

옥수수 전분과 蔗糖에 의한 Casein갈변저지 효과에 관한 생리적 연구*

- 흰쥐에 의한 fructosyl-lysine 및 유리아미노산의 배설양상과 혈청, 간 및 소장내용물중의 함량 -

우 강 음 · 이 종 태

경남대학교 식품공학과

Physiological Study on the Effect of Preventing the Browning Reaction by Corn
Starch and Sucrose on Maillard Browning of Casein

- Excretion phenomenon and contents of free amino acids and fructosyl-lysine
of serum, liver and small intestinal diesta by rats -

Kang Lyung Woo, Jong Tae Lee

Dept. of Food Engineering, Kyungnam University

=ABSTRACT=

To study the effect of preventing the browning reaction between casein and glucose by protecting the reactants using corn starch with coating material, rats were fed for 30 days nonbrowning diet, nonprotected browning diet, browning diet protected only casein, browning diet protected both casein and glucose and browning diet supplemented sucrose simultaneously with protecting both casein and glucose.

The amounts of fructosyl-lysine excreted through urine were greater than those through feces regardless of diets and the both side of the excreted amounts of fructosyl-lysine through urine or feces were greater for rats fed browning diets regardless protecting compared to rats fed the nonbrowning diet. Through urine, the excreted amounts of fructosyl-lysine were decreased for rats fed the browning diet supplemented sucrose simultaneously with protecting both casein and glucose than those for rats fed the nonprotected browning diet and through feces, were decreased for rats fed protected browning diets regardless of protecting method than the nonprotected browning diet.

The excreted amounts of all individual essential free amino acids through feces were increased for rats fed browning diets irrespective of protecting compared to the nonbrowning diet, but

접수일자 : 1988년 4월 6일

* 본 연구는 문교부 연구비 일부 지원으로 수행된 일부 연구이며 이에 깊이 감사드립니다.

through urine, were increased or similar level for rate fed the nonbrowning diet compared to browning diets except histidine.

The excreted amount of free lysine through feces were decreased for rats fed protected browning diets than nonprotected browning diet.

Fructosyl-lysine contents of serum, liver and small intestinal digesta were increased for rats fed browning diets regardless of protecting by starch compared to nonbrowning diet but, of serum and small intestinal digesta were decreased for rats fed protected browning diets than the nonprotected browning diet.

서 론

환원당과 갈변반응을 일으킨 단백질은 그 영양적 가치가 현저히 감소되는 것으로 잘 알려져 있다. 이는 주로 생체내 단백질의 생합성에 이용되는 아미노산의 손실과 갈변단백질의 소화율 감소에 기인한다^{1,3)}, 특히 식품단백질에 있어서 lysine과 연관된 반응은 영양상 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데 갈변반응의 초기단계에서 형성되는 deoxyketosyl-lysine은 생리적으로 이용 불가능하며 반응의 진행에 따라 lysine외의 다른 아미노산의 파괴가 병행됨으로 단백질 소화율감소는 더욱 심화된다²⁾. Deoxyketosyllysine은 부분적으로 장내에서 흡수되나 단백질합성에 이용되지 않고 거의 완전한 형태로 노중으로 배설된다⁴⁾.

Lee 등³⁾은 갈변반응에 의하여 일어나는 영양적 가치의 저하가 단순히 아미노산 손실에만 제한되지 않고 갈변단백질을 동물에 장기간 급여하였을 경우 소장내의 소화효소 활성저하, 혈청 alkaline phosphatase 및 혈청 glutamic oxaloacetic transaminase 활성의 저하와 간, 신장등 일부 장기의 비대화등을 보고하였다. 이러한 영양적 손실 및 생리적 장애 때문에 저장 및 조리중에 일어나는 단백질과 환원당간의 갈변반응을 저지하려는 노력이 계속되고 있다. 최근 Mohammed⁵⁾는 아미노산의 혼합물과 환원당등으로 구성된 환자용 합성식품의 저장과정에서 DE number 0~24의 곡류전분을 사용 아미노산을 피복(Coating)하여 환원당과의 반응을 차단함으로써 효과적으로 갈변반응을 저지시킬 수 있었다고 보고하였다.

본 연구는 저장중 casein과 포도당간에 일어나는 갈변반응을 저지하기 위하여 옥수수전분 및 자당을 첨가한 옥수수전분등으로 반응물을 피복하였을 경우 그 생리적 효과를 검토하기 위하여 수행되었다.

실험재료 및 방법

1) 실험동물

평균체중 $406.3 \pm 15.5g$ 의 Sprague-Dawley종(생후 6개월) 수컷 흰쥐 30마리를 난괴법(Randomized Complete Block Design)에 의해 5군으로 나누었다. 한 군당 총 마리수는 6마리였으며 같은 실험군에 속한 쥐들을 cage당 2마리씩 분배하여 사육하였다. 대사시험기간은 30일간 이었다.

2) 실험식이

실험식이의 조성은 Table 1과 같고 실험식이의 제조방법은 다음과 같다.

T₀구(비갈변구) : Casein 3과 포도당 1의 비율로 혼합하여 수분함량을 15%로 조절한 후 -20℃에 30일간 저장후 Table 1의 조성이 되도록 실험식이를 조제하였다.

T₁구(비보호갈변구) : Casein 3과 포도당 1의 비율로 혼합하여 수분함량을 15%로 조절 37℃, RH67%에서 30일간 저장갈변시킨 후 Table 1의 조성이 되도록 실험식이를 제조하였다.

T₂구(casein 단독보호갈변구) : Casein에 옥수수전분 15%를 첨가 40℃의 더운물에 잘 혼합한 후 냉동건조하여 casein에 전분을 피복시킨 후 casein 3에 포도당 1의 비율이 되도록 포도당을 첨가 혼

Table 1. Composition of experimental diet

Ingredients	g/100g diet
Casein	20.0
Glucose	10.0
Corn starch	52.8
Sucrose	1.2
Soybean oil	10.0
Cellulose	1.0
*Mineral mix	4.0
**Vit. mix.	1.0

*Mineral mix. (%/kg) : NaCl : 13.95, KH_2PO_4 : 39.00, CaCO_3 : 38.04, KI : 0.08, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 5.70, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 2.71, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 0.06, $\text{CaSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: 0.05, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: 0.002, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$: 0.40

**Vit. Mix : (IU, or mg/g) : VitA : 400,000IU, Vit D : 2.6mg, Vit K : 4.9mg, Vit E : 5,000IU, Thiamin HCl : 600mg, Riboflavin : 600mg, Niacin : 300mg, Pyridoxine HCl : 700mg, Folic acid : 200mg, Biotin : 20mg, Pantothenate : 1600mg, Cyanocobalamin : 1mg, Choline HCl 200mg

합하여 수분함량을 15%로 조절 37°C, RH 67%에서 30일간 저장후 Table 1의 조성이 되도록 실험식이를 제조하였다.

T₃구(동시보호갈변구) : Casein 3, 포도당 1에 해당하는 각각의 양에다 옥수수 전분을 각각 15%씩 첨가하여 T₂와 같은 방법으로 casein과 포도당을 각각 전분으로 피복한 후 잘 혼합하여 이하 T₂와 같이 하였다.

T₄구(자당첨가동시보호갈변구) : Casein 3, 포도당 1에 해당하는 각각의 양에다 옥수수전분 12% 및 자당 3%의 혼합물을 각각 첨가하여 casein과 포도당을 각각 피복한 후 혼합하여 이하 T₂와 같이 하였다.

3) 대사실험

실험사료에 대한 적응기간을 7일간으로 하였고 실험식이와 물은 무제한 공급하였으며 30일간 뇨와 분을 채취하였다. 분을 전분채취법(total collection

method)에 따라 1일 1회 수거하여 정량 후 냉동 건조하여 -20°C에 보관하였고 뇨는 1% boric acid 1ml씩 담은 병에 수집하여 정량후 3000rpm에서 15분간 원심분리한 후 -20°C에 보관하였다.

