

Effect of the addition of protein and lipid on the quality characteristics of *Yakju*

Ji-Eun Kang*, Jae-Woon Kim, Han-Seok Choi, Chan-Woo Kim,
Soo-Hwan Yeo, Seok-Tae Jeong

Fermented Food Science Division, National Academy of Agricultural Science, Wanju 565-851, Korea

단백질과 지방첨가가 약주의 품질특성에 미치는 영향

강지은* · 김재운 · 최한석 · 김찬우 · 여수환 · 정석태
국립농업과학원 발효식품과

Abstract

In this study, the fermentation characteristics of *Yakju* were investigated by addition of protein and lipid. These are classified according to raw material (rice, glucose) and inducing substance (rice protein, rice lipid). Alcoholic fermentation occurred at 25°C, after 14 days. The results of this study were as follows: Alcohol content of *Yakju* with rice protein was higher than those of other samples. The pH and glucose of rice *Yakju* were determined to be 4.86~5.13 and 4.17~4.86, respectively. Titratable acid and the total amino acid content of the *Yakju* with rice protein were the highest among other samples. The optical density contents of the rice *Yakju* and glucose *Yakju* were 0.52~0.653 and 0.27~0.61, respectively. The concentration of organic acids in rice *Yakju* (433.98~519.31 mg%) was higher than that of glucose *Yakju* (303.76~387.50 mg%). The major organic acid components of the *Yakju* were succinic, citric, acetic and lactic acids. The nitrogen compound concentrations of rice *Yakju* (4377.38~10208.06 ppm) was higher than that of glucose *Yakju* (671.20~9368.93 ppm). The protein odor correlation coefficient was 0.98 ($p < 0.001$) showing a very high correlation coefficient, while lipid odor coefficient showed a negative correlation with -0.038 ($p < 0.458$).

Key words : rice, lipid, protein, *Yakju*, off flavor

서 론

한국의 전통술은 탁주, 약주, 소주로 구분할 수 있는데 약주는 주로 찹쌀이나 멥쌀에 누룩을 넣고 발효한 다음 발효가 끝날 때쯤, 술덧에 용수를 박아 맑은 액체만을 걸러내서 만든 전통술이다(1). 우리나라 전통술은 대부분 당화와 알코올 발효가 동시에 일어나는 병행발효주로 누룩을 사용하기 때문에 곰팡이와 효모에 의해 생성되는 당류, 유기산, 아미노산 이외에 젖산균 등에 의해서 만들어 지는

휘발성 풍미 성분들도 함유되어 있다(2). 이때 발효원료로서는 전분질을 주성분으로 하는 곡류, 서류와 당분을 주성분으로 하는 과실류 등이 이용된다. 우리나라 약·탁주는 최근 한국 문화의 세계화 추세와 한류의 영향으로 국내 외적으로 관심이 높아지고 있다. 약·탁주는 vitamine B군을 비롯하여 필수아미노산인 lysine, leucine, glutamic acid, proline 및 glutathione 등을 함유하여 영양가가 높고, 식감의 산미, 갈증해소 및 신진대사를 원활히 하는 효과가 있는 유기산 함유량도 높은 것으로 알려져 있다(3,4). 이와 같이 우리나라 약·탁주는 쌀을 주원료로 사용하는 우수한 전통 발효식품임에도 불구하고 과거 식량정책으로 인하여 약·탁주 제조의 주재료가 밀가루나 옥수수전분으로 대체되어 대표적인 주류로 인정받지 못했다. 하지만 1980년대 후반부터 우리나라 전통문화를 전수, 보전하며 외국인 관광객에게 우리의 전통술을 알리기 위하여 관련 법조항이 개정되

*Corresponding author. E-mail : kje0516@korea.kr
Phone : 82-63-238-3617, Fax : 82-63-238-3843
Received 19 March 2015; Revised 14 May 2015; Accepted 21 May 2015.
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

었고, 그로 인하여 쌀을 주원료로 하는 약·탁주를 제조할 수 있게 되었으며, 2000년도부터 약·탁주 제조장 수도 꾸준히 증가하고 있다(5). 그러나 아직까지 국내약주는 저장 및 유통과정 중 발생하는 이취로 인하여 외국주류에 비하여 품질경쟁력이 높지 못하다. 주류의 숙성 중에는 산화, 가수분해, 탈수병합 등의 다양한 화학반응이 일어나는데 당과 아미노산의 maillard reaction에 의해 생성된 일부 carbonyl 화합물 및 pyrazine류는 주류를 오래 저장했을 때 발생하는 숙성취(노추취), 탄내 등을 유발하며, 주류의 색도 변하게 만든다. 또한, 아미노산의 광산화에 의해서 생성된 indol 화합물 및 harmane 화합물은 주류의 색을 갈변시키고, 아미노산의 변화에 의해서 만들어지는 polysulfide 화합물은 주류에 좋지 않은 냄새를 부여하기도 한다(6). 따라서 본 연구는 주류의 품질변화를 일으키는 주요 요인을 규명하여 약주의 품질을 증대시키고자 단백질과 지방을 첨가하여 약주에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 쌀은 강원도 철원군 갈말농협미곡종합처리장에서 생산된 오대품종을 사용하였고, 포도당은 합수결정포도당(Daesang, Gunsan, Korea)을 사용하였다. 효모는 (주)비전바이오켄에서 구매한 라빠리장(S.I. Lesaffre Co., Marcq-en-Barœul, France)을 이용하였다. 쌀알누룩은 충무발효에서 구입한 황국(*Aspergillus oryzae*, Chung-Moo Fermentation Co., Ltd., Ulsan, Korea)을 사용하여 직접 제조하였다. 쌀단백질은 (주)빅솔(Vixsol Co., Ltd., Anyang, Korea)에서, 쌀지방은 미강유를 대형마트에서 구입하여 사용하였다.

