

유산균 발효다시마(*Saccharina japonica*)를 첨가한 복분자 젤리의 이화학적 품질특성

최지원[†] · 이연지[†] · 문수경¹ · 김용태^{*}

군산대학교 식품생명공학전공, ¹경상국립대학교 식품영양학과/농업생명과학연구원

Physicochemical Properties of *Bokbunja* Jelly Containing Fermented Sea Tangle *Saccharina japonica* Powder

Ji-Won Choi[†], Yeon-Ji Lee[†], Soo-Kyung Moon¹ and Yong-Tae Kim^{*}

Department of Food Science and Biotechnology, Kunsan National University, Gunsan 54150, Republic of Korea

¹Department of Food and Nutrition/Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea

This study investigated the physicochemical properties and physiological activities of jelly prepared from gelatin, sugar, bokbunja extract, and different amounts (0, 0.5, 1, 2 and 3%) of fermented sea tangle *Saccharina japonica* powder (FSP). The jelly moisture, pH, and sugar content slightly increased with increasing the FSP content. Hardness, springiness, gumminess, chewiness, and cohesiveness also increased with increasing FSP concentration. Jelly anti-oxidant activity did not change significantly with increasing FSP. In contrast, alcohol dehydrogenase and aldehyde dehydrogenase activities in the jellies increased significantly with increasing FSP concentration. β -secretase inhibitory activity in jellies also increased with increasing FSP concentration. Jellies containing 0.5 or 1% FSP achieved the highest overall sensory acceptance scores. Taken together, these data indicate that addition of FSP to jelly appears to improve its quality and physiological activities.

Keywords: Alcohol metabolizing activity, Bokbunja jelly, Fermented sea tangle, Physicochemical property, Physiological activity

서론

최근 유행하고 있는 코로나바이러스 감염증-19 (COVID-19)를 비롯한 각종 감염병을 예방하기 위하여 개인의 위생 관리와 면역력 증진이 중요한 것으로 알려져 있다. 이에 따라, 건강 증진 및 위생 관리를 위해 식생활 패턴과 식품 소비형태가 많이 변화하였으며, 인체의 면역력 향상에 도움을 줄 수 있는 건강기능 식품 수요가 증가하고 있다(Choi et al., 2022). 이러한 건강기능성 식품 소재에 대한 관심이 높아지면서 천연물, 농·수산물 및 해양생물 유래 생리활성물질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 해조류는 다양한 기능성물질을 다량 함유하고 있는 것으로 확인되어 식품, 화장품 및 의약품의 소재 개발을 위한 유용한 자원 중 하나로 평가되고 있다(Lee et al., 2017). 다

시마(*Saccharina japonica*)는 갈조류에 속하는 해조류로 비트아민 및 미네랄, 특히 마그네슘, 칼슘, 요오드 및 철 등의 함량이 높고(Ryu et al., 2018), 다당류 중 알긴산을 가장 많이 함유하고 있으며 fucoidan, laminaran 등의 다당류 또한 풍부한 것으로 알려져 있다(Choi et al., 1986; Kim et al., 1988; Collic et al., 1991). 다시마에 관련된 국내·외 연구로는 항당뇨 및 항산화효과(Cho and Bang, 2004), 항돌연변이 및 항균효과(Oh et al., 1998), 항암(Usui et al., 1980) 등과 같이 다양한 생리활성과 기능성 연구가 보고되어 있다. 한편, 다시마를 이용한 제품화는 해조류 추출공정에서 발생하는 점질 다당류와 다시마 특유의 향, 풍미 및 조직감 등의 문제로 식품 소재로서 한계가 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 *Saccharomyces cerevisiae* 효모를 이용하여 발효시킨 유산균 발효다시마 추출

*Corresponding author: Tel: +82. 63. 469. 1824 Fax: +82. 63. 469. 7448

E-mail address: kimyt@kunsan.ac.kr [†]Contributed equally.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0408>

Korean J Fish Aquat Sci 55(4), 408-416, August 2022

Received 4 July 2022; Revised 26 July 2022; Accepted 3 August 2022

저자 직위: 최지원(대학원생), 이연지(대학원생), 문수경(교수), 김용태(교수)

물이 개발되었다(Eom et al., 2010). 유산균 발효다시마는 항산화 활성(Lee et al., 2010)뿐만 아니라 알코올 분해능과 기억력 개선효과(Kang et al., 2010; Ryu et al., 2016) 등의 다양한 생리활성이 뛰어난 것으로 밝혀져 식품의약품 안전처의 건강기능식품 소재로 등록되어 있다(Ryu et al., 2018). 이러한 생리활성이 높은 유산균 발효다시마를 첨가한 식품으로는 된장(Seo et al., 2018), 고추장(Ryu et al., 2018), 조미간장(Lee and Song, 2018), 명란젓(Hwang et al., 2019) 등으로 발효다시마를 활용한 식품의 다양성이 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 숙취해소 및 기억력 개선에 효과가 있는 건강기능식품 소재인 유산균 발효다시마와 항산화성이 우수한 복분자를 이용하여 기호성이 높고 먹기 편한 젤리를 제조하고자 하였다. 또한 제조한 젤리의 이화학적 특성 및 관능적 품질특성과 생리활성을 분석하여 유산균 발효다시마의 활용도를 높이기 위한 기초자료 및 수산식품소재를 이용한 노인친화성 식품을 개발하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 시약

본 연구에서 사용한 유산균 발효다시마 분말(Fermented *S. japonica* Powder, FSP)은 (주)마린바이오프로세스(Gijang, Korea)로부터 제공받아 사용하였다. 젤리 제조를 위한 재료인 젤라틴 분말(Chungeun F&B Co., Ltd., Goyang, Korea), 복분자 추출액(Haedameun berry, Buan, Korea), 백설탕은 제조 회사 혹은 마트에서 구입하여 사용하였다. 항산화활성 및 생리활성을 측정하기 위하여 Folin-Ciocalteu's reagent, gallic acid, quercetin, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS), ascorbic acid, alcohol dehydrogenase (ADH), aldehyde dehydrogenase (ALDH), β -nicotinamide adenine dinucleotide hydrate (β -NAD) 및 β -secretase (BACE1) assay kit 등은 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 그 밖의 모든 시약은 분석용 특급 시약을 구입하여 사용하였다.

발효다시마 첨가 복분자 젤리의 제조

유산균 발효다시마 분말을 첨가한 젤리의 재료와 배합 비율은 예비실험을 통해 검토하여 재료 및 배합 비율을 정하였고, 유산균 발효다시마 분말의 첨가 비율에 따라 복분자 추출액의 양을 달리하였으며 물, 젤라틴, 설탕은 일정한 양으로 사용하였다. 유산균 발효다시마를 첨가한 젤리의 배합 비율은 Table 1과 같다. 제조방법은 100 g 기준으로 복분자 추출액과 물을 섞은 혼합액 중 약 1/3의 양인 27 mL에 젤라틴 5.5 g을 넣고 10분간 불려 둔다. 냄비에 잔여 복분자 혼합액 약 2/3를 넣고, 설탕과 유산균 발효다시마 분말을 넣은 후 약불에서 약 2분간 저어주면서 녹여준다. 혼합액이 끓기 전에 불을 끈 후 따로 불린 젤라틴 용액을 첨

가하여 잘 혼합한 다음 실리콘 틀에 골고루 채우고 4°C에서 약 2시간 보관하여 굳힌 후 실험에 사용하였다.

