รับในแต่ละวัน (2,000 มิลลิกรัม) จะเพิ่มความเสี่ยงทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด และไตวาย การลดปริมาณโซเดียมในอาหารส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส การยอมรับของผู้บริโภค อายุการเก็บรักษา และการเติบโตทางเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์อาหาร สารเพิ่มรสชาติช่วยเพิ่มความรู้สึกเค็มของอาหาร แต่เป็นสารที่ไม่มีรสเค็ม ช่วยปรับสมดุลของรสเค็มและกระตุ้นตุ่มรับรสในปาก เพื่อทดแทนปริมาณโซเดียมที่ลดลง ผงชูรสเป็นสารเพิ่มรสชาติที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อเพิ่มรสชาติอูมามิ เป็นวัตถุเจือปนอาหาร มีโซเดียมเป็นองค์ประกอบ ต้องจำกัดปริมาณการใช้ให้เหมาะสม และผู้บริโภคให้การยอมรับต่ำ ตัวอย่างสารเพิ่มรสชาติที่เกิดจากนวัตกรรม ได้แก่ กรด กรดอะมิโน สารสกัดจากยีสต์ โปรตีนไฮโดรไลเสต สารประกอบจากพืช สาหร่ายทะเลที่กินได้ สารสกัดจากเห็ด เวย์เปปไทด์ และสารประกอบนิวคลีโอไทด์

คำสำคัญ : สารเพิ่มรสชาติ โซเดียมในอาหาร การลดปริมาณโซเดียม

Flavor enhancer innovation in reduced sodium foods

Wassana Narasri

Department of Nutrition and Health,
Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University
E-mail : ifrwsn@ku.ac.th
Received 20 April 2023; **Revised** 26 June 2023; **Accepted** 13 July 2023

Highlights

- Reducing sodium content in foods
- The flavor enhancer can enhance the intensity of saltiness sensation and provides an umami taste in low sodium foods
- Innovation of flavor enhancer are acids, monosodium glutamate (MSG), amino acids, yeast extracts, hydrolyzed protein, plant-based compounds, edible seaweeds, mushroom extracts, whey peptides, and 5′nucleotides

Abstract

The highly sodium consumption, which is exceeding recommended daily intake (2,000 mg) increases the risk of hypertension, cardiovascular diseases, and kidney failure. The reducing sodium content in foods affects the sensory characteristics, consumer acceptability, shelf life, and economic growth of food products. The flavor enhancer can promote the intensity of saltiness sensation in foods, even it does not present salty taste. This enhancer shows the potential to balance the salty taste by activating taste receptors in the mouth, due to reducing sodium content. Monosodium glutamate (MSG) is the most widely used as flavor enhancer for umami taste. MSG is a food additive which releases sodium ions and the excess release. The usage is limited and the consumer acceptance is low. The innovative flavor enhancers include acids, amino acids, yeast extracts, hydrolyzed protein, plant-based compounds, edible seaweeds, mushroom extracts, whey peptides, and nucleotides.

Keywords : flavor enhancer, sodium in food, reducing sodium

บทนำ

การบริโภคอาหารที่มีโซเดียมในปริมาณสูงเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง โดยเฉพาะโรคความดันโลหิตสูงและนำไปสู่การเกิดโรคไต โรคหลอดเลือดหัวใจ และหลอดเลือดสมอง องค์การอนามัยโลกแนะนำให้ลดแหล่งของโซเดียมทั้งหมดในอาหาร รวมทั้งวัตถุเจือปนอาหาร และส่งเสริมการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพที่มีปริมาณโซเดียมต่ำ คนไทยบริโภคอาหารที่มีโซเดียมสูงเกินกว่าปริมาณที่องค์การอนามัยโลกกำหนดถึง 2 เท่า หรือประมาณ 4,350 มิลลิกรัมต่อวัน ประเทศไทยจึงมีเป้าหมายที่จะลดการบริโภคเกลือและโซเดียมลงร้อยละ 30 รวมถึงโรคความดันโลหิตสูงลดลงร้อยละ 25 ภายในปี พ.ศ. 2568[1] หรือบริโภคเกลือน้อยกว่า 5 กรัม/วัน หรือโซเดียมน้อยกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน[2] ในปัจจุบันผู้บริโภคได้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างอาหารและสุขภาพมากขึ้น โดยเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่ลดปริมาณโซเดียม ในอุตสาหกรรมอาหารได้พยายามหลีกเลี่ยงการใช้ผงชูรสในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น

โดยทั่วไปการลดปริมาณโซเดียมในอาหารมีหลายวิธีและจะแตกต่างกันไปตามประเภทของผลิตภัณฑ์อาหาร กระบวนการแปรรูป และส่วนผสมอื่น ๆ ที่มีอยู่แล้วในผลิตภัณฑ์นั้น เช่น การทดแทนเกลือ (โซเดียมคลอไรด์) ด้วยเกลือคลอไรด์ชนิดต่าง ๆ การใช้สารเพิ่มรสชาติ การใช้เกลือที่มีโมเลกุลของผลึกขนาดเล็ก การใช้เกลือทะเล การใช้กลิ่นรสจากเครื่องเทศและสมุนไพร การห่อหุ้มเกลือด้วยการเคลือบเกลือไว้ภายในสารอีกชนิดหนึ่ง (encapsulation) การแปรรูปอาหารด้วยเทคโนโลยีที่ไม่ใช้ความร้อนทั้งกระบวนการที่ใช้ความดันสูง เทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า (Pulsed Electric Field, PEF) เป็นต้น

