



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

표 영 희 교수 지도
석사학위 청구논문

과일 분말 첨가가 요구르트 품질
특성에 미치는 영향

- 과일 분말 첨가가 요구르트의 품질 특성과
항산화 활성에 미치는 영향 -

2020

성신여자대학교 대학원
식품영양학과
장 아 순

과일 분말 첨가가 요구르트 품질
특성에 미치는 영향

- 과일분말 첨가가 요구르트의 품질 특성과
항산화 활성에 미치는 영향 -

표영희 교수 지도

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2019년 11월

성신여자대학교 대학원

식품영양학과

장아순

인 준 서

장아순의 석사학위 논문으로 인준함.

2019년 11월

심사위원장_____ (인)

심 사 위 원_____ (인)

심 사 위 원_____ (인)

성신여자대학교 대학원

논문개요

본 연구는 6가지 과일 분말(체리, 오디, 청포도, 적포도, 사과, 천도복숭아)을 첨가하여 제조한 요구르트의 품질 특성 및 항산화 활성을 발효 시간에 따라 측정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 발효 24시간 이후 모든 요구르트의 pH는 4.11 - 4.25으로 나타났으며, 총적정 산도는 발효 12시간 이후 0.90-1.43%로 나타나 일반 요구르트의 품질 규격에 적합한 것으로 나타났다. 배양시간이 길어질수록 pH는 감소하였고, % 적정산도는 유의적으로 증가하였다 ($P<0.05$).

둘째, 발효 12시간 후의 모든 요구르트 시료의 생균수는 식품공전에서 제시한 농후 발효유의 젖산균 수 8.0 log CFU/mL 이상을 유지하여 요구르트의 품질 규격에 적합한 것으로 평가되었다. 특히 오디를 첨가한 요구르트는 발효 24시간 후 9.05 log CFU/mL의 가장 높은 생균수를 나타내었다.

셋째, 총 폴리페놀 함량은 오디분말을 첨가한 요구르트가 24시간 발효 후 대조군인 플레인 요구르트에 비해 약 4.2배 증가하여 과일 요구르트 시료 중 가장 높은 함량 (6.52 mg GAE/mL)을 보였으며($P<0.05$), 총 플라보노이드 함량 역시 오디 요구르트 시료가 1.07 mg QE/mL으로 가장 높게 측정되었다.

넷째, 6가지 과일분말 첨가 요구르트 시료에 함유된 유기산의 함량은 HPLC를 사용하여 Lactic acid, Citric acid, Malic acid, Succinic acid의 함량을 분석하였다. Lactic acid의 함량은 모든 유기산 중에서 가장 높은 비중을 차지하였으며, 발효 전에 비해 요구르트 시료는 대체적으로 24시간 발효 후에 유기산

의 함량이 증가하는 것으로 나타났다.

다섯째, 요구르트 시료의 항산화 활성은 DPPH와 ABTS 라디칼 소거활성과 FRAP의 환원력 시험을 통해 측정하였으며, 각 시료의 항산화 활성의 크기는 mg trolox 당량값 (mg trolox/mL)으로 나타내었다. 전체적으로 체리와 오디와 같은 베리류 분말의 첨가 시료가 다른 과일류 분말의 첨가 시료에 비해 DPPH와 ABTS 라디칼 소거율 및 환원력에서 모두 유의적으로 높은 수준을 나타내었다($P < 0.05$).

따라서, 농후 요구르트 제조 시 6종의 과일분말 첨가의 결과는 pH와 적정산도, 생균수, 유기산 함량, 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량 등의 요구르트 품질 특성에 유효한 영향을 미쳤으며, 항산화 활성 또한 유의적으로 증가하였다 ($P < 0.05$). 특히 베리류인 오디와 체리를 첨가한 요구르트는 자체 내의 높은 총 페놀과 총 플라보노이드 함량에 따른 가장 높은 항산화 활성을 나타내어 6가지 과일군 중 가장 우수한 기능성 요구르트의 천연소재로 평가되었다.

목 차

논문개요

I. 서론	1
II. 재료 및 방법	5
1. 실험 재료	5
(1) 실험 재료	5
(2) 호상요구르트 제조	7
2. 실험 방법	8
1) pH 및 적정산도 측정	8
(1) pH 측정	8
(2) 적정산도 측정	8
2) 생균수	9
3) 시료 전처리	9
4) 총 페놀 함량 측정	9
5) 총 플라보노이드 함량 측정	10
6) 유기산 함량 측정	10
7) 항산화 활성 측정	12
(1) DPPH 라디칼 소거활성	12
(2) ABTS 라디칼 소거활성	12
(3) FRAP(ferric reducing antioxidant power) 측정	12
8) 통계처리	13

III. 결과 및 고찰	14
1. pH 및 산도	14
2. 생균수	16
3. 총 폴리페놀 함량	19
4. 총 플라보노이드 함량	21
5. 유기산 함량	23
6. 항산화 활성	34
(1) DPPH 라디칼 소거활성	34
(2) ABTS 라디칼 소거활성	35
(3) FRAP(ferric reducing antioxidant power) 측정	36
IV. 결론	41

참고문헌

ABSTRACT

List of Figures

Fig. 1. Information about the fruit and yogurt	6
Fig. 2. Manufacturing Method of yogurt added with fruit powders.	7
Fig. 3. Changes in viable cell numbers during fermentation time of yogurt added with fruit powders.	18
Fig. 4. Changes in total polyphenol contents during fermentation of yogurt added with fruit powders.	20
Fig. 5. Changes in total flavonoid contents during fermentation of yogurt added with fruit powders.	22
Fig. 6. Contents of 4 organic acid during fermentation of yogurt added with fruit powders.	25
Fig. 7. Chromatogram of organic acid during fermentation of yogurt added with fruit powders. (A) Organic acid standards. (B) Control, (C) SY1, (D) SY2, (E) SY3, (F) SY4, (G) SY5, (H) SY6	26
Fig. 8. Changes in DPPH during fermentation of yogurt added with fruit powders.	38
Fig. 9. Changes in ABTS during fermentation of yogurt added with fruit powders.	39
Fig. 10. Changes in FRAP during fermentation of yogurt added with fruit powders.	40

List of Tables

Table 1. Composition of yogurt added with fruit powders.	8
Table 2. Operating conditions of HPLC for determination of lactic acid and citric acid.	11
Table 3. Operating conditions of HPLC for determination of malic acid and succinic acid.	11
Table 4. Changes in pH/TA(%) during fermentation of yogurt added with fruit powders.	15
Table 5. Changes in viable cell numbers (log CFU/mL) during fermentation of yogurt added with fruit powders.	17
Table 6. Changes in organic acid during fermentation of yogurt added with fruit powders.	24
Table 7. Changes in DPPH, ABTS, FRAP during fermentation of yogurt added with fruit powders.	37

I. 서 론

오늘날 현대인들의 식품섭취의 경향은 식품의 1차와 2차 기능인 영양성과 기호성의 기능 외에 3차 기능인 생체조절의 기능을 통한 건강증진 및 삶의 질을 향상하기 위한 기능성 식품의 섭취에 많은 관심을 보임에 따라 식품소비의 패턴이 변화하고 있다. 이 같은 경향은 기능성 식품의 섭취는 영양소 외에 건강증진 또는 질병 예방을 목적으로 섭취하는 식품으로 알려졌기 때문이다. 시중에 유통되는 건강 기능성 식품의 효과는 혈압강하, 혈전 예방, 콜레스테롤 저하, 체중 조절, 장 건강 개선 등의 기능성을 갖는 제품들이 시판되고 있으며, 이들 제품을 제조하기 위하여 물리적, 생화학적, 생물공학적 방법 등이 적용되어 왔다. 대표적 기능성 건강식품의 하나인 요구르트는 기질의 영양성분 외에 인체에 유익한 probiotics 균인 젖산균의 작용으로 유기산, 폴리페놀 성분, 올리고 당 등의 다양한 생리활성 물질이 생성되어 건강증진 효과를 갖게 하는 대표적인 발효식품 중 하나이다. 따라서 유제품 시장의 현황은 국내외적으로 보다 기능성과 생체활성이 향상된 유제품의 개발이 경쟁적으로 시도되어 왔으며, 현재 다양한 요구르트 제품이 출시되는 실정이다(1).

프로바이오틱스(probiotics)는 장내 미생물 균형을 향상시키고 건강에 유익한 효과를 나타내는 생균으로, Elie Mechnikoff가 불가리아 사람들이 장수를 누리는 이유가 *Lactobacillus*로 발효된 발효유의 섭취 때문이라는 것을 밝혀낸 이래로 유산균을 접종하여 제조한 다양한 발효유 제품이 개발되어 왔다(2-3). 요구르트(yogurt)는 우유 또는 탈지분유에 *Lactobacillus*, *Streptococcus* 등의 유산균을 접종하여 발효한 유제품으로 유산균 대사에 의해 lactic acid, peptone, peptide, oligosaccharide 등의 유효성분들이 유산발효 동안 생성된다(4). 요구르트 섭취를 통해 유입된 probiotics에 해당하는 젖산균들은 장내 증식으로 인

해 항균성(5), 항암 작용(6), β -D-galactosidase 생성에 의한 유당 대사 개선(7) 및 혈청콜레스테롤 감소(8) 등의 건강증진 효과에 대한 연구결과가 보고되어 왔다. 특히 근래에는 다양한 곡류와 기능성 소재 등을 요구르트에 첨가하여 제품의 기호도 증진과 함께 prebiotics의 기능을 통한 새로운 생리활성 등을 탐색하는 연구가 활발하게 시도되고 있다. 이는 요구르트에 첨가하는 부재료의 성분에 따라 보다 특화된 생리활성이 풍부한 건강 기능성의 요구르트 제품을 제조할 수 있기 때문이다(9). 천연소재가 첨가된 요구르트에 대한 연구는, 버찌(10), 오디(11), 단감(12), 민들레(13), 주박(14), 구기자(15), 오가피(16), 마늘(17), 감자 (18,19), 땅콩싹(20), 녹차와 쑥차(21), 복분자 와인(22), 여주(23), 자색 고구마(24), 길경(25), 백년초(26), 유자(27), 단호박(28) 등의 소재가 보고되어 왔다.

과일은 식물성 화학물질인 ‘파이토케이컬(phytochemical)’을 다량 함유하고 있어 인체에 다양한 생리활성을 통한 건강기능성을 부여하는 대표적인 식물성 식품이다. 파이토케미컬은 식물이 병원균이나 해충, 미생물 등으로부터 스스로를 보호하기 위해 만들어내는 일종의 보호물질로써 항산화 활성, 세포 손상 억제, 면역기능 향상 등의 건강 증진 효과가 보고되었다.

오디와 체리 등의 베리류는 플라보노이드와 같은 페놀 화합물과 비타민C등 생리활성 물질이 다량 함유되어 있어 항산화효과가 뛰어난 것으로 알려져 있다(29). 오디는 분류학상 뽕나무과에 속하는 교목성 낙엽수인 뽕나무의 열매로 열대지방과 온대지방에 분포한다. 오디 추출물은 항당뇨, 항산화, 항염증 등의 생리활성이 있으며, 식감이 좋고 당도가 높으며 식품에 첨가할 시 색깔이 우수하여 기능성 식품 및 가공식품으로 활용되고 있다(11,30). 체리는 쌍떡잎식물 장미과 뽕나무속 식물의 영매로 양앵두, 단체리, 단버찌 등의 다양한 이름을 가지며 비타민C, 페놀화합물 등의 항산화 성분을 다량 함유하고 있으며, 특히 페놀 화합물은 항암 효과를 가지고 있다고 보고되었다(31).

포도는 갈대나무목 포도과에 속하는 덩굴성과수로 주로 열대지방 및 아열대 지방에 분포한다. 포도는 유기산, 각 종 비타민, 페놀성 화합물 등 다양한 생리활성 물질이 풍부하여 항산화, 항염증, 항암등의 효과가 보고되어 있다. (32) 청포도의 경우 비타민 C, 식이섬유, 폴리페놀계의 물질 등이 풍부하게 함유되어 있어 생리 활성 작용이 뛰어난 것으로 알려져 있는데 청포도의 껍질에는 β -carotene의 함량이 풍부하다고 알려져 있으며, 따라서 청포도를 재료로 하여 제품을 개발할 때에는 껍질도 함께 이용하는 방법을 모색할 필요가 있다. (32) 적포도는 전 세계적으로 많이 소비되는 과일 중 하나로 폴리페놀을 다량으로 함유하고 있어 산화를 방지하여 동맥경화, 당뇨, 암 등을 예방하는 효과를 가진다(33).

사과는 분류학상 장미과에 속하는 다년생 목본식물로서 유럽, 아시아 및 북아메리카의 북반구에서 재배된다(34). 사과의 성분에 비타민, 칼륨 및 폴리페놀 화합물과 같은 생리활성 물질이 함유되어 있어 활성산소에 의해 유발되는 피부노화, 염증, 동맥경화와 같은 질환의 예방에 효과가 있는 것으로 알려져 왔다(35-36). 특히 사과의 페놀성분은 과육부분보다 과피에 더 많이 함유되어 있는 것으로 알려지고 있으며, 항산화 활성을 비롯한 생리활성도 과피가 더 우수한 것으로 보고되고 있다(35-37)

천도복숭아는 온대지역에서 재배되며, 승도 또는 승도라고도 불리며 복숭아와 달리 껍질에 털이 없는 게 특징이다. 수분, 단백질, 섬유소 등 다양한 영양 성분을 함유하고 있으며, citric acid, malic acid 등의 유기산을 다량 함유하는 것으로 보고되어 왔으며, 변비 해소와 항노화 및 미백효과, 피로회복, 숙취해소 및 만성퇴행성질환 등의 예방효과가 있는 것으로 알려져 있다(38-39).

