

食品의 非酵素的 褐變과 그 對策

(Non enzymatic brown reactions of food and its control)

國立安城農業專門大學 食品製造科長 李 聖 甲*

1. 머리말

食品의 加工技術 및 食生活의 發展變遷에 따라 各種의 새로운 食品들이 多樣하게 繼續하여 開發生産 및 普及되고 있다.

過去の 食品加工은 數量이나 營養面에서 滿足하였으나 現代의 食品加工은 官能的인 面이 優先하여 이의 充足이 切實히 要請되고 있다.

그리하여 消費者 視覺을 充足시키는 것이 食品의 具備條件으로 크게 close up 되고 있다. 이는 消費者의 食品購買時 우선 눈으로 보아 食品의 外形이나 色相에서 마음에 들어야 사서 맛을 보기 때문이다.

食品의 變色, 褪色 또는 褐變現象은 그 發生機構에 따라서 크게 두가지 型으로 區分된다. 卽 酵素가 直接關與하여 일어나는 Enzymatic brown reaction 과 다른 하나는 酵素의 作用과 無關하게 單只 食品成分間의 反應 및 變化에 基因해서 生成되는 Non enzymatic brown reaction 이 있다.

Enzymatic brown reaction 은 접질을 벗긴 사과나 감자 등에서 볼 수 있듯이 基質이 酵素의 作用으로 酸化되어 色이 變化하는 着色型이고 Non enzymatic brown reaction 은 食品중의 成分中 糖類의 carbonyl group 과 蛋白質의 amino group 이 서로 反應하여 生成되는 melanoidine reaction (maillard reaction)과 糖을 人爲的으로 無水狀態下에서 加熱(200°C 以上)하거나 濃縮된 糖液을 加熱함으로써 一聯의 反應을 거쳐 糖이 脫水縮合物로 焦化되는 Caramelization 과 또 果

實菜蔬類中에 豊富하게 存在하는 Ascorbic acid (vitamin C)가 自體의 강한 還元力을 利用하여 抗酸化劑 또는 抗褐色化劑로 普通使用되나 一段 添加한 Ascorbic acid 는 非加逆的으로 酸化가 된 다음은 그 自體가 褐色化反應을 隨伴하는 酸化過程에 들어가 褐色을 이르게 되는데 이는 食品中에 含有하는 Ascorbic acid oxidase 에 依해 促進되며 加工食品中에서는 Nonenzymatic brown reaction 으로 일어난다.

本稿에서는 酵素와 無關하게 發生되는 非酵素的 褐變에 對하여 生成例와 發生條件別로 이를 control 하는 方案에 對하여 說明코져 한다.

2. 食品의 各種褐變現象實例

食品의 褐變에는 各種現象이 附隨되는 例가 無數히 많다. 自然的으로 일어나는 現象을 例로 들면 여름을 지난 간장의 경우 色澤은 약간 어두운 색으로 변하여 간장 固有한 색으로 不適當하게 되고 食味나 香味도 弱하고 짠 맛이 강하게 되는 등의 製品으로 變化된다.

粉末간장통조림은 缶이 膨脹하는 경우가 있는데 이것은 간장중의 당분과 amino acid 가 反應을 이룩하여 褐變이 되면서 동시에 CO₂ gas 가 發生되기 때문이다. CO₂ gas 는 Ascorbic acid 와 amino acid 의 反應에 依한 褐變을 促進시켜 준다.

粉乳나 卵粉도 貯藏中 褐變을 일으키는데 一段 褐變이 된 製品들은 肉眼으로 보아도 不良하고 또 물에도 잘 녹지 않게 된다. 蛋白質도 褐

* 産業應用技術士(食品製造加工)

變이 된것은 消化가 不良하게 되고 一部 amino acid는 破壞를 招來하게 된다. Ascorbic acid를 強化한 粉末 Juice類도 역시 褐變現象이 問題가 되고 있다. 또 Ascorbic acid의 褐變問題는 各種醫藥品에서도 볼 수 있는 現象으로 이는 Ascorbic의 酸化에 基因되는 것으로 藥效도 變하게 한다.

그러나 褐變現象은 食品加工에 不利한 結果를 주는 反面 食品에 따라서 有利하게 活用하는 경우도 있다.