การใช้สารเพิ่มรสชาติที่มาจากธรรมชาติเพื่อลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหาร ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารกลุ่มนี้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสามารถเทียบเท่ากับคุณค่าของอาหารที่ดีต่อสุขภาพ สำหรับการใช้สารทดแทนเกลือด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์และแมกนีเซียมคลอไรด์ เป็นที่ทราบกันดีว่าสารทดแทนเกลือทั้ง 2 ชนิด มีรสขมและไม่มีรสเค็ม ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารลดโซเดียมที่ใช้สารดังกล่าวในท้องตลาดไม่ค่อยประสบความสำเร็จ[3] ประสิทธิภาพของสารเพิ่มรสชาติจากแหล่งธรรมชาติขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดกลูตามิกอิสระ ซึ่งเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของโปรตีน พบได้ในวัตถุดิบอาหารต่าง ๆ เช่น สาหร่ายทะเล มะเขือเทศ หน่อไม้ฝรั่ง เป็นต้น ให้รสอูมามิหรือรสอร่อยและกลมกล่อม นอกจากนี้ก็มีกรดแอสพาร์ติกและนิวคลีโอไทด์ที่ทำให้มีรสอูมามิ ดังนั้นส่วนผสมของอาหารที่อุดมไปด้วยกรดกลูตามิก กรดแอสพาร์ติก และนิวคลีโอไทด์จะมีแนวโน้มต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารด้านรสชาติที่ดี[4]

สารเพิ่มรสชาติที่นิยมใช้เพื่อลดปริมาณโซเดียมในอาหาร

รสชาติจะเป็นตัวขับเคลื่อนสำคัญของผลิตภัณฑ์อาหารที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ และบ่งชี้แนวโน้มการเติบโตในเชิงพาณิชย์ ทำให้การลด

ปริมาณโซเดียมในอาหารจำเป็นต้องอาศัยตัวกระตุ้นการรับรส หรือสารเพิ่มรสชาติที่สามารถเปลี่ยนหรือเพิ่มการรับรสเค็มในอาหาร แต่สารนั้นไม่มีรสเค็ม การใช้สารเพิ่มรสชาติในอาหารทำให้ได้รสชาติอูมามิที่ทดแทนปริมาณโซเดียมที่ลดลง ด้วยการปรับสมดุลของรสชาติโดยรวมเป็นการกระตุ้นตุ่มรับรสในปากและเพิ่มการรับรสเค็ม โดยอันตรกิริยาระหว่างเกลือกับอูมามิ[5] สารเพิ่มรสชาติส่วนใหญ่ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารลดโซเดียม ได้แก่ กรด ผงชูรส (โมโนโซเดียมกลูตาเมต) กรดอะมิโน สารสกัดจากยีสต์ โปรตีนไฮโดรไลเสต 5′ นิวคลีโอไทด์ สารสกัดจากเห็ด สารสกัดจากสาหร่ายทะเลที่กินได้ และเวย์เปปไทด์ เป็นต้น[6] ทั้งนี้สารสกัดต่าง ๆ สามารถเพิ่มกลิ่นรสให้ดีขึ้นได้ด้วยปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ซึ่งสารเพิ่มรสชาติเหล่านี้มีการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตมาอย่างต่อเนื่องที่เป็นนวัตกรรมและมีรายละเอียดดังนี้

1. กรด การใช้กรดมาลิก กรดทาร์ทาริก กรดอะดิปิก และกรดซัคซินิกปริมาณต่ำ ๆ ในอาหารสามารถช่วยเสริมการรับรู้ถึงความเค็มได้เพิ่มขึ้น สำหรับโพแทสเซียมแล็กเตตก็สามารถช่วยเพิ่มรสเค็มโดยการแปรผันความเป็นกรดและทำให้เกิดรสเปรี้ยวในอาหาร ในทำนองเดียวกันการผสมกรดแล็กติกกับกรดซิตริกก็สามารถเพิ่มการรับรสเค็มได้[7]

2. ผงชูรส หรือโมโนโซเดียมกลูตาเมต (monosodium glutamate) เป็นเกลือโซเดียมของกรดกลูตามิก ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมากที่สุดชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นผงผลึกสีขาวไร้กลิ่น นำมาใช้เพื่อเพิ่มรสชาติอูมามิในอาหาร มีกระบวนการผลิตด้วยการหมักวัตถุดิบจากพืช เช่น อ้อย หัวบีท มันสำปะหลัง และข้าวโพด โดยนำวัตถุดิบไปย่อยเป็นน้ำตาลกลูโคส บรรจุใส่ถังหมักเติมจุลินทรีย์ที่ใช้กลูโคสเพื่อผลิตกรดกลูตามิก เมื่อทำให้เป็นกลางจะได้สารละลาย จากนั้นจะถูกเปลี่ยนสีและกรองเพื่อให้ได้สารละลายบริสุทธิ์ ทำการตกผลึกโดยใช้เครื่องระเหย และทำให้แห้งเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายคือผงชูรส ผงชูรสถูกนำมาใช้เพื่อลดปริมาณโซเดียม และไม่ทำให้อาหารเสียรสชาติ โดยผงชูรสมีปริมาณโซเดียม 12% ส่วนเกลือ (โซเดียมคลอไรด์) มีโซเดียมประมาณ 40% การเติมผงชูรสทดแทนเกลือในอาหารจึงทำให้ปริมาณโซเดียมลดลงในขณะที่ยังคงรสชาติไว้[8-9]

ผลกระทบของผงชูรสต่อสุขภาพพบว่า มีความเชื่อมโยงกับการเกิดไมเกรน สมาธิสั้น คลื่นไส้อาเจียน และเป็นแหล่งของโซเดียม[10] ผลของผงชูรสในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสต่อสุขภาพ ทำให้เกิด oxidative stress ซึ่งเป็นภาวะที่เกิดขึ้นในขณะที่ร่างกายขาดความสมดุลระหว่างอนุมูลอิสระ (free radicals) และสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) กระตุ้นให้เซลล์เกิดการอักเสบและเสียหาย เมื่อเป็นติดต่อกันอาจจะเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เป็นพิษต่อตับ และเกิดการกระตุ้นให้เกิดเนื้องอก ผงชูรสอาจเพิ่มจำนวนเกล็ดเลือดเวลาเลือดออกส่งผลต่อการแข็งตัวของเลือด อีกทั้งส่งผลเสียต่อฮอร์โมนในร่างกาย ได้แก่ เทสโทสเตอโรน เอสโตรเจน และโปรเจสเตอโรน นอกจากนี้ส่งผลให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจนเป็นโรคอ้วน

