

乾魚肉 貯藏중 脂質이 蛋白質 消化率 低下에 미치는 影響

김 상 애 · 이 강 호* · 류 홍 수**

부산여자대학 교양학과 · *부산수산대학 식품공학과 · **부산수산대학 식품영양학과
(1986년 5월 25일 수리)

Influence of Lipids on the *in Vitro* Protein Digestibility of Dried Fish Meat

Sang-Ae KIM

Department of General Education, Pusan Women's University
Dongnae-gu, Pusan 607, Korea

Kang-Ho LEE

Department of Food Science and Technology, National Fisheries University of Pusan
Nam-gu, Pusan 608, Korea

and

Hong-Soo RYU

Department of Nutrition and Food Science, National Fisheries University of Pusan
Nam-gu, Pusan 608, Korea

(Received May 25, 1986)

The interaction of myofibrillar protein with lipid or oxidized lipid was considered to be mostly contributing to the drop of digestibility of fish meat products. The digestibility of myofibrillar protein was 92.11% for flounder and 88.04% for hairtail fish, respectively, and as a rule it decreased as both the amount of lipid and reaction time increased. It also decreased with increase in the amount of added linoleate and oxidized linoleate. However, when the reaction continued for 6 hours or more the digestibility rather increased, which was provably due to the unfolding of protein structure.

The hot air dried hairtail fish showed the lowest C-PER values among all dried fish products. The protein quality of flounder, hairtail fish and their dried ones except hot air dried ones measured by C-PER procedure were superior to that of ANRC casein. DC-PER values of all samples were greater than those of C-PER values and the greater discrepancies were noted in hairtail fish (fatty fish) products which possessed the lower *in vitro* protein digestibilities. Predicted digestibilities, which were calculated using amino acid profiles, of all samples except raw ones were overestimated in comparison with *in vitro* protein digestibilities.

From the observations so far, formation of complex of lipids and protein was thought to be the most important factor in lowering protein digestibility of the dried fish meat products.

緒 論

水産蛋白質食品은 乾燥貯藏中에 酸化脂質과의 反應으로 蛋白質의 量的 損失, 非酵素的 褐變, 脂質-蛋白質의 不溶性 複合體 形成, available lysine 의 不溶

化, TIS 의 生成, 魚肉의 構成脂肪酸 및 아미노산의 變化로 인한 魚肉의 褐變, 風味損傷, 營養價損失 및 *in vitro* protein digestibility 低下가 초래되어 魚肉의 品質低下가 일어난다¹⁾.

水産蛋白質食品의 *in vitro* protein digestibility 를 저

하시키는 要因은 上記에서 밝힌 바와 같으며 그 低下要因中에서 蛋白質과 脂質과의 相互反應으로 인한 要因이 크게 영향을 미치는바, 本 研究에서는 魚肉蛋白質중 많은 비중을 차지하는 myofibrillar 단백질과 지질과의 반응 및 model system 을 통한 *in vitro* protein digestibility 의 測定과 아미노산 組成을 이용한 豫測消化率, C-PER, DC-PER 를 계산하여 實際 測定한 *in vitro* protein digestibility 와 비교검토한 결과를 보고하고자 한다.

材料 및 方法

1. 材 料

1984년 9월 2일 부산 공동어시장에서 구입한 갈가자미(*Tanakius kitaharai*, 體重 116±15 g, 體長 20±5cm, 이하 가자미라 한다)와 갈치(*Trichiurus lepturus*, 體重 324±12 g, 體長 86±5 cm)를 氷藏하여 실험실로 옮겨 다음과 같이 처리하여 試料로 사용하였다.

2. 材料의 處理 및 貯藏

1) 試料의 調製

日乾 및 脫脂試料: 試料 가자미의 비늘을 제거하고 배갈이한 다음 水洗하여 그물 받 위에서 16시간(28~30°C) 陰乾한 것을 日乾試料로, 같은 試料魚를 methanol 溶液으로 4°C에서 2시간, chloroform 溶液에서 12시간 脫脂하여 같은 조건에서 陰乾한 것을 脫脂試料로 하였다.

갈치는 비늘을 제거하여 fillet 으로 만든 후 가자미의 경우와 같이 日乾 및 脫脂試料로 하였다.

2) 試料의 貯藏

乾燥된 試料의 肉部分만을 막자사발 및 電動모터(Type: RMO, Restch)로 마쇄한 후 80 및 100 mesh 의 표준체에 통과시킨 후 불투명한 플라스틱 용기(φ 5.6 cm, H 10.4 cm)에 200 g씩 넣어 실온(20~25°C), 4°C 및 -20°C에서 저장하면서 試料로 사용하였고 저장기간중 1日 1回 흔들어 試料가 空氣와 고무 접촉되게 하였다.

