

**특집 : 인삼산업의 현황**

## 국내 · 외 홍삼제품현황 및 홍삼화 공정

류 기 형

공주대학교 식품공학과, 공주대학교 한약재연구센터

### Present Status of Red Ginseng Products and Its Manufacturing Process

Gi-Hyung Ryu

*Department of Food Science and Technology, and Herbal Resource Research Center,  
Kongju National University, Yesan 340-804, Korea*

#### 국내 · 외 홍삼제품 및 시장규모

홍삼의 제조공정은 수삼의 세척, 증자, 1차 건조, 저장숙성, 2차 건조, 정형을 거치면 저장성의 향상과 사포닌의 변형, 아미노산의 변화, 갈변화 등의 화학적인 변화가 수반된다. 백삼은 원료수삼의 표피를 벗겨서 일광건조 또는 열풍건조로 색상은 유백색이나 담황색의 색상을 띠지만 홍삼은 원료수삼의 표피를 벗기지 않은 상태로 세척하여 증숙 건조과정을 거쳐 제조되므로 담황갈색 또는 담적갈색을 띤다(1).

국내 · 외에서 판매되는 홍삼제품을 보면 홍삼본삼류와 2차 홍삼가공품으로 홍삼정, 홍삼정캡슐, 홍삼분, 홍삼분캡슐, 홍삼정차, 홍삼정환, 홍삼절편, 홍삼톤, 홍삼드링크의 제조기술에 한정되어 있는 실정이며 이러한 홍삼류제품에 한정되어 유통되고 있다. 또한 지금까지 홍삼은 선별, 세척, 증자, 건조, 저장공정을 거쳐서 2차 홍삼가공품이 제조되고 있으므로 국내 · 외에서 홍삼제품은 고가의 제품으로 판매되고 있는 실정이다.

국내에서 1999년도 인삼의 총생산량은 12,000톤으로 인삼제품별 소비는 수삼 50%, 백삼 35%, 홍삼 15% 비율로 소비되고 있으며, 홍삼의 2차 가공품은 10.1%로 백삼의 1.7%와 비교하여 높은 편이며 홍삼의 소비는 점차 증가할 것으로 예상된다. 1999년도 국내 홍삼류 판매실적은 803억원으로 전년대비 17%로 증가하였으며 2차 가공품인 홍삼정, 홍삼정캡슐, 홍삼분, 홍삼분캡슐, 홍삼정차, 홍삼정환, 홍삼절편, 홍삼톤, 선물세트로 622억원을 차지하였다.

인삼은 2000년 기준으로 전 세계 70여개국으로 수출되고 있지만 홍콩, 일본, 대만으로 80%정도 수출되고 있으며 총인삼수출액은 650억불이며 홍삼류가 350억불을 차지하고 있다. 홍삼류 수출액을 분석해보면 홍삼의 형태를 유지

하고 있는 홍삼본삼류가 300억불 홍삼정, 홍삼분, 홍삼차 등의 2차 가공제품류는 홍삼본삼류에 비해 50억불로 낮다(2).

국내의 시장의 특성은 홍삼의 형태를 유지하고 있는 홍삼본삼류는 고가이므로 소비가 일반화되어 있지 않지만 홍삼 2차가공 제품류는 포장단위를 세분화하여 단가를 줄이고 최근 복용편의 위주 제품의 소비자 기호도 변화추세에 따라 국내의 시장은 증가할 것으로 사료된다.

현재 인삼제품 특히 홍삼제품의 국내의 제조기술은 외국에 비교하여 경쟁력이 있다. 홍삼제품은 홍삼차, 홍삼엑기스, 분말, 캡슐, 홍삼드링크 등의 단순한 기술이다. 이러한 제품 제조기술은 현재까지 외국에 비해 기술경쟁력이 있지만 외국에서 인삼의 소비시장의 성장세가 지속되어 필요한 기술이 개발되면 지금의 국내기술력은 한계에 직면할 것으로 판단된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 홍삼화기술을 연속공정으로 전환하고 제품도 외국인의 기호에 맞는 다양한 제품을 개발하여 외국시장에 출시한다면 시장전망 및 제조기술은 세계적인 경쟁력을 가질 것이다.

