

## 배추 쓰레기의 자원화 방안

주홍신, 정교민,\* 황 기,\*\* 이성택

한국과학기술원 생물과학과

\*Clearinghouse Network

\*\*계명대학교 식품공학과

## Examination about Recycling of Korean Cabbage Wastes

H.S. Ju, Kiomin Chung,\* Key Whang,\*\* S.T. Lee

Department of Biological Sciences, KAIST

\*Clearinghouse Network

\*\*Department of Food Science and Technology, Keimyung University

### ABSTRACT

Korean cabbage waste is produced in huge amounts in the process of dealing, and most of them are discarded imposing burden on our environment.

In case of Garakdong agricultural and marine market in Seoul, the daily average amount of Korean cabbage waste is estimated more than 355ton(64.1% of the overall amount in waste occurrence). Recycling the cabbage waste is important for the protection of environment and reuse of waste materials. We examined the present situation of occurrence of the cabbage wastes, normal properties of the dietary fiber, and the conversion of high value-added dietary fiber from the cabbage wastes. As a result of examination of the content of dietary fiber in Korean cabbage waste, we found that the dietary fiber content(2.5%) was higher than the known value(0.7%), and that in the process of extraction of dietary fiber, there was no significant difference between the samples added with amylase and protease compared to control.

**Key words** : Korean cabbage waste, Dietary fiber, Recycling

## 초 록

배추 매매후 발생하는 배추 쓰레기의 양이 매우 많으며, 현재 거의 전량이 폐기되어 환경에 많은 부담을 주고 있다. 서울 가락동 시장의 경우 매일 약 355톤 이상(전체 쓰레기 발생량의 64.1%)의 배추 쓰레기가 배출되고 있다. 따라서 단순 폐기 처분되는 폐자원을 수거하여 유용 물질을 생산한다면, 쓰레기 처리라는 환경 보호 측면과 폐기 비용 절감, 자원 재활용 측면에서 매우 중요하다. 본 조사 연구에서는 배추 쓰레기의 발생 현황, 식이 섬유소의 일반적 특성 및 배추 쓰레기로부터 고부가가치의 식이 섬유소(Dietary Fiber)로의 전환을 검토해 보았다. 배추 쓰레기에서의 식이 섬유소 함량을 측정된 결과 기존의 알려진 값(0.7%)보다 더 높은 수치(2.5%)를 나타냈다. 또한 식이 섬유소 추출 과정에서 효소 amylase와 protease의 영향은 없었다.

핵심낱말 : 배추 쓰레기, 식이 섬유소, 자원 재활용

### 1. 서 론

배추의 소비가 늘어나면서 농수산물 시장에서의 배추 매매후 발생하는 배추 쓰레기의 양도 늘어나고 있으나, 배추 쓰레기는 재활용을 하지 못한 채 현재 전량이 폐기되고 있는 실정이다. 또한 가격의 불안정 및 유통 구조의 문제로 인해 생산지에서 바로 폐기 처분되기도 한다. 배추는 인체 내에서 다양하고 유익한 약리, 생리학적 작용을 갖는 식이 섬유소를 가지고 있어 단순 폐기 처분되는 폐자원을 수거하여 식이 섬유소를 추출한 후 그 자체로 사용하거나 다른 고부가가치물질로 전환시킬 수 있다면 이는 쓰레기 처리라는 환경 보호 측면과 폐기 비용 절감, 자원 재활용이라는 측면에서 매우 유익할 것이다. 본 조사 연구에서는 배추 쓰레기의 발생 현황과, 배추 쓰레기에서 식이 섬유소를 추출하고 배추의 식이 섬유소 함량 및 추출 과정을 조사하여 재활용 가능성을 알아보았다.