3. 方 法

1) Apparent *in vitro* protein digestibility

모든 試料의 apparent *in vitro* protein digestibility

는 Satterlee 등²⁾의 방법을 수정한 AOAC 방법³⁾으로 측정하였으며 이 實驗에 사용된 酵素는 Sigma 劑 trypsin(T 0134, 17,700 BAEE units), peptidase (P 7500, 50 units/g solid), α-chymotrypsin(C 4129, 51 units/mg solid), protease (P 0384, 5.8 units/mg solid)이며 % protein digestibility 를 구하기 위한 계산식은 다음과 같다.

$$\% \text{ digestibility} = 234.84 - 22.56X$$

X: 20분 incubation 때의 pH

2) Myofibrillar 蛋白質과 抽出 脂質과의 反應에 따른 消化率

Groninger⁴⁾ 및 Groninger 와 Miller法⁵⁾으로 抽出, myofibrillar 蛋白質(가자미 0.1050 g, 갈치 0.1246 g 이하 myofibrillar 라 한다)에 앞의 방법으로 抽出한 脂質을 生試料의 成分 組成과 같은 比率(가자미 1.3:0.2(w/w), 갈치 0.75:0.6(w/w))로 섞어 15~18°C 에서 4시간 日乾한 것과 40°C dry oven 에서 4시간 熱乾한 것의 消化率을 測定하였다. 한편 蛋白質-脂質의 反應條件이 消化率에 미치는 影響을 糾明하기 위하여 蛋白質-脂質의 比率(가자미 10:0.26~10:4.52, 갈치 10:3.8~10:30), 反應溫度(20, 30, 40 및 60°C) 및 反應時間(1, 2, 4 및 6時間)을 달리하여 apparent *in vitro* protein digestibility 를 調査하였고, 또 生試料의 組成과 같은 蛋白質, 脂質의 比率로서 위와 같은 溫度 및 時間條件에서 實驗하였다.

3) Myofibrillar 와 linoleic acid 와의 反應에 따른 消化率

抽出한 myofibrillar 와 linoleic acid(Free acid Grade III, Sigma Co., USA), 酸化 linoleic acid (45°C의 熱風으로 酸化시킨 linoleic acid, POV 632.8)를 가자미 試料에는 5:0, 5:1, 5:2, 5:4 및 5:6(w/w)의 비율로 갈치 試料에는 6:0, 6:1, 6:2, 6:4 및 6:6(w/w)의 비율로 linoleic acid 를 增量시켜 섞고 37°C에서 2시간 반응시켜 消化率을 測定하였다.

4) Predicted digestibility (P-dig.), computed protein efficiency ratio(C-PER) 및 discriminant computed protein efficiency ratio (DC-PER)

P-dig., C-PER 및 DC-PER 은 *in vitro* protein digestibility 와 아미노산 分析結果를 토대로 AOAC 法³⁾으로 계산하였다.

結果 및 考察

1. Myofibrillar와 脂質과의 相互作用

1) 乾燥試料의 myofibrillar와 脂質과의 相互作用

가자미, 갈치肉에서 추출한 myofibrillar의 消化率은 각각 92.00, 89.08%이었고, 추출 蛋白質과 脂質을 生試料의 組成으로 섞어 4시간 日乾한 試料의 消化率은 각각 85.26, 86.40%, 熱乾試料는 83.42, 84.02%이었다(Table 1). 한편 純粹한 myofibrillar만을 같은 조건에서 日乾 및 熱乾한 試料의 消化率은 각각 89.27, 89.88%(日乾) 및 90.63, 89.12%(熱乾)으로 純粹 myofibrillar 消化率이 脂質과 혼합된 것의 그것보다 더 높았다. 脂質과 蛋白質과의 相互作用은 蛋白質을 不溶化시키는데, 이는 遊離脂肪酸이나 aldehyde에 의하여 促進되며^{6,7)} 이로 인하여 消化率이 低下된다⁸⁾.

