

증류주의 품질 최적화를 위한 효모선발 연구

최성인¹, 강순아², 정철^{1*}
¹서울벤처대학원대학교, ²호서대학교

Yeast Selection for Quality Optimization of Distilled Spirits

Sung-Inn, Choi¹, Soon Ah, Kang² and Chul Cheong^{1*}

¹Dept. of Convergence Industry, Seoul Venture University

²Dept. of Converting Technology, Graduate School of Venture, Hoseo University

요약 본 연구의 목적은 쌀을 원료로 하여 증류주 제조시 쌀 특성에 적합한 최적의 증류주 효모를 선발하는데 있다. 사용된 5종류의 효모는 전반적으로 정상적인 발효패턴을 보였으나 송천효모(Y1)와 증류주 효모(Y5)가 다른 효모에 비해 우수한 발효력을 보였다. 또한 발효후 술덧을 분석한 결과 고급알코올은 증류주 효모(Y4, Y5)에서, 에스터는 송천효모(Y1)와 증류주효모(Y4, Y5)에서 유의적으로 높게 검출된 반면, 유기산 함량은 증류주 효모(Y3, Y4, Y5)에서 유의적으로 높게 나타났다. 발효술덧을 동증류기를 이용한 상압증류한 증류주 분석 결과 송천효모(Y1)와 증류주 효모(Y5)가 최종 알코올 농도가 높아 제조수율에 유리한 것으로 판단되며, 고급알코올과 에스터 등 향기 성분은 발효술덧 분석 결과와 같이 고급알코올은 증류주 효모(Y4, Y5)에서, 에스터는 송천효모(Y1)와 증류주 효모(Y4, Y5)에서 유의적으로 높게 나타나 발효술덧의 향기 패턴이 증류주에 대부분 전이되는 것으로 판단된다. 효모별 발효특성과 발효술덧 및 증류주의 물리화학적 특성, 관능평가를 종합한 결과 증류주 효모인 siha aktivehefe 6 brennereihefe(Y5)가 쌀을 이용한 증류주 품질 최적화에 가장 적합한 효모로 선발되었다.

Abstract The aim of this study was to select yeast strain for quality optimization of distilled spirit which is prepared using rice. Five yeasts strains were compared for their brewing characteristics and showed normal fermentation pattern, but songcheon yeast(Y1) and distillery yeast(Y5) revealed higher fermentation ability than other samples tested. The analyzed results of fermented mashing showed that the distillery yeasts(Y4, Y5) had significantly much higher alcohol content, and songcheon yeast(Y1), distillery yeasts(Y4, Y5) had significantly higher ester content than other samples tested respectively, while the distillery yeasts(Y3, Y4, Y5) had significantly higher organic acid content than other samples tested. The analyzed results of distilled spirits which were distilled using copper distillery apparatus showed that the songcheon yeast(Y1) and distillery yeast(Y5) had a higher yield compared to other samples tested. In addition, the results of the aroma compounds such as ester and higher alcohol of distilled spirits among the five yeasts tested were similar to the analyzed results of fermented mashing. Siha aktivehefe 6 brennereihefe(Y5) indicated the highest overall preference including sensory evaluation and was selected as best yeast strain for quality optimization of distilled spirit which is prepared using rice.

Key Words : Copper distillation apparatus, Fermentation, Distillation, Distilled spirits, Yeast, Flavor

1. 서론

국내 증류주 제조기술은 고려 말엽 원나라로부터 유입되었다는 것이 정설로 되어있으며 당시에는 누룩, 쌀, 참

쌀, 수수, 조, 옥수수 등 곡류로 제조한 발효술덧을 재래식 고리로 증류하여 소주를 제조하였다. 해방이후 정부의 식량사정으로 인해 증류식소주 제조에 곡류를 금지한 이래 침체에 접어들었던 우리 전통 증류식소주는 수입개

*Corresponding Author : Chul Cheong(Seoul Venture Univ.)

Tel: +82-2-3470-5270 email: chulcheong@hotmail.com

RecReceived June 24, 2013

Revised (1st August 1, 2013, 2nd August 5, 2013)

Accepted August 7, 2013

방 정책에 의하여 주류면허가 개방됨에 따라 다시 빛을 보게 되었다[1]. 1980년대부터 2000년대까지 국내 증류주 연구개발 동향 및 특징을 보면 주로 곡류, 서류 및 누룩을 주원료로 하고 스테인리스 재질의 증류기를 이용하여 감압방식으로 제조된 제품개발과 향기분석에 초점을 맞추고 있음을 알 수 있다[2]. 그 예로서 안동소주 발효최적화와 품질향상을 위해 누룩 제조시의 두께와 띄움 시간에 따른 발효특성을 연구[3, 4], 누룩에 함유된 다양한 곰팡이, 효모 및 젖산균 등이 번식하여 각종 효모를 다량 생성하는 발효 스타터로서의 연구[5], 쌀과 전분을 이용한 증류식 소주의 급수변화에 따른 수율 및 향미에 대한 연구[6], 증류식소주의 유기산의 종류와 증류온도에 따른 에스테르 생성량 분석[7], 증류조작에 의한 백하주의 품질 변화에 대한 연구 등이 수행되었다[8]. 표준화된 과학적 묘사분석 기법을 통해 시판 증류식소주제품들의 관능적 특성과 소비자 기호도 조사가 이루어 졌으며[9,10] 안동소주, 문배주, 이강주 및 진도홍주의 제조중의 퓨젤유 및 향기성분 등 품질특성에 대한 분석결과도 보고되었다 [11]. GC-MS를 이용한 전통 민속주의 향기성분 분석과 다변량통계해석을 통해 증류주 상호간의 유사성과 이질성 등을 물리화학적으로 분석하는 방법들과[12-14], 증류주 제조시 압력, 환류비 및 충전물의 유무분획 등 증류조건을 달리하여 획득한 성분의 특성을 분석한 결과도 보고되고 있다[15]. 곡류가 아닌 서류를 이용한 연구로는 고구마의 품종과 당화제로서 흑국, 백국, 황국, 개량누룩 등 국의 종류를 달리하여 제조한 고구마 소주에서 decanoic acid, tetradecanoic acid, hexadecanoic acid, octanoic acid ethylester류 분석 연구[16], 감자를 주 원료로 하여 감자술덧을 상압 또는 감압방식으로 증류하여 감자소주를 제조하고 고급알코올과 에스테르 등 휘발성 성분에 대한 결과 등도 보고되었다[17]. 또한 진도홍주의 제조방법을 개선하기 위해 곡자법과 국법을 달리하여 품질을 개선한 연구[18,19]도 진행되었으며 최근에는 동증류기를 이용한 에틸카바메이트 및 황화합물 저감화를 위한 연구 결과도 보고되고 있다[20]. 현재 국내에서 증류주 관련 대부분의 연구는 스테인리스 재질의 감압방식을 이용하였으며 동재질의 상압방식에 의한 연구는 거의 찾아볼수 없으며 특히 증류식소주 전용효모를 이용한 증류주 연구개발은 전무한 상태이다. 이에따라 국내 증류주 제품이 단순화되고 다양한 증류주 제조에 한계가 있어 국내외 소비자 수요 측면에서 뿐 아니라 FTA 따른 국내 증류주의 해외 수출에도 문제점을 드러내고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 곡류를 주 원료로 하여 증류주를 제조함에 있어 곡류 특성에 적합한 최적의 증류식소주 전용효모를 선발하는데 있으며 더 나아가 동증류기를

