KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 49, No. 6, pp. 625~631 (2017)
https://doi.org/10.9721/KJFST.2017.49.6.625

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

©The Korean Society of Food Science and Technology

레몬그라스 열수 추출물의 첨가가 호상 요구루트의 품질 특성 및 산화방지 활성에 미치는 영향

김민주 · 강성태*
서울과학기술대학교 식품공학과

Effect of lemon grass hot-water extracts on the quality characteristics and antioxidant activity of curd yogurt

MinJu Kim and SungTae Kang*
Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology

Abstract This study was performed to examine the quality characteristics and antioxidant activity of curd yogurt with varying content (0.5-2% (w/w)) of lemon grass hot-water extract (LGHWE). The pH decreased with higher LGHWE content until 8 h, with the treated groups showing higher pH values than the control group after 12 h. The viscosity and the viable cell counts of the yogurt with 2% LGHWE were significantly lower than those of the control group during fermentation. Color values of LGHWE yogurt were lower in terms of brightness, whereas redness and yellowness values were higher compared to the control. The DPPH radical scavenging activity and soluble content significantly increased with higher LGHWE content. Consumer acceptability score of yogurt with 0.5% LGHWE was ranked higher than that of other yogurts. Yogurt containing 0.5% LGHWE showed no differences in pH and titratable acidity compared to control after storage at 4°C for 14 days.

Keywords: curd yogurt, lemon grass hot-water extracts, quality, antioxidant activity, consumer acceptability

서 론

요구르트는 전유 또는 탈지 우유를 젖산세균으로 발효시킨 것에 산미와 향미를 강화시킨 발효유 제품으로 주원료인 우유의 영양성분을 비롯해 다량의 젖산세균이 함유되어있는 완전식품이다. 또한 요구르트는 젖산세균의 발효에 의해 락트산(lactic acid), 펩톤(peptone), 펩타이드(peptide), 올리고당(oligosaccharides) 등이 생성되어 우유보다 영양적가치가 우수하며 소화율이 향상된 유제품으로 젖당의 소화불량을 예방하고 독특한 풍미와 다양한 생리적인 건강기능성을 가지고 있다(1-3). 요구르트의 영양학, 생리학적 기능으로는 젖산세균의 장내 증식에 의해 장내환경을 변화시켜 유해세균의 감소와 장내 미생물 균총의 정상화 및 정장작용, 장 질환 및 설사와 변비 예방, 혈중 콜레스테롤 저하, 면역 증진 및 항암작용 등이 보고되었으며(4-7), 고지혈증 및 당뇨병과 같은 질병의 예방 및 치료효과(8)를 포함하여 다양한 분야에서 연구가 진행되고 있다. 최근 건강 기능성 식품에 대한 소비자들의 관심이 높아지면서 산수유(9), 대추(10), 발효고추(11), 진생베리(12), 오가피(13) 등의 천연소재를 이용하여 다양하게 제조된 요구르트가 있으며 기존 요구르트에 있는 기능성을 포함하여 산화방지 및 항균활성 등의 새로운 생리활성이 강화된 요구르트의 연구가 활발히 이루어지고 있다.

한편, 허브(Herb)는 산화방지 작용, 항균성 및 생리 작용 등의 기능성을 가진 물질 중 우리 실생활에서 쉽게 구할 수 있고 널리 섭취해 오고 있던 식품으로 줄기, 잎, 꽃, 뿌리 등의 부위를 인간이 유용하게 이용할 수 있는 식물의 총칭이다. 전 세계적으로 허브는 불쾌한 냄새를 없애기 위한 향신료로 많이 사용되고 다양한 방향성분에 의해 음식의 맛과 향을 증진시키며, 최근에는 화장품, 건강식품 등을 비롯하여 다양하게 이용되고 있다(14-17). 그 중에서 레몬그라스(*Cymbopogon citratus* lemon grass)는 볏과(Poaceae)의 여러해살이풀로 풀 전체에 레몬 향기가 나고 열대기후성 지역에서 주로 재배되어 동서양에서 널리 섭취해 오고 있던 허브 중 하나이다. 레몬그라스의 대표적인 품종으로는 동인도 레몬그라스(*Cymbopogon flexosus*)와 서인도 레몬그라스(*Cymbopogon citratus*)가 있다. 레몬그라스 잎으로 우려낸 차는 근육 이완, 진통, 해열 및 항경련성 작용과 스트레스 조절 등의 효과가 있는 것으로 밝혀져 우리나라에서도 레몬그라스의 온실재배가 이루어지고 있으며 최근 산화방지 및 항염증 작용이 밝혀져 기능성 식품원료로서 많은 가능성을 보이고 있다(18-20). 레몬그라스의 성분은 알파피넨(α-pinene), 캄펜(camphene), 리머넨(limonene), 미르센(myrcene) 등으로 구성되어 있으며 주성분은 시트랄(citral)이다. 시트랄은 레몬그라스 정유의 65-85%를 차지하고 강한 항균효과와 해충방제의 효과를 지닌다(21,22). 이러한 레몬그라스에 관한 연구로는 레몬그라스를 포함한 국내 허브류의 산화방지와 항균효과(16), 레몬그라스오일의 항살모넬라성(23), 모기 살충 및

*Corresponding author: Sung Tae Kang, Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Korea
Tel: +82-2-970-6736
Fax: +82-2-970-6460
E-mail: kst@seoultech.ac.kr
Received June 15, 2017; revised August 22, 2017;
accepted August 23, 2017

퇴치효과(24)가 있으며, Ahn 등(25)은 레몬그라스 추출물이 장내 세균의 생장을 억제한다고 보고하여 식품 기능성 신소재로 활용 가치가 높아지고 있다. 그러나 레몬그라스를 제외한 허브를 첨가한 두부(26), 매작과(27) 등의 품질특성이 다양한 소재에서 보고된 것에 비해 레몬그라스는 머핀(28) 이외에 실용화를 위한 연구가 다양하지 않다. 이에 본 연구에서는 기능성 소재인 레몬그라스를 열수 추출한 후 냉동 건조한 분말을 요구르트에 첨가하여 제조하고, 레몬그라스 분말 대체 비율에 따른 물리화학적(pH, 적정산도, 젖산세균수, 점성 등) 및 관능적 품질 특성, 저장성과 산화방지 활성을 비교함으로써 레몬그라스 요구르트의 최적 배합 비율과 유통기간을 찾아 레몬그라스의 기능성 및 부가가치가 향상된 맛과 품질이 우수한 건강기능성 요구르트를 개발하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 레몬그라스는 인터넷에서 레몬그라스 허브차(Ravah tea, Los Angeles, CA, USA)를 구입 후 건조된 레몬을 제거하고 분쇄하여 100메시(mesh)체로 내린 후 분말로 만들어 사용하였으며, 요구르트 제조에 사용된 기질은 우유와 탈지분유(Seoul Milk Co., Ltd., Seoul, Korea)를 사용하였다.

