



## Storage stability of sourdough bread with lactic acid bacteria culture solution and cinnamon extract

Chang Ki Huh<sup>1</sup>, Ki Hoon Shim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

<sup>2</sup>Department of Food and Cooking Science, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

### 유산균 배양액과 계피추출물을 첨가한 sourdough bread의 저장 중 품질변화

허창기<sup>1</sup> · 심기훈<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>순천대학교 생명산업과학대학 식품공학과, <sup>2</sup>순천대학교 생명산업과학대학 조리과학과

#### Abstract

This study investigated the changes in moisture content, pH, titrated acidity, Hunter's color value, textural properties, and retarding retrogradation during the storage of sourdough bread made with lactic acid bacteria culture (LCBC) and cinnamon extract. The measurement results showed that the moisture content and pH of all the samples tended to decrease during the storage period; the CE0 sample exhibited the least variation in moisture content, whereas the CE100 sample showed the least variation in pH. The titrated acidity of all the samples increased during storage, but the extent decreased with the amount of cinnamon extract added. During the storage period, the redness, hardness, and gumminess increased; the whiteness, adhesiveness, springiness, and cohesiveness decreased; and the chewiness decreased after an initial increase. The retarding retrogradation was stronger for the group with LCBC and cinnamon extract, compared to that of the control, whereas the CE50 sample presented the strongest retarding retrogradation effect with the lowest Avrami exponent. These results suggested that the addition of LCBC and cinnamon extract during the manufacture of sourdough bread improved the storage period efficiency and retarding retrogradation.

**Key words :** lactic acid bacterial, cinnamon extract, sourdough bread, retrogradation

#### 서 론

제빵 산업에서 상업용 효모가 사용되는 19세기 전까지는 sourdough starter를 이용한 발효법을 사용하였고, sourdough를 이용한 제빵은 전통적으로 호밀을 이용하였으며, 발효 과정에서 반죽의 pH가 낮아짐에 따라 내인성 아밀라아제의 활성이 감소하여 반죽의 탄력성과 신장성을 높이고 빵의 부피를 증가시키면서 호밀빵 특유의 맛과 향미를 제공할 수 있었지만 sourdough bread의 기술적인 문제점들이 나타나 sourdough를 이용한 제빵 제조가 기피되었다(1-3).

최근 들어 빵의 소비가 증가하면서 다양한 천연재료를 활용한 제품들이 개발되고 있고(4), 좀 더 자연적이고 건강한 식품에 대한 소비자의 수요가 증가함에 따라 sourdough를 이용한 전통적인 방법으로 빵을 만드는 것이 최근 몇 년간 발전하여 빵, 케이크 및 크래커와 같은 제품들이 나타나기 시작했다(5-7). Sourdough bread는 일반적으로 젖산균이나 효모를 사용하여 발효시키는 방법으로 많은 시간과 노력이 필요하지만 젖산균과 효모의 상호 작용 등에 의해서 나타나는 독특한 맛과 풍미를 즐기는 소비자가 늘어나면서 관련 제품을 판매하는 매장도 증가하고 있다(8).

Sourdough를 이용하여 빵을 제조하면 발효, 산성화, 반죽 특성 및 구조 개선을 포함하여 빵의 맛, 질감, 유해 곰팡이의 생육 억제 및 노화 지연, 곡물의 영양 가용성 향상 그리고 저장 기간의 연장 등의 다양한 효과가 있는 것으로 알려져 있고, 이러한 효과는 젖산균과 효모균이 sourdough에서 자연적으로 발생하는 것으로 알려져 있다(3,5,8-10)

\*Corresponding author. E-mail : khshim@sunchon.ac.kr  
 Phone : 82-61-750-3697, Fax : 82-61-750-3690  
 Received 7 August 2018; Revised 28 September 2018; Accepted 5 November 2018.  
 Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

품질 개선을 목적으로 sourdough를 사용하는 것은 복잡한 작업으로 sourdough를 사용하여 빵을 만들었을 때 Armero와 Collar(11), Rouzaud 등(12)의 연구에서는 부피와 저장 기간이 감소하는 것으로 나타났으나 Crowley 등(13)의 연구에서는 증가하는 것으로 보고되어 sourdough를 사용하는 것은 빵의 풍미를 바람직하게 또는 바람직하지 않게 할 수 있다(14,15). 이러한 sourdough bread의 품질 안정성이 불안정하여 제빵 산업에서 sourdough를 이용한 제품 생산 및 판매 등이 이루어지지 않는 것으로 생각된다.

Sourdough를 이용하여 빵을 제조하면 맛, 부피 및 저장기간을 연장시킬 수 있지만 약간의 신맛이 있기 때문에 빵의 품질을 향상시키기 위한 조치가 필요하다(15). 전통적인 방법에서는 최종 제품의 신맛을 줄이기 위해서 sourdough를 제한적으로 사용하여 왔지만 이러한 방법은 sourdough만의 독특한 맛을 제한하는 방법으로 최근에는 산을 조절하는 방법이나 아미노산과 휘발성 화합물을 결합시켜 사용하는 방법도 개발되었다(16,17). 그러나 아직까지 sourdough를 이용하여 빵의 부피와 저장성 향상을 유지하면서 특유의 신맛을 줄이기 위한 연구는 부족한 형편이다. 국내 연구에서도 무화과 액종(1), 사과전립분(8), 오미자청(18), 오미자 발효액(19), 단감 발효종(20), 카무트 사워종(21), 이상발효 유산균과 내산성 효모(22), 깎두기로부터 분리된 유산균(23) 등 다양한 첨가물과 유산균을 이용한 sourdough 식빵의 품질특성 연구가 있었지만 특유의 신맛을 줄이면서 저장성을 높이고, 천연 식품 재료 첨가에 따른 식빵의 품질을 유지하는 연구는 미흡하다.

계피는 수세기 동안 여러 문화권에서 향신료와 전통적인 약제로서 사용되어 왔으며 여러 국가의 식품과 제약 관련 산업에서 많은 용도로 활용되고 있다(24). 역사적으로 계피의 의학적 사용과 음식에서의 사용을 구분하기 어렵지만 현재 계피가 항생제, 항산화제, 항암, 심혈관계 질환 및 면역 결핍증 등에서 건강에 도움이 되는 것으로 알려져 있다(25-27).

따라서 본 연구에서는 sourdough 이용할 때 젖산균에 의해서 신맛을 완화시키면서 향균성이 있어 저장기간을 연장시킬 수 있는 계피 추출물과 식빵의 품질을 유지할 수 있도록 분리 동정한 젖산균의 첨가량을 달리한 sourdough bread를 제조하였고, 5°C 및 20°C incubator에서 5일간 저장하면서 수분함량, pH, 적정산도, 색도, 물성 그리고 노화도의 변화를 측정하여 저장성 향상과 노화 지연 효과를 살펴보고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에서 사용한 유산균 배양액은 김치로부터 분리한

것으로 최초 44종 유산균 중에서 항진균 활성이 크다고 판단된 22종 유산균을 선별하였으며, 임실지역 김치로부터 분리한 유산균을 *Lactobacillus sakei* subsp.로 동정한 ALH(*L. sakei* subsp. ALI033)이 항진균 활성이 가장 큰 것으로 평가되어 MRS 액체배지(Lactobacilli MRS broth, Difco, Franklin Lakes, NJ, USA)에 ALH를 2%(v/v) 접종하여 37°C에서 48시간 배양한 후 원심분리(3,000 rpm, 10 min, 4°C)하여 사용하였다(28,29). 시판되고 있는 정유(essential oil)인 바질유, 송엽유, 박하유, 스페어민트유, 계피유, 생강유 및 레몬유의 항진균 활성을 분리 곰팡이를 이용하여 측정할 결과 계피유가 활성이 가장 좋은 것으로 나타나 본 실험에서는 10%(w/v) 계피가루를 에탄올에 24시간 침지한 후 원심분리(10,000 rpm, 10 min, 4°C)하여 사용하였다(30). 식빵 재료로 강력분 밀가루(Daehan flour mills Co., Seoul, Korea), 쇼트닝(Samuang Co., Seoul, Korea), 이스트(Jenico Foods Co., Seoul, Korea), 설탕(Samyang Co., Seoul, Korea), 소금(Dongwon Co., Seoul, Korea) 및 탈지분유(Seoul Milk Co., Seoul, Korea)는 시중에서 구입하여 사용하였다.