따라서 본 연구의 목적은, 이들 6가지 과일의 동결 건조한 분말을 요구르트 제조에 첨가하여 항산화 활성이 증진된 건강기능성 요구르트를 개발하는데 그 목적이 있다. 6종의 과일 분말이 첨가된 요구르트 시료들의 유산균 발효는 배

양시간에 따라 이화학적 (pH, 적정산도, 항산화 활성, 총 플라보노이드, 총 폴리페놀, 유기산) 변화와 생물학적(젖산균수 측정) 변화를 측정하여 그 결과를 대조군과 비교하였으며, 분석 항목별 우수한 소재를 탐색하여 그 결과를 평가하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

과일은 체리(우즈베키스탄), 오디(국산), 천도복숭아(국산), 사과(국산), 씨 없는 청포도(칠레), 씨 없는 적포도(칠레)의 6종을 서울 대형마트에서 구입하였고 관련 정보는 Fig. 1과 같다. 이들 시료는 깨끗이 수세하여 물기를 제거한 후 동결 건조한 다음 분말화하여 사용하였다. 요구르트의 기질로는 우유(서울우유), 탈지분유(서울우유)을 사용하였고, 젖산균은 *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* 혼합균주 제품인 yogurberry starter plain(yogurberry starter plain, ㈜ 휴럽, Korea)을 사용하였다.





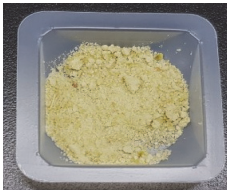


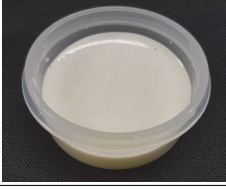
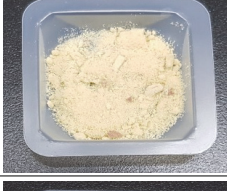



Sample	Origin	Fruit powder	Yogurt
<i>Prunus pauciflora bunge</i> (체리)	Uzbekistan		
<i>Morus</i> (오디)	Korea		
<i>Vitis vinifera L.</i> (청포도)	Chile		
<i>Vitis romanetii Roman.</i> (적포도)	Chile		
<i>Malus pumila</i> (사과)	Korea		
<i>Prunus persica var. nucipersica</i> (천도복숭아)	Korea		

Fig. 1. Information about the fruit and yogurt

2. 호상 요구르트 제조

우유 100 mL를 기준으로 10% 탈지분유에 최적의 요구르트 성상을 나타낸 과일분말 3%를 첨가하여 균질화한 후, 고압멸균기 95°C에서 10분간 멸균과정을 거친 다음 0.2%의 starter를 접종하였다(Table1). 37°C 항온기에서 24시간 동안 배양하면서 경시적(0, 12, 24h)으로 시료의 생물학적, 이화학적 품질을 측정하였다. 이때 과일분말이 첨가되지 않은 플레인 요구르트는 실험군의 대조군으로 활용하였다.

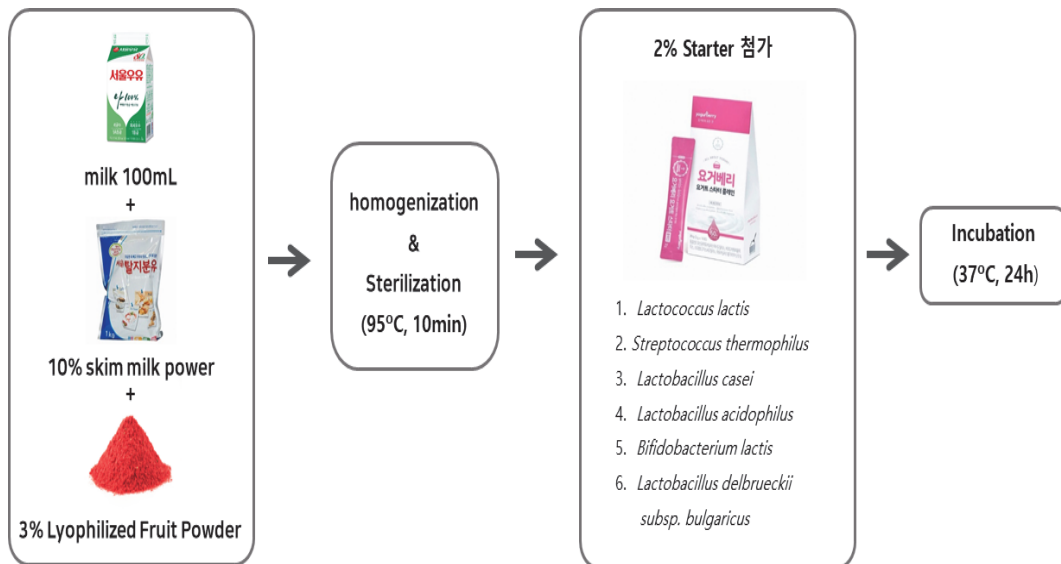


Fig. 2. Manufacturing method of yogurt added with fruit powders.

Table 1. Composition of yogurt added with fruit powders.

Ingredients (g)	Treatments						
	C	SY1	SY2	SY3	SY4	SY5	SY6
Fruit powder	0	3	3	3	3	3	3
Milk	100	100	100	100	100	100	100
Skim milk powder	10	10	10	10	10	10	10
Starter	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

SY : Solid yogurt

C : Control

SY1 : Yoghurt with cherry powder

SY2 : Yoghurt with mulberry powder

SY3 : Yoghurt with green grape powder

SY4 : Yoghurt with red grape powder

SY5 : Yoghurt with apple powder

SY6 : Yoghurt with nectarine powder

3. pH 및 적정산도 측정

시료의 pH는 pH meter (ohaus, sarter 3100, Korea)를 이용하여 측정하였고, 총 적정산도(%)는 중화 적정법을 이용하여 측정하였다. 원심 분리한 시료의 상층액 10ml 채취하여 증류수로 10배 희석한 후 0.1N NaOH용액으로 적정하여 적정산도를 측정하였다.

4. 생균수 측정

유산균 수 측정은 호상요구르트 1mL를 0.85% NaCl 용액으로 십진법으로 단계별 희석한 후, MRS agar(BD, U.S.A)에 50ul를 도말하여 37°C, 48시간 동안 배양하여 생성된 colony를 계수하여 log colony forming unit (log CFU/mL)으로 표시하였다.

5. 시료 전처리

각 시료의 항산화 활성을 측정하기 위한 전처리 과정은 다음과 같다. 요구르트 시료 2 mL에 3 mL MeOH와 HCl 10 μ L를 voltex mixer(GYROZEN, 123 6MG, korea)를 이용하여 혼합한 후, 단백질을 침전시키기 위해 -20°C에서 1시간 방치였다. 4,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 얻은 시료별 상등액을 항산화 활성, 총 플라보노이드 함량, 총 폴리페놀 함량 분석을 위한 시료로 사용하였다.

6. 총 페놀 함량 측정

시료의 총 폴리페놀 함량은 singleton과 Rossie의 방법(40)을 일부 변경하여 측정하였다. 추출시료 50 μ L에 2% Na₂CO₃ 용액 1 mL을 가한 다음 3분간 반응시킨 후, Folin-Ciocalteu시약 (Sigma Chemical co., St. Louis, MO, USA) 50 μ L를 혼합하였다. 모든 시료는 실온의 암소에서 30분 동안 반응시킨 후 700nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 총 폴리페놀 함량은 mg gallic acid eq

uivalent (mg GAE/ml)로 나타내었다.

7. 총 플라보노이드 함량 측정

시료 속에 함유된 플라보노이드 함량은 colormetric method의 방법을 수정하여 측정하였다(41). 시료 1 mL에 NaNO₂ 20 µL를 가한 다음 5분간 반응시킨 후, 10% AlCl₃ 20µL와 1N NaOH 150 µL를 혼합한 후에 510nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 총 플라보노이드 함량은 mg quercetin equivalent (mg QE/mL)로 나타내었다.

8. 유기산 함량 측정

유기산은 요구르트 시료 0.1g에 2 mL의 50 mM sodium dihydrogen phosphate에 0.1% phosphoric acid를 넣고 vortex mixer로 혼합한 후 4,000rpm에서 10분간 원심 분리(원심분리 (A32010(1)), (주) 자이로젠, Korea)하였다. 각 시료의 상등액은 0.20µm syringe filter로 여과한 후 HPLC 샘플로 이용하였으며, 표준물질은 lactic acid, citric acid, malic acid, succinic acid (Sigma-Aldrich, U.S.A)를 사용하였다. Lactic acid와 citric acid를 분석하기 위해 preparative HPLC system(KNAUER, Azura)을 사용하였고, column은 Phenomenex LUN A 5µ C18 4.6 X 250mm, 5µm Phenomenex를 사용하였다. 이동상 용매인 50 mM sodium dihydrogen phosphate에 0.1% phosphoric acid를 첨가한 용액(A)와 methyl alcohol(B)를 1mL/min 속도로 30분 동안 기울기 용매 조건으로 용출시켜 분석하였다. Injection volume은 30 µL, detection wavelength는 210nm

이며, 이동상의 구체적 조건은 Table 2에 나타내었다. Malic acid와 succinic acid를 분석하기 위해 LC-MS(Agilent Technology, Agilent 6130)를 사용하였고, Column은 ZORBAX Eclipse XDB-C18 3.0 X 100mm, 3.5 μ m를 사용하였다. 이동상 용매인 0.1% formic acid(A)와 acetonitrile(B)를 0.3 mL/min 속도로 18분 동안 기울기 용매 조건으로 용출시켜 분석하였다. Injection volume은 2 μ L이며, 구체적 이동상의 조건은 Table 3에 나타내었다.

Table 2. Operating conditions of HPLC for determination of lactic acid and citric acid.

Mobile phase	A : 50mM sodium dihydrogen phosphate 0.1% phosphoric acid B : Methyl alcohol			
	Time	Flow (mL/min)	%A	%B
Gradient table	0	1.0	100	0
	10	1.0	100	0
	11	1.0	20	80
	12	1.0	20	80
	13	1.0	100	0
	30	1.0	100	0

Table 3. Operating conditions of HPLC for determination of malic acid and succinic acid.

Mobile phase	A : 0.1% formic acid B : Acetonitrile			
	Time	Flow (mL/min)	%A	%B
Gradient table	0	0.3	100	0
	6	0.3	100	0
	7	0.3	50	50
	8	0.3	50	50

9. 항산화 활성 측정

1) DPPH 라디칼 소거활성

호상 요구르트의 항산화 활성은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)에 대한 전자 공여능으로 시료에 대한 환원력을 측정하였다(42). 시료 100 μL 와 0.2 μM DPPH 용액 900 μL 를 첨가한 후 30분 후에 517nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 trolox를 이용하여 검량선을 작성한 후, 각 시료의 라디칼 소거능은 mg trolox equivalent (mg TE/ml)로 나타내었다.

2) ABTS 라디칼 소거활성

ABTS 라디칼 소거활성을 이용한 황산화력 측정은 ABTS cation decolorization assay 방법에 따라 측정하였다(43). 7.4 mM의 ABTS(2,2'-azion-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)와 2.6 mM의 potassium persulfate를 실온의 암소에서 24시간 동안 방치하여 ABTS 양이온을 형성시켜 ABTS stock solution을 제조하였다. 734nm에서 흡광도 0.70 ± 0.04 로 희석한 ABTS 용액 900 μL 에 시료 100 μL 를 첨가하여 ABTS 라디칼 소거능을 측정한 다음 각 시료의 라디칼 소거능은 mg trolox equivalent (mg TE/ml)로 나타내었다.

3) FRAP(ferric reducing antioxidant power) 측정

FRAP 방법은 시료의 특정 성분이 ferric-tripyridyltriazine(Fe^{III} -TPTZ) sodium acetate trihydrate를 환원시키는 능력을 측정하는 방법이다(44). 37°C 항온기에서 15분 예비 반응한 후 시료 50 μL 에 FRAP 시약 950 μL 혼합하여 37°C에서 15분간 반응시킨 다음 590 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료의 환원력을 통한 항산화 활성은 mg trolox equivalent (mg TE/mL)로 나타내었다.

10. 통계처리

모든 실험 결과의 통계처리는 SPSS(Statistical Package for Social Science, version 25, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였다. 시료간의 유의성 검정은 분산분석(ANOVA)과 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 $P < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. pH 및 산도

과일 분말을 첨가한 요구르트의 발효 동안의 pH와 산도의 변화는 Table 4와 같다. 발효가 시작되기 전 요구르트의 pH는 5.9-6.53의 범위로 근소한 차이를 보였지만 발효 24시간까지 모든 시료의 pH 값은 유의적인 차이를 나타내었다($P < 0.05$). 발효 24시간에 모든 요구르트의 pH 범위는 4.11-4.25으로 나타나, 일반 요구르트의 pH 규격 범위인 3.27-4.53 내에 적합한 수준의 pH로 나타났다(45). 과일 분말을 첨가한 요구르트는 발효가 시작되기 전부터 24시간까지 대조군보다 낮은 pH를 유지하였는데 이는 과일 속에 존재하는 유기산의 영향으로 Sung & Choi의 보고한 결과와 일치한다. 즉 오디 분말을 첨가한 요구르트(11) 연구에서 3% 오디 분말을 첨가한 요구르트는 발효시간 24시간 경과까지 대조군보다 낮은 pH를 유지하는 것으로 보고되었다.

과일 분말을 첨가한 요구르트의 적정산도 역시 발효시간이 경과함에 따라 유의적인 차이를 나타내었다($P < 0.05$). 발효 전 산도는 0.13-0.63%로 대조군의 산도가 제일 낮았으며 과일군을 첨가한 시료들의 산도는 유의적으로 높게 나타나 pH에서와 같이 과일에 함유된 유기산의 영향으로 평가된다. 배양시간이 길어질수록 산도가 증가하여 12시간 경과 후에는 0.90-1.43%, 24시간 경과 후에는 1.20-1.67%로 청포도 첨가 요구르트를 제외한 모든 실험군의 산도가 증가하여 pH 변화와 유사한 경향을 나타내었다. 시판 요구르트 산도의 적정범위는 0.97-1.40%로 제시된다. 본 실험에서 12시간 발효 이후의 대조군과 청포도 첨가 요구르트 시료를 제외한 모든 실험군의 산도는 적정범위의 수준으로 평가되었다(46). 24시간 발효가 진행됨에 따라 대조군과 청포도 첨가 요구르트의

시료도 역시 산도의 적정범위로 나타났으나, 오디 첨가 요구르트에는 24시간 발효 이후의 산도가 1.67%로 나타나 12시간 배양이 적합한 발효 조건으로 비교되었다. 따라서 청포도 요구르트를 제외한 나머지 과일군의 요구르트 배양은 12시간, 청포도 요구르트는 24시간 배양하는 것이 적합한 것으로 평가되었다.

