단수수 시럽 제조효율 향상을 위한 착즙액 고온처리 및 이화학적 특성 변화

황엄지 · 이영훈 · 차영록 · 권다은 · 박진천

농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소

Study on the Physicochemical Properties of Sweet Sorghum Juice at High Temperatures Required for High Qualified Syrup Production

Eom-Ji Hwang, Yeong-Hoon Lee, Young-Rok Cha, Da-Eun Kwon, and Jin-Cheon Park

National Institute of Crop Science, Bioenergy Crop Research Institute

ABSTRACT Sugar is essential for maintaining human life. However, excessive consumption of refined sugar causes obesity and diabetes. Recently, the demand for natural sugar is increasing. In this study, extracted sweet sorghum juice was first treated at high temperature to remove impurities and produce high-quality sweet sorghum syrup, and its physicochemical properties were analyzed by various temperature ranges. While purifying the sweet sorghum juice at various temperatures, the quantum of impurities was observed to be highest at 120°C and decreased at 130°C. The correlation between the sugar content and pH of the sweet sorghum juice was investigated, and the pH decreased as the temperature increased. In addition, the higher the reaction temperature and the longer the reaction time, the higher the juice's brownness and the higher the content of fructose and glucose. At the same time, sucrose content was reduced. Finally, the sweet sorghum juice should be treated at 120°C for 30 minutes to 1 hour to attain the highest efficiency in removing impurities and to improve the quality of the sweet sorghum syrup.

Key words: sweet sorghum, sweet sorghum syrup, high-temperature treatment, physicochemical properties

서 론

단수수(*Sorghum bicolor* (L.))는 화본과에 속하는 1년생 식물이고 다양한 기후 및 토양 조건에서 재배되는 지역 적응성이 높은 작물이다. 단수수는 우리나라와 같은 온대지방에서 재배가 가능하며 생육기간이 4개월 정도로 짧아 2기작 또는 동계작물과 이모작이 가능하다(Choi 등, 2012). 단수수의 곡실은 식량, 착즙액은 시럽 및 에탄올의 원료, 버가스와 잎은 사료와 비료 등으로 다양하게 이용되고 있다(Nimbkar 등, 2006). 단수수는 C4 광합성 경로를 가진 식물로 사탕수수, 사탕무와 같은 당 생산 작물 중 성장이 빠르고 바이오매스 생산 및 당 축적이 높은 장점이 있다. 단수수 착즙액의 당 함량은 16~23°Bx 수준이며, 정제당과 비교하여 단백질, 필수 아미노산, 미네랄 등 유익한 성분을 함유하는 시럽 생산에 적합한 작물이다(Reddy 등, 2005).

최근 정제당의 과도한 섭취로 비만, 당뇨 등의 발생이 높아짐에 따라 정제당을 대체할 수 있는 천연당의 개발이 요구되고 있으며, 이에 단수수는 국산 천연당원으로 새롭게 조명

받고 있다. 국내에서 단수수 착즙액은 발효 과정을 통해 바이오에탄올 생산에 이용하는 연구가 국내에서 진행되고 있다(Cha 등, 2011). 그러나 그 외의 연구는 미비한 실정으로 천연당 대체 단수수 시럽의 가능성 확대 및 단수수 착즙액의 용도 다양화를 위한 연구가 필요하다.

일반적인 단수수 시럽의 제조는 다음의 순서에 따라 이루어진다. 단수수 줄기를 착즙기로 착즙한다. 이 착즙액은 열록소, 안토시아닌과 같은 수용성 물질과 전분 과립 같은 불용성 물질이 포함되어 있으므로 착즙액을 Ø1 mm 메쉬로 여과하여 큰 불순물을 제거한다. 이후 착즙액을 2시간 동안 정지하여 제거되지 않은 불순물을 침전시킨 후 상층액만 수집한다. 수집된 상층액을 가열하면 당분은 대부분이 용해되지만, 특정 단백질과 기타 비당류 물질이 응고되어 불순물이 생성된다. 불순물이 생성된 착즙액을 계속 가열하면 불순물이 더욱 작은 입자로 분해되어 제거가 어렵게 되므로 제거해야 한다(Ratnavathi와 Chavan, 2016).

