อาหารกลมกล่อมด้วยโคคูมิ
Food Palatability with Kokumi

ณัฐธิดา โชติช่วง*
Nattida Chotechuang*

บทคัดย่อ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้วัตถุปรุงแต่งรสอาหารอย่างหลากหลาย ทั้งเพื่อปรุงรสและเสริมรสชาติในผลิตภัณฑ์อาหารให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในอาหารของผู้บริโภคนั้นประกอบด้วยหลายปัจจัย ได้แก่ รสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัส เป็นต้น ในกรณีของรสชาติ เป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญต่อความพึงพอใจในอาหาร และจากการศึกษาทางชีวโมเลกุลในปัจจุบันพบว่า รสชาติพื้นฐานในอาหารสามารถแบ่งได้เป็น 5 รสชาติ ได้แก่ เปรี้ยว หวาน เค็ม ขม และอูมามิ (Umami) ซึ่งเราสามารถรับรู้รสชาติได้จากตัวรับรส (Taste receptor) ที่เฉพาะเจาะจงในแต่ละรสชาตินั้นๆ นอกจากนี้การรับประทานอาหารเรายังสามารถรับรู้และสัมผัสถึงรสชาติที่ไม่สามารถอธิบายได้จากรสชาติพื้นฐานทั้ง 5 เช่น ความรู้สึกเต็มภายในปาก (Mouthfulness) ความเข้มข้นของกลิ่นรส (Thick Flavors or Thickness) และความต่อเนื่องของรสชาติ (Continuity) ในประเทศญี่ปุ่น เรียกรสชาติและความกลมกล่อมในอาหารนั้น ว่า “โคคูมิ (Kokumi)” ซึ่งเป็นการรับรู้รสสัมผัสที่เป็นเอกลักษณ์โดยเกิดจากการกระตุ้นทั้งด้านรสชาติ และกลิ่นเฉพาะ สารที่ให้รสโคคูมิ (Kokumi substances) ส่วนใหญ่เป็นเปปไทด์สายสั้นๆ ซึ่งช่วยส่งเสริมรสชาติและกลิ่นรสต่างๆ ทำให้เกิดความกลมกล่อมในอาหาร แต่ตัวสารที่ให้รสโคคูมิเองเป็นสารที่ไม่มีรสชาติ และเนื่องจากในงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโคคูมินั้น ใช้คำที่เรียกการรับรู้ของโคคูมิหลากหลาย ได้แก่ Kokumi taste Kokumi flavor และ Kokumi sensation เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังไม่มีคำบัญญัติในภาษาไทยที่ใช้เรียกการรับรู้สัมผัสเหล่านี้ ในบทความนี้จึงขอใช้คำว่า “รสโคคูมิ” หมายถึงรสชาติและความกลมกล่อมของอาหารดังที่กล่าวมา ซึ่งในบทความนี้จะกล่าวถึงโคคูมิ แหล่งที่มาของสารที่ให้รสโคคูมิ กลไกการรับรู้รสโคคูมิ รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยการใช้สารที่ให้รสโคคูมิเพื่อปรับปรุงคุณภาพของรสชาติและกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารที่ลดปริมาณไขมัน

คำสำคัญ: โคคูมิ ความกลมกล่อม รสชาติ กลิ่นรส

โคคูมิ คืออะไร

ความพึงพอใจในอาหารนั้นประกอบด้วยปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส สี ลักษณะทางกายภาพ และปัจจัยสิ่งแวดล้อม ในประเทศญี่ปุ่นใช้คำว่า “โคคู (Koku)” แปลว่า เข้มข้น (Thick, Condensed, Richness) เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ใช้ในการประเมินความอร่อยและความกลมกล่อมในอาหาร [1] เช่น ความเข้มข้นของซุปไก่ที่เคี่ยวเป็นเวลาหลายชั่วโมง หรือ ชีสที่ใช้ระยะเวลานานในการบ่ม ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรับรู้และการสัมผัสถึงรสชาติและความกลมกล่อมที่ไม่สามารถอธิบายได้จากรสชาติพื้นฐานทั้ง 5 (เปรี้ยว หวาน เค็ม ขม และอูมามิ) ได้แก่ Mouthfulness Continuity และ Thick Flavors/ Thickness โดยชาวญี่ปุ่นได้เรียกรสชาติและความกลมกล่อมดังกล่าวว่า “โคคูมิ (Kokumi)” คำว่า “มิ (mi)” แปลว่า รส (Taste) นั่นเอง ซึ่งรสโคคูมิในอาหารนั้นมาจากสารที่ให้รสโคคูมิที่พบในวัตถุดิบที่ใช้ในการปรุงอาหาร หรือเกิดจากสารที่ได้จากกระบวนการบ่ม หมัก หรือการให้ความร้อนในการปรุงอาหาร เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดสารประกอบที่ให้กลิ่นรสต่างๆ

*Nattida.c@chula.ac.th
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

โดยคุณสมบัติของสารให้รสโคคูมิที่ส่งผลต่อรสชาติในอาหารนั้น ประกอบด้วย

1) เพิ่มความเข้มของรสชาติพื้นฐานทั้ง 5 โดยเฉพาะ รสอูมามิ รสเค็ม และรสหวาน

2) เพิ่มความคงอยู่ของการรับรู้รสชาติ กลิ่นรส และความกลมกล่อม ในด้าน Mouthfulness Continuity และThick flavor/Thickness ดังแสดงใน Figure 1

