

주스착즙 방식에 따른 당근 주스의 품질 특성 변화

박혜정¹ · 김지윤¹ · 이송민¹ · 김희숙¹ · 이상현² · 이문현¹ · 장정수^{1,*}

¹(주)엔젤 식품연구소, ²신라대학교 바이오산업학부 제약공학전공

Effect of extraction method on quality characteristics of the carrot juice

Hye-Jung Park¹, Ji-Youn Kim¹, Song Min Lee¹, Hee Sook Kim¹, Sang-Hyeon Lee²,
Mun Hyon Lee¹, and Jeong Su Jang^{1,*}

¹Food Research Center, Angel Co., Ltd.

²Major in Pharmaceutical Engineering, Division of Bioindustry, Silla University

Abstract This study aimed to compare the quality characteristics of carrot juice based on different extraction methods such as centrifugation, single gear, and twin gear methods. Juice quality was evaluated based on extraction yield, nutritional components, and cloud stability. Twin gear extraction resulted in the highest extraction yield, and the highest mineral content. In addition, β -carotene level higher than the recommended daily intake was obtained only in the carrot juice prepared using twin gear extraction of 100 g carrots. The minimum particle size was observed in twin gear extraction, followed by single gear extraction and centrifugation method. Therefore, twin gear extraction was selected as the optimal method, and changes in the antioxidant and metabolic activity of carrot juice were investigated using this method. Consequently, the carrot juice showed a higher lipid peroxidation inhibition rate than α -tocopherol (1 mg/mL), and angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory activity was increased upon digestion.

Keywords: juicer, carrot, extraction method, cloud stability, *in vitro* digestion

서 론

최근 건강에 대한 사람들의 관심이 증대됨에 따라 육류 및 지방, 정제 가공식품, 식품첨가물 등과 같은 서구화된 식품관보다는 신선한 채소 및 과일과 같은 식물성 식품에 대한 수요가 점차 늘어나고 있다(Aguiló-Aguayo 등, 2014). 신선한 과채류는 비타민, 미네랄, 섬유소, 효소 등과 같은 다양한 영양성분들을 다량으로 함유하고 있어 질병 예방과 노화 억제 등의 생리적 효능이 뛰어난 것으로 알려져 있다(da Silva Dias, 2014). 하지만 이 같은 생리 활성 성분들은 가열과 같은 조리과정을 거치면 열에 의해 쉽게 파괴되기 때문에(Jabbar 등, 2014; Nayak 등, 2015) 이들을 가정에서 바로 짜서 섭취할 수 있는 착즙 주스가 바쁜 현대인들에게 기호성, 편의성 및 건강 기능성을 동시에 제공하면서 각광받고 있다. 이에 따라 과채류를 이용한 추출물, 농축액, 착즙액 등과 같은 다양한 형태의 제품 개발이 활발히 이루어지고 있다(Lee 등, 2008).

그 중에서도 당근은 식이섬유와 미네랄, 비타민, 카로티노이드 등의 생리활성 물질을 다양하게 함유하고 있으며, 등황색 색소인 비타민 A의 전구체 β -carotene을 많이 함유하고 있어 항산화 효과, 항암작용 및 성인병 예방 등에 높은 효과를 나타내는 것으로

알려져 있다(Sharma 등, 2012). 그 뿐만 아니라 당근은 전 세계적으로 널리 재배되는 주요 작물로서 경제적이고 아삭한 식감과 단맛 때문에 녹즙 재료로서 많이 선호되고 있다. 실제로 농촌진흥청 자료에 의하면 2017년도 당근의 생산 및 소비 현황에 따르면 당근 소비량은 매년 증가 추세에 있으며, 당근의 가공 및 소비량은 음료수의 개발과 가정에서의 소비 증가로 인해 앞으로도 증가할 것이라고 전망했다(RDA, 2019).

이에 따라 신선한 재료를 가정에서 바로 짜서 주스로 섭취할 수 있는 가정용 전기 녹즙기에 대한 수요 또한 증가되는 추세이며, 현재 시판되는 전기 녹즙기는 착즙 원리에 따라 크게 원심분리형, 외기어 방식 그리고 쌍기어 방식으로 나뉜다(Choi 등, 2014; Kim, 2017). 원심분리형 착즙기는 재료 투입구 바닥면에 날카로운 착즙날이 있는 원반(cutting disk)이 형성되어 있으며, 이 원반이 고속 회전하면서 재료가 분쇄되고 주변을 둘러싼 착즙망에 의해 찌꺼기와 걸러져 착즙액이 빠져나가는 원리로 작동된다. 또한 외기어 방식의 착즙기는 투입구 중앙부에 위치한 굵은 나선형의 외기어가 저속으로 회전하면서 착즙 재료와 착즙망의 압착으로 인해 주스 토출구로 착즙액이 모이는 원리이다. 반면 쌍기어 방식의 착즙은 2개의 수평 형태의 나선형 기어가 맞물려 저속으로 회전하면서 압착이 이루어지는데, 재료의 투입이 없어도 쌍기어에 의해 압착되고 있다는 차이점이 있다. 쌍기어 방식의 착즙기에 재료를 투입하면 분쇄와 3단 착즙 과정을 통해 쌍기어를 둘러싼 착즙망을 통과해 착즙액과 찌꺼기가 분리된다.

착즙 주스는 착즙방식에 따라 착즙률, 영양성분 함량, 폴리페놀 함량, 그리고 관능적 특성 등과 같은 품질 특성이 크게 달라질 수 있다. 하지만 이에 관한 연구는 아직까지 미미한 실정이며 당근 주스를 섭취 후 소화 과정에 따른 물질대사(metabolism)와

*Corresponding author: Jeong Su Jang, Food Research Center, Angel Co., Ltd., Busan 46988, Korea
Tel: +82-51-852-3636
Fax: +82-51-852-4477
E-mail: jeongsu25@naver.com
Received May 31, 2019; revised July 19, 2019;
accepted July 22, 2019

생리 활성 변화에 관한 연구 또한 매우 부족한 실정이다. 그 뿐만 아니라 당근 주스의 경우 pH가 6.1-6.5 정도의 중성 범위에 위치하고 별도의 가열 과정을 거치지 않아 세균 오염에 취약하다(Aneja 등, 2014). 이화학적 및 미생물적 특성 변화와 같은 주스의 품질 저하는 상품가치의 하락을 초래할 수 있으므로 주스의 품질을 유지하는 것은 소비자와 제조업자 모두에게 매우 중요한 요소이다(Shakeel 등, 2013).

따라서 본 연구에서는 가장 상용화된 3가지 착즙방식인 원심 분리 방식, 외기어 방식 그리고 쟁기어 방식에 따라 제조된 착즙 주스의 품질 특성 차이를 조사하고 높은 효율을 나타내는 착즙 방식을 선정하여 당근 주스의 소화 과정에 따른 생리 활성 변화에 대해 연구하고자 하였다. 또한 미생물 안전성 확보를 위한 전처리 수단으로써 당근 주스를 -60°C 에서 급속 냉동처리 하였으며, 냉동 후 냉장 유통 조건에 따른 주스 품질 변화를 조사하기 위해 해동 직후 냉장 보관 기간에 따른 이화학적, 미생물학적, 관능적 성상을 분석하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 시료의 전처리

본 실험에서 사용한 당근은 경남 지역에서 재배된 것으로서 지역 재래시장(Busan, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 구입한 당근을 깨끗이 수세한 후 껍질을 제거하여 착즙에 사용하였으며 착즙 유형에 따라 원심분리형(BJE820, Breville Pty Ltd., Sydney, Australia), 외기어 방식(HVS-STF14, Hurom, Gimhae, Korea) 그리고 쟁기어 방식(Angelia 8000, Angel Co., Busan, Korea)으로 당근 주스를 제조하였으며, 착즙률(%)은 원재료 중량 대비 착즙액의 중량에 100을 곱한 값으로 정의하였다.

미네랄의 분석

미네랄 함량은 식품공전의 방법(MFDS, 2019)에 따라 당근 착즙액 1g과 HNO_3 용액 10 mL를 혼합하여 마이크로파(Multiwave 3000, Anton Paar, Graz, Austria)로 190°C 에서 35분간 온도를 높이면서 용매를 완전히 없앤 다음 방냉 후 분석하였다. 분석은 ICP-OES (Optima 8300, PerkinElmer, Waltham, MA, USA)를 이용한 분광분석법으로 분석하였다.

