

人蔘葉에서 抽出한 Crude Saponin이 微生物의 生理에 미치는 影響

(第一報) *Saccharomyces cerevisiae* 에 미치는 影響

梁 熙 天 · 李 泰 圭

全北大學校 食品加工學科

(1981년 6월 15일 수리)

Effects of the Crude Saponin Extracted from Ginseng Leaves on the Physiological Properties of Microorganisms

(Part 1) Effects on *Saccharomyces cerevisiae*

Hee Chun Yang and Tae Kyoo Lee

Department of Food Science and Technology, College of Agriculture,

Jeonbug National University

(Received June 15, 1981)

Abstract

The effects of the crude saponin extracted from ginseng leaves on carbon dioxide evolution, alcohol fermentation, and cell production by *Saccharomyces cerevisiae* were investigated.

The results were summarized as follows:

1) In the process of fermentation, CO₂ evolution by yeast was faster in the order of 3%, 1.5%, 0.7%, 5%, 7%, 0.3% than in control in concentration of the crude saponin extracts.

2) In the course of fermentation, the content of alcohol increased in the order of 0%, 0.3%, 7%, 1.5%, 3%, 5%. Among all these concentration, the production of alcohol was remarkably much in 5% and 3%.

3) In the process of fermentation, pH in the low content (0-0.7%) of the crude saponin extracts was gradually decreased as time goes by and in the high content (1.5-7%) dropped suddenly between 24 hrs. and 48 hrs., and after 48 hrs., increased.

4) Dried yeast cell weight increased more in all the above concentration than control (0%) and among these it increased visibly in 3%.

緒 言

高麗人蔘(*panax ginseng* C.A. Meyer)은 古來부터 貴重한 仙藥으로 알려져 있고 이것의 有效成分에 關한 研究報告로는 藥理的^(1,2), 化學的⁽³⁻⁶⁾, 生物學的^(7,8), 그리고 加工的^(9,10)인 면에 이르기까지

많은 論文이 발표되었다. 人蔘成分에 對한 科學的 연구는 1854년 Garriques⁽¹²⁾가 美國人蔘 *Panax quinquefolium*의 뿌리에서 saponin을 分離하여 "Panaquilon"이라고 명명한 것으로 부터 체계적인 研究가 시작되었고 高麗人蔘(*Panax ginseng* C. A. Meyer)의 saponin에 대해서는 韓^(3,13), 金^(4,9)

禹⁽⁴⁾, Shibata⁽¹⁵⁾ 등의 연구를 비롯하여 韓國, 日本, 그리고 蘇聯學者들의 많은 연구가 있다⁽¹⁶⁾.

근래에도 주로 人蔘根에 대하여 집중적으로 많은 研究가 進行되고 있는데, 人蔘抽出物의 成分에 관하여 生理學的 측면과^(17,18) 藥理的 측면^(1,2)에서의 연구가 활발히 이루어지고 있다.

이상의 여러 연구에서는 대부분이 주로 實驗動物을 통해서 그 臨床學的인 結果로서 人蔘成分의 效能을 探知하는 方法을 使用하고 있고 微生物에 미치는 영향에 대한 조사는 많지 않은 상태지만, 朱等⁽¹⁹⁾은 人蔘에 含有된 人蔘 saponin 이 麴菌 酵素力에 미치는 영향에 대해서 연구한 바 있고 金⁽²⁰⁾과 朱⁽²¹⁾는 酵母 그리고 梁⁽²²⁾ 등은 乳酸菌에 미치는 영향에 대해 보고한 바 있는데, 이 실험들은 모두 人蔘主根을 試料로 使用하고 있다.

최근에 人蔘葉에 관한 研究結果^(5,23)에서 보면 總 saponin 의 含量이 많으며 뚜렷한 生物學的 活性物質을 含有하고 있음을 알 수 있다. 그러므로 人蔘葉의 crude saponin 이 微生物의 生理活性에 어떤 영향을 미치는가를 알아내는 것은 全北地方의 人蔘採取圃에 收穫時期에도 枯死하지 않고 新鮮狀態를 유지하고 있는 人蔘葉의 利用面에서나, 人蔘葉 saponin 의 性格 究明面에 도움이 될 것으로 생각되기 때문에 이 實驗을 試圖하여 몇 가지 結果를 얻었으므로 보고하는 바이다.

