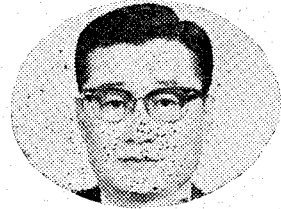


밀가루 蛋白質의 化學的 構成



金 俊 平
(中央大教授)

밀가루 蛋白質인 Gluten은 밀가루 반죽의 부피를 크게하는 重要的 役割을 하며 이 Gluten蛋白質을 構成한 Gliadin의 分子量은 40,000이며 Glutenin은 2~3백만의 高分子化合物로 Gliadin과 Glutenin은 서로 構造上으로는 다르나 Gliadin이 Glutenin 構成 polypeptide로 S-S 結合에 重合體로 構成하며 이들은 20,000~25,000程度의 共通된 polypeptide로 부터 이루어진 것으로 推理하고 있다. Gluten蛋白質에 S-S 含量이 $7.4 \sim 10 \text{ mole}/10^5 \text{ g protein}$ 이며 -SH 含量은 $0 \sim 0.3 \text{ mole}/10^5 \text{ g protein}$ 이다. Gluten表面에 -SH가 적으나 S-S, 및 -SH의 相互交換이 일어나 網狀 形成하여 밀가루 반죽내에서 發生하는 CO_2 의 氣를 들어쌓여 빵의 부피를 크게 한 것이다.

밀가루 種類와 蛋白質의 分離

밀가루의 原料인 밀의 品種만 하여도 15餘種이 우리나라에도 栽培되고 있으며 蛋白質 含量이 많은 硬質小麥은 거의 다 外國에서 輸入하고 있다.

粉食과 빵의 獎勵로 나날이 밀가루의 수요량이 增加되고 있는 實情에 있으며 밀가루는 우리 日常生活에 不可缺한 食品인 것이다.

밀은 원래 중앙아세아地方인 코오카서스地方이 原産이라 한다. 밀의 分類에 있어서 染色體의 數에 따라서 分類하는 植物學的 分類

와 落種期에 따라서 春小麥(Spring wheat)과 冬小麥(Winter wheat)으로 分類하며 또한 穀粒의 硬度에 따라서 硬質小麥(Hard wheat), 軟質小麥(Soft wheat), 中間小麥(Intermediate wheat)로 分類하며 또한 色調에 따라서 白小麥(White wheat), 赤小麥(Red wheat) 등으로 區分한다. 이들을 合하여 硬質赤色小麥(Hard red spring) 또는 硬質黑色小麥(Hard dark winter) 등으로 이름을 부치고 있다. 밀은 그대로 먹을 때의 消化率이 80%인데 밀가루로 만들어 먹으면 98%로 白米의 消化率과 거의 같으므로 밀 그대로 먹는 것 보다는 여러모로

유익하다고 본다. 또한 밀가루를 물과 반죽을 만들어 이기면 粘性과 延性이 커지므로 제빵이나 其他 食品工業의 特殊한 用途가 있다.

이들 밀가루는 蛋白質인 麩質(Gluten)의 含量에 따라서 一般的으로 等級을 區分하고 있다. 또한 乾麩質과 濕麩質의 差異가 있으나 여기에서는 亂麩質量(蛋白質의 量)의 含量으로 본다.

(1) 強力粉(Strong flour: Bread flour)은 蛋白質을 11%~13% 含有한것으로 主로 硬質小麥으로 製粉한 것으로 製빵用으로 適當하다.

(2) 準強力粉(Noodle flour)은 蛋白質이 10%~11% 含量으로 製麵用으로 適當하다.

(3) 中力粉(Medium flour; see purpose flour)은 8%~10%의 蛋白質을 含有하며 多目的用으로 국수, 과자, 제면등에 用途의 폭이 넓다.

(4) 薄力粉(Weak flour; Cake flour)은 6.5%~7.5%의 蛋白質 含量으로 과자나 튀김용으로 사용되는 밀가루이다. 이들 밀가루 蛋白質은 몇 種類의 蛋白質이 들어있다. 가장 많이 들어 있는것이 Gluten이며 이는 밀가루 蛋白質의 90%에 該當한다. 이것은 다시 Alkali 可溶인 Glutenin과 Alcohol 可溶 蛋白質인 Gliadin으로 區分하며 이중 Gliadin이 粘性을 Glutenin이 特히 彈性性을 나타내는 重要한 役割을 한다. 이 Gluten蛋白質 以外에도 水溶性인 Albumin과 Globulin蛋白質이 若干씩 混存하고 있으며 이들 蛋白質의 分離하는 例를 다음 Fig. 1에 表示하였다.

