

오디분말을 첨가한 요구르트의 품질 및 항산화능에 미치는 영향

성정민¹ · 최해연^{2*}

¹한국식품연구원

²공주대학교 식품과학부 외식상품학과

Effect of Mulberry Powder on Antioxidant Activities and Quality Characteristics of Yogurt

Jung Min Sung¹ and Hae Yeon Choi^{2*}

¹Korean Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

²Dept. of Food Service Management and Nutrition, Kongju National University, Chungnam 340-702, Korea

ABSTRACT This study was conducted to investigate the effect of mulberry powder on the antioxidant activities and quality characteristics of yogurt. The samples were fermented with different amounts (0, 0.5, 1, and 3% to the yogurt quantity) of mulberry powder for 24 hr. The total phenol content, anthocyanin content, and DPPH radical scavenging activity of yogurt significantly increased with higher mulberry powder content. The pH decreased with higher mulberry powder content until 16 hr, whereas the treated groups showed higher pH levels than the control group after 20 hr. Acidities of the treated groups were higher than that of the control group upon addition of mulberry powder. Citric acid, succinic acid, and lactic acid contents of the treatment group were higher than that of the control until 16 hr, whereas the free organic acid content of the control group increased after 20 hr. The amount of lactic acid bacteria increased with higher mulberry powder content until 12 hr, whereas that of the treated group tended to decrease compared to the control group after 16 hr. Color values of mulberry yogurt were lower in terms of brightness and yellowness, whereas redness value was higher compared to the control. Mulberry yogurt groups showed higher sensory attributes than the control, except for 3% added yogurt. Consumer acceptability score of yogurt with 1% mulberry powder was ranked higher than those of other yogurts in terms of overall preference, sourness, color, flavor, and sweetness. We suggest that mulberry powder can be used to improve the quality characteristics, functionality, fermentation, and sensory evaluation of yogurt.

Key words: mulberry, antioxidant activity, yogurt, anthocyanin, fermentation

서 론

세계적으로 가장 큰 기호식품 중 하나이자 건강음료로 알려져 있는 요구르트는 원유나 탈지유에 유산균을 넣고 발효시킨 유제품으로, 원료로 사용되는 우유성분을 비롯하여 발효과정에서 생기는 펩톤(peptone), 펩티드(peptide), 젖산, 미량의 활성물질 등이 포함되어 영양학적으로 우유보다 우수한 식품이다(1). 요구르트의 효능으로는 변비와 설사의 개선, 장내 유해 세균 억제, 혈중 콜레스테롤 저하, 면역 증진 작용 및 항암 작용 등의 효과가 보고되고 있으며 다양한 연구들이 진행되고 있다(2-4). 최근 소비자들의 기능성식품에 대한 관심이 증가함에 따라 학계 및 업계에서는 기존의 요구르트가 지니는 기능성 외에 알로에(5), 매실(6), 오미자(7), 클로렐라(8), 유자(9), 흑마늘 농축액(10) 등 천연식품 재료를

를 요구르트에 첨가하여 기능성 및 품질특성에 대한 연구를 하고 있다.

오디(*Morus alba*, mulberry)는 뽕나무과(Moraceae)에 속하는 낙엽·활엽 교목의 열매로 열대와 온대 지방에 주로 분포하는데(11), 우리나라 오디 생산지로는 전남 장성, 전북 부안, 경남 함양, 경북 경주, 예천, 상주 및 김천 등이 있으며, 2008년 약 3,244톤에서 2011년 약 6,752톤으로 약 2배 정도 증가했으며 그 생산량이 점점 증가하고 있는 추세이다(12). 예부터 한방에서 오디는 상심(桑椹)이라 하고 동의보감에는 보약(補藥)이라는 기록을 찾을 수 있을 정도로 그 효능이 좋아서 오디를 술로 담그거나 환(丸)으로 만들어 먹었다(13). 오디열매는 당과 유기산 이외에 안토시아닌(anthocyanin) 색소를 다량 함유하고 있으며 안토시아닌 색소에 대한 연구는 예전부터 꾸준히 이루어진 결과 노화 억제, 시력 개선, 항당뇨(14), 항염증(15) 및 항산화(16) 등의 생리활성이 있다고 보고되고 있으며, 최근에는 항균성과 혈전 용해능(17), 항암 및 항종양(18) 등의 효과도 보고되고

Received 28 January 2014; Accepted 27 March 2014

*Corresponding author.

E-mail: prochoi@kongju.ac.kr, Phone: +82-41-330-1505

있다. 완숙 오디는 식감이 좋고 당도가 높으며 식품 첨가 시 색깔이 우수하기에 기능성식품 및 가공식품으로 활용되고 있다(19).

오디를 이용한 요구르트 관련 연구로는 Kim 등(20)의 오디 첨가가 요구르트의 발효특성과 Suh 등(21)이 발표한 오디 추출물 첨가가 요구르트 스타터 생육에 미치는 영향에 대한 선행연구가 있다. 하지만 생리활성 기능성식품으로써 오디 요구르트의 품질특성에 대한 연구가 부족하다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 천연식품을 통해 건강을 추구하고자 하는 소비자의 기호도를 반영하여 생리활성이 있다고 알려진 오디분말을 첨가한 요구르트를 제조하고 그 품질특성과 항산화 활성을 측정함으로써 맛과 품질이 우수한 기능성 요구르트를 개발하고자 하였다.

재료 및 방법

요구르트 제조

오디는 전북 고창 농협에서 판매하는 제품을 구입하여 동결건조 및 분말화 하여 사용하였다. 발효유의 기질로는 서울우유협동조합의 탈지분유를 사용하였고, 젖산 균주는 *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Bifidobacterium longum* 혼합 균주 제품인 Cell Biotech(Copenhagen, Denmark)를 starter로 배양 없이 사용하였다. 멸균한 10% 탈지분유 기질에 오디분말을 0, 0.5, 1, 3% 농도로 첨가하여 균질화 시킨 후 starter 0.1% 접종하였다. 37°C 항온기에 배양하면서 시간별로 미생물학적, 이화학적 품질을 측정하였다.