비타민의 분석

비타민 B군과 C의 분석은 Martins-Junior 등(2008) 및 Furusawa 등(2001)의 방법으로 분석하였다. β -Carotene의 분석은 식품공전의 방법에 따라 high performance liquid chromatography (HPLC; Agilent 1200, Agilent, Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 분석하였다.

총 폴리페놀(TPC) 및 플라보노이드(TFC) 함량분석

항산화 활성과 밀접한 관련성을 가지는 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 측정은 각각 Folin-Denis(1912)의 방법 및 Davis(1947)의 방법에 준하여 분석하였다. 총 폴리페놀 함량은 당근 주스 500 μL 와 0.1 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Sigma-Aldrich, St Louis, MO, USA) 500 μL 를 혼합하여 상온에서 3분 동안 방치한 뒤 10% Na_2CO_3 500 μL 를 가하여 암실에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응이 끝난 시료는 원심분리기(LABOGENE, Daejeon, Korea)를 이용하여 12,000 \times g에서 10분간 원심분리하여 상등액을 회수한 뒤 분광광도계(Multiskan Go, Thermo Scientific, Vantaa, Finland)로 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid

(Sigma-Aldrich)로 표준 검량선을 작성하여 총 폴리페놀 함량을 구하였다. 다음으로 플라보노이드 함량 측정은 당근 주스 60 μL 와 diethylene glycol 600 μL 및 1 N NaOH 60 μL 를 혼합하여 37°C 항온수조에서 1시간 동안 반응시킨 후 분광광도계를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. Naringin (Sigma-Aldrich)로 검량선을 작성한 후 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

총 분리 안정성 시험

당근 100 g을 투입하여 착즙기 별로 당근 주스를 제조하고, 25°C 가속실험 조건에서 시간 경과에 따른 총 분리 안정성 변화를 측정하였다. 총 분리 안정성은 Yu 등(2013)의 방법에 따라 주스의 총 부피 대비 침전물이 형성된 부피에 100을 곱한 값으로 정의하였다.

입도 분석

착즙 방법에 따라 제조된 당근 주스의 입자 분포 양상을 측정하기 위해 입도분석기(LS series LS 13 320, Beckman Coulter, Indianapolis, IN, USA)를 사용하여 0.04 μm 에서 2,000 μm 까지 입자 크기(particle size)를 측정하였다. 입도 분포는 액상 분산 방식(universal liquid module)으로 최소 입자($\times 10$, 10%), 중간 입자($\times 50$, 50%), 최대 입자($\times 90$, 90%)를 측정하여 평균값(mean), 중앙값(median), 최빈값(mode)으로 나타내었다(Betoret 등, 2009).

일반성분의 분석

당근 착즙액의 일반성분 함량은 식품공전의 방법(MFDS, 2019)에 따라서 분석하였다. 수분 함량은 105°C 상압가열건조법, 조단 백질 함량은 자동 질소 정량분석기(Kjeltec Auto 2300, Foss, Hilleroed, Denmark)를 이용한 micro-Kjeldahl법, 조지방 함량은 산분해법, 조회분 함량은 직접회화법으로 각각 분석하였다.

지질과산화 억제 활성

Mitsuda(1966)의 방법에 따라 4 mL의 당근 주스 메탄올 추출물을 2.5% linoleic acid를 함유한 에탄올 4.1 mL를 가하며 여기에 0.02 M sodium phosphate buffer (pH 7.0) 8 mL를 넣고 증류수로 전체 부피가 20 mL가 되게 하였다. 이 시료액을 40°C 에서 배양하면서 1일 간격으로 측정하였다. 측정 방법은 시료액 0.1 mL에 75% EtOH 9.7 mL를 넣고 30% ammonium thiocyanate 용액 0.1 mL에 0.02 M ferrous chloride를 함유한 3.5% 염산용액 0.1 mL를 가하여 정확히 3분 후에 500 nm에서 흡광도를 측정하여 과산화물량을 나타내었다.

In vitro 소화모델

당근 주스의 소화 과정에 따른 항산화 성분 변화 및 생리 활성 변화를 분석하기 위해 인체의 소화기관과 유사한 *in vitro* 소화 모델은 Attri 등(2017)의 수정된 방법에 따라 위장과 소장 소화 과정으로 나누어 인공소화를 재현하였다. 가장 먼저 위장 소화를 거치기 위해 100 mL 당근 주스를 400 mL 1.2 g/L pepsin (3,000 FCC units/mg)과 8.0 g/L NaCl을 함유하는 reaction buffer로 희석시킨 뒤 35% HCl을 이용하여 pH를 1.2로 조정하였다. 그 후 37°C 에서 진탕하여 1시간 동안 반응시켰다. 다음으로 위의 과정을 거친 위장 소화액 100 mL를 0.94 g/L porcine pancreatin (>3 USP)를 포함하는 0.1 M phosphate buffer 160 mL로 희석하고 1시간 동안 37°C 에서 반응시켰다. 각 소화 단계의 반응물은 효소가 들어가지 않은 buffer를 이용하여 동일한 부피로 조정하였으며 당근 주스가 들어가지 않은 증류수로 동일한 과정을 거쳐 각 단계

별 공시험균을 설정하였다.

환원력 측정

Ferric reducing antioxidant power (FRAP)은 Benzie와 Strain (1996)의 방법에 따라 측정하였으며, FeSO₄로 표준 검량곡선을 작성하여 당근 주스 소화물 1g당 FeSO₄ μmol/L (μM FeSO₄/g)로 표현하였다.

Angiotensin I-converting enzyme (ACE) 저해 활성

ACE 저해 활성은 Cushman과 Cheung(1971)의 방법을 수정하여 측정하였다. ACE 저해 활성을 측정하기 위해 0.1 M sodium borate buffer (pH 8.3) 75 μL와 ACE 조효소액 100 μL를 혼합 한 뒤 당근 주스 소화물 25 μL를 가하였다. 다음으로 기질인 HHL (N-hippuryl-histidyl-leucine)을 50 μL 넣고 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 효소반응을 종결시키기 위해 1 N HCl을 250 μL 첨가한 뒤, 1.3 mL ethyl acetate 용액을 가하여 충분히 혼합하였다. 위의 혼합액을 2,012×g, 4°C에서 5분간 원심분리 한 뒤 상등액을 1 mL 취하였다. 120°C에서 15분간 가열하여 ethyl acetate를 모두 제거한 뒤 증류수를 1 mL 가하여 228 nm에서 흡광도를 측정하였다.

저장 조건

당근 주스를 50 mL tube에 각각 30 mL씩 주입하고, 미생물 안전성으로부터 취약한 비가열 착즙 주스의 단점을 보완하기 위한 전처리 과정의 일환으로 -60°C에서 급속 냉동시켜 유통기한 설정일에 따라 4°C에서 녹여 분석 실험에 사용하였다. 당근 착즙액은 -60°C에서 12개월 동안 저장하였으며, 냉장 유통 조건에서의 유통기한을 예측하기 위해 3개월 간격으로 해동하여 3일간 4°C 냉장 보관에 따른 pH, 산도, 총균수 및 대장균수 측정을 수행하였다.

pH 측정 및 산도 측정

-60°C에 급속 냉동 보관되어 있던 당근 착즙액의 pH, 산도의 변화를 측정하였다. 해동된 당근 착즙액의 pH는 pH meter (ST2100-F, OHAUS, Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였다. 산도 측정은 당근 착즙액 1 mL을 취해 증류수로 50 mL까지 채운 후 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.3이 될 때까지 적정하고 아래의 계산식을 이용하여 총산 함량(%)을 구하였다.

$$\text{산도}(\%) = [0.1 \text{ N NaOH 적정량}(\text{mL}) \times 0.1 \text{ N NaOH 역가} \times \text{희석배수} \times 0.0064 / \text{시료채취량}(\text{g})] \times 100$$

일반 세균수 측정

일반 세균수 분석은 식품공전의 방법(MFDS, 2019)에 따라 급속 냉동 처리한 당근 착즙액을 4°C에서 해동한 뒤 1 mL를 무균

적으로 채취하여 멸균수 9 mL에 분주하여 10¹-10⁴ 단계 희석하였다. 각 시료는 petrifilm aerobic count plates (Petrifilm, 3M, St. Paul, MN, USA)에 1 mL를 분주한 다음 37°C에서 24-48시간 배양 후 생성된 집락수를 계수하여 colony forming units (CFU/mL)으로 나타내었다.

