

깍두기 숙성중 매운맛 감소에 관련된 인자들의 변화

김미리* · 이혜수

*충남대학교 가정대학 식품영양학과, 서울대학교 가정대학 식품영양학과

Changes in the Factors Associated with Decrease of Pungency in "Kagdugi" during Fermentation

Mee Ree Kim* and Hei Soo Rhee

*Department of Food & Nutrition, Chungnam National University
Department of Food & Nutrition, Seoul National University

Abstract

Studies were carried out on the factors responsible for the change of pungency in 'Kagdugi'. During fermentation, the pH in 'Kagdugi' decreased to around to 4, while acidity increased continuously. In accordance with the decrease of pungency, the content of 4-methylthio-3-butenyl isothiocyanate (MTB-NCS) in the homogenate of 'Kagdugi' decreased gradually and on 3rd day, the optimum period for good flavor, below 5% of that in the homogenate of fresh radish. The decrease of MTB-NCS formation was accompanied by the gradual loss of 4-methylthio-3-butenyl glucosinolate (MTB-glucosinolate), which was found to disappear more rapidly than total glucosinolate. Also, the ascorbic acid-dependent myrosinase activity was observed to decline gradually with the fermentation time, although the ascorbic acid content varied above the concentration required for maximal enzyme activity. Thus, it was suggested that the decline of MTB-NCS may be related to the gradual losses of MTB-glucosinolate content and myrosinase activity which are both susceptible to the effect of acidic pH.

Key words: *Kagdugi*, pungency, 4-methylthio-3-butenyl isothiocyanate, isothiocyanate, myrosinase, glucosinolate

서 론

무우는 십자화과(Cruciferae)에 속하는 채소로, 이들 채소류의 특징적인 향미는 기질인 glucosinolate에 myrosinase가 작용하여 생성된 isothiocyanates에 기인된다⁽¹⁾. Isothiocyanates의 종류는 치환기에 따라 다양한데⁽²⁾ 무우의 독특한 매운맛과 냄새는 주로 4-methylthio-3-butenyl isothiocyanate(MTB-NCS)에 기인된다⁽³⁾.

우리나라에서, 무우는 채소류 중에서 배추 다음으로 많이 재배·소비되는 채소이며⁽⁴⁾, 특히 생무우로 먹기 보다는 깍두기 등 무우 김치를 담구어 많이 소비되고 있다. 깍두기 숙성중에는 생무우의 자극적인 매운맛이 뚜렷이 감소된다. 그러나, 이같은 현상은 경험적으로만 익히 알고 있을 뿐, 매운맛 감소의 원인과 이에 관련된 인자에 대한 체계적인 연구는 되어 있지 않다.

따라서, 본 연구에서는 김 등이 개발 확립한 무우 중의 매운맛 성분인 MTB-NCS 정량법⁽⁵⁾을 이용하여 깍두기 숙성중의 MTB-NCS를 정량적으로 분석하고, 매운 성분

의 생성에 관여하는 인자인 glucosinolate, 효소인 myrosinase 활성도 측정 및 기타 휘발성 함황 성분의 변화를 관찰하여 깍두기 숙성중 매운맛 감소의 원인을 알아보고자 하였다.

실험방법

재료

무우(태백 무우, 1.5 kg)는 깨끗이 씻은 후 무우의 푸른 빛을 띠는 윗 부분과 껍질을 제거한 하위 1/3만을 사용하였다.

무우 300g을 1.5×1.5×1.5 cm로 썰어 정제염 5g, 파 10g, 생강 1.5g, 고추가루 7g, 물 50 ml를 넣고 버무린 후 밀봉하여 20±2°C 에 저장하면서 시료로 사용하였다.

깍두기 숙성중 일반적 특성

깍두기의 염도는 AOAC법⁽⁶⁾에 따라 10% 중크롬산 칼륨을 지시약으로 사용하여 0.1N 질산은으로 적정하였다. 산도도 AOAC법⁽⁶⁾에 따라 0.1% 페놀프탈레인 지시약을 사용하여 0.01 N 수산화나트륨으로 적정하였다. 또, pH는 pH meter(TOA HM20E)로 측정하였다.