適當한 食品의 褐變은 食品生産에 利用하는 것으로는 Bread, biscuit soybean paste, soy sauce,

coffee 등으로 이때의 褐變은 이들 製品을 固有한 色으로 着色시켜주어 消費者嗜好를 充足하게 된다.

褐變着色으로 製品의 색이 不足한 경우는 caramel 같은 着色物을 添加하여 色을 調節하는데 coke, Sauce 같은 製品이 이에 屬한다.

3. 原因別 褐變對策

食品의 褐變은 原因別로 나누면 表 1과 같이 分類되며 原因이 다르면 褐變條件도 약간 差가 있으므로 이의 防止對策도 달리해야 한다.

Table 1. Classification of nonenzymatic brown reactions in food by cause

Kinds	food products
1. Sugars와 amino acid, protein과의 褐變	간장, 된장, 청주, 유제품 caramel, potatochip bread, Biscuit, dried meat, canned crab, egg powder
2. 지방산화물인 carbonyl group과 protein, amino Acid 반응	Driedmeat, driedfish 냉동가리비, 분유, egg powder
3. Ascorbic acid와 amino acid 반응 褐變	Fruit products, vegetable products, Vitamin C 強化食品
4. Sugar degradation에 기인되는 褐變	대두산가수분해액, caramel maple syrup 과실 syrup 등조림.

가. Sugar가 amino acid, protein과의 褐變 防止

a. 溫度와 水分

水分含量이 10% 以下에서는 amino acid나 protein 및 Reducing sugar를 含有한 食品이라도 10°C 以下の 低溫에서 保管하면 褐變은 거의 發生되지 않는다.

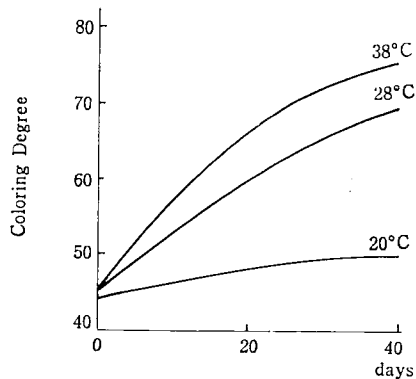


Fig 1. change in coloring degree of soybean flour with 10% xylose

Fig 1과 같이 大豆粉은 조여름의 기온에서 褐變이 始作되는데 이때 水分을 減少시키는 것이 褐變防止에 有效하다.

powdered milk, ice cream mix, egg powder 등은 水分含量은 2% 以下로 하면 여름을 경과 시켜도 Sugar와 amino acid, protein의 反應으로 生成되는 Browning 現象은 問題가 되지 않는다. (Fig 2)

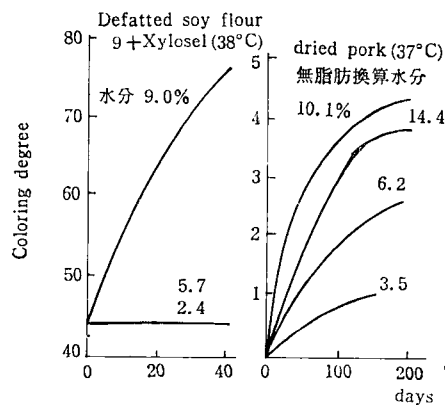


Fig 2. Relation between coloring of food and moisture content.

Dried meat 나 Dried Fish 의 경우도 비슷하나 이들 食品이 지방함량이 많게 되면 수분함량을 더욱 적게 하여야 하나 이때 脂肪의 酸化에 의해 生成되는 Carbonyl 化合物이 amino acid 나 protein 과의 反應에 基因되는 褐變防止를 考慮해야 된다. 이 型의 褐變을 防止하기 爲하여는 包裝時 N_2 -gas 를 充塡하던가 Antioxidant 를 添加하는 對策이 講究되어야 한다.

實際에 있어서 간장, 된장, 미림, 된장게 등의 통조림시 水分含量은 數 10%가 되고 또 各 食品들은 特性이 달라서 水分은 簡單히 飛散시

켜 褐變을 防止해야 한다. 그리하여 sugar 가 amino acid 나 protein 과의 反應에 依한 褐變은 Fig. 3 과 같이 酸素가 없는 狀態에서도 계속 進行되는 性質을 갖고 있어 이때는 N_2 -gas 充塡이나 Antioxidant 處理는 效果가 없다.