ทั้งนี้สามารถลดผลกระทบของผงชูรสต่อสุขภาพเหล่านี้ได้ โดยการบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมของกระเทียม ขิง และขมิ้น รวมถึงการบริโภคอาหารที่อุดมด้วยวิตามินซี อี และสารต้านอนุมูลอิสระ[11] แต่อย่างไรก็ตามผงชูรสเป็นวัตถุเจือปนอาหารประเภทวัตถุปรุงแต่งรสอาหาร ต้องจำกัดปริมาณการใช้ให้เหมาะสม ส่งผลให้ผู้บริโภคยอมรับน้อย

3. กรดอะมิโน มีความสำคัญต่อรสชาติอาหาร โดยกรดอะมิโนแต่ละชนิดมีรสชาติที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาผสมกันจะมีผลอย่างมากในการกำหนดรสชาติอาหาร ส่วนโปรตีนไม่ค่อยมีรสชาติ การเติมกรดอะมิโน เช่น ฮีสทิดีน (histidine) อาร์จินีน (arginine) ไลซีน (lysine) และอื่น ๆ มีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทางเคมีของอาหารโซเดียมต่ำ สามารถเพิ่มความเข้มของรสชาติเค็มได้ แต่อาจจะต้องใช้สารปรุงแต่งเพิ่มเติมเพื่อช่วยกลบรสขม นอกจากนี้ยังมีสารเพิ่มรสชาติใหม่ที่ชื่อว่า Alapyridian เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการเสริมให้รับรสเค็มและรสอูมามิได้เร็วขึ้น โดยสารชนิดนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ดของกลูโคสและกรดอะลานีน (alanine)[12]

กรดอะมิโนแต่ละชนิดให้รสชาติที่โดดเด่น (Table 1) โดยรสเปรี้ยวได้จากกรดแอสปาร์ติกและกรดกลูตามิก แต่เมื่ออยู่ในรูปเกลือโซเดียมของกรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิด จะให้รสชาติอูมามิ[13] รสขมของกรดอะมิโนจะอยู่ในรูปแบบ L-amino acids ที่เป็นชนิดละลายในน้ำได้ยาก (hydrophobic) โดยเฉพาะฟีนิลอะลานีน ไทโรซีน ลิวซีน ไอโซลูซีน และวารีน แต่ถ้ากรดอะมิโนเหล่านี้อยู่ในรูปแบบ D-amino acids จะทำให้มีรสหวานมากกว่ารสขม โพรลีนและไลซีนให้ทั้งรสหวานและรสขม ในขณะที่อะลานีน ไกลซีน ซีรีน และทรีโอนีนให้รสหวาน

กรดอะมิโนอิสระเหล่านี้พบในอาหารส่วนใหญ่มีปริมาณต่ำ จึงไม่มีผลต่อรสชาติของอาหาร อย่างไรก็ตามปริมาณของกรดอะมิโนอิสระอาจจะเพิ่มขึ้นได้ในอาหารหมักดอง หรือโปรตีนไฮโดร-ไลเสตที่ผลิตจากการใช้เอนไซม์ หรือแม้แต่ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เมื่อกรดอะมิโนอิสระมีปริมาณมากพอถึงจะมีบทบาทสำคัญต่อรสชาติของอาหาร[14-15]

Table 1 The predominant taste of amino acid[16]

predominant taste	amino acid
sour	aspartic acid, glutamic acid, asparagine
umami	glutamic acid-Na
salty and umami	aspartic acid-Na
sweet and umami	glutamine
bitter	histidine, methionine, valine, arginine, isoleucine, phenylalanine, tryptophan, leucine, tyrosine
sweet and bitter	lysine, proline
sweet	alanine, glycine, serine, threonine

4. สารสกัดจากยีสต์ ได้จากการกำจัดผนังเซลล์ที่ไม่ละลายน้ำออก เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของส่วนที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเป็นของเหลว หรือไซโทพลาสซึมภายในเซลล์ยีสต์ มีลักษณะสีน้ำตาลที่ประกอบด้วยโปรตีน กรดอะมิโน กลูแคน นิวคลีโอไทด์ กลุ่มวิตามินบี และแร่ธาตุ มีกระบวนการผลิตแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ การหมัก การทำให้เซลล์แตก และการแยกสารสกัด (Figure 1) การหมักเริ่มจากการนำยีสต์ที่ผ่านการคัดเลือก โดยส่วนใหญ่ใช้ *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งเป็นยีสต์ที่ใช้ในกระบวนการหมักทำอาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ เช่น ขนมปัง เบียร์ หรือไวน์ อาจจะเลือกยีสต์สายพันธุ์ที่ตรงกับการใช้งานในผลิตภัณฑ์อาหาร เพราะยีสต์แต่ละชนิดให้กลิ่นรสที่แตกต่างกันออกไป เติมน้ำตาลหรือกากน้ำตาล จากนั้นหมักด้วยการควบคุมอุณหภูมิและระดับออกซิเจน เพื่อให้อัตราการเจริญเติบโตของยีสต์เหมาะสมที่สุด และป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนที่จะส่งผลต่อกลิ่นรส สิ่งที่ได้จากขั้นตอนการหมัก เรียกว่า yeast cream