깍두기의 아스코르브산 함량은 미량 형광 광도 분석법⁽⁶⁾

Corresponding author: Mee Ree Kim, Chungnam National University Department of Food & Nutrition, Taejeon 305-764, Korea

Table 1. GC condition for sulfur volatiles

Instrument	: HP 5880 AGC chromatograph
Column	: SE-54 capillary column (0.2 mm×25 m)
Temp	: column; 40~230°C (10°C/min) detector; 250°C injector; 250°C
Carrier gas	: helium gas (20 ml/min)

에 의하여 형광광도계(KOTAKI, Japan)로 측정하였다.

깍두기 숙성중 휘발성 함량 성분

무우의 주 매운 성분인 MTB-NCS의 함량은 깍두기 고형물 40g을 취하여 증류수로 씻어 고추가루 및 양념을 제거한 후 김 등의 RP-HPLC 정량법⁽⁵⁾에 따라 행하였다. 즉, pH 8.5의 붕산 완충액 80 ml를 넣고 와링블랜더에서 1분간 마쇄하여 여과 후 여액을 65% acetonitrile이 되도록 한 후 50 µl를 Radial Pak C₁₈ 컬럼(particle size, 5 cm, 20×0.8 cm, Waters Assoc.)에 주입하였고, 이동상 용매로는 acetonitrile/water(65/35) 혼합 용액이었고, 유속(flow rate)은 1.5 ml/min이었다. 컬럼에서 분리된 각 성분은 검출기(Waters Assoc., Model 440)로 254 nm에서 검출하였고, 피크 면적은 자동적분기(Waters Assoc.)로 계산하였다.

일반적으로 150 µl 시료에 350 µl의 acetonitrile를 넣고 3-benzolpyridine 9 µl를 함유시킨 후 그 중 50 µl를 기기에 주입, 피크면적비를 구하여 표준검량곡선에 의거 정량하였다.

MTB-NCS 이외의 isothiocyanate의 함량은 깍두기 고형물 600g을 취하여 증류수 600 ml를 넣고 와링블랜더에서 곱게 마쇄하여 1시간 방치한 후, 3시간 동안 수증기 증류를 하여 얻은 증류물에 Daxenbichler 등⁽⁷⁾의 방법에 따라 내부표준물질로 methyl stearate(2 mg/2 ml 에탄올)를 넣고 NaCl로 포화시킨 후 동량의 에테르로 3회 추출하였다. 에테르추출물을 무수황산나트륨으로 건조시킨 후, 감압농축하여 얻은 오일상의 잔사를 에테르 1 ml에 녹여 이중 1 µl를 GC/MS에 주입하여 각각의 성분을 분리 확인한 후 methyl stearate의 피크면적 및 detector response에 대한 비율로 함량을 구하였다. 기기의 분석 조건은 Table 1과 같다.

Myrosinase 활성도

깍두기 고형물 20g을 취하여 찬 증류수 10 ml를 넣고 와링블랜더로 잘 마쇄한 후 가아제 2점으로 여과하였다. 효소 여액의 활성도는 원심분리 후의 상정액과 유사하였으므로 효소 여액 50 µl를 취하여 Palmieri 등⁽⁸⁾의 방법에 따라 행하였다. 효소반응계의 조건은 60 mM 인산 완충액(pH 6.5) 3 ml에 sinigrin, 아스코르브산의 농도가 각각 0.34 mM, 0.6 mM이 되도록 넣고 최종적으로 효소액 5 µl를 주입하였다. 이 효소반응액을 즉시 spectrophotometer의 셀에 넣고 파장 227 nm($\epsilon_{\max}=6.950 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$)

에서 시간 경과에 따른 흡광도 감소를 연속 기록방법으로 측정하여 감소되는 기질의 양을 정량하여 효소활성도로 표시하였다. 본 실험에서 효소활성도 1 unit은 반응시간 1분당 1 nmole의 기질을 가수분해시키는 효소의 활성화 정도로 표시하였다.

Glucosinolate 함량

Glucosinolates의 추출은 Daxenbichler 등⁽⁷⁾의 방법에 따라, 급속 냉동(-20°C)시킨 깍두기 고형물 40g에 끓는 메탄올 100 ml를 넣어 역류냉각관 부착하에 항온 수조(55°C)에서 30분간 추출하였다. 추출액을 분리하고 남은 잔사에 70% 메탄올 50 ml를 가하여 와링블랜더로 곱게 마쇄한 후 30분간 재열탕 추출하였다. 이 추출액을 감압여과하고, 잔사는 메탄올 50 ml를 가해 세척한 후 여과액을 추출액과 합하여 37°C에서 감압 농축기를 사용하여 농축건조시켰다.

