Food Eng. Prog.
Vol. 19, No. 4. pp. 329~337 (2015.11)
DOI http://dx.doi.org/10.13050/foodengprog.2015.19.4.329
ISSN 1226-4768 (print), ISSN 2288-1247 (online)

산업식품공학
Food Engineering Progress

초고압 처리된 영・유아용 과채주스의 품질 특성

방은・이화진・김수정[1]・조형용*
차의과학대학교 식품생명공학과, [1](주)차바이오에프앤씨

Quality Characteristic of High Pressure Processed Fruits and Vegetables Juices for Infants and Preschoolers

Eun Bang, Hwa-Jin Lee, Soo Jung Kim[1], and Hyung-Yong Cho*
Department of Food Science and Biotechnology, Cha University
[1]Cha Bio FNC Co.

Abstract

Three kinds of fresh squeezed fruits and vegetables juices (FV juices) were prepared, focusing on color (red, yellow, and green). For infant and young children, puffed brown rice powder 4% (w/w) was added into FV juices as a natural thickener (FV baby juices). In order to pasteurize, they were treated at 20°C and 500 MPa for 3 min (HPP-FV baby juices). Flow behavior of FV, FV baby, and HPP-FV baby juices was analyzed to investigate the increasing effects of viscosity using a rotational viscometer at shear rates ranging from 0.1 to 300 s^{-1}. The changes of color and antioxidant activity of FV baby juices were observed after being treated with high pressure, and over 4 weeks at 4°C. The L, a, and b values of high pressure processed red, yellow, and green baby juice were (33.48±0.01, 37.39±0.01, 6.58±0.01), (57.96±0.07, 13.39±0.02, 56.34±0.04), and (35.77±0.14, -4.38±0.06, 33.12±0.32), respectively. No significant difference in color and antioxidant activity were observed after treatment at high pressure (p<0.05). The viscosity of FV juices was increased with the addition of puffed whole grain powder, and more increased after high pressure treatment. During storage, the changes of color and antioxidant activities were slightly decreased, but the microbial levels were not detected more than 1.00×10^5 CFU/mL.

Key words: fruits and vegetables juice, high pressure processing, color, antioxidant activity, puffed brown rice powder, flow behavior

서 론

영・유아기는 신체적 성장과 뇌의 발달이 일어나는 시기로 이 시기의 충분한 영양공급은 일생 동안의 성장과 발달에 영향을 미치므로 성장에 필요한 비타민과 영양 보충이 필요한 시기이다. 미국 USDA (United States Department of Agriculture)의 FNS (Food and Nutrition Service)에서 제공하는 WIC (Women, Infants and Children) 프로그램이나 2009년 보건복지가족부에서 개정・발표한 『한국인을 위한 식생활 지침』 중, 영・유아를 위한 식생활지침에 의하면 이유 보충식은 4개월 이후 6개월 사이에 시작하고, 과일, 채소, 우유 및 유제품 등의 간식을 매일 2-3회 규칙적으로 먹이고, 과일주스의 과소비에 따른 건강상 위해요소(Lifsschitz, 2000; Ludwig et al., 2001) 때문에 컵에 담아 먹이거나, 저온살균된 100% 주스를 권장하고 있다.

시중에서 유통되고 있는 영・유아용 과채주스는 섬유질은 거의 존재하지 않고, 당이 첨가되어 있거나 펙틴, 젤라틴, 젤란검 등을 첨가하여 영・유아에게 제공하기 편리하도록 반고형상으로 제조한 후, 가열처리를 실시하여 유통 중 미생물학적 안전성을 확보하고 있다. 따라서 이들 제품은 영・유아를 위한 식생활지침에서 권장하는 컵에 담아 제공하기에는 부적합한 유동 특성을 갖고 있을 뿐만 아니라 영양성분 또는 생리활성 성분의 손실을 피할 수 없다. 또한 건강을 추구하는 현대 소비자들은 어떠한 가공 보조제도 첨가되는 것을 기피하는 경향이 있다. 따라서 컵으로 제공하기에 적합한 유동 특성으로 약간의 spoonful 특성이나 일정한 spreadability 즉, 약간의 점성이 부여되고, 100% 천연 주스를 개발하기 위해서는 영양성분 또는 생리활성 성분의 손실을 최소화하고 점성을 부여할 수 있는 소재나 가공 방법에 대한 연구가 필요하다.

이유 보충식의 물성에 대한 연구 보고(Ahmed & Ramaswamy, 2006, 2007a, 2007b; Alvarez & Canet,

*Corresponding author: Hyung-Yong Cho, Department of Food Science and Biotechnology, College of Life Science, CHA University, 335 Pangyo-ro, Bundang-gu, Seongnam 463-400, Korea
Tel: +82-31-881-7125, Fax: +82-31-881-7219
E-mail: hycho5710@cha.ac.kr
Received August 3, 2015; revised August 3, 2015; accepted September 8, 2015

2013)에 의하면, 죽 형태의 이유 보충식은 옥수수, 쌀, 현미, 보리 등의 전분 및 변성전분의 첨가 및 호화에 의해서 영양균형과 점탄성 및 시간의존적 유체 특성 등이 부여 된다고 한다. 전분 또는 쌀가루를 초고압 처리하면 본래의 입체구조가 붕괴되고, amylase 소화성이 증가하는 등 가열에 의한 전분의 호화 현상과 유사한 변화를 나타낸다는 보고(Douzals et al., 1996, 1998; Rastogi et al., 2007)와 물리적으로 변성된 쌀을 분말화하여 초고압 처리하면 점증효과가 더 크다는 보고(Cho et al., 2011a, 2011b)가 있다. 뿐만 아니라 초고압 처리기술은 냉장 유통되는 과채류 가공품의 품질, 영양성분 또는 생리활성 성분의 손실을 최소화하면서, 미생물적 안전성이 확보된 비열(非烈)처리 기술로서 활용되고 있다(Koh, 2000; Ahmed et al., 2005; Rastogi et al., 2007).

