

ANIMAL

Fermentation properties of yoghurt supplemented with vitamin tree (*Hippophae rhamnoides* L.) fruit powder

Byung Bae Park¹, Gereltuya Renchinkhand¹, Woo Jin Ki¹, Jong Woo Choi^{2*}, Myoung Soo Nam^{1*}

¹Department of Animal Biosystem Science, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

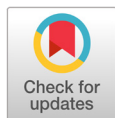
²Center for Research and Development, Choheung Corporation, Ansan 15410, Korea

*Corresponding authors: namssoo@cnu.ac.kr, jongwooc@gmail.com

Abstract

It is well documented that the fruit of the vitamin tree, which is rich in vitamins A, C, E, and K, shows anti-diabetic, antibacterial, immune regulation, anti-inflammatory, and anti-aging effects. In some countries including Europe it has been used to develop various functional foods. This study was conducted to elucidate the fermentation properties of fermented milk supplemented with vitamin tree (*Hippophae rhamnoides* L.) fruit powder. The pH, titratable acidity, number of viable cells, and viscosity of the yogurt made with vitamin tree fruit powder were found to be higher than those of the control group, as the amount of supplemented powder added became higher and the fermentation progressed. Production of lactic, malic, and acetic acids increased relative to that of the control as the amounts of supplemented powder were higher. It was found that the increase in the decomposition of lactose to glucose and galactose was proportional to the amount of supplemented powder added and the elapsed fermentation time. During storage for 15 days the quality of yogurt supplemented with vitamin tree fruit powder was within the proper range of fermented milk quality in terms of pH, titratable acidity, and number of lactic acid bacteria. The yoghurt manufactured with vitamin tree fruit powder has a similar quality to that of the control, and therefore, a new functional yoghurt providing health benefits could be developed.

Key words: *Hippophae rhamnoides* L, lactic acid, storability, titratability acidity, viable cells



OPEN ACCESS

Citation: Park BB, Renchinkhand G, Ki WJ, Choi JW, Nam MS. Fermentation properties of yoghurt supplemented with vitamin tree (*Hippophae rham-noides* L.) fruit powder. Korean Journal of Agricultural Science 49:893-904. <https://doi.org/10.7744/kjoas.2022081>

Received: August 30, 2022

Revised: November 12, 2022

Accepted: November 17, 2022

Copyright: © 2022 Korean Journal of Agricultural Science



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

Introduction

우리나라 국민들은 소득 수준이 향상됨에 따라 건강에 관심이 높아지면서 건강관리를 지속적으로 하고 있다. 코로나 시대를 맞이하여 2019년도부터 건강 기능성 식품은 소비자들에게 큰 관심을 받으며 소비량은 매년 증가되고 있다. 건강기능 식품 시장규모는 2017년에 비해 20%가 신장한 5조 454억원 규모로 성장할 것으로 예측하고 있다. 특히 건강기능 식품 중 probiotics 제품은 홍삼에 이어 2위를 차지하고 있다(KOSIS, 2022). 이와 같이 발효유제품의 소비량은 매년 꾸준히 증가되고 있는 추세이다. 발효유의 건강증진효과는 유산균과 유산균

배양 중에 형성된 대사산물이 장내 부패균의 성장 저해작용을 일으키는데 근거를 두고 있다. 유산균 발효유의 건강증진 효과에 대해서는 Metchnikoff (1908)의 불노장수설에서 시작하여 많은 연구자들에 의하여 장 운동 조절, 유산균에 의한 장내균총의 균형 유지에 의한 소화기 건강(Mitsuoka, 1990), 병원성 세균의 억제, 소화 흡수의 촉진, 변비, 설사 등의 효과 이외에 영양생리적인 건강증진 작용, 항암 기능(Ayebo et al., 1980) 등과 같은 질병 억제 작용에 대한 과학적인 연구에 기초를 두고 있다.

현재 국내의 발효유의 소비량과 생산량은 유제품 중 시유 다음으로 두번째로 많이 차지하고 있다. 낙농진흥회 통계 조사에 따르면 우리나라 국민의 발효유의 소비량은

액상과 호상을 포함하여 2020년에는 약 57만 톤, 2019년도는 58만 톤, 2018년도는 약 55만 톤, 2016년도는 52만 톤으로 발효유 소비량은 해를 거듭할수록 증가하였다(Korea Dairy Committee, 2021). 이와 같이 지속적으로 발효유 소비량이 증가한 것은 발효유 산업의 활성화를 위해 끊임없는 유업체들의 신기능성 상품 개발 노력으로 소비자들의 요구에 부응한 덕분이라 생각한다.

비타민나무(Sea buckthorn, *Hippophae rhamnoides* L.)는 보리수과에 속하는 낙엽성 관목으로 1 - 3년생은 한 해 90 - 150 cm까지 성장하며 열매를 맺는 4년생부터는 60 - 75 cm정도까지 더 성장하게 된다. 종자식물에서 암수의 생식 기관 및 생식세포

가 다른 개체인 자웅이주를 갖고 있는 식물이며 은회색의 피침형 잎을 갖고, 열매는 4월과 10월경에 수확한다(Rousi, 1971). 비타민나무는 서쪽으로 영국을 포함한 서구 북유럽, 동쪽으로는 중국, 몽골, 시베리아, 남쪽으로는 파키스탄, 인도의 고산까지 분포한다(Li and Beveridge, 2003). 서식지 환경은 척박하고 추운 기후에도 잘 자라며 병충해에도 잘 버텨 재배관리가 좋은 작물로 최근에는 국내 농가에서도 재배를 하고 있다. 비타민 나무 열매는 이름에서 나타나듯이 비타민 C 함량은 100 g당 28 - 201 mg으로 매우 다양하다(Yao et al., 2009). 특히 vitamin C, carotenoids, tocopherols, sterols, flavonoids 함량이 높아 서구 소비자들의 관심이 높아지고 있다(Beveridge et al., 1999; Kallio et al., 2002). 또한 fructose 와 glucose는 전체 당 성분의 90%이상 차지하고 malic acid와 quinic acids는 전체 산 성분의 98% 이상을 차지 한다(Ma et al., 1989; Zhang et al., 1989; Kallio et al., 1999). 비타민나무열매의 잘 익은 노란색 열매는 신맛이 강하며 그대로 먹기 보다는 혼합하여 주스, 젤리, 잼, 음료 등으로 가공하여 유통이 이루어지고 있다(Gao et al., 2000). 비타민나무열매의 구성 성분은 수분은 10.49%, 조단백질은 10.48%, 조지방은 12.27%, 조회분은 2.77%, 탄수화물은 63.99%으로 이루어져 있다(Lee et al., 2018). 비타민나무열매에 함유되어 있는 유리당과 단백질 성분들이 발효를 촉진시키고 이에 의해 생성된 대사산물들이 생리 활성기능을 발휘하는 효과를 기대해 볼 수 있다.

