

효소처리 비트주스를 첨가한 Kefir 발효유의 품질특성

Quality Characteristics of Kefir Fermented Milk with Beetroot Juice after Enzyme Treatment

박영민¹⁾ · 이주영²⁾ · 유현희³⁾.*

전북대학교 연구원¹⁾ · 전북바이오융합산업진흥원 연구원²⁾ · 군산대학교 식품영양학전공 교수³⁾.*

Park, Youngmin¹⁾ · Lee, Juyoung²⁾ · Yu, Hyeonhee³⁾.*

Jeonbuk National University¹⁾ · Jeonbuk Institute for Food-Bioindustry²⁾ ·

Major in Department of Food and Nutrition, Kunsan National University³⁾

Abstract

This study compared the quality characteristics of kefir-fermented milk containing 15% or 30% beetroot juice, which was either previously treated with Celluclast enzyme or not treated. The yield(%) of beet juice increased as the enzyme treatment time(2-8 hours) increased. The beet juice appearance, color, aroma, taste, and overall preference were higher in the Celluclast 4-hour treatment group(4hCBI) than in the other groups. In a pilot study of beeturia and beetstool in 20 healthy adults, no red in urine and feces before and after ingestion were seen in the 4hCBI group, but red appeared after ingestion in the enzyme-untreated group. Fermentation properties, including lactic acid bacteria counts, sugar content, pH, titratable acidity, viscosity, and color value were also measured. Lactic acid bacteria counts were significantly higher in 15%-added 4hCBI group(FM-15CEBI) compared to the control after fermentation. Total polyphenol, flavonoid and 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity were higher in the 30%-added 4hCBI group(FM-30CEBI) than in the control group and the other groups. The 15%-added 4hCBI group(FM-15CEBI) had the highest sensory evaluation score. In conclusion, the addition of 15% beet juice treated with Celluclast resulted in a superior kefir fermented milk product.

Keywords: Beetroot juice, Kefir fermented milk, Quality characteristics, Enzyme treatment

I. 서론

비트(*Beta vulgaris* var. *Rubra*)는 명아주과(*Chenopodiaceae*)에 속하며 원산지는 북아프리카로, 우리나라는 제주도 등에서 재배되고 있다(손민정 외, 2008). 비트 뿌리에 많은

betalains는 진한 적색과 보라색을 띠는 betacyanin과 노란색을 띠는 betaxanthin 등을 총칭하며, betacyanin은 FDA에서 승인한 천연색소 첨가제이다(Reddy et al., 2005). 비트 색소는 안정성, 저장성, 경제적 이점 때문에 아이스크림, 소스, 캔디, 햄, 소시지, 음료, 케이크, 두부, 설기떡 등에 많

본 연구는 군산대학교 박사학위 논문과 2022년 한국생활과학회 동계 학술대회에서 포스터 발표한 것을 확장한 것임. 관능검사는 군산대학교 생명윤리위원회의 승인하에서 진행하였음(승인번호: 1040117-202011-HR-019-01).

* Corresponding author: Yu, Hyeonhee

Tel: +82-63-469-4636, Fax: +82-63-469-7426

E-mail:youhh@kunsan.ac.kr

© 2023, Korean Association of Human Ecology. All rights reserved.

이 이용되고 있다(고승혜, 정현철, 2018; 박혜란, 2021; 이교연 외, 2019; 하소라 외, 2015). 또한 비트에는 phenolics, carotenoids, nitrates, flavonoids, vitamins, minerals, galactans, pectin, asparagine, glutamine 외 옥살산, 유기산, 올리고당 등 다양한 성분이 있다(Chhikara et al., 2019; Georgiev et al., 2010). 비트와 비트의 구성성분에 대해 항산화 외에 항암, 항돌연변이, 고혈압, 동맥경화증, 제2형 당뇨병, 치매 예방 및 치료 등이 보고되어 있으며(이재혁, 박정숙, 2022; Gilchrist et al., 2014), 미국, 유럽 등에서는 주스나 정장제로 건강기능성 식품을 판매되고 있다(김정운, 김현구, 2009). 그러나 비트 섭취 후 beeturia 및 beetstool 증상이 나타나거나 섭취 시 비트 특유의 향에 의한 거부감은 비트의 단점으로 소비량 감소 요인이 되고 있다(심성진, 2016). Beeturia와 beetstool 증상은 비트의 betacyanin에 의해 소변과 대변이 붉은색을 띠는 것으로 전 세계 인구의 10~14%에서 나타나는데, 철분 결핍, 흡수 부족, 위의 염산 부족, 대장의 박테리아가 부족한 사람에게서 더 심하게 나타난다(Sawicki et al., 2020; Watts et al., 1993). 비트 특유의 향은 흙냄새(earthy-musty smell)로 표현되며(Liati & Aider 2017), 주로 geosmin 의한 것으로 과일, 채소, 물 등에서 발견되며 주로 토양의 미생물에 의해 생성되는 terpenoid compound이다(Freidig & Goldman, 2014).

Kefir 발효유는 kefir grains에 의해 제조되며, 다양한 유산균, 효모, acetic acid bacteria가 포함되어 있다(천정환 외 2013; Garrote et al., 2001). Kefir 발효유의 건강 기능성 효과는 항염(Elias et al., 2003), 항산화(Güven et al., 2003), 항균(Yüksekdağ et al., 2004), 항당뇨(Maeda et al., 2004), 항고혈압(Aihara et al., 2005), 항알러지(Lee et al., 2007) 등 다양한 효과가 있다. 최근 식생활 패턴의 변화에 따라 기능성 소재를 이용한 발효유에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 특히 합성색소에 대한 유해성이 제기되면서 합성색소 사용에 대한 규제와 함께 천연색소를 첨가한 발효유에 대한 개발과 관심이 높아지고 있다(김경희 외, 2009; 김다솔 외, 2020; 이인선, 백기엽, 2003).

효소 처리는 품질 및 수율 향상, 기호성 및 항산화 등 다양한 생리활성 효과 증진 등 다양한 개선 효과를 위한 식품가공 방법(강경명 외, 2012) 중 하나로 화학 물질 처리와 다르게 환경오염을 예방하고 시설비가 적어서 경제적이다(주웨이위 외, 2020). 본 연구에 사용된 Celluclast 1.5L는 cellobiohydrolase, 1,4-β-glucosidase, 1,4-D-glucanase를 포함한 식물 세포벽 분해효소(Tsai & Meyer, 2014)이다. 이에 본 연구에서는 Celluclast 1.5 L 처리로 비트주스의 비트 향 감소, beeturia

및 beetstool 감소 효과를 알아보고 이를 이용한 발효유의 품질 특성 및 항산화 효과 등을 조사하여 비트의 식품소재로서 이용성 증대를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료 및 시약

본 연구에 사용한 레드비트 뿌리는 2020년 12월에 수확한 제주산을 전주원예협동 조합에서 구매하여 실험 재료로 사용하였다. 비트 전처리에 사용된 효소는 Celluclast 1.5 L (이하 Celluclast, Novozymes A/S, Bagsvaerd, Denmark) 이다. 발효유 제조에 사용한 재료는 우유(서울우유, 서울), 탈지분유(서울탈지분유, 서울), 이소말토 올리고당(대상주식회사, 서울), 포도당(화미주식회사, 인천), 상업용 Kefir 유산균 stater(Prime Health Ltd., Port Coquitlam, BC, Canada)이었으며, 포함된 균종은 *Lactococcus lactis*, *Lac. cremoris*, *Lac. diactylactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces marxianus var. marxianus*, kefir grains이었다. 유산균 수 실험을 위해 MRS broth/agar(Difco, Becton Dickinson Co., Sparks MD, USA)를 사용하였고, 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 및 DPPH 라디칼 소거능에 사용한 Folin-ciocalteu reagent, DPPH, gallic acid, quercetin은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA) 회사의 제품을 이용하였고 그 외 시약은 1급을 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 효소처리 비트주스 제조 및 수율

레드비트 뿌리를 흐르는 물에 3회 세척 한 후 이물질과 껍질을 제거하여 가로 및 세로 0.5×0.5 cm로 절단해서 대조군은 효소를 넣지 않고 비트와 증류수를 6:4로 희석하여 믹서기에서 1분간 마쇄 처리하였다. 효소처리 실험군은 예비실험을 통해 Celluclast를 5%로 처리 후 50℃ shaking incubator(SI-100R, 한양과학기술(주), 서울)에서 각각 2, 4, 6, 8시간 처리하였다. 효소 반응 중지 및 오염 방지를 위해 10분 동안 중탕 가열하여 믹서기에 1분간 마쇄 처리하였다. 대조군과 실험군을 각각 35 μm 인 표준체(No. 80, 청계주식회사, 군포시)로 거른 후 다음과 같은 공식에 의해 수율을 계산 후 5℃ 냉장고에 보관하였다.

$$\text{비트주스 수율} = \left(\frac{\text{최종 비트주스 양}(g)}{\text{절단한 비트 양}(g) + \text{첨가한 물 양}(g)} \right) \times 100$$

2) 효소처리 비트주스 섭취 전·후의 소변 및 대변 상태 평가(예비연구)

본 연구의 비트주스 섭취 전·후의 소변의 배뇨 및 대변의 배변에 대한 육안 상태 평가 조사는 Harm(2019) 조사지를 변형하여 사용하였으며 군산대학교 생명윤리위원회의 승인 하에서 진행하였다(승인번호: 1040117-202011-HR-019-01). 본 연구에 동의한 전북대학병원 직원으로 건강한 40~60세 남녀 20명 대상으로 시험 목적과 시험 방법 등에 대해 교육 후에 실시하였다. 임상시험 48시간 동안 4끼니의 점심, 저녁은 비트가 포함되지 않은 직원식당 메뉴를 이용하도록 했으며, 아침과 간식으로 비트와 비트가공품은 섭취하지 않도록 했다. 그리고 임상시험 기간 동안 소화기 장애, 식품 알레르기가 나타난 대상자는 제외될 수 있음을 공지하였다. 연구에 이용한 비트주스는 총 2개로, 효소미처리 비트주스와 관능평가에서 가장 우수하였던 4시간 Celluclast 처리 비트주스였다. 2개의 비트주스를 동일한 사람에게 3주 간격으로 1차, 2차로 나누어 각각 섭취하도록 하였으며 1회 섭취 용량은 250 mL를 제공 하였고, 섭취 시간은 식사 후 오후 2~4시에 하였다. 소변 및 대변 상태 평가는 총 3번 조사하였다. 첫 번째는 비트주스 섭취 전 평상 시 배뇨 및 배변 상태를 조사 했고, 두 번째는 효소미처리 비트주스 섭취 후 48시간 동안의 배뇨 및 배변 상태 조사, 세 번째는 효소처리 비트주스 섭취 후 48시간 동안의 배뇨 및 배변 상태를 조사 하였다. 조사 항목은 소변 및 대변의 붉은색 정도(1=붉은색 없음, 4=보통 붉은색, 7=진한 붉은색), 횡수(1=매우 적음, 4=보통, 7=매우 많음), 양(1=매우 적음, 4=보통, 7=매우 많음), 전체 배설 상태(1=매우 나쁨, 4=보통, 7=매우 좋음)를 7점 척도로 조사하여 평가하였다.