材料 및 方法

1. 材料

본 실험에서 사용한 人蔘葉은 전북 진안군 마령면 연장리 소재 장지서씨 白蔘圃에서 四年根을 採取할 때에 人蔘葉을 함께 採取하여 본 실험실에 옮겨 水洗한 후 물을 빼고 室內에서 陰乾시켜 保管하였다.

2. Crude saponin 調製

잘 乾燥된 人蔘葉을 유발에 갈아 5g 씩 取해 Soxhlet 抽出裝置를 이용해 色素物質, 精油 및 脂溶性成分을 제거한 후 人蔘 saponin 抽出에 흔히 사용되고 있는 柴田^(15,24) 등의 方法에 準하여 Fig. 1 과 같은 方法으로 crude saponin 을 調製하였다.

3. 供試菌株 및 添加濃度

全北大學校 農科大學 食品加工學科에 보관하고 있는 *Saccharomyces cerevisiae* 를 Table 1 과 같은 組成의 培地 50ml 에 일정량 접종한 후 24時間 前 培養하여 Tween 80 0.25ml 를 넣어 잘 懸탁시킨

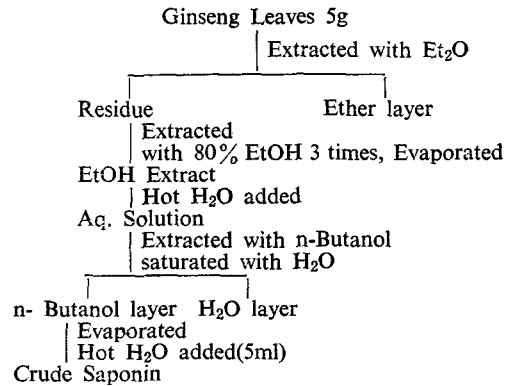


Fig. 1. Extraction and Separation of Crude Saponin from Ginseng Leaves.

후 각 시험구에 0.3ml 씩 접종하였다.

Table 1. Composition of Medium

Sucrose	100g
Asparagine	2.5g
Mg SO ₄ ·7H ₂ O	3.0g
KH ₂ PO ₄	1.0g
Distilled Water	1,000ml

각 시험구의 crude saponin 液 添加濃度は 각각 0.3%, 0.7%, 1.5%, 3%, 7% 9%로 하였다.

4. CO₂ 測定 (Volume)⁽²⁵⁾

Crude saponin 濃度別로 調整된 培養液을 滅菌 살균한 20ml 容 Einhorn 醱酵管에 넣고 酵母液 0.3ml 씩 接種한 후 30°C 에서 培養하면서 經時적으로 CO₂ 量을 測定하였다.

5. 菌體量 測定⁽²⁶⁾

菌培養液을 Millipore filter (Millipore cooperation, U.S.A)로 여과하여 증류수로 수회 세척한 후 60°C 의 vacuum drying oven(Blue-M 社, U.S.A)에서 乾燥한 후 秤量하여 菌體量으로 하였다.

6. 化學成分 調査

各 試驗區別 培養液을 100ml 容 삼각플라스크에 50ml 씩 넣고 일정량의 酵母液을 接種하여 48, 72, 98, 120 시간 간격으로 pH, 全糖, alcohol 濃度를 다음과 같은 方法으로 測定하였다.

(1) pH⁽²⁷⁾

Millipore filter 로 여과한 후 이 濾液을 pH meter (TOA Electronics Ltd., Japan)로 測定하였다.

(2) 糖⁽²⁸⁾

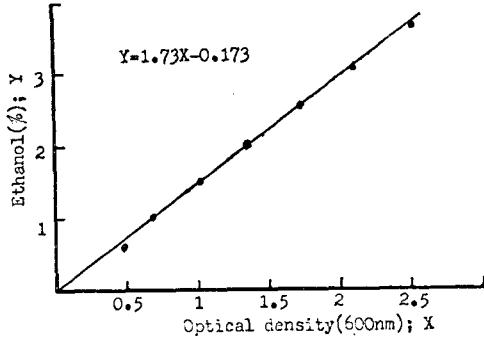


Fig. 2. Calibration Curve of Ethanol

pH 측정시에 얻은 濾液를 一定量 取하여 25% HCl로 酸分解시킨 후 Somogyi 變法으로 定量하였다.