수분, pH 및 당도 측정

발효다시마 첨가 복분자 젤리의 수분 함량은 시료 1 g을 취한 후 수분 분석기(MB27; Ohaus, Parsippany, NJ, USA)를 사용하여 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. pH 및 당도 측정은 각 시료 10 g과 증류수 40 mL를 믹서기(Magic MCH-308; Tongyang/Magic, Seoul, Korea)에 넣고 5분간 균질화하여 상온에서 10분간 정치한 후, 그 용액을 원심분리(1,800 g, 15 분)하여 상층액을 취하여 pH 및 당도를 측정하였다. 각 시료의 pH는 pH meter (SevenCompactTMpH/Ionmeter S220; Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)를 사용하여 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 각 시료의 당도는 당도계(HSR-500; Atago Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 시료를 당도계 렌즈에 넓게 펼쳐 채운 후 3회 반복 측정하여 °Brix %로 표시하였다.

조직감 측정

발효다시마 첨가 복분자 젤리의 조직감 측정은 시료를 일정한 크기(20×20×20 mm)로 자른 다음 texture analyzer (LS1; Lloyd Instruments Ltd., Bognor Regis, England)를 이용하여 plunger diameter 10.0 mm, pretest speed 5.0 mm/s, test speed 5.0 mm/s, posttest 5.0 mm/s, distance 10.0 mm, contact force 5.0 g의 조건으로 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 부착성(adhesiveness), 검성(gumminess)을 20회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 측정

발효다시마 첨가 복분자 젤리의 추출물 제조는 시료 50 g에 50% 에탄올 450 mL를 가하여 50°C에서 24시간 동안 shaking

Table 1. Recipe of jelly added with different concentration of fermented sea tangle *Saccharina japonica*

| Ingredients | (Unit, g) | | | | |
|------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| | FJ0 ¹ | FJ0.5 | FJ1 | FJ2 | FJ3 |
| FSP ² | 0.0 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 3.0 |
| Bokbunja extract | 50.0 | 49.5 | 49.0 | 48.0 | 47.0 |
| Sugar | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |
| Gelatin | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 |
| Water | 24.5 | 24.5 | 24.5 | 24.5 | 24.5 |
| Total | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

¹FJ0, Jelly added with 0% of fermented *S. japonica* powder; FJ0.5, Jelly added with 0.5% of fermented *S. japonica* powder; FJ1, Jelly added with 1% of fermented *S. japonica* powder; FJ2, Jelly added with 2% of fermented *S. japonica* powder; FJ3, Jelly added with 3% of fermented *S. japonica* powder; ²FSP, Fermented *S. japonica* powder.

incubator (120 rpm)에서 추출한 다음 원심분리(1,800 g, 15분)한 후 상층액을 회수하였다. 이 상층액을 감압 농축기(55°C)에서 에탄올을 제거하고 50 mL로 농축하여 젤리의 추출물 시료로 사용하였다. 총 폴리페놀 함량 측정은 Folin-Denis법을 약간 변형한 Shetty et al. (1995)의 방법에 준하여 수행하였다. 각 시료(1 mL)에 95% 에탄올 용액 1 mL와 증류수 5 mL를 넣어 혼합한 후 50% Folin-Ciocalteu reagent 0.5 mL를 넣고 5분간 반응시켰다. 여기에 5% Na₂CO₃ 용액 1 mL를 가한 후 실온·암소에서 1시간 동안 반응시킨 후 분광광도계(Optizen Pop; KLAB, Seoul, Korea)를 이용하여 파장 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준검량곡선은 gallic acid를 표준물질로 사용하여 시료의 총 폴리페놀 함량을 산출하였고 gallic acid equivalents (mg GAE/g extract)로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량은 Moreno et al. (2000)의 방법을 약간 변형하여 아래와 같이 측정하였다. 각 시료 용액(0.5 mL)에 1.5 mL, 95% 에탄올을 혼합한 다음 0.1 mL, 10% aluminum nitrate와 0.1 mL, 1 M potassium acetate를 차례로 가하여 혼합한 후 실온에서 3분간 반응시킨 다음 증류수 2.8 mL를 가하여 혼합한 후 실온에서 30분간 반응시킨 후 파장 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin을 표준물질로 사용하여 동일한 방법으로 작성된 표준 곡선으로부터 총 플라보노이드 함량으로 환산하였고, quercetin equivalents (mg QE/g extract)로 나타내었다.

항산화 활성 측정

ABTS 라디칼 소거능은 ABTS⁺ radical decolorization assay (Re et al., 1999) 방법을 이용하여 측정하였다. 7.4 mM의 ABTS와 2.6 mM potassium persulfate를 동량 혼합하여 실온·암소에서 24시간 동안 방치하여 radical을 형성시킨 다음 실험 직전에 ABTS 용액을 734 nm에서 흡광도가 1.000±0.030 (mean±SD)가 되도록 phosphate-buffered saline (pH 7.4)으로 희석하여 사용하였다. 추출물 50 µL (25 mg/mL)에 ABTS 용액 950 µL를 첨가하여 암소에서 10분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하여 계산식, ABTS⁺ 라디칼 소거활성(%)=[(Control₇₃₄-Sample₇₃₄)/Control₇₃₄]×100에 의하여 활성을 산출하였다.

시료의 산화방지 활성을 측정하기 위하여 자유라디칼인 DPPH를 사용한 라디칼 소거활성의 측정은 Lee et al. (2017)의 방법에 따라 측정하였다. 각 시료액(1.5 mL, 25 mg/mL)에 동량의 0.4 mM DPPH radical ethanolic solution (1.5 mL)과 혼합하고, 37°C에서 30분간 반응시킨 후, 파장 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 아래의 계산식, DPPH 라디칼 소거활성(%)=[(Control₅₁₇-Sample₅₁₇)/Control₅₁₇]×100에 의하여 활성을 산출하였다. 이때, 대조구(Control₅₁₇)는 시료용액 대신 증류수를 가하여 측정한 흡광도를 나타내었다.

ADH 활성 측정

발효다시마 첨가 복분자 젤리 추출물의 ADH 활성은 Racker (1950)의 방법을 약간 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 시험구의 반응액은 증류수 0.45 mL, 1 M Tris-HCl buffer (pH 8.8) 0.25 mL, 20 mM NAD⁺ 0.1 mL, ethanol 0.1 mL 및 시료 50 µL (100 mg/mL)를 첨가하여 실온에서 5분간 반응시킨 후 ADH (0.16 U/mL) 50 µL를 가하여, 340 nm에서 10분 동안 30초 간격으로 흡광도를 측정하였다. ADH 활성은 아래의 계산식, ADH activity (%)=[(Sample₃₄₀-Sample blank₃₄₀)/(Control₃₄₀-Control blank₃₄₀)]×100에 의하여 활성을 계산하였다. 이때 대조구(Control₃₄₀)는 시료 대신 증류수를 가하여 측정한 흡광도를 나타내었고, positive control로 사용한 hepos (CHO-A Pharm. Co., Seoul, Korea)는 약국에서 구입하여 처방전에 따라 2배로 희석하여 사용하였다.