Table 1. Comparison of *in vitro* protein digestibilities of dried fish muscle with those of isolated myofibrillar and protein-lipid interacted product

Sample	Fish muscle Dig. (%)	Isolated myofibrillar protein Dig. (%)	Myofibrillar protein-lipid interacted Dig. (%)
Flounder			
Raw	87.63	92.11	92.00
Sundried	85.47	89.27	85.26
Hot air dried	86.62	90.63	83.42
Hairtail fish			
Raw	86.08	88.04	89.08
Sundried	85.18	89.88	86.40
Hot air dried	84.82	89.12	84.02

이들 蛋白質과 脂質과의 相互作用中 不飽和脂肪酸과의 相互反應이 더 커서 脂質-蛋白質 複合體를 形成하며, 이 複合體形成에 影響을 미치는 중요한 인자는 蛋白質의 狀態이다. 即 純粹한 蛋白質은 脂質과 相互反應하는 傾向이 약하며 變性蛋白質은 그 作用이 커진다는 보고⁹⁾와 같이 本 實驗의 두 魚種에서의 추출 myofibrillar를 脂質과 反應시킨 直後 熱乾한 것은 그 作用이 커서 消化率의 低下가 컸고, 또한 不飽和 脂肪酸 比率이 높은 가자미試料는 갈치에 비하여 消化率이 더 低下되었다.

脂質과 蛋白質과의 相互反應이 魚肉蛋白質 消化率 低下에 寄與하는 程度를 다음과 같이 계산하였다.

$$\frac{(M-L \text{ 消化率} - \text{乾燥} M-L \text{ 消化率}) - (M \text{ 消化率} - \text{乾燥} M \text{ 消化率})}{\text{生試料魚肉 消化率} - \text{乾燥魚肉 消化率}} \times M\%$$

M: myofibrillar protein
M-L: myofibrillar protein-lipid

日乾 및 熱乾 直後 가자미肉과 갈치肉의 消化率 低下에 미치는 脂質과 蛋白質과의 相互反應의 寄與度는 90% 이상으로 이 두 成分의 相互反應이 魚肉蛋白質 消化率 低下의 主要原因이라고 생각된다.

純粹 抽出된 蛋白質과 脂質과의 相互反應은 이들이 食品중에 存在할 때에 비하여 어느 程度 反應되는가는 正確하게 判明되지 못한 狀態이나, 反應基가 서로 노출되어 있다고 假定하면 이들이 同量 食品중에 存在할 때보다 다른 成分의 混雜 내지 妨害作用을 받지 않고 比較的 활발하게 反應되리라 推測할 수 있다. 그러므로 上記와 같이 계산된 寄與度는 魚肉 자체에서는 多成分으로 인하여 어느 程度 낮아질 수 있다고 생각되나 이 두 成分의 相互反應이 魚肉蛋白質 消化率 低下에 決定的인 影響을 미치는 것으로 斷정할 수 있다.

따라서 乾燥, 貯藏時의 脂質과 蛋白質과의 相互作用은 酸化脂質과 蛋白質과의 反應으로 生成된 褐變物質, 窒素化合物 및 過酸化物的 分解物 사이의 相互作用 등의 複合的인 反應이며 이로 인하여 *in vitro* protein digestibility가 低下되며 부수적으로 available lysine의 不溶化, TIS 등의 影響도 받는다고 생각된다.

2) Myofibrillar와 脂質과의 相互作用

脂質量의 影響 生試料의 蛋白質과 脂質의 組成 比率(가자미 10:1.13, 갈치 10:7.5)을 考慮하되 脂質量을 0.5, 1, 2, 4배로 하여 40°C에서 4시간 反應시켰을 때의 消化率은 Fig. 1과 같다. 純粹한 myofibrillar의 消化率은 가자미, 갈치가 각각 92.11, 88.04% 이었는데, 이런 消化率의 差異는 두 試料간의 myofibrillar의 特性에 起因되는 것으로 생각된다. 0.5배의 脂質 첨가시의 가자미, 갈치의 消化率은 85.04, 83.69%로 減少되었는데 이는 純粹 myofibrillar와 脂質과의 相互作用이 급격히 일어났기 때문이라 생각된다. 1배量의 脂質과 myofibrillar와의 反應時의 消化率은 低下되어, 갈치의 경우 生肉의 成分含量으로 myofibrillar와 脂質과의 相互作用이 거의 終結되어 이 이상의 脂質을 増量하더라도 變化가 없을 듯하고, 가자미의 경우 脂質量을 1, 2, 4배로 增加하였을 때 계속 消化率이 減少되었는데 이는 脂質의 絶對量이 적어서 계속 myofibrillar와 反應이 行해된다고 보아진다. 即 蛋白

