

배추의 소금절임과 김치숙성 중 효소류의 활성변화

오영애 · 김순동[†]

대구효성가톨릭대학교 식품공학과

Changes in Enzyme Activities of Salted *Chinese cabbage* and *Kimchi* during Salting and Fermentation

Young-Ae Oh and Soon-Dong Kim[†]

Dept. of Food Technology, Catholic Univ. of Taegu-Hyosung, Kyongsan 712-702, Korea

Abstract

Amylase, protease, polygalacturonase and β -galactosidase activities were monitored during salting of *Chinese cabbage* and *kimchi* fermentation at 10°C. A part of enzymes in the tissue of *Chinese cabbage* were eluted during salting, and other remained enzymes activities were decreased in proportion to the amount of elution. But total enzyme activities were increased during salting. Amylase, protease and polygalacturonase activities decreased at the early fermentation stage but increased at the late fermentation stage. β -Galactosidase activity was continuously increased during all periods of fermentation. Enzymic actions at the early fermentation stage come from *Chinese cabbage* and at the late fermentation stage come from major microorganisms in *kimchi* fermentation. *Kimchi* fermentation involves the activation of the enzymes by salting; hydrolysis of micromoleculars such as polysaccharides cell wall composed polysaccharides and proteins of cell wall during early fermentation of *kimchi*; overripening of the *kimchi* caused by propagation of homofermentative lactic acid bacteria which demand autotroph.

Key words: *kimchi*, salting, amylase, protease, polygalacturonase and β -galactosidase activity

서 론

김치의 숙성은 소금절임에 의한 탈수와 이로 인한 배추조직의 손상과 세포벽에 부착된 각종 효소가 이탈되어 활성화되는 것으로부터 시작된다(1). 이들 효소는 생체조직에서는 비활성형으로 존재하지만 조직이 손상되면 활성형으로 전환되는 것으로 알려져 있다(2,3). 소금절임 과정 중 조직으로부터 이탈된 효소는 생체내의 거대분자들을 가수분해시켜 미생물의 영양이 되게 한다(2,4,5). 그러므로 담금 초기의 효소작용 정도는 미생물 번식을 위한 영양을 제공하는 인자로서 김치의 숙성정도에 지대한 영향을 미친다(6,7). 김치의 품질과 관련이 있는 주요효소로서 amylase, protease, polygalacturonase 및 β -galactosidase에 관한 연구들이 보고되어 있다(8-11).

Amylase는 전분질 등 탄수화물의 거대분자를 가수분해시켜 미생물의 영양이 되는 당류를 생성하며(12),

protease는 단백질을 가수분해시켜 아미노산을 생성함으로써 정상형 젖산균의 번식환경을 조성하게 된다(13). 김치 숙성 초기에는 일반적으로 아미노산의 요구성이 낮은 이상형의 젖산균이 번식하나 protease의 작용으로 각종 유리아미노산이 생성되면 젖산 생성량이 높은 정상형의 젖산균이 번식하게 된다(14,15). Polygalacturonase는 세포간 물질인 펙틴질을 가수분해하여 조직연화에 관여할 뿐만 아니라 이에 의하여 생성된 당류들은 미생물의 증식에 필요한 영양소가 된다(8,9). β -Galactosidase는 세포벽 다당류의 일종인 galactan 또는 arabinogalactan체의 galactose β -1,4 결합을 분해시킴으로써 저분자의 5, 6탄당 내지는 이들의 oligo당류를 만들어 미생물의 증식환경을 조성하며 polygalacturonase와 함께 조직의 연화에 관여한다(10). 이와 같이 효소의 작용은 김치에 과도한 산을 생성케 하는 원인이 될 뿐만 아니라 김치 조직의 물성파도 밀접한 관련이 있을 것으로 판단되나 이에 관한 연구는 매우 부족

[†]To whom all correspondence should be addressed

한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 소금절임과 김치의 숙성과정 중 효소류의 활성변화를 살펴봄으로서 김치의 숙도조절과 보존성 향상에 대한 기초적 자료를 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

실험용 배추는 1.5~2.0kg의 가을겉구배추(품종: 장수)를 사용하였으며, 부재료인 무, 부추, 마늘, 생강, 고춧가루, 소금(천일염) 및 액체육젓(하선정)은 김치 산업체인 (주)아진종합식품에서 제공받아 사용하였다.

소금절임

배추는 길이를 제거한 후 뿌리부에서부터 엽신(葉身) 방향으로 4등분하고, 10% 소금물을 배추량에 대하여 1.5배량 가하여 10°C에서 24시간 절임하였으며 절임 중 염도를 균일하게 하기 위하여 8시간 간격으로 3회 절임용수를 섞어 주었다. 절임 후는 10배량의 수도물로 2회 세척한 다음 예냉실(4°C)로 옮겨 20시간 탈수하였다. 절임배추의 소금 농도는 3%로 조정하였다.