3) ทำให้รสชาติอาหารโดยรวมมีความสมดุล

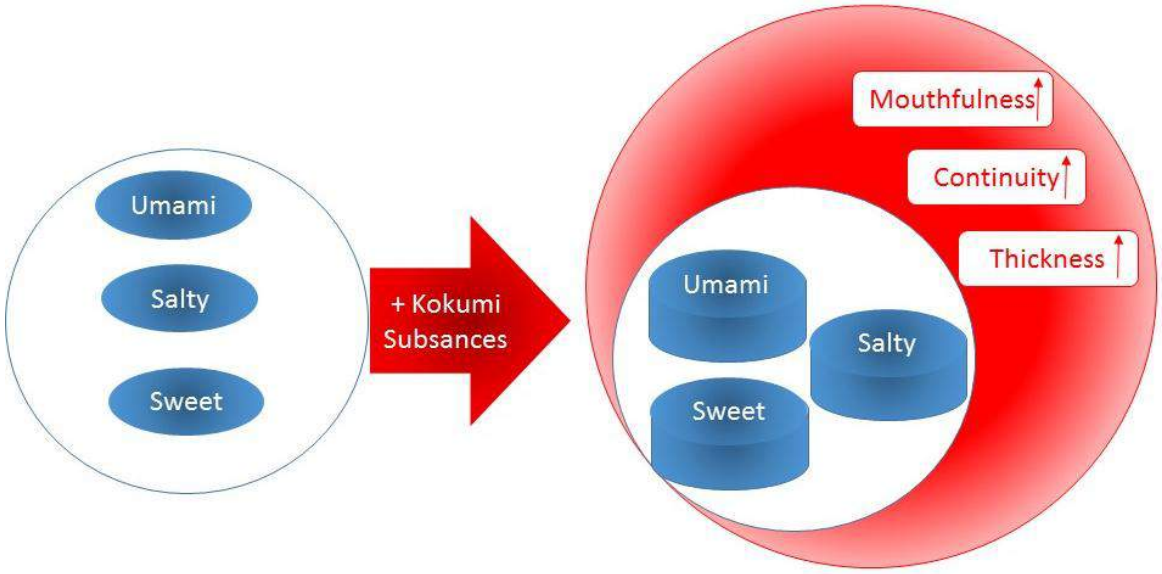

Figure 1 Concept of kokomi attributes on taste perception

แหล่งที่มาของโคคูมิ

วัตถุดิบ

สารที่ให้รสโคคูมินั้นถูกค้นพบครั้งแรกในสารสกัดจากกระเทียม ซึ่งกระเทียมเป็นวัตถุดิบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการปรุงอาหารต่างๆ โดยกระบวนการการให้ความร้อนในขณะปรุงอาหารส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรสชาติของกระเทียมและน้ำที่สกัดได้จากกระเทียมนั้นจะให้ความหวานและกลิ่นเล็กน้อย เมื่อนำน้ำที่สกัดนี้มาใส่ลงไปในอาหารเล็กน้อย จะสามารถเหนี่ยวนำรสชาติและความกลมกล่อมในอาหารได้ ในด้าน mouthfulness continuity และ thick flavors หรือ รสโคคูมิ นั่นเอง ในปี 1990 Ueda และ คณะ พบว่า การใส่สารสกัดจากกระเทียมนี้ลงในสารละลายที่มีรสอูมามิ (โมโนโซเดียมกลูตาเมท (Monosodium glutamate; MSG) ร้อยละ 0.05 และอิโนซีนโมโนฟอสเฟต (Inosine monophosphate; IMP) ร้อยละ 0.05) ผู้ทดสอบสามารถรับรู้รสโคคูมิได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ผู้ทดสอบไม่สามารถรับรู้รสโคคูมิเมื่อนำสารสกัดจากกระเทียมนี้ใส่ลงในน้ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารที่ให้รสโคคูมิจากกระเทียมนั้น ไม่มีรสชาติ แต่จะรับรู้รสโคคูมิได้เมื่อมีรสชาติพื้นฐานร่วมด้วย โดยสารประกอบที่เป็นกุญแจสำคัญที่ให้รสโคคูมิ คือ สารที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (sulfur-containing compounds) ได้แก่ Alliin, (+)-*S*-methyl-L-cysteine sulfoxide, γ-L-glutamyl-*S*-allyl-L-cysteine และ γ-L-glutamyl-*S*-allyl-L-cysteine sulfoxide ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่า Alliin และ Glutathione สามารถให้ความเข้มของรสโคคูมิได้มากที่สุดในระดับความเข้มข้นเท่ากัน [2] โดย Glutathione สามารถพบได้ในแหล่งอาหารต่างๆ ในธรรมชาติดังแสดงใน Table 1

*Nattida.c@chula.ac.th
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

Table 1 Kokumi flavors of each sulfur-containing compound

Compound*	Food sources	Kokumi flavors**	Other flavor
Alliin	garlic	+++	garlic-like
(+)-*S*-methyl-L-cysteine sulfoxide	garlic	++	leek-like
γ-L-glutamyl-*S*-allyl-L-cysteine	garlic	++	garlic-like
γ-L-glutamyl-*S*-allyl-L-cysteine sulfoxide	garlic	+	garlic-like
Glutathione	meat, tuna, scallops, tomato juice, broccoli, red wine, white wine, beer, sake.	+++	-
Cysteine	meat	+	-
Methionine	meat	+	-

* Addition of each compound at 0.2% (w/v) in solution containing umami taste

** Continuity, mouthfullness and thick flavors:

+++ Strongly recognized , ++ apparently recognized , + recognized

Remarks: modified from Ueda et al., (1990, 1997) [2-3]

ในปี ค.ศ. 2007 Dunkel และคณะ ได้ทำการศึกษาสารที่ให้รสโคคูมิในถั่วแขก (*Phaseolus vulgaris* L.) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่นิยมนำมาปรุงอาหารในหลายๆ ประเทศ โดยเมื่อนำถั่วชนิดนี้มาปรุงอาหารร่วมกับเนื้อสัตว์ จะช่วยเหนี่ยวนำกลิ่นรสในอาหารที่ดีขึ้น อาทิ เช่น French Cassoulet, the Brazilian feijoada และ Mexican chilis จากการศึกษาของ Dunkel และคณะ ยังพบว่าเมื่อนำสารสกัดจากถั่วแขกดิบและถั่วแขกสุกใส่ลงในซุปไก่ จะช่วยเหนี่ยวนำ mouthfulness และ complexity มากกว่าซุปไก่ที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากถั่วแขก โดยพบว่าองค์ประกอบสำคัญในถั่วแขกที่ช่วยส่งเสริมกลิ่นรสดังกล่าว คือ γ-glutamyl peptides ได้แก่ γ-glutamyl-L-leucine, γ-glutamyl-L-valine, γ-glutamyl-L-cysteinyl-β-alanine และ γ-glutamyl -L-cysteinyl-glycine โดยเมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเปปไทด์ดังกล่าวเมื่อใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ผู้ทดสอบสามารถรับรสฝาด (astringent) ได้เล็กน้อยที่ระดับความเข้มข้น 9.4 3.3 3.8 และ 3.1 mmol/L ตามลำดับ แต่หากนำเปปไทด์ดังกล่าวนี้ละลายในสารละลายที่มีรสเค็มและรสอูมามิ หรือในน้ำซุปไก่ พบว่า ผู้ทดสอบสามารถรับรู้รสของเปปไทด์เหล่านี้ในด้าน complexity mouthfulness และ Long-lastng ที่ระดับความเข้มข้น 0.8 0.4 0.1 และ 0.4 mmol/L ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระดับการรับรู้รส (threshold) ของเปปไทด์ดังกล่าวต่ำลง เมื่อมีรสชาติพื้นฐานร่วมด้วย กล่าวคือ ผู้ทดสอบสามารถรับรู้รสของเปปไทด์ได้ไวมากขึ้น โดยสามารถรับรู้รสได้ที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่านั่นเอง [4] นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาที่ค้นพบสารที่ให้รสโคคูมิในแหล่งอาหารอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติในการเหนี่ยวนำความเข้มของรสชาติและกลิ่นรสต่างๆ ใน