본 연구는 국내에 비타민나무열매의 기능성 식품소재로써 활용 가능성을 알아보기 위해 비타민나무열매 분말을 첨가한 요구르트의 발효 특성을 연구함으로써 기능성 요구르트 개발에 기초자료를 제공하기위해 수행하였다.

Materials and Methods

실험재료

본 실험에 사용된 탈지분유는 (주)서울우유(Yangju, Korea)에서 제조한 것으로 재료의 화학적 조성은 수분 7.12%, 단백질 31.84%, 지방 0.09%, 회분 7.82%, 유당 51.13%이며, 10% 환원 탈지유를 90°C에서 10분간 살균하여 사용하였다.

비타민나무열매 요구르트 제조에 사용하는 starter는 혼합균주(YC-X11, CHR HANSEN Co., Hørsholm, Denmark)를 구매하여 사용하였고, starter의 유산균 구성은 *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*이다. Starter는 환원유에 접종하여 3번 계대배양 후 유산균수가 4.5×10^8 CFU·mL⁻¹ 것을 환원유에 3.85×10^5 CFU·mL⁻¹ 되도록 희석하여 시료의 3%를 접종하였다. 비타민나무열매(*Hippophae rhamnoides* L. powder, HP)는 (주스타일온 (Hunana Delore Naural product, Changsha, China)에서 구매한 비타민나무열매 추출 분말 100%을 사용하였다.

비타민나무열매 분말을 첨가한 요구르트 제조

10% 환원탈지유에 HP를 각각 1, 3, 5%를 혼합한 다음 starter를 3% 접종 후 0, 4, 8, 12, 16, 24시간 배양하였다. 배양이 끝난 후 4°C 냉장고에서 24시간 숙성을 실시하였다(Fig. 1).

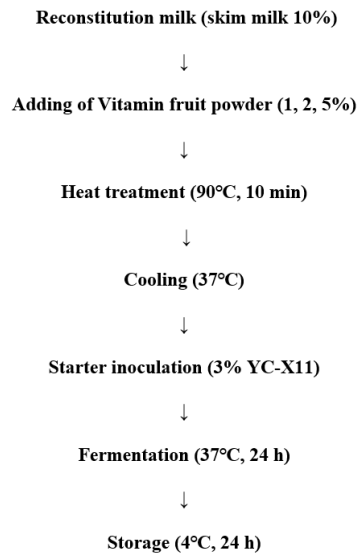


Fig. 1. Manufacturing process of fermented milk with Vitamin fruit powder added.

비타민나무열매 요구르트의 발효특성

pH와 적정산도 측정

비타민나무열매 분말 첨가 요구르트를 0, 4, 8, 12, 16, 24시간 배양 후 발효액의 pH변화와 적정산도를 측정하였다. pH측정은 pH측정기(S20 Seven Easy™ pH, Meter Toledo AG, Schwerzenbach, Switzerland)로 측정하였다. 적정산도는 시료 9 g에 증류수 9 mL와 phenolphthalein 지시약 0.5 mL을 첨가한 후, 0.1 N NaOH로 적정하여 계산하였다.

점도 측정

비타민나무열매 분말 첨가 요구르트의 점도는 점도계(BM type, Tokimec Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 0, 12, 24시간 배양 후 측정하였으며, spindle No. 1-3을 이용하여 60 rpm으로 1분 동안 측정하여 Centi Poise (cP)값으로 나타내었다.

생균수 측정

생균수는 0, 4, 8, 12, 24시간동안 배양한 발효액을 Marshall (1992)의 standard plate count (SPC) 방법에 따라 시료별 $10^3 - 10^7$ 희석 후 BCP agar (Eiken Chemical Co., Ltd., Tochigi, Japan)에 분주하여 48시간 배양 후 colony수가 50 - 500개 범위로 나타난 평판을 선별하여 계수하였다.

유당 분해 및 유기산 측정

0, 4, 8, 16, 24시간 발효한 비타민열매분말 첨가 발효유를 원심분리기(Mega 17R, Hanil Science Industrial, Daejeon, Korea)를 사용하여 $3,700 \times g$ 에서 10 min 동안 원심분리 하였다. 분리된 상정액을 채취하여 0.2 μm membrane filter로 여과한 후 HPLC system (600E Multi-solvent Delivery System, Waters, Milford, MA, USA)을 사용하여 유기산 및 당 분석을 하였다. 시료는 7725 injector (Rheodyne™, Thermo Fisher, Waltham, MA, USA)를 사용하여 20 μL 를 주입하였고, 유기산 측정은 2487 UV detector (Waters, Milford, MA, USA), 당은 Refractive Index Detector (2410 RI Detector, Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였다. 유기산과 당 전환 분석은SUPELCOGEL C-610H column (38 cm \times 7.8 mm; Sigma-Aldrich Co., Albany, NY, USA)을 사용하였고, Column Heater Module (serial #F98CHM095M, Waters, Milford, MA, USA)을 사용하여 40°C를 유지하였다. 이동상은 유기산과 당 전환 검사는 HPLC용 Water (TEDIA Company Inc., Fairfield, OH, USA)와 0.1% phosphoric acid를 사용하여 1.0 mL·min⁻¹의 유속으로 40분 동안 분석하였다. 실험에 사용된 표준물질은 Sigma-Aldrich Co. (Darmstadt, Germany)에서 구입하여 분석에 사용하였다.