추출된 glucosinolates에 무우에서 분리 정제한 myrosinase를 첨가하여 앞에 기술된 효소 반응조건하에서 작용시켜 생성된 MTB-NCS를 RP-HPLC 정량법⁽⁵⁾에 의해 측정하여 MTB-glucosinolate양으로 하였다.

총 glucosinolate 함량은 깍두기 고형물 40g을 취하여 앞의 방법에 의해 추출된 glucosinolates 농축액을 증류수에 녹인 후 pH 6.5로 맞추어 Van Etten 등⁽⁹⁾의 방법에 따라 glucosinolate 추출액을 음이온 교환수지(Dowex 1×2-100 Cl⁻, 50~100 mesh)에 붙인 후 myrosinase를 작용시켜 생성된 glucose를 glucose 측정용 시약(Sigma Diagnostics, #510-A) 5 ml를 사용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

관능검사

훈련된 평가원 8명에 의해 깍두기 숙성기간별(0~6일)로 숙성도, 매운맛, over-all acceptability의 3가지 항목에 관하여 5점 만점의 scoring test⁽¹⁰⁾를 실시하였다(숙성도, over-all acceptability: 1점은 매우 나쁘다, 5점은 매우 좋다; 매운맛: 1점은 매우 약하다, 5점은 매우 강하다).

결 과

깍두기 숙성중 일반적 특성 변화

깍두기의 숙성 3일째 염도는 0.22% NaCl이었다.

pH는 Fig. 1과 같이 담근 직후부터 감소하며 숙성 3일에 pH 4 이하로 급격히 감소하여 전형적인 숙성 동안의 양상을 보여주었다. pH의 감소는 MTB-NCS의 안정도를 직접 저하시킬 뿐 아니라 기질 및 효소의 활성도에도 크게 영향을 줄 것으로 생각된다. 산도는 Fig. 1과 같이, 숙성 2일부터 급격히 상승하여 숙성 3일에 고형물에는 11 mEq/100g, 국물에는 15 mEq/100g이 각각 존재하였고, 숙성 4일에는 고형물, 14 mEq/100g, 국물 19 mEq/100g이었으며, 그 후에는 완만하게 증가하여 이 등⁽¹¹⁾, 김 등⁽¹²⁾의 보고와 일치하였다.

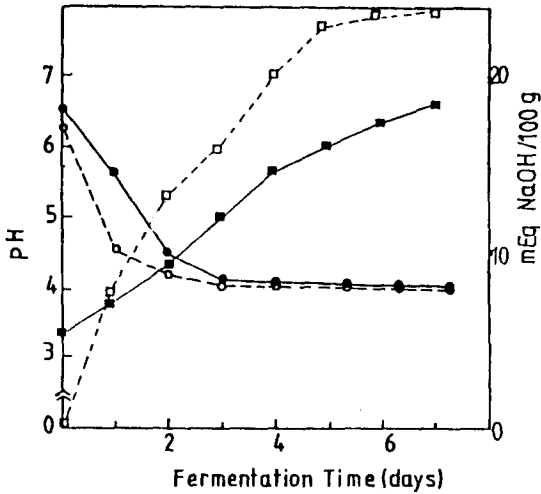


Fig. 1. The changes in pH and acidity in *Kagdugi* during fermentation at 20°C

Data points are average of three samples
 ●-●; pH in solid, ○-○; pH in liquid, ■-■; acidity in solid, □-□; acidity in liquid

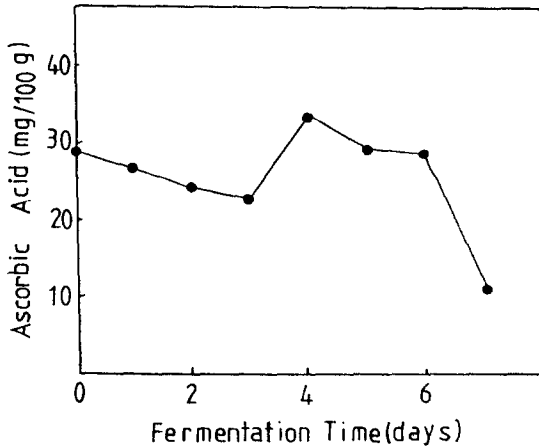


Fig. 2. The change in ascorbic acid content in *Kagdugi* during fermentation at 20°C

Data points are average of three samples

미량 형광광도 분석법에 의하여 측정한 생무우중의 아스코르브산 함량은 껍질 벗긴 아래 부위가 29 mg/100 g, 껍질 부위에는 59 mg/100g로 껍질 부위의 아스코르브산 함량은 속 부위의 2배 정도 많이 존재하였다.