3) 효소처리 비트발효유 제조

발효유 제조는 신배근 외(2015)의 연구 방법을 참고하여 배합 재료 및 양은 예비실험을 통해 이루어졌다. 배합 재료는 대조군은 우유 100 mL, 상업용 Kefir 유산균 stater 0.8 g, 탈지분유 4.8 g, 이소말토올리고당 4 g, 포도당 6.3 g을 혼합하여 사용하였으며, 실험군 비트발효유 4군에는 효소미처리 비트주스를 우유의 15%와 30%로, 관능검사 에서 가장 우수한 4시간 Celluclast 처리 비트주스를 우유의 15%, 30%로 각각 혼합하였다. 그 후 shaking incubator

에서 40 °C에서 24시간 발효하였다.

4) 효소처리 비트발효유의 일반성분

발효유의 일반 성분 분석은 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량을 AOAC법(AOAC International, 1996)으로 분석하였다.

5) 효소처리 비트발효유의 유산균

유산균 생균수 측정은 신배근 외(2015)의 연구방법을 응용하여 발효유 10 g을 멸균 식염수 90 mL로 희석액을 만들어 균질화하여 희석액 1 mL에 멸균식염수 9 mL 혼합하여 10 mL가 되게 시험용액을 만들었다. 발효 배양은 MRS broth/agar에 표준평판법으로 시료 실험용액 0.1 mL씩을 접종해서 멸균조자봉로 도말하였으며 시료가 접종된 Petri dish는 37 °C에서 72시간 배양 후 생성된 집락 수를 측정하여 유산균 수는 CFU/mL로 표시하였다.

6) 효소처리 비트 발효유의 당도, pH, 적정산도, 점도

당도, pH, 적정산도, 점도 측정은 김다솔 외(2020)의 연구 방법을 참고하였다. 당도, pH 측정은 발효유 5 g과 증류수 45 g을 믹서기에 교반하여 3,000 rpm에서 10분 동안 원심분리기(MF-80, 한일과학산업, 인천시)로 처리하였다 시료의 상층액을 분리한 후 당도는 당도계(Pocket Refractometer PAL-1, Atago, Tokyo, Japan), pH는 pH meter(A221, Orion Co., Beverly, MA, USA)로 각각 측정하였다. 적정산도 측정은 시료 10 mL에 증류수 10 mL를 넣고, pH 8.4가 될 때까지 0.1 N-NaOH로 적정하여 환산계수 0.009인 젖산 함량(%)으로 계산하였다. 점도 측정은 발효유를 안정화시키기 위하여 24시간 발효 후 5 °C에서 48시간 보관 후 실온 상태에서 점도계(VISCO 6800-E07, Atago, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 조건은 spindle A2S를 이용하여 회전속도 250 rpm에서 측정하였다.

7) 효소처리 비트 발효유의 색도

색차계(CM-2600d Chroma Meter, Konica Minolta Holdings Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 측정하였다. 이때 이용한 표준백색판(Standard Plate)의 L, a, b값은 각각 99.36, -0.08, -0.06이었다.

8) 효소처리 비트 발효유의 항산화 활성

발효유의 항산화 활성 분석을 위해 발효유 2 g을 취하여 50% methanol 용액 2 mL를 첨가 후 40 kHz, 1시간 동안 초음파 추출기로 추출하였으며, 원심분리(288×g) 후 여과한 상등액을 시료로 사용하였다. 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법을 응용하여 시료 100 µL을 취하여 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 50 µL를 혼합하고 증류수 500 µL를 첨가한 후, 상온에서 5분 동안 반응하고 5% Na₂CO₃ 600 µL 첨가 후 37 °C에서 30분 동안 반응하였으며, 원심분리 후 상등액을 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies, Inc., Chantilly, VA, USA)를 사용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 그리고 gallic acid를 표준물질로 사용하여 검량곡선을 작성한 후에 µg gallic acid equivalent(µg GAE/g)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 시료 300 µL을 취하여 7% AlCl₃ · 6H₂O(Sigma Chemical Co.) 300 µL를 혼합하고 상온에서 5분 동안 반응하였다. 원심분리 후 상등액을 분광광도계를 사용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 그리고 quercetin을 표준물질로 사용하여 검량곡선을 작성한 후에 µg quercetin equivalent(µg QUE/g)로 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능 측정을 위해 시료 20 µL로 취하여 0.5 mM DPPH 80 µL를 넣고 30분 상온 방치 후 분광광도계를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같은 공식에 의해 계산하였다.

$$DPPH \text{ 라디칼 소거능 (\%)} = [1 - (\frac{\text{시료첨가군의 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}})] \times 100$$

9) 효소처리 비트주스와 비트발효유의 관능검사

비트주스와 비트발효유의 관능검사는 연구에 동의한 전북대병원 직원 40세~60세 남녀 20명을 대상으로 별도의 공간인 전북대병원 직원 교육 장소에서 실시하였다. 관능검사 시기는 비트주스를 먼저하고 2개월 후에 비트발효유

를 실시하였다. 평일 오후 3시부터 진행하였으며 검사 1시간 전부터 물 이외의 구강 세척제, 음료, 음식물 섭취를 제한하였으며, 향이 진한 화장품 사용을 금하였으며, 평가지 작성법 등 평가 지침에 대해 설명을 한 뒤 세 자리의 난수표로 라벨을 한 일회용 투명 컵에 10 g 정도로 개인당 대조군과 효소처리군(2, 4, 6, 8시간)으로 비트주스 5개, 대조군과 실험군(효소 미처리 15%, 30% 첨가군, 효소 처리 15%, 30% 첨가군)으로 비트발효유 5개를 제공하였고 필요시 시료를 추가로 제공하였으며, 각각 시료마다 따뜻한 물로 입을 헹군 후에 실시하도록 하였다. 각 시료에 대한 기호도 평가는 외관, 색, 향, 맛, 목 넘김, 전체적 기호도, 7개 항목을 조사하여 척도는 7점 척도(1=매우 싫음, 4=보통, 7=매우 좋음)로 하였다. 특성 강도 평가는 비트주스는 비트색, 비트향, 신냄새, 신맛, 효소냄새에 대해 5개 항목을, 비트발효유는 비트향, 비트맛, 신냄새, 신맛에 대해 4개 항목을 조사하여 평가 척도는 7점 척도(1=매우 약함, 4=보통, 7=매우 강함)로 하였다.

3. 통계처리

모든 실험결과는 SPSS program(IBM SPSS Statistics 20.0, IBM SPSS Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 실시한 다음 Duncan's multiple range test로 사후 검정을 실시하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 효소처리 비트주스 수율

비트주스 수율은 <표 1>과 같으며, 효소미처리 대조군은 49.40%이었고, Celluclast 처리 실험군은 66.07~75.73%로 대조군보다 실험군이 유의적으로 높았으며, 처

〈표 1〉 효소처리 비트주스의 수율

대조군	처리시간				F-value
	2시간	4시간	6시간	8시간	
49.40±0.10 ^{1)c2)}	66.07±0.15 ^d	67.60±0.10 ^c	71.93±1.53 ^b	75.53±0.47 ^a	5226.16 ^{***3)}

1) Mean ± SD

2) a-c Value with different superscripts within the same row are significantly different by One-way ANOVA with Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.3) *** $p < 0.001$

리 시간(2~8시간)이 지남에 따라 유의적으로 증가하였다 ($p<0.001$). 김미향 외(2013)는 포도 과실의 주스 제조 시 pectinase 효소를 사용할 경우, 가압가열추출이나 열수추출 방법보다 포도과즙 추출 수율이 더 높았는데, 이는 과실의 껍질, 과육에 존재하는 펙틴 성분과 섬유소 성분의 분해 과정을 통하여 그 효과가 높아졌다고 보고하여 본 연구에서도 유사한 효과를 얻은 것으로 보인다. 또한 배 과피와 과심(이평화 외, 2014), 고추추출액(이종열 외, 2015)에서도 효소 처리시간이 길어질수록 수율이 증가하였다고 하여 본 연구와 같은 결과를 보였다.

2. 효소처리 비트주스 관능검사

비트주스의 외관, 색, 향, 맛, 목넘김, 전체적 기호도에 대한 결과는 <표 2>와 같다. 외관 기호도는 대조군 5.15점, 실험군은 3.65~5.70점으로 대조군과 4시간 처리군은 유의적 차이가 없었으나 6시간 이상 처리군은 유의적으로 낮아졌다($p<0.001$). 색 기호도는 대조군 4.85점, 실험군은 3.50~5.60점, 향 기호도는 대조군 4.05점, 실험군은 3.10~5.10점으로 4시간 처리군이 가장 높았으며 6시간 이상 처리군은 대조군보다 유의적으로 낮았다($p<0.001$). 맛 기호도는 대조군 4.10점, 실험군 3.30~5.95점으로, 4시간 처리군이 가장 높았으며 8시간 처리군은 대조군보다 유의적으로 낮았다($p<0.001$). 외관, 색, 향, 맛의 기호도가 4시간 처리군이 높았으며, 특히 맛에 대한 기호도 점수가 다른 기호도 항목 점수보다 높았다. 목넘김 기호도는 대조군 3.15점, 실험군 3.75~5.25점으로 대조군보다 실험군이

유의적으로 높았다($p<0.001$). 또한 시간이 지날수록 목넘김 기호도 점수는 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 이는 효소처리 시간이 증가할수록 더 부드러운 주스가 만들어져 목넘김 기호도가 증가한 것으로 생각된다. 전체적 기호도는 대조군 3.90점이었고, 실험군은 3.80~6.45점으로 대조군보다 8시간 처리군은 유의적인 차이가 없었으나, 6시간 이하 처리군은 유의적으로 높았으며($p<0.001$), 4시간 처리군이 가장 높았다. 이로부터 Celluclast를 4시간 정도 처리하는 것이 목넘김을 제외한 모든 기호도를 증가시킬 수 있는 시간이며, 특히 4시간 처리군은 맛과 전체적 기호도가 다른 기호도보다 점수가 높아, 발효유 제조에 비트에 Celluclast 4시간 처리한 주스 첨가가 가장 좋을 것으로 판단되었다. 이종열 외(2015)는 cellulase, pectinase, amylase 효소처리 고추추출액이 효소미처리군보다 단맛, 매운맛에 대한 기호도와 종합적 기호도가 높아졌으며 cellulase, pectinase, amylase 세 가지 효소를 8시간동안 처리한 군이 가장 높았다고 하였다. 권상철 외(2010)는 효소처리하지 않은 황기 추출액보다 ClariSEB, Fungamy 효소처리한 군의 맛과 향은 유의적 차이가 없었으나 색, 종합적 기호도는 유의적으로 높았으며, ClariSEB 60분 처리군이 가장 높았다고 하였다. 그리고 전윤기 외(1997)는 감푸레에 Viscozyme과 Celluclast를 처리한 결과 관능적 특성 중 감 맛과 감내, 주홍색과 주황색은 Viscozyme으로 60분간 가수분해한 주스가 가장 높았다고 하였다. 이에 재료에 맞는 효소 종류와 시간을 설정하여 처리하는 것이 기호도를 높이는 데 매우 중요한 요인임을 알 수 있었다.

