

β-amylase와 transglucosidase의 처리가 홍삼 extract의 품질에 미치는 영향

김나미[#] · 이종수* · 이병훈**

[#]한국인삼연초연구원, *배재대학교 유전공학과, **캐나다 맥길대학교 식품농화학과
(1999년 3월 24일 접수)

Effects of β-amylase and Transglucosidase on the Qualities of Red Ginseng Extract

Na-Mi Kim[#], Jong-Soo Lee* and Byung H. Lee**

[#]Korean Ginseng and Tobacco Research Institute, Taejeon 305-345

*Department of Genetic Engineering, Pai Chai University, Taejeon 302-735

**Department of Food Science and Agricultural Chemistry, Macdonald College of McGill University,
21,111 Lakeshore, Ste-Anne-de Belleve, QC, H9X 3V9, Canada

(Received March 24, 1999)

Abstract : In order to evaluate the qualities of red ginseng extract and decrease precipitate formation in ginseng drink, red ginseng extract was hydrolyzed with β-amylase and transglucosidase. 5.2% isomaltose was produced as isomaltooligosaccharides and glucose content was increased in the enzyme treated ginseng extract. Contents of ginsenoside R-b₁ and R-b₂ were decreased, whereas ginsenoside-Rd was increased by the enzyme treatments. The growth of 3 strains of *bifidus* spp. and 4 strains of *lactobacillus* spp., beneficial intestinal bacteria, were enhanced by adding of the enzymatically hydrolyzed ginseng extract. Sweetness and sourness were increased, however, bitterness and astringency were decreased in the hydrolyzed ginseng extract. The formation of precipitates in hydrolyzed red ginseng extract of pH 3.0-4.5 were significantly decreased in the storage condition of 40°C for 1 month compared to that of control.

Key words : β-amylase and transglucosidase, red ginseng extract, intestinal bacteria growth factor, decrease of precipitates.

서 론

인삼은 옛부터 자양강장 등의 보신을 목적으로 하거나 특별한 효능효과를 기대하면서 복용되어온 건강식품이다. 인삼의 효능으로는 주로 사포닌 성분을 중심으로 많은 연구결과가 보고되어 있으며,^{1,2,3)} 최근에는 비사포닌 성분으로서 단백질,⁴⁾ peptide⁵⁾나 비전분성 다당체^{7, 8)}에 관한 연구가 이루어져 간보호작용, 기억력 증진, 신경조절 작용, 인슐린 유사작용, 지방흡수 조절작용 등의

효능이 있는 것으로 보고되고 있다.

인삼제품은 소비자의 기호도와 요구에 따라서 여러 가지 형태로 가공되고 있는데 그중 액상제품의 선호도가 높아 생산량이 증가하고 있다. 액상제품은 인삼 extract를 주원료로 하여 제조되는데 살균과 저장 중 시간이 지남에 따라 내용물이 혼탁되거나 침전물이 생성되어 제품의 외관과 품질을 저하시키는 등의 문제점이 있다. 특히 일본지역에 의약품으로서 수출할 경우에는 제품 제조 후 3년 동안 침전물이 확인되지 않아야 한다는 규정이 있기 때문에 품질이 우수한 제품을 개발했다 하더라도 침전물이 생성되면 제품으로서의 가치를 잃게 되므로 인삼 액상제품에서의 침전물 생성을 방지

[#] 본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로
(전화) 42-866-5424; (팩스) 042-866-5419
(E-mail) nmkim@gr.kgtri.re.kr

하기 위한 방안이 강구되어야 한다. 인삼드링크의 침전에 관한 지금까지의 연구결과,^{9,10,11)} 침전물의 주요 원인은 전분과 단백질 등의 고분자 화합물이며, 용액의 pH, 가열온도, 무기이온 등이 침전생성에 영향을 주는 것으로 보고되었다. 침전의 원인성분인 전분은 효소작용에 의하여 여러 당류로 분해될 수 있다. 이소말토올리고당은 전분에 β -amylase와 transglucosidase가 작용하여 만들어지며 이는 포도당이 α -1.6 결합을 하고 있는 올리고당으로서¹²⁾ 효모에 의하여 발효되지 않고, 장내유용 세균의 증식인자이며, 충치발생 억제효과 등의 생리기능을 나타내는 것으로 알려져 있다.¹³⁾ 침전물의 원인성분인 전분에 이러한 효소를 작용시켜 이소말토올리고당을 생성시키면 전분에 의한 침전의 방지와 이소말토올리고당에 의한 기능성을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 홍삼 extract를 첨가하여 액상제품을 제조할 때 제품 중에서의 침전생성을 감소시키고, 또한 extract 중에 이소말토올리고당을 생성시켜 기능성을 부가시키기 위한 목적으로 홍삼 extract에 β -amylase와 transglucosidase를 처리하여 홍삼 extract의 품질 변화와 장내유용세균에 대한 증식효과를 검토하고, 액상제품에서의 침전생성경향을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