단수수 시럽 제조 시 품질에 영향을 주는 요인은 착즙액 농축하는 과정에서 생성되는 불순물이다. 이 불순물을 제거

Received 4 February 2021; Revised 2 April 2021; Accepted 4 May 2021

Corresponding author: Eom-Ji Hwang, National Institute of Crop Science, Bioenergy Crop Research Institute, 199, Muan-ro, Cheonggye-myeon, Muan-gun, Jeonnam 55365, Korea, E-mail: umji0416@korea.kr

Copyright © 2021 by The Korean Society of Food Science and Nutrition. All rights Reserved.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

하지 않으면 시럽에서 쫄거나 이취가 발생하여 시럽의 품질을 저하시킨다. 현재까지 시럽 제조에 있어 불순물을 효과적으로 제거하는 방법이 개발되지 않아 인력에 의존하고 있다. 일부에서 불순물을 제거하기 위한 방법으로 오크라(*Hibiscus esculentus*) 추출물을 착즙액에 첨가하여 가열하면 불순물이 응고되어 효과적인 제거가 가능하다고 보고하였다(Nimbkar 등, 2006). 또 착즙 후 70~80°C에서 1~2시간 가열하면 일부 불순물이 상단으로 올라와 제거할 수 있고, 시럽 제조 시 불순물의 양을 줄여 시럽 제조 시간을 줄일 수 있다(Bitzer와 Fox, 1987). 이처럼 첨가물을 넣거나 가열 처리를 통한 착즙액의 불순물 제거에 관한 연구가 수행되었다. 하지만 이 방법들은 불순물이 완벽하게 제거되지 않아 농축 과정에서 인력으로 다시 불순물을 제거해야 하는 어려움이 있다.

고농도의 당을 함유한 식품을 고온에서 가열하면 비효소적 갈색화 반응의 하나로 당의 종류와 농도, 가열 온도, pH 등에 따라 다양한 갈색의 색깔과 향기를 나타내는 식품 품질에 영향을 주는 카라멜화 반응이 일어난다(Schallenberger와 Birch, 1975). 또한, 100°C 이상 고온에서 홍삼 추출물의 품질 안정성을 분석한 결과 사포닌, 색도, 유리당 및 무기물 함량 등의 이화학적 특성이 변화한다고 보고하였다(Kwak 등, 2008).

따라서 본 연구에서는 단수수 시럽 제조 시 불순물 제거 효율을 높이고 품질을 향상시키기 위해 착즙액에 고온처리를 하여 불순물 생성 정도를 확인하고, 고온처리에 따른 착즙액의 이화학적 특성을 분석하였다.

재료 및 방법

재료 및 착즙방법

단수수는 전남 무안 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소에서 2020년에 품종 ‘초롱’을 재배하여 사용하였다. 단수수의 종실 수확기인 9월에 단수수 줄기를 착즙하였고 착즙액을 Ø1 mm 메쉬로 여과하여 불순물을 제거하였다. 이후 착즙액을 2시간 동안 정치하여 메쉬로 제거되지 않은 불순물을 침전시킨 후 상층액만을 수집한 착즙액을 실험에 사용하였다. 착즙액 고온처리는 고압증기 멸균기(DS-100A, Dae-sol, Hwaseong, Korea)를 이용하여 온도는 90°C, 100°C, 110°C, 120°C, 130°C, 시간은 30분, 1시간, 2시간으로 각각 처리하였다.

고온처리에 따른 착즙액의 불순물 함량

불순물 함량 측정 전 여과지(NF2-1500, Whatman, Maidstone, UK)를 105°C에서 3시간 건조하고 여과지 무게를 측정한 다음, 시료 100 mL를 여과지에 여과시키고 이를 105°C에서 3시간 건조 후 무게를 측정하였다.