ALDH 활성 측정

각 시료의 ALDH 활성은 Bostian and Betts (1978)의 방법을 약간 변형하여 아래와 같이 측정하였다. 시험구의 반응액은 증류수 2.05 mL, 1 M Tris-HCl buffer (pH 8.8) 300 µL, 3 M KCl 100 µL, 시료 150 µL (100 mg/mL), 20 mM NAD⁺ 100 µL, 0.33 M 2-mercaptoethanol 100 µL, 0.1 M acetaldehyde 100 µL를 혼합하여 상온에서 5분간 반응시킨 후 ALDH (0.5 unit/ml) 100 µL를 가하여 340 nm에서 10분 동안 30초 간격으로 흡광도를 측정하였다. ALDH 활성은 아래의 계산식, ALDH activity (%)=[(Sample₃₄₀-Sample blank₃₄₀)/(Control₃₄₀-Control blank₃₄₀)]×100에 의하여 활성을 계산하였다. 이때 대조구(Control₃₄₀)는 시료 대신 증류수를 가하여 측정한 흡광도를 나타내었고, positive control로 사용한 hepos는 2배로 희석하여 사용하였다.

BACE1 저해활성 측정

각 시료의 BACE1 (β-secretase) 효소활성은 fluorescence resonance energy transfer (FRET)-based β-secretase (BACE1) assay kit을 사용하여 측정하였다. 일반적인 저해활성은 black 96-microwell plate에 fluorescent assay buffer (78-X µL, 50 mM sodium acetate, pH 4.5), BACE1 substrate [20 µL, 50 µM 7-Methoxycoumarin-4-acetyl-[Asn670, Leu671]-Amyloid β/A4 Precursor Protein 770 Fragment 667-676-(2,4-dinitrophenyl)Lys-Arg-Arg amide], 시료용액(X µL) 및 BACE1 효소(2 µL, 0.3 unit/µL)를 순서대로 첨가하여 혼합 후 37°C에서 2시간 반응시킨 다음 microplate reader (Infinte F200; Tecan, Männedorf, Switzerland)를 사용하여 Ex 320/Em 405 nm에서 형광강도를 측정하였다. BACE1활성의 저해정도는 다음식, BACE1 inhibitory activity (%)=[1-(SF/CF)]×100과 같이 산출하였다(SF, 시료 존재하의 형광강도; CF, 시료 무첨가구의 형광강도).

관능평가

발효다시마를 첨가한 복분자 젤리의 관능평가는 식품생명공학을 전공하는 남녀 대학생 30명을 대상으로 실험목적 및 평가항목에 대하여 충분히 인지하도록 설명한 다음 기호도 검사를 실시하였다(군산대학교 생명윤리위원회 생명윤리 면제심의 윤리면제 승인번호, 1040117-202106-HR-013-02). 각각의 시료는 실온을 유지시키면서 색과 향이 없는 용기에 일정량을 담아 스푼과 같이 제공하였으며, 한 가지의 시료를 평가하고 난 다음에 반드시 물로 입안을 헹군 뒤 기호도 검사를 실시하도록 하였다. 평가항목은 색(color), 향(aroma), 향미(flavor), 조직감(chewiness), 전반적인 기호도(overall acceptability)이고, 각 항목에 대하여 9점 기호도 척도(hedonic scale)로 평가하였다. 기호도 평가 시 1점은 '매우 싫다'에서 9점 '매우 좋다'까지 점수를 부여하도록 하였다.

통계처리

실험 결과는 SPSS 22.0 package program (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)으로 통계처리하여 3회 측정된 값의 평균±표준편차로 나타내었다. 각 시료 간의 유의성 검정은 분산분석(ANOVA)을 한 후 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 따라 분석하여 시료 간 유의적 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

젤리의 수분 함량, pH 및 당도 변화

유산균 발효다시마(FSP)의 첨가량을 달리하여 제조한 젤리의 수분 함량, pH 및 당도의 분석 결과는 Table 2에 나타냈다. 본 연구에서 제조한 5종 젤리의 수분 함량은 40.16–45.53%의 범위로 측정되었다. FSP를 첨가하지 않은 대조군(FJ0)의 수분 함량은 40.16%로 가장 낮았으나, FSP 첨가군(FJ0.5–FJ3)의 수

분 함량은 40.91–45.53%로 유산균 발효다시마 첨가량의 증가에 따라 수분 함량도 점차적으로 증가하여 FSP 3% 첨가 젤리(FJ3)가 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). 유산균 발효다시마 분말을 첨가한 된장(Seo et al., 2018), 고추장(Ryu et al., 2018), 조미간장(Lee and Song, 2018)의 연구에서 FSP의 첨가 농도에 따른 수분 함량의 유의적 차이는 없다고 보고한 반면, 오디(Kim et al., 2007b) 및 동충하초 분말을 첨가한 젤리(Kim et al., 2007a)에서는 각각의 분말 첨가량 증가에 따라 수분 함량이 증가되었다는 연구 보고도 있다. 또한 녹차가루를 첨가한 양갱의 연구(Choi et al., 2010)에서 녹차가루의 첨가량이 증가할수록 수분함량이 증가한 결과는 녹차분말의 보수력에 기인하는 것으로 보고하였다. 따라서, 복분자 젤리의 유산균 발효다시마 분말 첨가량에 따른 수분 함량의 차이는 부가적으로 첨가한 분말의 종류 및 분말 첨가량에 따른 보수력 증가에 의한 결과라고 생각된다.

본 연구에서 제조한 젤리의 pH 변화를 측정된 결과, FSP 첨가량의 증가에 따라 젤리의 pH가 조금씩 증가하는 경향을 보였다. FSP를 첨가하지 않은 대조군(FJ0)의 pH는 4.42로 가장 낮게 나타났으나, FSP를 0.5–3% 첨가한 젤리(FJ0.5–FJ3)에서는 pH 값이 4.47–4.69로 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). 이러한 결과는 유산균 발효다시마를 첨가한 조미간장(Lee and Song, 2018)에 관한 연구에서 FSP의 첨가량이 증가할수록 pH가 증가한다는 보고와 일치하는 것으로 나타났다. 따라서 젤리의 pH 변화는 FSP의 첨가량 증가에 따른 결과로 판단된다.