(3) Alcohol⁽²⁹⁾

위의 濾液 30ml를 水蒸氣蒸溜하여 얻은 溜液 25ml를 30ml로 定容한 후 일정량 取하여, dichromate solution (34g K₂Cr₂O₇+325ml H₂SO₄ per liter) 10ml를 넣고 잘 混和하여 60°C의 물중탕에서 20분간 發色시킨 후 冷却하여 Spectronic 20(B/L社, U.S.A)로 600nm에서 比色定量하였다. 定量에 使用한 표준곡선은 Fig. 2와 같다.

7. 糖 消費率 및 醱酵率⁽³⁰⁾

각 시험구별 배양중의 糖 消費率과 醱酵率은 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{糖消費率} = \frac{\text{발효직전의 당분} - \text{잔당분}}{\text{발효 직전의 당분}} \times 100$$

$$\text{醱酵率} = \frac{\text{발효액 100ml 중의 alcohol(g)}}{\text{배양액 100ml 중의 당분(glucose)}} \times \frac{180.16}{92.14} \times 100$$

結果 및 考察

1. CO₂ 發生量에 미치는 影響

각 시험구별로 酵母의 培養時間에 따르는 CO₂ 發生量의 結果는 Fig. 3과 같다.

일반적으로 酵母 接種 後 9시간이 지나서 醱酵가 시작되었고 0.3%, 0.7%, 1.5%, 3%, 5%, 7% 시험구에서 對照區(0%)보다 CO₂ 發生量이 많았으나, 9%添加된 시험구에서는 對照區(0%)보다 抑制되어 CO₂ 發生 速度가 월등히 늦어졌다. 그러므로 이 후 實驗에서는 9%添加區는 생략하였다.

CO₂ 發生이 빠른 速度의 순위는 3%, 1.5%, 0.7%, 5%, 7%, 0.3%, 0%, 9%로 이들 중 3%區

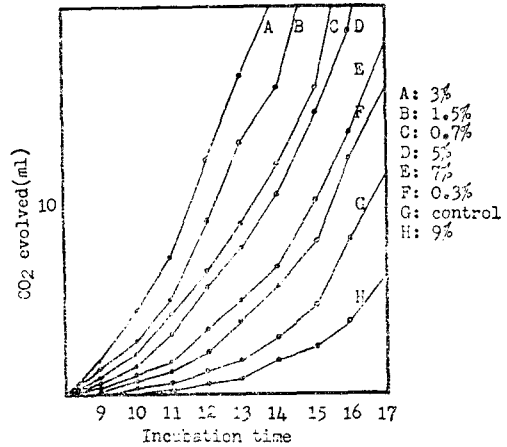


Fig. 3. Comparison of Carbon Dioxide Evolution according to the Incubation Time and Concentration of the Crude Saponin.

가 다른 試驗區보다 월등히 빨랐다.

이와 같이 少量의 人蔘葉 crude saponin은 CO₂ 發生을 促進하나 過量添加 때에는 抑制시키는 것으로 나타났다. 이 結果는 濃度의 差異는 있지만 金⁽²⁰⁾등의 白蔘抽出物 0.5%에서 CO₂ 發生量이 많았고, 그보다 高濃度에서는 적어진다는 實驗結果와, 朱⁽²¹⁾의 人蔘액기스量 0.5~1.0%의 試驗區에서 가장 많은 CO₂ 發生量을 보이고 5~10%의 試驗區에서는 CO₂ 發生量이 현저하게 抑制되었다는 結果와, 그리고 朱⁽²¹⁾등의 人蔘 95% alcohol 抽出物의 0.3%區에서 CO₂ 發生이 가장 왕성하고 0.7% 이상의 區에서는 CO₂ 發生이 對照區(0%)보다 抑制되었다는 사실과 같은 傾向을 나타내며, 人蔘葉의 有效成分이 CO₂ 發生量을 促進시키는 적절한 一定濃度가 있음을 示唆하고 있다. 이와 같은 濃度上의 差異는 抽出方法 및 抽出條件의 差異로 생각되지만, 人蔘主根과 人蔘葉 saponin의 性格 差異 때문인 것으로도 생각해 볼 수 있기 때문에 이 點에 대해서는 더 깊은 研究가 필요할 줄로 생각하나 아무튼 이러한 사실로 미루어 볼 때 人蔘葉에서 抽出한 crude saponin은 添加量에 따라 alcohol 醱酵과정 중 CO₂ 發生을 促進 또는 抑制시키는 뚜렷한 生理의 特性을 가졌다는 것을 알 수 있다.

