

대두 펩타이드의 아미노산 조성 및 평균소수도가 흰쥐의 혈청 콜레스테롤 농도에 미치는 영향

한응수 · 이형주* · 손동화**

농협전문대학 식품제조과, *서울대학교 식품공학과

**한국식품개발연구원 이화학연구부

Effects of Amino Acid Composition and Average Hydrophobicity of Soybean Peptides on the Concentration of Serum Cholesterol in Rats

Eung-Soo Han, Hyong-Joo Lee* and Dong-Hwa Shon**

Department of Food Technology, Agricultural Cooperative Junior College

**Department of Food Science and Technology, Seoul National University*

***Division of Food Science, Korea Food Research Institute*

Abstract

Effects of amino acid composition and average hydrophobicity of soybean peptides on serum cholesterol in rats were investigated. Soybean protein(ISP), casein(SCN), their peptic hydrolyzates fractionated by acid precipitations(SHT, SH8, SH6, SH4, CHT), and amino acid mixtures of the same composition as the proteins(SAA, CAA) were prepared to feed to rats. The amino acid composition of the peptides was analyzed by HPLC and the concentration of serum cholesterol in the rats was measured. By data analysis, it was found that there was no relationship between ratio of Lys/Arg or molar ratio of hydrophobic amino acids and serum cholesterol level. And also there was no relationship between the concentration and average hydrophobicity calculated by the method of Tanford, Manavalan, or Meirovitch, only except by the method of Krigbaum($r = -0.736$); the higher the average hydrophobicity of Krigbaum was, the lower the concentration of serum cholesterol became.

Key words: Soybean peptides, amino acid composition, average hydrophobicity, serum cholesterol

서 론

근년 성인병의 발증빈도가 날로 증가하여 심각한 사회문제가 되고 있다. 특히 순환기계통의 질병을 유발하는 직접적인 원인의 하나인 고지혈증은 혈청 콜레스테롤의 농도와 밀접한 관련이 있다. 혈청 콜레스테롤의 농도는 지질을 비롯한 식이성분에 크게 영향을 받는데, 섭취하는 단백질의 종류에 의하여도 혈청 콜레스테롤의 농도가 달라지는 것으로 밝혀졌다^(1,2).

실제로 카세인을 대두 단백질로 단계적으로 치환한 결과 고콜레스테롤 혈증이 완화되었음이 보고되었는데⁽³⁾, 그 작용기작에 대한 설명으로 Woodward 등⁽⁴⁾은 단백질의 소화율 차이를 들고 있다. 반면에, 다른 연구자들은 단백질의 아미노산 조성이 다르기 때문이라고 제안하였다^(5,6). 즉, 그 이유는 대두 단백질에 비하여 카세인에 높은 비율로 존재하는 lysine이 간장에서 argininase의 활성을

억제하므로, 전환되지 않은 arginine이 apoprotein E의 생합성에 이용되어 결국 초저밀도 리포단백질(VLDL) 등 apoprotein E를 필요로 하는 리포단백질이 증가하기 때문에 혈청 콜레스테롤 농도가 높아진다는 것이다⁽⁷⁾. 또 다른 이유로는 펩타이드들의 평균소수도(average hydrophobicity)가 다르기 때문이라는 가설인데⁽⁸⁾, 소화관에서 생성된 펩타이드들의 소수도가 높으면 간장에서 배출된 담즙산이 이들 펩타이드와 결합하여 함께 체외로 배출되므로 간장으로 담즙산의 재흡수가 억제되어, 간장의 콜레스테롤 농도가 낮아지고 결국에는 혈액중의 콜레스테롤 농도가 낮아진다는 것이다⁽⁹⁾. 그러나 평균소수도는 측정방법에 따라 각각 상이한 값이 얻어지므로 단정적으로 말할 수 없는 실정이다.

본 연구에서는 대두 단백질의 섭취에 의한 혈청 콜레스테롤의 저하요인을 구명하기 위한 시도중의 하나로서, 카세인 및 대두 단백질로부터 제조한 펩타이드의 아미노산 조성을 분석하여 각 펩타이드들의 lysine/arginine비율 및 평균소수도를 구하였으며, 이들을 섭취시킨 흰쥐의 혈청 콜레스테롤 농도를 조사하여 그들간의 상관관계를 분석하였다.