<표 2> 효소처리 비트주스의 관능검사

구분	대조군	처리시간				F-value
		2시간	4시간	6시간	8시간	
외관	5.15±0.75 ^{1)a2),3)}	5.20±0.77 ^a	5.70±0.86 ^a	4.15±0.75 ^b	3.65±1.04 ^b	20.07 ^{***4)}
색	4.85±0.59 ^b	5.15±0.37 ^b	5.60±0.50 ^a	4.25±0.44 ^c	3.50±0.61 ^d	51.51 ^{***}
향	4.05±0.69 ^{bc}	4.55±0.76 ^b	5.10±0.72 ^a	3.95±0.76 ^c	3.10±1.17 ^d	39.50 ^{***}
맛	4.10±0.91 ^c	5.20±0.70 ^b	5.95±0.22 ^a	4.20±1.00 ^c	3.30±0.57 ^d	15.83 ^{***}
목넘김	3.15±0.67 ^d	3.75±0.91 ^c	4.70±0.73 ^b	4.80±0.62 ^{ab}	5.25±0.72 ^a	27.08 ^{***}
전체적기호도	3.90±0.79 ^d	5.50±0.89 ^b	6.45±0.69 ^a	4.55±1.10 ^c	3.80±0.62 ^d	36.59 ^{***}

1) Mean ± SD

2) a-d Value with different superscripts within the same row are significantly different by One-way ANOVA with Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

3) Rating scale: 1(bad) to 7(excellent)

4) *** $p<0.001$

3. 효소처리 비트주스의 특성 강도

비트주스의 비트색, 비트향, 신냄새, 신맛, 효소냄새 5개 항목 특성 강도에 대한 결과는 <표 3>와 같았다.

비트색은 대조군 4.60점, 실험군은 6.35~4.95점으로 4시간 이후 처리시간이 지남에 따라 유의적으로 증가하였고 ($p<0.001$), 비트향은 대조군 6.55점, 실험군은 3.75~5.85점으로 2시간 이후 처리시간이 지남에 따라 유의적으로 감소하여 ($p<0.001$) 색과 향은 처리시간과 서로 다른 결과를 보였다. 비트 특유의 향은 주로 geosmin 의한 것으로 흙냄새로 표현되어 기호도를 저하시키는 요인인데 (Freidig & Goldman, 2014), 본 연구에서 Celluclast 처리에 의해 비트 향이 유의적으로 감소하여 비트에 대한 기호도가 증가(표 3 참조)된 것으로 보인다. Liato 와 Aider(2017)는 geosmin을 제거하는 방법으로 염소화, 오존화, 산화제, TiO_2 와 같은 catalysts 사용이 있으며 UV 또는 초음파 처리를 함께하면 더 효과적이라고 보고하였다. 신냄새는 대조군 1.00점, 실험군 1.10~3.50점으로, 신맛은 대조군 1.6점이었고, 실험군 1.70~4.25점으로, 효소냄새 또한 대조군 1.00점, 실험군 1.05~3.65점으로 대조군과 2시간, 4시간은 유의적 차이가 없었으나, 6시간이후 처리시간이 지남에 따라 유의적으로 증가하였다 ($p<0.001$). 따라서 비트주스의 관능 검사와 특성 강도 결과를 종합적으로 판단하여 Celluclast를 4시간 처리군을 발효유 제조 시료로 선택하였다.

4. 효소처리 비트주스 섭취 전·후의 배뇨 및 배변 상태(예비연구)

소변과 배변의 붉은색, 횡수, 양, 전체 배설 상태에 대해 비트주스 섭취 전, 효소미처리 비트주스 섭취 후, 4시간 효소처리 비트주스 섭취 후에 평가한 결과는 <표 4>와 같았다. 본 연구는 연구의 필요성에 근거하여 비트 섭취 후 beeturia와 beetstool 증상을 포괄적으로 측정할 수 있는 검사를 하기 위한 예비연구를 하고자 하였다. 소변의 붉은색은 비트주스 섭취 전 1.00으로 효소 미처리 비트주스 섭취 후는 3.70로 유의하게 높아졌지만 ($p<0.001$), 효소처리군은 섭취 후 1.20으로 유의한 차이가 없었다. 즉, 효소미처리 비트주스 섭취 후에는 붉은색 증상이 높게 나타났으나 효소처리 비트주스 섭취 후에는 소변에서 붉은색 증상이 낮게 나타나 효소처리 여부에 따른 비트주스 섭취 후 배뇨 결과는 다르게 나타났다. 소변의 횡수는 비트주스 섭취 전 5.05으로 효소미처리군 섭취 후는 5.50, 효소처리군 섭취 후는 5.70로 비트주스를 섭취하는 경우 유의하게 증가하는 것으로 나타났다 ($p<0.001$). 소변의 양은 비트주스 섭취 전 5.00으로 효소미처리군 섭취 후는 5.85, 효소처리군 섭취 후는 5.80로 비트주스를 섭취하는 경우 유의하게 증가하는 것으로 나타났다 ($p<0.001$). 소변의 전체 배설 상태는 비트주스 섭취 전 5.25으로 효소미처리군 섭취 후 4.65로 유의하게 감소하였으며 ($p<0.001$), 효소처리군 섭취 후는 6.70으로 유의하게 증가하는 것으로 나타났다 ($p<0.001$). 이로 보아 효소미처리 비트주스 섭취 후에는 소변의 붉은색 증상을 보였지만 효소처리 비트주스 섭취 후 붉은색 증상이 감소하였으며, 소변 횡수, 양, 전체적 소변의 배설상태는 효소처리여부와 상관없이 비트주스 섭취 전보다 증가하게 나타났다.

대변의 붉은색은 비트주스 섭취 전 1.00으로 효소미처

<표 3> 효소처리 비트주스의 특성 강도

구분	대조군	처리시간				F-value
		2시간	4시간	6시간	8시간	
비트색	4.60±0.82 ^{1)c(2),3)}	4.95±0.76 ^c	5.05±0.83 ^c	5.80±0.41 ^b	6.35±0.49 ^a	21.53 ^{***4)}
비트향	6.55±0.51 ^a	5.85±0.67 ^b	5.05±0.83 ^c	4.25±0.64 ^d	3.75±0.72 ^e	56.33 ^{***}
신냄새	1.00±0.001 ^c	1.10±0.31 ^c	1.10±0.31 ^c	2.45±0.76 ^b	3.50±0.69 ^a	99.40 ^{***}
신맛	1.60±0.50 ^c	1.70±0.47 ^c	1.70±0.47 ^c	2.70±0.47 ^b	4.25±0.71 ^a	89.79 ^{***}
효소냄새	1.00±0.001 ^c	1.05±0.22 ^c	1.05±0.22 ^c	2.30±0.47 ^b	3.65±0.49 ^a	242.50 ^{***}

¹⁾ Mean ± SD

²⁾ ^{a-d} Value with different superscripts within the same row are significantly different by One-way ANOVA with Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

³⁾ Rating scale: 1(slight) to 7(strong)

⁴⁾ ^{***} $p<0.001$

리군 섭취 후는 4.15로 유의하게 높았지만($p<0.001$), 효소처리군 섭취 후 1.20은 유의한 차이가 없었다. 따라서 효소미처리군 섭취 후에는 붉은색 증상이 나타났으나 효소처리군 섭취 후에는 배변 붉은색 증상이 보이지 않아, 효소처리 여부에 따라 비트주스의 배변 붉은색 결과는 다르게 나타났다. 대변의 횡수는 비트주스 섭취 전 4.95으로 효소미처리군 섭취 후는 5.40, 효소처리군 섭취 후는 5.45로 비트주스를 섭취하는 경우 유의하게 증가하는 것으로 나타났다($p<0.001$). 대변의 양은 비트주스 섭취 전 4.90으로 효소미처리군 섭취 후는 6.40, 효소처리군 섭취는 6.00로 비트주스를 섭취하는 경우 유의하게 증가하는 것으로 나타났다($p<0.001$). 대변의 전체 배설 상태는 비트주스 섭취 전 5.15으로 효소미처리군 섭취 후 4.65로 유의하게 감소하였으며($p<0.001$), 효소처리군 섭취 후는 6.60로 유의하게 증가하는 것으로 나타났다($p<0.001$). 따라서 소변과 마찬가지로 대변에서도 효소미처리 비트주스 섭취 후에는 대변에서 붉은색 증상을 보였지만 효소처리 비트주스 섭취 후 붉은색 증상이 감소하였으며, 대변 횡수, 양, 전체적 대변의 배설상태는 효소처리여부와 상관없이 비트주스 섭취 전보다 증가하였다. Sauder & Rawla(2023)은 비트주스 섭취 후 나타나는 beeturia는 비트의 betacyanins에 의한 것으로 임상적으로 “betacyaniuria”이라고 해야 하며, 식품 알레르기 또는 박테리아에 의한 요로의 변색이 아닌지 추후 연구해야 한다고 하였다. Sawicki et al.(2020)는 저온에서 14일간 발효한 비트즙을 쥐의 위에 투여시 betacyanin 흡수 증진에 의해 소변으로 붉은 색소 배설이 감소되는 결과를 보고하였다. 비트의 다양한 건강기능상의 잇점에도 불

구하고 beeturia 및 beetstool 증상은 비트 소비의 방해 요인이므로 이를 감소시킬 수 있는 적절한 가공방법과 관련 대사에 대한 연구가 지속되어야 한다고 생각된다. 또한 beeturia 및 beetstool 증상을 좀 더 정확히 측정 수 있는 연구방법에 대해 추후 연구가 진행되어야 한다고 본다.

5. 효소처리 비트 발효유 일반성분

비트발효유의 수분, 조회분, 조지방, 조단백질 함량 결과는 <표 5>와 같았다. 수분함량은 대조군은 77.70%, 실험군은 78.32 ~ 79.01%로, 비트주스를 넣지 않은 발효유 대조군보다 비트주스를 넣은 발효유의 수분함량이 유의적으로 높았으며($p<0.001$), 15% 첨가군보다 30% 첨가군에서 높게 나타났으며, 효소미처리 비트주스 30% 첨가군이 가장 높았다. 이는 국가표준식품성분표(농촌진흥청 국립농업과학원, 2016)에 의하면 우유는 수분 함량 87.4%, 비트(뿌리, 데친 것)는 92.0%로 우유보다 수분함량이 높은 비트주스 첨가가 원인으로 수분함량이 높은 곰취 추출물(조자용 외 2019), 당근주스를 넣은 발효유(Bo et al., 2023)가 무첨가군보다 수분 함량이 더 높았으며, 이들 부재료의 비율이 증가할수록 높아져 본 연구와 비슷한 경향을 보였다.