4) 조사항목 및 분석방법

(1) : 체중, 혈청, 간 및 소장내용물

실험기간 종료후 12시간 단식시킨 실험동물은 체중을 측정후 ethyl ether로 마취시켜 heart puncture로 혈액을 채취하여 시험관에 받아 1시간 실온에 방치후 3000rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 얻었고 간은 즉시 분리하여 무게를 측정후 -20°C에 보관하였으며 소장을 분리하여 소장내용물을 완전히 훑어내어 냉동보관하였다.

(2) : 실험식이의 아미노산 함량

Andrew와 Condon²³⁾의 방법에 따라 LKB자동 아미노산 분석기로 분석하였다.

(3) 분 및 뇨중의 유리 아미노산 함량

Jansen등⁶⁾의 방법에 따라 분은 분쇄시료 3g에 4°C 증류수 10ml를 가하여 균질시킨 후 0°C, 20% Sulfosalicylic acid 10ml를 가하고 0°C에서 1시간 방치 후 12,000×g에서 15분간 원심분리하여 상등액을 아미노산 분석기에 주입하였다.

뇨는 시료 1ml에 10% sulfosalicylic acid 3ml를 넣고 0°C에서 30분방치 후 분의 경우와 같이 하였다.

(3) 간, 혈청 및 소장내용물 중 유리 아미노산 함량

간, 혈청 및 소장내용물은 각 군별로 시료를 혼합한 혼합시료(pooled sample)를 분석하였다.

간 및 소장내용물은 분의 경우와 같이 하였고 혈청은 뇨의 경우와 같이 분석하였다.

(4) F-Lys(fructosyl-lysine) 및 invitro available lysine 함량

F-Lys의 함량은 Rayner와 Fox⁸⁾의 방법에 따라 in vitro에서 각 처리식이를 pronase(*Streptomyces griseus*로 부터 분리된 protease)로 소화시킨 후 소화액중에 유리된 F-Lys을 정량하였다. 즉 Lowy와

Borsook⁷⁾의 방법에 따라 순수한 F-Lys을 조제 한 후 이 표준품을 다른 아미노산 표준품과 혼합 아미노산 분석기에 주입하여 F-Lys의 chromatogram을 분리한 후 시료 소화액중의 동일한 retention time을 갖는 peak를 F-Lys으로 정량하였다.

In vitro available lysine의 함량도 in vitro 소화액중에 유리된 lysine의 정량에 의하였다.

5) 통계처리

Steel과 Torrie⁹⁾에 의한 Duncan의 다중검정 방법을 이용하여 유의차 검정을 하였고 상관은 최소

자승법(least square method)에 의하였다.

결 과

1) 실험식이의 개별 아미노산, in vitro available lysine 및 F-Lys의 함량.

Table 2에서 보는 바와 같이 거의 모든 개별 아미노산들의 함량이 16g 질소당 g 수로 표시하였을 경우 비갈변구(T₀구)에 비하여 갈변구(T₁~T₄구)들에서 전분에 의한 보호 여부에 관계없이 증가하는 경향이였다.

Table 2. Individual amino acid contents of experimental diets estimated by acid hydrolysis(g/16gN)

Treatments*	T0	T1	T2	T3	T4
Thr	3.47(2.84)	3.98(2.96)	4.15(2.94)	3.88(3.02)	3.95(2.96)
Val	4.73(3.84)	5.24(4.24)	5.06(4.12)	5.25(4.25)	5.40(4.20)
Met	2.67(2.45)	2.84(2.80)	2.83(2.38)	2.68(2.56)	2.60(2.46)
Ile	4.41(3.63)	4.91(4.34)	4.98(3.76)	4.82(3.90)	4.95(3.88)
Leu	6.60(4.92)	7.47(5.55)	7.77(5.24)	7.58(5.42)	7.61(5.39)
Phe	4.35(3.41)	5.04(3.73)	5.09(3.58)	4.91(3.47)	4.96(3.57)
His	3.12(3.14)	3.87(3.88)	4.23(4.45)	4.05(4.10)	3.98(4.00) *
Lys	5.60(4.32)	5.92(2.59)	6.27(2.64)	5.80(2.64)	6.01(3.12)
Arg	2.28(2.30)	1.93(1.78)	1.86(1.74)	1.50(1.53)	1.55(2.30)
TEAA	37.29	42.85	42.24	40.48	41.01
F-Lys**	0.084	0.950	0.830	0.830	0.800
Asp	5.51	6.10	6.31	6.12	6.05
Ser	4.24	4.77	5.03	4.74	4.82
Glu	14.87	16.83	17.23	16.77	16.68
Pro	9.25	10.82	10.79	10.07	10.71
Gly	1.64	1.88	1.88	1.77	1.78
Ala	2.77	3.13	3.18	2.91	2.91
Cys	0.32	0.42	0.12	0.20	1.10
Try	3.58	4.25	4.44	3.81	4.07
TNEAA	42.18	48.20	48.98	46.39	48.12
TAA	79.47	91.05	91.22	86.87	89.13

* T0 : Nonbrowning diet

T1 : Nonprotected browning diet

T2 : Browning diet protected only casein

T3 : Browning diet protected both casein and glucose

T4 : Browning diet supplemented sucrose simultaneously with protecting both casein and glucose

** Fructosyl-lysine content estimated by in vitro enzymatic hydrolysis with pronase. Values in the parentheses are in vitro available amino acid contents estimated by in vitro enzymatic hydrolysis with pronase.

In vitro방법에 의하여 측정된 F-Lys의 함량은 비갈변군(T₀구)에 비하여 갈변군(T₁~T₄구)들에서 10배이상 증가하였고 비보호갈변군(T₁구)의 함량은 보호갈변군(T₂~T₄구)들에 비하여 증가하는 경향이였다.

In vitro available lysine의 함량은 비갈변군(T₀구)에 비하여 갈변군(T₁~T₄구)의 경우 28~40% 감소하였고 비보호갈변군(T₁구)에 비하여 자당첨가동시보호갈변군(T₄구)에서 20.5% 정도 증가하였다.

2) 체중의 변화, 식이섭취량, 식이효율 및 단백질효율

Table 3에서 보는 바와 같이 체중은 모든 처리군에서 증가되었으나 비갈변군(T₀)에 비하여 갈변군(T₁~T₄)들에서 32.9~42.3% 정도 유의적 감소를 보였다. 그러나 갈변군(T₁~T₄)들 간에는 유의차가 없었다.

실험식이의 섭취량은 동시보호갈변군(T₃)이 비갈변군(T₀) 및 비보호갈변군(T₁)에 비하여 각각 42.3% 및 31.8%의 유의적 감소를 나타내었고 casein단독보호갈변군(T₂) 및 자당첨가동시보호갈변군(T₄)도 비록 유의차는 없었으나 감소하는 경향을

보였다. 식이효율은 비갈변군(T₀)에서 약간 증가하였으나 유의차는 없었다. 식이섭취량에 있어서 동시보호갈변군(T₃)이 비갈변군(T₀) 및 비보호갈변군(T₁)에 비하여 유의적감소를 보였으나 식이효율은 유의차가 없었다.

단백질섭취량은 동시보호갈변군(T₃)이 비갈변군(T₀) 및 비보호갈변군(T₁)에 비하여 10.4% 및 12.8% 정도씩 감소하였으나 단백질효율은 처리군간 유의차가 없었다.

