

참게육 첨가 맛 두부의 단백질 품질

류홍수*

부경대학교 식품생명공학부

Protein Qualities of Seasoned Tofu Containing Freshwater Crab Meat

Hong-Soo Ryu*

Faculty of Food Science and Biotechnology,
Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

The effect of freshwater crab meat additive on protein quality of tofu was studied. Tofu containing freshwater crab meat(TCM) prepared by the formulation for the best sensory qualities had about 20% more lipid and ash content than those of commercial tofu. TCM showed a higher content of lysine, methionine, cysteine and tyrosine compared with those in commercial tofu. TCM was comparable to commercial tofu(CT) regarding the *in vitro* protein digestibility(95%). A considerable difference in computed protein efficiency ratio(C-PER) resulted between CT(1.76-1.81) and TCM(2.61). Therefore, crab meat has potential as an ingredient for enriching essential amino acid and improving protein quality of CT.

Key words: Freshwater crab, Seasoned tofu, Protein quality

서 론

예로부터 ‘밥도둑’으로 불리며 맛과 풍미가 가장 우수한 것으로 알려져 있다. 또한 가식부 100 g 당 166 kcal의 열량을 내며, 단백질 14.4 g, 칼슘 356 mg, 철 11.4 mg을 함유하고 있어 영양적으로도 우수하다고 알려져 있다 (National Fisheries Research & Development Institute, 1995, 2009). 1980년대 초 환경오염으로 개체수가 급격히 줄었으나, 1990년대 후반 양식에 성공하고, 치어 방류가 성공하면서 참게의 양식 생산량은 1993년 17,641 kg에서 2004년 415,749 kg으로 늘어나고, 어획량도 증가하고 있어 이를 이용한 식품개발 등 다양한 판로개발이 필요하다.

또한 두부는 곡류 위주의 식습관을 가진 한국인에게 부족하기 쉬운 필수아미노산을 다량 함유하고 있어 효과적인 단백질 보충 식품으로 널리 이용되고 있으며, 경제성장과 더불어 건강식품에 대한 관심이 커지고 있는 요즘 두부 매출액은 2007년 현재 5,000억원 수준에 이르고 있다 (Lee, 2007). 무미 무취의 평범한 두부의 관능성을 개선하고 생리적 기능성을 보강하여 품질을 고급화하기 위하여 해조류 (Kim et al., 1996), 인삼 (Kim et al., 1996), 오미자즙과 매실즙 (Jung et al., 2000), 마늘 (Park et al., 2003), 동결건조 양파분말 (Kang et al., 2007), 노랑파프리카즙 (Park and Jeon, 2008) 등을 첨가한 두부의 품질특성 차이에 관한 연구들이 수행되어 왔다. 그러나 methione 등 황함유아미노산 결핍과 같은 단백질 품질과 관련된 약점을 보강하는 시도는 없어 전보 (Ryu et al., 2009)에서는 열수 추출한 참게육을 첨가한 맛두부의 관능적 최적 배합비를 보고한 바 있다.

본 연구에서는 두부에 참게육을 첨가했을 때의 단백질 영양

보강 효과를 실험하여 참게육 첨가 맛두부의 우수한 영양성을 입증하려 하였다.

재료 및 방법

참게육 원료

전보 (Ryu et al., 2009)에서와 같이 경인북부 수협 파주어촌계에서 제공 받은 냉동 참게를 찬물에서 헹잡물을 제거한 뒤 Meat Chopper (M-12S 한국후지공업<주>)로 잘 갈아 성분 분석과 열수 추출육 (이하 참게육) 제조에 사용하였다. 성분 분석용 가식부는 통 참게를 steam 솥에서 5분간 쪄 후 다리육과 가슴육을 채취하여 실험하였다. 참게육은 상기의 냉동 참게를 마쇄한 것에 5배 (w/v)의 음용수를 가하여 실온 (12±1°C)에서 1시간 휘저으면서 방치한 뒤 삼베포 주머니에 넣어 여과하면서 껍질 부분을 제거하였다. 껍질을 제거한 여과액을 96±1°C (도달시간 20분)에서 3시간 가량 휘저어주면서 끓이고, 끓이는 동안 줄어드는 물은 간간히 보충하였다. 끓인 여과액에 생긴 순두부 모양의 참게육은 다시 삼베 주머니에서 여과하면서 자숙액과 분리하고 -70°C에서 급속 동결한 후 진공 동결 건조하였다. 건조한 참게육을 60 mesh로 잘 갈아 두부 제조 시 첨가물로 사용하였다.