통해 고품질의 증류주를 개발 보급하여 기존 증류주와 차별화된 제품으로 고부가가치 창출 및 산업경쟁력 강화에 기여하는데 목적이 있다.

2. 실험 및 분석방법

2.1 원료

본 실험에 사용된 원료로는 백미를 사용하였고, 경기도에서 생산한 추청 품종을 구입해 사용하였다. 쌀은 시험구별로 500 g을 7~10회 세척한 다음 2시간 물에 불리고 1시간 동안 물빼기를 실시한 다음 가루 내어 사용하였다.

2.2 발효제

발효제는 한국효소주식회사의 생쌀발효누룩인 바이오누룩R을 구입해 사용하였다. 증류주 제조에 적합한 효모 선발을 위해 5종의 효모를 선택하였다. 국내에서 전통주 제조에 가장 많이 사용하는 양조용 효모인 송천효모(Y1)와 제빵용 효모인 라파리장(La parisienne, Y2) 효모를 구입 사용하였고, 독일 슈트트가르트 증류주 연구소의 정보를 활용하여 상업적으로 생산 보급되는 건조효모 중 증류주 제조용으로 적합한 Schliessmann schwäbisch hall사의 Brennereihefe forte(Y3), Kornbrand(Y4)와 E. Begerow GmbH & Co사의 Siha Aktivhefe 6 Brennereihefe(Y5) 등 3종을 구입하여 사용하였다.

2.3 pH

pH는 pH meter(Orion 720A, Thermo orion, Beverly, MA, USA)를 사용하여 측정하였다.

2.4 아미노산도

아미노산도는 AOAC법을 참고하여 국제청주류면허지원센터 주류분석 규정[21]에 따라 검체 10 mL를 취하여 페놀프타렌지시약 몇방울을 가하고 0.1N NaOH로 담홍색이 될 때까지 중화한 후 여기에 중성포르말린용액 5 mL를 가하여 유리된 산을 0.1N NaOH로 담홍색이 될 때까지 적정하여 글리신으로 환산하여 백분율로 나타내었다[20].

아미노산도(글리신으로) g/100 mL = 적정 mL 수 × 0.0075 × 10

2.5 총산도

총산도는 AOAC법을 참고하여 국제청주류면허지원센터

터 주류분석 규정에 따라 CO₂를 제거한 시료액 10 mL를 적정기를 이용하여 0.1 N NaOH로 pH 8.2까지 적정한 후 호박산으로 환산하여 백분율을 나타내었다.

총산(호박산으로) g/100 mL = 적정 mL 수 x 0.075 x 10

2.6 가용성 고형분

가용성 고형분 함량(°Brix)은 과실을 착즙하여 얻는 착즙액을 굴절당도계 (ABBE, Atago, Tokyo Japan)를 이용하여 측정하였다.

2.7 유기산 분석

유기산은 발효시킨 술덧을 원심분리 후 0.45 μm membrane filter로 여과한 다음 Ion chromatograph(Metrohm, Bleiche West, Swiss)로 분석하였다.

2.8 향기 성분 분석

발효술덧 및 증류방식별, 단계별(초류, 본류, 후류)로 수득한 증류액을 발효 및 증류과정에서 생성된 향기의 주요성분인 methyl alcohol, ethyl acetate, fusel oil 등을 국제청주류면허지원센터 주류분석규정에 따라 증류주를 gas chromatograph(Agilent Technologies, Fort Worth, Texas, USA)를 이용하여 분석하였다.

2.9 알코올 분석

발효 술덧을 잘 교반 후, 100 mL용량 mess cylinder에 표시까지 취하고 이것을 500 mL 삼각 flask에 옮긴 다음 mess cylinder를 약 15 mL의 증류수로 2회 세척하여 flask에 합하고 냉각기에 연결한 다음 100 mL mess cylinder를 수기로 하여 증류하였다. 증류액이 약 70 mL가 되면 증류를 중지하고 물을 가하여 100 mL로 정용한 다음 잘 흔들어 실온에서 주정계를 사용하여 그 표시도를 읽어 Gay-Lussac표로서 15℃로 보정하여 알콜함량을 측정하였다.

2.10 비중

시료를 100 mL 실린더에 채우고 비중계를 사용하여 15℃에서 측정하였다.

2.11 탁도

표준현탁액으로 EBC 정량선을 얻은 후 셀에 시료를 채워 탁도계(YSI, HF Micro 1000, Ohaio, USA)에 넣고 EBC값을 측정하였다.

2.12 전자후각분석

효모의 종류별로 발효시킨 술덧을 증류한 증류주와 선정한 효모를 이용하여 발효제별 제조한 발효술덧을 증류하여 40 v/v%로 제성한 증류주를 전자코(a-Moss Fox 3000, Alpha MOS, Toulouse, France)로 향패턴을 분석하였다. 효모별 증류한 증류주와 40 v/v%제성주 1 mL를 20 mL 바이얼에 담고 캡으로 밀봉한다. 동일한 방법으로 증류주의 종류별로 각각 5개씩을 준비하여 autosampler를 이용하여 45℃에서 120초간 향기 성분을 기화시킨 다음 Injection volume 500 μl를 전자코에 주입하였다. 향기 성분 검출에 이용된 센서는 모두 18개이며 데이터 연출방식은 PCA(principal components analysis)방식에 의해 향패턴을 비교분석하였다.