홍삼 extract는 1997년 한국담배인삼공사에서 제조한 것을 사용하였다. β -amylase와 transglucosidase는 Amano 사(U.S.A.)의 "Biozyme S"와 "transglucosidase L Amano"를 구입하여 사용하였다. *Lactobacillus casei* LLG, *L. helveticus*, *L. rhamnosus*, *L. acidophilus*는 Canada McGill 대학 식품농화학과의 생물공학 실험실에 보관 중인 균주를 사용하였고, *B. bifidum*, *B. infantis*와 *B. longum*은 American Type Collection Culture (ATCC, Rockville, MD, USA)에서 구입하여 사용하였다. 각 균주의 배지로서 *L. acidophilus*는 M17 mediu- m,¹⁴⁾ *B. longum*은 ATCC 1053 medium,¹⁵⁾ 그외의 균주는 MRS 배지¹⁶⁾를 사용하였다.

2. 효소처리

홍삼 extract 20g에 0.1M citrate buffer (pH 5.0) 50 ml를 가하고 Biozyme S[®](57,000 units/g.) 20 mg을 첨가하여 55°C에서 4시간 동안 반응시킨 후 끓는 물에

서 5분간 가열하여 효소를 불활성화시켰다. 여기에 transglucosidase L Amano 효소 (300,000 units/g.)를 200 μ l 첨가하고 55°C에서 20시간 동안 반응시킨 후 끓는 물에서 5분간 가열하여 효소를 불활성화 시킨 다음 냉각하여 원심분리(8,000 \times g, 20분, 5~10°C)한 상정액을 농축하여 효소처리 extract로 제조하였다.

3. 효소처리 한 extract의 성분조사

효소처리 한 extract의 이소말토올리고당 함량과 ginsenosides의 함량을 조사하기 위하여 홍삼 extract 10g에 80% 메탄올 100 ml를 가하여 60°C에서 2시간 동안 2회 추출한 후 농축하여 메탄올을 제거한 다음 증류수 100 ml에 용해하였다. 여기에 수포화 부탄올 50 ml를 가하여 3회 진탕추출하여 부탄올층과 물층으로 분리하였다. 부탄올추출액에 증류수 50 ml를 가하여 세척한 다음 HPLC를 사용하여 ginsenosides 함량을 분석하였고, 물층의 isomaltooligo당 함량을 측정하였다. Ginsenoside 분석 조건은 Lichrosorb-NH₂(4.6 mm I.D. \times 250 mm, 5 μ m), 아세토니트릴-물-부탄올 (80:20:10, v/v), 1.0 ml/분, RI검출기 이었고, 이소말토올리고당 분석 조건은 Lichrosorb-NH₂(4.6 mm I.D. \times 250 mm, 5 μ m), 64% 아세토니트릴, 1.0 ml/분, RI검출기로 이성질체를 분리하고, Aminex HPX-42A, 초순수물, 85°C, 0.6 ml/분, RI검출기로 중합도에 따른 당을 분석하였다.