대장균수 측정

대장균 분석은 식품공전의 방법(MFDS, 2019)에 따라 급속 냉동 처리한 당근 착즙액을 4°C에서 해동한 뒤 1 mL를 무균적으로 채취하여 멸균수 9 mL에 분주하여 10¹-10⁴ 단계 희석하여 측정하였다. 각 시료는 petrifilm aerobic count plates (Petrifilm, 3M, St. Paul, MN, USA)에 1 mL를 분주한 다음 37°C에서 24-48시간 배양 후 생성된 집락수를 계수하여 colony forming units (CFU/mL)으로 나타내었다.

통계분석

모든 분석은 3회 이상 수행하였으며, 평균±표준편차(mean±SD)로 표현하였다. 평균값의 유의한 차이는 SPSS (version 20.0 for Windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용한 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)의 Duncan's multiple comparisons를 사용하였다. 두 가지 시험군들 간의 활성 평균값은 Turkey's multiple comparison test로 분석하였으며, 유의성 검증은 신뢰구간 p<0.001, p<0.01 및 p<0.05에서 각각 분석하였다.

결과 및 고찰

착즙 방법에 따른 당근의 착즙률 비교

원심분리형, 외기어 방식, 쌍기어 방식으로 당근 500 g에 대한 착즙률을 조사하여 Table 1에 나타내었다. 그 결과 쌍기어 방식의 착즙기(ANG)의 당근 착즙률이 72.0%로 가장 높게 나타났으며 다음으로 원심분리형(BRV, 49.7%)과 외기어 방식(HUR, 49.6%) 순으로 높게 나타났다. 세 가지 착즙 방법 중 쌍기어 방식으로 당근을 착즙할 경우에 외기어 방식 혹은 원심분리형 착즙보다 1.45배 높은 착즙률을 보였다. 또한 착즙 후 배출된 당근 찌꺼기의 무게를 측정된 결과 외기어 방식, 원심분리형 그리고 쌍기어 방식 순으로 중량이 높게 나타났으며, 배출된 당근 찌꺼기의 무게와 착즙률은 서로 반비례 관계를 가지는 것을 확인하였다. 배출된 당근 찌꺼기의 무게가 착즙률과 반비례하는 이유는 착즙률이 낮을수록 당근 찌꺼기에 함유된 수분이 많고 착즙 효율이 떨어지기 때문일 것으로 판단된다. 이와 유사한 결과로, Choi 등 (2014)의 주스 제조 장치에 따른 채소 및 과일 주스의 품질에 관한 연구에서 블랜더를 제외하고 4가지 상업용 착즙기를 이용하여 12가지 과채류의 착즙률을 비교한 결과 총 10가지 과채류에서 쌍기어 방식의 착즙기가 가장 높은 착즙률을 보였다. 따라서

Table 1. Comparison of juice yield by extraction method

Extraction method	Centrifugation (BRV)	Single gear (HUR)	Twin gear (ANG)
Input amount (g)	500.3±0.4	500.4±0.5	500.2±0.3
Weight of juice (g)	248.7±10.6 ^b	248.1±19.6 ^b	360.1±4.7 ^a
Juice yield (%)	49.7±2.2 ^b	49.6±3.9 ^b	72.0±0.9 ^a
Weight of pomace (g)	180.1±33.4 ^b	227.8±19.5 ^b	94.9±3.4 ^a
Sugar contents (brix)	8.8±0.3	8.6±0.6	8.5±0.1
pH	6.3±0.1	6.2±0.1	6.1±0.1

Data are mean±SD of at least three replicates of each samples. Different letters in the same line indicate significant differences among samples (p<0.05).

Table 2. Nutrition composition (mg/100 g) of carrot juice according to extraction method

Composition	Centrifugation (BRV)	Single gear (HUR)	Twin gear (ANG)
Magnesium (Mg)	4.43±0.03 ^a	8.75±0.20 ^c	8.21±0.05 ^b
Phosphorus (P)	23.10±0.04 ^a	24.67±0.40 ^b	38.01±0.01 ^c
Calcium (Ca)	8.73±0.22 ^a	19.96±0.32 ^b	22.19±0.20 ^c
Potassium (K)	323.13±1.92 ^b	282.53±0.31 ^a	346.40±1.45 ^c
β-Carotene	15.96±0.73 ^c	7.18±0.23 ^a	14.27±0.13 ^b
Vitamin B ₁	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00
Vitamin B ₂	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00
Vitamin B ₃	0.15±0.03 ^b	0.23±0.00 ^c	0.10±0.00 ^a
Vitamin C	ND ¹⁾	0.52±0.00 ^b	1.16±0.11 ^a
TPC ²⁾ (mg GAE/ 100 g)	85.75±0.35	86.25±1.41	86.84±1.06
TFC ³⁾ (mg NE/100 g)	29.35±1.15 ^b	31.13±0.75 ^{ab}	32.75±1.83 ^a

Data are mean±SD of at least three replicates of each samples.

Different letters in the same line indicate significant differences among samples ($p < 0.05$).

¹⁾ND=not detected.

²⁾TPC, total polyphenolic content, expressed in mg of GAE (gallic acid equivalents)/100 g of sample.

³⁾TFC, total flavonoid content, expressed in mg of NE (naringin equivalents)/100 g of sample.

현재 상용되는 3가지 착즙 유형 중에서 가장 높은 착즙률을 보이며 착즙 효율을 높일 수 있는 최적의 방법은 쟁기어 방식의 착즙이라고 판단된다. 그 뿐만 아니라 착즙 과정 중 발생될 수 있는 열에 의해서도 영양소 파괴가 일어날 수 있으나, 3가지 착즙 유형 모두 착즙 과정에서 온도 증가가 일어나지 않았다.

착즙 유형에 따라 제조된 당근 주스의 영양성분 비교 분석

착즙 유형에 따른 당근 주스의 일반성분 및 영양성분 조성을 비교 분석하여 Table 2에 나타내었다. 당근은 풍부한 미네랄과 비타민 그리고 생리활성 물질을 함유하고 있으며, 탄수화물과 칼슘, 인, 철 그리고 마그네슘의 훌륭한 공급원으로서 중요한 역할을 하기 때문에 당근의 소비량은 꾸준히 늘어나고 있는 실정이다 (Sharma 등, 2012). 이러한 생리활성 물질과 미네랄 함량은 신선한 당근 주스의 품질지표로서 사용이 가능하다. 세 가지 착즙 방법에 따라 당근 주스의 미네랄 함량을 비교한 결과, 대부분의 미네랄은 쟁기어 방식으로 착즙된 당근 주스에서 가장 많이 함유되어 있었다. 신경과 근육의 기능을 유지하고 비타민 B, C, E 대사에 도움을 주는 마그네슘은 외기어 및 쟁기어 방식으로 착즙된 당근 주스에서 각각 8.75 및 8.21 mg/100 g으로 원심분리형에 비해 각각 1.98, 1.85배 많이 함유되어있으며, 뼈와 치아 형성에 도움을 주는 칼슘 또한 쟁기어 방식으로 착즙된 당근 주스에서 가장 높은 함량을 나타냈다. 당근은 등황색을 띠는 채소로서 비타민 A의 전구체인 β-carotene을 많이 함유하고 있어 체내 면역력을 높이고, 암 및 심혈관 질환 그리고 노인성 질환과 같은 질병의 위험으로부터 보호 효과가 탁월하며 체내에 흡수되어 높은 항산화 활성을 나타내는 것으로 알려져 있다 (Sharma 등, 2012). 본 연구에서 당근 주스에 함유되어 있는 β-carotene은 쟁기어 방식으로 착즙된 당근 주스에서 14.27 mg/100 g, 원심분리형에서 15.96 mg/100 g 그리고 외기어 방식에서 7.18 mg/100 g으로 외기어 방식으로 착즙된 당근 주스에서 가장 낮은 함량을 보였다. Kim 등(2017)의 연구에서는 진공 유무에 착즙 방식에 따라 제조된 당근 주스에 함유된 β-carotene은 1.26-2.43 mg RE/100 g으로 즉 7.56-14.58 mg/100 g이 함유되어 있다고 나타냈으며 본 연구의 결과와도 유사한 것으로 확인되었다. 따라서 쟁기어 방식과 원심분리형 착즙 방식에 따른 차이는 보이지 않았으나, 종류에 상관없이 상당히 많은 양의 β-carotene이 함유되어 있는 것을 확