2.13 발효조건

발효에 사용한 용기는 내부에서 발생하는 CO₂가 바깥으로 배출되고 내부로 공기가 유입되지 않는 공기 차단기가 설치된 유리용기를 사용하였다. 시험구별로 물 800 mL, 생쌀발효누룩 10 g, 효모 2.5 g을 순서대로 첨가한 다음 30분간 수화시킨 후 가루 내어 둔 쌀가루를 첨가하여 공기차단기가 설치된 두껍을 닫아 발효과정 중 품온이 24℃로 조절된 항온기에 넣고 15일간 발효시켰다.

2.14 증류조건

본 실험의 증류에 사용된 상압다단식증류기는 재질이 구리로 제작된 것을 사용하였다. 증류기의 가열방식은 간접가열방식으로 가열관에서 타는 것을 방지하기 위해 설치된 교반기로 교반을 실시하고, 가열온도는 110℃에서 증류를 실시하며 냉각수 입구의 온도는 교반기가 설치되어 18℃, 출구의 온도는 29℃에서 증류를 실시하였다. 1회 증류시간은 초류 유출시간까지 30 ~ 40분, 본류는 130 ~ 160분, 후류 20~40분 등 총 180 ~ 240분 소요되었다.

2.15 통계처리

분석 결과는 mean±SD로 표시하였으며, SPSS 프로그램(Version 10.0, SPSS, Chicago II, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)후 유의차가 있는 항목에 대하여는 Duncan's multiple range test로 p<0.05 수준에서 시료간의 유의차를 검정하였다.

2.16 관능평가

관능검사는 5점 기호척도법을 이용하여 맛(taste), 향(flavour), 질감(texture), 종합적 기호도(overall acceptability)로 나누어 15여명의 훈련된 패널에 의하여 시행하였다. 즉, 매우좋다(5점), 약간 좋다(4점), 보통이다(3점), 약간

[Table 1] Analysis of mashing prepared different yeasts

Components	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Gravity(15℃)	1.040±0.02 ^a	1.042±0.01 ^a	1.044±0.01 ^a	1.039±0.02 ^a	1.042±0.02 ^a
°Brix	6.5±0.16 ^b	7.2±0.20 ^b	6.6±0.12 ^b	5.9±0.18 ^b	6.2±0.19 ^b
pH	6.25±0.2 ^c	6.50±0.21 ^c	6.25±0.19 ^c	6.23±0.11 ^c	6.30±0.12 ^c
Turbidity(EBC)	27.0±0.3 ^d	25.2±0.21 ^d	28.2±0.22 ^d	27.9±0.30 ^d	23.6±0.14 ^d

Values with different letters were significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. Each value is expressed as Mean±SD(n=3).

Y1: Songcheon yeast, Y2: La parisienne, Y3: Brennereihefe forte, Y4: Kornbrand, Y5: Siha Aktivhefe 6 Brennereihefe

싫다(2점), 매우 싫다(1점)로 하였으며, 관능검사 결과의 통계처리는 ANOVA test와 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

2.17 일반특성 분석

발효전 술덧의 일반특성분석은 Table 1과 같다.

3. 결과 및 고찰

3.1 증류식소주 적정 효모 선발

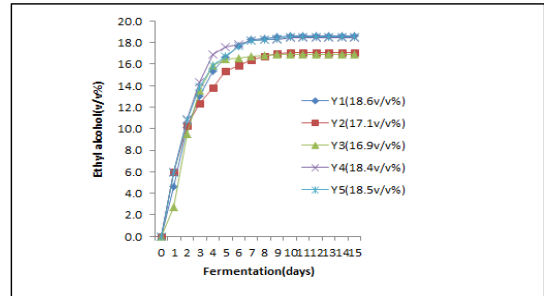
3.1.1 알코올 변화

본 시험에서 시험구의 발효기간 동안 효모별 알코올도수 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 각 시험구별 발효 15일이 지난 후 부침법에 의해 술덧의 알코올도수를 측정된 결과 모든 시험구에서 정상적인 발효 상태가 관찰되었고 알코올 도수는 16.9~18.6 v/v%의 범위로 나타났다. 다만 발효 4일째까지는 발효 상태가 모든 시험구에서 동일하게 진행되었으나 발효 5~6일째부터는 시험구 Y1, Y4 및 Y5가 시험구 Y2, Y3보다 발효가 더 활발하게 진행되어 발효종료 후에는 약 1.7 v/v% 알코올이 더 생성되었고 이는 효모별로 알코올 내성이 다르기 때문에 나타나는 현상으로 판단된다. 특히 국내에서 탁주제조에 가장 많이 사용되는 라빠리장 효모(Y2)가 상대적으로 송천효모(Y1) 및 증류주 전용효모(Y4, Y5)보다 알코올 내성이 약하다는 것을 알 수 있었고 상기 결과는 타 연구[3]에서와 같이 발효제의 종류가 발효력과 발효특성에 영향을 미친다는 결과와 일치하였다.

3.1.2 pH 변화

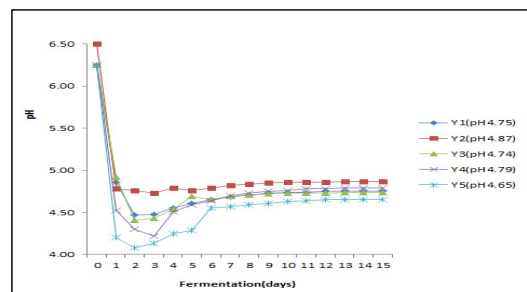
효모별 시험구에 대해 발효진행 경과에 따른 pH변화를 측정된 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 발효 1일째와 2일째 모든 시험구는 급격히 pH가 낮아졌으며 3일째부터 약간 높아지다가 그 후 일정한 수준을 유지하였다. 발효과정중 pH는 특히 효모증식이 활발한 발효초기 급격히 낮

아지는데 이는 탈아미노산에 의한 유기산 형성과 효모에 의한 인산소비와 암모니움 이온 흡수에 기인하기 때문이며[22] 본 실험의 pH변화는 정상적인 것으로 나타났다. 그러나 효모별 pH 변화는 다르게 나타났으며 시험구 Y2가 타 시험구에 비해 pH가 15일간의 발효과정중 완만하게 변화하였는데 이는 상기 알코올 변화에서도 나타났듯이 약한 알코올 내성으로 인해 발효력이 저하되어 나타나는 것으로 판단된다. 한편 발효술덧의 오염 방지 및 안정성 확보를 위해 발효과정중 pH는 낮은 것이 유리한데 Y5 시험구가 pH가 타 시험구에 비해 낮게 나타났다.