레몬그라스 열수 추출물 제조

분쇄한 레몬그라스 분말의 20배의 물을 넣고 24시간 동안 65°C 수욕상에서 추출하는 것을 2회 반복하였다. 2번에 걸쳐 나온 추출액을 합쳐서 1차 여과(No. 5A, Whatman International Ltd., Maidstone, UK)한 후 75°C의 수욕상에서 회전증발농축기(Rotavapor, R-210, Buchi, Flawil, Switzerland)로 감압 농축하고 동결건조(FDU-1200, Tokyo Rikakikai, Tokyo, Japan) 하였으며, 레몬그라스 동결건조 분말의 수율은 22.05%이였다. 시료의 산화를 방지하기 위해 –70°C에 냉동 보관하였다.

사용균주 및 배양

사용균주는 *Lactobacillus bulgaricus* (KTCT 3635), *Streptococcus thermophilus* (KTCT 5092)로 한국생명공학연구원 미생물자원센터(Daejon, Korea)로부터 분양받았으며, MRS broth (Difco, Sparks, NV, USA)에 접종하고 2회 계대 배양한 후에 고압 멸균된 10% (w/v) 탈지우유(skim milk, Difco, Sparks, NV, USA) 배지에서 2% (v/v) 접종하여 배양한 것을 스타터(starter)로 사용하였다.

호상 요구르트 제조

열수 추출한 레몬그라스의 동결건조 분말 첨가 요구르트의 제조는 Table 1과 같이 배합하여 사용하였다. 탈지분유 분말, 우유에 0, 0.5, 1.0 및 2.0% 농도의 열수 추출한 레몬그라스의 동결건조 분말을 첨가하여 균질화한 것을 살균한 후 *Lac. bulgaricus*와 *Str. thermophilus*를 동등한 비율로 혼합한 starter를 4% (w/w) 접종한 후 37°C 항온기에서 24시간 동안 발효시켰다.

pH 및 적정산도 측정

시료 5 g에 증류수 45 mL을 넣고 균질화 한 다음 10 mL을 취하여 실험에 사용하였다. 요구르트의 pH는 pH meter (PHM 210, Radiometer, Lyon, France)를 이용하여 측정하였으며, 적정 산도는 AOAC(29)법에 따라 시료 10 mL을 0.1 N 수산화소듐(NaOH)으로 pH가 8.3이 될 때까지 적정한 후 환산계수가 0.009인 젖산 함량(%)으로 환산하였다.

Table 1. Mixing ratio of yogurt containing various levels of lemon grass hot-water extracts

Ingredient	Weight (g)			
	Control	0.5%	1%	2%
Milk	748	744	740	732
Skim milk powder	20	20	20	20
Lemon grass hot-water extracts	0	4	8	16
Starter[1)]	32	32	32	32
Total	800	800	800	800

[1)]It is mixture of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus.*

젖산세균수 측정

젖산세균수의 생균수는 시료액 1 mL에 멸균 식염수 9 mL을 혼합하여 10배 단계희석법으로 희석한 후, 각각의 희석액 1 mL을 취하고 배지를 분주하였다. 젖산세균수 측정배지는 MRS 배지(Difco)를 사용하였고, 37°C에서 48-72±3시간 배양한 후 생성된 집락수를 계수하여 시료 1 mL당 CFU (colony forming unit)로 3회 반복실험을 실시하여 평균값으로 나타내었다.

가용성 고형물 측정

요구르트 시료의 가용성 고형물은 당도계(N-2E, Atago, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

점성 측정

점성 측정은 시료 50 g을 취하여 실온에서 Brookfield DV-II+ Viscometer (Brookfield Engineering Laboratories, Ins., Middleboro, MA, USA)의 3번 스핀들(spindle)을 사용하여 12 rpm에서 2분에서 4분까지 1분 간격으로 3회 측정한 후 평균값으로 나타내었다.

색도 측정

요구르트의 색은 시료 10 g을 투명한 페트리 디쉬(petri dish, 50×12 mm)에 담아 색차계(Color Reader, CR-20, Konica Minolta, Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L (lightness), a (redness), b (yellowness)를 측정하였다. 이때 표준 백색판의 L, a, b 값은 각각 95.1, –0.1, 3.9이었다. 각 실험은 3회 반복 측정하여 평균값과 표준편차로 나타내었으며 ΔE 값은 아래의 식을 이용하여 산출하였다.

$$\Delta E=\sqrt{\Delta L^2+\Delta a^2+\Delta b^2}$$

DPPH 라디칼 제거능 측정

DPPH 라디칼(radical) 제거능은 Blois의 방법(30)에 따라 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)에 대한 수소공여 효과로 측정하였다. 24시간 동안 발효시킨 요구르트 시료 1 g에 메탄올(methanol)을 9 mL를 가하여 실온에서 2시간 추출한 다음 1,811×g에서 20분간 원심분리 하여 얻은 상층액을 분석시료용액으로 사용하였다. DPPH 용액은 100 mL 에탄올에 DPPH 1.5×10^{-4} M을 녹인 후 증류수와 혼합하여 Whatman No. 2 거름종이(filter paper, Whatman, Maidstone, England)로 여과하여 만들었다. 시료와 DPPH 용액을 1:4 비율로 혼합한 것을 96 well plate에 triple로 분주하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후 methanol을 blank로 하여 ELISA reader (BioTek Instruments Inc., Winooski, VT, USA)로 520 nm

에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능(electron donating ability; EDA)은 다음과 같은 식으로 구하였다.