이와같이 食品의 褐變防止는 原因에 따라 달 리하여야 하기 때문에 상당히 어려우며 冷所 保管하는 方法이 가장 有效하다. 藥劑處理에 依한 着色防止에 관한 各種 研究가 되고 있으나 褐變反應의 性質이나 食品의 特性을 考慮한 control 方法은 아직 確立된 것은 없다.

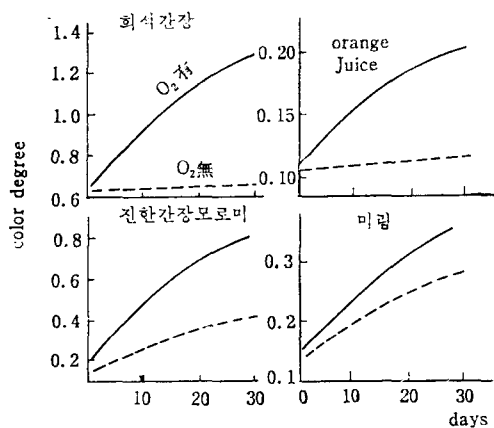


Fig. 3 Effect of oxygen in brown reaction of food

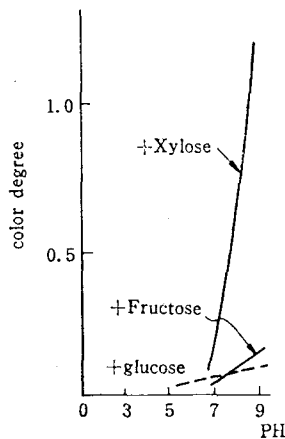


Fig. 4. Effect of PH for glycine 1%, sugar 1% (30°C 38°C)

b. PH

이 型의 褐變은 Fig. 4에서와 같이 酸性側에서 더욱 進行이 迅速하다.

c. Sugars

食品의 褐變은 Sugar 의 種類에 따라서 Fig. 5 와 같이 顯著한 差異가 있다.

된장, 간장, Dried meat, Dried fish 같이 Pentose 를 含有한 食品들은 褐變現象이 더욱 빠르게 進行된다. 그리고 Hexose 를 갖지않은 乾燥 卵白, 乾燥감자, 청주, 미림 등 색이 엷은 食品에서도 褐變은 考慮된다.

Dried meat, 乾魚物, 乾燥감자 등의 原料는 酵素作用으로 Pentose 나 Hexose 가 Free 狀態로 增加되기 때문에 原料處理時에 이들 糖類를 除去하여야 褐變을 防止할 수 있다.

畜肉의 경우 動物을 屠殺하여 Free 狀態의 糖分이 增加되지 않는 範圍內에서 加工하는 것이 바람직하다. 보통 動物은 屠殺後 長期保管할 경우 $-20^{\circ}C$ 以下에서 貯藏하여야 한다. 魚類도 長期保管하게 되면 肉質內의 酵素作用으로 glucose 나 Ribose 가 生成된다. King crab 경우 魚獲即時 氷水에 處理하고 加工時 低溫에서 신속히 自家酵素의 作用을 막아 褐變을 豫防한다.

감자의 加工은 potato chip 製造時는 pentose 含量이 적은 品種이 色相面에서 有利하고 乾燥감자 製造는 原料를 $20^{\circ}C$ 에서 2週間 貯藏시켜 還元糖의 生成을 促進시켜 加工함으로써 좋은 色相의 제품을 얻을 수 있다. 乾燥卵白製造時도 Glucose Oxidase 로 glucose 를 除去하는 方法이 널리 採用되고 있다. 魚類乾燥時 原料中의 ribose

를 ribose oxidase 로 除去하는 것이 色相이 優秀하다. 간장 된장중에 일어나는 褐變現象의 說明은 대단히 복잡하다.

된장 중 黃色 콩된장은 褐色素는 거의 없으나 赤色된장은 쌀을 使用하여 콩과 같이 만들기 때문에 콩된장에 比하여 약간 엷은색을 갖는다. 이는 콩된장 原料인 콩을 일단 koji 로 만들어 담기 때문에 콩중의 Hemicellulose 가 koji 菌의 作用으로 分解되어 Arabinose 나 galactose 로 된다.

