

저장중 온도, pH, potassium sorbate를 이용한 딸기 paste의 natural microflora의 증식억제 효과

조준일 · 하상도 · 김근성*
중앙대학교 식품공학과

Inhibitory Effects of Temperature, pH, and Potassium Sorbate against Natural Microflora in Strawberry Paste during Storage

Joon-II Cho, Sang-Do Ha, and Keun-Sung Kim*
Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University

Residual contamination levels of natural microflora in strawberries were evaluated. Approximate counts of total aerobic mesophilic bacteria, total coliforms, and lactic acid bacteria were 8, 2, and 3 log CFU/g, respectively, whereas those of *Escherichia coli* and yeasts/molds were under the detection limit (<10 cells/g). Growth inhibition degrees of total aerobic mesophilic bacteria, total coliforms, and lactic acid bacteria were also evaluated based on three hurdles of preservative, storage temperature, and pH of strawberry paste prepared as model system. Strawberry paste was stored at low (4°C), room (20°C), and high (37°C) temperatures. Potassium sorbate was added as a preservative up to 0.1%. Acidity of strawberry paste was adjusted to pH 4 or 7. During 7-day storage, inhibitory effects of the hurdles against bacterial groups were: storage temperature > pH of strawberry paste > addition of potassium sorbate. Combination of three hurdles most effectively inhibited growth of residual microflora.

Key words: strawberry, natural microflora, temperature, pH, potassium sorbate

서 론

딸기는 *Rosaceae*(장미과), *Fragaria ananassa*에 속하는 다년 초 집합과로 향기와 색상이 우수하며 vitamin C 함량이 높아 그 이용가치가 높은 과실로서 우리 나라 총 생산량의 90%가 생식용으로 사용되고 있으며, 가공용으로 잼, 젤리, 아이스크림 및 통조림 등의 제조 원료로 이용되고 있다(1). 또한 딸기는 2002년도에 21만톤이 생산되었으며(2), 최근 들어 소비량이 급증하고, 우리나라 국민들이 8번째로 많이 섭취하고 있는 과일 로 보고되고 있다. 그러나 딸기는 저장성이 매우 낮은 작물로 보통 수확하여 운송된 후 2-3일 이상을 신선한 상태로 유지하는데 많은 어려움과 비용이 발생하는 것으로 알려져 있다. 특히 미생물에 의한 오염과 경도의 감소로 인한 피해가 딸기의 품질 유지를 위한 가장 심각한 문제로 대두되고 있으며, 또한 부수적으로 저장 조건에 따른 색변화(discoloration), 당도(soluble solid contents) 변화 및 이취(off-flavor)의 발생으로 인한 상품성

저하가 문제로 대두되고 있다(3).

딸기의 저장성을 향상시키기 위한 방법과 관련된 연구로는 수확 즉시 예냉처리를 하여 호흡량을 줄임으로서 신선도를 유지하는 방법(4), γ -선 조사에 의한 딸기 회색곰팡이병의 발생억제 방법(5), chitosan coating과 CaCl_2 처리에 의한 딸기의 부패 지연 방법(6), 혹은 citrate 및 lactate 용액에 침지하여 품질을 유지하는 방법(7) 등이 보고되었다.

그러나 본 연구의 목적은 딸기 자체가 아닌 딸기를 paste화 하여 냉장 저장하는 새로운 방법을 개발하고자 하였다. 현재까지 딸기 paste를 이용한 딸기의 저장성 향상에 관한 연구는 국내외에서 전무한 상태이며 과일·채소 중 tomato paste의 저장성 향상을 위한 연구로 식물성 essential oil 첨가(8), can을 이용한 진공 포장(9), endopolygalacturonase와 pectinmethylesterase를 이용하여 저장하는 방법(10) 등이 보고되어졌다. 또한 딸기의 품질변화를 유발하는 주요한 원인인 딸기 자체의 잔존미생물 증식과 그에 대한 제어방법 개발에 관한 깊이 있고 체계적인 연구가 미약한 실정이다.

이에 유통 중인 딸기의 잔존미생물을 총호기성균, 대장균군, 대장균, 유산균 그리고 효모/곰팡이 등으로 구분하여 각각의 균수를 측정하였다. 그리고 딸기 paste를 model system으로 사용하여 유통중인 딸기의 잔존미생물에 대한 저장온도, pH, 그리고 보존제 각각의 개별 또는 조합 hurdle의 증식 억제효과를 규명하였다.