담금 및 숙성

절임배추 100에 대하여 무채 8.9, 부추 2.47, 생강 0.52, 마늘 2.39, 멸치액젓 5.84, 고춧가루 4.0의 비율로 담금하였으며, 담금량은 절임배추량으로 300g으로 하여 380ml의 유리병에 넣어 밀봉, 10°C에서 숙성시켰다.

pH 및 산도

김치를 즙액과 함께 파쇄한 후 miracloth(Biochem Co. USA)로 여과한 여액을 시료로 사용하였으며, pH는 pH meter(Metrohm 632 Swiss)로, 산도는 시료액의 pH가 8.2가 될 때까지 소비된 0.1N-NaOH 소비ml수를 lactic acid %로 환산하였다.

총균수 및 젖산균수 측정

배추김치의 국물과 조직을 합한 것을 살균 Polytron homogenizer(Switzerland, Kinematica AG, PT 1200)로 균질화한 후 0.1% peptone 수로 희석하여, 총 균수는 plate count agar 배지(tryptone 5g, yeast extract 2.5g, dextrose 1g, agar 1.5%, distilled water 1L, pH 7.0), 젖산균수는 0.02% sodium azide와 0.06% bromocresol purple를 함유하는 MRS agar 배지(peptone 10g, Lab-lenco meat extract 10g, yeast extract 5g, glucose 20g,

tween 80 1g, K₂HPO₄ 2g, sodium acetate 5g, MgSO₄·7H₂O 0.2g, MnSO₄·4H₂O 0.05g, triammonium citrate 2g, distilled water 1L, pH 7.0)에 접종, 37°C에서 각각 평판배양하여 나타난 colony를 계측하였다.

효소의 활성도 측정

소금절임의 경우는 절임배추와 절임액으로 구분하여 시료로 하였으며, 김치의 경우는 김치액과 고형물(조직)을 함께 파쇄한 것을 시료로 하여 amylase는 Moshrefi와 Luh의 방법(16), protease는 윤 등의 방법(17), polygalacturonase는 Tucker 등의 방법(18), β-galactosidase는 Moshrefi와 Luh의 방법(16)으로 측정하였다. 활성 units는 amylase의 경우는 김치 g당 시간당 생성한 glucose mg으로, protease는 김치 g당 시간당 280 nm에서의 흡광도로, polygalacturonase는 김치 100g당 분당 생성한 μg galacturonic acid로, β-galactosidase는 김치 100g이 분당 작용하여 생성된 mg p-nitrophenol로 나타내었다.

알코올 불용성 물질의 함량 측정

파쇄한 김치조직에 배의 80% ethanol을 가한 후 냉각관을 연결하여 20분간 가열하였으며 동일용매를 사용하여 세척, 감압여과를 3회 반복하여 고형물을 얻었다. 다음에 silica gel을 넣은 감압 desiccator내에서 충분히 건조시켜 알코올 불용성 물질(AIS: alcohol insoluble substances)로 하였다(19).

AIS 구성당의 분석

AIS를 구성하는 hexose는 anthrone법(20)으로, pentose는 orcinol법(21), uronic acid는 carbazole법(22)으로 측정하였으며 각각 glucose, arabinose 및 galacturonic acid의 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

유리당의 분석

유리당 조성과 함량은 HPLC로 분석하였다(23). 김치를 파쇄, 여과하여 활성탄으로 탈색시킨 후 Whatman No. 2와 0.45μm membrane filter로 여과하여 측정용 시료로 하였다. 측정조건은 column: sugar-PAK I, column temperature: 90°C, detector: model 441 refractometer RI, mobil phase: Ca-EDTA 500mg/deionized water 1l, flow rate: 0.4ml/min, injection volume: 15 μl, chart speed: 0.5cm/min로 하였다.

유리아미노산 분석

유리아미노산 분석은 아미노산 자동분석기(Phar-

macia Biochrom. 20)로 측정하였다(24). 파쇄한 김치 50g에 70% ethanol용액을 가하여 80°C 수욕상에서 30분간 추출, 여과하고 잔사는 다시 70% ethanol용액으로 추출, 여액을 합하여 40°C의 rotary evaporator에서 감압농축한 후 ethyl ether로 2회 세척하여 분석용 시료로 하였다. 측정조건은 column: ulterpac 11 cation exchange resin(11+2nm) 220mm, flow rate: 35ml/hr, ninhydrin 25ml/hr, buffer change: pH 3.20 to pH 4.25 between alanine and cystine, pH 4.25 to pH 10.0 after phenylalanine, column temp: 46°C, reaction temp: 88°C, analyzing time: 44min, injection vol: 40 μ l, chart speed: 2mm/min으로 하였다.