조회분은 대조군 0.92%, 실험군은 0.90 ~ 0.97%로, 대조군보다 효소미처리군은 유의적으로 낮고, 효소처리군은 유의적으로 높았으며($p<0.001$), 효소처리 비트주스 30% 첨가군이 가장 높았다. 조지방은 대조군은 0.42%으로 실험군은 0.01 ~ 0.04%보다 유의적으로 높았다($p<0.001$). 이는 조단백질에서도 마찬가지로 대조군 4.73%으로 실험군

<표 4> 효소처리 비트주스 섭취 전, 후 소변과 대변의 상태

구분		붉은색	횡수	양	전체 배설상태
소변	비트주스 섭취전	1.00±0.00 ^{1) b2)}	5.05±0.51 ^b	5.00±0.79 ^b	5.25±0.44 ^b
	효소미처리 비트주스 섭취후	3.70±0.98 ^a	5.50±0.51 ^a	5.85±0.67 ^a	4.65±0.75 ^c
	효소처리 비트주스 섭취후	1.20±0.41 ^b	5.70±0.47 ^a	5.80±0.62 ^a	6.70±0.47 ^a
	F-value	120.57 ^{***3)}	8.93 ^{***}	9.35 ^{***}	68.45 ^{***}
대변	비트주스 섭취전	1.00±0.00 ^b	4.95±0.60 ^c	4.90±0.72 ^b	5.15±0.75 ^b
	효소미처리 비트주스 섭취후	4.15±0.81 ^a	5.40±0.50 ^b	6.40±0.59 ^a	4.65±0.81 ^c
	효소처리 비트주스 섭취후	1.20±0.41 ^b	5.45±0.51 ^a	6.00±0.32 ^a	6.60±0.50 ^a
	F-value	225.17 ^{***}	5.18 ^{***}	36.98 ^{***}	41.92 ^{***}

1) Mean ± SD

2) a-d Value with different superscripts within the same row are significantly different by One-way ANOVA with Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

3) *** $p<0.001$

3.82 ~ 4.55%보다 유의적으로 높았다($p < 0.001$). 실험군보다 대조군의 조지방과 조단백질 함량이 높은 것은 비트 주스보다 우유의 지방과 단백질 함량이 높은 것이 원인으로 우유 함량이 가장 많았던 대조군이 실험군보다 조지방과 조단백질 함량이 높게 나타난 것으로 판단된다. 또한 비트 발효유 조단백질 함량은 효소 처리 여부와는 상관없이 비트 첨가량이 15% 첨가군이 30% 첨가군보다 유의적으로 높았는데, 이는 비트보다 우유의 단백질 함량에 영향을 받은 것으로 판단된다. 안창순 외(2009)는 뽕잎 추출액 0.5 ~ 2% 첨가한 호상요구르트는 첨가량에 따라 수분은 감소, 조단백질, 조지방, 조지방은 증가하였다고 하였다. 최유진 외(2013)는 상황, 영지, 표고버섯 추출물을 0.5 ~ 1% 첨가한 발효유는 대조군보다 수분 함량은 낮게 측정되었으며, 조단백질은 높게, 조지방은 유사하게, 조지방 함량은 상황과 영지추출물 첨가군은 대조군과 유사하게, 표고 추출물 첨가군은 낮았다고 하였다. Bo et al.(2023)은 당근주스를 10%, 20% 첨가한 발효유는 당근주스 함량이 증가함에 따라 대조군보다 조단백질은 감소, 수분은 증가, 지방은 감소하였으나 회분은 유의적인 차이가 없었다고 하였다. 김도우 외(2017)는 갈색거저리 동충하초를 0.5 ~ 8% 첨가한 발효유는 미첨가 발효유보다 조수분, 조단백질, 조지방, 조지방 함량에서 유의적인 차이를 보이지 않았다고 하였다. 이로 보아 첨가한 부재료가 발효에 미치는 영향에 따라 일반성분이 다르게 나타나는 것으로 보인다. 국가표준식품성분표(농촌진흥청 국립농업과학원, 2016)에서 제시된 호상요구르트의 수분은 86.8%, 단백질 5.18%, 지방 3.84% 회분

0.3%로 본 연구의 결과와 비교해 수분, 단백질, 지방은 낮게, 회분은 높은 함량을 보였는데 이는 호상요구르트와 Kefir 발효유의 일반성분 함량 차이로 보이며 추후 보완 연구가 필요해 보였다.

6. 효소처리 비트발효유의 유산균 생균수와 생존율

비트발효유의 유산균 생균수와 대조군 대비 생존율 분석 결과는 <표 6>과 같았다. 대조군은 1.92×10^8 CFU/mL이었고, 실험군 중 FM-15CEBJ가 2.10×10^8 CFU/mL로 가장 높아 생존율이 109%였고, FM-30CEBJ 1.44×10^8 CFU/mL, FM-15NEBJ 8.82×10^7 CFU/mL, FM-30NEBJ 6.18×10^7 CFU/mL의 순으로 나타나 생존율은 각각 75%, 46%, 32%였다. 유산균 생균수는 효소처리 비트주스 첨가군은 효소미처리 비트주스 첨가군 보다 매우 높게 나타났다. 식품공전(식품의약품안전처, 2020)의 발효유 제시 기준 1 mL당 10^8 CFU/mL 이상 대비 효소처리 비트주스 15% 첨가군은 2.1배, 효소처리 비트주스 30% 첨가군은 1.4배 더 높게 나타났다. 자색당근을 10%, 15%로 첨가하여 발효유를 제조할 때, 비발효 자색당근 추출물 첨가군은 대조군과 차이가 없었으나 *Aspergillus oryzae*로 발효시킨 자색당근 추출물첨가군은 첨가 비율이 높을수록 생균수를 증가시켰으므로 자색당근 발효 추출물이 발효유의 생균수를 증진시킨 것으로 보인다(신배근 외, 2015)고 하였다. 김도우 외(2017)는 갈색거저리 동충하초 열수 추출물 1% 첨가군이, 안창순 외(2009)는 뽕잎 추출액 0.5% 추출액 첨가군이, 이은희 외(2002)는 매실 착즙액 3%

<표 5> 효소처리 비트발효유의 일반성분

(%)

구분	수분	조지방	조단백질	회분
대조군	77.70±0.02 ^{2)d3)}	0.92±0.02 ^b	0.42±0.18 ^a	4.73±0.01 ^a
FM-15NEBJ ¹⁾	78.32±0.08 ^c	0.90±0.02 ^c	0.01±0.01 ^b	4.50±0.05 ^b
FM-30NEBJ	79.01±0.09 ^a	0.91±0.01 ^c	0.04±0.01 ^b	3.82±0.15 ^d
FM-15CEBJ	78.35±0.07 ^c	0.96±0.03 ^a	0.03±0.01 ^b	4.55±0.05 ^b
FM-30CEBJ	78.83±0.04 ^b	0.97±0.01 ^a	0.04±0.01 ^b	4.18±0.07 ^c
F-value	201.79 ^{***4)}	10.77 ^{***}	14.17 ^{***}	60.10 ^{***}

¹⁾ FM-15NEBJ, Fermented milk-added 15% none enzyme beet juice

FM-30NEBJ, Fermented milk-added 30% none enzyme beet juice

FM-15CEBJ, Fermented milk-added 15% beet juice with treated celluclast enzyme

FM-30CEBJ, Fermented milk-added 30% beet juice with treated celluclast enzyme

²⁾ Mean ± SD

³⁾ ^{a-d} Value with different superscripts within the same column are significantly different by One-way ANOVA with Duncan's multiple range test at $p < 0.05$

⁴⁾ ^{***} $p < 0.001$

첨가군이, 대조군과 이보다 적거나 많은 첨가군보다 유산균수가 높아 부재료를 발효유에 첨가시 최적의 양을 첨가하는 것이 중요하다고 하였다. 또한 성정민, 최해연(2014)는 오디를 첨가한 요구르트에서는 유산균의 생균수가 발효 8시간까지는 오디 첨가량에 따라 유산균 수가 증가하였지만 16시간 경과 후부터는 1%와 3% 첨가 요구르트의 생균수가 대조군보다 감소하는 경향을 보였는데, 요구르트 발효에 일정기간까지는 오디 첨가량에 따라 요구르트 발효에 영향을 주지만 지속적인 영향을 주지는 못하는 것이 원인으로 보고하였다. 이에 본 연구에서도 효소미처리 비트주스를 넣거나 효소처리 비트주스도 30% 첨가하면 오히려 발효를 저지하는 것으로 보인다. 그러나 효소처리 비트주스 첨가군이 효소미처리 비트주스 첨가군보다 유산균 생존율이 높아, 당류, 비타민, 무기질, 비타민 등의 복합영양소가 유산균의 생존율을 활성화 시킨다는 보고(손찬욱 외, 2007)와 마찬가지로 본 연구에서도 효소처리로 인하여 비트에 함유된 다양한 영양소 분출이 유산균 생존율을 증가시켰다고 생각되었다.