국내의 인삼제품을 판매하는 회사와 제품을 생산하는 업체를 보면 홍삼정, 홍삼차, 인삼차, 인삼정 등을 위주로 하는 차 또는 정제를 위주로 하는 회사; 인삼김치, 인삼잼 등의 인삼가공식품을 위주로 하는 회사; 인삼음료, 껌, 캔디 등 음료와 과자 등을 생산하는 회사로 분류할 수 있다. 반면에 홍삼제품은 제조하는 회사는 한국인삼공사(KT&G), 농협중앙회 및 산하조합 등 20개 이상의 업체가 제조하고 있으며 홍삼정, 홍삼캡슐, 홍삼분, 홍삼타블렛, 홍삼절편에 국한되어 있다.

국외의 인삼제품 제조는 홍콩의 경우 한국과 중국으로부터 홍삼을 수입하고 미국과 캐나다로부터 화기삼을 수

입하여 중국 대만으로 수출한다. 홍삼류는 한국과 중국에서 홍삼본삼을 가공하며, 2차 홍삼가공품인 홍삼정, 홍삼캡슐, 홍삼분, 홍삼타블렛, 홍삼절편삼과 같은 국내산 홍삼제품이 국외시장을 주도한다고 할 수 있다.

### 홍삼성분

인삼에 대한 본격적인 연구는 1957년 소련의 약리학자 Brackhman이 인삼의 유효성분 가운데 사포닌(saponin)이 중요하다고 발표하면서 한국 일본 중국과 유럽에서 사포닌에 대한 연구가 활발하게 진행되었다. 인삼에 함유된 사포닌 성분을 분리하여 화학구조를 밝혀서 진세노사이드(ginsenoside)-Ro, Ra, Rb<sub>1</sub>, Rb<sub>2</sub>, Rc, Rd, Re, Rg<sub>1</sub>, Rg<sub>2</sub>, Rg<sub>3</sub>, Rh<sub>1</sub> 등으로 각각 명명되었다.

홍삼의 제조공정과정에서 수삼을 증자 열처리하면 성분의 화학적 변환이 일어나 수삼이나 백삼에 존재하지 않은 새로운 생리활성물질의 생성과 함께 함량의 증가가 일어난다. 홍삼제조과정 동안 변화되는 주요한 성분은 사포닌계와 비사포닌계인 폴리세틸렌, 산성다당체, 아미노산 등이다.

사포닌계 성분을 보면 홍삼에 30종, 백삼에는 22종이 분리되어 보고되어 있으며 홍삼과 백삼에 공동함유 18종, 홍삼에 특이하게 존재하는 사포닌 12종, 백삼에만 존재하는 4종의 사포닌이 규명되어 있다. 동일한 수삼원료로 제조한 홍삼과 백삼의 미량사포닌함량을 보면 백삼보다 홍삼에서 함량이 높다(Table 1).

동일한 6년근 수삼시료를 각각 4등분으로 절단하여 건조한 수삼보다 증자시간에 따른 진세노사이드의 종류와 함량을 분석한 결과 건조수삼보다 증숙한 홍삼에서 진세노사이드의 종류가 11종에서 16종으로 증가하였으며 개별 사포닌 함량이 증가하는 것이 확인되었다. 또한 증숙한 수삼의 diol계 사포닌 종류와 함량이 증가하는 현상은 diol계 사포닌의 비당부위(aglycone)을 가지고 있는 malonyl-

ginsenosides가 증숙처리에 의해 malonyl기가 분해되어 사포닌의 변화가 일어나기 때문이다(Table 2).

비사포닌계 성분을 보면 인삼의 대표적인 폴리세틸렌 성분으로 panaxynol, panaxynol, panaxytriol 3종이 있으며 panaxytriol은 홍삼에 존재하는 특이한 성분이다(3). 또한 인삼의 산성다당체는 체세포 분해작용과 암환자의 식욕감퇴 및 체중감소를 일으키는 호르몬에 길항적 작용을 나타내는 성분으로 백삼보다는 홍삼에서 추출수율이 4~7%로 8배 정도 높은 편이다(4). 홍삼제조과정을 거치는 경우 아미노산은 백삼에는 0.2%로 소량 포함되어 있지만 홍삼에는 5%로 함량이 증가한다.

