

## 다시마음료의 유통기한 설정

- 연구노트 -

박재희<sup>1</sup> · 안덕순<sup>2</sup> · 이동선<sup>2</sup> · 박은주<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경남대학교 식품영양학과

<sup>2</sup>경남대학교 식품생명학과

### Prediction of Shelf-life of Sea Tangle Drink

Jae-Hee Park<sup>1</sup>, Duck Soon An<sup>2</sup>, Dong Sun Lee<sup>2</sup>, and Eunju Park<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food and Nutritional Science and <sup>2</sup>Dept. of Food Science and Biotechnology,  
Kyungnam University, Kyeongnam 631-701, Korea

**ABSTRACT** This study was designed to establish the shelf-life of sea tangle drink. Quality changes, including pH, total acidity, color, sensory evaluation, total aerobic bacteria, and coliform, were measured periodically in sea tangle drink kept at 15, 25, and 37°C for 8 months. The pH level and total acidity did not remarkably change during the storage period regardless of storage temperature. In terms of color, lightness did not change during the storage period, whereas redness decreased. Yellowness did not change at 15°C during the storage period, although it increased at 25 and 37°C at 8 months. Color difference ( $\Delta E$ ) value was the lowest at 15°C (12.14), followed by 25°C (12.57) and 37°C (14.43). During the storage period, total aerobic bacteria and coliform were not detected. There were no changes in appearance, smell, taste, texture, and overall acceptability of sea tangle drink (not exceeding 3 points) throughout the entire storage period. By using correlation coefficients, color value was selected as an indicating parameter for the shelf-life establishment of sea tangle drink. Based on the forecasted distribution day by annual temperature, the shelf-life of sea tangle drink based on color with the highest correlation coefficient was predicted as 27.10 months.

**Key words:** sea tangle drink, shelf-life, sensory evaluation, pH, microbiological test

## 서 론

식품의 저장기간에 따른 이화학적, 미생물학적인 영향에 의한 품질 변화는 상품가치에 영향을 미치게 되므로 어떤 조건에서 얼마 동안 품질이 유지될 것인가를 예측하는 것은 소비자와 제조업자 모두에게 매우 중요하다(1).

식품의 유통기한은 일정한 보관, 유통 조건 하에서 소비자에게 판매 가능한 최대기간으로 식품의 이화학적, 미생물학적, 관능적 품질 저하 현상 등을 고려하여 결정된다. 그러므로 식품의 유통기한 설정은 과학적 이론에 근거한 객관적 측정이 가능한 품질지표들을 선정하여 이들의 품질 변화율을 바탕으로 산출되어야 한다(2).

유통기한 설정을 위한 방법에는 실측실험과 가속실험이 있다. 실측실험은 정확한 유통기한 설정을 위한 원칙적인 방법이지만 3개월 이상의 유통기한을 가진 제품인 경우 실험시간과 비용이 많이 소요된다는 것이 한계점이 있어, 실제 보관 또는 유통 조건보다 가혹한 조건에서 실험하여 단기간에 제품의 유통기한을 예측하는 가속실험이 많이 이용되고

있다. 가속실험은 온도가 제품의 화학적, 물리학적 반응과 부패속도에 미치는 영향을 이용하여 실제 보관 또는 유통온도와 최소 2개 이상의 온도에 저장하면서 선정된 품질지표가 품질한계에 이를 때까지 일정 간격으로 실험을 진행하여 얻은 결과를 아레니우스 방정식을 사용하여 실제 보관 및 유통온도로 외삽한 후 유통기한을 예측하여 설정하는 방법이다. 이 방법은 시간, 비용 등 경제적인 측면에서 3개월 이상의 비교적 유통기한이 길고 유통 조건이 복잡한 제품에 효율적이며, 온도만을 단일 변수로 사용할 경우 아레니우스 방정식에 의한 유통기한 예측은 정확도가 높은 것으로 보고되고 있다(3). 현재까지 음료의 유통기한 설정에 관한 연구로는 기능성 음료(4,5), 오렌지주스(6,7), 무가당주스(8), 땅콩 음료(9), 쌍화탕(10) 등이 보고되고 있으며, 이들 중 대부분의 연구들은 아레니우스 방정식을 이용하여 유통기한 예측을 실시하였다.