### 유산균 배양액과 계피추출물을 첨가한 식빵 제조

유산균 배양액과 계피추출물을 첨가한 식빵은 직접반죽법으로 Table 1과 같이 제조하였다(31). 강력분은 1,200 g, 물은 700 mL를 기본으로 하고 유산균 배양액과 계피추출물을 첨가하지 않고 제조한 식빵을 대조구로 하였고, CE0 시료는 유산균 배양액만 30 g, CE25 시료는 유산균 배양액 22.5 g과 계피추출물 7.5 g, CE50 시료는 유산균 배양액 15 g과 계피추출물 15 g, CE75 시료는 유산균 배양액 7.5 g과 계피추출물 22.5 g 그리고 CE100 시료는 계피추출물만 30 g 첨가하였다. 이외에 쇼트닝 36 g, 설탕 72 g, 소금 18 g, 탈지분유 48 g, 이스트 60 g을 첨가하여 사용하였다. 반죽은 저속에서 2분 동안 수화 후 쇼트닝을 첨가하여 중속 5분, 고속 5분으로 하였다. 1차 발효는 습도 75%, 온도 27°C에서 40분간 1차 발효를 한 후 180 g씩 분할하여 15분 동안 중간 발효를 하였다. 2차 발효는 온도 38°C, 습도 85%에서 시행하였고, 윗불 200°C, 아랫불 180°C 오븐에서 30분간 구웠다.

### 저장 중 식빵의 수분함량

유산균 배양액과 계피추출물을 첨가한 식빵의 저장 중 수분함량은 온도 20°C의 incubator에서 0, 1, 2, 3, 4, 및 5일 동안 저장하면서 경시적으로 시료를 채취하여 상압가열건조법(32)으로 측정하였다.

### 저장 중 식빵의 pH

유산균 배양액과 계피추출물을 첨가한 식빵의 저장 중 pH는 온도 20°C의 incubator에서 0, 1, 2, 3, 4, 및 5일 동안 저장하면서 경시적으로 시료를 3 g 채취하여 증류수를 10

**Table 1. Formula of loaf bread with lactic acid bacteria cultured and cinnamon extract**

Samples <sup>1)</sup>	Control	CE0	CE25	CE50	CE75	CE100
Wheat flour (g)	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
Shortening (g)	36	36	36	36	36	36
Sugar (g)	72	72	72	72	72	72
Salt (g)	18	18	18	18	18	18
Nonfat dry milk powder (g)	48	48	48	48	48	48
Yeast (g)	60	60	60	60	60	60
Water (mL)	700	670	670	670	670	670
Lactic acid bacteria culture (g)	0	30	22.5	15	7.5	0
Cinnamon extract (g)	0	0	7.5	15	22.5	30

<sup>1)</sup>Control, water 700 g; CE0, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 30 g; CE25, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 22.5 g+cinnamon extract 7.5 g; CE50, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 15 g+cinnamon extract 15 g; CE75, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 7.5 g+cinnamon extract 22.5 g; CE100, water 670 g+cinnamon extract 30 g.

배 넣고 교반한 다음 pH meter(Accument 925 pH/ion meter, Fisher Scientific, Lenexa, KS, USA)로 측정하였다.

#### 저장 중 식빵의 적정산도

유산균 배양액과 계피추출물을 첨가한 식빵의 저장 중 적정산도는 온도 20℃의 incubator에서 0, 1, 2, 3, 4, 및 5일 동안 저장하면서 경시적으로 시료 10 g을 채취하여 증류수를 10배 넣고 실온에서 30분간 교반한 다음, 1.81×10<sup>3</sup> g에서 30분간 원심분리(MF 600, Hanil Science Industrial, Gimpo, Korea)하여 상등액을 0.1 N NaOH로 중화 적정하였다. 산도는 소요된 NaOH의 양으로 다음 계산식에 따라 lactic acid(mg/100 g)로 표시하였다.

$$\text{적정산도(mg\%)} = \frac{V \times F \times D \times 0.009}{S} \times 100$$

V : 0.01 N NaOH 용액의 적정소비량(mL)

F : 0.01 N NaOH 용액의 역가

D : 희석배수

0.009 : lactic acid 계수 값

S : 시료채취량

#### 저장 중 식빵의 색도

유산균 배양액과 계피추출물을 첨가한 식빵의 저장 중 색도는 온도 20℃의 incubator에서 0, 1, 2, 3, 4, 및 5일 동안 저장하면서 경시적으로 시료를 채취하여 색차계(JC 801S, Tokyo, Japan)를 사용하여 L(백색도), a(적색도), b(황색도) 값을 측정하였다.

#### 저장 중 식빵의 물성

유산균 배양액과 계피추출물을 첨가한 식빵의 저장 중

물성은 온도 5℃의 incubator에서 0, 1, 2, 3, 4, 및 5일 동안 저장하면서 경시적으로 시료를 채취하여 빵 중심 부위를 2×2×1 cm로 절단하여 texture analyzer(TA-XT2i, Stable Micro System Co., Surrey, UK)를 이용하여 TPA(texture profile analysis)로 측정하였다. Compression force의 측정조건은 test type: measure force compression, test speed: 0.1 mm/sec, strain: 50%, probe: P/45으로 하였다. 위의 측정 후 얻어진 force-distance curve로부터 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 점착성(gumminess), 씹힘성(chewiness)의 평균값을 구하였다.

#### 저장 중 식빵의 반응속도특적 노화도

유산균 배양액과 계피추출물을 첨가한 식빵의 조직감 특성 중 경도 변화를 Avrami 방정식(34)에 적용하여 노화 특성을 분석하였다.

경도의 변화로

$$\theta = e^{-kt^n} \quad (A)$$

$\theta$  : 일정시간 후 결정화 되지 않은 부분

$k$  : 속도상수(rate constant)

$n$  : 결정화 mode에 따라 1-4의 값을 갖는 Avrami 지수

$t$  : 저장시간

$$\frac{E_L - E_t}{E_L - E_0} = e^{-kt^n} \quad (B)$$

$E_0$  : 초기(0시간)의 경도

$E_t$  :  $t$ 시간 경과 후의 경도

$E_L$  : 이론적으로 도달할 수 있는 최고의 경도

식빵의 이론적 최고 경도(limiting modulus)는 5°C에서 5일간 저장 후 경도를 얻었다.

식 (B)에서 자연로그와 사용로그를 취하면 다음과 같다.

$$\ln(E_L - E_t)/(E_L - E_0) = -kt^n \quad (C)$$

$$\log\{-\ln(E_L - E_t)/(E_L - E_0)\} = \log k + n \log t \quad (D)$$

Avrami 지수(n)는 log로 표시된 식 (D)에서  $\log\{(E_L - E_t)/(E_L - E_0)\}$ (y축)을  $\log t$ (x축)에 대하여 좌표로 나타낸 그래프의 기울기로 구하였다.

식 (B)에서 자연로그를 취하면 다음과 같다.

$$\ln(E_L - E_t) = -kt^n + \ln(E_L - E_0) \quad (E)$$

속도상수(k)는 방정식 (E)로부터  $\ln(E_L - E_t)$ 와 시간 t를 축으로 한 그래프의 기울기로 구하였다.

#### 통계처리 방법

실험결과는 SPSS 프로그램(IBM SPSS Statistics 25, Armonk, NY, USA)을 이용하여 일원배치 분산분석(ANOVA)으로 통계처리 하였으며,  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다.

