

수산물식품단백질의 영양과 품질

류 홍 수

부경대학교 식품생명과학부

1. 서 언

2001년도에 우리나라 사람들에게 공급된 수산물(해조류 제외)의 총량은 1인당 연간 36.2kg(99.1g/일/인)이지만 실제로 섭취한 것은 23.4kg으로 1988년(32.9kg)이래 계속 줄어들고 있는 실정이다. 하지만 세계평균 수산물 공급량이 15kg 수준인 것을 감안하면 세계인의 평균 수산물 공급량과 섭취량의 2배 이상의 수준이어서, 대만에 이어 세계 5위에 해당하는 수산물 소비국가라 할 수 있다. 2001년도의 국민 1인당 하루에 공급된 단백질량은 98.5g(동물성 45.2g)이며 섭취된 것은 71.6g(동물성 34.3g)인데, 그 중 어패류로 공급된 양은 17.7g, 섭취량은 11.6g으로 동물성 단백질 공급량의 40%, 동물성 단백질 섭취량 35% 정도를 해조류를 제외한 수산물이 차지하여 아직도 우리나라 국민의 동물성 단백질 주요 공급원이 될 수 있음을 알 수 있다. 이처럼 국민의 영양 수준에 수산물이 미치는 영향이 큰 것은 목축에 적합한 초지가 넓지 않고 산지가 대부분이어서 상대적으로 축산물로부터 동물성 단백질을 공급받을 수 없었기 때문이다.

또한 3면이 한류와 난류가 교차하여 어장환경이 좋은 바다이고 온대의 중심권에 놓여 있어서

표 1. 최근 5년 우리나라 어획생산량 (단위:천MT)

	1998	1999	2000	2001	2002
어류	1,578	1,408	1,208	1,467	1,202
갑각류	107	92	83	74	72
패류	320	297	300	283	271
연체동물	312	592	428	413	395
기타 수산동물	34	41	36	39	27
해조류	482	487	387	388	508
생산량 합계	2,835	2,910	2,514	2,665	2,476
수입량	375	746	749	1,056	1,186

독성이 없는 양질의 수산물은 많이 얻을 수 있을뿐더러 가공과 저장이 어렵지 않은 기후조건이라 수산물로부터 동물성 단백질을 공급받기가 쉬웠기 때문이다.

요즈음에는 국내산 수산물공급이 줄어들고 서구식 식문화에 물든 젊은이들이 나이든 세대보다 수산물을 적게 소비하는 경향이 있어 전체적인 소비량이 줄어들고 있기는 하지만 외국산 수산물 수입량이 늘고 건강유지에 수산물이 탁월하게 우수하다는 인식이 커지면서 양질의 수산물 소비량은 결코 줄어들지는 않을 것이다.

지구상에는 2만 여종의 어패류가 살고 있다고 알려져 있는데 그 중 식용이 가능한 것은 15,000여종이나 식품재료로 실제로 쓰이는 것은 1,000여종 안팎이라고 생각된다. 서구의 여러 나라에서 식용 가능한 어패류는 100여종 이내에 불과하나 우리나라는 아래의 표 3과 같이 어류만도 200종이 넘는다.

따라서 수산물을 여러 가지로 많이 먹고 있는 우리나라 사람들에게는 수분을 제외하고는 80% 이상을 차지하고 있는 단백질의 영양가의 품질이 중요한 관심사가 되지 않을 수 없다. 보다 양질의 수산단백질을 효율적으로 이용하기 위하여 우리나라 사람들이 즐겨 찾는 수산동물 단백질을 중심으로 이들의 함량과 존재 형태 및 변화 그리고 가공, 조리, 저장에 따른 품질과 영양가의 변화를 정리하고자 한다.