이들 蛋白質중 Gluten은 반죽을 만들때 各 polypeptide中의 -SH가 있는 Cysteine아미노酸의 側鎖가 酸化되며 disulfide(S-S)結合인 Cysteine이 生成하면서 polypeptide間에 網狀構造가 生成되며 yeast나 baking powder의

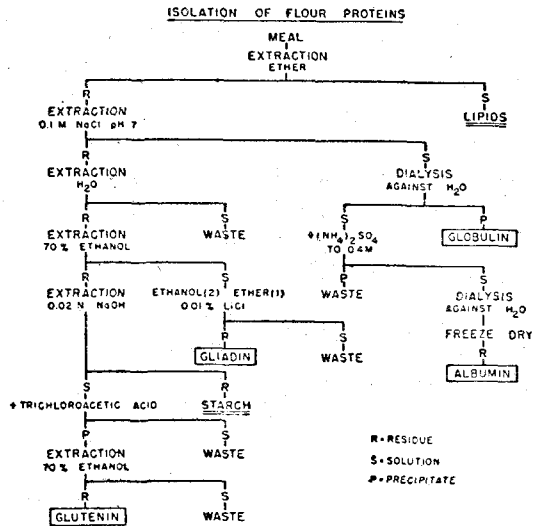


Fig. 1 Isolation of flour proteins.

發生하는 가스를 이 많이 들어쌓여 빵의 부피를 크게 한 것이다.

그러므로 밀가루의 蛋白質性質과 그 構造는 주목할만 한 것이다.

밀가루 蛋白質의 아미노酸 組成

밀가루의 蛋白質은 밀의 種類에 따라서 若干씩 다르나 쌀의 蛋白質의 7%보다는 平均含量이 8~12%임으로 量적으로 많은 便이다. 밀가루 蛋白質은 쌀밥을 主食으로 하는 東洋 사람이 5홉의 쌀밥을 매일 먹는다 하면 하루 必要量의 $\frac{1}{2}$ 以外의 蛋白質인 40g정도를 쌀蛋白質에서 취하게 되므로 이의 不足量을 밀가루로 補充할 수 있다. 그러나 밀가루 蛋白質의 하나의 缺點이라면 必須아미노酸인 Lysine과 Tryptophan같은 아미노酸이 不足하다는 것과 製粉時 若干 손실 된다는 것이다. 그러나 調味料가 될 수 있는 Glutamic acid와 같은 아미노酸은 全蛋白質의 $\frac{1}{3}$ 程度 들어 있다는 것이 特異한 點이다.

이들 밀가루 중 들어 있는 아미노酸을 表示하면 다음 Table 1과 같다.

Table 1.

소맥분의 아미노산 조성표(g/가식부 100g)

	소 맥 분				소 맥 분		
	박력분	중력분	강력분		박력분	중력분	강력분
단 백 질	8.3	8.5	11.0	Valine	0.41	0.40	0.54
Isoleucine	0.35	0.39	0.46	Arginine	0.35	0.39	0.44
Leucine	0.64	0.66	0.85	Histipine	0.16	0.18	0.21
Lysine	0.22	0.22	0.25	Alanine	0.22	0.21	0.29
Methionine	0.15	0.15	0.17	Asparagine	0.39	0.43	0.48
Cystine	0.16	0.16	0.23	Glutamic acid	2.62	2.98	3.86
Phenylalanine	0.42	0.42	0.56	Glycine	0.33	0.36	0.39
Tyrosine	0.28	0.28	0.37	Proline	1.09	1.10	1.54
Threonine	0.26	0.25	0.31	Serine	0.44	0.43	0.58
Tryptophane	0.10	0.10	0.14				

밀가루蛋白質의 SH, SS

含量 및 電氣泳動像

밀가루 蛋白質의 Gluten를 이루는 Gliadin과 Glutenin의 化學構造上的 규명은 아직 確實하지 아니하지만 現在까지 研究되어 있는 SH, SS含量과 各 polypeptide의 電氣泳動像을 紹介하면 다음과 같다.