## 결과 및 고찰

#### 저장 중 식빵의 수분함량, pH, 적정산도 변화

유산균 배양액과 계피추출물을 물 대신 첨가하여 제조한 식빵을 20°C incubator에서 5일 동안 저장하면서 수분함량, pH 및 적정산도의 변화를 측정된 결과는 Table 1과 같다. 유산균 배양액만을 첨가한 CE0 시료에서 가장 높았고, 계피추출물만을 첨가한 CE100 시료에서 가장 낮았으며 시료간에 유의한 차이가 있었다. 저장기간이 길어질수록 모든 시료에서 수분함량은 낮아지는 것으로 나타났고, 유산균 배양액만을 첨가한 CE0 시료의 수분함량 감소가 가장 적은 것으로 나타났고, 유산균 배양액과 계피추출물을 25:75의 비율로 첨가한 CE75 시료의 수분함량 감소가 가장 큰 것으로 나타났으며, 저장기간에 따른 시료간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. Torrieri 등(34)의 연구는 밀가루에 sourdough를 첨가하여 제조한 식빵을 4°C에서 15일 동안 저장하면서 수분함량을 측정된 것으로 저장기간이 길어질수록 수분함량이 감소하는 경향을 보였고 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 Kim(8)의 연구에서도 저장기간이 길어질수록 식빵의 수분함량이 줄어드는 경향으로

본 연구결과와 유사한 것으로 나타났다. 식빵의 수분함량이 줄어드는 것은 식빵 내부의 수분이 환경적인 요인에 의해서 밖으로 확산되기 때문이고, 수분함량이 감소함에 따라 단단해지고 전분과 글루텐의 변형에 의해 노화가 진행된다(35,36). 따라서 저장기간 동안 수분함량 감소를 최소화하는 것이 노화의 진행을 늦추는 것으로 볼 수 있고, sourdough를 이용하여 식빵을 제조하는 방법은 저장기간 동안 수분함량을 유지하여 저장기간을 연장할 수 있는 방법 중 하나라고 생각된다.

pH의 변화를 측정된 결과, 모든 시료가 각각의 저장기간에서 첨가량에 따라 유의한 차이가 있었고, 각각의 시료는 저장기간에 따라 서로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 유산균 배양액 첨가량이 감소할수록 pH는 감소하는 경향으로 나타났고, 저장기간이 길어질수록 계피추출물 첨가량이 증가한 식빵의 pH가 높아지는 것으로 나타났다. 저장기간 동안 pH가 가장 적게 변화한 것은 CE100 시료로 나타났고, 대조구가 가장 크게 감소한 것으로 나타났으며, 계피첨가량이 증가할수록 pH 감소 폭이 적은 것으로 나타났다. Aplevicz 등(36)의 연구에서도 반죽과 빵의 pH 값은 발효 시간이 길어지면서 감소하였고, 유기산에 의해서 pH 값이 낮아지는 것은 sourdough의 점탄성에 영향을 미친다고 하였다. 무화과 액종(1)과 사과전립분 사워종(8)을 이용하여 sourdough bread의 품질 특성 연구에서 사워종과 액종 첨가량이 증가할수록 pH는 낮아지는 것으로 나타났고, 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

적정산도의 변화를 측정된 결과, 모든 시료가 저장기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였고, 유산균 배양액 첨가량이 감소하고 계피추출물 첨가량이 증가할수록 적정산도의 증가 폭이 작게 나타났으며, 각각의 시료는 저장기간에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. Torrieri 등(34)의 연구와 Lappi 등(37)의 통밀을 이용한 식빵의 연구에서도 대조구보다 sourdough를 이용한 식빵의 적정산도가 높았다. Bartkiene 등(38)의 연구에서도 sourdough 제조에 사용된 미생물에 의해서 식빵의 산도가 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났고, 모든 sourdough 식빵의 적정산도를 증가시키는 것으로 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 저장기간 동안 모든 시료의 적정산도는 증가하는 경향을 보였고, 각각의 시료는 저장기간에 따라 유의한 차이가 있었다. 저장기간 동안 적정산도의 변화가 가장 큰 시료는 대조구로 나타났고, 계피추출물만을 첨가하여 제조한 식빵의 저장 중 적정산도의 변화가 가장 적은 것으로 나타났다. 유산균 배양액 첨가량이 감소하고 계피추출물 첨가량이 증가할수록 저장기간 동안 적정산도의 변화가 적은 것으로 나타난 것은 Ryu 등(39)의 연구에서 계피추출물의 항균성이 저장기간 동안 균의 생성을 억제하여 산 성분의 생성에 영향을 미친 것으로 생각된다. 계피추출물 첨가량이 증가할수록

식빵의 총균수는 적었고, 곰팡이 균수를 측정된 결과에서도 저장 3일째부터 대조구와 유산균 배양액만을 첨가한 CEO 시료에서 균수가 증가하였고, CE25, CE50 및 CE75는 저장 4일째부터 곰팡이가 발생하였고, CE100은 저장 5일째부터 곰팡이가 발생하여 계피추출물 첨가량이 증가할수록 곰팡이 균수를 억제하는 것을 알 수 있었다.

### 저장 중 식빵의 색도 변화

유산균 배양액과 계피추출물을 물 대신 첨가하여 제조한 식빵을 20°C incubator에서 5일 동안 저장하면서 색도의 변화를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 백색도 측정 결과, 제조 당일에서 저장 5일째까지는 대조구와 유산균 배양액만을 첨가한 CEO 시료에서 가장 높았고, 계피추출물만을 첨가한 CE100 시료에서 가장 낮았다. 저장기간 동안 유산균 배양액만을 첨가한 CEO 시료에서 가장 변화가 컸고, 계피추출물만을 첨가한 CE100 시료가 가장 변화가 적었으며, 각각의 시료와 저장기간에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 적색도는 백색도와 반대로 저장기간이 길어질수록 모든 시료에서 증가하는 경향을 보였고, 저장기간이 길어질수록 모든 시료에서 백색도는 감소하는 경향

을 보였다. 저장기간 동안 대조구의 백색도 변화가 가장 적었고, 유산균 배양액만을 첨가한 CEO 시료가 가장 변화가 큰 것으로 나타났다. 황색도는 모든 시료가 저장 1일째 감소하는 경향을 보였지만 그 이후에는 시료와 저장기간에 따라 감소와 증가를 반복하는 불규칙한 경향을 보였으며, 각각의 시료와 저장기간에 따라 유의한 차이가 나타났다. Song 등(40)의 계피 분말을 첨가한 쿠키의 연구에서 계피 분말 첨가량이 증가할수록 백색도는 감소하였고, 적색도와 황색도는 증가하는 경향으로 유사한 결과를 보였다. 저장기간 동안 백색도는 감소하는 경향을 보였고, 적색도는 증가하는 경향을 보였으나 황색도는 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보였다. Park 등(41)의 도토리식빵에 관한 연구에서는 저장기간이 경과함에 따라 백색도는 감소하였고, 적색도와 황색도는 증가하여 다소 상이한 결과를 보였지만, Kang 등(42)의 우유식빵에 관한 연구에서는 저장기간이 경과함에 따라 색도는 다소 불규칙한 변화를 보여 본 연구 결과와 유사하였다.

### 저장 중 식빵의 물성 변화

유산균 배양액과 계피추출물을 물 대신 첨가하여 제조한

**Table 2. Changes in moisture, pH and titratable acidity of loaf bread with lactic acid bacteria cultured and cinnamon extract**