3) 질소소화율, 질소균형 및 혈청 urea-N

Table 4에서 보는 바와 같이 질소소화율은 비갈변군(T₀)이 95.8%로 비보호갈변군(T₁) 90.4%, casein단독보호갈변군(T₂) 91.5%, 동시보호갈변군(T₃) 90.4% 및 자당첨가동시보호갈변군(T₄) 90.8%에 비하여 6.0%, 4.7%, 6.0% 및 5.5%씩 증가하였다. 질소균형은 모든 처리군에서 양의 균형을 나타내었으나 처리군간 유의차를 보이지 않았고 질소보유율 및 혈청 urea-N의농도도 처리군간 유의차가 없었다.

4) F-Lys 및 유리 lysine의 배설양상

Table 5에서 보는 바와 같이 F-Lys은 비갈변군(T₀)에 비하여 갈변군(T₁~T₄)들의 경우 뇨를 통

Table 3. Performance results of rats fed experimental diets for 30 days^{1, 2}

Treatments Items	T0	T1	T2	T3	T4
Total weight gain (g/head)	A 119. 6±10. 9	B 89. 2±20. 9	B 73. 3±23. 4	B 69. 0±17. 4	B 78. 8±14. 1
Total food intake (DM g/head)	A 488. 4±35.02	A 491. 6±30.26	AB 444. 9±20.25	B 417. 6±11.17	AB 448. 6± 6.91
Food efficiency ratio(FER)	0.24± 0.06	0.61± 0.04	0.16± 0.05	0.17± 0.05	0.18± 0.03
Total protein intake(g/head)	A 89. 7± 6. 4	A 92. 2± 5. 6	AB 84. 2± 3. 8	B 80. 4± 1. 9	AB 84. 1± 1. 3
Protein efficiency ratio(PER)	1.33± 0.35	0.86± 0.19	0.87± 0.27	0.86± 0.24	0.94± 0.15
Liver weight (g/body wt. 100g)	2.97± 0.12	2.97± 0.26	2.90± 0.05	2.81± 0.41	2.65± 0.06

1. Mean±SD.

2. Groups without a common large superscripts are significantly different at P<0.01

Table 4. Nitrogen digestibility and balance of rats fed experimental diets for 30days^{1,2}

Treatments Items	T0	T1	T2	T3	T4
N intake (mg/day · head)	A 495 ± 35.76	A 508 ± 31.01	AB 465 ± 21.36	B 444 ± 11.15	AB 464 ± 7.02
Feces nitrogen (mg/day · head)	A 20. 7± 3.61	B 48. 5± 3.03	B 39. 4± 3.71	B 42. 8± 11.41	B 42. 5± 1.59
Urine nitrogen (mg/day · head)	234. 4± 24. 6	230. 7± 35.74	182. 0± 37.67	163. 9± 42.16	211. 0± 65.60
Nitrogen digest- ibility(%)	A 95. 8± 0.64	B 90. 4± 1.14	B 91. 5± 0.61	B 90. 4± 2.40	B 90. 8± 0.49
Nitrogen balance (mg/day)	239. 9± 47.84	228. 8± 44.33	243. 6± 18.92	237. 3± 45.64	210. 5± 58.17
Nitrogen retention ³ (%)	48. 5± 6.90	45. 0± 7.35	52. 4± 6.45	53. 4± 11.10	45. 4± 12.99
Urea-N in the serum(mg/100ml)	6.58± 0.82	5.70± 0.84	5.87± 1.06	5.95± 0.27	5.68± 0.65

1. Mean±SD.

2. Groups without a common large superscripts are significantly different at P<0.01

3. Nitrogen retention(%) = $\frac{\text{Nitrogen balance}}{\text{N intake}} \times 100$

하여 17~40배, 분을 통하여서는 2.8~5.9배 정도 많은 양이 배설되었다. 또 비보호갈변군(T₁)에 비하여 뇨를 통한 배설량은 자당첨가동시보호갈변군(T₁)이 52.8%의 감소를 보였고 분을 통한 배설량은 casein 단독보호갈변군(T₂)이 37.0%, 동시보호갈변군(T₃)이 38.5%, 자당첨가동시보호갈변군(T₄)이 52.3%씩 감소하였다.

모든 처리군에서 분을 통한 배설량보다 뇨를 통한 배설량이 훨씬 많았는데 비갈변군(T₀)에서는 1.7배, 갈변군(T₁~T₄)들에서는 10~18배정도 많았다. 한편 F-Lys의 총 섭취량에 대한 총 배설량의 비율을 보면 비갈변군(T₀)이 11.5%, 갈변군(T₁~T₄)들에서는 15~33%로서 자당첨가동시보호갈변군(T₄)을 제외하고는 비갈변군(T₀)에 비하여 유의적으로 증가하였다.

유리 lysine의 배설양상을 보면 뇨를 통하여서는 자당첨가동시보호갈변군(T₁)이 다른 처리군들에 비하여 3.7~5.5배 정도 많은 양을 배설하였다. 분을

통하여서는 비갈변군(T₀)에 비하여 갈변군(T₁~T₄)들이 3.3~4.3배 정도 많은 양을 배설하였고 비보호갈변군(T₁)에 비하여 전분보호갈변군(T₂~T₃)들에서 23.1~27.7% 정도 배설량감소를 나타내었다.

5) 유리아미노산의 배설양상

개별 필수유리아미노산의 배설양상을 Fig. 1, 2에서 살펴보면 분을 통한 배설량은 모든 개별 필수아미노산들에 있어서 비갈변군(T₀)에 비하여 갈변군(T₁~T₄)들에서 증가하였으나 뇨를 통한 배설량은 His를 제외하고는 오히려 비갈변군(T₀)이 갈변군(T₁~T₄)들보다 증가하였거나 비슷한 수준을 나타내었다.

분과 뇨를 통한 배설량을 비교하여 보면 Thr, Met, His의 경우는 처리에 관계없이 분보다 뇨를 통하여 훨씬 많은 양이 배설되었고 Ile, Phe, Val, Leu, Lys등은 비갈변군(T₀) 및 자당첨가동시보호갈변군(T₁)을 제외한 갈변군(T₁~T₃)들에서 뇨보다 분을 통한 배설량이 높거나 또는 동등한 수준을 나타내

있다. 특히 Lys와 Leu의 경우에 이러한 경향이 뚜렷하였다.

개별 필수아미노산중 섭취량에 비하여 분과 뇨를 통하여 유리아미노산 형태로 배설되는 총 배설량이 가장 많은 것은 His이었고 다음은 Thr, Lys순이었으나 비갈변군(T₀)에서는 전체 섭취량에 대하여 His은 3.7%, Thr은 0.5%, Lys은 0.3% 배설되었고 갈변군(T₁~T₄)들에서는 His은 19~21%, Thr은 0.

9~1.1%, Lys은 0.6~1.2% 배설되었다. 비갈변군에 비하여 갈변군들에서 His이 5~5.7배, Thr이 2배 정도, Lys이 2~4배 정도 더 많이 배설되었다.