[Fig. 1] Change of alcohol concentration during fermentation using different yeasts

Y1: Songcheon yeast, Y2: La parisienne, Y3: Brennereihefe forte, Y4: Kornbrand, Y5: Siha Aktivhefe 6 Brennereihefe



[Fig. 2] Change of pH during fermentation using different yeasts

Y1: Songcheon yeast, Y2: La parisienne, Y3: Brennereihefe forte, Y4: Kornbrand, Y5: Siha Aktivhefe 6 Brennereihefe

3.1.3 일반성분 분석

발효가 끝난 술덧의 비중, 가용성 고형분, 알코올, 총산, 아미노산, 탁도 등의 분석 결과는 Table 2와 같다. 가용성 고형분(°Brix)은 대체로 알코올도수가 높을수록 낮게 나타났고, 알코올도수가 낮을수록 높게 나타났다. 총산함량은 0.23~0.25g/100 mL 정도로 타 연구에서와 같이[6] 모두 산성범위 내에서 완만한 변화를 보여 오염 가능성이 낮았으나 Y4와 Y5 시험구는 각각 0.25g/100 mL, 0.3g/100 mL로 다른 시험구에 비해 유의적으로 높게 검출되었다. 아미노산 함량은 0.51~0.65g/100 mL 정도였으나 Y5 시험구는 0.51g/100 mL로 다른 시험구에 비해 유의적으로 낮게 검출되었다. 효모의 알코올 발효가 끝나

면 술지게미는 가라앉고 효모의 응집성에 따라 서로 결합되어 침전하게 된다. 응집성이 나빠 술덧의 혼탁정도가 클 경우 술덧의 여과 등의 어려움이 따르는데 발효가 끝난 술덧의 혼탁정도를 살펴본바 Y3와 Y4가 다른 시험구에 비해 유의적으로 탁도가 낮게 나타났다.

3.1.4 향기 분석

효모의 종류별로 발효시킨 술덧의 주요 저비점 성분 함량을 표준품의 함량별 검량선을 이용하여 분석한 결과는 Table 3과 같다. 주류 품질에 부정적 영향을 미치는 메탄올은 모든 시험구에서 11.7~15.0 mg/L 정도 검출되었고 Y3를 이용한 술덧에서 다른 시험구에서 보다 유의적

[Table 2] Analysis of fermented mashing prepared different yeasts

Components	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Gravity(15°C)	1.0085±0.01 ^a	1.0134±0.02 ^a	1.0161±0.01 ^a	1.0106±0.01 ^a	1.0107±0.02 ^a
°Brix	14.6±0.13 ^a	15.6±0.15 ^a	16.3±0.11 ^a	15.4±0.16 ^a	15.7±0.14 ^a
Alcohol(% v/v)	18.9±0.17 ^a	17.1±0.19 ^a	16.9±0.12 ^b	18.4±0.10 ^a	18.5±0.18 ^a
Total acidity(as succinic acid, g/100mL)	0.23±0.01 ^a	0.22±0.12 ^a	0.23±0.10 ^a	0.25±0.01 ^b	0.30±0.04 ^b
Amino acid(as glycine, g/100mL)	0.61±0.01 ^a	0.65±0.01 ^a	0.62±0.02 ^b	0.60±0.01 ^a	0.51±0.01 ^b
Turbidity(EBC)	12.0±0.17 ^a	20.0±0.19 ^b	6.5±0.13 ^c	4.6±0.12 ^c	9.7±0.11 ^a

Values with different letters were significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. Each value is expressed as Mean±SD(n=3).

Y1: Songcheon yeast, Y2: La parisienne, Y3: Brennereihefe forte, Y4: Kornbrand, Y5: Siha Aktivhefe 6 Brennereihefe

[Table 3] Aroma compounds of fermented mashing prepared different yeasts

Aroma compounds	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Acetone(mg/L)	ND ²⁾	ND	ND	ND	ND
Methyl alcohol(mg/L)	13.5±0.31 ^a	14.3±0.4 ^a	11.7±0.98 ^b	13.0±1.55 ^a	15.0±0.53 ^a
Furfural(μℓ/L)	13.3±1.37 ^a	14.0±0.95 ^a	10.6±2.05 ^b	10.1±0.61 ^b	10.4±0.32 ^b
n-propanol(mg/L)	112.8±0.72 ^a	112.1±0.67 ^a	141±0.5 ^b	186±2.71 ^c	138.1±1.11 ^b
i-butanol(mg/L)	279.2±1.31 ^a	217.8±1.36 ^b	229±0.45 ^b	397.4±3.12 ^c	388.4±2.8 ^c
n-butanol(mg/L)	5.5±0.06 ^a	0.0±0.0	0.0±0.0	2.5±0.06 ^b	5.6±0.06 ^a
i-amyl alcohol(mg/L)	476.2±2.32 ^a	448.4±2.7 ^a	405.7±0.83 ^a	568.6±4.5 ^b	592.7±3.92 ^b
n-amyl alcohol(mg/L)	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
Total fusel oil(mg/L) ¹⁾	873.7±4.26 ^a	778.3±4.68 ^a	775.6±1.76 ^a	1154.5±10.18 ^b	1124.9±7.86 ^b
Acetic acid isobutyl ester(μℓ/L)	0.4±0.06 ^a	0.2±0.15 ^a	0.2±0 ^a	1.2±0 ^b	0.8±0.06 ^c
Ethyl acetate(mg/L)	58.1±0.15 ^a	44.9±0.5 ^b	37.1±0.17 ^b	77±0.7 ^c	59.4±0.72 ^a
Ethyl n-valerate(μℓ/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Ethyl n-caproate(μℓ/L)	2.2±0.15 ^a	2.1±0.0 ^a	2.0±0.06 ^a	2.5±0.06 ^a	2.3±0.12 ^a
Lactic acid ethyl ester(μℓ/L)	3.1±0.7 ^a	3.9±0.06 ^a	5.2±0.26 ^b	5.6±0.06 ^b	5.1±0.15 ^b
n-octanoic acid ethyl ester(μℓ/L)	1.4±0.15 ^a	1.3±0.0 ^a	2.0±0.06 ^b	1.8±0.0 ^b	1.4±0.12 ^a
Ethyl n-caprate(μℓ/L)	0.6±0.55 ^a	0.3±0.46 ^a	3.0±1.76 ^b	1.2±0.06 ^b	1.4±0.1 ^b
Succinic acid diethyl ester(μℓ/L)	ND	ND	ND	ND	ND

Values with different letters were significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. Each value is expressed as Mean±SD(n=3).