우리나라의 경제 성장과 더불어 풍요로운 식생활에 의한 고열량, 고지방 및 고당질 식사는 비만을 비롯한 만성퇴행성 질환의 발생을 증가시키는 주요 원인으로 밝혀지고 있다. 그중 만성질환 위험인자들이 군집을 이루어 나타나는 대사증후군의 예방 및 치료에 대한 관심도 점차 증가하고 있는 추세이다(11-13).

Received 3 February 2014; Accepted 31 March 2014

\*Corresponding author.

E-mail: pej@kyungnam.ac.kr, Phone: +82-55-249-2218

삼면이 바다인 우리나라에서는 다양한 종류의 해조류가 매년 60만 톤 이상 생산되며 그 생산량은 전 세계 4위를 달할 만큼 해조류 양식 및 이용 산업이 매우 발달해 있다(14). 해조류 중 우리의 식탁에서 흔히 볼 수 있는 다시마는 알긴산이 풍부하게 함유되어 있는 복합다당류로 당뇨병과 지질대사 개선 및 혈청 콜레스테롤 저하 작용을 가지는 것으로 보고되고 있다(15-17).

따라서 본 연구에서는 대사증후군 환자들을 대상으로 개발된 다시마 음료의 유통기한을 예측하기 위해 가속 실험방법을 이용하여 저장온도(15°C, 25°C, 37°C)별 저장기간에 의한 이화학적, 미생물학적, 관능적 성상을 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 저장 조건

경남 기장에서 건진 다시마를 하절기에는 3시간, 동절기에는 2시간 동안 깨끗한 물에 담가 염분과 유해물질을 제거하고 표면을 깨끗이 행구어 읍지와 양지에서 번갈아가며 5일 동안 완전 건조 후 분말화하였다. 그리고 분말화한 다시마 3.4 kg을 물 100 L에 24시간 정치 후 중탕용 추출기(Auto CMB, Kyungseo Machine, Incheon, Korea)에서 열탕 처리하고, 끓기 시작하는 시점에서 10분 동안 가열하여 다시마 액을 제조한 후 추가 여과 공정 없이 전량을 다시마 음료 제조를 위해 사용하였다. 다시마 음료는 다시마 액(80 mL)에 매실엑기스(14.125 mL), 올리고당(11.315 mL), 죽염(0.4 g)을 첨가하여 열탕처리 후 PET 필름의 포장용기에 주입하고, 80°C에서 10분간 살균한 다음 급속히 냉각시켜 실온이 되게 한 후 분석 실험에 사용하였다. 제조된 다시마 음료는 15°C, 25°C 및 37°C에서 각각 저장하면서 30일 간격으로 시료를 채취하여 pH, 산도, 색도, 총균수 및 대장균군수 측정, 관능검사를 수행하여 유통기한을 설정하였다.

### pH 측정

각각의 저장온도에서 PET 필름에 보관되어 있던 다시마 음료를 일정량 취하여 pH meter(S220, Mettler toledo Korea, Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였다.

### 총산도

산도는 다시마음료 5 mL의 pH가 8.3이 되는 시기까지 중화하는데 소비된 0.1 N NaOH 용량을 acetic acid 함량(%)으로 환산하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Acetic acid (\%)} = \frac{\text{titer} \times N \times F \times \text{equiv. Wt} \times 100}{1,000 \times \text{Wt of sample}}$$

titer: 0.1 N NaOH 적정 부피 (mL)

N: NaOH 노르말 농도

equiv. Wt: acetic acid 분자량

Wt of sample: 시료의 무게

### 색도 측정

시료의 색도는 색도계(CT-310, Minolta Chroma Meter, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하여 Hunter scale에 의해 L(명도), a(+ 적색, - 녹색), b(+ 황색, - 청색), ΔE(total color difference) 값으로 나타내었으며, ΔE는 저장 초기 시료의 L, a, b 값을 기준으로 나타내었다. 색도 측정 시 백색 판(L=98.02, a=0.25, b=1.79)을 표준판으로 사용하였다.

### 미생물학적 분석

다시마음료에서 취한 검체는 강하게 진탕하여 혼합한 것을 시험용액으로 하였다. 일반세균수는 식품공전(18)에 따른 시험용액 1 mL와 각 10배 단계 희석액 1 mL를 세균수 건조필름배지(3M, Gyeonggi, Korea)에 접종한 후 37°C에서 24시간 배양한 후 생성된 붉은 집락수를 계산하고 그 평균집락수에 희석배수를 곱하여 나타내었다. 대장균군수는 시험용액 1 mL와 각 10배 단계 희석액 1 mL를 대장균군수 건조필름배지에 접종한 후 42°C에서 24시간 배양하여 생성된 붉은 집락 중 주위에 기포를 형성한 집락수를 계산하였고, 그 평균집락수에 희석배수를 곱하여 대장균군수를 산출하였다.