Samples <sup>1)</sup>	Storage time (days)						
	0	1	2	3	4	5	
Moisture (%)	Control	40.15±0.28 <sup>2)(b3)A4)</sup>	37.51±0.43 <sup>ab</sup>	35.32±0.45 <sup>aC</sup>	34.14±0.24 <sup>dD</sup>	33.46±0.17 <sup>eE</sup>	32.49±0.22 <sup>fF</sup>
	CEO	40.74±0.23 <sup>A</sup>	36.57±0.45 <sup>bB</sup>	35.66±0.43 <sup>aC</sup>	34.65±0.13 <sup>dD</sup>	34.45±0.60 <sup>dD</sup>	33.21±0.03 <sup>E</sup>
	CE25	39.82±0.04 <sup>bA</sup>	36.49±0.19 <sup>bB</sup>	33.76±0.57 <sup>bC</sup>	32.29±0.60 <sup>bD</sup>	29.85±0.75 <sup>bE</sup>	29.26±0.45 <sup>bE</sup>
	CE50	39.79±0.16 <sup>bA</sup>	35.60±0.47 <sup>bB</sup>	32.94±0.41 <sup>bcC</sup>	31.18±0.83 <sup>cdD</sup>	28.75±0.68 <sup>bE</sup>	28.25±0.27 <sup>bE</sup>
	CE75	38.88±0.16 <sup>cA</sup>	35.66±0.29 <sup>bB</sup>	32.18±0.88 <sup>cdC</sup>	29.52±0.78 <sup>dD</sup>	28.65±0.89 <sup>bD</sup>	28.14±1.04 <sup>bD</sup>
	CE100	37.96±0.60 <sup>dA</sup>	35.60±0.48 <sup>bB</sup>	31.03±1.17 <sup>dC</sup>	29.29±0.08 <sup>dD</sup>	29.07±0.66 <sup>bD</sup>	28.75±1.07 <sup>bD</sup>
pH	Control	6.44±0.04 <sup>aA</sup>	6.23±0.03 <sup>dB</sup>	5.58±0.06 <sup>cC</sup>	5.19±0.05 <sup>dD</sup>	5.06±0.02 <sup>eE</sup>	4.64±0.02 <sup>fF</sup>
	CEO	6.58±0.01 <sup>aA</sup>	6.37±0.01 <sup>aB</sup>	5.44±0.01 <sup>bcC</sup>	5.20±0.01 <sup>dD</sup>	5.11±0.03 <sup>bE</sup>	4.90±0.02 <sup>bF</sup>
	CE25	6.47±0.01 <sup>cA</sup>	6.26±0.00 <sup>cB</sup>	5.47±0.01 <sup>bcC</sup>	5.14±0.01 <sup>bdD</sup>	5.02±0.01 <sup>dE</sup>	5.01±0.03 <sup>aE</sup>
	CE50	6.52±0.01 <sup>bA</sup>	6.31±0.01 <sup>bB</sup>	5.48±0.01 <sup>bcC</sup>	5.17±0.02 <sup>abD</sup>	5.16±0.03 <sup>dD</sup>	5.00±0.06 <sup>aE</sup>
	CE75	6.50±0.00 <sup>bA</sup>	6.29±0.00 <sup>bB</sup>	5.46±0.03 <sup>bcC</sup>	5.13±0.03 <sup>bdD</sup>	5.13±0.02 <sup>abD</sup>	5.01±0.02 <sup>aE</sup>
	CE100	6.36±0.02 <sup>dA</sup>	6.14±0.01 <sup>eB</sup>	5.35±0.02 <sup>cC</sup>	5.04±0.02 <sup>cdD</sup>	5.04±0.01 <sup>cdD</sup>	5.03±0.03 <sup>aD</sup>
Titratable acidity (mg%)	Control	7.79±0.24 <sup>D</sup>	8.49±0.57 <sup>cd</sup>	8.54±0.19 <sup>bd</sup>	9.58±0.35 <sup>C</sup>	12.05±0.75 <sup>AB</sup>	13.30±0.17 <sup>aA</sup>
	CEO	7.66±0.16 <sup>E</sup>	8.63±0.29 <sup>cd</sup>	9.57±0.15 <sup>aC</sup>	9.57±0.15 <sup>C</sup>	11.44±0.52 <sup>abB</sup>	13.16±0.69 <sup>aA</sup>
	CE25	7.72±0.33 <sup>D</sup>	9.77±0.38 <sup>aC</sup>	10.23±0.84 <sup>abC</sup>	10.50±0.63 <sup>BC</sup>	11.28±0.74 <sup>abB</sup>	13.14±0.48 <sup>aA</sup>
	CE50	8.15±0.60 <sup>E</sup>	8.91±0.17 <sup>bcd</sup>	10.04±0.17 <sup>aC</sup>	10.19±0.19 <sup>C</sup>	11.57±0.43 <sup>abB</sup>	12.97±0.60 <sup>aA</sup>
	CE75	8.46±0.59 <sup>D</sup>	9.38±0.22 <sup>abC</sup>	9.53±0.34 <sup>aC</sup>	10.76±0.93 <sup>B</sup>	10.81±0.45 <sup>abB</sup>	12.77±0.18 <sup>aA</sup>
	CE100	8.55±0.38 <sup>D</sup>	9.31±0.27 <sup>abCD</sup>	10.07±0.33 <sup>abC</sup>	10.63±0.54 <sup>AB</sup>	10.75±0.80 <sup>baB</sup>	11.52±0.96 <sup>baA</sup>

<sup>1)</sup>Control, water 700 g; CEO, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 30 g; CE25, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 22.5 g+cinnamon extract 7.5 g; CE50, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 15 g+cinnamon extract 15 g; CE75, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 7.5 g+cinnamon extract 22.5 g; CE100, water 670 g+cinnamon extract 30 g.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD. Mean with different superscript within a column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

<sup>3)a-c</sup>Means Duncan's multiple range test for different addition (column).

<sup>4)A-F</sup>Means Duncan's multiple range test for storage time (row).

**Table 3. Changes in Hunter's color value of loaf bread with lactic acid bacteria cultured and cinnamon extract**

Samples <sup>1)</sup>	Storage time (days)						
	0	1	2	3	4	5	
L	Control	80.22±0.20 <sup>2(a3)A4)</sup>	78.70±0.68 <sup>aB</sup>	78.49±0.31 <sup>aB</sup>	77.59±0.84 <sup>bC</sup>	76.70±0.92 <sup>bC</sup>	73.19±1.14 <sup>dD</sup>
	CE0	79.88±0.28 <sup>aA</sup>	79.11±0.21 <sup>aB</sup>	79.09±0.27 <sup>aB</sup>	78.53±0.68 <sup>aB</sup>	77.73±1.05 <sup>aC</sup>	70.74±0.74 <sup>bD</sup>
	CE25	72.99±0.32 <sup>bA</sup>	71.91±1.18 <sup>bAB</sup>	71.90±0.51 <sup>bBC</sup>	71.54±0.48 <sup>bBC</sup>	72.41±0.66 <sup>bC</sup>	68.40±0.22 <sup>cD</sup>
	CE50	68.89±0.38 <sup>aA</sup>	68.82±0.69 <sup>aA</sup>	68.09±0.92 <sup>aAB</sup>	67.69±0.69 <sup>aB</sup>	67.19±0.83 <sup>aB</sup>	65.52±0.76 <sup>cC</sup>
	CE75	65.04±0.41 <sup>dA</sup>	64.82±0.35 <sup>dA</sup>	64.35±2.02 <sup>dA</sup>	63.83±0.39 <sup>eAB</sup>	62.90±0.94 <sup>eB</sup>	58.40±0.33 <sup>cC</sup>
	CE100	58.32±0.70 <sup>aA</sup>	57.93±0.35 <sup>aA</sup>	57.90±0.20 <sup>eA</sup>	57.11±0.11 <sup>fB</sup>	57.11±0.53 <sup>fB</sup>	56.40±0.33 <sup>cC</sup>
a	Control	-1.77±0.32 <sup>e</sup>	-1.64±0.35 <sup>e</sup>	-1.53±0.53 <sup>e</sup>	-1.51±0.81 <sup>e</sup>	-1.49±0.51 <sup>e</sup>	-1.17±0.16 <sup>f</sup>
	CE0	-1.91±0.70 <sup>cC</sup>	-1.83±0.29 <sup>cC</sup>	-1.75±0.27 <sup>cC</sup>	-1.64±0.22 <sup>cC</sup>	-1.10±0.32 <sup>eB</sup>	-0.31±0.14 <sup>eA</sup>
	CE25	2.04±0.23 <sup>d</sup>	2.05±0.29 <sup>d</sup>	2.29±0.24 <sup>d</sup>	2.30±0.50 <sup>d</sup>	2.35±0.43 <sup>d</sup>	2.42±0.24 <sup>d</sup>
	CE50	2.91±0.81 <sup>cD</sup>	3.09±1.02 <sup>cD</sup>	3.51±0.69 <sup>cBCD</sup>	3.74±0.36 <sup>cABC</sup>	4.00±0.29 <sup>eAB</sup>	4.41±0.17 <sup>eA</sup>
	CE75	3.98±0.67 <sup>bC</sup>	4.79±0.44 <sup>bB</sup>	4.82±0.62 <sup>bB</sup>	5.00±0.49 <sup>bAB</sup>	5.64±0.55 <sup>bAB</sup>	5.25±0.21 <sup>bA</sup>
	CE100	6.39±0.25 <sup>aD</sup>	7.28±0.22 <sup>aC</sup>	7.34±0.31 <sup>aBC</sup>	7.61±0.20 <sup>aAB</sup>	7.73±0.21 <sup>aA</sup>	7.86±0.18 <sup>aA</sup>
b	Control	20.55±0.35 <sup>bA</sup>	18.88±0.24 <sup>cC</sup>	19.09±0.30 <sup>cDC</sup>	19.06±0.33 <sup>cC</sup>	20.81±0.30 <sup>bA</sup>	19.56±0.18 <sup>bB</sup>
	CE0	19.88±0.19 <sup>aA</sup>	18.65±0.22 <sup>bB</sup>	18.93±0.26 <sup>bB</sup>	18.89±1.37 <sup>bB</sup>	19.89±0.42 <sup>aA</sup>	20.47±0.37 <sup>aA</sup>
	CE25	19.79±0.44 <sup>cBC</sup>	19.44±0.20 <sup>dCD</sup>	19.54±0.49 <sup>bCC</sup>	20.00±0.25 <sup>bB</sup>	19.03±0.38 <sup>bB</sup>	20.74±0.35 <sup>aA</sup>
	CE50	20.53±0.25 <sup>bB</sup>	19.87±0.37 <sup>cC</sup>	19.72±0.11 <sup>bC</sup>	20.67±0.51 <sup>bAB</sup>	19.44±0.37 <sup>aC</sup>	21.19±0.84 <sup>aA</sup>
	CE75	20.85±0.18 <sup>bB</sup>	20.76±0.13 <sup>bBC</sup>	20.05±0.84 <sup>bD</sup>	20.55±0.28 <sup>bBCD</sup>	20.23±0.25 <sup>cCD</sup>	22.61±0.51 <sup>bA</sup>
	CE100	23.80±0.03 <sup>aA</sup>	22.18±0.10 <sup>bB</sup>	21.91±0.32 <sup>aB</sup>	21.79±0.08 <sup>aB</sup>	22.09±0.14 <sup>aB</sup>	23.53±0.96 <sup>aA</sup>