### 2 배추 쓰레기의 발생 현황

배추는 우리 민족이 쌀 다음으로 상식(常食)해

은 우리 민족의 먹을거리이고, 우리 나라를 대표할 만한 우수 식품인 김치의 원자재이며, 우리 식문화의 절대 부분을 차지해 온 주요 농산물이다. 그러나 이렇게 긴요한 배추의 농산물로서의 값어치나 위상이 유통 구조의 문제 등으로 심하게 흔들리고 있어 땀 흘려 가꾼 배추가 운반비조차 되지 않아 스스로 갈아엎는 일이 벌어지기도 한다. Table 1은 10대 청과물의 유통 마진을 나타낸 것으로, 배추 매매시 농가수취율이 가장 낮으며, 유통 마진은 가장 높음을 알 수 있다(전국배추전문생산자조합, 1995). 한편, 김치 등에 이용되는 배추의 소비가 늘어나면서 배추의 재배 면적 및 생산량이 증가하였으며, 농수산물 시장에서의 배추 매매후 발생하는 배추 쓰레기의 양도 늘어나고 있으나, 배추 쓰레기는 재활용을 하지 못한 채 현재 전량이 단순 폐기되고 있는 실정이다. 서울 가락동 농수산물 도매시장에서 발생하는 쓰레기의 발생은 Table 2와 같으며, 일 평균 약 355톤 이상(전체 쓰레기 발생량의 64.1%)의 배추 쓰레기가 배출되고 있다(전국배추전문생산자조합, 1995; 도시환경연구원, 1995). 다른 채소에 비해 배추의 출하 및 매매의 경우, 힘이 약한 배추의 바깥 부분이 계속해서 떨어져 지게 되어 있어 농수산물 시장의 채소 쓰레기의



Fig. 1. Cabbage wastes mixed with other wastes.

Table 1. Comparison of Margin System of 10 Fruits and Vegetables.

Item	Cabbage	Radish	Garlic	Onion	Cucumber	Water-melon	Dried red-pepper	Green onion	Apple	Orange
Farm receiving (%)	20.6	25.5	52.6	40.8	58.7	60.1	68.1	47.7	47.7	53.5
circulation margin (%)	79.4	74.5	47.4	59.2	41.3	39.9	31.9	52.3	52.3	46.5
Forwarding	4.5	10.8	18.3	11.0	18.7	11.0	4.7	22.7	22.7	27.9
Selling										
Wholesale	24.9	12.7	11.6	18.8	10.8	4.8	13.6	13.0	13.0	6.6
Retailing	50.0	51.0	17.5	29.4	11.8	24.1	13.6	16.6	16.6	12.0

대부분을 차지한다. 이러한 배추 쓰레기는 별다른 분리 수거 없이 일반 쓰레기(신문지, 박스, 스티로폼 등)와 혼합되어 폐기 처분된다(Fig. 1).

### 3. 식이 섬유(Dietary Fiber)로의 재활용

우리 나라 배추는 수분의 함량이 약 94.3 % 이

고 수분을 제외 나머지 부분중 약 1% 정도가 식이 섬유소로 구성되어 있다고 알려져 있으며, 이는 건조 중량의 약 12%를 차지한다(농촌영양개선연구원, 1991) (Table 3). 식이 섬유소는 식물 조직의 세포벽 성분으로 식물의 조직을 유지, 지탱하게 하는 역할을 하며 인체 내 소화 효소에 의해 분해, 흡수되지 않는 비 starch성 다당류성(Trowell,

Table 2. Occurrence of Wastes Annually and Monthly.

unit (amount : ton)

Month	'89		'90		'91		'92		'93	
	Total Carrying-out	Average carrying-out (/day)	Total Carrying-out	Average carrying-out (/day)	Total Carrying-out	Average carrying-out (/day)	Total Carrying-out	Average carrying-out (/day)	Total Carrying-out	Average carrying-out (/day)
Total	136,372.5	383.1	154,168.5	439.2	194,036	579.2	192,548.4	573.1	188,820	558.6
1	5,287	188.8	5,474	219.0	6,598.5	244.4	7,548.9	279.6	6,622	245.2
2	5,304	212.2	6,145.4	236.4	6,369.5	276	7,471.5	298.9	7,120	273.8
3	7,743.5	249.8	7,514	259.1	9,716	335	10,657	367.5	9,517	328.2
4	8,644.5	288.2	7,361	253.8	12,299.5	439.3	12,560.5	448.6	12,254	437.6
5	11,092.5	357.8	12,204	393.8	17,080	589	18,389	634.1	17,946	618.8
6	13,032.5	434.4	12,975	432.7	18,339	655	20,354.5	726.9	20,024	715.1
7	16,312.5	526.2	14,294	461.1	21,373	737	22,900.5	789.7	21,090	727.2
8	17,851	575.8	15,931.5	513.9	23,796.5	820.6	25,899.5	893.1	21,021	724.9
9	15,941	590.4	24,162.5	805.4	22,002.5	846.3	22,895.5	880.6	23,335	864.2
10	14,126.5	455.7	18,568.5	663.2	23,123	797.3	20,567.5	709.2	19,327	666.4
11	12,010.5	400.4	17,549	585	19,466	695.2	13,361	477.2	17,374	620.5
12	9,027	291.2	11,989.5	386.8	13,872.5	462.4	9,943	342.9	13,193	454.9

