

豆類蛋白質의 化學的組成 및 開發動向

金 俊 平

(中央大 教授)

1. 緒 論

蛋白質食糧으로 牛肉, 豚肉과 같은 比較的 高價의 動物性 蛋白質을 많이 섭취할 수 없는 山村이나 農村사람의 蛋白質源으로 大豆 및 其他 豆類는 좋은 資源이다. 이들 豆類는 오래전부터 우리 조상들이 愛用하여 왔다. 豆科植物은 약 600屬, 13,000種이 있으며 그중 경제성이 있는 것이 20餘種이 있다. 우리나라에서는 콩의 栽培가 가장 많으며 팥, 녹두, 땅콩, 강남콩, 완두의 순서로 栽培되고 있다.

全世界 生産量의 약 0.5%에 해당되는 約 36萬톤의 豆類가 每年 우리나라에서 生産되고 있으며 약 6萬톤이 수입되어 그 수요를 應當하고 있다. 豆科植物은 比較的 다른 作物보다 기름이 적게 들어 경작이 용이한 잇점이 있고 蛋白質이 많이 들어있어 옛날부터 東洋人에게 脚光을 받아 왔었다. 豆科에는 大豆 땅콩처럼 기름을搾수 있는 油實種子와 팥, 녹두 완두처럼 기름분이 적게 들어있으나 炭水化物이 많이 들어있는 豆類도 있으며 이들은 쌀과 混

用하거나 特殊目的에 利用하고 있다. 豆類에 關한 研究는 오래전부터 많은 사람이 研究한 바 있으며 最近 이들 豆類중 大豆의 利用은 날로 그 수요가 增加하고 여러 加工食品으로 開發 研究되고 있다. 필자는 大豆蛋白質을 中心으로 하는 蛋白質의 組成 및 그의 化學的構造 및 이들의 食品에의 利用動向에 對한 것을 기술코저 한다.

2. 豆類蛋白質의 組成 및 그의 精製

(1) 豆類의 形態와 그構成成分

豆科植物은 世界의 農業에 있어서 禾本科植物에 못지않게 重要한 位置에 있으며 그 種이 13,000이상으로 그 名種도 각양 각색이다. 主로 콩(bean)과 팥(peas)으로 區分하거나, 인도와 같은 나라에서는 콩의 명칭이 여러가지로 gram 또는 pulse등으로 불리기도 한다. gram은 콩각지속에 들어있는 콩을 말하며 콩각지를 벗긴 콩을 pulse라 말하며 legume 또

는 bean과 같은 뜻으로도 사용한다. 또한 gram도 왕왕이 그런 뜻으로 사용하는 경우도 있다.

豆類를 그 形態적으로 구분하는데 있어서 ㉠ 콩겍질 (seed coat) ㉡ 떡잎 (cotyledon) ㉢ 배아 (embryonic axis)으로 구분하고 있으며 그들의 比는 8 : 90 : 2이며 大部分의 重要成分은 떡잎 부위에 들어 있다. 콩은 品種에 따라서 그 成分에 상당히 차이가 있으며 栽培地域과 氣候條件 其他 要因에 의해 差異가 많다. 特히 蛋白質 含量과 脂肪含量도 品種에 따라 差異가 있다. 우리나라 品種중 長端白目이 蛋白質 및 脂肪含量이 많아 가장 좋은 品種으로 인정받고 있다. 그의 금강대립 金강소립등도 좋은 品種에 속하며 어떤 野生種 콩에는 蛋白質 含量이 많이 들어 있는 것도 있다. 대체적으로 食用 豆類의 蛋白質 含量은 33—47%이며 蛋白質은 주로, 子葉과 胚芽부위에 들어 있으며 겍질에는 불과 4.8%밖에 안들어 있다.

特히 子葉에 蛋白質이 40—48% 들어 있고 糖質은 胚芽에 25—34%, 그리고 섬유질은 겍질에 30—45% 각각 들어 있다. 澱粉역시 子葉속에 들어 있으며 기타 raffinose, stachyose, verbascose등도 들어 있음을 알 수 있다.

大豆속에 들어 있는 大部分의 蛋白質은 生物活性을 가지고 있지 아니한 貯藏蛋白質이며 이 貯藏蛋白質外에 各種의 生物活性을 가진 것이 있으나 그 絕對量은 작아 全蛋白質의 10%에 不過하다.

한국산 콩의 一般成分을 보면 다음 표 1과 같다.

