

Glucose Oxidase 및 제빵용 효모 첨가에 따른 육계와 돼지의 혈장 포도당과 pH 변화

이재준 · 이영현

서울산업대학교 식품공학과 및 식품생물공학연구소

Glucose Content and pH of Broiler and Porcine Blood Plasma by Glucose Oxidase or Baker's Yeast Addition

Jae Jun Lee and Young Hyoun Yi

Department of Food Science & Technology and Institute of Food & Biotechnology,
Seoul National University of Technology

Abstract

The effects of GOD and yeast on glucose content and pH of broiler and porcine blood plasma were investigated. The initial glucose concentration of broiler and porcine blood plasma were 150 mg/100cm³ and 143 mg/100cm³, respectively. Addition of GOD and yeast decreased glucose contents in broiler and porcine plasma. As expected, plasma glucose content decreased as incubation time increased. While 1080 and 1110 min were required to remove glucose from both broiler and porcine plasma at GOD 5 units/g and 480 and 1020 min were required at GOD 10 units/g, respectively; both required 240 min at 0.3% yeast (w/w). The Maillard reaction can be prevented by desugarization. During the removal of glucose, pH of the plasma decreased. As glucose content in plasma leveled off, the pH value of plasma increased. Therefore, pH may be used as an index of desugarization.

Key words: glucose oxidase, yeast, broiler, porcine, blood plasma, glucose, pH

서 론

도축장에서 직면하고 있는 한가지 문제점은 폐기 부산물, 특히 혈액의 처리이다. 생계 무게의 3.74~4.21%가 혈액으로 구성되었으며⁽¹⁾ 무게가 1.5 kg인 생계를 하루 100,000 수를 처리하면 매일 5.61~6.32 M/T의 혈액이 나오게 된다. 미국의 경우 1992년에 10,000,000 M/T의 육계가 생산되어⁽²⁾ 398,000 M/T의 혈액이 발생된 것으로 추정된다. 돼지 혈액은 한 마리 당 2.5 L가 발생되고⁽³⁾ 비중이 1.045이기 때문에⁽⁴⁾ 85,000,000 두가 도축된 1992년에는⁽²⁾ 222,000 M/T의 혈액이 발생된 것으로 추정된다. 혈액의 60~70%는 혈장이고 30~40%는 적혈구로 구성되어 있으므로⁽⁵⁾ 1992년에 생산된 닭과 돼지의 혈장은 각각 260,000과 144,300 M/T으로 여겨진다.

도축장에서 나오는 가금(家禽) 및 가축 혈액이 폐기처분될 경우, 1,000배로 희석된 현탁액의 생화학적 산

소요구량(BOD, Biochemical Oxygen Demand)은 147 mg/L인데 이를 ppm 단위로 나타내면 147,000 ppm이 된다. 혈액은 도축장에서 수질오염의 주된 원인이며⁽⁶⁾, 이를 처리하기 위해서는 막대한 폐수 처리 시설과 운영 경비가 필요하다.

혈액이 rendering (고온 고압의 가열처리후 건조와 분쇄) 공정을 거칠 경우, 고온 고압에 따른 영양소 파괴나 손실이 생긴다. 또한 혈당과 lysine이 축합하여 갈색의 물질을 생성하는 Maillard 반응도 빠르게 진행된다. 따라서 사료의 대표적인 제한 아미노산인 lysine이 blood meal이나 offal meal에는 많이 존재하나 실제 동물이 소화 흡수할 수 있는 유효 lysine은 매우 적어지게 된다.

여러 종류의 혈장이 육류의 결합제로 사용되고 있다^(7,8). Suter 등⁽⁷⁾은 혈장 단백질 1%를 대두 단백질이 포함된 쇠고기 패티에 첨가함으로써 접착력을 증진시켰다. Terrell 등⁽⁸⁾은 혈장 단백을 프랑크푸르트 소시지(frankfurter) 제조에 사용하였고 Siegel 등⁽¹⁰⁾은 대두 단백질의 접착력은 소 혈장 단백질과 비교시 매우 약하다고 하였다. 하지만 혈장분을 저장하게 되면 불쾌취가 발

Corresponding author: Young Hyoun Yi, Department of Food Science & Technology, Seoul National University of Technology, 172 Kongnung-dong, Nowon-gu, Seoul 139-743, Korea

생하게 된다. 이는 혈장에 있는 헤모글로빈, 인지질 그리고 고도불포화 지방산의 산화에 기인하는 것으로 여겨진다⁶⁾. Kline 등⁽¹¹⁾은 저장한 전란분(全卵粉)을 조사하였는데 포도당과 cephalin의 반응이 불쾌취 발생과 관련이 있다고 제안하였다. 혈장 포도당도 인지방질과의 반응으로 변패가 진행될 수 있다.