Corresponding author: Eung-Soo Han, Department of Food Technology, Agricultural Cooperative Junior College, 38-27 Wondang-Dong, Koyang-Si, Kyonggi-Do 411-707, Korea

재료 및 방법

재료

대두 단백질은 미국 ADM사의 isolated soy protein (ISP, ARDEX DHV)을, 카세인 단백질은 네덜란드 DMV사의 sodium caseinate(CNP, EM HV)를 사용하였으며, 효소와 시약은 Sigma사 제품을 사용하였다.

펩타이드 제조

대두 단백질(ISP) 5% 수용액에 염산을 넣어 pH 2.0으로 조정하고 38°C 항온 수조에서 서서히 교반하면서 펩신을 ISP 용액에 직접 투입하고(E/S=1/20) 1시간 동안 가수분해시킨 다음⁽¹⁰⁾, 반응액을 pH에 따른 용해도 차이를 이용하여 3개의 획분으로 분리하였다. 즉 펩신 가수분해물의 일부를 pH 4.0으로 조정하고 원심분리(4,000×g, 30분)하여 얻은 침전획분을 대두단백질 총펩신가수분해물(SHT)이라 하고, 나머지 본래의 펩신 가수분해물을 pH 8.0으로 조정하고 원심분리하여 얻은 침전물을 pH 8 획분(SH8)이라 하고, pH 8 획분의 상정액을 pH 6.0으로 조정하고 원심분리하여 얻은 침전물을 pH 6 획분(SH6)이라 하였으며, 같은 방법으로 pH 4 획분(SH4)을 조제하였다. 또한, ISP와 같은 조성의 아미노산 혼합물(SAA)을 준비하였다. 카세인 단백질(CNP)에 대해서도 같은 방법으로 카세인 총펩신가수분해물(CTH) 및 아미노산 혼합물(CAA)을 준비하였다.

아미노산 분석

단백질 및 펩타이드를 6N HCl로 가수분해하여 Waters사의 아미노산분석용 칼럼 및 기기에 의한 HPLC로 분석하였다. 산가수분해법으로 검출되지 않는 tryptophan 및 cysteine은 본래의 단백질과 같은 비율로 적용하였다. Asparagine과 aspartic acid는 합하여 Asx로, glutamine과 glutamic acid는 합하여 Glx로 각각 나타내었으며, 평균소수도를 구할 때에는 각각 aspartic acid와 glutamic acid로 간주하였다.

펩타이드의 평균소수도

평균소수도는 각 펩타이드의 아미노산 몰수에 Nozaki와 Tanford⁽¹¹⁾, Manavalan 등⁽¹²⁾, Meirovitch 등⁽¹³⁾ 및 Krigbaum 등⁽¹⁴⁾이 제시한 각 아미노산의 소수도지수를 곱해서 얻은 합을 각 펩타이드의 구성 아미노산 총몰수로 나누어서 구하였다.

$$\text{평균소수도} = \frac{\sum A_i \times I_i}{\sum A_i}$$

A_i = 각 아미노산의 몰수

I_i = 각 아미노산의 소수도지수

다만, 여기서 사용한 소수도지수중 Meirovitch⁽¹³⁾와 Krigbaum⁽¹⁴⁾이 제시한 값들은 각각의 역수를 취하여 숫

자가 클수록 소수도지수가 크게 나타나도록 표시하였다.

동물 실험

실험동물로는 3주령의 웅성 래트(Wistar strain)를 1주간 적응시킨 다음 각 실험구당 6마리씩 흰쥐용 케이지에 수용하여, 사육실 온도 20±2°C, 상대습도 50±5% 상태에서 조명 12/12시간 주기로 4주간 사육하였으며, 분말식이와 물은 자유급여 하였다⁽¹⁵⁾. 이때 분말식은 옥수수 전분 60%, 옥수수 기름 5%, 섬유소 5%, 비타민 혼합물 1%, 무기질 혼합물 4% 및 단백질 급원 25%로 조제하였으며 처리구당 단백질 급원(펩타이드 및 아미노산 급원 포함)은 상기의 ISP, SHT, SAA, CNP, CAA, SH8, SH6 및 SH4로 하였다.