Total polyphenol 함량

총 phenolics 함량은 Folin Denis법(Singleton and Rossi, 1965)으로 측정하였다. 적당히 희석한 추출 물 0.5 mL를 시험관에 분주하고 25% Na₂CO₃ 용액 0.5 mL를 첨가하여 3분간 정치시켰다. 다시 2 N Folin-Ciocalteu phenol 시약 0.25 mL를 첨가하여 혼합한 다음 30°C에서 30분 동안 정치하여 발색시켰다. 발색된 청색을 750 nm에서 분광광도계(Spectronic 2D, Thermo Spectronic, Rochester, NY, USA)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. 이때 총 phenolics 함량은 gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선에서 함량을 구하였다.

저장성 평가

발효 완료된 요구르트 저장성 평가는 4°C 냉장 보관하면서 3일 간격으로 15일 동안 pH, 적정산도, 유산균 수를 측정하여 비교하였다. 비타민나무열매 분말 첨가 요구르트는 발효가 완료된 후 저온상태로 유통되고 소비자들의 보관 또한 냉장 상태로 보관하므로 저장기간 중의 품질변화를 확인하였다.

관능 평가

관능평가에 사용한 요구르트는 24시간 발효한 후 4°C에서 12시간 동안 숙성하여 사용하였다. 비타민나무열매 분말첨가 요구르트의 관능평가의 패널은 충남대학교 동물자원과학부 학생 40명을 선정하였고, 평가는 색상(color), 조직감(mouthfeel), 산미(sourness), 감미(sweetness), 전체적인 기호도(overall acceptability) 5가지 항목을 7점 척도법으로 진행하였다. “1점은 매우 나쁘다, 7점은 매우 좋다” 로 평가하였다.

통계처리

모든 실험은 3회반복하여 실시하였고 SAS package (release 8.01, SAS Institute., Cary, NC, USA)를 이용하여 평균 \pm 표준편차로 표시하였고, 평균값의 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였다.

Results and Discussion

pH와 적정산도 변화

비타민나무열매 분말 첨가 요구르트의 pH는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 대조구에 비해 처리구에서 발효시간이 길어질수록 빠르게 낮아지는 것으로 나타났다. 발효 시작 시에 대조구와 비타민나무열매 분말 첨가 요구르트의 1, 2%의 pH는 각각 6.84, 6.61, 6.36으로 비슷하였지만 5% 첨가구의 pH는 5.76으로 현저히 낮았는데 이는 비타민나무열매 성분의 영향으로 차이가 있는 것으로 판단된다. 발효초기에 대조구와 처리구의 pH 변화는 나타나지 않았으나 발효 12시간 이후부터 대조구는 6.74, 처리구 1, 2, 5%는 각각 4.54, 4.43, 4.46으로 나타나 처리구의 pH 값이 더 낮게 측정되었다. 발효 종점인 24시간에서 대조구는 4.18, 처리구 1, 2, 5%는 각각 4.16, 4.16, 4.02로 대조구와 처리구 모두 비슷한 pH를 보였다. 하지만 대조구보다 비타민나무열매 분말 첨가 요구르트의 pH가 더 빠르게 감소된 것을 확인할 수 있었다. 이는 Ge 등(2021)이 보고한 비타민나무열매를 첨가하여 제조한 발효유와 동일한 결과를 확인할 수 있었다. Lee 등(2018)의 보고에 의하면 malic acid의 함량이 $118.06 \pm 0.29 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 으로 제일 높게 함유되어 있어서 pH와 산도에 영향을 미치는 것으로 사료되고, 또한 비타민나무열매의 유리당인 glucose가 유산균 증식에 영향을 미친 것으로 사료된다. 산도 변화는 pH와 마찬가지로 0시간과 8시간에서는 대조구와 처리구의 값 변화가 거의 없었으며 12시간 이후부터 대조구는 0.2, 처리구 1, 2, 5%는 각각 0.46, 0.79, 0.83, 0.85로 값이 높게 나타났다. 최종 24시간 발효에서 대조구는 0.87, 처리구 1, 2, 5%는 각각 0.98, 1.00, 1.00으로 비슷하였으나 발효시간이 경과함에 따라 산도 또한 비타민나무열매를 첨가한 요구르트에서 높게 나타났다.

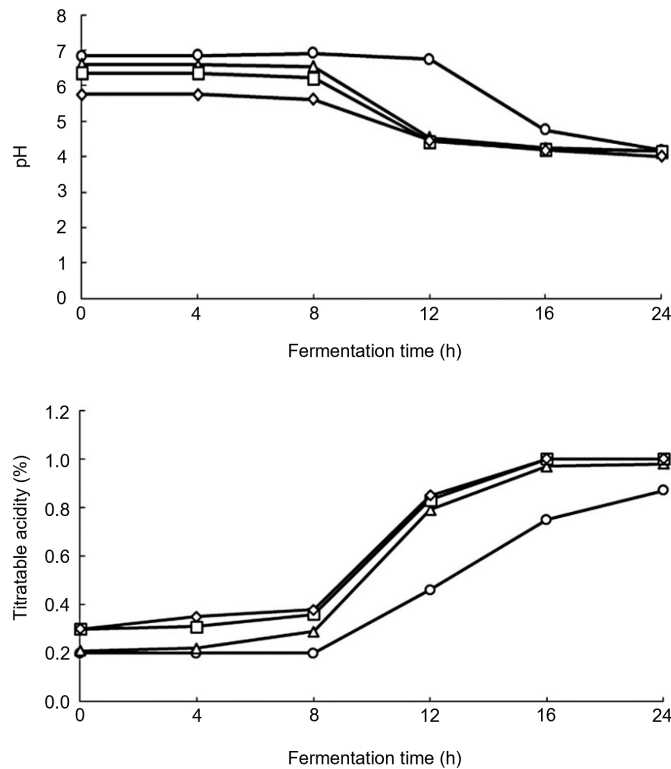


Fig. 2. Changes of pH and titratable acidity in yoghurt manufactured with *Hippophae rhamnoides* L. powder during fermentation for 24 h at 37°C. ○, control; △, 1%; □, 2%; ◇, 5%.