각두기 숙성중 아스코르브산 함량은 Fig. 2에서와 같이 담근 후부터 숙성이 진행됨에 따라 감소하기 시작하여 숙성 3일에는 각두기 함량의 70% 정도 존재하였으나, 그 이후에 증가하였다가 숙성 7일부터는 다시 감소하여 이 등⁽¹³⁾의 보고와 일치하였다. 그러나 숙성기간 동안 아스코르브산 함량은 1mM 정도를 유지하였다.

각두기 숙성 동안의 관능검사 결과는 Table 2와 같다.

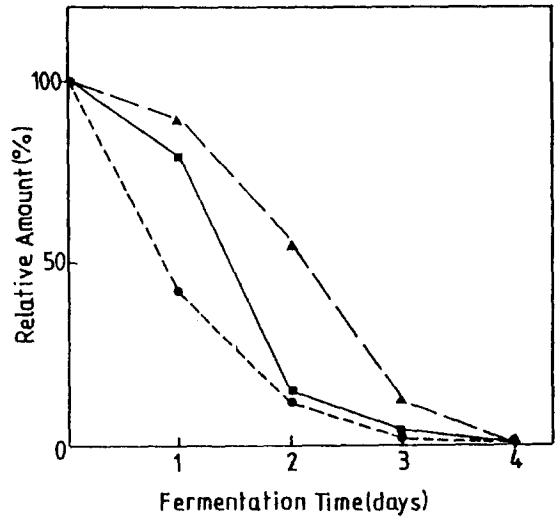


Fig. 3. Relative percent changes in amount of 4-methylthio-3-butenyl isothiocyanate (■-■), 4-methylthi-3-butenyl glucosinolate (▲-▲) and myrosinase activity (●-●) in the homogenate of *Kagdugi* during fermentation at 20°C

Data points are average of three samples

숙성 적기는 숙성 3일이었으며 over-all acceptability 역시, 숙성 3일이 가장 높은 점수를 나타내었다. 매운맛은 숙성이 진행됨에 따라 감소하였으며 숙성 3일에는 1.37 점으로 매우 약하였다.

각두기 숙성중 휘발성 함황 성분의 변화

각두기 숙성중 매운 성분인 MTB-NCS의 함량 변화를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서와 같이, 생무우중의 함량인 336 μmole/100g을 100%로 보았을 때, 숙성 1일에는 81%, 2일에는 18%로, 급격히 감소하였으며 3일에는 8% 존재하였고 4일에는 3%로 되었다. 이같은 결과는 관능 검사시 매운맛이 숙성기간에 따라 감소하였다는 결과 (Table 2)를 정량적으로 뒷받침해주는 것으로 사료된다. 한편, 국물의 경우에는 숙성 시작 때 약간의 MTB-NCS가 존재하였으나, 곧 소실되고 더이상 의미있는 결과는 없었다. MTB-NCS의 생성은 무우의 마쇄나 조직 파괴시에만 생성되므로 무우를 절편으로 만드는 조작중에 생성된 MTB-NCS가 각두기 표면에서 국물중으로 이행되었다가 소실된 것으로 생각된다. MTB-NCS는 산성 및 중성의 용액에서도 불안정하여 쉽게 분해되므로 김 등⁽⁵⁾의 보고에 따라 MTB-NCS의 정량은 MTB-NCS의 안정화를 위한 최적 조건인 알칼리 용액 중에서 분석하여 분석 과정상의 손실을 최소화하였다. Kjaer 등⁽¹⁴⁾은 단무지 숙성중 MTB-NCS는 매우 빨리 감소하여 숙성 말기에는 완전히 소실되었다고 보고하여 각두기의 경우와 유사하였으나 정성적으로 분석하였고, 감소의 원인에 대한 언급은 하지 않았다.