*Corresponding author : Keun-Sung Kim, Department of Food Science and Technology, College of Industrial Sciences, Chung-Ang University, 72-1, Ansong-si, Gyunggi 456-756, Korea
Tel: 82-31-670-3032
Fax: 82-31-675-4853
E-mail: keunsung@post.cau.ac.kr

재료 및 방법

재료

실험에 사용된 딸기는 서울, 양재동에 위치한 하나로 마트에서 구입하였다. 구입한 딸기 시료는 ice box에 담아 4-7°C로 유지하면서 실험실로 이동한 후, 시료 포장을 제거하지 않은 채로 4°C 냉장고에 보관하면서 구입한 날로부터 하루 이내에 실험에 사용하였다. 딸기에 잔존해 있는 미생물들의 균수를 측정하기 위하여 구입된 딸기를 25 g씩 채취하여 225 mL 0.1% phosphate buffer로 희석한 후, stomacher(Casta Brava, Spain)를 이용하여 2분간 균질화한 다음 0.1% phosphate buffer를 이용하여 10배씩 연속 희석하여 사용하였다. 저장실험과 관련한 딸기 paste는 딸기 4 kg을 blender를 사용하여 1분간 마쇄한 후 25 g을 채취하여 225 mL의 멸균수와 혼합하고 stomacher를 이용하여 균질화하여 제조하였다.

시약 및 배지

0.1% phosphate dilution buffer의 800×stock solution을 조제하기 위하여 34 g의 KH_2PO_4 를 증류수 500 mL에 녹인 후 1 N NaOH를 첨가하여 pH를 7.2로 보정한 후 증류수를 채워 1 L로 하였다. 1.25 mL의 800×stock solution을 증류수 1 L에 혼합하여 autoclaving한 후 사용하였다(11).

본 실험에 사용된 배지로는 plate count agar(PCA, Difco), Petrifilm™ *E. coli* count(PEC, 3M), MRSA(de Man, Rogosa, and Sharpe agar, Difco), 그리고 10% tartaric acid로 산성화시킨 potato dextrose agar(APDA, Difco) 등이 있다. 그리고 본 실험에 사용된 다른 모든 시약은 모두 ACS grade, extra pure grade 또는 특급시약을 사용하였다.

유통중인 딸기의 잔존 미생물 분석

유통중인 딸기에 잔존해 있는 총호기성균, 대장균군, 대장균, 유산균 그리고 효모/곰팡이의 수를 측정하였다. 총호기성균(aerobic mesophilic bacteria)의 경우에는 plate count agar(PCA) 배지를 이용하여 pour plate method에 의해 딸기 시료를 배지에 도말 하고 35°C에서 48시간 배양 후 집락수를 측정하였다. 대장균군(total coliforms)과 *E. coli*는 Petrifilm™ *E. coli* count(PEC)를 이용하여 37°C에서 24시간 배양 후 집락수를 측정하였으며, 이때 기포를 형성한 colony중 red colony만을 coliform으로, 그리고 blue colony만을 *E. coli*로 각각 인정하였다(12). 유산균(lactic acid bacteria)은 MRSA배지를 이용하여 pour plate method에 의해 35°C에서 48시간 배양 후 집락수를 측정하였다. 효모/곰팡이(yeast and molds)는 potato dextrose agar(PDA)배지에 10% tartaric acid를 첨가하여 산성화시킨 PDA(APDA)를 제조하여 pour plate method로 접종하여 25°C에서 5일간 배양 후 집락수를 측정하였다(13).

딸기 paste 저장중의 미생물 변화

딸기 paste의 7일간 저장기간 동안에 보존제, 저장온도, 딸기 paste의 pH 등의 3가지 hurdle이 잔존 미생물의 증식에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 딸기 paste의 pH는 4와 7을 모델에 사용하였다. 딸기 자체의 pH는 본 연구진의 분석결과 4.28이었으나, 본 모델에서는 4로 정하였으며, pH 7은 0.1 N NaOH를 사용하여 조정하였다. 보존제로는 딸기가 산성 식품이란 점을 고려하여 국내에서 산성식품에 효과적인 보존제로 허가되어 있는 potassium sorbate(14)를 0.1% 수준으로 첨가하여 효과를 비

교하였다. 저장온도는 고온(37°C), 상온(20°C) 그리고 저온(4°C)을 선정하여 각각 저장온도별로 4개의 실험구로 나누어 딸기 paste를 저장하면서 저장 전, 저장 1일째, 2일째, 3일째, 5일째, 7일째마다 각각 미생물학적 및 이화학적 변화를 동일 검체에 대하여 3회 반복 측정하여 그들의 평균값을 얻었다.

딸기 paste 저장중의 pH와 총산의 변화

딸기 paste 저장 중 발생하는 이화학적 변화를 파악하기 위하여 pH와 총산을 측정하였다. pH와 총산의 측정에 딸기 paste를 그대로 사용하여 pH는 상온에서 pH meter를 사용하여 측정하였고, 총산은 AOAC방법(15)에 의하여 시료의 여액 10 mL를 중화시키는데 소요되는 0.1 N NaOH용량(mL)을 lactic acid 함량(%)으로 환산하여 표시하였다.

결과 및 고찰

딸기의 natural microflora 분석

시판중인 딸기에 잔존하는 총호기성균, 대장균군, 대장균, 유산균 그리고 효모/곰팡이 수를 측정하였다. 구입한 딸기 시료의 총호기성균은 7.90 log CFU/g, 대장균군은 2.22 log CFU/g, 유산균은 3.19 log CFU/g이었으나, 효모/곰팡이와 대장균은 모든 시료에서 검출한계(<10 cells)미만으로 조사되었다(Table 1). 한편 정(16) 등은 딸기 natural microflora중 총호기성균은 4.6 log CFU/g, 유산균은 3.8 log CFU/g, 그리고 효모는 4.4 log CFU/g으로 보고하였으며, 위의 연구결과와 비교해 볼 때 유산균을 제외한 총호기성균 및 효모 수에 다소 차이가 있는데 이는 딸기 품종 혹은 수확 계절 및 장소에 의한 차이로 생각되어 진다.