인하였다. 하지만 착즙 방식에 따른 착즙률을 고려한다면 당근 100 g을 착즙 했을 때 당근으로부터 얻어지는 영양성분 함량은 큰 차이가 있음을 확인할 수 있다. 당근 100 g으로부터 얻어지는 미네랄의 양은 다른 착즙 방법에 비해 쟁기어 방식의 착즙이 가장 많이 나타났으며, 칼슘의 경우 쟁기어로 착즙할 경우 100 g의 당근으로부터 15.98 mg이 얻어지면서, 원심분리형(4.34 mg)과 외기어 방식(9.60 mg) 착즙에 비해 각각 3.68 및 1.61배 높게 나타났다. 특히 β-carotene의 경우 성인 남성을 기준으로 했을 때 1일 권장 섭취량은 800 μg RAE으로 알려져 있으며 3가지 방식 중에 쟁기어 방식으로 당근 100 g을 착즙했을 때 1일 권장 섭취량을 충족시킬 수 있는 것으로 확인하였다; 10.27 mg β-carotene = 855.83 μg RAE. 그에 비해 원심분리형과 외기어 방식 착즙은 당근 100 g으로 660.83 및 296.67 μg RAE의 β-carotene을 얻을 수 있었으며 1일 권장 섭취량에는 못 미치는 것으로 확인되었다. 당근에 함유된 폴리페놀은 주로 β-coumaric acid, chlorogenic acid, caffeic acid, hydroxybenzoic acid (Gonçaves 등, 2010) 그리고 다양한 cinnamic acid 유도체 (Alasalvar 등, 2001)로 구성되어 있다고 알려져 있다. 당근 주스의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 분석한 결과, Table 2에 나타낸 바와 같이 당근 착즙액에서는 착즙 방법에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았으나 100 g의 당근으로부터 얻어지는 양은 쟁기어 방식이 62.53 mg으로 원심분리형(42.62 mg)과 외기어 방식(42.78 mg)보다 1.46-1.47배 그리고 1.53-1.61배 높은 것을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 착즙 방법에 따라 당근 주스의 미네랄 함량이 달라질 수 있으나 미량 비타민과 총 폴리페놀 화합물의 함량에는 큰 차이가 없음을 확인하였다. 하지만 동일한 양의 당근으로부터 얻을 수 있는 영양성분의 양은 착즙 방법에 따라 크게 차이가 나는 것을 확인하였으며 3가지 착즙 방법 중에서는 쟁기어 방식의 착즙이 당근의 영양성분을 섭취하는데 가장 효율적인 것으로 판단된다.

착즙 방법에 따른 당근 주스의 총 분리 안정성 비교

음료류의 총 분리 현상은 침전물과 투명한 액상층으로 분리되면서 시각적 및 미각적 측면에서의 관능을 크게 떨어트려 시장성에 제한을 준다. 특히 착즙 주스의 경우 분쇄된 식물 조직들이 다량 함유되어 있어 일반 음료류보다도 총 분리 안정성이 매우 낮게 나타난다. 이러한 착즙 주스의 총 분리 현상은 다양한 원인

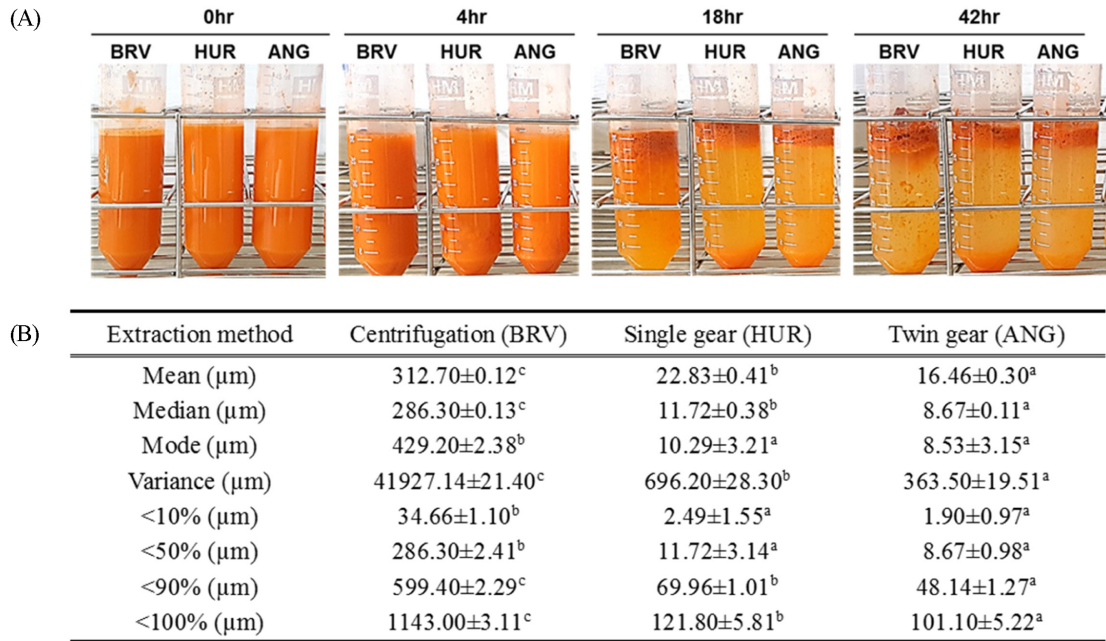


Fig. 1. Comparison of particle size of carrot juice. (A) Cloud stability and (B) Particle size of carrot juice to different extracting method. Data are mean±SD of at least three replicates of each samples. Different letters in the same line indicate significant differences among samples ($p<0.05$).

으로 해석되고 있는데, 크게 입자의 크기, 발생하는 거품의 양, 입자 간의 밀도 차이와 같은 유동학적 원인과 효소 및 미생물적 요소의 영향인 것으로 설명되고 있다(Reiter 등, 2003). 당근 주스의 품질 비교 분석을 위해 냉장 상태가 아닌 실온에서의 가속 실험을 통해 착즙 유형에 따라 당근 주스의 층 분리 안정성을 비교하여 Fig. 1A에 나타내었다. 당근 주스를 상온에서 18시간 이상 보관하였을 때 층 분리 현상이 나타났으며, 가장 위로 펄프층이 형성되고 그 아래로 세럼(serum)과 침전물(segmentation)이 형성되어 총 3개의 층으로 분리되는 것을 확인하였다. 당근 주스는 2상-콜로이드계(two-phase colloidal system)를 이루는 혼탁 주스(cloud juice)로 당근 조직으로부터 얻어지는 부유성 입자인 고체상과 액체상으로 구성되어 있다(Schultz 등, 2014). 세럼은 수용성 성분을 함유하고 있고, 부유성 입자는 다양한 크기와 모양의 불용성 입자들로 0.2-10 µm의 평균 크기를 갖는 것으로 알려져 있다(Reiter 등, 2003). 착즙 유형에 따라 당근 주스의 입자 크기를 분석한 결과(Fig. 1B), 쌍기어 방식으로 착즙한 당근 주스에 분산되어 있는 평균 입자크기는 16.46±0.30 µm로 가장 작았다. 스크류를 이용하는 외기어 방식과 쌍기어 방식은 입자 크기 및 분포가 서로 유사하게 나타났으나, 원심분리형으로 착즙한 당근 주스의 입자는 최소 입자 분포(<10%)의 평균 크기가 34.66±1.10 µm로 외기어(2.49±1.55 µm) 및 쌍기어 방식(1.90±0.97 µm)에 비해 상당히 큰 것으로 확인되었다. 그 뿐만 아니라 중간(<50%) 및 최대(<90%) 입자 분포 또한 원심분리형으로 착즙된 당근 주스에서 가장 높게 나타나면서, 스크류를 이용하는 형태인 외기어 및 쌍기어 형태의 착즙이 당근 조직을 더욱 미세하게 분쇄하는 것을 확인하였다. 그 중에서도 특히 쌍기어 형태의 착즙기는 입자의 평균 크기, 최소, 중간 그리고 최대 입자 분포값이 가장 작았을 뿐만 아니라 분산값 또한 363.50±19.51 µm로 외기어 방식(696.20±28.30 µm) 및 원심분리형(41,927.14±21.40 µm)에 비해 상당히 낮은 값을 보임으로써 쌍기어 형태의 착즙이 가장 고르고 미세하게 당근을 분쇄하는 것으로 판단된다. Reiter 등(2003)은 당