<sup>1)</sup>Control, water 700 g; CE0, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 30 g; CE25, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 22.5 g+cinnamon extract 7.5 g; CE50, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 15 g+cinnamon extract 15 g; CE75, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 7.5 g+cinnamon extract 22.5 g; CE100, water 670 g+cinnamon extract 30 g.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD. Mean with different superscript within a column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

<sup>3)a-c)</sup>Means Duncan's multiple range test for different addition (column).

<sup>4)A-D)</sup>Means Duncan's multiple range test for storage time (row).

식빵을 5°C incubator에서 5일 동안 저장하면서 물성의 변화를 측정된 결과는 Table 4와 같다. 경도는 저장기간 동안 계피추출물만을 첨가한 CE100 시료가 가장 높았고, 유산균 배양액만을 첨가한 CE0 시료가 가장 낮았다. 저장기간이 길어질수록 모든 시료의 경도는 증가하는 경향을 보였으며, 각각의 시료와 저장기간에 따라 유의한 차이가 있었다. Fagundes 등(43)에 의하면 식빵의 경도는 식빵 표본의 변형을 주는 힘과 관련이 있고, 경도의 차이는 식빵 제조시 첨가되는 재료와 수분함량에 따라서 달라진다고 하였다. Katina 등(15)의 연구에서는 저장 1일에는 대조구와 sourdough bread와 크게 차이가 있지는 않았지만 저장 4일에 측정된 결과 대조구와 비교해서 sourdough bread의 경도가 100-190 g 감소하는 것으로 나타났다. 부착성, 탄력성 및 응집성은 저장기간이 길어질수록 모든 시료에서 감소하는 경향을 보였고, 탄력성과 응집성은 각각의 시료와 저장기간에 따라 유의한 차이가 있었다. 계피추출물만을 첨가한 CE100 시료는 부착성에서 저장 2일째부터 가장 낮았고, 탄력성과 응집성에서는 저장기간 동안 가장 낮은 것으로 나타났다. 유산균 배양액 첨가량이 높을수록 탄력성은 대조구보다

높은 것으로 나타나 유산균 배양액에 식빵의 탄력성에 긍정적인 효과를 주는 것으로 생각된다. 점착성과 씹힘성은 각각의 시료와 저장기간에 따라 유의적인 차이는 보였지만, 저장기간 동안 증가와 감소를 반복하는 불규칙한 경향을 보였다. 점착성과 씹힘성은 경도, 탄력성 및 응집성의 계산에 의해서 나타나는 값으로 경도의 증가와 탄력성과 응집성의 감소 폭의 차이에 의한 것으로 생각된다. Sourdough의 유산균과 효모 등의 미생물 대사적 상호작용에 의해 유산균의 생화학적 및 생리학적 특성을 나타내며, sourdough bread의 부피, 부서짐성 및 가공성 등의 물성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(35).

**저장 중 식빵의 노화도 변화**

식빵의 경도는 노화를 측정하는데 사용되는데, 유산균 배양액과 계피추출물을 물 대신 첨가하여 제조한 식빵을 5°C incubator에서 저장하면서 측정된 물성의 경도 값을 이용하여 식빵의 노화를 측정하였다. 대조구와 유산균 배양액 및 계피추출물을 첨가한 식빵의 Avrami 지수(*n*), 속도상수(*k*) 그리고 시간상수(1/*k*)의 결과는 Table 5, log{-ln(*E<sub>t</sub>-E<sub>∞</sub>*)/(*E<sub>L</sub>-E<sub>∞</sub>*)}와 log *t*를 축으로 나타낸 결과와 ln(*E<sub>t</sub>-E<sub>∞</sub>*)와