총 폴리페놀 및 안토시아닌 함량 측정

오디분말을 첨가한 요구르트의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 방법(22)으로 측정하였다. 요구르트 1 mL와 증류수 9 mL를 혼합한 혼합액 0.1 mL에 2% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 혼합하고 3분 후에 1 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 0.1 mL 첨가하여 실온에서 30분 동안 반응시킨 후 UV/Visible spectrophotometer(V-530, Jasco Co., Tokyo, Japan)로 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. Tannic acid를 표준물질로 하여 작성한 검량선으로 건조시료 g당 총 폴리페놀 함량(mg)을 tannic acid(Sigma-Aldrich)를 기준으로 환산하여 나타냈다.

안토시아닌 함량은 Jang 등(23)의 방법을 변형하여 측정하였다. 요구르트를 용매(ethanol : DW : HCl=13:85:2)로 상온에서 1시간 동안 추출한 여과액을 암소에서 1시간 동안 방치한 후 파장 530 nm에서 흡광도를 측정하였으며 다음과 같은 식으로 총 안토시아닌 함량을 계산하였다.

$$\text{Total anthocyanin (\%)} = A/W \times 100 \times 1/65.1$$

A: absorbance measured at 530 nm, W: weight, 65.1: coefficient of absorption

DPPH 라디칼 소거능 분석

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능은 Blois(24) 방법을 응용하여 측정하였다. 원심분리 한 시료의 상등액 0.2 mL와 0.15 mM DPPH(Sigma-Aldrich) 용액 0.8 mL를 혼합하여 암소(상온)에서 1시간 동안 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 그리고 시료 첨가구와 대조군의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

pH 및 산도 측정

요구르트를 원심분리 한 상등액을 시료로 사용하여 pH meter(AB 15, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, USA)로 산도를 측정하였다. 총산 함량은 원심분리 한 시료의 상등액 10 mL를 취하여 0.1 N 수산화나트륨 용액으로 pH 8.3이 될 때까지 중화 적정하여 환산계수가 0.009인 젖산 함량(%)으로 나타내었다.

유기산 함량 분석

유기산은 요구르트 여과액 2 mL에 증류수 20 mL를 넣고 vortex mixer(VXR B, JANKO & KUNKEL, Rio de Janeiro, Brasil)로 혼합한 후 원심분리기(Centrikon T-324, Kontron Instruments, Milano, Italy)를 이용하여 8,000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 얻은 상등액을 0.45 µm filter로 여과한 후 희석하여 HPLC sample로 사용하였다. 이때 표준물질은 citric acid, malic acid, succinic acid, lactic acid 및 acetic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하였으며, column은 Aminex HPX-87H(Bio-Rad, Hercules, CA, USA)를, solvent는 0.025 mM H₂SO₄를 사용하였다. 분석 조건은 flow rate는 0.6 mL/min, UV 조건은 210 nm, injection volume은 20 µL였다(25).

유당 함량

유당 함량은 Sung 등(26)의 방법을 응용하여 측정하였다. 시료 10 mL에 80% ethanol 40 mL를 가하여 vortex mixer로 2분간 교반하여 추출한 후 상등액을 0.45 µm filter로 여과하여 HPLC에 주입하여 분석하였다. 표준물질은 lactose(Sigma-Aldrich)를 사용하였다. 칼럼은 carbohydrate analysis(3.9×300 mm, 10 µm, Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였고, 이동상은 acetonitrile : water(87:13)를 사용하였으며 RI detector(Jasco Co.)를 사용하여 측정하였다.

젖산균 측정

젖산균은 Cho 등(27)의 방법을 응용하여 측정하였다. 무균 처리한 시료를 10 g을 취한 후 멸균된 0.85% saline 용액으로 10배 희석하여 stomacher(Bagmimer R400, inter-

science, Saint-Nom-la-Bretèche, France)로 균질화 시키고 단계 희석하여 sample로 사용하였다. 시험용액 및 각 단계에 희석액 1 mL씩을 멸균 페트리접시에 무균적으로 취하여 agar를 약 15 mL 분주하여 pouring culture method로 접종한 후 젖산균은 37°C에서 48시간 배양한 다음 colony 수를 측정하여 colony forming unit(CFU/g)으로 표시하였다. 사용한 배지는 MRS agar(Difco, Detroit, MI, USA)이었다.

색도 측정

색도는 색도계(Colorimeter, CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 L^* 값(lightness), a^* 값(+ red/-green), b^* 값(+ yellow/-blue)으로 나타내었다. 사용한 표준 백색판(standard plate)은 $L^*=97.26$, $a^*=-0.07$, $b^*=+1.86$ 으로 보정된 색도계(CR-200, Minolta Co.)를 사용하여 측정하였다. 각 실험은 10회 반복 측정하여 평균값과 표준편차로 나타내었으며 ΔE 값은 아래의 식을 이용하여 산출하였다

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

관능평가

오디분말을 0%, 0.5%, 1%, 3% 첨가한 요구르트의 관능평가를 위하여 종합적 기호도(overall preference), 신맛 기호도(sourness), 색 기호도(color), 향미(flavor), 단맛(sweetness)에 대하여 최저 1점, 최고 9점으로 9단계 기호도 척도법으로 실시하였다. 관능검사원은 다양한 기호도를 평가하기 위하여 한국식품연구원 직원 15명을 대상으로 하였다.

통계처리

관능검사 결과의 유의성 검사를 위하여 SPSS statistics 12.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 하였으며, 관능검사를 제외한 실험 결과의 유의성 검증은 SAS version 8.01(Statistical Analysis System, Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 하였다. 각 처리구

간 유의성은 Duncan's multiple range test 방법을 사용하여 0.05% 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 및 안토시아닌 함량 측정

오디분말 첨가 요구르트의 총 폴리페놀 및 안토시아닌 함량 측정 결과는 Table 1에 제시하였다. 총 폴리페놀 함량을 살펴보면 0, 0.5, 1, 3% 오디분말 첨가 요구르트의 발효 전 총 폴리페놀 함량이 각각 56.29, 60.24, 62.63, 83.35 mg%로 오디분말 첨가량에 따라 총 페놀 함량이 증가하였다($P<0.05$). 또한 발효시간이 경과함에 따라 모든 실험군의 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 점차 감소하였지만 오디분말을 첨가한 요구르트의 총 폴리페놀 감소율은 대조군보다 낮았다. 이는 오디분말에 함유된 총 폴리페놀 화합물의 함량에 의한 영향으로 분석되며, Jung 등(28)이 발표한 미카 열수 추출물 첨가 요구르트 연구에서도 첨가량에 따라 발효 전 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 높았고, 저장기간 동안 총 폴리페놀 함량 감소율에도 영향을 주었다고 보고한 것과 일치하였다.