근 주스를 2단계의 원심분리 과정을 거쳐 당근 입자의 크기 별로 분석하고 그에 따른 층 분리 안정성을 조사하였다. 가장 먼저 원심분리 과정을 거치지 않은 일반 당근 주스의 입도 분포는 0.1-1,000 µm를 보였으며 본 연구 결과와도 일치하였다. Reiter 등(2003)은 침전 형성의 주된 원인은 10 µm 이상의 크기를 갖는 조립자(coarse particles)라고 나타내었으며 본 연구에서 당근 주스를 상온에서 방치하였을 때 입자 크기가 가장 큰 원심분리형 착즙기의 당근 주스에서 펄프가 가장 많이 형성된 것과 일치하는 결과이다. 또한 외기어 방식으로 착즙된 당근 주스의 경우는 펄프, 세럼 그리고 침전물 총 3개의 층으로 나뉘는 것을 확인할 수 있었으나 쌍기어 방식으로 착즙된 당근 주스의 경우는 윗쪽에 형성된 펄프의 양도 가장 적었으며 아래쪽에는 침전물이 전혀 형성되지 않아 비교적 높은 층 분리 안정성을 보였다. 따라서 당근을 가장 미세하고 고르게 분쇄 및 착즙하는 것은 스크류가 있는 형태의 착즙기였으며 그중에서도 쌍기어 형태의 착즙기가 가장 우수한 성능을 보이는 것을 확인하였다.

쌍기어 방식으로 제조된 당근 주스의 지질과산화에 대한 항산화 효과

당근 주스의 화학적 및 물리적 특성을 분석하기 위해 가장 높은 착즙 효율을 보였던 쌍기어 방식으로 제조된 당근 주스를 선정하여 지속적인 연구를 수행하였다. 쌍기어 방식으로 제조된 당근 주스의 일반성분 조성은 Table 3과 같다. 당근 주스는 수분함량이 91.30%로 가장 많이 차지하고 있으며, 다음으로 탄수화물, 단백질, 회분 그리고 지방 순으로 확인되었다. 착즙 과정을 통해 미세한 조직을 제외하고 대부분의 당근 조직이 걸러지고, 압착을 통해 조직에 함유되어 있던 영양성분이 수분과 함께 착즙되기 때문에 수분에 비해 나머지 일반성분들의 조성이 낮게 나타난 것으로 생각된다.

다양한 원인에 의해 체내에 생성된 유해 활성산소종은 세포, 단백질, DNA 등에 산화적 손상을 일으켜 다양한 질병을 일으키

Table 3. Nutrition composition of carrot juice prepared by twin gear extraction

Carbohydrate (g/100 g)	Crude protein (g/100 g)	Crude lipid (g/100 g)	Crude ash (g/100 g)	Moisture (%)	Calorie (kcal)
7.16±0.02	0.86±0.00	0.13±0.02	0.68±0.00	91.30±0.02	32.08±0.17

Data are mean±SD of at least three replicates of each samples.

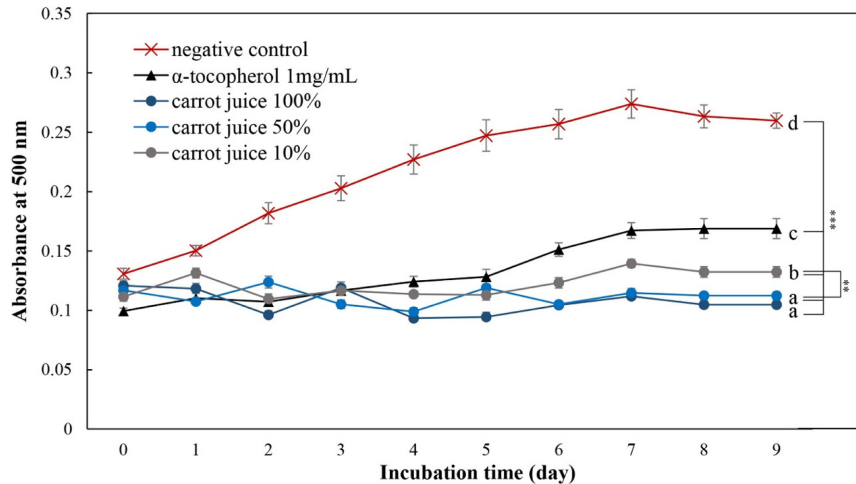


Fig. 2. Inhibitory effect of carrot juice on lipid peroxidation. Data are mean±SD of at least three replicates of each samples. Different letters indicate significant differences among samples. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

며 특히 생체 세포막의 구성 성분의 과산화를 유도하여 동맥경화증, 류마티스 관절염, 염증 등의 원인으로 알려져 있다(Alfadda와 Sallam, 2012). 따라서 당근 주스의 장기 보관에 따른 불포화지방산에 대한 항산화 효과를 조사하기 위해 thiocyanate 방법으로 linoleic acid의 과산화 정도를 조사하였다(Fig. 2). Linoleic acid의 산화가 진행되면 과산화지질(lipid hydroperoxide, LOOH)이 다량으로 생성되면서 LOOH와 ferrous thiocyanate가 반응하여 500 nm에서 최대 흡광을 나타내는 Fe^{3+} -thiocyanate complex를 형성하여 흡광도가 증가하게 된다(Gasparovic 등, 2013). 대조군의 경우 보관 기간에 따라 linoleic acid의 산화가 진행되면서 7일차까지 흡광도 값이 계속적으로 증가되었으며 8일차부터는 흡광도 값이 감소하는 경향을 보였다. 그에 비해 당근 주스 메탄올 추출물의 경우 9일 동안 산화가 거의 진행되지 않았으며 농도 의존적으로 높은 항산화 활성을 보였다. 100% 및 50% 농도에서는 지질의 과산화가 거의 일어나지 않았으나 10% 농도에서는 6일차부터 서서히 산화가 진행되기 시작하였다. 양성 대조군으로는 천연 항산화제인 α -tocopherol를 1 mg/mL 농도로 처리하였으며 6일차에서부터 지질의 산화가 시작되면서 장기 보관에 따라 흡광도가 높아지는 것을 확인하였다. 당근 주스 메탄올 추출물 100%, 50% 그리고 10% 희석액 모두 α -tocopherol 1 mg/mL보다 낮은 과산화물량을 나타내면서 천연 항산화제로 알려진 α -tocopherol 보다 뛰어난 항산화 활성을 갖는 것을 확인하였다. 이와 유사한 결과로 Potter 등(2011)은 성인 17명을 대상으로 당근 주스 섭취에 따른 심혈관계 질환 위험인자 변화를 조사하였다. 그 결과 당근 주스를 90일간 매일 섭취한 성인들의 경우 수축기 혈압이 감소하고, 혈장 내 총 항산화 상태(total antioxidant status)가 증가하고 malondialdehyde 생성이 저해된다고 나타내었다. Potter 등(2011)은 당근 주스 섭취로 인한 수축기 혈압 감소가 당근에 풍부하게 함유된 칼륨 때문인 것으로 보고하였으며 항산화 상태 증가와 혈장 malondialdehyde의 감소는 α -carotenes과 β -carotene이 풍부하기

때문이라고 나타냈으며 이는 본 연구 결과와도 일치하였다.