Table 4. Changes in pH/TA(%) during fermentation of yogurt added with fruit powders.

sample	Time	Treatments						
		C	SY1	SY2	SY3	SY4	SY5	SY6
pH	0H	6.53± 0.01 ^{aA1)}	6.19± 0.01 ^{aD}	6.07± 0.01 ^{aE}	6.26± 0.00 ^{aC}	6.20± 0.01 ^{aD}	6.35± 0.02 ^{aB}	5.91± 0.02 ^{aF}
	12H	4.40± 0.01 ^{bB}	4.34± 0.01 ^{bC}	5.05± 0.02 ^{bA}	4.09± 0.01 ^{cE}	4.29± 0.01 ^{bD}	4.34± 0.01 ^{bC}	4.35± 0.01 ^{bC}
	24H	4.25± 0.01 ^{cA}	4.14± 0.03 ^{cBC}	4.12± 0.01 ^{cCDE}	4.11± 0.01 ^{bE}	4.11± 0.01 ^{cDE}	4.13± 0.01 ^{cCD}	4.16± 0.01 ^{cB}
TA (%)	0H	0.13± 0.06 ^{cC}	0.27± 0.06 ^{cB}	0.63± 0.06 ^{cA}	0.27± 0.06 ^{cB}	0.27± 0.06 ^{cB}	0.17± 0.06 ^{bBC}	0.43± 0.06 ^{bA}
	12H	0.90± 0.00 ^{bC}	1.10± 0.10 ^{bB}	0.90± 0.00 ^{bC}	1.43± 0.06 ^{bA}	1.10± 0.10 ^{bB}	1.17± 0.06 ^{aB}	1.17± 0.12 ^{aB}
	24H	1.20± 0.10 ^{aB}	1.30± 0.00 ^{aB}	1.67± 0.06 ^{aA}	1.27± 0.06 ^{aB}	1.33± 0.15 ^{aB}	1.30± 0.10 ^{aB}	1.27± 0.06 ^{aB}

TA(%) : Titratable acidity(%)

All values are means of determinations in three independent experiments.

Values are means±standard deviation.

¹⁾ Means with different superscripts in a row (A-E) and a column (a-c) are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

2. 생균수

과일 분말을 첨가한 요구르트의 발효 중 생균수의 변화는 Table 5과 Fig. 2와 같다. 표 1에서와 같이 발효 12 시간까지 시간이 경과함에 따라 생균수가 비례적으로 증가하는 추세를 보였으나, 12시간 이후부터 오디첨가 요구르트를 제외한 나머지 시료들의 생균수는 감소하는 경향으로 나타났다($P < 0.05$). 이 같은 결과는 발효 12시간 이후 기질의 낮은 pH와 높은 산도의 조건이 오히려 젖산균의 증식을 억제하기 때문으로 추정할 수 있다. 한편, 오디첨가 요구르트는 24시간 발효 이후에도 지속적으로 생균수가 증가하여 24시간 발효에서 가장 높은 생균수를 나타내었다 ($9.05 \pm 0.04 \log \text{CFU/ml}$). 이 같은 결과는 오디에는 glucose와 fructose 함량이 높아 유산균의 생육을 촉진한다는 선행연구 결과와 유사한 경향으로 설명할 수 있다(47-49). 유산균은 영양소의 제한된 생합성 능력을 가지고 있으므로 생육 활성화에 필요한 비타민, 아미노산, 퓨린, 피리미딘 등의 복잡한 영양소가 공급되어야 한다(11). 본 실험에서 발효 12 시간 후의 모든 요구르트 시료는 식품공전에서 제시한 농후 발효유의 젖산균 수 $8.0 \log \text{CFU/ml}$ 이상을 유지하는 것으로 나타나 요구르트의 품질 규격에 적합한 것으로 평가되었다.

Table 5. Changes in viable cell numbers (log CFU/mL) during fermentation of yogurt added with fruit powders.

Time (h)	Sample						
	C	SY1	SY2	SY3	SY4	SY5	SY6
0	7.46± 0.23 ^{cl})	7.07± 0.10 ^c	6.98± 0.14 ^b	7.19± 0.38 ^b	7.35± 0.16 ^c	7.26± 0.26 ^c	7.26± 0.26 ^b
12	8.87± 0.01 ^{aA}	8.71± 0.04 ^{aB}	8.92± 0.09 ^{aA}	8.66± 0.04 ^{aB}	8.51± 0.04 ^{aC}	8.70± 0.04 ^{aB}	8.64± 0.01 ^{aB}
24	8.29± 0.04 ^{bC}	8.45± 0.04 ^{bB}	9.05± 0.04 ^{aA}	8.53± 0.05 ^{aB}	8.18± 0.08 ^{bD}	8.25± 0.03 ^{bC}	8.45± 0.07 ^{aB}

All values are means of determinations in three independent experiments.

Values are means±standard deviation.

¹⁾ Means with different superscripts in a row (A-D) and a column (a-c) are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

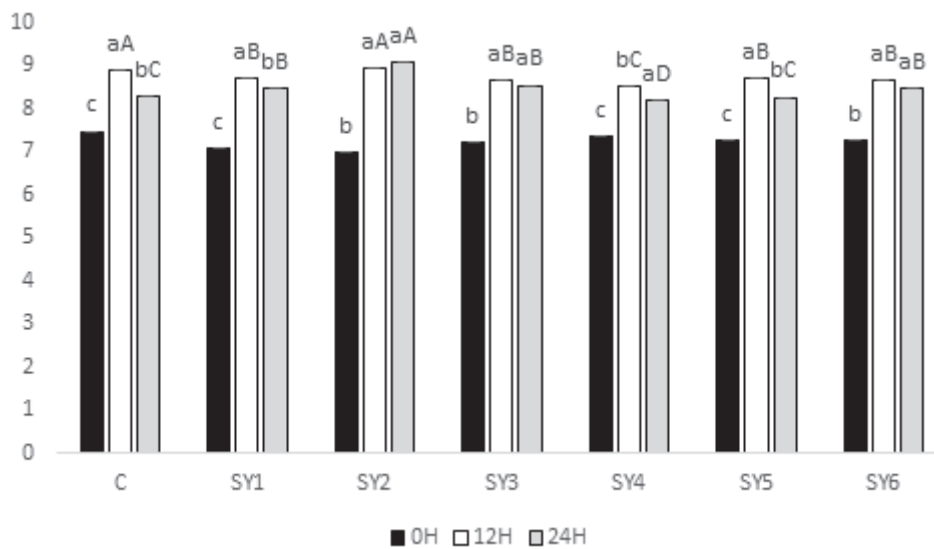


Fig. 3. Changes in viable cell numbers during fermentation of yogurt added with fruit powders.

All values are means of determinations in three independent experiments.

Means with the same lettered superscripts on the bar are not significantly different at the 5% level.

3. 총 폴리페놀 함량

페놀성 화합물은 flavonoids, anthocyanins, tannins, isoflavones 등을 총칭하며, 수산기를 갖는 방향족 화합물이다. 폴리페놀에 존재하는 다수의 수산기는 여러 화합물과 쉽게 결합하는 특성을 가지고 있어 항산화 효과 및 항암, 항염 효과가 뛰어나다(50-52). 과일 분말을 첨가한 요구르트의 발효시간에 따른 총 페놀 함량의 변화는 mg gallic acid의 당량 값(mg GAE/mL)으로 표시한 결과는 Fig. 3과 같다. 그림에서와 같이 모든 과일 요구르트는 12 시간 배양 후에 대조군에 비해 총 페놀 함량이 평균 1.79배 높은 것으로 나타났다. 발효 전의 대조군, 체리, 오디, 청포도, 천도복숭아 첨가 요구르트의 폴리페놀 함량은 각각 1.26, 2.71, 6.52, 2.05, 2.28 mg GAE/mL에서 24시간 발효 후 1.55, 2.79, 7.02, 2.19, 2.79 mg GAE/mL로 나타나 발효시간이 경과함에 따라 시료의 총 페놀 함량은 증가하였다. 오디분말을 첨가한 요구르트의 경우 24시간 발효 후 약 4.2배가 증가하였으며($P < 0.05$), 과일 요구르트 시료 중 총 페놀 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 Sung & Choi(11)의 오디분말을 첨가한 요구르트 연구에서, 발효가 진행될수록 총 폴리페놀 함량이 감소되었다고 보고한 내용과 일치하지 않는다. 본 연구에서는 사과와 적포도 첨가 요구르트를 제외한 나머지 과일 요구르트의 총 페놀 함량은 오히려 젖산발효가 진행될수록 증가하는 것으로 나타났다. 이 같은 차이는 실험에 사용한 유산균의 종류, 배양조건, 과일의 품종에 따른 차이 등으로 해석할 수 있다.

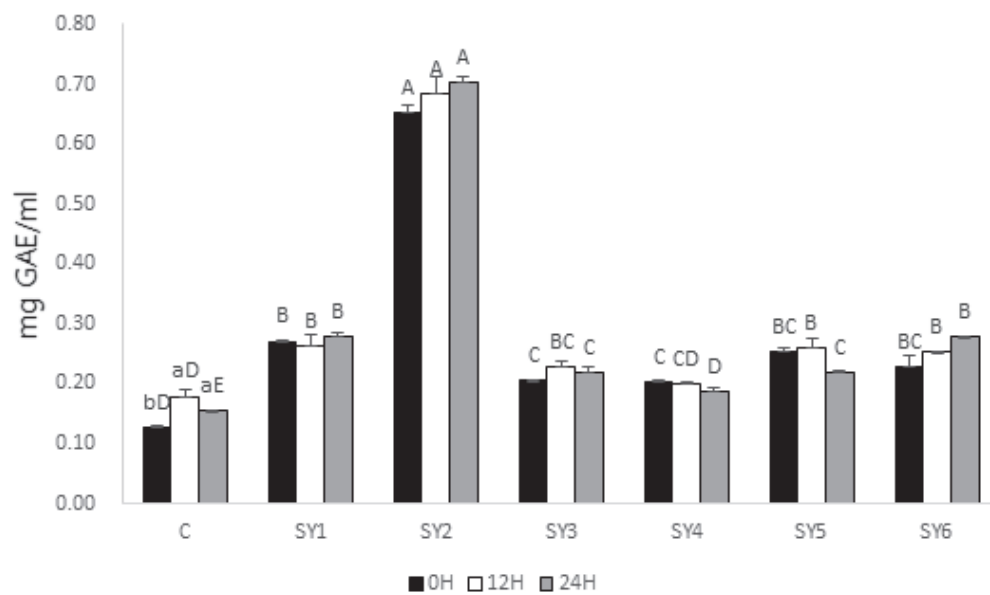


Fig. 4. Changes in total polyphenol contents during fermentation of yogurt added with fruit powders.

All values are means of determinations in three independent experiments.

Means with the same lettered superscripts on the bar are not significantly different at the 5% level.

4. 총 플라보노이드 함량

플라보노이드(flavonoids)는 폴리페놀에 속하는 성분으로 노란색 내지는 담황색을 나타내며 자연계에 널리 분포하고 있다. 폴리페놀과 마찬가지로 항바이러스, 항염증, 항암 효과가 있는 것으로 발표되어 왔다(52). 6 종의 과일 분말을 첨가한 과일 요구르트의 발효 시간에 따른 총 플라보노이드 함량의 변화는 mg quercetin의 당량값으로(mg QE/mL) 표시하였고, 그 결과는 Fig. 4와 같다. 그림에서와 같이 모든 실험 군의 플라보노이드의 함량은 발효시간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). 24시간 발효를 진행하였을 때 체리의 경우 0.07 mg에서 0.88 mg으로 약 12배, 오디의 경우 0.16 mg에서 1.07 mg으로 약 6.7배, 청포도 0.03 mg에서 0.71 mg으로 약 23배, 적포도 0.06 mg에서 0.67 mg으로 약 11배, 사과 0.03 mg에서 0.59 mg으로 약 19배, 천도복숭아의 경우 0.06 mg에서 0.63 mg으로 약 10.5배 각 각 증가하였다. 24시간 발효 후의 모든 과일 요구르트의 총 플라보노이드 함량은 대조군에 비해 높은 함량으로 나타나 각 시료의 총 폴리페놀 함량의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 24시간 발효 후의 과일 요구르트 중에서 플라보노이드 함량이 높은 시료는 오디분말 첨가 요구르트가 1.07 mg으로 가장 높게 나타났으며, 사과 분말 첨가 요구르트는 0.59 mg으로 가장 낮은 함량으로 비교되었다. 전체적인 총 플라보노이드 함량의 순위는 SY2 > SY1 > SY3 > SY4 > SY6 > SY5의 순으로 비교되었다.