Yasutoshi 등⁽¹²⁾은 소나 돼지 혈장에 glucose oxidase (GOD)를 첨가함으로써 건조된 혈장 포도당 농도를 줄였다. 이 결과 상온에서 오랜 저장한 후에도 혈장분의 높은 겔(gel) 강도가 유지되었다. 그러나 본 공정이 특이한 관계로 자세한 설명은 알려져있지 않다. 경제적 측면으로 볼 때 GOD의 상업적 대량 사용은 현실성이 결여되어 있다.

Feeney와 Whitaker⁽¹³⁾는 포도당을 제거하면 Maillard 반응을 방지할 수 있다고 제안했다. Maillard 반응을 억제하기 위하여 계란에서 포도당을 제거하는 방법으로는 자연적인 미생물발효^(14,15), 통제된 세균 발효⁽¹⁶⁾, 효모 발효⁽¹⁷⁾와 효소 이용^(18,19) 등이 있다. 상업적으로 계란 1,000 kg에 제빵용 효모 3.4 kg이 사용되는데 이 공정의 최적 온도는 30°C였다⁽²⁰⁾. Carlin과 Ayres⁽¹⁹⁾는 난백(卵白) 포도당을 제거하기 위하여 GOD와 catalase를 사용하여 변패취가 없는 제품을 생산했다. Lee와 Chang⁽²¹⁾ 및 Lee 등⁽²²⁾은 GOD나 효모에 의해 탈당(脫糖, desugarization)된 건조 계란의 제조 공정과 저장성 등을 연구했다.

그러나 육계나 돼지 혈장의 실용적인 탈당 방법 모색과 이에 따른 이화학적 특성 변화에 관한 연구는 매우 드문 형편이다. 본 연구의 목적은 난백의 포도당을 제거함으로써 양질의 제품을 생산한 것처럼 기능성과 활용성이 좋은 혈장분을 생산하기 위하여 육계와 돼지의 혈장에 GOD나 제빵용 효모의 첨가가 혈장 포도당 양과 pH 변화에 미치는 영향을 조사하는 것이다.

재료 및 방법

실험계획

닭과 돼지 혈장의 포도당을 제거하는 4가지 방법(control, glucose oxidase 5 units/g 또는 10 units/g, baker's yeast treatment 0.3% w/w) X 저장기간의 factorial arrangement로 CRD (completely random design)를 사용하였다. 저장기간에 따른 혈장 포도당과 pH의 변화를 30분 간격으로 각 시료를 4번 씩 측정하였다.

닭과 돼지 혈장준비

닭피와 돼지피는 각각 대상마니커(주) (경기도 동두

천시 하봉암동)와 우성농업(주) (서울 성동구 마장동)에서 채혈하자마자 40% (w/w)의 sodium citrate로 된 항응고제 용액 1% (v/v)를 첨가했다. 항응고제와 혼합한 혈액을 저온으로 유지되는 ice chest에 넣어 실험실로 운반했다. 혈장분리는 혈액 도착 즉시 3000 rpm (1816 g-force)에서 15분간 원심분리 (비전과학 (주), VS-21SMTN, 경기도 부천시 오정구 삼정동)하여 혈장인 상등액을 얻었다.

혈장 탈당 및 혈장 포도당과 pH 측정

원심분리된 닭과 돼지 혈장을 얻은 즉시 GOD (Product No. G-2133, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 혈장 1 g당 5 units나 10 units 및 제빵용 효모(대아상교 (주) 세프인스탁트 천연이스트, 서울 서대문구 충정로) 0.3% (w/w) 등을 각각 혈장에 첨가하였다. 상온(25°C)에서 혈장의 포도당 함량과 pH가 일정한 수준에 도달할 때까지 진탕기에서 흔들면서 30분 간격으로 측정하였다. 혈장 포도당 함량은 glucose test strip위에 시료 한 방울을 떨어뜨리고 glucose meter (One Touch Basic Lifescan, Johnson-Johnson Co., Milpitas, CA, USA)로 측정했다. 그리고 혈장의 pH는 pH meter (pH I 40, Beckman Instruments, Inc., Fullerton, CA, USA)를 사용하여 Scott⁽²³⁾의 방법으로 측정하였다.