조직감

배추의 바깥쪽으로부터 4번째잎을 측정용 시료로 하였으며, 뿌리쪽에서 2cm 위치의 중륜(中肋)부분을 2×2cm 크기로 잘라 rheometer(RE-3305, Yamaden, Japan)로 1kg/cm² 힘으로 측정하였다. 측정 조건은 시료두께 10.00mm, data 격납피치 0.05sec, 측정 속도 1.00mm/sec, preset-I 5.0mm, preset-II 2회, 접촉면적(직경) 5.0mm로 하였다.

통계처리

Data는 3회 반복 실험평균치로 나타내었다.

결과 및 고찰

소금절임 중의 효소활성 변화

Table 1은 배추의 소금절임 중의 주요 효소류의 활

성변화를 조사할 목적으로 절임배추와 절임액의 amylase, protease, polygalacturonase 및 β -galactosidase의 활성변화를 조사한 결과이다. 10°C에서의 절임시간이 경과함에 따라 절임액에서도 효소의 활성이 나타났다. 이같이 용출되는 효소는 그 종류와 절임시간에 따라 차이가 있었는데 amylase의 경우는 최고 원료배추에서 나타낸 활성의 22.9%를 나타내었으며, protease는 57.4%, polygalacturonase는 7.2%, β -galactosidase는 10.1%를 나타내었다. 절임배추의 조직에 존재하는 효소류는 전반적으로 절임액으로 용출되는 양에 비례하여 감소하는 경향을 나타내었으나 protease와 polygalacturonase는 다소 증가하는 양상을 보였다. 따라서 절임배추에 존재하는 효소활성과 절임액에 존재하는 활성의 합계치는 원료배추에 존재하는 효소활성치 보다 높게 나타나 소금절임으로 인하여 효소활성이 촉진됨을 알 수 있었다. 이러한 현상은 효소류가 세포조직과 결합하여 비활성형으로 존재하며 소금절임시 조직으로부터 이탈되어 나와 활성화되는 현상이 아닌가 생각된다.

소금절임 중 용출되는 효소량은 활성 unit로 protease > amylase > polygalacturonase > β -galactosidase 순으로 protease가 가장 높았고 β -galactosidase가 가장 낮았으며, 소금절임에 의하여 증가된 활성은 원료배추 활성의 2~55% 수준이었다.

소금절임은 김치제조에 필수적인 과정으로 소금이 처리되지 않고서는 발효가 일어나지 않는다. 소금은 배추의 세포조직으로부터 수분을 용출시키며 이때 세포벽이 손상되어 영양물질이 세포외로 용출되며 미생로 미생물이 번식하여 발효가 이루어진다(25-29). 또 김치의 숙성은 다양한 효소류가 작용하여 물리화학적 변

Table 1. Changes in enzyme activities of *Chinese cabbage* during salting at 10°C

(unit/hr/g)

Enzymes		Salting time(hr)		
		0	12	24
Amylase	Salted <i>Chinese cabbage</i> ¹⁾	6.78(100) ³⁾	6.55(96.6)	6.24(92.0)
	Salt solution ²⁾	—	1.45(21.3)	1.55(22.9)
	Total	6.78(100)	8.00(117.9)	7.79(114.9)
Protease	Salted <i>Chinese cabbage</i>	5.24(100)	5.14(98.1)	5.80(110.7)
	Salt solution	—	3.01(57.4)	2.61(49.8)
	Total	5.24(100)	8.15(155.5)	8.41(160.5)
Polygalacturonase	Salted <i>Chinese cabbage</i>	1.40(100)	1.43(102.0)	1.58(112.8)
	Salt solution	—	0.10(7.2)	0.06(4.2)
	Total	1.40(100)	1.53(108.2)	1.64(117.0)
β -Galactosidase	Salted <i>Chinese cabbage</i>	4.03(100)	3.99(99.0)	3.90(96.7)
	Salt solution	—	0.12(2.9)	0.41(10.1)
	Total	4.03(100)	4.11(101.9)	4.31(106.8)

¹⁾unit/100g, ²⁾unit/150ml, ³⁾Parenthesis denotes percent against the values of soaking day

화를 동반하게 되는데 소금절임은 그 출발점이 된다. 소금절임 중 세포벽 펙틴을 강하게 결합시키고 있는 칼슘이 유리되어 조직이 유연하게 되는 동시에 polygalacturonase의 작용을 가능하게 하며(11), 각종 효소류가 가용화되어 활성형으로 전환됨으로서 고분자물질을 저분자화하여 미생물의 영양원이 되고 또한 독특한 맛을 부여하게 된다.