표 2. 최근 5년간 우리나라 주요 어류 생산량 (단위:천 M/T)

	1998	1999	2000	2001	2002
고등어	172.9	177.5	145.9	203.7	141.8
갈치	74.8	64.4	81.0	79.9	60.1
멸치	249.5	238.9	201.2	273.9	236.3
오징어	112.3	310.4	177.8	163.1	141.1
명태	6.2	1.4	0.8	0.2	0.2
조기류	1.2	8.1	4.1	1.6	2.1

표 3. 우리나라에서 이용하는 수산물 종류

	서식종	식용가능종	식품산업대상종	평균가식부(%)
어류	883(1000)	212	73	55
패류	532	50	18	30~35
갑각류	292	22	11	40
두족류	45	6	6	90
해조류	414	22(96)	12	100
기타		9	6	35
계	2166	321(395)	126	

2. 수산단백질의 함량과 성질

1) 단백질 함량

어패류의 단백질함량은 어종에 따라 뚜렷하게 다른데 가오리를 제외한 어육은 20% 가량 되지만 무척추동물인 해삼이나 우렁쟁이는 10% 이하이다. 하지만 연체류, 패류 및 갑각류와 같이 단백질 함량이 낮으면 수분이 많아 해조류나 무척추동물 육을 제외하고 모든 수산물의 단백질 함량은 건물중량 기준으로 80% 이상으로 대체로 비슷한 수준이다(표 4).

한편 어류의 일반조성은 같은 종류이라도 부위, 성장도(크기), 계절, 서식 수역, 먹이, 성별에 따라 함량이 달라지는데, 특히 수분과 지질의 차이가 크다. 그러나 단백질의 차이는 비교적 작지만 상어와 같은 판새류를 제외한 모든 어류의 붉은살에는 단백질이 흰살보다 약간 적다(표 5).

표 4. 종류에 따른 한국산 수산동물육의 수분과 조단백질 함량 평균치

종류	수분(%)	단백질(g/100시료)	단백질(g/100건물)
어류			
적신어(15)	75.4 ± 2.1	20.2 ± 2.3	82.1
백신어(35)	77.0 ± 1.8	18.8 ± 3.5	81.7
가오리, 홍어, 아귀류(6)	79.3 ± 4.2	17.7 ± 4.5	82.1
연체류(6)	82.7 ± 3.5	14.4 ± 3.2	82.1
패류(21)	80.1 ± 2.8	13.3 ± 4.5	66.8
갑각류(14)	78.5 ± 4.3	15.1 ± 2.3	70.2

표 5. 어류의 혈합육과 보통육의 단백질 함량 (단위:%)

어종	부위	수분	단백질(g/100시료)	단백질(g/100건물)
적신어				
가다랭이	혈합육	66.4	22.9	68.1
	보통육	68.5	28.1	79.1
고등어	혈합육	73.6	19.4	73.5
	보통육	75.8	21.6	89.3
백신어				
대구	혈합육	77.8	18.6	83.8
	보통육	78.4	19.9	92.1
넙치	혈합육	74.0	16.3	62.7
	보통육	76.3	20.5	86.5
판새류				
상어	혈합육	75.6	21.7	88.9
	보통육	74.7	23.0	90.9

양식산과 자연산, 먹이와 서식 수역에 따라 단백질함량이 다르게 나타나는데 사료에 따라 약간 차이가 있겠지만 일반적으로 양식산 어류는 지질함량이 높고 수분이 적은 대신 단백질함량이 자연산보다 현저히 낮다. 또한 배쪽살이건 등쪽살이건 지질이 많은 부위가 단백질함량이 상대적으로 낮다. 패류의 경우는 단백질함량이 가식부 건물량과 비슷하게 계절에 따라 변화하는

표 6. 어류의 먹이와 서식수역 및 부위에 따른 조단백질 함량 차이 % (건물중량)

어종	부 위	수 분	단백질
자연산 방어	등쪽살	74.5	24.0(94.1)
	배쪽살	73.5	22.8(86.0)
양식산 방어	등쪽살	65.8	21.6(63.2)
	배쪽살	60.4	20.0(50.5)
자연산 참돔	등쪽살	77.6	19.5(87.1)
	배쪽살	76.9	19.3(83.5)
양식산 참돔	등쪽살	73.6	20.1(79.9)
	배쪽살	70.4	19.3(65.2)

표 7. 주요 수산동물육의 조단백질과 순단백질 함량 비교

종 류	조단백질	순단백질	순단백질/조단백질(%)
적신어			
가다랭이	25.3	20.6	81.4
전갱이	19.1	17.3	90.5
판새류			
별상어	21.1	14.2	67.3
가오리	21.6	15.6	72.2
백신어			
명태	18.9	16.5	87.3
돌가자미	22.3	19.9	89.2
참돔	21.9	19.6	89.5
연체류			
오징어	17.2	13.6	79.1
백합	9.0	7.3	81.1
갑각류			
꽃게	17.2	12.2	71.0
꽃새우	23.3	17.5	75.1

데, 5, 6월 늦봄에서 초여름까지의 산란기에 최저값을 보이다가 여름이 끝날 즈음부터 초가을에 걸쳐 높아지고 10~12월까지의 겨울철 어획에서 겨울부터 산란기에 걸쳐 서서히 감소하여 계절에 따른 변동폭이 크다(표 6).