저장온도별 natural microflora의 증식양상 비교

딸기 paste의 저장온도별 잔존미생물의 증식에 미치는 영향을 Fig. 1에 나타내었다. 저장 전 딸기의 총호기성 균은 7.90 log CFU/g이었고 저장 기간과 저장 온도에 따라서 3-4.5 log CFU/g의 균 수 증가가 나타났다. 저장온도별로는 7일 동안 저장한 후에 37°C에서 저장 시 4.5 log CFU/g, 20°C에서 저장 시 3.5 log CFU/g, 4°C에서 저장 시 3 log CFU/g씩 각각 증식하였으므로, 37 > 20 > 4°C의 순으로 저장 시 총호기성균의 증식이 빠른 것으로 나타났다(Fig. 1). 이는 저온(4°C)에서 저장하였을 경우 상온(20°C)과 고온(37°C)에서 저장 한 경우보다 미생물 증식이 둔화되어 더욱 긴 저장성을 가지는 것으로 판단되어 진다. 한편 이와 같은 세 가지 저장온도에 따른 유산균과 coliform의 증식에 미치는 영향은 총호기성균의 경우와 동일한 경향을 나타내었다(Table 2). Jacuette(17)와 Graham(18) 등은 *Bacillus cereus*와 *Clostridium botulinum*을 각각 4-30°C에서 배양하였을 경우 온도가 높을수록 이들의 성장이 활발한 것으로 보고하였다. 또한 양(19)의 보고에 따르면 딸기를 0-20°C로 저장하였을

Table 1. Average counts of natural microflora on strawberries collected from a domestic market

Natural microflora	Average counts (log CFU/g)
Aerobic mesophilic bacteria	7.90
Lactic acid bacteria	3.19
Total coliforms	2.22
<i>E. coli</i>	ND ¹⁾
Yeasts & molds	ND

¹⁾Not detected (< 10 cells).

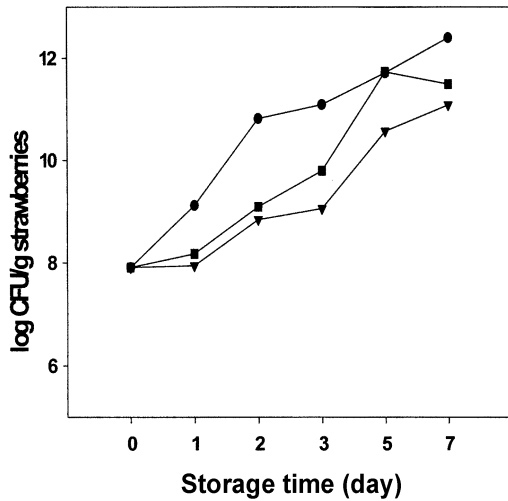


Fig. 1. Growth patterns of total aerobic mesophilic bacteria in strawberry paste stored at different storage temperatures in pH 4 (▼ : 4°C, ■ : 20°C, ● : 37°C).

Pooled SEMs(Standard Error Means) = 0.54 for 4°C, 0.66 for 20°C and 0.68 for 37°C.

경우 20>4>0°C 순으로 경도, vitamin C 함량, 그리고 당도가 급격히 감소하여 딸기의 품질 손상을 가져오는 것으로 나타났다. 그러므로 이러한 결과는 딸기를 고온에서 저장하였을 경우 미생물들의 활성이 더욱 활발히 나타나 저장성을 저하시키는 것으로 평가되었다. 하지만 온도만을 이용한 방법으로는 수확 후 딸기의 신선한 품질을 장기간 유지시키기란 어려운 것으로 생각되어진다.

딸기 paste의 pH에 따른 natural microflora의 증식양상 비교

20°C 상온 저장 시 딸기 paste의 pH에 따른 잔존미생물의 증식pattern을 Fig. 2에 나타내었다. 수확된 딸기 자체의 pH인 약 pH 4(pH 4.28)를 갖는 딸기 paste와 0.1 N NaOH를 이용하여 pH를 약 pH 7(pH 7.02)로 조절한 딸기 paste를 7일간 저장한 후의 총호기성균의 변화는 pH 4의 경우 3.6 log CFU/g으로 그리고 pH 7의 경우 4.7 log CFU/g으로 각각 증가하여 pH 4의 경우가 pH 7의 경우보다 잔존미생물의 증식이 억제되어 보다 더 긴 저장성을 가질 것으로 생각되어 진다(Fig. 2). 한편 pH 4와 pH 7에서의 딸기 paste의 pH별 잔존유산균과 잔존coliform의 증식도 총호기성균의 경우와 동일한 경향을 나타내었다(Table 3). 하지만 *Listeria monocytogenes*와 *Salmonella typhimurium*은 낮은 pH조건(pH 3.86)에서도 살아갈 수 있으며, *Clostridium botulinum*은 pH 4.3에서도 toxin을 생성할 수 있는 것으로 보고 되었다(20). 그러므로 이와 같이 산에 내성을 갖는 미생물들이