2. Alcohol 醱酵에 미치는 影響

(1) Alcohol

각 시험구의 醱酵과정 중 alcohol 含量變化를 비교한 성적은 Fig. 4 와 같다.

이 結果에서 보면 120 시간 醱酵 時에 各 試驗區 모두 對照區 (0%) 보다, alcohol 含量이 많았으며 일반적으로 48시간에서 72시간 培養期間 사이에 alcohol 生成量이 急增하였고 그 이후로는 완만히 증가하는 경향을 보였다.

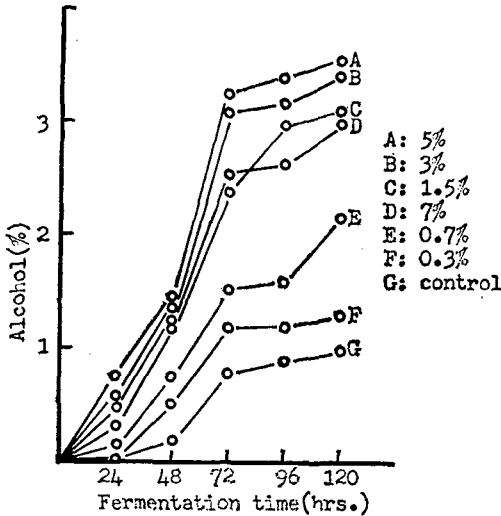


Fig. 4. Changes of Alcohol Content in each Treatment during Fermentation.

각 시험구의 alcohol 生成量의 순위는 5%, 3%, 1.5%, 7%, 0.7%, 0.3%, 0%며, 이 alcohol 生成 순위는 後述하는 醱酵過程 中の 菌體量(Table. 4) 과 비슷한 傾向을 보였다. 각 시험구 중 5%區와 3%區는 다른 시험구보다 alcohol 生成量이 현저

하게 增加되는 傾向을 나타냈다.

朱⁽²¹⁾는 6 일간 alcohol 醱酵에서 人蔘 Ext. 의 添加量이 1.0%에서 5.0%까지 증가시킴에 따라 alcohol 含量은 계속 많아졌다고 하였는데 本實驗에서도 이와 비슷한 傾向을 나타냈으나, 또 다른 朱⁽³¹⁾ 등의 實驗에서는 훨씬 낮은 濃度인 0.7% 15% 로만 増量되어도 抑制의 影響이 나타났는데, 이는 人蔘 Ext. 의 濃度 및 抽出條件이 相異하기 때문인 것으로 생각된다. CO₂ 生成量 (Fig. 3) 과 alcohol 生産量 (Fig. 4) 를 비교하여 보면 alcohol 生成量에 미치는 影響은 5%區가 더 効率的인 反面 CO₂ 生成量은 3%區가 더 効率的인데 이것은 Table 2 에서의 3%區가 糖 消費率은 높은 反面 醱酵率은 5% 區에 比하여 낮다는 사실과 一致되며, Table 4 에서의 5%區보다 3%區가 菌體量이 더 많다는 結果와 관련시켜 생각해 보면, 3% 添加區에서는 alcohol 生産보다 菌體増殖에 더 많이 利用했기 때문 이라고 생각할 수 있다. (32, 33)

또한 7%區가 5%, 3%, 1.5%區에 比하여 alcohol 生産量이 떨어지는데, 朱⁽³⁴⁾의 보고에 따르면 人蔘 saponin 存在 下에서 alcohol dehydrogenase (A.D.H)는 人蔘 saponin 이 低濃度일때 活性化되지만 高濃度에서는 活性이 抑制되었다는 結果로 미루어 보아 人蔘葉 saponin 이 酵母의 A. D. H 의 活性에 影響을 미쳤기 때문으로 생각되지만, 人蔘葉 saponin 의 酵素活性에 미치는 影響에 對해서는 앞으로 더 깊은 研究가 필요할 것으로 생각한다.