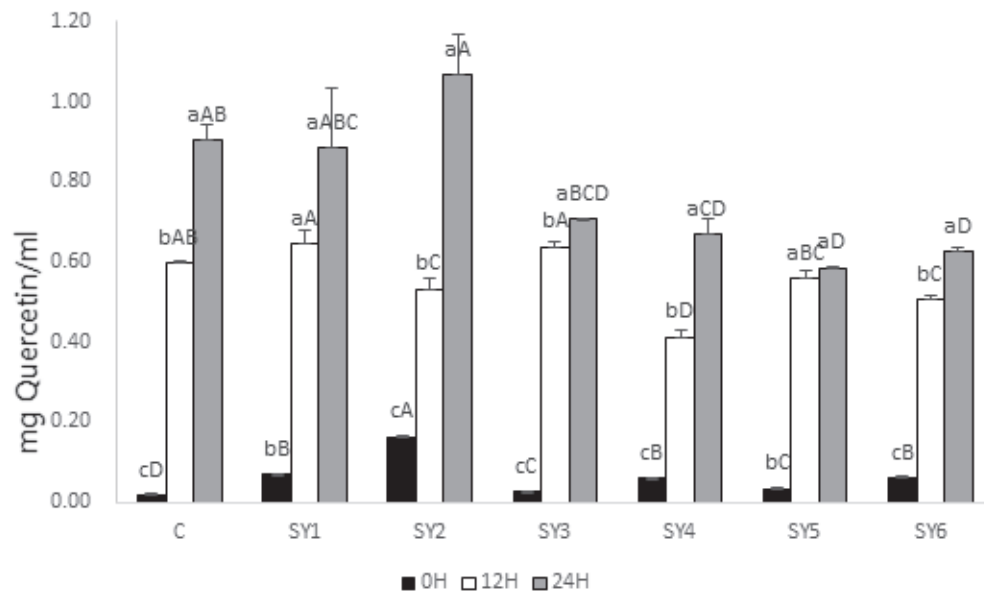


Fig. 5. Changes in total flavonoid contents during fermentation of yogurt added with fruit powders.

All values are means of determinations in three independent experiments.

Means with the same lettered superscripts on the bar are not significantly different at the 5% level.

5. 유기산 함량

유제품에서 유산균의 대사산물로부터 생성되는 유기산은 제품의 풍미에 영향을 미치며 유산균 생육활성의 지표로써 이용된다(53). 유기산은 주로 과일의 영양소로 식욕을 증가시키고 소화와 흡수를 도와주는 기능이 있다. 과일 분말을 첨가한 요구르트의 발효 시간에 따른 유기산 분석 결과는 Table 6과 같다. 시료 내 함유된 유기산의 종류는 lactic acid, citric acid, malic acid, succinic acid로 4종의 유기산이 검출되었으며 표준 시약과 시료의 HPLC chromatogram은 Fig. 6과 같으며 시료에 함유된 유기산의 함량은 mg/g으로 표시하였다. 요구르트에 함유된 다양한 유산균은 발효 과정 중 원유나 탈지유의 lactose로부터 lactic acid를 생성하기 때문에 유제품의 lactic acid의 함량은 모든 유기산 중에서 가장 많은 비중을 차지한다. Table 6에서와 같이 모든 실험 군에서 lactic acid가 가장 많은 함량으로 측정되었으며, 특히 오디 요구르트인 SY2가 24시간 발효 후 23.13 mg으로 가장 높게 측정되었다. 모든 실험군은 발효전보다 24시간 발효 후 lactic acid의 함량이 증가하는 것으로 나타났다. Sung & Choi등(11)의 연구에 따르면 3% 오디 분말을 첨가한 요구르트의 lactic acid의 함량은 24시간 발효 후 1.4 배 증가하였다고 보고한 결과와 본 연구의 결과는 일치하는 것으로 나타났다. 그러나 대조군의 함량과 유의적인 차이($P>0.05$)는 없는 것으로 나타나 과일분말 첨가에 따른 요구르트 시료의 lactic acid 함량은 영향이 없는 것으로 추정된다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 총 유기산 함량은 베리류인 오디와 체리분말을 첨가한 SY2와 SY1이 각각 26.0, 24.1 mg으로 나타났다.

Table 6. Changes in organic acid during fermentation of yogurt added with fruit powders.

Organic acid (mg/g)	Time (h)	Sample						
		C	SY1	SY2	SY3	SY4	SY5	SY6
Lactic acid	0H	18.32± 2.47 ^A	3.68± 0.49 ^{bC1)}	15.44± 1.40 ^{AB}	15.23± 0.47 ^{AB}	18.63± 1.26 ^A	14.00± 3.50 ^B	14.86± 1.07 ^B
	12H	17.30± 4.59 ^{AB}	27.55± 3.15 ^{aA}	15.27± 1.19 ^B	20.47± 11.03 ^{AB}	15.91± 5.27 ^B	14.66± 6.58 ^B	16.13± 4.17 ^B
	24H	21.29± 4.17	20.92± 6.08 ^a	23.13± 8.91	15.73± 7.23	13.61± 0.70	16.45± 5.63	19.82± 8.41
Citric acid	0H	3.68± 0.49 ^{aB}	3.355± 0.32 ^{aBC}	3.98± 0.37 ^{AB}	2.79± 0.03 ^C	3.81± 0.22 ^{aAB}	2.00± 0.42 ^D	4.36± 0.31 ^{aA}
	12H	2.01± 0.54 ^{bAB}	3.20± 0.46 ^{aA}	2.59± 0.20 ^{AB}	2.14± 1.15 ^{AB}	1.86± 0.60 ^{bB}	1.66± 0.72 ^B	2.51± 0.70 ^{bAB}
	24H	2.35± 0.44 ^b	2.04± 0.58 ^b	2.62± 1.14	1.55± 0.68	1.42± 0.08 ^b	1.62± 0.52	2.72± 1.12 ^b
Malic acid	0H	0.046± 0.005 ^D	1.138± 0.096 ^{aA}	0.178± 0.014 ^{aC}	0.001± 0.00 ^{bD}	0.366± 0.029 ^{aB}	n.d ^D	0.003± 0.0002 ^{bD}
	12H	0.033± 0.010 ^B	0.218± 0.015 ^{bB}	0.071± 0.003 ^{bB}	0.036± 0.014 ^{aB}	0.094± 0.025 ^{bB}	0.120± 0.043 ^{AB}	2.145± 1.152 ^{aA}
	24H	0.040± 0.006 ^A BC	0.040± 0.010 ^{cA} B	0.077± 0.002 ^{bD}	0.055± 0.021 ^{aA}	0.030± 0.003 ^{cB} C	0.040± 0.012 ^{AB}	0.021± 0.005 ^{bC} D
Succinic acid	0H	0.021± 0.004 ^b A	0.002± 0.001 ^{bB} C	0.025± 0.003 ^{bA}	0.007± 0.0012 ^B C	0.006± 0.001 ^{bB} C	n.d ^C	0.009± 0.010 ^{bB}
	12H	0.060± 0.022 ^{bB} C	0.117± 0.013 ^{aA}	0.054± 0.006 ^{bB} C	0.109± 0.0665 ^A B	0.049± 0.023 ^{aC}	0.049± 0.030 ^C	0.056± 0.015 ^{ab} BC
	24H	0.115± 0.027 ^{aB}	0.137± 0.044 ^{aB}	0.243± 0.097 ^{aA}	0.091± 0.0546 ^B	0.058± 0.005 ^{aB}	0.075± 0.032 ^B	0.109± 0.050 ^{aB}

All values are means of determinations in three independent experiments.

Values are means±standard deviation.

¹⁾ Means with different superscripts in a row (A-D) and a column (a-c) are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

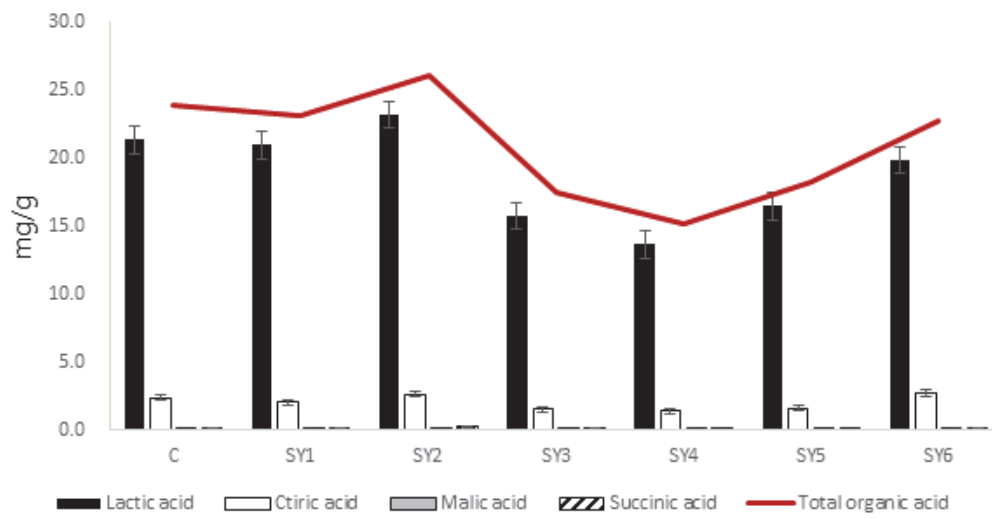
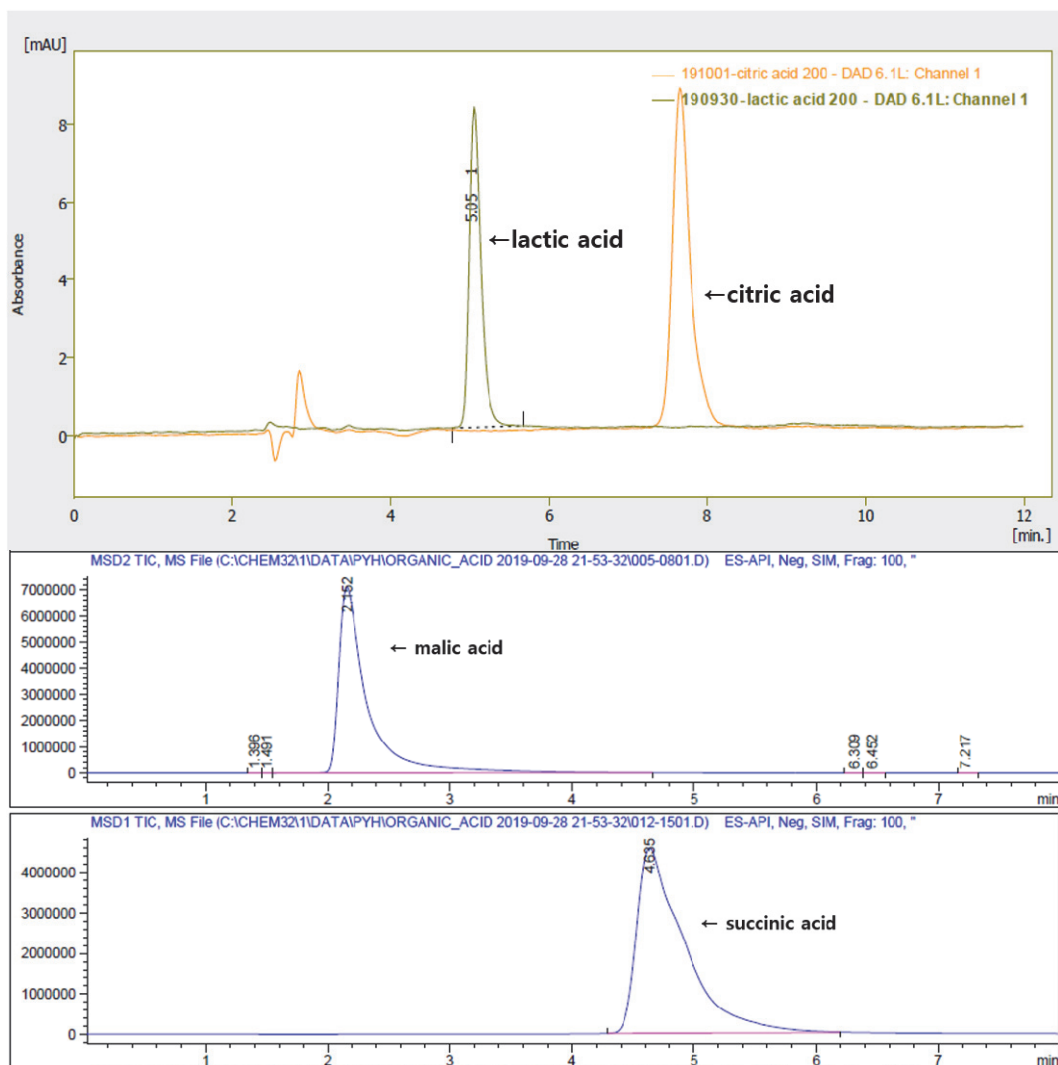
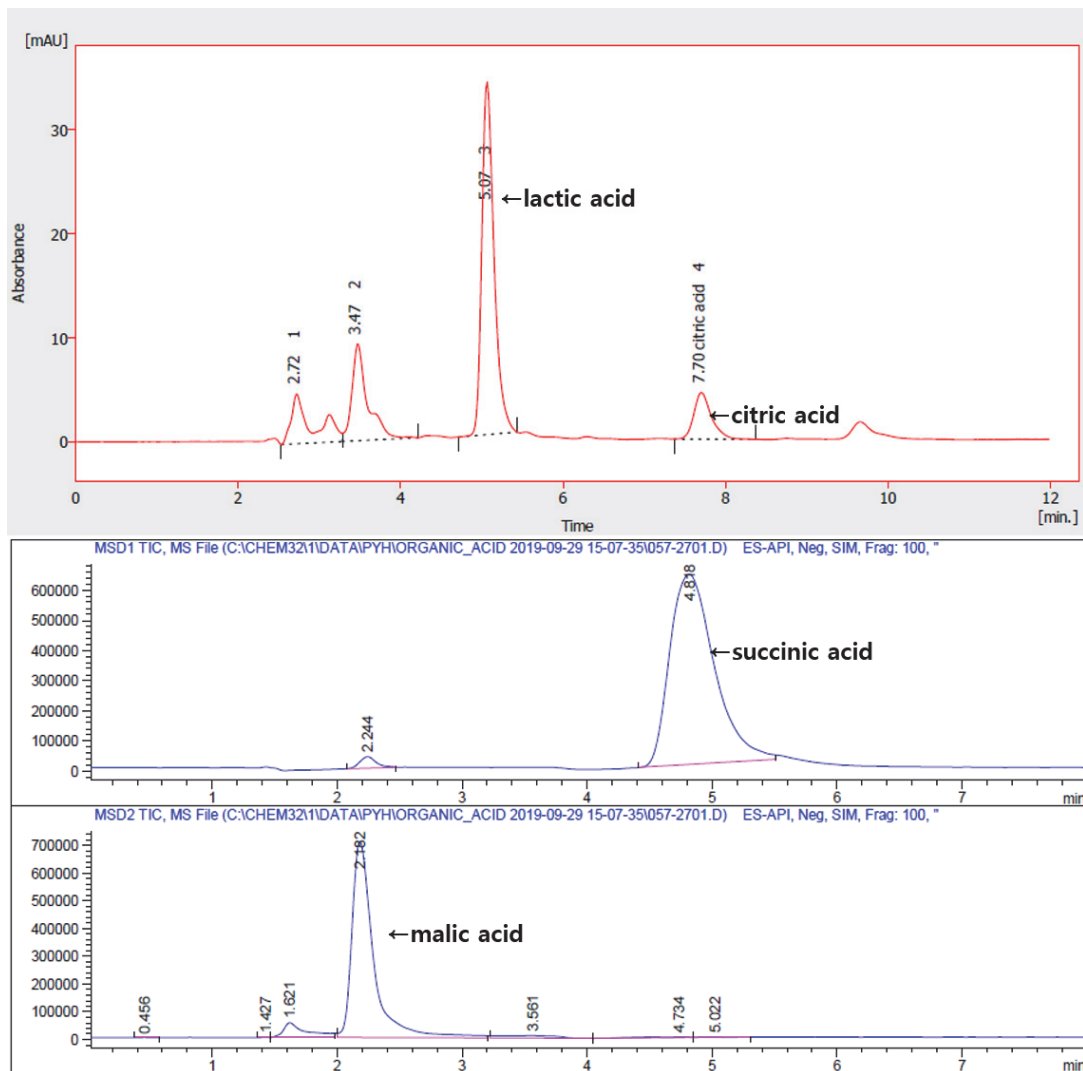


Fig. 6. Contents of organic acid during fermentation of yogurt added with fruit powders.