본 연구에서는 영・유아를 위한 과채주스를 개발하기 위한 기초 연구로서 생과일과 채소를 혼합하여 착즙한 적색, 황색 및 녹색의 혼합과채주스를 조제한 후 영양균형과 유동 특성을 부여하기 위하여 물리적으로 변성된 전곡류를 4% (w/w) 첨가하였다. 또한 품질변화를 최소화하고 유통 중 저장 안전성과 점증 효과를 좀 더 부여하기 위하여 가열처리 대신에 초고압 처리(20°C, 500 MPa for 3 min)를 한 후 4°C에서 4주간 저장하면서 품질 및 총균수의 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

재료 및 시약

영・유아용으로 제조된 과채혼합 착즙 주스는 소비자의 맛과 색에 대한 선호도와 색소의 생리활성 효과를 증진시키기 위하여 적색, 황색 및 녹색의 3가지 색이 선명하게 드러나도록 예비실험을 통하여 과일과 채소류를 혼합하는 배합비를 결정하였다. 과채혼합 착즙 주스의 제조에 사용한 당근(국내산), 토마토(국내산), 비트(국내산), 레몬(미국산), 적포도(칠레산), 청포도(칠레산), 케일(경기도 양평), 키위(뉴질랜드산), 망고(베트남산), 오렌지(미국산)는 2014년 11월에 성남의 대형마트에서 구입하였다. 물리적으로 변성된 전곡 가루는 (주)다손(Bucheon, Korea)에서 제조 판매하고 있는 퍼핑 현미 스낵을 구입하여 분쇄기(HMF-3100s, Hanil Electric Co. Ltd., Seoul, Korea)에서 5분 동안 분쇄한 후 80 mesh 표준체 망을 통과시켜 제조하였다. 분석용 시약은 모두 분석 시약급을 구입하여 사용하였다.

영・유아를 위한 과채주스 제조

Fig. 1에서와 같이 과채류들을 깨끗한 물로 세척한 후, 껍질을 제거하였다. 이후 적색은 당근, 토마토, 비트, 레몬, 적포도를 10:20:5:2:30의 중량비로, 황색은 망고, 레몬 및 오렌지를 15:1:10의 중량비로, 녹색은 청포도, 케일 및 키위를 2:1:3의 중량비로 혼합하고 착즙기(HU-400, Hurom Co., Gimhae, Korea)로 착즙하여 3종류의 혼합과채주스(fresh squeezed fruits and vegetables juices, FV juices, Red, Yellow and Green juice)를 제조한 후에 FV juices에 퍼핑에 의해 변성된 현미 가루를 4% (w/w) 첨가하여 영・유아를 위한 과채주스(FV baby juices)인 적색과채주스(RB juice), 황색과채주스(YB juice), 녹색과채주스(GB juice)를 제조하였다.

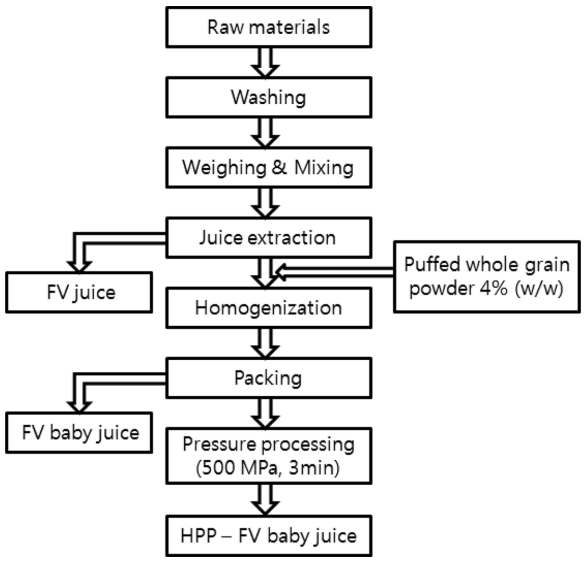

Fig. 1. Flow diagram for preparation of high pressure processed fruits and vegetables baby juice for infants and preschoolers.

Fig. 2. High pressure processed red, yellow and green baby juice for infants and preschoolers.

초고압처리는 상업적 규모의 초고압 시스템(350L, Avure Technologies Inc., Vasteras, Sweden)을 이용하여 온도 20°C, 압력 500 MPa의 조건에서 3분간 처리하여 Fig. 2와 같은 제품(HPP-FV baby juices: HPP-RB, HPP-YB and HPP-GB juice)이 제조되었다. 초고압 처리 전・후로 제조된 과채주스의 저장 중 품질특성과 총균수는 4°C 냉장고에서 보관하면서 측정하였다.

항산화 활성 측정을 위한 추출물 제조

70% ethyl alcohol 10 g에 조제된 주스 1 g을 넣어 water

bath (DH.WB000111, Daihan Scientific Co. Ltd., Wonju, Korea)에서 30ºC, 2시간 30분 추출 후 disposable membrane filter (25HP045AN, Advantec, Tokyo, Japan)로 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디컬 소거능을 측정하였다(Lee et al., 2014).

일반성분

일반성분 분석은 식품공전(MFDS, 2014)에 따라 측정하였다. 조단백질 함량은 micro Kjeldahl법, 조지방 함량은 Soxhlet 추출법, 탄수화물 함량은 100%에서 수분, 조지방, 조단백질 및 조회분의 양을 뺀 값으로 나타내었다. 당류는 식품공전/제9. 일반시험법(1.1.4.1.4 기기분석법)을 기기분석법을 사용하여 측정하였다. 나트륨 함량은 식품공전/제10 원자흡광광도법에 따라 시험하였고 식이섬유 함량은 식품공전/제10 식이섬유(가. 효소-중량법)에 따라 측정하였다(MFDS, 2014).

유동 특성

착즙된 주스와 착즙 후 물리적으로 변성된 전곡 가루가 첨가된 주스 및 초고압 처리에 따른 유동 곡선은 Rheometer (MCR302, Anton paar, Graz, Austria)에 CP50-2 측정 장치를 이용하여 0.1-300 s^{-1} 범위의 전단속도(shear rate)에 대한 전단 응력(shear stress)과 겉보기 점도(apparent viscosity)를 측정하였다. 측정된 결과를 식 (1)과 같은 Herschel-Bulkley 모델에 적용하여 파라미터를 추정하였고(Alvarez & Canet, 2013), 모델식으로부터 전단속도가 30 s^{-1}와 170 s^{-1}일 때의 겉보기 점도를 예측하였다.

$$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n \quad (1)$$

여기서, τ는 전단응력(shear stress, Pa), $\dot{\gamma}$는 전단속도(shear rate, s^{-1}), K는 점조도 지수(consistency index, $Pa \cdot s^n$), n은 유동거동지수(flow behavior index, dimensionless), τ_0는 항복응력(yield stress, Pa) 이다.

pH, 당도 및 색도 측정

pH는 시료 10 mL를 취하여 pH meter (Orion 4 Star, Thermo Fisher Scientific, Beverly, MA, USA)로 25ºC에서 3회 반복 측정하였으며, 당도는 일정량의 시료를 취하여 굴절당도계(HI96801, Hanna Instruments, Jud, Cluj, Romania)로 25ºC에서 3회 반복 측정한 후 ºBrix로 표시하였다. 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 각 시료의 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)를 3회 반복 측정한 후 그 평균값으로 나타내었으며, 이때 사용된 표준 백색판은 L=89.19, a=1.37, b=-7.40이었다.