쌀알누룩 및 누룩추출물 제조

약주 품질에 누룩의 영향을 최소화하기 위해서 누룩추출물을 사용하였다. 쌀 10 kg을 깨끗하게 씻어서 2시간 동안 수침한 다음, 1시간 동안 물빼기를 수행하였다. 쌀을 증자기(MS-30, Yaegaki Food & System Inc., Himeji, Japan)에

넣고 김이 올라오기 시작한 후부터 60분간 수증기를 더 가해 고두밥을 제조하였다. 종곡을 접종하고 38℃에서 48시간동안 배양시킨 다음 45℃에서 24시간 동안 건조하여 제조하였다. 쌀알누룩의 전분 당화력 측정은 당화력 측정 kit(Model No.60211, Kikkoman Co., Noda, Japan)을 활용하였다. 4-nitrophenyl O- α -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 4)- β -D-glucopyranoside(G2-PNP, M.W.=463)를 기질로 이용하는 방법으로 기질용액 0.5 mL에 공여효소액(β -glucosidase 28 unit/mL) 0.5 mL를 첨가하고 37℃에서 5분간 예열(Eyela NTT-2200, Tokyo Rikakikai Co., Ltd., Tokyo, Japan)하였다. 이후 효소액 0.1 mL를 넣고 37℃에서 정확히 10분간 반응시킨 후 반응정지액 2.0 mL를 첨가한 다음 400 nm에서 흡광도를 측정(JP/UV-2450, Shimadzu, Kyoto, Japan)하였고 이를 국제청 주류분석규정(7)의 당화력(saccharogenic power, SP)으로 환산한 결과 약 60 SP이었다. 누룩추출물은 하기 약주제조 방법에 적용하면 백미 g당 30 SP가 되도록 제조하였다. 즉, 톨밀(Dongkwang Co., Daegu, Korea)로 분해한 쌀알누룩 8 kg에 물 25.6 L를 첨가한 다음 15℃에서 간헐적으로 흔들어 주면서 24시간 동안 추출하였다. 추출물을 4℃, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리(CR22GIII, Hitachi Co., Tokyo, Japan)한 다음 상등액을 분리하여 누룩추출물로 하였다.

약주제조

시험에 이용된 약주 담금표 및 쌀의 일반성분은 Table 1과 같다. 쌀 1 kg을 깨끗하게 씻어서 하루 전날 수침한 다음, 다음날 1시간 동안 물빼기를 수행하였다. 쌀을 증자기(MS-30, Yaegaki Food & System Inc., Himeji, Japan)에 넣고 김이 올라오기 시작한 후부터 40분간 수증기를 더 가해 고두밥을 제조하였다. 10 L 플라스틱 병에 수침 전 백미 무게기준 누룩추출물 160%, 쌀 양의 0.2%(w/w)의 효모를 순서대로 넣은 다음, 증자미 혹은 포도당 740 g 씩 넣었고, 여기에 쌀단백질과 지방을 각각 200 g씩 담았다. 발효온도는 incubator(VS-1203PFHLN, Vision Scientific, Co., Ltd., Daejeon, Korea)를 이용 25℃로 설정하여 14일간 발효시켜 시료를 제작하였다(7).

Table 1. Proportion of raw materials (g/100 g) for *Yakju*-making and the nutrition element of samples

		Nutrition element (g/100g wet base)				Nuruk extract	Yeast
		Moisture	Protein	Fat	Fermentable Sugar		
Rice	control	12.8	6.69	0.34	74		
	+protein		+20.00			160.0	0.2
	+lipid			+20.00			
Glucose	control	+12.8	-	-	74		
	+protein		+20.00			160.0	0.2
	+lipid			+20.00			

이화학성분

쌀의 일반성분은 AOAC 방법(8)에 준하였으며, 수분은 105°C 상압가열건조법, 조단백질은 micro-Kjeldal법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 회로분석법으로, 발효성 당 함량은 주류분석규정(9)을 따랐다. pH는 pH meter(Thermo Scientific Co., Massachusetts, USA)를 이용하여 측정하였다. 총산, 총아미노산, 알코올 함량은 주류분석 규정(9)에 준하여 측정하였다. 총산은 시료 10 mL를 중화시키는데 필요한 0.1 N NaOH(Yakuri pure chemicals Co., Ltd.) 용액이 소비된 mL수를 succinic acid로 환산하였고, 총아미노산은 총산을 측정된 시료에 formalin(Yakuri pure chemicals Co., Ltd., Kyoto, Japan) 용액 5 mL를 첨가한 다음 0.1 N NaOH로 적정한 값을 glycine으로 나타내었다. 알코올 함량은 약주 100 mL에 증류수 100 mL를 혼합한 다음 주정계(동명기계 제작소, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다. 착색도는 국세청 주류 분석기준에 따라 시료를 50 mm셀에 넣어 430 nm에서 흡광도를 측정하여 산출하였고 blank는 증류수를 사용하였다(9).