발효기간 동안 안토시아닌 함량 변화 역시 총 폴리페놀 함량 변화와 유사한 결과를 나타내었다(Table 1). 0, 0.5, 1, 3% 오디 요구르트의 발효 전 안토시아닌 함량은 각각 0.00, 9.60, 17.55, 41.33 mg%로 오디분말 첨가량과 비례하여 유의적인 차이를 보였다($P<0.05$). 대조군의 경우 안토시아닌이 검출되지 않았으며 발효시간이 경과할수록 안토시아닌 함량이 점점 감소하였다. Park 등(29)이 발표한 유통 및 저장 온도에 따른 오디의 품질 변화에 관한 연구에서 오디를 저장(-1.5, 0, 1.5°C)하면서 안토시아닌 함량 변화를 측정하였는데, 높은 온도에서 저장한 오디의 안토시아닌 감소율이 가장 높았다. 이는 저장 중 호흡 작용과 노화과정이 진행되면서 pH 변화 등 색소의 안전성에 영향을 주는 요인들에 따라 안토시아닌이 점차 소실된 것으로 판단하였다. 본 연구 역시 발효온도(37°C)와 시간 경과에 따라 안토시아닌이 점차 소멸된 것으로 사료된다. 그러나 발효 24시

Table 1. Total phenolics and anthocyanin contents of mulberry yogurt during fermentation

	Fermentation Period (hr)	Treatment			
		Control	0.5%	1%	3%
Total phenolics (mg%)	0	56.29±2.67 ^{bA1)2)}	60.24±1.06 ^{bA}	62.63±4.19 ^{bA}	83.35±3.91 ^{aA}
	8	39.92±0.47 ^{bB}	48.58±1.57 ^{bB}	56.72±12.01 ^{abB}	72.31±4.19 ^{aB}
	16	38.37±4.86 ^{bB}	45.95±4.86 ^{bB}	55.15±11.94 ^{bC}	71.61±0.59 ^{aB}
	24	35.68±0.89 ^{dB}	45.47±1.82 ^{CB}	55.23±0.25 ^{bC}	70.51±2.38 ^{aB}
Total anthocyanin (mg%)	0	0.00±0.00 ^c	9.60±0.28 ^{bcA}	17.55±7.99 ^b	41.33±3.64 ^{aA}
	8	0.00±0.00 ^d	3.58±0.18 ^{CB}	18.50±1.41 ^b	39.55±0.99 ^{aB}
	16	0.00±0.00 ^d	3.23±0.95 ^{CB}	13.53±1.87 ^b	36.18±0.39 ^{aC}
	24	0.00±0.00 ^d	2.05±0.14 ^{CB}	14.60±1.48 ^b	33.23±4.28 ^{aD}

¹⁾Mean±standard deviation of triplicate determinations.

²⁾Means with different superscripts in a row (a-d) and a column (A-D) are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

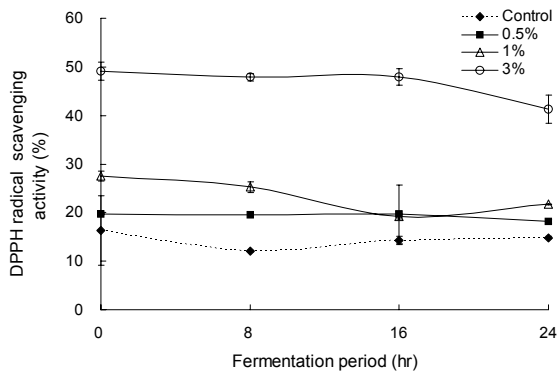


Fig. 1. DPPH (%) of mulberry yogurt during fermentation.

간 경과 후에도 0.5, 1, 3%의 오디 요구르트의 안토시아닌 함량이 각각 2.05, 14.60, 33.23 mg%로 높은 함량을 나타내었는데, 이는 Kim 등(30)의 산머루 와인을 5% 첨가한 요구르트의 안토시아닌 함량인 1.27 mg%보다 높은 값을 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능

오디 요구르트의 DPPH radical 소거능 분석 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 대조군은 16.30%로 가장 낮은 값을 보였고, 0.5% 첨가군은 19.78%, 1% 첨가군은 27.55%, 3% 첨가군의 라디칼 소거능이 49.08%로 가장 높은 값을 나타내었으며 오디의 첨가량이 증가할수록 높은 값을 보였다($P < 0.05$). 오디 첨가 식혜의 품질특성에 관한 연구(31)에서 DPPH radical 소거능 역시 오디 첨가량이 증가할수록 높은 값을 보였다($44.89 \pm 0.59 \sim 66.31 \pm 0.72\%$). 홍삼추출물 첨가 요구르트(32)의 DPPH radical 소거능이 45~84%로 홍삼 첨가 요구르트가 대조군보다 높은 활성을 나타내었다고 보고하였고, 미카 열수 추출물 요구르트(28)의 DPPH radical 소거능 역시 추출물의 첨가량에 따라 항산화 활성이 증가하였다. 따라서 생리활성 물질인 총 폴리페놀과 안토시아닌을 다량 함유한 오디분말 첨가로 인하여 요구르트의 항산화능이 증가되었다고 사료된다.

