

콩나물의 재배기간에 따른 NDF에 결합된 미량 무기질의 변화와 추정이용률

엄지혜¹ · 은정화¹ · 최희정² · 김대진^{1*}

¹동아대학교 식품과학부

²부경대학교 수산해양생명과학과

Change and Estimated Availability of NDF Binding Trace Minerals in Soybean Sprouts Depending on Cultivation Periods

Ji Hye Eom¹, Jeong Hwa Eun¹, Hee Jeong Choi², and Dae Jin Kim^{1*}

¹Dept. of Food Science, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

²Dept. of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 607-737, Korea

Abstract

This study was conducted to determine contents and estimated availabilities of trace minerals (Cu, Fe, Mn, Zn) in soybean sprouts depending on culture periods such as 1, 3 and 5 days. The proportional changes of Cu estimated availability in cotyledon were between 57.31 and 98.34%, between 63.69 and 82.56% for Fe, 99.19 and 99.82% for Mn and 48.60 and 94.56% for Zn, respectively, based on dry matter. The estimated availabilities of Cu, Fe, Mn, and Zn in hypocotyl were between 34.63 and 56.0%, 20.74 and 40.33%, 86.5 and 95.88%, and 96.11 and 96.61%, respectively, on dry matter basis.

Key words: estimated availability, NDF, trace minerals, soybean sprouts, cotyledon, hypocotyl

서 론

단기간에 쉽게 생산할 수 있는 콩나물은 다른 식물성 식품에 비해 영양적으로 우수하여 오래전부터 김치와 함께 대중적인 식품으로 상용되어 왔으며 최근에는 음식 문화의 발달과 아울러 요리 방법도 다양화되는 등 동양권 및 구미에서도 인기를 더해가고 있는 추세이다(1).

식품으로서 콩나물에 관한 연구는 주로 우리나라에서 많이 이루어졌는데 콩나물의 일반성분과 물리·화학적 특성에 관한 연구(2), 성장 중의 비타민(3), 단백질(4), 지질(5), saponin(6), 휘발성 성분(7) 등의 함량 변화에 관한 연구가 많았고, 최근에는 생리활성물질인 isoflavone(8), 알코올 해독 효능이 뛰어난 asparagine(9) 외에도 처리제와 처리 방법에 따른 콩나물의 생육 특성(10,11)에 관한 연구가 다수였다. 또한 콩나물의 식이섭유에 관한 연구(12,13)는 다른 채소류나 식품 자원(14,15)에 비하여 적었고 콩나물의 무기질에 관한 연구로는 Han 등(16)에 의한 연구가 있었다. 이처럼 대부분의 연구는 영양 성분과 관련된 세포질 성분에 대한 것이었으며 세포벽 성분에 대해서는 인체 효소에 의해 소화되지 않고(17) 추출·정제하는 방법상의 문제점이 많아 연구가 미비한 편이었으나 콩나물의 세포벽에 관한 연구로 세포벽에 결합된 비섬유성 중성당의 변화에 관한

연구(18)가 있었다.

따라서 식물의 세포벽은 90%가 난용성 다당류로 구성되어 있어서(19) 식이섭유소를 제공할 뿐만 아니라 성장 시 소량이나마 분해되어 세포 성장에 중요한 역할을 하기 때문에(20) 본 연구에서는 세포질의 영양 성분은 거의 이용된다는 전제하에 NDF(neutral detergent fiber)에 결합된 미량 무기질(Cu, Fe, Mn, Zn)의 함량과 추정이용률을 구하여 식품 자원으로써의 콩나물의 이용가치를 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료의 전처리

일정한 크기의 대두 종자를 선별하여 충분히 세척한 후 자동 살수기로 1시간 간격으로 10분씩 물에 침지하는 방법으로 18°C 암실에서 24시간 동안 발아시켰고 콩나물 자동 재배기에 발아한 콩을 일정한 분량으로 나누어 넣은 다음 3시간 간격으로 1회 10분간 관수하면서 20~22°C에서 5일간 재배하였다. 1, 3, 5일 재배한 콩나물 중 종피를 제거하여 1일째를 제외하고 자엽과 배측으로 분리한 후 생육특성을 측정하였고 이를 즉시 -70°C의 저온 동결고에 24시간 동결시킨 후 48시간 동안 동결건조기(Ilshin Lab. Co., Ltd., 서울, 한국)에서 건조하여 건조물 무게(DM)를 측정하고 0.5 mm