유기산

유기산 분석을 위해서 HPLC(LC-20A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하였으며 post column방법을 사용하여 분석하였다. 유기산분석용 column은 Shodex Rspack KC-G (6.0 mm×50.0 mm) guard column에 RSpak KC-811 (8.0 mm×300 mm, Showa Denko, Tokyo, Japan) 2개를 연결하여 사용하였다. 이동상은 3 mM perchloric acid(Kanto Chemical, Tokyo, Japan)를 이용하였으며, flow rate는 0.8 mL/min, column oven의 온도는 63°C로 하였다. 분리물은 반응용액 (0.2 mM bromothymol blue(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)), 15 mM Na₂HPO₄(Sigma Chemical Co., MO, USA), 2 mM NaOH과 반응한 후 UV 440 nm에서 검출하였다. 이때 반응용액의 flow rate는 1.0 mL/min, 반응온도는 30°C로 하였다. 시료는 여과(0.2 µm, Millipore Co., Cork, Ireland)후 사용하였다.

유리 질소화합물

유리 질소화합물은 아미노산 자동분석기(L-8900, Hitachi Co., Tokyo, Japan)를 사용하였다. 시료 5 mL에 5% trichloroacetic acid(Junsei Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan) 5 mL를 첨가한 후 원심분리(4°C, 12,000×g, 15 min)하였다. 상등액을 회수한 다음 여과(0.2 µm, Millipore Co., Cork, Ireland)한 것을 분석하였으며, 분석조건은 제조사의 매뉴얼을 따랐다(10).

이취관능평가

관능검사에는 국립농업과학원 26~31세 남자 6명, 여자 5명으로 총 11명이 참여하였고 기존의 전통주 관련 관능평가 경험이 있는 연구원으로 이루어졌다. 본 연구에서 사용된 무첨가 쌀약주, 쌀(단백질, 지방첨가)약주, 무첨가 포도당 약주, 포도당(단백질, 지방 첨가)약주에서 이취유무에 대한 평가를 개수에 상관없이 선택하게 하였고, 시료의 향기성분만 분석한 후 다음 시료를 평가하는데 약 5 ~ 8분 정도의 시간이 소요되게 하였다(11).

통계처리

각 약주의 성분차이는 Minitab(16, Minitab Inc., PA, USA) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 성분의 함량은 유의수준 5%(p<0.05)로 설정하여 one way ANOVA분석을 수행하였으며 단백질과 지방이 이취에 미치는 영향은 상관분석을 수행하였다.

결과 및 고찰

이화학성분

단백질과 지방을 첨가한 약주의 발효 종료 후 이화학성분 결과는 Table 2와 같다. 알코올 함량은 쌀약주의 대조구가 14.5%이었던 반면 포도당 약주는 12.47%로 쌀약주에서 유의적으로 높게 나타났다. 단백질이 첨가된 쌀약주의 알

Table 2. Changes in the chemical characteristics of *Yakju* with inducing substance (25°C, 14 days)

Type	Rice			Glucose		
	Control	Rice protein	Rice lipid	Control	Rice protein	Rice lipid
Alcohol (%)	14.50±0.35 ^{a1)}	14.20±0.33 ^a	13.40±0.57 ^a	12.47±0.33 ^b	13.93±0.41 ^a	9.33±0.65 ^c
pH	4.86±0.01 ^b	5.13±0.04 ^a	4.86±0.04 ^b	4.17±0.07 ^b	4.86±0.04 ^a	4.22±0.06 ^b
Titrateable acidity (succinic acid,%)	0.33±0.00 ^b	0.48±0.01 ^a	0.41±0.01 ^b	0.34±0.00 ^b	0.57±0.00 ^a	0.40±0.00 ^b
Total amino acid (glycine,%)	0.67±0.02 ^b	1.48±0.03 ^a	0.77±0.02 ^b	0.15±0.00 ^b	1.29±0.01 ^a	0.16±0.00 ^b
Optical density (430nm)	0.65±0.13 ^a	0.61±0.05 ^a	0.52±0.09 ^b	0.61±0.03 ^a	0.55±0.02 ^a	0.27±0.00 ^b

¹⁾Values are mean±SD (n=3), different letters within the same column differ significantly (p<0.05).