된장 熟成時 arabinose 는 amino acid 와 反應着色되어 된장色이 固定된다. 赤色된장은 쌀 koji 를 만들어 使用하는데 쌀中에 Hemicellulose 가 대단히 적어 koji 를 만들게 되면 pentose 는 거의 分解되어 없어진다. arabinose 는 된장담글때 食鹽에 依한 生成은 거의 없다. 콩을 삶을때 물에 녹아 나오는 Hemicellulose 量은 極히 적으나 이 水溶性 Hemicellulose 의 一部가 arabinose 로 分解되어 amino acid 와 反應하여 된장色을 만들게 되나 콩된장 보다 상당히 약하다.

된장색의 生成은 Ripening 시의 온도가 크게 影響을 주며 (Fig. 6) 간장의 경우도 같다. 간장 koji 도 콩과 보리로 만들기 때문에 이들중에 含有된 Hemicellulose 가 koji 제조중에 pentose 로 分解되는데 이때 生成 pentose 量은 koji 제조시의 溫度에 따라 달라 高溫(여름)에서 만든 koji

가 低溫(겨울)에서 만든 koji 보다 pentose 含量이 많아 여름철 제조한 간장의 色이 겨울간장보다 진하다.

간장은 koji 를 鹽水에 담가 醱酵시켜 壓搾 冷過한 生간장을 熱處理(火入)하여 다릴때 溫度를 높이기 때문에 色이 짙은 製品이 生成된다. (Fig. 6).

된장이나 간장은 熟成過程에서 色이 濃厚하게 되며 pentose 量도 固定된다. king crab 통조림의 경우도 동일한 現象이 일어난다.

d. Amino Acid 와 Protein

감자건조시의 褐變은 粉乳나 卵粉製造時 보다 한층 심하게 일어난다.

이것은 감자중의 Free amino acid 가 많은데 比하여 milk 나 Egg 중에는 protein 은 많으나 Free amino acid 含量이 적기 때문이다.

된장 간장의 色이 진한 理由도 Free amino acid 가 다른 食品에 比하여 相當히 많기 때문이다. amino acid 의 種類別 着色度도 달라 glycine, alanine 은 물에 잘 녹아 着色이 잘 되는 것이나 Tryptophane, Tyrosine 도 물에는 잘 녹으나 着色은 전혀 안되는 것들이다. (Fig. 7)

e. 鐵分(Fe)

加工用水는 鐵分이 없어야 製品의 色이 엷다. 特히 Sugar 와 amino acid 의 反應에 依한 褐變은 Fe 이온의 影響이 있으나 脂肪酸化로 生成된