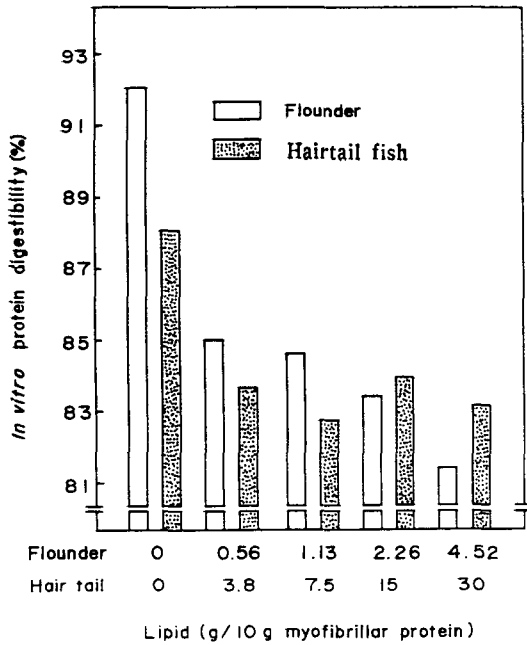


Fig. 1. Changes in the *in vitro* protein digestibility of flounder and hairtail fish as a function of myofibrillar protein to lipid ratio(w/w). The reaction of lipid with myofibrillar protein was carried out for 4 hours at 40°C.

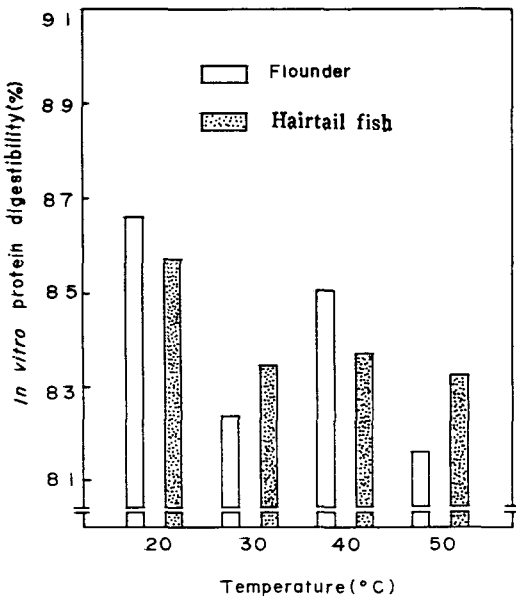


Fig. 2. Variation in the *in vitro* protein digestibility at different myofibrillar-lipid reaction temperatures. Reaction was conducted under the conditions for 4 hours. The ratio of myofibrillar protein vs lipid (w/w) was 10:0.56 for flounder and 10:3.8 for hairtail fish.

質의 消化率은 脂質含量 및 蛋白質의 種類에 큰 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

溫도의 影響 蛋白質과 脂質의 比率을 가자미 10:0.56, 갈치 10:3.8로 하여 4시간 동안 20, 30, 40 및 50°C에서 反應時의 消化率은 Fig. 2와 같다.

20°C에서의 가자미, 갈치의 消化率은 각각 86.62, 85.72%이었는데, 30°C에서는 각각 82.33, 83.24%로 저하되었다가 40°C에서는 85.04, 83.69%, 50°C에서는 81.62, 83.24%이었다.

20°C에서는 脂質이 蛋白質 消化率 低下에 크게 영향을 미치지 못하여 가장 높은 消化率을 나타내었고, 30°C에서는 脂質과 蛋白質과의 相互反應이 活潑히 일어나 消化率이 급격히 減少되었으며, 40°C에서는 脂質과 蛋白質과의 相互反應으로 인하여 消化率을 低下시키는 要因보다 蛋白質이 酵素作用을 받기 쉬운 構造의 變化和 自家消化 등으로 인하여 消化率을 높이는 現象이 나타난 것으로 생각되며, 50°C에서는 갈치의 경우 거의 消化率에 變化가 없었고, 가자미의 경우는 消化率 上昇 要因보다는 脂質과 蛋白質과의 相互反應과 高溫으로 인한 蛋白質의 變性 即 不溶化가 일어나 消化率이 減少된 것으로 보인다. 따라서 脂質과 反應하고 난 나머지 蛋白質의 不溶化가 일어나 消化率이 낮아진 것으로 생각된다⁹⁾.

한편 生試料의 蛋白質, 脂質 成分組成으로 20, 30, 40 및 50°C에서 4시간 反應시켰을 때 消化率을 나타낸 結果는 Fig. 3과 같다. 가자미, 갈치의 소화율은 20°C에서 각각 89.38, 89.10%, 30°C에서는 84.37, 85.38%, 40°C에서는 86.15, 86.62%, 50°C에서는 84.59, 83.02%이었다. 30°C에서는 脂質과 蛋白質과의 相互反應이 거의 일어나지 않았으며, 30°C에서는 相互反應이 活潑히 일어나 消化率이 低下되었으며, 40°C에서는 脂質과 蛋白質과의 相互反應보다는 大量 抽出한 myofibrillar 중에 존재하는 여러 成分 即 蛋白質 分解酵素나 그 의 成分들의 作用, *in vitro* protein digestibility를 측정하는데 사용된 酵素들의 活性, 溫度上昇에 의한 蛋白質 構造의 變化 등으로 인하여 消化率이 증가된 것으로 생각되며, 50°C에서는 消化率 上昇 要因보다는 脂質과 蛋白質과의 相互反應으로 인한 不溶性 複合體의 形成과 比較의 高溫으로 인한 蛋白質 不溶化 등으로 消化率이 극히 低下된 것으로 보인다.