당도 및 pH

당도(Brix) 측정은 시료 1 mL를 굴절 당도계(N-1E, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하고 평균값을 구했다. pH 측정은 각 시료를 pH meter(691 pH Meter, Metrohm, Herisau, Swiss)를 사용하여 측정하였다.

유리당 함량

유리당 함량(glucose, fructose, sucrose)은 Ultra Performance Liquid Chromatography(ACQUITY UPLC, Waters, Milford, MA, USA)로 분석하였다. 단수수 착즙액 1 mL에 증류수 9 mL를 첨가하여 syringe filters(0.45 µm)로 여과하여 분석하였다. 시료 20 µL를 RI detector와 carbohydrate column(BEH Amide, Waters)이 장착된 UPLC system에 주입하였다. 시료의 당 농도는 glucose, fructose 및 sucrose를 external standard로 하여 얻어진 표준곡선으로 정량하였다.

무기물 함량

무기물 함량은 단수수 착즙액 10 mL를 535°C, 3시간 회화 후 회분을 염산 가수분해하여 ICP(720-ES, Varian, Victoria, Australia)로 Ca, Fe, Na, K, Mg 함량을 측정하였다.

색도

색도 측정은 시료를 색차계(CM-5, Konica Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 명도(L-value, lightness), 적색도(a-value, redness) 및 황색도(b-value, yellowness) 값을 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

갈색도

갈색도 측정은 단수수 착즙액 5 mL에 3차 증류수 50 mL에 희석하여 3시간 침출시킨다. 이를 여과지(NF2-1500, Whatman)에 여과하여 여과액을 UV-VIS Spectrophotometer(UV-1601, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 흡광도에 희석배수를 곱하여 나타난 수치를 갈색도의 척도로 하였다.

통계처리

가열 온도 및 시간에 따른 단수수 착즙액의 불순물 함량, 당도, pH, 색도, 갈색도 및 유리당 함량의 변화에 대한 분석은 통계분석 이전에 Levene의 등분산검정(test of homogeneity of variances)을 실시했으며, 데이터의 동질성이 확인되면 이원분산분석법(two-way ANOVA)을 실시하여 유의차를 검정하였고 유의차가 발견되면 Tukey's test 방법으로 사후 검정하였다. 통계분석을 위해 사용된 통계프로그램은 STATISTICA(TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA) version 5.0이었다.

Fig. 1. The content of impurity in sweet sorghum juice at various temperatures for different heating time. A, control; B, 90°C (0.5 h, 1 h, 2 h); C, 100°C (0.5 h, 1 h, 2 h); D, 110°C (0.5 h, 1 h, 2 h); E, 120°C (0.5 h, 1 h, 2 h); F, 130°C (0.5 h, 1 h, 2 h).

결과 및 고찰

단수수 착즙액 고온처리 후 불순물 함량

고온처리 후 불순물 함량을 육안으로 조사한 결과, 110°C·2시간, 120°C·30분, 120°C·1시간 처리에서 불순물이 가장 많이 생성되었다. 130°C 처리에서 가열 시간이 증가할수록 불순물 함량이 감소하는 경향이 있었다(Fig. 1). 불순물 함량을 정량한 결과, 단수수 착즙액 100 mL당 무처리가 4.6 mg이었으며, 90°C, 100°C 처리에서 2.9~4.1 mg으로 무처리와 비슷한 수준을 나타냈다. 110°C·2시간, 120°C·30분, 120°C·1시간 처리에서 7.0~7.5 mg으로 불순물 함량이 가장 높게 나타났다. 120°C·2시간 처리에서 4.3 mg, 130°C 처리에서 1.2~1.4 mg으로 가열 온도와 시간이 증가할수록 불순물 함량이 감소하였다(Fig. 2). 착즙액을 가열하면 당분은 대부분이 용해되지만, 특정 단백질과 기타 비당류 물질이