어육의 순 단백질 함량은 판새류(별상어 14%)를 제외하면, 최저 17%(g/100g 어육) 이상이며 갑각류나 두족류는 11~17% 정도 패류는 10% 이하로 종류에 따라 차이가 있다. 조단백질에 대한 순단백질 비율은 대부분의 어육이 90%이지만 판새류는 70% 이하로 비단백태 질소 화합물이 많음을 알 수 있다(표 7).

2) 단백질 조성

근육단백질(muscle)은 중성염류용액에 대한 용해성에 따라 수용성(근형질), 염용성(근원섬유), 불용성의 세 단백질획분으로 나눌 수 있다. 즉, 근형질단백질(sarcoplasmic protein)은 이온강도 0.005 이하의 용액에 용출되며 근장단백질로도 불리운다. 근원섬유단백질(myofibrillar protein)은 0.5 이상의 중성 염용액으로 완전히 추출된다. 염용액에 불용인 단백질은 근섬유로, 근격막, 힘줄(tendon) 등의 결합조직으로 근기질단백질(stroma protein)이라고 부르며, 알칼리 용액에도 불

표 8. 어개류 단백질의 분류

종류	존재위치와 용해도	종류	특성
근원섬유 단백질 Myofibrillar protein (50~70%)	근원섬유 염용성 (I:0.5 ↑)	Myosin(약 50%)	섬유상(m.w.약 500,000), ATPase, actin결합능
		Paramyosin(~50%)	섬유상(m.w.약 200,000), myosin과 결합 무척추, 이매패 패각근에 제한
		Actin(20%)	구상(m.w.42,000), myosin과 tropomyosin과 결합
		Tropomyosin(5%)	섬유상(m.w.72,000) actin 및 tropomin과 결합
근형질 단백질 Sarcoplasmic protein (20~50%)	조세포 사이 또는 근원 섬유간	Troponin(5%)	섬유상(m.w.70,000~90,000), actin 및 tropomyosin과 결합 actomyosin ATPase저해, Ca ²⁺ 과 결합
		Glycolic enzymes(40~50%)	glycogen phosphorylase(10~15), enolase(10~13), aldolase(12~20) glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase(11~13)
		Creatin kinase (ck, 15~20%) Paralbumin(10%)	산성 단백질 myoglobin, hemoglobin, Cytochrom C 포함
근기질 단백질 (<10%)	힘줄, 근격막, 혈관 등의 결합조직	Collagen Elastin	(m.w.300,000) 판새류 10% 이상 존재

표 9. 어개류와 동물육의 단백질 조성비교

(%)

종 류	근형질 단백질	근원섬유 단백질	알칼리가용성 단백질	근기질 단백질
가다랭이	42	55	2	2
고등어	51(혈), 38(보)	46(혈), 61(보)		3(혈), 1(보)
정어리	46(혈), 35(보)	51(혈), 63(보)		3(혈), 2(보)
대구	21	76		3
잉어	23~25	70~72		3
넙치	18~24	63~79		5
가오리	26	64		3
오징어	12~20	77~85		10
보리새우	32	59	4	2~3
꽃게	41	32	25	2
토끼, 쇠고기육	10~28	52	19	21

용이다. 이 밖에도 근육을 저장했을 때 높은 이온강도에서는 용출되지 않지만, 0.2M 정도의 NaOH로 추출되는 알칼리 가용성 단백질(alkali soluble protein)이 생긴다. 그러나 이 단백질은 근기질단백질과는 질적으로 다르다(표 8).

