

# 축산식품의 발효 및 숙성을 통한 글루탐산 그 외 감칠맛과 고쿠미 맛 관련 성분들 생성 및 응용

Formation of Glutamic Acid, Umami and Kokumi Taste Compounds during Fermentation/Aging of Animal-Derived Food

김지한 (Jihan Kim)

Smart Food Innovation Centre Excellence, Te Ohu Rangahau Kai, AgResearch Ltd.

## I. 서론

고기 내에 존재하는 내인성 효소들을 활용한 숙성 혹은 미생물들을 활용한 발효를 통해 고기의 풍미를 증가시키는 방법은 널리 행해져왔다. 숙성의 경우, 습식 숙성 혹은 건식 숙성과 같은 방법을 통해서 내인성 단백질 분해효소들에 의한 고분자 펩타이드 단백질에서 저분자 펩타이드 및 아미노산으로 분해가 되어 다양한 맛을 나타낸다. 미생물에 의한 발효의 경우, 고기 자체내의 자연적으로 존재하는 유산균들을 활용한 천연 발효법 그리고 외부에서의 다양한 기능성을 가진 유산균들을 공급하여 발효시키는 방법이 있다.

고기 내에서 단백질 분해 및 미생물 대사를 통하여 기본적으로 짠맛, 단맛, 신맛, 쓴맛 그리고 감칠맛과 관련된 물질들이 생성된다. 감칠맛은 1908년 일본에서 이케다라는 과학자에 의해서 발견되었으며, 글루탐산 성분이 감칠맛에 기인한다는 것을 밝혀냈다(Mouritsen, 2019). 그 후 1980년대에 감칠맛과는 다른 기작으로 풍미를 증가시키는 펩타이드가 발견되며, 고쿠미, 일본어로 “풍부한 맛”이라는 의미다. 현재는 방향족 아미노산들, 감마 글루타밀 펩타이드와 같은 물질들이 고쿠미 관련 물질들로 분류되고 있다. 그 자체는 맛을 나타내지는 않지만, 고쿠미 관련 물질들이 감칠맛, 짠맛, 단맛과 함께 있을때, 입안에서 풍미와 후미를 오래 가게 해주는 역할을 한다(Maruyama, Yasuda, Kuroda, & Eto, 2012).

현재는 여러 식품에서 고쿠미와 관련된 물질들이 발견되고 있으며, 이는 풍미를 증가시키는 역할 이외에도 최근에는 장내 호르몬에도 영향을 끼친다는 사실이 밝혀졌다. 고쿠미 물질과 결합하는 Receptor는 칼슘과 결합하여 반응하여 Calcium-sensing receptor(CaSR)이라 불리고, 장내에도 존재하며, cholecystinin(CCK) 호르몬의 조절 작용과 연관하여 췌장에서의 소화효소 분비 및 포만감을 주는 호르몬에도 영향을 주어 식욕을 억제하고, 음식

\*Corresponding author: Jihan Kim

Smart Food Innovation Centre Excellence, Te Ohu Rangahau Kai, AgResearch Ltd., New Zealand

Tel: +64-7-856-2836

Email: jihan.kim@agresearch.co.nz

의 섭취를 줄이는 데 영향을 끼친다(Brennan, Davies, Schepelmann, & Riccardi, 2014).

이와 관련하여, 본문에서는 고기 내에서 숙성 혹은 발효를 통하여 발생하는 다양한 맛과 관련된 물질들에 대해서 살펴보고, 특히나 감칠맛과 현재 다시금 주목을 받는 고쿠미 맛에 대한 활용 방안에 대해서 논의하고자 한다.