코올 농도는 14.2%, 지방이 첨가된 약주는 13.4%로 단백질 첨가에 의해서는 알코올 농도의 변화가 없었지만 지방첨가에 의해서 알코올 농도가 낮아졌다. 포도당 약주에 있어서는 단백질 첨가구가 13.93%로 대조구에 비하여 알코올 농도가 11.7% 증가하였으며 지방 첨가구는 9.33%로 25.2% 감소하였다. 효모에 의한 알코올 생성경로로 Ehrlich 경로, 아미노산 생합성 경로, acetic acid 경로로 3가지 경로가 알려져 있지만 acetic acid 축합에 의한 경로는 기여도가 적다. Ehrlich 경로는 균체외부에서 가져온 아미노산의 아미노산기 전이에 의해 탈아미노가 된 다음 탈탄산되어 aldehyde가 되고 그 다음 원래의 아미노산보다 탄소수가 1개 적은 알코올로 환원되는 경로이다. Ehrlich 경로와 생합성 경로의 알코올 생산에 대한 기여는 전구아미노산과 공존하는 질소원의 질과 양에 따라 변동되기 때문에 단백질원을 전혀 함유하고 있지 않은 포도당약주 대조구와 지방첨가구의 알코올 함량이 가장 낮았고 쌀약주를 포함한 단백질원을 함유하고 있는 처리구는 정상적인 알코올 발효를 한 것으로 추정된다(12). 이는 단백질 함량이 많이 함유된 쌀이 효모의 생육에 더 용이하였다는 Kwon 등 (13)의 연구에서도 나타난다. 또한, 쌀 약주의 알코올 함량이 높게 나타난 이유는 본 시험에 사용된 쌀의 조회분 함량은 0.44 g/100g wet base(data not shown)으로 효모생육에 필요한 무기질공급이 원활했기 때문으로 판단된다. pH에서도 포도당 약주(4.17~4.86)보다 쌀약주(4.86~5.13)가 다소 높게 나타났다. 쌀약주에서 단백질 첨가구의 pH는 5.13으로 무첨가구 4.86 및 지방 첨가구 4.86 보다 유의적으로 높게 나타났고 ($p<0.05$), 포도당 약주에서도 단백질 첨가 약주가 4.86으로 가장 높게 나타났다. 이는 총아미노산(glycine, %) 함량이 각각 1.48(쌀약주), 1.29%(포도당약주)로 다른 처리구(0.15~0.77%)보다 높게 나타나 단백질 분해에 따른 아미노

산의 증가 때문인 것으로 설명될 수 있다. 총산(succinic acid, %)은 쌀약주에서 0.33~0.48%, 포도당 약주에서 0.34~0.57%의 범위를 나타내었고 단백질 첨가구가 쌀약주와 포도당 약주에서 각각 0.48, 0.57%로 가장 높게 나타났다. 이 또한 원료의 단백질 함량이 총산 함량에 영향을 주었음을 알 수 있다. 주류의 산은 술덧의 pH를 낮추어 발효과정 중 유해세균의 번식을 억제시키고 야생효모의 증식을 제어하기 때문에 발효초기 lactic acid를 첨가하여 발효하기도 한다(14). 이외에 알코올류와 반응하여 방향성을 가진 에스테르 화합물을 생성하는 것으로 알려져 있다(15). 약주의 색을 나타내는 착색도는 누룩 자체의 색이 발효 중 용출되어 약주의 색에 기인한 것으로 사료되는데(13), 착색도가 높을수록 주류의 색이 짙은 갈색으로 변하였다고 해석될 수 있다. 쌀약주에서는 0.52~0.65, 포도당 약주에서는 0.27~0.61의 범위로 나타났다. 단백질 첨가구의 착색도는 대조구와 유사하였던 반면 지방 첨가구의 착색도는 대조구에 비해 크게 낮아져 지방이 약주의 색변화에 영향을 미치는 것으로 나타났으나 그 원인은 아직 명확하지 않다. 주류의 색에 영향을 미치는 요소는 다양하나 아미노산 중 tyrosine과 tryptophan은 일광조건에서 Mn²⁺의 촉매작용 또는 촉매작용 없이 phenol화합물과 반응하여 착색물질을 형성하는 반응계가 있으며, 환원당과 amino carbonyl reaction에 의해서 melanoidine계의 착색물질인 3-deoxyglucosone 및 3-deoxy-D-pentosone을 생성시킨다(12). 따라서 주류의 아미노산 함량이 높으면 색이 진하게 변하는 것이 일반적으로 숙성시간이 길어지면 단백질 첨가구의 착색도가 증가할 것으로 추정된다.

유기산

단백질과 지방을 첨가한 약주의 유기산 함량은 Table

Table 3. Concentration of organic acids in *Yakju* with inducing substance (mg%)