時間의 影響 相互反應이 가장 낮았던 條件(成分比率, 가자미 10:0.56, 갈치 10:3.8 w/w, 20°C)

乾魚肉 貯藏중 脂質이 蛋白質 消化率 低下에 미치는 影響

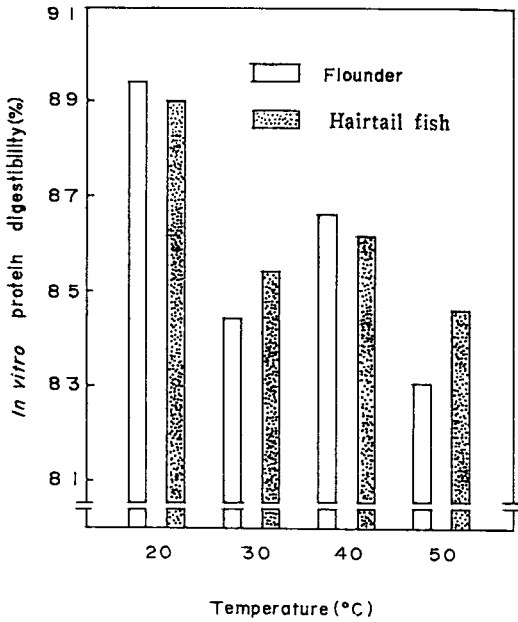


Fig. 3. The *in vitro* protein digestibility at various temperatures in the reaction of myofibrillar protein with lipid (reaction time; 4 hours, myofibrillar protein : lipid=10:1.30 for flounder, 10: 7.5 for hairtail fish).

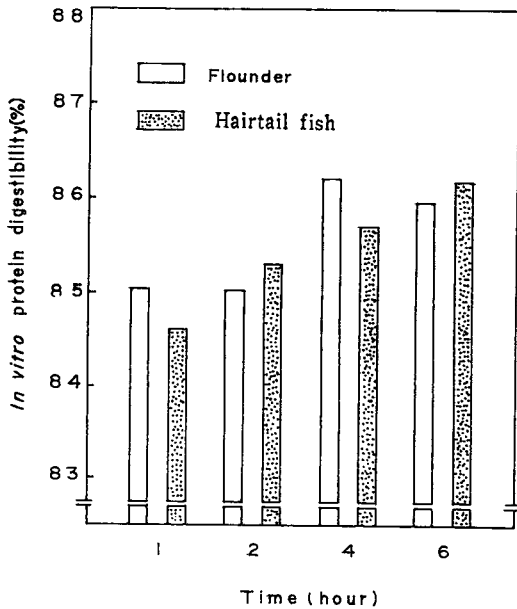


Fig. 4. Effect of reaction time on the *in vitro* protein digestibility at 20°C. The ratio of myofibrillar protein to lipid (w/w) was 10: 0.56 for flounder and 10: 3.8 for hairtail fish.

에서 1, 2, 4 및 6시간 반응시켜 消化率을 測定한 結果를 Fig. 4에 표시하였다.

한시간 反應시켰을 때의 消化率은 가자미, 갈치가 각각 84.20, 85.04%, 2시간 반응에서는 85.27, 85.04%, 4시간에서는 86.16, 85.72%, 6시간에서는 85.98, 86.15%이었다. 即 魚肉의 實際構成比의 0.5倍인 少量의 脂質과 蛋白質이 20°C에서 不溶性 複合體를 形成하여 消化率을 抑制하는 효과보다는 시간에 따른 酵素의 作用이 더 큰 것을 알 수 있었다.

生試料의 蛋白質, 脂質 成分 比率에서 反應온도를 50°C로 하여 1, 2, 4 및 6시간 반응시켰을 때의 消化率變化를 Fig. 5에 나타내었다. 即 4시간까지는 脂質과 蛋白質과의 相互反應이 계속 일어나 消化率의 低下現象을 보였으나, 6시간 반응에서는 脂質과 蛋白質과의 相互反應보다는 蛋白質이 酵素作用을 받기 쉬운 構造로 되어 消化率이 增加된 것으로 推測된다.