결과 및 고찰

초기 닭과 돼지 혈장의 평균 포도당 농도는 각각 150 mg/100 cm³과 143 mg/100 cm³이었다 (Fig. 1과 2). GOD나 제빵용 효모를 첨가한 육계와 돼지 혈장의 포도당 농도는 시간이 지남에 따라 감소되었는데 그 경향은 육계와 돼지가 유사했다. 효모를 이용한 경우, 닭과 돼지 혈장의 포도당이 거의 없어지는데는 약 4시간 정도 걸렸다. 효모가 GOD보다 혈장 포도당을 감소시키는 데는 효과적이었다. 예상한 것과 같이 GOD의 농도 10 units/g이 5 units/g 보다 혈장 포도당을 빨리 감소시켰다.

난백분의 탄수화물 즉 포도당 제거를 통하여 Maillard 반응을 억제시켜서 양질의 난백분을 생산하는 것처럼^(21,22) 육계와 돼지 혈장의 포도당을 제거함으로써 Maillard 반응 및 혈장 포도당과 cephalin의 반응억제가 가능하리라 여겨진다. 혈장에 있는 아미노산의 NH₂기와 포도당의 hydroxyl기가 공유결합하는 축합반응이 방지되면 혈장에 있는 아미노산의 유효도 감소를 줄일 수 있다. 그리고 혈장 포도당과 cephalin의 반응이 억제되면 혈장 포도당 환원력으로 인한 유리 지

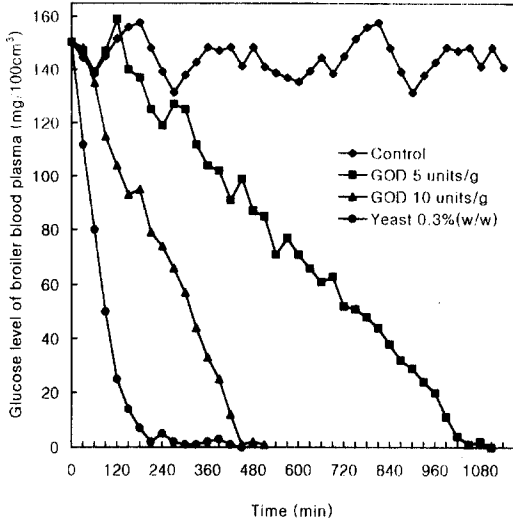


Fig. 1. Desugarization of broiler blood plasma by glucose oxidase (GOD) and baker's yeast at 25°C.

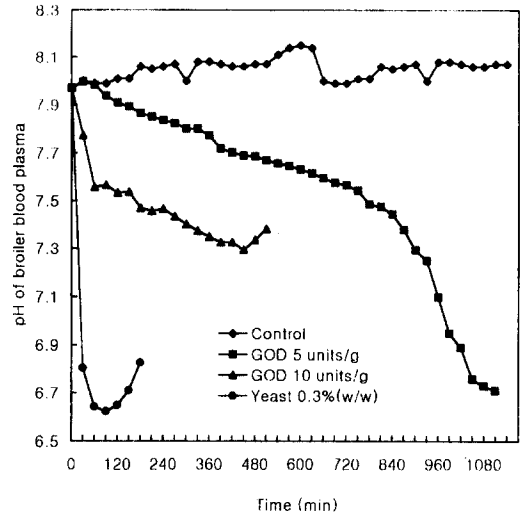


Fig. 3. Changes in pH of broiler blood plasma during desugarization by glucose oxidase (GOD) and baker's yeast at 25°C.

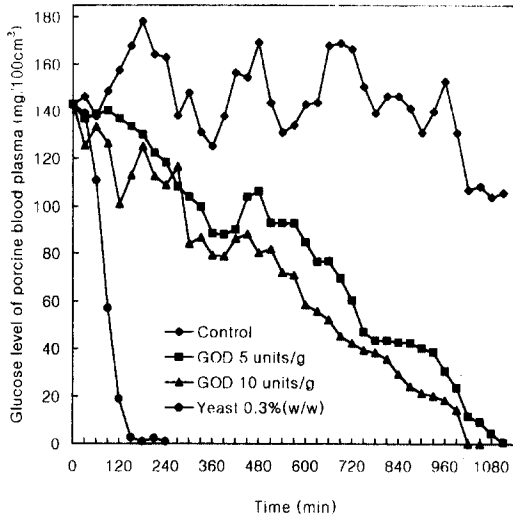


Fig. 2. Desugarization of porcine blood plasma by glucose oxidase (GOD) and baker's yeast at 25°C.