점도 변화

비타민나무열매 분말 첨가 요구르트의 점도는 Fig. 3에 나타난 바와 같다. 발효 12시간 후부터 대조구는 440 cP, 1, 2% 첨가구는 각각 1,033.33, 1,053.33 cP로 대조구에 비해 첨가구에서 높게 측정되었다. 그러나 5% 처리구에서는 140 cP로 살균 시 pH의 영향으로 응고된 단백질이 제외된 상태의 유청의 점도는 1, 2% 첨가구에 비해 매우 낮았다. 발효 종점 24시간째 대조구는 966.67 cP, 1, 2% 첨가구는 각각 1,093.33, 1,160 cP로 비타민나무열매 분말 첨가량이 높을수록 점도가 높게 측정되었다. 그러나 단백질 응고로 인한 5% 첨가구는 150 cP로 낮은 점도를 보였다. 점도에 영향을 미치는 요인은 유산 발효 시 우유 단백질의 침전, protease에 의한 분해 및 응고, 유산균에 의한 polysaccharide 생성 등에 의해 복합적으로 일어난다고 보고하였다(Jung and Ju, 1997).

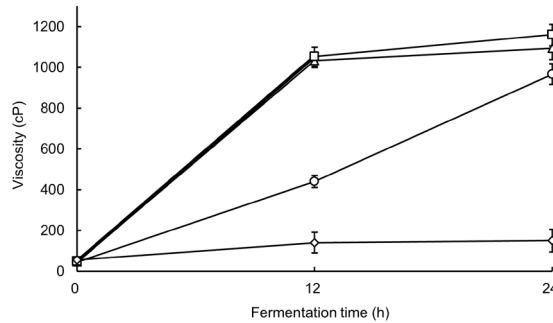


Fig. 3. Changes of viscosity in yoghurt with *Hippophae rhamnoides* L. powder during fermentation for 24 h at 37°C. ○, control; △, 1%; □, 2%; ◇, 5%.

생균수 변화

발효시간에 따른 유산균 수의 변화는 Fig. 4와 같다. 요구르트의 발효시간이 길어질수록 유산균의 에너지원인 유당이 분해되어 유산균수가 감소되는데 유산균 수는 대조구와 처리구가 비슷한 수준으로 완만하게 증가하는 것으로 확인되었다. 발효 0시간과 4시간, 8시간에서는 대조구와 처리구 모두 비슷하게 나타났다. 그러나 발효 12시간 이후부터는 대조구 5.13×10^7 CFU·mL⁻¹, 처리구 1, 2, 5%는 각각 5.99×10^7 , 1.1×10^9 , 1.74×10^9 CFU·mL⁻¹으로 더 높게 측정되었다. 발효 종점인 24시간에서는 대조구 6.31×10^8 CFU·mL⁻¹, 처리구 1, 2, 5%는 각각 9.77×10^8 , 6.31×10^8 , 6.31×10^8 CFU·mL⁻¹으로 대조구와 처리구 모두 비슷한 유산균 수로 나타났다. 한편, 오디 첨가 요구르트의 유산균 수는 첨가량이 높을수록 대조구에 비하여 유산균의 생육이 촉진되었다(Kim et al., 2003). 따라서 오디와 같이 비타민열매에 함유된 포도당과 과당에 의해 유산균의 생육이 촉진된 것으로 사료된다. Amorose 등(1988)은 포도당과 과당의 함량이 유산균 생육에 영향을 미쳤다고 보고하였는데, 이는 비타민나무열매에 함유된 fructose와 glucose의 성분(Lee et al., 2018)도 유산균 증식에 도움을 준 것으로 사료된다.

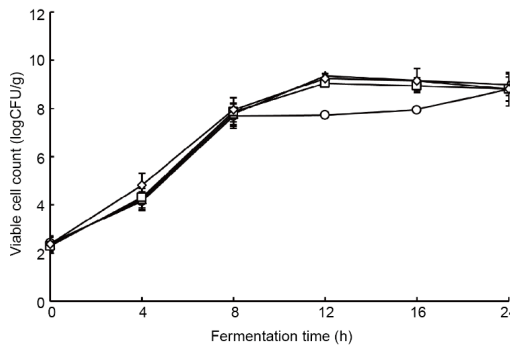


Fig. 4. Changes of the number of lactic acid bacteria in yoghurt having *Hippophae rhamnoides* L. powder during fermentation for 24 h at 37°C. ○, control; △, 1%; □, 2%; ◇, 5%.

유기산 생성 및 단백질과 유당의 분해

유기산의 생성

발효유의 유기산의 변화는 Fig. 5와 같다. 비타민나무열매 분말 첨가량이 증가함에 따라 malic acid의 양은 증가되었고, 발효 시간이 지남에 따라 lactic acid가 증가되는 경향을 보였다. 특히 lactic acid와 acetic acid는 비타민나무열매 분말을 첨가한 처리구의 발효 12시간부터 크게 증가하는 경향을 보였다. 우유에 함유된 lactose와 비타민나무열매 분말에 함유되어 있는 glucose를 유산균이 이용해서 대사산물로 lactic acid와 acetic acid를 생성하였기 때문이다. 이는 인삼 첨가 요구르트 제조에서 생성된 유기산과 유사한 결과(Lee and Paek, 2003)를 나타내었는데 비타민나무열매 분말의 유기산 성분이 요구르트의 유기산 생성에 영향을 주는 것으로 사료된다. 한편 비타민나무열매에 함유된 유기산 종류는 malic acid, lactic acid, acetic acid가 있으며, 함량은 malic acid가 가장 높았고, 다음으로 acetic acid, lactic acid 순으로 보고하였다(Lee et al., 2018).