### 관능검사

다시마음료를 만든 후 음료의 관능적 품질평가는 경남대학교 식품영양학과 대학원생들을 대상으로 일정기간 훈련을 통해 시료에 대한 충분한 지식과 용어, 평가기준 등을 숙지시켰다. 그리고 다시마음료를 3회 반복하여 관능검사를 실시한 후 F-검정으로 차이 식별 능력이 우수한 10명을 관능검사 패널로 선발하여 관능검사를 실시하였다. 15°C, 25°C 및 37°C에서 각각 저장되어 있는 다시마음료를 일정 간격으로 채취한 후 관능검사 패널들에 의해 외관(appearance), 냄새(smell), 맛(taste), 목넘김(feeling after swallow), 전반적인 기호도(overall acceptability)는 7점 평점법으로 평가되었다.

### 유통기한 예측

유통기한 예측은 식품의약품안전처 식품 유통기한 설정 프로그램(<http://www.foodnara.go.kr/foodshelf>)을 이용하여 수행하였다. 유통기한 예측은 이화학적 성분과 미생물 및 관능상의 변화 측정값을 통해 선형회귀방정식과 이에 따른 slope, intercept 및 피어슨의 곱 모멘트 상관관계수의 제곱 값을 구하였다. 그리고  $1/T - \ln(K)$ 에 대해 다시 적용하여 기울기, 절편,  $R^2$  및 활성화 에너지를 계산하였다. 고온온도유통방식에 대한 연간 변화량을 계산하고, 최초값과 하한선, 최종 연간변화량으로부터 유통기한을 산출하였다. 그리고 위의 모든 측정값에 대해 ln값을 취하여 위의 모든 과정을 다시 한 번 더 수행하였다. 0차와 1차 반응식의 산출 유통기한 중 작은 값을 유통기한 값으로 취하였다.

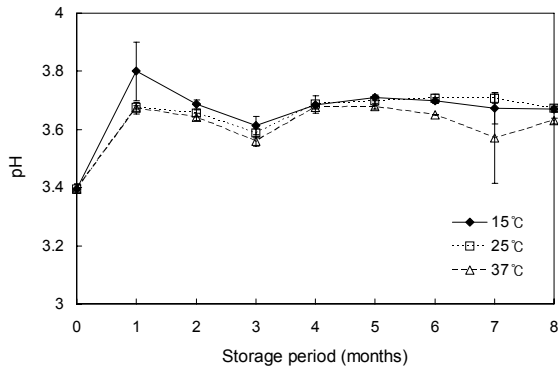


Fig. 1. Changes in pH of sea tangle drink during storage period at 15°C, 25°C, and 37°C.

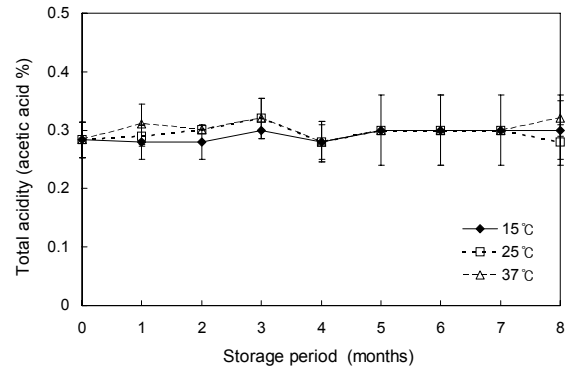


Fig. 2. Changes in total acidity of sea tangle drink during storage period at 15°C, 25°C, and 37°C.

결과 및 고찰

저장기간별 저장온도에 따른 pH와 총산도 변화

다시마음료의 저장기간별 저장온도에 따른 pH 변화를 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 저장 초기 pH는 3.4, 저장 중 최고치는 3.8, 최저치는 3.6, 그리고 최종 저장일에서는 pH 3.6~3.7로 나타나 저장기간 동안 저장온도는 pH에 유의적인 영향을 미치지 않은 것으로 사료되었다. 저장기간 동안 총산도 역시 0.28~0.3%의 범위를 벗어나지 않아 저장온도에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다(Fig. 2). Lee 등 (19) 또한 기능성 음료 저장기간 동안 pH 3.5 수준을 유지하면서 산도 0.5~0.6%의 범위를 나타내어 본 연구 결과의 음료 pH 및 산도와 유사한 경향을 나타내었다.