7. 효소처리 비트발효유 당도, pH, 적정산도, 점도

비트발효유의 당도, pH, 적정산도, 점도 분석 결과는 <표 7>과 같았다. 당도는 대조군은 13.31 °Brix였고, 실험군 중 FM-15CEBJ가 14.67 °Brix로 가장 높았으며, FM-15NEBJ 14.47 °Brix, FM-30NEBJ 14.33 °Brix, FM-30CEBJ 14.07 °Brix의 순으로 낮아졌으며, 대조군보다 실험군에서 유의하게 높았다($p < 0.001$). 실험군 중에서는 효소 처리와는 상관없이 비트주스 15% 첨가군이 30% 첨가군보다 당도가 높았는데 이는 비트 첨가량이 적정량보다 많아지면 유산균 발효가 덜 진행된 것과 수분함량이 많아져서(표 2 참조) 나온 결과로 보인다. 보릿가루(이미자 외, 2013), 자색고구마(정기태, 주인옥, 1997), 버찌 분말(김경

희 외, 2009) 첨가 발효유에서도 부재료를 넣은 실험군이 대조군보다 발효유의 당도가 높아 본 연구와 비슷한 결과를 보였다. Kefir 발효유 제조시 당도는 총산과 함께 맛을 결정하는 중요한 요인으로(정규호 외, 2002), 본 연구에서 비트주스 첨가군이 대조군보다 당도가 높아 기호도 증가에 도움이 되리라 여겨진다.

pH는 대조군은 4.40이었고, 실험군 중 FM-15NEBJ가 4.51로 가장 높고, FM-30NEBJ 4.40, FM-15CEBJ 4.31, FM-30CEBJ 4.30의 순으로 나타났다. 효소미처리 비트주스 첨가 발효유 보다 효소처리 비트주스 첨가 발효유가 유의하게 낮게 나타났다($p < 0.001$). 유산균 성장이 촉진되면 유기산 생성이 증가하여 pH가 낮아진다(안창순 외, 2009)고 하여 효소처리 비트주스 첨가로 인해 유산균 성장이 촉진(표 5 참조)된 결과로 판단된다. pH 값이 5.0 이상이 되면 식품에 포함된 생리활성 물질인 anthocyanin의 안정성이 감소된다고 하였는데(Cisse et al., 2012), 본 연구의 비트 발효유의 pH 값은 4.30 ~ 4.51로 anthocyanin의 안정성을 유지하는데 적합할 것으로 생각된다. Kefir 제품 형성에 요구되는 pH를 4.3 ~ 4.6이라고 보고한 것(정규호 외, 2002)과 비교해 볼 때, 본 연구의 발효유는 정상제품 범위에 포함되는 것으로 나타났다. 그리고 고석주 외(2013)는 시판 185종의 발효유의 pH를 분석한 결과 액상발효유의 pH는 3.25 ~ 4.27, 농후발효유-스터드 타입 요구르트의 pH는 3.85 ~ 4.56, 농후발효유-드링크 타입 요구르트의 pH는 3.80 ~ 4.56으로 보고하였다. 본 연구의 Kefir 발효유는 시판 농후 발효유-스터드 타입 요구르트 pH인 3.85 ~ 4.56 범주에 속하는 것으로 나타났다.

적정산도는 대조군은 1.90%이었고, 실험군 중 FM-30CEBJ가 1.96%로 가장 높았고, FM-15NEBJ 1.95%, FM-30NEBJ 1.90%, FM-15CEBJ 1.80%로 나타났다. 선행 연구의 발효유 적정산도가 오디 추출물 첨가 발효유는 0.862 ~ 0.886%(김혜경 외, 2003), 매실 착즙액 첨

<표 6> 효소처리 비트발효유의 유산균 생균수와 생존율

구분	생균수(CFU/mL)	생존율(%) ²⁾
대조군	1.92×10 ⁸	100
FM-15NEBJ ¹⁾	8.82×10 ⁷	46
FM-30NEBJ	6.18×10 ⁷	32
FM-15CEBJ	2.10×10 ⁸	109
FM-30CEBJ	1.44×10 ⁸	75

¹⁾ Table 5. Fermented milk sample type and description

²⁾ Lactobacillus survival rate in the experimental group based on the control group

가 발효유는 1.21~1.23%(이은희 외, 2002), 곰취 추출액 첨가 발효유는 0.64~0.77%(조자용 외, 2019), 삼채 뿌리 열수 농축물 첨가 발효유는 1.01~1.10%(전현일 외, 2014), 빵잎 추출액 첨가 발효유는 0.954~0.962%(안창순 외, 2009), 카카오 님 분말 첨가 발효유는 1.02~1.20%(김다솔 외, 2020)라고 하여 본 연구의 적정산도가 높은 것은 Kefir 발효유 특징으로 보인다. 고석주 외(2013)은 액상 발효유, 농후발효유-드링크 타입 보다 농후발효유-스티드 타입 요구르트가 높은 적정산도를 나타냈으며, pH와 적정산도를 고려해 볼 때 요구르트 세 타입 가운데서 상대적으로 가장 치아부식증의 위험이 낮을 것이라고 보고하였다. 이에 비트주스 첨가 Kefir 발효유는 치아부식증 예방에도 도움이 될 것으로 생각된다.

점도는 대조군은 238.03 mpa·s 이었고, 실험군 중 FM-15CEBJ 가 232.10 mpa·s로 가장 높았고 FM-15NEBJ 204.23 mpa·s, FM-30CEBJ 166.60 mpa·s, FM-30NEBJ 96.13 mpa·s의 순으로 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.001$). 발효유에 보릿가루(이미자 외, 2013), 메밀(이범선, 박승국, 2013), 자색당근(신배근 외, 2015), 강황(렌친랜드 외, 2015)을 첨가하였을 때는 점도가 증가되었다. 그러나 단호박 가루를 첨가한 경우 첨가량에는 유의적 차이가 없었으나 대조군보다는 점도가 낮아졌으며(정현아 외, 2011), 삼채 뿌리 열수 농축물 첨가량이 증가할수록 점도가 감소되었으며(전현일 외, 2014), 다시마 열수 추출물 0.5% 첨가군이 가장 높고 그 이하나 그 이상은 더 낮아졌다(정은자, 방병호, 2003)고 하여 첨가재료에 따라 서로 다른 결과를 보였다. 발효유 점도에 영향을 주는 요인으로 고형분, 염, 단백질, 섬유소 및 전분 함량 외에 pH, 산도, 균질화 및 사용균주의 단백질 분해능력 등이 영향을 준다고 한다(김재경

외, 2012; 신배근 외, 2015; 신상민 외, 2012; 이범선, 박승국, 2013). 또한 요구르트의 점도 증가는 젖산 발효시 우유 단백질의 등전점에서 침전, protease에 의한 분해 응고 및 유산균에 의한 polysaccharide의 생성 등에 의해 복합적으로 일어난다고 보고되어 있다(전승호 외, 2000). 본 연구에서는 우유 대신에 비트주스를 첨가하여 고형분과 우유의 단백질 함량은 감소하고 섬유소 및 수분 함량은 증가된 것이 점도의 감소 원인으로 생각된다.

8. 효소처리 비트발효유 색도

비트발효유의 색도 측정 결과는 <표 8>과 같았다. L(명도) 값은 대조군은 86.85이었고, FM-15CEBJ 62.88, FM-15NEBJ 58.018, FM-30CEBJ 55.08, FM-30NEBJ 50.21의 순으로 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.001$). 비트주스 15% 첨가군이 30% 첨가군 보다 높게 나타났으며, 첨가량이 동일한 상태에서는 효소처리 첨가군에서 높게 나타나 비트주스 첨가량이 증가할수록 발효유가 어두워지며, 효소처리군보다 효소미처리군 비트주스 첨가시 더 어두워짐을 알 수 있다. 자색당근 첨가 발효유에서는 미발효군보다 발효군의 L(명도) 값이 높아(신배근 외, 2015) 본 연구와 같은 경향을 보였다. 또한 비트 첨가 식빵(이은지, 주형욱, 2016), 돈육소시지(하소라 외, 2015), 두부(이교연 외, 2019), 머핀(서은옥, 고승혜, 2014), 국수(김민정 외, 2015)에서도 비트 첨가량이 증가할수록 L(명도) 값이 더 낮은 경향을 보인 것은 본 연구와 동일한 경향을 보였다.

a(적색도) 값은 대조군은 -0.86으로 실험군에서 FM-30NEBJ 27.47, FM-15NEBJ 24.36, FM-30CEBJ 20.38, FM-15CEBJ 17.42의 순으로, 대조군보다 유의적으로 높게 나

<표 7> 효소처리 비트발효유의 당도, pH, 적정산도, 점도

구분	당도(°Brix)	pH	적정산도(%)	점도(mpa·s)
대조군	13.31±0.04 ^{2)c3)}	4.40±0.01 ^b	1.90±0.005 ^c	238.03±1.59 ^a
FM-15NEBJ ¹⁾	14.47±0.59 ^b	4.51±0.01 ^a	1.80±0.001 ^d	204.23±0.25 ^c
FM-30NEBJ	14.33±0.57 ^c	4.40±0.01 ^b	1.90±0.001 ^c	96.13±0.40 ^e
FM-15CEBJ	14.67±0.59 ^a	4.31±0.05 ^c	1.95±0.003 ^b	232.10±0.80 ^b
FM-30CEBJ	14.07±0.58 ^d	4.30±0.00 ^c	1.96±0.004 ^a	166.60±1.91 ^d
F-value	310.71 ^{****4)}	564.05 ^{***}	1047.45 ^{***}	7,237.99 ^{***}

¹⁾ Table 4. Fermented milk sample type and description

²⁾ Mean ± SD

³⁾ a-d Value with different superscripts within the same column are significantly different by One-way ANOVA with Duncan's multiple range test at $p<0.05$

⁴⁾ *** $p<0.001$

타났으며($p<0.001$), 효소미처리 비트주스 첨가군에서 더 높았는데, 이는 비트에 포함되어있는 betalain계 betacyanin에 의한 영향(하소라 외, 2015)으로 효소처리에 의해 적색소가 줄어들어 나타난 결과로 보인다. 자색당근 첨가 발효유에서는 15% 첨가군에서 미발효 첨가군은 8.94, 발효 첨가군은 8.36으로 발효 첨가군의 적색도가 낮아(신배근 외, 2015) 본 연구와 유사한 경향을 보였다. 또한 비트 첨가 식빵(이은지, 주형욱, 2016), 돈육소시지(하소라 외, 2015), 두부(이교연 외, 2019), 머핀(서은옥, 고승혜, 2014), 국수(김민정 외, 2015)에서도 비트 첨가량이 증가할수록 적색도 값이 더 증가하는 것은 본 연구와 같은 결과로 보였다. b(황색도) 값은 대조군은 4.78이며, FM-30CEBJ 12.11, FM-15CEBJ 11.02, FM-15NEBJ -1.38, FM-30NEBJ -1.73으로 나타나 효소미처리군은 대조군보다 유의적으로 낮아졌으나, 효소처리군은 대조군보다 유의적으로 높아졌다($p<0.001$). 또한 비트주스 첨가량이 증가할수록 효소미처리군은 감소, 효소처리군은 증가하였다. 비트 첨가량에 따라 황색도는 돈육소시지(하소라 외, 2015)는 증가하였으며, 두부(이교연 외, 2019)와 머핀(서은옥, 고승혜, 2014)은 감소하였으며, 국수는 대조군보다 낮아졌으나 첨가량에 유의적 차이는 없다(김민정 외, 2015)고 하여 서로 다른 결과를 보였다. 황색도는 비트의 betalain계 황색의 betaxanthin에 의해 영향을 받는데(하소라 외, 2015), 이 색소가 가공과정 중 열, pH 및 다른 성분과 상호작용에 의해 다른 결과를 가져온 것으로 보이며 추후 이 색소의 변화에 미치는 요인에 대해 연구가 필요해 보였다.