## II. 숙성/발효 중 풍미 생성 기작

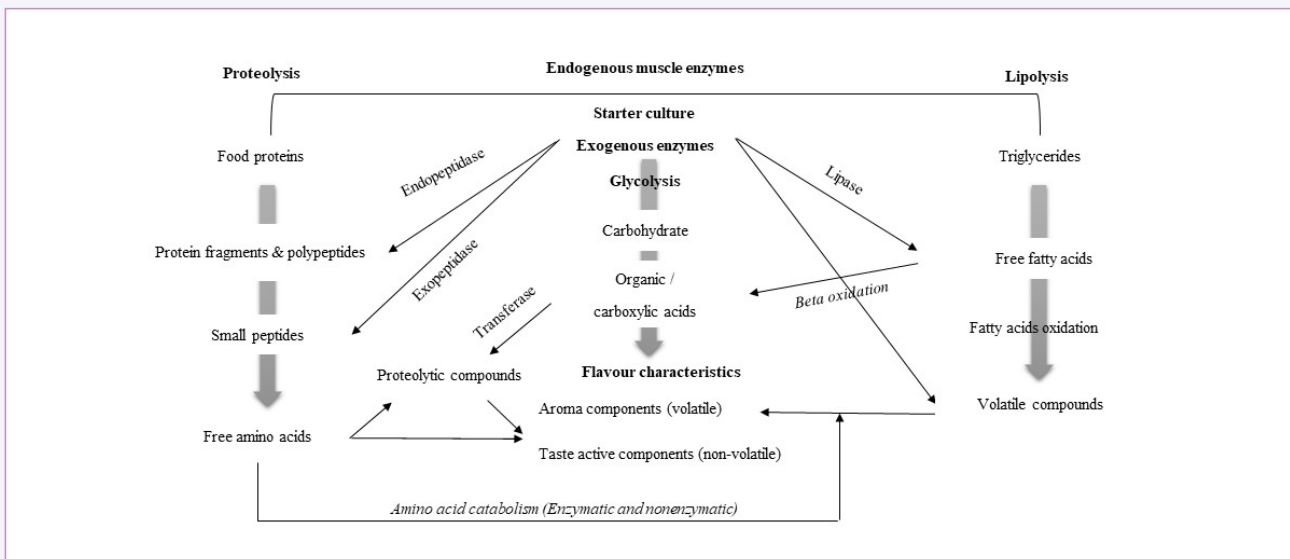
그림 1에서 보는 바와 같이, 근육 내에 존재하는 효소들과 외부에서 접종된 미생물에서 생성된 효소들이 전체적인 풍미물질 생성에 영향을 주는 것을 확인할 수 있다. 기본적으로 풍미 물질들은 맛과 관련된 물질과 향미와 관련된 휘발성 물질들로 나눈다.

향미 물질로 알려진 휘발성 물질들은 대체적으로 지방 대사과정과 연관이 있다. 중성지방의 분해를 통해 다양한 유리지방산이 생성되고, 이들은 지방산 산화를 통해서 다양한 휘발성 물질들이 전환된다. 하지만, 다양한 효소대사들을 통해서 단백질 분해산물이 휘발성 물질로 전환이 발견되었다. 아미노산들은 transaminase 효소에 의해서  $\alpha$ -keto acids가 생성되고, 이는 decarboxylase 효소에 의해 Aldehyde 형태나 alcohol dehydrogenase

에 의해서 생성된 aldehydes가 alcohols 형태로 전환될 수 있다. 특히나, 분지연쇄아미노산(Branched-chain amino acids, Leu, Ile and Val)들은 2- and 3-methyl-1-butanol and, especially, 2- and 3-methyl-butanol and 2-methyl-propanal 등으로 전환되는데, 이는 발효 소시지와 같은 육제품에서 역치값이 낮으면서 좋은 향을 내는 물질들로 여겨진다(Durá, Flores, & Toldrá, 2004).

고기 내에서 수용성 전구체 물질들과 연계된 맛(작은 펩타이드, 아미노산 그리고 핵산)에 대한 연구가 주로 이루어져 왔다. 핵산의 경우는 잔여 글라코젠, ATP 분해산물로 여겨지며, 특히 inosine-5'-monophosphate (IMP)와 guanosine-5'-monophosphate(GMP)는 감칠맛 성분들로 알려져 있다. 하지만 감칠맛 관련 핵산 물질들은 쉽게 분해되어 최종산물인 hypoxanthine으로 전환되어진다(Ichimura, Nakamura, Yoshida, & Hattori, 2017). 그림 1에서와 같이, 고기 내 단백질은 숙성/발효에 따라서 단백질 분해효소들(endopeptidase 혹은 exopeptidase)이 활성화되어 다양한 패턴의 분해산물들이 생성된다. 결론적으로 작은 펩타이드들(5kDa 이하)과 아미노산들이 맛에 큰 영향을 끼친다.