Table 3. Contents of various Cabbages.

unit : %

Items	Moisture	Protein	Fat	Carbohydrates		Ash
				Non-fibrous	Fiber	
Korean Cabbage	94.3	1.3	0.2	2.4	0.7	0.6
Chinese Cabbage	95.9	1.3	0.1	1.6	0.7	0.4
Cabbage	92.4	1.5	0.2	4.7	0.7	0.5

1972; Parkany, 1994)으로, Table 4와 같이 식이 섬유소는 크게 비수용성과 수용성으로 나뉜다 (연세대, 1993). 배추와 같은 식물체의 식이 섬유소의 구성 성분으로는 cellulose, hemicellulose, lignin, 수용성 polysaccharide (pectin, gums), 비수용성 polysaccharide (mucilage, 기타) 등이 있으며, 이러한 구성 성분들은 보수성, 양이온 교환능, 유기화합물의 흡착 및 장내 세균에 의한 분해 등의 특성으로 인체에 유익한 여러 생리적 효과를 나타내며, 병리 효과로는 혈당량 조절, 혈중 지질과 cholesterol 강하, transit time 단축과 배변량 증가로 인한 변비 예방, 숙변과 독소 물질 흡착하여 배설함으로써 정장 작용,

체중 관리, 비만 방지, 담석 방지, 당뇨 억제, 항암 등 수많은 효과가 보고되고 있다 (연세대, 1993; Vahouny *et al.*, 1986). 또한 식이 섬유소 뿐만 아니라 섬유소를 구성하는 당류들은 많은 부분이 다른 고부가가치 성분(예, xylooligosaccharide, xylitol)으로 전환이 가능하다 (Roberto *et al.*, 1994).

식이 섬유소는 전통적으로 국내 식단에서는 그 섭취량이 많은 양을 차지하였으나 70, 80년대에 곡류 위주의 식사 습관에서 선진국 취향의 식사 습관으로 전환되면서 육, 유제품의 소비가 늘면서 그 섭취가 줄어드는 추세이며, 이로 인해 비만, 변비, 당뇨, 담석, 장암 등 여러 질환이 발생하고 있다. 그러나 최근 들어서 식이 섬유소의 많은 pharmaceutical 효과가 알려지면서 그 중요성이 재인식되고 섭취량이 다시 증가하는 추세에 있다. 구미에서는 이러한 식이 섬유소의 효과를 이용하여 육제품, 빵류, 비스킷, 음료 또는 기타 기능성 식품들에 섬유소를 첨가하여 제품의 부가 가치를 높이고 있다. 미국에서는 식이 섬유소가 식품 첨가물로서 공식 승인을 받게 이르렀으며 그 이용은 동양

Table 4. Classification of Dietary Fibers.

Origin		Classification	Composition	
Insoluble	Structure Material of cell wall	Plant	Cellulose Hemicellulose  Insoluble Pectin Lignin	Glucan Arabinoxylan, Glucomannan, Arabinogalactan etc. Galactan, Galacturonan Phenylpropane compound
		Animal	Chitin	Glucan
Soluble		Plant	Plant mucilage(Fruit) Pectin Seed mucilage Locust gum, Guar gum, Damarin gum Seaweeds mucilage Alginate, Agar Carrageenan Resin mucilage Arabia gum	Galactomannan  Galactomannan Galactoxyloglucan  Galactan Guluronomannuronan  Glucuronoarabinogalactan
		Microbial	Xanthan gum Pullulan Gellan gum	High polymer Glucan composed of Gluronic acid, Mannose, and glucose
		Derivative of natural high polymer	Aluginic acid	Alginic acid PG Ester
	Cellulose	Carboxymethylcellulose		

보다 오히려 서구에서 큰 반향을 일으키며 사용되고 있다.