김치숙성 중의 효소활성 변화

Amylase 활성과 관련된 변화

10°C에서 24시간 동안 소금절임한 절임배추에 갖은 양념을 잘 버무려 10°C에서 숙성시키면서 pH, 산도 및 amylase 활성변화를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. pH는 담금 후 7일째 5.74를 나타내었으나 그 이후 점차 낮아져 14일째는 4.35, 21일째는 3.96을 나타내었다. 산도는 pH와 반대의 경향으로 7일째는 0.64, 14일째는 0.80을, 21일째는 1.11을 나타내었다. 한편 amylase 활성은 원료배추에서는 6.78units이었으나 숙성 7일째는 5.50units로 약 20%가 감소하였다. 그러나 pH가 본격적으로 감소하기 시작하는 7일 이후부터 14일까지는 7.52units로 증가하여 숙성 7일째 보다 약 30%나 높은 활성도를 나타내었으며 21일까지는 다시 감소하는 양상을 나타내었다. 이 결과와 소금절임의 경우를 비교

하여 볼 때 원료배추에 존재하는 효소류는 소금절임시에 활성화되어 숙성 초기부터 증기에 이르기까지 작용함을 알 수 있다. 그러나 숙성 14일째부터는 이 시기 미생물의 본격적인 증식현상을 미루어 볼 때 미생물 유래의 효소류가 생성됨을 알 수 있고 이로 인하여 김치내의 효소류들은 다시 크게 증가하는 것으로 보여진다. 이와같은 사실들로 미루어 볼 때 효소류의 활성조절은 김치의 속도조절 방안과 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다.

김치에 존재하는 주요 유리당인 glucose와 fructose의 함량을 HPLC로 분석한 결과는 Fig. 2에서와 같다. Glucose는 숙성 14일째까지 29%가 감소하였으며, 21일째는 다시 증가하였다. Fructose 역시 glucose와 같은 경향으로 숙성 14일째까지 33%가 감소하였으나 숙성 21일째는 다시 증가하였다. 이러한 현상은 김치숙성 중에 여러가지 효소작용과 미생물의 생육이 동시에 일어나고 유리당의 감소와 생성도 동시적으로 진행된 결과라 판단된다(30,31).

Protease 활성 관련 변화

Protease의 활성변화와 총 균수 및 젖산균수의 변화를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. Protease의 활성은 숙성 7일째는 19%, 14일째는 7%가 각각 감소하였다. 그러나 숙성 21일째는 39%가 증가하였다. 총 균수는 숙성 7일째 담금일의 약 290배를 나타내어 이미 대수 증식기에 들어갔음을 나타내었으며 총 균수에 차지하는 젖산균수 비율은 숙성기간이 길어짐에 따라 점차

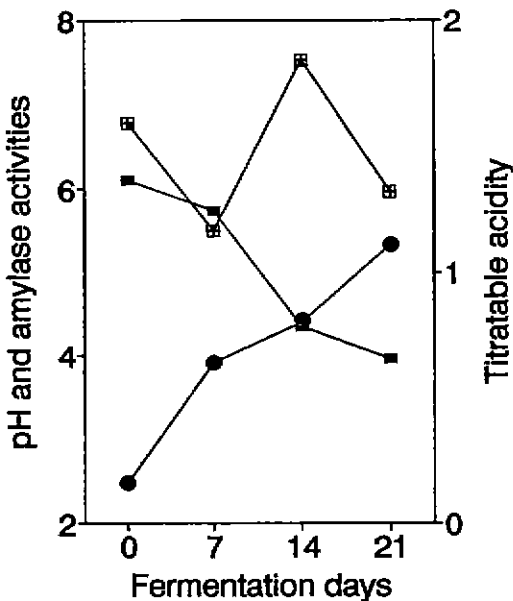


Fig. 1. Changes in amylase activities, pH and titratable acidity of kimchi during fermentation at 10°C. Units: amylase activities; unit/hr/g of kimchi, titratable acidity; % of lactic acid. ■: pH, □: Amylase activities, ●: Titratable acidity

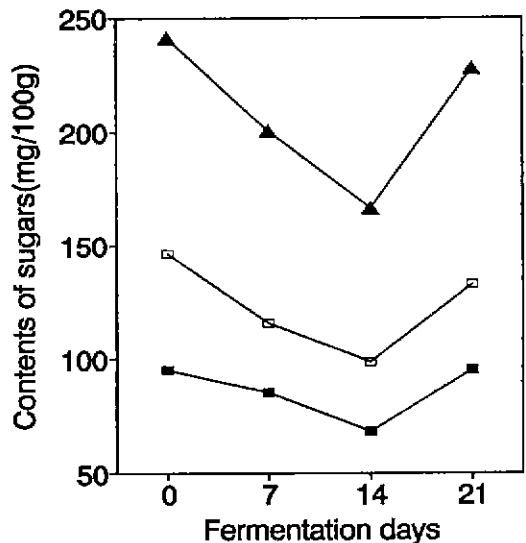


Fig. 2. Changes in sugar contents of kimchi during fermentation at 10°C. ■: Glucose, □: Fructose, ▲: Total contents

증대하였고 7일째는 40%, 14일째는 70%, 21일째는 89%를 나타내었다.