豆類의 아미노酸 組成을 보면 다음 표 2와 같이 고루 여러 아미노酸이 들어 있지만 methionine과 같은 含黃 아미노酸이 不足함이 缺

표 1 콩의 일반 화학 성분 (단위 : %)

구분	수 분	조단백질	조섬유	회 분	가 용 성 무질소물
평균	11.95	39.80	19.20	4.60	20.57
최고	12.57	47.00	24.79	5.23	26.81
최저	10.93	33.79	16.32	3.95	16.58

표 2 한국산 두류의 아미노酸組成(mg/gN)

아미노산	대두	팥	녹두
Aspartic acid	651	666	238
Treonine	260	254	122
Serine	318	316	228
Proline	409	291	197
Glutamic acid	998	1125	525
Glycine	251	241	133
Alanine	253	266	132
Valine	309	317	112
Isoleucine	300	243	111
Leucine	446	503	214
Tyrosine	226	252	110
Phenylalanine	326	349	218
Lysine	440	498	516
Histidine	148	209	136
Agrinine	425	434	285

點이며 이를 補強하기 위하여 methionine이 들어 있는 食物과 混用하거나 強化시킬 必要가 있다.

豆類중에는 蛋白質 이외도 脂肪이 약 20% 들어 있고 이들 脂肪酸중 palmitic, linoleic, linolenic acid가 들어 있으며 少量의 stearic 와 oleic acid가 들어 있다.

또한 비타민으로서는 thiamine, riboflavin, niacin 및 ascorbic acid가 들어 있고 無機質로서 Mg, Mn, Cu, S, Ca, P, K등이 들어 있다.

콩에는 特有의 有毒物質이 들어 있어 加熱 處理등의 조작이 必要하다. 알려진 有毒物質로서는 a) trypsin inhibitor, b) hemagglutinine, c) goitrogenic factors, d) cyanogenetic glucosides, e) lathyric factor 및 기타가 認定되고 있다.

(2) 蛋白質의 抽出分離

大豆蛋白質은 물로 抽出하면 그의 90%는 녹는다.

이중 약 80% 이상이 globulin 蛋白質이며, osborn은 이들 蛋白質을 低溫 脫脂大豆에서 食鹽溶液으로 抽出 透析하여 沈澱한 蛋白質을 다시 食鹽溶液으로 溶解 透析를 하여 얻었으며, 食鹽대신 물 또는 알카리溶液을 쓸수도 있다. 또한 透析대신 酸을 加하여 沈澱시킨 方法도 있다, 低溫 脫脂大豆를 原料로 하여 여러 種類의 酸 및 알칼리를 使用하여 pH(0.5—12.0 범위)와 抽出率(含窒素에 對한 抽出液 窒素의 百分率) 關係를 보면 그림 1과 같은 曲線을 얻을수 있다.

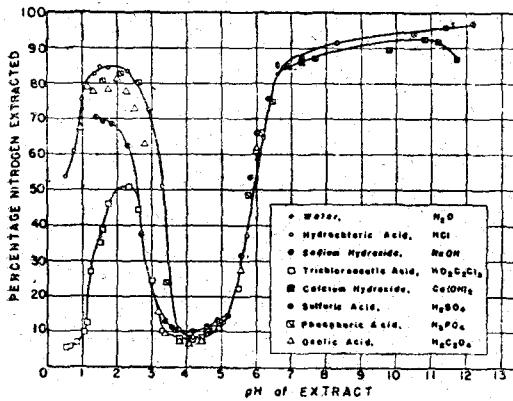


그림 1. 大豆粉에서 蛋白質의 抽出曲線

그림 1에 의하면 NaOH, Ca(OH)₂의 알칼리쪽에서는 抽出率이 물보다 數% 增加하고 酸으로는 모두 pH4.3 附近에서 抽出率이 最低로 되며, pH가 이것보다 더 작아지면 抽出率이 增加하여 pH2 附近에서 最高로 된다. 더 pH가 내려가면 다시 減少된다. 이 경향은 酸의 種類에 關係없이 같은 傾向이 있으나 특히 trichloroacetic acid의 경우 抽出率이 낮아진다.

大豆 蛋白質의 工業的 製造에서도 이 原理

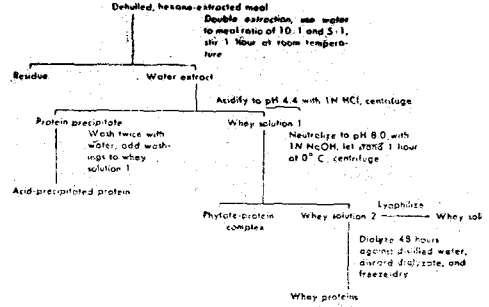


그림 2. 脫脂大豆에서 蛋白質의 分離

를 利用하고 있다. Rackis의 脫脂大豆에서 얻은 實驗室 規模의 蛋白質 分離과정을 소개하면 다음 그림 2와 같다.