*Corresponding author. E-mail: djkim@donga.ac.kr
Phone: 82-51-200-7532, Fax: 82-51-200-7535

screen이 부착된 Wiele Mill(1093, Cyclotec Mill, Foss TECATOR, Hoganas, Sweden)로 분쇄하여 polyethylen bottle에 담아 desiccator(Italy)에 보관하면서 식이섬유와 무기질 분석에 사용하였다.

생육특성

선별한 콩을 증류수에 24시간 침지시킨 후 여과지를 깔아 놓은 petri-dish 위에 편평하게 한 다음 20~22°C 암실에서 발아시켜 발아율을 측정하였고 100개체 증량은 침지시킨 0 일을 대조구로 하여 1, 3, 5일 동안 재배한 콩나물을 무작위로 취하여 3반복 측정하였다. 또한 길이와 너비 및 무게는 각각 30개체씩 3반복 측정하였고 배측의 길이는 자엽의 바로 밑에서부터 뿌리 끝까지 측정하였으며 너비 측정은 caliper(Pequanock, New Jersey, USA)를 사용하였다.

일반성분

일반성분은 AOAC법(21)에 의해 분석하였다. 즉 모든 성분 함유량을 건조물 기준으로 비교하기 위하여 수분은 105°C 상압가열건조법으로 측정하였다. 조회분은 550°C 회화법, 조지방은 soxhlet법으로, 조단백질은 micro-Kjeldahl 법으로 측정하였다. 조섬유는 1.25% H₂SO₄와 1.25% NaOH로 각각 30분간 가열하여 여과한 후 잔사를 측정하였다. 가용성무질소물(NFE)은 100에서 위의 측정값을 모두 합하여 뺀 값으로 구하였다.

식이섬유 분석

NDF 분석은 Van Soest와 Wine(22)법에 의하여 분석하였다. 중성세제용액은 1 L 증류수에 sodium lauryl sulfate 30 g과 disodium EDTA 18.61 g, sodium borate decahydrate 6.81 g, anhydrous sodium phosphate dibasic 4.56 g을 녹인 후 2-ethoxyethanol 10 mL를 더하고 H₃PO₄로 pH를 6.9~7.1로 조정후 후 조제하였다. 시료 1 g을 칭량하여 돌비커에 넣고 중성세제용액 100 mg와 decahydronaphthalene 10 mL를 가한 후 sodium sulfate 0.5 g을 녹이고 boiling water bath(FOSS TECATOR)에 장착한 후 5~10분 사이에 끓도록 하여 끓기 시작하면 정확히 60분간 가열하였다. 여과는 흡인여과법을 사용하여 뜨거운 증류수(90~100°C)로 3번 침전물을 씻어낸 다음 acetone으로 더 이상 용액이 색깔을 띠지 않을 때까지 2~3회 씻어냈다. 그 후 105°C dry oven(동경과학, 서울, 한국)에서 하룻밤 건조시킨 다음 함량을 측정하고 다음과 같이 NDF 함량을 계산하였다.

$$NDF(\%) = \frac{W_1}{S} \times 100$$

S: 시료의 무게(g), W₁: 잔사물의 건조 후 무게(g)

무기질 분석 및 추정이용률

무기질은 건식분해 후 분석하였고 분석기기는 Perkin Elmer사(Shelton, CT, USA)의 ICP-OES로 작동조건은

Table 1과 같다. 또한 이들의 추정이용률은 콩나물부위별 DM 100 g당 미량무기질 mg에서 콩나물 부위별 NDF 100 g당 결합된 미량무기질 함량(mg)을 측정한 후 다음과 같이 구하였다.

$$\text{추정이용률} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

A: 콩나물 부위별 DM 100 g당 미량 무기질(mg)

B: 콩나물 부위별 NDF 100 g당 미량무기질(mg)×NDF(%)

통계처리

본 실험의 모든 결과는 SAS(Statistical Analysis System, ver. 8.2)를 이용하여 평균과 표준편차로 표시하고 ANOVA test에 의해 분석하였다. 각 평균 간의 유의차 검정은 LSD(Least Significant Difference)로 검정하였으며 모든 유의차는 p<0.05 수준에서 비교하였다.