총 유리아미노산의 함량(Table 2)은 담금당일에 319.55mg%이던 것이 숙성 7일째는 369.80mg%, 숙성 14일 451.5mg%, 숙성 21일 550mg%로 전 숙성기간을 통하여 증가하였다. 특히 이들 아미노산 중 알라닌, 시스틴, 발린, 메티오닌, 이소로이신, 로이신, 티로신, 페닐알라닌 및 히스티딘, 리신 등은 숙성 초기에 비하여 증가하였다. 이러한 결과는 protease 역시 김치의 숙성초기에는 재료 유래의 것이 발효에 상당한 영향을 미침을 나타내며, 미생물이 본격적으로 번식하는 7일 이후부터는 미생물 유래의 효소가 작용함을 보여주고 있다. 이러한 사실로 미루어 배추 등 담금재료로부터 유래하는 효소작용은 담금 초기 즉 미생물의 생육 유도에 기여하는 2~3일 경에 본격적인 작용을 한다고 볼 수 있으며 그 이후부터는 다시 미생물 유래의 효소가 복합적으로 작용할 것으로 판단된다. 따라서 김치숙성초기에 아미노산의 요구성이 낮은 이상형 젖산균이 번식하고 중·후기에 이르러 정상형 젖산균이 번식한다는 일반적인 총설을 증명한다할 수 있다(32,33).

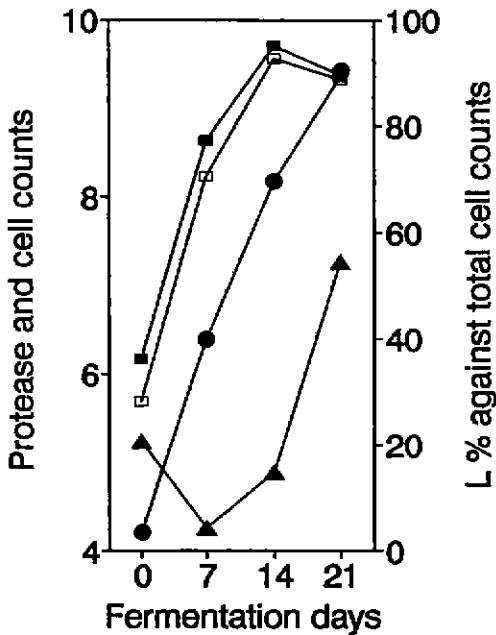


Fig. 3. Changes in protease activities, cell counts of total microorganisms and lactic acid bacteria of kimchi during fermentation at 10°C.

Unit: total bacteria and lactic acid bacteria (L); log CFU/g of kimchi, protease activities; units/hr/g of kimchi.

■: Total microorganism, □: Lactic acid bacteria
▲: Protease, ●: L% against Total

Table 2. Changes in free amino acids of kimchi during fermentation at 10°C (mg/100g of kimchi)

Free amino acids	Fermentation days			
	0	7	14	21
Asp	15.22	21.14	23.00	31.25
Thr	7.85	7.58	9.50	10.69
Ser	62.44	67.35	5.51	61.25
Glu	43.22	21.67	31.00	35.75
Pro	30.09	22.50	19.08	25.44
Gly	4.53	10.91	13.07	12.56
Ala	44.31	54.70	62.58	58.88
CySS	2.50	8.45	6.61	8.25
Val	10.63	17.65	20.58	23.88
Met	0.81	3.09	4.25	4.38
Ile	6.63	12.12	13.67	14.81
Leu	7.72	19.85	22.75	26.56
Tyr	13.25	36.29	40.25	42.63
Phe	31.88	10.42	126.67	129.13
His	8.25	12.58	11.42	14.19
Lys	9.65	20.58	22.25	24.99
Arg	20.67	23.17	18.75	26.36
Total	319.55(100) ¹⁾	369.80(115)	451.52(141)	550.36(172)

¹⁾Parenthesis denotes percent against the values of soaking day

Polygalacturonase 및 β -galactosidase 활성 관련 변화

Fig. 4는 polygalacturonase와 β -galactosidase 활성 및 알코올 불용성물질(AIS)의 함량변화를 나타낸 결과이다. Polygalacturonase 활성은 숙성 전기간에 걸쳐 비교적 낮은 활성을 나타내었으나, β -galactosidase의 활성은 담금일부터 지속적인 증가를 나타내어 담금일에 4.03units이던 것이 급격히 증가하여 숙성 21일째는 14.0units를 나타내었다. 이들 효소는 세포벽 구성 다당류를 분해시킴으로써 김치고유의 물성을 지니게 하는 한편 미생물의 영양원으로서 중요한 역할을 한다(3,34).