pH 및 산도

오디분말을 첨가한 요구르트의 기간별 pH와 산도 변화는 Fig. 2에 제시하였다($P < 0.05$). 발효가 시작되기 전 오디 요구르트의 pH는 6.39~6.45의 범위로 근소한 차이를 보였지만 오디 첨가량이 증가할수록 pH 값은 유의적으로 감소했다. 발효 전 pH 값은 오디에 함유된 유기산의 영향으로 생각되며, 오디를 첨가한 식혜 품질특성 연구(31)에서도 오디 첨가량에 따라 pH가 감소하였다는 결과와 유사했다. 발효시간이 경과함에 따라 오디 요구르트의 pH도 유의적으로 감소하였는데 16시간 경과까지는 오디분말을 첨가한 요구르트의 pH 감소율이 대조군의 pH보다 더 높았지만, 20시간 이후 0.5%와 1% 첨가 오디 요구르트는 대조군보다 pH가 높았으며 3% 오디 요구르트는 대조군과 비슷한 수준의 pH를

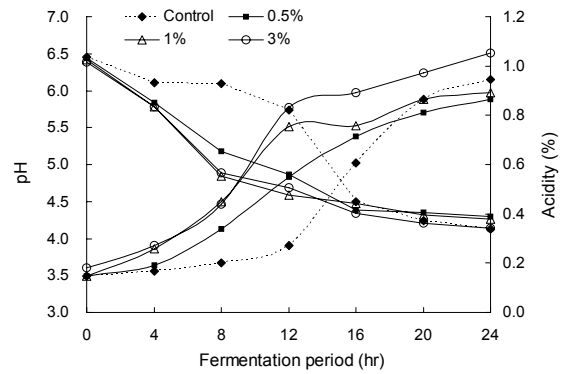


Fig. 2. pH and acidity of mulberry yogurt during fermentation.

나타내었다. 복분자즙을 첨가한 호상요구르트(33) 연구에서는 복분자즙을 1~5% 첨가한 호상요구르트 발효 24시간 경과까지 대조군보다 낮은 pH 값을 나타냈지만, 6~7% 복분자즙 요구르트군은 20시간 경과 후 대조군보다 높은 pH를 나타내기 시작했다고 보고했으며, 이는 젖산균 생육이 복분자 착즙액 첨가량에 따른 높은 산도 상승과 복분자의 성분에 의해 발효가 서서히 진행되기 때문이라 보고하였다.

오디분말을 첨가한 요구르트의 기간별 산도는 모든 발효 기간 동안 첨가량에 따른 유의적인 차이를 보였다($P < 0.05$). 발효 전 산도는 0, 0.5, 1% 오디분말 첨가 요구르트군들이 0.15%로 같은 산도를 나타냈으며, 3% 첨가군은 0.18%로 다른 첨가군들보다 유의적으로 높은 산도 값을 나타내었다. 이는 오디분말에 함유한 유기산의 영향으로 사료되며, 산수유 추출물을 첨가한 요구르트의 품질특성 연구(34)에서도 저장 전 산수유 추출물 첨가량이 증가할수록 산도가 증가하는 경향을 보였다. 발효시간이 지날수록 모든 실험군의 산도가 점차적으로 증가하였는데, 이는 젖산균의 대사 활동이 어느 정도 이루어지고 있어 산량이 증가하는 것으로 생각된다. 전체 발효시간 동안 대조군을 제외한 오디분말 첨가군 요구르트의 산도는 첨가량이 많을수록 높았으며 3% 오디분말 첨가 요구르트가 다른 모든 실험군과 비교하여 계속 가장 높은 값을 유지했다($P < 0.05$). 대부분의 식품소재를 첨가한 요구르트 품질특성 연구에서 산도는 첨가량에 비례하여 실험기간 동안 증가하는 추세를 보였는데, 앞서서도 언급했던 복분자즙을 첨가한 요구르트(33), 흑마늘 농축액을 첨가한 요구르트(10), 산수유 추출물을 첨가한 요구르트(34) 연구 등이 유사한 결과를 나타내었다.

국내에서 시판되고 있는 요구르트의 적정산도는 0.97~1.40%로 발효 24시간의 3% 오디 요구르트 산도(1.05%)가 이 범위 안에 들었으며, 대조군, 0.5%, 1% 오디 요구르트의 산도는 각각 0.95, 0.86 및 0.89%로 시판요구르트 산도 범위에 근접하였다(35).

유기산

오디가 첨가된 요구르트에 존재하는 유기산별 함량을 발효시간 동안 측정된 결과는 Table 2에 제시하였다($P < 0.05$).

Table 2. Free organic acid of mulberry yogurt during fermentation

(unit: mg/g)