맛두부의 구성재료

두부 제조용 대두는 충북 괴산에서 재배된 된장 및 두부 제조용 국산을 사용하였다. 마늘 (제주산) 가루는 부산시 덕천동에 소재한 메가마트에서 구입한 건조 분말 제품을 사용하였다. 나머지 고정인자인 용수는 (주)동원 샘물, 응고제 (CaCl₂, 차밍 아트) 그리고 소금은 샘표식품 (주) 꽃소금으로 실험하였다.

*Corresponding author: hsrju@pknu.ac.kr

두부의 제조

원료콩 1 kg에 음용수 2 L를 15시간 동안 상온에서 불린 후 물을 따라내면 불린 콩의 무게는 약 2 kg 정도 되었다. 불린 콩에 음용수 7 L를 가하면서 상기의 chopper에서 갈아내었는데 좋은 두유를 만들기 위해서는 끓이는 온도에 빨리 도달해야 함으로 불린 콩에 60°C의 물을 넣었을 때 42°C가 되었으며 전체 용적은 약 10.5 L가 되었다. 이를 95°C까지 올리는데 28분 걸렸고, 이 온도에서 3분간 끓이니 약 8.8 L가 되었고 이를 삼베포 주머니에 넣어 짜면서 비지를 분리하여 약 6.8 L의 두유를 얻었다 (brix 7.2). 얻어진 두유 (45°C) 2,560 mL를 먼저 9분간 끓여 84°C가 되었을 때 응고제 15 mL를 넣어 5분간 영키게 하여 순두부를 만들고 이를 두부틀에 부어 15분간 성형하여 참게가루가 들어가지 않은 대조두부 (control)를 만들었다. 참게육 가루를 넣은 두부는 상기와 같은 두유를 끓이는 도중 75°C가 되었을 때 참게육 가루 4.86 g과 소금 5 g, 마늘가루 5.29 g을 넣은 뒤 84°C가 되면 간수를 넣고 상기와 같이 두부를 만들었다 (응고시간 5분, 성형시간 8분).

일반 성분 분석

AOAC법 (AOAC 1990)에 따라 수분, 조단백 (N×5.71), 조지방 및 회분을 정량하였으며, 탄수화물은 100%에서 상기의 함량%를 뺀 값으로 표시하였다.

구성아미노산 분석

구성아미노산은 6N HCl로 110°C sand bath에서 24시간 가수분해 한 후 감압 농축한 액을 sodium citrate buffer (pH 2.2)로 10 mL 정용하여 아미노산 자동분석기 (Biochrom 20, Pharmacia Biotech.)로 분석하였다. Tryptophan은 5N NaOH로 가수분해한 것을 Hugli와 Moor 방법 (Hugli and Moor 1972)으로, cysteine과 cystine은 performic acid를 전처리한 시료를 Felker와 Waine의 방법 (Felker and Waine, 1987)에 따라 정량하였다.

단백질 품질 측정

시료의 trypsin inhibitor (TI) 함량은 Rhinehart법 (1975)을 개량한 Ryu and Lee (1985)의 방법으로 측정하였다. 단백질 소화율 (in vitro)은 four enzyme를 이용한 AOAC법 (AOAC 1982)을 개량한 Ryu et al. 의 방법(Ryu et al., 1998)으로 측정하였다. 단백질효율비는 AOAC법 (AOAC 1982)에 따라 C-PER (computed protein efficiency ratio)과 DC-PER (discriminant computed protein efficiency ratio)로 계산하였다.