Compounds	Rice			Glucose		
	Control	Rice protein	Rice lipid	Control	Rice protein	Rice lipid
Oxalic	4.55±0.83 ¹⁾	30.29±0.32 ^a	10.72±0.36 ^b	16.87±3.70 ^a	20.29±0.22 ^a	8.89±0.92 ^b
Citric	77.97±1.48 ^b	113.48±7.41 ^a	80.10±2.74 ^b	118.51±5.60 ^b	50.97±1.29 ^c	94.12±14.60 ^b
Tartaric	3.35±0.57 ^a	1.48±1.53 ^a	2.76±0.26 ^a	3.85±2.35 ^a	2.56±0.69 ^a	1.40±1.80 ^a
Malic	29.59±0.33 ^a	19.40±1.44 ^b	29.36±3.78 ^a	37.86±7.84 ^a	14.02±0.80 ^b	21.77±5.77 ^b
Succinic	188.80±4.96 ^c	137.45±7.96 ^b	192.24±17.30 ^a	108.37±9.58 ^b	130.75±4.72 ^a	77.38±0.91 ^c
Fumaric	0.47±0.38 ^a	0.46±0.27 ^a	0.07±0.03 ^a	0.65±0.59 ^a	ND ²⁾	0.02±0.03 ^a
Lactic	58.67±2.86 ^{ab}	49.24±3.77 ^b	60.03±7.95 ^a	38.63±12.03 ^a	42.84±2.04 ^a	23.48±0.41 ^b
Formic	0.68±0.80 ^a	2.45±1.09 ^a	2.59±3.04 ^a	5.78±6.12 ^a	2.34±1.49 ^a	0.49±0.56 ^a
Acetic	45.15±2.21 ^a	107.14±1.30 ^b	48.92±3.12 ^a	55.52±9.77 ^b	44.49±0.75 ^c	74.91±2.70 ^a
Pyroglutamic	24.74±2.84 ^b	57.93±5.44 ^a	24.95±1.33 ^b	1.45±0.58 ^b	47.81±1.50 ^a	1.30±1.00 ^b
Total	433.98	519.31	451.74	387.50	356.08	303.76

¹⁾Values are mean±SD (n=3), different letters within the same column differ significantly ($p<0.05$).

²⁾ND means not detected.

3과 같다. 유기산 총 함량(mg%)은 쌀약주에서 각각 433.98 (무첨가), 451.74(지방), 519.31(단백) mg%순으로 나타났고, 포도당 약주에서는 303.76(지방), 356.08(단백), 387.50 (무첨가) mg%순으로 검출되었다. 쌀과 누룩을 주원료로 제조한 술에 함유되어 있는 유기산은 효모에 의해서 약 73%가 생성되며, 주모로부터 17.2~17.4%, 쌀과 코지로부터 10%가 유입되는 것으로 보고되고 있다(12). 본 연구에서 유기산 중 와인과 맥주의 일반적인 맛 성분으로 짠맛, 쓴맛, 신맛의 복합체인 succinic acid(쌀약주 137.45~192.24 mg%, 포도당약주 77.38~130.75 mg%)의 함량이 가장 높게 나타난 연구결과는 So 등(16)에서 개량누룩 술덧의 주요 유기산으로 succinic acid의 함량이 가장 높게 나타난 결과와 일치한다. 그 다음으로 citric acid(쌀약주 77.97~113.48 mg%, 포도당약주 50.97~118.51 mg%)가 높게 나타났다. Huh 등(17)에서 맥쌀 일반계통으로 제조한 약주의 citric acid 함량 146.49~180.95 mg%와 비교하여 다소 낮게 관찰되었다. Acetic acid는 알코올과 알데히드 산화에 의해서 생성되며(18), 영양, 삼투압, 알코올 스트레스 등에 의해서 생성량에 영향을 받는 것(19)으로 알려져 있는데 각각 쌀약주에서 45.15~107.14 mg%, 포도당 약주에서 44.49~74.91 mg% 검출되었다. 이는 Huh 등(17)에서 맥쌀 일반계통으로 제조한 약주의 acetic acid 함량 106.17~124.54 mg%의 범위보다 단백질 첨가 쌀약주를 제외한 나머지 약주에서 다소 낮게 나타났다. Lactic acid는 효모의 해당과정에서 생성되며, 유해세균 및 야생효모의 증식 억제능력이 높고 당화저해 작용이 낮기 때문에(14), 청주 및 막걸리 발효에서 사용되는데 본 연구에서는 쌀약주에서 49.24~60.03 mg%, 포도당 약주에서 23.48~42.84 mg%으로 나타났다. Pyroglutamic acid는 glutamic acid의 일부가 비효소적으로 변한 것으로 특이적인 맛은 없으나(18), pyroglutamic acid 함량이 높다는 것은 아미노산의 함량이 상대적으로 높을 수 있다고 해석될 수 있는데 각각 단백질 첨가 약주에서 57.93mg%(쌀약주), 47.81 mg%(포도당 약주)로 무첨가 및 지방첨가 약주에 비해 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 그 외 fumaric acid 및 formic acid는 모든 술에서 미량으로 검출되었다. 유기산 총량을 살펴보면 포도당 약주보다는 쌀약주에서 많이 검출되었고, 성분은 succinic, citric, acetic, lactic acid 순으로 나타났다. 유도물질별로는 쌀약주에서는 쌀단백질이, 포도당약주에서는 무첨가 약주에서 유기산 함량이 가장 높게 나타났다.

유리 질소화합물

쌀 및 포도당 약주의 유리 질소화합물은 Table 4와 같다. 유리 질소화합물의 총량은 쌀약주가 4377.38(무첨가), 10208.06(단백질), 4951.83(지방) ppm, 포도당 약주는 699.35(무첨가), 9368.93(단백질), 671.20(지방) ppm으로 포도당 약주보다 쌀약주의 질소화합물이 많이 검출되었다.