생기어 방식으로 제조된 당근 주스의 소화 단계에 따른 항산화 활성 변화

당근 주스를 섭취하면 체내의 소화과정을 거치게 되면서 생리활성 효과의 변화가 생긴다고 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 *in vitro* 소화모델에서 위장 및 소장 소화 단계를 거침에 따른 당근 주스의 대사 활성 변화를 비교 분석하였다. FRAP assay를 통해 당근 주스의 환원력을 조사한 결과(Fig. 3), 소화과정을 거치기 전에는 당근 주스 메탄올 추출물이 100% 농도에서 18.59 μM $FeSO_4/g$ 의 환원력을 보였으나 pepsin에 의해 단백질 분해가 일어나는 위장 소화단계를 거치면서 당근 주스의 환원력은 82.06 μM $FeSO_4/g$ 으로 4.41배 증가되는 것을 확인할 수 있었다. 50% 및 10% 희석액 모두 위장 소화 단계를 거치면서 각각 4.69배와 6.52배 증가되는 것을 확인하였다. 다음으로 pancreatin이 존재하는 소장 소화를 거치면 위장 소화를 거친 당근 주스 소화물보다 1.36배 높은 111.89 μM $FeSO_4/g$ 의 환원력을 나타내었다. 이는 소화 과정을 거치면서 당근 주스의 항산화 활성이 더욱 증가되는 것을 나타낸다. 하지만 소화 단계에 따른 폴리페놀 함량을 분석한 결과(Table 4) 위장 소화과정을 거치면서 폴리페놀 함량이 다소 증가하지만, 소장 소화과정에서는 폴리페놀의 유의적인 증가는 없었다. 따라서 당근 주스가 대사과정을 거치면서 성분들의 분해 및 구조 변화가 야기되지만 환원력 결과와 정확히는 일치하지 않는 것을 확인하였다. Choi 등(2005)의 연구에서도 폴리페놀의 함량과 라디칼 소거능은 높은 상관관계를 보이는 것을 확인할 수 있었으나, TBARS 및 에스트로젠 활성 간의 상관성은 낮은 것으로 나타났다. Choi 등(2005)은 이러한 이유를 *in vivo* system에서 항산화능에 관여하는 성분으로는 폴리페놀류 외에 많은 성분이 관여하며 식용 및 약용식품에 존재하는 유효 성분이 다양하기 때문이라고 나타냈다. 본 연구에서도 위장 소화 과정을

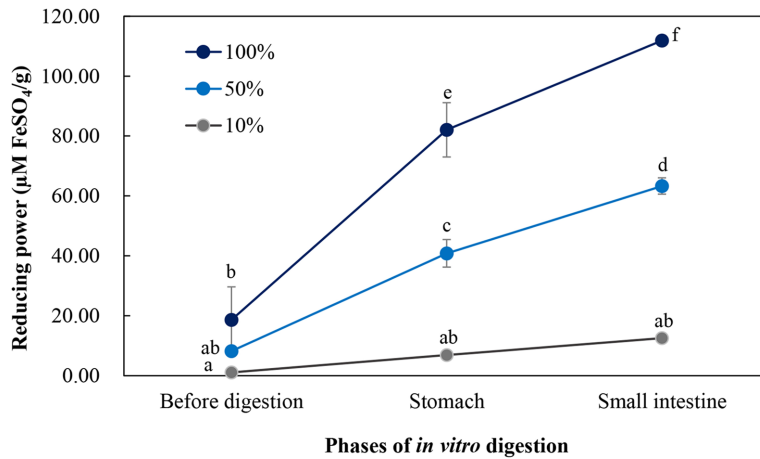


Fig. 3. Reducing power of carrot juice at different phase of *in vitro* digestion. Data are mean±SD of at least three replicates of each samples. Different letters indicate significant differences among samples ($p<0.05$).

통한 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 변화와 환원력 사이에 높은 상관관계를 보이지 않았으나, 소화 과정을 거침으로서 환원력에 영향을 미칠 수 있는 폴리페놀을 포함한 다양한 유효 성분들이 생성 되었을 것으로 판단된다. 그 뿐만 아니라 폴리페놀류 중에서도 그 구조에 따라 환원력이 크게 달라지기 때문에 이러한 차이가 나타나는 것으로 생각된다. deGraft-Johnson 등(2007)은 폴리페놀과 폴리페놀 대사산물(metabolites)이 혈장 내 FRAP 활성에 미치는 영향에 대해 발표하였으며 그 결과 폴리페놀과 그 대사산물 중 catechol ring을 가진 지방족 화합물은 FRAP 활성과 양의 상관관계가 있다고 보고하였다. 반면 방향족과 같이 공명구조(conjugated double bond)를 갖는 화합물은 FRAP 활성과 음의 상관관계를 갖는다고 나타났다. 따라서 소화 과정에 따라 당근 주스에 있는 성분들이 다양한 형태로 분해 혹은 변형되면서 환원력과 같은 생리활성이 충분히 증가될 수 있을 것으로 생각된다. 하지만 이에 대해서는 보다 심도 있는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

쌩기어 방식으로 제조된 당근 주스의 항고혈압 활성 변화

당근 주스의 소화 과정에 따른 항고혈압 활성 변화를 조사하기 위해 ACE 저해능을 분석하였다. ACE는 angiotensin I을 angiotensin II로 전환시켜 혈압 증가의 중추적인 역할을 하는 효소로 알려져 있다. 소화 과정을 거치기 전의 당근 주스의 ACE 저해율은 1.40%로 아주 미미한 효과를 보였으나 위장 소화를 거치면서 21.32%로 크게 증가된 것을 확인하였다(Table 4). 하지만 소장 소화과정을 거치면서 ACE 저해율은 17.98%로 더 이상 증가되는 경향은 보이지 않았으나 초기의 당근 주스보다는 높은 활성을 보였다. 소화 과정을 통해 증가된 ACE 저해 활성은 증가

된 폴리페놀 함량과 관련 있다고 판단된다. ACE 저해 효과를 나타내는 것으로 알려진 폴리페놀류는 luteolin, kaempferol, rutin, apigenin, epicatechin등이 알려져 있다(Guerrero 등, 2012). 그 뿐만 아니라 Balasuriya와 Rupasinghe(2011)의 연구결과에 따르면 높은 ACE 저해 활성을 보인 epicatechin은 dimer일 때 IC₅₀ value가 97 µM로 나타났으나, tetramer로 존재할 때 4 µM의 IC₅₀ value를 보이면서 24.25배 높은 ACE 저해 활성을 보였다. 이러한 결과는 폴리페놀 및 플라보노이드의 구조에 따라 ACE 저해 활성이 크게 달라질 수 있으며, 위장 소화 과정을 거치면서 크게 증가된 ACE 저해 활성이 소장 소화과정에서 다소 감소된 것 또한 이러한 유효 성분들의 구조 변형과도 관련이 있을 것으로 판단된다. 그 뿐만 아니라 Mirzapour 등(2017)은 6가지 소화 효소 종류에 따른 가수분해가 ACE 저해 활성에 미치는 영향에 대해 발표하였다. Mirzapour 등(2017)은 pepsin에 의한 가수분해를 거치는 경우 37.44배 활성이 증가될 수 있다고 나타냈으며 또한 각각의 소화 효소 종류에 따라 가수분해물의 ACE 저해활성은 달라질 수 있다고 보고하였다. 따라서 당근 주스가 위장 소화 과정을 거치면서 ACE 저해율이 크게 증가되는 것은 당근 주스 내에 함유된 폴리페놀을 포함한 다양한 유효 성분들이 가수분해되면서 ACE 저해 활성을 나타내는 것으로 해석될 수 있다. 이러한 ACE 저해 활성의 증가는 소화 과정을 통해 유효 성분들의 구조 변화로 인해 생리 활성이 증가될 수 있으며, 이는 당근 주스의 생체이용률이 증가됨을 나타내는 결과라고 생각된다.

쌩기어 방식으로 제조된 당근 주스의 냉동 보관 기간에 따른 pH 및 산도 변화

제조 직후 당근 주스를 급속 냉동(-60°C) 조건에서 보관하면서

Table 4. Polyphenolic contents and ACE inhibition activity of carrot juice at different phases of *in vitro* digestion

Content	Before digestion	Stomach	Small intestine
TPC (mg of GAE/ 100 g) ¹⁾	89.71±0.41 ^a	96.02±0.42 ^b	94.82±1.30 ^b
TFC (mg of NE/100 g) ²⁾	31.27±0.42	26.28±4.88	28.50±1.77
ACE inhibition rate (%)	1.40±1.31 ^a	21.32±2.84 ^b	17.98±2.39 ^b

Data are mean±SD of at least three replicates of each samples.

Different letters in the same line indicate significant differences among samples ($p<0.05$).

¹⁾TPC, total polyphenolic content, expressed in mg of GAE (gallic acid equivalents)/100 g of sample.

²⁾TFC, total flavonoid content, expressed in mg of NE (naringin equivalents)/100 g of sample.

