

국내산 사탕무로 제조한 천연당과 시판 제품과 비교 분석

박준희 · 이수원¹ · 문혜경¹ · 이원영[†]

경북대학교 이공대학 식품과학부, ¹경북대학교 상주캠퍼스 지역혁신센터

Quality Characteristics of Natural Sugars Prepared from Domestic Sugar Beet and Commercial Sugars

Joon-Hee Park, Su-Won Lee¹, Hye-Kyung Moon¹ and Won-Young Lee[†]

School of Food Sci. Nutrition, Kyungpook National University

¹Regional Innovation Center, Kyungpook National University

Abstract

This work aimed to investigate the physiochemical properties of commercial sugars (white sugar, dark brown sugar, organic sugar, and muscovado) and sugar beet. Percentages of crude protein, crude fat and crude fiber in sugar beet were 4.06, 6.36 and 0.02%, respectively, and the degrees of sugar of white sugar and sugar beet were 93° Brix and 78° Brix, respectively. L(lightness) value scores of white sugar were higher while the turbidity of sugar beet was higher. White sugar, dark brown sugar, and organic sugar were composed of only sucrose, whereas muscovad and sugar beet were composed of fructose, glucose, and sucrose. The highest organic acid content was observed in sugar beet. The contents of amino acids in sugar beet were in the following order: proline (161.23 µg/100 g) > aspartic acid (43.13 µg/100 g) > leucine (36.93 µg/100 g) > alanine (17.40 µg/100 g). There were 16 free amino acids in sugar beet. The highest mineral content was observed in sugar beet in the order of K > Ca > Na > Mg. This result indicates that sugar beet can be prepared by considering the characteristics of natural sugar materials.

Key words: commercial sugars, sugar beet, quality characteristics

1. 서론

사탕무는 *Chenopodiaceae*에 속하는 *Beta vulgaris* L. var *rapa Dumort*의 원추형의 비대한 뿌리를 말한다. 원종은 유럽의 남부해안 지중해연안 중앙아시아에 분포하는 *Beta maritima* L.이며 2000년 전부터 알려진 식물이지만 이것으로부터 서당을 추출하기는 200년 전 이래의 일이다. 특히 프랑스, 독일에서 개량되어 근부의 당 함량을 증가시켜 34%에 달한 예도 있으나 보통 16% 내외이다. 일본에서는 약 100년 전부터 북해도에서 재배되고 있다(Lee YC 등 1970).

사탕무(*Beta vulgaris* L.)는 주로 설탕의 원료를 생산하기 위하여 재배되어지고 있으며, 세계 설탕 생산량의 약 40% 정도가 사탕무에서 생산된다. 사탕무는 지상부와 근

부로 대별되며 전부를 이용할 수 있으며, 특히 근부는 온탕으로 설탕을 추출하고 찌꺼기는 가축의 사료로 이용되어지고 있다(Kim HK 등 1997).

설탕(sugar)은 보통 서당(sucrose)을 지칭하며 대부분 양념으로 음식의 식재료에 사용되거나 과일류의 천연식품에도 상당량 존재한다. 식재료로 사용되는 설탕은 열량만을 낼 뿐 그 외의 영양소는 안 들었으므로 '빈(empty) 영양소'로 불리기도 한다(Kanarek RB과 Kaufman RM 1991).

설탕은 식물계에 널리 분포되어 있으며, 자연식품의 감미를 나타내는 주요성분일 뿐만 아니라 옛날부터 벌꿀, 물엿 등과 함께 감미료로서 사용되어 왔다. 원래 설탕은 의약품, 양념, 장식재료, 방부제 기능으로 사용되었다(Chung HB와 Mintz S. 1995).

설탕은 사탕수수나 사탕무를 원료로 하는데 착즙 혹은 추출 한 후 농축하여 1차적으로 얻어지는 것이 여러 영양분과 섬유질도 같이 존재하는 원당인데 당도가 떨어질 뿐 아니라 섬유질 기타 성분이 변질하기 쉬워 원당 그대로 이용하기보다 이 원당을 세당, 정제, 결정, 분리, 건조, 포장과정을 거쳐 우리가 이용하는 백설탕, 갈색설탕, 흑설탕

[†]Corresponding author: Won-Young Lee, Department of Food & Nutrition, Kyungpook National University
Tel: 054-530-1261
Fax: 054-530-1269
E-mail: wonyoung@knu.ac.kr

탕으로 제조하여 이용한다.

세계 원당 생산량은 1억 6,000만여 톤 수준으로 주요 생산국은 EU, 인도, 브라질, 미국, 중국, 호주, 쿠바 등이다. 우리나라가 원당을 수입하는 주요 나라는 호주, 남아프리카공화국, 과테말라이며 원료의 가격과 품질에 따라 태국, 쿠바 등에서도 소량 들어오고 있다. 2004년 기준 원당 수입량은 137만 톤가량으로 이중 94만톤이 호주산이다. 2005년 기준 우리나라 국민 1인당 설탕 소비량은 26.0 kg으로 세계 평균 23.2 kg보다 높은 편이다. 2006년 기준 국내 설탕 생산량은 126만 5,125톤, 생산액은 5,914억 9,639만7,000원이었다. 2006년 설탕 출하량은 90만3,631톤, 출하액은 6,368억511만1,000원이었으며, 수출량은 31만7,056톤, 수출액은 1억4,315만7,722달러였다. 설탕 종류별 판매 현황을 살펴보면 2004년 기준 백설탕 판매량이 76만4,160톤에 달해 설탕 총 판매량의 89.2%를 차지해 절대적인 비중을 보였다. 갈색설탕이 7만5,301톤으로 백설탕의 뒤를 이었으며, 흑설탕은 1만6,724톤이 팔려 전체 설탕 판매의 2.0% 가량을 차지한 것으로 나타났다(식품유통연감 2008).