그림 1. 발효 및 숙성을 통한 풍미 물질 생성 기작

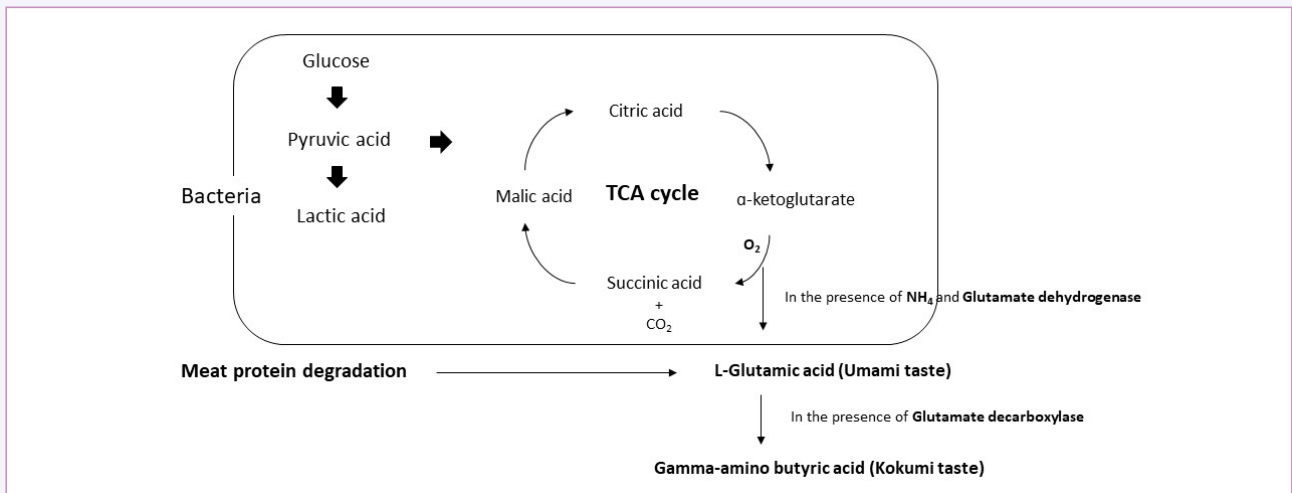


### III. 감칠맛과 고쿠미 관련 물질들

감칠맛을 대표하는 글루탐산은 단백질 분해에서도 생성되기도 하지만, 일부는 미생물 대사과정을 통해서 생성된다. 그림 2에서와 같이, 특정조건하에서 TCA 대사 중  $\alpha$ -ketoglutarate가 Succinic acid로 전환되는 과정에서  $\text{NH}_4$ 와 Glutamate dehydrogenase 존재하에 L-글루탐산으로 전환될 수 있다. 추가적으로 L-글루탐산은 Glutamate decarboxylase에 의해서  $\gamma$ -amino butyric acid 형태로 전환되어 고쿠미 맛에 기여한다.

단백질 분해산물이 아닌 다른 경로를 통한 감칠맛과 고쿠미맛 물질들의 생성이 보고된 바 있다. 대표적인 예로는 발효유제품으로 알려진 치즈에서 유기산 대사과정과 감칠맛의 연관관계에 대한 보고가 있었고 (Drake et al., 2007), 발효과일에서의 Succinic acid와 감칠맛과의 관계가 연구된 바 있다(Istiqamah, Lioe, & Adawiyah, 2019). 그 외에 특이적으로 식품 내에서 다른 미생물 대사로부터 발생하는 고쿠미 맛 물질들은 유기산과 아미노산이 결합한 형태의 lactoyl amino acids, succinyl amino acids, pyroglutamate peptides 그리고 감마 글루타밀 펩타이드들이 알려져 있다. 하지만 이들의 정확한 고쿠미 맛에 대한 기작은 아직 밝혀지지 않았다.