*Nattida.c@chula.ac.th
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

อาหาร ได้แก่ สายเปปไทด์ชนิดอื่นๆ ที่สกัดได้จากยีสต์ (yeast extract) เช่น leucyl dipeptides ได้แก่ Leu-Ala, Leu-Glu, Leu-Thr, Leu-Lys, Leu-Gln และ Ala-Leu [5] และในปี 2008 Kurobayashi และคณะ ได้ทำการศึกษา สาร Phthalide ที่สกัดได้จากขึ้นฉ่าย ได้แก่ sedanenolide 3-*n*-butylphthalide และ sedanolide ซึ่งเป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นที่ระเหยได้ (volatile compound) ก็มีคุณสมบัติในการเหนี่ยวนำกลิ่นรสเพิ่มขึ้นในด้าน thick impactful mild lasting satisfying complex clarified และรสอูมามิ [6]

กระบวนการแปรรูป

สารที่ให้รสโคคูมินั้น นอกจากจะพบในวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการปรุงอาหารดังที่กล่าวมาแล้ว อาหารที่ได้จากกระบวนการบ่มหรือการหมักก็พบว่ามีสารที่ให้รสโคคูมิเช่นกัน ในปี ค.ศ. 2009 Toelstede และคณะ ได้ทำการศึกษาสารที่ให้รสโคคูมิใน Gouda cheese พบว่า เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสในชีสที่บ่มเป็นระยะเวลา 44 สัปดาห์ จะให้รสเค็ม รสขม รสเปรี้ยว รสอูมามิและรสโคคูมิ โดยเฉพาะด้าน mouthfulness และ long-lasting taste complexity มากกว่าชีสที่บ่มเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ซึ่งพบว่า สารที่ให้รสโคคูมิในชีสนั้น คือสาร γ-glutamyl dipeptides ได้แก่ γ-Glu-Glu, γ-Glu-Gln, γ-Glu-Met, γ-Glu-Gly , γ-Glu-Leu และ γ -Glu-His ซึ่งสารดังกล่าวนี้จะมีปริมาณมากขึ้นในชีสที่มีระยะเวลาในการบ่มนานกว่าชีสที่บ่มในระยะเวลาสั้น เนื่องจากในระหว่างการบ่มชีสที่ใช้ระยะเวลานานขึ้นนั้นมีการสลายโปรตีนได้เป็นเปปไทด์สายสั้นๆ มากกว่า ดังแสดงใน Table 2 ซึ่งเปปไทด์บางตัวเป็นสารที่ให้รสโคคูมิได้ จึงเป็นสาเหตุที่อธิบายได้ว่า ชีสที่บ่มเป็นระยะเวลานานกว่าให้รสชาติที่ดีกว่า และเมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสในระบบอาหารจำลองของ Gouda cheese ที่บ่มเป็นเวลา 44 สัปดาห์ ซึ่งเป็นสารละลายที่เตรียมโดยใส่เกลือ กรดอะมิโน และ γ-glutamyl dipeptides ชนิดต่างๆ ในน้ำ ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันกับที่พบใน Gouda cheese ที่บ่มเป็นเวลา 44 สัปดาห์ ได้พบว่า ผู้ทดสอบมีระดับการรับรู้ (threshold) รสโคคูมิของ γ-glutamyl dipeptides แต่ละชนิดได้แตกต่างกัน โดย γ -Glu-Met และ γ-Glu-Leu มีระดับการรับรู้ที่ความเข้มข้นต่ำที่สุด คือ 5 μmol/kg ในขณะที่ระดับการรับรู้รสของ γ-glutamyl dipeptides ตัวอื่นๆ ที่ให้รสโคคูมิ ได้แก่ γ-Glu-Glu, γ-Glu-Gln, γ-Glu-Gly และ γ-Glu-His คือ 17.5 7.5 17.5 และ 10.0 μmol/kg ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณานำมาเปรียบเทียบกับปริมาณเปปไทด์ชนิดต่างๆ ที่ให้รสโคคูมิ ใน Gouda cheese ที่บ่มเป็นเวลา 44 สัปดาห์ (คิดเป็น 50 μmol/kg fresh weight) จะเห็นได้ว่ามีปริมาณเปปไทด์ที่ให้รสโคคูมิสูงกว่าระดับการรับรู้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณของ γ-glutamyl dipeptides เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ส่งผลต่อรสชาติ ความกลมกล่อม และการยอมรับในอาหารของผู้บริโภค [7] ต่อมาในปี ค.ศ. 2016 Hillman และ Hofmann ได้ทำการศึกษาสารที่ให้รสโคคูมิในชีสพาร์เมซาน โดยพบว่า มีปริมาณสารที่ให้รสโคคูมิสูงถึง 20,468 μmol/kg เป็นสารประเภท γ-glutamyl dipeptides เช่นเดียวกับที่พบใน Gouda cheese ได้แก่ γ-Glu-Gly, γ-Glu-Ala, γ-Glu-Thr, γ-Glu-Asp, γ-Glu-Gly, γ-Glu-Lys, γ-Glu-Glu, γ-Glu-Trp, γ-Glu-His และ γ-Glu-Gln ซึ่งเป็นที่มาของรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ของชีสพาร์เมซานที่ผู้บริโภคชื่นชอบและนิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวาง [6-8]