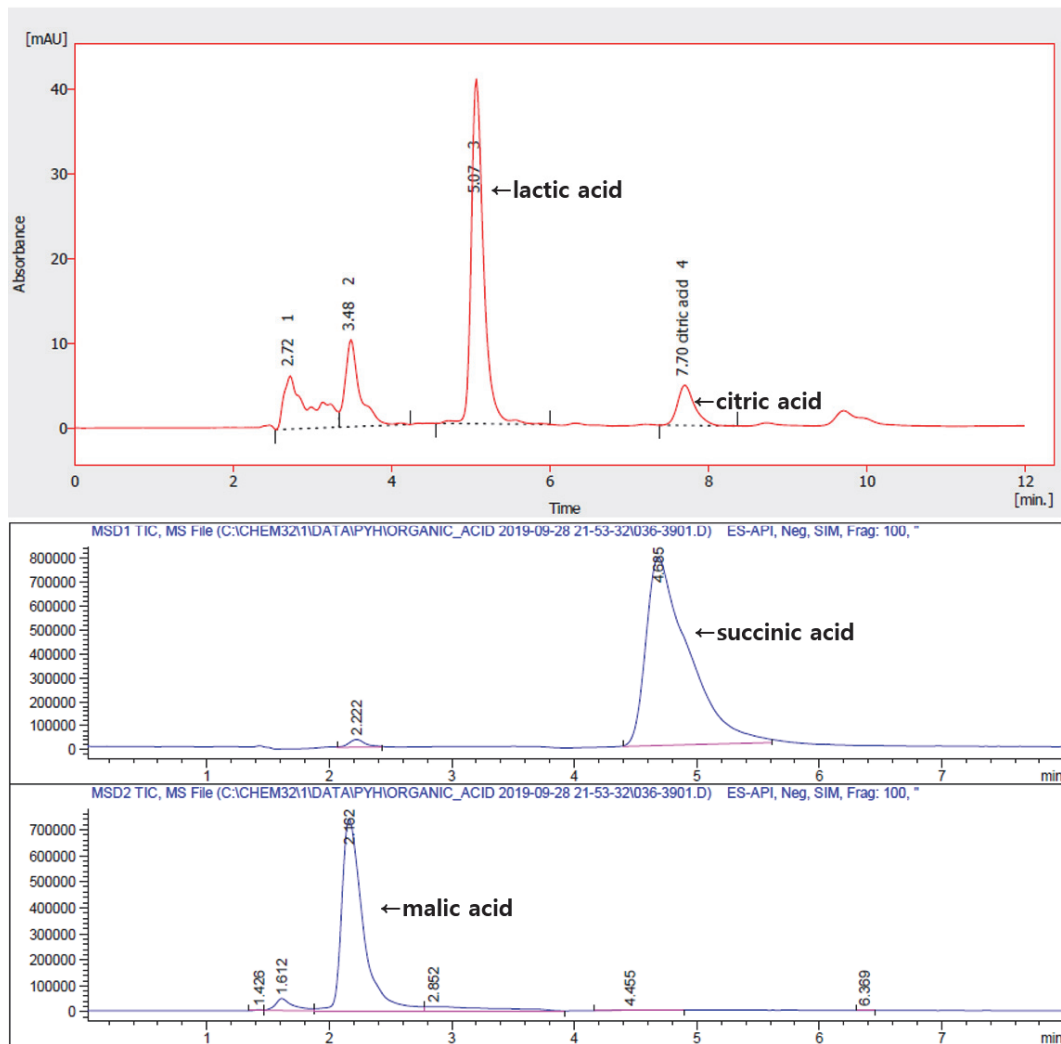
(A)



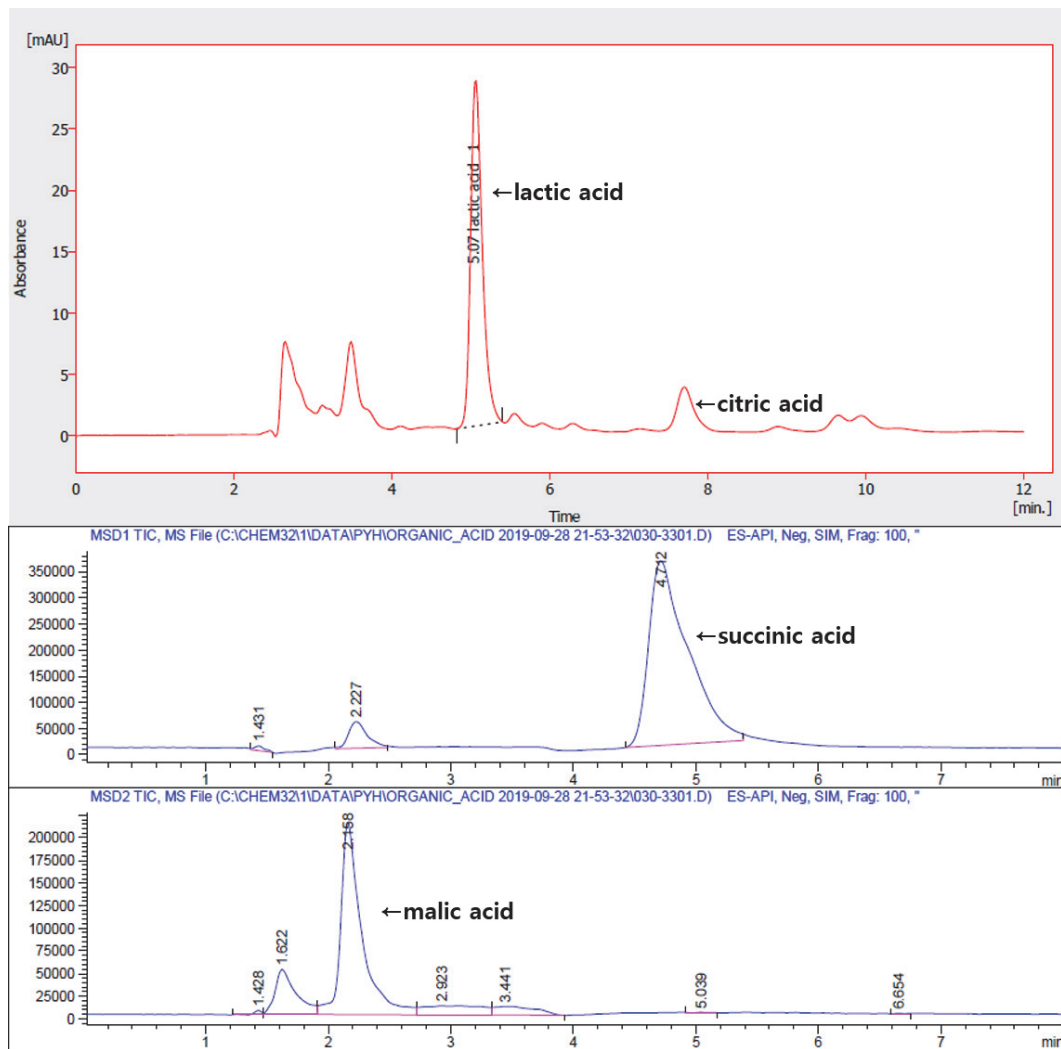
(B)



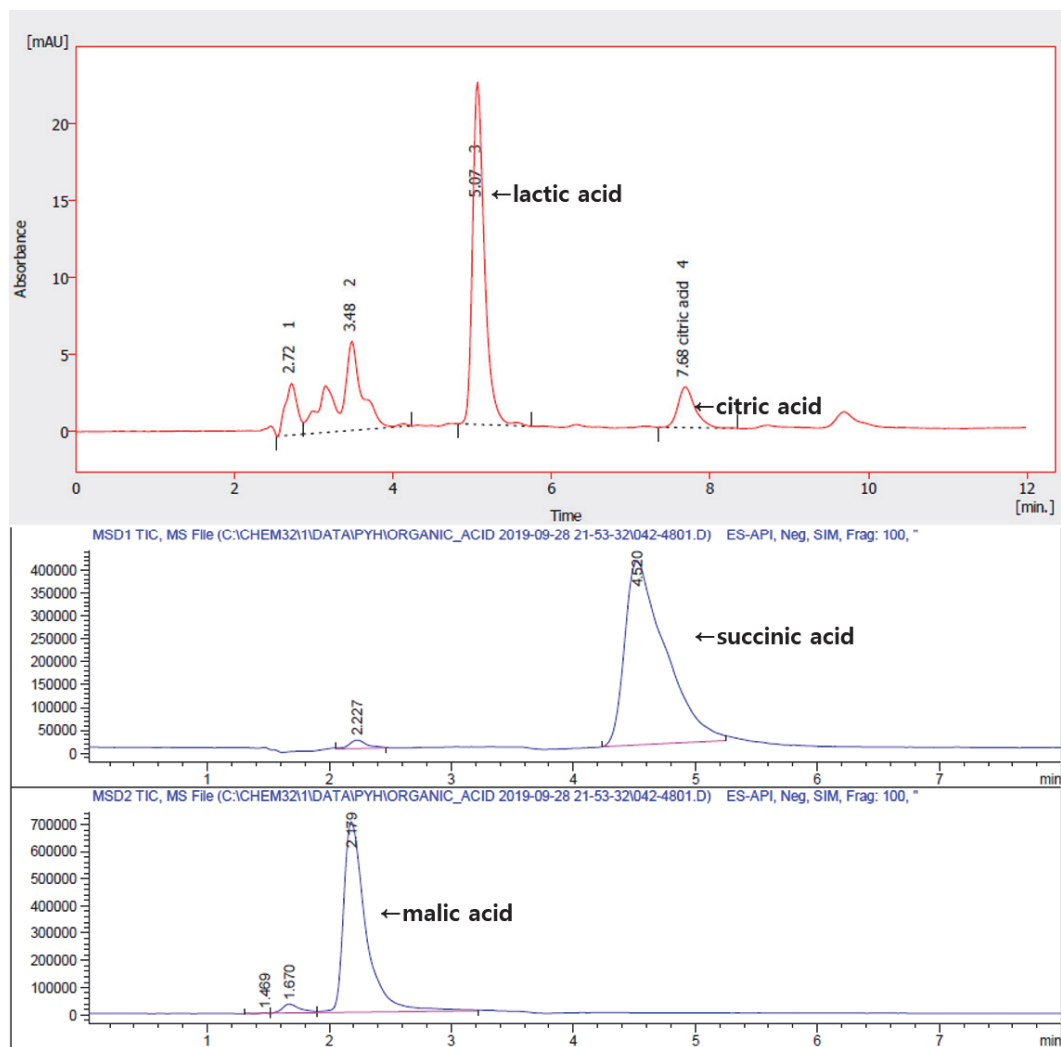
(C)