Table 2. Mean scoring values^a for ripeness, pungency and over-all acceptability of Kagdugi during fermentation

Characteristics	Fermentation time (days)						
	0	1	2	3	4	5	6
Ripeness	1.00 ^{ab}	1.50 ^b	3.25 ^c	4.50 ^d	2.63 ^e	1.38 ^b	1.13 ^a
Pungency	4.75 ^a	4.12 ^a	2.62 ^b	1.37 ^c	1.25 ^c	1.12 ^c	1.00 ^c
Overall acceptability	1.50 ^{de}	2.12 ^{cd}	3.25 ^b	4.25 ^a	2.38 ^c	1.38 ^e	1.00 ^e

¹⁾Any two means in the same row followed by the same superscripts are not significantly different ($p < 0.05$)

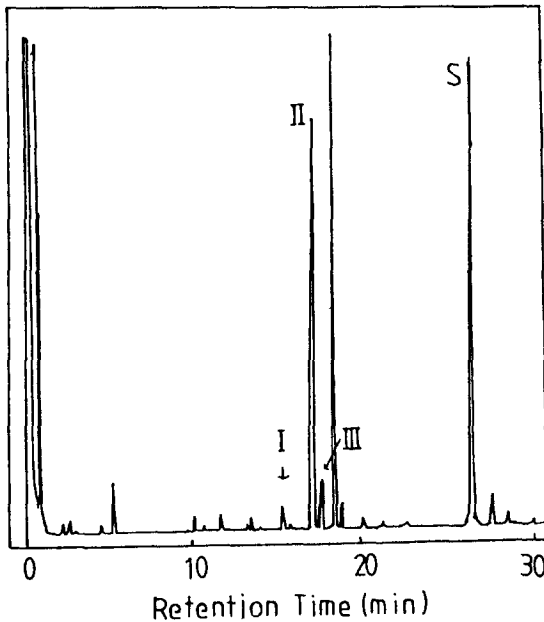


Fig. 4. Gas chromatogram of steam distillate of Kagdugi

I: 3-methylthiopropyl isothiocyanate; II: 4-methylthiobutyl isothiocyanate; III: 5-methylthiopentyl isothiocyanate; S: methyl sterate (internal standard)

관련 MTB-NCS 이외의 isothiocyanates의 함량 변화를 알아보기 위해 생무우 수증기 증류물을 GC로 분석한 GC profile을 Fig. 4에 나타내었다. 4-Methylthiobutyl, 5-methylthiopentyl, 3-methylthiopropyl isothiocyanates 함량은 숙성 1일, 2일에 각각 감소되었으며, 숙성 3일에는 4-methylthiobutyl isothiocyanate의 존재만이 뚜렷하였고 나머지 isothiocyanates는 그 양이 매우 적어 측정하기 어려웠다. 깍두기 숙성중 대표적인 4-methylthiobutyl isothiocyanate의 함량 변화를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5에서와 같이 숙성 3일 이후에 급격히 감소하여 26%, 숙성 5일에는 약 7% 존재하였다. 대부분의 isothiocyanates 측정으로 위하여는 GC/MS법^{15, 17)}이 많이 사용된다. 깍두기 수증기 증류물 중의 4-methylthiobutyl isothiocyanate는 주 휘발성 성분인 MTB-NCS와 가스크로마토그램에서 retention time이 거의 유사하며^{15, 18)}, 또 MTB-NCS를 제외한 휘발성 isothiocyanates 중에서는 많은

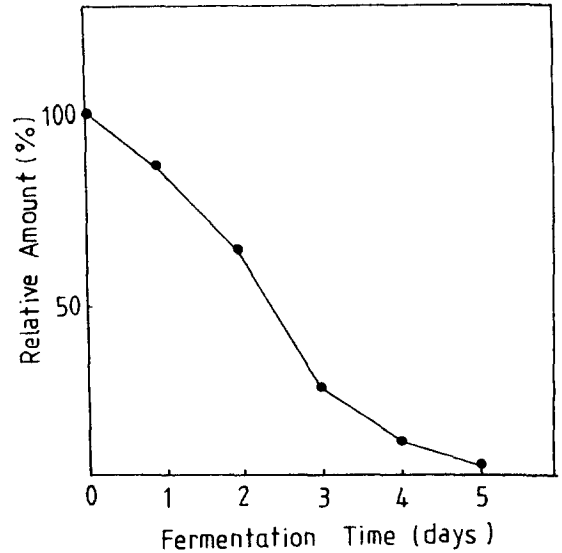


Fig. 5. Relative percent changes in amount of 4-methylthiobutyl isothiocyanate in the homogenate of Kagdugi during fermentation at 20°C

Data points are average of three samples

양을 차지하고 있었다¹⁸⁾.