Table 5. Quality change and microbial stability of carrot juice for 12 month

Freezing period (-60°C)	After thawing (storage at 4°C)	Total acidity (%)	pH	Total aerobic bacteria (CFU/mL)
0 month	0 day	1.42±0.01 ^a	6.57±0.01 ^b	9.3×10 ³
	1 day	1.42±0.01 ^a	6.57±0.02 ^b	1.1×10 ⁴
	2 day	1.71±0.01 ^b	6.60±0.00 ^b	1.1×10 ⁴
	3 day	1.99±0.02 ^c	6.61±0.01 ^b	1.1×10 ⁴
3 month	0 day	2.28±0.01 ^d	6.60±0.03 ^b	8.4×10 ³
	1 day	2.84±0.04 ^f	6.64±0.01 ^b	8.8×10 ³
	2 day	2.84±0.00 ^f	6.60±0.00 ^b	8.0×10 ³
	3 day	3.13±0.00 ^g	6.61±0.01 ^b	1.2×10 ⁴
6 month	0 day	2.56±0.02 ^e	6.53±0.03 ^a	8.4×10 ³
	1 day	2.84±0.00 ^f	6.51±0.02 ^a	8.8×10 ³
	2 day	2.84±0.00 ^f	6.51±0.01 ^a	9.5×10 ³
	3 day	3.13±0.00 ^g	6.48±0.00 ^a	8.4×10 ³
9 month	0 day	2.28±0.02 ^d	6.52±0.01 ^a	8.4×10 ³
	1 day	3.13±0.01 ^g	6.52±0.00 ^a	9.0×10 ³
	2 day	3.13±0.01 ^g	6.51±0.01 ^a	9.0×10 ³
	3 day	3.41±0.01 ^h	6.50±0.00 ^a	9.3×10 ³
12 month	0 day	2.28±0.00 ^d	6.52±0.02 ^a	1.0×10 ³
	1 day	2.84±0.00 ^f	6.52±0.03 ^a	1.0×10 ³
	2 day	3.41±0.01 ^h	6.51±0.00 ^a	1.0×10 ³
	3 day	3.41±0.05 ^h	6.50±0.01 ^a	1.0×10 ³

Data are mean±SD of at least three replicates of each samples. Different letters in the same column indicate significant differences among samples ($p<0.05$).

해동 직후 냉장보관 1-3일차에 따른 당근 주스의 일반 세균수와 산도 및 pH 변화를 측정하였다. 0-12개월 까지 당근 주스의 pH 값은 pH 6.48-6.64 사이로 나타났으며(Table 5), 착즙 직후 보다 냉동 조건에서 저장 기간이 길어짐에 따라 pH가 다소 감소된 것을 확인하였다. Oh 등(2017)의 보고에 의하면 당근 주스를 4°C에 보관하였을 때 초기 pH 6.31에서 저장 2일차부터 pH가 감소되기 시작하여 저장 6일차에는 pH가 6.22로 급격히 감소된다고 보고하였다. 하지만 본 연구에서 급속 냉동 조건으로 당근 주스를 저장하였을 때 pH 변화가 미미한 것을 확인할 수 있었다. 그 뿐만 아니라 Kim 등(2016)의 냉동 조건에 따른 대파의 냉동 저장 중 품질변화에 관한 연구보고에서도 냉동 온도가 낮을 수록 냉동 저장 중에 생기는 pH 변화가 적다고 나타났다. 이와 마찬가지로 당근 주스를 급속 냉동 조건에서 보관하였을 때 그에 따른 산도 변화를 측정한 결과, 저장 기간이 길어짐에 따라 산도가 다소 증가되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 pH와 산도의 변화는 당근 주스의 저장 기간 중 효소나 미생물 등의 작용에 따른 유기산의 생성에 기인한다. 식물 세포벽에는 세포벽의 신장과정 형성에 필수적인 pectin methyl esterase가 존재하여 식물세포벽의 펙틴(pectin)의 methyl ester 부분을 가수분해하면서 유기산의 한 종류인 acidic pectin이 생성되어 pH가 낮아지고 산도가 올라가게 된다(Anthon와 Barrett, 2012). 따라서 저장 및 유통 과정 중에 생길 수 있는 이러한 품질 변화를 최소화하기 위한 다양한 가공 및 처리방법이 연구되고 있는 실정이다. 본 연구에서 급속 냉동 처리된 당근 주스는 급격한 pH 감소를 보인 4°C 냉장 보관된 당근 주스(Oh 등, 2017)에 비해 거의 변화가 없는 것을 확인하였으며, 산도 증가 또한 크지 않은 점으로 보아 급속 냉동처리된 당근 주스 안정성을 높일 수 있는 전처리 수단인 것을 확인하였다.

다음으로 급속 냉동된 당근 주스의 해동 직후 4°C 냉장보관 기간에 따른 일반 세균수와 대장균수 변화에 조사하였다. 식품공

전에 고시된 가열하지 않고 섭취하는 과채음료의 기준 및 규격에 따르면 세균수는 g당 100,000 CFU 이하를 유지해야 한다. 본 연구에서 당근 주스의 초기 일반 세균은 9.3×10³ CFU/mL이며, 3-12개월 동안 급속 냉동 보관 후 냉장 상태에서 해동 1-3일차 동안 위의 기준에 적합한 미생물 수치를 보이면서 미생물 안정성이 유지되는 것을 확인할 수 있었다(Table 5). 또한 냉동 보관 12개월 차에는 오히려 세균수가 감소됨을 확인하였다. 반면 당근 주스의 냉장보관 기간 및 해동 3일차 동안 대장균은 검출되지 않았다. Park 등(2012)은 다진 마늘과 간마늘의 총균수가 20일간의 저장 기간 경과에 따라 감소하여 냉동 저장이 미생물의 증식을 억제하는 경향이 있다고 보고하였으며, 이는 본 연구 결과와도 일치하였다. 냉동 저장에 의한 미생물학적 변화에 대한 다양한 결과들이 보고되고 있는데, 대부분의 연구 결과에서 냉동 저장 기간이 증가함에 따라 미생물 증식이 억제된다고 나타내고 있다(Kim 등, 2016). 따라서 당근 주스를 해동시켜 냉장제품으로 유통할 경우 과일·채소류 음료(비가열 제품)의 권장유통기간인 3일 동안은 미생물 오염으로부터 안전할 것이라고 판단된다.

결론적으로 썬기어 방식의 착즙이 외기어 방식 및 원심분리형 착즙기에 비해 높은 착즙률을 보이고, 당근 주스에 함유된 입자 또한 가장 미세하고 조밀하게 형성되는 것으로 보아 다른 착즙 방식에 비해 가장 높은 효율을 나타내는 것으로 판단된다. 이와 일치하는 결과로써 당근 주스에 함유되어 있는 영양성분 또한 썬기어 및 외기어 방식이 원심분리형에 비해 높게 나타났으며 특히 썬기어 착즙 방식은 3가지 착즙 방식 중 유일하게 100 g의 당근으로부터 1일 권장 섭취량 이상의 β-carotene을 얻을 수 있다. 그 뿐만 아니라 썬기어 방식으로 착즙된 당근 주스는 천연 항산화제인 α-tocopherol 보다도 우수한 지질과산화 저해 활성을 보이면서, 당근 주스의 섭취가 체내 유해 활성산소종을 유의적으로 소거하고 산화를 저해하는데 효과가 있음을 나타냈다. 실제

당근 주스를 섭취할 경우 대사과정에 따른 생리 활성 변화를 조사하기 위해, *in vitro* 소화모델에서 위장 및 소장 소화과정을 거친 결과, 항산화 성분 변화는 크지 않았으나, 환원력이 크게 증가되고 소화과정을 거치지 않은 당근 주스에는 매우 저조하게 나타났던 ACE 저해 활성이 위장 소화를 거치면서 상당히 증가되는 것을 확인할 수 있었다. 마지막으로 미생물 오염으로부터 취약한 비가열 당근 착즙주스의 미생물 안전성을 높이기 위해, -60°C에서 당근 주스를 급속 냉동시켰으며, 저장 기간에 따른 품질 변화를 조사한 결과, 냉동 저장 12개월 그리고 해동 직후 3일까지 산도 및 pH의 변화가 크지 않고 미생물 안전성이 유지되는 것을 확인하였다. 그러므로 당근 주스는 냉동 저장 12개월 그리고 해동일로부터 냉장보관 3일까지 저장 안정성이 있는 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 원심분리형, 외기어 방식 그리고 쌍기어 방식과 같은 착즙 방법에 따른 당근 주스의 품질 특성을 비교하기 위해 수행되었다. 신선한 주스의 품질은 착즙률, 영양성분 및 총 분리 안정성을 통해 평가되었다. 쌍기어 착즙 방식은 가장 높은 착즙률을 보였다. 게다가 당근 주스의 미네랄 함량은 쌍기어 착즙방식으로 제조된 당근 주스에서 가장 높게 나타났으며, 특히 유일하게 쌍기어 방식의 착즙이 100 g의 당근으로부터 1일 권장 섭취량 이상의 β-carotene이 얻어졌다. 더욱이 당근 주스의 입자 크기가 가장 작게 나타난 것은 쌍기어 방식의 착즙이었고 다음으로 외기어 방식과 원심분리형으로 나타났다. 따라서 쌍기어 방식의 착즙을 최적의 방법으로 선정하고, 이를 이용해 당근 주스의 항산화 활성 및 대사 활성 변화를 조사하였다. 그 결과 당근 주스는 α-tocopherol 보다 더 높은 지질과산화 저해율을 보였으며, 위장과 소장 소화를 거치면서 angiotensin I-converting enzyme (ACE) 저해 활성이 증가되었다.