응고되기 시작하고 응고된 물질의 일부는 표면으로 올라오게 된다. 이를 계속 가열하면 응고된 물질은 더욱 작은 입자로 분해되어 불순물 제거가 어렵고 이는 시럽 품질에 영향을 미치게 된다(Ratnavathi와 Chavan, 2016). 또 착즙액을 70~80°C의 낮은 온도에서 1~2시간 가열하면 일부 불순물이 상단으로 올라와 제거할 수 있고, 100°C 이상 가열하여 시럽 제조 시 불순물의 양을 줄여 시럽 제조 시간을 줄일 수 있다고 하였다(Bitzer와 Fox, 1987). 단수수 착즙액에 고온처리 시 온도와 시간이 증가할수록 불순물 함량이 증가하였고 120°C·2시간 처리 이상부터는 불순물 함량이 줄어드는 것으로 보아 불순물이 용해된 것으로 생각되며, 각 처리에서 불순물 함량과 이를 제거하여 시럽을 제조하였을 때 시럽 품질에 영향을 줄 것이라고 판단된다.

또 시럽 제조 중 착즙액의 불순물 제거는 현재까지도 인력으로 이루어지고 있어 제조효율을 저하시키며 불균일한 시

Fig. 2. The content of impurity in sweet sorghum juice at various temperatures for different heating time. Values are mean±standard deviation of three replicate measurements. Different letters above the bars indicate significantly different values calculated using one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's test ($P < 0.05$).

Fig. 3. Manufacturing method of sweet sorghum syrup.

럽 품질의 원인이 되고 있다. 착즙액에 고온처리를 하면 불순물을 손쉽게 제거할 수 있어 시럽 제조효율을 높일 수 있고 품질의 균일성을 높일 수 있다고 판단된다(Fig. 3).

당도 및 pH

고온처리에 따른 단수수 착즙액의 당도(Brix)는 무처리가 17.2%였으며, 90~120°C 처리 시 16.4~17.2%로 무처리 착즙액 당도와 비슷한 경향을 보였다. 130°C 처리에서는 15.0~15.1%로 130°C 이상 고온처리에서 당도가 낮아졌다. pH는 무처리, 90°C, 100°C, 110°C, 120°C(30분, 1시간) 처리에서 4.1~4.3을 나타냈으며, 120°C(2시간), 130°C(30분, 1시간, 2시간) 처리에서 3.2~4.2로 처리 온도가 높아질수록 pH가 낮아지는 경향을 보였다(Table 1). Pirgari(2007)는 단수수 줄기를 착즙한 후 당도(Brix)는 14.8%였고 가열한 착즙액은 14.4%로 가열에 따른 차이가 없는 것으로 나타났으며, pH는 무처리 착즙액이 5.15였고 가열 후 4.27로 낮아졌다. Kroh(1994)는 당을 지속해서 가열하면 proton을 방출하는 카라멜화 반응이 진행되어 시간이 경과함에 따라 pH는 저하한다고 하였다. 이와 같이 당분으로 이

Table 1. The change of sugar content and pH on sweet sorghum juice at various temperatures for different heating time

Treatment		Brix	pH
Temperature	Time		
Control		17.2±0.0 ^a	4.3±0.1 ^a
90°C	0.5 h	16.6±0.0 ^d	4.3±0.1 ^a
	1 h	16.9±0.0 ^b	4.2±0.0 ^{ab}
	2 h	16.6±0.1 ^{cd}	4.2±0.1 ^{ab}
100°C	0.5 h	16.5±0.1 ^{de}	4.2±0.0 ^{ab}
	1 h	16.4±0.0 ^e	4.3±0.0 ^{ab}
	2 h	16.6±0.1 ^{cd}	4.2±0.1 ^{ab}
110°C	0.5 h	16.6±0.0 ^d	4.2±0.0 ^{ab}
	1 h	16.6±0.1 ^{de}	4.2±0.0 ^{ab}
	2 h	16.6±0.1 ^{de}	4.2±0.0 ^{ab}
120°C	0.5 h	16.8±0.0 ^{bc}	4.2±0.0 ^{ab}
	1 h	17.2±0.1 ^a	4.1±0.0 ^b
	2 h	17.1±0.0 ^a	3.8±0.1 ^c
130°C	0.5 h	15.0±0.0 ^f	4.2±0.1 ^{ab}
	1 h	15.1±0.2 ^f	3.5±0.1 ^d
	2 h	15.0±0.0 ^f	3.2±0.0 ^c