Woychik等에 依하면 Gluten을 構成하고 있는 Gliadin의 分子量은 40,000程度라 하며 Glutenin은 엄청나게 큰 2-3백만 程度라 한다. Glutenin의 分子量은 너무 크기 때문에 Starch-gel電氣泳動에서 잘 移動하지 아니한다고 한다. 그러나 이 Glutenin의 polypeptide 重合體를 開裂시켜 그 遠心分離像을 보았더니 Homogenous의 平均 20,000~25,000程度의 polypeptide로 構成된 것으로 보고 있다. 即 Glutenin은 比較的 分子量이 적은 polypeptide가 dioulfide結合으로 이루어지고 있다고 보고 있다.

Gluten, Gliadin, 및 Glutenin의 遊離 SH의 含量에 對해서는 다음 Table 2에 表示한바와 같이 모두 0~1.0 mole/10⁵g protein의 範圍內에 들어간다. Beckwith, 및 Sullivan은 Gliadin의 SH含量을 0~0.12mole라고 報告하였

Table 2. SULFHYDRYL AND DISULFIDE CONTENTS of GLUTEN, GLIADIN AND GLUTENIN

	(mole/10 ⁵ g protein)					
	Gluten		Gliadin		Glutenin	
	SH	SS	SH	SS	SH	SS
Manitoba No. 2	0.2	7.4	0.1	7.7	0.3	4.9
Western White	{ 0.0 (0.0)	{ 8.0 (8.2)	{ 0.3 (0.0)	{ 8.1 (8.2)	{ 0.1 (0.1)	{ 5.0 (5.1)
Durum	{ 0.2 (0.0)	{ 8.5 (8.8)	{ 0.2 (0.0)	{ 8.6 (8.7)	{ 0.2 (0.0)	{ 6.6 (6.4)
Norin No.2 6	{ 0.1 (0.0)	{ 8.7 (8.8)	{ 0.1 (0.1)	{ 9.1 (9.2)	{ 0.1 (0.0)	{ 6.5 (6.5)
Shinchu-naga	{ 0.0 (0.0)	{ 9.9 (10.0)	{ 0.0 (0.0)	{ 10.1 (10.6)	{ 0.2 (0.1)	{ 8.0 (8.0)

The determination was made by amperometric titration with 0.001M silver nitrate in 0.1M Tris buffer pH7.5 containing 8M urea and 10⁻⁴M EDTA. Values obtained with silver nitrate are put in parentheses.

고 Agatora 및 Schaefer는 Gluten에 對해 0.3~0.6 및 0.6~1.0임을 報告하였다. 勿論 이들 若干의 差가 있는것은 밀가루의 貯藏期間과 蛋白質의 調製法에 따라서 蛋白質內의 SH의 變動도 推理할 수 있기 때문이라 생각 된다.

結果적으로 보아 알 수 있는 것처럼 遊離 SH의 實際 測定値는 0에 가까운 即 表面에 露出된 SH가 없거나 Cystein含有量이 적다는 것을 意味한다.

Gluten蛋白質의 SS含量은 7.4~10.0 mole/

10⁵g protein이다. 이 數値는 앞에서 言及한 바 SH에 對하면 相當히 높은 値이다. Gluten 中의 이와같이 極히 적은 SH基가 酸化되어 SS結合과 交換反應이 일어나 밀가루의 網狀을 形成하여 빵의 體積을 크게하는 重要한 役割을 하는 것으로 說明이 된다.

Gliadin의 SS結合의 含有量은 7.7~10.1 mole/10⁵g protein이며 Glutenin의 SS含有量은 4.9~8.0mole/10⁵g protein으로 Gliadin의 SS結合이 같은 量의 蛋白質中에 Gluten이나 Glutenin보다 더 많이 들어 있음을 알수있다.

Woychick 등은 SS結合을 還元切斷한 Gliadin과 Glutenin의 gel電氣泳動分析結果로부터 兩者다 共通된 polypeptide로 構成되며 Glutenin는 Gliadin의 polypeptide가 分子間的 SS結合에서 重合이 생겨 生成한 蛋白質이란 說이 있다.