결과 및 고찰

생육특성

콩나물은 24시간 침지 후에 98% 발아하여 높은 발아율을 보였고, 5°C 암실에서 농촌진흥청 장려품종을 사용한 Lee 등(12)의 논문에서는 100%의 발아율을 보여 발아온도와 기간, 콩의 품종 등에 따라 발아율이 달라진다는 보고와 일치하였다(23,24). 콩나물 성장 중의 100개체 증량은 발아를 시작한 직후부터 무게가 점차 증가하여 5일 동안 42.21 g에서 97.65 g으로 증가하여 131.34%의 증가율을 보였고 이는 담배, 메밀 종자의 발아 시 무게가 증가하였다는 보고(25,26)와 일치하였으며 이와 같이 발아 중 생체의 무게가 증가하는 것은 단계적으로 수분을 흡수하기 때문으로 생각된다(27).

또한 자엽의 길이와 너비는 각각 평균 1.32 cm와 0.78 cm로 재배기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않은 반면 배측에서는 3일째와 5일째에 길이가 각각 14.51, 22.49 cm, 너비는 각각 0.25, 0.28 cm로 성장하였으며 특히 배측의 길이변화에 있어서는 약 56%가량의 성장을 보였다. 이는 이 기간 동안 콩나물의 빠른 길이 성장이 이루어지고 있음을 보여주었고 세포 증식으로 인한 세포벽 성분이 합성되어 식이섬유의 함량 변화와 상관관계가 있을 것으로 판단된다. 무게는 DM 기준으로 자엽에서는 3일째 11.50 g에서 5일째 9.69 g으

Table 1. Instrumental conditions for optimal ICP-OES operation

Instrument	ICP-OES 2000DV
RF power	1500 watts
Plasma flow	15 L/min
Sample flow rate	1.5 mL/min
Cu wavelength	327.393 nm
Fe wavelength	238.204 nm
Mn wavelength	206.200 nm
Zn wavelength	257.610 nm

Table 2. Chemical composition in soybean sprouts (unit: %, DM¹⁾)

Sample	Culture periods	Crude ash	Crude fat	Crude protein	Crude fiber	NFE ²⁾
Cotyledon	1-day	6.99±0.25 ³⁾	20.38±0.30	52.05±0.13	14.75±0.03	5.82±0.28
	3-day	7.02±0.57	24.69±0.18	51.63±0.48	10.24±0.07	6.40±1.21
	5-day	7.07±0.81	23.65±0.02	50.00±0.44	12.58±0.04	6.70±1.03
	Mean	7.03	22.85	51.13	12.51	6.29
Hypocotyl	3-day	7.08±1.01	20.76±0.31	46.57±0.04	17.72±0.11	7.87±0.92
	5-day	7.23±0.75	21.11±0.10	50.19±0.01	18.71±1.40	2.76±0.52
	Mean	7.16	20.93	48.36	18.22	5.32

¹⁾DM: dry matter. ²⁾NFE: nitrogen free extracts. ³⁾All values are mean±SD in triplicate.

로 다소 감소하였으나 배측에서는 2.81 g에서 4.08 g으로 증가하였다.

일반성분

재배기간별 콩나물의 일반성분 함량은 Table 2와 같다.

DM 기준으로 자엽의 일반성분은 조회분은 평균 7.03%, 조지방은 22.85%였고, 조단백질과 조섬유는 각각 51.13, 12.51%였다. 일반성분으로부터 계산한 가용성무질소물은 6.29%였다. 또한 배측에서의 일반성분은 조회분은 평균 7.16%, 조지방과 조단백질, 조섬유는 각각 20.93, 48.36, 18.22%였고, 가용성무질소물은 5.32%였다.