All data are expressed as mean±SD (n=3). Different letters above the bars indicate significantly different values calculated using one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's test ($P<0.05$).

루어진 단수수 착즙액을 온도와 시간을 높여 처리할수록 착즙액의 pH가 낮아지는 것으로 판단된다.

유리당 함량

유리당 함량을 분석한 결과, fructose 함량은 착즙액 100 g당 무처리가 2.3 g이었으며, 90°C, 100°C, 110°C 처리에서 2.6~2.9 g/100 g으로 무처리와 비슷한 수준을 나타냈다. 120°C에서 30분, 1시간, 2시간 처리 시 각각 2.9, 3.6, 4.2 g/100 g으로 처리 시간이 증가할수록 fructose 함량이 증가하였다. Glucose 함량은 무처리가 2.4 g이었으며, 90°C, 100°C, 110°C 처리에서 2.3~2.9 g/100 g으로 무처리와 비슷한 수준이었으며, 120°C에서 30분, 1시간, 2시간 처리 시 각각 2.7, 3.7, 4.2 g/100 g으로 처리 시간이 증가할수록 glucose 함량이 증가하였다. Sucrose 함량은 무처리가 5.2 g/100 g이었으며, 90°C, 100°C, 110°C 처리에서 5.5~6.1 g/100 g으로 무처리와 비슷한 경향이였다. 120°C에서 30분, 1시간, 2시간 처리 시 각각 6.0, 5.1, 3.5 g/100 g, 130°C에서 30분, 1시간, 2시간 처리 시 각각 3.0, 2.5, 1.7 g/100 g으로 처리 온도와 시간이 증가할수록 sucrose 함량이 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 4). Kwak 등(2008)은 홍삼 추출물에 고온처리(100°C, 110°C, 120°C)한 결과, 처리 온도가 증가할수록 fructose와 glucose 함량은 증가했으며 sucrose 함량은 감소했다고 보고하였다. 이와 같이 단수수 착즙액을 고온처리 시 fructose와 glucose 함량은 증가하고 sucrose 함량은 감소하는 경향이 일치하였다.

Fig. 4. The contents of free sugar in sweet sorghum juice at various temperatures for different heating time. Values are mean± standard deviation of three replicate measurements. Different letters above the bars indicate significantly different values calculated using one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's test ($P < 0.05$).

무기물 함량

고온처리한 단수수 착즙액의 무기물 함량을 분석한 결과, 칼륨(K) 함량은 무처리가 419.1 mg/100 g이었고 모든 처리에서 460.8~602.6 mg/100 g으로 무처리 대비 높은 함량을 나타냈지만, 처리에 따른 유의적인 경향은 없었다. 칼슘(Ca) 함량은 무처리가 18.2 mg/100 g이었고, 90°C, 100°C, 110°C, 120°C 처리에서 22.1~29.2 mg/100 g으로 무처리 대비 높은 경향을 나타냈으며, 130°C에서 30분, 1시간, 2시간 처리 시 각각 21.1, 20.5, 17.7 mg/100 g으로 처리 온도와 시간이 늘어날수록 칼슘 함량이 감소하는 경향이였다. 나트륨(Na) 함량은 무처리가 13.6 mg/100 g이었고 모든 처리에