Woychick는 Glutenin의 形成에 있어서 SS含量이 적은 polypeptide가 먼저 優先的으로 結合하여 Glutenin을 形成하게 되므로 Gliadin보다 SS含量이 적은 것으로 풀이하고 있다. Gliadin 및 Glutenin을 構成하는 單位 polypeptide鎖의 分子量이 25,000으로 推定하고 SS含量을 蛋白質 25,000g當의 mole數를 換算하여 생각하면 Gliadin는 polypeptide鎖 1mole當 1.9~2.5mole의 SS를 含有하게 되며 Glutenin는 1.2~2.0mole 含有하는 풀이 된다.

Gluten蛋白質의 電氣泳動像에 關해서는 R. W. Jones 등이 Gliadin에서 4~5個의 peak를 얻고 있으며 Woychick 등은 Starch-gel電氣泳動으로 Gliadin과 Glutenin을 還元 alkylation 시켜 研究한바 있다. Fukagawa 등은 poly-acrylamide의 Disk-electrophoresis로 alkali 側(pH 8.5)에서 SS結合을 開裂시켜 s-sulfo-polypeptide로 만들면서 Gluten蛋白質을 調査하였다 著者는 韓國產 밀品種(제광, 장광, 원광, 영

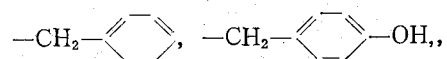
광, 농립 4호)와 美國產 硬質밀의 밀가루를 6 M-urea 注加하고 poly acryl amide의 Disk電氣泳動으로 그들의 像을 살펴보았더니(미 발표) Gliadin과 Glutenin 다같이 4~5個의 Band를 確認한 바 있다.

이상과 같이 Gliadin과 Glutenin의 構造에 있어서도 疑問되는 點이 많이 있으며 特히 分子量이 큰 Glutenin에 있어서는 속단하기 어려운 程度로 分子量이 엄청나게 크므로 앞으로 계속 研究할 課題로 생각된다. Yonezawa 등은 CMC Column으로 Glutenin을 精製하는 研究를 계속하고 있다. Gluten蛋白質에서 水溶性 蛋白質의 混存함이 없도록 精製할 것과 分離된 Gliadin 및 Glutenin를 再精製하여 이들의 化學的 構造 研究가 끝나야 그 全體의 分子形態를 把握할 수 있을 것으로 믿는다.

A. J. Finlayson은 Gliadin를 精製하여 pepsin과 trypsin으로 酵素分解시켜 5個의 主 peptide를 취해 이들의 部分的인 化學構造(一次構造) 研究를 試圖하고 있으나 全一次構造 決定은 요원한것 같다.

밀가루 蛋白質의 諸性質

밀가루蛋白質은 아니라 蛋白質은 20餘種의 아미노酸이 peptide結合으로 一定한 數의 아미노酸 配列로 polypeptide를 形成하고 있다. 이들 構成아미노酸의 種類에 따라서 全體의으로 蛋白質의 性質을 나타내고 있는 것이다. 이들 아미노酸 中에는 側鎖(Side chain)에 어떤 것은 -H, -CH₃, -CH₂-COOH,



-CH₂-SH 등이 붙어서 여러가지 性質을 나타내고 있으며 이들 polypeptide가 한 個의 peptide로 단조롭게 存在한 것도 있고 어떤것은 앞에서 言及한 것 처럼 SH, S-S가 Side

C_{hain}에 붙어서 서로 SH에서 H가 脫離되어 S—S가 되거나 S—S에 H 2個가 들어가 다시 SH로 되는 수가 있다. 2個의 SH에서 2H가 떨어지면 두 polypeptide는 하나의 큰 polypeptide로 되는 것임으로 蛋白質의 性質은 그構成아미노酸에 크게 左右된다는 것이다.

天然에 存在하는 蛋白質은 立體構造를 形成하여 全體적으로 蛋白質의 重要な 特異性을 나타내는 것이 많다. 예를 들면 酵素蛋白質이나 生物學的으로 活性을 가지고 있는 蛋白質은 소위 말하는 γ -helix形態를 갖거나 좀 變形된 β -構造를 一部 갖을 수도 있다. 이들 蛋白質에 어떤 人工處理 即 藥品이나 加熱등을 加하면 天然의 特性을 잃어 立體構造의 形體가 變하는 Random coil形態로 되는데 이런 상태를 變性(Denaturation) 되었다고 말한다.