이는 자엽의 조지방 함량이 3일째 약간 증가하다가 다시 감소하였다고 보고한 Lee 등(12)의 논문과 일치하였으나 지속적으로 감소하였다고 보고한 Shin(23) 및 Green과 Suida(24)의 결과와는 차이가 있었고 조단백질 함량은 자엽에서는 약간 감소하였고 배측에서는 증가하였는데 이는 Bai와 Yu(4)의 결과와 일치하였으며 자엽의 단백질이 분해되어 peptide에서 아미노산으로 된 다음 발아 시 합성이 필요한 기관으로 옮겨지기 때문이라고 하였다. 또한 조섬유의 함량은 10~18% 범위로 Kim(28)이 보고한 9%보다 약간 높았고 본 실험에서 자엽의 조섬유 함량이 감소하였다가 다시 증가한 것은 수분함량의 상대적인 증가에 의한 것으로 생각되며 이는 메틸 발아 중 식이섬유 함량을 보고한 Lee 등(26)의 결과와 동일하였다.

NDF 함량

재배기간별 콩나물의 NDF 함량은 Table 3과 같다.

Table 3. Contents of NDF in soybean sprouts (unit: %, DM¹⁾)

Sample	Culture days	NDF contents
Cotyledon	1	27.38±4.46 ^{2)c3)}
	3	14.39±4.85 ^b
	5	11.63±0.98 ^a
Hypocotyl	3	25.64±2.62 ^a
	5	26.29±1.27 ^a

¹⁾DM: dry matter.

²⁾All values are mean±SD in triplicate.

³⁾The different letters within a column are significantly different at p<0.05.

DM 기준으로 자엽의 NDF 함량은 1일째 27.38, 3일째 14.39, 5일째 11.63%로 점차 감소하였는데 이는 콩을 덮고 있는 종피가 유지되다가 탈락되어 3일째의 NDF 함량이 낮게 나타난 것으로 생각되며 배측의 NDF 함량은 3일째 25.64, 5일째 26.29%로 약간씩 증가하였다.

Lee 등(12)의 논문에 의하면 DM 기준으로 자엽의 NDF 함량이 5일째 5.29%인 것에 비하면 본 실험의 결과는 2배가량 높은 함량을 보였는데 이는 α-amylase 처리 여부에서 기인한 것으로 판단된다. 반면 배측의 NDF 함량은 3일째 18.36, 5일째 23.98%로 Lee 등이 보고한 범위와 유사하였는데, 이는 재배기간이 증가할수록 배측 및 잔뿌리의 성장으로 인해 특히 hemicellulose, cellulose, lignin의 함량이 증가하였다는 Lee 등(12)의 보고와 일치하였고 콩나물이 성장함에 따라 배측의 세포벽을 이루는 주된 물질인 cellulose의 함량이 서서히 증가하였다는 Song 등(2)의 보고와도 같은 맥락을 나타내었다.

미량 무기질 함량

재배기간별 콩나물의 미량 무기질 함량은 Table 4와 같다.

DM 기준으로 콩나물 자엽의 Cu는 3일째에 100 g당 4.27 mg으로 함량이 높았고, Fe의 함량은 1일째 16.97 mg에서 5일째 14.37 mg으로 점차 감소하였다. Mn과 Zn은 5일째에 각각 4.17, 7.24 mg으로 가장 높은 함량을 보였으며 자엽에서는 Fe이 가장 많이 함유되어 있음을 알 수 있었다.

배측의 Cu와 Fe 함량은 5일째 100 g당 각각 3.83, 15.38 mg이었고 Mn과 Zn의 5일째 함량이 각각 0.84, 16.67 mg을 보여 Cu와 Fe는 점차 증가하였으나 Mn과 Zn은 점차 감소하였음을 알 수 있었고 자엽과 달리 배측에서는 Zn의 함량이 가장 높았다.

NDF에 결합된 미량 무기질 함량

재배기간별 콩나물의 NDF에 결합된 미량 무기질은 Table 5와 같다.