*Nattida.c@chula.ac.th
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

Table 2 Concentration of α- and γ-glutamyl dipeptides in 4-Week-Matured and 44-Week-Matured Gouda Cheese

Peptides	Concentration (μmol/kg dry weight)	
	Gouda cheese incubated for 4 weeks	Gouda cheese incubated for 44 weeks
γ-Glu-Glu	0.19	27.57
γ-Glu-Met	0.71	20.27
γ-Glu-His	0.26	6.41
γ-Glu-Gln	0.60	13.85
γ-Glu-Ala	0.17	2.97
γ-Glu-Gly	3.32	6.26
γ-Glu-Leu	Not detectable	7.10
γ-Glu-Val	Not detectable	2.62
γ-Glu-Phe	Not detectable	2.00
γ-Glu-Tyr	Not detectable	0.31
α-Glu-Gly	0.37	2.92
α-Glu-Thr	0.49	3.22
α-Glu-Val	0.72	4.42
α-Glu-Glu	10.93	60.65
α-Glu-Ala	0.64	2.56
α-Glu-Asp	4.86	18.38
α-Glu-Tyr	0.82	1.22
α-Glu-Trp	Not detectable	0.12

Remarks : modified from Liu et al. (2015), Kurobayashi et al. (2008) and Toelstede et al. (2009) [5-7]

นอกจากชีสแล้ว อาหารประเภทอื่นๆ ที่ผ่านกระบวนการบ่มหรือหมัก ก็มีสารที่ให้รสโคคูมิเช่นกัน อย่างเช่น เครื่องปรุงรสต่างๆ (seasonings) ได้แก่ มิโซะ น้ำปลา และซีอิ๊ว เป็นต้น [9-11] Kuroda และคณะ ได้ทำการศึกษาสารที่ให้รสโคคูมิในน้ำปลาและซีอิ๊วในประเทศต่างๆ พบว่า สารสำคัญที่ให้รสโคคูมิ คือ γ-Glu-Val-Gly ซึ่งพบในน้ำปลาและซีอิ๊ว ที่ความเข้มข้น 0.04-1.26 mg/dL และ 0.15-0.61 mg/dL ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 [10-11] และเมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า γ-Glu-Val-Gly สามารถทำให้ผู้ทดสอบรับรู้รสโคคูมิได้มากกว่า Glutathione ถึง 12.8 เท่า [10-12] ซึ่ง γ-Glu-Val-Gly นี้ยังสามารถพบในหอยเชลล์อีกด้วย [11-13]

*Nattida.c@chula.ac.th
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

Table 3 Contents of γ-Glu-Val-Gly in vaious commercial fish sauces and soy sauces

Sample	Source	Contents of γ-Glu-Val-Gly (mg/dL)
Fish sauces	Thailand	0.12-0.31
Nuoc Mum	Vietnam	1.04-1.26
Yu-lu	China	0.11
Garum	Italy	0.04
Shottsuru	Japan	0.28
Black Soya sauce	Japan	0.31-0.61
Light Soya sauce	Japan	0.15

Remarks: modified from Koroda et al. (2012) and Kuroda et al. (2013) [10-11]

นอกจากจะพบสารที่ให้รสโคคูมิในวัตถุดิบที่ใช้ปรุงอาหารและอาหารที่ผ่านกระบวนการบ่ม หรือหมักแล้วการให้ความร้อนในการปรุงอาหารก็สามารถทำให้เกิดสารที่ให้รสโคคูมิได้เช่นกัน ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดสารประกอบต่างๆ ได้ เนื่องจากมีปฏิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างองค์ประกอบในอาหาร เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอนิลจากโมเลกุลของน้ำตาลรีดิวซ์กับหมู่เอมีนที่อยู่ในกรดอะมิโน หรือโปรตีน ซึ่งจะทำให้ได้สารประกอบต่างๆ ที่ส่งผลต่อสี กลิ่นและรสชาติของอาหาร ซึ่งปฏิกิริยาเมลลาร์ดนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในการปรุงอาหารต่างๆ ได้แก่ การย่างเนื้อ การอบขนมปัง การคั่วกาแฟ และการเคี่ยวซุปสต๊อค เป็นต้น ในปี 2006 Ogasawara และคณะ ได้ทำการศึกษาผลของเปปไทด์ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาเมลลาร์ดต่อรสชาติในน้ำซุปไก่ โดยใช้เปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลในช่วง 1000-5000 Da ที่เตรียมได้จากโปรตีนถั่วเหลือง และนำมาต้มกับน้ำตาล xylose ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3.5 ชั่วโมง เมื่อทำการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า เปปไทด์ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาเมลลาร์ดมีคุณสมบัติในการเหนี่ยวนำรสชาติในน้ำซุปไก่ ในด้าน mouthfulness และ continuity ได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ใช้เดกซ์ทริน (dextrin) [14] ต่อมาในปี 2016 Karangwa และคณะ รายงานว่า นอกจากเปปไทด์เป็นผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเมลลาร์ดแล้ว ยังมีสารประกอบอื่นที่เกิดจากการ cross-linking ในปฏิกิริยาเมลลาร์ด เช่น สารประกอบที่เกิดจากการ cross-linking ระหว่างกรดอะมิโนอิสระและสายเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุล น้อยกว่า 1,000 Da ก็มีคุณสมบัติเป็นสารที่ให้รสโคคูมิเช่นกัน [15]

สรุปได้ว่า สารที่ให้รสโคคูมินั้นเป็นสารที่ไม่มีรสชาติในตัวเอง แต่สามารถเหนี่ยวนำให้รสชาติพื้นฐานเข้มข้นขึ้น โดยเฉพาะรสหวาน รสเค็มและรสอูมามิ นอกจากนี้ยังส่งเสริมรสชาติและความกลมกล่อมในด้าน mouthfulness continuity และ think flavors/thickness ของอาหาร ซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจในอาหารของผู้บริโภค สารที่ให้รสโคคูมินั้น สามารถพบได้จากวัตถุดิบตามธรรมชาติที่ใช้ในการปรุงอาหาร หรือพบในอาหารที่ผ่านกระบวนการบ่ม หมัก หรือการให้ความร้อนในการปรุงอาหาร เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดสารประกอบต่างๆ โดยผ่านปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างการปรุงอาหาร เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นต้น ซึ่งสารที่ให้รสโคคูมิแต่ละตัวนั้นให้ระดับการรับรู้รสโคคูมิได้ไม่เท่ากัน ในปัจจุบันสารที่ให้รสโคคูมิที่ถูกค้นพบส่วนใหญ่เป็นสารประกอบประเภทเปปไทด์สายสั้นๆ รวมทั้งสารระเหยที่ให้กลิ่น ในแหล่งอาหารต่างๆ ดังแสดงใน Table 4