설탕이나 단 음식을 많이 섭취하게 되면 상대적으로 영양소가 풍부한 다른 식품의 섭취가 적어져 영양불균형 상태를 초래할 수도 있고 설탕으로부터 손쉽게 얻는 열량이 체지방으로 쉽게 축적되어 비만의 문제를 야기할 수도 있다. 설탕의 섭취실태에 대한 관심은 그동안 서구사회에서 많이 거론되어 왔는데, 이는 과도한 설탕 섭취가 비만(James J와 Kerr D 2005), 당뇨병(Laaksonen DE 등 2005), 치아질환(Moynihan P 2005), 과잉행동장애(Gross M 1984) 같은 많은 질병의 원인이 될 수 있다는 주장들이 제기되고 있으며, 설탕은 혈당지수(Glycemic Index : GI)와 관련성이 있다고 보고되고 있다(Jenkins DJ 1983, Wolever TM 1989).

본 연구에서는 인류가 개발한 감미료 중에서 자연에서 얻을 수 있는 가장 훌륭한 천연 감미료로서 오랫동안 식품산업에 이용되어온 설탕에 대해 최근에 이르러 소득 수준의 향상과 더불어 건강에 대한 관심이 증가함에 따라 시중에 유통되고 있는 설탕 제품과 본 실험에서 사탕무로 직접 제조한 천연당과 이화학적인 비교 실험을 통해 각 제품이 함유하고 있는 성분을 조사하고 제품의 특성을 파악하고자 한다. 상기 실험을 통하여 친환경적으로 재배된 사탕무를 이용 영양분과 섬유질 등이 그대로 함유된 제품 개발은 건강지향적인 삶을 추구하는 현대인에게 있어서 유용한 제품이 될 것으로 생각된다.

II. 재료 및 방법

1. 국내산 사탕무를 원료로 한 천연당 제조

본 실험에 사용한 사탕무는 2009년 10월경 경북 상주에서 친환경 재배로 수확 한 것을 구입하여 -25°C에 보관하

면서 시료로 사용하였다. 우선 사탕무를 세척하여 일정크기(3~5 cm)로 절단하고 사탕무 무게 대비 물을 2배 넣고 80°C에서 3시간 추출하였다. 추출액을 No. 2 여과지로 여과 후 20 °Brix로 농축한 다음 농축액 대비 석회를 10% 첨가하고 5시간 정치 후 0.45 µm 필터로 여과하여 수분을 5% 이하로 농축하였다. 이 농축액에 crystal seed 약 3%를 넣고 진공 약 60 mm bar에서 12시간 진공건조를 하여 얻은 시료를 본 실험의 재료로 사용하였다(Sun RC와 Hughes S 1999, Klein J 등 1998, Bogliolo M 등 1996).

2. 실험 재료

본 실험에 사용한 재료는 시중에서 판매되고 있는 백설탕(S사), 흑설탕(S사), 유기농 설탕(C사), 유기농 마스코바도(B사)와 2009년 10월 상주에서 생산된 사탕무를 이용하여 제조한 천연당을 비교 분석용 시료로 사용하였다.

3. 일반성분 분석

시판되고 있는 설탕과 제조한 사탕무 천연당의 일반성분 분석은 AOAC(AOAC, 1990)의 방법에 따라 측정하였다. 수분의 함량은 105°C 상압 가열 건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소 정량법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 직접 회화법, 조섬유는 Fibertec으로 측정하여 백분율로 나타내었다. 가용성 무질소물은 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 및 조섬유를 제외한 값으로 구하였다.

4. pH 및 당도 측정

pH 측정은 시료를 5 g 정확하게 칭량하여 3차 증류수 50 mL에 희석하여 3시간 침출시킨 후 Whatman No. 5로 여과하여 여과액을 이용하여 pH meter(691 pH Meter, Metrohm, Swiss)를 사용하여 측정하였다.

당도(°Brix) 측정은 시료를 5 g 정확하게 칭량하여 3차 증류수 50 mL에 희석하여 3시간 침출시킨 후 Whatman No. 5로 여과하여 여과액을 이용하여 굴절 당도계(ATAGO N-1E, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하여 평균값을 구했으며, °Brix로 표시하였다.

5. 색도 측정

색도 측정은 원료를 색차계(Spectrocolorimeter, USXE/SAV/UV-2, Hunterlab Overseas, Ltd, U.S.A)를 이용하여 명도(L-value, lightness), 적색도(a-value, redness) 및 황색도(b-value, yellowness) 값을 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 이때의 표준 백색판(L=99.11, a=0.23, b=-0.28)을 사용하였다.

6. 갈색도 및 탁도 측정

갈색도 측정은 시판되고 있는 설탕과 제조한 사탕무

천연당을 5 g 정확하게 칭량하여 3차 증류수 50 mL에 희석하여 3시간 침출시킨 후 Whatman No. 5로 여과하여 여과액을 이용하여 UV-VIS Spectrocolorimeter(Shimadzu UV-1601, Shimadzu Co, Japan)를 사용하여 420 nm에서의 흡광도를 측정하였다. 이 흡광도에 희석배수를 곱하여 나타난 수치를 색깔의 강도, 즉 갈색도의 척도로 삼았다.

탁도의 측정은 시판되고 있는 설탕과 제조한 사탕무 천연당을 5 g 정확하게 칭량하여 3차 증류수 50 mL에 희석하여 3시간 침출시킨 후 Whatman No. 5로 여과하여 여과액을 이용하여 UV-VIS Spectrocolorimeter(Shimadzu UV-1601, Shimadzu Co, Japan)를 사용하여 645 nm에서의 흡광도를 측정하여 희석배수를 곱한 값으로 하였다.