이상의 結果로 alcohol 醱酵 時에 人蔘葉에서 抽

Table 2. Sugar Consumption Rate and Fermentation Rate in each Treatment.

Fermentation time(hrs.)	48		72		96		120	
	SR*	FR**	SR	FR	SR	FR	SR	FR
control***	16.40	3.23	27.50	12.13	31.13	13.30	34.75	14.97
0.3%	17.35	7.73	39.80	17.71	42.70	18.12	44.50	19.08
0.7%	20.25	10.86	53.30	23.29	54.60	23.39	56.50	31.80
1.5%	39.80	17.91	70.50	35.71	92.00	44.32	92.75	45.79
3.0%	44.55	20.16	90.00	45.79	97.82	47.36	98.55	51.27
5.0%	46.35	20.65	92.00	48.14	94.35	50.00	94.93	52.45
7.0%	47.80	18.10	89.50	38.06	92.40	44.03	93.47	44.81

* Sugar consumption rate

** Fermentation rate

*** Crude saponin content in culture media

出한 crude saponin 을 適當한 濃度로 添加한다면 醱酵時間의 短縮뿐만 아니라, 對 糖 alcohol 生産 量도 높여 줄 것으로 생각된다.

(2) 糖 消費率과 醱酵率

각 試驗의 120시간 醱酵過程 中 糖 消費率과 醱酵率은 Table 2 와 같다.

각 試驗區의 糖 消費率은 48시간 배양 후 일반적으로 少量添加區 (0~0.7%) 보다 多量添加區가 거의 2배에 달하고 48~72시간 사이에 급격한 增加를 나타내고 있다. 96시간 이후부터는 糖消費率이 多量添加區가 월등히 높았으며 增加率は 거의 비슷한 수준을 나타내었다.

醱酵率은 5%, 3%, 1.5%, 7%, 0.7%, 0.3%, 0% (對照區) 순이며, 120시간 醱酵시킨 後 對照區와 5%區를 비교하여 보면 糖消費率은 2.7배, 醱酵率은 3.7배에 이르고 있는데 이것은 3%添加區와는 달리 5%添加區에서는 糖을 菌體增殖(Table 4) 보다는 alcohol生産 (Fig. 3)에 더 많이 利用한 것으로 생각할 수 있다.

이와같이 人蔘葉 saponin 添加로 糖 消費率과 醱酵率이 向上된 것은 이들 成分이 微生物 細胞의 Glucose 透過性을 擴大시킨 効果⁽³⁵⁾일 것으로 생각된다.

한편 alcohol生産과 糖消費率 및 醱酵率과의 關係를 總觀적으로 살펴보면 일반적으로 alcohol生産 量이 많아질 때 醱酵率도 높았으며 이에 비례하여 糖 消費率도 높았는데 이는 朱⁽³¹⁾등의 結果와 비슷한 傾向을 보여주고 있어 人蔘葉 saponin 이 醱酵過程에 미치는 效率性을 立證하고 있는 것으로 생각된다.

Table 3. Changes of pH in each Treatment during Fermentation

Fermentation time(hrs.) Treatment	0	24	48	72	96	x20
control*	4.50	4.30	3.75	3.50	3.52	3.50
0.3%	4.50	4.20	3.85	3.47	3.42	3.35
0.7%	4.50	4.15	3.36	3.35	3.30	3.25
1.5%	4.50	4.10	3.25	3.33	3.30	3.31
3.0%	4.50	4.05	3.20	3.25	3.50	3.60
5.0%	4.50	4.20	3.40	3.50	3.45	3.71
7.0%	4.50	4.22	4.40	3.50	3.45	3.71

* Concentration of the crude saponin in culture media

(3) pH

醱酵過程 中 pH變化는 Table 3 에서와 같다.