1)Sum of n-propanol, i-Butanol, n-Butanol, i-Amyl alcohol, n-Amyl alcohol

2)Not detected

Y1: Songcheon yeast, Y2: La parisienne, Y3: Brennereihefe forte, Y4: Kornbrand, Y5: Siha Aktivhefe 6 Brennereihefe

으로 낮게 검출되었다. 발효가 불량하면 증가하는 푸르푸랄 성분은 Y1과 Y2 시험구에서 다른 시험구에비해 유의적으로 높게 나타났는데 동일한 조건하에 발효가 진행된 것을 감안하면 푸르푸랄 농도도 효모 종류에 따라 영향을 받는 것으로 판단된다. 주류의 향기 성분이며 발효초기 급속히 생성되는 퓨젤유는 소주 술덧의 퓨젤유 및 형기성분을 분석한 타 연구 결과와 같이[11] i-amyl alcohol, i-butanol 및 i-propanol이 주요성분으로 검출되었다. 또한 시험구 Y4와 Y5에서 다른 시험구에서보다 유의적으로 높게 검출되어 향이 강한 술덧임을 알수 있었고 효모종류에 따라 향의 농도 차이를 보였다. 술덧의 향기에 영향을 미치는 또 다른 성분인 에스테르류는 퓨젤유와는 달리 발효 술덧에서 산소가 소지되는 시점부터 생성되기 시작된다. 술덧의 분석 결과 각 시험구에서 총 6종의 에스테르류가 검출되었고 모든 시험구에서 ethyl acetate가 가장 높은 농도를 나타내어 타 연구[14]에서와 동일한 결과를 나타내었다. 또한 시험구 Y1, Y4 및 Y5에서 에스테르 성분이 Y2와 Y3에서보다 유의적으로 높게 검출되었다.

3.1.5 유기산 분석

발효주에 있어서 유기산 함량은 술맛을 결정하는 중요한 요소이며 특히 acetic acid는 휘발산으로 증류주로 전이되어 향기성분으로 작용하며, lactic acid와 함께 유기산과 결합하여 ester 성분으로 전환되어 향기성분으로 작용하기도 한다. 유기산 함량은 Table 4와 같이 효모별로

다르게 나타났는데 구연산의 경우 송천효모(Y1)와 라빠리장(Y2) 효모를 이용하여 각각 발효한 술덧에서 증류주 전용효모(Y3, Y4, Y5)를 이용하여 각각 발효한 술덧에서보다 유의적으로 높게 검출되었다. 이는 국내에서 탁약주 효모로 널리 사용되는 송천효모와 라빠리장의 경우 구연산을 많이 분비하여 개방형으로 발효가 대부분 진행되는 국내 전통주 제조시 오염 방지를 위해서는 유리한 측면이 있다고 볼수 있다. 젖산의 경우 라빠리장(Y2) 효모를 이용하여 발효한 술덧에서 다른 시험구에서보다 유의적으로 적게 검출되었다. 그러나 총 유기산을 보면 증류주 효모(Y3, Y4, Y5)를 이용하여 각각 발효한 술덧에서 송천효모(Y1)와 라빠리장(Y2) 효모를 이용하여 각각 발효한 술덧에서보다 유의적으로 높게 나타났다. 한편 본 연구에서 검출된 총 유기산은 과실을 이용하여 발효한 타 연구에서 보다는 적게 검출되어[20] 원료차이에 따라 유기산의 농도가 다르다는 것을 알 수 있었다.

3.2 효모 종류별 증류주의 품질 특성 비교

3.2.1 알코올 농도

효모별로 발효시킨 술덧을 원심분리한 발효원주 500 mL를 간의 증류기로 상압에서 증류하여 증류액 250 mL를 수득하여 알코올도수 함량을 2배 농축하게 되면 알코올도수 35 v/v%내외의 증류주를 제조할 수 있다. 그에 따른 증류액의 알코올도수를 Table. 5에 나타내었다. 발효 술덧의 알코올 농도가 높을수록 증류후 알코올 농도가

[Table 4] Organic acid of fermented mashing prepared different yeasts

Organic acid	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Citric acid (mg/L)	1,024±21.1 ^a	1,042±19.3 ^a	741±13.1 ^b	886±20.5 ^b	872±18.7 ^b
Tartaric acid (mg/L)	24±1.2 ^a	17±1.0 ^a	23±1.1 ^a	15±0.9 ^a	73±1.6 ^b
Malic acid (mg/L)	145±15.4 ^a	144±18.5 ^a	76±10.1 ^b	79±11.0 ^b	500±27.3 ^c
Succinic acid (mg/L)	885±25.3 ^a	776±31.7 ^b	828±25.4 ^a	951±28.5 ^c	905±19.9 ^c
Lactic acid (mg/L)	896±10.3 ^a	313±11.4 ^b	1,309±38.2 ^c	1,169±41.6 ^c	814±12.1 ^a
Acetic acid (mg/L)	195±10.3 ^a	289±9.6 ^c	214±12.6 ^a	258±14.2 ^b	239±16.1 ^b
Total acid (mg/L)	3,169±38.9 ^a	2,581±45.2 ^b	3,191±35.0 ^a	3,358±49.4 ^a	3,403±62.9 ^a

Values with different letters were significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. Each value is expressed as Mean±SD(n=3).

Y1: Songcheon yeast, Y2: La parisienne, Y3: Brennereihefe forte, Y4: Kornbrand, Y5: Siha Aktivhefe 6 Brennereihefe

[Table 5] Alcohol concentration in distilled spirit from fermented mashing

Alcohol concentration	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Alcohol concentration of mashing after fermentation(v/v%)	18.6±1.1 ^a	17.1±0.6 ^b	16.9±0.7 ^b	18.4±1.0 ^a	18.5±0.5 ^a
Alcohol concentration of distilled spirit(v/v%)	37.2±1.6 ^a	34.1±2.3 ^b	33.5±4.1 ^b	36.9±3.3 ^a	37.2±2.8 ^a

Values with different letters were significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. Each value is expressed as Mean±SD(n=3).