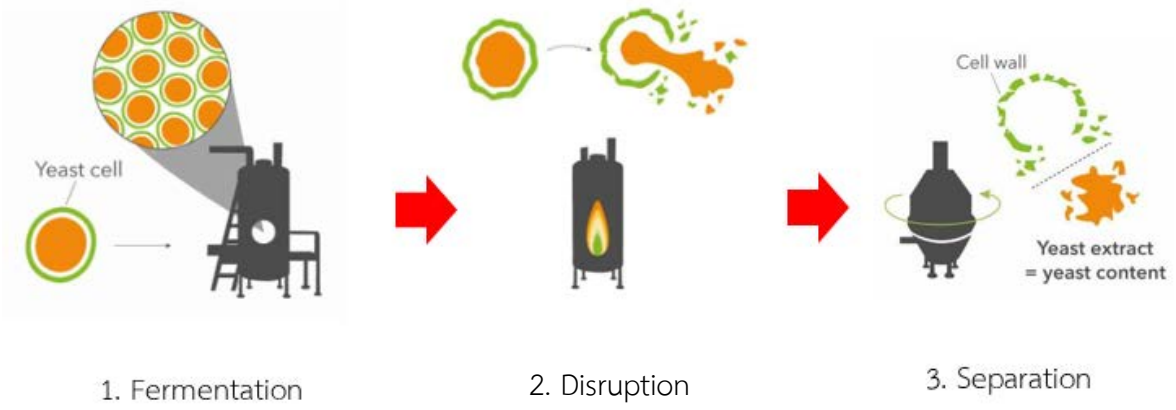

Figure 1 Yeast extracts in general are produced in three steps: fermentation, disruption and separation[17]

ขั้นตอนการทำให้เซลล์แตก ทำการหยุดการเติบโตของยีสต์ด้วยความร้อนและทำให้เย็นลง โดย yeast cream จะอยู่ในถังขนาดใหญ่ที่อุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส ในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนนี้ ผนังเซลล์จะแตกโดยเอนไซม์ภายในเซลล์ยีสต์ และปล่อยของเหลวภายในเซลล์ออกมา โมเลกุลขนาดใหญ่ของเซลล์ถูกตัดเป็นโมเลกุลที่เล็กลง เพื่อให้ได้ส่วนประกอบที่ให้รสอูมามิ ได้แก่ โปรตีน (เปปไทด์ กรดอะมิโนอิสระ เช่น กรดกลูตามิก) กรดนิวคลีอิก (กรดไรโบนิวคลีอิก) โอลิโกนิวคลีโอไทด์ นิวคลีโอไทด์ (5-inosine monophosphate และ 5-guanosine monophosphate (5-GMP) ซึ่งอยู่ในรูปของเกลือโซเดียม นิยมเรียกสั้น ๆ ว่า 5-inosinate และ 5-guanylate) พอลิแซ็กคาไรด์ (น้ำตาล แมนแนน และกลูแคน) ทำการตรวจสอบการแตกตัวของยีสต์ เพื่อให้ได้ส่วนประกอบที่ให้รสอูมามิในอัตราส่วนที่ดี ซึ่งอุณหภูมิและค่า pH เป็นปัจจัยสำคัญส่งผลต่อคุณสมบัติของสารสกัดจากยีสต์ที่ได้

จากนั้นส่วนประกอบที่ให้รสอูมามิ จะถูกแยกออกจากผนังเซลล์ด้วยการหมุนเหวี่ยงและการล้าง จะได้เป็นสารสกัดจากยีสต์และส่วนใหญ่ยังคงมีสารอาหารตั้งต้นของยีสต์ สารสกัดจากยีสต์จะถูกทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยเอาน้ำออก เพื่อให้ได้สารสกัดจากยีสต์ที่ละลายน้ำได้ อาจนำไปทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer) สำหรับการเพิ่มอัตราการย่อยสลายตัวของยีสต์สามารถทำได้ ด้วยการเติมเอนไซม์ การทำให้เซลล์แตกด้วยการใช้ความดัน เป็นต้น

สารสกัดจากยีสต์ มีกลิ่นรสคล้ายกับเนื้อสัตว์ ส่วนใหญ่สารสกัดจากยีสต์จะผลิตอยู่ในรูปแบบผง ในปัจจุบันสารเพิ่มรสชาติชนิดนี้ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารและเครื่องดื่ม เพื่อเพิ่มกลิ่นรสและเสริมสารอาหาร โดยเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป เพราะได้จากธรรมชาติ มีราคาถูกและให้รสชาติที่ดี นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมสารสกัดจากยีสต์สามารถช่วยกลบรสขมของโพแทสเซียมคลอไรด์ได้และลดปริมาณเกลือ 20%

5. โปรตีนไฮโดรไลเสต เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบ เช่น เวย์โปรตีน นม ถั่วเหลือง และโปรตีนจากแหล่งอื่น ๆ[18] มาย่อยโปรตีนด้วยสารเคมีหรือเอนไซม์ ทำให้สายโพลีเปปไทด์ของโปรตีนถูกตัดเป็นกรดอะมิโนอิสระ หรือเปปไทด์สายสั้น ๆ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง สมบัติเชิงหน้าที่บางประการและคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนดั้งเดิม[19] โปรตีนไฮโดรไลเสตถูกนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ทั้งเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มความสามารถในการละลาย การเกิดโฟม การเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ สมบัติการเกิดเจล และการใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส เพราะโปรตีนไฮโดรไลเสตมีผลต่อกลิ่นรส ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ดีและมีความเฉพาะ อีกทั้งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสตยังมีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพ

6. สารประกอบจากพืช พืชหลายชนิด เช่น เครื่องเทศ สมุนไพร พืชและผัก องุ่น และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากการผลิตไวน์ สามารถนำมาลดเกลือในอาหารได้ เครื่องปรุงรสที่ได้จากพืชเหล่านี้ให้รสชาติที่ดี และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหาร ให้ความคงตัว ส่งผลดีต่อสุขภาพโดยช่วยลดความดันโลหิตสูง สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในเครื่องเทศ เช่น สาร allicin ในกระเทียม สาร gingerol ในขิง สาร piperine สาร isopiperine และสาร peperamine ในพริกไทย ช่วยกระตุ้นการรับรสเค็ม และให้รสชาติที่เป็นเอกลักษณ์[20] การทดแทนเกลือด้วยกระเทียมในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ พบว่า ลดปริมาณเกลือลงอย่างมีนัยสำคัญ ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์และนำไปสู่ระดับความดันโลหิตที่ลดลง จากผลการศึกษาวิจัยในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่เติมกระเทียมผงในอาหาร (1.5 กรัม/วัน) เป็นเวลา 24 สัปดาห์ พบว่า ความดันของเลือดสูงสุดขณะหัวใจห้องล่างบีบตัว (systolic blood pressure) และความดันเลือดที่ต่ำสุดขณะหัวใจห้องล่างคลายตัว (diastolic blood pressure) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 7.6 และ 4.8 มิลลิเมตรปรอท ตามลำดับ[21]