항산화능 측정

식품의 항산화능 분석에 흔히 사용하는 ABTS 및 DPPH assay를 이용하여, 제조된 FV baby juices와 HPP-FV baby juices의 항산화능을 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 94% ethyl alcohol에 용해시켜 0.1 mM DPPH 용액을 제조하여, DPPH 용액 0.9 mL에 추출한 시료 0.1 mL를 첨가하여 혼합한 후 25ºC에서 1시간 동안 암소반응 시켰다. 517 nm에서 흡광도를 측정한 후 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다(Blios, 1958). ABTS 라디컬 소거능은 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 2.45 mM potassium persulfate ACS reagent (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)에 용해시켜 7 mM ABTS 용액을 제조하여, 24시간 동안 25ºC 암소에 방치 후 734 nm에서 흡광도 값이 0.7±0.02가 되도록 희석하였다. 시료 0.02 mL에 희석한 ABTS 용액 0.98 mL를 첨가하고 25ºC 암소에서 20분간 반응 시켰다. 734 nm에서 흡광도를 측정한 후 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다(Kim et al, 2014).

총균수 측정 및 미생물 분리 · 동정

총균수는 plate count agar (PCA) method에 따라 측정하였다. 총균수 측정 후 크기, 모양 및 색 등의 형태학적 특성에 따라 4개의 colony로 분리 하여 3회 계대배양을 하였다. 16S rRNA gene sequence 분석을 통한 분리 미생물의 동정을 위해 순수 분리된 colony에서 균체를 취한 후 Solgent Co. Ltd. (Daegeon, Korea)에 의뢰하여 염기서열을 분석하였다. 각 미생물 별로 조합된 16S rRNA 염기서열은 National Center for Biotechnology Information (NCBI) database를 통해 기존에 보고된 미생물의 16S rRNA 염기서열과 상동성을 비교함으로서 세균을 분류하고 동정하였다. 미생물 분류 체계상 16S rRNA 염기서열의 상동성이 99% 이상이면 기존에 보고된 미생물을 참고하여 동일 균주로 97.0% 미만이면 계통학적으로 가장 유연관계가 높은 속으로 분류하였다(Na et al., 2011).

통계분석

실험결과에 대한 통계분석은 SPSS Statistics Version 21 software (SPSS Ins., Chicago, IL, USA)를 이용하여 One-way ANOVA로 분석하였고, 시료간의 유의적인 차이는 Tukey's multiple range test로 유의수준 $p<0.05$에서 검증하였다.

결과 및 고찰

제조된 과채류 주스의 품질 특성

시중에서 유통되고 있는 22가지 영·유아용 과일주스와

초고압 처리한 세 가지 영·유아용 과채주스의 일반성분 분석 결과를 Table 1에 나타내었다. 초고압 처리한 세 가지 영·유아용 과채주스의 경우, 탄수화물 13.44-14.81%, 조단백질 1.16-1.55%, 조지방 0.21-0.27%, 총당 10.38-10.81%, 나트륨 0.017-0.023%, 섬유질 0.31-0.72%로 시판제품과 비교할 경우 나트륨을 제외한 모든 성분에서 유의적인 차이를 보이고(p<0.05), 물리적으로 변성된 전곡을 첨가하여 탄수화물, 지방, 단백질 및 당 함량이 유통되고 있는 영·유아용 과일주스보다 높았다. 특히 시판제품에서는 측정되지 않았던 섬유질이 측정되었는데 이는 본 제품의 경우 제조방법이 기존제품과는 달리 원료 과채류를 착즙하여 제조함으로서 펄프를 함유하고 있기 때문인 것으로 사료된다. 단백질 및 지방은 약 10배 정도 많은 것으로 관찰되어 성장기인 영·유아들에게 추가적으로 영양소를 공급해줄 수 있는 영양 간식으로서의 가능성도 확인할 수 있었다.

유동 특성

액상 식품의 유동 거동에 대한 이해는 가공 장치(펌프, 파이프, 증발기, 살균장치, 주입장치, 열교환기 및 혼합장치 등)의 설계나 평가를 위해서 필수적인 요소이다. 뿐만 아니라 제품의 물성학적 특성에 관한 지식은 품질관리, 소비자의 기호도나 섭취 편리성을 평가하거나 가공 공장의 운영에 필요한 공학적 계산을 하기위한 근거자료를 제공한다. 착즙 과채주스에 퍼핑에 의하여 변성된 현미 가루 4% (w/w) 첨가와 초고압 처리(20°C, 500 MPa에서 3분)가 유동특성에 어떠한 변화를 일으키는지를 조사하기 위하여, FV

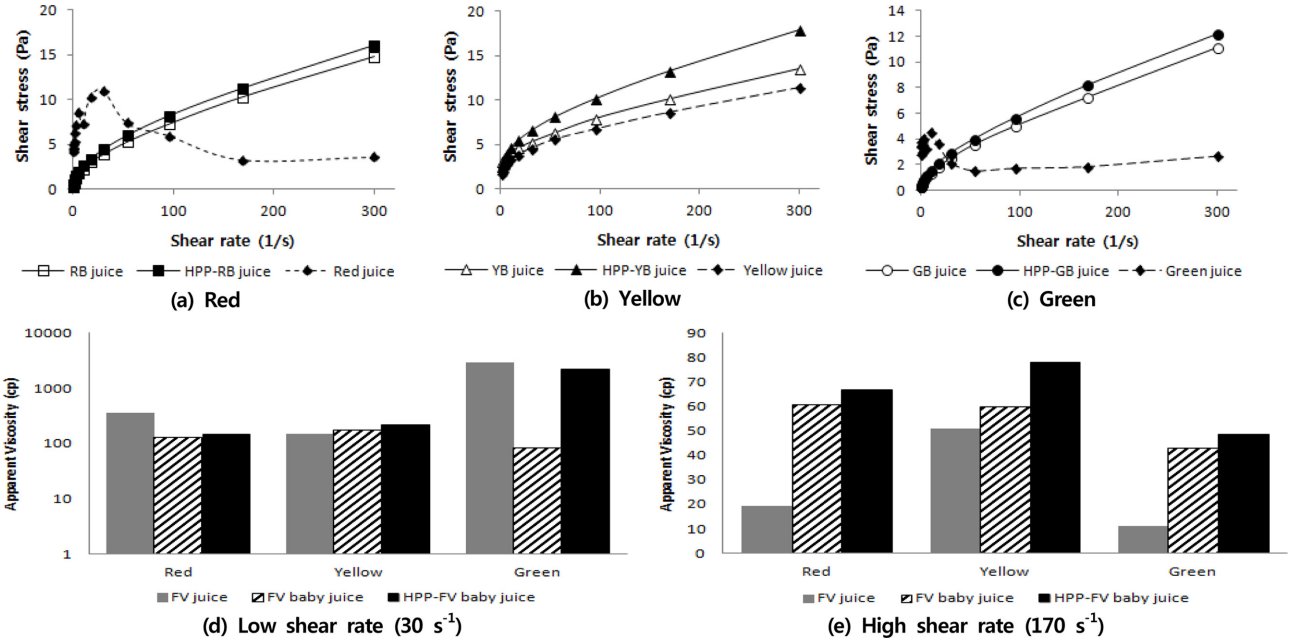

Fig. 3. Flow curves of variously prepared FV juices and apparent viscosities of red and green juice measured by increasing shear rate (0.1 to 300 s^{-1}), and predicted apparent viscosities of yellow, FV baby and HPP-FV baby juices at low shear rate (30 s^{-1}) and high shear rates (170 s^{-1}) using Herschel-Bulkley model.