AIS의 함량은 숙성 7일째는 약 5%가 감소하였고 14일째는 10%, 21일째는 12%가 감소되었다. 김치의 숙성 중에는 재료 또는 미생물 유래의 각종 효소류가 작용하여 미생물의 증식에 필요한 각종 영양물질을 만들게 된다(2,4,5). 특히 김치국물에는 김치가 숙성됨에 따라 재료에서부터 분해되었거나 용출되어 나온 각종 영양물질을 함유하게 된다. 여과한 김치국물을 산분해시켰을 때 검출되는 pentose, hexose 및 uronic acid는 세포벽 다당류 유래의 저분자 분해물로서 이를 통하여 김치 숙성도를 짐작할 수 있다(30). 본 실험에서도 숙성 중 김치국물에 함유된 pentose와 uronic acid 및 hexose 함량을 측정하였는데(Fig. 5) hexose는 담금일에서부터

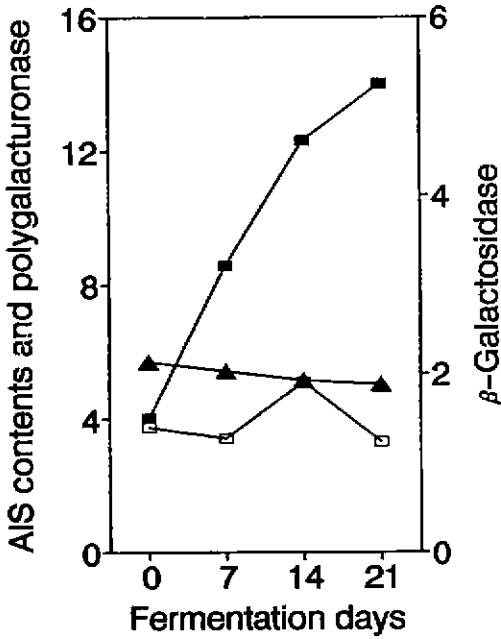


Fig. 4. Changes in polygalacturonase and β-galactosidase activities, alcohol insoluble substance(AIS) contents of kimchi during fermentation at 10°C. Unit : AIS; g/100g of kimchi, polygalacturonase activities; unit/min/100g of kimchi, β-galactosidase activity; unit/min/100g of kimchi. ▲: AIS contents, ■: Polygalacturonase ○: β-Galactosidase

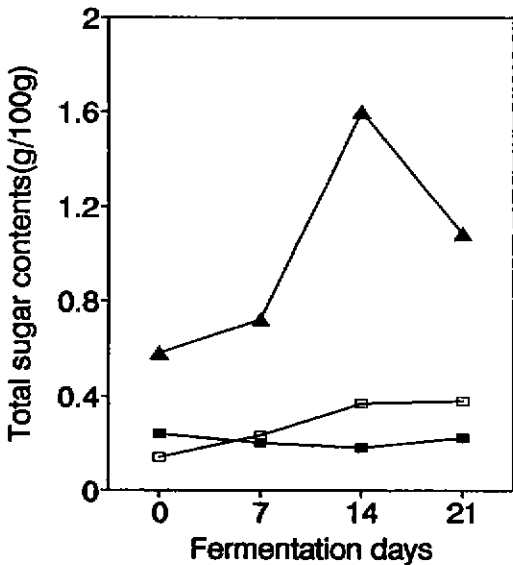


Fig. 5. Changes in total sugar contents of kimchi during fermentation at 10°C. Hexose, pentose and uronic acid was determined by anthrone, orcinol and carbazole reagents, respectively. ■: Total hexose, ○: Total uronic acid ▲: Total pentose

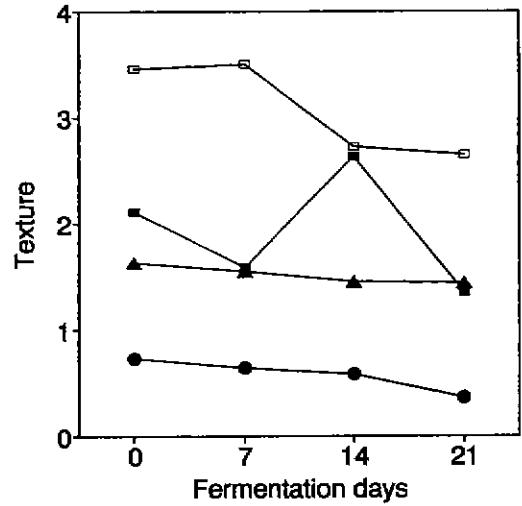


Fig. 6. Changes in texture of kimchi during fermentation at 10°C. Unit: hardness; ×10⁷dyne/cm², adhesiveness; ×10⁵ dyne/cm, gumminess; ×10⁷dyne/cm.