เครื่องเทศและสมุนไพรสามารถใช้เพื่อลดปริมาณโซเดียม และเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระใน

มาการีนได้ โดยการใช้เครื่องเทศและสมุนไพรผสม 2 กลุ่ม คือ A (ต้นหอม กระเทียม มาเจอร์แรม และใบไทม์) และ B (เลมอน ออริกาโน่ ใบโหระพา และใบไทม์) ในสูตรของมาการีนลดปริมาณโซเดียม 0-100% เมื่อนำมาการีนมาเป็นส่วนผสมของแครกเกอร์ และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (จำนวน 62 คน) พบว่า เครื่องเทศและสมุนไพรทั้งกลุ่ม A และ B สามารถใช้ลดปริมาณโซเดียมในมาการีนได้ 75% และ 50% ตามลำดับ โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ยังมีสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นด้วย[22]

7. สารสกัดจากสาหร่ายทะเล เป็นอีกหนึ่งส่วนผสมที่ใช้ในการปรับสูตรผลิตภัณฑ์อาหารลดปริมาณโซเดียม สาหร่ายทะเลมีส่วนประกอบของแร่ธาตุสูงจึงใช้เป็นสารทดแทนเกลือ การเติมสาหร่ายทะเลในอาหารยังก่อให้เกิดประโยชน์ทางโภชนาการหลายอย่าง เช่น เป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ แคโรทีนอยด์ โอเมก้า-3 กรดไขมัน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ นอกจากนี้มีอัตราส่วนของโซเดียมต่อโพแทสเซียมในปริมาณต่ำ ทำให้เหมาะสำหรับการลดความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดหัวใจและโรคความดันโลหิตสูง สารสกัดจากสาหร่ายทะเลต่าง ๆ เช่น sea mustard, wakame, marketed puresea และ algysalt ถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ได้แก่ ไส้กรอก ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม meat emulsion และไส้กรอกชนิดที่มีส่วนผสมของเลือดหมูและธัญพืช (black pudding) โดยสารสกัดจากสาหร่ายช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำให้สุกและลดเกลือได้ถึง 20-30% โดยมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดีและมีคุณสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์[23-24]

8. สารสกัดจากเห็ด เห็ดที่กินได้มีกลิ่นรสเป็นเอกลักษณ์เกิดจากส่วนสำคัญหลายอย่างที่เป็นองค์ประกอบภายใน ได้แก่ น้ำตาลที่ละลายน้ำได้ กรดอะมิโนอิสระ 5′ นิวคลีโอไทด์ เปปไทด์ และกรดอินทรีย์ เป็นแหล่งของสารประกอบที่ให้รสชาติอูมามิ และสารระเหยที่ให้เกิดกลิ่นหอม[25] โดยส่วนใหญ่นิยมใช้เห็ดหอม (*Lentinula edodes*) จึงมีรสชาติและกลิ่นเป็นที่รู้จักทั่วไป สารประกอบที่ให้รสอูมามิมีบทบาทสำคัญในกระบวนการลดโซเดียมในอาหาร เนื่องจากช่วยเพิ่มการรับรู้รสเค็ม หลีกเลี่ยงการสูญเสียคุณภาพทางประสาทสัมผัส และทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเป็นที่ยอมรับ เห็ดที่กินได้โดยทั่วไปจึงเป็นแหล่งที่น่าสนใจสำหรับการผลิตสารสกัดจากเห็ด หรือโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเห็ด

จากผลการศึกษาวิจัยการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเห็ดหอม เห็ดนางรม เห็ดชิเมจิดำ และเห็ดเข็มทอง โดยใช้เอนไซม์โบรมิเลนความเข้มข้น 0.5% (m/m) ที่ pH 6.5 และอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง พบว่า ได้ของเหลวที่เป็นสารสกัดโปรตีนไฮโดรไลเสต อยู่ในช่วง 0.77–0.92% สารสกัดโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเห็ดชิเมจิดำมีสีอ่อนที่สุด ในขณะที่สารสกัดโปรตีนไฮโดร-ไลเสตจากเห็ดหอมมีสีเข้มที่สุด เมื่อนำสารสกัดโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเห็ดต่าง ๆ ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใส่ในซุปไก่พบว่า ซุปที่ใส่โปรตีนสกัดจากเห็ดชิเมจิและเห็ดนางรม มีคะแนนเฉลี่ย

ด้านกลิ่นรส รสชาติ ความรู้สึกในปาก และความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรควบคุมที่ไม่ใส่ผงเห็ดสกัดและไม่ใส่ผงชูรส แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากเห็ดชิเมจิและเห็ดนางรมสามารถนำไปใช้เป็นสารเพิ่มรสชาติโดยให้รสอูมามิในอาหาร[26] สำหรับเห็ดฟางจัดเป็นเห็ดเศรษฐกิจ ที่นิยมรับประทานไม่ต่างจากเห็ดนางฟ้า เห็ดหอม และเห็ดนางรม ที่สำคัญเห็ดฟางมีรสชาติอูมามิสูงกว่าเห็ดอื่น ๆ โดยเฉพาะเห็ดในระยะเจริญเต็มที่หรือดอกเห็ดบาน (Table 2)