유산균 발효다시마를 첨가한 젤리의 당도는 6.00–6.50 °Brix로 측정되었으며, FSP를 첨가하지 않은 대조군(FJ0)과 FSP를 0.5% 및 1% 첨가한 젤리(FJ0.5 및 FJ1)의 당도가 6.00 °Brix로 가장 낮게 나타났으나, FSP를 2% 및 3% 첨가한 젤리(FJ2 및 FJ3)의 당도는 각각 6.20 및 6.50 °Brix로 유의적인 차이를 보였다($P < 0.05$). 이러한 결과는 발효 다시마 첨가량의 증가에 따른 당도의 증가로 생각된다.

젤리의 기계적 조직감

유산균 발효 다시마 분말을 첨가하여 제조한 젤리의 조직감을 texture analyzer로 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다. 경도(hardness)를 분석한 결과, FSP를 첨가하지 않은 대조군(FJ0)은 $283.89 \times 10^2 \text{ g/cm}^2$ 로 가장 높은 것으로 나타났으나 FSP를 0.5–3% 농도로 첨가할수록 경도는 202.71×10^2 에서 $268.89 \times 10^2 \text{ g/cm}^2$ 로 높아지는 경향을 보였다($P < 0.05$). 이는 오디 분말 첨가 젤리(Kim et al., 2007b)와 차전자피 분말 첨가 석류젤리(Kim, 2019)연구에서 각각의 분말을 첨가할수록 경도가 증가하는 것으로 보고되어 본 연구 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 부가적으로 첨가한 분말의 수분 흡수에 기인한 결과로 생각된다.

탄력성(springiness)은 원상태로 회복하려는 성질을 나타내는 것(Kim et al., 2006)으로 FSP를 첨가하지 않은 대조군(FJ0)은

Table 2. Moisture, pH and °Brix of jelly with different concentration of fermented sea tangle *Saccharina japonica*

| Sample ¹ | Moisture (%) | pH | °Brix |
|---------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|
| FJ0 | 40.16±2.26 ^{b,2,3} | 4.42±0.01 ^e | 6.00±0.00 ^c |
| FJ0.5 | 40.91±0.19 ^b | 4.47±0.00 ^d | 6.00±0.00 ^c |
| FJ1 | 42.82±2.38 ^{ab} | 4.54±0.00 ^c | 6.00±0.00 ^c |
| FJ2 | 43.33±2.41 ^{ab} | 4.59±0.00 ^b | 6.20±0.00 ^b |
| FJ3 | 45.53±0.90 ^a | 4.69±0.00 ^a | 6.50±0.00 ^a |

¹FJ0, Jelly added with 0% of fermented *S. japonica* powder; FJ0.5, Jelly added with 0.5% of fermented *S. japonica* powder; FJ1, Jelly added with 1% of fermented *S. japonica* powder; FJ2, Jelly added with 2% of fermented *S. japonica* powder; FJ3, Jelly added with 3% of fermented *S. japonica* powder. ²Values are mean±SD (n=3). ³Means with different letters in a column are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

0.75이고, FSP를 0.5–3%로 증가시킨 첨가군의 탄력성은 0.72–0.80로 FSP 첨가량에 따라 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 이러한 결과는 복숭아 분말 첨가 젤리에서 복숭아 분말 첨가량이 많을수록 증가한다는 결과와 유사하였다(Lee, 2016). 검성(gumminess)은 반고체의 시료를 삼키기 가능한 상태로 만드는 성질로(Kim et al., 2006) 대조군(FJ0)은 $2,254.36 \times 10^2$ dyne/cm²이고, FSP를 0.5–3%로 첨가할수록 첨가군의 검성이 증가하여 FSP를 3% 첨가한 젤리(FJ3)가 $2,579.59 \times 10^2$ dyne/cm²로 가장 높게 나타났다($P<0.05$). 씹힘성(chewiness)은 고체의 시료를 삼키기 가능한 상태를 수치로 나타낸 것(Kim et al., 2006)으로 대조군(FJ0)은 165.17×10^2 g이고, FSP 0.5–3% 첨가군의 씹힘성은 111.72 – 195.40×10^2 g로 발효다시마 첨가량이 증가할수록 씹힘성이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($P<0.05$). 응집성(cohesiveness)은 내부적 결합에 관여하는 힘을 나타낸 것(Kim et al., 2006)으로 FSP를 첨가하지 않은 대조군(FJ0)은 0.77이었으나 FSP를 0.5–3%로 첨가할수록 응집성이 증가하여 FSP 3% 첨가한 젤리(FJ3)가 0.92로 가장 높은 값을 보였다($P<0.05$). 이러한 조직감 결과는 오디 분말 첨가 젤리(Kim et al., 2007b) 및 차전자피 분말 첨가 젤리(Kim, 2019)의 조직감 연구 결과와 유사하게 각 분말 첨가량의 증가에 따라 경

도, 검성, 씹힘성 및 응집성이 높아지는 것으로 확인되었다. 따라서 젤리의 부재료인 유산균 발효다시마 분말을 첨가하였을 때 젤리의 경도, 탄력성, 검성, 씹힘성 및 응집성에 많은 영향을 주는 것으로 생각된다.

젤리의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

유산균 발효다시마 분말을 첨가하여 제조한 젤리의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 각 젤리의 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과, FSP를 첨가하지 않은 대조군(FJ0)이 1.31 mg GAE/g으로 가장 높았지만 FSP 0.5% 첨가군(FJ0.5)과 유의적인 차이는 없었고, FSP를 1–3% 첨가한 첨가군(FJ1–FJ3)은 1.22–1.24 mg GAE/g으로 FSP의 첨가량에 따른 총 폴리페놀 함량의 변화는 크지 않은 것으로 확인되었다. Seo et al. (2018)의 FSP를 첨가한 된장에 관한 연구에서 FSP의 첨가량에 따른 총 폴리페놀 함량의 변화는 크지 않다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하는 것으로 확인되었다. 한편, 각 젤리의 총 플라보노이드 함량을 측정된 결과, 대조군(FJ0)은 0.19 mg QE/g이었으나 FSP를 0.5–3% 첨가하여 제조한 첨가군(FJ0.5–FJ3)은 0.17–0.22 mg QE/g으로 발효다시마 첨가량의 증가에 따라 총 플라보노이드 함량이 점차 증가하여 FSP 3%

Table 3. Texture of jelly with different concentration of fermented sea tangle *Saccharina japonica*

| Sample ¹ | Hardness (g/cm ²) ($\times 10^2$) | Springiness | Gumminess (dyne/cm ²) ($\times 10^2$) | Chewiness (g) ($\times 10^2$) | Cohesiveness |
|---------------------|---|------------------------------|---|---------------------------------|------------------------------|
| FJ0 | 283.89 \pm 7.49 ^{a,2,3} | 0.75 \pm 0.01 ^c | 2,254.36 \pm 56.37 ^c | 165.17 \pm 5.13 ^b | 0.77 \pm 0.01 ^c |
| FJ0.5 | 202.71 \pm 4.44 ^e | 0.72 \pm 0.01 ^d | 1,764.46 \pm 49.87 ^d | 111.72 \pm 8.97 ^d | 0.76 \pm 0.01 ^c |
| FJ1 | 226.52 \pm 5.92 ^d | 0.74 \pm 0.01 ^c | 1,817.64 \pm 47.34 ^d | 126.06 \pm 3.25 ^c | 0.78 \pm 0.01 ^c |
| FJ2 | 257.16 \pm 10.94 ^c | 0.78 \pm 0.01 ^b | 2,448.94 \pm 37.22 ^b | 160.40 \pm 3.57 ^b | 0.86 \pm 0.01 ^b |
| FJ3 | 268.89 \pm 3.22 ^b | 0.80 \pm 0.02 ^a | 2,579.59 \pm 83.60 ^a | 195.40 \pm 8.68 ^a | 0.92 \pm 0.01 ^a |