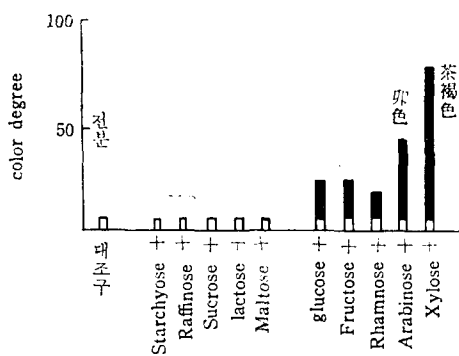


Fig. 5 glycine 10% sugar 10%, 전분 80%의 혼합물을 38°C, 30일 경과시 각변

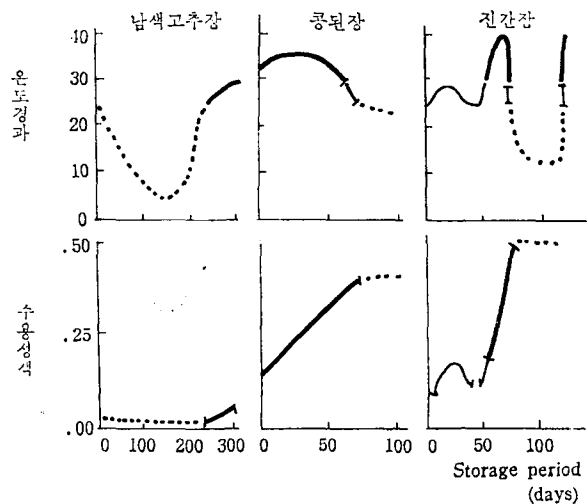


Fig. 6 된장, 간장의 숙성중의 착색에 대한 溫度의 영향

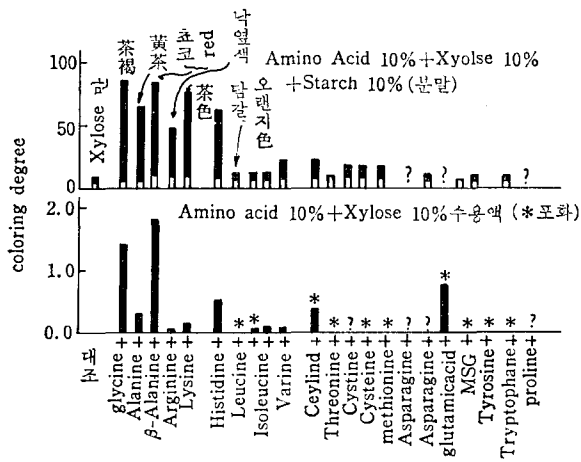


Fig. 7. amino acid 10%, xylose 10% 혼합물 38°C 에서 30일 경과시의 갈변

carbonyl 化合物과 amino Acid 나 protein 의 反應에 基因되는 褐變이나 Ascorbic acid 와 amino acid 反應으로 일어나는 褐變에 對한 影響보다는 弱하다.

f. H₂SO₄

H₂SO₃ 는 食品의 褐變防止에 普通 使用되나 製品의 香味에 좋지 않은 影響을 준다.

koji 製造時 콩 沈漬液에 H₂SO₃ 나 아황산 鹽을 添加하는 경우가 있는데 이때 沈漬後 充分한 洗滌를 하여야 장담글때 나쁜 影響을 주지 않게 된다.

나. 脂肪酸化로 된 carbonyl compound 가 amino acid 나 protein 과 反應으로 되는 褐變防止

a. 溫度

상당히 低溫에서도 이 型의 褐變은 進行되는데 冷凍가라비의 褐變이 이에 屬한다.

b. 水分

普通 sugar 와 protein 이 反應하는 maillard brown reaction 은 水分除去로 防止되나 지방산 화에 依한 褐變型은 水分減少에 依해 反對로 褐變이 促進된다.

c. N₂ gas 充塡과 Antioxidants.

이 型의 褐變은 脂肪酸化에 基因되기 때문에

N₂-gas 나 Antioxidant 를 使用하여 脂肪의 酸化를 막아야 防止할 수 있다.

감자의 乾燥品製造時 Antioxidant 처리가 利用되고 乾魚物色裝에 N₂-gas 充塡으로 保存期間을 2倍로 延長시키는 것이 可能하다.

c. 金屬

Fe 이온이나 Cu 이온은 脂肪의 酸化를 促進하기 때문에 加工用水, 加工機械 容器 등이 Fe 나 Cu 등이 混入되지 않은 것을 使用하여야 한다.

다. Ascorbic acid 와 Amino acid 간의 反應에 基因되는 褐變防止

a. 溫度

Sugar 가 amino acid 이나 protein 의 反應褐變 같이 이 型의 褐變도 10°C 以下에서는 問題가 되지 않는다.

b. 濃度

Ascorbic acid 가 數 10mg% 含有한 食品은 褐變의 發生은 遲延된다.

c. Amino acid

Fig. 8 과 같이 amino acid 종류에 따라서 褐變의 進行程度가 다르다.

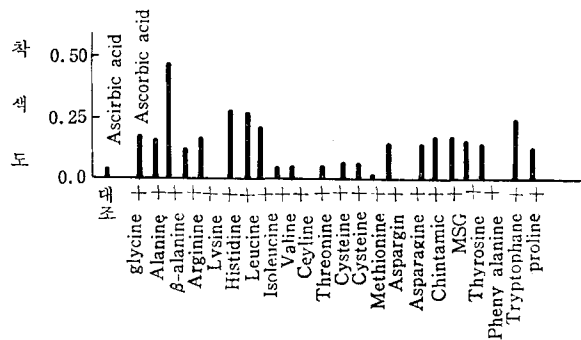


Fig. 8. amino acid 1%, Ascorbic acid 1% 수용액의 갈변 (38°C 20일)

d. 酸素

이 型의 褐變은 酸素가 必要하므로 이의 除去가 防止法이 되나 一段 Ascorbic acid 가 酸化型인 것은 O₂ 가 없어도 褐變은 進行된다. 또 Ascorbic acid 는 自體의 강한 還元力을 갖는다.

Ham, Sausage 제조시 製品色의 變化를 抑制하기 爲하여 Ascorbic acid 가 使用된다.