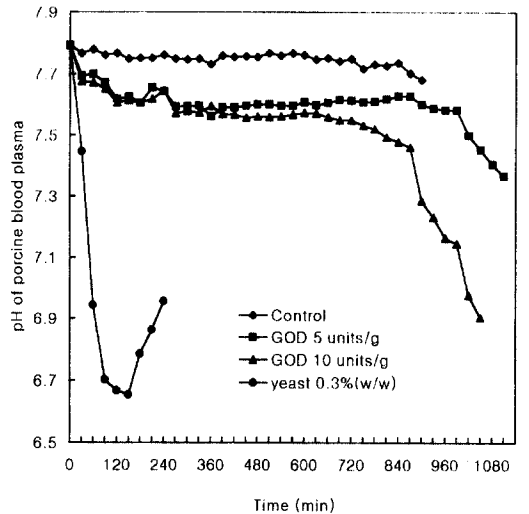


Fig. 4. Changes in pH of porcine blood plasma during desugarization by glucose oxidase (GOD) and baker's yeast at 25°C.

방산과 인지질 산화가 억제되어 불쾌취가 줄어들 수 있다.

GOD를 이용하여 혈장 포도당이 감소하는 동안 gluconic acid가 생산되고 용액의 pH는 감소했다⁽²³⁾. 본 조사에서도 혈장 포도당이 감소하는 동안 pH도 따라서 감소했다가 포도당 양이 안정된 후에 pH 값이 약간 증가했다(Fig. 3과 4). 증가된 pH는 미생물의 신진 대사에 의한 탈아미노 반응(deamination)으로 생성된 ammonia에 기인하는 것으로 추정된다. 미생물은 에너

지원으로 포도당을 사용한 후에는 단백질을 사용하여 알칼리성 대사산물을 생성하기 때문이다. Scott⁽²³⁾ 및 Sheen 등⁽¹⁶⁾은 탈당의 한 지표로써 pH의 이용 가능성을 제안한 것처럼 혈장의 pH를 측정함으로써 혈장이 탈당될 때까지 탈당 정도를 간접적으로 알 수 있었다. 혈장 포도당이 제거된 시료와 제거가 안된 시료의 이화학적 특성 및 기능성 등을 비교하는 후속 연구가 필요하다.

요 약

육계와 돼지의 혈장에서 포도당과 lysine이 축합하여 갈색의 물질을 생성하는 Maillard 반응을 억제시키기 위하여 혈장에 GOD 5 또는 10 units/g이나 제빵용 효모(0.3% w/w)를 첨가하여 탈당시켰다. GOD와 제빵용 효모의 첨가가 혈장 포도당 함량과 pH 변화에 미치는 영향을 조사했다. 초기 닭과 돼지 혈장의 평균 포도당 농도는 각각 150 mg/100 cm³과 143 mg/100 cm³이었다. GOD나 효모를 첨가한 혈장의 포도당 농도는 시간이 지남에 따라 감소되었다. 효모를 이용한 경우, 육계와 돼지의 혈장 포도당이 거의 없어지는데는 약 4시간 정도 걸렸다. 효모가 GOD 보다 혈장 포도당을 빨리 감소시켰고 GOD의 농도 10 units/g이 5 units/g보다 효과적이었다. 혈장 포도당을 제거함으로써 Maillard 반응의 억제가 가능하리라 여겨진다. 혈장 포도당의 감소에 따라 pH도 같이 감소했다가 포도당 양이 안정된 후에는 pH 값이 약간 상승했다. 혈장의 pH를 측정함으로써 혈장의 탈당 정도를 간접적으로 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림특정연구사업으로 이루어진 연구 결과의 일부이며 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Kotula, A.W. and Helbacka, N.V.: Blood volume of live chickens and influence of slaughter technique on blood loss. *Poultry Sci.*, **45**, 684-688 (1966)
2. USDA: *Agricultural Outlook*, Economic Research Service, United States Department of Agriculture, Washington, D. C., USA (1993)
3. Ockerman, H.W. and Hansen, C.L.: Blood utilization. In *Animal By-Product Processing*, Ockerman, H.W. and Hansen, C.L. (Ed.) VCH. Publishing Company, Inc. New York, NY, USA, p. 232-255 (1988)
4. Swenson, M.J.: Physiological properties and cellular and chemical constituents of blood. In *Dukes' Physiology of Domestic Animals*, Swenson, M.J. (Ed.), Cornell University Press, Ithaca, NY, USA p. 14-35 (1977)
5. Chen, T.C., Hill, J.E. and Haynes, R.L.: Quality characteristics of raw and treated effluents from Mississippi poultry processing plants. *Poultry Sci.*, **55**, 2390-2395 (1976)
6. Chen, T.C., Hill, J.E. and Haynes, R.L.: Characteristics of wasteloads of poultry processing wastes. *Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station Research*