9. 효소처리 비트발효유의 항산화 활성

비트발효유의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과는 <표 9>와 같았다. 총 폴리페놀 함량은 대조군은 15.28 $\mu\text{g/g}$ 이었고, 실험군 중 FM-30CEBJ가 83.49 $\mu\text{g/g}$ 로 가장 높고, FM-15CEBJ 77.71 $\mu\text{g/g}$, FM-30NEBJ 64.14 $\mu\text{g/g}$, FM-15NEBJ 3.89 $\mu\text{g/g}$ 순으로 나타났다. 대조군보다 실험군이 유의적으로 높았으며, 효소미처리첨가군보다 효소처리 첨가군이 더 높았고, 비트주스 첨가량이 증가할수록 높아졌다($p<0.001$). 총 플라보노이드 함량은 대조군은 9.95 $\mu\text{g/g}$ 이었고, 실험군 중 FM-30CEBJ 28.02 $\mu\text{g/g}$ 가 가장 높았고, FM-15CEBJ 22.00 $\mu\text{g/g}$, FM-30NEBJ 18.45 $\mu\text{g/g}$, FM-15NEBJ 13.32 $\mu\text{g/g}$ 의 순으로 나타났으며, 대조군보다 모두 유의하게 높았다($p<0.001$). DPPH 라디칼 소거능은 대조군은 14.58%이었고, 실험군 중 FM-30CEBJ가 39.78%로 가장 높았으며, FM-15CEBJ 38.51%, FM-30NEBJ 27.57%, FM-15NEBJ 26.23%의 순으로 나타났으며, 대조군보다 실험군이 유의적으로 높았다($p<0.001$). 비트발효유의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량과 DPPH 라디칼 소거능은 대조군 보다 비트주스를 첨가한 실험군이 모두 유의적으로 높았으며, 효소처리 비트주스를 첨가한 발효유가 효소미처리 비트주스군보다 높게 나타났다. 비트의 폴리페놀 구성성분으로는 N-cis-Feruloyl 3-o-methyl dopamine, N-cis-Feruloyl tyramine, N-trans-Feruloyl 3-o-methyl dopamine, N-trans-Feruloyl tyramine, 5,50,6,60-tetrahydroxy-3,30-biindolyl, Coumarins (scopoletin, esculetin, umbelliferone, peonidin,

<표 8> 효소처리 비트발효유의 색도

구분	색도		
	L	a	b
대조군	86.85±0.58 ^{2)a3)}	-0.86±0.006 ^c	4.78±0.008 ^c
FM-15NEBJ ¹⁾	58.01±0.58 ^c	24.36±0.58 ^b	-1.38±0.01 ^d
FM-30NEBJ	50.21±0.57 ^c	27.47±0.59 ^a	-1.73±0.03 ^d
FM-15CEBJ	62.88±0.58 ^b	17.42±0.07 ^d	11.02±0.57 ^b
FM-30CEBJ	55.08±0.007 ^d	20.38±0.03 ^c	12.11±1.00 ^a
F-value	2325.61 ^{****4)}	2687.99 ^{***}	481.49 ^{***}

1) Table 5. Fermented milk sample type and description

2) Mean ± SD

3) a-d Value with different superscripts within the same column are significantly different by One-way ANOVA with Duncan's multiple range test at $p<0.05$

4) *** $p<0.001$

cyanidins), 플라보노이드 구성성분으로는 betagarin, betavulgarin, cochliophilin A, quercetin, dihydroisorhamnetin, rutin, tiliroside, astragalol, rhamnocitrin, rhamnetin, kaempferol가 보고되어 있다(Chhikara et al., 2019). 그 외 비트에는 다양한 항산화 물질이 존재하는데, 비트에 있는 betalains는 anthocyanins보다 항산화 효과가 2배 이상이라고 보고되어 있으며(이재혁, 박정숙, 2022), Cai et al.(2003)은 레드비트 파우더에서 추출한 betanin, betacyanin의 DPPH radical scavenging activity에서 rutin이나 catechin보다 더 높은 효과를 보였다. 이준호, 진구복(2012)은 레드비트를 육제품에 첨가하면 인공 합성 항산화제와 유사한 수준으로 지방산화를 억제할 수 있을 것이라고 보고하였다. 또한 Sawicki & Wiczowski(2018)은 레드 비트를 끓이면 betalains가 51~61%, 돌솥기에 소금, 설탕을 넣고 23 °C에서 14일 동안 자연발효 시키면 61~88%까지 감소되었으나, photochemiluminescence (PCL) method, ABTS assay, DPPH assay 방법에서, 끓이기로 전처리 한 비트는 항산화 효과가 줄어든 반면, 14일간 발효 한 비트는 세 가지 항산화 실험방법에서 효과가 모두 증가하였는데 이는 betalains의 profile과 구성성분 변화에 의한 것이라고 보고하였다. 그러나 Guldiken et al. (2016)는 레드비트를 끓이기, 건조, 피클제조, 으깬, 주스 제조 과정을 거치면 항산화 효과가 줄어든다고 하였다. 현재석 외(2010)은 온주밀감 및 당유자 진피 효소 추출물은 DPPH radical 소거활성, hydrogen peroxide 소거활성, alkyl radical 소거활성이 증가하였다고 하였다. 이평화 외(2014)는 배의 과피에 효소 처리 후 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH radical 소거능, ABTS radical 소거능 및 SOD 유사활성이 가장 높은 증대 효과를 보였다

고 하였다. 박건희 외(2019)는 진피 효소처리물이 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량이 증가하였으며 항산화 활성(DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능)도 높아졌는데, 특히 진피의 플라보노이드 배당체(hesperidin, narirutin, naringin)가 효소 처리에 의해 저분자 형태(hesperetin-7-glucoside, prunin)와 비배당체 형태(hesperetin, naringenin)로 전환되었기 때문이라고 하였다. 또한 이승홍 외(2006)은 효소처리 후 감태 줄기와 잎에서 항산화 활성이 증가하였으며 이는 효소가 세포벽에 있는 섬유질이나 당단백질 혹은 고분자물질 등을 분해시키는 작용을 하여 활성물질들이 원활히 추출될 수 있도록 유도해 주는 작용을 하였기 때문이라고 하였다.

이에 본 연구에서는 효소처리에 의해 비트 세포벽의 섬유질, 고분자 물질이 분해되어 총 폴리페놀과 플라보노이드 추출이 용이해져 DPPH 라디칼 소거능이 증가한 것으로 보이며, 효소처리에 의한 비트의 성분 변화에 대해 추후 연구가 필요해 보였다.

10. 비트발효유 관능 검사

비트발효유의 외관, 색, 향, 맛, 목넘김, 전체적 기호도 조사 결과는 <표 10>과 같았다. 외관 기호도는 대조군은 3.15점이었고, 실험군 중 FM-15CEBJ가 5.05점으로 가장 높았고, FM-15NEBJ 4.55점, FM-30NEBJ 3.05점, FM-30CEBJ 2.05점 순으로 유의적으로 낮아졌다($p<0.001$). 색 기호도는 대조군은 3.05점이었고, 실험군 중 FM-15CEBJ가 4.85점으로 가장 높았고, FM-15NEBJ 4.25점, FM-30NEBJ 2.80점, FM-30CEBJ 2.60점의 순으로 유의적으로 낮아졌다($p<0.001$). 표 8의 색도 측정 결과 FM-15CEBJ가 효소

<표 9> 효소처리 비트발효유의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량과 DPPH 라디칼 소거능

구분	총 폴리페놀 함량($\mu\text{g/g}$)	총 플라보노이드 함량($\mu\text{g/g}$)	DPPH 라디칼 소거능(%)
대조군	15.28 \pm 0.19 ^{2)e3)}	9.95 \pm 0.40 ^e	14.58 \pm 0.46 ^e
FM-15NEBJ ¹⁾	53.89 \pm 1.16 ^d	13.32 \pm 0.12 ^d	26.23 \pm 0.38 ^d
FM-30NEBJ	64.14 \pm 0.22 ^c	18.45 \pm 0.04 ^c	27.57 \pm 0.07 ^c
FM-15CEBJ	77.71 \pm 1.71 ^b	22.00 \pm 0.55 ^b	38.51 \pm 0.07 ^b
FM-30CEBJ	83.49 \pm 1.17 ^a	28.02 \pm 0.58 ^a	39.78 \pm 0.01 ^a
F-value	1,913.36 ^{***4)}	930.92 ^{***}	4,158.90 ^{***}

¹⁾ Table 5. Fermented milk sample type and description

²⁾ Mean \pm SD

³⁾ a-c Value with different superscripts within the same column are significantly different by One-way ANOVA with Duncan's multiple range test at $p<0.05$

⁴⁾ *** $p<0.001$

처리군인 FM-30CEBJ보다 적색도와 황색도는 낮았으며, 효소 미처리군보다 황색도는 높았지만 적색도는 낮아졌다. 그러나 명도가 가장 높았던 것이 외관과 색에 대한 기호도 증진의 원인으로 생각된다. 향 기호도는 대조군은 3.45점이었고, 실험군 중 FM-15CEBJ가 5.60점으로 가장 높았고, FM-30CEBJ 4.50점, FM-15NEBJ 3.35점, FM-30NEBJ 2.70점의 순으로 유의적으로 낮아졌다($p<0.001$). 맛 기호도는 대조군은 3.35점이었고, 실험군 중 FM-15CEBJ가 5.85점으로 가장 높았고, FM-30CEBJ 4.55, FM-15NEBJ 3.50점, FM-30NEBJ 2.10점의 순으로 유의적으로 낮아졌다($p<0.001$). 이는 표 7에서 FM-15CEBJ가 당도가 가장 높았던 것, pH가 낮은 것과 관련이 있는 것으로 보인다. 목넘김 기호도는 대조군은 4.20점이었고, 실험군 중 FM-15CEBJ 5.40점으로 가장 높았고, FM-15NEBJ 4.15점, FM-30CEBJ 3.50점, FM-30NEBJ 2.15점의 순으로 유의적으로

낮았으며($p<0.001$), 대조군과 FM-15CEBJ이 목 넘김 기호도 높게 나타난 것은 표 7에서 점도가 높게 나타난 것과 상관성이 있는 것으로 사료된다. 이는 전체적 기호도는 대조군은 2.30점이었고, 실험군 중 FM-15CEBJ가 6.15점으로 가장 높았고, FM-30CEBJ 4.20점, FM-15NEBJ 3.65점, FM-30NEBJ 2.40점의 순으로 유의적으로 낮아졌다($p<0.001$). 즉, 외관, 색, 향, 맛, 목넘김, 전체적 기호도에서 4시간 Celluclast 처리한 비트주스를 15% 첨가한 발효유는 대조군과 다른 실험군보다 매우 높았으며, 특히 향과 맛이 효소처리로 인해 비트 특유 향과 맛이 감소되어(표 3 참조) 효소처리 비트주스 첨가군이 효소미처리 비트주스 첨가군이나 대조군보다 높아 이에 대한 기호도가 증진 것으로 나타났다.