DM 기준으로 Cu는 5일째 100 g당 3.52 mg으로 함량이 가장 낮았으며 Fe과 Zn 역시 재배기간이 증가함에 따라 감소하였으나 Mn은 약간씩 증가하여 5일째에 0.29 mg으로 가장 높았다. 배측에서는 Cu와 Mn이 모두 5일째에 결합량이 증가하였으나 Fe과 Zn은 오히려 감소하였다. 이로써 자

Table 4. Contents of trace minerals in soybean sprouts

(unit: mg/DM)

Sample	Culture periods	Cu	Fe	Mn	Zn
Cotyledon	1-day	3.84±0.82 ^{1)a2)}	16.97±5.68 ^a	3.08±0.16 ^a	4.70±0.97 ^a
	3-day	4.27±0.53 ^a	16.02±4.75 ^a	4.08±0.05 ^b	6.20±1.11 ^{ab}
	5-day	3.47±0.73 ^a	14.37±1.23 ^a	4.17±0.03 ^b	7.24±1.25 ^b
Hypocotyl	3-day	2.04±0.22 ^a	11.81±1.82 ^a	1.06±0.07 ^b	18.96±3.21 ^a
	5-day	3.83±1.05 ^b	15.38±2.00 ^b	0.84±0.07 ^a	16.67±2.71 ^a
Cotyledon+Hypocotyl	3-day	3.72 ³⁾	15.00	3.35	9.26
	5-day	3.54	14.61	3.36	9.50

¹⁾All values are mean±SD in triplicate.²⁾The different letters within a column are significantly different at p<0.05.³⁾The values are calculated by a soybean sprouts.

Table 5. Contents of NDF binding trace minerals in soybean sprouts

(unit: mg/NDF 100 g)

Sample	Culture periods	Cu	Fe	Mn	Zn
Cotyledon	1-day	5.98±1.21 ^{2)a3)}	22.50±5.13 ^a	0.02±0.01 ^a	9.51±4.10 ^b
	3-day	5.40±1.84 ^a	21.83±7.55 ^a	0.05±0.01 ^b	5.69±3.22 ^{ab}
	5-day	3.52±0.92 ^a	21.55±2.12 ^a	0.29±0.16 ^b	3.39±0.74 ^a
Hypocotyl	3-day	5.20±0.35 ^a	36.52±1.69 ^b	0.17±0.16 ^a	2.50±0.54 ^a
	5-day	6.41±2.66 ^b	34.92±10.07 ^a	0.43±0.33 ^b	2.46±1.01 ^a

¹⁾DM: dry matter.²⁾All values are mean±SD in triplicate.³⁾The different letters within a column are significantly different at p<0.05.

Table 6. Estimated availability of trace minerals in soybean sprouts

(unit: %, DM¹⁾)

Sample	Culture periods	Cu	Fe	Mn	Zn
Cotyledon	1-day	7.31±8.67 ^{2)a3)}	63.69±51.33 ^a	99.82±0.05 ^a	48.60±23.89 ^a
	3-day	81.77±2.82 ^b	80.39±6.79 ^b	99.82±0.02 ^a	86.81±7.47 ^b
	5-day	88.20±3.15 ^b	82.56±1.72 ^c	99.19±0.46 ^a	94.56±1.22 ^b
Hypocotyl	3-day	34.63±4.44 ^a	20.74±3.66 ^a	95.88±3.94 ^a	96.61±0.74 ^a
	5-day	56.0±18.29 ^a	40.33±17.21 ^a	86.5±10.28 ^a	96.11±1.59 ^a

¹⁾DM: dry matter.²⁾All values are mean±SD in triplicate.³⁾The different letters within a column are significantly different at p<0.05.