		Fermentation period (hr)						
		0	4	8	12	16	20	24
Citric acid	Control	4.81±0.49 ^{de(B1)2)}	4.25±0.06 ^{cC}	4.47±0.06 ^{eD}	6.44±0.72 ^{bBC}	5.84±0.02 ^{bcD}	7.68±0.49 ^{aB}	5.21±0.51 ^{dD}
	0.5%	4.97±0.21 ^{dB}	4.81±0.39 ^{dB}	5.87±0.19 ^{cC}	5.98±0.03 ^{bcC}	6.88±0.17 ^{aC}	6.60±0.70 ^{abC}	6.24±0.40 ^{abcC}
	1%	5.08±0.56 ^{cB}	5.30±0.24 ^{cB}	7.12±0.38 ^{abB}	6.63±0.01 ^{bB}	7.53±0.37 ^{aB}	7.76±0.68 ^{aB}	7.47±0.64 ^{aB}
	3%	6.10±0.02 ^{dA}	6.11±0.28 ^{dA}	9.92±0.43 ^{aA}	9.22±0.19 ^{bA}	9.15±0.26 ^{bA}	9.28±0.20 ^{bA}	8.64±0.07 ^{cA}
Succinic acid	Control	0.00±0.00 ^e	1.61±0.01 ^{aC}	1.54±0.10 ^{aB}	0.99±0.08 ^{bC}	0.66±0.16 ^{cB}	0.69±0.00 ^{cB}	0.51±0.03 ^{dB}
	0.5%	0.00±0.00 ^d	1.90±0.04 ^{abB}	2.11±0.54 ^{aAB}	1.54±0.03 ^{bB}	0.99±0.17 ^{cB}	0.20±0.03 ^{dD}	0.12±0.01 ^{dD}
	1%	0.00±0.00 ^e	1.88±0.16 ^{aB}	1.87±0.13 ^{aB}	1.58±0.12 ^{bB}	0.95±0.25 ^{cB}	0.45±0.12 ^{dC}	0.30±0.04 ^{dC}
	3%	0.00±0.00 ^d	2.11±0.12 ^{cA}	2.77±0.22 ^{aA}	2.11±0.04 ^{cA}	2.26±0.08 ^{bcA}	2.40±0.13 ^{bA}	2.23±0.12 ^{bcA}
Lactic acid	Control	0.72±0.04 ^B	1.57±0.02 ^C	1.90±0.02 ^D	4.31±0.42 ^C	8.22±0.06 ^C	14.33±0.06 ^A	14.39±0.04 ^A
	0.5%	0.80±0.01 ^{AB}	0.20±0.27 ^D	5.72±0.20 ^C	7.14±0.18 ^B	11.35±0.15 ^B	11.52±0.92 ^C	11.32±0.71 ^C
	1%	0.85±0.01 ^{dA}	3.36±0.28 ^{cA}	8.63±0.45 ^{bA}	8.81±0.56 ^{bA}	12.48±0.20 ^{aA}	12.41±0.26 ^{abC}	12.71±0.35 ^{aB}
	3%	0.81±0.03 ^{eAB}	1.96±0.01 ^{dB}	6.90±0.05 ^{eB}	9.07±0.22 ^{dA}	11.41±0.01 ^{cB}	13.28±0.16 ^{bB}	13.87±0.32 ^{aA}
Acetic acid	Control	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.18±0.04 ^c	0.47±0.00 ^{bA}	1.04±0.03 ^{aA}	1.07±0.01 ^{aA}
	0.5%	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c	0.23±0.13 ^{ab}	0.18±0.00 ^{bc}	0.30±0.03 ^{ab}	0.27±0.03 ^{abC}
	1%	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^e	0.17±0.00 ^c	0.14±0.00 ^{dD}	0.19±0.01 ^{bc}	0.20±0.00 ^{dD}
	3%	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^e	0.17±0.00 ^d	0.24±0.03 ^{cB}	0.27±0.00 ^{bB}	0.33±0.02 ^{aB}

¹⁾Mean±standard deviation of triplicate determinations.

²⁾Means with different superscripts in a row (a-g) and a column (A-D) are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

발효가 시작되기 전의 citric acid 함유량은 오디 첨가량에 비하여 높은 값을 나타냈으며, 발효가 진행됨에 따라 citric acid 함유량이 점차적으로 증가하는 경향이 나타났다. Succinic acid는 발효 전에 검출되지 않았으나 발효 4시간에서 8시간 사이에는 증가하다가 이후에는 감소하였다.

모든 실험군에서 분석된 유기산 중에서 lactic acid가 요구르트에서 가장 많은 비중을 차지하여 주요 유기산으로 나타났다. 발효 16시간까지는 대조군 요구르트의 lactic acid 함량이 오디분말 첨가군 요구르트보다 낮았으며, 오디분말 첨가량에 따라 lactic acid 함량도 높았다. 그러나 20시간 경과 후 대조군의 lactic acid 함량이 오디분말을 첨가한 요구르트보다 더 높아지는 추세를 보였다. Kim 등(20)은 오디를 첨가한 요구르트의 발효특성 연구보고에서 생오디를 첨가한 요구르트를 0, 2, 4, 6시간 동안 발효시켜 lactic acid를 측정하였는데, 이 연구에서도 역시 발효시간 6시간까지 생오디 첨가 요구르트의 lactic acid 함량이 대조군보다 높았으며 첨가량에 따라 lactic acid 생성이 점점 높아졌음을 보고하고 오디가 요구르트의 lactic acid 생성에 상당한 영향을 주는 것으로 판단하였다. 본 연구 역시 16시간 발효까지는 유사한 결과가 나타났으므로 오디가 요구르트 발효에 영향을 준다고 결론지었다. 20시간 이후 대조군의 lactic acid 함량이 오디 첨가 요구르트보다 더 높아지는 것은 Fig. 2의 적정산도 변화와 일치했다. 적정산도 역시 발효 16시간까지 오디 첨가량에 영향을 받았으나 20시간 이후에는 대조군의 산도가 더 높아지는 추세를 보였다. 3% 요구르트의 lactic acid 함량이 대조군보다 낮음에도 불구하고 산도가 더 높게 나온 것은 citric acid, succinic acid 등의 함량이 더 높았기 때문으로 사료된다. Chun 등(36)은 자색고구마를 첨가한

요구르트에 관한 연구를 보고하였는데, 자색고구마를 첨가하여 24시간 발효시킨 요구르트의 젖산 함량은 탈지분유만 첨가한 대조군에서 가장 높게 나타났다. Acetic acid는 포도당 발효 시 부산물로 발효 12시간 경과 후부터 검출되기 시작하여 발효가 더 진행됨에 따라 함유량이 증가하였으며 대조군의 acetic acid 함량이 오디분말 첨가군보다 높게 측정되었지만 유의적인 차이는 없었다($P<0.05$).

생균수

오디분말을 첨가한 요구르트의 발효 중 생균수의 변화는 Fig. 3과 같다($P<0.05$). 유산균의 수는 모든 요구르트에서 발효시간이 경과함에 따라 증가하는 추세를 보였으나, 오디분말 첨가량에 따른 유산균 수 변화는 다른 양상을 보였다. 발효 12시간까지는 오디분말 첨가량에 비례하며 유산균의 수가 증가하였으며 대조군의 생균수가 가장 낮은 값(7.39

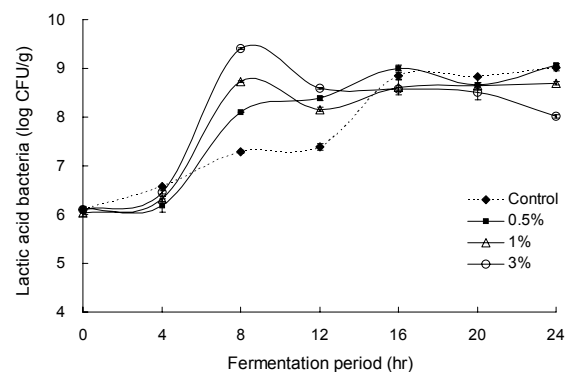


Fig. 3. Lactic acid bacteria of mulberry yogurt during fermentation.