콜레스테롤 분석

4주간 사육한 래트(8주령)의 복대동맥으로부터 채혈하여 상온에서 응고시킨 다음, 원심분리(1200×g, 15분)하여 혈청을 분리하였다. 혈청중의 콜레스테롤 양은 효소 키트(Sigma)로 측정하였다⁽¹⁶⁾. 즉 효소액 1.0 ml에 혈청 10 μl를 넣고 혼합하여, 37°C에서 10분간 반응시킨 다음, 500 nm에서 흡광도를 측정하고 표준곡선을 이용하여 혈청중의 콜레스테롤 농도를 mg/dl 단위로 측정하였다.

실험 data의 통계분석

실험결과를 평균±표준편차로 표시하였고 각 실험군 별로 평균차이가 있는가를 검정하기 위해 분산분석(ANOVA test)을 시행하였으며 α=0.05수준에서 Duncan법에 의하여 각 실험군 평균치간의 유의성을 검정하였다. 데이터분석에는 Statistical Analysis System(SAS) program package를 사용하였고, 각 항목별 상관관계는 Pearson's R계수로 검정하였다⁽¹⁷⁾.

결과 및 고찰

펩타이드의 아미노산 조성

HPLC로 분석한 펩타이드의 아미노산 조성은 Table 1과 같다. 각 획분의 Lys/Arg 비율은 대두 단백질에서 1.43이었고 카세인에서는 2.61로서, 대두 단백질에 비해 그 비율이 2배가량 되었으며, 펩신 가수분해물의 펩타이드 획분에서는 본래의 단백질에서보다 그 비율이 조금씩 낮아지는 경향이였다. 또한 소수도가 높은 7종류의 아미노산들(Val, Leu, Ile, Phe, Tyr, Trp, Pro)의 몰분율로 구한 소수성 아미노산의 몰분율(MRH)은 대두단백질에서는 0.319, 카세인에서는 0.406으로 카세인에 소수성 아미노산이 많았으며, 펩신 가수분해물의 펩타이드 획분에서는 약간씩 높아지는 경향이였다.

펩타이드의 평균소수도

각 아미노산의 소수도지수는 Table 2와 같다. Tanford 소수도지수에서는 proline과 lysine의 소수도가 높게 평

Table 1. Amino acid composition of the proteins and their peptide fractions

Components	Amino acid composition (mol)						
	ISP ¹⁾	SHT	SH8	SH6	SH4	CNP	CHT
Val	45.2	47.6	47.1	46.1	47.8	52.8	52.6
Leu	62.5	65.3	65.0	63.2	67.1	66.1	66.7
Ile	38.9	40.2	40.5	39.6	41.2	37.3	37.9
Phe	34.5	39.8	35.8	35.1	40.7	29.6	29.0
Tyr	21.5	23.1	21.0	21.0	23.5	29.2	29.5
Trp	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	8.3	7.7
Pro	41.7	48.4	51.4	50.3	47.3	84.9	92.7
Met	8.0	7.3	7.4	8.7	8.0	18.0	17.3
Cys	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	3.3	3.0
Lys	61.4	46.3	46.6	51.3	45.6	64.2	51.0
Arg	43.0	36.0	38.5	39.6	35.0	24.6	20.1
His	15.5	15.4	15.5	15.5	15.5	18.6	17.2
Asx	91.0	95.9	95.7	95.4	94.0	56.4	57.7
Glx	124.2	112.3	116.4	115.4	113.5	135.5	137.6
Gly	57.2	61.0	61.4	59.9	59.9	22.6	24.5
Ala	48.2	52.5	50.6	50.5	52.8	30.2	32.0
Ser	44.7	49.2	47.5	47.5	48.5	46.5	52.5
Thr	31.0	33.4	32.8	32.7	33.6	31.0	36.3
Lys/Arg	1.43	1.29	1.21	1.30	1.30	2.61	2.54
MRH ²⁾	31.9	34.1	33.7	33.0	34.5	40.6	41.3

¹⁾Dietary nitrogen sources fed to rats: ISP, isolated soy protein; SHT, total precipitate of peptic hydrolyzate of ISP; SH8, pH 8.0 fraction of the ISP hydrolyzate; SH6, pH 6.0 fraction of the ISP hydrolyzate; SH4, pH 4.0 fraction of the ISP hydrolyzate; CNP, sodium caseinate; CHT, total precipitate of peptic hydrolyzate of CNP.