서 9.4~19.2 mg/100 g을 나타냈으며, 처리에 따른 유의적인 경향은 나타나지 않았다. 마그네슘(Mg) 함량은 무처리가 6.6 mg/100 g이었고, 90°C, 100°C, 110°C, 120°C 처리에서 9.3~11.2 mg/100 g으로 무처리 대비 다소 높은 함량을 나타냈다. 130°C에서 30분, 1시간, 2시간 처리 시 각각 10.0, 9.5, 9.3 mg/100 g으로 처리 온도와 시간이 증가할수록 마그네슘 함량이 감소하는 경향이였다. 철(Fe) 함량은 무처리가 0.54 mg/100 g이었고, 90°C, 100°C, 110°C 처리에서 0.68~1.21 mg/100 g으로 무처리 대비 다소 높은 함량을 나타냈다. 130°C 처리에서 0.36~0.51 mg/100 g으로 무처리 대비 다소 낮은 함량을 나타냈다(Fig. 5). 홍삼 추출액

Fig. 5. The changes of mineral contents in sweet sorghum juice at various temperatures for different heating time. Values are mean±standard deviation of three replicate measurements.

Fig. 5. Continued.

의 고온처리에 따른 무기물 함량은 Fe, Ca, Mg이 감소했다고 보고했는데(Kwak 등, 2008), 130°C 이상의 고온처리한 단수수 착즙액에서 비슷한 경향을 보였다. 하지만 그 밖의 K과 Ca은 무처리 대비 높은 함량을 나타냈다.

색도

단수수 착즙액의 색도를 분석한 결과, L값(명도)은 90°C(30분, 1시간, 2시간), 100°C(30분, 1시간, 2시간) 처리에서 65.2~77.8을 나타내 무처리 54.0 대비 명도가 높아지는 경향을 나타냈다. 120°C에서 30분, 1시간, 2시간 처리 시 각각 77.2, 61.6, 41.7이었고, 130°C에서 30분, 1시간, 2시간 처리 시 64.4, 43.9, 21.7로 각 온도에서 가열 시간이 증가할수록 명도가 낮아지는 경향을 나타냈다. a값(적색도)은 90°C(30분, 1시간, 2시간), 100°C(30분, 1시간, 2시간) 처리에서 1.0~3.8을 나타내 무처리 1.6에 비해 적색도가 높아지는 경향을 나타냈다. 110°C(30분, 1시간, 2시간), 120°C(30분, 1시간, 2시간), 130°C(30분, 1시간, 2시간) 각각 온도에서 가열 시간이 증가할수록 적색도가 높아졌다. b값(황색도)은 무처리, 90°C(30분, 1시간, 2시간), 100°C(30분, 1시간, 2시간) 처리에서 45.8~52.0을 나타냈다. 110°C(30분, 1시간, 2시간) 처리에서 가열 시간이 증가할수록 b값이 증가하였다. 120°C에서 30분, 1시간, 2시간, 130°C에서 30분 처리 시 각각 67.9, 89.7, 71.6, 97.0으로 처리 온도와 시간이 늘어날수록 b값이 높아지는 경향이였다. 반면 130°C에서 1시간과 2시간 처리 시 75.3과 37.4로 가열 시간이 증가할수록 b값이 낮아지는 경향을 보였다 (Table 2). Kwak 등(2008)은 홍삼 추출물에 고온처리(100, 110, 120°C)하여 색도를 조사한 결과, L값은 무처리와 비슷했지만 a값과 b값은 처리 온도가 증가함에 따라 증가하였고 이에 100°C 이상의 고온에서 홍삼 추출물의 갈색화 반응이 진행되었다고 보고하였다. 이 결과와 마찬가지로 단수수 착즙액에서 처리 온도가 증가함에 따라 색도가 증가하였고 단수수 착즙액도 갈색화 반응이 진행되었다고 판단된다.