각 試驗區別로 24~48시간 사이에 pH가 급강하 하였으며 3%를 중심으로 하여 3%이하 區에서는 濃度가 增加함에 따라 pH가 낮아졌고 3% 이상 區에서는 濃度가 增加함에 따라 pH도 增加하였다.

또한 少量添加區 (0~0.7%)는 시간이 경과됨에 따라 pH가 減少하는 傾向을 보이고 있으나 多量添加區 (1.5~7%)는 24~48시간 사이에 pH가 최저로 떨어졌다가 시간이 경과됨에 따라 pH가 增加하는 傾向을 나타내는데 이것은 代謝過程 中 生成된 酸이 다시 基質로 利用되었기 때문에 추측되거나 앞으로 더 깊은 研究가 필요할 것으로 생각된다.

(4) 菌體量

각 試驗區別 菌體量은 Table 4 와 같다.

Table 4에서 보는 바와 같이 crude saponin濃度가 높아질 수록 對照區(0%)에 비하여 모두 菌體量이 많았으며 菌體量은 Table 2에서의 糖 消費率과 醱酵率과 비슷한 傾向으로 增加하고 있다.

菌體量의 순위는 3.0%, 5.0%, 7.0%, 1.5%, 0.3%, 對照區이고, 특히 3.0%區에서는 가장 큰

Table 4. Dried Yeast Cell Weight in each Treatment during Fermentation

Fermentation time(hrs.) Treatment	48	72	96	120
control*	42.58**	62.30	75.60	80.64
0.3%	43.20	79.50	97.80	105.30
0.7%	87.50	108.70	126.60	132.50
1.5%	123.60	130.12	147.81	152.00
3.0%	136.40	159.60	162.40	164.00
5.0%	141.00	154.50	160.50	163.24
7.0%	142.60	150.80	159.10	161.00

*Crude saponin content in culture media

** mg

增殖效果를 보였으며 對照區에 비하여 2배 이상 增加를 보였다.

이상의 結果에서 보면 人蔘葉 crude saponin 이 菌體의 增殖에 바람직한 影響을 미치기 때문에 Bakers' yeast 生産뿐만 아니라 單細胞 蛋白(Single Cell Protein)生産에 利用되면 좋은 結果를 얻을 것으로 기대되며, 醱酵率도 增加시키기 때문에 alcohol生産에도 利用되어 좋은 結果를 얻을 것으로 기대된다.

要 約

人蔘葉에서 抽出한 crude saponin 이 酵母(Saccharomyces cerevisiae)의 CO₂ 發生, alcohol 醱酵, 菌體生産에 미치는 영향을 調査한 結果를 要約하면 다음과 같다.

(1) 醱酵液 中 酵母의 CO₂ 發生은 crude saponin 濃度 3%, 1.5%, 0.7%, 5%, 7%, 0.3%는 對照區보다 빠르고, 9%區에서는 CO₂ 發生이 抑制되었다. 이들 試驗區 中 3%區가 CO₂ 發生이 가장 많았다.

(2) 醱酵 中 各 試驗區의 alcohol 含量의 순위는 5%, 3%, 1.5%, 7%, 0.3%, 對照區(0%)며, 이들 試驗區 中 5%區와 3%區는 다른 시험구보다 alcohol 生産量이 현저히 增産되었다.

(3) 醱酵 中 crude saponin 液 少量添加區(0~0.7%)는 시간이 경과됨에 따라 pH가 減少했으나, 多量添加區(1.5~7%)는 24~48 시간 사이에 pH 變化가 심하였으며 그 이후부터는 增加하였다.

(4) 乾燥菌體量은 모든 시험구에서 對照區(0%)보다 많았으며 그 中 3%區가 현저하게 많았다.