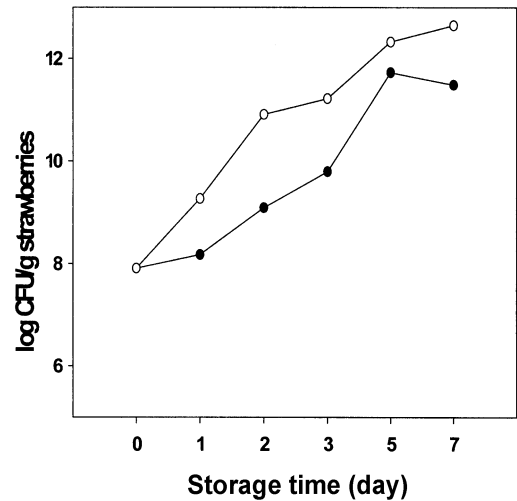


Fig. 2. Growth patterns of total aerobic mesophilic bacteria in strawberry paste with different pHs (●: pH 4, ○: pH 7) during storage at 20°C.

Pooled SEMs(Standard Error Means) = 0.66 for pH 4 and 0.74 for pH 7.

낮은 pH에서 증식하여 식중독을 일으킬 수 있으므로 단순히 pH조절만으로는 모든 식중독 미생물들을 억제하는데 한계가 있는 것으로 생각되어 진다.

Potassium sorbate의 첨가유무에 따른 natural microflora의 증식양상 비교

딸기 paste를 20°C 상온에 저장 시 potassium sorbate의 첨가에 따른 총호기성균의 증식억제 pattern을 Fig. 3에 나타내었다. 7일 저장 후 총호기성 균의 경우 potassium sorbate를 첨가한 경우(11.45 log CFU/g)와 첨가하지 않은 경우(11.5 log CFU/g) 모두 초기균수에 비하여 약 3.6 log CFU/g의 증가를 보였으나 potassium sorbate를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우에 증식 억제 효과에 있어서는 서로간에 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다(Fig. 3). 이(21) 등의 보고에 의하면 초기 포자수가 5 log CFU/mL인 *Bacillus cereus*를 cooked rice homogenate에 접종한 후 potassium sorbate를 2%까지 첨가하여도 총호기성균에 대하여 유의적인 증식 억제효과를 보이지 않은 것으로 나타나 본 연구결과와 동일한 경향을 보여주었다. 유산균은 저장 전 3.19 log CFU/g의 초기 균수를 가졌으나, 7일 저장 후에는 potassium sorbate를 첨가한 경우 7.98 log CFU/g로 증가하였고, potassium sorbate를 첨가하지 않은 경우 8.27 log CFU/g로 증가하여 저장 전에 비하여 4.8-5 log CFU/g의 균수 증가가 나타났다(Table 4). Coliform의 경우는 저장하기 전 초기에 2.22 log

Table 2. Growth patterns of lactic acid bacteria and total coliforms in strawberry paste stored at different storage temperatures in pH 4

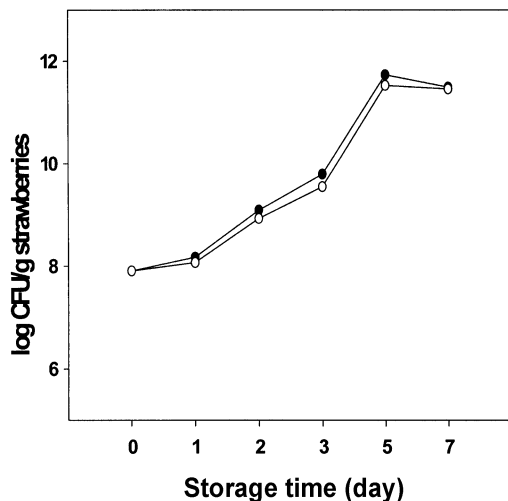
Storage period	Lactic acid bacteria (log CFU/g)			Total coliforms (log CFU/g)		
	4°C	20°C	37°C	4°C	20°C	37°C
initial inoculum	3.19	3.19	3.19	2.22	2.22	2.22
after 1 day	3.58	4.61	5.13	3.38	5.27	5.30
after 2 days	4.63	5.18	6.27	4.39	6.11	7.11
after 3 days	5.63	6.77	7.75	5.06	7.01	7.32
after 5 days	7.15	7.90	10.1	5.43	7.37	8.14
after 7 days	7.50	7.98	10.2	5.85	8.65	9.04

Table 3. Growth patterns of lactic acid bacteria and total coliforms in strawberry paste with different pHs during storage at 20°C