²⁾Molar ratio of hydrophobic amino acids (mol/mol, %)

Table 2. Hydrophobicity indices of amino acids in four different methods

	Tanford ¹⁾ (kcal/mol)	Manavalan ²⁾ (kcal/mol)		Krigbaum ³⁾		Meirovitch ⁴⁾
Trp	3.77	Val 4.86	Cys	4.52	Phe	3.30
Ile	3.15	Ile 4.82	Ile	3.07	Ile	3.14
Phe	2.87	Leu 4.05	Met	2.83	Val	2.83
Pro	2.77	Cys 4.05	Phe	2.60	Trp	2.53
Tyr	2.67	Met 3.54	Trp	2.33	Met	2.38
Leu	2.17	Phe 3.15	Val	1.76	Leu	2.24
Val	1.87	Trp 3.08	Tyr	1.53	Cys	1.84
Met	1.67	Tyr 2.57	Leu	1.28	His	1.72
Lys	1.64	Ala 2.12	Ala	1.05	Tyr	1.23
Cys	1.52	Gly 1.58	Thr	0.67	Ala	1.23
Ala	0.87	His 1.31	Ser	0.60	Gly	0.84
His	0.87	Glu 1.04	His	0.50	Arg	0.68
Arg	0.85	Arg 0.87	Asp	0.39	Thr	0.58
Glu	0.67	Thr 0.84	Gly	0.38	Pro	0.48
Asp	0.66	Pro 0.52	Glu	0.36	Asp	0.38
Gly	0.10	Lys 0.51	Arg	0.26	Glu	0.28
Ser	0.07	Ser 0.38	Pro	0.13	Ser	0.28
Thr	0.07	Asp 0.00	Lys	0.00	Lys	0.00

¹⁻⁴⁾Each hydrophobicity index is referred to the references⁽¹¹⁻¹⁴⁾ respectively, and the hydrophobicity indices by Krigbaum⁽¹³⁾ and Meirovitch⁽¹⁴⁾ were reciprocated.

Table 3. Average hydrophobicity of the peptide fractions and serum cholesterol level in rats fed with the peptides

Peptide ¹⁾	Average hydrophobicity				Cholesterol (mg/m) ⁴⁾
	Tanford (Cal/mole)	Manavalan (Cal/mol)	Krigbaum ²⁾	Meirovitch ³⁾	
ISP	1283.8	1771.5	903.6	1080.0	77.3 ± 5.2 ^b
SAA	1283.8	1771.5	903.6	1080.0	82.5 ± 5.2 ^b
SHT	1303.4	1808.5	934.6	1120.1	70.5 ± 5.7 ^c
SH8	1296.7	1788.9	917.0	1101.2	73.8 ± 5.3 ⁽⁵⁾
SH6	1294.3	1773.4	910.9	1090.7	74.5 ± 7.0 ⁽⁵⁾
SH4	1312.0	1830.9	947.0	1134.1	68.6 ± 7.6 ⁽⁵⁾
CNP	1494.1	1817.0	900.1	1107.6	100.0 ± 1.1 ^a
CAA	1494.1	1817.0	900.1	1107.6	100.6 ± 2.3 ^a
CHT	1471.1	1812.1	904.1	1111.1	95.2 ± 2.7 ^a

¹⁾Dietary nitrogen sources: same as shown in Table 1. Only, SAA, amino acid mixture of the same composition of ISP; CAA, amino acid mixture of the same composition of CNP.

^{2,3)}Average hydrophobicities of the peptides by Krigbaum⁽¹³⁾ and Meirovitch⁽¹⁴⁾ were reciprocated and multiplied by 1,000.

⁴⁾Values represent the mean ± SD. Values followed by the same letter are not significantly different at p < 0.05 level.

⁵⁾Cholesterol levels by the treatments SH8, SH6, and SH4 were measured in an other lot of experiment.

가되었으나, 다른 3가지 방법에서 낮게 평가된 이유는 Tanford는 유리 아미노산을 대상으로 측정하였으나, 다른 연구자들은 구형 단백질을 대상으로 소수도를 측정하였기 때문이다. 이러한 소수도지수를 근거로하여 각 펩타이드의 평균소수도를 구한 결과는 Table 3과 같다. Tanford법으로 구한 평균소수도는 대두단백질이 1283.8인데 비해 카세인이 1494.1로 높았으며, 그들의 펩타이드 회복분들도 비슷한 경향이였다. Manavalan법으로 구한 값은 카세인이 대두 단백질에 비해 약간 높게 나타났으나 pH 4 회복(SH4)의 경우 오히려 카세인보다 높게 나타났다. Meirovitch법으로 구한 값은 대두 단백질과 카세인간에 큰 차이가 없었으며, Krigbaum법으로 구한 값은 대두 단백질이 카세인보다 높았고 펩타이드 회복에서는 더 높아졌으며 특히 SH4에서는 크게 높아졌다.