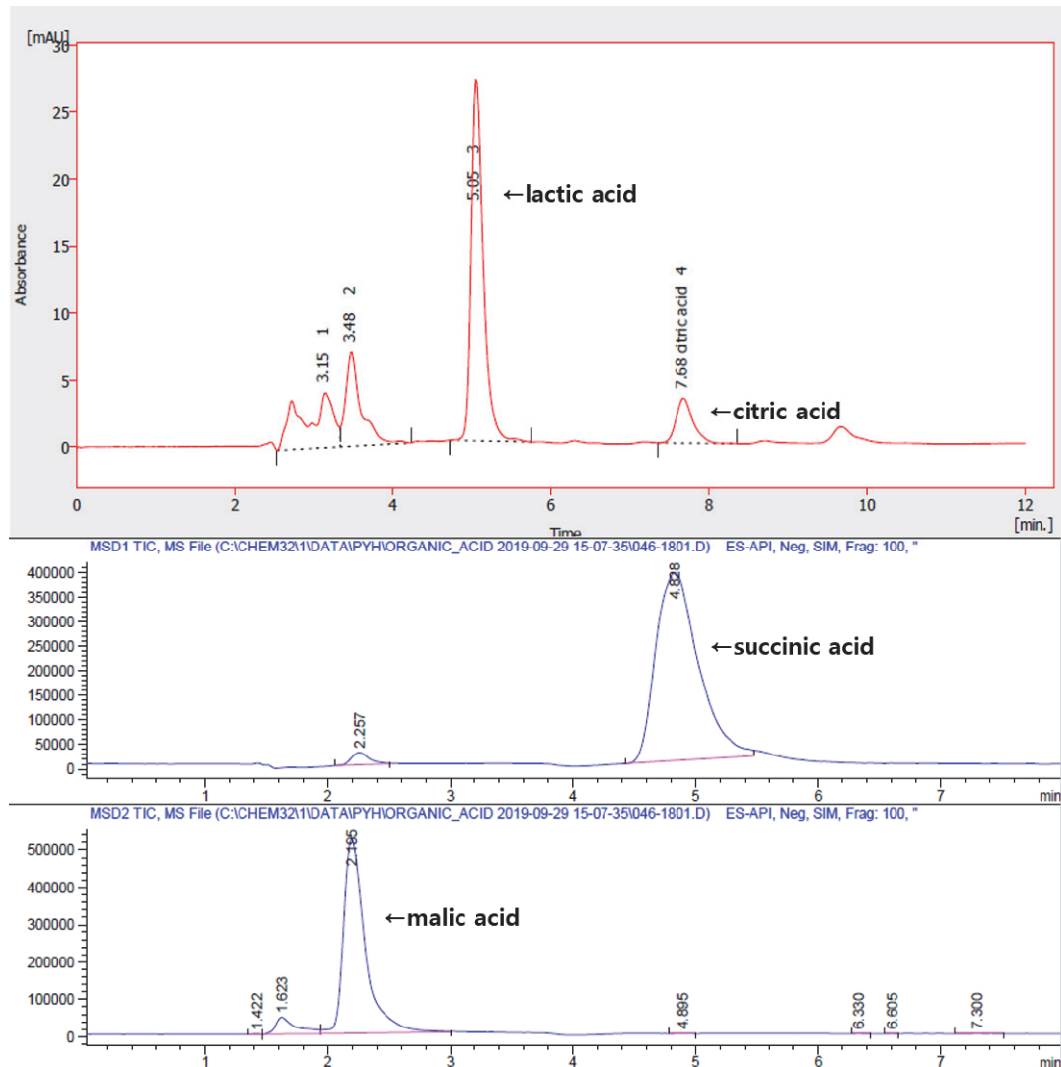
(D)



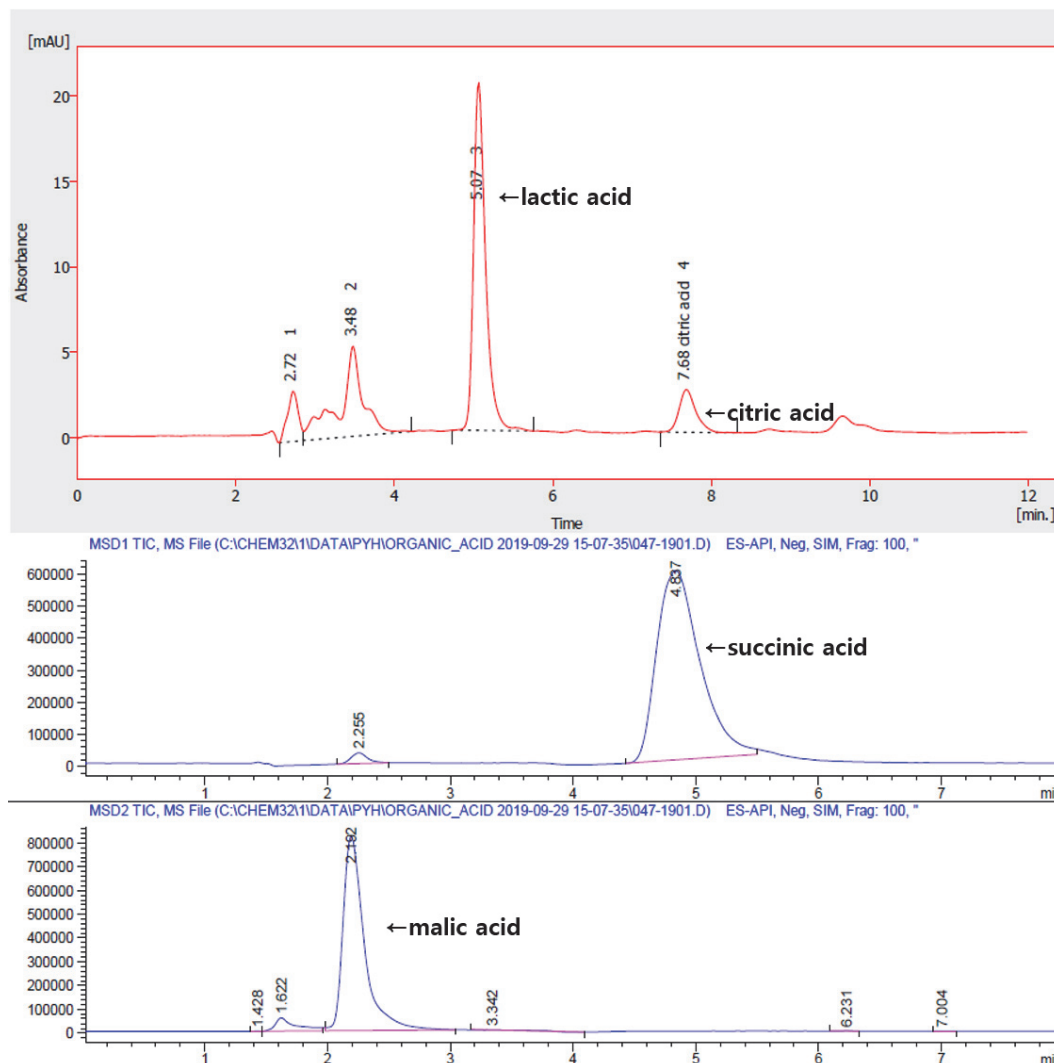
(E)



(F)



(G)



(H)

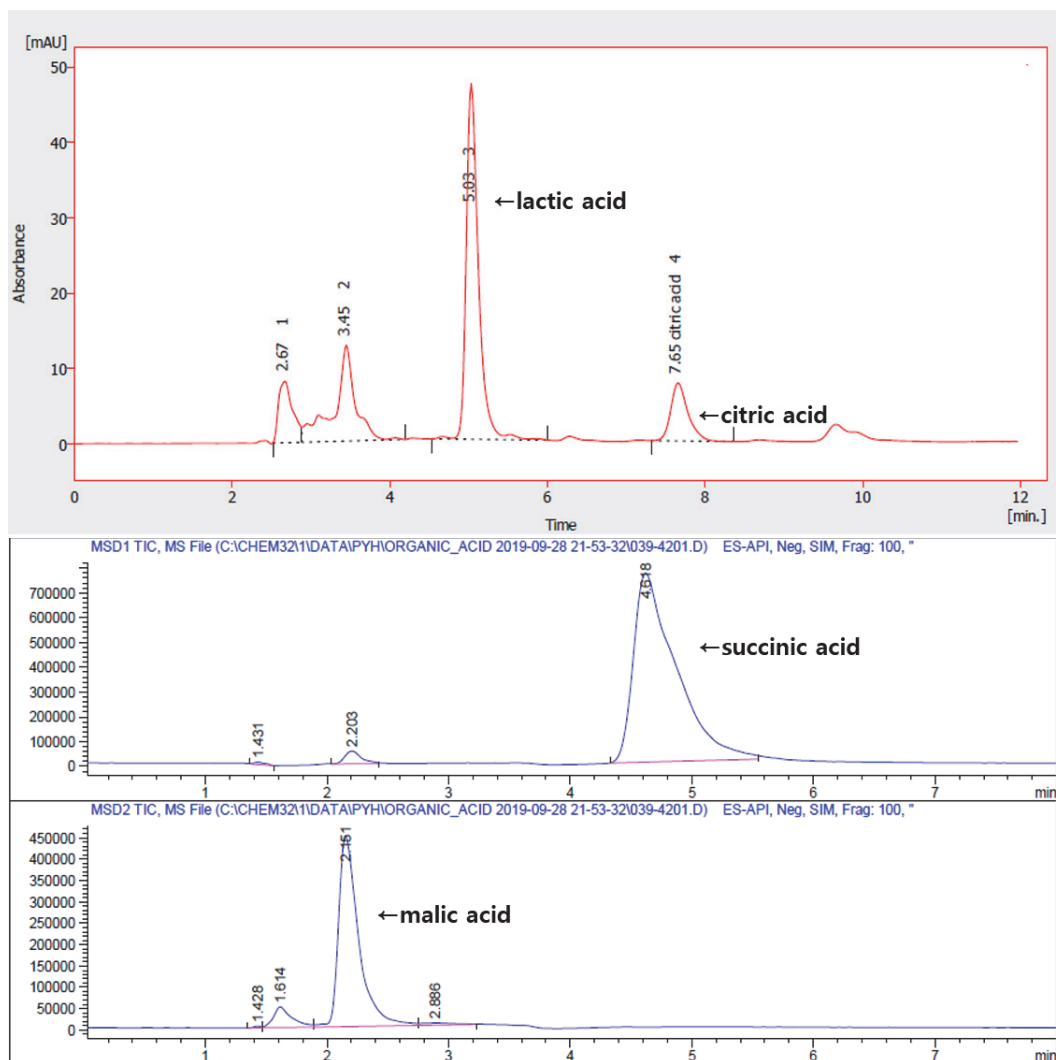


Fig. 7. Chromatogram of organic acid during fermentation time of yogurt added with fruit powders. (A) Organic acid standards. (B) Control, (C) SY1, (D) SY2, (E) SY3, (F) SY4, (G) SY5, (H) SY6

6. 항산화 활성

1) DPPH radical 소거활성

DPPH는 짙은 보라색을 띠는 안정한 라디칼로써 시료의 전자 공여능을 통해 항산화능력을 측정할 수 있는 실험이다. DPPH 소거활성 결과는 mg trolox 당량값인 mg TE/ml로 표시하였고, 과일 분말을 첨가한 요구르트의 발효 시간에 따른 DPPH의 변화는 Table 7과 Fig. 7과 같다. 각 시료의 DPPH radical 소거활성은 배양시간이 경과함에 따라 대체적으로 증가하였다. 배양 24시간 이후에 SY3 시료를 제외한 모든 과일 요구르트는 대조군에 비해 높은 소거율을 보이는 것으로 나타났다($P < 0.05$). 특히 오디 요구르트인 SY2는 배양 12시간에 0.16 mg TE/mL, 24시간에 0.33 mg TE/mL로 나타나 대조군에 비해 각각 5.3배와 11배나 높은 소거활성을 나타내어 오디 성분중에는 DPPH 라디칼 소거활성이 높은 유효활성 성분이 함유된 것을 알 수 있다. Sung과 Choi(11)의 연구에서 발효 전 대조군의 DPPH 소거능은 16.30%인 것에 비해 3% 오디 분말을 첨가한 요구르트는 49.08%로 오디 요구르트의 DPPH 소거활성이 높았으며 24시간 발효동안 대조군 보다 높은 소거활성을 유지하였다고 보고하였다. 일반적으로 과일에 함유된 페놀산과 플라보노이드 화합물 등은 항산화 활성이 항산화 영양소인 비타민 C나 비타민 E 보다도 높은 것으로 보고되어 왔다.

2) ABTS radical 소거활성

시료 중에 항산화 활성 물질 특히 페놀성 물질의 함량이 높을수록 ABTS 라디칼 소거활성은 증가되는 것으로 알려져 왔다. 본 실험의 과일 요구르트는 DPPH에서와 같이 요구르트 배양 12시간 이후 모든 시료에서 대조군에 비해 높은 소거활성을 나타내었다. 특히 DPPH에서와 같이 시료 SY2의 오디 첨가 요구르트는 12 시간 배양 후 2.47 mg TE/mL로 나타나 모든 시료 중 가장 높은 ABTS 소거활성을 나타내었고 대조군에 비해 47.9% 높은 소거활성으로 비교되었다 (Table 7, Fig. 8). 6개의 과일첨가 시료 중 청포도 첨가 SY3는 2.02 mg TE/mL로 측정되어 가장 낮은 소거활성으로 나타났다($P < 0.05$). 이들 시료의 24시간 배양 후의 ABTS 소거활성은 SY1 \geq SY6 > SY5 > SY2 > SY4 > SY3 의 순으로 소거율이 높은 것으로 비교되었다. 전체적으로 체리와 오디와 같은 베리류 및 사과분말의 첨가 시료가 포도류 분말의 첨가 시료 보다 DPPH와 ABTS 라디칼 소거율이 높은 것으로 비교되었다. 일반적으로 대부분의 페놀성 물질이 유리 라디칼을 효과적으로 제거하지만 라디칼의 기질에 따라 선택적으로 작용하는 페놀성 물질이 존재하기 때문에 특정 시료의 DPPH와 ABTS 라디칼 소거율의 결과는 대부분 일관된 경향으로 나타나지 않는다.

3) FRAP(ferric reducing antioxidant power) 측정

FRAP 활성은 화합물의 환원력(ferric reducing ability)을 측정하는 것으로 Fe^{3+} -TPTZ이 환원제에 의해서 Fe^{2+} -TPTZ으로 환원되는 원리를 이용한 것이며, 이는 DPPH 및 ABTS 실험방법과는 다른 메커니즘의 항산화 활성 측정 방법이다(54-55). 모든 시료의 FRAP 측정 결과는 mg trolox 당량값으로(mg TE/mL)으로 표시하였고, 과일 분말을 첨가한 요구르트의 발효 시간에 따른 FRAP의 변화는 Table 7과 Fig. 9과 같다. 표 에서와 같이 과일분말 첨가 시료군의 환원력은 배양 12 시간부터 대조군에 비해 모두 1.1-2.4배 높은 환원력을 보여 주었다. 특히 오디 요구르트인 SY2의 환원력은 대조군의 4.30 mg TE/mL과 3.89 mg TE/mL에 비해 12시간(10.47 mg TE/mL) 과 24시간(16.39 mg TE/mL) 발효 후에 각각 2.4배와 4.2배 더 높은 환원력을 나타내어 라디칼 소거활성의 결과와 일치하는 것으로 나타났다. FRAP 측정을 통한 전체적인 과일 시료의 환원력은 SY2 >SY6 >SY1 >SY5 >SY4 >SY3의 순으로 높게 나타나 베리류와 천도 복숭아를 첨가한 요구르트 시료가 다른 과일 첨가군에 비해 우수한 환원력으로 인한 항산화 활성으로 비교되었다.