Table 1. Proximate compositions of commercial fruit and vegetables juices and high pressure processed (HPP) fruits and vegetables baby juices

Components (%)	HPP-RB juice[1)] (n=3)	HPP-YB juice[2)] (n=3)	HPP-GB juice[3)] (n=3)	Commercial fruit & vegetables juices* (n=22)
Carbohydrate	13.44±0.21[a]	14.81±0.32[b]	13.48±0.32[a]	12.61±2.44[c]
Crude protein	1.16±0.12[a]	1.36±0.22[b]	1.55±0.21[c]	0.13±0.34[d]
Crude fat	0.21±0.19[a]	0.28±0.07[b]	0.27±0.03[b]	0.03±0.13[c]
Total sugar	10.38±0.92[a]	10.60±1.32[b]	10.81±0.32[c]	9.82±2.21[d]
Na	0.023±0.005[a]	0.012±0.003[b]	0.017±0.003[c]	0.017±0.013[c]
Fiber	0.36±0.12[a]	0.72±0.21[b]	0.31±0.14[a]	ND

*Mean±SD.
[a-d]Means with the same letter in each superscript are not significantly different (p<0.05).
[1)]High pressure processed Red baby juices
[2)]High pressure processed Yellow baby juices
[3)]High pressure processed Green baby juices

juices, FV baby juices 및 HPP-FV baby juices를 상온에서 전단 속도(0.1-300 s^{-1})에 대한 전단 응력의 변화를 측정하여 Fig. 3의 (a), (b) 및 (c)에 유동 곡선으로 나타내었다.

착즙된 FV juices의 경우에, 황색주스는 shear-thinning한 경향을 보이는 의가소성(pseudoplastic) 유체이나 적색주스와 녹색주스는 어느 일정한 전단응력에서 유동 특성이 바뀌는 것으로 관찰되었다. 적색주스와 녹색주스는 착즙하여 제조된 주스로서 펄프를 함유하고 있으며 펄프와 같은 입자를 함유하고 있는 현탁액에서는 slippage 현상에 의해서 낮은 전단속도에서 최대의 전단응력을 보여주며 전단속도가 증가함에 따라 전단응력이 감소하였다가 증가하는 유동특성을 보고한 결과와 일치한다(Barnes, 1995; Alvarez & Canet, 2013). 반면에 퍼핑된 현미 가루 4% (w/w)를 첨가한 주스는 모두 초고압 처리와 무관하게 모두 shear-thinning한 경향을 보이는 의가소성 유체 특성을 나타내었다. 이러한 경향은 전단 속도에 대한 전단 응력을 측정한 결과를 식 (1)의 Herschel-Bulkley 모델에 적용하여 추정한 파라미터를 나타낸 Table 2에서도 확인할 수 있다. 실제로는 Power law 모델, Casson 모델, Bingham 모델에 적용하여 파라미터를 추정한 후 모든 경우에 결정계수(R^2)가 가장 1에 가까운 모델로서 Herschel-Bulkley 모델이 선정되었다. 적색 및 녹색 착즙 주스는 결정계수가 각각 0.85 및 0.63으로 유동 거동을 Herschel-Bulkley 모델로 설명하기에는 부적합 하였다. Ahmed et al. (2005, 2007)은 과채류 주스, 농축액, 펄프, 퓨레 및 페이스트의 유동학적 특성은 온도, 총 수용성 고형분 함량/농도, 입자 크기에 의하여 영향을 받고 측정조건(전단 속도 범위 등)과 장비에 따라서도 다르게 보고되기도 한다고 소개하였다. 본 연구에서는 퍼핑에 의하여 변성된 현미 가루를 첨가하여 유동 특성이 일정하게 안정화됨으로서 점증제로서의 역할을 확인할 수 있었다.

초고압 처리 유무 및 퍼핑에 의하여 변성된 현미 가루 첨가 유무가 실제로 점도에 어떠한 영향을 미치는지를 확인하기 위하여 유동 거동이 Herschel-Bulkley 모델에 적합한 경우에는 Table 2에서 제시한 파라미터를 이용, 낮은 전단 속도(30 s^{-1})와 높은 전단 속도(170 s^{-1})에서 겉보기 점도를 예측하고, 적합하지 않은 경우에는 측정값을 이용하여 Fig. 3의 (d)와 (e)에 나타내었다. 낮은 전단 속도에서는 변성된 현미 가루 첨가 여부나 초고압 처리 유무에 대해 일정한 경향을 보이고 있지 않지만 높은 전단 속도에서는 변성된 현미 가루를 첨가함으로서 겉보기 점도가 증가하였고, 초고압 처리를 함으로서 좀 더 겉보기 점도가 증가하였다. 또한 낮은 전단 속도에서도 점증제로서 변성된 현미 가루가 첨가된 FV baby juices를 초고압 처리함으로서 아주 미세하게 점도가 증가하였다. 이는 초고압 처리로 인해 전분 및 변성전분이 호화가 일어나 점성이 생긴다고 보고한 Douzals et al. (1996)의 연구 결과와 일치한다.

Table 2. Herschel-Bulkley parameters for variously prepared fruits and vegetables juices

	τ_0 (Pa)	n	K (Pa · s)	R
Red baby juice	1.16	0.70	0.25	0.99996
HPP-Red baby juice	0.84	0.62	0.44	0.99999
Red juice	15.18	0.44	-1.25	0.84847
Yellow baby juice	3.52	0.80	0.12	0.99997
HPP-Yellow baby juice	2.69	0.58	0.53	1.00000
Yellow juice	1.34	0.45	0.69	0.99921
Green baby juice	0.11	0.62	0.28	0.99991
HPP-Green baby juice	0.39	0.65	0.27	0.99999
Green juice	79.82	0.01	-74.94	0.62719

pH 및 당도

천연 점증제로서 물리적으로 변성된 전곡 가루를 4% 첨가하여 제조된 RB, YB 및 GB juice를 20°C, 500 MPa에서 3분간 처리하거나 처리하지 않은 각각의 주스를 4°C에서 4주간 저장하면서 측정한 pH와 당도의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 초고압 처리 전 후의 pH와 당도는 유의적 차이가 없었으며 저장기간에 따라서도 거의 변화가 없었다(p<0.05). 대추술의 초고압 처리 후 저장기간 동안 pH의 변화가 거의 없다는 Park et al. (2009)의 실험결과 또는 Cho et al. (2011a)이 바나나와 사과 이유식에서 초고압 처리 조건에 상관없이 각 시료 간 당도의 유의적인 차이가 없었다는 실험결과와 유사한 경향이었다. 이러한 결과로부터 pH와 당도는 영·유아용으로 제조된 HPP-RB, YB 및 GB juice의 유통기한 설정을 위한 품질지표로는 부적합하다고 판단하였다.