Electron donating ability (%)=(1−A/B)×100

A: 시료 첨가구의 흡광도, B: 대조군의 흡광도

요구르트의 관능검사

관능검사는 패널로 선정된 서울과학기술대학교 식품공학과 학생 40명이 본 실험의 목적과 평가방법 및 측정 항목을 잘 인지할 수 있도록 충분한 설명을 진행한 후 실시하였다. 평가항목은 색(Color), 맛(Taste), 풍미(Flavor), 질감(Texture), 입안에서의 느낌(Mouthfeel), 전반적인 기호도(Overall preference)로 매우 선호도가 낮을수록 1점, 매우 선호도가 높을수록 9점을 표시하도록 하였다. 각각의 시료에는 무작위로 조합된 3자리 숫자를 사용하여 표시하였으며, 일회용 종이컵에 요구르트 시료를 담아서 제시하였다.

저장성 조사

요구르트의 저장성은 24시간 발효된 각각의 시료를 4°C에서 보관하면서 14일 동안 7일 간격으로 pH, 적정산도, 생균수 그리고 점성을 측정하여 비교하였다.

통계처리

실험결과는 SPSS 22.0 (Statistical package for social science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균값과 표준편차를 계산하고, one-way ANOVA를 이용하여 $p<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

pH 및 적정산도

레몬그라스 열수 추출물을 첨가한 요구르트의 발효시간에 따른 pH와 산도변화는 Table 2와 같다. pH는 발효가 시작되기 전 대조군이 6.64로 가장 높았고, 레몬그라스 열수 추출물 첨가 요구르트의 pH는 6.28-6.53으로 나타나 레몬그라스 열수 추출물의 첨가량이 증가할수록 pH 값은 유의적으로 감소되었다($p<0.05$). 레몬그라스 열수 추출물의 pH는 5.16이고, 발효 전 첨가군의 낮은 pH 값은 부재료의 낮은 pH로 인한 영향으로 생각되며, 레몬그라스 분말을 첨가한 머핀의 품질특성(28)에서 레몬그라스를 첨가한 머핀의 pH가 대조군보다 낮았다는 결과와 유사했다. 발효시간이 지남에 따라 모든 시료군의 pH가 감소하는 경향을 보였다. 특히, 8시간 경과까지는 레몬그라스 열수 추출물을 첨가한 요구르트의 pH가 더 낮게 나타났으나, 12시간 이후 대조군의 pH가 5.11로 가장 낮았고 레몬그라스 열수 추출물의 첨가량이 증가할수록 pH가 높아지는 경향을 나타냈다. 복분자즙을 첨가한 호상요구르트의 품질특성(31) 연구에서는 복분자즙을 6-7% 첨가한 호상요구르트가 발효 20시간 경과 후 대조군보다 높은 pH를 나타내기 시작했다고 보고했으며, 이는 젖산균 생육이 복분자 착즙액 첨가에 따른 높은 산도 상승과 복분자의 성분에 의한 저해로 발효가 서서히 진행되기 때문이라고 보고하였다. 한편, Chameber(32)는 요구르트의 바람직한 pH 범위가 3.27-4.53이라고 보고한 바 있는데 발효 24시간 대조군과 0.5% 첨가군은 이 범위에 속하였다.

레몬그라스 열수 추출물을 첨가한 요구르트의 발효 전 적정산도는 대조군이 0.17로 가장 낮게 나타났으며 2% 첨가군은 0.37을 나타내어 레몬그라스 열수 추출물의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 이는 레몬그라스의 높은 시트르산 함량 때문으로 판단된다(33). 오디분말(5), 흑마늘 농축액(34)을 첨가한 요구르트의 연구에서도 본 연구와 마찬가지로 발효 초기에 부재료 첨가량이 증가할수록 적정산도가 증가하는 경향을 보여주었다. 발효 24시간 후의 산도는 첨가군에서의 젖산세균수가 대조군에 비해 감소하였음에도 불구하고 발효 중의 산도의 증가량은 대조군과 첨가군이 0.64-0.67로 유사하였고 대조군이 0.81로 가장 낮게 나타났으며 2% 첨가군은 1.02의 가장 높은 산도를 보여주었다. 이는 발효 중 젖산세균에 의한 산 생성량 보다는 레몬그라스 첨가에 따른 초기 첨가군의 높은 적정산도가 최종 제품의 적정산도에 지속적으로 영향을 미친 것으로 판단되었다. 한편, 국내에서 시판 중인 농후발효유의 적정산도는 0.97-1.4%라 보고되었으며(31), 대조군과 0.5% 첨가군은 각각 발효 24시간 후 0.81, 0.92%로 범위에 미치지 못하였으나 1%와 2% 첨가군은 적정산도 범위에 도달하였다.

젖산세균수

레몬그라스 열수 추출물을 첨가한 요구르트의 발효 중 생균수의 변화는 Table 3와 같다($p<0.05$). 젖산세균 접종 후 24시간 동안 모든 실험군에서 젖산세균수가 증가하는 경향이 나타났으나 레몬그라스 열수 추출물의 첨가량이 증가할수록 감소하여 발효 24시간 동안 레몬그라스 열수 추출물을 첨가하지 않은 대조군의

Table 2. Effects of lemon grass hot-water extracts on pH and titrable acidity (TA) of yogurts during lactic acid fermentation period at 37°C