7. 유리당 분석

유리당은 Wilson과 Work방법(1981)에 따라 시료를 약 5 g씩 정확히 칭량하여 80% 에탄올용액 100 mL를 가하여 환류냉각 추출장치에 넣어 부착된 heating mantle에서 80°C, 2시간 동안 당성분을 반복 추출 후 Whatman No. 5로 여과하였다. 여과액은 hexane으로 지질을 제거하고 40°C 진공 농축 건조 후 증류수 5 mL로 정용한 다음 Sepak C₁₈를 통과시켜 0.2 µm membrane filter로 여과한 후 HPLC(Waters 2695, Waters Co., USA) 분석용 시료로 사용하였다. 이때 column은 carbohydrate column(ID 3.96×300 mm, Waters Co., USA)을 사용하였으며, column oven 온도는 35°C, mobile phase는 75% acetonitrile, flow rate는 1.4 mL/min, 시료주입량은 10 µL의 조건으로 Refractive Index(RI) detector(Waters 2414, Waters Co., USA)에서 검출하였다. 표준품은 xylose, fructose, glucose, sucrose, maltose 및 lactose(Sigma, U.S.A)를 일정량씩 혼합하여 증류수에 녹여 표준용액으로 사용하였다. 표준품과 시료의 당 성분은 머무른 시간(t_R)을 직접 비교하여 확인하였고 각 표준품의 검량곡선을 작성하여 peak의 면적으로 개별 당 성분의 함량을 산출하였다.

8. 유기산 분석

유기산은 Wilson과 Work방법(1981)에 따라 시료 5 g에 80% 에탄올용액 100 mL를 가하여 환류냉각기가 부착된 heating mantle에서 80°C, 2시간 반복추출 후 Whatman No. 5로 여과하였다. 여과액은 hexane으로 지질을 제거하고 40°C 진공 농축 건조 후 증류수 5 mL로 정용한 다음 고분자 물질과 색소를 제거하기 위하여 Sepak C₁₈ cartridge 및 0.2 µm membrane filter로 여과한 후 HPLC(Waters 2695, Waters Co., USA)로 분석하였다. 이때 column은 YMC-pack ODS-AQ(YMC Co. 4.6×250 mm)를 사용하였으며, column 온도는 상온에서 분석하였고, mobile phase은 100 mM phosphate buffer, flow rate은 0.7 mL/

min, 검출기는 photodiode array(PDA) detector(Waters 2996, Waters Co., USA)로 분석하였다. 표준품은 oxalic acid, citric acid, tartaric acid, malic acid, acetic acid, succinic acid 및 lactic acid(Sigma, U.S.A)를 일정량씩 혼합하여 증류수에 녹여 표준용액으로 사용하였다. 표준품과 시료의 유기산 성분은 머무른 시간(t_R)을 직접 비교하여 확인하였고 각 표준품의 검량곡선을 작성하여 peak의 면적으로 개별 유기산성분의 함량을 산출하였다.

9. 구성 아미노산 함량 측정

구성아미노산 함량을 측정은 Kim 등의 방법(2009)에 따라 분석하였다. 시료를 약 1 g씩 정확히 칭량하여 test tube에 넣고 6N HCl 용액을 10 mL가하여 약 1분간 질소 가스로 충전 시켜 밀봉 후 110°C dry oven에서 24시간 가수분해 시킨 다음 실온에서 냉각한 후 45°C Water bath에서 감압농축한 후 0.2 M sodium citrate buffer(pH 2.2)용액 5 mL로 정용하고, Sepak C₁₈ 처리한 후 0.45 µm membrane filter로 여과하여 Automatic amino acid analyzer (Biochrom-30, Amersham Pharmacia Biotech, UK)로 분석하였다. 이때 column은 Na form column으로 분석하였고 flow rate(mL/h)는 buffer 20, ninhydrin 20이었으며, injection volume은 40 µL이었다. 표준품은 구성아미노산 18종으로 이루어진 AA-S-18(Sigma, U.S.A)을 녹여 표준용액으로 사용하였다.

10. 유리 아미노산 함량 측정

유리 아미노산을 분석하기 위해 시료를 약 1 g씩 정확히 칭량하여 삼각플라스크에 넣고 80% ETOH 용액을 100 mL 가하여 약 24시간 진탕추출하고, 그 추출물을 감압여과하여, 45°C Water bath에서 감압농축한 후 0.2 M lithium citrate buffer(pH 2.2)용액 5 mL로 정용하고, Sepak C₁₈ 처리한 후 0.45 µm membrane filter로 여과하여 Automatic amino acid analyzer(Biochrom-30, Amersham Pharmacia Biotech, UK)로 분석하였다(Oh SL 등 1990). 이때 column은 Li form column으로 분석하였고 flow rate(mL/h)는 buffer 20, ninhydrin 20이었으며, injection volume은 40 µL이었다. 표준품은 유리아미노산 27종으로 이루어진 A6407(Sigma, U.S.A)과 유리아미노산 14종으로 이루어진 A6282(Sigma, U.S.A) 일정량씩 혼합액을 녹여 표준용액으로 사용하였다.

11. 무기질 함량 측정

무기질 함량 측정은 AOAC법(1995)에 따라 정량하였다. 즉 시료 10 g에 질산을 가한 후 실온에서 12시간 이상 방치 후 100°C에서 24시간 이상을 가열하여 노란색의 맑은 용액이 될 때까지 실시하고 반응이 끝나면 다시 질

Table 1. Proximate composition of commercial sugars and sugar beet (unit : %)

Item	White sugar	Dark brown sugar	Organic sugar	Muscovado	Sugar beet
Moisture	0.45±0.05 ^{d1)}	1.35±0.11 ^b	0.45±0.05 ^d	0.88±0.09 ^c	4.77±0.03 ^a
Crude protein	ND ²⁾	ND	ND	ND	4.06±0.17
Crude fat	ND	ND	ND	ND	ND
Crude ash	ND	ND	ND	ND	6.36±0.45
Crude fiber	ND	ND	ND	ND	0.02±0.01
Carbohydrate	99.55±0.05 ^a	98.65±0.11 ^b	99.55±0.05 ^a	99.12±0.09 ^a	84.60±0.52 ^c

¹⁾ Values are the mean±standard deviation of triplicate experiments.

²⁾ ND, Not detected.

^{a-d} Means with different superscripts within a column indicate significant differences ($\alpha=0.05$).