어류의 보통육 근육의 단백질 조성은 종류에 따라 달라지는데 근형질과 근원섬유 단백질은 각각 총단백질이 20~50% 및 50~70%를 차지하고 있다. 대구와 같은 백신어의 근형질 단백질은 20~30%로서 정어리나 참치 같은 적신어의 30~50%에 비하여 훨씬 적지만 반대로 근원섬유단백질은 백신어가 많아서 70%를 넘을 때도 있다. 모든 수산동물육은 포유류에 비해 근기질 단백질이 훨씬 낮아 10% 이하에 불과하다. 이와 같이 수산동물육은 근기질단백질이 적어 대체로 근육이 연하기 때문에 날로 먹는데 적합하고 소화흡수율이 높은 특징이 있다. 또한 붉은살은 흰살보다 근형질과 근기질단백질이 많은 반면 근원섬유단백질이 적다(표 9).

3) 단백질의 변성

수산동물육은 사후경직된 후 해경되고 자가소화효소에 의해 분해되는 일련의 과정이 빨리 진행되며, 근기질 단백질이 적어 근육이 약하고 불안정하기 때문에 쉽게 변성한다. 이러한 어류단백질의 불안정성은 actomyosin Ca^{2+} -ATPase 변성속도 상수(K_D)로 나타낼 수 있는데, 가장 안정된 어류 단백질인 틸라피아와 불안정한 명태와의 차이는 수백배나 된다. 또한 krill 새우의 근육 단백질은 명태보다 더 불안정하다고 알려져 있다. 근원섬유 Ca^{2+} -ATPase 활성은 pH에 따라 달라지는데, 어종이나 근육부위에 상관없이 pH 6 이하 또는 pH 9 이상일 때 K_D 값은 급증한다. 산성에서 불안정하다는 것은 적신어 사후 pH 저하가 일어나는 것과 깊은 관계가 있으며, 적신어를 이용하는데 크게 감안해야 할 현상이다. 또한 근원섬유 단백질의 myosin 응집속도는 낮은

표 10. Actomyosin Ca²⁺-ATPase 변성속도 상수로 나타낸 어류 단백질의 불안정성

	변성속도상수(sec ⁻¹)				
	25℃	30℃	35℃	40℃	45℃
토끼			0.3 × 10 ⁻⁵	2.1 × 10 ⁻⁵	2.3 × 10 ⁻⁴
고래				1.3 × 10 ⁻⁵	2.2 × 10 ⁻⁴
틸리피아			1.7 × 10 ⁻⁵	31.1 × 10 ⁻⁵	
뱀장어		0.3 × 10 ⁻⁵	3.7 × 10 ⁻⁵	41.1 × 10 ⁻⁵	
잉어		1.1 × 10 ⁻⁵	7.7 × 10 ⁻⁵	55.5 × 10 ⁻⁵	
참치		1.2 × 10 ⁻⁵	15.3 × 10 ⁻⁵		
방어		3.6 × 10 ⁻⁵	33.8 × 10 ⁻⁵		
무지개송어		5.6 × 10 ⁻⁵	46.1 × 10 ⁻⁵		
뽕락		6.7 × 10 ⁻⁵	65.0 × 10 ⁻⁵		
넙치		13.0 × 10 ⁻⁵			
임연수어	9.7 × 10 ⁻⁵	55.5 × 10 ⁻⁵			
명태	11.6 × 10 ⁻⁵	68.3 × 10 ⁻⁵			

온도에 서식하는 어종일수록 빠르고 그만큼 열안정성은 낮다. 근원섬유에 고농도의 중성염을 가하고 잘 교반하여 actomyosin을 용출시킨 후 상온에서 방치하면 myosin 분자 사이에 공유 결합이 생겨 탄력성의 gel이 형성되고 이렇게 만들어진 actomyosin의 net-work는 고온가열에 의해 고정되어 kamaboko gel을 만들어 낸다.

3. 수산단백질의 영양

단백질의 영양성은 단백질을 구성하고 있는 아미노산 총량이 단백질 총량에 대하여 얼마나 차지하는가를 나타내는 단백질 순도, 필수아미노산의 분포와 단백질 총량에 대한 비율, 단백질 소화율, 그리고 표준단백질(whole egg, FAO/WHO pattern)과 비교한 제한 아미노산 %로 나타내는 여러 지수(단백가, amino acid score, 화학가 등)로 표시할 수 있다. 또한 특정 필수아미노산의 유효도(availability)로도 간접적으로 단백질의 품질과 영양성을 알아 볼 수 있기도 하다. 실험동물을 이용한 *in vivo* test를 통하여 얻은 단백질효율비(PER)를 비롯한 여러 지수(AD, TD, NPR, NPU, BV 등)로서 인체에 대한 단백질의 실질적인 영양성을 예측할 수도 있다.