**Table 4. Changes in texture properties of loaf bread with lactic acid bacteria cultured and cinnamon extract**

Samples <sup>1)</sup>	Storage time (days)						
	0	1	2	3	4	5	
Hardness	Control	5.54±0.81 <sup>2)(b3)D4)</sup>	5.96±0.46 <sup>CD</sup>	8.10±0.68 <sup>BC</sup>	8.15±0.31 <sup>CC</sup>	8.84±0.72 <sup>CB</sup>	10.30±0.41 <sup>DA</sup>
	CE0	3.31±0.28 <sup>DE</sup>	4.56±0.30 <sup>DD</sup>	6.62±0.42 <sup>CC</sup>	7.05±0.59 <sup>DBC</sup>	7.44±0.34 <sup>DAB</sup>	7.68±0.78 <sup>EA</sup>
	CE25	3.58±0.49 <sup>DD</sup>	4.95±0.58 <sup>CC</sup>	6.70±0.48 <sup>BB</sup>	6.87±0.41 <sup>DB</sup>	7.52±0.57 <sup>DA</sup>	7.83±0.42 <sup>EA</sup>
	CE50	4.55±0.53 <sup>CE</sup>	5.56±0.82 <sup>CD</sup>	6.82±0.38 <sup>CC</sup>	7.88±0.69 <sup>CB</sup>	8.41±0.94 <sup>CB</sup>	11.12±0.59 <sup>CA</sup>
	CE75	6.09±0.45 <sup>BD</sup>	8.32±0.36 <sup>BC</sup>	8.54±0.36 <sup>BC</sup>	9.54±0.56 <sup>BB</sup>	12.20±0.47 <sup>BA</sup>	12.42±0.49 <sup>BA</sup>
	CE100	6.92±0.78 <sup>AF</sup>	9.10±0.57 <sup>AE</sup>	10.10±0.40 <sup>AD</sup>	11.80±0.48 <sup>AC</sup>	13.24±0.62 <sup>AB</sup>	15.13±0.97 <sup>AA</sup>
	Adhesiveness	Control	0.39±0.06 <sup>A</sup>	0.39±0.06 <sup>A</sup>	0.38±0.05 <sup>A</sup>	0.34±0.04 <sup>AB</sup>	0.31±0.05 <sup>AB</sup>
CE0		0.40±0.06	0.39±0.05	0.38±0.06	0.37±0.06 <sup>a</sup>	0.36±0.03 <sup>a</sup>	0.33±0.09 <sup>a</sup>
CE25		0.40±0.04 <sup>A</sup>	0.38±0.04 <sup>AB</sup>	0.36±0.05 <sup>AB</sup>	0.36±0.04 <sup>AB</sup>	0.34±0.04 <sup>ABC</sup>	0.30±0.04 <sup>AC</sup>
CE50		0.40±0.04 <sup>A</sup>	0.40±0.05 <sup>A</sup>	0.36±0.06 <sup>AB</sup>	0.36±0.06 <sup>AB</sup>	0.33±0.06 <sup>AB</sup>	0.27±0.06 <sup>C</sup>
CE75		0.40±0.04 <sup>A</sup>	0.39±0.03 <sup>A</sup>	0.38±0.03 <sup>A</sup>	0.38±0.03 <sup>AA</sup>	0.33±0.04 <sup>AB</sup>	0.33±0.05 <sup>BB</sup>
CE100		0.40±0.05 <sup>A</sup>	0.40±0.03 <sup>A</sup>	0.34±0.03 <sup>B</sup>	0.23±0.05 <sup>BC</sup>	0.21±0.04 <sup>BCD</sup>	0.18±0.04 <sup>BD</sup>
Springiness		Control	0.90±0.00 <sup>BA</sup>	0.89±0.01 <sup>BB</sup>	0.88±0.00 <sup>BC</sup>	0.87±0.01 <sup>AC</sup>	0.81±0.01 <sup>BD</sup>
	CE0	0.91±0.01 <sup>AA</sup>	0.90±0.02 <sup>AB</sup>	0.89±0.00 <sup>AA</sup>	0.88±0.01 <sup>AB</sup>	0.86±0.02 <sup>AB</sup>	0.83±0.01 <sup>AC</sup>
	CE25	0.90±0.00 <sup>BA</sup>	0.90±0.01 <sup>AA</sup>	0.89±0.01 <sup>AB</sup>	0.87±0.01 <sup>AC</sup>	0.80±0.01 <sup>BCD</sup>	0.78±0.02 <sup>DE</sup>
	CE50	0.90±0.01 <sup>BA</sup>	0.89±0.00 <sup>AB</sup>	0.88±0.00 <sup>AB</sup>	0.84±0.01 <sup>BC</sup>	0.80±0.01 <sup>BCD</sup>	0.68±0.01 <sup>DE</sup>
	CE75	0.89±0.00 <sup>CA</sup>	0.89±0.00 <sup>BA</sup>	0.88±0.01 <sup>BB</sup>	0.81±0.02 <sup>CC</sup>	0.79±0.01 <sup>CD</sup>	0.52±0.01 <sup>EE</sup>
	CE100	0.82±0.00 <sup>DA</sup>	0.79±0.01 <sup>CB</sup>	0.76±0.01 <sup>CC</sup>	0.69±0.01 <sup>DD</sup>	0.46±0.01 <sup>DE</sup>	0.33±0.01 <sup>FF</sup>
	Cohesiveness	Control	0.52±0.02 <sup>AA</sup>	0.50±0.07 <sup>AB</sup>	0.48±0.01 <sup>BC</sup>	0.47±0.01 <sup>AB</sup>	0.46±0.00 <sup>AC</sup>
CE0		0.52±0.01 <sup>AA</sup>	0.48±0.00 <sup>BB</sup>	0.48±0.00 <sup>BB</sup>	0.45±0.01 <sup>BC</sup>	0.44±0.03 <sup>BC</sup>	0.42±0.01 <sup>BD</sup>
CE25		0.52±0.01 <sup>AA</sup>	0.46±0.01 <sup>BB</sup>	0.45±0.00 <sup>CB</sup>	0.45±0.04 <sup>BC</sup>	0.43±0.01 <sup>BC</sup>	0.40±0.02 <sup>CD</sup>
CE50		0.51±0.05 <sup>AB</sup>	0.50±0.01 <sup>AA</sup>	0.50±0.00 <sup>AA</sup>	0.47±0.01 <sup>AB</sup>	0.47±0.01 <sup>AB</sup>	0.46±0.01 <sup>AB</sup>
CE75		0.51±0.02 <sup>AB</sup>	0.48±0.01 <sup>AB</sup>	0.47±0.02 <sup>BB</sup>	0.44±0.00 <sup>CC</sup>	0.41±0.02 <sup>CD</sup>	0.40±0.00 <sup>EE</sup>
CE100		0.49±0.01 <sup>BA</sup>	0.46±0.02 <sup>BB</sup>	0.41±0.01 <sup>CC</sup>	0.39±0.01 <sup>DD</sup>	0.39±0.03 <sup>DD</sup>	0.37±0.01 <sup>DE</sup>
Gumminess		Control	2.92±0.48 <sup>BC</sup>	3.02±0.55 <sup>BC</sup>	3.88±0.36 <sup>BB</sup>	3.80±0.15 <sup>CB</sup>	4.09±0.35 <sup>BA</sup>
	CE0	1.71±0.14 <sup>DC</sup>	2.18±0.14 <sup>EB</sup>	3.17±0.21 <sup>DA</sup>	3.18±0.27 <sup>DA</sup>	3.28±0.33 <sup>CA</sup>	3.26±0.29 <sup>DA</sup>
	CE25	1.86±0.25 <sup>DC</sup>	2.27±0.27 <sup>BB</sup>	3.04±0.22 <sup>DA</sup>	3.07±0.41 <sup>DA</sup>	3.23±0.29 <sup>CA</sup>	3.16±0.18 <sup>DA</sup>
	CE50	2.32±0.40 <sup>DE</sup>	2.78±0.43 <sup>BD</sup>	3.38±0.20 <sup>CC</sup>	3.72±0.35 <sup>BC</sup>	3.96±0.48 <sup>BB</sup>	5.10±0.35 <sup>BA</sup>
	CE75	3.09±0.29 <sup>ABC</sup>	3.99±0.21 <sup>AB</sup>	4.02±0.28 <sup>AB</sup>	4.16±0.25 <sup>BB</sup>	5.04±0.26 <sup>AA</sup>	4.91±0.21 <sup>BA</sup>
	CE100	3.38±0.39 <sup>AE</sup>	4.20±0.32 <sup>AD</sup>	4.14±0.20 <sup>AD</sup>	4.65±0.18 <sup>AC</sup>	5.21±0.53 <sup>AB</sup>	5.67±0.43 <sup>AA</sup>
	Chewiness	Control	2.62±0.43 <sup>AB</sup>	2.69±0.49 <sup>BB</sup>	3.40±0.31 <sup>AA</sup>	3.30±0.15 <sup>AA</sup>	3.31±0.31 <sup>BA</sup>
CE0		1.55±0.12 <sup>CC</sup>	1.96±0.15 <sup>CB</sup>	2.83±0.17 <sup>DA</sup>	2.78±0.25 <sup>BA</sup>	2.84±0.32 <sup>CA</sup>	2.70±0.26 <sup>BA</sup>
CE25		1.67±0.22 <sup>CC</sup>	2.05±0.25 <sup>CB</sup>	2.70±0.17 <sup>DA</sup>	2.66±0.37 <sup>BA</sup>	2.58±0.24 <sup>CD</sup>	2.47±0.13 <sup>CA</sup>
CE50		2.10±0.36 <sup>BD</sup>	2.48±0.38 <sup>BC</sup>	2.99±0.18 <sup>CB</sup>	3.14±0.27 <sup>AB</sup>	3.18±0.37 <sup>BA</sup>	3.48±0.22 <sup>AA</sup>
CE75		2.74±0.27 <sup>AC</sup>	3.55±0.18 <sup>BB</sup>	3.52±0.23 <sup>AB</sup>	3.35±0.18 <sup>AB</sup>	3.99±0.24 <sup>AA</sup>	2.54±0.13 <sup>BC</sup>
CE100		2.78±0.32 <sup>AB</sup>	3.33±0.24 <sup>AA</sup>	3.13±0.16 <sup>BA</sup>	3.19±0.12 <sup>AA</sup>	2.41±0.22 <sup>DC</sup>	1.89±0.16 <sup>DD</sup>

<sup>1)</sup>Control, water 700 g; CE0, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 30 g; CE25, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 22.5 g+cinnamon extract 7.5 g; CE50, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 15 g+cinnamon extract 15 g; CE75, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 7.5 g+cinnamon extract 22.5 g; CE100, water 670 g+cinnamon extract 30 g.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD. Mean with different superscript within a column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

<sup>3)A-C</sup>Means Duncan's multiple range test for different addition (column).

<sup>4)A-F</sup>Means Duncan's multiple range test for storage time (row).