사과, 복숭아, 양송이, sourkraft, olive 등의

통조림 제조에서도 ascorbic acid 를 사용하는 데 사용량은 색의 정도에 따라 決定된다. 된장의 보관시 表面着色의 變色防止에도 Ascorbic acid 사용이 效果的이다.

그러나 이러한 變色防止劑로서 Ascorbic acid 도 酸化가 계속해서 進行되면 褐變은 始作된다. 一段 갈변이 시작된 상태에서는 Ascorbic acid 를 添加하여 製品의 品質은 더욱 不良하게 된다.

e. 金屬

Fe, Cu 이온이 食品에 混入되면 Ascorbic acid 의 酸化를 促進시키게 되어 이 型의 褐變은 迅速히 일어난다. (Fig. 9)

f. 亞黃酸

이 型의 褐變防止에는 H₂SO₃ 處理가 效果的이

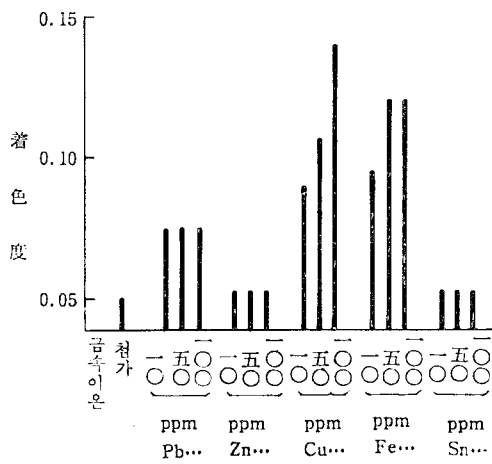


Fig. 9 Orange Juice 조성을 고려 Ascorbic acid 50mg% glycine 0.6% 포도당 5%, 구연산 1% 수용액의 갈변과 금속이온의 영향

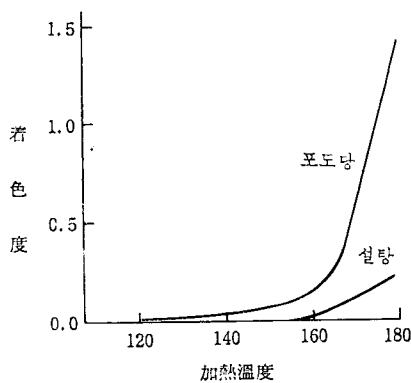


Fig. 10 glucose, sucrose 의 갈변에 대한 온도의 영향

다. 과실제품이나 채소를 乾燥할 때 H₂SO₃ 처리를 하는데 처리하는 量은 果實이나 菜蔬의 種類나 乾燥方法 貯藏期間 등을 考慮하여 決定되는데 普通 500~2000 ppm 程度 使用한다.

라. Sugar 의 分解에 基因되는 褐變防止

a. 溫度

Glucose 나 sucrose 는 amino acid 가 없으면 100°C 以下の 加熱로서는 褐變이 일어나지 않는다. (Fig. 10)

b. Sugar

果實 Syrup 통조림 製造時 Glucose 보다는 Sucrose 가 Sucrose 보다는 Invert Sugar 를 使用하면 着色이 잘 일어난다. 이것은 invert sugar 나 Sucrose 는 Fructose 가 존재하여 褐色으로 着色을 이르기 때문이다. 또 이때 使用하는 有機酸의 種類에 따라 褐變의 進行은 다르게 된다. 갈변이 잘 되는 有機酸은 malic acid, Citric acid, Gluconic acid 의 順이다. Glucose 보다는 Sucrose 가 着色되는 例는 sugar 가 amino acid 이나 protein 과 反應으로 생기는 褐變은 눈으로 잘 보이지 않는다.