산을 넣고 산이 완전히 증발할 때까지 재 반응시켜 유기질을 제거하였다. 유기질 제거 후 0.2 N 질산용액을 20 mL 가하여 24시간 재 용출시킨 시료 용액을 0.45 µm membrane filter로 여과하여 50 mL volumetric flask로 정용한 후 분석용액으로 하였다. Ca, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Zn 등은 ICP(Inductively Coupled Plasma, IRis Intrepid, Thermo Elemental Co., UK)로 A_{393.366(85)}, A_{228.616(147)}, A_{324.754(103)}, A_{259.940(129)}, A_{766.491(44)}, A_{285.213(117)}, A_{257.610(130)}, A_{202.030(166)}, A_{588.995(57)}, A_{213.856(157)}에서 각각 분석하였다. 분석조건은 approximate RF power가 1,150w이며, analysis pump rate는 100 rpm, nebulizer pressure와 observation height는 각각 20 psi 및 15 mm로 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 일반성분

시판매되는 각 종류별 설탕과 본 실험에서 제조한 사탕무 천연당의 분석 결과 수분 함량은 사탕무 천연당이 4.77±0.03%으로 가장 높았고 백설탕과 유기농 설탕이 0.45±0.05%로 가장 낮은 값을 나타내었다. 이는 재료의 식품학적 차이와 제조공정에 기인한다고 판단된다. Mesbahi 등(2005)의 연구에 따르면 beet pectin의 일반성분 중 수분은 2.01%, 조회분은 4.91%, 조단백질은 5.20%로 보고하였는데 이는 본 실험과는 상이한 결과를 나타냈는데 이는 제조방법의 차이와 실험 재료의 차이에 기인한 것으로 생각된다. 조단백질은 사탕무 천연당에서 유일하게 4.06±0.17% 함유되어 있었으며 시판 제품은 함유하고 있지 않은 것으로 나타났다. 조지방은 사탕무 천연당과 시

판제품 모두에서 함유하고 있지 않은 것으로 나타났으며, 조회분, 조섬유에 있어서 사탕무 천연당만이 유일하게 각각 6.36±0.45%, 0.02±0.01%의 값을 나타내었고 시판 제품에서는 함유하지 않은 것으로 나타났다. 탄수화물은 백설탕, 유기농 설탕이 99.55±0.05%로 가장 높은 값을 나타내었다(Table 1). 특히 조단백질과 조지방 및 조회분은 다른 당에 비하여 사탕무 천연당에만 함유하는 것은 사탕무는 지상부와 근부 모두 이용할 수 있는 이점과 본 실험에서 사용된 사탕무는 시중의 설탕과 제조 방법의 차이점에 기인한다고 판단하다.

2. pH 및 당도

pH 측정 결과는 백설탕이 7.57±0.01로 가장 높은 값을 나타내었고, 흑설탕은 4.81±0.01로 가장 낮은 값을 나타내었으며 국내산 사탕무로 제조한 천연당은 6.61±0.01을 나타내어 각 시료간의 유의적인 차이를 나타내었다.

당도 측정 결과 백설탕이 93.00±0.00 °Brix으로 가장 높았고, 그 다음이 흑설탕 92.67±0.58 °Brix, 유기농설탕 91.33±0.58 °Brix, 마스코바도 89.33±0.58 °Brix 순으로 나타났으며, 국내산 사탕무로 제조한 천연당이 78.00±0.00 °Brix으로 가장 낮은 값을 나타내어 시중 판매 설탕과 국내산 사탕무 천연당과는 유의적인 차이를 나타내었다(Table 2). 이와 같은 결과에서 몸 안에 즉시 에너지원으로 변하는 당이지만 백설탕의 경우 약 99%가 자당(sucrose)이지만 흑설탕은 약 80%가 자당(sucrose)이며 나머지 20%는 mineral과 vitamin류를 함유하고 있는 당의 구성성분의 특성과 관계 된다고 판단되며 특히 국내산 사탕무는 당 이외에 더 많은 영양소들의 구성 비율이 높았기 때문이라 사료된다.

Table 2. pH and °Brix of commercial sugars and sugar beet

Item	White sugar	Dark brown sugar	Organic sugar	Muscovado	Sugar beet
pH	7.57±0.01 ^{a1)}	4.81±0.01 ^c	5.44±0.01 ^c	4.93±0.00 ^d	6.61±0.01 ^b
°Brix	93.00±0.00 ^a	92.67±0.58 ^a	91.33±0.58 ^b	89.33±0.58 ^c	78.00±0.00 ^d

¹⁾ Values are the mean±standard deviation of triplicate experiments.

^{a-e} Means with different superscripts within a column indicate significant differences ($\alpha=0.05$).

Table 3. Hunter color values of commercial sugars and sugar beet

Color	White sugar	Dark brown sugar	Organic sugar	Muscovado	Sugar beet
L*	91.06±0.29 ^{a1)}	76.45±0.98 ^c	90.76±0.22 ^a	82.91±0.07 ^b	57.10±0.22 ^d
a*	-0.28±0.87 ^c	2.14±0.45 ^b	-0.85±0.03 ^{cd}	-1.67±0.06 ^d	16.79±1.01 ^a
b*	1.67±0.29 ^d	38.90±1.64 ^b	1.96±0.03 ^d	23.36±0.26 ^c	52.05±1.70 ^a

*L: lightness (100, white ; 0, black), a: redness (-, green ; +, red), b: yellowness (-, blue; +, yellow)

¹⁾ Values are mean±standard deviation of triplicate experiments.

^{a-d} Means with different superscripts within a column indicate significant differences ($\alpha=0.05$).

Table 4. Brown Color and turbidity of commercial sugar and sugar beet

Color	White sugar	Dark brown sugar	Organic sugar	Muscovado	Sugar beet
Brown color	0.01±0.002 ^{e1)}	1.63±0.004 ^b	0.03±0.004 ^d	0.88±0.005 ^c	2.45±0.002 ^a
Turbidity	0.00±0.00 ^c	0.15±0.004 ^b	0.01±0.002 ^d	0.13±0.004 ^c	0.25±0.005 ^a

¹⁾ Values are the mean±standard deviation of triplicate experiments.