Fig. 3에서 총 필수유리아미노산의 배설양상을 보면 분을 통한 배설량에 비하여 뇨를 통한 배설량이 비갈변군(T₀)에서 9배, 비보호갈변군(T₁)은 4배, casein단독보호 갈변군(T₂)은 5.7배, 동시보호 갈변군(T₃)은 4.4배, 자당첨가동시보호갈변군(T₄)

Table 5. Excreted pattern of fructosyl-lysine(F-Lys) of rats fed the experimental diets for 30 days^{1,2,3}

Treatments	T0	T1	T2	T3	T4
F-Lys intake (mg/day · head)	A 2. 6± 0.19	B 30. 2± 1.85	C 24. 1± 1.12	C 23. 0± 0.53	C 23. 2± 0.35
F-Lys excreted through urine(mg/day · head)	A 0.19± 0.02 A (12.97±1.36)	B 6.74± 1.05 B (743.79±115.27)	B 7.50± 1.55 B (659.34±136.48)	B 6.76± 1.74 B (659.37±169.63)	C 3.18± 0.99 C (241.10±74.97)
F-Lys excreted through feces(mg/day · head)	A 0.11± 0.02 AC (84.88±14.83)	B 0.65± 0.04 B (214.43±13.40)	C 0.41± 0.04 B (166.64±15.67)	C 0.46± 0.12 B (171.96±45.86)	D 0.31± 0.02 B (116.80± 4.38)
Urine F-Lys Feces F-Lys	A 1.73± 0.51	B 10.37± 3.49	B 17.85± 4.88	B 14.70± 2.63	B 10.26± 3.60
Total excreted F-Lys % on F-Lys intake	A 11. 5± 0.82	B 24. 5± 3.49	B 32. 8± 4.89	B 31. 4± 7.51	C 15. 0± 3.96
In vitro available lysine intake (mg/day · head)	a 133. 7±21. 0	b 82. 2± 3.25	bc 76. 7± 9.49	c 73. 3± 3.50	d 90. 5± 2.35
Excreted free lysine through urine (mg/day · head)	a 0.43± 0.07	a 0.45± 0.22	a 0.40± 0.10	a 0.30± 0.08	b 1.66± 0.43
Excreted free lysine through feces (mg/day · head)	A 0.15± 0.04	B 0.65± 0.05	C 0.47± 0.06	C 0.53± 0.10	C 0.50± 0.06

1. Mean±SD.

2. Group without a common large superscripts are significantly different at P<0.01

3. Groups without a common small superscripts are significantly different at P<0.05

4. Values in the parenthesis ; Excreted mg of F-LYS/excreted 10g N

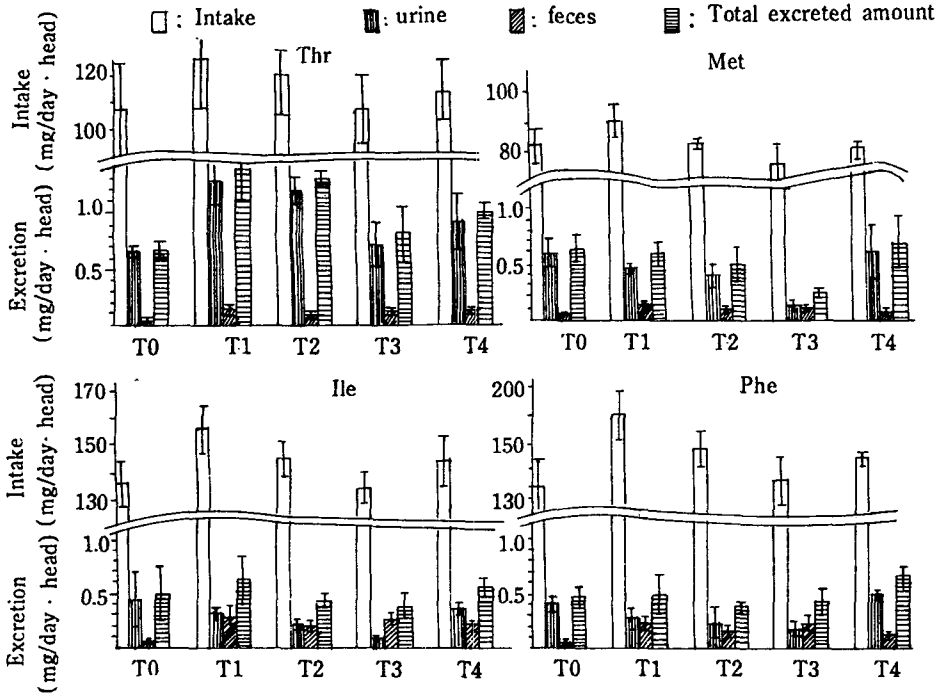


Fig. 1. Intake of individual essential amino acids and amount of individual free essential amino acids excreted through urine and feces per day per head.

은 6.9배로서 각각 현저하게 높았는데 비갈변군의 경우에 비하여 갈변군에서 뇨와 분간의 배설량차이가 감소함을 볼 수 있었다.

총 필수아미노산의 섭취량에 따른 총필수유리아미노산의 뇨와 분을 통한 총배설비를 살펴보면 비갈변군(T₀)에서는 섭취량의 0.7%가 배설됨에 비하여 갈변군(T₁~T₄)들의 경우는 2.2~2.6% 정도 배설되어 갈변군에서 3.1~3.7배 높았다. 그러나 Fig. 4에서 His를 제외한 총 필수유리아미노산의 배설양상을 보면 뇨를 통하여서는 동시보호갈변군(T₃)이 가장 낮은 배설량을 보였으나 나머지 처리군들 간에는 유의차를 보이지 않았고 분을 통하여서는 비갈변군(T₀)에 비하여 갈변군(T₁~T₄)들이 높은 배설량은 나타내었으나 분과 뇨를 통한 총 배설량은 처리군간에 유의차가 없었다. 즉 갈변군이 비갈변군보다 섭취량에 비한 총 필수유리아미노산의 배설비가 높아지는 것은 뇨를 통하여 배설되는 His의 양이 갈변군에서 월등히 증가된 때문이었다.

총 비필수유리아미노산의 배설양상을 Fig. 3에서

살펴보면 총 필수유리아미노산의 경우처럼 모든 처리군에서 뇨를 통한 배설량이 분을 통한 배설량보다 높았다. 섭취량에 대한 총 배설량의 비율은 총 필수유리아미노산의 경우와는 반대로 비갈변군(T₀)이 섭취량의 1.6% 정도로서 갈변군(T₁~T₄)들에 비하여 1.6~2배 정도 높은 비율로 배설되었다.

총 유리아미노산의 배설양상을 Fig. 3에서 보면 섭취량이 비보호갈변군(T₁)에 비하여 비갈변군(T₀) 및 전분보호갈변군(T₂~T₄)들에 있어서 유의적으로 낮았는데도 불구하고 총 배설량 및 뇨를 통한 배설량은 유의차를 나타내지 않았다. 다만 분을 통한 배설량이 갈변군(T₁~T₄)들에 비하여 비갈변군(T₀)에서 유의적으로 낮았으며 단독보호갈변군(T₂) 및 자당첨가동시보호갈변군(T₄)이 비보호갈변군(T₁)보다 유의적으로 낮았다.

6) 혈청, 간 및 소장내용물중 F-Lys의 함량

Table 6에서 보는 바와 같이 혈청중 F-Lys의 함량은 비갈변군(T₀)에 비하여 갈변군(T₁~T₄)들에서 1.7~2.7배 정도 증가하는 경향을 보였고 비보호