log CFU/g)을 나타내었다. 발효 12시간 이후부터는 오디분말을 첨가한 실험군의 생균수가 감소하였으나 대조군의 생균수는 증가하기 시작하여 대조군의 생균수(8.85 log CFU/g)가 1%와 3%의 오디 요구르트의 생균수(8.61, 8.58 log CFU/g)보다 더 많았으며, 오디분말 첨가량이 가장 많은 실험군의 생균수가 가장 낮았다. 발효 24시간 경과 후에는 3% 오디 요구르트 생균수가 8.02 log CFU/g으로 가장 낮았고, 1% 오디 요구르트 생균수는 8.69 log CFU/g, 대조군과 0.5% 요구르트의 생균수가 각각 9.01, 9.07 log CFU/g으로 높았다. 오디 추출물 첨가가 요구르트 스타터 생육에 미치는 영향(21)에서 탈지분유에 유산균 종류별로 오디 추출물을 0, 1, 5, 10%를 첨가하여 24시간 동안 발효시킨 후 생균수를 측정하였는데 오디 추출물 첨가에 따라 대조군에 비하여 유산균의 생육이 증대되는 효과가 나타났으나, 5%와 10%로 첨가량이 증가될수록 유산균의 생육이 1% 첨가 요구르트보다는 다소 떨어지는 경향을 보여 본 연구와 유사한 결과가 보고되었다. 복분자 요구르트(33)의 경우 전체 발효기간 동안 복분자 착즙액을 첨가한 요구르트가 대조군에 비하여 높은 생균수를 나타내었지만 16시간 경과 후부터는 높은 첨가량의 요구르트일수록 생균수가 점점 감소하는 경향을 보였으며 유기산에 의한 낮은 pH와 높은 산도 때문으로 보고하였다. 유산균은 영양소의 제한된 생합성 능력을 가지기 때문에 비타민, 아미노산, purine 또는 pyridine 등의 복합 영양소를 필요로 한다(37). 따라서 발효기간 초기 오디 첨가 요구르트의 생균수가 대조군보다 높았던 것은 오디에 함유된 무기질, 비타민, 아미노산 등과 같은 물질들에 의하여 유산균 증식이 다소 촉진된 것으로 생각되며(38), 일정시간 경과 후 오디 첨가량이 높을수록 생균수가 증가하지 못했던 것은 유산균 생육 패턴에 영향을 주는 유기산과 낮은 pH 및 높은 산도가 원인인 것으로 사료된다.

유당 함량

오디분말 첨가 요구르트와 대조군의 유당을 분석한 결과는 Fig. 4에 나타내었다($P < 0.05$). 요구르트의 유리당은 주로 유당으로 이루어져 있는데, 발효시간 동안 유당이 포도당과 과당으로 분해되어 그 함량이 감소한다(20). 발효 전 모든 실험군의 유당 함량을 살펴보면 대조군이 5.25 mg%로 가장 높았으나 오디 첨가량에 따른 유의적인 차이는 없었다. 발효시간이 경과함에 따라 유당은 점점 감소하였는데, 24시간 이후에는 대조군의 유당이 2.49 mg%로 가장 낮았으며 그 다음으로 0.5% 첨가군이 3.79 mg%, 3% 첨가군이 3.95 mg%, 마지막으로 1% 첨가군이 4.32 mg%로 높았다. 복분자즙 0~5% 첨가 요구르트 연구(33)에서 대조군의 유당 함량이 가장 낮진 않았지만 1% 첨가군을 제외하고 복분자즙 첨가량이 증가할수록 유당 함량이 높아 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

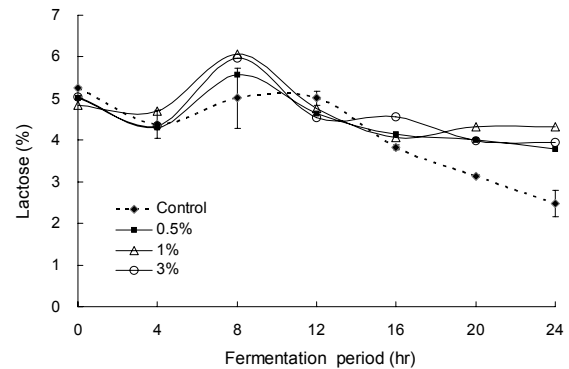


Fig. 4. Lactose contents of mulberry yogurt during fermentation.

Table 3. Color value of various mulberry yogurt

Color value	Treatment			
	Control	0.5%	1%	3%
L	83.44±0.07 ^{a1)2)}	70.61±0.15 ^b	62.02±0.22 ^c	51.53±0.05 ^d
a	-0.37±0.08 ^a	6.41±0.18 ^b	9.25±0.05 ^c	9.24±0.05 ^c
b	12.03±0.10 ^d	3.55±0.06 ^c	0.26±0.09 ^b	-1.48±0.02 ^a
ΔE	-	16.73±0.18	26.19±0.16	35.88±0.04

¹⁾Mean±standard deviation of triplicate determinations.
²⁾Means with different superscripts in a row (a-d) are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test. L, brightness; a, redness; b, yellowness.

색도 측정

오디분말을 0, 0.5, 1, 3%를 첨가하여 24시간 동안 발효시킨 요구르트의 L, a, b value와 ΔE는 Table 3에 제시하였다($P < 0.05$). 명암도(brightness)를 나타내는 L값과 황색도(yellowness)를 나타내는 b값은 오디분말 첨가량이 증가할수록 감소하였으며, 적색도(redness)를 나타내는 a값은 첨가량에 따라 증가하였다. 이는 오디분말이 가지는 안토시아닌 색소의 영향으로 사료되며, 안토시아닌 색소를 다량 함유하고 있는 로젤 첨가 요구르트 연구(39)에서도 역시 본 연구와 유사한 결과를 나타내었으며, 오디 초콜릿의 품질특성 및 제조 조건 최적화 연구(40)에서도 오디분말 첨가량이 증가할수록 황색도는 낮아진다고 보고하였다.