비트발효유의 비트향, 비트맛, 신냄새, 신맛에 대한 조사 결과는 <표 11>과 같았다. 비트향은 대조군은 1.00점이었

<표 10> 효소처리 비트발효유의 관능 검사

구분	외관	색	향	맛	목넘김	전체적 기호도
대조군	3.15±0.81 ^{2)c3),4)}	3.05±0.94 ^b	3.45±0.69 ^c	3.35±0.49 ^c	4.20±0.70 ^b	2.30±0.47 ^d
FM-15NEBJ ¹⁾	4.55±0.51 ^b	4.25±1.07 ^a	3.35±0.49 ^b	3.50±1.15 ^c	4.15±0.75 ^b	3.65±0.49 ^c
FM-30NEBJ	3.05±0.83 ^c	2.80±1.51 ^b	2.70±0.66 ^d	2.10±0.85 ^d	2.15±0.99 ^d	2.40±0.50 ^d
FM-15CEBJ	5.05±0.76 ^a	4.85±0.81 ^a	5.60±0.86 ^a	5.85±0.81 ^a	5.40±0.82 ^a	6.15±0.49 ^a
FM-30CEBJ	2.50±0.83 ^d	2.60±0.88 ^b	4.50±0.51 ^b	4.55±0.51 ^b	3.50±0.51 ^c	4.20±0.83 ^b
F-value	41.06 ^{****5)}	20.23 ^{***}	59.44 ^{***}	61.85 ^{***}	47.61 ^{***}	150.19 ^{***}

1) Table 5. Fermented milk sample type and description

2) Mean ± SD

3) a-c Value with different superscripts within the same column are significantly different by One-way ANOVA with Duncan's multiple range test at $p<0.05$

4) Rating scale: 1(bad) to 7(excellent)

5) *** $p<0.001$

<표 11> 효소처리 비트발효유의 특성 강도

구분	비트향	비트맛	신냄새	신맛
대조군	1.00±0.00 ^{2)d3),4)}	1.00±0.00 ^d	5.05±0.51 ^a	5.45±0.50 ^a
FM-15NEBJ ¹⁾	4.25±0.72 ^b	4.35±0.75 ^b	3.40±0.50 ^d	3.10±0.45 ^d
FM-30NEBJ	5.10±0.79 ^a	5.05±1.05 ^a	3.45±0.51 ^d	3.70±0.80 ^c
FM-15CEBJ	2.00±0.65 ^c	2.30±0.66 ^c	3.85±0.49 ^c	4.50±0.83 ^b
FM-30CEBJ	2.10±0.64 ^c	2.40±0.60 ^c	4.45±0.51 ^b	4.85±0.59 ^b
F-value	149.08 ^{****5)}	111.07 ^{****}	38.90 ^{***}	40.62 ^{***}

1) Table 5. Fermented milk sample type and description

2) Mean ± SD

3) a-d Value with different superscripts within the same column are significantly different by One-way ANOVA with Duncan's multiple range test at $p<0.05$

4) Rating scale: 1(slight) to 7(strong)

5) *** $p<0.001$

고, 실험군 중 FM-30NEBJ으로 5.10점으로 가장 높았고, FM-15NEBJ 4.25점, FM-30CEBJ 2.10, 점 FM-15CEBJ 2.00점의 순으로 유의적으로 낮아졌다($p<0.001$). 비트맛은 대조군은 1.00점이었고, 실험군 중 FM-30NEBJ가 5.05점으로 가장 높았고, FM-15NEBJ 4.35점, FM-30CEBJ 2.40점, FM-15CEBJ 2.30점순으로 유의적으로 낮아졌다($p<0.001$). 신냄새는 대조군이 5.05점이었고, 실험군 중 FM-30CEBJ가 4.45점으로 가장 높았고, FM-15CEBJ가 3.85점, FM-30NEBJ 3.45, 점 FM-15NEBJ 3.40점의 순으로 유의적으로 낮아졌다($p<0.001$). 신맛은 대조군은 5.45점이었고, 실험군 중 FM-30CEBJ가 4.85점으로 가장 높았고, FM-15CEBJ 4.50점, FM-30NEBJ 3.70점, FM-15NEBJ 3.10점의 순으로 유의적으로 낮아졌다($p<0.001$).

따라서 비트발효유의 비트향에 대한 특성 강도 평가는 비트주스의 특성 강도 평가(표 3 참조)와 같은 결과로 효소처리군이 효소미처리군보다 유의적으로 낮게 나타났으며 비트맛 또한 효소처리군이 효소미처리군보다 유의적으로 낮게 나타났다. 신냄새와 신맛은 대조군보다 비트주스 첨가군이 유의적으로 낮게 나타났다. 이러한 특성차이로 인해 <표 10>에서 효소처리 비트주스 첨가군이 대조군보다 전체적 기호도가 대조군이나 효소미처리 비트주스 첨가군보다 높았던 것으로 보인다. 또한 30% 첨가군보다 15% 첨가군이 전체적 기호도가 유의적으로 높아 Kefir 발효유 제조시 효소처리 비트주스 15% 첨가가 바람직할 것으로 생각된다.

IV. 요약

본 연구는 Celluclast 효소처리 또는 미처리 비트주스 15% 또는 30% 첨가한 Kefir 발효유의 품질특성을 조사하였다. 비트주스 수율은 효소처리 시간(2~8시간)이 지날수록 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 비트주스의 관능검사 결과, 외관, 색, 향, 맛, 전체적 기호도가 Celluclast 4시간 처리군(4hCBJ)이 다른 군보다 높았다($p<0.001$). 20명의 건강한 성인을 대상으로 beeturia, beetstool에 대해 예비 연구를 한 결과 비트주스 섭취 전과 4hCBJ 섭취 후는 배뇨와 배변에 붉은색 증상이 낮았지만, 효소미처리군 섭취 후는 붉은색 증상이 높아졌다. 발효 품질 특성은 유산균수, 당도, pH, 적정산도, 점도, 색도를 측정하였다. 유산균 생균수와 생존율이 Celluclast 효소처리 비트주스 15% 첨가군

(FM-15CEBJ)이 발효 후 대조군보다 유의적으로 높았다. 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량과 DPPH 라디칼 소거능이 효소처리 비트주스 30% 첨가군(FM-30CEBJ)이 가장 높았다($p<0.001$). 외관, 색, 향, 맛, 전체적 기호도 만족도 결과는 FM-15CEBJ이 대조군과 다른 실험군 보다 유의적으로 높았다($p<0.001$). 비트 향과 비트 맛은 FM-15CEBJ에서 가장 낮게 나타났다. 이상의 결과를 볼 때 Celluclast 4시간 효소처리 비트주스를 15% 첨가한 Kefir 발효유는 유산균수, 품질특성 및 항산화성 측면과 기호도에서 긍정적인 결과를 보여 비트 이용 및 확대에 기초자료가 될 것으로 보인다.

주제어 : 비트주스, Kefir 발효유, 품질특성, 효소처리

REFERENCES

- 강경명, 노홍균, 박창수, 윤광섭, ... 이신호(2012). 추출 방법이 개두류 추출물의 항산화 활성에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지*, 41(12), 1686-1692.
- 고석주, 정성숙, 최충호, 김경희(2013). 일부 시판 유산균 발효유의 pH와 적정산도. *한국치위생학회지*, 13(4), 701-711.
- 고승혜, 정현철(2018). 레드비트분말과 레드비트분말 첨가량을 달리한 설기떡의 품질 특성. *한국조리학회지*, 24(6), 13-21.
- 권상철, 최구희, 황종현, 이경행(2010). 황기 효소분해물 열수추출액의 이화학적 특성 및 항산화 활성. *한국식품영양과학회지*, 39(3), 406-413.
- 김경희, 황혜림, 조지은, 이상영 ... 육홍선(2009). 버찌 (Fruit of *Prunus serrulata* L. var. *spontanea* Max. wils.) 분말을 첨가한 요구르트의 저장 중 품질 특성. *한국식품영양과학회지*, 38(9), 1229-1236.
- 김다솔, 오현빈, 김시연, 이휘림, 김영순(2020). 카카오 님 분말을 첨가한 발효유의 품질 특성 및 항산화 활성. *한국조리학회지*, 26(4), 55-65
- 김도우, 구희연, 김선곤, 박준기, ... 김현진(2017). 갈색거저리 유래 밀리타리스 동충하초 열수 추출물을 첨가한 발효유의 품질 특성과 항산화 활성. *한국식품저장유통학회지*, 24(8), 1067-1078.
- 김미향, 곽현지, 유병혁, 김덕진, 윤선주(2013). 추출 방법