참 고 문 헌

- 1) Takagi, K., Saito, H. and Tsuchiya, M.: *Japan J. Pharmacol.*, **22**, 245 (1972)
- 2) Takagi, K., Saito, H. and Tsuchiya, M.: *Japan J. Pharmacol.*, **22**, 339(1972)
- 3) Han, B. H. and Han, Y. N.; *Kor. J. Pharmacol.*, **3**(4), 211(1972)
- 4) Kim, J. Y. and Staba, E. J.; *Ist International Ginseng Sym.*, (Abstracts), 20(1974)
- 5) Saito, H., Morita, M. and Takagi, K.; *Japan J. Pharmacol.*, **23**, 43(1973)
- 6) 趙成桓; 韓國農化學會誌, **20**(2), (1977)
- 7) 李瑞衡, 黃祐翊; 韓國藥養學會誌, **12**(2), (1979)
- 8) 鄭魯八; 延世論叢, 119~124 (1976)
- 9) Kim, J. Y. and Staba, E. J.; *Korean J. Pharmacogn.*, **4**, 193(1973)
- 10) 梁熙天, 李碩榮; 韓國農化學會誌, **22**(1), (1979)
- 11) 유주현, 김혜중, 변유량, 남성희; 한국식품과학회지, **9**(4), (1979)
- 12) Garriques, S.; *Ann. Chem. Pharm.*, **90**, 231(1954)
- 13) 韓秉勳, 麟根韓; 韓國生化學會誌, **5**(1), 31(1974)
- 14) Lin Keun Woo, Byung Hoon Han, Duck Woo Bail, and Dae Sic Park; *Journal of the Pha-*

- rmaceutical Society of Korea*, **17**, 129(1973)
- 15) Shibata, S., Ando, T., Tanaka, O., Meguro, Y., Soma, K. and Lida, Y.; *YAKUGAKUZA SSHI*, **85**(8), 753-755(1965)
- 16) The Research Institute Office of Monopoly, R. O. K.; *Abstracts of Korea Ginseng Studies*, 64-85(1975)
- 17) Han, B. H., Kim, C. H. and Han, Y. N.; *Korean Biochem. J.*, **6**(2) (1973)
- 18) 김태봉, 이희성, 이근배; 한국 생화학 회지, **10**(3), 219-223(1977)
- 19) 朱鉉圭, 姜周勳, 車源燮; *Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng.* **6**(1), 9-16 (1978),
- 20) 김태봉, 이희성, 이강석, 장성길; 延世論叢, 第十二輯, 121 (1975)
- 21) 주현규; 건국대학교 농업자원 개발 연구소 논문집, 제 3 호, 49-56 (1973)
- 22) Yang, J. W. and Yu, T. J.; *Korean J. Ginseng Sci.*, **3**(2) (1979)
- 23) 梁熙天; 全北大學校 農科大學 論文集, 第 8 輯 117-121 (1977)
- 24) 趙成桓, 趙漢玉, 金載勛; 韓國農化學會誌, **19** (4) (1976)
- 25) 柳洲鉉, 梁漢喆, 鄭東孝, 梁隆; 食品工學實驗, 第二卷, 探求堂, 105 (1975)
- 26) Carpenter, P. L.; *Microbiology*, 4th Edition, M. B. Saunders Comapany, 145-146
- 27) Yeshajahu Pomeranz and Clifton E. Metoau; *Food Analysis: Theory and Practice*, AVI Publishing Company, 162 (1978)
- 28) 鄭東季, 張賢基, 金明燦, 朴商燾; 最新食品分析法, 三中堂, 129-131(1977)
- 29) E. A. Crowell and C. S. Ough; *Am. J. Enol. Vitic.*, **30**(1), 61-63(1979)
- 30) 東京大學 農學部 農藝化學教室; 實驗農藝化學下, 朝倉書店, 81 (1978)
- 31) 주현규, 이철교; *Korean J. Ginseng Sci.*, **13**(2) (1979)
- 32) Gerald Reed and Henry J. Pepler; *Yeast Technology*, AVI Publishing Company, 33-39 (1973)
- 33) Philip L. Carpenter; *Microbiology*, 4th Edition, W. B. Saunders Company, 318-325
- 34) 주충노; 한국 생화학회지, **6**(3) (1973)
- 35) 鄭魯八; 韓國生理學會誌, **5**(1), 15 (1971)