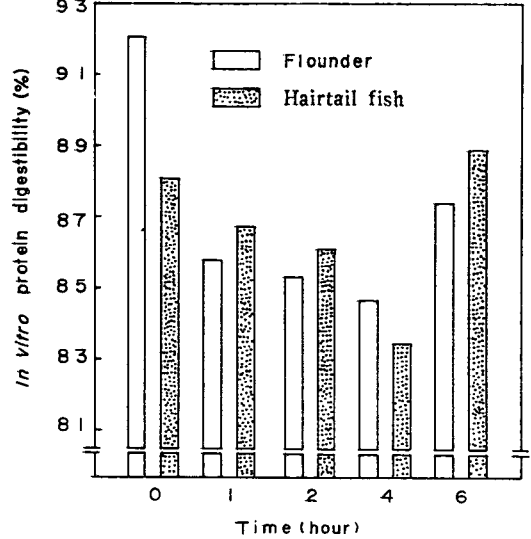


Fig. 5. Various *in vitro* protein digestibilities by different reaction time of myofibrillar protein with lipid (myofibrillar protein: lipid=10:1.13 for flounder 10:7.5 for hairtail fish, reaction temperature; 50°C).

2. Myofibrillar와 linoleic acid 및 酸化 linoleic acid의 相互反應

Myofibrillar와 純粹한 linoleate 및 酸化시킨 linoleate를 앞의 實驗方法에서와 같은 比率로 가자미, 갈치試料에 混合하여 37°C에서 2시간 반응시킨 것의 消化率을 Fig. 6, 7에 나타내었다.

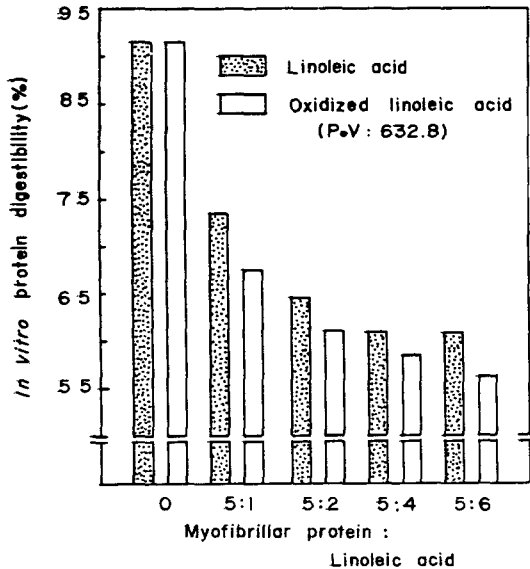


Fig. 6. *in vitro* protein digestibilities of myofibrillar protein (from flounder)-linoleic acid complexes by different mixing ratios (reaction temperature; 37°C, reaction time; 2 hours).

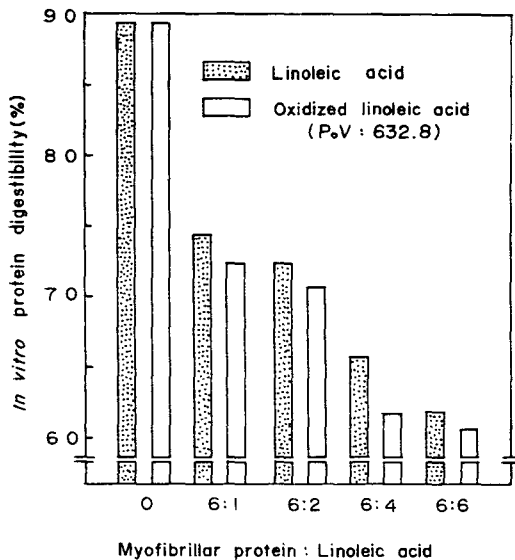


Fig. 7. *In vitro* protein digestibilities of myofibrillar protein (from hairtail fish) linoleic acid complexes by different mixing ratios (reaction temperature; 37°C, reaction time; 2 hours).

消化率は 不飽和脂肪酸의 量이 增加될수록 점차 低下되었고, 가자미의 경우 5:4, 5:6, 갈치의 경우 6:4, 6:6의 比率에서는 거의 消化率에는 차이가 없었고, 不飽和脂肪酸을 더 增加하더라도 相互反應이 더 進行되지 않을 것으로 본다. 한편 蛋白質과 lino-

leate와의 반응보다 酸化 linoleate와의 반응에서는 消化率이 더욱 감소(가자미 2~6%, 갈치 2~4%)되었는데, 이는 심하게 산화된 不飽和脂肪酸이 蛋白質과 trapped complex¹⁰⁻¹² 및 褐變物質¹³⁻¹⁵을 形成하여 酵素의 不活性化¹⁶와 加水分解의 阻害^{8,11,17,18}, 蛋白質의 溶解性 減少¹⁹⁻²² 아미노산 損失²³⁻²⁶ 등을 招來하여 消化率이 低下된 것으로 보인다.