혈청 콜레스테롤의 농도

Table 3에서와 같이 대두단백질 제통을 먹인 처리구들은 카세인 단백질 제통을 먹인 처리구보다 혈청 콜레스테롤 농도가 모두 낮게 나타났으며, 대두단백질 및 그와 같은 조성의 아미노산 혼합물(SAA)을 먹인 처리구간에는 유의한 차이가 없었다. 그러나 대두단백질의 총 펩신가수분해침전물(SHT)의 처리구 및 일부 대두펩타이드의 처리구(SH8, SH4)는 SAA의 처리구보다 유의적으로 낮게 나타났으며, SH4의 처리시 혈청 콜레스테롤 농도가 68.6 mg/dl로 가장 낮은 값을 보였다. 또한 SAA의 처리시 CAA의 경우보다 혈청 콜레스테롤 농도가 낮게 나타났다. 그리고 카세인 제통을 처리한 경우는 각 처리

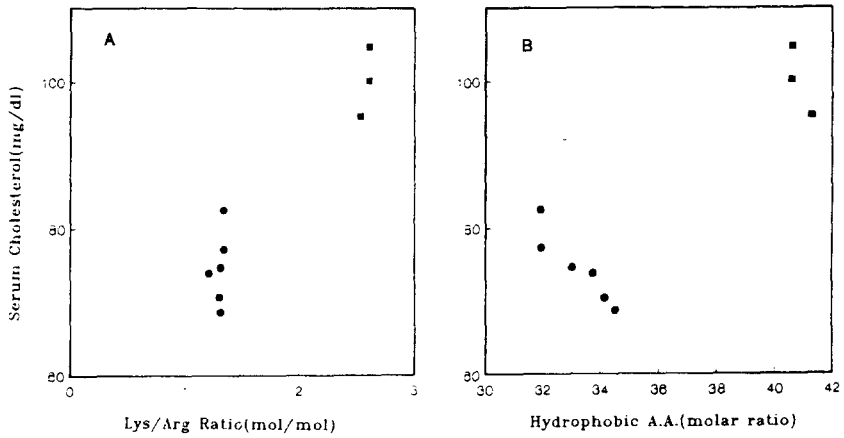


Fig. 1. Relationship between lysine/arginine ratio(A) or molar ratio of hydrophobic amino acids of peptide fractions (B) and serum cholesterol level in rats