	Sample[1)] (%)	Fermentation period (h)						
		0	4	8	12	16	20	24
pH	0	6.64±0.09[2)aA3)]	6.44±0.15[bNS4)]	5.76±0.13[cNS]	5.11±0.03[dNS]	4.76±0.04[eB]	4.57±0.02[efB]	4.46±0.02[fB]
	0.5	6.53±0.10[aAB]	6.29±0.20[a]	5.63±0.36[b]	5.19±0.30[c]	4.90±0.16[cdAB]	4.71±0.11[deAB]	4.51±0.04[eAB]
	1	6.43±0.10[aB]	6.23±0.21[a]	5.58±0.33[b]	5.19±0.25[c]	4.94±0.16[cdAB]	4.77±0.15[dAB]	4.68±0.11[dAC]
	2	6.28±0.08[aC]	6.17±0.02[a]	5.60±0.42[b]	5.25±0.30[c]	5.03±0.21[cdA]	4.89±0.18[cdA]	4.73±0.12[dA]
TA (%)	0	0.17±0.02[dD]	0.22±0.03[cdC]	0.30±0.15[cB]	0.65±0.02[bNS]	0.74±0.01[aB]	0.80±0.01[aB]	0.81±0.01[aD]
	0.5	0.22±0.02[dC]	0.29±0.06[dB]	0.46±0.22[cAB]	0.67±0.09[bc]	0.77±0.04[abB]	0.81±0.04[abB]	0.89±0.05[aC]
	1	0.30±0.08[dBC]	0.36±0.18[dB]	0.60±0.15[cBA]	0.69±0.15[bc]	0.80±0.09[abAB]	0.87±0.11[abB]	0.96±0.03[aB]
	2	0.37±0.04[dA]	0.44±0.05[dA]	0.64±0.18[cA]	0.81±0.12[b]	0.88±0.08[abA]	0.96±0.07[aA]	1.02±0.02[aA]

1)Refer to Table 1.
2)values are mean±standard deviation (n=3).
3)Values with different superscripts in a row (a-f) and a column (A-D) are significant at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.
4)NS means no significant difference at $p<0.05$.

Table 3. Effects of lemon grass hot-water extracts on viable cell counts, total soluble solid content, viscosity of yogurts during lactic acid fermentation period at 37°C

	Sample[1)] (%)	Fermentation period (h)						
		0	4	8	12	16	20	24
Viable cells (log CFU/mL)	0	7.2±0.17[f2)NS3)]	7.9±0.55[eA4)]	8.5±0.05[deA]	8.9±0.59[cdA]	9.4±0.57[cA]	10.2±0.18[bA]	10.6±0.2[aA]
	0.5	7.1±0.16[f]	8.0±0.01[eA]	8.2±0.04[deB]	8.3±0.37[dAB]	9.2±0.08[cB]	9.8±0.17[bcA]	10.1±0.11[aB]
	1	7.1±0.12[e]	8.0±0.02[bA]	8.1±0.07[bC]	8.1±0.05[bB]	8.3±0.36[bC]	9.1±0.17[aB]	9.2±0.08[aC]
	2	7.1±0.12[f]	7.4±0.05[efB]	7.6±0.05[deD]	7.9±0.12[cdB]	8.1±0.29[bcC]	8.3±0.22[bC]	8.8±0.24[aD]
Total soluble solid content (°Bx)	0	15.23±0.03[2)aC4)]	15.06±0.24[aC]	15.01±0.16[aB]	9.40±0.55[bB]	7.77±0.41[cC]	7.55±0.31[cC]	7.48±0.20[cC]
	0.5	15.50±0.25[aBC]	15.45±0.13[aC]	14.92±0.88[aB]	11.85±2.72[bAB]	9.53±1.14[cBC]	9.19±0.98[cBC]	8.67±0.42[cBC]
	1	16.09±0.56[aAB]	15.97±0.26[aB]	15.65±0.31[aB]	12.89±2.80[bAB]	10.69±1.17[cB]	10.20±1.04[cAB]	9.16±0.41[cB]
	2	16.72±0.69[aA]	16.93±0.35[aA]	16.69±0.34[aA]	14.66±0.35[abA]	14.02±2.66[bA]	12.10±2.08[bcA]	10.98±1.55[cA]
Viscosity (cp)	0	-	-	-	400.00±173.21[2)cB4)]	1173.33±5.77[bC]	1390.00±117.90[abBC]	1510.00±131.15[aB]
	0.5	-	-	-	590.00±10.00[cA]	1533.33±130.51[bA]	1643.33±66.58[bA]	1973.33±260.83[aA]
	1	-	-	-	433.33±57.74[cAB]	1390.00±117.90[bB]	1500.00±151.00[abAB]	1653.33±97.13[aB]
	2	-	-	-	310.00±0.00[dB]	1140.00±20.00[cC]	1243.33±35.12[bC]	1373.33±40.41[aB]

[1)]Refer to Table 1.
[2)]values are mean±standard deviation (n=3).
[3)]NS means no significant difference at p<0.05.
[4)]Values with different superscripts in a row (a-f) and a column (A-D) are significant at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

젖산세균수가 가장 높았다. 특히, 발효 4시간 이후 레몬그라스 열수 추출물 2% 첨가군의 젖산세균수는 대조군보다 유의적으로 낮게 나타났으며, 발효 24시간 후 모든 첨가군의 젖산세균수가 대조군과 유의적인 차이를 나타냈다(p<0.05). 이와 같은 결과는 부재료의 첨가량이 증가할수록 젖산균의 수가 감소되었다고 보고한 오가피분말(13), 유자(35)를 첨가한 요구르트와 같은 경향을 나타냈다. 현재 우리나라의 축산물의 가공기준 및 성분규격상 농후발효유의 총 젖산세균수 기준치는 8.0 log CFU/mL 이상이며, 발효 4시간 후 대조군과 0.5% 첨가군은 각각 8.2, 8.0 log CFU/mL로 나타났고, 1%와 2% 첨가군은 각각 8, 16시간 이후에 8.0, 8.1 log CFU/mL로 나타나 농후발효유의 총 젖산세균수 기준치를 충족하였다. 이후 모든 실험군의 젖산세균수는 점차 증가하여 발효 24시간에서는 젖산세균수가 8.8-10.6 log CFU/mL에 도달하였다.