따라서, 기타 isothiocyanates를 정량하기 위하여는 NTB-NCS를 분해하여 제거시키는 것이 요구되므로 용매 추출법이 아닌 수증기 증류법을 사용하여 추출한 후 GC에 의해 정량 분석함이 바람직하였다. 기타 isothiocyanates 중 주성분인 4-methylthiobutyl isothiocyanate는 숙성중 NTB-NCS보다 서서히 감소되었으며, 3일 후에는 급격히 감소되었다(Fig. 5). 이같은 현상은 포화형인 methylthioalkyl isothiocyanates들은 MTB-NCS보다 구조상 더 안정하기 때문으로 생각된다. 그러나, 숙성 4일 후부터는 모든 isothiocyanates 함량이 크게 감소하여 단 무지의 경우와¹⁴⁾ 유사하였다.

Myrosinase 활성도 변화

깍두기 숙성중 myrosinase 활성도 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 생무우중의 myrosinase 활성도를 100%로 보았을 때, 숙성 1일에 45%, 2일에 16%, 3일에 4% 존재하여 숙성중 myrosinase의 활성도 감소가 3일째를 중심으로 큰 차이가 있었다.

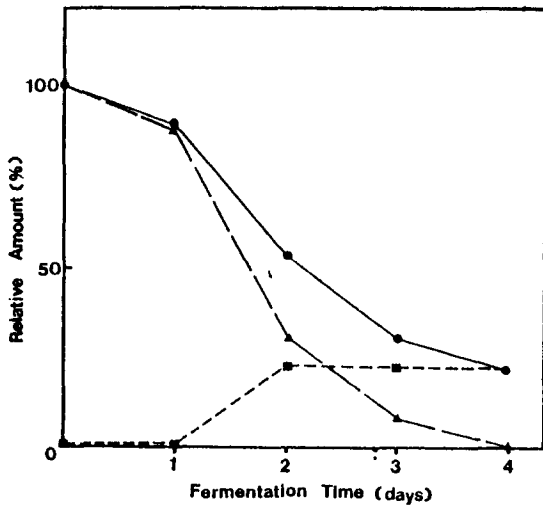


Fig. 6. Relative percentage change in amount of total glucosinolates in *Kagdugi* during fermentation at 20°C. Data points are average of three samples ●—●; in solid and liquid, ■—■; in liquid only, ▲—▲; in solid only

숙성중 myrosinase 활성도 감소에 영향을 미치는 인자들을 검토해 보면, 우선 숙성중 pH 저하 및 산도 증가에 따라 각두기 국물 중의 산 용액이 각두기 조직으로 침투하여 효소의 불활성화를 일으킨 것으로 사료된다. 그 이유는 pH 4 이하의 산 용액중에서는 정제된 myrosinase의 활성도가 급격히 감소되었다고 보고한 김 등⁽¹⁹⁾의 실험결과로 설명된다. 또, 김 등⁽²⁰⁾은 숙성 4, 5일을 전후하여 호기성균의 발육이 왕성하다고 보고하였으므로 숙성중 미생물에 의해 분비된 단백질 분해효소에 의한 각두기 myrosinase의 분해를 고려할 수 있다.

한편, 숙성중 생성된 disulfides 등⁽¹⁴⁾이 myrosinase의 활성화자리 아미노산인 cysteine의 유리 SH기⁽²¹⁾를 변형시켜 myrosinase의 활성도를 감소시키는데 관여될 수도 있다고 사료된다.

반면에, 효소의 활성화제인 아스코르브산⁽²²⁾은 숙성중 그 함량이 감소되므로 효소활성도에 영향을 준다고 생각할 수 있으나, 본 실험결과에서는 숙성중 아스코르브산의 함량 변화는 1mM 범위를 유지하였으므로 myrosinase의 활성에 큰 영향을 주지 않는 것으로 사료된다.