따라서 水産食品 加工貯藏 중의 蛋白質 消化率 低下에는 myofibrillar와 不飽和脂肪酸과의 反應이 크게 영향을 미치며 酸化不飽和脂肪酸의 酸化生成物과의 反應은 큰 因子로서 作用하는 것을 알 수 있었다.

3. 豫測消化率, C-PER 및 DC-PER

아미노산 組成을 이용하여 豫測消化率, C-PER, DC-PER를 계산하고, 이들 값을 實際測定한 *in vitro* protein digestibility와 비교 검토하였다(Table 2).

豫測消化率は 모든 試料에서 誇大評價되어 *in vitro* digestibility와 豫測消化率は 같은 傾向을 나타내지 않았다. 즉 豫測消化率は 脂質含量이 적은 食品이나 脂質을 거의 含有하지 않는 食品 또는 *in vitro* digestibility가 88% 이상 되는 食品에서는 잘 맞으므로¹⁸ 가자미肉은 갈치肉보다 豫測消化率에 잘 맞았다.

生試料의 C-PER은 가자미, 갈치가 각각 2.74, 2.69이었고, 熱乾試料의 경우는 2.59, 2.14이었다. 蛋白質 損傷이 많이 일어난 食品이나 元來 消化率이 낮은 食品일 경우는 rat PER이 C-PER과 근사한 값을 가지므로^{2,18} 本 實驗에서도 熱乾 및 日乾試料의 경우 C-PER로서 rat PER을 예측할 수 있다. 即 C-PER은 TIS含量이 많은 食品 또는 加工處理중 蛋

Table 2. *In vitro* digestibility, predicted digestibility, C-PER and DC-PER of dried fish samples stored at room temperature for 30 days

Sample	<i>In vitro</i> dig. (%)	Predicted dig. (%)	C-PER	DC-PER
Flounder				
Raw	87.63	82.79	2.74	2.90
Sundried	84.72	88.57	2.60	2.67
Hot air dried	84.82	85.12	2.59	2.68
Defatted and Sundried	88.54	82.28	2.59	2.73
Hairtail fish				
Raw	86.08	81.58	2.69	2.68
Sundried	82.68	86.33	2.63	2.93
Hot airdried	78.00	100.80	2.14	2.67
Defatted and sundried	84.52	85.89	2.61	2.71

乾魚肉貯藏중 脂質이 蛋白質 消化率 低下에 미치는 影響

蛋白質 構造 變化가 크게 일어난 蛋白質食品에서 비교적 정확하므로 이는 水産 乾製品 品質評價의 精確한 方法의 하나가 될 수 있다고 생각된다.

모든 試料의 DC-PER 은 ARNC casein 의 DC-PER 보다 높았다. 높은 *in vitro* digestibility 를 가지는 水産食品의 蛋白質 品質을 豫測하는 데는 C-PER 보다 DC-PER 이 요구되며²⁾, 그의 TIS 含量이 낮은 食品이나 蛋白質 含量이 80% 이상(乾物重量)인 食品에는 잘 맞으나, 脂質含量이 많은 水産食品에는 적당하지 못하였다.

結論 및 要約

1. 乾魚肉의 消化率 低下의 主原因은 myofibrillar 와 脂質의 複合體形成이며, 脂質 및 酸化脂質의 量과 反應時間이 增加할수록 myofibrillar 의 消化率은 低下되었으나, 6시간 이상의 反應에서는 蛋白質構造의 unfolding 으로 인하여 오히려 높아졌다.

2. 豫測消化率은 生試料의 경우는 *in vitro* protein digestibility 보다 낮았고, 乾製品에서는 높았으며, 특히 脂質含量이 높은 갈치乾製品의 경우는 더욱 높은 값을 나타내었다.

3. C-PER 및 DC-PER 은 乾製品에서는 生試料보다 낮았고, C-PER 은 갈치의 경우가 가자미보다 더 낮은 값을 나타내었는데, 즉 脂質含量이 높고 品質 低下가 심한 魚肉에는 C-PER 이 유리함을 알 수 있었다.