- Report*, **7(2)**, 1-3 (1982)
7. Suter, D.A., Sustek, E., Dill, C.W., Marshall, W.H. and Carpenter, Z.L.: A method for measurement of the effect of blood protein concentrates on the binding forces in cooked ground beef patties. *J. Food Sci.*, **41**, 1428-1432 (1976)
8. Seideman, S.C., Smith, G.C., Carpenter, Z.L. and Dill, C.W.: Plasma protein isolate and textured soy protein in ground beef formulations. *J. Food Sci.*, **44**, 1032-1035 (1979)
9. Terrell, R.N., Weinblatt, P.J., Smith, G.C., Carpenter, Z. L., Dill, C.W. and Morgan, R.G.: Plasma protein isolate effects on physical characteristics of all-meat and extended frankfurters. *J. Food Sci.*, **44**, 1041-1043 & 1048 (1979)
10. Siegel, D.G., Church, K.E. and Schmit, G.R.: Gel structure of non-meat proteins as related to their ability to bind meat pieces. *J. Food Sci.*, **44**, 1276-1279 & 1284 (1979)
11. Kline, L. and Sonoda, T.T.: Role of glucose in the storage deterioration of whole egg powder. I. Removal of glucose from whole egg melange by yeast fermentation before drying. *Food Technol.*, **5**, 90-94 (1951)
12. Yasutoshi, T., Iwao, S., Yoshinobu, K. and Katsuya, K.: Dry plasma product and process for the production thereof. *European Patent Application Ep 0447 897 A2* (1991)
13. Feeney, R.E. and Whitaker, J.R.: The Maillard reaction and its prevention. In *Food Protein Deterioration, Mechanisms and Functionality*, Cherry, J.P. (Ed.) ACS Symposium Series 206, ACS, Washington, D.C., USA, p. 201-229 (1982)
14. Stuart, L.S. and Goresline, H.E.: Bacteriological studies on the "natural" fermentation process of preparing egg white for drying. *J. Bacteriol.*, **44**, 541-549 (1942)
15. Stuart, L.S. and Goresline, H.E.: Studies of bacteria from fermenting egg white and the production of pure culture fermentation. *J. Bacteriol.*, **44**, 625-632 (1942)
16. Sheen, H.S., Chang, H.S. and Hung, L.T.: Studies on the preparation of egg white powder I. Removal of sugar from raw egg white by three strains of bacteria. (in Chinese). *J. Chin. Soc. Anim. Sci.*, **19(1-2)**, 73-85 (1990)
17. Satyanarayana Rao, T.S. and Murali, H.S.: Evaluation of compressed baker's yeast as a substitute for glucose oxidase for desugaring egg melange. *J. Food Sci. and Tech. (India)*, **22**, 47-51 (1985)
18. Baldwin, R.R., Campbell, H.A., Thiessen, R. Jr. and Lorant, G. J.: The use of glucose oxidase in the processing of foods with special emphasis on the desugaring of egg white. *Food Tech.*, **7**, 275-282 (1953)
19. Carlin, A.F. and Ayres, J.C.: Effect of the removal of glucose by enzyme treatment on the whipping properties of dried albumen. *Food Technol.*, **7**, 268-270 (1953)
20. Hill, W.M. and Sebring, M.: Desugarization. In *Egg Scienced and Technology*, 2nd ed., Stadelman, W.J. and Cotterill, O.J. (Ed.), AVI Publishing Company, Inc. Westport, CT, USA p. 187-196 (1977)
21. Lee, C.J. and Chang, H.S.: Researches on the preparation of dried whole egg (in Chinese). *J. Chin. Soc. Anim. Sci.*, **19(3-4)**, 159-172 (1990)

22. Lee, C.J., Chang, H.S., Sheen, H.S. and Hung, L.T.:
Studies on storage of dried whole egg (in Chinese). *J. Chin. Soc. Anim. Sci.*, 20(4), 521-530 (1991)
23. Scott, D.: Glucose conversion in preparation of albumen solids by glucose oxidase-catalase system. *J. Agric. Food*

Chem., 1, 727-730 (1953)

(1998년 11월 17일 접수)