*Nattida.c@chula.ac.th
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

Table 4 Kokumi substances in various food

Kokumi substances	Food sources	Reference
Glutathione (γ-Glu-Cys-Gly)	onions, garlic, scallops, yeast extract	[2-3]
Phthalide	celery	[13]
Alliin	garlic	[2]
(+)-*S*-methyl-L-cysteine sulfoxide	garlic	[2]
γ-L-glutamyl-*S*-allyl-L-cysteine	garlic	[2]
γ-L-glutamyl-*S*-allyl-L-cysteine sulfoxide	garlic	[2]
γ-L-glutamyl-S-propenyl-cysteine-sulfoxide	onions	[16]
γ-glutamyl-L-cysteinyl-β-alanine	string bean (*Phaseolus vulgaris* L.)	[4]
γ-Glu-Val-Gly	fish sauces, soy sauce, scallops	[8-9,11]
γ-Glu-Cys-Gly	string bean ((*Phaseolus vulgaris* L.) yeast extract	[4,12]
γ-Glu-Leu	string bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cheese, yeast extract	[4-5,12]
γ-Glu-Val	string bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cheese, yeast extract	[4-5,12]
γ-Glu-Glu	cheese	[5-6]
γ-Glu-Gly	cheese	[5-6]
γ-Glu-His	cheese	[5-6]
γ-Glu-Gln	cheese	[5-6]
γ-Glu-Met	cheese	[5]
γ-Glu-Ala	cheese	[6]
γ-Glu-Thr	cheese	[6]
γ-Glu-Asp	cheese	[6]
γ-Glu-Lys	cheese	[6]
γ-Glu-Trp	cheese	[6]
γ-Glu-α-Aminobutyryl-Gly (Opthalmic acid)	yeast extract	[10]
γ-Glu-Cys	yeast extract	[10]
γ-Glu-Tyr	yeast extract	[12]
Leu-Ala	yeast extract	[12]
Leu-Glu	yeast extract	[12]
Leu-Thr	yeast extract	[12]
Leu-Gln	yeast extract	[12]
Ala-Leu	yeast extract	[12]

*Nattida.c@chula.ac.th
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

การรับรู้รสโคคูมิ

การรับรู้รสชาติต่างๆ ของมนุษย์นั้น มีกลไกที่เกี่ยวข้องกับต่อมรับรส (taste buds) ที่อยู่บนลิ้น ซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์รับรส (taste cell) โดยในแต่ละเซลล์ประกอบไปด้วยตัวรับรส (taste receptor) ต่างๆ ที่มีความจำเพาะเจาะจงในการรับรู้แต่ละรสชาติ ซึ่งสามารถรับรู้ได้จากสารที่ให้รสชาติต่างๆ (testatnts) เช่น ตัวรับรส T1R1-T1R3 รับรู้รสหวานจากน้ำตาลซูโครส ตัวรับรส T2Rs รับรู้รสขมจากคาเฟอีน ตัวรับรส T1R1-T1R3 และ mGluRs รับรู้รสอูมามิจากกลูตาเมต เป็นต้น [17] สำหรับการศึกษากลไกการรับรู้รสโคคูมินั้น ในปัจจุบันยังมีความเข้าใจไม่แน่ชัด ซึ่งมีความแตกต่างจากการรับรู้รสชาติพื้นฐานทั้ง 5 ที่มี receptor ที่เฉพาะเจาะจงในการรับรู้แต่ละรสชาติ จากการศึกษา ตัวรับ (receptor) ในกลุ่ม G Protein Coupled Receptors หรือ GPCRs (กลุ่มของ receptor ที่มี G Protein เกาะอยู่ด้านที่อยู่ภายในเซลล์ที่เมื่อถูกกระตุ้นจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเซลล์) ซึ่ง receptor ในกลุ่มนี้สามารถรับสัญญาณของสายเปปไทด์ได้ โดยตัวรับสัญญาณแคลเซียม (Calicium-sensing receptor หรือ CaSR) ซึ่งอยู่ในกลุ่ม GPCRs นี้เกี่ยวข้องกับการรับสัญญาณของสารที่ให้รสโคคูมิ จากการศึกษาในปี 2010 Oshu และคณะ พบว่า สารที่ให้รสโคคูมิ ได้แก่ glutathione (γ-Glu-Cys-Gly), γ-Glu-Ala, γ-Glu-Val, γ-Glu-Cys, γ-Glu-α-Aminobutyryl-Gly (opthalmic acid) และ γ-Glu-Val-Gly สามารถกระตุ้น CaSR ได้ และยังพบว่าสารที่สามารถกระตุ้น CaSR (CaSR Agonist) ได้แก่ แคลเซียม glutathione protamine poly-lysin L-Histidine cinacalcet และ γ-Glu-Val-Gly สามารถเหนี่ยวนำความเข้มของรสชาติในสารละลายที่มีรสอูมามิและรสเค็มได้เช่นกัน [10] นอกจากนี้ Oshu และคณะ ยังพบว่าการรับรู้รสโคคูมิจาก Glutathione และ γ-Glu-Val-Gly จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใส่ NPS-2143 (4.5 μM) ซึ่งเป็นตัวยับยั้ง CaSR (CaSR Antagonist) โดยค่าคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสใน glutathione (ร้อยละ 0.08) ลดลงจาก 0.6 เป็น 0.2 และใน γ-Glu-Val-Gly (ร้อยละ 0.01) ลดลงจาก จาก 0.95 เป็น 0.35 และเมื่อทำการตรวจวัดแอคทิวิตีของ CaSR เมื่อถูกกระตุ้นด้วย γ-Glu-Val-Gly หรือ γ-Glu-Val-Gly และ NPS-2143 พบว่า แอคทิวิตีของ CaSR จะลดลงอย่างมาก ดังแสดงใน Figure 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการรับรู้รสโคคูมินั้นมีความเกี่ยวข้องกับการกระตุ้น CaSR นั่นเอง [10]