4. 장내유용세균의 증식효과 조사

효소처리 한 extract의 장내 유용세균 증식효과를 조사하기 위하여 각 균주의 최적 배지에 0.5% extract를 첨가하고 ml 당 10⁷~10⁸ 균락의 균주를 접종하여 *L. acidophilus*와 *B. longum*은 30°C에서 호기적으로 배양하였고, 그외의 균주는 37°C에서 혐기적으로 48시간 배양하였다. 660 nm에서 배양액의 흡광도를 측정하여 glucose 첨가 배지의 흡광도를 대조군으로 하여 상대생육도를 계산하였고 생육속진정도를 비교하였다.¹⁷⁾

5. 효소처리에 의한 향미변화 조사

효소처리 한 extract를 0.5% 농도로 희석하여 무처리 대조시료와 함께 10명의 관능평가요원에게 제공하고 단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛, 떫은맛을 평가하게 하였다. 평가 방법은 0에서 9점까지의 척도로 나타내는 평점법으로 하였고, 시료간의 차이는 분산분석에 의하여 유의성을 검정하였다.¹⁸⁾

6. 침전물 생성경향 조사

효소처리 한 extract를 5% 농도로 용해하고 구연산으로 pH를 3.0~4.5로 조정 한 다음 85°C에서 30분간

가열 살균하여 40°C에서 1개월간 저장하였다. 1주일 간격으로 시료를 취하여 원심분리(8,000×g, 20분, 5~10°C) 한 후 침전물을 건조하여 무게를 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 효소처리에 의한 당류와 ginsenosides의 함량 변화

홍삼 extract를 β -amylase와 transglucosidase를 사용하여 효소분해시켰을 때의 당함량은 Table 1과 같다. 효소처리한 extract는 무처리구에 비하여 maltose와 sucrose의 함량은 감소하였으나 glucose의 함량은 증가하였다. 전분으로부터 β -amylase의 작용에 의하여 maltose의 함량이 증가되었을 것으로 예상됨에도 불구하고 maltose가 감소된 것은 사용된 효소 중 transglucosidase에 의하여 glucose로 전환되었거나, 당전이에 의하여 isomaltose로 전이됨으로써 함량이 감소한 것으로 보인다. 본 실험에 사용된 transglucosidase는 *A. niger*에서 유래한 효소로서 포도당 잔기가 maltose를 acceptor로 하여 α -1,6 결합을 생성시켜 panose, isomaltose, isomaltotriose를 주로 생성시키는 것으로 알려져 있으며, maltose를 기질로 하였을 때 반응초기에는 panose의 양이 급격히 증가하여 120분에서 최대농도에 도달한 후 반응이 진행됨에 따라 panose는 다시 glucose와 isomaltose로 분해되며 isomaltotriose가 서서히 생성되는 것으로 보고되었다.¹⁹⁾ 본 실험에서는 isomaltose만 정량되었는데 이는 반응시간이 20시간으로 길어서 panose가 거의 분해되었으며 isomaltotriose의 생성과 분해에도 영향을 준 것으로 보인다.

효소처리한 홍삼 extract의 ginsenosides 함량은 Table 2와 같다. 홍삼 extract를 효소 분해하였을 때 Rb₁과 Rb₂의 함량이 감소하였고 Rd의 함량이 증가하였으며

Rf의 함량은 변화가 없었다. 인삼사포닌은 비당부분인 protopanaxatriol의 C₃, C₆, C₂₀에 glucose, xylose, arabinose, rhamnose와 같은 당류가 에텔 결합을 하고 있는 화합물로서 C₂₀ 위치의 glucoside 결합이 가수분해가 잘 되며 약산성용액에서 가열할 때 분해가 더욱 촉진된다고 보고 되어 있다.²⁰⁾ Rb₁은 C₂₀ 위치에 glucose와 glucose가 결합되어 있고, Rb₂는 C₂₀ 위치에 glucose와 arabinose가 결합되어 있으며 Rd는 C₂₀ 위치에 glucose만 결합되어 있다. 본 실험에서는 용액의 pH를 5.0으로 하여 효소 분해를 하였으므로 약산성 조건에서 Rb₁과 Rb₂의 C₂₀ 위치의 glucoside 결합이 분해되어 glucose와 arabinose를 분리시킴으로써 함량이 감소하였고, 결과적으로 ginsenoside Rd로 됨으로써 Rd의 함량이 현저히 증가한 것으로 보인다. Rf는 C₂₀의 위치에 당이 없이 수소이온만 결합되어 있고 C₆ 위치에 glucose 2분자가 결합되어 있는 구조를 가지고 있는데 효소처리에 의하여 함량의 변화가 없는 것으로 보아 본 실험에서 사용한 효소나 가열에 의하여 작용받지 않은 것을 알 수 있었다. Rb₁과 Rb₂의 감소량보다 Rd의 증가량이 훨씬 많은 것은 본 실험에서는 측정하지 않은 Rb₁과 Rb₂ 이외의 panaxadiol계 ginsenoside Ra₁, Ra₂, Ra₃ 성분들이 분해되어 전환되었기 때문인 것으로 추정된다.