^{a-e} Means with different superscripts within a column indicate significant differences ($\alpha=0.05$).

3. 색도

L값은 백설탕이 91.06±0.29으로 가장 높은 값을 나타내었고 유기농 설탕이 90.76±0.22, 마스코바도가 82.91±0.07, 흑설탕 76.45±0.98 순으로 나타났고, 국내산 사탕무로 제조한 천연당은 57.10±0.22으로 가장 낮은 값을 나타내어 각 시료간의 유의적인 차이를 나타내었다.

a값은 국내산 사탕무로 제조한 천연당이 16.79±1.01로 가장 높은 값을 흑설탕이 2.14±0.45로 높은 값을 나타내었고, 마스코바도가 -1.67로 가장 낮은 값을 나타내었다. b값은 국내산 사탕무로 제조한 천연당이 52.05±1.70로 가장 높은 값을, 시중에 판매되는 설탕 중에서는 흑설탕이 38.90±1.64으로 가장 높은 값을 보였고, 흰설탕이 1.67±0.29로 가장 낮은 값을 나타내었으며 각 시료간의 유의적인 차이를 나타내었다(Table 3). 이와 같은 결과로부터 각 시료의 제조 공정이나 식품학적 구성 비율의 차이가 색상(L, a, b값)의 차이를 나타냈다고 판단된다.

4. 갈색도 및 탁도

갈색도는 백설탕이 0.01±0.02로 가장 낮은 값을 나타내

고 있었고, 국내산 사탕무 천연당이 2.45±0.02로 가장 높은 값을 나타내었다. 시중에서 판매되는 설탕에서는 흑설탕이 1.63±0.004로 가장 높은 값을 보였다.

탁도는 국내산 사탕무 천연당이 0.25±0.005로 가장 높은 값을 보였고, 흑설탕이 0.15±0.004, 마스코바도 0.13±0.004, 유기농설탕 0.01±0.002 순으로 나타났고, 백설탕이 0으로 가장 낮은 값을 나타내었다(Table 4). 갈색도와 탁도의 관계는 각 시료가 함유하고 있는 영양학적 식품 구성 성분의 차이가 가장 많이 기인했다고 판단된다.

5. 유리당 함량

백설탕, 흑설탕, 유기농설탕의 유리당 분석 결과 유일하게 sucrose만이 함유되어 있는 것으로 나타났으며, 마스코바도, 사탕무 천연당은 fructose, glucose, sucrose가 함유되어 있는 것으로 나타났다.

마스코바도, 사탕무 천연당의 fructose 함량은 각각 1.31 g/100 g과 1.60 g/100 g이었고, glucose 함량은 각각 4.79 g/100 g, 4.04 g/100 g이었다. Levigne 등(2002)의 연구결과에 따르면 fresh sugar beet에서 xylose 11 mg/g, glucose

Table 5. Free sugar content of commercial sugar and sugar beet

(unit : g/100 g)

Free sugar	White sugar	Dark brown sugar	Organic sugar	Muscovado	Sugar beet
Xylose	ND ¹⁾	ND	ND	ND	ND
Fructose	ND	ND	ND	1.31±0.09 ¹⁾	1.60±0.07
Glucose	ND	ND	ND	4.79±0.12	4.04±0.15
Sucrose	99.81±1.21 ^{a2)}	99.49±1.09 ^b	96.13±1.79 ^c	89.00±1.56 ^d	66.90±1.01 ^e
Maltose	ND	ND	ND	ND	ND
Lactose	ND	ND	ND	ND	ND

¹⁾ ND, Not detected.

²⁾ Values are the mean±standard deviation of duplicate experiments.

^{a-e} Means with different superscripts within a column indicate significant differences ($\alpha=0.05$).

188 mg/g의 함량을 보고하였는데 본 실험의 유리당 함량 조성과는 상이한 결과를 나타내었다. 이는 제조방법과 실험재료의 차이에 의한 것으로 생각된다.

Sucrose는 백설탕이 99.81 g/100 g으로 가장 많이 함유되어 있었고, 흑설탕이 99.49 g/100 g, 유기농설탕 96.13 g/100 g, 마스코바도 89.00 g/100 g, 국내산 사탕무 천연당이 66.90 g/100 g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다(Table 5). 이와 같은 결과로부터 당의 구성면에서 백설탕, 흑설탕, 유기농설탕은 sucrose가 당을 결정하는 지표인 동시에 유일하게 함유한 당이지만 마스코바도나 사탕무 천연당은 sucrose외에 glucose와 fructose가 함유된 것은 그 원료

및 재배조건 등의 차이점에 기인한다고 판단된다.

6. 유기산 함량

유기산 분석결과 백설탕과 유기농 설탕의 경우 유기산을 함유하고 있지 않은 것으로 나타났고, 흑설탕의 경우 oxalic acid, acetic acid, succinic acid가 각각 0.67 mg/100 g, 0.02 mg/100 g, 0.08 mg/100 g으로 미량 함유되어 있는 것으로 나타났다. 마스코바도는 acetic acid와 succinic acid가 각각 0.06 mg/100 g, 0.19 mg/100 g으로 미량 함유되어 있었고, 사탕무 천연당은 대조구에 비해 함유하고 있는 유기산의 종류는 oxalic acid, lactic acid, acetic acid,

Table 6. Organic acid contents of commercial sugar and sugar beet (unit : mg/100 g)

Organic acid	White sugar	Dark brown sugar	Organic sugar	Muscovado	Sugar beet
Oxalic acid	ND ¹⁾	0.67±0.01 ²⁾	ND	ND	3.27±0.25
Tartaric acid	ND	ND	ND	ND	ND
Malic acid	ND	ND	ND	ND	ND
Lactic acid	ND	ND	ND	ND	0.26
Acetic acid	ND	0.02	ND	0.06	0.19
Citric acid	ND	ND	ND	ND	2.85±0.08
Succinic acid	ND	0.08±0.002	ND	0.19±0.01	0.21±0.01

¹⁾ ND, Not detected.