결 과

임진강산 참게의 영양 성분

참게육이 들어간 맛두부의 재료가 되는 임진강산 참게의 영양성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 표에서 보듯이 임진강산 참게를 통째로 갈아낸 것은 각질이 포함되어 있기 때문에 수분을 제외하면 대부분 회분과 비소화성 탄수화물로 이루어져 있음을 알 수 있다. 다른 종류의 참게 전체의 영양

Table 1. Proximate composition and mineral content of freshwater crab

	Moisture	Crude protein (N×6.25)	Crude lipid	Ash	Total carbohydrate	Minerals		
						Ca(mg)	P(mg)	Fe(mg)
Whole	58.40	6.22 (14.95)	3.95 (9.50)	19.23 (46.22)	12.2 (29.33)			336,619.633138
Fresh meat	71.55	16.10 (56.59)	9.12 (32.05)	2.04 (7.17)	1.19 (4.18)	372 (1307)	550 (1933)	12 (42.2)
Hot water soluble meat ¹⁾	1.20	58.35 (59.07)	19.35 (19.57)	6.80 (6.88)	10.31 (10.43)	1555 (1574)	2216 (2243)	50.4 (51.01)

() ; dry basis ¹⁾ freeze dried.

Table 2 . Total amino acid profiles of fresh water crab meat¹⁾ and seasoned tofu containing crab meat(TCM)

Amino acid	Crab meat	Commercial tofu	TCM
Asp	10.78	10.09	11.47
Thr	4.78	4.33	3.86
Ser	4.37	5.08	4.67
Glu	11.21	16.60	15.33
Pro	4.50	3.58	4.05
Gly	4.75	4.00	4.22
Ala	4.34	5.52	4.92
Val	6.14	4.97	5.74
Ile	5.32	4.78	5.02
Leu	8.27	6.95	7.24
Tyr	4.87	3.54	4.27
Phe	5.19	5.40	5.15
His	2.23	2.25	2.03
Lys	8.60	6.72	7.08
Arg	12.26	7.12	8.73
Met	2.11	1.20	1.71
Cys	1.11	0.97	1.10
Trp	0.98	1.03	0.98
NH4	0.92	1.82	0.82
Total	102.75	95.95	98.39

¹⁾Freeze dried hot water soluble crab meat.

성분에 대한 자료가 전무하여 비교할 수 없어 임진강산 참게의 특이점을 알 수가 없다. 참게는 다른 게와는 달리 살을 익히지 않으면 가식부를 얻기가 매우 어렵다. 그러므로 실제의 식생활에서와 같이 익혀서 껍질을 제거한 가식부 (일부의 내장 및 알 포함)를 분석하면 수분이 약 70%가 넘고, 단백질은 16%, 지방 9%, 회분 2% 그리고 탄수화물은 1% 가량 된다. 이를 수분을 제외한 건물량 기준으로 부산산 참게 가식부 (National Fisheries Research & Development Institute, 1995, 2009)와 비교하면 단백질은 7.5%가량 많고 지방은 9% 정도 낮았으며 회분은 2% 적었으나 당질은 3% 많았다. 또한 칼슘, 인, 철분의 함량도 약간 높았는데 특히 인 (P)은 400mg 가량 많이 들어 있었다. 참게 전체를 간 뒤 각질을 분리하고 열수에서 단백질을 추출하여 진공 동결 건조한 것은 단백질은 60%에 달하고 추출 과정 중 부유 지방질이 제거되었기 때문에 가식

부에 비하여 지방 함량이 1/3가량 줄어들었으며 회분량은 비슷하나 탄수화물의 양은 2배 늘었음을 알 수 있었다. 무기질은 별 차이를 보이지 않았다. 그러므로 참게 육 단백질 건조물은 고단백 보강 재료로서 두부에 첨가하는데 좋을 것으로 판단되었다.

참게육 단백질의 영양학적 품질

열수 추출하여 진공 동결 건조한 임진강산 참게 육 단백질의 영양학적 품질을 실험한 결과를 Table 2~5에 나타내었다. 한국산 참게 가식부나 육단백질의 구성아미노산 함량이나 분포에 관한 보고는 현재까지는 찾아 볼 수 없어 비교 할 수 없었다. 다만 동해산 붉은 대게 가식부와 비교하면 전체적으로 단백질 함량 차이만큼 각각의 구성 아미노산 함량의 차이가 있었다. 대게 가식부의 단백질 함량이 99% (건물 100 g 기준)에 가까웠으나 참게육 단백질의 단백질 총량은 Table 1과 같이 59% 정도이어서 각각의 구성아미노산이 2/3 수준이었지만 단맛을 내는 아미노산인 glutamic acid나 proline 등은 1/2 수준이었고 histamine 식중독의 원인이 되는 histidine의 함량은 40%가 되는 결과를 보였다. 하지만 단백질 100 g (16 g N.)을 기준으로 아미노산의 분포를 보면 lysine을 비롯한 필수아미노산의 분포도가 높아 대게 육 단백질보다 우수한 영양성을 나타내었다.