관능평가

오디 첨가 요구르트의 관능적 특성에 대한 기호도 검사 결과 전반적인 기호도는 4.72~6.63, 신맛 기호도는 4.10~6.09, 색 기호도는 2.63~7.18, 향미는 4.63~5.54, 단맛의 기호도는 4.90~5.27의 범위를 나타내었다(Table 4, $P < 0.05$). 모든 항목에서 1% 오디 요구르트의 기호도가 유의적으로 가장 높았으며, 3% 오디 요구르트는 향미 기호도를 제외한 항목에서 대조군보다 낮은 점수를 받았다. 특히 색 기호도의 경우 3% 첨가구의 점수가 현저히 낮은 값을 나타내어 3% 이상 오디분말을 첨가할 경우 관능적 특성이 매우 떨어질 것으로 판단했다. 그러나 0.5%와 1% 첨가구의 경우 모든 항목에서 대조군보다 높은 기호도 점수를 받았다. Kim

Table 4. Sensory evaluation of various mulberry yogurt

Consumer acceptability	Treatment			
	Control	0.5%	1%	3%
Overall preference	5.00±0.89 ^{b1)2)}	6.02±1.61 ^{ab}	6.63±1.96 ^a	4.72±1.10 ^b
Sourness	4.54±1.03 ^{bc}	5.09±1.04 ^b	6.09±1.37 ^a	4.10±1.09 ^c
Color	4.21±1.78 ^b	6.72±1.61 ^a	7.18±1.77 ^a	2.63±0.92 ^c
Flavor	4.63±1.36 ^{ab}	5.20±1.49 ^{ab}	5.54±1.12 ^a	4.81±1.75 ^b
Sweetness	4.90±1.44 ^b	5.06±1.91 ^{ab}	5.27±1.90 ^a	4.96±1.21 ^b

¹⁾Mean±standard deviation of triplicate determinations.

²⁾Means with different superscripts in a row (a-c) are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

등(20)이 보고한 오디 요구르트 연구에서 생오디, 동결건조 오디, 열풍건조 오디를 0.3, 0.6, 0.9% 첨가했을 때 모든 실험군에서 0.9%일 때 가장 높은 관능점수를 받았는데, 본 연구에서 오디분말을 1% 첨가한 요구르트가 가장 높은 점수를 받은 것과 유사한 결과였다. 복분자 착즙액 첨가 요구르트 연구(33)에서도 대조군보다 첨가군의 관능평가 점수가 전반적으로 더 높았던 것으로 보고하였다.

요 약

본 연구는 오디분말을 0, 0.5, 1, 3% 비율로 첨가한 요구르트를 제조한 후 24시간 동안 발효시키면서 시간별로 오디 요구르트의 항산화 활성 및 이화학적 품질특성을 측정하고, 24시간 발효 후 관능평가를 실시하였다. 총 페놀 함량과 안토시아닌 함량 및 DPPH radical 소거능은 오디 첨가량에 따라 유의적으로 증가하였다. pH는 오디 첨가 요구르트가 발효시간이 경과할수록 대조군에 비해 유의적으로 감소하였으며, 산도는 발효 중에는 대조군을 제외한 오디 첨가군 요구르트가 첨가량에 따라 증가하였다. 유기산은 발효 16시간까지는 오디 첨가군이 대조군에 비해 함량이 높았지만, 그 이후에는 대조군의 함량이 높았다. 유산균의 생균수는 발효 8시간까지는 오디 첨가량에 따라 유산균 수가 증가하였지만 16시간 경과 후부터는 1%와 3% 요구르트의 생균수가 대조군보다 감소하는 경향을 보였다. 유당의 함유량은 발효 전 거의 차이가 없었으나 발효 24시간 이후에는 대조군의 함유량이 가장 낮았다. 유기산, 유산균, 유당 분석 결과 오디는 요구르트 발효의 일정기간까지는 첨가량에 따라 요구르트 발효에 상당한 영향을 주지만 지속적인 영향을 미치지 못하는 것으로 사료된다. 색도 측정에서 오디분말을 첨가할수록 L값과 b값은 감소했으며 a값은 증가하였다. 오디 첨가 요구르트의 관능적 품질평가 결과 1% 첨가군이 모든 항목에서 가장 높은 점수를 받았으며, 3% 첨가군은 대조군보다 관능평가에서 낮은 점수를 받았다. 이러한 결과로 보아 요구르트를 제조 시 1%의 오디분말 첨가는 요구르트의 발효와 품질특성을 향상시키고 기호도를 증가시키는 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 2012년 공주대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Harte F, Luedecke L, Swanson B, Barbosa-Cánovas GV. 2003. Low-fat set yogurt made from milk subjected to combinations of high hydrostatic pressure and thermal processing. *J Dairy Sci* 86: 1074-1082.
- Kim DW, Yang DH, Kim S, Kim KS, Chung MG, Kang SM. 2009. Hypocholesterolemic effect of lyophilized, heat-killed *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus plantarum*. *Kor J Microbiol Biotechnol* 37: 69-74.
- Im KS. 2003. Effect of fermented milk on human health. *Korean J Food Nutr* 16: 93-103.
- Hood SK, Zoitola EA. 2006. Effect of low pH on the ability of *Lactobacillus acidophilus* to survive and adhere to human intestinal cells. *J Food Sci* 53: 1514-1516.
- Shin YS, Lee KS, Lee JS, Lee CH. 1995. Preparation of yogurt added with *Aloe vera* and its quality characteristics. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 254-261.
- Lee SW, Kim HS, Lee IS. 2002. Preparation and quality characteristics of yogurt added with *Saururus chinensis* (Lour.) Bail. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 411-416.
- Hong KH, Nam ES, Park SI. 2004. Preparation and characteristics of drinkable yoghurt added water extract of omija (*Schzandra chinensis Baillon*). *Korean J Food & Nutr* 17: 111-119.
- Sung YM, Cho JR, Oh NS, Kim DC, In MJ. 2005. Preparation and quality characteristics of curd yogurt added with chlorella. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 48: 60-64.
- Lee YJ, Kim SI, Han YS. 2008. Antioxidant activity and quality characteristics of yogurt added yuza (*Citrus junoss Sieb ex Tanaka*) extract. *Korean J Food & Nutr* 21: 135-142.
- Shin JH, Kim GM, Kang MJ, Yang SM, Sung NJ. 2010. Preparation and quality characteristics of yogurt with black garlic extracts. *Korean J Food Cookery Sci* 26: 307-313.
- Jeong CH, Joo OS, Shin KH. 2002. Chemical components and physiological activities of young mulberry (*Morus alba*) stem. *Korean J Food Preserv* 9: 228-233.
- Seed and Life Industry Division. 2011. Statistical data of agricultural industry. Ministry for Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries, Seoul, Korea. p 50-55.
- Kim HB, Bang HS, Lee HW, Seuk YS, Sung GB. 1999. Chemical characteristics of mulberry syncarp. *Korean J Seric Sci* 41: 123-128.
- Kim TY, Kwon YB. 1996. A study on the antidiabetic effect