MTB-glucosinolate 및 총 glucosinolate 함량 변화

각두기 숙성중 MTB-glucosinolate 함량은 Fig. 3에서와 같다. Fig. 3에서와 같이 생무우중의 함량인 350 μmole/100g을 100%로 보았을 때, 숙성 1일에는 91%로 많이 분해되지 않았으나 2일에 급격히 감소되어 59%, 3일에 18% 정도 존재하였다.

각두기 숙성중 총 glucosinolates 함량 변화는 Fig. 6과 같다. 고품질의 경우, 숙성 1일 이후부터 급격히 감소하여 숙성 2일에 30%, 3일에 8%, 4일에 거의 존재하지 않았

으며, 국물의 경우, 담근 직후에는 거의 존재하지 않았으나 숙성 1일 이후부터 증가하여 숙성 2일에 23%로 되었고, 그 이후에는 더이상 증가되지 않았다. 고품질과 국물을 합하여 보았을 때, 전체적으로 감소하는 경향을 나타내었으며, 숙성 4일에는 약 22%의 glucosinolates가 존재하였다.

각두기 숙성중 glucosinolate 감소현상은 서양 야채발효식품인 sauerkraut 중의 glucosinolates 함량이 시간이 경과됨에 따라 감소된다고 보고한 Daxenbicher 등⁽²²⁾의 결과와 유사한 양상을 나타내었다.

Glucosinolate 함량이 숙성중 감소되는 현상은 glucosinolate 자체가 분해되기 때문으로 생각된다. Glucosinolates, 특히, 분자내 sulfate기를 지닌 thioglucosides들은 산성 수용액중에서는 불안정한 것으로 알려져 있으므로⁽²³⁾, glucosinolate 자체가 산성용액에서 서서히 분해되는 것으로 생각되며, 또, 숙성중 미생물이 분비한 효소들에 의한 분해가 예상된다.

한편, 숙성중 MTB-glucosinolate는 총 glucosinolates의 분해보다 더욱 빠르게 진행되었다. 이같은 현상은 isothiocyanate인 MTB-NCS가 다른 isothiocyanates보다 분해가 빨리 일어나는 것과 일치되는 결과이다. 또 생무우에서 추출한 MTB-glucosinolate를 수용액중에 넣고 일정시간 경과 후 myrosinase를 처리하여 생성된 MTB-NCS의 양을 HPLC로 분석한 결과, 추출 후 곧바로 효소를 처리한 것에 비해 그 양이 작게 나타났으므로, 수용액 중의 MTB-glucosinolate는 쉽게 분해되는 것을 뒷받침해준다고 할 수 있으며, 숙성중 MTB-glucosinolate 함량이 감소되는 것은 국물 즉, 산용액이 각두기 조직 속으로 침투하여 MTB-glucosinolate의 vinyl sulfide기를 쉽게 분해시키기 때문으로 사료되었다.

이상의 검토에서부터 각두기 숙성중 매운맛의 감소는 마쇄시 생성되는 MTB-NCS의 함량이 정량적으로 감소되기 때문이며, MTB-NCS의 감소는 숙성중 pH 저하에 따른 효소활성도 감소와 기질의 분해에 의한 것으로 사료되었다.

요 약

각두기 숙성중 일반적 특성변화로는, 숙성이 진행됨에 따라 pH는 낮아져 3일 후에는 pH 4 이하로 감소되었으며, 산도는 증가하였다. 아스코르브산의 함량은 숙성 초기에 약간 증가된 후 다시 감소되었으나 숙성 기간 동안 최저 1mM 정도를 유지하였다. 각두기 숙성중 매운맛이 감소되는 정도를 RP-HPLC에 의해 정량적으로 평가한 결과, 마쇄시 생성되는 MTB-NCS는 숙성이 진행됨에 따라 감소하여 숙성 1일에 81%, 2일에 18%, 2일에 8%, 4일에 3%로 되어 관능검사 결과와 일치하였다. 따라서, 각두기 숙성중 매운맛의 감소는 MTB-NCS의 생성 감소에 기인된 것이었으며, MTB-NCS의 감소원인은 숙성에 따른 pH 저하로 인한 myrosinase 활성도

감소와 기질인 MTB-glucosinolate의 분해에 의한 것으로 나타났으며, 특히 숙성 3일을 중심으로 이러한 변화가 현저히 관찰되었다.