Y1: Songcheon yeast, Y2: La parisienne, Y3: Brennereihefe forte, Y4: Kornbrand, Y5: Siha Aktivhefe 6 Brennereihefe

높았으며 특히 라빠리장(Y2)효모와 brenneriyeffe forte(Y3)효모가 다른 효모에 비해 알코올 농도가 유의적으로 낮게 나타났다.

3.2.2 향기 성분

효모의 종류별로 발효시킨 술덧의 증류한 증류주의 주요 저비점 성분 함량을 표준품의 함량별 검량선을 이용하여 분석한 결과는 Table. 6과 같다. 메탄올은 모든 시험구에서 25.0~31.4 mg/L 정도 검출되었고 발효술덧에서 다른 시험구에서 보다 유의적으로 낮게 검출되었던 Y3 시험구에서 증류후에도 유의적으로 낮게 검출되었다. 푸르푸랄 성분은 Y1과 Y2 시험구에서 발효술덧에서와 같이 다른 시험구에 비해 높게 나타났는데 유의적인 차이는 없었다. 퓨젤유는 전통민속소주의 향기성분을 분석한 타 연구 결과와 같이[11] i-amyl alcohol, i-butanol 및 i-propanol이 주요성분으로 검출되었다. 또한 시험구 Y4와 Y5에서 발효술덧에서와 같이 다른 시험구에서보다 유의적으로 높게 검출되어 향이 강한 술덧임을 알수 있었고 효모종류에 따라 향의 농도 차이를 보였다. 증류후의 증류주분석 결과 각 시험구에서 3종의 에스테르류가 검출되어 발효술덧에서 검출되었던 7종보다 에스테르류가 적게 검출되었고 모든 시험구에서 ethyl acetate가 가장 높은 농도를 나타내어 타 연구[14]에서와 유사한 결과를 나타

내었다. 또한 시험구 Y1, Y4 및 Y5에서 에스테르 성분이 발효술덧에서와 같이 Y2와 Y3에서보다 유의적으로 높게 검출되었다. 전체적으로 발효술덧에서 검출된 향기 패턴이 증류후에도 대부분 유사하게 나타나는 것을 알수 있었고 발효술덧의 향기구성 성분과 농도가 증류후의 증류주 향기 패턴에도 대부분 전이된 것으로 판단된다.

3.2.3 향 패턴 분석

효모 종류별로 발효시킨 술덧을 증류한 증류주의 전자코(electronic nose)로 PCA방식에 의한 향 패턴 비교분석을 실시한 결과는 Fig. 3과 같다. PCA 방식은 증류주의 품질평가 및 맛과 향 개선에 중요한 정보를 제공하는 형태인식(pattern recognition)을 분석하는 것이다[12]. 분석 결과 효모별로 서로 다른 집락(cluster)을 형성하였는데 Y3, Y4, Y5 시험구의 향 패턴은 유사한 경향을 보였 한 집락을 형성하였고, Y1과 Y2 시험구가 비슷한 향 패턴을 보여 또 다른 집락을 형성하는 것을 알수 있었다. 즉 두 집락간 향 비교에서 큰 차이가 있는 것으로 나타나 국내에서 많이 사용되는 송천효모(Y1)와 라빠리장효모(Y2)가 유럽에서 많이 사용되는 증류주 효모(Y3, Y4, Y5)와는 전혀 다른 향 패턴을 보여 증류주제조시 효모의 선택에 따라 증류주 제품의 맛과 품질에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

[Table 6] Aroma compounds in distilled spirit from fermented mashing

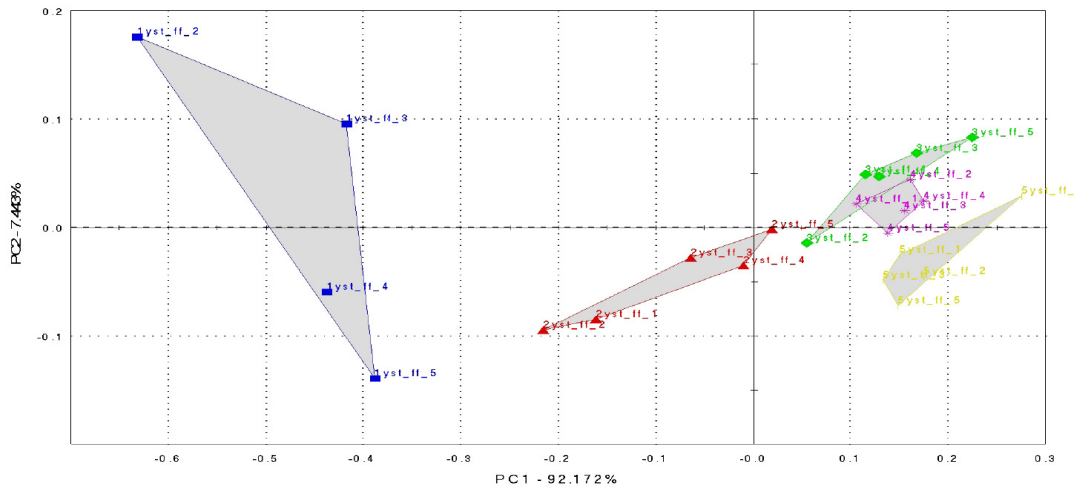
Aroma compounds	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Acetone(mg/L)	ND ²⁾	ND	ND	ND	ND
Methyl alcohol(mg/L)	30.0±0.0 ^a	27.9±2.72 ^a	25.0±0.32 ^b	27.2±0.35 ^a	31.4±0.83 ^a
Furfural($\mu\ell$ /L)	5.4±0.78 ^a	5.7±0.25 ^a	5.3±0.31 ^a	4.0±0.40 ^a	4.2±0.35 ^a
n-propanol(mg/L)	215.4±0.42 ^a	211.2±0.85 ^a	268.1±0.06 ^b	354±3.32 ^c	271.7±0.45 ^b
i-butanol(mg/L)	537.3±0.72 ^a	412.8±1.71 ^b	436±1.11 ^b	768.3±10.24 ^c	771.4±2.75 ^c
n-butanol(mg/L)	10.4±0.06 ^a	2.8±0.0 ^b	2.8±0.05 ^b	4.8±0.06 ^c	11.0±0.06 ^a
i-amyl alcohol(mg/L)	923.2±0.95 ^a	859.7±3.6 ^a	777.4±1.93 ^b	1,103.2±13.64 ^c	1,180±4.86 ^c
n-amyl alcohol(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Total fusel oil(mg/L) ¹⁾	1,686.4±0.2 ^a	1,486.5±6.1 ^a	1,484.3±3.0 ^a	2,230.3±27.0 ^b	2,234±7.9 ^b
Acetic acid isobutyl ester($\mu\ell$ /L)	ND	ND	ND	ND	ND
Ethyl acetate(mg/L)	142.6±0.7 ^a	95.1±0.2 ^b	91.8±0.5 ^b	187.5±3.5 ^c	169.4±0.9 ^{ac}
Ethyl n-valerate($\mu\ell$ /L)	ND	ND	ND	ND	ND
Ethyl n-caproate($\mu\ell$ /L)	ND	ND	ND	ND	ND
Lactic acid ethyl ester($\mu\ell$ /L)	7.5±0.06 ^b	4.8±0.3 ^a	11.9±0.0 ^c	4.9±0.0 ^a	4.7±0.1 ^a
n-octanoic acid ethyl ester($\mu\ell$ /L)	ND	ND	ND	ND	ND
Ethyl n-caprate($\mu\ell$ /L)	ND	ND	ND	ND	ND
Succinic acid diethyl ester($\mu\ell$ /L)	7.0±0.15 ^a	7.3±0.29 ^a	7.4±0.2 ^a	6.5±0.36 ^a	7.3±0.06 ^a