●; soybean peptides, ■; casein peptides

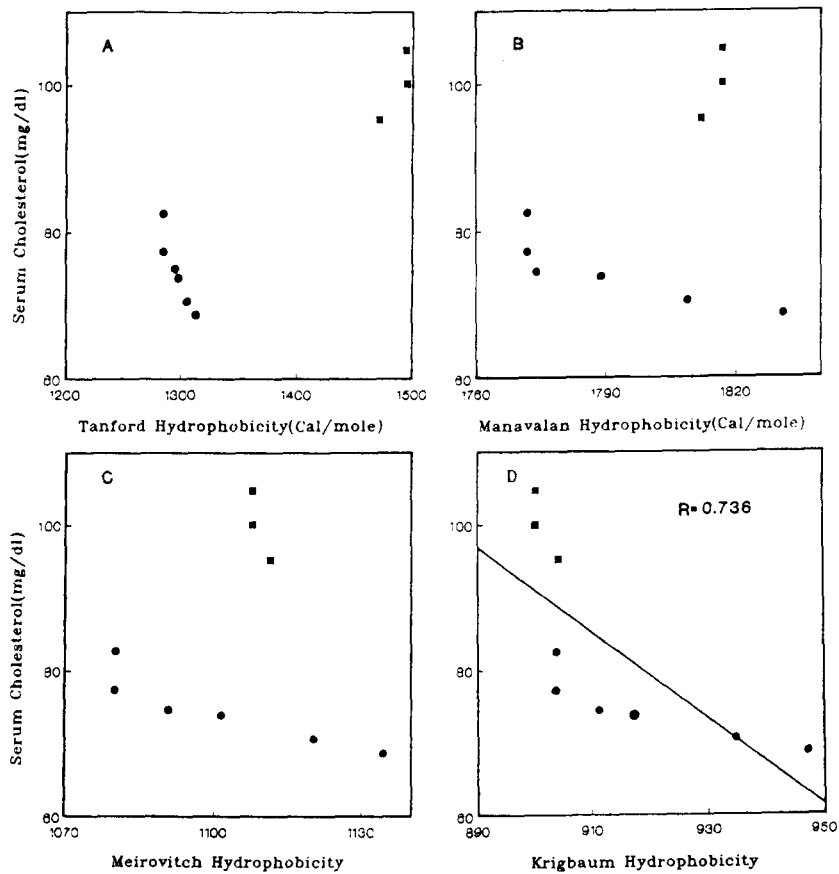


Fig. 2. Relationship between Tanford(A), Manavalan(B), Meirovitch(C), or Krigbaum hydrophobicity of peptide fractions(D) and serum cholesterol level in rats

●; soybean peptides, ■; casein peptides.

(CNP, CHT, CAA)간에 차이가 없었다.

아미노산 조성과 혈청 콜레스테롤 농도와의 관계

식이 펩타이드의 Lys/Arg 비율과 흰쥐의 혈청 콜레스테롤 농도와의 상관 관계는 Fig. 1A와 같이 왼쪽아래편의 대두단백질군과 오른쪽위편의 카세인군으로 나누어지며, 각 군내에서 보면 Lys/Arg 비율이 비슷한데도 불구하고 혈청 콜레스테롤 농도가 크게 다른 것으로 보아, 식이 펩타이드의 Lys/Arg 비율이 흰쥐의 혈청 콜레스테롤 농도와 상관관계가 있다고 보기 어렵다. 또한 소수성 아미노산의 몰분율과 혈청 콜레스테롤 농도와의 상관관계는 Fig. 1B에 나타난 바와 같이 소수성 아미노산 분율이 높은 카세인군에서 대두 단백질군에 비해 혈청 콜레스테롤 농도가 높았으나, 각 군내에서는 소수성 아미노산의 분율이 높을 수록 혈청 콜레스테롤 농도가 낮아지는 것으로 보아, 소수성 아미노산의 몰분율만으로 혈청 콜레스테롤 농도를 예측하기는 어렵다고 할 수 있다. 이는 lysine/arginine의 비율을 큰 폭으로 변화시켜 흰쥐에 섭취시켜도 혈청 콜레스테롤의 농도는 변화가 없었다는 보고⁽¹⁹⁾와 일치하는 경향을 나타내었다.

평균소수도와 혈청 콜레스테롤 농도와의 관계

펩타이드 등의 Tanford 평균소수도와 혈청 콜레스테롤 농도와의 상관도는 Fig. 2A와 같이 소수도가 높은 카세인군에서 혈청 콜레스테롤 농도가 높게 나타났지만, 대두 단백질군내에서는 소수도가 높을수록 혈청 콜레스테롤 농도는 낮아졌다. Manavalan 평균소수도와 관계는 Fig. 2B에서와 같이 낮게 나타났으며, 특히 카세인군의 소수도가 대두 단백질군의 범위내에 있었다. Meirovitch 평균소수도와 상관관계는 Manavalan 평균소수도와 유사하였으나, 각 단백질군내에서는 Meirovitch 평균소수도가 높을수록 혈청 콜레스테롤 농도가 다소 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 2C). 펩타이드 등의 Krigbaum 평균소수도와 혈청 콜레스테롤 농도와의 상관도는 Fig. 2D에서와 같이 비교적 양호하게 나타나, Krigbaum 평균소수도가 높을수록 혈청 콜레스테롤 농도가 낮게 나타났다(상관계수 -0.736). 특히 이는 같은 종류의 단백질군내에서만 아니라 다른 종류의 단백질군내에서도 그 관계가 나타나는 것으로 보아, 단백질 및 펩타이드의 Krigbaum 평균소수도는 혈청 콜레스테롤 농도를 어느 정도 예측하는데 유용하다고 할 수 있다.