Table 7. Changes in DPPH, ABTS, FRAP during fermentation of yogurt added with fruit powders.

	Time (h)	Sample						
		C	SY1	SY2	SY3	SY4	SY5	SY6
DPPH	0H	0.01± _D ^{bDE} 0.00 _D	0.04± _B ^{bB} 0.01 _B	0.14± _A ^{cA} 0.00 _A	0.02± _C ^{cC} 0.00 _C	0.02± _E ^{bCD} 0.00 _E	0.01± _E ^{cE} 0.00 _E	0.02± _B ^{bCD} 0.01 _B
	12H	0.03± _D ^{aBC} 0.00 _D	0.05± _B ^{bB} 0.00 _B	0.16± _A ^{bA} 0.00 _A	0.03± _{BC} ^{bC} 0.02 _{BC}	0.02± _{BCD} ^{bCD} 0.00 _{BCD}	0.02± _{BCD} ^{bCD} 0.00 _{BCD}	0.01± _{CD} ^{cD} 0.00 _{CD}
	24H	0.03± _{AD} ^{bD} 0.00 _{AD}	0.09± _{AB} ^{aB} 0.00 _{AB}	0.33± _A ^{aA} 0.00 _A	0.03± _D ^{bD} 0.00 _D	0.04± _{AD} ^{aD} 0.00 _{AD}	0.08± _{AB} ^{aB} 0.00 _{AB}	0.05± _{AC} ^{aC} 0.00 _{AC}
ABTS	0H	1.70± _D ^{bD} 0.04 _D	2.42± _{BA} ^{aA} 0.01 _{BA}	2.23± _{BB} ^{bB} 0.04 _{BB}	2.03± _{BC} ^{bC} 0.01 _{BC}	2.02± _{CC} ^{cC} 0.01 _{CC}	2.00± _{BC} ^{bC} 0.01 _{BC}	2.17± _{BC} ^{bBC} 0.05 _{BC}
	12H	1.67± _C ^{bC} 0.05 _C	2.33± _{CA} ^{aA} 0.00 _{CA}	2.47± _{AA} ^{aA} 0.00 _{AA}	2.02± _{BB} ^{bB} 0.01 _{BB}	2.18± _{BB} ^{bB} 0.02 _{BB}	2.07± _{BB} ^{bB} 0.03 _{BB}	2.06± _{BB} ^{bB} 0.02 _{BB}
	24H	1.95± _C ^{bC} 0.04 _C	2.50± _{AA} ^{aA} 0.00 _{AA}	2.46± _{AB} ^{aAB} 0.00 _{AB}	2.37± _{AB} ^{aB} 0.01 _{AB}	2.44± _{AB} ^{aAB} 0.01 _{AB}	2.47± _{AB} ^{aAB} 0.00 _{AB}	2.50± _{AA} ^{aA} 0.00 _{AA}
FRAP	0H	3.43± _{CD} ^{bCD} 0.27 _{CD}	4.07± _{BC} ^{bBC} 0.59 _{BC}	9.16± _{BA} ^{bA} 0.46 _{BA}	3.58± _{CD} ^{bCD} 0.30 _{CD}	3.58± _{CD} ^{bCD} 0.39 _{CD}	5.00± _B ^{bB} 0.53 _B	4.66± _{BC} ^{bBC} 1.08 _{BC}
	12H	4.30± _{BB} ^{bB} 0.09 _{BB}	4.54± _{BB} ^{bB} 0.68 _{BB}	10.47± _{BA} ^{bA} 1.38 _{BA}	5.66± _B ^{bB} 1.95 _B	4.98± _B ^{bB} 1.20 _B	6.1± _B ^{bB} 0.32 _B	5.16± _B ^{bB} 0.86 _B
	24H	3.89± _{AD} ^{aD} 0.18 _{AD}	5.62± _{ABC} ^{aBC} 0.04 _{ABC}	16.39± _{AA} ^{aA} 1.27 _{AA}	4.05± _{CD} ^{bCD} 0.25 _{CD}	4.22± _{CD} ^{bCD} 0.50 _{CD}	5.23± _{BC} ^{bBC} 0.46 _{BC}	6.01± _B ^{bB} 1.74 _B

All values are means of determinations in three independent experiments.

Values are means±standard deviation.

¹⁾ Means with different superscripts in a row (A-E) and a column (a-c) are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

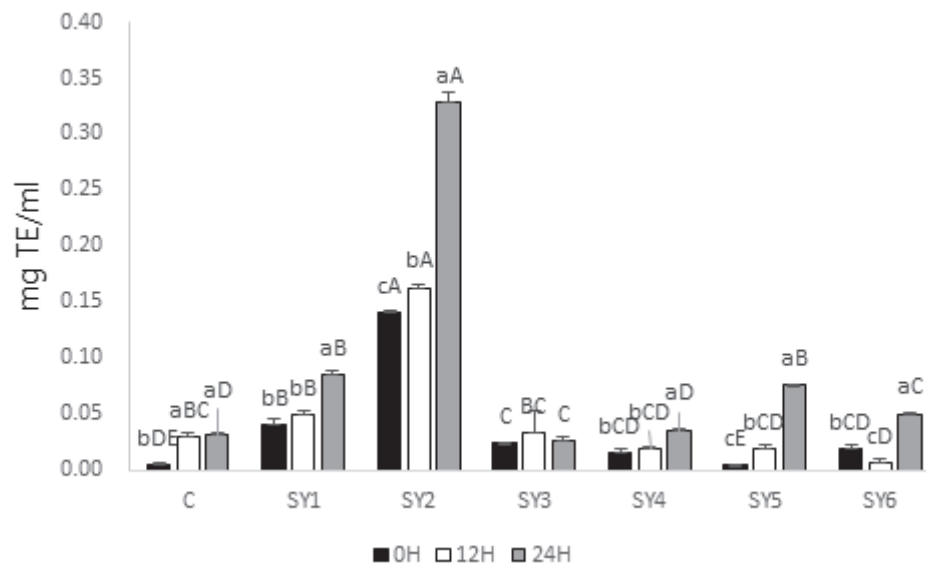


Fig. 8. Changes in DPPH during fermentation of yogurt added with fruit powders.

All values are means of determinations in three independent experiments.

Means with the same lettered superscripts on the bar are not significantly different at the 5% level.

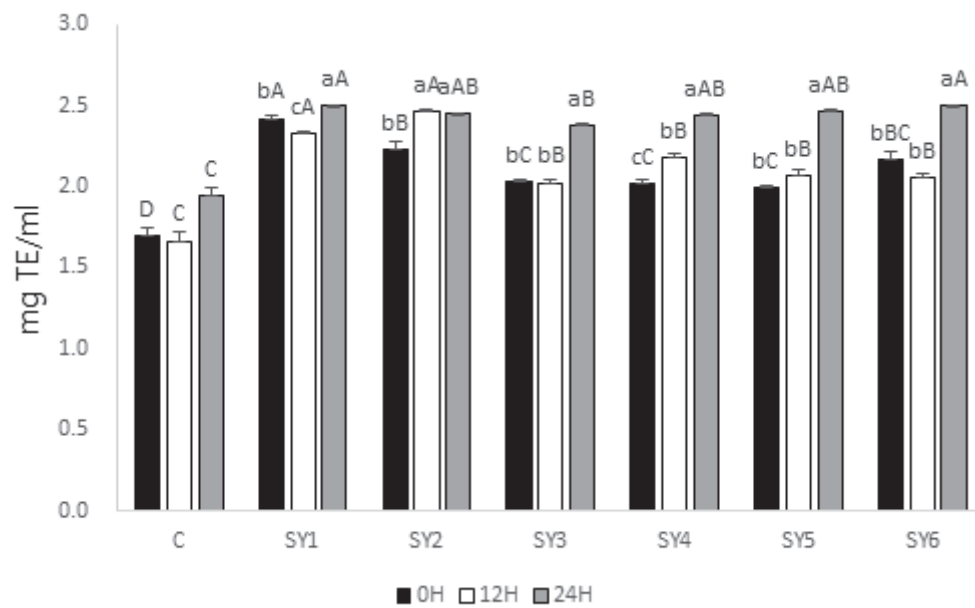


Fig. 9. Changes in ABTS during fermentation of yogurt added with fruit powders.

All values are means of determinations in three independent experiments.

Means with the same lettered superscripts on the bar are not significantly different at the 5% level.

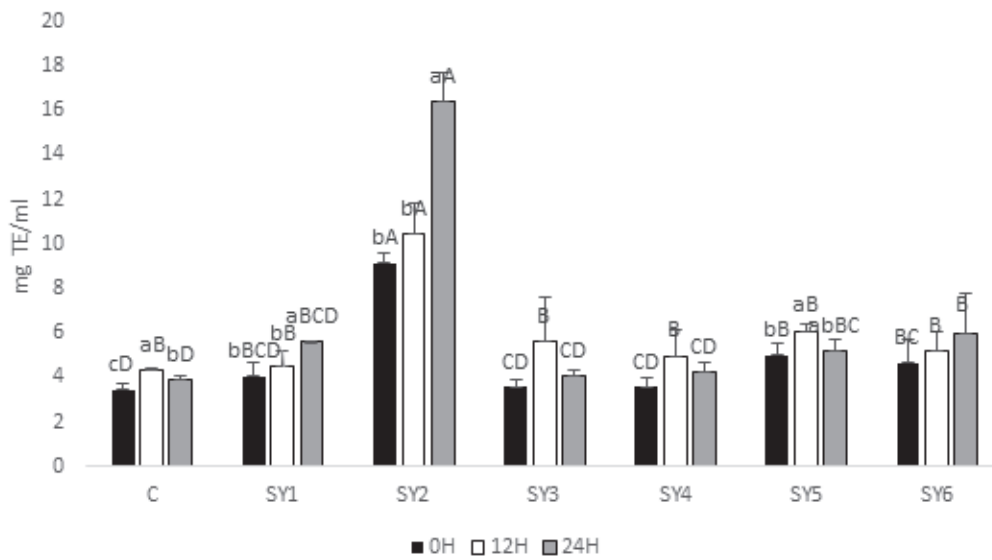


Fig. 10. Changes in FRAP during fermentation of yogurt added with fruit powders.

All values are means of determinations in three independent experiments.

Means with the same lettered superscripts on the bar are not significantly different at the 5% level.

V. 결 론

과일 분말의 첨가가 요구르트의 품질 특성과 항산화 활성의 기능성에 미치는 영향을 측정한 결과는 다음과 같다.

1. 과일 분말을 첨가한 요구르트의 pH는 발효 24시간 이후 모든 요구르트의 pH가 4.11-4.25으로 나타나, 일반 요구르트 pH 규격 범위에 해당하였다.

2. 적정산도 결과는 발효 12시간 이후 요구르트의 산도가 0.90-1.43%로 나타나, 시판 요구르트 산도의 적정범위 내에 있는 것으로 나타났다. 요구르트의 발효시간은 산도를 기준으로 청포도 요구르트를 제외한 나머지 과일군은 12시간, 청포도 요구르트는 24시간 배양하는 것이 적합한 것으로 평가되었다.

3. 생균수 결과는 12시간 발효 이후 식품공전에서 제시한 농후 발효유의 젖산균 수 8.0 log CFU/ml 이상을 유지하는 것으로 나타나 요구르트의 품질 규격에 적합한 것으로 나타났다. 오디 요구르트의 경우 24시간 발효에서 9.05 ± 0.04 log CFU/ml로 가장 높은 생균수를 나타내었다.

4. 요구르트 시료의 총 페놀 함량은 24h 발효 후에 대조군에 비해 1.2-2.1배 이상 높은 함량으로 나타나 각 시료의 총 폴리페놀 함량의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 오디분말을 첨가한 요구르트의 경우 24시간 발효 후 대조군(플레인 요구르트)에 비해 약 4.2배가 증가하였으며, 과일 요구르트 시료 중 총 페놀 함량이 가장 높은 것으로 나타났다.

5. 모든 과일 요구르트의 총 플라보노이드 함량은 발효시간의 경과에 따라 증가하였다.

6. 요구르트 시료에 함유된 유기산의 종류는 lactic acid, citric acid, malic acid, 그리고 succinic acid의 4종의 유기산이 검출되었다. Lactic acid의 함량은 모든 유기산 중에서 가장 높은 비중을 차지하였으며, 발효 전보다 24시간 발효 후에 유기산의 함량은 증가하는 것으로 나타났다. 총 유기산의 농도가 가장 높은 시료는 베리류인 오디와 체리 첨가군인 SY2와 SY1의 순으로 비교되었다.

7. 요구르트 시료의 항산화 활성은 DPPH와 ABTS 라디칼 소거활성 및 FRAP의 환원력 시험을 통해 평가하였으며, 각 시료의 항산화 활성의 크기는 mg trolox 당량값 (mg trolox/mL)으로 나타내었다. 전체적으로 체리와 오디와 같은 베리류 및 사과분말의 첨가 시료가 포도류 분말의 첨가 시료 보다 DPPH와 ABTS 라디칼 소거율이 높은 것으로 비교되었다. FRAP 측정을 통한 과일 요구르트의 환원력은 SY2 >SY6 >SY1 >SY5 >SY4 >SY3의 순으로 대조군의 플레인 요구르트 보다 모두 높게 나타났으며 특히 베리류인 오디와 체리 및 천도 복숭아를 첨가한 요구르트 시료가 다른 과일 첨가 군에 비해 환원력이 높은 것으로 비교되었다. 따라서 6종의 과일분말을 첨가한 요구르트 시료는 플레인 요구르트에 비해 DPPH, ABTS, FRAP측정을 통한 항산화 활성이 모두 우수한 것으로 나타났으며, 이 같은 결과는 과일 시료에 함유된 총 페놀, 총 플라보노이드, 그리고 유기산 함량 등이 영향을 미친 것으로 평가되었다. 특히 베리류인 오디와 체리의 첨가는 다른 과일 요구르트에 비해 항산화 활성이 가장 높은 것으로 나타나, 항산화 기능이 향상된 요구르트 제조에는 오디와 체리 등의 베리류의 활용이 가장 적합한 소재로 평가되었다.