저장기간별 저장온도에 따른 색도 변화

갈조류인 다시마는 엽록소, 푸코잔틴이 함유되어 있으며, 가공 또는 저장 조건에 의해 색소들은 변색된다(20). 저장기간 동안 다시마음료의 색도 변화는 Table 1과 같다. 명도를 나타내는 L 값은 저장 초기 20.96에서 저장기간 동안 저장온도에 따라 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 적색도를 나타내는 a 값은 저장 3개월까지는 3.78~6.58 범위에 있었으나, 저장 4개월에서 -3.68~-3.88, 저장 5개월에서는 -6.30~-8.74로 급격한 감소를 보였다. 그리고 저장 5개월 이후부터 저장 최종일까지 큰 변화를 나타내지 않았고, 이와 같은 경향은 모든 온도에서 유사하였다. 황색도를 나타내는 b 값은 저장 초기 14.18을 나타내었는데, 15°C에 저장한 다시마음료에서는 저장기간 동안 14.20~15.47을 보여 큰

Table 1. Changes in color value of sea tangle drink during storage period at 15°C, 25°C, and 37°C

Storage period (months)	L <sup>1)</sup>			a			b			ΔE		
	15°C	25°C	37°C	15°C	25°C	37°C	15°C	25°C	37°C	15°C	25°C	37°C
0	20.96±0.91			4.60±0.27			14.18±0.58			-		
1	20.29 ±0.35 <sup>ns2)</sup>	20.18 ±0.14	20.57 ±0.43	5.69 ±0.15 <sup>a</sup>	6.58 ±0.01 <sup>b</sup>	6.22 ±0.32 <sup>b</sup>	14.20 ±0.11 <sup>ns</sup>	14.31 ±0.33	14.58 ±0.37	1.30 ±0.27 <sup>a</sup>	2.14 ±0.02 <sup>b</sup>	1.78 ±0.26 <sup>b</sup>
2	20.70 ±0.22 <sup>a3)</sup>	21.30 ±0.44 <sup>ab</sup>	21.46 ±0.21 <sup>b</sup>	4.65 ±0.52 <sup>ns</sup>	3.92 ±1.08	3.78 ±0.66	15.47 ±0.51 <sup>ns</sup>	15.83 ±0.09	15.52 ±0.35	1.39 ±0.52 <sup>ns</sup>	2.04 ±0.28	1.69 ±0.62
3	21.76 ±0.23 <sup>ns</sup>	21.74 ±0.18	21.55 ±0.6	4.37 ±0.54 <sup>ns</sup>	4.21 ±0.22	4.10 ±0.07	14.85 ±0.53 <sup>ns</sup>	15.48 ±0.22	15.32 ±0.44	1.21 ±0.36 <sup>ns</sup>	1.58 ±0.25	1.44 ±0.57
4	23.28 ±0.43 <sup>ns</sup>	23.33 ±0.42	23.24 ±0.29	-3.88 ±0.17 <sup>ns</sup>	-3.85 ±0.07	-3.68 ±0.36	14.75 ±0.96 <sup>ns</sup>	15.30 ±0.70	16.30 ±0.82	8.86 ±0.03 <sup>ns</sup>	8.88 ±0.06	8.87 ±0.5
5	21.42 ±1.16 <sup>b</sup>	19.94 ±0.78 <sup>ab</sup>	19.63 ±0.38 <sup>a</sup>	-6.30 ±1.33 <sup>ns</sup>	-8.06 ±0.49	-8.74 ±0.32	15.07 ±0.34 <sup>a</sup>	15.48 ±0.45 <sup>a</sup>	16.58 ±0.76 <sup>b</sup>	11.00 ±1.31 <sup>ns</sup>	12.79 ±0.51	13.64 ±1.89
6	19.56 ±0.64 <sup>a</sup>	19.43 ±0.41 <sup>a</sup>	20.70 ±0.60 <sup>b</sup>	-8.14 ±0.43 <sup>b</sup>	-8.38 ±0.33 <sup>b</sup>	-7.07 ±0.25 <sup>a</sup>	13.45 ±0.35 <sup>ns</sup>	13.39 ±0.71	13.28 ±0.43	12.86 ±0.50 <sup>b</sup>	13.12 ±0.23 <sup>b</sup>	11.73 ±0.25 <sup>a</sup>
7	19.65 ±0.54 <sup>ns</sup>	19.73 ±0.31	18.37 ±1.32	-6.47 ±0.09 <sup>ns</sup>	-6.30 ±0.45	-7.69 ±0.20	14.65 ±0.82 <sup>ns</sup>	14.91 ±0.29	12.71 ±2.18	11.20 ±0.11 <sup>ns</sup>	11.00 ±0.47	11.34 ±0.12
8	20.74 ±0.38 <sup>b</sup>	19.68 ±0.10 <sup>a</sup>	19.71 ±0.49 <sup>a</sup>	-7.49 ±0.69 <sup>a</sup>	-7.64 ±0.50 <sup>ab</sup>	-8.73 ±0.60 <sup>b</sup>	14.02 ±1.25 <sup>a</sup>	16.25 ±1.92 <sup>a</sup>	19.52 ±0.35 <sup>b</sup>	12.14 ±0.64 <sup>a</sup>	12.57 ±0.88 <sup>a</sup>	14.43 ±0.73 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>L, measures lightness and varies from 100 for perfect white to zero black; a, measures redness when plus and greenness when minus; b, measures yellowness when plus and blueness when minus; ΔE,  $\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ , color difference.