2. 장내유용세균의 증식효과 조사

이소말토올리고당은 여러 가지 생리적 기능을 나타내는 것으로 보고되어 있으며, 소화효소에 의하여 분해되지 않고 대장에 이르러 장내유용세균의 생육인자로 이용됨으로써 증식을 촉진시키는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 효소분해시킨 홍삼 extract가 장내유용세균인 *Bifidus* 속균과 *Lactobacillus* 속 균의 생육에 미치는 영향을 조사하였다(Table 3). 탄소원이 없는 배지에 홍

Table 1. Sugar contents of the red ginseng extract hydrolyzed with β -amylase and transglucosidase (unit : %, dry weight basis)

Sample	rhamnose	fructose	glucose	sucrose	maltose	isomaltose
Hydrolyzed ginseng extract	1.42	2.80	9.63	1.19	2.78	5.25
Ginseng extract	1.48	2.53	2.70	2.83	6.20	-

Table 2. Ginsenosides contents of the red ginseng extract hydrolyzed with β -amylase and transglucosidase (unit : mg/100 g)

Sample	Ginsenosides						Total
	Rb ₁	Rb ₂	Rc	Rd	Re	Rf	
Hydrolyzed ginseng extracts	45.7	35.	769.9	186.9	121.0	23.4	958.3
Ginseng extracts	50.6	40.5	66.7	103.4	11.7	323.4	965.4

Table 3. Availability of enzymatic hydrolyzed ginseng extract on various intestinal bacteria unit : %

Strains	Ginseng extract	Hydrolyzed ginseng extract
<i>B. bifidum</i> ATCC 11147	17.3	42.9
<i>B. infantis</i>	26.9	43.3
<i>B. longum</i> ATCC 1057	21.4	39.7
<i>L. casei</i> LLG	47.7	73.9
<i>L. acidophilus</i>	38.5	73.1
<i>L. rhamnosus</i>	17.0	53.2
<i>L. helveticus</i>	44.7	74.5

Relative growth on intestinal bacteria of ginseng extract on glucose.

삼 extract와 효소분해시킨 홍삼 extract를 각각 0.5% 농도로 첨가하여 7종의 세균을 배양한 후 생육도를 측정하여 glucose 첨가구의 생육도와 비교해 본 결과 사용한 모든 시험 균주는 glucose 첨가배지에서 생육이 가장 좋았고, 홍삼 extract에 비하여 효소분해시킨 홍삼 extract에서 생육도가 높은 것으로 나타났다. 안 등²⁰⁾은 인삼추출물의 장내유용세균에 대한 생육시험에서 *Bifidobacteria*는 인삼추출물에 의하여 생육이 저해되지 않았고 1%(W/V) 농도에서 *B. longum* E 194b 와 *B. infantis* S12는 생육되었으나 *B. bifidum* Ti는 생육되지 않았으며 또한 같은 농도에서 *B. infantis* S1₂는 생육되었으나 *B. infantis* I-10-5는 생육되지 않은 것으로 보아 균의 종류에 따라 생육정도가 다른 것으로 보고하였다. 또한 *Lactobacillus* 속균의 경우 인삼추출물을 1%(W/V) 첨가하였을 때 *L. casei* ATCC-7469는 생육되지 않았으나 *L. acidophilus* ATCC-4356은 생육이 촉진되었다고 보고하였다. 본 실험에서는 *Bifidobacteria* 속균들이 *Lactobacilli* 속균에 비하여 생육도가 대체로 낮아서 홍삼 extract 첨가가 *Bifidobacteria* 속균들의 생육에 적합하지 않은 것으로 나타났고 홍삼 extract 첨가구에 비하여 효소분해 홍삼 extract 첨가구에서의 생육도가 훨씬 높은 결과를 얻었다. 이러한 결과는 효소분해에 의한 isomaltose 생성과 glucose, fructose의 함량증가로 인하여 장내유용세균들의 탄소원이 많아졌기 때문인 것으로 보이며 탄소원 첨가 배지에 인삼추출물을 사용하였을 때의 생육도가 탄소원 무첨가 배지에서의 생육도보다 높았다는 안 등²⁰⁾의 결과와 같이 탄소원이 이들 균주의 생육에 중요한 인자로 작용함을 알 수 있었다.