열수 추출한 참게육 단백질의 영양학적 품질을 구성아미노산 조성과 4 종류의 단백질 소화 효소를 이용한 소화율 결과를 토대로 실험한 결과는 Table 3과 같다. 표에서 보듯이 참게육 단백질의 효소 소화율은 대조 단백질인 casein보다 2.8% 떨어지나 아미노산 조성만을 이용한 예측 소화율은 오히려 2.9% 높아 우수한 소화성을 나타내고 있으며 일반적인 갑각류 (게,

새우 등) 단백질의 소화율 범위 (86~89%)에 들고 있음을 알 수 있었다 (Ryu and Lee 1985). 또한 단백 효율비 (C-PER 또는 DC-PER) 역시 대조 단백질보다 대등하거나 약간 높아 영양학적인 우수성을 재확인 할 수 있었으나, 효소활성 저해 물질 (TI)은 상당량 들어 있었다. 이는 열수 추출 또는 건조 과정 중 참게 속에 들어 있는 지방질의 과산화물이 생성되어 같은 원인 물질과 효소활성 저해 물질로 작용했을 가능성이 크므로, 열수 추출 과정 중 생기는 부유 지방질을 제거해준다면 큰 영향을 미치지 않는 수준으로 떨어질 것으로 생각된다.

맛두부와 맛두부 단백질의 식품영양학적 품질 평가

임진강산 참게육 단백질이 첨가된 맛두부의 영양 성분을 Table 4에서와 같이 무첨가 일반 두부와 비교하였다. 시판되는 두부의 수분 함량은 83~88% 범위이나 본 실험에서 제조한 두부들의 수분 함량은 80~81% 정도로 이들보다 약간 낮았다. 수분 함량은 두부의 응고, 성형 과정 중 압착하는 힘에 따라 달라질 수 있는데, 맛두부의 경우는 두부의 경도가 낮아질 우려가 있어 본 실험에서 압착 강도를 약간 높여 탈수량이 많았기 때문에 수분 함량이 낮아진 것으로 생각된다. 단백질 함량은 수분을 뺀 건물 기준으로 시판 두부는 50% 정도이나 무첨가 두부와 맛두부 다같이 60% 이상이었으며 맛두부가 약간 높아 고단백질 두부로 판명되었다. 시판 두부의 지방 함량은 30% 전후 (건물 기준)이나 무첨가 두부는 17.5%이었고 맛두부는 첨가된 참게육 때문에 약간 많아져 21.3%이었지만 전체적으로 시판 두부보다 10% 이상 낮았다. 회분은 무첨가 두부의 경우 시판 두부와 비슷하여 5% 수준이었으나 맛두부는 7%에 가까웠다. 무기질은 대부분 무첨가 두부가 시판 두부와 비슷하거나 조금 낮았지만 맛 두부는 두부보다 무기질 함량이 많은 참게육이 첨가되었기 때문에 칼슘은 30% 가량 높아졌고 인 (P)과 철은 2배가량 많아졌다.

단백질의 품질을 평가하기 위하여 참게육이 첨가되지 않은 무첨가 일반 두부와 참게육을 첨가한 맛두부의 구성 아미노산 조성을 16 g nitrogen (100 g 단백질)에 대한 분포를 실험한 결과는 Table 2와 같다. 전체적으로 본 실험에서 대조 시료로 만든 무첨가 일반 두부의 구성 아미노산 조성은 시판 두부와 대동소이했으며 특기할 현상은 없었으나, 참게육이 첨가된 맛두부의 경우는 약간 다른 조성을 보였다. Lysine, methionine, cycteine 및 tyrosine과 같은 보강 효과가 있어 두부와 같은 두류 가공 식품 단백질의 최대 약점인 methionine 결핍을 어느 정도 해소할 수 있었다.