가용성 고형물

레몬그라스 열수 추출물 첨가 요구르트의 발효 중 가용성 고형물 변화를 측정한 결과는 Table 3와 같다. 발효 시작 전(0시간) 대조군의 가용성 고형물은 15.23°Bx이었으며, 레몬그라스 열수 추출물 첨가량이 증가할수록 가용성 고형물이 유의적으로 증가하였다(p<0.05). 이는 실험에 사용된 레몬그라스 열수 추출물의 가용성 고형물이 8.3°Bx로 요구르트 내 당 함량이 증가하였기 때문으로 여겨지며, Kim 등(36)의 버찌 분말의 첨가에 의해 요구르트 내 당이 증가하였다는 보고와 일치하였다. 한편, 발효시간이 경과함에 따라 레몬그라스 열수 추출물 요구르트의 가용성 고형물은 감소하였는데 이는 발효과정에서 요구르트 내의 당이 젖산세균의 영양원으로 이용되어 감소되고 유기산 및 아세트산 등을 생성하였기 때문이라고 생각된다. 이 결과는 진생베리(12), 복분자즙(31)을 첨가할수록 발효기간 동안 요구르트의 가용성 고형물이 유의적으로 감소하였다는 보고와 일치하였다.

점성

요구르트의 식미는 점성에 큰 영향을 받고 있어 레몬그라스 열수 추출물 첨가 요구르트의 발효 중 점성 변화의 결과는 Table 3과 같이 발효 12시간 이후부터 점성을 측정할 수 있었고, 이는 배양인삼을 첨가한 요구르트(37)의 결과와 유사한 경향을 보였다. 발효 24시간 후 0.5% 첨가군의 점성이 1973.33 cp로 가장 높았으며 1%첨가군 1653.33 cp, 대조군 1510.00 cp, 2% 첨가군 1373.33 cp 순서로 낮게 나타났다. Shin 등(34)은 요구르트의 점성에 영향을 주는 요인으로 요구르트 혼합액의 총고형물 함량, 단백질의 가수분해 정도, 사용균주의 slime 생산능력 및 산생성력, 젖산세균의 생성에 의한 커드의 발달 정도, 젖산세균에 의하여 생성되는 다당류로 이루어진 점액성 물질, 우유 성분들의 농도 등이 있다고 보고하였다. 또한 일반적으로 요구르트의 점성증가는 젖산 발효 시 산 생성에 의한 우유단백질의 등전점(pH 4.6) 침전, 단백질가수분해효소(protease)에 의한 분해 응고 및 젖산균에 의한 polysaccharide의 생성 등에 의해 복합적인 작용으로 이루어진다고 보고되었다(38). 본 실험에서는 레몬그라스 열수 추출물을 첨가할수록 pH가 증가하였음에도 불구하고 0.5-1% 첨가군의 점성이 높게 나타났다. 이는 레몬그라스 열수 추출물의 첨가량이 증가할수록 요구르트 내 가용성 고형물의 증가와 0.5-1% 첨가군의 pH가 4.51-4.68로 우유단백질의 등전점에 도달하였기 때문이라고 사료된다. 반면, 가장 높은 가용성 고형물을 나타낸 레몬그라스 열수 추출물 2% 첨가군의 점성은 젖산균의 생육저하에 따른 세포밖 다당류(exopolysaccharide)의 생성저하 등의 원인으로 대조군보다 낮게 나타난 것으로 판단된다(39).

색도

레몬그라스 열수 추출물을 0, 0.5, 1, 2% 첨가하여 24시간 동안 발효시킨 요구르트의 L, a, b value와 ΔE는 Table 4와 같다. 대조군과 레몬그라스 열수 추출물 0, 0.5, 1, 2% 첨가군의 명도는 각각 57.28, 53.54, 50.83, 46.09로 레몬그라스 열수 추출물 첨가농도가 증가할수록 유의적으로 낮아졌으나, 적색도와 황색도는 대조군이 각각 –2.04와 3.91로 가장 낮게 나타났고 첨가량에 따라 유의적으로 증가하였다(p<0.05). 이와 같은 레몬그라스 열수 추출물 첨가에 따른 색도의 변화는 레몬그라스 열수 추출물 자체의 색도가 영향을 준 것으로 사료되며, 레몬그라스분말을 첨가한 스펀지케이크(40)의 연구에서는 분말의 첨가량이 증가할수록

Table 4. Effects of lemon grass hot-water extracts on the color and color difference of yogurt

Color value[1)]	Sample[2)] (%)			
	0	0.5	1	2
L	57.28±4.57[3)a4)]	53.54±2.48[ab]	50.84±1.98[b]	46.09±0.98[c]
a	-2.04±0.97[d]	1.47±0.15[c]	2.43±0.17[b]	3.60±0.02[a]
b	3.91±0.58[d]	7.96±0.67[c]	9.01±0.32[b]	10.36±0.28[a]
ΔE	-	7.45±3.33	5.68±1.15	6.51±0.28

[1)]L: measures lightness and varies from 100 for perfect white to zero for black, a: measures redness when plus, gray when zero, and greenness when minus, b: measures yellowness when plus, gray when zero, and blueness when minus, $\Delta E=\sqrt{\Delta L^2+\Delta a^2+\Delta b^2}$
[2)]Refer to Table 1.
[3)]Values are mean±standard deviation (n=3).
[4)]Values with different superscripts in a row (a-d) are significant at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

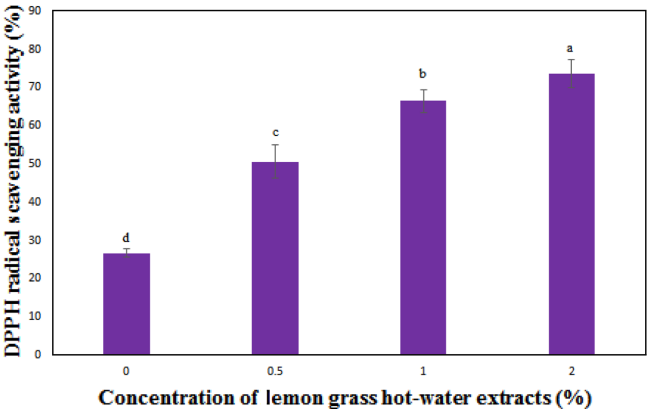

Fig. 1 Effects of lemon grass hot-water extracts on DPPH radical scavenging activity of yogurts after lactic acid fermentation at 37°C for 24 h. Different letters on the bars indicate a significant different at p<0.05.