3. 효소처리에 의한 향미변화

홍삼 extract에 β -amylase와 transglucosidase를 처리

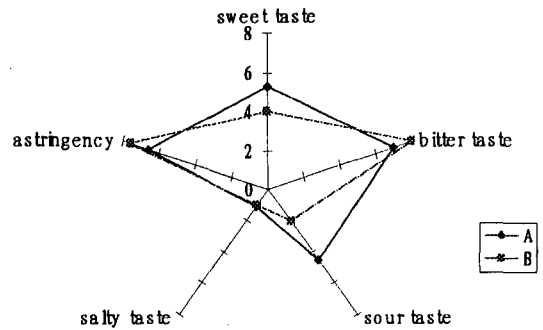


Fig. 1. Taste profiles of enzymatically hydrolyzed red ginseng extract (A) and ginseng extract (B).

하였을 때의 향미변화를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 홍삼 extract에 비하여 효소처리한 extract는 단맛과 신맛이 증가된 것으로 나타났으며 분신분석에 의한 F값이 각각 18.78과 9.83으로서 1% 수준에서 시료간에 유의성이 인정되었다. 단맛의 증가는 전분의 분해로 생성된 glucose, fructose, maltose, isomaltose의 단맛에 의한 것으로 생각되며, 신맛의 증가는 효소자체가 지니고 있는 신맛이 영향을 미친 것으로 보인다. 쓴맛과 떼은맛은 홍삼 extract에 비하여 감소된 것으로 나타났다. 쓴맛은 홍삼 extract에서 가장 강하게 느껴지는 맛 특성이며 특히 청소년층이나 여성층의 수요자가 인삼을 싫어하는 요인으로 지적되고 있다. 인삼에서는 주로 ginsenosides에 의하여 쓴맛이 느껴지는 것으로 알려져 있으며 본 실험에서 효소처리에 의하여 쓴맛이 감소한 것은 ginsenoside의 당류를 분해시켜 구조가 바뀔으로써 쓴맛이 변화되었거나 생성된 당류에 의한 단맛의 증가로 쓴맛이 상대적으로 약하게 느껴졌기 때문인 것으로 생각되며 앞으로 ginsenoside의 구조변화에 의한 쓴맛의 변화에 관한 연구도 수행되어야 하겠다. 일반적으로 떼은맛은 탄닌과 같은 phenols 성분이 타액의 단백질과 결합하여 침전 또는 응집물을 형성함으로써 혀를 수렴시키는 느낌이라고 알려져 있다. 홍삼 중의 phenol성 성분으로서는 홍삼특유의 maltol과 salicylic acid 등 13종이 있으며, 위 등²¹⁾이 분리한 polyphenol 성분이 보고 되어 있다. 효소분해시킨 홍삼 extract에서 떼은맛이 감소한 것은 이들 phenol 성분의 변화에 의한 것이라기보다는 단맛, 쓴맛, 신맛을 나타내는 성분들의 복합적인 변화에 의하여 간접적으로 떼은 맛을 적게 느끼게 된 것으로 생각된다.