문 헌

1. MacLeod, A.J.: Volatile flavour compounds of the cruciferae. (ed), In *The Biology and Chemistry of the Cruciferae*, Vaughan, J.G., MacLeod, A.J. and Jonwa, B.M.G. Academic Press, London, p.307(1976)
2. VanEtten, C.H., Daxenbichler, M.E. and Wolff, I.A.: Natural glucosinolates (Thioglucosides) in food and feeds. *J. Agric. Food Chem.* 17, 483(1969)
3. Friis, P. and Kjaer, A.: 4-Methylthio-3-butenyl isothiocyanate, the pungent principle of radish root. *Acta Chem. Scand.* 20, 698(1966)
4. 농림통계연보 : 농수산부, 1986
5. 김미리, 이혜수 : RP-HPLC법에 의한 무우의 4-methylthio-3-butenyl isothiocyanate의 정량. *한국식품과학회지*, 28, 475(1986).
6. AOAC: "Official Method of Analysis", 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, methods No.32.010 and 22.058(1984)
7. Daxenbichler, M.E. and VanEtten, C.H.: Glucosinolates and derived products in cruciferous vegetables: Gas liquid chromatographic determination of the aglucon derivatives from cabbage. *J. AOAC*, 60, 950(1977)
8. Palmieri, S., Iori, R., and Leoni, O.: Myrosinase from *Sinapis alba L.*: A new method of purification for glucosinolate analysis. *J. Agric. Food Chem.*, 34, 138(1986)
9. VanEtten, C.H. and Daxenbichler, M.E.: Natural Poisons. Glucosinolates and derived products in cruciferous vegetables: Total glucosinolates by retention on anion exchange resin and enzymatic hydrolysis to measured released glucose. *JAOC*, 60, 946(1977)
10. Meilgaard, M.C., Civille, G.V., and Carr. B.T.: Sensory evaluation techniques, CRC Press, INC. Boca Raton, Florida(1987).
11. 이혜수 : 김치에 대한 조리 과학적 연구. *대한가정학회지*, 10, 35(1972).
12. 김현옥, 이혜수 : 숙성온도에 따른 김치의 비휘발성 유기산에 관한 연구. *한국식품과학회지*, 7, 74(1975)
13. 이태녕, 이정원 : 김치 숙성중의 비타민C 함량의 소장 및 Galacturonic acid의 첨가 효과. *한국농화학회지*, 24, 139(1981).
14. Kjaer, A., Madson, J.O., Maeda, Y., Ozawa, Y. and Uda, Y.: Volatiles in distillates of processed radish of Japanese origin. *Agric. Biol. Chem.*, 42, 1989(1978).
15. Kjaer, A., Madson, J.O., Maeda, Y., Ozawa, Y. and Uda, Y.: Volatiles in distillates of fresh radish of Japanese and Kenyan origin. *Agric. Biol. Chem.*, 42, 1715(1978)
16. Kjaer, A.: Mass spectra of isothiocyanates. *Acta Chem. Scand.*, 17, 2143(1963).
17. Spencer, G.F. and Daxenbichler, M.E.: Gas chromatography-mass spectrometry of nitriles, isothiocyanates and oxazolidinetinones derived from cruciferous glucosinolates. *J. Sci. Food Agric.*, 31, 359(1976).
18. 김미리, 이혜수 : 한국산 무우의 휘발성 함유량 성분. *한국조리과학회지*, 1, 33(1985).
19. 김미리, 이혜수 : 무우 myrosinase의 정제 및 특성. *한국식품과학회지*, 21, 136(1989).
20. 김호식, 전재근 : 김치 발효중의 세균의 동적 변화에 관한 연구. *원자력 논문집*, 6, 122(1966)
21. Ohtsuru, M. and Hata, T.: Studies on the functional groups of plant myrosinase. *Agaric. Biol. Chem.*, 37, 269(1973).
22. Daxenbichler, M.E., VanEtten, C.H., and Williams, P. H.: Glucosinolate products in commercial sauerkraut. *J. Agric. Food Chem.*, 28, 809(1980).
23. Kjaer, A.: Glucosinolates in the Cruciferae, In Vaughan, *The Biology and Chemistry of the Cruciferae*. J.G., MacLeod, A.J. and Jones, B.M.G., (ed), Academic Press, London, p.207(1976)

(1992년 4월 30일 접수)