1) 아미노산 조성

해조류를 제외한 수산동물육 단백질의 필수아미노산 총량 평균치는 표준단백질로 널리 쓰이

표 11. 다른 단백질과 비교한 어육 단백질 필수아미노산 함량

(g/16g N)

	모 유	우 유	달걀	쇠고기	어육(평균)	대두	FAO
His	2.6	2.7	2.2	3.4	3.5	2.8	0
Ile	4.6	4.7	5.4	4.8	4.8	5.0	4.0
Leu	9.3	9.5	8.6	8.1	7.7	8.5	7.0
Lys	6.6	7.8	7.0	8.9	9.1	7.0	5.5
Met+Cys	4.2	3.3	5.7	4.0	4.0	2.8	3.5
Phe+Thr	7.2	10.2	9.3	8.0	7.6	8.8	6.0
Thr	4.3	4.4	4.7	4.6	4.6	4.2	4.0
Trp	1.7	1.4	1.7	1.1	1.1	1.4	1.0
Val	5.5	6.4	6.6	5.0	6.1	5.3	5.0
Total	46.0	50.4	51.2	47.9	48.5	45.8	36.0

표 12. 우리나라에서 많이 이용되는 어류 단백질의 아미노산 조성

(g/16g N)

	가다랭이	갈치	고등어	넙치	멸치	명태
Ile	4.81	4.49	4.74	4.68	4.42	4.35
Leu	7.74	7.67	7.77	8.09	7.65	7.59
Lys	9.11	10.35	7.80	9.05	8.42	8.34
Met	2.82	3.47	2.73	3.10	2.97	3.16
Cys	1.18	1.18	0.95	1.11	1.06	1.09
Phe	4.09	3.75	3.97	4.16	4.05	3.68
Tyr	3.87	3.49	3.37	3.62	3.42	3.09
Thr	4.66	4.30	4.47	4.58	4.30	4.09
Trp	1.33	1.06	1.11	1.09	1.09	1.09
Val	5.32	4.97	5.57	5.27	5.13	4.96
His	5.97	2.06	6.27	2.36	3.68	1.91
Arg	6.78	5.60	5.75	5.64	5.47	5.64
Ala	6.59	5.35	5.85	5.54	5.80	5.43
Asp	7.29	7.44	7.39	7.88	7.26	7.43
Glu	15.16	16.17	14.90	15.88	14.78	15.63
Gly	4.53	4.37	5.73	4.53	4.70	4.56
Pro	2.75	2.79	3.36	2.88	3.01	2.80
Ser	3.85	3.65	3.58	3.91	3.60	3.67
TAA	97.85	92.16	95.31	93.37	90.81	88.51
EAA/TAA(%)	52.02	50.77	51.18	50.46	50.86	48.98

는 달걀(whole egg)이나 우유(casein) 단백질에 약간 못 미치나 모유, 쇠고기와 같은 양질의 단백질 보다 우수하다. 대두로 대표되는 식물성 단백질에서 부족한 황함유 아미노산이나 lysine 등은 수산물 동물육 단백질로 훌륭하게 보충할 수 있다(표 11).

어개류의 근육단백질 중 60% 이상이 근원섬유의 구성단백질이며 myosin은 근원섬유단백질의 40~50%를 차지한다. 따라서 myosin이 어개류 단백질원이라 해도 지나친 말이 아니다. 어개류 보통근 myosin 아미노산 조성은 어종에 따라 다르지만 전체 어육단백질의 아미노산 조성은 몇몇의 아미노산을 제외하고 비슷하다. 일반적으로 고등어와 같은 적신어육은 단백질총량에 대한 총 구성아미노산 양이 95% 이상으로 순도가 높은 편이며, 필수아미노산 비율도 50%를 넘어서고 있어 우수한 단백질이라 할 수 있으나 histidine이 다른 어패류보다 2배 많이 들어있어 단백질이 변질되면 histamine 생성과 같은 식품위생상 문제가 일어날 수 있다. 명태, 갈치, 넙치와 같은 백신어육 단백질에는 histidine 함량은 낮으나 총아미노산에 대한 필수 아미노산 총량의 비율과 단백질의 순도가 적신어육보다 약간 낮은 경향을 보인다. 한편 오징어와 같은 두족류는