ในปี 2012 Maruyama และคณะ ได้ทำการศึกษาต่อมรับรส (taste buds) จากลิ้นของหนูทดลอง พบว่า ในต่อมรับรสมี CaSR อยู่ และมีการตอบสนองต่อสารที่ให้รสโคคูมิ ซึ่งการตอบสนองบนเซลล์รับรสนี้จะถูกยับยั้ง ด้วย NPS-2143 นอกจากนี้ ผลการทดลองจาก Immunohistochemistry พบว่า CaSR อยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงกันแต่ไม่ทับซ้อนกันกับตัวรับรสชาติ (receptor) ของรสอูมามิและรสหวานที่อยู่ในเซลล์รับรส [18] นอกจากนี้ CaSR ที่ทำหน้าที่รับรู้รสโคคูมินั้นจะไม่ถูกกระตุ้นด้วยสารที่ให้รสอูมามิและรสหวาน ในขณะที่การกระตุ้น CaSR ด้วยสารที่ให้รสโคคูมินั้น มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเหนี่ยวนำในการรับสัญญาณของ receptor ที่ทำหน้าที่ในการรับรู้รสชาติพื้นฐาน ซึ่งการศึกษาใน CHO cells ได้พบว่า เมื่อมีการกระตุ้น CaSR ด้วยสารที่ให้รสโคคูมิ γ-Glu-Val-Gly (10 μM) ร่วมด้วย จะส่งผลให้มีการหลั่ง ATP (Adenosine Triphosphate) ของ receptor ที่รับรสหวานสูงขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการแปลสัญญาณของการรับรสหวาน โดยกลไกนี้เกี่ยวข้องกับสารสื่อกระแสประสาท acetylcholine จาก CaSR ที่ไปส่งผลต่อการหลั่ง ATP ของ receptor ที่รับรสหวาน [19] อย่างไรก็ตามการศึกษากลไกที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้รสโคคูมิโดย CaSR และการเหนี่ยวนำสัญญาณของการรับรู้รสชาติพื้นฐานในระดับโมเลกุล ยังจำเป็นที่จะต้องศึกษารายละเอียดต่อไป

*Nattida.c@chula.ac.th
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

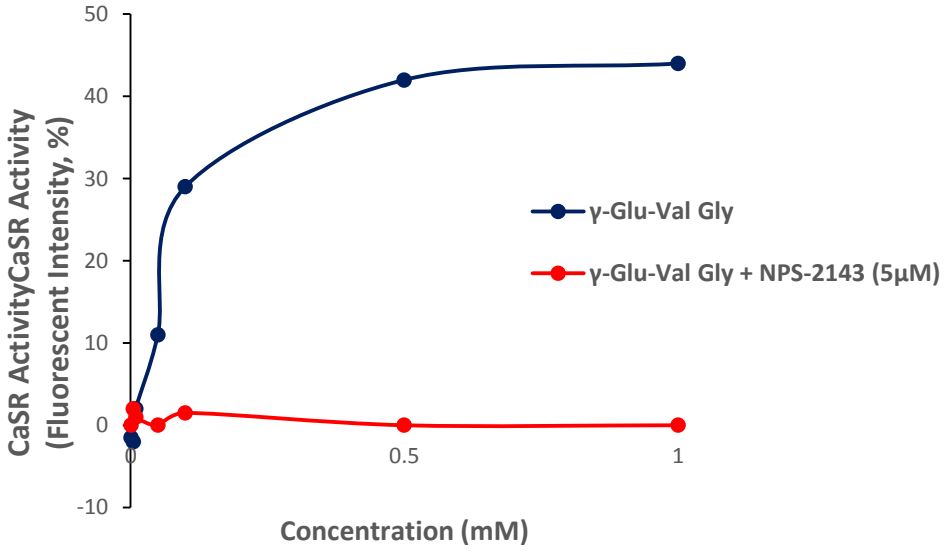

Figure 2 Effect of CaSR antagonist (NPS-2143) on CaSR activity
Remarks : modified from Oshu et al. (2010) [12]

โคคูมิกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

โดยทั่วไปการลดปริมาณไขมันในอาหารจะส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากจะส่งผลต่อทั้งทางด้านเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสในอาหาร ในปี 2013 Tomaschunas และคณะ พบว่า การลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกส่งผลให้ juiciness greasiness aftertaste และความเข้มของกลิ่นรสโดยรวมลดลง [20] นอกจากนี้ยังพบว่า การลดปริมาณไขมันในไอศกรีมยังส่งผลให้ thickness smoothness creaminess mouth coating milk/cooked sugar flavor มีค่าลดลงเช่นกัน [21] จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า สารที่ให้รสโคคูมิที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง คือ glutathione (γ-Glu-Cys-Gly) อย่างไรก็ตามสารที่ให้รสโคคูมิอีกตัวที่น่าสนใจ คือ γ-Glu-Val-Gly เนื่องจากผู้ทดสอบสามารถรับรู้รสโคคูมิจากสารนี้ได้ไวกว่า glutathione ถึง 12.8 เท่า [10] และยังสามารถส่งเสริมความเข้มของรสชาติพื้นฐาน ได้แก่ รสหวาน รสเค็ม และรสอูมามิ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับ glutathione แต่ใช้ปริมาณน้อยกว่า glutathione ถึง 10 เท่า [10]

ดังนั้นในปี 2015 Miyamura และคณะ จึงได้ทำการศึกษาการนำสารที่ให้รสโคคูมิ γ-Glu-Val-Gly มาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่ลดการใช้ปริมาณไขมันในเนยถั่วสูตรไขมันต่ำ โดยได้ทำการเปรียบเทียบผลคะแนนจากการประเมินทางประสาทสัมผัสของเนยถั่วสูตรดั้งเดิม (full fat มีปริมาณไขมัน ร้อยละ 50) และสูตรไขมันต่ำ (low fat มีไขมันประมาณ ร้อยละ 30) ซึ่งพบว่าเนยถั่วสูตรไขมันต่ำมีความแตกต่างจากเนยถั่วสูตรดั้งเดิมในด้าน peanut flavor thick flavor aftertaste continuity of taste และ oiliness อย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อมีการเติม γ-Glu-Val-Gly ลงไปในเนยถั่วสูตรไขมันต่ำ พบว่า ช่วยปรับปรุงด้าน thick flavor ($p<0.01$) aftertaste ($p<0.05$) และ oiliness ($p<0.05$) ให้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และยังช่วยปรับปรุงด้าน continuity ($p<0.0$) ให้มีแนวโน้มที่ดียิ่งขึ้น ดัง