L값은 감소하고 a값은 증가하여 같은 경향을 나타내었으나 b값은 감소하여 본 연구와 상이한 결과를 보였는데 레몬그라스 분말과 레몬그라스 열수 추출물에 따른 차이인 것으로 판단된다.

DPPH 라디칼 제거능

레몬그라스 열수 추출물 첨가 요구르트의 DPPH 라디칼 제거능 분석결과는 Fig. 1에 나타내었다. 대조군은 26.71%로 가장 낮은 값을 나타내었고, 0.5% 첨가군은 50.56%, 1% 첨가군은 65.44%, 2% 첨가군의 라디칼 제거능은 73.55%로 가장 높게 나타나서 레몬그라스 열수 추출물의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 높아졌다(p<0.05). 이러한 결과는 레몬그라스 분말을 첨가한 스펀지케이크의 DPPH 라디칼 제거능이 레몬그라스의 산화방지 작용으로부터 유래되었고, 레몬그라스 분말 첨가량이 증가할수록 높은 값으로 나타났다는 Ju 등(40)의 결과와 일치하였다. 또한 Harborne와 williams(41)은 5개의 Cymbopogon 종이 플라보노이드계열의 tricin (트리신)과 C-glycoflavonoid를 함유하고 있다고 보고하였으며, Cheel 등(42)은 레몬그라스의 자유라디칼 제거능 활성이 레몬그라스의 총 플라보노이드의 함량과 상관관계를 나타낸다고 보고한 바 있다. 따라서 다양한 생리활성 물질을 다량 함유한 레몬그라스 열수 추출물의 첨가가 요구르트의 산화방지능을 증가시킨 것으로 사료된다.

관능적 특성

레몬그라스 열수 추출물을 첨가한 요구르트의 색, 맛, 향기, 질감, 입안에서의 느낌, 전반적인 기호도를 평가한 결과는 Table 5와 같다. 색에서는 대조군이 6.86으로 가장 높게 나타났으며 레몬그라스 열수 추출물의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다(p<0.05). 이는 레몬그라스 열수 추출물이 가지는 고유의 색에 의해 시중에 판매되는 요구르트와 다르게 제조된 것으로 인한 거부감 때문인 것으로 판단되었다. 맛은 대조군이 5.03로 가장 높은 점수로 나타났으나 0.5% 첨가군과 유의적 차이가 없었고 1, 2% 첨가군은 대조군보다 유의적으로 낮았다(p<0.05). 이는 레몬그라스 열수 추출물의 첨가량이 증가함에 따라 레몬그라스 열수 추출물에서 허브의 특유한 쓴 맛이 강하게 나타난 것으로 사료되었다. 향기, 질감, 입안에서의 느낌은 0.5% 첨가군이 가장 높은 점수를 얻으나, 향기는 대조군과 유의적인 차이가 없었고 1, 2% 첨가군은 0.5% 첨가군보다 유의적으로 낮았다(p<0.05). 한편, 질감과 입안에서의 느낌은 모든 시료 간 유의적인 차이가 없었다. 전반적인 기호도에서는 레몬그라스 열수 추출물 0.5% 첨가군이 5.31로 가장 높게 나타났으며 대조군과 유의적인 차이가 없었다. 그러나 2% 첨가군의 경우 모든 평가항목에서 가장 낮은 점수를 얻었고 전반적인 기호도에서 대조군보다 유의적으로 낮게 나타난 것으로 보아 다량의 레몬그라스 열수 추출물을 첨가는 오히려 요구르트의 기호도를 감소시키는 것으로 판단되었다. 레몬그라스의 건강 기능성 측면과 요구르트의 가공적성 및 소비자 기호도를 종합했을 때 레몬그라스 열수 추출물을 첨가한 요구르트 제조 시 레몬그라스 열수 추출물의 첨가량을 0.5%로 대체하는 것이 최적 배합비로 사료되었다.

요구르트의 저장성

요구르트는 발효 후 상당기간 저온에서 유통되기 때문에 저장기간 중 품질의 변화를 확인하기 위하여 발효 24시간 이후 4°C에서 냉장 보관하면서 pH, 적정산도, 생균수 및 점성을 조사한

Table 5. Sensory scores of yogurts added with lemon grass hot-water extracts after lactic acid fermentation at 37°C for 24 h

Samples[1)] (%)	Color	Taste	Flavor	Texture	Mouthfeel	Overall preference
0	6.86±1.36[2)a3)]	5.03±1.70[a]	5.31±2.12[ab]	5.72±1.28[N.S4)]	5.41±1.32[N.S]	5.28±1.56[a]
0.5	5.56±1.42[b]	5.00±1.10[a]	6.00±1.65[a]	5.85±1.41	5.50±1.40	5.31±1.23[a]
1	4.71±1.46[c]	3.00±0.80[b]	4.71±1.77[bc]	5.00±1.63	5.21±1.41	3.30±1.13[b]
2	4.23±1.80[c]	2.97±0.50[b]	3.86±1.60[c]	5.32±1.81	5.03±1.30	2.93±0.75[b]

[1)]Refer to Table 1.
[2)]Values are mean±standard deviation (n=40).
[3)]Values with different superscripts in a column (a-d) are significant at p<0.05 by Duncan's multiple range test.
[4)]NS means no significant difference at p<0.05.