표 13. 대표적인 패류, 두족류 및 갑각류 단백질의 아미노산 조성 (g/16g N)

	굴	낙지	오징어	꽃게	꽃새우
Ile	4.56	4.63	4.60	4.24	3.69
Leu	7.48	6.88	8.44	7.51	6.85
Lys	6.12	7.52	8.51	6.51	7.35
Met	2.60	2.24	2.80	2.48	2.76
Cys	1.51	1.09	1.16	1.12	1.12
Phe	4.81	3.84	4.02	3.96	3.89
Tyr	3.42	3.52	3.02	4.18	3.00
Thr	4.49	4.00	4.41	3.77	3.42
Trp	0.98	1.04	0.94	1.09	0.92
Val	4.93	4.32	4.27	4.39	3.67
His	1.73	2.24	2.08	1.92	1.87
Arg	7.68	9.92	7.52	8.96	9.37
Ala	5.57	5.60	5.43	5.81	4.92
Asp	8.81	9.28	9.51	11.05	9.14
Glu	15.08	13.12	15.71	14.63	15.37
Gly	5.19	6.88	4.67	6.56	7.49
Pro	5.70	4.16	4.68	4.96	3.12
Ser	4.54	3.84	4.13	3.31	3.49
TAA	95.2	94.12	95.9	96.45	91.44
EAA/TAA(%)	44.58	43.90	46.14	42.68	41.92

단백질 순도는 높으나 필수 아미노산 비율이 어류보다 낮고 histidine은 백신어육 수준이다. 패류는 두족류와 비슷한 아미노산 분포와 단백질 순도를 나타내고 있으며, 갑각류는 필수아미노산 비율이 훨씬 낮은 경향이다.

2) *In vitro* 방법으로 측정된 단백질 영양가

실험동물을 이용하지 않고 아미노산 조성이나 단백질효소 가수분해도를 이용한 소화율, 그리고 개별 필수아미노산의 유효도로서 단백질 품질을 예측할 수 있다. 이중 1957년 FAO 단백질 필요

표 14. *In vitro* 방법으로 측정된 생어개육의 단백질 영양가

Proteins	Protein score	Amino acid score	C-PER	<i>In vitro</i> dig.(%)
Reference Proteins				
Whole egg	100	100		
Casein	80(S)		2.5	90.0
Beef	83(Trp)	98(S)	2.4	85.6
Rice	72(Trp)	62(Lys)		
Wheat flour	47(Lys)	35(Lys)		85.7
Fish Proteins				
Average	70(Trp)			
Skipjack tuna	71	87(s)	2.9	87.4
Mackerel	62	76(S)		85.8
Cod	83	100	2.7	86.7
Pacific herring	68	100		84.2
Brown sole		77(S)		87.1
Bastard halibut	55	67(S)	2.7	82.8
Crucian carp	70	100	3.5	85.6
Yellow tail	67	82(S)		84.8
Oyster	63	95(T)	1.8	80.2
Little neck clam	88	100	2.0	82.8
Orient hard clam		94(V)	2.0	83.1
Squid	86	94(V)	2.1	84.7
Common octopus	72	88(S)		
Tiger prawn	73	94(S)	2.2	83.2
Blue crab	100	95(S)	2.4	82.1

표 15. 부위별에 따른 수산물 소화율

(in vitro, %)

	오징어				굴
	Raw	Warmed	Boiled	Steamed	Raw
전체(W)	84.4	85.6	85.8	89.9	81.0
몸통	86.9	84.7	87.2	89.9	
꼬리	88.0	89.2	84.4	81.3	
다리	80.0	83.8	86.5	88.4	
패주(A)					91.8
내장(V)					78.1
W-A					80.0
W-V					82.2
W-A-V					81.7