*Nattida.c@chula.ac.th
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

แสดงใน Figure 3 โดย ให้คำอธิบายคุณลักษณะที่ใช้ในการประเมินทางประสาทสัมผัสดังนี้ Thick flavor หมายถึง ความเข้มของรสชาติ After taste หมายถึง ความเข้มโดยรวมของ after taste ของ flavor notes ทั้งหมดที่อยู่ในตัวอย่าง ภายหลัง 5 วินาที Continuity of taste หมายถึง ความเข้มของรสชาติที่เวลาประมาณ 20 วินาที [22] นอกจากนี้ Kuroda และ Miyamura ยังได้ศึกษาการนำสารที่ให้รสโคคูมิ γ-Glu-Val-Gly มาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมคัสตาร์ดสูตรไขมันต่ำ โดยพบว่า การเติม γ-Glu-Val-Gly ลงในขนมคัสตาร์ดสูตรไขมันต่ำ ซึ่งลดปริมาณไขมันเหลือ ร้อยละ 15 จากสูตรเดิมที่มีปริมาณไขมัน ร้อยละ 40 จะช่วยปรับปรุงในด้าน thick flavor และ continuity ได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และในด้าน aftertaste มีแนวโน้มที่ดีขึ้น ($p<0.1$) [23] ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเติมสารที่ให้รสโคคูมิสามารถช่วยปรับปรุงด้านกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารที่ลดการใช้ปริมาณในไขมันได้อย่างมีประมิทธิภาพ ดังนั้นการนำสารที่ให้รสโคคูมิมาประยุกต์ใช้ปรับปรุงด้านรสชาติ กลิ่นรสและความกลมกล่อมในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพประเภทอื่น จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่งในการศึกษาต่อไป

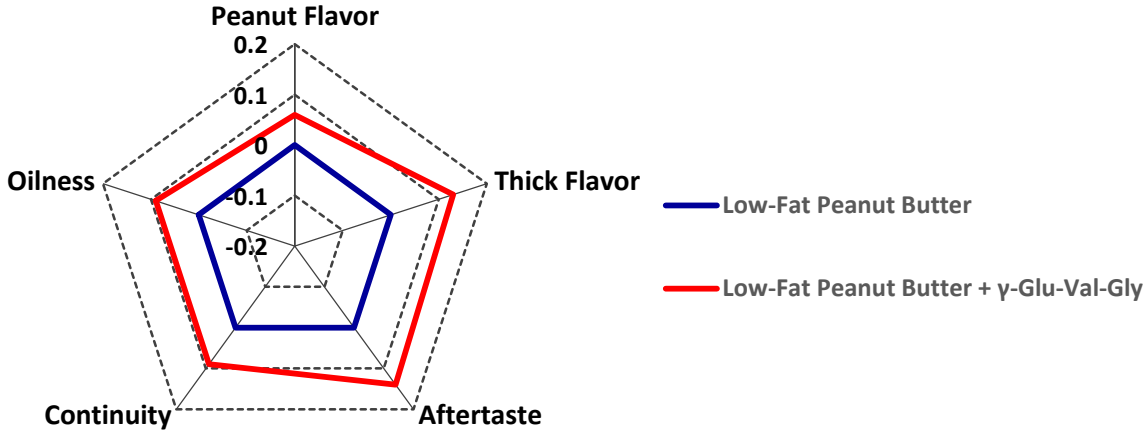

Figure 3 Effect of γ-Glu-Val-Gly on the low-fat peanut butter
Remarks : Miyamura et al. (2015) [22]

บทสรุป

โคคูมิ หมายถึงการรับรู้รสชาติและความกลมกล่อมในอาหาร ด้าน mouthfulness continuity และ thick flavors/thickness ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้จากรสชาติพื้นฐานทั้ง 5 โดยสารที่ให้รสโคคูมินั้นเป็นสารที่ไม่มีรสชาติ แต่สามารถเหนี่ยวนำให้รสชาติพื้นฐานเข้มข้นขึ้น โดยเฉพาะรสหวาน รสเค็มและรสอูมามิ ในปัจจุบันพบว่าสารที่ให้รสโคคูมิส่วนใหญ่คือเปปไทด์ ได้แก่ γ-glutamyl peptides, leucyl dipeptides และเปปไทด์ที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การค้นพบสารที่ให้รสโคคูมิในวัตถุดิบและกระบวนการแปรรูปอาหารนั้นยังมีการศึกษาไม่มากนัก โดยเฉพาะในวัตถุดิบและเครื่องปรุงรสต่างๆ ในอาหารไทย ดังนั้นการศึกษาเพื่อการค้นพบสารที่ให้รสโคคูมิตัวใหม่ๆ จึงเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่ง

*Nattida.c@chula.ac.th
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

กลไกการรับรู้สารที่ให้รสโคคูมินั้น เกี่ยวข้องกับตัวรับสัญญาณแคลเซียม (Calicium-sensing receptor หรือ CaSR) ที่อยู่ในต่อมรับรสบนลิ้น โดยพบว่า CaSR อยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงแต่ไม่ทับซ้อนกับตัวรับรสชาติพื้นฐาน (taste receptor) ที่อยู่ในเซลล์รับรส (taste cell) และการกระตุ้น CaSR ด้วยสารที่ให้รสโคคูมิจะส่งผลต่อการแปลสัญญาณการรับรสชาติของตัวรับรสชาติพื้นฐาน โดยกลไกนี้เกี่ยวข้องกับสารสื่อกระแสประสาท acetylcholine จาก CaSR ที่ไปส่งผลต่อการหลั่ง ATP ของตัวรับรสชาติพื้นฐาน ซึ่งการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้รสโคคูมิโดย CaSR และการเหนี่ยวนำสัญญาณของการรับรู้รสชาติพื้นฐานในระดับโมเลกุลยังต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต เพื่อให้เกิดความเข้าใจของการทำงานร่วมกันของสารที่ให้รสโคคูมิและรสชาติต่างๆ ในอาหารที่ส่งผลต่อการยอมรับและความพึงพอใจของผู้บริโภค