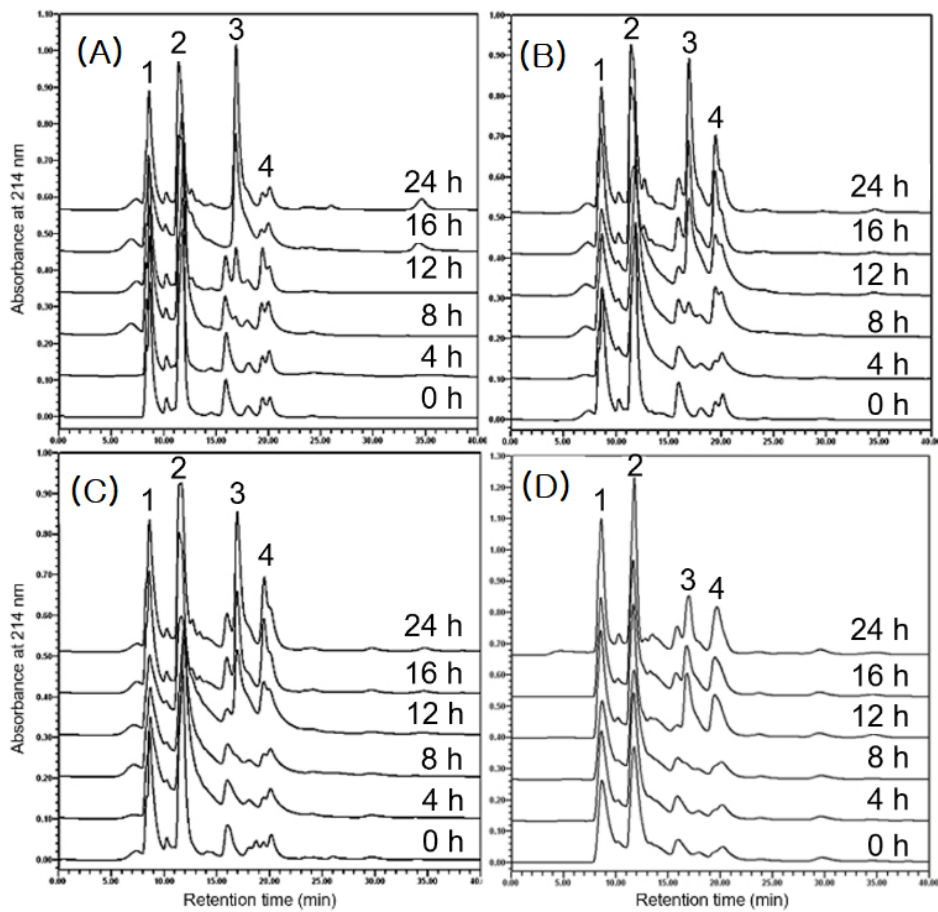


Fig. 5. Production of organic acid in yoghurt with *Hippophae rhamnoides* L. powder during fermentation for 24 h at 37°C. (A) Control, (B) 1%, (C) 2%, (D) 5%. 1, oxalic acid; 2, malic acid; 3, lactic acid; 4, acetic acid; HP, *Hippophae rhamnoides* L. powder.

유당분해

발효유의 당 성분의 변화는 Fig. 6과 같다. Lactose는 발효시간이 경과함에 따라 유산균에 의해서 glucose와 galactose로 분해되어 단당류의 함량은 점차 증가하였는데 대조구보다 비타민나무열매 5% 첨가구에서 12시간 이후부터 두드러지게 관찰되었다. 발효시간이 길어짐에 따라 lactose는 glucose와 galactose로 분해되므로 발효 12시간 이후부터는 감소되었다. 12시간 이후부터 glucose와 galactose의 양은 증가되지만 glucose는 유산균이 이용하여 점차 감소되지만 Fig. 5의 D (5% 첨가구)에서 0시간부터 glucose가 나타났는데 이는 비타민나무열매에 함유되어 있는 glucose가 측정되었고, 발효 시간이 길어질수록 증가하여 발효 12시간 경과 때 제일 높았고 16, 24시간이 경과 하면서 조금 감소되었다. 이는 비타민나무열매가 함유한 glucose와 우유의 lactose가 분해되면서 생성된 glucose가 함께 측정되어 양이 증가되었고 발효 16시간 이후부터 유산균이 glucose를 이용하여 감소된 것으로 나타났다. 또한 galactose도 glucose와 동일한 시간에 분리되기 때문에 발효 종점인 24시간 경과하여도 A, B, C, D 모두에서 galactose의 peak를 볼 수 있었다. 이와 동일한 결과로 오디 첨가 요구르트에서도 당 성분이 관찰되었다(Kim et al., 2003). Fig. 6에서 보는 바와 같이 A는 대조구로 fructose는 glucose와 galactose와 분리되는 시간이 비슷하여 같은 peak에 혼합되어 분리되는 것으로 판단되며 B (1%)와 C (2%)에 비해 D (5%)첨가구는 발효 0시간부터 fructose가 확인되었고 함량도 발효시간이 길어짐에 따라 fructose와 galactose양이 증가함을 볼 수 있었다. 이는 비타민 나무열매의 유리당 종류는 fructose와 glucose로 나타났으며, 그 중 fructose의 함량이 가장 높았다고 보고한 것과 일치하였다(Lee et al., 2018).