¹FJ0, Jelly added with 0% of fermented *S. japonica* powder; FJ0.5, Jelly added with 0.5% of fermented *S. japonica* powder; FJ1, Jelly added with 1% of fermented *S. japonica* powder; FJ2, Jelly added with 2% of fermented *S. japonica* powder; FJ3, Jelly added with 3% of fermented *S. japonica* powder. ²Values are mean \pm SD (n=20). ³Means with different letters in a column are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 4. Antioxidant activities of jelly with different concentration of fermented sea tangle *Saccharina japonica*

| Sample ¹ | Total polyphenolic contents (mg GAE/g) | Total flavonoid contents (mg QE/g) | ABTS radical scavenging activity (%) | DPPH radical scavenging activity (%) |
|----------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| FJ0 | 1.31 \pm 0.03 ^{a,2,3} | 0.19 \pm 0.01 ^b | 79.66 \pm 1.42 ^{a,2,3} | 38.39 \pm 0.77 ^a |
| FJ0.5 | 1.30 \pm 0.03 ^a | 0.17 \pm 0.01 ^c | 79.68 \pm 0.69 ^a | 36.37 \pm 0.79 ^b |
| FJ1 | 1.22 \pm 0.02 ^b | 0.18 \pm 0.00 ^{bc} | 80.63 \pm 2.06 ^a | 35.51 \pm 1.04 ^b |
| FJ2 | 1.23 \pm 0.01 ^b | 0.19 \pm 0.01 ^b | 74.42 \pm 1.99 ^b | 32.70 \pm 0.79 ^c |
| FJ3 | 1.24 \pm 0.01 ^b | 0.22 \pm 0.01 ^a | 73.16 \pm 1.14 ^b | 30.87 \pm 1.09 ^d |
| Ascorbic acid ⁴ | ND | ND | 77.68 \pm 0.37 | 70.04 \pm 1.52 |

¹FJ0, Jelly added with 0% of fermented *S. japonica* powder; FJ0.5, Jelly added with 0.5% of fermented *S. japonica* powder; FJ1, Jelly added with 1% of fermented *S. japonica* powder; FJ2, Jelly added with 2% of fermented *S. japonica* powder; FJ3, Jelly added with 3% of fermented *S. japonica* powder. ²Values are mean \pm SD (n=3). ³Means with different letters in a column are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test. ⁴Ascorbic acid (final concentration, 5 μ g/mL) was used as a positive control. ABTS, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt; DPPH, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; ND, not determined.

첨가군(FJ3)이 가장 높게 나타났다($P<0.05$). Seo et al. (2018)은 FSP 첨가 된장이 미 첨가 된장보다 높은 플라보노이드 함량을 가진다고 보고하였으나, Lee and Song (2018)은 조미 간장의 플라보노이드 함량은 발효 다시마 농도에 따른 유의적인 차이가 없다고 보고하였다. 따라서 FSP 첨가와 항산화 물질 함량의 상관관계가 크지 않은 것은 발효다시마의 성분 중 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 낮을 뿐만 아니라 발효다시마 분말의 첨가에 따른 복분자 추출물의 감소에 의한 결과로 생각된다.

젤리의 항산화 활성

유산균 발효다시마 분말을 첨가하여 제조한 젤리의 ABTS 및 DPPH radical 소거활성을 측정 결과는 Table 4에 나타내었다. FSP를 첨가한 젤리의 ABTS 라디칼 소거활성은 FSP를 첨가하지 않은 대조군(FJ0)이 79.66%이었으나, FSP를 0.5–3% 첨가한 첨가군(FJ0.5–FJ3)의 경우 79.68–73.16%로 나타났다. 젤리의 FSP 첨가량이 0–1%까지는 ABTS 라디칼 소거활성의 변화가 보이지 않았으나 FSP를 2% 이상 첨가한 젤리(FJ2와 FJ3)에서는 대조군에 비하여 6–7% 활성이 유의적으로 감소하는 것으로 확인되었다($P<0.05$). 이러한 유산균 발효다시마를 첨가한 젤리의 ABTS 라디칼 소거활성의 변화는 FSP의 첨가량 증가에 따라 복분자 추출물의 첨가량이 감소한 결과로 사료된다. 즉 복분자 유래의 항산화 물질의 감소로 ABTS 라디칼 소거활성이 감소한 것으로 생각된다. 유산균 발효다시마를 첨가한 조미간장(Lee and Song, 2018)에 관한 연구에서는 대조군과 FSP 첨가 조미간장의 ABTS 라디칼 소거활성이 유의적 차이는 보이지 않는다고 보고하여 본 연구의 일부 결과와 유사한 것으로 나타났으나, 유산균 발효다시마를 첨가한 된장(Seo et al., 2018) 및 고추장(Ryu et al., 2018)의 연구에서는 FSP 첨가에 따라 ABTS 라디칼 소거활성이 유의적으로 높아졌다고 보고하여 본 연구와 상반되는 결과를 보였다. 이러한 결과의 차이는 FSP의 첨가량, 부재료의 종류 및 제조 방법 등의 차이에 따른 것으로 생각된다.

FSP를 첨가한 젤리의 DPPH 라디칼 소거활성을 측정한 결과 FSP를 첨가하지 않은 대조군(FJ0)은 38.39%이고, FSP를 0.5–3% 첨가한 첨가군(FJ0.5–FJ3)의 경우 36.37–30.87%로 확인되었다. 젤리의 DPPH 라디칼 소거활성은 FSP 첨가량의 증가에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. Choi et al. (2005)은 총 폴리페놀 함량이 높을수록 라디칼 소거능도 증가한다는 폴리페놀과 항산화성에 관한 상관관계를 보고하였다. 따라서 본 연구에서 제조한 각 젤리의 총 폴리페놀 함량 결과에서 FSP 첨가 농도에 따른 변화가 크지 않다는 결과가 DPPH 라디칼 소거활성에 영향을 준 것으로 사료되며, 이러한 결과는 각 젤리의 FSP 함량 증가에 따른 복분자 추출액의 감소에 의하여 DPPH 라디칼 소거활성이 감소한 것으로 생각된다.