홍삼의 증숙과정에서 호화된 전분에 아밀라아제(amylase)와 말타아제(maltase)가 작용하여 생성된 맥아당(maltose)과 포도당(glucose) 및 과당(fructose)과 인삼에 많이 함유된 아미노산 알기닌(arginine)과 반응하여 Maillard 반응이 일어나서 홍삼은 담황갈색 또는 담적갈색을 띠게 된다. 또한 말톨(maltol)은 열처리과정에서 맥아당(maltose)과 아미노산이 반응하여 생성된 페놀성 성분으로 홍삼성분을 확인하는 지표물질로 사용된다. 말톨은 생체노화와 관련된 지질의 과산화를 억제하는 효능이 있는 것으로 알려져 있다(1).

증숙 열처리와 건조공정을 거치면서 이상과 같은 인삼에 포함된 사포닌계와 비사포닌계 화합물의 생성과 함량의 증감등의 화학적인 변화와 함께 갈변에 의한 색상의 변화, 전분 호화의 물성의 변화, 수소공여능, 혈소판 응집 억제능 등의 변화가 일어난다. 열처리를 거친 홍삼과 거치지 않고 건조시킨 백삼의 화학적 성분과 외관 등의 중요한 차이점을 Table 3에 나타내었다.

### 홍삼의 약리효능

현재까지 알려진 인삼의 약리작용 및 임상효과 연구결과를 보면 중추계신경억제 및 흥분작용, 단백질과 핵산의

Table 1. Saponin content (%) in red ginseng and white ginseng (3)

구분	홍삼	백삼	주요 효능
Ginsenoside Rh <sub>2</sub>	0.001	-	항암활성 및 암세포의 분화유도(정상세포화) 작용
Ginsenoside Rh <sub>1</sub>	0.006	0.0015	암 전이억제 및 혈소판응집 억제작용
Ginsenoside Rg <sub>2</sub>	0.024	0.0140	혈소판응집억제 및 평활근 세포증식 억제 작용
Ginsenoside Rg <sub>3</sub>	0.014	0.0003	실험적 간장해 억제 및 탐식활성화 작용

Table 2. Change in saponin content during steaming time (3)

Saponins	Residual ratio (%)							
	Main root				Lateral root			
	0	1	2	3	0	1	2	3
Malonyl-ginsenoside-Rb <sub>1</sub>	100	42	31	12	100	49	35	12
Malonyl-ginsenoside-Rb <sub>2</sub>	100	50	49	27	100	53	50	26
Malonyl-ginsenoside-Rc	100	41	31	8	100	46	35	11
Malonyl-ginsenoside-Rd	100	49	36	17	100	49	36	13

Table 3. Physicochemical difference between red ginseng and white ginseng

항 목	홍 삼	백 삼
색 상	농다갈색	유백색
사포닌	Ginsenoside-Rh <sub>1</sub> , Rh <sub>2</sub> 생성 Ginsenoside의 열에 의한 변환	Malonyl-ginsenoside-Rb <sub>1</sub> , Rb <sub>2</sub> , Rc, Rd 존재 Malonyl-ginsenosides는 수용성이며 열에 불안정하여 60~70°C 이상의 열처리로 ginsenoside로 변환
산성다당체	7~8% 존재	2~3% 존재
전 분	호화된 상태	생전분 상태
효 소	모두 실패됨	α-amylase, invertase 등 거의 모든 효소가 활성유지
폴리아세틸렌	0.6~1.0mg/g	0.1~0.2mg/g
갈변물질	백삼보다 분자량이 약간 큰 갈변물질(melanoidins) 산화억제물질인 말톨(maltol)생성(갈변중간단계물질)	갈변물질이 아닌 천연색소물질(flavonoid계)
DPPH 수소공여능	크다	작다
혈소판 응집억제능	크다	작다
내공과 내백	기공이 많이 분포하고 유백색의 내백이 분포	기공은 홍삼에 비하여 매우 적게 분포되어 있으며 내백은 발견되지 않음

생합성 촉진작용, 동맥경화예방, 혈당강화작용, 항피로 및 항스트레스 작용 등이 보고되었으며 최근에는 AIDS 바이러스 증식억제, 항다이옥신 및 성기능을 개선시킨다는 보고도 있다. 인삼의 성분 중에서 약리효과가 가장 큰 인삼과 홍삼류의 특이성분인 사포닌의 약리작용을 Table 4에 정리하였다.