Storage period	Lactic acid bacteria (log CFU/g)		Total coliforms (log CFU/g)	
	pH 4	pH 7	pH 4	pH 7
initial inoculum	3.19	3.19	2.22	2.22
after 1 day	4.61	5.70	5.27	5.56
after 2 days	5.18	7.28	6.11	6.18
after 3 days	6.77	8.26	7.00	6.54
after 5 days	7.90	9.55	7.37	7.44
after 7 days	7.98	10.62	8.65	9.07

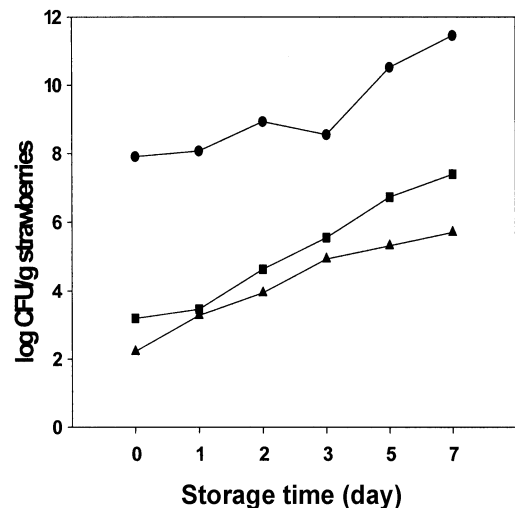
Table 4. Growth patterns of lactic acid bacteria and total coliforms in strawberry paste (pH 4, 20°C) with 0.1% potassium sorbate (W/PS) and without 0.1% potassium sorbate (W/O PS) during storage

Storage period	Lactic acid bacteria (log CFU/g)		Total coliforms (log CFU/g)	
	W/PS	W/O PS	W/PS	W/O PS
initial inoculum	3.19	3.19	2.22	2.22
after 1 day	4.3	4.61	4.58	5.27
after 2 days	4.96	5.18	5.59	6.11
after 3 days	6.56	6.77	6.13	7.00
after 5 days	7.90	8.32	6.26	7.37
after 7 days	7.98	8.27	7.17	8.65

**Fig. 3. Growth patterns of total aerobic mesophilic bacteria in strawberry paste (pH 4, 20°C) with 0.1% potassium sorbate (○) and without potassium sorbate (●) during storage.**

Pooled SEMs(Standard Error Means) = 0.65 for with 0.1% potassium sorbate and 0.66 for without 0.1% potassium sorbate.

CFU/g이었으나, 7일 저장 후에는 potassium sorbate를 첨가하여 저장한 경우는 7.17 log CFU/g이었고 potassium sorbate를 첨가하지 않고 저장한 경우는 8.65 log CFU/g으로 증가하여 저장 전에 비하여 5.0-6.4 log CFU/g의 균수 증가를 보였으며, 이때 potassium sorbate를 첨가한 경우에는 비첨가한 경우에 비하여 균이 1.5 log CFU/g정도의 균 증식이 억제되었으므로 potassium sorbate는 딸기 paste 내의 coliform에 대하여 보존제로서 작용하여 coliform의 증식억제 효과가 있는 것으로 나타났다(Table 4). 또한 조(22)와 양(23) 등도 *E. coli*와 *Bacillus subtilis*를 접종한 TGY 배지에 0.1% potassium sorbate를 첨가하였을 때 1.5 log CFU/g와 1 log CFU/g 가량의 증식 억제효과를 나타낸 것으로 보고하였다.

**Fig. 4. Growth patterns of 3 groups of residual natural bacteria (●: aerobic mesophilic bacteria, ■: lactic acid bacteria, ▲: coliforms) in strawberry paste (pH 4, 20°C) with 0.1% potassium sorbate during storage.**

Pooled SEMs(Standard Error Means) = 0.65 for aerobic mesophilic bacteria, 0.86 for lactic acid bacteria and 0.71 for coliforms.

딸기 paste의 natural microflora 증식억제를 위한 복합hurdle 효과

앞에서 기술한 바와 같이 딸기 paste를 7일간 저장하면서 보존제, 저장온도, 딸기 paste의 pH 등의 3가지 각각의 hurdle이 개별적으로 잔존 미생물의 증식 억제에 미치는 효과를 파악하였다. 그 결과에 의하여 딸기 paste의 저장 시 가장 최상의 효과를 얻을 수 있는 hurdle의 조합으로는 딸기 paste의 pH를 4로 하여 potassium sorbate를 첨가한 후 4°C에서 저장하는 것이 가장 적합한 복합 hurdle의 조합으로 나타났다. 그와 같은 복합 hurdle 조합을 이용하여 저장된 딸기 paste의 저장 기간 중에 발생한 미생물군의 증식억제 효과를 Fig. 4에 나타내었다.