위과정에서 回收할 수 있는 蛋白質의 含量은 다음 표 3와 같으며 그중 가장 收率이 좋은것이 Acid-precipitated protein으로 61%의 收率이다. 이때 沈澱되지 아니한 蛋白質을 whey protein이라 한다. 이것의 大部分이 生物活性을 가지고 있는 蛋白質이다. 이중 量的으로 trypsin 活性을 阻害하는 trypsin inhibitor와 血液凝固作用을 가진 henagglutinine 이 압도적으로 많이 들어 있다.

표 3 脫脂大豆에서 分離된 各蛋白質의 收率

Fraction	Yield Gm/100 Gm Meal	Nitrogen (%)	Protein ntnge (%)	Percentage Total N
Soybean meal	100.0	9.83	61.4	—
Acid-precipitated protein	36.9	16.29	01.9	61.1
Residue	30.3	8.31	52.0	25.6
Total whey solids	31.9	2.86	17.9	9.3
Isolated whey protein	3.9	16.23	101.4	6.4
Phytate-protein complex	0.93	2.98	18.6	0.3
Seed coat	8.0	1.53	9.56	—
Hypocotyl whole seed basis	2.0	7.90	49.40	—
Acid-precipitated protein of hypocotyl		15.19	95.15	—

이상은 蛋白質의 抽出 分離의 한 예이지만 含有 蛋白質을 적절히 조절하여 抽出 分離시키는 것은 간단한 문제가 아니며 蛋白質 開發 研究에서 不可缺의 문제이다. 앞에서 說明한 抽出方法 이외도 알코올에 의한 溶劑抽出, 蛋白質의 等電點(앞의 pH4.3은 等電點 임)에 있어서의 酸抽出 分離, 알칼리 抽出후 不溶物인 炭水化合物등의 除去方法은 蛋白質의 質을 크게 左右한다.

抽出한 大豆蛋白質의 分離 凝固 工程으로 酸이나 Ca鹽에 의한 沈澱法, 有機溶劑를 使用하는 方法, 加熱條件을 바꾸어 沈澱시키는 方法, 凍結시켜 解凍시키는 方法등도 蛋白質 食品 開發에 많이 쓰이는 方法이다.

大豆 蛋白質을 抽出 分離하여 얻어진 蛋白質의 名稱에 옛날부터 여러가지로 불리어 왔으나, 오늘날 많이 利用되고 있는 것은 超遠心分離機에 의한 沈澱常數의 性質을 使用하여 불리게 되며 이것 역시 buffer의 條件과 pH및 여러 要因에 따라 달라진다. 예를 들면 7S는 pH7.6과 이온強度 0.5일때 觀察할 수 있으나 이온強度를 0.1로 하면 이들이 二量體化(dimerize)되어 9S peak가 다음 그림 3과 같이 나타난다.

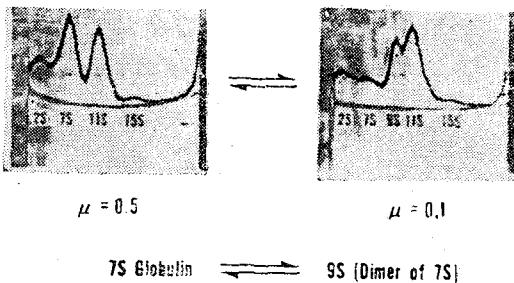


그림 3. 이온強度가 水溶性 大豆蛋白質(pH7.6)에 미치는 영향

最近 分離 大豆蛋白質을 더욱 精製하는데

있어서 生化學的인 Hydroxylapatite에 의한 chromatography法, DEAE-cellulose, DEAE-sephadex, CM-cellulose, CM-sephadex, Dowex-50등을 利用한 精製法이 많이 開發되어 大豆蛋白質의 構造 研究에 크게 貢獻하고 있다.

(3) 大豆蛋白質의 構造

最近 확인된 大豆 globulin 分子構造중 11S globulin은 3개의 酸性 subunit와 3개의 鹽基性 subunit로 되며 11S globulin 한개의 分子量은 약 36萬, subunit 全體로서 polypeptide 主鎖 全體의 약 5%가 α -helix構造, 35%가 β -構造이며 나머지 60%가 不規則的인 random coil 형태로 감겨져 있다. 3次構造로서는 1分子중 86개의 tyrosine 殘基側鎖과 1分子중 23개의 tryptophan 殘基側鎖중, 前者는 34-37개, 後者는 1개의 分子의 立體構造의 表面에 位置하며 나머지는 分子內部的 疏水領域에 감추어져 있다.