**전통적인 홍삼제조와 압출성형공정**

전통적인 홍삼의 제조공정은 수삼을 세척, 증자(90~100°C), 1차 건조(35~40%), 저장숙성, 2차 건조 (16% 내

외), 정형을 거치면 저장성의 향상과 사포닌의 변형, 아미노산의 변화, 갈변화 등의 화학적인 변화가 수반된다. 백삼은 원료수삼의 표피를 벗기거나 그대로 일광건조 또는 열풍건조로 색상은 유백색이나 담황색의 색상을 띠게 된다. 반면에 홍삼은 원료수삼의 표피를 벗기지 않은 상태로 세척하여 증숙 건조과정을 거쳐 제조되므로 담황갈색 또는 담적갈색을 띤다(1).

전통적인 홍삼화는 6년간 자란 생인삼인 수삼을 수확하여 잘 씻은 다음 찌서 햇볕에 자연 건조시켜 홍삼을 선별 포장하는 과정을 거친다. 홍삼가공공정에서 원료 선별, 증숙 가열처리, 자연건조가 중요한 단위공정이므로 개발된

Table 4. Medical action of saponins

	Polyacetylene	Ginsenoside	약리작용
인삼사포닌	Oleanolic acid	Ro	항염증, 혈소판응집억제, 평활근 세포증식억제, 항간염, 혈관확장 작용
		Rb <sub>1</sub>	중추신경억제, 최면작용, 진통작용, 콜레스테롤 생합성촉진, 해열작용, 호르몬분비 촉진작용, RNA 합성촉진
	Panaxadiol	Rb <sub>2</sub>	당 지방대사촉진, 항당뇨, 고콜레스테롤저하 및 항동맥경화작용, 단백질 및 지질합성촉진, 스트레스성 식욕감퇴개선, 항산화활성물질 생성촉진, 면역조절기능, 진통작용
		Rc	중추신경억제 작용, RNA 합성억제, 혈청단백질 합성촉진, 부신자극호르몬 분비촉진작용,
		Rd	부신피질호르몬 분비촉진작용
	Panaxatriol	Re	부신피질호르몬 분비촉진작용, 콜레스테롤 대사촉진작용, 항고온스트레스 작용
		Rf	통증억제, 과산화지질억제, 뇌신경세포와 관련된 진통작용
		Rg <sub>1</sub>	면역증강작용, 혈소판응집억제, 항피로작용, 항피로회복, 학습기능개선, 스트레스성 성기능장애개선
		Rg <sub>2</sub>	혈소판응집억제, 항트롬빈, 기억감퇴개선
	홍삼특유성분	Panaxadiol	Rh <sub>2</sub>
Rg <sub>3</sub>			암세포전이억제, 혈소판응집억제 및 항혈전작용, 항암제내성억제 작용
Panaxatriol		Rh <sub>1</sub>	실험적 간 상해억제작용, 종양세포분화촉진

공정도 세 가지 단위공정을 응용하여 사포닌이 변환하여 새로운 사포닌이나 물질을 합성하는 열처리방법을 적용하고 있다.

한국인삼공사에서 대량으로 홍삼을 제조하는 공정을 보면 원료검사, 저장, 세삼, 배열, 증삼, 1차 건조, 치미, 2차 건조, 검사, 정형, 1차 선별, 2차 선별, 검사, 지별선별, 작근, 습접압착, 재건조, 검사, 입상, 포장, 진공포장, 캔포장, 검사를 거쳐 입고하여 수삼의 기본형태를 유지한 1차 가공품인 홍삼본삼류 제품이다.

기존의 홍삼화 방법을 응용한 개발된 공정을 보면 가열 온도와 압력을 조절하여 사포닌 형성을 촉진하거나 사포닌을 변형시키는 공정으로 가열, 가압, 건조 공정을 포함하고 있다. 전통적인 홍삼제조와 최근에 개발된 공정 등을 보면 핵심단위공정은 가열처리, 건조공정을 들 수 있다. 홍삼제조시 가열처리를 고온고압에서 단시간에 연속적으로 할 수 있는 압출성형공정(extrusion process)으로 대체한다면 홍삼가공공정의 단축과 연속적으로 홍삼을 가공할 수 있을 것이다.