이상의 結果에서 魚肉蛋白質의 消化率 低下는 加工貯藏중 蛋白質과 酸化脂質과의 相互作用으로 인한 複合體形成이 主原因이며, 日乾 및 熱乾試料는 蛋白質 品質이 低下되었고, 특히 品質 低下가 심한 試料는 *in vitro* protein digestibility 와 C-PER 로 蛋白質 品質을 豫測하거나 評價하는데 유용하게 이용될 수 있다는 것을 알 수 있었다.

文 獻

1. Kim, S. A., K. H. Lee and H. S. Ryu. 1986. Factors influencing on the drop of *in vitro* protein digestibility in dried fish meat, J. Korean Soc. Food Nutr. 15(1), 45-55.
2. Satterlee, L. D., J. G. Kendrick and G. A. Miller. 1979. Rapid *in vitro* assays for estimating protein quality. Food Tech. 31, 78-81.
3. AOAC. 1982. Calculated protein efficiency ratio

(C-PER and DC-PER). Official First Action. J. AOAC, 65, 496-499.

4. Groninger, H. S., Jr. 1973. Preparation and properties of succinylated fish myofibrillar protein. J. Agric. Food Chem. 21, 978-981.
5. Groninger, H. S., Jr. and R. Miller. 1975. Preparation and aeration properties of an enzyme-modified succinylated fish protein. J. Food Sci. 40, 327-330.
6. Andou, S. I., K. Takama and K. Zama. 1981. Interaction between lipid and protein during frozen storage. Bull. Fac. Hokkaido Univ. 32 (1), 97-105.
7. Takama, K., K. Zama and M. Igarashi. 1972. Changes in the flesh lipids of fish during frozen storage. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 38, 607-612.
8. Almquist, H. L. 1956. Changes in extractibility and protein digestibility in fish meal during storage. J. Agric. Food Chem. 4, 638-639.
9. Shenouda, S. Y. K. and G. M. Pigott. 1974. Lipidprotein interaction during aqueous extraction of fish protein. J. Food Sci. 39, 726-734.
10. Roubal, W. T. and A. L. Tappel. 1966. Damage to proteins, enzyme and amino acids by peroxidizing lipids. Arch. Biochem. Biophys. 113, 5-8.
11. Roubal, W. T. 1969. Trapped radicals in dry lipidprotein systems undergoing oxidation. J. Am. Oil Chem. Soc. 47, 141-144.
12. Khayat, A. and D. Schwall. 1983. Lipid oxidation in seafood. Food Tech. 37, 130-140.
13. Pokorny, J., B. A. El-Zeamy and G. Janicek. 1974. Browning reactions of oxidized fish lipid with protein. Congress Food Sci. Tech. 1, 217-221.
14. Fujimoto, K., M. Maruoama and T. Kaneda. 1968. Studies on the brown discoloration of fish products. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 34, 519-523.
15. Fujimoto, K. and T. Kaneda. 1973. Studies on the brown discoloration of fish products. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 39, 185-19.

16. Pande, S.V. and J.F. Mead. 1968. Inhibition of enzyme activities by free fatty acid. *J. Biol. Chem.* 243, 6180—6185.
17. Roubal, W.T. and A.L. Tappe. 1966. Damage to proteins, enzyme and amino acids by peroxidizing lipids. *Arch. Biochem. Biophys.* 113, 5—8.
18. Ryu, H.S. 1983. Nutritional evaluation of protein quality in some seafoods. Ph. D. thesis of Nat. Fish Univ. of Pusan.
19. Desai, I.D. and A.L. Tappel. 1963. Damage to proteins by peroxidized lipids. *J. Lipid Res.* 4, 204—207.
20. Andrews, F., J. Bjorksten, and F.B. Trenk. 1965. The reaction of an autoxidized lipid with proteins. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 42, 779—871.
21. Andou, S.I., K. Takama, and K. Zama. 1981. Interaction between lipid and protein during frozen storage. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 32, 97—105.
22. Nakhost. Z. and M. Karel. 1983. Changes in a model system. *J. Food Sci.* 48, 1335—1339.
23. Tannenbaum, S.R., H. Barth, and J.P. Le Roux. 1969. Loss of methionine in casein during storage with autoxidizing methyl linoleate. *J. Agric. Food Chem.* 17, 1353—1354.
24. Matsushita, S. 1975. Specific interaction of linoleic acid hydroperoxides and their secondary degraded products with enzyme proteins. *J. Agric. Food Chem.* 25, 150—154.
25. Gardner, H.W. 1975. Decomposition of linoleic acid hydroperoxides. *J. Agric. Food Chem.* 23, 129—136.
26. Matoba, T., Z. Yonezawa, B.M. Nair, and M. Kito. 1984. Damage of amino acid residues of proteins after reaction with oxidizing lipids. *J. Food Sci.* 49, 1082—1084.