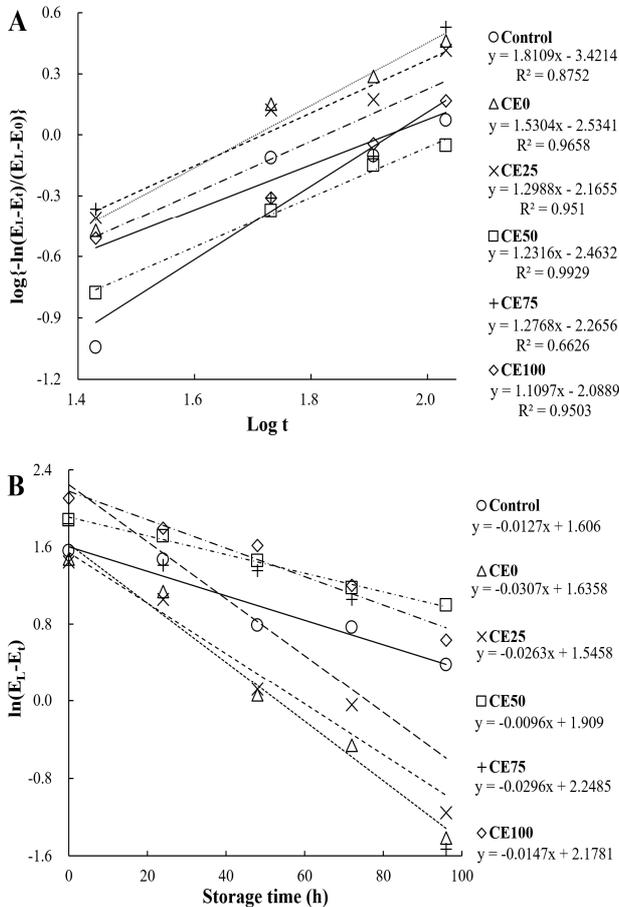
**Table 5. Avrami exponent, rate constant and time constant of loaf bread with lactic acid bacteria cultured and cinnamon extract**

Samples <sup>1)</sup>	Avrami exponent ( $n$ ) <sup>2)</sup>	Rate constant ( $k$ ) <sup>3)</sup> (h)	Time constant ( $1/k$ )
Control	1.8109	0.0127	78.74
CE0	1.5304	0.0307	32.57
CE25	1.2988	0.0263	38.02
CE50	1.2316	0.0096	104.17
CE75	1.2768	0.0296	33.78
CE100	1.1097	0.0147	68.03

<sup>1)</sup>Control, water 700 g; CE0, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 30 g; CE25, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 22.5 g+cinnamon extract 7.5 g; CE50, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 15 g+cinnamon extract 15 g; CE75, water 670 g+lactic acid bacteria cultured 7.5 g+cinnamon extract 22.5 g; CE100, water 670 g+cinnamon extract 30 g.

<sup>2)</sup>Values obtained from slope of plot  $\log\{-\ln(E_L-E_t)/(E_L-E_0)\}$  vs  $\log t$ .

<sup>3)</sup>Values obtained from slope of plot  $-\ln(E_L-E_t)$  vs time.



**Fig. 1. Plot  $\log\{-\ln(E_L-E_t)/(E_L-E_0)\}$  vs  $\log t$  (A) and  $-\ln(E_L-E_t)$  vs time (B) for loaf bread with lactic acid bacteria cultured and cinnamon extract.**

-○-, control (addition of water 700 g); -△-, CE0 sample (addition of water 670 g+lactic acid bacteria cultured 30 g); -×-, CE25 sample (addition of water 670 g+lactic acid bacteria cultured 22.5 g+cinnamon extract 7.5 g); -□-, CE50 sample (addition of water 670 g+lactic acid bacteria cultured 15 g+cinnamon extract 15 g); -+-, CE75 sample (addition of water 670 g+lactic acid bacteria cultured 7.5 g+cinnamon extract 22.5 g); -◇-, CE100 sample (addition of water 670 g+cinnamon extract).

시간  $t$ 를 축으로 나타낸 결과는 Fig. 1과 같다. Avrami 지수 ( $n$ )는 결정체가 형성되는 시간과 결정형을 갖는 속도를 복합적으로 나타내주는 값으로 Avrami 지수 값이 낮으면 노화를 억제하는 효과적인 물질로 판단하고, 속도상수( $k$ )의 역수인 시간상수( $1/k$ )는 노화의 진행 속도로서 속도상수의 값이 클수록 노화가 지연되는 효과가 높은 것을 나타낸다 (44-46). 대조구의 Avrami 지수( $n$ )값은 1.8109이었고, 유산균 배양액과 계피추출물을 첨가한 식빵의 Avrami 지수( $n$ )는 1.1097-1.5304로 모든 시료에서 대조구보다 낮아 유산균 배양액과 계피추출물은 식빵의 노화를 억제하는 물질로 생각되며, Crowley 등(13)의 연구에서는 젖산균을 첨가한 sourdough wheat bread도 대조구와 비교해서 노화가 느려지는 것으로 나타났다. 노화 속도를 나타내는 시간상수( $1/k$ )에서 유산균 배양액과 계피추출물을 1:1의 비율로 첨가한 CE50 시료는 104.17로 대조구의 78.74 보다 높았다. 따라서 본 연구에서 유산균 배양액과 계피추출물은 노화를 억제하는 물질이지만 혼합 비율에 따라서 노화 속도에 차이가 있는 것으로 나타났다.

**요 약**

본 연구는 유산균 배양액과 계피추출물 물 대신 첨가하여 제조한 sourdough bread를 저장하면서 수분, pH, 적정산도, 색도, 물성 및 노화도의 변화를 측정하여 식빵의 저장성 향상과 노화 지연 효과를 연구하였다. 저장 중 수분함량 변화를 측정한 결과, 모든 시료는 저장기간이 길어질수록 모든 시료는 감소하는 경향을 보였고, CE0 시료 식빵이 저장기간 동안 가장 수분함량이 높은 것으로 나타났으며, 수분함량 변화도 가장 적은 것으로 나타났다. 저장 중 pH의 변화도 수분함량과 마찬가지로 모든 시료에서 저장기간이 길어질수록 감소하는 경향을 보였고, 저장 초기에는 대조구와 CE0 시료가 높았으나 저장기간이 길어질수록 계피추출물 첨가량이 높은 CE100 시료가 높은 경향을 보였으며, 저장기간 동안 CE100 시료의 pH가 가장 변화가 적은 것으로 나타났다. 저장 중 적정산도는 pH의 결과와 반대로 모든 시료에서 저장기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였고, 저장 3일까지는 대조구와 유산균 배양액을 첨가량이 많은 식빵의 적정산도가 낮았으나 그 이후에는 계피추출물 첨가량이 많은 식빵에서 낮았으며, 계피추출물 첨가량이 많을수록 저장기간 동안 적정산도 변화가 가장 적었다. 저장 중 색도의 변화에서 백색도는 저장기간이 길어질수록 감소하는 경향을 보였고, 적색도는 증가하는 경향을 보였으며, 황색도는 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보였다. 저장 중 물성의 변화를 측정한 결과 경도와 점착성은 증가하는 경향을 보였고, 부착성, 탄력성 및 응집성은 감소하는 경향을 보였으며, 씹힘성은 증가 후 다시 감소하는 경향을 보였

다. 저장 중 노화도 변화에서 유산균 배양액과 계피추출물을 첨가한 식빵은 대조구보다 Avrmi 지수( $m$ )의 값이 낮았고, 시간상수( $1/k$ )에서는 CE0에서 가장 낮았고, CE50 시료가 가장 높아 노화 지연 효과가 가장 큰 것으로 나타났다. Sourdough bread에서 나타나는 특유의 신맛과 냄새를 억제하여 전체적인 선호도가 높은 것은 계피추출물을 25-50% 첨가한 식빵으로 나타난 결과를 종합적으로 살펴보면 유산균 배양액과 계피추출물을 1:1의 비율로 첨가하였을 때 가장 적합한 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가가치식품기술개발사업의 연구비 지원(111143-2)으로 수행된 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