²⁾ Values are the mean±standard deviation of duplicate experiments.

Table 7. Amino acid content of commercial sugars and sugar beet (unit : ug/100 g)

Amino acid	White sugar	Dark brown sugar	Organic sugar	Muscovado	Sugar beet
Aspartic acid	ND ¹⁾	6.89 ²⁾	6.12	9.48	43.13
Threonine	ND	ND	ND	ND	9.62
Serine	ND	ND	ND	ND	14.22
Glutamic acid	ND	ND	ND	ND	123.42
Proline	ND	ND	ND	ND	161.28
Glycine	ND	ND	ND	ND	6.21
Alanine	ND	ND	ND	ND	17.40
Cysteine	ND	ND	ND	ND	12.32
Valine	ND	ND	ND	ND	12.13
Methionine	ND	ND	ND	ND	ND
Isoleucine	ND	ND	ND	ND	15.61
Leucine	ND	ND	ND	ND	36.93
Tyrosine	ND	ND	ND	ND	ND
Phenylalanine	ND	ND	ND	ND	9.91
Histidine	ND	ND	ND	ND	ND
Lysine	12.03	ND	13.05	10.56	13.67
Ammonium chloride	130.07	140.36	137.86	118.47	179.87
Arginine	ND	ND	ND	ND	ND
Total	13.030	6.89	19.17	20.04	475.85

¹⁾ ND, Not detected.

²⁾ Values are the mean deviation of duplicate experiments.

Table 8. Free amino acid content of commercial sugar and sugar beet (unit : ug/100 g)

Amino acid	White sugar	Dark brown sugar	Organic sugar	Muscovado	Sugar beet
O-Phospho-L-serine	ND ¹⁾	ND	ND	ND	ND
Taurine	ND	ND	ND	ND	ND
O-PhosphoEthanolAmine	ND	ND	ND	ND	ND
Urea	ND	ND	ND	ND	81.57 ²⁾
L-Asprtic acid	ND	ND	ND	ND	ND
Hydroxy-L-proline	ND	ND	ND	ND	ND
L-Threonine	ND	ND	ND	ND	34.21
L-Serine	ND	ND	ND	ND	83.00
L-Aspargine	ND	ND	ND	ND	93.06
L-Glutamic acid	ND	ND	ND	ND	80.57
L-Sarcosine	ND	ND	ND	ND	ND
L-a-Aminoadipic acid	ND	ND	ND	ND	ND
L-Proline	ND	ND	ND	ND	ND
Glycine	ND	ND	ND	ND	16.96
L-Alanine	ND	ND	ND	ND	126.91
L-Citrulline	ND	ND	ND	ND	ND
L-a-Amino-n-butyric acid	ND	ND	ND	ND	ND
L-Valine	ND	ND	ND	ND	77.29
L-Cystine	ND	ND	ND	ND	ND
L_Methionine	ND	ND	ND	ND	ND
Cystathionine	ND	ND	ND	ND	ND
L-Isoleucine	ND	ND	ND	ND	88.76
L-Leucine	ND	ND	ND	ND	70.16
L-Tyrosine	ND	ND	ND	ND	42.17
B-Alanine	ND	ND	ND	ND	ND
L-Phenylalanine	ND	ND	ND	ND	21.39
D,L-B-Aminoisobutyric acid	ND	ND	ND	ND	ND
L-Homocystine	ND	ND	ND	ND	ND
r-Amino-n-butyric acid	ND	ND	ND	ND	60.75
Ethanolamin	21.97	24.87	23.81	24.08	27.70
Ammonium Chloride	ND	ND	ND	ND	11.33
Hydroxylysine	ND	ND	ND	ND	ND
L-Ornithine	ND	ND	ND	ND	ND
L-Lysine	ND	ND	ND	ND	ND
1-Methyl-L-histidine	ND	ND	ND	ND	ND
L-Histidine	ND	ND	ND	ND	9.62
L-Tryptophan	ND	ND	ND	ND	ND
3-Methyl-L-histidine	ND	ND	ND	ND	ND
L-Anserine	ND	ND	ND	ND	ND
L-Carnosine	ND	ND	ND	ND	ND
L-Arginine	ND	ND	ND	ND	ND
Total	22.97	24.87	23.81	24.08	925.45

¹⁾ ND, Not detected.

²⁾ Values are the mean deviation of duplicate experiments.

citric acid, succinic acid 등으로 종류가 가장 많았으며 그 함량도 월등히 높은 것으로 나타났다. 가장 많이 함유하고 있는 것은 oxalic acid로 3.27 mg/100 g이었고 다음은 citric acid가 2.85 mg/100 g, lactic acid가 0.26 mg/100 g 순으로 많이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 유기산 함량 분석결과 사탕무 천연당이 시판되고 있는 설탕에 비해 종류와 함량이 월등히 많은 유기산을 함유하는 것으로 나타났다(Table 6). 백설탕과 흑설탕의 경우 유기산이 전혀 나타나지 않은 것은 그 원료와 제조공정에 기인한다고 사료되며 특히 사탕무 천연당의 경우 oxalic acid, lactic acid, citric acid 등의 산을 함유한 것은 새로운 당의 이용에 의의가 있다고 판단된다.

7. 구성아미노산 함량

구성아미노산 분석결과 백설탕의 경우 유일하게 lysine만이 검출되었으며 그 함량은 12.03 µg/100 g이었고, 흑설탕은 유일하게 aspartic acid만이 검출되고 6.89 µg/100 g 함유하고 있는 것으로 나타났다.

유기농 설탕과 마스코바도의 경우 aspartic acid, lysine만이 함유되어 있는 것으로 나타났으며 그 함량은 aspartic acid가 각각 6.12 µg/100 g, 9.48 µg/100 g이고, lysine이 각각 13.05 µg/100 g, 10.56 µg/100 g 이었다.