Table 6. Change in quality of yogurts added with lemon grass hot-water extracts during storage at 4°C

	samples[1)] (%)	Period of storage (d)		
		0	7	14
pH	0	4.46±0.25[2)NSB]	4.40±0.02[NS3)]	4.39±0.01[B]
	0.5	4.51±0.04[NSAB]	4.49±0.12	4.45±0.07[AB]
	1	4.68±0.11[NSAB]	4.52±0.14	4.49±0.11[AB]
	2	4.73±0.12[NSA]	4.60±0.16	4.59±0.13[A]
Titrable acidity (%)	0	0.81±0.01[bD4)]	0.83+0.02[bD]	0.87±0.02[aD]
	0.5	0.92±0.01[NSC]	0.93±0.01[C]	0.95±0.01[C]
	1	0.97±0.02[NSB]	0.99±0.03[B]	1.02±0.01[B]
	2	1.02±0.02[bA]	1.07±0.05[abA]	1.11±0.02[aA]
Viable cells (log CFU/mL)	0	10.60+0.25[abA]	10.87±0.07[aA]	10.42±0.26[bAB]
	0.5	10.14±0.11[bB]	10.64±0.16[aA]	10.74±0.17[aA]
	1	9.19±0.08[bC]	10.08±0.29[aB]	10.34±0.14[aBC]
	2	8.78±0.24[bD]	9.67±0.12[aC]	10.01±0.20[aC]
Viscosity (cp)	0	1510.00±131.15[bB]	1910.00±186.82[aNS]	2176.67±207.44[aAB]
	0.5	1973.33±260.83[bA]	2006.67±273.01[b]	2556.67±255.41[aA]
	1	1653.33±97.13[NSB]	1940.00±220.68	2126.67±241.11[B]
	2	1373.33±40.41[NSB]	1706.67±135.77	1930.00±141.07[B]

[1)]Refer to Table 1.
[2)]Values are mean±standard deviation (n=3).
[3)]NS means no significant difference at p<0.05.
[4)]Values with different superscripts in a row (a-f) and a column (A-D) are significant at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

결과는 Table 6에 나타내었다. 저장기간 동안 모든 실험군의 pH는 약간 감소하고, 적정산도는 약간 증가하였으며, 젖산세균수와 점성도 저장 14일 동안 꾸준히 증가하는 경향을 보였다(p<0.05). 이는 하품곶감 추출물(3), 유자(35)를 첨가한 요구르트의 저장 중 품질변화에 대한 연구결과와 유사하며, 저장기간 중 젖산세균의 대사 활동이 미약하게 이루어지고 있어 유기산량이 증가하였기 때문인 것으로 판단되었다. 한편, 레몬그라스 열수 추출물을 첨가한 요구르트는 14일의 저장기간 동안 초기 pH와 적정산도의 큰 변화 없이 유지하였으며, 젖산세균수는 식품공전에 제시되어 있는 농후발효유 젖산세균수 기준인 8.0 log CFU/mL 이상을 유지하는 것으로 나타났다. 특히, 0.5% 첨가군의 경우 저장기간에 따른 pH 및 적정산도의 유의적 차이가 나타나지 않았고, 젖산세균수 및 점성은 유의적으로 증가하여 레몬그라스 열수 추출물 첨가군 중 저장성이 가장 우수하였다.

요 약

본 연구에서는 레몬그라스 열수 추출물의 첨가량을 0-2% 첨가한 호상요구르트를 제조한 후 이에 따른 품질을 평가하였다. 레몬그라스 열수 추출물 요구르트의 pH를 측정한 결과, 발효 8시간까지는 레몬그라스 열수 추출물의 첨가량이 증가할수록 pH가 낮아졌으나, 발효 12시간 후에는 첨가군의 pH가 대조군보다 높았다. 젖산세균수 및 점성은 레몬그라스 열수 추출물 2% 첨가군이 대조군보다 유의적으로 낮게 나타났다. 요구르트의 색도의 경우 L값은 레몬그라스 열수 추출물 첨가량이 증가할수록 감소하였으나 a값과 b값은 레몬그라스 열수 추출물의 첨가량이 증가할수록 증가하였다. DPPH 라디칼 제거능에 대한 산화방지활성과 가용성 고형물 함량은 레몬그라스 열수 추출물의 첨가량이 많을수록 높아지는 경향을 보였다. 레몬그라스 열수 추출물 첨가 요구르트의 관능적 품질평가 결과 0.5% 첨가군의 전반적 기호도 점수가 가장 높게 나타났다. 발효가 완료된 요구르트를 4°C에서 14일 간 저장한 결과, 레몬그라스 열수 추출물 0.5% 첨가군의 pH 및 적정산도는 저장초기와 유의적인 차이가 나타나지 않았고, 젖산세균수 및 점성은 유의적으로 증가는 경향이 나타났다. 이러한 결과로 보아 요구르트 제조 시 0.5%의 레몬그라스 열수 추출물 첨가는 요구르트의 발효와 품질특성에 부정적인 영향을 미치지 않으며 건강기능성 및 기호도를 향상시키는 것으로 사료된다.

References

1. Kim HJ, Ko YT. Study on preparation of yogurt from milk and soy protein. Korean J. Food Sci. Technol. 22: 700-706 (1990)
2. Ahn TS. Loosing the constipation by capsulated yogurt. Korean J. Microbiol. 35: 94-97 (1999)
3. Ko SH, Kim SI, Han YS. The quality characteristics of yogurt add supplemented with low grade dried-prsimmon extracts. Korean J. Food Cook. Sci. 24: 735-741 (2008)
4. Im KS. Effect of fermented milk on human health. Korean J. Food Nutr. 16: 93-103 (2003)
5. Sung JM, Choi HY. Effect of mulberry powder on antioxidant activities and quality characteristics of yogurt. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 43: 690-697 (2014)
6. Hood SK, Zoitola EA. Effect of low pH on the ability of *Lactobacillus acidophilus* to survive and adhere to human intestinal cells. J. Food Sci. 53: 1514-1516 (2006)
7. Kim DW, Yang DH, Kim SY, Kim KS, Chung MG, Kang SM. Hypocholesterolemic effect of lyophilized, heat-killed *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus plantarum*. Kor. J. Microbiol. Biotechnol. 37: 69-74 (2009)
8. Cho YH, Shin HJ, Chang CH, Nam MS. Studies on the development of the yogurt decreasing blood glucose. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 26: 257-262 (2006)
9. Kang BS, Kim JI, Moon SW. Quality characteristics of yogurt added with Sansuyu (*Corni Fructus*) extracts. Korean J. Culin. Res. 18: 180-190 (2012)
10. Kim AN, Jung HA. Quality Characteristics of curd yogurt supple-