젤리의 알코올 분해능

본 연구에서 제조한 각 젤리의 알코올 분해능을 확인하기 위

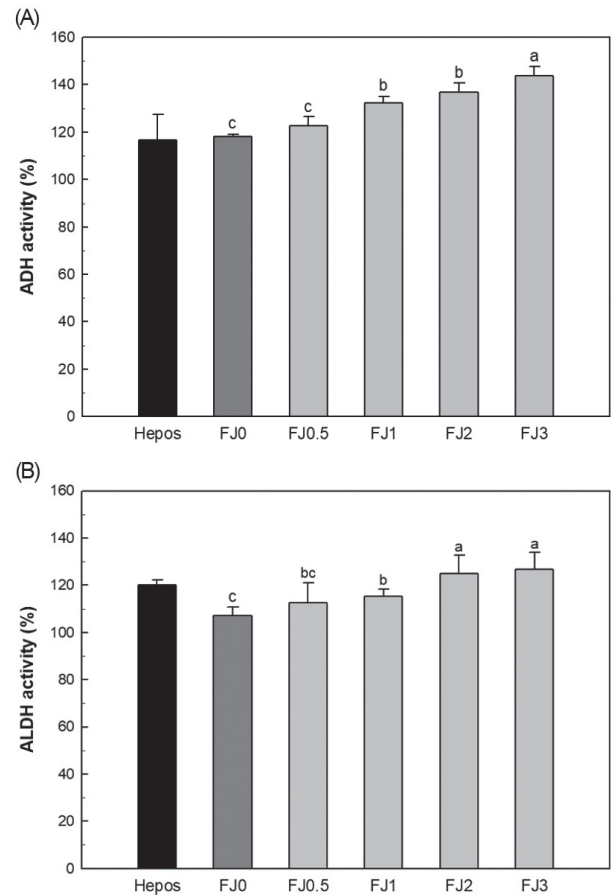


Fig. 1. Effects of jelly with different concentration of fermented sea tangle *Saccharina japonica* on the alcohol dehydrogenase activity (A) and acetaldehyde dehydrogenase activity (B). FJ0, Jelly added with 0% of fermented *S. japonica* powder; FJ0.5, Jelly added with 0.5% of fermented *S. japonica* powder; FJ1, Jelly added with 1% of fermented *S. japonica* powder; FJ2, Jelly added with 2% of fermented *S. japonica* powder; FJ3, Jelly added with 3% of fermented *S. japonica* powder. These results were determined at a final concentration of 5 mg/mL of the extracts. Hepos (2-fold diluted) was used as a positive control. ADH, alcohol dehydrogenase; ALDH, aldehyde dehydrogenase. Values are mean±SD (n=3). Means with different letters in a column are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

하여 ADH 및 ALDH 활성을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 체내에 유입된 알코올은 대부분 간세포의 ADH 효소에 의해 acetaldehyde로 분해된 다음 ALDH 효소에 의해 산화분해 되는 과정을 거친다(Peters, 1982). 숙취 증상은 acetaldehyde의 독성 작용에 의한 것으로 숙취 해소는 ALDH 활성의 촉진 여부에 좌우된다. 유산균 발효 다시마를 첨가한 젤리의 ADH 활성은 FSP를 첨가하지 않은 대조군(FJ0)이 118%로 나타났으나, FSP를 0.5% 첨가한 첨가군(FJ0.5)은 123%, FSP를 1% 첨가한 FJ1은

132%, FSP를 2% 첨가한 FJ2은 137%, FSP를 3% 첨가한 FJ3은 144%로 가장 높게 나타났으며($P<0.05$), 발효다시마 첨가량의 증가에 따라 ADH 활성이 FSP의 농도 의존적으로 증가하였다. 이와 같은 발효다시마의 첨가량에 따른 ADH의 활성증가는 발효다시마(FSP)에는 ADH 활성을 증가시키는 효소활성 촉매 물질이 함유되어 있어 알코올의 분해에 기여하는 것으로 생각된다. Kang et al. (2010)의 다시마 발효물의 알코올 분해 활성에 관한 연구에서 각 농도 별 다시마 발효물의 ADH 활성을 측정된 결과, 발효물이 농도 의존적으로 ADH 활성이 증가한다고 보고하여 본 연구에서 실시한 유산균 발효다시마 첨가 젤리의 ADH 활성과 유사한 경향을 보였다.

발효다시마를 첨가한 젤리의 ALDH 활성은 FSP를 첨가하지 않은 대조군(FJ0)이 107%로 가장 낮은 활성을 보였으나, FSP를 0.5–3% 첨가한 첨가군은 FSP의 첨가량 증가에 따라 ALDH 활성이 112–127%로 농도 의존적으로 증가하는 경향을 보였다($P<0.05$). 특히 FSP를 2% 및 3% 첨가한 젤리(FJ2 및 FJ3)의 ALDH 활성은 각각 125% 및 127%로 positive control인 hepos의 ALDH 활성 보다 높은 활성을 보였다. 이러한 결과는 Kang et al. (2010)의 다시마 발효물의 ALDH 활성에 관한 연구와 Kim et al. (2012)의 감태 효소분해산물의 ALDH 활성에 관한 연구와 유사하게 농도 의존적으로 ALDH 활성이 증가하는 경향과 일치하였다. 따라서 이러한 결과를 종합해 보면 유산균 발효다시마의 첨가로 젤리의 ADH 및 ALDH 활성이 증가하여 높은 알코올 분해능을 나타낸 것이라 생각되며, 이를 첨가한 젤리는 숙취 해소 제품으로 개발하면 상품화 가능성이 높을 것으로 판단된다.

젤리의 BACE1 저해 활성

치매는 신경세포의 노화에 의한 퇴행성 뇌질환으로 뇌혈관성 치매와 알츠하이머병으로 분류한다. 뇌혈관성 치매는 그 원인이 명확히 구명되어 있어 진단 및 치료가 용이하지만, 알츠하이머병의 발병 원인 중 대표적인 것은 이상단백질 축적설로 β -amyloid ($A\beta$)라는 펩타이드가 과도하게 만들어져 뇌 세포에 축적되어, 뇌의 신경세포 기능이 떨어져서 알츠하이머병이 발생한다고 추정하고 있다(Kim et al., 2002). 이 질병의 $A\beta$ 는 amyloid precursor protein의 베타와 감마 부위가 각각 β -secretase와 γ -secretase라는 효소에 의해 절단되어 생성된다. 따라서 $A\beta$ 를 생성하는 β -secretase (BACE1) 또는 γ -secretase의 저해제는 알츠하이머병의 치료제 개발의 표적이 되어왔다(Park et al., 2014). 본 연구에서는 유산균 발효다시마를 첨가한 젤리의 알츠하이머병의 예방 및 억제활성을 검토하기 위하여 각 젤리의 BACE1 저해활성을 측정된 결과를 Fig. 2에 나타내었다. FSP를 첨가하지 않은 대조군(FJ0)의 BACE1의 저해 활성은 41.42%, FSP를 0.5% 첨가한 젤리(FJ0.5)는 43.41%, FSP를 1% 첨가한 젤리(FJ1)는 44.75%, FSP를 2% 첨가한 젤리(FJ2)는 50.58%, FSP를 3% 첨가한 젤리(FJ3)는 64.32%로