4. 침전물 생성경향

효소분해시킨 홍삼 extract를 실제 음료제품에 이용하

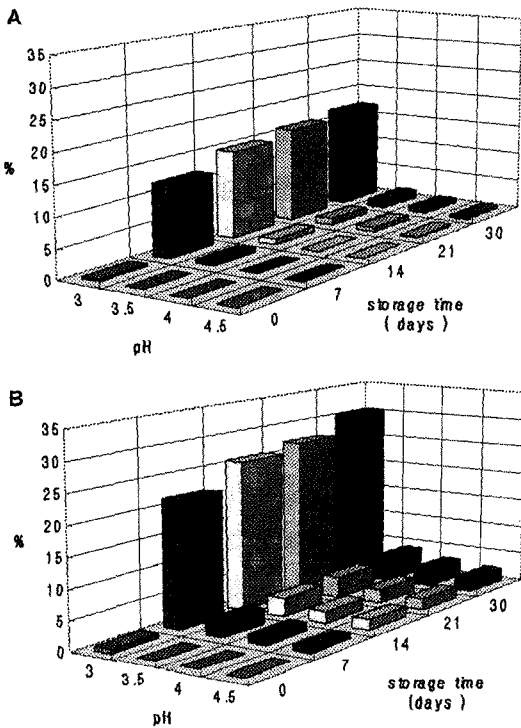


Fig. 2. Amounts of precipitate formation of ginseng drink (pH 3.0~4.5) prepared with enzymatically hydrolyzed ginseng extract (A) and ginseng extract (B) during storage for 1 month at 40°C.

였을 때의 침전 생성 감소 효과를 알아보기 위하여 홍삼 extract를 각각 5%씩 첨가하여 일반 음료와 유사한 수준으로 pH를 3.0~4.5로 조정한 다음 40°C에서 1개월 저장하면서 침전물 생성경향을 조사하여 Fig. 2와 같은 결과를 얻었다. 홍삼 extract를 첨가하여 제조한 음료에서는 저장 7일 경과 시에 모든 시험구에서 침전이 생성되어 저장기간이 길어짐에 따라 생성량이 증가하였으나 효소분해 한 extract를 사용한 음료에서는 pH 4.0 이상 시험구에서는 저장 30일 경과 시에 만 침전이 생성되어 효소분해에 의한 침전생성 감소효과가 뚜렷함을 확인하였다. 그러나 효소분해한 extract의 경우에도 pH가 3.0, 3.5로 낮으면 저장기간의 경과에 따라 침전이 생성되었다. 저자 등⁹⁾은 인삼 extract 수용액의 침전물에 관한 연구에서 인삼 extract를 40°C에서 저장하였을 때 전분과 단백질 함량이 가장 많이 변화하였고 무기이온 중 Ca과 Fe의 함량도 변화하여 이들 성분 자체나 또는 상호작용에 의하여 침전물이 생성되는 것으로 추정되었다. 본 실험에서도 전분 가수분해효소를 처

리한 extract 수용액 중에서의 침전이 현저히 감소한 것으로 보아 전분이 침전물 생성의 주원인 성분임을 재확인 할 수 있었다. 그러나 시간이 경과함에 따라 특히 pH가 낮을수록 침전물이 생성 된 것은 사포닌 성분들의 C₂₀ 위치에 결합된 glycoside 결합이 산성 조건에서 용이하게 가수분해되어 prosapogenin 성분들의 생성이 증가되고, 이들 성분들은 물에 용해성이 저조하여 침전물의 생성이 증가된 것으로 고찰되었다. 그 외에 분해되지 못한 전분이나 단백질, 무기이온 등의 복합적인 반응에 의한 것으로 여겨지며, 홍삼 extract 수용액의 침전을 방지하기 위하여는 전분 분해 효소처리와 함께 용액의 pH를 3.5 이상으로 유지시킬 필요가 있는 것으로 판단된다.

요 약

홍삼 extract를 첨가한 액상 제품에서의 침전 생성을 감소시키기 위하여 홍삼 extract에 β -amylase와 transglucosidase를 처리한 후 품질 특성의 변화를 조사하였다. 이소말토올리고당인 isomaltose가 5.25% 생성되었고 glucose의 함량이 증가하였으며, ginsenoside는 Rb₁과 Rb₂가 감소하였고 Rd의 함량이 증가하였다. 효소처리 한 홍삼 extract는 무처리구에 비하여 *Bifidus*속균과, *Lactobacillus*속균과 같은 장내유용세균에 대한 증식효과가 있었으며 *Bifidus*속균은 *Lactobacillus*속균보다 대체로 홍삼 extract 첨가에 의한 생육도가 낮았다. 효소처리한 홍삼 extract는 단맛과 신맛이 증가하였으나 홍삼 extract의 좋지 않은 맛으로 평가되는 쓴맛과 떼은맛이 감소하여 향미가 개선되었다. 효소처리 한 홍삼 extract를 첨가하여 pH 3.0~4.5의 음료를 제조한 다음 40°C에서 1개월간 저장하였을 때 무처리구에 비하여 침전량이 현저히 감소하였으나 pH 3.0에서는 효소처리 한 홍삼 extract 첨가구에서 17.7%, 무처리구에서 30.3%의 침전이 형성되었다. 따라서 인삼 음료의 침전을 감소시키기 위하여는 홍삼 extract에 β -amylase와 transglucosidase를 처리하고 동시에 음료의 pH를 3.5 이상으로 유지하는 것이 요구되었다.