Table 2 Equivalent Umami Concentration (EUC) for fruit bodies[27]

fruit bodies	EUC (% dry wt)
Volvariella volvacea (flat cap)	4,465
Volvariella volvacea (stipe elongated)	2,593
Volvariella volvacea (volva broken)	2,198
Volvariella volvacea (egg shape)	1,181
Agaricus bisporus (Tainung 3)	1,144
Volvariella volvacea (bell shape)	1,048
Pleurotus citrinopileatus	511
Flammulina velutipes (yellow)	363
Hypsizygus marmoreus	272
Agrocybe cylindracea (brown)	164
Flammulina velutipes (white)	139
Agaricus blazei	136
Lentinus edodes	132

9. เวย์เปปไทด์ สามารถใช้เป็นสารทดแทนเกลือ และเป็นส่วนผสมเชิงหน้าที่ในอาหาร การเติมเวย์เปปไทด์ ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสามารถลดความดันโลหิตสูงได้ เพราะยับยั้งเอนไซม์ angiotensin-converting enzyme (ACE) ที่จะเปลี่ยน angiotensin I เป็น angiotensin II อีกทั้งเป็นแหล่งของกรดอะมิโนจำเป็น รวมถึงกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว นอกจากนั้นการใช้เวย์เปปไทด์ความเข้มข้นต่ำ (2%) สามารถลดปริมาณเกลือลงได้ 30% โดยไม่ส่งกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส[24]

10. สารประกอบนิวคลีโอไทด์ เป็นสารประกอบที่เกิดจากน้ำตาลจับกับเบสด้วยพันธะไกลโคไซด์ และจับอยู่กับหมู่ฟอสเฟตด้วยพันธะเอสเทอร์ (ester bond) ตำแหน่งในโมเลกุลของน้ำตาลไรโบสและดีออกซีไรโบส สามารถเกิดพันธะเอสเทอร์กับกรดฟอสฟอริกได้หลายตำแหน่ง ถ้าเป็นน้ำตาลไรโบสจะเกิดได้ที่ตำแหน่ง 2′, 3′ และ 5′ หากเป็นน้ำตาลดีออกซีไรโบสจะเกิดได้เฉพาะที่ตำแหน่ง 3′ และ 5′ เท่านั้น สารประกอบนิวคลีโอไทด์แบ่งเป็น 2 ชนิด ตามน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบ คือ ไรโบนิวคลีโอไทด์ (ribonucleotide)

และดีออกซีไรโบนิวคลีโอไทด์ (deoxyribonucleotide) นิวคลีโอไทด์ชนิด 5′-นิวคลีโอไทด์ ได้แก่ guanosine 5′–monophosphate (5′-GMP) และ inosine 5′–monophosphate (5′-IMP) สารประกอบนิวคลีโอไทด์จัดเป็นวัตถุปรุงแต่งรสอาหาร โดยมีลักษณะเป็นผลึก ผงสีขาว ไม่มีกลิ่น มีรสชาติเป็นเอกลักษณ์ที่เฉพาะ และละลายน้ำได้ ปัจจุบันมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร

การทำให้สารเสริมรสชาติมีกลิ่นรสเพิ่มขึ้น

ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ถูกนำมาใช้เพื่อให้สารเสริมกลิ่นรสมีสี มีกลิ่นรสที่เพิ่มขึ้น มีคุณค่าทางโภชนาการ มีองค์ประกอบของโซเดียมต่ำ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ปฏิกิริยาเมลลาร์ดมีปัจจัยสำคัญในการสร้างกลิ่นรส คือ กรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์[28] ทำให้เกิดสารระเหย เช่น intermediate products, browning products และ fluorescent products พร้อมกับการก่อตัวของสารที่ให้กลิ่นรสเพิ่มขึ้น

การใช้สารเพิ่มรสชาติในผลิตภัณฑ์อาหารลดโซเดียม

เป็นที่ทราบกันดีว่าสารเพิ่มรสชาติมีบทบาทต่อผลิตภัณฑ์อาหารลดโซเดียมที่ทำให้รสชาติดีขึ้น และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยในแต่ละผลิตภัณฑ์อาหารจะใช้สารเพิ่มรสชาติที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของอาหาร กระบวนการผลิต และรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว ผลการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบการใช้สารเพิ่มรสชาติที่มีชนิด และปริมาณแตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์อาหาร (Table 3) เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกสารเพิ่มรสชาติให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหาร และสามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเดียวกันเพื่อผลิตจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ต่อไป เช่น ผลิตภัณฑ์ salted meat ที่ทดแทนเกลือบางส่วนในสูตรด้วยสารสกัดจากยีสต์ และไลซีนมีรสชาติตกค้างในปากน้อยลง ผลิตภัณฑ์กะปิลดโซเดียมด้วยวิธีการทดแทนเกลือบางส่วนด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ นอกจากปริมาณโซเดียมลดลงยังมีผลให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันลดลงด้วย

Table 3 Flavor enhancers applied in low sodium foods

food product	implementation	inferences	references
salted meat	partial replacement of NaCl by $CaCl_2$, KCl, lysine, and yeast extracts	significantly reduced the level of sodium content and the addition of yeast extracts and lysine minimized the after taste of sodium alternatives	(3)
frankfurter	partial replacement of NaCl with KCl, $CaCl_2$ and garlic derivatives	no significant difference in sensory characteristics was observed when compared to control and permitted reduction up to 50%	(29)