색도

본 제품은 미생물학적 안전성과 색의 변화를 최소화하기 위하여 초고압 처리를 하여 제조되었다. 따라서 가공 및 저장 중의 색 변화는 영·유아용 과채혼합주스 제품에 있어서 매우 중요한 품질지표이다.

일반적으로 가열처리를 하는 경우에는 색소 성분이 파괴되는 것으로 알려져 있으나, 초고압 처리의 경우에는 여러 가지 다른 양상을 보인다. Ferrari et al. (2010)의 보고에 의하면, 적색 계통의 anthocyanins이 주 색소인 석류주스의 경우에는 polyphenoloxidase (PPO)의 잔존 유무에 의해 색 변화가 발생하므로 처리 조건의 최적화가 필요하며, 25°C, 500 MPa에서 5분 처리하는 경우에는 처리 전보다 품질이 개선되었다고 하였다. Ahmed et al. (2005)은 황색 carotenoid류가 주 색소를 이루고 있는 망고 펄프의 경우에 초고압 처리(20°C에서 100-400 MPa로 5분 또는 30분 처리)가 색도에 유의적인 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 최근에는 녹색 채소류의 색도에 미치는 초고압 처리의 영

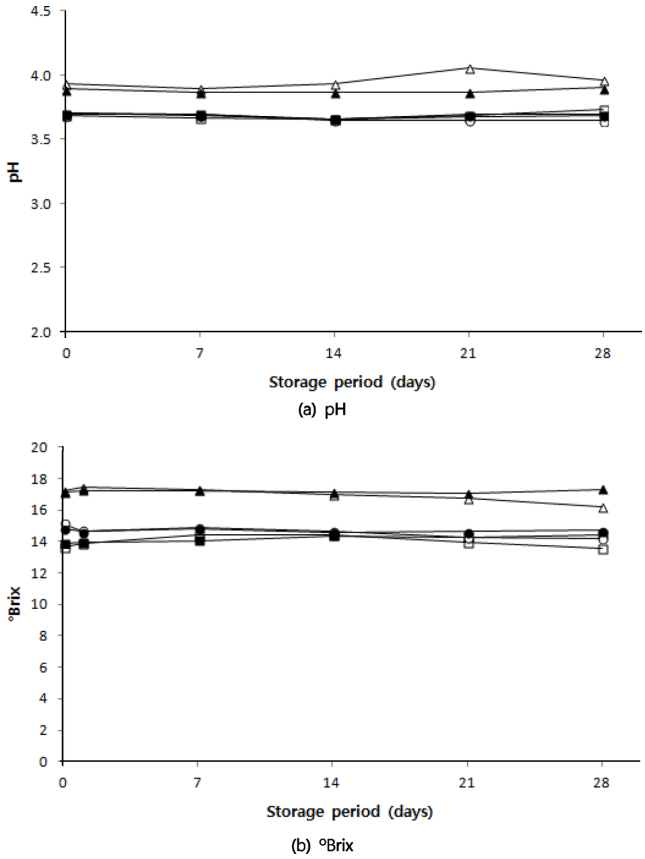

Fig. 4. Changes in pH and °Brix of FV baby juices and HPP-FV baby juices (at 20°C and 500 MPa for 3 min) during storage at 4°C for 4 weeks. □ : RB juice, ■ : HPP-RB juice, △ : YB juice, ▲ : HPP-YB juice, ○ : GB juice, ● : HPP-GB juice.

향에 대한 관심(Oey et al., 2008; Clariana et al., 2011; Medina-Meza et al., 2015)이 집중되고 있다. 초고압 처리는 세포를 파괴하여 세포내 색소 성분을 용출시켜 녹색의 강도를 증진시키고, 식물에 존재하는 효소인 peroxidase (POD) 또는 PPO의 단백질 구조를 가역 또는 비가역적인 변화를 야기하고 색도 변화를 초래하는 원인이라고 한다. 그러나 저장 중의 색도 안정성에 대한 연구는 아직 부족한 실정이다.

적색, 황색 및 녹색의 3가지 FV baby juices와 HPP-FV baby juices를 각각 4°C에서 4주간 저장하면서 색도를 기계적으로 측정한 결과를 Fig. 5에 제시하였다. 세 가지 FV baby juices 모두 초고압 처리를 한 당일의 경우, 초고압 처리 유무에 따른 유의적 차이를 보이지는 않는 것으로 나타나 20°C, 500 MPa에서 3분 처리에 따른 FV baby juice의 색도 변화는 없는 것으로 판단된다(p<0.05).

저장기간에 따른 색도의 변화에서는 적색주스의 경우, 초고압 처리 유무와 상관없이 저장기간 동안 L값(명도)과 b값(황색도)이 증가하고, a값(적색도)은 감소하였다. 전체적인 색도의 변화를 나타내는 ΔE_{ab} 값은 RB juice와 HPP-RB juice에서 각각 7.4%, 7.3% 감소하였다. 황색주스의 경우, L값과 a값은 초고압 처리에 상관없이 저장기간 동안 거의 일정하게 유지되지만 b값은 저장기간 동안 계속 감소되었다. ΔE_{ab} 값은 저장 7일째까지는 HPP-YB juice가 YB juice 보다 더 적게 감소되는 경향을 보이다가 14일째부터 HPP-YB juice가 YB juice 보다 더 크게 감소하였다. 따라서 4주 후의 ΔE_{ab} 값 변화 정도는 YB juice와 HPP-YB juice에서 각각 6.6%, 16.8% 감소하였다. 녹색주스의 경우, 초고압 처리 유무 상관없이 저장기간 동안 L값은 거의 일정하게 유지되고 a값은 증가하고 b값은 감소하는 경향을 보였다. ΔE_{ab} 값은 GB juice와 HPP-GB juice에서 각각 2.3%, 1.0% 감소하였다. 이처럼 냉장 저장기간 동안 제조된 영·유아용 과채주스의 색도 변화 정도는 주스 배합 원료에 따라, 초고압 처리 유무에 따라 감소 정도의 차이를 보였다. 황색주스는 현저하게 감소하였고, 녹색 및 적색주스는 서서히 감소하였다. 그러나 초고압 처리 유무에 따른 감소 정도의 차이를 설명하기에는 과학적 근거가 부족하여 좀 더 세밀한 연구가 필요하다고 판단된다.