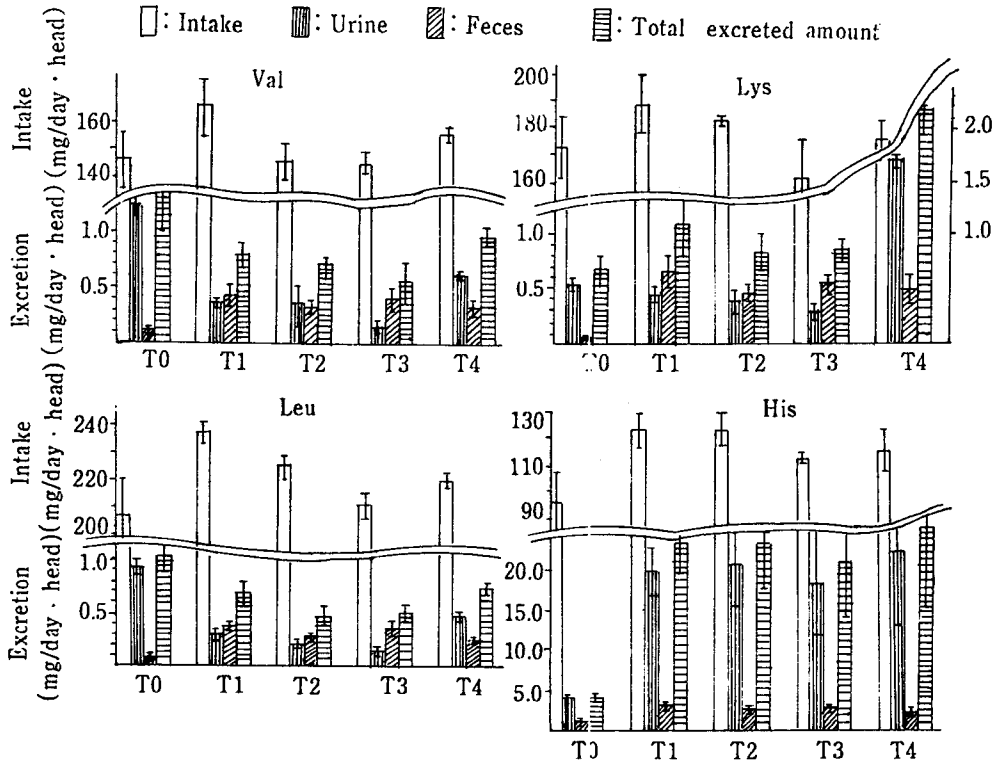


Fig. 2. Intake of individual essential amino acids and amount of individual free essential amino acids excreted through urine and feces per day per head

갈변군(T₁)에 비하여 전분보호갈변군(T₂~T₄)들에서 26~37% 정도 감소하는 경향이었다.

간중 F-Lys의 함량은 비갈변군(T₀)에 비하여 갈변군(T₁~T₄)들에서 11.1~22.2% 정도 증가하는 경향이었으나 갈변군(T₁~T₄)들 간에는 큰 차이가 없었다.

소장내용물중의 F-Lys의 함량은 비갈변군(T₀)에 비하여 자당첨가동시보호갈변군(T₄)을 제외하고는 갈변군(T₁~T₃)들에서 7.3~11.7배까지 증가하였고 비보호갈변군(T₁)에 비하여 casein단독보호갈변군(T₂)은 14.3%, 동시보호갈변군(T₃)은 37.1%, 자당첨가동시보호갈변군(T₄)은 82.9% 정도 감소하는 경향이었다.

7) 혈청, 간 및 소장내용물중 유리아미노산 함량

Table 7, 8, 9에 혈청, 간 및 소장내용물중 유리아미노산의 함량을 나타내었다. 혈청중 총 및 개별

필수유리아미노산의 함량을 보면 비갈변군(T₀)이 갈변군(T₁~T₄)들에 비하여 약간 높은 경향을 보였고 비보호갈변군(T₁)이 전분보호갈변군(T₂~T₄)들에 비하여 약간 증가하는 경향이었다.

이러한 현상은 비필수유리아미노산의 경우도 비슷하였다.

간중의 유리아미노산의 함량을 Table 8에서 살펴보면 개별 및 총 필수유리아미노산의 경우 비갈변군(T₀)에 비하여 동시보호갈변군(T₃) 및 자당첨가동시보호갈변군(T₄)에서 약간씩 증가하는 경향이었고 비필수유리아미노산의 경우도 비슷한 현상이었다.

소장내용물중 유리아미노산의 함량을 Table 9에서 살펴보면 His는 비갈변군(T₀)에 비하여 갈변군(T₁~T₄)들에서 3.4~3.8배 증가하였다. 그러나 다른 개별필수유리아미노산들은 비갈변군(T₀)에 비하여 비보호갈변군(T₁)에서는 비슷한 수준이었고 전

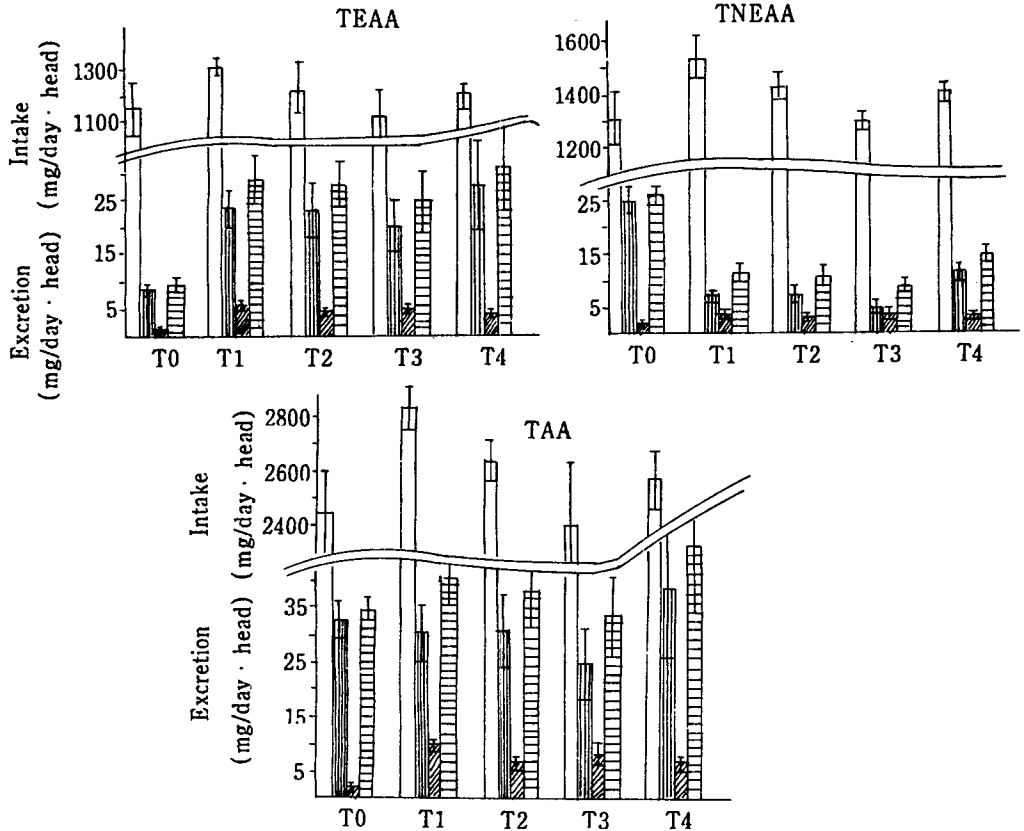
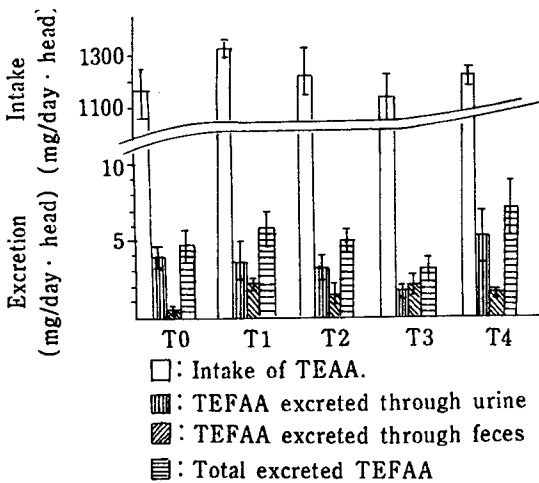


Fig. 3. Intake of TEAA(total essential amino acid), TNEAA(total nonessential amino acid) and TAA(total amino acid) and amount of free TEAA, TNEAA and TAA excreted through urine and feces per day per head.



□: Intake of TEAA.
 ▨: TEFAA excreted through urine
 ▩: TEFAA excreted through feces
 ▧: Total excreted TEFAA

Fig. 4. Excretion pattern of total essential free amino acid(TEFAA) except His.

분보호갈변군(T₂~T₄)들에서는 오히려 감소하는 경향으로서 자당첨가동시보호갈변군(T₁)에서는 절반수준으로 감소하였다.