압출성형공정은 1930년대부터 본격적으로 노동집약적인 기술의 해결방안으로 산업에 응용되기 시작하였다(5). 압출성형공정이 가장 먼저 연속공정으로 적용된 분야는 고분자 플라스틱성형이며 1930년대 중간에 단축압출성형기를 이용한 연속공정으로 파스타를 생산하게 된 것이 식품산업에 체계적으로 적용되기 시작하였다(6). 최근에는 다양한 산업분야에 압출성형공정이 고분자 플라스틱, 식품, 사료, 생물산업, 의약품산업에 다양하게 적용되고 있다.

압출성형공정은 혼합, 분쇄, 가열, 성형, 건조와 같은 단위조작이 단시간에 일어나므로 다른 공정과 비교하여 효율적이고 경제적인 공정이다. 특히 가열공정에 적용할 경우 스크루(screw)의 회전운동으로 압출성형기 내부 물질은 전단력을 받게 되고 사출구(die exit)의 조절에 따라 압력도 받게 되는 고온고압에 물질적 힘이 수반되는 연속공정이다(7).

압출성형공정에서 조절이 가능한 독립변수는 원료투입 속도, 수분함량, 스크루회전속도, 사출구와 스크루의 재원과 배열에 따라 목적하는 제품의 특성을 조절할 수 있기 때문에 독립변수의 조절에 의해 다양한 특성을 가지는 제품을 생산할 수 있다(8). 이러한 압출성형공정의 특성을 파악하여 곡류를 팽화시킨 스낵제품(9-13), 탄산가스나 초임계탄산의 주입을 통해 100°C이하의 비교적 저온에서 호화된 곡류용융반죽을 팽화시켜 열에 불안정한 영양소나 기능성성분을 강화하기 위한 저온압출성형(15-20), 호화전분, 식물성 단백질의 조직화(21), 유지추출 전처리, 살균, 고분자 생물질의 전환(22,23), 생분해 포장재(24), 식물성세포벽의 수용화(25) 또는 비지의 중간제품화(26) 등의 연구결과와 함께 식품생물산업에 다양하게 적용되고 있

지만 인삼의 가공에 적용은 국내외에서 적용된 예는 없다.

압출성형공정을 적용하여 수삼을 처리하게 되면 압출성형기 내부에서 입자의 분쇄와 가열, 압력, 전단력에 의하여 인삼의 형태가 유지되지 못하고 사출구를 통해 성형과 팽화가 일어나므로 홍삼의 형태를 그대로 유지한 홍삼본삼류가 아닌 홍삼제품의 원료소재가 되는 제품이 가능할 것이다.

홍삼제품의 원료는 인삼의 형태를 유지한 홍삼본삼류와 홍삼제조과정에서 지별선별, 작근 등으로 인삼의 형태를 유지하지 않은 홍삼본삼류와 동일한 사포닌계 화합물과 비사포닌계 물질이 함유되어 있는 홍삼을 이용한다. 홍삼본삼류를 제외한 홍삼제품은 홍삼 2차 가공제품이라고 할 수 있으며 홍삼성분을 포함한 홍삼원료로 사용한다. 홍삼본삼류를 홍삼 2차 가공용 원료로 사용하기도 한다.

홍삼 또는 홍삼본삼을 분쇄한 홍삼가루를 열수 또는 에탄올과 물 용매로 추출한 추출액을 원료로 가공한 기존의 홍삼 2차 가공품은 보면 홍삼캡슐, 홍삼타블렛, 홍삼엑기스, 에탄올이나 에탄올 희석액을 용매로 냉침법으로 제조되는 홍삼틴크(red ginseng tincture), 홍삼이외에 에탄올 4~40%와 감미, 산미, 색소, 방향료를 첨가하여 제조한 홍삼 에릭실(red ginseng elixir), 홍삼시럽, 홍삼분말을 백당, 꿀, 물엿, 과일엑기스 등의 당분함유물질을 혼합하여 점성을 가지는 반고체 페이스트(paste) 상태의 홍삼지제(elcetary)와 다형 홍삼제품, 홍삼경육고, 홍삼차, 홍삼당절임 등 다양한 2차 홍삼 가공품이 있다.