Table 3 (ต่อ)

food product	implementation	inferences	references
cheese crackers	complete replacement of regular salt with salt crystals of 1.5 μm particle size obtained by nano-spray drying techniqu	enhanced the saltiness perception, lowered the yeast counts and diminished the mold counts, and indicated nearly 25–50% salt reduction	(30)
cheese	use of different polysaccharides to influence the salt release	the addition of sodium alginate and low acyl gellan modified the casein network, texture, and porosity that influenced salt release	(31)
cooked rice	partial replacement of NaCl with KCl, MSG, and garlic	salt spice mix reported the feasibility of 50% NaCl replacement even though the samples reported decreased saltiness intensity and umami taste	(32)
tomato soup	reduction by combining KCl and amino acids	the flow behavior of soup with salt substitutes showed similar results to the reference sample. However, no formulations were significantly increased the saltiness perception	(33)
ham	yeast extract (2 g/kg) and glycine (1.6 g/kg) were used as flavor enhancers	reduction in sodium salt content was 22%. No significant differences existed between intensity sensory attributes and instrumental characteristics, and the mean overall acceptability was 8.7% higher	(34)
kapi	KCl (57 and 114 g/kg) was used as sodium salt alternative	reduction in sodium salt content was 25% and 50%. The lipid oxidation reduced by around 41%	(35)
beef patties (1.3% salt)	salt reduction 50% and 75% by *Lentinula edodes* water extract (5%, 12.5% and 20%)	extract (20%) was effective as taste enhancer in salt reduction of 50% with better acceptance incolor, aroma, texture, flavor, and overall impression	(36)

คุณภาพของอาหารได้รับการประเมินโดยใช้เครื่องมือที่แตกต่างกัน เพื่อระบุลักษณะเฉพาะทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส โดยส่วนใหญ่ใช้การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพราะแสดงให้เห็นถึงการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหาร อย่างไรก็ตามการทดสอบทางประสาทสัมผัสมักได้รับผลกระทบจากปัจจัยภายนอกต่าง ๆ สภาวะร่างกาย และสภาพจิตใจของผู้ทดสอบ จึงต้องใช้ผู้

ทดสอบจำนวนมากเพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ[37] ดังนั้นการประเมินรสชาติของอาหารแบบไม่มีอคติและรวดเร็วมีความสำคัญมากซึ่งอาจจะใช้วิธีการหาช่วงความเข้มข้นของรสชาติในผลิตภัณฑ์อาหารด้วยเครื่องตรวจสอบรสชาติ (electronic tongue) เพื่อควบคุมคุณภาพด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์อาหาร[38]

บทสรุป

โซเดียมเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย และควรได้รับในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อเป็นผลดีต่อสุขภาพ แต่หากร่างกายได้รับปริมาณโซเดียมมากเกินไป จะมีผลต่อการเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ในปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการเลือกรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพ และจากคำแนะนำขององค์การอนามัยโลกในการบริโภคอาหารให้มีโซเดียมน้อยกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน จึงทำให้ภาคอุตสาหกรรมอาหารพยายามปรับสูตรผลิตภัณฑ์อาหารที่มีอยู่ให้มีปริมาณโซเดียมลดลง สารเพิ่มรสชาติมีความสำคัญมากต่อกระบวนการลดโซเดียมในอาหาร การวิจัยและพัฒนาสารเพิ่มรสชาติให้มีสีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และมีองค์ประกอบของโซเดียมต่ำ รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้จริง ปลอดภัย และราคาไม่แพง โดยสารเพิ่มรสชาติจากแหล่งวัตถุดิบธรรมชาติที่ผู้บริโภคให้การยอมรับอย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์อาหารลดโซเดียมเป็นเพียงส่วนหนึ่งที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายตามคำแนะนำดังกล่าว ดังนั้นจะต้องอาศัยหลายวิธีรวมกันทั้งการพัฒนากระบวนการแปรรูปอาหาร การใช้เทคโนโลยีในการลดโซเดียม และการให้ความรู้กับผู้บริโภคเกี่ยวกับผลกระทบด้านสุขภาพของการบริโภคอาหารโซเดียมสูง

เอกสารอ้างอิง

1. อรรถเกียรติ กาญจนพิบูลวงศ์, ภานุวัฒน์ คำวังสง่า, สุธิดา แก้วทา, บรรณาธิการ. รายงานสถานการณ์โรค NCDs เบาหวาน ความดันโลหิตสูง และปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้อง 2562. [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพ ฯ: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์; 2563 [เข้าถึงเมื่อ 5 ม.ค. 2566]. เข้าถึงได้จาก: https://cutt.ly/UBI0Td6
2. World Health Organization (WHO). Global Action Plan for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases 2013-2020 [Internet]. 2013 [cited 2023 Jan 10]. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789241506236
3. Vidal VAS, Paglarini CS, Freitas MQ. Coimbra LO, Esmerino EA, Pollonio MAR, *et al.* Q Methodology: An interesting strategy for concept profile and sensory description of low sodium salted meat. Meat Science. 2020;161.
4. Wang S, Tonnis BD, Wang ML, Zhang S, Adhikar K. Investigation of Monosodium Glutamate Alternatives for Content of Umami Substances and Their Enhancement Effects in Chicken Soup Compared to Monosodium Glutamate. Journal of Food Science. 2019.
5. Beeren C, Groves K, Titoria PM. Reducing salt in foods. Woodhead Publishing; 2019.
6. Wang S, Adhikari K. Consumer perceptions and other influencing factors about monosodium glutamate in the United States. J. of Sensory Studies, 2018;33, e12437.
7. Hsueh C, Tsai M, Liu T. Enhancing saltiness perception using chitin nano fibers when curing tilapia fillets. 2017;86:93–8.
8. อรุณี อนุดล. การใช้โมโนโซเดียมกลูตาเมต. วารสารโภชนาการ. 2565;57(2)63-78.