### References

- Jung KT, Park BG, Lee MH (2017) Quality characteristics of sourdough bread using fermented fig. *Culi Sci Hos Res*, 23, 56-65
- Brandt MJ (2007) Sourdough products for convenient use in baking. *Food Microbiol*, 24, 161-164
- Arendt EK, Ryan LAM, Bello FD (2007) Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiol*, 24, 165-174
- An HL, Lee KS (2009) Study on the quality characteristics of pan bread with sourdough starters from added domestic wheat flours. *J East Asian Soc Dietary Life*, 19, 996-1008
- Thiele C, Ganzle MG, Vogel RF (2002) Contribution of sourdough lactobacilli, yeast and cereal enzymes to the generation of amino acids in dough relevant for bread flavor. *Cereal Chem*, 79, 45-51
- Lopez HW, Duclos V, Coudray C, Krespine V, Feillet-Coudray C, Messager A, Demigne C, Remesy C (2003) Making bread with sourdough improves mineral bioavailability from reconstituted whole wheat flour in rats. *Nutr*, 19, 524-530
- De Vuyst L, Gaenzle M (2005) Second international symposium on sourdough: from fundamentals to applications. *Trends Food Sci Technol*, 16, 2-3
- Kim YM (2018) Quality characteristics of sourdough bread with apple whole wheat flour sour starter. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 47, 468-475
- Hansen A, Schieberle P (2005) Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects. *Trends Food Sci Technol*, 16, 85-94
- Gucmen D, Gurbuz O, Kumral AY, Dagdelen AF, Sahin I (2007) The effects of wheat sourdough on glutenin patterns, dough rheology and bread properties. *Eur Food Res Technol*, 225, 821-830
- Armero E, Collar C (1996) Antistaling additives, flour type and sourdough process effects on functionality of wheat doughs. *J Food Sci*, 61, 299-303
- Rouzaud O, Martinez-Anaya MA (1997) Relationships between biochemical and quality-related characteristics of breads, resulting from the interaction of flour, microbial starter and the type of process. *Z Lebensm Unters Forsch A*, 204, 321-326
- Crowley P, Schober T, Clarke CI, Arendt EK (2002) The effect of storage time on textural and crumb grain characteristics of sourdough wheat bread. *Eur Food Res Technol*, 214, 489-496
- Meignen B, Onno B, Gelinas P, Infantes M, Guilois S, Cahagnier B (2001) Optimization of sourdough fermentation with *Lactobacillus brevis* and baker's yeast. *Food Microbiol*, 18, 239-245
- Katina K, Heinio RL, Autio K, Poutanen K (2006) Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. *LWT-Food Sci Technol*, 39, 1189-1202
- Mori H, Okada H, Onishi H, Takaki S (2001) Bread making using brewing microorganisms (Part 1). New sour bread starter using brewing microorganisms. *J Brew Soc Japan*, 96, 282-288
- Kati K, Kaisa P, Karin A (2004) Influence and interactions of processing conditions and starter culture on formation of acids, volatile compounds and amino acids in wheat sourdoughs. *Cereal Chem*, 81, 598-610
- Byun JB, Chang JH, Jeoung GY, Lee JS (2015) Effect of rice flour sourdough fermented with *Omiya* (*Schizandra chinensis*) extract on quality characteristics of bread. *Korean J Food Sci Technol*, 47, 704-710
- Byun JB, Lee JS (2017) Fermentative characteristics of rye sourdough containing *Omiya* extracts. *Korean J Food Sci Technol*, 49, 168-172
- Ma EB, Yoon HN, Lee S, Jung HN, Choi OJ (2018) Quality properties of whole wheat flour sourdough bread using sweet persimmon stater. *Korean J Food Cook Sci*, 34, 263-271
- Choi JH, Kim E, Lee KS (2016) Quality characteristics of sourdough bread made with kamut sour stater. *Culi*

- Sci Hos Res, 22, 117-133
22. Lim ES (2016) Effect of the mixed culture of heterofermentative lactic acid bacteria and acid-tolerant yeast on the shelf-life of sourdough. *Korean J Microbiol*, 52, 471-481
  23. Lim ES, Kim YM, Lee EW (2017) Functional evaluation of sourdough containing lactic acid bacteria isolated from sliced radish kimchi. *Korean J Microbiol*, 53, 180-192
  24. Elizabeth TJ, Gassara F, Kouassi AP, Brar SK, Belkacemi K (2017) Spice use in food: properties and benefits. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 57, 1078-1088
  25. Gruenwald J, Freder J, Armbruster N (2010) Cinnamon and health. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 50, 822-834
  26. Ping H, Zhang G, Ren G (2010) Antidiabetic effects of cinnamon oil in diabetic KK-Ay mice. *Food Chem Toxicol*, 48, 2344-2349
  27. Ho SC, Chang KS, Chang PW (2013) Inhibition of neuroinflammation by cinnamon and its main components. *Food Chem*, 138, 2275-2282
  28. Choi HN, Oh HH, Yang HS, Hun CK, Bae IH, Lee JS, Jeong YS, Jeong EJ, Jung HK (2013) Antifungal activity against cheese fungi by lactic acid bacteria isolated from kimchi. *Korean J Food Preserv*, 20, 727-734
  29. Huh CK, Hwang TY (2016) Identification of antifungal substance of *Lactobacillus sakei* subsp. ALI033 and antifungal activity against *Penicillium brevicompactum* strain FI02. *Prev Nutr Food Sci*, 21, 52-56
  30. Choi YJ, Jin HY, Yang HS, Lee SC, Huh CK (2016) Quality and storage characteristics of yogurt containing *Lactobacillus sakei* ALI033 and cinnamon ethanol extract. *J Anim Sci Technol*, 58, 16-22
  31. Huh CK, Shim KH (2017) Quality characteristics of sourdough bread added with lactic acid bacteria culture solution and cinnamon extract. *Korean J Food Preserv*, 24, 764-770
  32. AOAC (1995) Official methods of analysis of AOAC Intl. 16<sup>th</sup> ed, Association of official analytical Chemists, Arlington, VA, USA, Method 943.02
  33. Armero E, Collar C (1998) Crumb firming kinetics of wheat breads with anti-staling additives. *J Cereal Sci*, 28, 165-174
  34. Torrieri E, Pepe O, Ventorino V, Masi P, Cavella S (2014) Effect of sourdough at different concentrations on quality and shelf life of bread. *Food Sci Technol*, 56, 508-516
  35. Abu-Choush M, Herald TJ, Dowell F, Xie F, Aramouni FM, Madl R (2008) Effect of preservatives addition on the shelf-life extensions and quality of flat bread as determined by near-infrared spectroscopy and texture analysis. *Int J Food Sci Technol*, 43, 357-364
  36. Aplevicz KS, Ogliari PJ, Sant'Anna ES (2013) Influence of fermentation time on characteristics of sourdough bread. *Braz J Pharm Sci*, 49, 233-239
  37. Lappi J, Selinheimo E, Schwab U, Katina K, Lehtinen P, Mykkanen H, Kolehmainen M, Poutanen K (2010) Sourdough fermentation of wholemeal wheat bread increases solubility of arabinoxylan and protein and decreases postprandial glucose and insulin responses. *J Cereal Sci*, 51, 152-158
  38. Bartkiene E, Bartkevics V, Krungleviciute V, Pugajeva I, Zadeike D, Juodeikiene G (2017) Lactic acid bacteria combinations for wheat sourdough preparation and their influence on wheat bread quality and acrylamide formation. *J Food Sci*, 82, 2371-2378
  39. Ryu HY, Bae KH, Kum EJ, Park SJ, Lee BH, Sohn HY (2007) Evaluation for the antimicrobial, antioxidant and antithrombosis activity of natural spices for fresh-cut yam. *J Life Sci*, 17, 652-657
  40. Song JH, Lim JA, Lee JH (2014) Quality and antioxidant properties of cookies supplemented with cinnamon powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 43, 1457-1461
  41. Park JY, Joo JI, Kim JM (2017) Changes in the quality changes of bread added with acorn the storage periods. *J East Asian Soc Diet Life*, 27, 529-539
  42. Kang EY, Yang YH, Oh SH, Lee JH, Chang KS, Kim MK, Cho HY, Kim MR (2006) Storage quality characteristics of milk bread added with  $\beta$ -glucan from *Agrobacterium* spp. R259 KCTC 10197BP. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 35, 613-621
  43. Fagundes GA, Rocha M, Salas-Mellado MM (2018) Improvement of protein content and effect on technological properties of wheat bread with the addition by cobia (*Rachycentron canadum*). *Food Res*, 2, 221-227
  44. Song KY, O H, Zhang Y, Joung KY, Kim YS (2016) Effects of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) leaf powder on quality characteristics, antioxidant activities, and retarding retrogradation by shelf-life of *Sulgidduck* (rice cake). *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 45, 1792-1798
  45. Joung KY, Song KY, O H, Zhang Y, Shin SY, Kim YS (2017) Study on the quality characteristics and retarding retrogradation of pound cakes containing tef (*Eragrostis tef*) flour. *J East Asian Soc Diet Life*, 27, 41-49
  46. Kim SS, Chung HY (2010) Retarding retrogradation of Korean rice cakes (*Karaedduck*) with a mixture of trehalose and modified starch analyzed by Avrami kinetics. *Korean J Food Nutr*, 23, 39-44