밀가루蛋白質을 調理하여 消化 吸收시켜 體構成 物質을 만드는 아미노酸만을 補給하는 단순한 蛋白質源으로만 생각하면 밀가루 蛋白質의 side chain의 形體는 크게 問題가 될 수 없고 단지 Lysine, Tryptophan이 不足하다는 것이 문제가 되겠지만 蛋白質은 다른 穀類와 달리 가루를 만들어 여러가지 食品加工의 製造上 特히 빵, 과자, 면류품을 만드는데 이 side chain의 SH와 S—S가 들어있는 Cysteine 이란 아미노酸과 Cystine이란 아미노酸의 相互變換하는 性質과 그의 含量 및 그 아미노酸의 位置가 밀가루의 粘性, 延性, 彈力性的 物理的 性質에 影響을 주는 것이다.

밀가루의 質的向上을 爲하여 밀가루의 色調를 좋게하기 위해 여러가지 漂白劑를 使用하거나 Gluten의 性質을 계속 유지하기 위하여 밀가루 속에 적은 양이지만 化學藥品(NaBO₂, KBrO₃)이나 Ascorbic acid등을 加하여 밀가루중에 들어 있는 Protease와 같은 酵素作用을 억제하여 Gluten質을 向上시키거나 酵素를 Ascorbic acid가 自身の 酸化에 使用하여 protease 作用을 억제하거나 直接 SH의 side chain중에서 H를 脫離시켜 細狀形成을 촉진시켜주는 등의 性質이 있다.

以上에서 言及한 바와 같이 밀의 品種중 硬質밀이 蛋白質을 많이 含有하고 있어 蛋白質의 섭취량에 問題가 되는 우리나라 사람에게 는 귀중한 것이다. 밀가루의 蛋白質의 量과 質이 營養學的으로는 必須아미노酸인 Lysine 및 Tryptophan의 不足은 다른 食品에서 補充하여야 한다. 그러나 食品工業上으로 볼때 蛋白質의 다른 아미노酸보다 含黃 아미노酸인 Cysteine과 Cystine의 含有量은 不可缺의 重要的 아미노酸으로 現在까지 규명된 이들의 化學的 研究는 初步段階에 있으며 이들의 正確한 SH, SS의 mole數와 그들의 相互交換反應의 機構뿐 아니라 이들의 交換을 촉진하여 주는 條件과 物質등의 규명과 生合成 과정에 있어서의 機構 및 莫大한 分子量을 가진 蛋白質의 會合體를 單離하여 이들의 化學的 構造가 決定되어 食品工業에 크게 功獻하는 날이 빨리 오기를 期待하는 바이다.

參考文獻

- 1) E. Bilinski, W.B. McConnell: Cereal Chern., 35, 66(1958)
- 2) R.W. Jones, N.W. Taylor, F.R. senti: Archives of Biochem. and Biophysics, 84, 363—376 (1959)
- 3) J.H. Woychik, F.R. Huebner, R.J. Dimler: Archives of Biochemistry and Biophysics 105, 151—155 (1964)
- 4) P.Meredith: J. Sci. Fd Agric, 16, 474(1964)
- 5) A.J. Finlayson: Canadian Journal of Biochemistry, 42, 1133(1963)
- 6) D. Yonezawa, T. Miwa, Y. Awo, H. Shimomura: Bulletin of Univ. of Osaka prefecture, 18, 61(1966)
- 7) K. Fukagawa, T. Toyomasu, D. Yonezawa: Bulletin of univ. of osaka prefecture, 24, 13 (1972)
- 8) R.S. Harn's H.V. Losccke: Nutritional Evaluation of Food Processing, Johnwiley.
- 9) 岡田憲三, 米澤大造; 日本農化誌 41, 329~334 (1967)
- 10) 食品化學, 曹惠鉉 外 三名 修學社
- 11) 食品化學, 神立誠 光生館
- 12) 農産食品加工, 金載最 文運堂
- 13) 食品工業, 第18號(1974) 韓國食品工業協會