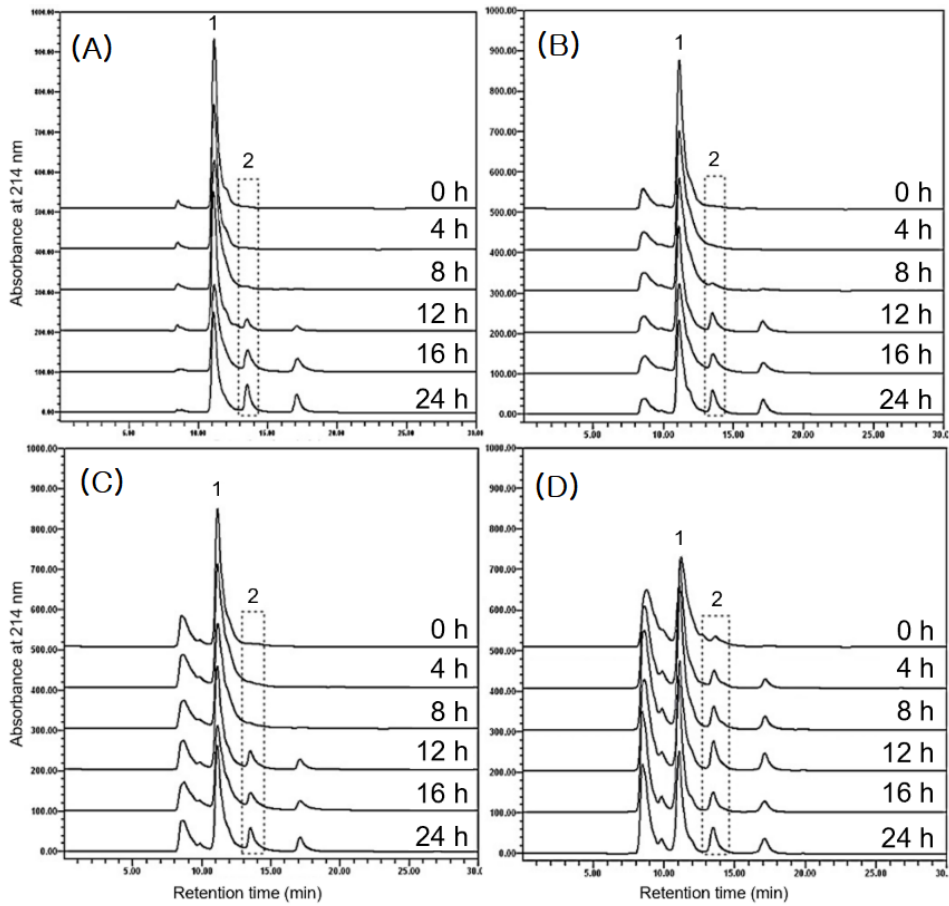


Fig. 6. Changes of carbohydrate in yoghurt with *Hippophae rhamnoides* L. powder during fermentation for 24 h at 37°C. (A) Control, (B) 1%, (C) 2%, (D) 5%. 1, lactose; 2, glucose, galactose, fructose; HP, *Hippophae rhamnoides* L. powder.

Total polyphenol

Polyphenol 성분은 flavonoids, catechin, anthocyanin 등의 물질을 종합적으로 부르는 명칭으로 체내에서 항산화작용을 통하여 노화방지, 동맥경화예방, 항암효과 등을 가진다(Kim et al., 2000). 비타민나무열매 분말 첨가 요구르트의 총 polyphenol 함량을 측정한 결과는 Fig. 7에 제시된 바와 같다. 발효 종점인 24시간째 대조구는 $9.04 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 이며 1, 2, 5% 첨가구는 대조구에 비해 각각 12.49, 14.83, $36.12 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 로 비타민나무열매 분말을 많이 첨가하고 발효시간이 길어질수록 폴리페놀 함량이 높게 나타나는 것을 관찰할 수 있었다. 이와 유사한 결과로 총 polyphenol 함량이 비타민나무 줄기가 $2.38 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, 열매 $2.37 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, 잎이 $3.80 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 로 총 polyphenol 함량이 잎과 열매 모두 생리활성 성분이 함유되어 있음을 확인할 수 있었다(Cho and Kim, 2015). 또한 항산화 효과가 잘 알려진 오디분말 첨가 요구르트(Sung and Choi, 2014)와 비교하였을 때 비타민나무열매 분말 첨가 요구르트의 총 polyphenol 함량이 높았다.

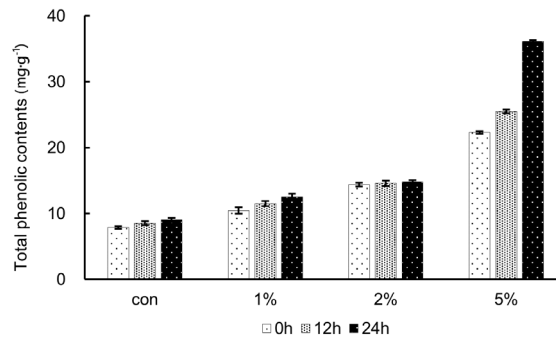


Fig. 7. Changes of total phenolics in yoghurt with *Hippophae rhamnoides* L. powder during fermentation for 24 h at 37°C. All values are mean \pm standard deviation (SD) ($p < 0.05$).