일반적으로 생 대두는 단백질과 같이 들어 있는 효소활성 저해제 (trypsin inhibitor, TI) 때문에 소화율이 80% 이하로 알려져 있다 (Kweon et al., 1993). 따라서 이를 가열하여 저해제의 활성을 격감시켜 소화율과 같은 단백질의 이용도를 개선하게 되면 소화율이 90% 이상으로 높아지게 된다. 대표적인 대두 가공품인 분리대두단백 (SPI, soy protein isolate)의 경우 소화율이 87~90%이며 (Jewell et al., 1980), 쥐를 이용한 단백 효율비 (rat protein efficiency ratio, rat PER)는 1.4~1.9로서 표준 단백질인 ANRC casein (2.5)보다 훨씬 낮다고 보고되고 있다. 또한 효소 소화율과 구성아미노산 조성을 감안한 C-PER

Table 3. Protein nutritional quality of freshwater crab meat¹⁾

	In vitro protein dig.(%)	Predicted dig.(%)	C-PER	DC-PER	TI (g/100g solid)
ANRC Casein	90.0	87.7	2.5	2.5	0
Freshwater crab meat	87.2	90.6	2.60	2.50	13.25

¹⁾Freeze dried hot water soluble crab meat.
C-PER : computed protein efficiency ratio.
DC-PER : discriminant computed protein efficiency ratio.

Table 4. Proximate composition and mineral content of commercial tofu and seasoned tofu containing freshwater crab meat(TCM)

		(g /100g sample)						
	Moisture	Crude protein (N×6.25)	Crude lipid	Ash	Total carbohydrate	Minerals		
						Ca(mg)	P(mg)	Fe(mg)
Commercial tofu	80.05	12.10 (60.65)	3.98 (17.54)	0.99 (4.96)	2.88 (14.43)	181 (907)	90 (451)	1.6 (8.0)
TCM ¹⁾	81.12	11.65 (61.71)	4.02 (21.29)	1.30 (6.86)	1.91 (6.14)	215 (1139)	186 (985)	3.4 (18.0)

() ; dry basis.

Table 5. Protein qualities of seasoned tofu containing freshwater crab meat (TCM)

	In vitro dig.(%)	Predicted dig.(%)	C-PER	DC-PER	TI (g/100g solid))
ANRC Casein	90.0	87.7	2.5	2.5	0
Commercial tofu	95.10	86.36	1.81	1.76	0.07
TCM	94.27	93.19	2.61	1.97	0.96

C-PER : computed protein efficiency ratio.
 DC-PER : discriminant computed protein efficiency ratio.

(computed protein efficiency ratio)의 경우도 1.9~2.1로서 열악한 단백질 품질을 보인다고 알려져 있다 (Satterlee et al., 1981). 하지만 두부로 가공할 경우에는 단백질 품질 저하 요인이 되는 효소 활성저해제 (TI)의 활성이 거의 사라지고 소화율이 높아져 품질 제법 개선되나 단백질용율은 대두 단백질 고유의 아미노산 조성의 한계를 극복하지 못하기 때문에 rat-PER, C-PER 역시 2.2 이상을 상회하지 못하고 있다 (Table 5). 본 실험에 사용된 참게육 단백질 무첨가 일반 두부의 단백질 소화율은 95%를 넘어서고 있었으며, 맛 두부도 비슷하여 소화율이 아주 좋음을 알 수 있었다. 구성 아미노산 조성만으로 계산한 예측 소화율은 일반 두부는 casein과 비슷한 93% 정도였지만 소화성이 두부보다 조금 떨어지는 참게육 단백질이 첨가된 맛두부의 소화율이 무첨가 일반 두부보다 높은 결과는 신뢰성이 낮다고 볼 수 있다. 일반 두부의 단백질효율비 (C-PER, DC-PER)는 1.76~1.81로 여전히 이용 효과가 훌륭하지 못하여 기존의 SPI (Satterlee et al., 1981)나 두부 (Kweon et al., 1993)보다 약간 낮은 결과를 나타내었지만 맛 두부의 C-PER은 2.61로 대폭 상승하여 참게육 첨가로 인한 두부 단백질의 품질 향상 효과를 확인할 수 있었다. DC-PER의 경우에도 똑같은 효과를 재확인 할 수 있었다.