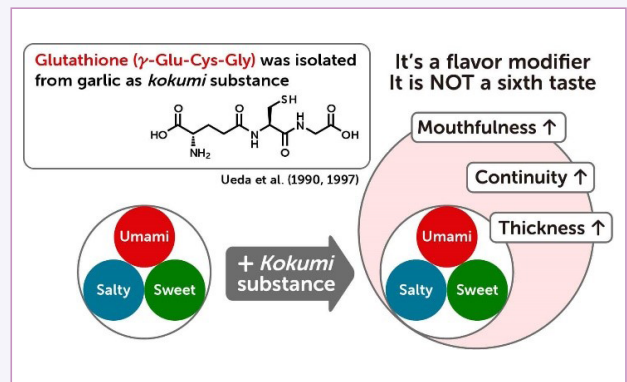
그림 2. 글루탐산(감칠맛) 및 감마 아미노산뷰티르산(고쿠미)의 생성



### IV. 고쿠미 맛의 잠재성

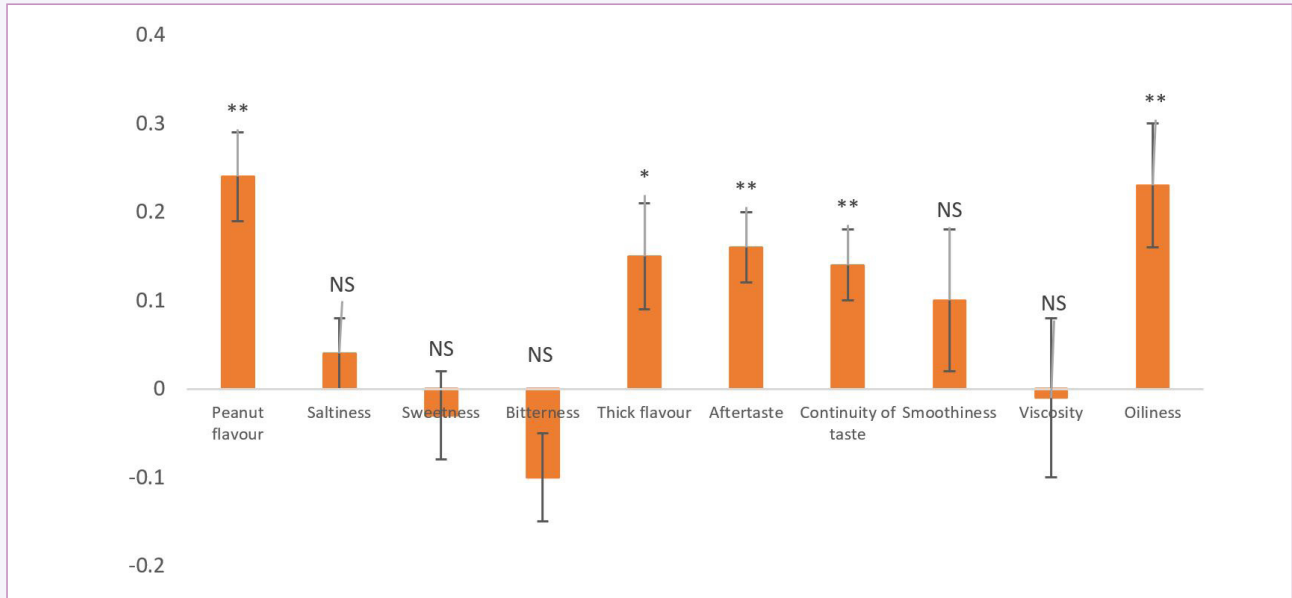
고쿠미는 감칠맛, 짠맛, 단맛을 증가시켜주는뿐만 아니라, 입안의 전체적인 풍미 및 맛의 지속성을 증가시키는 역할을 한다(그림 3). 이로 인해서 고쿠미의 지방 대체제로의 가능성에 대한 연구가 관심을 받고 있다. 예를 들어, 그림 4에서와 같이 땅콩버터에 고쿠미 펩타이드 첨가를 통하여 지방을 대체시켰을 때, 일반 땅콩버터와 비교했을 때, 땅콩의 향, 점도, 후미, 지속성 그리고 기름진맛이 오히려 증가한 것을 확인할 수가 있었다. 이를 바탕으로 고쿠미의 지방대체제로의 역할이 주목을 받

그림 3. 고쿠미 맛의 이해



출처: 아지노모토, <https://www.ajinomoto.com/innovation/action/kokumi-substances>

그림 4. 고쿠미를 첨가한 저지방 땅콩버터와 일반 땅콩버터 관능 검사 비교 결과



출처: Miyamura, Jo, Kuroda, and Kouda (2015). NS, 유의적 차이 없음. \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.001$ .

을 것으로 보이지만, 그 외에 지방 대체를 하였을 때 부수적으로 발생할 수 있는 품질에 미치는 영향에 대해서는 아직 지속적인 연구가 필요하다.