Table 9에 나타난 소장내용물중 총 필수유리아미노산의 함량은 비보호갈변군(T₁)이 가장높은 수준이었다. 비필수유리아미노산의 경우도 필수유리아미노산의 경우와 비슷한 현상을 나타내었다.

고 찰

Table 2에서 실험식이의 아미노산 함량이 갈변에 의하여 오히려 증가하고 있는데 이는 식이중 총 질소에 대한 아미노태 질소의 손실이 더 많았던 것으로 추정할 수 있다. 또한 Friedman¹²⁾이 보고한

바와같이 비효소적 갈변반응시 아미노산의 아미노기와 환원당의 carbonyl기 간에 형성된 isopeptide 결합과 불안정한 Schiff's base는 단백질 산가수분해시 파괴되므로 갈변생성물의 아미노산 함량이

갈변전보다 오히려 많아질 수 있다는 사실도 한 원인이 되겠다.

갈변에 의하여 in vitro available lysine의 함량도 급격히 감소하여 필수아미노산중 가장 극심한 손

Table 6. Fructosyl-lysine(F-Lys) content of serum, liver and small intestinal digesta of rats sacrificed immediately after completion of the experiment

Treatments	T0	T1	T2	T3	T4
F-Lys content of serum (mg/100ml)	0.86	2.30	1.69	1.52	1.45
F-Lys content of liver (mg/1g tissue)	0.18	0.22	0.22	0.22	0.20
F-Lys content of small intestinal digesta(mg/g)	0.03	0.35	0.30	0.22	0.06

Table 7. Free amino acid contents of serum of rats fed experimental diets(mg/100ml)

Treatments	T0	T1	T2	T3	T4
Thr	12.33	11.82	12.84	10.42	9.10
Val	2.87	3.71	2.56	2.99	2.85
Met	1.04	1.64	0.58	1.06	0.95
Ile	1.67	1.28	1.14	0.71	1.05
Leu	2.59	2.22	2.16	1.25	1.80
Phe	1.38	1.34	1.27	0.92	0.78
His	6.46	6.58	6.37	6.04	5.51
Lys	9.65	7.34	6.38	6.74	6.20
Arg	6.60	7.76	7.37	6.93	6.45
TEAA	44.59	43.59	40.67	37.06	34.69
Asp	1.61	0.49	1.49	1.03	0.88
Ser	4.13	4.50	5.23	4.20	3.42
Glu	5.54	3.16	4.59	2.63	2.79
Pro	NR	NR	NR	NR	NR
Gly	1.63	1.22	1.91	1.43	1.41
Ala	4.98	5.85	6.31	5.06	4.69
Cys	NR	0.57	NR	0.92	0.80
Tyr	1.27	2.37	2.53	3.63	3.19
TNEAA	19.16	18.16	22.06	18.90	17.18
TAA	63.75	61.85	62.73	55.96	51.87

NR : Nonrecovered

Table 8. Free amino acid contents of liver of rats fed experimental diets(mg/tissue lg)

Treatments Amino acids	T0	T1	T2	T3	T4
Thr	0.87	1.10	1.04	1.09	1.07
Val	0.72	0.76	0.73	0.79	0.80
Met	0.52	0.53	0.53	0.62	0.62
Ile	0.69	0.73	0.69	0.79	0.79
Leu	1.10	1.15	1.12	1.22	1.22
Phe	0.89	0.92	0.88	1.02	1.01
His	0.61	0.57	0.61	0.69	0.68
Lys	1.14	1.21	1.17	1.30	1.06
Arg	0.36	0.30	0.32	0.44	0.39
TEAA	6.90	7.27	7.09	7.96	7.64
Asp	0.23	0.22	0.25	0.12	0.15
Ser	1.07	0.87	0.90	0.96	0.98
Glu	1.79	1.67	1.86	1.81	2.02
Pro	1.50	1.61	1.52	1.69	1.77
Gly	0.72	0.73	0.71	0.78	0.77
Ala	1.09	1.17	1.12	1.16	1.15
Cys	0.06	0.06	0.06	0.09	0.06
Tyr	0.59	0.44	0.46	0.52	0.51
TNEAA	7.05	6.77	6.88	7.13	7.41
TAA	13.95	14.04	13.97	15.09	15.05

상을 받는 것으로 나타났는데 이는 난백 albumin을 수분함량 15% 수준에서 포도당과 혼합하여 37°C에 40일간 저장하였을 때 57%의 lysine손실이 일어났다는 Tanaka¹³⁾ 등의 보고와 잘 일치하고 있다. 전분에 의한 보호 효과를 보면 자당을 첨가한 동시보호갈변군에서 available lysine이 증가하였는데 이는 전분에 의한 두 반응물간 보호막 형성으로 갈변반응이 일부 저지¹⁴⁾되었을 뿐 아니라 자당의 탈수제로서의 역할도 중요한 요인으로 작용한 것 같다. 또한 갈변반응시 초기 Amadori전이 산물인 F-Lys의 생성량이 전분보호군들에서 감소한 사실로 보아 다른 아미노산들의 갈변반응도 전분보호막 형성으로 상당히 저지된 것으로 사료된다.

식이섭취량이 있어서 동시보호갈변군을 제외하고는 갈변군과 비갈변군간에 유의차가 없었음에도 불구하고 체중이 비갈변군에서 훨씬 증가하고 있는

것은 갈변에 의하여 단백질의 소화율, 아미노산의 이용성, 당의 이용성 및 단백질의 생물가등이 현저히 저하¹⁵⁾하기 때문으로 사료되어 오고 있는데 본 연구에서도 질소소화율이 갈변에 의하여 상당히 저하되고 있어 그 원인의 하나로 생각된다. 동시보호갈변군에서 식이섭취량이 감소한 것은 전분첨가량이 다른 식이보다 많았다는 사실과 비록 유의차는 나타나지 않았으나 전분이 첨가된 다른 군에서도 식이섭취량이 감소한 사실등으로 미루어 저장중 전분이 식이의 맛에 나쁜 영향을 미친 것이 아닌가 사료된다.

체중의 변화, 식이 및 단백질섭취량에 있어서 처리간 유의적 차이가 있었음에도 불구하고 식이 효율 및 단백질효율에서 유의차가 나타나지 않은 것은 Bender¹⁰⁾가 주장한 것처럼 단백질의 갈변반응시 그 단백질의 제일 제한아미노산의 격심한 손

Table 9. Free amino acid contents of small intestinal digesta of rats fed experimental diets(mg/g)

Treatments Amino acids	T0	T1	T2	T3	T4
Thr	0.64	0.65	0.55	0.50	0.34
Val	0.78	0.78	0.67	0.66	0.42
Met	0.60	0.61	0.52	0.62	0.36
Ile	0.70	0.71	0.59	0.58	0.32
Leu	0.96	0.99	0.85	0.81	0.45
Phe	0.95	0.99	0.81	0.74	0.35
His	0.66	2.48	2.54	2.22	2.33
Lys	1.65	1.81	1.33	0.71	0.34
Arg	0.81	0.69	0.57	0.57	0.21
TEAA	7.75	9.71	8.43	7.41	5.12
Asp	0.73	0.73	0.61	0.55	0.38
Ser	0.89	0.80	0.73	0.68	0.52
Glu	2.52	1.79	1.46	1.36	0.99
Pro	1.36	1.78	1.31	1.16	0.58
Gly	0.51	0.56	0.48	0.37	0.27
Ala	0.72	0.81	0.67	0.62	0.31
Cys	0.20	0.16	0.13	0.16	0.06
Tyr	0.91	0.94	0.71	0.68	0.30
TNEAA	7.84	7.57	6.10	5.58	3.41
TAA	15.59	17.28	14.53	12.99	8.53

실이 없을 때는 식이효율 또는 단백질 효율에 큰 영향을 미치지 않는다는 사실과 일치하고 있다. Casein의 제일 제한 아미노산인 Met의 in vitro 소화율을 Table 2에서 계산하면 84~99%에 달하므로 갈변증 Met의 손실은 심하게 일어나지 않은 것으로 추정된다.