References

Aguil-Aguayo I, Brunton N, Rai D, Balaguer E, Hossain M, Valverde J. Polyacetylene levels in carrot juice, effect of pH and thermal processing. *Food Chem.* 152: 370-377 (2014)

Alasalvar C, Grigor JM, Zhang D, Quantick PC, Shahidi F. Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties. *J. Agric. Food Chem.* 49: 1410-1416 (2001)

Alfadda AA, Sallam RM. Reactive oxygen species in health and disease. *Bio. Med. Res. Int.* 2012: 1-14 (2012)

Aneja KR, Dhiman R, Aggarwal NK, Kumar V, Kaur M. Microbes associated with freshly prepared juices of citrus and carrots. *Int. J. Food Sci.* 2014: 1-7 (2014)

Anthon GE, Barrett DM. Pectin methylesterase activity and other factors affecting pH and titratable acidity in processing tomatoes. *Food Chem.* 132: 915-920 (2012)

Attri S, Singh N, Singh TR, Goel G. Effect of *in vitro* gastric and pancreatic digestion on antioxidant potential of fruit juices. *Food Biosci.* 17: 1-6 (2017)

Balasuriya BN, Rupasinghe HV. Plant flavonoids as angiotensin converting enzyme inhibitors in regulation of hypertension. *Funct. Foods Health Dis.* 1: 172-188 (2011)

Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal. Biochem.* 239: 70-76 (1996)

Betoret E, Betoret N, Carbonell JV, Fito P. Effect of pressure homogenization on particle size and the functional properties of citrus juices. *J. Food Eng.* 92: 18-23 (2009)

Choi MH, Kim MJ, Jeon YJ, Shin HJ. Quality changes of fresh vegetable and fruit juice by various juicers. *KSBB J.* 29: 145-154 (2014)

Choi SY, Lim SH, Kim JS, Ha TY, Kim SR, Kang KS, Hwang IK. Evaluation of the estrogenic and antioxidant activity of some edible and medicinal plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 549-556 (2005)

Cushman D, Cheung H. Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochem. Pharmacol.* 20: 1637-1648 (1971)

da Silva Dias JC. Nutritional and health benefits of carrots and their seed extracts. *Food Nutr. Sci.* 5: 2147-2156 (2014)

Davis W. Determination of flavanones in citrus fruits. *Anal. Chem.* 19: 476-478 (1947)

deGraft-Johnson J, Kolodziejczyk K, Krol M, Nowak P, Krol B, Nowak D. Ferric-reducing ability power of selected plant polyphenols and their metabolites: implications for clinical studies on the antioxidant effects of fruits and vegetable consumption. *Basic Clin. Pharmacol. Toxicol.* 100: 345-352 (2007)

Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biological Chem.* 12: 239-243 (1912)

Furusawa N. Rapid high-performance liquid chromatographic identification/quantification of total vitamin C in fruit drinks. *Food Control* 12: 27-29 (2001)

Gasparovic AC, Jaganjac M, Mihaljevic B, Sunjic SB, Zarkovic N. Assays for the measurement of lipid peroxidation. *Methods Mol. Biol.* 965: 283-296 (2013)

Gonçalves E, Pinheiro J, Abreu M, Brando T, Silva CL. Carrot (*Daucus carota* L.) peroxidase inactivation, phenolic content and physical changes kinetics due to blanching. *J. Food Eng.* 97: 574-581 (2010)

Guerrero L, Castillo J, Quinones M, Garcia-Vallve S, Arola L, Pujadas G, Muguerza B. Inhibition of angiotensin-converting enzyme activity by flavonoids: structure-activity relationship studies. *PLOS ONE.* 7: e49493 (2012)

Jabbar S, Abid M, Hu B, Wu T, Hashim MM, Lei S, Zhu X, Zeng X. Quality of carrot juice as influenced by blanching and sonication treatments. *LWT-Food Sci. Technol.* 55: 16-21 (2014)

Kim EM. Effects of extraction methods on antioxidative properties of carrot, apples, and blueberry juices. *Culinary Science & Hospitality Research* 23: 166-173 (2017)

Kim SY, Kim HS, Kim JS, Han GJ. Changes in quality of welsh onion (*Allium fistulosum* L.) during the freezing storage period under different freezing conditions. *Korean J. Food Cook Sci.* 32: 665-676 (2016)

Lee HR, Jung BR, Park JY, Hwang IW, Kim SK, Choi JU, Lee SH, Chung SK. Antioxidant activity and total phenolic contents of grape juice products in the Korean market. *Korean J. Food Preserv.* 15: 445-449 (2008)

Martins-Junior HA, Wang AY, Alabourda J, Pires MA, Vega OB, Lebre DT. A validated method to quantify folic acid in wheat flour samples using liquid chromatography: tandem mass spectrometry. *J. Braz. Chem. Soc.* 19: 971-977 (2008)

MFDS (Korean Ministry of Food and Drug Safety). Korean Food Standards Codex. Available from: <https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvLv/foodRvLv.do>. Accessed Jun. 12, 2019.

Mirzapour M, Rezaei K, Sentandreu MA. Identification of potent ACE inhibitory peptides from wild almond proteins. *J. Food Sci.* 82: 2421-2431 (2017)

Mitsuda H. Antioxidative action of indole compounds during the autoxidation of linoleic acid. *Eiyo To Shokuryo* 19: 210-221 (1966)

Nayak B, Liu RH, Tang J. Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables, and grains-a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 55: 887-918 (2015)

Oh NS, Kim MY, Jang GY, Baek SY, Joung MY, Kang TS, Lee JS, Jeong JS. Comparison of UV-irradiation and high hydrostatic pressure sterilization for storage stability of carrot juice. *Korean J. Food Nutr.* 30: 1113-1118 (2017)

Park YH, Park SJ, Han GJ, Choe JS, Lee JY, Kang MS. Quality characteristics of pre-processed garlic during storage according to

- storage temperature. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 994-1001 (2012)
- Potter AS, Foroudi S, Stamatikos A, Patil BS, Deyhim F. Drinking carrot juice increases total antioxidant status and decreases lipid peroxidation in adults. *Nutr. J.* 10: 96 (2011)
- Reiter M, Neidhart S, Carle R. Sedimentation behaviour and turbidity of carrot juices in relation to the characteristics of their cloud particles. *J. Sci. Food Agric.* 83: 745-751 (2003)
- Rural Development Administration (RDA), Production and consumption status (Carrot). Available from: http://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psb/psbk/kidofcomdtyDt1.ps;jsessionid=yyrNaka8AoHV021tcUApPP8J1vsarUxQ7W5YSX5uy48fd2OhMqd10wpSctFzUjXD.nongsaro-web_servlet_engine1?menuId=PS00067&kidof-comdtyNo=28057, Accessed Jun. 11, 2019.
- Schultz AK, Barrett DM, Dungan SR. Effect of acidification on carrot (*Daucus carota*) juice cloud stability. *J. Agric. Food Chem.* 62: 11528-11535 (2014)
- Shakeel A, Aslam HKW, Shoaib M, Sikandar HA, Ramzan R. Effect of various hydrocolloids on cloud stability and nutrition of carrot juice. *J. Glob. Innov. Agric. Soc. Sci.* 1: 22-27 (2013)
- Sharma KD, Karki S, Thakur NS, Attri S. Chemical composition, functional properties and processing of carrot-a review. *J. Food Sci. Technol.* 49: 22-32 (2012)
- Yu LJ, Rupasinghe HPV. Improvement of cloud stability, yield and β -carotene content of carrot juice by process modification. *Food Sci. Technol. Int.* 19: 399-406 (2013)