요 약

대두 펩타이드의 아미노산 조성 및 평균소수도가 혈청 콜레스테롤의 농도에 미치는 영향을 조사하기 위하여, 대두 단백질(ISP), 카세인(CNP), 이들 단백질을 펩틴으로 가수분해하여 pH에 따른 펩타이드 침전획분들(SHT, SH8, SH6, SH4, CHT) 및 각 단백질과 같은 조성의 아미노산 혼합물(SAA, CAA)을 흰쥐에 섭취시키고 혈청

콜레스테롤 농도를 측정하였다. 각 펩타이드의 아미노산 조성을 분석하고, 이로부터 구한 Lys/Arg 비율 및 소수성 아미노산의 몰분율은 혈청 콜레스테롤의 농도와 상관관계가 없었으며, Tanford, Manavalan 및 Meirovitch법으로 구한 평균소수도와도 상관관계가 없었다. 그러나, Krigbaum법으로 구한 평균소수도와는 상관관계가 -0.736 으로 유의 상관관계이어서, 식이 펩타이드의 Krigbaum 평균소수도가 높을 수록 래트의 혈청 콜레스테롤 농도가 낮아졌다.

문 헌

1. Sugano, M.: Nutritional studies on the regulation of cholesterol metabolism, The effects of dietary protein. *J. Jpn. Society Nutr. Food Sci.*, **40**, 93(1987)
2. Carroll, K.K.: Hypercholesterolemia and atherosclerosis, Effect of dietary protein. *Federation Proc.*, **41**, 2792(1982)
3. Kritchevsky, D., Tepper, S.A. and Klurflud, D.M.: Dietary protein and atherosclerosis. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **64**, 1167(1987)
4. Woodward, C.J.H. and Carroll, K.K.: Digestibility of casein and soybean protein in relation to their effects on serum cholesterol in rabbits. *Br. J. Nutr.*, **54**, 355 (1985)
5. 菅野道廣: 食餌蛋白質の脂肪代謝調節機能. 日本農藝化學會誌, **63**, 1924(1989)
6. Mercer, N.J.H., Steinke, F.H. and Wolfe, B.M.: Effect on human plasma lipids of substituting soybean protein isolate for milk protein in the diet. *Nutr. Per. Int.* **35**, 279(1987)
7. Tanaka, K. and Sugano, M.: Effect of modification of the arginine/lysine ratio of dietary protein on the absorption and turnover of cholesterol in rats. *Agric. Biol. Chem.*, **53**, 1351(1989)
8. Iwami, K., Sakakibara, K. and Ibuki, F.: Involvement of postdigestion 'hydrophobic' peptides in plasma cholesterol-lowering effect of dietary plant proteins. *Agric. Biol. Chem.*, **50**, 1217(1986)
9. Tanaka, K., Aso, B. and Sugano, M.: Biliary steroid excretion in rats fed soybean protein and casein or their amino acid mixture. *J. Nutr.*, **114**, 26(1984)
10. Alder-Nissen, J.: Limited enzymic degradation of proteins. A new approach in the industrial application of hydrolylysates. *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, **32**, 138 (1982)
11. Nozaki, Y. and Tanford, C.: The solubility of amino acids and two glycine peptides in aqueous ethanol and dioxane solutions. *J. Biol. Chem.*, **246**, 2211(1971)
12. Manavalan, P. and Ponnuswany, P.K.: Hydrophobic character of amino acid residues in globular proteins. *Nature*, **275**, 19(1978)
13. Meirovitch, H. and Rackvosky, S.: Empirical studies of hydrophobicity. I. Effect of protein size on the hydrophobic behavior of amino acids. *Macromolecules*, **13**, 1398(1980)
14. Krigbaum, W.R. and Komoriya, A.: Local interaction as a structure determinant for protein molecules. *Bio-*

- chem. Biophys. Acta*, **576**, 204(1979)
15. Okita, T. and Sugano, M.: Effects of the type and level of dietary proteins on plasma lipids, fatty acid profiles, and fecal steroid excretion in rats. *Agric. Biol. Chem.*, **53**, 659(1989)
 16. Sale, F.O., Marchesini, S. and Berra, B.: A sensitive enzymatic assay for determination of cholesterol in lipid extraction. *Anal. Biochem.*, **142**, 347(1984)
 17. SAS Institute: *SAS/STAT user's guide for personal computers*, Cary, NC, SAS Institute Inc.(1985)
 18. Han, E.S., Lee, H.J. and Shon, D.H.: Effect of digestibility of soybean peptides on the concentration of serum cholesterol in rats. *Korean J. Nutr.*, **26**, 585(1993)
 19. Carroll, K.K.: Soya protein and atherosclerosis. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **58**, 416(1981)
-
- (1993년 8월 13일 접수)