Values with different letters were significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. Each value is expressed as Mean±SD(n=3).

1)Sum of n-propanol, i-Butanol, n-Butanol, i-Amyl alcohol, n-Amyl alcohol

2)Not detected

Y1: Songcheon yeast, Y2: La parisienne, Y3: Brenneriyeffe forte, Y4: Kornbrand, Y5: Siha Aktivhefe 6 Brenneriyeffe



[Fig. 3] Aroma pattern of distilled spirits
 Y1 : 1yst_ff, Y2 : 2yst_ff, Y3 : 3yst_ff, Y4 : 4yst_ff, Y5 : 5yst_f
 Y1 : Songcheon yeast, Y2 : La parisienne, Y3 : Brennereihefe forte, Y4 : Kornbrand, Y5: Siha Aktivhefe 6 Brennereihefe

3.2.4 관능검사

상기 증류주의 알코올 도수를 동일하게 하기 위해 증류수를 첨가하여 알코올 도수를 34 v/v%로 조정함 다음 20℃ 항온조에서 4개월간 숙성시킨 후 관능평가를 실시하였다. 관능평가 기준은 적정효모 선정에서는 외관, 향기, 맛에 대하여 5점 척도법(매우 좋다 : 5점, 좋다 : 4점, 보통이다 : 3점, 좋지 않다 : 2점, 매우 좋지 않다 : 1점)에 의해 실시하였으며, 평가점수를 합산하여 점수가 높을수록 품질이 뛰어난 것으로 판단하였다. 효모별로 제조한 발효술덧을 동증류기를 이용한 상압증류한 증류주의 관능검사 결과 총점은 Y5, Y4, Y1, Y3, Y2 시험구 순으로 Y5 시험구가 가장 좋은 평점을 기록하였고, Y2 시험구가 가장 낮은 평점을 기록하였다. 증류주 효모인 siha aktivehefe 6 brennereihefe(Y5)가 맛과 품질 평가에서 유의적으로 가장 우수한 것으로 나타났다(data not shown).

4. 결론

본 연구에서는 쌀을 주 원료로 하여 증류주를 제조함에 있어 우리쌀 특성에 적합한 최적의 증류식소주 효모를 선발하는데 목적을 두고 실험을 수행하였다. 실험에 활용된 5종류의 효모는 전반적으로 정상적인 발효패턴을 보였으나 송천효모(Y1)와 증류주 효모(Y5)가 발효력이 상대적으로 우수한 것으로 나타났다. 또한 발효후 술덧을 분석한 결과 고급알코올은 증류주 효모(Y4, Y5)에서, 에스터는 송천효모(Y1)와 증류주 효모(Y4, Y5)에서 유의적

으로 높게 검출되었고, 유기산 함량은 증류주 효모(Y3, Y4, Y5)에서 유의적으로 높게 나타났다. 발효술덧을 동 증류기를 이용한 상압증류한 증류주 분석 결과 송천효모(Y1)와 증류주 효모(Y5)가 최종 알코올 농도가 높아 제조수율에 유리한 것으로 판단되며, 고급알코올과 에스터 등 향기 성분은 발효술덧 분석 결과와 같이 고급알코올은 증류주 효모(Y4, Y5)에서, 에스터는 송천효모(Y1)와 증류주 효모(Y4, Y5)에서 유의적으로 높게 나타나 발효술덧의 향기 패턴이 증류주에 대부분 전이되는 것으로 판단된다. 한편 국내에서 많이 사용되는 효모(Y1, Y2)와 유럽 증류주 효모와의 향패턴 분석결과 서로 다른 집락을 형성하는 것을 알수 있었고 증류주제조시 효모의 선택에 따라 증류주 제품의 맛과 품질에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 증류주의 관능검사에서는 증류주 효모인 siha aktivehefe 6 brennereihefe(Y5)가 맛과 품질 평가에서 유의적으로 가장 우수한 것으로 나타났다. 따라서 효모별 발효특성과 발효술덧 및 증류주의 물리화학적 특성, 관능평가를 종합한 결과 증류주 효모인 siha aktivehefe 6 brennereihefe(Y5)가 쌀을 이용한 증류주 품질 최적화에 가장 적합한 효모로 선발되었고 향후 곡류를 이용하고 품질의 증류식소주 개발 및 다양한 증류주 상품화에 기여할것으로 사료된다.