1分子중 약 44개의 half-cystine 殘基側鎖는 一部는 SH基의 形態로 一部는 S-S結合의 形態로 存在한다. 7S globulin은 平均分子量이 약 2萬의 9개의 subunit로 이루어 있으며, 각 subunit는 각각一本의 polypeptide로 되며 分子量은 약 18萬 이며, 2次構造는 11S globulin과 비슷하나 3次構造중 1分子중 3개의 tryptophan 殘基側鎖는 全部 分子 表面에 露出하고 있고 35개의 tyrosine 殘基側鎖는 거의 全部가 分子內의 疏水領域에 감추어져 있고 그곳에 S-S結合이 있고 SH로서는 存在하지 아니 한다.

이들 大豆 globulin은 SH基가 있는 11S에서는 SH基를 不活性化 하고 11S, 7S를 이온強度나 pH를 變化시키므로 解離 會合反應을 일으켜, 尿素등의 變性劑를 使用하면 각

subunit는 허물 허물하게 解離되어 原狀態로 還元되지 아니한다.

이들 大豆蛋白質을 變性시키면 이들 立體構造가 파괴되어 각 分子의 反應성이 변함으로 이 反應性을 加工 目的에 기묘하게 이용하는 것이다.

soybean milk의 경우, 加熱하지 아니한 豆乳를 乾燥시키면 蛋白質의 不溶化는 일어나지 아니하지만 加熱한 경우는 蛋白質이 不溶化된다.

이들 構造變化的 機構 해명도 중요하다. 不溶化的 機構에 두가지가 있다. 하나는 大豆蛋白質의 分子間의 S—S結合을 통한 不溶化와 또 하나는 分子間의 疏水結合에 의한 不溶化이며, 前者의 경우는 分子중에 감추어 있던 SH基가 加熱 處理에 의해 分子表面에 나오기 때문에 약 35%의 蛋白質이 不溶化되나, 加熱時間을 增加하면 露出한 SH基가 不活性化되기 때문에 不溶化한 蛋白質의 量이 減少된다. 後者の 경우 加熱時間의 增加로 增大하며 溫度가 높을수록 그 量도 增加한다.

또한 大豆蛋白質의 加工 特性으로서 또 하나는 特性이다. 大豆의 特性에 큰 영향을 주는 것이 蛋白質의 立體構造이며 大豆蛋白質은 疎水領域과 親水領域을 갖어 尿素를 加하면 2次構造, 3次構造가 파괴되어 粘性이 增加한다.

알코올의 경우는 高次構造의 變化는 별로 없고 分子量의 重合에 의해 粘性이 增加한다.

3. 大豆蛋白質의 利用 動向

東洋人은 全世界 콩 生産量의 40%를 여러 모로 소모하고 있으며 우리나라에서도 콩은 간장, 된장, 고추장, 콩나물, 두부, 청국장, 콩국등으로 주로 使用하여 왔으며 콩에서 기

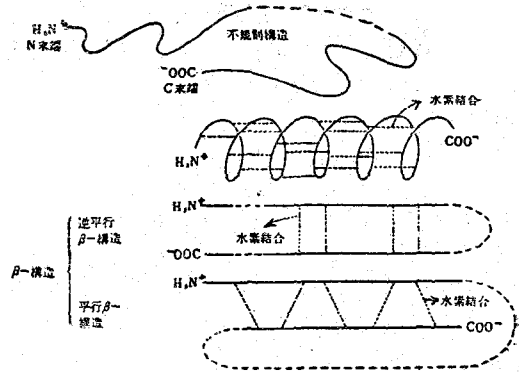


그림 4. 蛋白質分子의 立體構造

름을 짜서 콩기름으로 사용하고 그 大豆粕은 動物의 飼料로 使用할 程度였다. 그러나 世界的인 추세로 大豆蛋白質의 製品으로서는 脂肪 大豆 粉濃縮蛋白, 質分離蛋白質, 纖維狀大豆 蛋白質을 들수 있으며 美國과 같은 나라에서는 特히 人造肉에 對한 研究가 成人病, 肥滿 및 心臟病에 對한 豫防的 意義에서 出發하였는지는 몰라도 우리나라와 같이 牛肉과 같은 畜肉이 比較的 비싼 처지에 있는 나라에서는 이를 代替하는 目的에서도 이들의 開發 研究는 바람직스럽다. 現在 國內 몇 研究機關과 企業體에서 이 人造肉의 製品化를 시도하고 있으므로 不遠 製品이 나올것으로 보나 문제는 어느程度 그 肉感과 기호에 맞을런지 모르는 일이며 人造버터인 마아가린이 버터보다 더 많이 팔리는 것 처럼 더 人造肉이 소모될런지 모르는 일이다. 분명히 콩으로 牛肉을 代替할 수 있다면 이는 경제적으로 월등하게 저렴하게 되는 것이다. 콩의 營養素중 不足한 methionine의 強化도 하나의 과제로 남게 된다.