mented with Jujube hot-water extracts. J. East Asian Soc. Diet. Li. 23: 069~077 (2013)
11. Yu MS, Kim JM, Lee CH, Son YJ, Kim SK. Qualith characteristics of stirred yoghurt added with fermented red pepper. Korean J. Food Sci. An. 34: 408-414 (2014)
12. Kim SE, Choe JH, Lee JY, Kim MJ, Kim JH, Park LY, Lee SH. Quality characteristics of yogurt prepared with ginseng berry. Vol 13, pp. 73-80. In: The Journal of The Applied Science Research Institute For Natural Science. Catholic university of Daegu, Daegu, Korea (2015)
13. Oh HS, Kang ST. Quality characteristics and antioxidant activity of yogurt added with acanthopanax powder. Korean J. Food Sci. Technol. 47: 765-771 (2016)
14. Boxer A, Back P. The Herb Book. Chancellor Press, London, UK. pp. 57-68 (1980)
15. Kouchi, Y. Physiological actions of spices. J. Food Sci. 11: 48-58 (1992)
16. Chae IG, Kim HJ, Yu MH, Kim HI Lee IS. Antioxidant and antibacterial activity of commercially available herbs in Korean markets. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 1411-1417 (2010)
17. Yoo MY, Jung YJ, Yang JY. Antimicrobial actibity of herb extracts. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 1130-1135 (2005)
18. Bhattacharya AK, Kaul PN, Rajeswara Rao BR. Effect of Prolonged Storage on the Quality of Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus* (Nees ex Steud.) Wats.) Essential Oil. J. Essent. Oil Bear. Pl. 1: 104-109 (1998)
19. Sforcin JM, Amaral JT, Fernandes A Jr, Sousa JP, Bastos JK. Lemongrass effects on IL-1beta and IL-6 production by macrophages. Nat. Prod. Res. 23: 1151-1159 (2009)
20. Francisco V, Figueirinha A, Costa G, Liberal J, Lopes MC, Carmen GR, Carlos FG, Cruz MT, Batista MT. Chemical characterization and anti-inflammatory activity of luteolin glycosides isolated lemongrass. J. Funct. Foods 10: 436-443 (2014)
21. Silva CB, Guterres SS, Weisheimer V, Schapoval ES. Antifungal activity of the lemongrass oil and citral against Candida spp. Braz. J. Infect. Dis. 12: 63-66 (2008)
22. Bankole SA, Joda AO, Ashidi JS. The use of powder and essential oil of *Cymbopogon citratus* against mould deterioration and aflatoxin contamination of “egusi” melon seeds. J. Basic Microbiol. 45: 20-30 (2005)
23. Shin SW. Anti-salmonella activity of lemongrass oil alone and in combination with antibiotics. Nat. Prod. Sci. 11: 160-164 (2005)
24. Seo JJ. Manufacture of mosquito extermination device using ultrasonic oscillator. MS Thesis, Hanbat National University, Daejeon, Korea (2012)
25. Ahn YJ, Park SJ, Choi DH, Cho HC, Hiremath IG. Growth-inhibitory responses of human intestinal bacteria to extracts from Indian and African Plants. Agric. Chem. Biotechnol. 41: 104-109 (1998)
26. Jeon MK, Kim MR. Studies on storage characteristics of tofu with herb. Korean J. Food Cook. Sci. 22: 307-313 (2006)
27. Kim KS, Choi SY. Quality characteristics of Maejakgwa with added herb extracts. Korean J. Food Nutr. 21: 312-319 (2008)
28. Lee JW, Kim GJ, Rho KA, Chung KH, Yoon JA, An JH. Quality characteristics and antioxidant activity of muffins containing Lemongrass powder. Korean J. Food Nutr. 28: 794-801 (2015)
29. AOAC. Official Method of Analysis of AOAC Intl. 15th ed. Method 947.05. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA (1995)
30. Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181: 1199-1200 (1958)
31. Lee JH, Hwang HJ. Quality characteristics of curd yogurt with *Rubus coreanum* miquel juice. Korean J. Culinary Res. 12: 195-205 (2006)
32. Chameber JV. Culture and processing techniques important to the manufacture of good quality yogurt. Cult. Dairy Prod. J. 14: 28-34 (1979)
33. Assous MTM, El-Waseif KHM, Gado GBA. Production and evaluation of nontraditional products from lemon grass. Ehypt. J. Agric. Res. 91: 271-280 (2013)
34. Shin JH, Kim GM, Kang MJ, Yang SM, Sung NJ. Preparation and quality characteristics of yogurt with black garlic extracts. Korean J. Food Cook. Sci. 26: 307-313 (2010)
35. Lee MJ, Kim SI, Han YS. Antioxidant activity and qulith characteristics of yogurt added Yuza (*Citrus junos sieb ex Tanaka*) extract. Korean J. Food Nutr. 21: 135-142 (2008)
36. Kim KH, Hwang HR, Jo JE, Lee SY, Kim NY, Yook HS. Quality characteristics of yogurt prepared with flowering cherry (*Prunus serrulata* L. var. *spontanea* Max. wils.) fruit powder during storage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 1229-1236 (2009)
37. Lee IS, Paek KY. Preparation and quality characteristics of yogurt added with cultured ginseng. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 235-241 (2003)
38. Lee BS, Park SK. Volatile aromatic compounds and fermentation properties of fermented milk with buckwheat. Korean J. Food Sci. Technol. 45: 267-273 (2013)
39. Vuyst LD, Vanderveken F, Van de Ven S, Degeest B. Production by and isolation of exopolysaccharides from *Streptococcus thermophilus* grown in a milk medium and evidence for their growth-associated biosynthesis. J. Appl. Microbiol. 84: 1059-1068 (1998)
40. Ju T, Oh HS, Kim MJ, Kang ST. Quality characteristics of sponge cake with lemon grass powder. Korean J. Food Sci. Technol. 48: 347-353 (2016)
41. Harborne JB, Williams CA. Flavonoid patterns in leaves of the gramineae. Biochem. Syst. Ecol. 4: 267-280 (1976)
42. Cheel J, Theoduloz C, Rodríguez J, Schmeda-Hirschmann G. Free radical scavengers and antioxidants from Lemongrass (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.). J. Agr. Food Chem. 53: 2511-2517 (2005)