국내에서 식이 섬유소는 음료 및 식품에 도입되기 시작하였으며, 식이 섬유 시장이 폭발적으로 증가하여 1990년에 100억원 규모에서 91년에는 200억원 규모로 두배 가량 성장하였다(연세대, 1993). 90년 이후 본격적으로 도입되기 시작한 식이 섬유가 함유된 제품은 음료, 스낵류에서 시작하여 다양한 제품이 개발되어 급속히 성장되고 있으나, 현재 국내에서 사용하고 있는 식이 섬유는 전량 수입하고 있는 실정으로서, 식이 섬유 소재 개발이 중요하다. 본 조사에서 나타난 배추 쓰레기의 증가와 함께 전량 폐기 처분되는 많은 배추 쓰레기를 활용하여 배추 쓰레기에서 고부가가치 식이 섬유

추출 가능성을 조사한다.

#### 4. 재료 및 방법

대전 농수산물 시장에서 파는 배추와 배추를 다듬는 과정에서 나오는 배추 쓰레기를 이용하여 Enzymatic Gravimetric Method (Prosky *et al.*, 1985; 일본약학회편, 1990; Heaton, 1979)를 통해서 식이 섬유소를 추출하였다. 먼저 배추 쓰레기를 적당하게 잘라서 105°C에서 하루 동안 건조를 한 후, desiccator에 보관한다. 건조된 시료를 잘게 갈아 0.3~0.5 mm mesh로 거른 후, 1g 시료를 500 ml 플라스크에 취하여 pH 6.0 phosphate buffer 50 ml을 넣고 효소 Terma-

myl (heat-stable  $\alpha$ -amylase) (No. 120L, Novo Lab. Inc.) 용액 0.1ml을 넣고 끓는 물에서 약 30분간 가용화시킨다. 그리고 상온에서 pH 7.5로 맞추고 protease (No. P-5380, Sigma Co.) 5 mg와 함께 60°C, 30분간 반응시킨다. 상온으로 식힌 후, pH 4.5로 맞추고 amyloglucosidase (AMG) (No. A-3042, Sigma Co.) 0.3 ml을 넣고 다시 60°C, 30분간 반응시킨다. 에탄올을 첨가하여 식이 섬유를 침전시킨 후 1시간 동안 방치한다. 0.5 g Celite를 넣어 놓은 crucible의 무게를 측정한 후, crucible을 통해서 침전된 식이 섬유를 78% 에탄올을 이용하여 거르고, 98% 에탄올과 아세톤으로 세척을 한다. 식이 섬유가 걸러진 crucible을 105°C에서 하룻동안 건조시킨 후, 식이 섬유의 무게를 측정한다. 그리고 525°C에서 5시간 동안 식이 섬유를 태운 후 ash의 무게를 측정한다.

식이 섬유 추출 과정에서 사용된 여러 효소의 영향을 보기 위해서 각각의 효소를 제하고 처리한 후, 무게를 측정하여 다른 효소와 비교하였다. 또한 배추에서 추출한 식이 섬유소의 성분 (Free sugar, Starch, Hemicellulose, Cellulose, Ligin 등)을 분석은 Southgate method (일본약학회편, 1990; Heaton, 1979)를 이용하였다.

\*계산: Total dietary fiber(TDF)  
 = (105°C 건조후 무게) - (ash의 무게)

5. 결과 및 고찰

대전 농수산물 시장에서 얻어온 배추에서의 식이 섬유소 함량을 측정된 결과, 기존의 값(0.7%)보다 더 높은 약 3.6배의 값(2.45%)을 나타냈다 (Table 5). 그리고 수분 함량은 95.23%, ash는 0.93%이었다. 따라서 수분을 제외한 건조된 배추에서 식이 섬유소가 약 51.36%를 차지하고

있다. 이는 배추 전체가 아닌 배추의 바깥 부분에서의 값으로 외부에 노출되어 있어 내부보다 수분 함량이 줄어든 결과라 볼 수 있다.

Table 5. Contents of Cabbage Wastes.