량 설정 위원회에서 결정한 이상적인 단백질의 필수아미노산량에 대한 시료 단백질의 해당 필수아미노산 백분율 중 가장 낮은 아미노산(제한 아미노산)의 백분율로 정의되는 단백질로 어육 단백질을 평가하면 평균 70 정도이며 제한아미노산은 tryptophan(1g/16g N). 그러나 실제 가식부의 tryptophan 함량은 1.2g/16g N 정도 되어 단백질가는 평균 83이 된다. 한편 1973년 FAO/WHO 합동전문위원회에서 제안한 필수아미노산 조성에 따라 계산한 amino acid score는 회유성의 적신어류나 넙치와 같은 저서성 어류가 67~87로 다른 어육보다 낮고 제한아미노산은 황함유 아미노산(met+cys)이다. 패류나 두족류는 90~95이고 제한아미노산은 valine(패류, 오징어), tryptophan(굴) 황함유아미노산(갑각류, 문어) 등으로 다양하다. 단백질효소 가수분해 정도와 필수아미노산 함량으로 계산한 C-PER수치로 보면 표준단백질(ANRC casein)보다 모든 어육단백질이 이보다 훨씬 우수하지만 패류, 두족류, 갑각류등은 표준단백질(2.5)보다 낮아 2.0 이하로 평가된다. 한편 효소 가수분해법을 이용한 단백질소화율은 생어육은 85~87% 정도이지만 다른 수산동물육의 소화율은 이보다 낮은 80~84%로서, 가열처리하지 않을 경우 어육단백질 이외의 수산동물육 단백질은 소화율이 그리 좋지 않음을 알 수 있다.

수산동물의 가식부 단백질의 소화율은 부위별에 따라 다양하게 나타나는데 특히 두족류나 패류에서 차이가 심하다. 오징어의 경우 가식부 전체의 소화율이 84%이지만 꼬리부분은 88%이고 다리부분은 80%에 불과하다. 그러나 가열처리 조건에 따라 단백질조직의 변성도가 부위별로 다르기 때문에 소화율도 아주 다르게 나타난다. 생굴도 소화율이 81% 정도이지만 패주는 92% 정도로 아주 높고 내장은 80% 이하이다.

수산동물육 단백질의 품질을 lysine의 유효도로 나타낼 경우 부위와, 어종, 가공방법에 따라 달라진다. 굴을 제외한 패류는 전체 lysine에 대한 유효성 lysine 비율이 80% 이하이지만 지방함량이 낮은 어류는 87%를 웃돈다. 지방함량이 높은 고등어를 탈지하여 만든 어분은 87.5% 수준이지만 지방함량이 비교적 낮은 백신어육일지라고 탈지하지 않고 가공하면 83% 밖에 되지 않음

표 16. 수산물의 유효성 Lysine

(g/16g N)

	Total Lys(A)	Available Lys(B)	B/A (%)
고등어 어분	8.65	7.60	87.5
동결건조 대구포	9.50	7.90	83.2
바 지 락	8.20	6.45	78.5
굴	7.10	6.17	87.0
재 칩	7.42	4.40	59.6
백 합	7.61	6.04	79.5
개량조개 폐각근	8.60	6.67	77.5
개량조개 패주	8.70	7.61	87.1

을 알 수 있어 조리, 가공된 어육단백질의 품질이나 영양가는 지방질이 크게 영향을 미침을 알 수 있다.

3) *In vivo* 방법으로 측정한 수산동물육의 단백질의 영양가

수산동물육을 소화율이 높게 나타내는 조건으로 열처리하여 진공 동결건조하여 만든 먹이로 albino rat를 4주간 사육하면 대부분 최초 체중의 3배 이상 늘어나 표준단백질(2.5배)보다 우수한 단백효율비를 나타낸다. 하지만 지방함량이 많아 사육기간 중 먹이 중의 지방이 산패되어 단백질의 품질이 떨어지면 영양가(PER)가 아주 좋지 않은 것으로 평가될 수도 있다(굴, PER 1.9).

대부분의 수산동물육 단백질 소화율은 90% 이상이지만 열처리가 부적절할 경우는 소화율이 나 PER, NPR이 급격하게 떨어져, 수산동물육 단백질 영양가는 열처리 조건이나 공존하는 다른 영양소와의 상호반응이 크게 관여함을 알 수 있다(표 17).