엽과 배축 모두 Fe이 가장 많이 결합되어 있었으며 함량 또한 다른 무기질에 비해 월등히 높음을 알 수 있었다. 이는 식이섭유에 의한 Fe의 결합력은 pH 의존적이라는 Kye(29)의 논문에서와 같이 Fe이 중성세제섭유에 가장 많이 결합된다는 보고와 일치하였고 중성에서 Fe과 식이섭유의 결합력이 특히 높은 것은 NDF의 성분 중 특히 hemicellulose의 주된 구성성분 중의 하나인 glucuronic에서 proton의 해리가 촉진되어 Fe가 더욱 많이 결합된 것이라 추정하였다.

미량 무기질의 추정이용률

재배기간별 콩나물 미량 무기질의 추정이용률은 Table 6과 같다.

자엽에서는 Cu와 Fe이 5일째 각각 88.20%, 82.56%로 재배기간이 길어질수록 이용률이 증가하였고 특히 Mn과 Zn은 재배 5일째에 90% 이상의 매우 높은 이용률을 보였다. 이로써 콩나물 자엽에서는 모두 80% 이상의 높은 이용률을 보였고 특히 Mn은 99%의 이용률을 보였으며 변화가 거의 없는 Mn을 제외한 Cu, Fe, Zn은 재배일수에 따라 이용률이

크게 증가함을 알 수 있었다. 또한 배축에서는 Cu와 Fe의 이용률은 증가한 반면 Mn과 Zn은 각각 95.88%에서 86.5%로, 96.61%에서 96.11%로 약간 감소하였다.

이와 같은 결과를 바탕으로 자엽에서 미량 무기질의 이용률이 모두 80% 이상이고 특히 Mn은 99%의 높은 이용률이므로 결합 영양소는 이용이 불가능한 성분이라서 생체와 상관없이 추정이용률이 높다는 Kim 등(30)의 보고에 따라 인체 내에서의 콩나물의 소화율을 고려한다고 하더라도 높은 이용률을 보일 것으로 추정되어 미량 무기질 자원으로서의 이용이 기대된다.

요 약

본 연구는 한국인이 많이 섭취하는 채소류의 하나인 콩나물을 재배기간 1, 3, 5일에 따라 자엽과 배축으로 분리하고 cell wall에 결합된 Cu, Fe, Mn, Zn의 함량을 측정하여 간파하기 쉬운 미량 무기질의 이용률을 추론하고자 실시하였다. 자엽의 NDF에 결합된 미량 무기질은 Mn을 제외하고 모두

5일째에 가장 적게 결합되어 있었고, 배축에서는 Cu와 Mn이 5일째에 많이 결합되어 있었으며 Fe과 Zn은 재배기간이 증가할수록 결합 정도가 유의적으로 감소하였다. 또한 자엽과 배축에서의 추정이용률을 보면 자엽에서 Cu, Fe 및 Zn은 재배기간이 증가할수록 높은 이용률을 보였고 Mn은 1, 3, 5일째 모두 99% 이상의 매우 높은 이용률을 보여 콩나물 자엽에 있어서 특히나 Mn 자원으로서의 그 이용이 기대될 것으로 판단되었다. 배축에서는 Cu와 Fe이 다소 낮은 이용률을 보였지만 Mn과 Zn은 3일째에 95% 이상으로 추정이용률이 높았다.