### V. 결론

미생물 발효 및 효소를 활용한 숙성을 통한 축산식품의 기능성에 대해서 오랫동안 연구가 진행되어 왔다. 특히나, 이러한 대사과정에서 발생하는 물질들의 잠재력은 무궁무진하다. 본 글에서 설명한 고쿠미 맛 관련물질들은 맛의 증진과 더불어 여러가지 기능성으로 인해서 새롭게 주목을 받고 있는 기능성 물질들이다.

고지방 식이가 성인병의 주요 원인으로 밝혀짐에 따라 세계적인 소비자 수요는 저지방 제품을 선호하는 경향을 보이고 있다. 축산식품가공업계는 소비자의 요구를 충족시키기 위한 노력으로 오랫동안 저지방 제품의 개

발연구에 힘써 왔으며, 주로 지방의 물리적 식감을 대체할 수 있는 연구에 주목을 해왔다. 비록 지방이 전달하는 물리적 식감을 다양한 식물성 원료나 기능성 물질들을 통해서 개선하였으나, 근본적인 지방이 가지고 있는 풍미의 전달은 제한되어 왔다.

앞서 서술한 바와 같이 잠재적으로 고쿠미 첨가는 지방을 대체함으로 칼로리를 낮출 뿐만 아니라, 비물리적인 기작을 통한 지방이 가지는 기름진 맛을 대체할 수 있음을 보여주었다. 고쿠미의 활용은 지방 대체뿐만 아니라, 짠맛과 단맛을 증진시킨다고 알려져 인공 감미료나 소금의 섭취량을 제한하는 데도 도움이 될 것으로 보인다. 현재 국내에서는 고쿠미 펩타이드를 활용한 지방의 대체에 대해 아직 본격적으로 이루어지지 않고 있으므로, 향후 미생물을 활용한 고쿠미 물질들의 생성에 관한 연구와 활용은 건강지향적이며 풍미를 잃지 않는 축산식품의 개발에 큰 도움이 될 것이라고 사료된다.

## 참고문헌

1. 아지노모토. <https://www.ajinomoto.com/innovation/action/kokumi-substances>
2. Brennan SC, Davies TS, Schepelmann M, Riccardi D. 2014. Emerging roles of the extracellular calcium-sensing receptor in nutrient sensing: Control of taste modulation and intestinal hormone secretion. *British Journal of Nutrition* 111(S1):S16-S22. doi: 10.1017/S0007114513002250
3. Drake SL, Carunchia Whetstine ME, Drake MA, Courtney P, Fligner K, Jenkins J, Pruitt C. 2007. Sources of umami taste in Cheddar and Swiss cheeses. *J Food Sci* 72(6):S360-366. doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00402.x
4. Durá MA, Flores M, Toldrá F. 2004. Effect of growth phase and dry-cured sausage processing conditions on *Debaryomyces* spp. generation of volatile compounds from branched-chain amino acids. *Food Chemistry* 86(3): 391-399. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.09.014>
5. Ichimura S, Nakamura Y, Yoshida Y, Hattori A. 2017. Hypoxanthine enhances the cured meat taste. *Animal Science Journal = Nihon Chikusan Gakkaiho* 88(2):379-385. doi: 10.1111/asj.12625
6. Istiqamah A, Lioe HN, Adawiyah DR. 2019. Umami compounds present in low molecular umami fractions of asam sunti - A fermented fruit of *Averrhoa bilimbi* L. *Food Chem* 270:338-343. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.06.131
7. Maruyama Y, Yasuda R, Kuroda M, Eto Y. 2012. Kokumi substances, enhancers of basic tastes, induce responses in calcium-sensing receptor expressing taste cells. *PLOS ONE* 7(4):e34489. doi: 10.1371/journal.pone.0034489
8. Miyamura N, Jo S, Kuroda M, Kouda T. 2015. Flavour improvement of reduced-fat peanut butter by addition of a kokumi peptide,  $\gamma$ -glutamyl-valyl-glycine. *Flavour* 4(1):16. doi: 10.1186/2044-7248-4-16
9. Mouritsen OG. 2019. The quest for Umami. In T Nishimura, M Kuroda (Eds.), *Koku in food science and physiology: Recent research on a key concept in palatability* (pp. 33-45). Singapore: Springer Singapore.