現在 大豆의 脫臭 및 methionine의 不足한 營養價를 向上시키는데 plasteine 反應과 같은 大豆蛋白質 pepsin 水解物에 methionine

ethyl ester를 10 : 1 混合하여 plasteine 反應을 시키면 methionine이 peptide分子중에 結合되어 營養價가 向上되는 일련의 研究도 進行중이다. 콩의 利用과 콩제품은 각 나라의 국민들의 구미에 따라서 다르며 人造肉이나 肉代用品뿐만 아니라 손쉽게 콩을 加工하여 얻을 수 있는 豆乳와 같은 蛋白飲料가 學校給食으로 普及 促進되어야 한다고 強調되고 있다.

不幸히 우리나라 에서는 學校給食이 社會的인 問題로 대두되어 蛋白飲料까지 給食이 中斷되었으나 學生들의 體位向上을 위해 조심스럽게 다시 學校給食이 이루어져야 할 일이라 생각된다.

4. 結 論

콩은 蛋白質 資源으로 옛날부터 韓國 固有食品인 간장, 된장, 고추장, 두부, 청국장, 콩나물등의 原料로 많이 愛用된 것이다. 콩은 값이 싸고 生産도 容易할 뿐 아니라 乳化性, 保水性, 粘着性, 結着力, gel形成能 起泡性, 保型性, 纖維形成能이 있어 여러 모양으로 加工 處理하여 利用하고 있다.

大豆가 營養的으로 動物性蛋白質에 가까운 良質의 蛋白質이라하여 開發途上國家에서 高價의 畜肉의 代用品으로 開發 利用을 권장할 만 하지만 實際로는 先進國에서 먼저 肥滿과 心臟病的 豫防策으로 人造肉을 生産하고 普及 促進하고 있다.

우리 나라에서도 世界的인 추세에 따라서 現在 傳統的으로 利用하고 있는 콩 蛋白食品의 改善과 人造肉의 開發 및 豆乳蛋白飲料의 多角度的인 研究利用이 시급하다고 본다.

美國·日本 등 식품지출 增加경향

12개 선진국중 西獨, 英國, 프랑스등 9개국은 70년대초보다 70년대 중반에 식품, 음료 및 담배 소비지출이 감소했으나 美國, 日本, 덴마크 3개국은 식품 소비지출이 증가한 것으로 나타났다.

美農務省은 2개월마다 OECD 15개국의 가치분 소득에 대한 식품비 지출 통계를 작성 발표해 왔는데 15개국중 덴마크에서는 소비자들이 1976년에 전체 가치분 소득의 19.2%를 식품비에 지출함으로써 70년의 18.8%보다 0.4%가 늘었고 日本은 70년에 20.3%이던 식품비가 75년에 20.5%로 증가했다.

한편 美國의 소비자들은 70년에 가치분 소득의 14.9%에 달한 식품비가 76년에는 15%로 상승했다. 그러나 美國의 가치분 소득중 식품비 지출 비율은 12개국중 캐나다 다음으로 낮은 기록이었다.

캐나다의 가치분 소득중 식품비는 70년 14.9%에서 76년에는 13.8%로 줄었고 프랑스는 18.1%에서 16.7%로 떨어졌다. 濠洲도 역시 19.3%에서 16.7%로 하락했다.

벨기에는 70년에 전체 가치분 소득중 식품비 지출이 20.8%였으나 75년에는 18.4%였다.

西獨의 경우는 18.2%에서 17.5%로, 이탈리아는 28%에서 각각 떨어졌다.

OCED 12개국의 가치분 소득에 대한 식품비 지출 비율은 다음과 같다. (단위는 %)

年度	國名	1970년	1976년
濠	洲	19.3	16.7
벨	기	20.8	18.4
캐	나	14.9	13.8
덴	마	18.8	19.2
프	랑	18.1	16.7
西	獨	18.2	17.5
이	탈 리	28.0	26.5
日	本	20.3	20.5
和	蘭	17.5	16.6
스	웨	17.2	16.2
英	國	22.4	21.5
美	國	14.9	15.0