Table 2. Hunter color values in sweet sorghum juice at various temperatures for different heating time

Treatment		L	a	b
Temperature	Time			
Control		54.0±0.3	1.6±0.1	48.0±0.2
90°C	0.5 h	65.2±0.0	3.7±0.0	45.8±0.0
	1 h	66.2±0.2	3.6±0.1	49.2±0.1
	2 h	66.8±0.0	3.4±0.0	50.9±0.0
100°C	0.5 h	67.5±0.4	3.5±0.0	51.3±0.2
	1 h	65.5±0.2	3.8±0.0	52.0±0.0
	2 h	77.8±0.1	1.0±0.0	47.1±0.1
110°C	0.5 h	55.3±0.0	6.0±0.0	58.2±0.0
	1 h	55.5±0.1	7.2±0.0	61.8±0.0
	2 h	47.6±0.1	15.7±0.0	71.0±0.2
120°C	0.5 h	77.2±0.1	7.2±0.0	67.9±0.1
	1 h	61.6±0.1	24.3±0.0	89.7±0.1
	2 h	41.7±0.0	42.9±0.0	71.6±0.0
130°C	0.5 h	64.4±0.0	28.5±0.1	97.0±0.1
	1 h	43.9±0.1	42.6±0.0	75.3±0.2
	2 h	21.7±0.1	41.8±0.0	37.4±0.1

All data are expressed as mean±SD (n=3).

갈색도

단수수 착즙액을 고온처리하여 갈색도를 조사한 결과, 무처리 0.4, 90°C(30분, 1시간, 2시간), 100°C(30분) 처리에서 0.3~0.4로 무처리와 비슷한 수준을 나타냈다. 100°C(1시간, 2시간), 110°C(30분, 1시간, 2시간), 120°C(30분, 1시간) 처리에서 0.8~1.7을 나타내 무처리 대비 갈색도가 2~4배 정도 증가하였으며, 120°C, 2시간 처리에서 9.3으로 갈색도가 급격히 증가하였다. 130°C에서 30분, 1시간, 2시간 처리 시 각각 3.3, 7.2, 15.5로 가열 시간이 증가할수록 갈색도가 증가하였다(Table 3). 카라멜화 반응은 건조상태 당류나 고농도의 당 용액을 고온에서 가열할 때 일어나는 비효소적 갈색화 반응의 하나로 갈색의 색깔과 향기를 생성한다. 당분을 가열할 때 비효소적 갈변반응 생성물인 pyrazine, unsaturated carbonyl compounds, HMF, furfural 등이 증가하여 갈색도가 증가한다고 하였다(Schallenberger

Table 3. Changes on browning intensity at 420 nm of sweet sorghum juice at various temperatures for different heating time

Treatment		Brown color
Temperature	Time	
90°C	Control	0.4±0.0 ^{hi}
	0.5 h	0.3±0.0 ⁱ
	1 h	0.3±0.0 ⁱ
	2 h	0.4±0.1 ^{hi}
100°C	0.5 h	0.4±0.1 ^{hi}
	1 h	0.8±0.5 ^{ghi}
	2 h	0.8±0.1 ^{ghi}
110°C	0.5 h	1.7±0.4 ^e
	1 h	1.7±0.5 ^e
	2 h	1.2±0.3 ^{efg}
120°C	0.5 h	1.0±0.3 ^{fgh}
	1 h	1.5±0.1 ^{ef}
	2 h	9.3±0.2 ^b
130°C	0.5 h	3.3±0.1 ^d
	1 h	7.2±0.1 ^c
	2 h	15.5±0.2 ^a

All data are expressed as mean±SD (n=3). Different letters indicate significantly different values calculated using one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's test ($P<0.05$).

와 Birch, 1975). Choi 등(1980)은 홍삼 추출물을 100°C에서 가온하였을 때 비효소적 갈변반응 생성물이 40시간까지 급격히 증가하였고 갈색도도 증가하였다고 보고하였다. 단수수 착즙액 또한 온도와 시간을 증가했을 때 갈색도가 증가하는 것으로 보아 카라멜화 반응이 진행되었다고 예측할 수 있고 시럽의 맛과 향에 영향을 줄 것이라고 판단된다.