갈변군들에서 질소소화율이 상당히 감소하고 있는데 이는 주로 단백질을 구성하고 있는 아미노산의 잔기가 갈변반응중 서로 cross-linkage를 형성하므로서 단백질분해효소에 의해 분해될 수 있는 펩티드 결합의 specific site의 수가 감소되고 또 비특이적 펩티드 결합(non specific peptide bond)을 공격할 수 있는 단백질분해효소에 대하여 이런 cross-linkage는 어떤 입체적 방해¹¹⁾를 제공하기 때문으로 사료된다.

갈변반응의 초기 Amadori전위산물인 F-Lys은

단백질분해효소에 의하여 거의 분해되지 않으며¹¹⁾ 섭취량의 30~40%가 분해되지 않은 완전한 형태로 뇨를 통하여 배설¹¹⁾되는 것으로 알려져 있다. 그러나 소장 또는 대장의 미생물들은 F-Lys을 분해하는 능력이 상당히 큰 것으로 알려져 장관내 완전한 미생물군을 갖추고 있는 동물의 분중에는 F-Lys 함량이 일반적으로 뇨보다 훨씬 낮은 것으로 보고되고 있다¹¹⁾. 본 연구에서 총 배설된 F-Lys이 섭취량의 11.5~32.8%로서 처리군에 따라 많은 격차를 나타내고 있는데 이는 측정된 식이중 F-Lys의 함량이 pronase에 의해 in vitro에서 유리된 유리형태의 것이므로 갈변에 의하여 생성된 총 F-Lys 함량이라고는 할 수 없다. 즉 유리형태가 아닌 단백질에 결합된 형태의 F-Lys도 존재할 것이다. 그러므로 배설형태도 펩티드나 단백질과 결합된 F-Lys이 존재할 것이므로 측정된 배설량도 총 F-Lys의

배설량이라고는 할수 없다. 즉 유리형태의 F-Lys만 측정되었기 때문에 처리군별 격차가 나타난 것으로 사료된다.

갈변군들에서 뇨를 통한 F-Lys의 배설량이 분보다 훨씬 높은 것은 앞에서 언급한 연구자들의 결과와 잘 일치하고 있다. 그러나 비갈변군에서는 갈변군들에서 처럼 뇨와 분간의 배설량차이가 크지 않았는데 이는 비갈변군의 F-Lys 섭취량이 훨씬 낮았고 F-Lys의 장내흡수가 능동적 흡수가 아닌 확산(diffusion)에 의한 흡수¹⁴⁾이므로 흡수가 지연된다는 사실¹⁾등으로 미루어 대부분의 F-Lys이 장내에서 세균에 의해 분해된 때문으로 사료된다. 자당첨가동시보호갈변군에서 섭취량에 대한 F-Lys의 배설비율이 다른갈변군들에 비하여 현저히 낮았는데 이는 비록 측정된 F-Lys이 유리형태이지만 갈변중 생성된 총 F-Lys의 함량이 다른 갈변식이보다 낮았기 때문인 것으로 추정된다. 또한 혈청 및 소장내용물중의 F-Lys의 함량도 다른 갈변군에 비하여 낮은 수준을 나타낸 사실등으로 미루어 자당 및 전분의 동시첨가로 반응물을 보호하므로서 갈변반응이 저지된 것으로 사료된다.

혈청과 소장내용물중 F-Lys함량이 비갈변군에 비하여 갈변군에서 증가하는 것은 섭취량의 증가에 기인된 것으로 사료된다. 또한 개별 아미노산의 섭취량에 대한 혈청, 간 및 소장내용물중의 유리아미노산의 수준을 비교하여 보면 일반필수아미노산의 경우는 극히 낮은 수준인데 반하여 F-Lys의 경우는 상당히 높은 수준을 나타내고 있는 데 이는 F-Lys의 체내 이용성이 지극히 낮고 배설 또한 다른 필수아미노산에 비하여 느린 것을 말해 준다고 하겠다. 이는 Erbersdobler¹⁷⁾이 흰쥐의 정맥에 C¹⁴-ε-F-Lys을 주사하였을 경우 12시간후 80%가 뇨를 통하여 배설되었다고 보고한 것을 볼때 F-Lys의 체내 이용성은 지극히 낮은 것을 알수 있고 또 이들이 보고한 fructose-amino acid가 간 조직에 상당히 높은 수준으로 흡수된다는 사실도 본 연구에서 간중의 F-Lys함량이 높았던 결과를 뒷받침 해 준다고 하겠다.

Steele¹⁸⁾의 식이중 단백질수준이 달라도 혈장 아미노산 농도의 차이는 발견할 수 없었다는 보고나

Waterlow¹⁹⁾등이 보고한 식이단백질의 섭취량과 생체내 여러 조직중의 유리아미노산의 농도간에는 상관관계가 없었다는 사실등은 본 연구에서 필수아미노산의 섭취량과 혈청 및 간중의 필수유리아미노산의 농도간에 상관관계가 나타나지 않은 것과 일치하고 있다.

소장내용물중 유리아미노산의 농도는 섭취량의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였으나 자당첨가동시보호갈변군에서 소장내용물중 개별 필수아미노산의 농도가 다른 처리군들에 비하여 His을 제외하고는 거의 절반수준으로 낮아진 것은 소장내의 아미노산의 흡수가 F-Lys처럼 확산에 의한 흡수가 아니고 능동적흡수¹⁷⁾임을 고려할때 생체내의 단백질대사의 흐름에 따라 흡수가 달라질 수 있으므로 그 이유를 간단히 밝히기는 어렵다. 분중으로 배설되는 아미노산은 대부분 내인성단백질에서 기인되는 것²⁰⁾으로 알려져 있으나 Maillard반응을 일으킨 식이를 섭취한 경우는 식이에서 기인된 불소화 펩티드가 분을 통하여 상당량 배설되는 것으로 알려져 있다²⁰⁾. 특히 내인성 단백질은 위산에 의하여 변성되지 않았기 때문에 식이단백질보다 훨씬소화되기 어려운 것으로 알려져 있으므로²¹⁾ 본 실험에서 측정된 분중 유리아미노산의 함량은 내인성단백질에서 보다는 식이단백질에서 기인된 것이 대부분일 것으로 사료된다.

분을 통한 유리아미노산의 배설량이 비갈변군보다 갈변군에서 월등히 높은 것은 열손상을 받은 단백질을 섭취한 쥐의 소장내에 축적된 불용성단쇄펩티드(unavailable small peptides)는 접막을 통한 아미노산의 흡수를 방해한다는 사실²²⁾이나 F-Lys의 존재도 다른 아미노산의 흡수를 저해한다는 보고¹⁴⁾등으로 미루어 Maillard반응을 일으킨 식이를 섭취한 경우 불용성펩티드가 소장내 많이 축적²⁰⁾되며 소장내용물중 F-Lys함량 또는 높았으므로 유리아미노산의 흡수가 저해된 것으로 사료된다. 또한 갈변식이에서 생성된 fructosyl-amino acid의 일부가 대장내의 미생물에 의하여 분해¹⁴⁾되어 유리아미노산의 형태로 분중에 배설된 것도 한 원인이겠다. 전분보호갈변군의 분중 필수유리아미노산의 배설량이 대체로 감소한 사실도 식이중 상기 흡수저해

물질의 생성량 감소에 기인한 것으로 사료된다.

노중 유리아미노산의 배설량이 Thr과 His을 제외하고는 갈변군보다 비갈변군에서 대체로 높은 것은 비갈변군의 단백질소화율이 높았기 때문에 장내 아미노산함량 증가에 의한 흡수량 증가에 기인된 것으로 볼 수 있겠다.