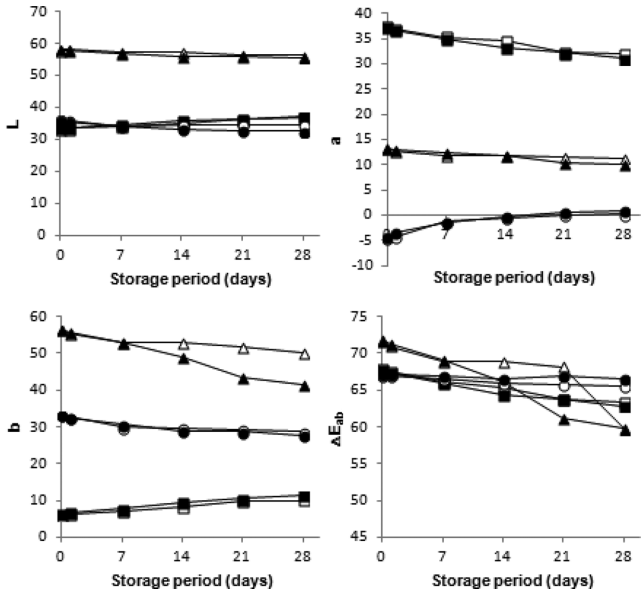

Fig. 5. Changes in L, a, b, and ΔE_{ab} of FV baby juices and HPP-FV baby juices (at 20°C and 500 MPa for 3 min) during storage at 4°C for 4 weeks. □ : RB juice, ■ : HPP-RB juice, △ : YB juice, ▲ : HPP-YB juice, ○ : GB juice, ● : HPP-GB juice.

항산화 활성

적색, 황색 및 녹색의 3가지 FV baby juices와 HPP-FV baby juices를 각각 4°C에서 4주간 저장하면서 채취한 주스로부터 추출된 시료의 DPPH 라디칼을 이용한 전자공여능(EDA %)과 ABTS 라디칼 소거능을 측정하여 Fig. 6에 나타내었다.

Fig. 6의 (a)에서와 같이 DPPH 라디칼 소거활성은 초고압 처리 전에는 RB, YB 및 GB juice가 각각 23.58±0.95%, 61.17±1.70% 그리고 34.95±1.38%로 측정되었다. 초고압

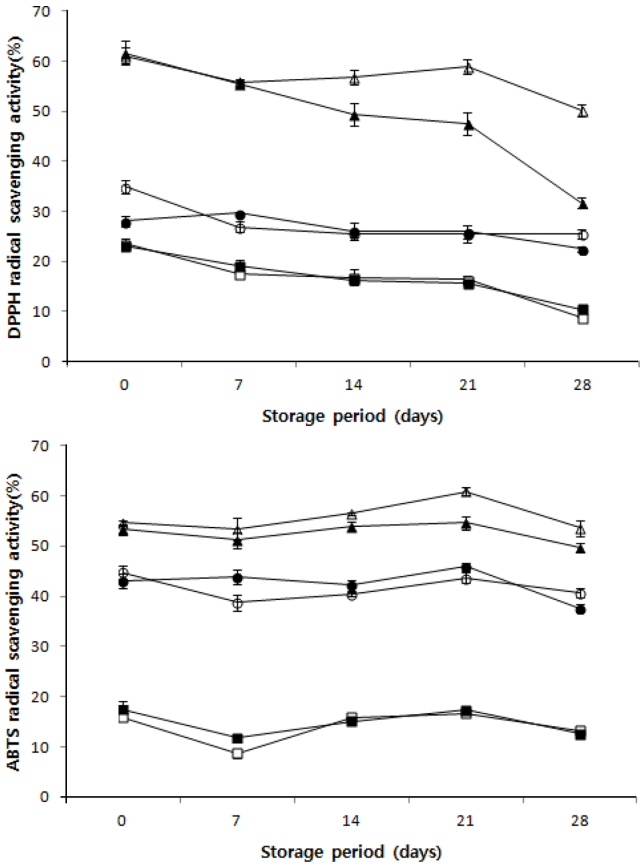

Fig. 6. Changes in DPPH radical scavenging activity (a) and ABTS radical scavenging activity (b) of FV baby juices and HPP-FV baby juices (at 20°C and 500 MPa for 3 min) during storage at 4°C for 4 weeks. □ : RB juice, ■ : HPP-RB juice, △ : YB juice, ▲ : HPP-YB juice, ○ : GB juice, ● : HPP-GB juice.

처리 후에 적색과 황색주스의 경우 초고압 처리 전과 유의적인 차이가 없었으며 녹색주스의 경우에는 28.02±1.00%로 유의적 차이가 있게 감소하였다(p<0.05). 저장기간에 따라서는 모든 추출물에서 약간씩 감소하였다. 적색주스와 녹색주스의 경우, 저장기간 동안에 초고압 처리 유무에 상관없이 저장 후 7일이 될 때까지 급속히 감소하다가 그 뒤에는 일정하게 유지되었다. 황색주스의 경우에는 저장 후 7일째까지는 초고압 처리 유무에 상관없이 동일하게 감소하였지만 그 이후부터는 감소 폭이 초고압 처리를 하였을 경우가 더 큰 것으로 나타났다. 이러한 저장 중 감소 경향은 색도의 변화와 매우 유사한 경향을 보이고 있으며, Plaza et al. (2006)의 초고압 처리된 오렌지 주스의 저장기간 동안 DPPH 라디칼 소거활성이 떨어졌다는 보고와 일치한다.

Fig. 6의 (b)에서와 같이 ABTS 라디칼 소거능에 의한 항산화 활성은 적색주스의 경우 15.91±0.30%, 황색주스의 경우 54.61±0.46%, 녹색주스의 경우 44.78±1.32%로 DPPH 라디칼 소거능에 의한 항산화 활성 측정 결과와 유사하게 YB, GB, 그리고 RB juice 순서로 항산력이 높은 것으로 나타났다. 초고압 처리 후에는 모두 초고압 처리 전과 ABTS 라디칼 소거능에 유의적 차이가 없었다(p<0.05). 이러한 결과는 Butz et al. (2003)의 ABTS 라디칼 소거능 실험에서 초고압 처리한 시료와 처리하지 않은 시료 사이에 유의적인 차이가 없다는 결과와 일치하는 결과로 초고압 처리는 FV baby juices의 항산화력에 영향을 끼치지 않는 것으로 판단하였다. 저장기간에 따른 ABTS 라디칼 소거능의 변화는 DPPH 라디칼 소거능에 의한 항산화 활성 변화와는 달리 모두 추출물에서 초고압 처리와는 무관하게 유사한 패턴으로 변하였다. 저장 후 7일까지는 ABTS 라디칼 소거능이 감소하다가 7일 이후부터는 증가하는 것으로 관찰되었고, 저장기간이 21일이 지난 후부터는 다시 감소하는 경향을 나타내었다.