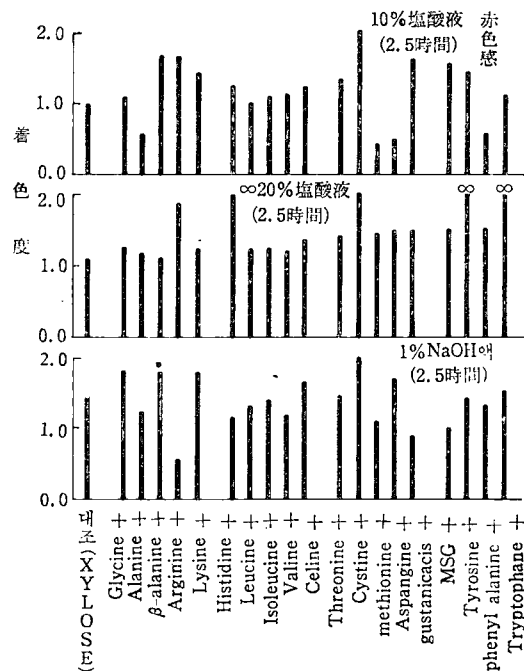


Fig. 11. glycine 1% sugar 1% 혼합액을 강산성이나 강알칼리성분해시 갈변 (110°C 5%)

强酸에서 Sugar 를 分解시키면 Fig 11. 과 같이 Hexose, Pentose 모두 着色도는 큰 差가 없다. 전분도 어느정도 착색을 가져온다. 그러나 强 alkali 성으로 分解된 Hexose 나 Pentose 도 着色에서는 別差가 없고 전분은 거의 착색이 없다.

c. amino acid

强酸이나 强 Alkali 에서 sugar 를 分解시킬 때의 褐變에 amino acid 의 影響은 Fig. 12와 같이 별로 크지 않다.

4. 褐變 Control 과 食品加工技術

黄色된장의 色은 약간의 褐變을 利用하는 것으로 콩의 색소도 함께 利用한다.

그리하여 된장제조에는 H₂SO₃ 나 아황산鹽이 사용된다. 그러나 된장제품의 褐變을 防止하기爲한 H₂SO₃ 使用으로 콩중의 色素가 破壞되어

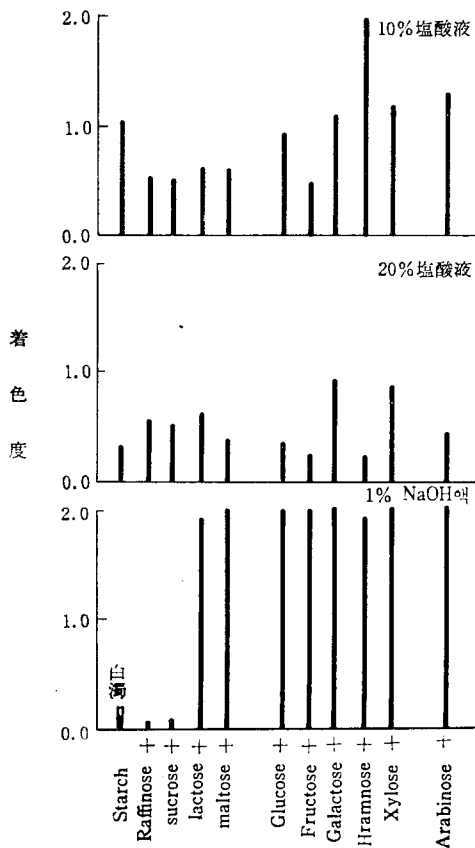


Fig. 12. amino acid 1% Xylose 1% 혼합액을 강산 강알칼리에서 分解시킬변 (110°C)

最終製品에 lipoprotein 을 添加하여 着色시키는 경우도 있다. 이같이 製造한 製品은 食味나 香味面에서 低下되는 傾向을 보이게 된다.

食品加工의 最善의 方法은 化學藥品使用 없이 製品을 만드는 것이며 褐變防止도 現代食品加工도 技術로서 그 原因을 잘 파악하여 加工하면 不可能한 것만은 아니라고 생각된다. 裝油製造技法은 高度의 收率과 색내기 研究가 要求되는데 最近 이를 達成키 爲한 方案으로 koji 를 比較의 低溫에서 製造하고 또 간장담금처리도 必要以上の 溫度가 되지 않게 調節維持함으로도 收率面도 向上시키고 食味도 增進시키고 있다.

그러나 이같이 koji 製造溫度나 熟成溫度가 낮으면 옅은색의 간장이 되기 쉽기 때문에 간장의 色調管理가 간장 收率과 密接한 關係를 갖고 있기 때문에 各별한 注意가 要望된다.

5. 結 語

食品의 褐色防止는 製品의 品質管理上 重要한 要素이다.

그리하여 食品의 加工 製造 處理, 保管 流通에서 特別한 관심을 가지고 管理를 하지 않으면 品質의 低下를 招來하게 된다.