압출성형공정으로 제조한 홍삼화제품은 이러한 홍삼 2차 가공제품의 홍삼원료로 이용될 수 있다. 또한 수삼을 압출성형공정으로 처리하면 홍삼화 뿐만 아니라 저장기간이 짧은 수삼을 연속적으로 처리하여 홍삼 2차 가공품의 원료제품으로 저장안정성이 확보되는 이점도 있다.

## 결론 및 요약

수삼은 수분함량이 75% 이상으로 저장안정성이 낮으므로 수삼의 보관을 용이하게 하기 위하여 전통적으로 수삼을 세척하여 증자와 건조공정을 거쳐 홍삼을 제조하여 오고 있다. 최근 홍삼에 대한 화학적인 조성과 함께 사포닌을 비롯한 생리활성물질에 대한 관심이 고조되고 있다. 증숙과 건조과정을 통해 변화되는 주요한 성분은 사포닌계와 비사포닌계인 폴리아세틸렌, 산성다당체, 아미노산 등이다. 알려진 인삼의 약리작용 및 임상효과로는 중추계 신경억제, 단백질과 핵산의 생합성 촉진작용, 동맥경화예방, 혈당강화 작용, 항피로 및 항스트레스 작용 등이 보고되었으며 최근에는 AIDS 바이러스 증식억제, 항다이옥신 및 성기능을 개선시킨다는 보고도 있다. 이러한 홍삼에 포함된 성분의 약리효과가 알려지면서 홍삼소재를 이용

한 기능성식품이 많이 개발되고 있다.

홍삼제조 중요한 단위공정인 증자와 건조는 열처리 공정이므로 고온고압에서 단시간에 분쇄, 가열, 가압, 증발, 성형공정이 일어나는 압출성형공정을 이용한 홍삼화 가능성이 있다. 또한 압출성형공정은 열, 압력, 전단력이 단시간에 내부의 원료에 가해지는 공정으로 다른 열처리 공정보다 경제적인 공정이다. 그러므로 전통적인 홍삼제조 공정, 홍삼의 화학적 성분과 생리활성 및 홍삼을 소재로 개발된 제품을 검토하고 압출성형공정을 이용하여 기존의 홍삼제조공정의 개선과 공정을 대체할 수 있는 가능성을 살펴보았다.

압출성형공정으로 생산된 홍삼화제품은 홍삼 2차 가공품으로 사용될 수 있다. 홍삼 2차 가공품을 보면 홍삼캡슐, 홍삼타블렛, 홍삼엑기스, 홍삼음료, 홍삼발효주 등이 있는데 압출성형공정으로 제조한 홍삼화제품은 이러한 홍삼 2차 가공제품의 홍삼원료소재로 이용될 수 있다. 수삼을 압출성형공정으로 처리하면 홍삼화 뿐만 아니라 저장기간이 짧은 수삼을 연속적으로 처리하여 홍삼 2차 가공품의 원료제품으로 저장안정성이 확보되는 이점도 있다.

이러한 압출성형공정을 이용한 홍삼화 공정을 개발하기 위하여 압출성형을 거친 압출성형수삼의 성분과 외관을 기존의 공정으로 생산한 홍삼과 비교하여 홍삼화를 확인하는 연구가 필요하며 홍삼화효율을 최대화하기 위한 압출성형공정의 최적화와 함께 최적화한 범위에서 홍삼화 메커니즘을 확인할 필요성이 있다.