이는 앞서 쌀 및 포도당 약주의 glycine 함량으로 환산한 총아미노산(Table 2)과 유사한 결과로 나타나 총아미노산 함량이 유리질소화합물 함량을 비교적 잘 설명하고 있음을 알 수 있다. 주요 유리 질소화합물의 함량을 살펴보면 쌀약주 및 포도당 약주 모두에서 arginine, glutamic acid, leucine, alanine 순으로 쌀약주에서 전체 함량의 10.40, 9.62, 8.60, 8.17%, 포도당 약주에서 전체 함량의 10.01, 9.07, 9.05, 7.51%를 차지하면서 가장 높은 함량으로 분포되어 있었고, 그 외 lysine, phenylalanine, valine, prolin, serine, tryptophan 등이 5~6%씩 함유되면서 뒤를 이었다. 쌀약주와 포도당 약주에서 주로 함유되어 있는 아미노산의 함량에는 차이가 있지만 유도물질에 따른 아미노산 분포에는 영향을 미치지 않았다. 주류에 있어 아미노산은 원료 쌀에 함유된 protein body-II(PB-II)의 분해와 발효후반 효모의 자가분해에 의해서 주로 생성된다(12). 아미노산은 주류의 맛, 색, 향 등에 관여하기 때문에 중요한 성분이다. Aspartic acid와 glutamic acid는 감칠맛이 있으며, alanine, glycine, lysine, prolin, serine, threonine은 단맛이 arginine, histidine, isoleucine, leucine, methionine, phenylalanine, threonine, valine은 쓴맛이 있는 것으로 알려져 있다(19). 주류에 아미노산이 적으면 맛이 가뭇고, 많으면 잡미가 증가하여 품질을 저하시키기 때문에 적절한 함량을 유지하는 것이 중요하나 최적 함량에 대해서는 아직 밝혀진 바는 없다. 아미노산은 발효과정 중 효모의 대사에 의하여 고급알코올(fusel oil)로 변환되어 주류의 향기를 부여하기도 하며, 아미노산 산화효소 및 아미노산 탈수효소에 의하여 옥소산으로 변하여 맛의 변화를 주기도 한다(20). 또한 아미노산은 주류의 숙성과정에도 관여하는데, methionine은 dimethyl disulfide(DMDS)로 변하여 주류에 숙성취(노주취)를 발생시키고, 환원당과의 메일라드 반응에 의하여 furfural, aldehyde류 등으로 변하면서 약주의 향에 영향을 끼친다. 이에 질소화합물의 총량을 살펴보면 포도당 약주보다 쌀약주의 함량이 높았으며, 유도물질별로는 무첨가 및 지방 첨가 보다는 단백질 첨가 약주에서 질소화합물의 함량이 높게 나타났다. 이에 질소화합물 함량에 따라 쌀 및 포도당 약주의 색과 향, 맛에 각각 영향을 미쳤을 것이라고 사료된다.

단백질과 지방이 이취에 미치는 영향

각 처리구의 이취에 대한 관능평가 결과를 Table 5에 나타내었다. 쌀약주의 이취는 대조구, 단백질, 지방첨가구가 각각 2, 10, 4명으로부터 선택받아 단백질 첨가구에서 이취가 가장 높게 나타나는 것으로 확인되었다. 이는 포도당 약주에서도 유사하게 나타났는데 단백질 첨가구가 9명으로 75%의 관능평가 요원으로부터 선택되어 가장 많은 선택을 받았고 대조구와 지방첨가구는 각 1명씩 선택하였다. 각 시험구의 일반성분(Table 1)을 토대로 상관성을 분석한 결과 단백질이 이취에 미치는 영향은 상관계수가

Table 4. Nitrogen compound concentrations in *Yakju* with inducing substance (ppm)