점차 감소하였다가 21일에는 다시 증가하였고, pentose는 14일까지 줄곧 증가하였으며 uronic acid 역시 담금일부터 숙성 말기에 이르기까지 줄곧 증가하였다. 이러한 결과와 미생물의 증식상태를 미루어 볼 때 세포벽분해물이 미생물의 주 영양원으로 공급됨을 짐작할 수 있으며 따라서 효소가 김치숙성에 지대한 영향을 미침을 알 수 있다.

김치의 경도는 초기에 일시적으로 증가를 보이다가 감소하는 경향을 나타내는 것이 보통이다(31,35). 김치의 숙성 중 텍스처 변화를 측정된 결과(Fig. 6), 경도는 0~7일까지는 큰 변화를 보이지 않았으나 7일 이후부터 계속 감소하는 경향을 나타내었으며, 응집성은 담금일에서 담금 7일까지 감소하였고, 담금14일에는 증가하는 경향을 보였다가 다시 담금 21일에는 감소하였다. 부착성과 고무성은 담금일부터 숙성말기까지 점차 감소하는 경향을 보였다.

요 약

배추의 소금절임과 김치숙성 중 amylase, protease, polygalacturonase 및 β-galactosidase의 활성변화를 조사하였다. 배추의 소금절임시 조직내 효소의 일부는 소금물로 용출되었으며, 조직에 잔존하는 효소는 용출량에 비례하여 감소하는 경향을 나타내었으나 총 효소 활성은 증가하였다. 김치숙성 중 amylase, protease 및 polygalacturonase의 활성은 숙성 초기에 낮아졌다가 숙성 중기에 높아지는 경향을 나타내었으나 β-galacto-

sidase 활성은 전 숙성기간을 통하여 계속적인 증가를 나타내었다. 특히 김치의 숙성 초기에는 절임배추에 존재하는 효소류의 작용에 의하여 후기에는 미생물 유래의 효소작용에 의하여 김치의 숙성이 크게 좌우되었다. 김치의 숙성과 효소작용 관계를 요약하면 소금절임에 의한 배추내 효소의 활성화, 김치의 숙성 중 이들 효소에 의한 당질, 세포벽 다당류 및 단백질의 분해, 그리고 영양요구성이 큰 정상발효 젖산균의 번식으로 인한 과숙현상의 초래로 정리할 수 있다.

감사의 글

이 논문은 1997년도 대구효성가톨릭대학교 교비지원에 의하여 이루어진 연구로서 이에 감사를 드립니다.