องค์ความรู้ด้านสารที่ให้รสโคคูมินี้ เป็นประโยชน์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้อย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมคุณภาพในการผลิตอาหารให้มีมาตรฐานด้านรสชาติตามที่ต้องการ หรือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีรสชาติและความกลมกล่อมที่น่าพึงพอใจและเป็นที่ยอมรับสำหรับผู้บริโภคได้ การศึกษาการใช้สารที่ให้รสโคคูมิในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ โดยเฉพาะอาหารเพื่อสุขภาพ จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างยิ่งสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารที่ลดการใช้เครื่องปรุงรสที่มีปริมาณโซเดียมสูง หรือ ผลิตภัณฑ์อาหารที่ลดปริมาณไขมัน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Nishimura, T., Egusa, A., Nagao, A., Odahara, T., Sugise, T., Mizoguchi, N. and Nosho, Y. (2015). Phytosterols in onion contribute to a sensation of lingering of aroma, a koku attribute. Food Chemistry. 192:724-728.

[2] Ueda, Y., Sakaguchi, M., Hirayama, K., Miyajima, R. and Kimizuka, A. (1990). Characteristic flavor constituents in water extract of garlic. Agricultural and Biological Chemistry. 54(1):162-169.

[3] Ueda, Y., Yonemitsu, M., Tsubuku, T., Sakaguchi, M. and Miyajima, R. (1997). Flavor characteristics of glutathione in raw and cooked foodstuffs. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 61: 1977-1980.

[4] Dunkel, A., Koster, J. and Hofmann, T. (2007). Molecular and sensory Characterization of γ-glutamyl peptides as key contributors to the Kokumi taste of edible beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55: 6712-6719.

[5] Liu, J., Song, H., Liu, Y., Li, P., Yao, J. and Xiong, J. (2015). Discovery of kokumi peptide from yeast extract by LC-Q-TOF-MS/MS and sensomics approach. Journal of the Science of Food and Agriculture. 95:3183-3194.

[6] Kurobayashi, Y., Katsumi, Y., Fujita, A., Morimitsu, Y. and Kubota, K. (2008). Flavor enhancement of chicken broth from boiled celery constituents. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56: 512-516.

[7] Toelstede, S., Dunkel, A. and Hofmann, T. (2009). A series of kokumi peptides

*Nattida.c@chula.ac.th
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

impart the long-lasting mouthfulness of matured gouda cheese. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 57:1440-1448.

[8] Hillmann, H. and Hofmann, T. (2016). Quantification of key testants and re-engineering the taste of parmesan cheese. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 64: 1794-1805.

[9] Ogasawara M., Yamada Y. and Egi M. (2006) Taste enhancer from the long-term ripening of miso (soybean paste). Food Chemistry. 99:736-741.

[10] Koroda, M., Kato, Y., Yamazaki, J., Kai, Y., Mizukoshi, T., Miyano, H. and Eto, Y. (2012). Determination and quantification of γ-glutamyl-valyl-glycine in commercial fish sauces. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 60:7291-7296.

[11] Kuroda, M., Kati, Y., Yamazaki, J., Kai, Y., Mizukoshi, T., Miyano, H. and Yuzuru, E. (2013). Determination and quantification of the kokumi peptide, γ-glutamyl-valyl-glycine, in commercial soy sauces. Food Chemistry. 141: 823-828.

[12] Oshu, T., Amino, Y., Nagasaki, H., Yamanaka, T., Takeshita, S., Hatanaka, T. et al. (2010). Involvement of the calcium-sensing receptor in human taste perception. Journal of Biological Chemistry. 285: 1016-1022.

[13] Kuroda, M., Kato, Y., Yamazaki, J., Kageyama, N., Mizukoshi, T., Miyano, H. and Eto, Y. (2012). Determination and quantification of γ-glutamyl-valyl-glycine in raw scallop and processed scallop products using high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Food Chemistry. 134: 1640-1644.

[14] Ogasawara, M., Katsumata, E. and Egi, M. (2006). Taste properties of maillard-reaction products prepared from 1000 to 5000 Da peptide. Food Chemistry. 99:600-604.

[15] Karangwa, E., Murekatete, N, Habimana, J., Masamba, K., Duhoramimana, E., Muhoza, B. and Zhang, X. (2016) Contribution of crosslinking products in the flavor enhancer processing: the new concept of maillard peptide in sensory characteristics of maillard reaction systems. Journal of Food Science and Technology. 53(6):2863-2875.

[16] Ueda, Y., Tsubuku, T. and Miyajima, R. (1994). Composition of sulfur-containing components in onion and their flavor characters. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 58:108-110.

[17] Chandrashekar, J., Hoon, M., Ryba, N. and Zuker, C. (2006). The receptors and cells for mammalian taste. Nature. 44:288-294.

[18] Maruyama, Y., Yasuda, R., Kuroda, M. and Eto, Y. (2012a). Kokumi substances, enhancers of basic tastes, induce responses in calcium-sensing receptor expressing taste cells. Plos One 7:e34489.

*Nattida.c@chula.ac.th
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

[19] Maruyama, Y., Miura, E., Roper, S. and Eto, Y. (2012b). Calcium-sensing receptor agonist enhances basic taste signaling in mouse taste buds. Poster presented at The Association for Chemoreception Science (AChemS) Annual Meeting 2012, California, USA.

[20] Tomaschunas, M., Zorb, R., Fischer, J., Kohn, E., Hinrichs, J. and Busch-Stockfisch, M. (2013). Changes in sensory properties and consumer acceptance of reduced fat pork Lyon-style and liver sausages containing inulin and citrus fiber as fat replacers. Meat Science. 95: 629-640.

[21] Liou, B.K. and Grun, I.U. (2007). Effect of fat level on the perception of five flavor chemicals in ice cream with or without fat mimetics by using a descriptive test. Journal of Food Science. 72: S595-S604.

[22] Miyamura, N., Jo, S., Kuroda, M. and Kouda, T. (2015). Flavour improvement of reduced fat peanut butter by addition of a kokumi peptide, γ-Glutamyl-Valyl-Glycine. Flavour 4:16.

[23] Kuroda, M. and Miyamura, N. (2015). Mechanism of the perception of “Kokumi” substances and the sensory characteristics of the “Kokumi” peptide γ-Glu-Val-Gly. Flavour 4:11.

*Nattida.c@chula.ac.th
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok