

옥수수 수염 추출액을 이용한 식혜 제조

조계만¹ · 주옥수^{1*}

¹진주산업대학교 식품과학과

Manufacture of *Sikhe* (a Traditional Korean Beverage) Using Corn Silk Extracts

Kye Man Cho¹ and Ok Soo Joo^{1*}

¹Department of Food Science, Jinju National University, Jinju 660-758, Korea

Abstract

We prepared sikhe (CSE/BR-SH) using corn silk extract and black rice. The pH decreased during saccharification, from pH 5.88±0.03 to pH 5.67±0.02 after 6 h. However, the brix and reducing sugar contents increased during saccharification of CSE/BR-SH, with the highest levels (7.6±0.05 brix and 4.012±0.05 g/l, respectively) being attained at 6 h. Amylase activity increased to 116.12% of control values 1 h after saccharification of CSE/BR-SH, and decreased thereafter. CSE/BR-SH was light purple in color. Soluble phenolic concentration increased markedly from an initial 8.43 g/l to 23.09 g/l at the end of saccharification (6 h), as did DPPH radical-scavenging activity (from an initial 17.3% to 70.98%), Increases were noted in all of ABTS radical-scavenging activity (from 40.25% to 75.32%), reducing power (from 0.241 to 0.682), and ferric reducing antioxidant power (FRAP) (from 0.288 to 1.071).

Key words : *Sikhe*, corn silk extracts, black rice, soluble phenolics, antioxidant activity

서 론

경제가 향상되고 국민소득이 높아지면서 지난날의 식생활인 공복을 메우는 유형에서 점차 음식의 고급화와 다양화로 맛과 질을 추구하며, 식품의 영양이 건강에 영향을 미치는 정도에 음식의 가치를 부여하는 경향으로 변화하고 있다. 또한 근래에는 기능성 소재를 부여한 전통 음식 제조에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 전통 음정류 중 식혜는 우리 민족만의 고유한 전통 음료 중에서도 명절, 제례를 비롯한 대·소연회 및 일상식의 후식으로 이용이 가장 많은 음료이며, 현재 많은 제품들이 시판되고 있는 실정이다(1). 식혜는 멥쌀이나 찹쌀로 지은 밥에 엿기름 추출물을 넣어 적당한 온도로 유지하면서 엿기름 추출액에 포함되어 있는 amylase 작용으로 밥의 전분을 limit dextrin, maltotriose, maltose, 및 glucose 등으로 당화시켜 특유의 감미와 풍미를

생성시킨 우리나라 특유의 음료 가운데 하나다(2-4).

옥수수 수염은 옥수수의 부산물로 옥수수의 열매 부분을 싸고 있는 실 같은 부분으로 ‘옥촉서에 혹은 옥발’이라 불리우며(5), 지방유, 정유, 식물 고무 물질, 지방, 쓴맛 배당체, resin, saponin, alkaloid, maysin 외에 inositol, cryptoxanthin, pantothenks, vitamin C, vitamin K, sitosterol, stigmasterol, 사과산, 주석산, 포도당, 키실란, 갈락탄, 카테콜 등이 함유되어 있으며, 특히 상당량의 vitamin K가 포함되어 있다(6-7). 또한 옥수수 수염은 강혈당, 토혈, 지혈, 비출혈, 평간, 설열, 각기, 축농증, 이담작용 및 이뇨작용(7)과 항균활성 등(8)에 효과가 있어 음료, 병과류, 사탕 및 제빵 등의 향료 및 식품첨가물로 활용되고 있다(5).

한편 우리나라에서는 그 동안 쌀을 주로 주식으로만 이용해 왔으나, 약 10년 전부터 가공용 수요가 증가하고 특수 가공용 쌀의 개발이 촉구되어 유색미가 개발되었다. 유색미는 백미보다 단백질 1.5배, 인 3배, 비타민 2배 정도 많으므로, 유색미가 백미보다 영양적 가치가 높아 특수 용도미로서 이용가치가 큰 것으로 보고되고 있다(9). 유색미의

*Corresponding author. E-mail : osjoo@jinju.ac.kr,
Phone : 82-55-751-3273, Fax : 82-55-751-3279

일종인 흑미는 특유의 색과 향으로 인하여 다양한 형태의 식품으로 가공되며 그 소비가 점차 증가하고 있다. 흑미의 향은 ehanediol, guaiacol과 같은 알코올 성분과 hexadecanoic acid, hexanal, acetic acid와 같은 케톤, 알데하이드 및 유기산에 기인하며(10), α -, β -, γ -, δ -tocopherol과 toctrienol 및 식물성 스테롤이 함유되어 있다(11). 한편 유색미에서 확인된 anthocyanin은 cyanidin, pheonidin, malvidin, pelargonidin, delphinidin flavylium 및 이들의 배당체로 α -tocopherol 정도의 항산화능을 지니고 있다(12-13). 특히 흑미의 색소성분은 다양한 구조와 폴리페놀화합물은 항산화성, 항균성 및 항암성 등의 생리활성을 갖는 것으로 확인되고 있다(10).

기능성 식혜 관한 연구로는 헛개나무 추출물을 이용한 식혜 제조(1), 가루녹차를 첨가한 식혜 제조(3) 및 인삼 식혜(14) 등의 연구 있으나 본 연구에서는 일부 기능성 효과가 밝혀져 있으나 단순 식품의 향료 및 식품첨가물, 추출 음료로 형태로 이용되고 있는 옥수수 수염의 활용성을 증대시키고 여기에 최근 웰빙 트렌드에 맞추어 백미보다 영양학적 가치가 우수하며, 항산화 활성을 지닌 흑미를 이용하여 서구화된 음료의 대체 음료로서의 개발 일환으로 식혜를 제조하여 보고하는 바이다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 실험에서 사용한 옥수수 수염은 2009년 경남 하동군에서 구입하여 세척하고 건조한 후 4°C 냉장실에 보관하면서 사용하였으며, 백미(멥쌀)는 하동군 황천농협에서 판매하고 있는 ‘새고을 청결미’를 구입하였고 흑미는 2009년 경남 고성군에서 생산된 찰흑미를 사용하였다. 엿기름은 가야떡식품에서 제조하여 판매하고 있는 ‘가야엿기름’을 2009년 진주시 소재 탐마트에서 구입하여 사용하였다. 한편, 본 실험에 사용한 시약은 Sigma사 제품(St. Louis, MO, USA)을 사용하였다.

식혜 제조

옥수수수염 추출액은 8 L 정수기용 플라스틱 용기 2개에 각각 옥수수수염 25 g에 정제수 5 L를 첨가한 후 고압증기 멸균기를 이용하여 100°C에서 30분간 추출하여 여과한 결과 9.6 L 정도의 여액을 얻었을 수 있었다. 맥아 효소액은 엿기름 300 g를 증류수 1.2 L와 혼합하여 60°C 항온수조에서 2시간 침출 후 여과하여 엿기름 추출액을 만들어 사용하였다. 백미와 찰흑미를 수세하고 30°C 정도의 물에 1시간 침지하여 수분을 흡수시키고 1시간 증자하여 고두밥을 만들었다.

옥수수 수염 추출액/백미(corn silk extracts and white rice *sikhe*, CSE/WR-SH) 식혜 제조는 백미 고두밥 1.5 kg, 옥수수

수염 추출액 5 L, 맥아 효소액 250 mL과 추가적으로 엿기름 25 g를 가하고 60°C 항온수조에서 6시간 동안 당화시키면서 1 시간마다 500 mL 정도 당화액을 채취하였다. 옥수수 수염 추출액/흑미 식혜(corn silk extracts and black rice *sikhe*, CSE/BR-SH) 제조는 백미 고두밥 대신에 백미 고두밥 1.0 kg와 찰흑미 고두밥 0.5 kg을 사용하여 CSE/WR-SH와 동일하게 제조하였다. 대조구는 옥수수 수염 추출액 대신에 정제수 5 L에 백미 고두밥 1.5 kg만을 사용하여 일반식혜(general *sikhe*, G-SH)를 제조하였다.

pH, brix 및 환원당

당화액을 치즈 크러스로 여과한 후 여과된 액을 pH meter (model 3510, Jenway, Lndon, UK)를 사용하여 pH를 측정하였다. Brix는 당화액을 원심분리기(Hanil micro-24, Hanil, Daejeon, Korea)로 20°C에서 13,000 × g에서 5분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 굴절당도계(W.S.R.O-90, Kikuchi, Tokyo, Japan)를 이용하여 brix를 측정하였다. 환원당은 DNS법(3,5- dinitrosalicylic acid 0.5 g과 potassium sodium tartrate 150 g을 2N-NaOH 100 mL에 녹인 후, 증류수로 500 mL을 하여 A 용액을 제조하고 phenol 5 mL을 10% NaOH 용액에 녹인 후 증류수를 첨가하여 50 mL로 하고, 이 용액 35 mL NaHSO₃을 3.5 g 녹여 B 용액을 제조하여 A 용액과 B 용액을 혼합한 것)을 사용하여 분석하였다(15). 즉, 당화액을 원심분리기로 20°C에서 13,000 × g에서 5분간 원심분리한 후 상등액을 당 농도가 1.0 g/L이하가 되게 희석하여 5 mL 시험관에 0.1 mL을 분주하고 DNS 시약을 1 mL 첨가하여 100°C의 끓는 물에서 10분 동안 발색시킨 후 냉각하여 분광광도계(Spectronic 2D, Thermo Electron Co. California, USA)를 사용하여 570 nm에서 흡광도를 측정하여 검량선과 비교하였다. 검량선 작성을 위한 표준물질로는 glucose을 사용하였다. 각 실험은 3회 반복하여 수행하였다.

Amylase 활성

당화 중 amylase 활성은 Fuwa의 방법을 변형한 Jeon 등(16)의 방법으로 측정하였다. 당화액을 4°C에서 10,000 × g로 10분간 원심분리하여 조효소액을 준비하였다. 40 mM 인산 완충용액(pH 6.0)으로 만든 1% 가용성 전분용액 0.5 mL를 시험관에 넣고 37°C 항온수조에서 예열하였다. 조효소액을 0.1 mL 가하고 10분간 반응시킨 후, 0.1N HCl 1 mL를 가하여 반응을 정지시켰다. 이 반응물을 0.5 mL 취하여 새로운 시험관에 옮기고 여기에 요오드 용액(0.2 g I₂, 2 g KI를 100 mL에 용해시킨 것)을 5 mL 가한 후 분광광도계(Spectronic 2D, Thermo Electron Co. California, USA)를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 효소활성은 엿기름을 동일한 방법으로 측정한 후 이를 100%로 하여 상대적 활성으로 표시하였다.

수용성 phenolics 함량 측정

수용성 phenolics는 Folin-Ciocalteu법(17)으로 측정하였다. 당화액을 20°C에서 13,000 × g로 5분간 원심분리한 후 상등액을 0.2 µm-membrane filter로 여과하여 입자를 제거한 후 여과액을 0배(원액), 10배, 20배가 되게 희석하고 희석한 액 0.5 mL을 시험관에 분주하고 25% Na₂CO₃ 용액 0.5 mL을 첨가하여 3분간 정치시켰다. 다시 2N-Folin-Ciocalteu phenol 시약 0.25 mL 첨가하여 혼합한 다음 상온에서 1 시간 동안 정치시켜 발색시켰다. 발색된 청색을 분광광도계(Spectronic 2D)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 총 수용성 phenolics 함량은 gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 함량을 구하였다. 각 실험은 3회 반복하여 수행하였다.

DPPH 라디칼 소거활성

Blois(18)의 방법을 약간 변형하여 전자 소거능을 측정하였다. 1.5 × 10⁻⁴ M DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 용액 0.8 mL과 당화액을 20°C에서 13,000 × g로 5분간 원심분리한 후 상등액을 0.2 µm-membrane filter로 여과하여 입자를 제거한 여과액 0.2 mL을 가지고 10 초간 vortex로 균질화시키고 실온에서 30분 방치한 후 분광광도계(Spectronic 2D)를 이용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 음성 대조구 실험은 시료 대신에 증류수를 0.2 mL를 취하여 실험하였다. 각 실험은 3회 반복하여 수행하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 실험구와 음성 대조구의 흡광도를 구하여 백분율(%)로 표시하였다.

ABTS 라디칼 소거활성

7 mM ABTs 용액과 2.45 mM potassium persulfate (K₂S₂O₈)을 1:1로 섞고, 실온의 어두운 곳에서 12-16시간 보관하여 ABTS 라디칼(ABTS)을 생성시켰다. ABTS는 732 nm에서 흡광도가 0.7±0.02가 되도록 메탄올로 희석하여 사용하였다. 메탄올로 희석된 ABTS 용액 0.9 mL과 당화액을 20°C에서 13,000 × g로 5분간 원심분리한 후 상등액을 0.2 mL을 가지고 상등액을 0.2 µm-membrane filter로 여과하여 입자를 제거한 여과액 0.1 mL를 섞고, 정확히 3분 후 분광광도계(Spectronic 2D)를 이용하여 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 음성 대조구 실험은 시료 대신에 증류수를 0.2 mL를 취하여 실험하였다. 각 실험은 3회 반복하여 수행하였다. ABTS 라디칼 소거활성은 실험구와 음성 대조구의 흡광도를 구하여 아래와 같이 백분율(%)로 표시하였다(19).

환원력(Reducing Power)

당화액을 20°C에서 13,000 × g로 5분간 원심분리한 후 상등액을 0.2 µm-membrane filter로 여과하여 입자를 제거한 여과액 0.25 mL에 sodium phosphate buffer (0.25 mL, 200 mM, pH 6.6)와 1% potassium ferricyanide (0.25 mL)를

혼합시킨 후 혼합물을 50°C에서 20분 동안 반응시킨 다음 10% trichloroacetic acid (0.25 mL, w/v)를 첨가하여 650 × g에서 10분간 원심분리 하였다. 원심 분리한 상등액 (0.5 mL)에 탈이온수(0.5 mL)와 1% ferric chloride 1 mL를 첨가시킨 후 분광광도계(Spectronic 2D)를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 음성 대조구 실험은 시료 대신에 탈이온수를 0.25 mL를 취하여 실험하였다. 각 실험은 3회 반복하여 수행하였다(20).

Ferric Reducing Antioxidant Power(FRAP)

FRAP 분석은 Liu 등의 방법(21)을 응용하여 당화액의 항산화력을 측정하였다. 300 mM sodium acetate buffer(pH 3.6), 2,4,6-tri(2-pyridyl)-1,3,5-triazine (TPTZ) 용액(TPTZ를 40 mM HCl에 용해) 및 20 mM FeCl₃ 용액을 혼합하여(10 : 1 : 1, v/v/v) 37°C에서 15분간 반응시켰다. 당화액을 20°C에서 13,000 × g로 5분간 원심분리한 후 상등액을 0.2 µm-membrane filter로 여과하여 입자를 제거한 여과액(50 µL)과 예비 반응한 FRAP 용액(950 µL)를 5 mL 시험관에 분주한 후 약 15분간 반응시키고 분광광도계(Spectronic 2D)를 사용하여 590nm에서 흡광도를 측정하였다. 음성 대조구 실험은 시료 대신에 탈이온수를 50 µL를 취하여 실험하였다. 각 실험은 3회 반복하여 수행하였다.

통계처리

실험결과는 SPSS program을 이용하여 각 실험군의 평균과 표준편차를 구하고 시료간의 차이 검증은 일원 배치 분산 분석(ANOVA)을 사용하였으며 Duncan's multiple range test에 따라 p < 0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

식혜 제조 중 이화학적 특성

정제수/백미 식혜(일반 식혜, G-SH), 옥수수 수염 추출액/백미 식혜(CSE/WR-SH), 옥수수 수염 추출액/흑미 식혜(CSE/BR-SH)를 제조하는 동안 이화학적 성질 변화는 Table 1과 같았다. CSE/BR-SH가 G-SH 및 CSE/WR-SH보다 당화 전 과정 동안 낮은 pH를 나타냈었다. G-SH의 경우 초기 pH 6.05±0.02에서 당화 1시간째 6.14±0.03로 증가한 후 당화 2시간째 5.73±0.03로 낮아진 후 일정하게 유지가 되어 당화 6시간째 5.74±0.02 있었으며, CSE/WR-SH의 경우 초기 pH 5.96±0.03에서 당화 1시간째 약간 증가(pH 60.1±0.01)한 후 일정하게 유지되어 최종 5.73±0.02 있었다. 한편 CSE/BR-SH는 초기 pH 5.88±0.03에서 당화 1시간째 5.92±0.03로 약간 증간 후 서서히 감소하여 당화 중기(6시간째) 5.67±0.02로 나타났으나, 유의적 차이는 크게 나타나지 않았다.

Table 1. Changes of pH, brix, and reducing sugar during saccharification process in *Sikhe*

Contents ¹⁾	Sample	Saccharification time (hr)						
		0	1	2	3	4	5	6
pH	G-SH ²⁾	6.05±0.02ab	6.14±0.03ac	5.73±0.02bc	5.71±0.02df	5.72±0.02h	5.72±0.01a	5.74±0.02b
	CS/WR-SH ³⁾	5.96±0.03bc	6.01±0.01h	5.73±0.02ab	5.72±0.02c	5.71±0.02f	5.72±0.01ef	5.73±0.02h
	CS/BR-SH ⁴⁾	5.88±0.03e	5.92±0.03f	5.72±0.02ab	5.68±0.02d	5.66±0.02f	5.66±0.02c	5.67±0.02ab
Brix (°)	G-SH	0.8±0.01b	1.8±0.01a	2.6±0.02ab	4.0±0.04h	4.6±0.03cd	5.8±0.02cd	6.8±0.05hf
	CS/WR-SH	1.0±0.01abc	2.2±0.01b	3.2±0.01cd	4.6±0.02f	5.6±0.03bc	6.2±0.03ef	7.2±0.04d
	CS/BR-SH	1.4±0.01f	2.6±0.02f	3.8±0.05d	4.7±0.02e	5.9±0.06d	6.5±0.03f	7.6±0.05b
Reducing sugar (g/L)	G-SH	0.454±0.01bd	0.796±0.03h	1.323±0.05ef	2.270±0.05bc	2.316±0.03f	2.956±0.06bc	3.494±0.05b
	CS/WR-SH	0.567±0.02a	1.216±0.03i	2.013±0.02e	2.391±0.04cd	2.756±0.05hi	3.047±0.03ad	3.822±0.05ad
	CS/BR-SH	0.605±0.02bc	1.597±0.02f	2.401±0.03ab	2.486±0.04h	2.973±0.03ef	3.338±0.05ac	4.012±0.05d

¹⁾Values indicate the mean±S.D of three replication (n=3). Means with same letters in each column are not significantly different (p < 0.05).
²⁾G-SH, General *sikhe*. 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and top water on 60°C±2 for 6 hr.
³⁾CSE/WR-SH, Corn silk extracts and white rice *sikhe*. 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and corn silk extraction on 60°C±2 for 6 hr.
⁴⁾CSE/BR-SH, Corn silk extracts and black rice *sikhe*. 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (white rice : black rice = 2 : 1) and corn silk extraction on 60°C±2 for 6 hr.

전 등(16)은 당화 중 pH의 변화는 당화 1시간째 약간 증가한 후 감소하여 일정하게 유지되는 것으로 보고하여 본 연구결과와 동일하였다. 한편 김 등(22) 및 김 등(23)은 제조 식혜의 경우 당화 종료 후 pH는 각각 5.65 및 5.60으로 보고하여 본 연구결과 유사하였으며, 박(3)은 가루녹차 식혜 제조시 무첨가구의 경우 pH는 6.11 있었으며, 녹차첨가구의 pH는 5.81-5.85로 낮게 나타나 본 결과 동일하였다. 그리고 김 등(1)의 헛개나무 열매 추출물을 첨가한 식혜 제조시에도 헛개나무 추출물이 무첨가구보다 pH가 낮게 나타났다.

Brix와 환원당은 CSE/BR-SH가 G-SH 및 CSE/WR-SH보다 당화 전 과정 동안 높은 함량을 보였으며, 이에 상응하여 환원당도 높은 함량을 나타냈었다. G-SH의 경우 초기 0.8±0.01 °brix에서 6.8±0.05 °brix로 증가하였고 환원당은 0.454±0.01 g/L에서 3.494±0.05 g/L로 증가하였으며, CSE/WR-SH는 초기 1.0±0.01 °brix에서 7.2±0.04 °brix로 증가하였고 이에 상응하여 환원당은 0.567±0.01 g/L에서 3.822

±0.05 g/L로 증가하였다. 한편 CSE/BR-SH 역시 brix 당도와 환원당은 각각 초기 1.4±0.01 °brix와 0.605±0.02 g/L에서 당화 6시간째 각각 7.6±0.05 °brix와 4.012±0.05 g/L로 증가하였다. 일반적으로 식혜의 brix나 환원당은 고두밥의 함량, 엿기름 첨가량 및 당화시간에 비례하여 증가할 뿐만 아니라 엿기름의 품질(amylase 활성)에 의해서도 크게 영향을 받는다. 조 등(4)은 한방추출액을 첨가하여 고두밥 당화 중 전 과정에서 무첨가구보다 높은 brix를 보였으며, Kim 등(1)의 헛개나무 추출물 첨가구가 무첨가구보다 높은 brix를 보여 본 연구결과 동일하였다. 한편 Park(3)과 김(24)은 6시간 당화시 8 °brix를 나타냈었다고 보고하였으며, Cho 등(4)과 서 등(25)은 3시간 당화시 7.0-9.2 °brix를 보였으며 6시간 당화시에 약간만 증가하여 10-11 °brix를 보고하였다. Rhu 등(26)

은 저온질소건조 엿기름의 당화 시킨 경우는 8.1 °brix와 시판 엿기름으로 당화 시킨 경우에는 6.8-7.6 °brix로 보고하여 본 연구에서 사용한 시판 엿기름과 유사하였다.

Table 2. Changes of amylase activity (%)¹⁾ of *Sikhe* during saccharification process in *Sikhe*

Sample	Saccharification time (hr)						
	0	1	2	3	4	5	6
G-SH ²⁾	93.45±0.03de	112.87±0.05a	101.76±0.02abc	92.09±0.02cf	78.65±0.03ab	73.21±0.02d	70.34±0.03ef
CS/WR-SH ³⁾	94.11±0.04e	115.67±0.04cd	102.69±0.03bcd	91.04±0.06f	79.52±0.03d	75.08±0.04c	70.51±0.02hi
CS/BR-SH ⁴⁾	95.23±0.04bc	116.12±0.06h	104.56±0.05bc	93.76±0.05hi	80.58±0.04ac	75.43±0.03cd	70.89±0.03cd

¹⁾Values indicate the mean ±S.D of three replication (n=3). Means with same letters in each column are not significantly different (p < 0.05).
²⁾G-SH, General *sikhe*. 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and top water on 60°C±2 for 6 hr.
³⁾CSE/WR-SH, Corn silk extracts and white rice *sikhe*. 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and corn silk extraction on 60°C±2 for 6 hr.
⁴⁾CSE/BR-SH, Corn silk extracts and black rice *sikhe*. 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (white rice : black rice = 2 : 1) and corn silk extraction on 60°C±2 for 6 hr.

식혜 제조 중 amylase 활성의 변화

식혜 당화를 위해 제조한 엇기름의 amylase 활성을 100%로 설정하고 G-SH와 CSE/WR-SH, CSE/BR-SH의 당화 중 amylase 활성 변화는 Table 2와 같았다. CSE/WR-SH와 CSE/BR-SH가 G-SH보다 당화 전 과정 동안 약간 높은 amylase 활성을 나타냈었다. G-SH는 초기 93.45%에서 당화 1시간째 최대 활성인 112.87%를 나타낸 후 활성이 감소하여 당화 중기(6시간)에는 70.34% 활성을 보였으며, 역시 CSE/WR-SH와 CSE/BR-SH의 경우도 각각 당화 초기 94.11%와 95.23%에서 당화 1시간되는 시점에 최대 활성인 115.67%와 116.12%를 나타낸 후 당화가 진행되면 활성이 감소하여 당화 6시간째 50.71%와 70.89% 활성을 나타냈었다. Jeon 등(16)은 당화 진행됨에 따라 amylase 활성은 감소한다고 보고하였으며, 본 연구에서는 당화 1시간째는 증가하였으나 그 이후 활성이 감소하여 유사한 결과를 나타냈었다. 한편 Rhu 등(26)은 저온질소건조 엇기름과 6개의 시판 엇기름의 amylase 역가를 측정된 결과 저온질소건조 엇기름이 시판 엇기름 보다 약 1.5-3배 정도로 높게 나타났었다. 한편 본 연구에서 G-SH보다 CSE/WR-SH, CSE/BR-SH의 amylase 활성이 약간 높게 나타난 것은 옥수수 수염 추출액 중의 어떤 성분이 amylase 활성을 증가시키는 보조효소 혹은 보조인자로 작용한 것으로 추정되어졌으며, 차 후 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 사료되어졌다.

식혜 제조 중 항산화 활성의 변화

수용성 phenolics 함량과 항산화 활성은 당화 전 과정 동안 G-SH 및 CSE/WR-SH보다 CSE/BR-SH가 높았다(Fig.

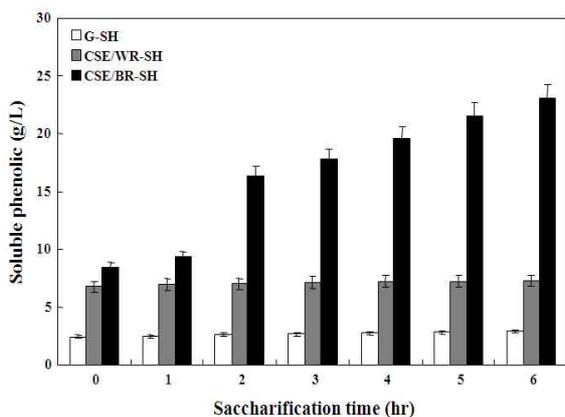


Fig. 1. Change of soluble phenolic contents during saccharification process in *Sikhe*.

Bars indicate the mean±S.D of three replication (n=3). Means with same letters in each column are not significantly different ($p < 0.05$). G-SH, General *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and top water on $60^{\circ}\text{C} \pm 2$ for 6 hr; CSE/WR-SH, Corn silk extracts and white rice *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and corn silk extraction on $60^{\circ}\text{C} \pm 2$ for 6 hr; CSE/BR-SH, Corn silk extracts and black rice *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (white rice : black rice = 2 : 1) and corn silk extraction on $60^{\circ}\text{C} \pm 2$ for 6 hr.

1-5). 수용성 phenolics 함량은 G-SH의 경우 2.42 g/L(당화 0시간째)에서 2.90 g/L(당화 6시간째)로 거의 변화가 없었으며, 역시 CSE/WR-SH의 경우에도 초기 6.78 g/L에서 7.27 g/L로 거의 변화가 없었다. 반면에 CSE/BR-SH는 당화 초기 8.43 g/L에서 당화 2시간째 16.35 g/L로 급속 증가한 후 당화 6시간째 23.09 g/L로 서서히 증가하였으며(Fig. 1), 이에 상응하여 DPPH 라디칼 소거활성, ABTS 라디칼 소거활성, 환원력 및 FRAP 활성도 증가하였다(Fig. 2-5).

G-SH와 CSE/WR-SH의 DPPH 라디칼 소거활성은 각각

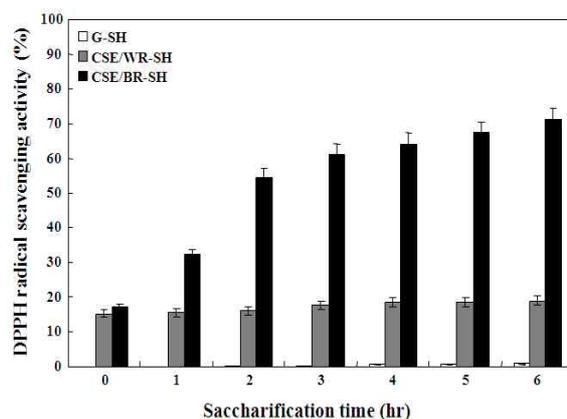


Fig. 2. Change of DPPH radical scavenging activity during saccharification process in *Sikhe*.

Bars indicate the mean±S.D of three replication (n=3). Means with same letters in each column are not significantly different ($p < 0.05$). G-SH, General *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and top water on $60^{\circ}\text{C} \pm 2$ for 6 hr; CSE/WR-SH, Corn silk extracts and white rice *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and corn silk extraction on $60^{\circ}\text{C} \pm 2$ for 6 hr; CSE/BR-SH, Corn silk extracts and black rice *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (white rice : black rice = 2 : 1) and corn silk extraction on $60^{\circ}\text{C} \pm 2$ for 6 hr.

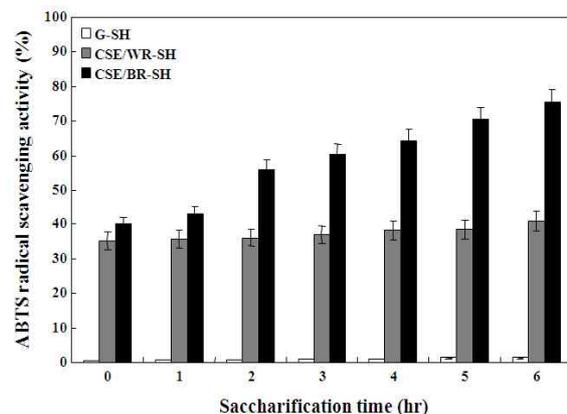


Fig. 3. Change of ABTS radical scavenging activity during saccharification process in *Sikhe*.

Bars indicate the mean±S.D of three replication (n=3). Means with same letters in each column are not significantly different ($p < 0.05$). G-SH, General *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and top water on $60^{\circ}\text{C} \pm 2$ for 6 hr; CSE/WR-SH, Corn silk extracts and white rice *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and corn silk extraction on $60^{\circ}\text{C} \pm 2$ for 6 hr; CSE/BR-SH, Corn silk extracts and black rice *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (white rice : black rice = 2 : 1) and corn silk extraction on $60^{\circ}\text{C} \pm 2$ for 6 hr.

초기 0.04%와 15.3%에서 당화 중기 0.74%와 18.97로 약간 증가하였으나, CSE/BR-SH의 경우에는 초기 17.3%에서 당화 2시간째 54.35%로 급속히 증가한 이후에 당화 중기에는 70.98%의 활성을 나타냈었다(Fig. 2). ABTS 라디칼 소거활성 역시 G-SH와 CSE/WR-SH의 경우에는 당화 초기 각각 0.51%와 35.25%에서 당화 중기 1.29%와 41.01%로 약간 증가한 반면 CSE/BR-SH의 경우 당화 0시간째 40.25%에서 당화 6시간째 75.32% 증가하였다(Fig. 3).

한편 환원력의 경우 G-SH와 CSE/WR-SH는 당화 초기 각각 0.046과 0.187에서 당화 중기 0.073과 0.228로 약간 증가하였으나, CSE/BR-SH의 당화 중 환원력은 당화 0시간째 0.241에서 당화 중기에는 약 2.83배 증가한 0.682 있었다(Fig. 4). FARP 활성 역시 G-SH의 경우는 당화 초기 0.015에서 당화 중기 0.078로 약간 증가하였으나 CSE/BR-SH의 당화 중 환원력은 당화 0시간째 0.288에서 당화 중기에는 약 3.3배 증가한 1.071 있었다(Fig. 5).

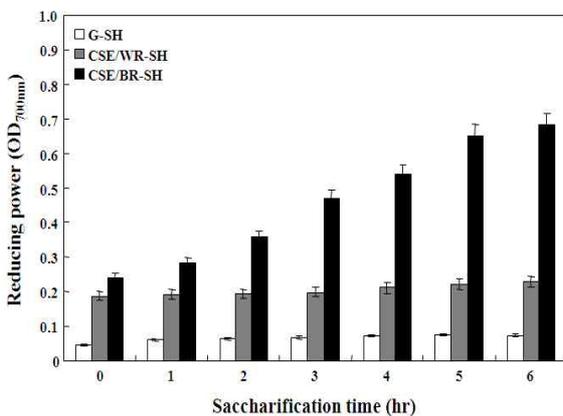


Fig. 4. Change of reducing power during saccharification process in *Sikhe*.

Bars indicate the mean±S.D of three replication (n=3). Means with same letters in each column are not significantly different (p < 0.05). G-SH, General *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and top water on 60°C±2 for 6 hr; CSE/WR-SH, Corn silk extracts and white rice *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and corn silk extraction on 60°C±2 for 6 hr; CSE/BR-SH, Corn silk extracts and black rice *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (white rice : black rice = 2 : 1) and corn silk extraction on 60°C±2 for 6 hr.

전체적으로 G-SH와 CSE/WR-SH보다 CSE/BR-SH가 항산화 활성이 높았으며, 당화가 진행됨에 따라 활성이 증가하였다. 이는 당화가 진행됨에 따라 흑미의 anthocyanin 색소 성분과 더불어 수용성 phenolic 함량의 증가로 인해 항산화 활성도 증가한 것으로 추정되어졌다. Chung과 Lee(10)는 흑미의 외피, 과피 및 호분층에는 유리형의 폴리페놀화합물을 다량 함유하고 있으며, 이 들 폴리페놀화합물에 의해서도 항산화 활성이 나타나는 것으로 보고하였다. 한편 흑미를 이용한 식혜 제조 시 흑미 가루 첨가량이 증가함에 따라 DPPH 라디칼 소거 활성이 증가한다고 보고하여 본 연구에서 당화 과정 중 흑미의 색소 용출량이 증가함에

따라 DPPH 라디칼 소거 활성 등이 증가한 것과 유사하였다. 특히 Mo 등(28)은 배추김치 제조시 흑미 추출물 처리구가 대조구보다 유의적으로 phenolic 함량과 DPPH 라디칼 소거활성 높은 것으로 보고하였으며, 이는 흑미에서 유래한 phenolic 함량 때문인 것으로 보고하였으며, 본 연구결과와 동일하였다.

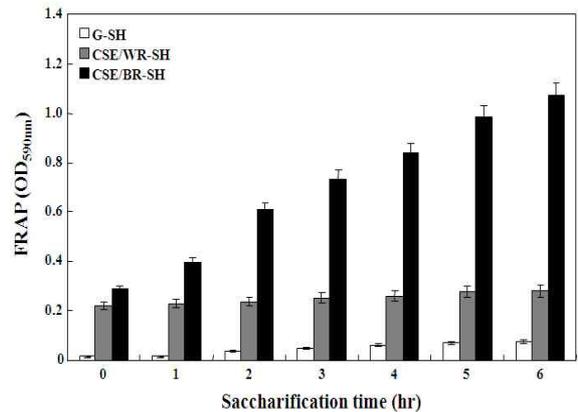


Fig. 5. Change of ferric reducing antioxidant power (FRAP) during saccharification process in *Sikhe*.

Bars indicate the mean±S.D of three replication (n=3). Means with same letters in each column are not significantly different (p < 0.05). G-SH, General *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and top water on 60°C±2 for 6 hr; CSE/WR-SH, Corn silk extracts and white rice *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and corn silk extraction on 60°C±2 for 6 hr; CSE/BR-SH, Corn silk extracts and black rice *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (white rice : black rice = 2 : 1) and com silk extraction on 60°C±2 for 6 hr.

식혜의 색깔

본 연구에서 제조된 식혜의 색깔은 Fig. 6과 같았다. 당화 중에 G-SH는 하얀색을 유지하였으며, CSE/WR-SH는 옥수수 수염 추출액 색깔인 연갈색을 유지하였다. 반면에

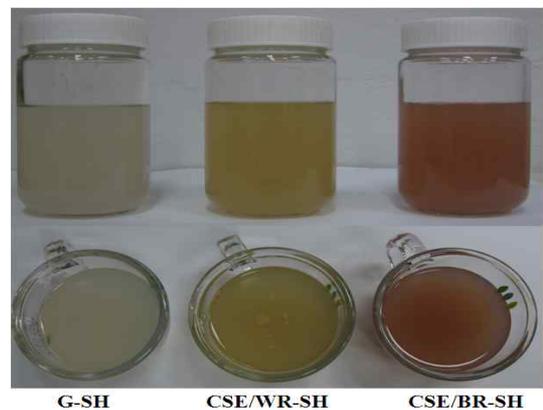


Fig. 6. Photography of different *Sikhe*.

G-SH, General *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and top water on 60°C±2 for 6 hr; CSE/WR-SH, Corn silk extracts and white rice *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (only white rice) and com silk extraction on 60°C±2 for 6 hr; CSE/BR-SH, Corn silk extracts and black rice *sikhe*: 5% (v/v) malt extraction was added from 30% into stem rice (white rice : black rice = 2 : 1) and corn silk extraction on 60°C±2 for 6 hr.

CSE/BR-SH는 당화가 진행됨에 따라 색깔이 점점 더 짙어져 최종적으로 연보라색을 나타냈었다(Fig. 6). Kim 등(9)은 유색미 식혜의 당화 과정 중 당화 1시간째 적색도가 급속히 증가하고 이 후에는 일정하거나 서서히 증가한다고 보고하였으며, 이는 당화가 진행됨에 따라 흑미의 색소성분들이 용출에 의해 기인한 것으로 판단하여 본 연구와 동일 결과를 나타냈었다.

앞으로 좀 더 많은 생리활성 검정실험이 수행되어야 할 것으로 사료되나 옥수수 수염의 이노산, 당노역제 효과 및 간 보호효과 등(7,29)과 흑미의 항산화 효과, 항암 효과 및 면역기능 강화(27,30)등의 기능성을 가질 것으로 판단되며, 본 연구에 의해 개발된 CSE/BR-SH는 G-SH와 CSE/WR-SH보다 수용성 phenolics 함량이 높았으며, 이에 따라 항산화 활성이 높게 나타나 현대인의 건강 지향적 성향뿐만 아니라 기존의 설당을 첨가한 식혜 및 서구화된 음료의 대체 기능성 음료로서의 제품 개발을 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

요 약

본 연구는 옥수수 수염 추출액과 흑미를 이용한 식혜를 제조하였다. 옥수수 수염 추출액/흑미 식혜(CSE/BR-SH)의 당화 과정 중 pH는 초기 pH 5.88±0.03에서 당화 1시간째 5.92로 약간 증간 후 서서히 감소하여 당화 종기(6시간째) 5.67±0.02로 나타났다. 반면에 brix 당도와 환원당은 각각 초기 1.4±0.01 brix와 0.605±0.02 g/L에서 당화 6시간째 각각 7.6±0.05 brix와 4.012±0.05 로 증가하였다. 한편 당화 초기 95.23%에서 당화 1시간되는 시점에 최대 활성인 116.12%를 나타낸 후 당화가 진행되면 활성이 감소하여 당화 6시간째 70.89% 활성을 나타냈었다. CSE/BR-SH의 색깔은 연한 보라색을 나타냈었다. 한편 CSE/BR-SH의 수용성 phenolics 함량은 당화 초기 8.43 g/L에서 당화 6시간째 23.09 g/L로 급격히 증가하였으며, 이에 상응하여 DPPH 라디칼 소거활성(17.3%에서 70.98%), ABTS 라디칼 소거활성(40.25%에서 75.32%), 환원력(0.241에서 0.682) 및 FRAP 활성(0.288에서 1.071)도 증가하였다.

감사의 글

이 논문은 국립진주산업대학교의 기성희 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

참고문헌

1. Kim HH, Park GS, Jeon JR. (2007) Quality characteristics

- and storage properties of *sikhe* prepared with extracts from *Hovenia dulcis* THUNB. Korean J. Food Cookery Sci., 23, 848-857
2. Lee HJ, Jun HJ. (1976) A study on the making of *sikhe*. J. Korean Home Econ. Assoc., 14, 685-693
3. Park SI. (2006) Application of green tea powder for *sikhe* preparation. Korean J. Food Nutr., 19, 227-233
4. Cho KM, Ahn BY, Seo, WT. (2008) Lactic acid fermentation of *gamju* manufactured using medicinal herb decoction. Korean J. Food Sci. Technol., 40, 649-655
5. Kwan JJ, Lee JG, Kim OC. (1999) Volatile compounds of corn silk (*Zea mays* L.). Korean J. Food Nutr., 12, 375-379
6. Kim SL, Jung TW. (2001) Maysin and other flavonoid contents in corn silks. Korean J. Breed., 33, 338-343
7. Choi SK, Choi HS. (2004) Purification and characterization of an anticoagulant from corn silk. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 33, 1262-1267
8. An ES, Kang SH, Chung HJ. (2006) Inhibitory effect of corn silk extract on growth of food-borne bacterial pathogens. Food Sci. Biotechnol., 15, 138-142
9. Kim MS, Hahn TR, Yoon HH. (1999) Saccharification and sensory characteristics of *sikhe* made of pigmented rice. Korean J. Food Sci. Technol., 31, 672-677
10. Chung YA, Lee JK. (2003) Antioxidative properties of phenolic compounds extracted from black rice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 32, 948-951
11. Kahkonen MP, Heinonen M. (2003) Antioxidant activity of anthocyanins and their aglycons. J. Agric. Food Chem., 51, 628-633
12. Cho MH, Paik Y.S, Yoon HH, Hahn TR. (1996) Chemical structure of the major color component from a Korean pigmented rice variety. Agric. Chem. Biotechnol., 39, 304-308
13. Rye SN, Park SZ, Ho CT. (1998) High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. J. Food Drug Analysis, 6, 729-736
14. Hur SS. (2007) Change in the composition of ginseng *sikhe* during the saccharification process. Korean J. Food Preserv., 14, 650-654
15. Miller GL. (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for the determination of reducing sugar. Anal. Chem., 31, 426-428
16. Jeon ER, Kim KA, Jung LH. (1998) Morphological changes of cooked rice kernel during saccharification for *sikhe*. Korean J. Soc. Food Sci., 14, 91-96

17. Singleton VL, Rossi JA. (1965) Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, 16, 144-158
18. Blois MS. (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181, 119-200
19. Fellegrin N, Ke R, Yang M, Rice-Evans C. (1999) Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical cation decolorization assay. *Method. Enzymol.*, 299, 379-389
20. Jeong CH, Choi GN, Kwak JH, Kim JH, Choi SG, Shim KH, Heo HJ. (2010) *In vitro* antioxidant activities of cocoa phenolics. *Korean J. Food Preserv.*, 17, 100-106
21. Liu L, Sun Y, Laura T, Liang X, Ye H, Zeng X (2009) Determination of polyphenolic content and antioxidant activity of kudingcha made from *Ilex kudingcha* C.J. Tseng. *Food Chem.*, 112, 35-41
22. Kim MR, Seo JH, Heo OS, Oh SH, Lee KS. (2002) Physicochemical and sensory qualities of commercial *sikhes*. *J. Korean Soc. Food Sci.*, 31, 728-732
23. Kim BS, Lee TS, Lee MW. (1984) Changes of component in *sikhe* during saccharification. *Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng.* 12, 125-129
24. Lee WJ, Kim SS. (1998) Preparation of *sikhe* with brown rice. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30, 146-150
25. Suh HJ, Chung SH, Whang JH. (1997) Characteristics of *sikhe* produced with malt of naked barley, covered barley and wheat. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29, 716-721
26. Ryu BM, Kim JS, Kim MJ, Lee YS, Moon GS. (2008) Comparison of the quality characteristics of *sikhye* made with N2-circulated low-temperature dry malt and commercial malts. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 40, 311-315
27. Kim WM, Lee YS. (2008) A study on the antioxidant activity and quality characteristics of pan bread with waxy black rice flour and green tea powder. *Korean J. Culin. Res.*, 14, 1-13
28. Mo EK, Kim SM, Yang SA, Jegal SA, Choi YS, Ly SY, Sung CK. (2010) Properties of *baechu* kimchi treated with black rice water extract. *Korean J. Food Preserv.*, 17, 50-57
29. Kim SL, Snook ME, Lee JO. (2003) Radical scavenging activity and cytotoxicity of maysin (C-glycosylflavone) isolated from silks of *Zea mays* L. *Korean J. Crop. Sci.*, 48, 392-396
30. Han SJ. (2005) Antioxidant activity of colored rice and identification of new substances, oryzafuran and allantoin. *Korean J. Crop. Sci.*, 40, 2-6

(접수 2010년 4월 30일, 수정 2010년 8월 18일 채택 2010년 8월 20일)