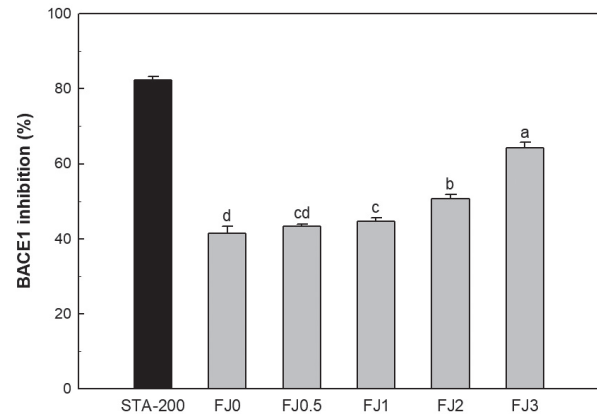


Fig. 2. BACE1 inhibitory activities of jelly with different concentration of fermented sea tangle *Saccharina japonica*. FJ0, Jelly added with 0% of fermented *S. japonica* powder; FJ0.5, Jelly added with 0.5% of fermented *S. japonica* powder; FJ1, Jelly added with 1% of fermented *S. japonica* powder; FJ2, Jelly added with 2% of fermented *S. japonica* powder; FJ3, Jelly added with 3% of fermented *S. japonica* powder. The BACE1 (β -secretase) activity was determined at a final concentration of 50 mg/mL of the extracts. STA-200 (H-Lys-Thr-Glu-Glu-Ile-Ser-Glu-Val-Asn-Sta-Val-Ala-Glu-Phe-OH, final concentration at 200 μ M) was used as a positive control. Values are mean \pm SD (n=3). Means with different letters in a column are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

확인되어, 각 젤리의 BACE1 저해활성은 FSP 첨가 농도의 증가에 따라 유의적으로 저해활성이 증가하였다($P<0.05$). 한편, Ryu et al. (2016)은 기억력 및 인지기능 관련 효소 저해활성을 평가하기 위해 유산균 발효 다시마 추출물 농도에 따라 알츠하이머성 치매와 관련 있는 AChE 저해활성을 평가한 결과, FSP 농도 의존적으로 억제활성이 증가한다고 보고하여 본 연구에서 실시한 BACE1의 저해활성과 유사한 경향을 보였다. 따라서 이러한 결과를 종합해 보면 유산균 발효다시마는 알츠하이머성 치매 예방 및 인지기능 개선에 효과가 있는 것으로 판단된다.

젤리의 기호도

유산균 발효다시마 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 복분자 젤리의 관능적 기호도 검사 결과는 Table 5에 나타내었다. 젤리의 외관을 평가하는 색(color)에 대한 기호도 검사 결과, FSP를 첨가하지 않은 대조군(FJ0)과 모든 FSP 첨가군(FJ0.5–FJ3)의 기호도가 유사한 값으로 나타났다. 이러한 결과는 첨가되는 복분자의 검붉은 색소에 의한 영향으로 젤리 제조 시 첨가되는 약간의 복분자 추출물의 증가에는 영향을 받지 않는 것으로 생각된다. 젤리의 향(aroma), 맛(flavor) 및 씹힘성(chewiness)은 대조군(FJ0)이 각각 6.45 ± 1.62 , 7.07 ± 1.60 , 6.69 ± 1.83 로 가장 높았으나, 발효다시마 첨가군 중에서는 1% FSP 첨가군(FJ1)

Table 5. Sensory preference of jelly with different concentration of fermented sea tangle *Saccharina japonica*

| Sample ¹ | Color | Aroma | Flavor | Chewiness | Overall acceptability |
|---------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| FJ0 | 6.31±2.00 ^{a,2,3} | 6.45±1.62 ^a | 7.07±1.60 ^a | 6.69±1.83 ^a | 6.93±1.31 ^a |
| FJ0.5 | 6.41±1.94 ^a | 5.10±1.82 ^b | 4.93±1.73 ^{bc} | 6.21±1.88 ^a | 5.34±1.78 ^b |
| FJ1 | 6.38±1.97 ^a | 5.48±1.48 ^b | 5.00±2.10 ^b | 6.38±1.88 ^a | 5.34±1.93 ^b |
| FJ2 | 6.03±2.11 ^a | 4.79±2.16 ^b | 4.62±1.92 ^{bc} | 6.03±2.21 ^a | 4.93±2.17 ^b |
| FJ3 | 5.97±2.24 ^a | 5.03±2.08 ^b | 3.97±1.70 ^c | 6.00±2.35 ^a | 4.45±1.92 ^b |

¹FJ0, Jelly added with 0% of fermented *S. japonica* powder; FJ0.5, Jelly added with 0.5% of fermented *S. japonica* powder; FJ1, Jelly added with 1% of fermented *S. japonica* powder; FJ2, Jelly added with 2% of fermented *S. japonica* powder; FJ3, Jelly added with 3% of fermented *S. japonica* powder. ²Values are mean±SD (n=50). ³Means with different letters in a column are significantly different at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

이 5.48±1.48, 5.00±2.10, 6.38±1.88로 가장 높은 것으로 나타났다. 젤리의 향과 맛의 관능평가에서는 대조군(FJ0)과 첨가군(FJ0.5-FJ3) 간에 유의적인 차이가 나타났으나(P<0.05), 씹힘성에서는 대조군과 첨가군 간의 유의적인 차이는 없는 것으로 확인되었다. 이러한 현상은 젤리에 소량의 발효다시마를 첨가했을 때 복분자 향미의 영향 보다 유산균 발효다시마 특유의 향미에 의한 영향이 커서 젤리의 향과 맛의 변화에 원인이 되는 것으로 생각된다. 전반적인 기호도(overall acceptability)에서도 발효다시마를 첨가하지 않은 대조군(FJ0)이 6.93±1.31으로 5종의 젤리 중에서 가장 높은 값을 보였다. 한편, 발효다시마 첨가군(FJ0.5-FJ3)에서는 FSP의 첨가량 증가에 따라 전반적인 기호도가 점차적으로 낮아지는 경향을 보여 FJ0.5=FJ1>FJ2>FJ3의 순서로 전반적인 기호도가 감소하는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 FSP의 독특한 향미에 의해 전반적인 기호도가 감소한 것으로 판단된다. 따라서 유산균 발효다시마의 첨가량을 적절히 조절하고 다시마 특유의 향미를 다소 완화시킬 수 있는 과채류 혹은 향신료를 첨가하면 소비자의 기호에 맞는 향산화 물질과 생리기능성 물질이 다량 함유된 기능성 젤리 개발에 도움이 될 것이라 기대된다.

사 사

이 논문은 한국연구재단(NRF-2021R1I1A3043692; NRF-2017R1D1A3B03029803)의 지원을 받아 수행된 연구사업입니다.