Weight of Cabbage (g)	Weight after drying at 105°C (g)	Water (%)	Dietary fiber (%)	Ash (%)
1959.7	93.5	95.23	2.45	0.93

배추에서 추출한 식이 섬유의 성분을 분석한 결과 추출한 배추의 식이 섬유소에는 Cellulose, Hemicellulose, Lignin순으로 이루어져 있으며, 일반적인 비수용성 식물계 식이 섬유를 나타내었다 (Table 6).

또한 여러 효소의 영향을 알아보기 위해서, 식이 섬유소 추출 과정에 관여하는 효소 각각을 제외

Table 6. Analysis of Contents of the Dried Cabbage Wastes.

Items	Free Sugar	Starch	Hemicellulose	Cellulose	Lignin
Content (%)	23.5	12.1	10.5	13.6	9.4

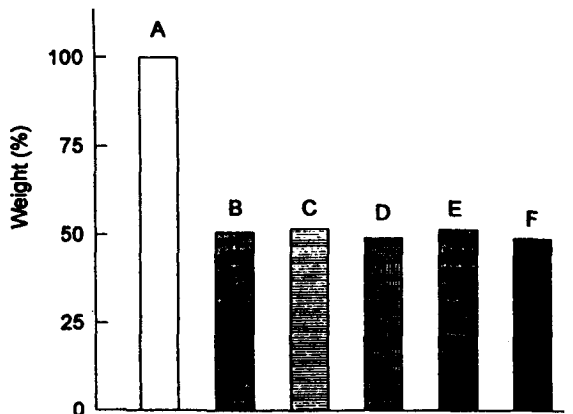


Fig. 2. Effect of various enzymes in the extraction of dietary fiber.

(A: Dried Sample, B: All enzymes used, C: Exception of Protease, D: Exception of AMG, E: Exception of Termamyl, F: No enzyme used)

Table 7. Effect of various Enzymes in the Extraction of Dietary Fiber.

Sample	Dried Weight (g)	Weight after drying at 105°C (g)	Weight of ash (g) (B)	Weight of dietary fiber (g) (A-B)	Content of dietary fiber (%)	Remarks
1	1.0003	0.7057	0.1984	0.5073	50.7148	All enzymes used
2	1.0007	0.7075	0.1902	0.5173	51.6938	Exception of protease
3	1.0008	0.6928	0.2020	0.4908	49.0408	Exception of AMG
4	1.0003	0.7075	0.1940	0.5135	51.3346	Exception of Termamyl
5	1.0003	0.6991	0.2104	0.4887	48.8553	No enzyme used
6	0	0.0643				No sample

한 채, 식이 섬유소를 추출할 경우 모든 효소의 큰 영향은 없었다(Table 7, Fig. 2). 따라서, 배추에서 식이 섬유소를 추출할 경우, 효소를 사용하지 않고 단순 건조만으로도 가능함을 알 수 있다. 이로써, Fig. 1에서 다른 쓰레기와 혼합되기 전에 분리 수거를 하여 세척 등을 통해 위생적으로 처리한다면, 매일 폐기되는 배추 쓰레기에서 손쉽게 단순 건조만으로도 고부가가치의 식이 섬유소를 얻을 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 전국배추전문생산자조합, (1995) 배추 살림
2. 도시환경연구원, (1995) 서울시 쓰레기 적정관리대책 심포지엄. 서울특별시
3. 농촌영양개선연수원, (1991) 식품성분표. 농촌진흥청
4. H. Trowell, (1972) Am. J. Clin. Nutr.

25:pp.926-932

5. 연세대학교, (1993) 기능성 식이 섬유 생산 및 이용 기술 개발. 과학기술처
6. G.V. Vahouny, *et al.* (1986) Dietary Fiber: Basic and Clinical Aspects. Plenum, New York
7. I.C. Roberto, *et al.* (1994) Biotechnology Letters, Vol. 16, pp.1211-1216
8. Leon Prosky *et al.* (1985) J. Assoc. Off. Anal. Chem. 68, pp.677-679
9. 일본약학회편, (1990) 위생 시험법-주해, 금원출판주식회사
10. K.W. Heaton, (1979) Dietary Fibre. Technomic Publishing Company, Inc.
11. M. Parkany, (1994) Quality Assurance for Analytical Laboratories. pp.158-164