노를 통한 총 필수유리아미노산 배설량이 비갈변군보다 갈변군에서 훨씬 높게 나타난 것은 His의 배설량이 갈변군에서 훨씬 높았기 때문으로 His의 배설량을 제외한 총 필수유리아미노산의 배설량을 보면 오히려 비갈변군에서 증가하는 경향을 보였다. 이러한 사실과 자당첨가동시보호갈변군에서 개별 및 총 필수아미노산의 노를 통한 배설량이 다른 갈변군보다 높았다는 사실등으로부터 결국 비갈변군과 자당첨가동시보호갈변군에서 available amino acid의 장내생성 및 흡수가 증가하였다고 볼 수 있겠다.

본 연구에서 His의 노를 통한 배설량이 갈변군에서 월등히 높아진 사실은 그 원인을 더욱 규명하여야 할 것으로 사료된다.

요 약

Casein과 포도당간의 갈변반응시 전분 및 자당첨가에 의한 갈변반응 저지효과를 흰쥐를 이용하여 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 체중 및 단백질소화율은 비갈변식을 섭취한 경우가 갈변식을 섭취한 경우보다 높았으나 갈변식의 경우 전분 보호효과가 없었다.

2. 질소균형 및 혈청 urea-N의 농도는 처리간 유의차가 없었다.

3. Fructosyl-lysine은 분보다 노를 통한 배설량이 비갈변식이 섭취시 1.7배, 갈변식이 섭취시 10~18배 가량 높았다. 분과 노를 통한 총 배설량은 비갈변식을 섭취한 경우보다 갈변식이 섭취시 훨씬 높았다. 노를 통한 배설량은 비보호갈변식을 섭취한 경우에 비하여 자당첨가동시보호갈변식을 섭취했을 때 낮았고 분을 통한 배설량은 전분보호갈변식을 섭취했을 때 보호방법에 관계없이 비보호갈변식을 섭취한 경우보다 낮았다.

4. 개별 필수유리아미노산의 분을 통한 배설량은 비갈변식에 비하여 갈변식을 섭취한 경우가 높았고 노를 통한 배설량은 His을 제외하고는 비갈변식을 섭취한 경우가 오히려 높거나 비슷한 수준이었다.

5. lysine의 분을 통한 배설량은 비갈변식에 비하여 갈변식을 섭취한 경우가 3.3~4.3배 높았고 비보호갈변식에 비하여 전분 보호갈변식을 섭취한 경우가 23~28% 정도 낮았다.

6. 혈청, 간 및 소장내용물중 fructosyl-lysine 함량은 비갈변식에 비하여 갈변식을 섭취한 경우 혈청에서는 1.7~2.7배, 간에서는 11.1~22.1%, 소장내용물중에서는 자당첨가동시보호갈변식을 제외하고는 7.3~11.7배 정도 높았다.

전분보호효과를 보면 비보호갈변식에 비하여 전분보호갈변식을 섭취한 경우가 혈청에서는 26~37%, 소장내용물에서는 14.3~82.9% 정도 낮았다.

REFERENCES

- 1) Mori B, Nakatsuji H. Utilization in rats of C¹⁴-L-lysine-labeled casein browned by amino-carbonyl reaction. *Agric Biol Chem* 41(2) : 345-350, 1977
- 2) Finot PA. Nonenzymatic browning products : Physiologic effects and metabolic transit in relation chemical structure. *A Review, Diabetes* 31 : Suppl 3, 22-28, 1982
- 3) Lee TC, Pintauro SJ, Chichester CO. Nutritional and toxicologic effects of nonenzymatic Maillard browning. *Diabetes* 31 : 37-46, 1982
- 4) Mori B, Kojima K, Saito S. ε-Fructoselysine in urine of rats fed C¹⁴-lysine-labeled casein browned by amino-carbonyl reaction. *Agric Biol Chem* 44(6) : 1327-1331, 1980
- 5) Mohammed K. Preventing the Maillard reaction in synthetic dietary compositions. *U.S. Patent*, 4, 144, 357. 1979
- 6) Jansen GR, Schibly MB, Masor M, Sampson DA, Longenecker JB. Free amino acid levels du-

- ring lactation in rats : Effects of protein quality and protein quantity. *J Nutr* 116 : 376-387, 1986
- 7) Lowy PH, Borsook H. Preparation of N-substituted L-amino-L-deoxy-D-arabino-hexuloses of arginine, histidine and lysine II. *J Amer Chem Soc* 78 : 3175-3176, 1956
 - 8) Rayner CJ, FOX M. Amino acid digestibility studies of autoclaved rapeseed meals using an *in vitro* enzymatic procedure. *J Sci Fd Agric* 27 : 643-648, 1976
 - 9) Steel RGD, Torrie JH. *Principles and procedure of statistics*. McGraw-Hill Book Company, New York. 1960
 - 10) Bender AE. Factors affecting the nutritive value of protein foods. In : *Proceedings international biological programme (IBP) and Wenner-Gren Symposium*. Pergamon Press, Toronto, Ontario 319, 1970
 - 11) Sattler LD, Chang KC. Nutritional quality of deteriorated proteins. In : *Cherry JP. ed. Food Protein Deterioration, Mechanisms and Functionality*. American Chemical Society, Washington DC 409-419, 1982
 - 12) Friedman M. Chemically reactive and unreactive lysine as an index of browning. *Diabetes* 31 : Suppl 3, 5-14, 1982
 - 13) Tanaka M, Lee TC, Chichester CO. Effect of browning on chemical properties of egg albumin. *Agric Biol Chem* 39 : 863-866, 1975
 - 14) Erbersdobler HF. The biological significance of carbohydrate-lysine crosslinking during heat-treatment of food proteins. *Adv Exp Med Biol* 86B : 367-378, 1977
 - 15) Hansen LP, Millington RJ. Blockage of protein enzymatic digestion (carboxypeptidase-B) by heat-induced sugar-lysine reactions. *J Fd Sci* 44 : 1173-1177, 1979
 - 16) Finot PA. Non-enzymatic browning. In : *Porter JWG, Rolls BA. eds. Proteins in Human Nutrition*. Academic Press. London-New York 501, 1973
 - 17) Erbersdobler HF, Brandt A, Scharrer E, Wangenheim BV. Transport and metabolism studies with fructose amino acids. *Prog Food Nutr Sci* 5 : 257-263, 1981
 - 18) Steele BF, Reynolds MS, Baumann CA. Effect of amino acids in blood and urine of mice of various ages. *Arch Biochem* 25 : 124-132, 1949
 - 19) Waterlow JC, Garlick PJ, Millward DJ. *Protein turnover in mammalian tissues and the whole animal*. North-Holland Publ Co, Amsterdam 117-175, 1978
 - 20) Slump P, Beek LV. Amino acid in feces related to digestibility of food proteins. In : *Friedman M. ed. Protein Nutritional Quality of Foods and Feeds. part I. Assay methods-biological, biochemical and chemical*. Marcel Dekker Inc, New York 67-78, 1975
 - 21) Guthrie HA. *Introductory nutrition*. The CV Mosby Co, ST Louis Toronto London 76, 1983
 - 22) Neucere JN, Cherry JP. Structural changes and metabolism of proteins following heat denaturation. In : *Cherry JP, ed. Food Protein Deterioration Mechanisms and Functionality*. American Chemical Society, Washington DC 136-162, 1982
 - 23) Andrews PR, Condon GD. The analysis of protein hydrolysates on the LKB 4150 alpha amino acid analyser. In : *Protein Chemistry Notes. Applications Laboratory LKB Biochrom Ltd. Cambridge science park Milton road. Cambridge CB4 4BH PCN 26-Eol-5/83*, 1982