감사의 말씀

이 논문은 1996년도 한국과학재단에서 지원하는 해외 Post-Doc. 연수자로 선정되어 1997년 7월 6일부터

1년간 캐나다 McGill 대학에서 수행되었으며 이에 감사드립니다. 그리고 McGill 대학교 식품농화학과의 Dr. M. Belem, S. Serekeberhan, Y. J. Choi, T. T. Wang, M. N. Hung 및 연구생들의 도움에 감사드립니다.

인 용 문 헌

- Ahn, Y. K., Kim, J. Y., Chung, J. G., Kim, J. H. and Goo, J. D. : *Yakhak Hoeji* **31**, 355-360 (1987).
- Baek, N. I., Kim, D. S., Lee, Y. H., Park, J. D. and Kim, S. I. : *Planta Medica* **62**, 86-87 (1996).
- Kim, Y. C., Kim, S. R., Markelonis, G. J. and Oh, T. H. : *Advances in ginseng research* 47~56 (1998).
- Park, H. J., Rhee, M. H., Park, K. M., No Y. H. and Lee, H. B. : *Korean J. Ginseng Sci.* **18**, 102-107 (1994).
- 박상욱 : 백삼의 단백질 특성과 펩티드의 생리활성에 관한 연구, 숙명여자대학교 박사학위논문 (1995).
- Takaku, T., Kameda, K., Matsuura, Y., Sekiya, K and Okuda, H. : *Planta Medica* **56**, 27-30 (1990).
- Okuda, H., Zheng, Y., Matsuura, Y., Takaku T. and Kameda, K. : *Proc. of the 6th Int. Ginseng Symp.*, Seoul Korea, 110-112 (1993).
- Kim, Y. S. : *Korean J. Ginseng Sci.* **19**, 108-113 (1995).
- Kim, N. M., Lee J. T. and Yang, J. W. : *Korea J. Ginseng Sci.* **20**, 54-59 (1996).
- 서기봉, 이종태 : 인삼연구보고서, 한국인삼연초연구원, p. 165 (1988).
- Kim, N. M., Yang, J. W., Kwak, Y. S. and Sung H. S. : *Korean J. Ginseng Sci.* **18**, 122-127 (1994).
- The amylase research society of Japan : *Handbook of amylase and related enzyme*. Pergamon press (Japan) p. 215-217 (1988).
- 박관화 : 기능성 당의 종류와 특성, 한국식품과학회 심포지움, 1 (1994).
- Difco Manual : Dehydrated Culture Media and Reagents for Microbiology, Difco Lab. Detroit, USA p. 538 (1984).
- Packing slip No. 599037 : American Type Culture Correction, Maryland USA (1997).
- Harrygan, W. F., and McCauce, M. E. : *Lab. Methods in Food and dairy Microbiology*, Academic Press. p. 347 (1976).
- 김정희 : *Lactobacillus bulgaricus* N-5에 의한 Galactooligosaccharide의 생성에 관한 연구, 충남대학교 박사학위논문 (1993).
- Moskowitz, H. : *Applied sensory analysis of foods* (vol. 1) CRC press (1988).
- Ahn, J. W., Hong, S. S., Park, K. W. and Seo, J. H. : *Korean J. Food Sci. Technol.* **28**, 273 (1996).
- 최강주, 고성룡, 김석창 : 홍삼 및 유용생약엑스의 유효성분 표준화 연구. 인삼연구보고서. 한국인삼연초연구원, p. 389 (1993).
- Ahn, Y. J., Kim, M. J., Kawamura, T., Yamamoto, T., Fujisawa, T., and Mitsuoka, T. : *Korean J. Ginseng Sci.* **14**, 253 (1990).
- Wee, J. J., Park, J. D. and Kim, M. W. : *Korean J. Ginseng Sci.* **14**, 27 (1990).