- 에 따른 포도 추출액의 품질 특성과 항산화 활성. *한국식품저장유통학회지*, 20(6), 784-790.
- 김민정, 박정은, 박소해, 한지숙, ... 이희섭(2015). 비트 건근 첨가에 따른 국수의 품질 특성. *한국식품영양과학회지*, 44(2), 302-306.
- 김재경, 이재성, 정유태, 배인휴(2012). 산머루 와인을 첨가한 요구르트의 품질 특성. *한국유가공기술과학회지*, 30(1), 23-30.
- 김정윤, 김현구(2009). 레드비트의 생리활성. *식품기술*, 22(3), 537-543.
- 김혜경, 배형철, 남명수(2003). 오디첨가 요구르트의 발효 특성. *농업과학연구*, 30(1), 66-75.
- 농촌진흥청 국립농업과학원(2016). 제9개정판 국가표준 식품성분표 전북: 농촌진흥청 국립농업과학원.
- 렌첸핸드, 남명수, 손지윤, 어르가말, ... 이조윤(2015). 감황을 첨가한 발효유의 발효특성과 면역조절 효과. *생명과학회지*, 25(1), 75 - 83.
- 손민정, 손세진, 이삼빈(2008). 상황버섯 추출물과 비트즙을 첨가한 당근주스 젯산발효 음료의 물리화학적 성질. *한국식품영양과학회지*, 37(6), 798-804.
- 박건희, 박준영, 장윤혁(2019). 효소 처리 시간에 따른 진피의 플라보노이드 비대당체 함량 및 항산화 활성 비교. *한국식품영양과학회지*, 48(5), 542-550.
- 박혜란(2021). 레드비트분말을 첨가한 스펀지 케이크의 품질 특성. *한국조리학회지*, 27(3), 120-132.
- 서은옥, 고승혜(2014). 비트가루 첨가량에 따른 머핀의 품질 특성. *한국조리학회지*, 20(1), 27-37.
- 성정민, 최해연(2014). 오디분말을 첨가한 요구르트의 품질 및 항산화능에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지*, 43(5), 690-697.
- 손찬욱, 신유미, 심현정, 김미연, 김미리(2007). 스피루리나가 유산균의 증식에 미치는 영향. *한국식품조리과학회지*, 23(6), 968-979.
- 식품의약품안전처(2020). *식품공전*, . https://www.mfds.go.kr/mfds/html/sub05/sub03_01_01.jsp에서 인출.
- 신배근, 강선아, 한정인, 박선민(2015). *Aspergillus oryzae* 로 발효한 자색당근을 첨가한 발효유의 품질 및 관능 특성에 관한 연구. *한국식생활문화학회지*, 30(3), 370-376.
- 신상민, 송광영, 서건호, 윤여창(2012). Soymilk를 이용한 요구르트 제조 및 저장기간 동안의 품질변화에 관한 연구. *한국유가공기술과학회지*, 30(2), 83-92.
- 심성진(2016). 비트퓨레를 이용한 젤리의 최적화 연구. 경희대학교 석사학위논문.
- 안창순, 여정숙, 방인수(2009). 뽕잎추출액을 첨가한 발효유의 이화학적 특성. *한국식품영양과학회지*, 22(2), 272-278.
- 이교연, 김아나, 샤피어라만, 최성길(2019). 레드비트 분말 첨가가 두부의 이화학적 및 미생물학적 특성에 미치는 영향. *한국식품저장유통학회지*, 26(6), 659-666.
- 이미자, 김경순, 김양길, 박종철, ... 김기중(2013). 통보릿가루를 첨가한 요구르트의 품질특성 및 항산화활성. *한국식품과학회지*, 45(6), 721-726.
- 이범선, 박승국(2013). 메밀을 첨가한 발효유의 향기성분과 발효특성에 관한 연구. *한국식품과학회지*, 45(3), 267-273.
- 이승홍, 김길남, 차선희, 안긴내, 전유진(2006). 감태 (*Ecklonia cava*) 줄기 및 잎의 효소적 추출물과 메탄올 추출물에 의한 항산화 활성비교. *한국식품영양과학회지*, 35(9), 1139-1145.
- 이은지, 주형욱(2016). 비트 분말을 첨가한 식빵의 품질 특성. *동아시아식생활학회지*, 26(1), 55-62.
- 이은희, 남은숙, 박신인(2002). 매실(*Prunus mume*)을 첨가한 호상요구르트의 품질 특성. *한국식품과학회지*, 34(3), 419-424.
- 이인선, 백기엽(2003). 배양인삼 요구르트의 제조 및 품질 특성. *한국식품과학회지*, 35(2), 235-241.
- 이재혁, 박정숙(2022). 비트 추출물의 암세포 증식 저해 효과. *한국융합학회논문지*, 13(2), 257-262.
- 이준호, 진구복(2012). 레드비트 추출물의 항산화 활성 및 레드비트를 첨가한 돈육패티의 냉장저장 중 이화학적 성장 및 미생물의 변화. *한국축산식품학회지*, 32(4), 497-503.
- 이종열, 최구희, 이경행(2015). 복합효소를 이용한 고추 추출액의 이화학적 및 관능적 특성. *한국식품영양과학회지*, 28(4), 628-634.
- 이평화, 박수연, 장태훈, 임순희, ... 채희정(2014). 탄수화물 분해효소 처리에 의한 배 과피와 과심의 항산화 생리활성 증대효과. *한국식품영양과학회지*, 43(3), 404-410.
- 전승호, 이상욱, 신용서, 이갑성, 류일환(2000). 자색고구마 첨가 요구르트의 제조 및 특성. *한국식품영양과학회지*, 13(1), 71-77.
- 전윤기, 최희숙, 차보숙, 오훈일, 김우정(1997). 효소분해

- 가 감주스의 이화학적 특성에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, 29(2), 198-203.
- 전현일, 박선영, 정도연, 송근섭, 김영수(2014). 삼채 뿌리 열수 농축물을 첨가한 발효유의 품질특성. *한국식품영양과학회지*, 43(9), 1415-1422.
- 정규호, 최주희, 이지민, 이정훈, ... 정용진(2002). 과즙을 첨가한 Kefir 음료의 발효 특성. *식품산업과 영양*, 7(3), 35-38.
- 정기태, 주인옥(1997). 자색 고구마를 첨가한 요구르트 제조에 관한 연구. *한국식품영양과학회지*, 10(4), 458-461.
- 정은자, 방병호(2003). 다시마 추출물이 요구르트 품질에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지*, 16(1), 66-71.
- 정현아, 김안나, 안은미, 김유정, ... 이수미(2011). 단호박 가루를 첨가한 호상요구르트의 품질 특성. *한국식품저장유통학회지*, 18(5), 714-720.
- 조자용, 정재희, 박상준, 나지훈, ... 김용두(2019). 곱취 추출물 첨가 발효유의 이화학적특성과 항산화활성 및 저장성 평가. *한국식품저장유통학회지*, 26(3), 274-281.
- 주웨이위, 박영민, 오종철, 유현희(2020). 효소와 유산균 전처리 밀싹분말의 이화학적 성분 및 항산화 활성. *한국식품영양과학회지*, 33(5), 459-472.
- 천정환, 김현숙, 송광영, 김동현, ... 서건호(2013). 발효낙농유제품인 Kefir 다양한 기능 및 특성: 총설. *한국유가공기술과학회지*, 31(2), 99-108.
- 최유진, 양희선, 허창기, 오현희, ... 정후길(2013). 버섯 추출물을 첨가한 발효유의 품질특성 및 항산화 활성. *한국유가공기술과학회지*, 31(2), 187-194.
- 하소라, 최정석, 진상근(2015). 레드비트 분말을 첨가한 돈육소시지의 이화학적 특성. *생명과학회지*, 25(8), 896-902.
- 현재석, 강성명, 마힌다, 고원준 ... 김수현(2010). 온주밀감 및 당유자 진피 효소 추출물의 항산화 활성. *한국식품조리과학회지*, 26(1), 18-25.
- Aihara, K., Kajimoto, O., Hirata, H., Takahashi, R., & Nakamura, Y. (2005). Effect of powdered fermented milk with *Lactobacillus helveticus* on subjects with high normal blood pressure or mild hypertension. *Journal of the American College of Nutrition*, 24(4), 257-265.
- AOAC. (1996). *The Association of Official Methods of Analysis(16th ed.)*. Arlington: Association of Official Analytical Chemist.
- Bo, L. Y., Pan, Z. Q., Sun, T. Y., Du, G. J., ... & Jian, R. (2023). Effect of carrot juice on the texture properties, rheology, and microstructure of yoghurt. *Journal of Food Quality*, 2023, 9971055.
- Cai, Y., Sun, M., & Corke, H. (2003) Antioxidant activity of betalains from plants of the Amaranthaceae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8), 2288-2294.
- Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., & Panghal, A. (2019). Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. *Food Chemistry*, 272, 192-200.
- Cisse, M., Vaillant, F., Kane, A., Ndiaye, O., & Dornier, M. (2012). Impact of the extraction procedure on the kinetics of anthocyanin and colour degradation of roselle extracts during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(6), 1214-1221.
- Elias, J. A., Lee, C. G., Zheng, T., Ma, B., ... & Zhu, Z. (2003). New insights into the pathogenesis of asthma. *The Journal of Clinical Investigation*, 111(3), 291-297.
- Freidig, A. K., & Goldman, I. L. (2014). Geosmin(2β, 6 α-dimethylbicyclo [4.4.0]decan-1β-ol) production associated with *Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* is cultivar specific. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(9), 2031-2036.
- Garrote, G. L., Abraham, A. G., & De Antoni, G. L. (2001). Chemical and microbiological characterisation of kefir grains. *The Journal of Dairy Research*, 68(4), 639-652.
- Georgiev, V. G., Weber, J., Kneschke, E. M., Denev, P. N., ... & Pavlov, A. I. (2010). Antioxidant activity and phenolic content of betalain extracts from intact plants and hairy root cultures of the red beetroot *Beta vulgaris* cv. Detroit dark red. *Plant foods for Human Nutrition*, 65(2), 105-111.
- Gilchrist, M., Winyard, P. G., Fulford, J., Anning, C., ... & Benjamin, N. (2014). Dietary nitrate supplementation improves reaction time in type 2 diabetes: Development and application of a novel nitrate-depleted beetroot juice placebo. *Nitric Oxide*, 40, 67-74.

- Guldiken, B., Toydemir, T., Nur Memis, K., Okur, S., ... & Capanoglu, E. (2016). Home-processed red beetroot (*Beta vulgaris* L.) products: Changes in antioxidant properties and bioaccessibility. *International Journal of Molecular Sciences*, 17, 858.
- Güven, A., Güven, A., & Gülmez, M. (2003). The effect of kefir on the activities of GSH-Px, GST, CAT, GSH and LPO levels in carbon tetrachloride induced mice tissues. *Journal of Veterinary Medicine. B, Infectious Diseases and Veterinary Public Health*, 50(8), 412-416.
- Harm, D. S. (2019). Beet juice having increased intestinal absorption rate, preparation method therefor and use. *TEREOF PCT/KR2019/007692*
- Lee, M. Y., Ahn, K. S., Kwon, O. K., Kim, M. J., ... & Lee, H. K. (2007). Antiinflammatory and anti-allergic effects of kefir in a mouse asthma model. *Immunobiology*, 212(8), 647-654.
- Liato, V., & Aider, M. (2017). Geosmin as a source of the earthy-musty smell in fruits, vegetables and water: Origins, impact on foods and water, and review of the removing techniques. *Chemosphere*, 181, 9-18.
- Maeda, H., Zhu, X., Suzuki, S., Suzuki, K., & Kitamura, S. (2004). Structural characterization and biological activities of an exopolysaccharide kefiran produced by *Lactobacillus kefirifaciens* WT-2B(T). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(17), 5533-5538.
- Reddy, M. K., Alexander-Lindo, R. L., & Nair, M.G. (2005). Relative inhibition of lipid peroxidation, cyclooxygenase enzymes, and human tumor cell proliferation by natural food colors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(23), 9268-9273
- Sauder, H. M., & Rawla, P. (2023). Beeturia, Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537012/>.
- Sawicki, T. & Wiczowski, W. (2018). The effects of boiling and fermentation on betalain profiles and antioxidant capacities of red beetroot products. *Food Chemistry*, 259, 292-303.
- Sawicki, T., Topolska, J., Bączek, N., Szawara-Nowak, D., ... & Wiczowski W. (2020). Characterization of the profile and concentration of betacyanin in the gastric content, blood and urine of rats after an intragastric administration of fermented red beet juice. *Food Chemistry*, 313, 126169.
- Tsai, C. T., & Meyer, A. S. (2014) Enzymatic cellulose hydrolysis: enzyme reus- ability and visualization of β -glucosidase immobilized in calcium alginate. *Molecules*, 19(12), 19390-19406.
- Watts, A. R., Lennard, M. S., Mason, S. L., Tucker, G. T., & Woods, H. F. (1993). Beeturia and the biological fate of beetroot pigments. *Pharmacogenetics*, 3(6), 302-311.
- Yüksekdağ, Z. N., Beyatli, Y., & Aslim, B. (2004). Determination of some characteristics coccoid forms of lactic acid bacteria isolated from Turkish kefir with natural probiotic. *LWT-Food Science and Technology*, 37(6), 663-667.

Received 3 August 2023;

1st Revised 10 October 2023;

Accepted 17 October 2023