요 약

본 연구에서는 단수수 시럽 제조효율을 높이고 품질을 향상시키기 위해 단수수 착즙액을 고온처리하여 불순물 생성 정도를 확인하고, 고온처리에 따른 착즙액의 이화학적 특성을 분석하였다. 고온처리 후 착즙액의 불순물 함량은 110°C(2시간), 120°C(30분, 1시간) 처리에서 7.0~7.5 mg/100 g으로 가장 높게 나타났다. 120°C(2시간), 130°C(30분, 1시간, 2시간) 처리에서 가열 온도와 시간이 증가할수록 불순물 함량이 감소하였다. 착즙액의 당도는 130°C(30분, 1시간, 2시간) 처리에서 무처리 대비 당도가 낮아졌으며, pH는 온도가 높아질수록 낮아지는 경향을 보였다. 갈색도는 가열 온도와 시간이 증가할수록 증가하였다. 유리당 함량은 착즙액 가열

온도와 시간이 증가할수록 fructose와 glucose 함량이 증가하였지만, sucrose 함량은 감소하는 경향을 나타냈다. 종합해보면 단수수 착즙액을 120°C에서 30분~1시간 처리했을 때 착즙액의 불순물 제거효율이 가장 높으며, 불순물을 제거한 착즙액을 이용하여 단수수 시럽 제조 시 품질 향상에 영향을 줄 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 단수수 착즙액을 이용한 시럽제조 연구, 세부과제번호: PJ013612022020)의 지원으로 수행된 결과입니다.

REFERENCES

- Bitzer MJ, Fox JD. Processing sweet sorghum for syrup. University of Kentucky, Lexington, KY, USA. 1987. p 1-8.
- Cha YL, Park YR, Kim JK, Choi YH, Moon YH, Bark ST, et al. Optimization of fermentation condition for the ethanol production from sweet sorghum juice by *Saccharomyces cerevisiae* using response surface methodology. New & Renewable Energy. 2011. 7(4):3-9.
- Choi JH, Kim WJ, Park KD, Sung HS. Color evaluation of red ginseng extract and its changes during heat treatment. Korean J Ginseng Sci. 1980. 4:165-174.
- Choi YH, Moon YH, Ahn SH, Yoon YM, Cha YL, Koo BC, et al. Characteristics of sweet sorghum germplasm for bio-ethanol production in reclaimed soil. Kor J Crop Sci. 2012. 57:354-388.
- Kroh LW. Caramelisation in food and beverages. Food Chem. 1994. 51:373-379.
- Kwak YS, Choi KH, Kyung JS, Won JY, Rhee MH, Lee JG, et al. Effects of high temperature heating on the some physicochemical properties of Korean red ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) water extract. J Ginseng Res. 2008. 32:120-126.
- Nimbkar N, Kolekar NM, Akade JH, Rajvanshi AK. Syrup production from sweet sorghum. Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI), Phaltan, India. 2006. p 1-10.
- Pirgari E. Sweet sorghum - Natural sweetener for food. Cercetari Agronomice in Moldova. 2007. 3:57-62.
- Ratnavathi CV, Chavan UD. Sorghum syrup and other by products. In: Ratnavathi CV, Patil JV, Chavan UD, editors. Sorghum Biochemistry - An Industrial Perspective. Academic Press, Oxford, UK. 2016. p 253-310.
- Reddy BVS, Ramesh S, Reddy PS, Ramaiah B, Salimath PM, Kachapur R. Sweet sorghum - A potential alternative raw material for bio-ethanol and bio-energy. International Sorghum Millets Newsletter. 2005. 46:79-86.
- Schallenger RS, Birch GG. Sugar chemistry. AVI Publishing Co., Inc., Westport, CT, USA. 1975. p 169-178.