References

Bostian KA and Betts GF. 1978. Rapid purification and properties of potassium-activated aldehyde dehydrogenase from *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochem J* 173, 773-786. <https://doi.org/10.1042/bj1730773>.

Cho YJ and Bang MA. 2004. Hypoglycemic and antioxidative effects of dietary sea-tangle extracts supplementation in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 37, 5-14.

Choi EJ, Kim SI and Kim SH. 2010. Quality characteristics of

Yanggaeng by the addition of green tea powder. *J East Asian Soc Diet Life* 20, 415-422.

Choi JH, Rhim CH, Kim JY, Yang JS, Choi JS and Byun DS. 1986. Basic studies on the development of diet for the treatment of obesity I. The inhibitory effect of alginic acid as a dietary fiber on obesity. *Korean J Fish Aquatic Sic* 19, 303-311.

Choi SI, Han X, Men X, Lee SJ, Kim YD, La IJ, Seong GS and Lee OH. 2022. Enhancement of immune activities of fermented *Morinda citrifolia* L. (Noni) and six marker compounds. *J Food Hyg Saf* 37, 29-37. <https://doi.org/10.13103/jfhs.2022.37.1.29>.

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

Colliec S, Fischer AM, Tapon-Brethaudiere J, Boisson C, Durand P and Jozefonvicz J. 1991. Anticoagulant properties of a fucoidan fraction. *Thromb Res* 64, 143-154. [https://doi.org/10.1016/0049-3848\(91\)90114-C](https://doi.org/10.1016/0049-3848(91)90114-C).

Eom SH, Lee BJ and Kim YM. 2010. Effect of yeast fermentation on the antioxidant and anti-inflammatory activity of sea tangle water extract. *Korean J Fish Aquat Sci* 43, 117-124. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2010.43.2.117>.

Hwang JY, Jang JS, Ryu DG, Kim KT, Huh MK and Eom SH. 2019. Quality characteristics of the *myungran-jeot* with *Saccharina japonica* water extract fermented by lactic acid bacteria. *Korean J Fish Aquat Sci* 52, 193-198. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0193>.

Kang YM, Lee BJ and Kim JS. 2010. Alcohol metabolizing activity of fermented sea tangle juice. *Korean J Fish Aquat Sci* 43, 1-5. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2010.43.1.001>.

Kim AJ, Yuh CS and Bang IS. 2007a. A qualitative investigation of Dongchunghacho jelly with assorted increments of *Pae-cilomyces japonica* powder. *Korean J Food Nutr* 20, 40-46.

Kim AJ, Yuh CS, Bang IS, Park HY and Lee GS. 2007b. An investigation the preparation and physicochemical properties of Oddi jelly using mulberry fruit powder. *Korean J Food Nutr* 20, 27-33.

- Kim HN. 2019. Quality characteristics of pomegranate jelly prepared with *Psyllium Husk* powder. M.S. Thesis, Sejong University, Seoul, Korea.
- Kim HY, Cho EK, Kang SH, Bae JM and Choi YJ. 2012. α -Glucosidase, tyrosinase, and elastase inhibitory effects of enzymatic extracts from *Ecklonia cava* and its alcohol metabolizing activity. *J Life Sci* 22, 751-759. <https://doi.org/10.5352/JLS.2012.22.6.751>.
- Kim HY, Kim MR and Ko BK. 2006. Evaluation of Food Quality. 2nd ed. Hyoil Press, Seoul, Korea, 63-68.
- Kim SH, Park HY and Park WK. 1988. Determination and physical properties of dietary fiber in seaweed products. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 17, 320-325.
- Kim YT, Downs D, Wu S, Dashti A, Pan Y, Zhai P, Wang X, Zhang XC and Lin X. 2002. Enzymic properties of recombinant BACE2. *Eur J Biochem* 269, 5668-5677. <https://doi.org/10.1046/j.1432-1033.2002.03277.x>.
- Lee BJ, Kim JS, Kang YM, Lim JH, Kim YM, Lee MS, Jeong MH, Ahn CB and Je JY. 2010. Antioxidant activity and γ -aminobutyric acid (GABA) content in sea tangle fermented by *Lactobacillus brevis* BJ20 isolated from traditional fermented foods. *Food Chem* 122, 271-276. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.071>.
- Lee IS and Song HS. 2018. Characteristics of seasoning soy sauce with added *Saccharina japonica* powder fermented by lactic acid bacteria. *Korean J Fish Aquat Sci* 51, 613-622. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0613>.
- Lee JA. 2016. Quality characteristics of jelly added with peach (*Prunus persica* L. Batsch) powder. *Culi Sci Hos Res* 22, 108-120. <https://doi.org/10.20878/cshr.2016.22.3.010>.
- Lee YJ, Kim WS, Lee BJ, Jeon YJ and Kim YT. 2017. Quality characteristics and antioxidant activities of gruel containing *Saccharina japonica* powder. *Korean J Fish Aquat Sci* 50, 707-713. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0707>.
- Moreno MI, Isla MI, Sampietro AR and Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71, 109-114. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(99\)00189-0](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00189-0).
- OH CK, OH MC, Kim SH, Lim SB and Kim SH. 1998. Antimutagenic and antimicrobial effect of ethanol extracts from sea-mustard and sea-tangle. *Korean J Fish Aquat Sci* 31, 90-94.
- Park SJ, Tai S, Lee YJ, Jeon YJ and Kim YT. 2014. Overexpression and refolding of BACE2. *Korean J Fish Aquat Sci* 47, 370-375. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0370>.
- Peters TJ. 1982. Ethanol metabolism. *Br Med Bull* 38, 17-20. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.bmb.a071726>.
- Racker E. 1950. Crystalline alcohol dehydrogenase from baker's yeast. *J Biol Chem* 184, 313-319.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M and Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Bio Med* 26, 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).
- Ryu DG, Park SK, Jang YM, Song HS, Kim YM and Lee MS. 2018. Changes in food quality characteristics of gochujang by the addition of sea-tangle *Saccharina japonica* powder fermented by lactic acid bacteria. *Korean J Fish Aquat Sci* 51, 213-220. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0213>.
- Ryu JK, Jo YH, Chang SJ and Lee BJ. 2016. Memory-improving effects of fermented sea tangle *Saccharina japonica* in normal mice. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 131-136. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0131>.
- Seo YR, Kim SH and Song HS. 2018. Change in the quality of doenjang with added *Saccharina japonica* powder fermented by lactic acid bacteria. *Korean J Fish Aquat Sci* 51, 477-490. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0477>.
- Shetty K, Curtis OF, Levin RE, Witkowsky R and Ang V. 1995. Prevention of vitrification associated with in vitro shoot culture of oregano. (*Origanum vulgare*) by *Pseudomonas* spp. *J Plant Physiol* 147, 447-451. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)82181-4](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)82181-4).
- Usui T, Asari K and Mizuno T. 1980. Isolation of highly purified "fucoidan" from *Eisenia bicyclis* and its anticoagulant and antitumor activities. *Agric Biol Chem* 44, 1965-1966. <https://doi.org/10.1271/bbb1961.44.1965>.