食品의 褐變防止 뿐만 아니라 腐敗變質의 豫防面에서도 低溫管理技法은 有效한 方法이다. 그러나 食品을 冷蔵하는 것은 여러가지 면에서 빈 거로움이 따르게 되나 醱酵食品 特別히 된장의 경우 冷蔵함으로서 熟成이 緩晚하게 進行되어 食味나 香味가 잘 調和되고 色도 좋게되어 우수한 品質의 製品을 얻을 수 있게 된다.

또 食品의 流通은 cold chain system 이 가장 바람직하나 우선 여름철 出荷期까지 冷蔵하고 家庭에서도 低溫保管을 實施하도록 著者와 消費者 共히 自覺과 계몽교육을 통한 意識改革이 이루어져야 할 것이다. 冷蔵은 最少한 15°C 以下の 溫度로 유지하여야 하며 이같이 食品을 保管시키며 褐變問題는 어느 程度 쉽게 解決되리라고 생각된다.

또 간혹 小賣店에서 장기진렬로 褐變된 食品을 보게 되는데 이는 保管改善으로 防止시켜야 할 것이다. 이러한 惡條件下에서는 어떠한 藥品

을 첨가하더라도褐變을防止할 수는 없다. 만약 갈변방지가 되더라도消費者가 이 사실을 알게되면 기본종을理由가 없다.

지금까지 Non enzymatic brown reaction에 관한發生原因과 그 control法을言及하였으나 완전한褐色防止技術은 따로 없고 단지食品加工貯藏技術者나消費者 모두가食品의褐變에 관한知識을充分히習得하여作業時恒常 이를考慮한加工,處理,保管,流通,利用에 신경을써야褐變의豫防은可能하리라고 생각된다.

參考文獻

1. 李聖甲, 기술사, 14(4) p.51~66(1981).
2. 李聖甲, 기술사, 16(1) 16(2) p.71~77 p.48~59 (1983).
3. 李聖甲, 식품공업 72 p.60~66(1983).
4. 鎌田榮基, 食糧 (1965).
5. 金東勳, 食品化學 探求堂 p.306~345(1981)
6. Arroyo, P.T. and Lillard, J. Food science 35(769)

- (1970).
7. Kamado, H., and Nakao, M.J. Utilization of Agricultural products (Japan) 8 (75) (161).
8. Kato, H.J. Agr. chem. soc. (Japan) 24(1) (1960)
9. Karel M., et al J. Agr. Food chem. 16(717) (1968).
10. Lewis, v.m., etal, ind. Eng. Chem. 41. 2591 (1949).
11. 中林敏雄 등. 食品의變色과 그化學 光琳春院 (1967)
12. Reyes, P., et al Food Technol 16(116) (1962).
13. Reynolds, T.M., Chemistry of Non-enzymatic Browning 1. The reaction btween aldose and amines Advances in Food research, 13, 1. (1963), 14, 167(1965).
14. Tatum, James. H., et al. J. Agr. Food. chem. 15 (773) (1967).
15. 八不一文. 秋谷年見, 食品의酸化와 그防止. 光琳春院(1967)

《신간도서안내》

岩石力學

本 岩石力學은 필자가 이미 내놓은 바 있는 新火藥發破學 및 新火藥發破學解說과 더불어 火藥管理 및 製造技師, 鑛山保安技師가 되고자 하는 자격 수험생들에게는 좋은 三位一體를 이룬 伴侶자가 될 것이며, 大學 및 專門大學의 土木, 地質 및 資源工學科 학생들에게도 필수的 교재로 권장하는 바입니다.

岩石工學이란 岩石岩盤力學으로서 관계 분야는 爆破工學을 비롯하여 地球物理學, 地史學, 地質學, 地形學, 鑛物學, 岩石學 및 計測工學 등입니다. 따라서 힘든 岩石力學을 이해하기 위해서는 먼저 큰것부터 이해하고 점차적으로 실제 문제에 들어가는 방향으로, 제 1장에 한국의 地質부터 시작하여 제 2장에는 岩石工學이라는 기초 지식을, 제 3장에 들어가서 岩石의 物性試驗 순서로 기술하였으며, 끝으로 몇가지 참고자료를 부기하였습니다.

1984年 6月 日

大韓火藥技術學會長

工學博士 許 塤