문헌

- 김중만, 김인숙, 양희천 : 김치용-간절임 배추의 저장에 관한 연구. I 배추의 간절임시 일어나는 이화학적 및 미생물학적 변화. 한국영양식량학회지, **16**, 75(1987)
- 박희옥, 김유경, 윤선 : 김치숙성과정 중의 enzyme system에 관한 연구. 한국조리과학회지, **7**, 1(1991)
- 하순섭 : 펙틴분해효소 및 산막미생물이 침채류의 연부에 미치는 영향. 과연취보, **5**, 39(1960)
- 박희옥, 김기현, 윤선 : 김치재료에 존재하는 pectinesterase, polygalacturonase 및 peroxidase 특성에 관한 연구. 한국식품과학회지, **5**, 443(1990)
- 정태규, 문태화, 박관화 : 배추 polygalacturonase의 열안정성. 한국식품과학회지, **25**, 576(1993)
- 백경희, 이창희, 우덕현, 박관화, 백운화, 이규순, 남상봉 : 펙틴분해효소를 이용한 김치조직의 연화방지. 한국식품과학회지, **21**, 149(1989)
- 강근옥, 구경형, 이형재, 김우정 : 효소 및 염의 첨가와 순간열처리가 김치발효에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **32**, 83(1991)
- 신승렬, 김진구, 김순동, 김광수 : 감과실의 성숙과 추숙 중의 polygalacturonase 활성화 변화 및 특성. 한국영양식량학회지, **19**, 596(1990)
- Buescher, R. W., Hudson, J. M. and Adams, J. R. : Inhibition of polygalacturonase softening of cucumber pickles by calcium chloride. *J. Food Sci.*, **44**, 1786(1979)
- 김순동, 강명수, 김광수 : 고추의 성숙에 따른 세포벽다당류의 변화와 β -galactosidase isozymes의 분리. 한국영양식량학회지, **14**, 157(1985)
- 김순동, 장경숙, 오영애, 김미정, 정용진 : *Lactobacillus acidophilus*가 생성하는 polygalacturonase의 성질. 한국영양식량학회지, **20**, 488(1991)
- 오영애, 김순동 : 열화살균을 함유하는 소금용액에서의 절임이 김치숙성에 미치는 영향. 동아시아식생활학회지, **5**, 287(1995)
- 김호식, 전제근 : 김치발효 중 세균의 동적변화에 관한 연구. 원자력논문집, **6**, 112(1966)
- 노완섭, 허윤행, 오형근 : 김치의 발효숙성에 관여하는 미생물의 소장에 관한 연구. 서울보건전문대논문집, **1**, 15(1981)
- 방양선, 조용구, 문숙임 : 알타리 무우 김치 숙성과정 중 유리아미노산의 변화. 대한가정학회지, **23**, 55(1985)
- Moshrefi, M. and Luh, B. S. : Purification and characterization of two tomato polygalacturonase isoenzymes. *J. Food Biochem.*, **8**, 39(1984)
- 윤선, 최혜정, 이진실 : 키위 단백질 분해효소가 카제인의 기능성에 미치는 영향. 한국조리과학회지, **7**, 93(1991)
- Tucker, G. A., Robertson, N. G. and Grierson, D. : Changes in polygalacturonase isoenzymes during the ripening of normal and mutant tomato fruit. *Eur. J. Food Biochem.*, **112**, 119(1980)
- 최성진 : 복숭아 및 참외 과실의 과육 연화와 관련된 후숙 특성. 대구효성가톨릭대학교 연구논문집, 제 53편(1996)
- Spiro, R. C. : Analysis of sugar found in glycoprotein. In "Methods in enzymology" Newfield, E. F. and Ginsburg, V.(eds.), Academic Press, New York, Vol.8, p.4 (1966)
- 윤익섭, 이중화, 오대섭, 홍영식 : 정성정량 식품분석. 형설출판사, p.82(1982)
- Bitter, T. and Muir, H. M. : A modified uronic acid carbazole reaction. *Analysis Biochem.*, **4**, 330(1962)
- 허우덕 : 배추김치 숙성중 휘발성향기성분의 변화에 관한 연구. 한국식품과학회 '김치의 과학' 심포지엄논문집(1994)
- 허우덕, 하재호, 석호문, 남영중, 신동화 : 김치의 저장 중 향미 성분의 변화. 한국식품과학회지, **20**, 511(1988)
- 박우포, 김재욱 : 소금농도가 김치발효에 미치는 영향. 한국농화학회지, **34**, 295(1991)
- 강근옥, 김중근, 김우정 : 열처리와 염의 첨가가 동치미 발효에 미치는 영향. 한국영양식량학회지, **20**, 565(1991)
- 권태연, 최용희 : 무우염절임시 소금의 침투량과 확산도 예측모델. 한국영양식량학회지, **20**, 572(1991)
- 김동환, 김명환, 김병용 : 배추의 염절임 및 탈염공정중 물질이동. 한국영양식량학회지, **22**, 707(1990)
- 민태익, 권태완 : 김치발효에 미치는 온도 및 식염농도의 영향. 한국식품과학회지, **16**, 443(1984)
- 박철진, 조재선 : 김치발효중 유기산 및 당함량 변화. 경희대학교 논문집, **18**, 903(1989)
- Ha, J. H., Hawer, W. S., Kim, Y. J. and Nam, Y. J. : Changes of free sugar in kimchi during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 63(1989)
- 조재선 : 김치숙성중 미생물의 동태와 성분변화. 한국식품화학회지, **6**, 479(1991)
- 한홍의, 임종락, 박현진 : 김치발효의 지표로서 미생물균집의 측정. 한국식품과학회지, **22**, 26(1990)
- 류복미, 전영수, 문갑순, 송영선 : 멸치를 첨가한 김치의 숙성 중 펙틴함량 및 효소활성, 조직감과 미세구조의 변화. 한국영양식량학회지, **25**, 470(1996)
- 이태녕, 김정식, 정동효, 김호식 : 김치성분에 관한 연구(제2보), 김치숙성 과정에 있어서의 비타민 함량 변화. 과연취보, **5**, 43(1960)

(1997년 3월 14일 접수)