감사의 글

이 논문은 동아대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

문헌

- Choi SD, Kim YH, Nam SH, Shon MY. 2002. Growth characteristics of soybean sprouts cultivated with extract of Korean herb medicines. *Kor J Food Pre* 9: 168-173.
- Song J, Kim SL, Hwang JJ, Song YK, Hur HS. 2000. Physicochemical properties of soybean sprouts according to culture period. *Kor J Soybean Digest* 17: 84-89.
- Kim SO. 1988. Effect of growth regulators on the growth and vitamin C biosynthesis during germination of soybean. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 17: 115-124.
- Bai HW, Yu TJ. 1957. Studies on changes of protein contents in various organs of the germinating soybean and of RNA contents of cotyledon of it. *J Appl Biol Chem* 8: 81-86.
- Shin HS. 1974. Studies on the lipid metabolism of soybean during its germination-(Part 2) changes on lipoxygenase activity and fatty acid composition in soybean during germination. *J Appl Biol Chem* 17: 247-253.
- Oh BY, Park BH, Ham KS. 2003. Changes of saponin during the cultivation of soybean sprout. *Kor J Food Sci Technol* 35: 1039-1044.
- Nam SS. 1993. A study on activity of lipoxygenase and change in volatile compounds of soybean sprouts during cultivations. *PhD Dissertation*. Chung Ang University.
- Kim EM, Lee KJ, Chee KM. 2004. Comparison in isoflavone contents between soybean and soybean sprouts of various soybean cultivars. *Kor J Nutr* 37: 45-51.
- Lee JC, Hwang YH. 1996. Variation of asparagine and aspartic acid contents in bean sprouts soybeans. *Kor J Crop Sci* 41: 592-599.
- Naitoh S, Shiga I. 1982. Studies on utilization of ozone in food preservation. IX. Effect of ozone treatment on elongation of hypocotyl and traceable counts of bean sprouts. *J Jpn Soc Food Sci Technol* 36: 181-188.
- Goto N, Esashi Y. 1974. *Plant growth substances*. Hirokawa publishing company, Tokyo. p 853-863.
- Lee GY, Kim EM, Woo SJ. 1996. Changes in the contents and composition of dietary fiber during the growth of soybean sprouts. *Kor J Nutr* 29: 1142-1149.
- Lee EY, Kim YA. 1994. Effects of heat treatment on the dietary fiber contents of soybean sprout and spinach. *Kor J Soc Food Sci* 10: 381-385.
- Park KY, Ha JO, Lee SH. 1996. A study on the contents of dietary fibers and crude fiber on Kimchi ingredients and Kimchi. *J Korean Soc Food Nutr* 25: 69-75.
- Kim JM, Kim DJ. 2004. The composition of dietary fiber on new vegetables. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 852-856.
- Han JS, Kim JS, Kim MS, Choi YH. 1999. Changes on mineral contents of vegetables by various cooking methods. *Kor J Soc Food Sci* 15: 382-387.
- Hall JL, Flowers TJ, Roberts RM. 1984. *Plant cell structure and metabolism*. Longman, London. p 426.
- Shin SR, Park CS, Kim JN, Kim KS. 1998. Changes of non-cellulosic neutral sugars of cell wall in soybean sprouts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 1041-1046.
- McNeil M, Darvill AG, Fry SC, Albersheim P. 1984. Structure and function of primary cell walls of plant. *Ann Rev Biochem* 53: 625-663.
- Nevens DJ. 1970. Relation of glycosidases to bean hypocotyl growth. *Plant Physiol* 46: 458-463.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 13th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. p 342.
- Van Soest PJ, Wine RH. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J Assoc Off Anal Chem* 50: 50-55.
- Shin HS. 1974. Studies on the lipid metabolism of soybean during its germination-(Part 1) changes of crude fat content and lipid composition in soybean during germination. *J Appl Biol Chem* 17: 240-245.
- Green DG, Suida TW. 1969. Germination and seedling development of soybeans in a carbondioxide-deficient atmosphere. *Am J Bot* 56: 1018-1022.
- Min TK. 1985. Studies on seed formation and germination physiology of Tobacco. *PhD Dissertation*. Korea University.
- Lee MH, Woo SJ, Oh SK, Kwon TB. 1994. Changes in contents and composition of dietary fiber during Buckwheat germination. *Kor J Food Nutr* 7: 274-283.
- Kim IS, Kwon TB, Oh SK. 1988. Study on the chemical change of general composition, fatty acids and minerals of rapeseed during germination. *Kor J Food Sci Technol* 20: 188-193.
- Kim KH. 1992. The growing characteristics and proximate composition of soybean sprouts. *Kor J Soybean Digest* 9: 27-30.
- Kye SK. 1997. Binding of Iron by vegetable fiber. *Kor J Soc Food Sci* 13: 472-477.
- Kim DJ, Kim JK, Kim YK. 1992. A study on cell wall binding Ca and P of rooster in plant. *Dong-A Nonchong* (Dong-A University) 29: 185-211.

(2009년 1월 22일 접수; 2009년 2월 19일 채택)