Compounds	Rice			Glucose		
	Control	Rice protein	Rice lipid	Control	Rice protein	Rice lipid
Alanine	367.56(8.4) ¹⁾	805.61(7.89)	423.78(8.56)	67.94(9.71)	674.33(7.2)	63.86(9.51)
Ammonia	18.38(0.42)	30.66(0.3)	19.15(0.39)	10.16(1.45)	31.79(0.34)	16.07(2.39)
Anserine	14.71(0.34)	57.77(0.57)	14.81(0.3)	ND	53.27(0.57)	ND
Arginine	376.25(8.6)	1242.43(12.17)	413.2(8.34)	0.32(0.05)	1074.77(11.47)	0.28(0.04)
Aspartic acid	201.72(4.61)	349.37(3.42)	243.6(4.92)	46.92(6.71)	472.05(5.04)	43.88(6.54)
α -Aminoadipic acid	20.96(0.48)	33.91(0.33)	22.42(0.45)	0.68(0.1)	37.93(0.4)	1.8(0.27)
α -Aminobutyric acid	6.94(0.16)	32.57(0.32)	7.09(0.14)	6.49(0.93)	43.9(0.47)	1.08(0.16)
β -Alanine	15.95(0.36)	29.37(0.29)	14.78(0.3)	8.49(1.21)	49.89(0.53)	6.7(1)
β -Aminoisobutyric acid	53.65(1.23)	83.36(0.82)	50.38(1.02)	11.9(1.7)	130.32(1.39)	9.24(1.38)
γ -Amino-n-butyric acid	102.99(2.35)	145.9(1.43)	105.5(2.13)	81.34(11.63)	164.63(1.76)	76.17(11.35)
Carnosine	11.36(0.26)	28.66(0.28)	14.33(0.29)	ND	23.46(0.25)	0(0)
Citrulline	4.69(0.11)	41.06(0.4)	20.1(0.41)	1.15(0.16)	38.34(0.41)	0(0)
Cystathionine	75.91(1.73)	94.7(0.93)	67.5(1.36)	17.94(2.56)	102.19(1.09)	16.35(2.44)
Cysteine	42.91(0.98)	66.27(0.65)	32.31(0.65)	11.69(1.67)	77.73(0.83)	13.38(1.99)
Ethanol amine	27.66(0.63)	34.44(0.34)	29.28(0.59)	3.94(0.56)	7.21(0.08)	3.68(0.55)
Glutamic acid	403.7(9.22)	1016.21(9.95)	460.4(9.3)	63.93(9.14)	846.11(9.03)	62.36(9.29)
Glycine	199.38(4.55)	421.86(4.13)	228.05(4.61)	35.87(5.13)	329.95(3.52)	34.75(5.18)
Histidine	75.79(1.73)	190.81(1.87)	84.13(1.7)	11.32(1.62)	152.41(1.63)	11.79(1.76)
Hydroxylysine	ND ²⁾	ND	ND	0.23(0.03)	ND	0.42(0.06)
Hydroxyproline	0.44(0.01)	0.42(0)	0.6(0.01)	0.29(0.04)	0.22(0)	0.17(0.02)
Isoleucine	183.69(4.2)	451.43(4.42)	207.21(4.18)	32.88(4.7)	415.4(4.43)	32.9(4.9)
Leucine	353.01(8.06)	923.61(9.05)	403.83(8.16)	35.72(5.11)	904.11(9.65)	34.28(5.11)
Lysine	237.25(5.42)	572.84(5.61)	275.43(5.56)	43.63(6.24)	562.02(6)	43.4(6.47)
Methionine	84.43(1.93)	181.85(1.78)	89.27(1.8)	14.91(2.13)	172.49(1.84)	15.37(2.29)
1-Methylhistidine	0.22(0)	5.37(0.05)	ND	ND	ND	ND
3-Methylhistidine	3.5(0.08)	9.23(0.09)	3.4(0.07)	ND	16.74(0.18)	ND
Ornithine	33.04(0.75)	64.83(0.64)	37.05(0.75)	11.62(1.66)	48.23(0.51)	11.69(1.74)
Phenylalanine	259.02(5.92)	618.54(6.06)	291.55(5.89)	19.91(2.85)	590.81(6.31)	18.73(2.79)
Phosphoethanolamine	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Prolin	306.85(7.01)	563.08(5.52)	343.45(6.94)	60.49(8.65)	474.82(5.07)	63.2(9.42)
Phosphoserine	7.62(0.17)	16.24(0.16)	15.83(0.32)	2.67(0.38)	24.99(0.27)	0(0)
Sarcosine	15.49(0.35)	20.54(0.2)	15.95(0.32)	0(0)	25.59(0.27)	0(0)
Serine	234.83(5.36)	592.93(5.81)	280.77(5.67)	17.45(2.5)	474.72(5.07)	17.01(2.53)
Taurine	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Threonine	133.04(3.04)	323.43(3.17)	158.83(3.21)	14.82(2.12)	257.74(2.75)	14.16(2.11)
Tryptophan	0.06(0)	ND	ND	ND	0.96(0.01)	ND
Tyrosine	265.32(6.06)	467.38(4.58)	296.9(6)	28.82(4.12)	556.04(5.93)	27.05(4.03)
Urea	1.73(0.04)	47.79(0.47)	17.24(0.35)	ND	9.52(0.1)	ND
Valine	237.32(5.42)	643.59(6.3)	263.74(5.33)	35.84(5.12)	524.25(5.6)	31.44(4.68)
Total	4377.38	10208.06	4951.83	699.35	9368.93	671.20

¹⁾The numbers in parentheses indicate the percentage distribution of each compound.²⁾ND means not detected.

Table 5. The sensory evaluation of the off flavor

Type	Rice			Glucose		
	Control	Rice protein	Rice lipid	Control	Rice protein	Rice lipid
Selection	2	10	4	1	9	1
Percentage (%)	17	83	33	8	75	8

Table 6. The correlation coefficient of the protein and lipid components in off flavor samples

Off flavor	Correlation coefficient	Protein	lipid
		p<	0.001

0.98(p<0.001) 매우 높은 상관계수를 보이고 있고 지방은 -0.038(p<0.458)로 음의 상관성을 보여 주고 있다. 즉, 술덧의 단백질 함량이 높아질수록 이에 비례하여 이취가 증가하게 되고 지방함량이 증가할수록 이취가 소폭 감소하게 되는 것으로 해석될 수 있다. 그러나 지방은 저장과정 중에 산화되어 유취를 발생시키므로 그 사용에 주의를 기울일 필요가 있다. 요컨대 단백질은 효모의 알코올대사에 꼭 필요한 영양소이지만 술덧의 아미노산 함량을 증가시켜 pH를 상승시키고 이취의 원인물질로 작용 하는 것으로 이해할 수 있다. 따라서 국내약주의 이취발생을 제어하기 위해서는 단백질이 적은 원료를 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단 된다.