## 참 고 문 헌

1. 한국인삼연초연구원. 1994. 고려인삼: 제 8장 홍삼과 백삼 및 연생별 성분함량 및 약리활성. p 225-256.
2. 농수산물유통공사. 2000. 인삼류 해외시장동향. p 293-300.
3. Kitagawa I. 1983. Chemical studies on crude drug processing. I. On constituents of ginseng radix rubra (1). *Yakugaku Zasshi* 103: 612-622.
4. Lee SD, Lee KS, Okuda H, Hwang WI. 1990. Inhibitory effect of crude acidic polysaccharide of Korean ginseng on lipolytic action toxohormone-L from cancerous ascites fluid. *Korean J Ginseng Sci* 14: 10-13.
5. Rauwendaal C. 1986. *Polymer extrusion*. Hanser Publishers, New York. p 20-55
6. Harper JM. 1981. *Extrusion of Foods*. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL. p 3-6.
7. Harper JM. 1989. Food extruders and their application. In *Extrusion Cooking*. Mercier C, Linko P, Harper JM, eds. AACC. St. Paul, MN. p 1-18.
8. Meuser F, Wiedmann W. 1989. Extrusion plant design. In *Extrusion Cooking*. Mercier C, Linko P, Harper JM, eds. AACC. St. Paul, MN. p 91-155.
9. Ryu GH, Neumann PE, Walker CE. 1994. Effects of emulsifiers on physical properties of wheat flour extrudates with/without sucrose and shortening. *Lebensm Wiss Technol* 27: 425-431.
10. Ryu GH, Walker CE. 1994. Cell structure of wheat flour extrudates produced with various emulsifiers. *Lebensm Wiss Technol* 21: 432-436.
11. Ryu GH, Walker CE. 1995. The effects of extrusion conditions on the physical properties of wheat flour extrudate. *Starch/Starke* 47: 33-36.
12. Ryu GH, Ng PKW. 2001. Effects of selected process parameters on expansion and mechanical properties of wheat flour and whole cornmeal extrudates. *Starch/Starke* 53: 147-154.
13. 기해진, 류기형, 박양균. 2001. 건조양과착즙박과 건조양과를 이용한 압출스낵의 물리적 특성. *한국식품영양과학회지* 30: 64-69.
14. 류기형. 1995. 가스주입에 의한 압출성형공법. *식품산업과 기술* 28: 30-41.
15. 류기형, Mulvaney SJ. 1996. CO<sub>2</sub> 개스주입에 의한 옥수수 가루의 팽화: Sucrose와 glyceryl monostearate(GMS)의 영향. *한국식품과학회지* 27: 251-256.
16. 류기형, 강선희, 이은용, 임승택. 1997. 탄산가스 주입이 압출팽화 옥수수전분의 성질에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지* 26: 436-442.
17. 류기형, Mulvaney SJ. 1997. 탄산가스 주입에 의한 유제품 강화 옥수수 압출성형물의 성질과 기계적 에너지 투입량의 분석. *한국식품과학회지* 29: 947-954.
18. Ryu GH, Lee EY, Lim ST. 1999. Physical properties and process optimization of corn starch extrudates expanded with supercritical carbon dioxide injection. *Cereal Chem* 76: 63-69.
19. Kang SH, Ryu GH. 2001. Improvement in the Yukwa manufacturing by extrusion process with CO<sub>2</sub> gas injection. *Food Sci Biotechnol* 10: 1-6.
20. Ryu GH, Kim BS, Mulvaney SJ. 2002. Optimization of extrusion process for dairy ingredient fortification of cornmeal puffed via CO<sub>2</sub> gas injection. *Food Sci Eotechnol* 11: 552-556.
21. 류기형. 2003. 압출성형공정을 이용한 식물성 단백질 조직화. *산업식품공학* 2: 73-79.
22. Grafelman DD, Meagher MM. 1995. Liquefaction of starch by a single-screw extruder and post-extrusion static-mixer reactor. *J Food Eng* 24: 529-542.
23. Solichien BW, Ryu GH, Kim DS. 2003. Preliminary study of enzymatic hydrolysis of corn starch in twin-screw extruder. 70th Annual Conference in Korean Society of Food Science and Technology. p 204.
24. 류기형. 1996. 탄산개스 주입이 압출성형 생분해 포장완충제의 성질에 미치는 영향. *한국포장학회* 2: 3-10.
25. 황재관, 김종태, 홍석인, 김철진. 1994. 압출성형에 의한 세포벽의 수용화. *한국영양과학회지* 23: 358-370
26. 류기형. 1995. 압출성형공법을 이용한 비지의 처리 및 증강 소재식품화. *한국공연구회지* 12: 43-48.