- of mulberry fruits. *Korean J Seri Sci* 38: 100-107.
15. Kim SY, Park KJ, Lee WC. 1998. Antiinflammatory and anti-oxidative effects of *Morus* spp. fruit extract. *Korean J Medicinal Corp Sci* 6: 204-209.
 16. Kim HJ, Cha JY, Choi ML, Cho YS. 2000. Antioxidative activities by water-soluble extracts of *Morus alba* and *Cudraccia tricuspidata*. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 43: 148-152.
 17. Kwon HJ, Park CS. 2008. Biological activities of extracts from *Omiija* (*Schizandra chinensis* Baillon). *Korean J Food Preserv* 1: 587-592.
 18. Mok CK. 2005. Quality characteristics of instant tea prepared from spray-dried *Omiija* (*Schizandra chinensis* Baillon) extract/grape juice mixture. *Food Eng Prog* 9: 226-230.
 19. Jung GT, Ju OK, Choi DG. 2005. Quality characteristics and manufacture of mulberry wine. *Korean J Food Preserv* 12: 90-94.
 20. Kim HK, Bae HC, Nam MS. 2003. Fermentation properties of mulberry yogurt. *Jour Agri Sci* (Chungnam Nat'l Univ) 30: 66-75.
 21. Suh HJ, Lim YS, Kim JM, Lee H. 2006. Effect of mulberry extract on the growth of yogurt starter cultures. *Korean J Food Sci Ani Resour* 26: 144-147.
 22. Velioglu YS, Mazza G, Cao L, Oomah BD. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *J Agric Food Chem* 46: 4113-4117.
 23. Jang KI, Lee JH, Kim KY, Jeong HS, Lee HB. 2006. Quality of stored grape (*Vitis labruscana*) treated with ethylene-absorbent and activated charcoal. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 1237-1244.
 24. Blios MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1190-1200.
 25. Sung JM, Lim JH, Park KJ, Jeong JW. 2008. Effects of semi-dried red pepper with a different seed ratio on the quality of *kimchi*. *Korean J Food Preserv* 15: 427-436.
 26. Sung JM, Kim OS, Ryu HS. 2011. Changes in enzyme activity and sensory characteristics of *kochujang* with different ratios of added *deoduk* (*Codonopsis lanceolata*) root powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1150-1156.
 27. Cho JR, Kim JH, In MJ. 2007. Effect of garlic powder on preparation and quality characteristics of yogurt. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 50: 48-52.
 28. Jung HJ, Chu YR, Park H, Jeon IS, Kang YS. 2010. Influence of the addition of MAKKA (*Lepidium meyenii*) hot water extract on the quality and antioxidant activity of yogurt. *Korean J Food Culture* 25: 334-341.
 29. Park JH, Choi JH, Hong SI, Jeong MC, Kim D. 2013. Changes in quality of mulberry depending on distribution and storage temperature. *Korean J Food Preserv* 20: 141-150.
 30. Kim JK, Lee JS, Jeong YT, Bae IH. 2012. Development of yogurt with Sanmeoru (*Vitis amurensis* Ruprecht) wine as an additive. *Korean J Dairy Sci Technol* 30: 23-30.
 31. Kim JS. 2012. Quality characteristics of *Sikhea* with mulberry fruit. *Korean J Culinary Res* 18: 206-215.
 32. Kim SI, Ko SH, Lee YJ, Choi HY, Han YS. 2008. Antioxidant activity of yogurt supplemented with red ginseng extract. *Korean J Food Cookery Sci* 24: 358-366.
 33. Lee JH, Hwang HJ. 2006. Quality characteristics of curd yogurt with *Rubus coreanum* Miquel juice. *Korean J Culinary Res* 12: 195-205.
 34. Kang BS, Kim JI, Moon SW. 2012. Quality characteristics of yogurt added with *sansuyu* extracts. *Korean J Culinary Res* 18: 180-190.
 35. Kim MS, Ahn ES, Shin DW. 1993. Physico-chemical properties of commercial yogurt in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 25: 340-344.
 36. Chun SH, Lee SU, Shin YS, Lee KS, Ru IH. 2000. Preparation of yogurt from milk with purple sweet potato. *Korean J Food & Nutr* 13: 71-77.
 37. Madigan MT, Martinko JM, Parker J. 2003. *Brock biology of microorganisms*. 10th ed. Prentice Hall, New York, NY, USA. p 504-506.
 38. Lee JH, Woo KJ, Choi WS, Kim AJ, Kim MW. 2005. Quality characteristics of starch *Oddi Dasik* added with mulberry fruit Juice. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 629-636.
 39. Hwang S, Jung E, Joo N. 2013. Processing optimization and quality characteristics of low-fat yogurt prepared with Roselle. *Korean J Food Culture* 28: 392-400.
 40. Park SH. 2010. Quality characteristics and processing optimization of chocolate with addition of mulberry fruit. *MS Thesis*. Sookmyung Women's University, Seoul, Korea. p 70-75.