저장성 평가

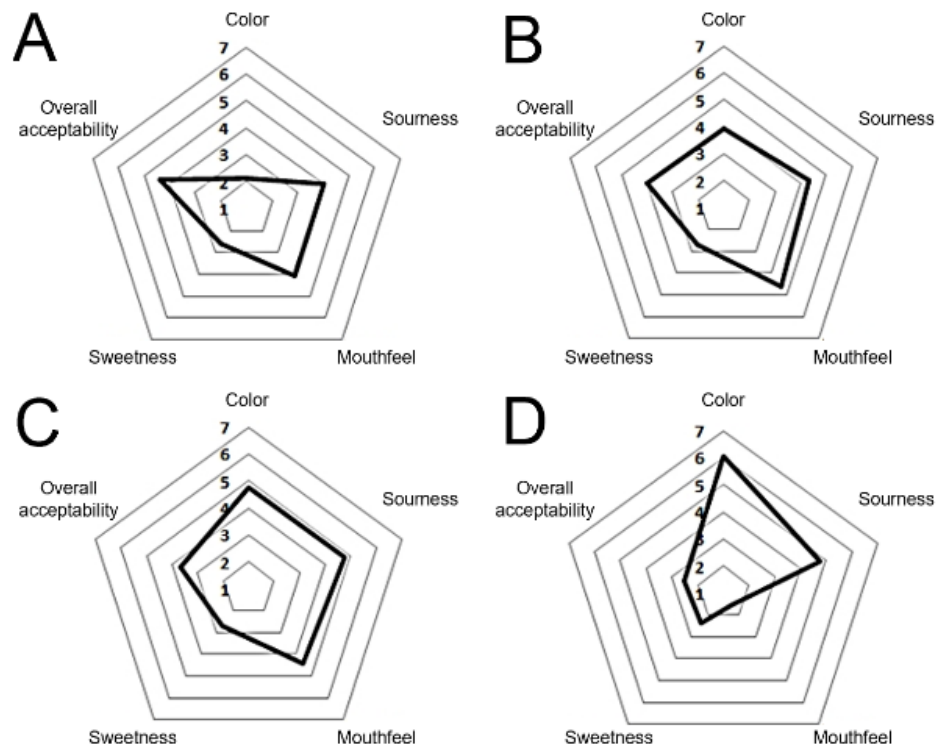
비타민나무열매 분말을 1, 2, 5% 첨가하여 제조한 요구르트를 4°C에서 냉장 저장하여 3일간격으로 총 15일간 측정된 pH 및 적정산도, 유산균 수 변화는 Table 1과 같다. 모든 처리군에서 저장기간경과에 따른 pH 및 적정산도, 유산균수의 변화는 1일차에서부터 15일이 지난 후에도 비슷한 값을 유지하였으나 저장기간이 경과함에 따라 pH는 서서히 감소하였고, 산도는 서서히 증가하는 경향을 보였다. 첨가한 발효유의 저장 중 품질 변화는 유산균의 후산 발효에 기인하여 유기산의 양이 증가하여 산도가 증가한 것으로 사료된다. 또한 축산물 가공기준 및 성분규격에 의한 유산균 수 기준인 $1 \times 10^8 \text{ CFU}\cdot\text{mL}^{-1}$ 이상의 값에 충족하여 비타민나무열매 분말을 첨가한 발효유의 유산균 수는 저장 중에도 크게 감소하지 않아서 제품의 품질에 영향을 주지 않았다.

관능 평가

비타민나무열매분말을 첨가한 요구르트의 관능검사 결과는 Fig. 8에 나타난 바와 같다. 색(color), 산미(sourness), 조직감(mouth feel), 감미(sweetness)는 대조구에 비하여 비타민열매분말 첨가구가 우수하였고 유의적인 차이를 보였으나, 전체적인 기호도(overall acceptability)에서는 대조구가 좋은 결과를 보였다. 이는 감미료를 첨가하지 않은 plain으로 제조하였기 때문에 대조구에 비하여 처리구의 산미가 높게 나왔기 때문으로 사료되며, 이로 인하여 전체적인 기호도가 떨어진 것으로 사료된다.

Table 1. Change of pH, TA, and viable cells in yoghurt made with *Hippophae rhamnoides* L. powder during storage for 15 days at 4°C ($p < 0.05$).

Item	Storage period (day)					
	0	3	6	9	12	15
pH						
Control	4.18 (± 0.01)	4.12 (± 0.01)	4.05 (± 0.01)	4.06 (± 0.01)	3.99 (± 0.01)	3.91 (± 0.01)
1%	4.25 (± 0.01)	4.23 (± 0.01)	4.3 (± 0.01)	4.29 (± 0.01)	4.25 (± 0.01)	4.13 (± 0.01)
2%	4.25 (± 0.01)	4.23 (± 0.01)	4.19 (± 0.01)	4.16 (± 0.01)	4.11 (± 0.01)	4.05 (± 0.01)
5%	3.71 (± 0.01)	3.72 (± 0.01)	3.69 (± 0.01)	3.7 (± 0.01)	3.69 (± 0.01)	3.69 (± 0.01)
TA (%)						
Control	0.89 (± 0.01)	0.9 (± 0.01)	0.92 (± 0.01)	0.93 (± 0.01)	1 (± 0.01)	1 (± 0.01)
1%	0.95 (± 0.01)	0.94 (± 0.01)	0.98 (± 0.01)	1.11 (± 0.01)	1.12 (± 0.01)	1.13 (± 0.01)
2%	1 (± 0.01)	1 (± 0.01)	1.13 (± 0.01)	1.15 (± 0.01)	1.15 (± 0.01)	1.18 (± 0.01)
5%	1.25 (± 0.01)	1.25 (± 0.01)	1.26 (± 0.01)	1.27 (± 0.01)	1.28 (± 0.01)	1.3 (± 0.01)
Viable cell counts (CFU·mL⁻¹)						
Control	$3.98 \times 10^8 (\pm 0.03)$	$4.07 \times 10^8 (\pm 0.02)$	$4.17 \times 10^8 (\pm 0.02)$	$4.47 \times 10^8 (\pm 0.024)$	$4.57 \times 10^8 (\pm 0.02)$	$5.13 \times 10^8 (\pm 0.10)$
1%	$4.27 \times 10^8 (\pm 0.03)$	$4.68 \times 10^8 (\pm 0.02)$	$5.13 \times 10^8 (\pm 0.03)$	$5.13 \times 10^8 (\pm 0.026)$	$5.24 \times 10^8 (\pm 0.02)$	$5.24 \times 10^8 (\pm 0.02)$
2%	$4.37 \times 10^8 (\pm 0.02)$	$5.01 \times 10^8 (\pm 0.02)$	$5.62 \times 10^8 (\pm 0.02)$	$5.25 \times 10^8 (\pm 0.019)$	$5.50 \times 10^8 (\pm 0.02)$	$5.50 \times 10^8 (\pm 0.02)$
5%	$4.57 \times 10^8 (\pm 0.02)$	$4.90 \times 10^8 (\pm 0.02)$	$5.25 \times 10^8 (\pm 0.02)$	$5.37 \times 10^8 (\pm 0.019)$	$5.75 \times 10^8 (\pm 0.02)$	$5.75 \times 10^8 (\pm 0.02)$


Fig. 8. Sensory evaluation in yogurt with *Hippophae rhamnoides* L. powder determined at age of 12 days after fermentation for 24 h at 37°C. (A) Control, (B) 1%, (C) 2%, (D) 5%. HP, *Hippophae rhamnoides* L. powder.