총호기성균은 7.90 log CFU/g의 초기 균수를 나타냈고, 저장 3일째까지는 1 log CFU/g미만, 5일째까지는 2 log CFU/g정도의 미생물이 증식하였으며, 저장 7일째에는 10.91 log CFU/g까지 증식하여 저장하기 전과 비교하여 3 log CFU/g만큼이 더 증식하였다. 유산균은 3.19 log CFU/g의 초기 균수에서 저장 기간 동안 꾸준한 증식을 나타내어 저장 7일째에는 7.39 log CFU/g까지 증식하여 저장하기 전과 비교하여 4.2 log CFU/g만큼이 더 증식하였다. 대장균군은 초기 2.22 log CFU/g에서 유산균과 유사한 증식 pattern을 보여 저장 7일째에 5.70 log CFU/g로 증식하여 저장하기 전과 비교하여 3.5 log CFU/g만큼이 더 증식하였다. 그러므로 위와 같은 3가지 복합 hurdle을 적용하여 딸기 paste를 7일 동안 저장하였을 때 그들 hurdle을 적용하지 않았을 경우와 비교하여, 총호기성균은 0.1-3 log CFU/g, 유산균은 0.1-4.5 log CFU/g, 대장균군은 0.15-4.3 log CFU/g, 효모/곰팡이는 0.05-2.2 log CFU/g 수준의 미생물 증식억제 효과를 나타내었다. 3가지 hurdle별 개별효과는 대상 미생물마다 약간의 차이는 있었지만 저장온도는 0.4-2.6 log CFU/g, 딸기 paste의 pH는 0.9-1.2 log CFU/g, 그리고 potassium sorbate 첨가는 0.05-0.1 log CFU/g의 증식억제 효과를 각각 나타내었다. 그러므로 저장온도, 딸기 paste의 pH, 그리고 potassium sorbate 첨가 등의 3가지 hurdle별 딸기 paste의 잔존미생물에 대한 증식억제 효과는 저장온도 > pH > potassium sorbate 첨가의 순으로 나타났다.

Jacquette (17) 등은 온도, pH, nisin 등을 hurdle로 사용하여 냉장 유통되는 식품 중 *B. cereus*를 제어 할 수 있는 hurdle technology를 개발한 후 그들의 효과를 비교하였다. 초기 7.35 log CFU/g을 보이던 *B. cereus*는 복합 hurdle을 적용한 후에는 3.09 log CFU/g로 약 4 log의 균수 감소를 나타내어 복합 hurdle의 우수성을 보고하였다. 또한 온도는 8 > 15°C, pH는 5.5 > 6.57, nisin은 50 > 10 > 5 > 1 > 0 (µg/mL)로 *B. cereus*의 증식을 억제하는 효과가 큰 것으로 보고되었으며, 본 연구결과도 이와 유사하게 온도와 pH는 낮을수록, 그리고 보존제를 첨가하였을 경우 미생물의 증식억제 효과가 큰 것으로 나타났다.

딸기 paste의 pH와 총산의 변화

저장온도별로 저장중에 딸기 paste 내에서 발생한 pH와 총산의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 저장 전 딸기 paste의 pH는 4.28로 김 등(24)이 보고한 pH 3.5보다 다소 높았으며, 딸기 paste의 총산은 1.62%로 정 등(25)이 보고한 0.92%보다 다소 높은 것으로 측정되었는데 이는 재배 지역과 계절적 특성에 의한 차이로 생각되어 진다. 딸기 paste의 저장중 pH 변화는 저장 1일째가 되면서 4.65-4.80으로 증가하였고 이후 감소 폭의 차이는 있었지만 저장 7일째까지 저장기간이 지나면서 4.06-4.78로 감소하는 경향이 나타났다. 이와 같이 저장기간이 지남에 따라서 딸기 paste의 pH가 저하되는 것은 저장기간이 지나면서 딸기 paste 내에서 생성된 유기산의 증가에 따른 것으로 추측되어 진다. 그리고 저장온도에 따라서 4 > 20 > 37°C 순으로 딸기 paste의 pH가 높은 것으로 나타나 4°C 냉장 저장 시에는 20°C와 37°C에서 저장할 때와 비교하여 유기산이 천천히 증가한 결과로 생각되어 진다. 한편 저온(4°C)에 저장된 딸기 paste의 총산은 저장초기에 1.08-1.12%로 급격히 감소하였다가 저장 3일째에 다시 1.26-1.89%로 증가 한 후 저장 7일째까지 감소하는 경향을 보였다. 딸기의 총산은 주로 fumaric acid, succinic acid, malic acid, 그리고 citric acid와 같은 유기산의 함량에 의하여 변화(26)되는 것으로 알려져 있으며, 또한 이들 유