참고문헌

AOAC 1982. Calculated protein efficiency ratio(C-PER and DC-PER), Official first action. J AOAC 65, 496-501.
 AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, 795, 1024.
 Felker DJ and Waines WB. 1987. Colorimetric screening assay for cyctine in legume seed meals. Analytical Biochem 87, 641-647.
 Hugli TE and Moore SJ. 1972. Determination of tryptophan content of protein by ion exchange chromatograph of alkaline hydrolyzates. J Biol Chem 247, 2828-2830.
 Jewell DK, Kendrick JG and Satterlee LD. 1980. The DC-PER assay: A method for predicting protein quality solely from amino acid compositional data.

Nutr Reports Int 21, 25-30.
 Jung GT, Ju IO, Choi JS and Hong JS. 2000. Preparation and shelf-life of soybean curd coagulated by fruit juice *Schizandra chinensis* Ruprecht (omija) and *Prunus mume* (maesil). Korean J Food Sci Technol 32, 1087-1092.
 Kang, NS, Kim JH and Kim JK. 2007. Quality characteristics of soybean curd mixed with freeze dried onion powder. Korean J Food Preserve 14, 47-53.
 Kim KT, Im JS and Kim SS. 1996. A study of the physical and sensory characteristics of ginseng soybean curd prepared with various coagulants. Korean J Food Sci Technol 28, 965-969.
 Kim DH, Lim MS and Kim YO. 1996. Effect of seaweeds addition on the physicochemical characteristics of soybean curd. J Korean Soc Food Nutr 25, 249-25.
 Kweon MN, Ryu HS and Moon JH. 1993. Nutritional evaluation of tofu containing dried soymilk residue (DSR) 1. Evaluation of protein quality. J Korean Soc Food Nutr 22, 255-261.
 Lee NS. 2007. Herald Economics. Available from <http://www.com/SITE/date/html/dir/2007/10/25/0156.asp>.
 National Fisheries Research & Development Institute. 2009. Ingredient Table. Available from <http://portalnfrdi.re.kr/bbs/id=ingredmark>. Accessed January 2.
 National Fisheries Research & Development Agency. 1995. Proximate Composition, Mineral and Vitamin Content of Marine Products. In: Chemical Composition of Marine Products in Korea (Supplemented), National Fisheries Research and Development Agency, Busan, Korea., 74.
 Park YJ, Nam YL, Jeon BR, Oh NS and In MJ. 2003. Effects of garlic addition on quality and storage characteristics of soybean curd (Tofu). J Korean Soc Agric Chem Biotechnol 46, 329-332.
 Park BH and Jeon ER. 2008. Quality characteristics of soybean curd prepared with the addition of yellow paprika juice. Korean J Cookery Sci 24, 439-444.
 Rhinehart O. 1975. A nutritional characterization of the distiller's grain protein concentrate. MS thesis, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, USA.
 Ryu HS, Shin ES and Jang DH. 2009. Sensory and texture properties of seasoned tofu containing freshwater crab meat. Korean J Fish Aquat Sci 42, 190-196.

Ryu HS and Lee KH. 1985. Effect of heat treatment on the in vitro protein digestibility and trypsin indigestible substrate content in some seafoods. J Korean Soc Food Nutr 14, 1-12.

Ryu HS, Hwang EY and Cho HK. 1998. A new regression equation of pH drop procedure for measuring protein digestibility. J Food Sci Nutr 3, 180-185.

Satterlee LD, Kendrick JG, Jewell DK and Brown WD. 1981. Estimating apparent protein digestib-

ility from in vitro assays. In: Protein Quality in Humans: Assessment and In Vitro Estimation. Bodwell CE, Adkins JS and Hopkins DT, eds. Avi Publishing Co., Inc., Westport, USA, pp. 316-339.

2009년 11월 17일 접수

2009년 11월 23일 수정

2009년 12월 18일 수리