요 약

본 연구에서는 약주 이취 원인물질을 알아보기 위해 단백질과 쌀지방을 첨가하여 약주를 제조하고 확인하였다. 알코올 함량은 쌀약주의 대조구가 14.5%, 단백질 첨가구 14.2%, 지방 첨가구 13.4%로 지방첨가에 의해서 알코올 농도가 낮아졌다. 포도당 약주에도 지방 첨가에 의해서 알코올 농도가 25.2% 감소하였다. 총산(succinic acid, %)은 단백질 첨가에 의해서 쌀약주가 0.33에서 0.48%로 포도당 약주는 0.34에서 0.57% 증가하였고 총 아미노산 함량도 각각 0.67, 0.15%(as glycine)에서 1.48 및 1.29%로 증가하였다. 유기산은 succinic acid와 citric acid의 함량이 가장 높게 나타났다. 유리 질소화합물의 함량은 단백질 첨가에 의해서 각각 4,377.38, 699.35 ppm에서 10,208.06과 9,368.93 ppm으로 상승하였다. 주요 유리 질소화합물 성분으로는 arginine, glutamic acid, leucine, alanine이 총량의 8.17~10.40%의 범위로 가장 높게 나타났다. 단백질은 이취에 대하여 0.98(p<0.001)의 높은 상관계수를 보였고 지방은 -0.038(p<0.458)로 음의 상관성을 나타내었다.

감사의 글

이 논문은 국립농업과학원 기관고유사업(과제번호 : PJ009464)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Kim YT, Kim JH, Yeo SH, Lee DH, Im JU, Jeong ST, Choi JH, Choi HS, Hwang HJ (2011) Urisul Bomulchang-go. The Foundation of Agri Tech Commercialization and Transfer, Suwon, Korea, p 146-181
- Seo MY, Lee JK, Ahn BH, Cha SK (2005) The Changes of microflora during the fermentation of *takju* and *yakju*. Korean J Food Sci Technol, 37, 61-66
- Lee GH (1994) Characteristic and new technology of Korean Takju. Korean J Appl Microbial Bioeng, 7, 36-46
- Jang JH (1989) The history of Korean alcohol. Korean J Dietary Culture, 4, 271-274
- Kim JS, Ko SH, Lee WY, Kim GW (2004) Cytotoxic effects of Korean rice wine (*yakju*) on cancer cells. Korean J Food Sci Technol, 36, 812-817
- Isogai A (2014) Aged flavor of sake and its precursor. Available from: http://www.kitasangyo.com/e-Academy/b_tips/back_number/BFD_28.PDF. Accessed Aug.2
- Noh JM, Kang JE, Jeong ST, Choi HS (2014) Effects of non-addition of protease on the physicochemical properties of heat-treated *yakju*. Korean J Food Sci Technol, 46, 702-709
- Association of official analytical chemists (1995) Official method of analysis 16th eds. Washington, D.C., USA, p 950
- National Tax Service (2009) Analysis of liquor regulatory. Seoul, Korea, p 41-42
- Hitachi high-Technologies corporation (2014) L-8900 Amino Acid Analyzer. Available from: <http://www.hitachi-hitec.com/global/science/lc/l8900.ht>

ml#jump2

11. Jung BM, Shin TS, Kim HR (2013) Quality characteristics during of rice *Makgeolli* added with cheonnyuncho fermentative extract. Korean J Food Cookery, 29, 679-690
12. Brewing society of Japan (1999) Component of the alcoholic beverages. Shin nippon printing Co., Ltd., Tokyo, Japan, p 2-108
13. Kwon YH, Jo SJ, Kim JH, Ahn BH (2010) Fermentation characteristics and volatile compounds in *yalju* made with various brewing condition glutinous rice and pre-treatment. Korean J Microbial Biotechnol, 38, 46-52
14. Bae SM (2008) Sake manufacturing technology. Design plus Co., Seoul, Korea, p 166-217
15. Ryu LH, Kim YM (2002) Esterification of alcohols with organic acids during distilled spirit distillation. Korean J Food Nutr, 15, 295-299
16. So MW, Lee YS, Han SH, Noh WS (1999) Analysis of major flavor compounds in takju mash brewed with a modified *nuruk* Korean J Food Nutr, 12, 421-426
17. Huh CK, Lee JW, Kim YD (2013) Comparison of organic acids, fusel oil contents and antioxidant activities of *yalju* with the additions of various rice cultivars. Korean J Food Preserv, 20, 365-371
18. Yoshizawa Y, Ishikawa TA, Tadenuma M, Nagasawa M, Nagami K (2004) Eencyclopedia of brewing and fermentation food. Asakira publishing Co., Ltd., Tokyo, Japan, p 70-366
19. Kato H, Rhue MR, Nishimura T (1989) Role of free amino acids and peptidies in food tasted. American Chemical Society, Washington, DC, USA, p 158-174
20. Erasmus DJ (2005) Production of acetic acid by *Saccharomyces cerevisiae* during icewine fermentations. Ph D Thesis, University of British Columbia, Vancouver, Canada