<sup>2)</sup>Not significant.

<sup>3)</sup>Means with the same letter (a,b) in each row among samples in each item are not significantly different (P<0.05).

변화를 보이지 않았다. 그러나 25°C, 37°C에서 저장한 다시마 음료의 경우 저장 7개월까지는 큰 변화를 보이지 않았지만, 저장 8개월에서는 16.25, 19.52로 각각 상승하는 경향을 나타내었다. 이 결과로부터 저장 초기 시료와 차이 정도를 나타내는 ΔE 값을 계산한 결과 저장 3개월까지는 1.21~2.14로 저장 초기 다시마 음료와 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 저장 4개월에서 다시마음료의 ΔE 값은 8.86~8.88로 확연히 증가하였고, 저장 8개월에서 15°C는 12.14, 25°C는 12.57, 37°C는 14.43으로 나타났다. 이는 저장기간 동안 저장 4개월째에서 큰 변화를 나타내었던 a 값의 급격한 감소가 영향을 미친 것으로 생각된다. 다시마가 저장 몇 주 내에 갈색에서 녹색으로 변화하는 양상을 나타내는 것은 다시마 내에 함유되어 있는 클로로필에 의한 것으로 보고되고 있다(21).

**저장기간별 저장온도에 따른 미생물 변화**

저장기간 동안 다시마 음료의 총호기성세균과 대장균군에 대한 미생물 측정 결과 모두 검출되지 않아 음료의 살균이 적합하였으며, 미생물학적으로 안전한 것으로 확인되었다. 따라서 다시마음료의 섭취는 식품위생학적으로 안전한 것으로 사료되며 식품공전에서 제시한 기준치(세균수 100 이하/mL, 대장균군 음성)에 적합한 것으로 나타났다. Lee 등(19) 역시 저장기간 중 총 균이 검출되지 않아 이는 시료의 살균이 적절하였고, 모든 실험 과정이 무균적으로 수행된 것을 의미하였다. 또한 Lee 등(22)은 오미자음료 제조 시 오미자에 함유되어 있는 산으로 인해 pH(2.8~3.0)가 낮아 세균의 성장이 저해된다고 하였으며, Kasaha(23)는 다시마에 함유되어 있는 알긴산이 항균작용을 가지는 것으로 보고

하였다. 그리고 다시마음료 제조 시 원료로 첨가된 매실엑기스의 항균성도 이에 영향을 미치는 것으로 사료된다(24).

**저장기간별 저장온도에 따른 관능특성 변화**

저장기간 동안 관능검사 결과는 Table 2에 나타내었다. 외관, 냄새, 맛, 목넘김, 전반적인 기호도를 7점 척도법으로 관능적 특성을 살펴본 결과 저장 0일의 신선한 다시마음료와 외관, 냄새, 맛, 목넘김, 전반적인 기호도에서는 저장기간 동안 유의적인 차이를 보이지 않았다. 관능특성 중 맛의 경우 25°C와 37°C에서 8개월 저장한 다시마 음료는 신선한 다시마 음료 맛과 유의적인 차이를 나타내었지만 패널들이 관능특성에 대한 수용도가 감소하기 시작되는 3점까지는 나타나지 않았다. 따라서 저장기간 동안 각 온도에서 저장된 다시마음료는 관능특성 면에서 적합한 것으로 사료된다.