색도에서와 같이 저장기간에 따라서 항산화 활성이 초고압 처리 유무에 따라 변화는 없지만 저장 기간에 따라 시료별 다소 차이를 보이면서 감소하는 경향으로 인하여 색도, 항산화 활성 모두 품질지표로서의 가능성을 확인할 수 있었다. 그러나 실험적인 측면이나 분석적인 측면을 고려하면, 생산 공장에서의 품질관리는 색도 > ABTS 라디칼 소거능에 의한 항산화 활성 > DPPH 라디칼 소거능에 따른 항산화 활성의 순서로 품질지표를 선정하는 것이 타당하다고 사료된다.

총균수 측정 및 미생물 동정

저장 중 미생물에 의한 제품의 변질여부 및 안전성을 검사하기 위하여, 제조된 FV baby juices와 HPP-FV baby juices를 4°C에서 4주간 저장하면서 총균수를 측정하여 Fig. 7에 나타내었다. 초고압 처리를 하지 않은 RB, YB, 및 GB juice의 총균수는 각각 1.50×10^3, 2.05×10^3, 8.03×10^3 CFU/mL이었으나 500 MPa에서 3분간 초고압 처리를 한, HPP-RB juice는 5.00×10^1 CFU/mL로 약 2 log 감소하였고 HPP-YB juice에서는 균이 검출되지 않아 약 3 log 감소하였다. 즉, 초고압 처리에 의해 미생물을 제어할 수 있음을 확인(Park et al., 2009; Kim et al., 2010; Cho et al., 2011a)하였다. 그러나 HPP-GB juice는 2.68×10^3 CFU/mL로 초고압 처리에 의한 미생물 사멸 효과를 나타내지 않았다. 이러한 결과는 녹색 주스의 성분 중 하나인 케일에 *Bacillus* spp. 포자가 존재 할 수 있는 가능성이 있다고 판단하였다.

초고압 처리 하지 않은 경우에 저장기간에 따른 총균수는 7일 만에 RB, YB 및 GB juice에서 각각 7.00×10^4, 8.10×10^6, 1.45×10^6 CFU/mL로 급격히 증가하였으며 좀 더 기간이 경과함에 따라 증가하는 속도가 감소하다가 결국 개체 수가 줄어드는 현상이 관찰되었다. 이는 미생물의 생육에 필요한 영양분의 고갈 때문으로 판단하였다. 따라서 초고압 처리를 하지 않은 경우에는 7일 만에 식품공전에 제시되어 있는 비가열 과채주스의 미생물 규격인 1.00×10^5

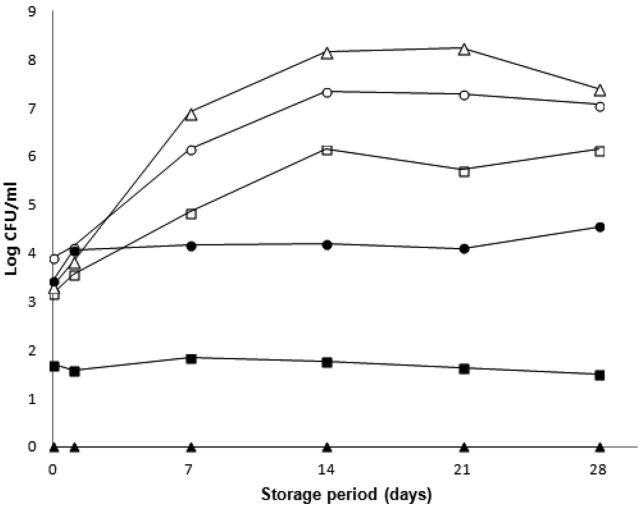

Fig. 7. Changes in total viable cell of FV baby juices and HPP-FV baby juices (at 20ºC and 500 MPa for 3 min) during storage at 4ºC for 4 weeks. □ : RB juice, ■ : HPP-RB juice, △ : YB juice, ▲ : HPP-YB juice, ○ : GB juice, ● : HPP-GB juice.

CFU/mL보다 초과하게 되어 미생물에 대한 제품의 안전성을 확보하기 어렵다고 판단된다. 그러나 500 MPa에서 3분간 초고압 처리 된 HPP-FV baby juices의 경우, HPP-RB juice는 4주간 초기 균수와 거의 변화 없이 10^2 CFU/mL 미만으로 유지되었고 HPP-YB juice는 4주 저장기간 동안에 일반세균은 검출되지 않았다. HPP-GB juice는 하루 동안은 증가하였지만 그 이후 저장 기간 동안 10^4 CFU/mL를 유지하였다. 따라서 초고압 처리군은 모두 식품공전에 제시되어 있는 비가열 과채주스의 미생물 규격인 1.00×10^5 CFU/mL 보다 적어 통상적으로 냉장 유통 제품의 유통기한인 2주의 유통기한을 확보할 수 있었다.

한편 저장기간에 따라 GB 및 HPP-GB juice에서 예상되었던 *Bacillus* spp.로 의심되는 colony 4종류를 발견하여 이를 분리하여 계대배양한 후 Solgent Co. Ltd. (Daejeon, Korea)에 미생물 동정 분석을 의뢰하였다. 그 결과 *B. amyloliquefaciens* 2종, *B. cereus* 1종, *B. licheniformis* 1종이 존재함을 확인할 수 있었다. 따라서 영·유아용 GB juice를 제조하는 경우에는 *Bacillus* spp.의 제어를 고려할 필요가 있다고 사료된다.

요 약

본 연구에서는 영・유아용 주스의 유동 특성과 과채류의 색소 성분이 지니고 있는 생리활성이 강화된 혼합과채주스의 생산가능성을 조사하기 위하여, 생과일과 채소를 혼합하여 착즙한 적색, 황색 및 녹색의 혼합과채주스를 조제한 후 영양균형과 유통 특성을 부여하기 위하여 물리적으로 변성된 현미 가루를 4% (w/w) 첨가한 후에 품질변화를 최소화하고 유통 중 저장 안전성과 점증 효과를 좀 더 부여하기 위하여 초고압 처리(20ºC, 500 MPa for 3 min)를 한 후 4ºC에서 4주간 저장하면서 품질 및 총균수의 변화를 측정하였다.

