

Ethyl carbamate와 식품 발효

권운정

서울대학교 식품영양학과

Ethyl carbamate는 알코올 음료를 포함한 발효식품에 존재하는 carbamic acid의 ethyl ester로서 유전독성과 발암성으로 주목 받고 있다(1). 알코올 음료 중 포도주, 청주, 위스키 등에 다량 함유되어 있으며, 발효식품의 경우 간장, 김치, 된장, 식초, 탁주, miso, natto, 요구르트, 치즈, 차 등 넓은 범위의 발효식품에서 소량씩 검출되고 있다(1-6). Ethyl carbamate는 투여경로에 상관없이 섭취 후 온몸에 빠르게 분포된다(7, 8). Ethyl carbamate는 에탄올과 carbamyl 기를 가진 물질 (carbamyl phosphate, 요소, 시트룰린)간의 화학반응으로 생성되므로(9, 10), 발효과정을 거치는 어떤 식품에서나 이 화합물의 존재 가능성을 배제할 수 없다. 여러 종류의 발효식품이 많은 한국 식단의 경우, 식생활에서 유래하는 ethyl carbamate에 의한 인체에 대한 위해성 여부를 무시할 수 없다 하겠다. 실제로 한국 상용 식품 중 김치에 최고 4.6ppb, 된장에 최고 10ppb, 탁주에 최고 2ppb, 식초에 최고 2.5ppb, 간장에 73.3ppb가 존재함이 최초로 보고되었고(6), 이 자료와 국민영양조사 자료를 근거로 계산한 노출량은 1.8g/day로, Schlatter and Lutz가 제시한 생애 발암 위험에 대한 안전한 양인 1.3-5.4g/day (한국 성인 남자 기준), 1.1-4.3g/day(한국 성인 여자 기준)에 근접한다. 평균적인 식사를 하는 한국인은 알코올 음료 (10-20ng/kg b.w./day)를 제외한다면 ethyl carbamate에 의한 발암의 우려는 경미하나, 식품 발암원의 특성상 높은 농도의 시료를 장기간 섭취하는 가정의 경우에는 이 화합물에 의한 위해도가 증가할 수 있게 된다.

Ethyl carbamate의 식품 내 생성 기전을 규명하기 위한 실험에서는 원료 메주가 ethyl carbamate 형성에 가장 큰 영향을 미치는 인자로 나타났고 그 외에 저장기간과 빛이 영향을 주는 것으로 밝혀졌다(11). 원료 메주가 영향을 주는 이유는 메주 생산과정이 자연 발효이기 때문에 발효 미생물의 차이에 기인한다고 생각할 수 있다. 집에서 직접제조한 전통 간장 114개를 수집하여 분석한 결과, 남쪽 지방과 고도 400미터 이하의 마을에서 제조된 간장에서 높은 농도의 ethyl carbamate가 관찰되었다. 따라서 발효과정에 의한 영향을 다시 한 번 확인할 수 있었으며, 발효과정 중 생성되는 에탄올과 carbamyl 화합물 중 미생물의 영향을 더 크게 받는 carbamyl 화합물의 생성기전을 알아보기 위해 간장에서 분리된 *Bacillus subtilis*와 *Zygosaccharomyces rouxii*의 arginine 대사과정에 관여하는 효소의 활성을 측정하였다(12). 그 결과 간장에서 아르기닌 대사는 요소를 생성하는 arginase-urease cycle보다는 시트룰린과 carbamyl phosphate를 생성하는 arginine deiminase pathway에 따라 일어나는 것이 관찰되었으며, 이는 포도주에서와는 달리 간장에서는 요소(urea)가 주 전구체가 아닌 화학적 반응성이 더 강한 시트룰린이나 carbamyl phosphate가 전구체로 작용하는 것을 의미한다. 따라서, 간장에서 ethyl carbamate를 저감화하는 방법은 외국에서 주류에 적용하고 있는 urea의 농도

를 낮추는 접근법 보다는 arginine 대사의 방향을 바꾸거나 carbamyl phosphate를 제거할 수 있는 방법을 모색해야 할 것이다.

참고문헌

- (1) Zimmerli, B. and Schlatter, J. Ethyl carbamate: analytical methodology, occurrence, formation, biological activity and risk assessment. *Mutat. Res.* 259: 325-350 (1991)
- (2) Battaglia, R., Conacher, H.B.S. and Page, D.: Ethyl carbamate (urethane) in alcoholic beverages and foods: a review. *Food Additives and Contaminants* 7: 477-496 (1990)
- (3) Canas, B.J., Harvey, D.C., Robinson, L.R., Sullivan, M.P., Joe Jr. F.L. and Diachenko, G.W. Ethyl carbamate levels in selected foods and beverages. *J. Ass. Offic. Anal. Chem.*, 72: 873-876 (1989)
- (4) Hasegawa, Y., Nakamura, Y., Terasawa, S., Ito, Y. and Chiyaama, M. Determination of ethyl carbamate in various fermented foods by selected ion monitoring. *J. Food Prot.* 53: 1058-1061 (1990)
- (5) Matsudo, T., Aoki, T., Abe, K., Fukuta, N., Sasaki, M. and Uchida, K.: Determination of ethyl carbamate in soy sauce and its possible precursor. *J. Agric. Food Chem.* 41: 352-356 (1993)
- (6) Kim, Young-Kyung Lee, Koh, Eunmi, Chung, Hyun-jung and Kwon, Hoonjeong. Determination of ethyl carbamate in some fermented Korean foods and beverages. *Food Additives and Contaminants* 17: 469-475 (2000)
- (7) Mirvish, S.S.: The carcinogenic action and metabolism of urethane and N-hydroxyurethane. *Adv. Cancer Res.* 11: 1-42 (1968)
- (8) IARC: Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to man: some antithyroid and related substances, nitrofurans and industrial chemicals. vol. 7, Urethane, International Agency for Research on Cancer, Lyon, pp.111-140 (1974)
- (9) Ough, C.S., Crowell, E.W. and Mooney, L.A.: Formation of ethylcarbamate precursors during grape juice (Chardonnay) fermentation. I. *Am. J. Enol. Vitic.*, 39: 243-249 (1988)
- (10) Ough, C.S., Crowell, E.W., and Gutlove, B.R.: Carbamyl compound reactions with ethanol. *Am. J. Enol. Vitic.*, 39: 239-242 (1988)
- (11) 정현정, 권훈정: 재래식 간장의 제조조건이 Ethyl carbamate 생성에 미치는 영향, *한국조리과학회지* 13(2): 92-98 (1996)
- (12) Eunmi Koh, Young-Kyung Lee Kim and Hoonjeong Kwon. Arginine metabolism by *Bacillus subtilis* and *Zygosaccharomyces rouxii* isolated from Korean soysauce. *Food Sci. Biotechnol.* 12(1): 62-66 (2003)