참 고 문 헌

1. Yoon, J. W., Kim, H. N., Ha, T. J., Park, S. H., Lee, S. M., Ahn, S. I., Jhoo, J. W., & Kim, G. Y. (2016). Antioxidant Activity of Greek-style Yogurt with Stevia Leaf Extracts. *Journal of Milk Science and Biotechnology*, 34(4), 263 - 270.
2. Kim, S. K., & Lim, S. D. (2018). Functionality and Research Trend of Probiotics. *Food Industry and Nutrition*, 23(1), 18-24.
3. Shah, N. P. (2007). Functional cultures and health benefits. *International dairy journal*, 17(11), 1262-1277.
4. Harte F, L Luedecke, B Swanson, GV Barbosa- Canovas. (2003). Low-fat set yogurt made from milk subjected to combinations of high hydrostatic pressure and thermal processing. *J Dairy Sci*, 86,1074-1082
5. Shah, N. P. (1999). Probiotic bacteria: Antimicrobial and antimutagenic properties. *Probiotica*, 6, 1 - 3.
6. Yoon, H., Benamouzig, R., Little, J., Francois-Collange, M., & Tome, D. (2000). Systematic review of epidemiological studies on meat, dairy products, and egg consumption and risk of colorectal adenomas. *European Journal of Cancer Prevention*, 9, 151 - 164.

7. Shah, N. P. (2000c). Some beneficial effects of probiotic bacteria. *Bioscience Microflora*, 19, 99 - 106.
8. Klaver, F. A. M., & Meer, R. V. D. (1993). The assumed assimilation of cholesterol by lactobacilli and *Bifidobacterium bifidum* is due to their bile salt deconjugating activity. *Applied and Environmental Microbiology*, 59, 1120 - 1124.
9. Jung, H. A., Kim, A. N., Ahn, E. M., Kim, Y. J., Park, S. H., Lee, J. E., & Lee, S. M. (2011). Quality Characteristics of Curd Yogurt with Sweet pumpkin. *Korean Journal of Food Preservation*, 18(5), 714-712
10. Kim, K. H., Hwang, H. R., Jo, J. E., Lee, S. Y., Kim, N. Y., & Yook, H. S. (2009). Quality Characteristics of Yogurt Prepared with Flowering Cherry (*Prunus serrulata* L. var. *spontanea* Max. wils.) Fruit Powder during Storage. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 38(9), 1229 - 1236.
11. Sung, J. M., & Choi, H. Y. (2014). Effect of Mulberry Powder on Antioxidant Activities and Quality Characteristics of Yogurt. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 43(5), 690 - 697.
12. Cho, Y. S., Cha, J. Y., Kwon, O. C., Ok, M., Shin, S. R. (2003). Preparation of Yogurt Supplemented with Sweet Persimmon Powder and Quality Characteristics. *Korean journal of food preservation*, 10(2), 175-181

13. Bae, I. H., Choi, H. Y., Jung, Y. H. (2011). Effects of Dandelion (*Taraxacum mongolicum*) Powder on Quality Properties of Yoghurt. *Journal of Milk Science and Biotechnology (JMSB)*, 29(1), 41-47.
14. Kim, D. C., & In, M.-J. (2016). Preparation and characteristics of yogurt added with Korean rice wine lees powder. *Journal of Applied Biological Chemistry*, 59(4), 345 - 349.
15. Cho, I. S., Bae, H. C., Nam, M. S. (2003). Fermentation Properties of Yogurt Added by *Lycii fructus*, *Lycii folium* and *Lycii cortex*. *Korean journal for food science of animal resources*, 23(3), 250-261
16. Oh, H. S., & Kang, S. T. (2015). Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Yogurt Added with *Acanthopanax* Powder. *Korean journal of food science and technology*, 47(6), 765 - 771.
17. Cho, J. R., Kim, J. H., In, M. J. (2007). Articles : Effect of Garlic Powder on Preparation and Quality Characteristics of Yogurt. *Applied Biological Chemistry*, 50(1), 48-52.
18. Ahn, B. Y., Kim, D. H., & Choi D. S. (2004). The Effects of Freeze-Dried Potato Flour Addition on the Fermentation Characteristics of Yogurt, *The Korean journal of food and nutrition*, 17(4), 374 - 381
19. Woo, S. H., Park, S. J., Lee, J. Y. Jhoo, J. W., & Kim, G. Y. (2008).

Effects of Potato Flour Addition on Characteristics on the Fermentation of Yoghurt, *Annals of animal resources sciences*, 19, 32-37

20. Kim, J. Y., Kwon, S. J., Kang, H. I., Lee, J. H., Kang, J. S., & Seo, K. I. (2013). Quality Characteristics and Antioxidant Effects of Peanut Sprout Soybean Yogurt. *Korean Journal of Food Preservation*, 20(2), 199 - 206.

21. Bang, B. H., & Park, H. H. (2000). Preparation of Yogurt Added with Green Tea and Mugwort Tea and Quality Characteristics. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 29(5), 854-859.

22. Lee, J. S., Choi, H. Y., & Bae, I. Y. (2013). Quality Properties of Yogurt Added with Bokbunja (*Rubus coreanus* Miquel) Wine. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 33(6), 806 - 816.

23. Park, S. I., Lee, S. R., & Kim, M. S. (2018). Quality Characteristics and Functionality of Yogurt Added with *Momordica charantia* L.. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 47(12), 1251-1258.

24. Jung, G. T., & Ju, I. O. (1997). Studies on the Preparation of Yogurt from Milk Added Purple Sweet Potato Powder, *The Korean journal of food and nutrition*, 10(4), 458-461

25. Lee, S. T., Kim, M. B., Kim, D. K., Ryu, J. S., Lee, H. J., & Heo, J.

- S. (1998). Production of Curd Yogurt from *Platycodon grandiflorum*(Jacq.) A.DC., Korean Journal of Medical Crop Science, 6(4), 265-270
26. Lee, J. Y., & Bae, H. C. (2009). Preparation of Fermented Milk Added with Powder of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* and Its Sensory Characteristics. Journal of the East Asian Society of Dietary Life, 19(6), 967-974.
27. Lee, Y. J., Kim, S. I. & Han, Y. S. (2008). Original Articles : Antioxidant Activity and Quality Characteristics of Yogurt Added Yuza(*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) Extract. The Korean journal of food and nutrition, 21(2), 135-142.
28. Jung, H. A., Kim, A. N., Ahn, E. M., Kim, Y. J., Park, S. H., Lee, J. E., & Lee, S. M. (2011). Quality Characteristics of Curd Yogurt with Sweet pumpkin. Korean Journal of Food Preservation, 18(5), 714 - 720.
29. Park, H. M., Yang, S. J., Kang, E. J., Lee, D. H., Kim, D. I., & Hong, J. H. (2012). Quality Characteristics and Granule Manufacture of Mulberry and Blueberry Fruit Extracts. Korean Journal of Food and Cookery Science, 28(4), 375 - 382.
30. Ju, M. J., Kwon, J. H., Kim, H. Ku. (2009). Physiological Activities of Mulberry Leaf and Fruit Extracts with Different Extraction Conditions. Korean J. Food Preserv., 16(3), 442-448.

31. Park, H. J., Lee, M. J., & Lee, H. R. (2016). Vitamin C and antioxidant capacity stability in cherry and romaine during storage at different temperatures. *Journal of Nutrition and Health*, 49(1), 51-58
32. Jeon, J. E., & Lee, I. S., (2019). Effects of Adding Green Grape Juice on Quality Characteristics of Konjak Jelly, *Journal of the Korean Society of Dietary Culture*, 34(5), 629-636
33. Kim, J. Y., Seong, G. U., Hwang, I. W., & Chung, S. K. (2015). Correlation between Antioxidant Capacities and Color Values in Korean Red Grape Juices. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 44(8), 1206 - 1211.
34. Lee, E. H., Kim, B. O., Cho, Y. J., (2017). Inhibitory activities on biological enzymes of extracts from *Oplismenus undulatifolius*. *Journal of Applied Biological Chemistry*, 60(2), 101 - 108.
35. Farag, R. S., Badei, A. Z. M. A., Hewedi, F. M., & El Baroty, G. S. A. (1989). Antioxidant activity of some spice essential oils on linoleic acid oxidation in aqueous media. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66(6), 792-799.
36. Frei B. 1994. Natural antioxidants in human health and disease. Academic Press Publisher, Cambridge, MA, USA. p40-55.

37. Kim, I. R., (2015). Inhibitory Effects of Apple Peel Extract on Inflammatory Enzymes. *Korean journal of food science and technology*, 47(4), 534 - 538.
38. Youn, S. J., Lee, E. T., Cho, J. G., & Kim, D. J. (2010). Effect of Enzyme Treatment on Functional Properties of Nectarine Beverage. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 39(9), 1379 - 1383.
39. Jung, K. I., Jung, H. N., Ha, N. Y., & Choi, Y. J. (2018). Physicochemical Properties, and Antioxidative and Alcohol-metabolizing Enzyme Activities of Nectarine Vinegar. *Journal of Life Science*, 28(10), 1193-1200.
40. Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
41. Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food chemistry*, 64(4), 555-559.
42. Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
43. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-E

vans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.

44. Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.

45. Kwon, H. J., & Park, C. S. (2008). Biological activities of extracts from Omija (*Schizandra chinensis* Baillon). *Korean Journal of Food Preservation*, 15(4), 587-592.

46. Kim, M. S., Ahn, E. S., & Shin, D. H. (1993). Physico-chemical properties of commercial yoghurt in Korea. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 25(4), 340-344.

47. Kim, H. K., Bae, H. C., Nam, M. S., (2003). Fermentation Properties of Mulberry Yogurt. *Korean Journal of Agricultural Science*, 30(1), 66-75.

48. Lee, H. W., Shin, D. H., Lee, W. C. , (1998). Morphological and Chemical Characteristics of Mulberry (*Morus*) Fruit with Varieties *Koren J Seric. Sci*, 40(1), 1-7.

49. Amorose, M. J. and M. C. Manca. 1998. Glucose, galactose, fructose, lactose and sucrose utilization by *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus*

thermophilus isolated from commercial yogurt. *Milchwissenschaft*. 43 : 623-631

50. Park, Y. K., & Kim, J. H., (2016). Antioxidant Activity, Total Phenolics, Vitamin C and Sugar Content during Fruit Ripening of Five Different Jujube Cultivars. *Korean J. Plant Res.*, 29(5), 539-546.

51. Hyon, J. S., Kang, S. M., Mahinda, S., Koh, W. J., Yang, T. S., Oh, M. C., Oh, C. K., Jeon, Y. J., Kim, S. H. (2010). Antioxidative Activities of Extracts from Dried Citrus sunki and C. unshiu Peels. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 39(1), 1 - 7.

52. Kim, E. J., Choi, J. Y., Yu, M. R., Kim, M. Y., Lee, S. H., & Lee, B. H. (2012). Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 44(3), 337-342.

53. Cho, Y. S., Cha, J. Y., Kwon, O. C., Ok, M., & Shin, S. R. (2003). Preparation of yogurt supplemented with sweet persimmon powder and quality characteristics. *Korean Journal of Food Preservation*, 10(2), 175-181.

54. Jung, K. M., Kim, S. Y., & Lee, S. H. (2017). In vitro correlation and analysis of anti-oxidant and anti-inflammatory activities by fruit ripening of peach cultivars. *Korean Journal of Food Preservation*, 24(5), 638 - 646.

55. Yoo, K. M., Kim, D. O., & Lee, C. Y. (2007). Evaluation of different methods of antioxidant measurement. *Food science and biotechnology*, 16(2), 177-182.

ABSTRACT

Effect of Fruit Powders on Quality Characteristics of Yogurt

- Effect of Fruit Powder Addition on Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Yogurt -

Chang Ya Chun

Department of Food and Nutrition

Graduate School of

Sungshin University

The purpose of this study is to develop healthy functional yogurt with enhanced antioxidant activity using lyophilized powder of six fruits. Fruit powders were *Prunus pauciflora bunge*, *Morus*, *Vitis vinifera L.*, *Vitis romanetii Roman*, *Malus pumila*, *Prunus persica var. nucipersica*. HPLC system (KNAUER, Azura) was used to analyze lactic acid and citric acid and LC-MS was used to analyze malic and succinic acid. The content of lactic acid was the most important of all organic acids. A significant decrease in pH (4.11-4.25) and an increase in titratable acidity (0.90-1.43%) were noted in yogurt during 24 hour fermentation. The viable cell count maintained more than 8.0 log CFU/ml of lactic acid bacteria suggested by Korea Food Standards Codex. Antioxidant activity was measured using FRAP of reducing power assay and DPPH

and ABTS radical scavenging activity. All functional yogurt with added 6 fruit powder showed higher of antioxidant activity than that of control, plain yogurt. In general, berry (*Prunus pauciflora bunge*, *Morus*) and apple (*Malus pumila*) yogurt had higher DPPH and ABTS radical scavenging rate than grape (*Vitis vinifera L*, *Vitis romanetii roman*) yogurt. Total phenol content, total flavonoid content, and total organic acids in functional yougurt with added fruit powder increased with the fermentation time. Especially, berry yogurts such as SY2 and SY1 containing mulberry and cherry, respectively is optional for developing a functional yogurt with high antioxidant activity.