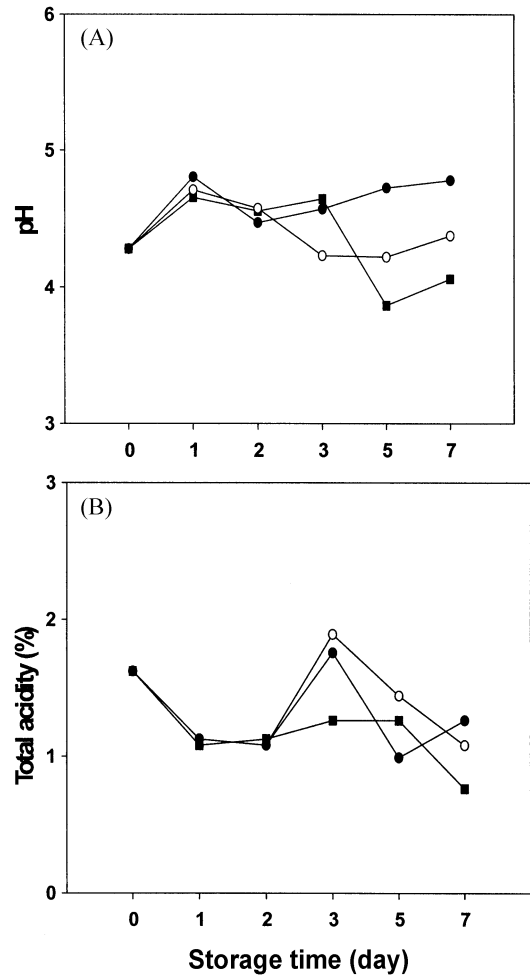


Fig. 5. Changes in pH (panel A) and total acidity (panel B) of strawberry paste stored at different storage temperatures in pH 4 (●: 4°C, ○: 20°C, ■: 37°C).

Pooled SEMs(Standard Error Means) for panel A = 0.08 for 4°C, 0.08 for 20°C and 0.13 for 37°C, and pooled SEMs(Standard Error Means) for panel B = 0.12 for 4°C, 0.13 for 20°C and 0.11 for 37°C.

기산은 대부분 초기 증가 후에 시간이 경과하면서 감소하는 경향을 나타내는 것으로 보고되었다. 그러므로 딸기 paste의 저장중 저장 3일째에 총산이 증가한 것은 citric acid를 비롯한 유기산 함량의 증가에 의한 것으로 사료된다. 그리고 저장 후반기에 다시 총산이 감소하는 것은 그와 같은 유기산이 호흡 대사 기작에 관련된 효소작용에 의하여 생성되는 alcohol류와 결합하여 ester화합물과 같은 딸기 특유의 향미 성분을 형성하는데 이용되어 발생하는 현상이라고 이 등(27)이 보고한 바 있다. 한편 상온(20°C)과 고온(37°C)에서 딸기 paste를 저장할 때에도 총산의 변화는 저온(4°C)에서 저장할 때와 동일한 패턴으로 나타났으며, 단지 총산은 pH와 반대로 저장 온도가 높을수록 0.2-0.5% 감소되는 것으로 나타났다(Fig. 5). 그리고 0.1% potassium sorbate 첨가와 pH 7을 갖는 딸기 paste 실험군은 저장 중 딸기 paste의 pH와 총산의 변화에 영향을 미치지 않는 것으로 관찰되었다(data not shown). 차(28) 등의 복분자 딸기의 이화학적 변화에 관한 연구결과에 의하면 복분자 딸기가 숙성되면서 pH는 증가(3.52 → 5.05)하나, 총산은 감소(2.32 → 1.03%)하는 경향을 보이는 것으로 보고되었다. 그러므로 본 연구결과를 그들의

연구결과와 비교해 볼 때, 본 연구결과는 그들의 연구결과와 약간의 차이는 있었지만 저장 초기에 비하여 저장 7일째에는 대체로 pH는 증가하였고 총산은 감소하는 동일한 경향이 나타났다.

요 약

시판중인 딸기의 미생물에 대한 잔류오염 정도를 파악하기 위하여 그들 잔류 미생물들을 총호기성균, 대장균군, 대장균, 유산균, 그리고 효모/곰팡이 등의 5가지로 구분하여 각각 측정하였다. 총호기성균은 약 8 log CFU/g, 대장균군은 약 2 log CFU/g, 그리고 유산균은 약 3 log CFU/g 정도씩 각각 검출되었다. 그리고 대장균과 효모/곰팡이는 검출한계(< 10 cells/g)미만에서 불검출되었다. 그리고 model system으로서 딸기 paste를 제조하여 7일 동안 저장하면서 저장온도, 보존제, 딸기 paste의 pH 등 3가지 hurdle들이 딸기에 잔류하는 총호기성균, 대장균군, 그리고 유산균의 증식억제에 미치는 영향을 파악하였다. 딸기 paste의 저장온도는 저온(4°C), 상온(20°C), 그리고 고온(37°C)을 선정하였고, 보존제는 0.1% potassium sorbate를 사용하였으며, 딸기 paste의 pH는 4와 7로 조정하였다. 이들 3가지 hurdle 별 딸기 paste의 저장기간 중 잔류미생물에 대한 증식억제 효과는 저장온도 > pH > potassium sorbate 첨가의 순으로 나타났다. 그리고 이들 hurdle를 복합적으로 사용할 경우 딸기 paste의 pH를 4로 하여 potassium sorbate를 0.1% 첨가한 후, 4°C에서 저장하는 것이 가장 효율적으로 딸기 중 잔존미생물의 증식을 억제할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 2003년도 중앙대학교 학술연구비 지원으로 진행되었으며 이 실험에 도움을 준 중앙대학교 식품공학과 학부생 여러분께 감사드립니다.