9. ผงชูรสคืออะไรและทำอย่างไร [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 5 ม.ค. 2566]. เข้าถึงได้จาก https://www.ajinomoto.com/th/msg/what-is-msg-and-how-is-it-made
10. Kilcast D, Angus F. Reducing salt in foods: Practical strategies. Elsevier. 2007.
11. Airaodion AI, Ogbuagu EO, Osemwowa EU, Ogbuagu U, Esonu CE, Agunbiade AP, *et al*. Toxicological Effect of Monosodium Glutamate in Seasonings on Human Health. Global Journal of Nutrition & Food Science. 2019;1(5):1-9.
12. Soldo T, Frank O, Ottinger H, Hofmann T. Systematic studies of structure and physiological activity of alapyridaine. A novel food-born taste enhancer. Molecular Nutrition & Food Research. 2004;48(4):270-81.
13. Linden G, Lorient D. Amino acids and peptides. In*:* G Linden, D Lorient, editors. New Ingredients in Food Processing. Biochemistry and Agriculture;1999.p.315-36.
14. Kato H, Rhue MR, Nishimura T. Role of free amino acids and peptides in food taste. In: Teranishi R, Buttery RG, Shahidi F, editors. Flavor Chemistry Trends and Developments;1989.p.158-74.
15. Itou K, Kobayashi S, Ooizumi T, Akahane Y. Changes of proximate composition and extractive components in *narezushi*, a fermented mackerel product, during processing. Fish Sci. 2006;72(6):1269-76.
16. Fuke S. Taste - active components of seafoods with special reference to umami substances. In: F Shahidi, JR Botta, editors. Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality;1994.p.115-39.
17. Biospringer by resaffre. How to make yeast extract [Internet] . [cited 2023 Apr 12] . Available from: https://biospringer.com/en/how-to-make-yeast-extract/
18. Neklyudov AD, Ivankin AN, Berdutina AV. Properties and uses of protein hydrolysates. Appiled Biochemistry and Microbiology. 2000;36:452-9.
19. ทิพย์วลี จุลมัญลิก และศศิธร คงเรือง. สมบัติเชิงหน้าที่และการประยุกต์ใช้โปรตีนไข่ขาวไฮโดรไลเสต. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 2562;14(1):69-87.
20. Szallasi A, Cortright DN, Blum CA, Eid SR. The vanilloid receptor TRPV1: 10 years from channel cloning to antagonist proof-of-concept. Nature Reviews Drug Discovery. 2007;6(5):357-72.
21. Nugrahani G, Afifah DN. Effect of garlic as a spice on salt preferences of hypertensive individuals. Pakistan Journal of Nutrition. 2016;15(7):633-8.
22. Lopes CO, Barcelos MFP, Dias NAA, Carneiro JDS, Abreu WC. Effect of the addition of spices on reducing the sodium content and increasing the antioxidant activity of margarine. Food Science and Technology. 2014;58:63-70.
23. Triki M, Khemakhem I, Trigui I, Salah RB, Jaballi S, Ruiz-Capillas C, *et al*. Free-sodium salts mixture and AlgySalt®use as NaCl substitutes in fresh and cooked meat products intended for the hypertensive population. Meat Science. 2017;133:194-203.
24. Vinitha K, Sethupathy P, Moses JA, Anandharamakrishnan C. Conventional and emerging approaches for reducing dietary intake of salt. Food Research International. 2022;152, 110933.
25. Harada-Padermoa SS, Dias-Facetob LS, Selanic MM, Alvimd ID, Flohe EIS, Macedoe AF, *et al.* Umami Ingredient: Flavor enhancer from shiitake (Lentinula edodes) byproducts. Food Research International. 2020;137,109540.
26. Ang SS, Rashedi M, Fitry I. Production of Different Mushroom Protein Hydrolysates as Potential Flavourings in Chicken Soup Using Stem Bromelain Hydrolysis. Food Technol. Biotechnol. 2019;57(4):472-80.
27. Mau JL. The Umami Taste of Edible and Medicinal Mushrooms. International Journal of Medicinal Mushrooms. 2005;7:119-25.
28. Su G, Zheng L, Cui C, Yang B, Ren J, Zhao M. Characterization of antioxidant activity and volatile compounds of Maillard reaction products derived from different peptide fractions of peanut hydrolysate. Food Res Int. 2011;44:3250-8.

29. Horita CN, Barbosa TS, Esmerino EA, Cruz AG, Bolini HMA, Meireles MAA, *et al*. The antimicrobial, antioxidant and sensory properties of garlic and its derivatives in Brazilian low-sodium frankfurters along shelf-life. 2016;84:1-8.
30. Moncada M, Astete C, Sabliov C, Olson D, Boeneke C, Aryana K. Nano spray-dried sodium chloride and its effects on the microbiological and sensory characteristics of surface-salted cheese crackers. Journal of Dairy Science, 2015;98.
31. Benjamin O, Shpigelman A, Rytwo G. Utilization of polysaccharides to modify salt release and texture of a fresh semi hard model cheese. Food Hydrocolloids. 2017.
32. Rodrigues DM, de Souza VR, Mendes JF, Nunes CA, Pinheiro ACM. Microparticulated salts mix: An alternative to reducing sodium in shoestring potatoes. LWT - Food Science and Technology, 2016;69:390-9.
33. Akgun B, Genc S, Cheng Q, Isik O. Impacts of sodium chloride reduction in tomato soup system using potassium chloride and amino acids. 2019;(2):93-8.
34. Delgado Pando G, Allen P, Kerry JP, O'Sullivan MG and Hamill RM. Optimising the acceptability of reduced-salt ham with flavourings using a mixture design. Meat Sci. 2019;156:1-10.
35. Nitipong J. Effects of low sodium chloride substitutes on physico-chemical and sensory properties of Kapi, a fermented shrimp paste, during fermentation. J. Microbiol., Biotechnol. Food Sci. 2020;9(4):695-9.
36. Mattar TV, Gonçalves CS, Pereira RC, Faria MA, Souza VR, Carneiro JDS. A shiitake mushroom extract as a viable alternative to NaCl for a reduction in sodium in beef burgers: A sensory perspective. Br. Food J. 2018;120:1366-80.
37. Yang Y, Chen Q, Shen C, Zhang S, Gan Z, Hu R, *et al*. Evaluation of monosodium glutamate, disodium inosinate and guanylate umami taste by an electronic tongue. Journal of Food Engineering. 2013;116(3):627-32.
38. Wang K, Zhuang H, Bing F, Chen D, Feng T, Xu Z. Evaluation of eight kinds of flavor enhancer of umami taste by an electronic tongue. Food Sci Nutr. 2021;9:2095-104.