Conclusion

비타민나무열매 분말을 첨가한 요구르트의 특성은 유산균의 생육을 촉진하고, 유당의 빠른 분해와 점도가 증가하였다. 또한 저장성은 4°C에서 15일간 저장 시 pH와 산도, 유산균 수 모두 정상적이었다. 관능검사 결과는 비타민 분말2% 첨가구가 가장 온화한 맛을 나타내었다. 따라서 비타민나무열매 분말을 첨가한 요구르트의 제조는 요구르트의 기능성을 증가시켜 고부가가치의 발효유 생산에 기여할 것으로 기대한다.

Conflict of Interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Authors Information

Byung Bae Park, <https://orcid.org/0000-0002-5023-9525>

Gereltuya Renchinkhand, <https://orcid.org/0000-0003-2107-0430>

Woo Jin Ki, <https://orcid.org/0000-0001-8241-874X>

Jong Woo Choi, <https://orcid.org/0000-0002-2670-0916>

Myoung Soo Nam, <https://orcid.org/0000-0003-0866-1041>

References

- Amorose J, Manca de Nadra MC, Oliver G. 1988. Glucose, galactose, fructose, lactose and sucrose utilization by *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* isolated from commercial yogurt. *Milchwissenschaft* 43:626-631.
- Ayebo AD, Shahani KM, Angelo IA. 1980. Effect of ingesting *Lactobacillus acidophilus* milk upon fecal flora and enzyme activity in humans. *Milchwissenschaft* 35:730-733.
- Beveridge T, Li T, Oomah B, Smith A. 1999. Sea buckthorn products: Manufacture and composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47:3480-3488.
- Cho GS, Kim AJ. 2015. Antioxidative activity of Sea Buckthorn and quality characteristics of brown rice *Sulgidduk*. *Family and Environmental Research* 53:17-27. [in Korean]
- Gao X, Ohlander M, Jeppsson N, Bjork L, Trajkovski V. 2000. Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) during maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48:1485-1490.
- Ge X, Tang N, Huang Y, Chen X, Dong M, Rui X, Zhang Q, Li W. 2021. Fermentative and physicochemical properties of fermented milk supplemented with sea buckthorn (*Hippophae eleagnaceae* L.). *LWT-Food Science and Technology* 153:112484.
- Jung GT, Ju IO. 1997. Studies on the preparation of yogurt from milk added with purple sweet potato powder. *The Korean Journal of Food and Nutrition* 10:458-461. [in Korean]
- Kallio H, Yang B, Tahvonon R, Hakala M. 1999. Composition of Sea buckthorn berries of various origins. pp. 17-23. *Proceedings of International Workshop on Sea Buckthorn IWS-99*.
- Kallio H, Yang BR, Peippo P. 2002. Effects of different origins and harvesting time on vitamin C, tocopherols, and tocotrienols in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50:6136-6142.

- Kim HG, Bae HC, Nam MS. 2003. Fermentation properties of mulberry yogurt. Korean Journal of Agricultural Science 30:66-75. [in Korean]
- Kim HJ, Jun BS, Kim SK, Cha JY, Cho YS. 2000. Polyphenolic compound content and antioxidative activities by extracts from seed, sprout and flower of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 29:1127-1132. [in Korean]
- Korea Dairy Committee. 2021. Dairy statistics yearbook. Korea Dairy Committee, Sejong, Korea. [in Korean]
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2022. Health functional food statistical data. KOSIS, Daejeon, Korea. [in Korean]
- Lee IS, Paek KY. 2003. Preparation and quality characteristics of yogurt added with cultured ginseng. Korea Journal of Food Science and Technology 35:235-241. [in Korean]
- Lee SY, Shon JY, Kang KO. 2018. Nutritional components and antioxidant activities of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaf and berry extracts. Journal of East Asian Society of Dietary Life 28:31-39. [in Korean]
- Li TSC, Beveridge THJ. 2003. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): Production and utilization. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada.
- Ma Z, Cui Y, Feng, G. 1989. Studies on the fruit character and biochemical compositions of some forms within Chinese sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*) in Shanxi, China. pp. 106-112. Proceedings of International Symposium on Sea Buckthorn (*H. rhamnoides* L.).
- Marshall RT. 1992. Standard methods for the examination of dairy product (16th ed). pp. 299-308. American Public Health Association, Washington, D.C., USA.
- Metchnikoff E. 1908. The prolongation of life. Nature 77:289-290.
- Mitsuoka T. 1990. Bifidobacteria and their role in human health. Journal of Industrial Microbiology 6:263-267.
- Rousi A. 1971. The genus *Hippophae* L. A taxonomic study. Annales Botanici Fennici 8:177-227.
- Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture 16:144-158.
- Sung JM, Choi HY. 2014. Effect of mulberry powder on antioxidant activities and quality characteristics of yogurt. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 43:690-697. [in Korean]
- Yao Y, Tigerstedt PMA, Joy P. 2009. Variation of vitamin C concentration and character correlation between and within natural sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) populations. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science 42:12-17. doi.org/10.1080/09064719410194.
- Zhang W, Yan J, Duo J, Ren B, Guo J. 1989. Preliminary study of biochemical constitutions of berry of Sea buckthorn growing in Shanxi province and their changing trend. pp. 96-105. Proceedings of International Symposium on Sea buckthorn (*H. rhamnoides* L.).