References

[1] I. H. Lee, "Sale Trend and Manufacturing of Distilled

- Spirit". Korean J. Dietary Culture, Vol. 4. No. 3. pp. 301-309, 1989.
- [2] C. Cheong, S. K. Cho, "The Research Trend and Technological Improvement Subject of Korean Distilled Spirit". KARC, p.1-123, 2010.
- [3] K. W. Bae, H. Y. Ryu, I. S. Kwan, C. S. Kwon, H. Y. Sohn, "Optimization of Thickness and Maturation Period of Andong Soju Nuruk for Fermentation of Andong Soju". Kor. J. Microbiol Biotechnol, Vol. 35, No. 3, pp.231-237, 2007.
- [4] K. H. Bae, K. S. Shin, H. Y. Ryu, C. S. Kwon, H. Y. Sohn, "Identification and Fermentation Characteristics of Lactic Bacteria from the Fermentation Broth of Korean Traditional Liquor, Andong Soju", Kor. J. Microbiol Biotechnol, Vol. 35, No. 4, pp.310-315, 2007.
- [5] H. S. Kim, T. S. Yu, "Volitile Flavor Components of Traditional Korean Nuruk Produced by Nuruk Fungi", Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. Vol. 28, No. 5, pp.303-308, 2000.
- [6] S. M. Bae, S. Y. Jong, I. S. Jung, H. J. Ko, T. Y. Kim, "Effect of the Amount of Water on the Yield and Flavor of Korean Distilled Liquor Based on Rice and Corn Starch", J. East Asian Soc. dietary Life, Vol. 13. No. 2. pp.439-446, 2003.
- [7] L. H. Ryu, Y. M. Kim, "Esterification of Alcohols with Organic Acids during Distilled Spirit Distillation", Korean J. Food & Nutr, Vol. 15. No. 4, pp.295-299, 2002.
- [8] Y. G. Min, H. S. Yoon, H. S. Jung, "A Study of Distillation Operation in Baikha Ju", Agricultural Chemistry and Biotechnology, Vol. 38, No. 1, pp.9-13, 1994.
- [9] J. H. Jee, H. S. Lee, J. W. Lee, D. S. Suh, H. S. Kim, K. O Kim, "Sensory Characteristics and Consumer Liking of Commercial Sojues Marketed in Korea", Korean J. Food Sci Technol, Vol. 40, No. 2, pp.160-165, 2008.
- [10] S. J. Lee, C. S. Park, H. K. Kim, "Sensory Profiling of Commercial Korean Distilled Soju". Korean J. Food Sci Technol, Vol. 44, No. 5, pp.648-652, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9721/KJFST.2012.44.5.648>
- [11] H. Y. In, T. S. Lee, D. S. lee, B. S. Noh, "Volitile Components and Fusel Oils of Sojues and Mashs Brewed by Korean Traditional Method", Korean J. Food Sci Technol, Vol. 27, No. 2, pp.235-240, 1995.
- [12] H. Y. In, T. S. Lee, D. S. Lee, B. S. Noh, "Quality Characteristics of Soju Mashs Brewed by Korean Traditional Method", Korean J. Food Sci Technol, Vol. 27, No. 1, pp.134-140, 1995.
- [13] D. S. Lee, H. S. Park, P. K. Kim, T. S. Lee, B. S. Noh, "Determination and multivariate Analysis of Flavour Components in the Korean Folk Sojues Using GC-MS", Korean J. Food Sci Technol, Vol. 26, No. 6, pp.750-758, 1994.
- [14] D. S. Lee, H. S. Park, K. Kim, T. S. Lee, B. S. Noh, "Physicochemical Characteristics of Korean Folk Sojues", Korean J. Food Sci Technol, Vol. 26, No. 5, pp.649-654, 1994.
- [15] Y. K. Min, H. S. Yun, H. S. Jeong, Y. S. Jang, "Changes in Compositions of Liquor Fraction Distilled from Samil ju with Various Conditions", Korean J. Food Sci Technol, Vol. 24, No. 5, pp.440-446, 1992.
- [16] J. S. Park, B. W. Chung, J. O. Bae, J. H. Lee, M. Y. Jung, D. S. Choi, "Effects of Sweet Potato Cultivars and Koji Types on General Properties and Volitile Flavor Components in Sweet Potato Soju". Korean J. Food Sci Technol, Vol. 42, No. 4, pp.468-474, 2010.
- [17] Y. J. Jeong, J. H. Seo, "Volitile Compounds of Potato Sojues Produced by Different Distillation Condition", Korean J. Food Preserv, Vol. 19, No. 3, 2012.
- [18] Y. S. Kim, S. H. Kang, J. H. Jung, "Studies on the Processing of Korean Traditional So Ju, Jindo Hongju I". "Changes in Components of Hong ju Mash Fermented by Different Methods", Korean J. Dietary Culture, Vol. 6, No. 3, pp.245-247, 1991.
- [19] Y. S. Kim, S. H. Kang, J. H. Jung, "Studies on the Processing of Korean Traditional So Ju, Jindo Hongju II". "Composition and Sensory Evaluation of Hongju". Korean J. Dietary Culture, Vol. 6, No. 3, pp.251-255, 1991.
- [20] H. C. Cho, S. A. Kang, S. I. Choi, C. Cheong. "Quality Characteristics of Fruit Spirits from a Copper Distillation Apparatus", J Korean Soc Food Sci Nutr, Vol. 42, No. 5, pp.743-752, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2013.42.5.743>
- [21] NTS liquors licence aid center. "Regulations of analysis in alcoholic beverage", p.1-68. 2008.
- [22] K. Wolfgang, *Technologie Brauer und Mälzer*. p.306, VLB Berlin, 1994.

최 성 인(Sung-Inn, Choi)

[정회원]



- 1994년 8월 : 이화여자대학교 대학원 식품영양학과 (이학석사)
- 1996년 5월 ~ 1997년 4월 : 한국식품연구원 농산물이용연구부 위축연구원
- 1996년 9월 ~ 1998년 2월 : 원광대학교 의과대학 강사
- 1996년 9월 ~ 1998년 2월 : 전북대학교 농과대학
- 2009년 3월 ~ 현재 : 안산대학교 식품영양과 겸임교수

<관심분야>
양조학, 생화학

정 철(Chul Cheong)

[정회원]



- 1996년 2월 : 독일 문헌공대 식품학과 (이학석사)
- 2002년 2월 : 독일 베를린공대 생물공학과 (이학박사)
- 2006년 2월 ~ 현재 : 서울벤처대학원대학교 융합산업학과 교수
- 2010년 3월 ~ 현재 : 한국식품연구원 주류품질인증 심사위원
- 2012년 5월 ~ 현재 : 한국식품과학회 양조분과위원회 총무간사

<관심분야>
양조학, 발효식품학

강 순 아(Soon Ah Kang)

[정회원]



- 1983년 2월 : 서울대학교 가정대학 식품영양학과 (이학석사)
- 1991년 2월 : 미국 퍼듀 대학교 식품영양학과 (이학박사)
- 2007년 3월 ~ 2011년 12월 : 농촌진흥청 농업과학기술원 겸임 연구관
- 2012년 4월 ~ 현재 : 국세청 주류판정 심위원회
- 2012년 10월 ~ 현재 : 호서대학교 벤처전문대학원 융합공학과 교수

<관심분야>
영양학, 기능성식품학