국내산 사탕무 천연당의 경우는 다양한 구성아미노산을 함유하고 있는 것으로 나타났으며 proline 161.28 µg/100 g, glutamic acid 123.42 µg/100 g, aspartic acid 43.13 µg/100 g, leucine 36.93 µg/100 g, alanine 17.40 µg/100 g 순으로 함유되어 있는 것으로 나타났다(Table 7). 이는 유기산과 같은 경향으로 여러 구성 아미노산은 백설탕, 흑설탕, 유기농 설탕, 마스코바도 등에서는 거의 함유되지 않고 사탕무 천연당에서만 함유된 것은 재배조건이나 제조방법 등의 차이에서 기인한다고 판단된다.

8. 유리아미노산 함량

시중에 판매되고 있는 백설탕, 흑설탕, 유기농설탕, 마스코바도에서 함유되어 있는 유리아미노산은 유일하게 ethanolamin만이 검출되었으며 사탕무 천연당의 경우는 약 16종의 유리아미노산을 함유하고 있는 것으로 나타났다.

Ethanolamin은 사탕무 천연당이 27.70 µg/100 g으로 가장 많은 함량을 보였고, 흑설탕이 24.87 µg/100 g, 마스코바도 24.08 µg/100 g, 유기농 설탕 23.81 µg/100 g, 백설탕이 21.97 µg/100 g으로 설탕의 종류에 따라 약간의 차이를 보였지만 거의 비슷한 함량을 나타내었다.

사탕무 천연당이 함유하고 있는 유리아미노산의 함량을 살펴보면 alanine이 126.91 µg/100 g으로 가장 많은 함량을 보였고, asparagine 93.06 µg/100 g, isoleucine 88.75 µg/100 g, serine 83.00 µg/100 g순으로 함유되어 있는 것으로 나타났다(Table 8). 이는 구성아미노산과 거의 유사한 경향을 나타내고 있다.

9. 무기질 함량

무기질 Ca 함량에 있어서 사탕무 천연당이 2565.99 mg/kg으로 가장 높은 값을 나타내고 있었으며 백설탕이 17.40 mg/kg으로 가장 낮은 값을 나타내고 있었다. Na, K 함량에 있어서 백설탕이 각각 13.30 mg/kg, 20.97 mg/kg로 가장 낮은 값을 나타내고 있었으며 사탕무 천연당이 각각 2015.62 mg/kg, 10032.23 mg/kg로 가장 높은 값을 나타내고 있었다. Co, Cu, Mo의 경우는 사탕무 천연당과 시중에서 판매되고 있는 설탕에서 모두 미량 함유되어 있는 것으로 나타났고, 전반적으로 사탕무 천연당의 무기질 함량이 시중에서 판매되고 있는 설탕보다 많이 함유되어 있는 것으로 나타났으며 유일하게 Fe의 함량만이 마스코바도가 23.79 mg/kg의 함량으로 사탕무 천연당 12.3726 mg/kg보다 높은 값을 나타내었다. 사탕무 천연당이 다른

Table 9. Mineral contents of commercial sugar and sugar beet

(unit : mg/kg)

Element	White sugar	Dark brown sugar	Organic sugar	Muscovado	Sugar beet
Ca	17.40±0.09 ¹⁾	142.11±1.02 ^b	109.39±2.10 ^d	139.76±1.04 ^c	2565.99±1.12 ^a
Co	0.06±0.002 ^c	0.07±0.004 ^b	0.02±0.001 ^e	0.04±0.003 ^d	0.10±0.003 ^a
Cu	0.46±0.02 ^c	1.87±0.10 ^a	0.29±0.01 ^d	0.46±0.04 ^c	1.31±0.07 ^b
Fe	11.21±0.77 ^d	14.06±0.69 ^b	10.34±0.66 ^c	23.79±0.48 ^a	12.37±0.29 ^c
K	20.97±0.78 ^c	147.06±1.56 ^b	96.65±0.99 ^c	58.45±0.70 ^d	10032.15±1.51 ^a
Mg	2.09±0.10 ^c	53.88±1.69 ^b	4.92±0.27 ^d	37.50±0.80 ^c	409.64±1.72 ^a
Mn	0.18±0.01 ^d	0.95±0.03 ^c	0.17±0.002 ^e	1.67±0.05 ^b	3.20±0.26 ^a
Mo	0.35±0.03 ^b	0.22±0.003 ^c	0.18±0.001 ^d	0.22±0.004 ^c	0.77±0.05 ^a
Na	13.30±0.42 ^c	74.09±1.08 ^b	33.44±1.09 ^c	28.27±1.05 ^d	2015.62±0.85 ^a
Zn	0.62±0.03 ^c	0.96±0.08 ^c	1.47±0.10 ^b	0.74±0.06 ^d	6.80±1.14 ^a

¹⁾ Values are the mean±standard deviation of triplicate experiments.

^{a-e} Means with different superscripts within a column indicate significant differences ($\alpha=0.05$).

구간 보다 월등히 많은 무기질 함량을 보여주고 있는데 그 함량 순서는 $K > Ca > Na > Mg$ 순이었다(Table 9). 이와 같은 결과로 부터 사탕무 천연당은 다른 시료와 비교해 볼 때 Ca은 약 18~151배, K은 약 68~509배, Mg은 약 7~204배, Na은 약 27~155배, Zn은 약 5~11배 정도로 높은 것은 재배시 재배환경 조건에 의한 생리적 문제에 기인되었다고 판단된다.