문 헌

- Lee TS, Chi YS. Studies on the change in chemical composition of strawberry during maturing. J. Korean Agric. Chem. Soc. 32: 232-239 (1989)
- MHW. Report on the 2001 National Health and Nutrition Survey. Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea (2002)
- El-Goorani MA, Sommer NF. Suppression of postharvest plant pathogenic fungi by carbon monoxide. Phytopathology 69: 834-838 (1979)
- Salunkhe DK, Desai BR. Postharvest Biotechnology of Fruit. CRC Press, New York, NY, USA. pp. 117-120 (1984)
- Maxie EC, Sommer NF, Mitchell FG. Infeasibility of irradiating fresh fruits and vegetables. Hort. Sci. 6: 202-204 (1971)
- Ghaouth AE, Arul J, Ompalam R, Oulet M. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. J. Food Sci. 56: 1618-1620 (1993)
- Morris JR, Sistrunk WA, Sims CA, Main GL. Effect of cultivar, postharvest storage, preprocessing dip treatment and style of pack on the processing quality of strawberries. J. Am. Soc. Hort. Sci. 110: 172-177 (1985)
- Lachowicz KJ, Jone GP, Briggs DR, Bienvenu FE, Wan J, Wilcock A, Coventry MJ. The synergistic preservative effects of the essential oils of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) against acid-tolerant food microflora. Lett. Appl. Microbiol. 26: 209-214 (1998)
- Efiuvwevwe BJO, Atirike OIE. Microbiological profile and potential hazards associated with imported and local brands of tomato paste in nigeria. J. Appl. Microbiol. 84: 409-416 (1998)
- Vercet A, Sanchez C, Burgos J, Montanes L, Busea PL. The effects of manothermosonication on tomato pectic enzymes and tomato paste rheological properties. J. Food Eng. 53: 273-278 (2002)
- Richardson GH. Standard Methods for the Examination of Dairy Products. American Public Health Association, Washington, DC, USA (1985)
- Restino L, Lyon RH. Efficacy of petrifilm VRB for enumerating coliforms and *Escherichia coli* from frozen raw beef. J. Food Prot. 50: 1017-1022 (1987)
- Mislivec PB, Beuchat LR, Cousin MA. Yeasts and molds. Chapter 16. In: Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Food. Splittstoesser DF, Vanderzant C (3rd ed). American Public Health Association, Washington, DC, USA (1991)
- Kim SY, Um JY, Kim KO. Effects of calcium and potassium sorbate on characteristic of *kakdugi*. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 1-5 (1991)
- AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed. Method 918. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA (1990)
- Chung SK, Cho SH, Lee DS. Effect of antimicrobial packaging films on the keeping quality of strawberries. J. Food Eng. 2: 157-161 (1998)
- Jaquette CB, Beuchat LR. Combined effects of pH, nisin and temperature on growth and survival of psychrotrophic *Bacillus cereus*. J. Food Prot. 61: 563-570 (1998)
- Graham AF, Mason DR, Peck MW. Predictive model of the effect of temperature, pH and sodium chlorine on growth from spores of non-proteolytic *Clostridium botulinum*. Food Microbiol. 31: 69-85 (1996)
- Yang YJ. Physiological Responses of Strawberry Fruit Affected by Storage Temperatures. Industrial Science Research Institute Sangmyung University, Seoul, Korea. pp. 5-13 (1996)
- Nguyen C, Carlin F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. J. Food Sci. Nutr. 34: 371-401 (1994)
- Lee MS, Choi JD, Chang DS. Effect of pH, sodium chloride and potassium sorbate on the germination of *Bacillus cereus* spores in cooked rice homogenate. J. Korean Fish. Soc. 16: 37-43 (1983)
- Cho NS, Yang YY, Choi EH. Combination effects of potassium sorbate and sodium benzoate with sodium chloride on the growth inhibition of *E. coli* and *Salmonella typhimurium*. Korean J. Food Sci. Technol. 18: 249-254 (1986)
- Yang YY, Youn JH, Cho NS, Choi EH. Combination effects of potassium sorbate and sodium benzoate with sodium chloride on the growth of *Bacillus subtilis*. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 23-27 (1988)
- Kim JK, Moon KD, Sohn TH. Effect of pe film thickness on MA (modified atmosphere) storage of strawberry. J. Korean Soc. Food Nutr. 22: 78-84 (1993)
- Chung SK, Cho SH. Preservative of natural antimicrobial substances used as steeping and packaging agent on postharvested strawberries. Korean J. Food Preserv. 10: 37-40 (2003)
- Kim YB, Kubo Y, Inaba A, Nakamura R. Effect of storage temperature on keeping quality of tomato and strawberry fruits. J. Korean Soc. Hort. Sci. 37: 526-532 (1996)
- Lee TS, Chi YS. Studies on the change in chemical composition of strawberry during maturing. J. Korean Agric. Chem. Soc. 32: 232-239 (1989)
- Cha HS, Lee MK, Hwang JB, Park MS, Park KM. Physicochemical characteristics of *Rubus Coreanus* Miquel. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30: 1021-1025 (2001)