착즙된 FV juice에 물리적으로 변성된 현미 분말을 첨가함으로서 기대하였던 바와 같이 시중에 유통되고 있는 영・유아용 과일주스에 비하여 단백질 및 지방이 약 10배 정도 증가되고 섬유질이 검출되어 영양학적으로 강화되고, 색도가 선명하여 소비자의 기호도를 충족시킬 수 있으며 항산화 활성이 검출되어 생리활성 또한 강화된 제품을 제조할 수 있었다. 뿐만 아니라 영・유아용 주스의 유동 특성에 적합한 물성인 spoonful 특성과 아주 작은 점성 증가에 의해서 야기되는 spreadability의 감소를 물리적으로 변성된 현미 분말 첨가와 초고압 처리(500 MPa for 3 min)에 의해서 확보할 수 있었다. 4ºC에서 4주간 저장 중에 품질 변화(pH, 당도, 색도, 및 항산화 활성)와 총균수를 측정한 결과, pH와 당도는 초고압 처리에 관계없이 저장 중에 변화가 매우 미미하였고 색도, 항산화 활성은 저장 시간에 따라 제조된 주스 별로 약간의 차이는 있지만 감소하는 경향을 나타내었다. 총균수의 경우에는 저장 기간 내내 과채류 주스의 국내 기준・규격인 1.00×10^5 CFU/mL 보다 적게 유지되었다. 다만 HPP-GB juice의 경우에는 10^4 CFU/mL로 제어되어 초고압 처리 이전 공정에서 10^2내지 10^3 CFU/mL로 제어되어야 하는 위생관리의 중요성이 확인되어, *Bacillus* spp.의 제어를 분명하게 실시하여야 한다. 종합하여 판단하면, 영・유아용 과채혼합주스의 유동 특성과 과채류의 색소 성분이 지니고 있는 생리활성이 강화된 초고압 처리 과채혼합주스의 생산 및 냉장 유통 가능성을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 논문 연구는 농림축산기술개발사업(고부가가치 식품기술개발사업, 과제번호 112120-2)의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

Ahmed J, Ramaswamy HS. 2006. Viscoelastic properties of sweet potato puree infant food. J. Food Eng. 74: 376–382.

Ahmed J, Ramaswamy HS. 2007a. Dynamic and steady shear rheology of fruit puree based baby foods. J. Food Sci. Technol. 44: 579–585.

Ahmed J, Ramaswamy HS. 2007b. Dynamic rheology and thermal transitions in meat-based strained baby foods. J. Food Eng. 78: 1274–1284.

Ahmed J, Ramaswamy HS, Hiremath N. 2005. The effect of high pressure treatment on rheological characteristics and colour of mango pulp. Int. J. Food Sci. Tech. 40: 885-895.

Ahmed J, Ramaswamy HS, Sashidhar KC, 2007. Rheological

characteristics of tamarind (*Tamarindus indica* L.) juice concentrates. LWT-Food Sci. Technol. 40: 225–231

Alvarez MD, Canet W. 2013. Time-independent and time-dependent rheological characterization of vegetable-based infant purees. J. Food Eng. 114: 449-464.

Barnes, HA. 1995. A review of the slip (wall depletion) of polymer-solutions, emulsions and particle suspensions in viscometer-its cause, character, and cure. J. Non-Newton. Fluid. 56: 221-251.

Blios MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181: 1190-1200.

Butz P, Fernandez Garcia A, Lindauer R, Dieterich S, Bognar A, Tauscher B. 2003. Influence of ultra high pressure processing on fruit and vegetable products. J. Food Eng. 56: 233-236.

Cho HY, Cho EK, Kim BC, Shin HH. 2011a. Baby food processing and properties by using high pressure processing. Korean J. Food Nutr. 24: 746-752.

Cho HY, Cho EK, Kim BC, Shin HH. 2011b. Development of semi-solid apple baby food using high pressure processing and quality evaluation. Korean J. Food Nutr. 24: 777-785.

Clariana M, Valverde J, Wijngaard H, Mullen AM, Marcos B. 2011. High pressure processing of swede (*Brassica napus*): impact on quality properties. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 12: 85-92

Douzals JP, Marechal PA, Coquille JC, Gervais P. 1996. Microscopic study of starch gelatinization under high hydrostatic pressure. J. Agr. Food Chem. 44: 1403-1408.

Douzals JP, Perrier Cornet JM, Gervais P, Coquille JC. 1998. High-pressure gelatinization of wheat starch and properties of pressure-induced gels. J. Agr. Food Chem. 46: 4824-4829.

Ferrari G, Maresca P, Ciccarone R. 2010. The application of high hydrostatic pressure for the stabilization of functional foods: pomegranate juice. J. Food Eng. 100: 245-253.

Kim DB, Oh JW, Lee JS, Park IJ, Cho JH, Lee OH. 2014. Antioxidant activities of green and purple Kohlrabi Juices. Korean J. Food Sci. Technol. 46: 601-608.

Kim YK, Lee YH, Iwahashi Y. 2010. Effects of high pressure on quality stability of fresh fruit puree and vegetable extracts during storage. Korean J. Food Preserv. 17: 190-195.

Koh KH. 2000. Structural changes and inactivation of saccharomyces cerevisiae in grape juice induced by high hydrostatic pressure. J. Korean Home Econ. Assoc. 38: 241-248.

MFDS. 2014. In Korea Food Code. Korean Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea.

Lee JH, Kim Y, Lee SY, Yoo SH. 2014. Conditions for obtaining optimum polyphenol contents and antioxidant activities of Korean berry and green tea extracts. Korean J. Food Sci. Technol. 46: 410-417.

Lifschitz MD, Carlos H. 2000. Carbohydrate absorption from fruit juices in infants. Pediatrics 105: e4. (electronic journal, http://www.pediatrics.org/cqi/content/full/105/1/e4)

Ludwig DS, Peterson KE, Gortmaker SL. 2001. Relation between consumption of sugar-sweetened drinks and childhood obesity : a prospective, observational analysis. Lancet 357: 505-508.

McCarthy MA, Matthews RH. 1994. Nutritional quality of fruits and vegetables subjected to minimal processes. pp. 313-326. In: Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Wiley RC (ed.). Chapmann and Hall, New York, NY, USA.

Medina-Meza IG, Barnaba C, Villand F, Barbosa-Canovas GV. 2015. Effects of thermal and high pressure treatments in color and chemical attributes of an oil-based spinach sauce. LWT-Food Sci. Technol. 60: 86-94.

Na JM, Kang MS, Kim JH, Jin YX, Je JH, Kim JB, Cho YS, Kim JH, Kim SY. 2011. Distribution and identification of halophilic bacteria in solar salts produced during entire manufacturing process. Korean J. Microbiol. Botechnol. 39: 133-139.

Oey I, Lille M, Van Locy A, Hendricks M. 2008. Effect of high-pressure processing on colour, texture and flavour of fruit- and vegetable based food products: a review. Trends Food Sci. Technol. 19: 320-328

Park HJ, Kim KY, Jeong HS. 2009. Quality changes of Jujube Wine by hydrostatic pressure and freezing treatment during storage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 89-97.

Plaza L, Sanchez-Moreno C, Elez-Martinez P, de Ancos B, Martin-Belloso O, Pilar Cano M. 2006. Effect of refrigerated storage on vitamin C and antioxidant activity of orange juice processed by high-pressure or pulsed electric fields with regard to low pasteurization. Eur. Food Res. Technol. 223: 487-493.

Rastogi NK, Raghavarao KSMS, Balasubramaniam VM, Niranjan K, Knorr D. 2007. Opportunities and challenges in high pressure processing of foods. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 47: 69-112.