4. 수산 단백질의 영양가 변화

1) 가열처리와 건조방법의 영향

수산동물육은 조직이 취약하고 단백질구조가 불안정하기 때문에 열처리 조건에 따라 영양가가 달라져 특히 소화율이 크게 변하며, LAL(lysinoalanine)과 같은 아미노산 상호반응물질이 생성되어 적절한 가열조건으로 조리·가공되어야 한다. 또한 고온가압으로 어육을 처리하게 되면 소화율이 떨어지거나 PER이 극심하게 낮아져 실험동물의 체중이 거의 늘지 않고 일부 탈모현상이 일어나 영양상의 큰 문제를 일으키기도 한다. 또한 건조 방법에 따라서 소화율이 달라지기도 하므로 효과적인 건조방법을 선택하여야 한다(표 18).

표 17. *In vivo* 방법으로 측정된 어개육의 단백질 영양가

	App. dig. (%)	BV	PER	NPR	NPU
ANRC casein	92.0	76	2.5	4.8	75
Cod	92.5	89			88
		82			83
Atlantic cod	92.9	83			83
Atlantic cod	90.6				
Atlantic pollock (steamed 100°C, 2.5min)	92.2		3.0	5.8	
Sardine	88.6	72			69
	91.1	79			77
Skipjack tuna	92.1	83			82
Skipjack tuna (canned)			2.3		
Horse mackerel	90.9	89			87
Yellow tail	92.5	88			88
Bastard halibut	92.6		2.9	4.0	
Bastard halibut (140°C, 9.85hr)	85.3		0.3	1.2	
Crucian carp	93.9		2.8	4.2	
Crucian carp (136.7°C, 7.25hr)	76.3		0.2	1.0	
Jacopever	91.1		2.8	4.2	
Jacopever (140°C, 9.38hr)	75.3		0.4	1.1	
Loach (whole)	89.9		2.1	3.7	
Loach (140°C, 10.08hr)	79.3		0.5	1.1	
Shrimp	91.6	87			86
Oyster (steamed 88°C, 1min)	85.5		1.9	4.2	
Salad shrimp (boiled 100°C, 1min)	92.3		2.9	5.6	
Octopus		83			
Squid (<i>Todarodes pacificus</i>)	91.8	75			74
Squid (steamed 100°C, 1min)	92.2		2.9	5.8	
Laver (sun dried)	79.0		1.7	4.0	

2) 저장중의 변화

수산동물육을 상온에서 저장하게 되면 소화율과 유효성 lysine 함량이 계속 떨어지는 반면 trypsinase 비소화성 물질이나 비효소적 갈변물질이 계속 늘어나 영양가가 매우 저하됨을 알 수 있다(표 19).

표 18. 고온가압 어육 단백질가수분해물의 품질변화

	Rat PER	<i>In vivo</i> dig. (%)	TIS (mg/100g solid)	Available lysine (g/16g N)	Browning (O.D. at 440nm)
넙 치 육	2.91	92.6	53.9	6.76	0.04
넙치 가수분해물 (140℃, 9.85hr)	0.26	82.3	87.5	1.76	0.11
조 피 불 락	3.40	91.1	45.9	7.26	0.03
조피불락 가수분해물 (140℃, 9.38hr)	0.37	75.3	85.1	2.22	0.18
붕 어 육	2.83	93.9	40.1	7.19	0.07
붕어 가수분해물 (136.7℃, 7.25hr)	0.23	76.3	86.2	1.82	0.06
미꾸라지 (진어체)	2.09	89.9	46.1	6.24	0.06
미꾸라지 가수분해물 (140℃, 10.08hr)	0.50	79.3	88.9	2.28	0.16

표 19. 건조 방법에 따른 어패류의 단백질 품질

		소화율(<i>in vitro</i> , %)	비소화성물질 (TIS mg/g solid)
오징어	일 건	83.0	0.56
	진공 건조	81.4	0.54
	진공동결건조	84.7	0.58
굴	일 건	74.8	0.78
	진공 건조	78.7	0.60
	진공동결건조	81.0	0.53
새우	일 건	84.8	0.45
	진공 건조	86.8	0.41
	진공동결건조	89.3	0.36
명태	일 건	84.7	0.44
	열풍 건조	84.7	0.50
	진공 건조	87.0	0.22
	진공동결건조	85.8	0.25