IV. 요약 및 결론

시판 설탕류(백설탕, 흑설탕, 유기농설탕, 마스코바도)와 본 실험실에서 제조한 사탕무 천연당의 이화학적 특성을 분석하였다. 조단백질, 조회분, 조섬유는 사탕무 천연당에 만 $4.06 \pm 0.17\%$, $6.36 \pm 0.45\%$, $0.02 \pm 0.01\%$ 각각 함유되어 있었으며 다른 설탕류에는 함유되어 있지 않았고, 조지방은 모든 실험군에서 함유되어 있지 않았다. 당도는 백설탕이 93 ± 00 °Brix으로 가장 높았고 사탕무 천연당이 78.00 ± 0.00 °Brix로 가장 낮은 값을 나타내었다. 색도 L값은 백설탕이 91.06 ± 0.29 , a값, b값은 사탕무 천연당이 각각 16.79 ± 1.01 , 52.05 ± 1.70 로 가장 높은 값을 나타내었다. 탁도는 백설탕이 0로 가장 낮은 값을 사탕무 천연당이 0.25 ± 0.005 로 가장 높은 값을 나타내었다. 유리당은 백설탕, 흑설탕, 유기농 설탕에 sucrose만 함유되어 있는 것으로 나타났다. 마스코바도, 사탕무 천연당은 fructose, glucose, sucrose가 함유되어 있는 것으로 나타났다. 유기산 함량은 사탕무 천연당이 다른 설탕류에 비해 월등히 많은 유기산을 함유하는 것으로 나타났다. 사탕무 천연당의 구성아미노산은 proline $161.28 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, glutamic acid $123.42 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, aspartic acid $43.13 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, leucine $36.93 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, alanine $17.40 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 순으로 함유되어 있는 것으로 나타났다. 백설탕, 흑설탕, 유기농설탕, 마스코바도의 유리아미노산은 유일하게 ethanolamin 만이 검출되었으며 사탕무 천연당의 경우는 약 16종의 유리아미노산을 함유하고 있는 것으로 나타났다. 무기질 중 Ca, K, Mg, Na, Zn의 경우 사탕무 천연당이 다른 설탕류에 비해서 11.3~155.0배가 높았으며, 시판 설탕보다 월등히 많은 함량을 보여주고 있는데 그 함량 순서는 $K > Ca > Na > Mg$ 순이었다. 이상의 결과에서 정제와 비정제 제품과의 성분 함량 차이가 뚜렷이 나타나는 것을 볼 수 있었으며, 본 실험에서 직접 제조한 사탕무 천연당이 현대인이 지향하는 자연적인 제품이라 생각된다.

V. 사 사

이 논문은 2009년도 경북대학교 연구교수 연구비에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- 식품유통연감. 2008. 식품저널, 서울. pp 414-420
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC USA. pp 777-784
- AOAC. 1995. Official methods of analysis. 16th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC USA. pp 69-74
- Bogliolo M, Bottino A, Capannelli G, Petro MD, Servida A, Pezzi G, Vallini G. 1996. Clean water recycle in sugar extraction process : Performance analysis of reverse osmosis in the treatment of sugar beet press water. Desalination 108:261-271
- Chung HB, Mintz S. 1995. Sweetness and power : The place of sugar in modern history. J. History 147:389-399
- Gross M. 1984. Effects of sucrose on hyperkinetic children. Pediatrics 74(5):876-878
- James J. Kerr D. 2005. Prevention of childhood obesity by reducing soft drinks. Int J Obes 29(S2):S54-S57
- Jenkins DJ, Wong GS, Patten R, Bird J, Hall M, Buckley GC, McGuire V, Reichert R, Little JA. 1983. Leguminous seeds in the dietary management of hyperlipidemia. Am J Clin Nutr 38(4):567-573
- Kanarek RB, Kaufman RM. 1991. Nutrition and Behavior. Von Nostrand Reinhold, NY. pp 169-18
- Kim HK, Kim DH, Chung DS, Park HJ. 1997. Changes of callus induction, betacyanins and protein contents from cotyledons of sugar beet(*Beta vulgaris* L.). Korean J Life Sci. 7(4): 270-275
- Kim HS, Park JW, Lee YJ, Shin GW, Park IB, Jo YC. 2009. The amino acid content and antioxidant activities of glasswort (*Salicornia herbacea* L.). Korean J Food Preserv 16(3): 427-434
- Klein J, Altenbuchner J, Mattes R. 1998. Nucleic acid and protein elimination during the sugar manufacturing process of conventional and transgenic sugar beets. J Biotechnology 60:145-153
- Laaksonen DE, Toppinen LK, Juntunen KS, Autio K, Liukkonen KH, Poutanen KS, Niskanen L, Mykkanen HM. 2005. Dietary carbohydrate modification enhances insulin secretion in persons with the metabolic syndrome. Am J Clin Nutr 82(6):1218-1227
- Lee YC, Park CJ, Kim DH. 1970. On the trial cultivation of *Beta vulgaris* L. and its sugar contents. Kor J Pharmacog 1(2): 29-30
- Levigne S, Ralet MC, Thibault JF. 2002. Characterisation of pectins extracted from fresh sugar beet under different conditions using an experimental design. Carbohydrate Polymers 49:145-153
- Mesbahi G, Jamaljan J, Farahnaky A. 2005. A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. Food Hydrocolloids 19:731-738

- Moynihan P. 2005. The interrelationship between diet and oral health. *Proc Nutr Soc* 64(4):571-580
- Oh SL, Kim SS, Min BY, Chung DH. 1990. Composition of free sugars, free amino acids, non-volatile organic acids and tannins in the extracts of *L. chinensis* M., *A. acutiloba* K., *S. chinensis* B. and *A. sessiliflorum* S. *Korean J Food Sci Technol* 22(1):76-81
- Sun RC, Hughes S. 1999. Fractional isolation and physicochemical characterization of alkali-soluble polysaccharides from sugar beet pulp. *Carbohydrate Polymers* 38:273-281
- Wilson AM, Work TM. 1981. HPLC determination of fructose, glucose and sucrose in potato. *J Food Sci* 46:300-301
- Wolever TM. 1989. How important is prediction of glycemic response. *Diabetes Care* 12(8):591-603

2010년 10월 11일 접수; 2010년 10월 11일 심사(수정); 2010년 10월 11일 채택