**다시마음료의 유통기한 산출**

유통기한을 예측하기 위한 각 품질지표는 pH, 총산도, 미생물 검사 결과 중 *E. coli*, 색도는 ΔE, 관능검사에서는 전반적인 기호도로 정하였고, 저장온도별 품질지표의 반응속도 상수 결과는 Table 3과 같다. 다시마음료의 유통기한 산출은 Kim(3)의 연구 결과를 바탕으로 해석하였다. 0차(zero order) 및 1차 반응식(first order)의 상관계수(R<sup>2</sup>) 분석 결과 pH, 색도, 전반적 기호도는 0차 반응식을, 총산도, *E. coli*는 1차 반응식을 따르는 것으로 나타났다. 0차 반응식은 품질 저하속도가 품질특성에 관계없이 일정한 반응을 나타내고, 1차 반응식은 품질 저하속도가 품질특성에 따라 지수적으로 감소하는 반응을 의미하는 것으로 Kim(3)은 보고하였다. 0차 반응식을 따르는 pH 반응속도상수는 K<sub>15°C</sub>=0.0140,

**Table 2.** Changes in sensory evaluation of sea tangle drink during storage period at 15°C, 25°C, and 37°C

Storage period (months)	Appearance			Smell			Taste			Feeling after swallow			Overall acceptability		
	15°C	25°C	37°C	15°C	25°C	37°C	15°C	25°C	37°C	15°C	25°C	37°C	15°C	25°C	37°C
0	1.8±1.0			2.0±0.8			1.5±0.5 <sup>a</sup>			1.5±0.7			1.7±0.8		
1	1.7 ±0.7 <sup>1)</sup>	1.6 ±1.0	1.8 ±1.0	1.4 ±0.7	1.8 ±1.1	2.1 ±1.3	1.7 ±0.7	1.7 ±0.7	2.0 ±1.1	1.7 ±0.9	1.6 ±0.7	2.0 ±1.1	1.7 ±0.7	1.7 ±0.7	2.0 ±1.0
2	2.1 ±1.0	1.8 ±1.1	1.9 ±0.9	1.8 ±0.8	2.0 ±1.0	2.0 ±1.0	1.8 ±0.8	1.9 ±0.6	1.9 ±0.8	1.8 ±1.0	1.8 ±1.0	1.4 ±0.7	2.0 ±0.7	2.1 ±0.9	2.0 ±0.7
3	1.7 ±0.7	1.8 ±0.8	1.6 ±0.7	1.6 ±0.7	1.6 ±0.7	1.7 ±0.7	1.9 ±1.1	1.6 ±0.7	1.5 ±0.7	1.9 ±1.1	1.7 ±0.9	1.7 ±0.7	2.0 ±0.9	1.9 ±0.8	1.8 ±0.7
4	1.5 ±0.5	1.5 ±0.5	1.5 ±0.5	1.4 ±0.5	1.4 ±0.5	1.4 ±0.5	1.5 ±0.8	1.5 ±0.8	1.5 ±0.8	1.5 ±0.8	1.5 ±0.8	1.5 ±0.8	1.4 ±0.5	1.3 ±0.5	1.3 ±0.5
5	2.1 ±1.1	2.0 ±1.1	2.1 ±1.1	1.9 ±0.8	1.6 ±0.7	1.9 ±0.9	2.3 ±1.1	2.0 ±1.2	1.7 ±0.7	2.7 ±1.0	2.2 ±1.6	1.9 ±0.8	2.4 ±0.6	2.2 ±0.6	2.0 ±0.9
6	1.5 ±0.5	1.5 ±0.5	1.7 ±0.8	1.5 ±0.5	1.5 ±0.5	1.7 ±0.5	1.5 ±0.5	1.5 ±0.5	2.0 ±0.9	1.8 ±0.2	1.8 ±0.8	1.8 ±0.9	1.8 ±0.8	1.7 ±0.5	2.0 ±0.6
7	1.6 ±0.7	1.8 ±0.9	1.9 ±0.6	1.5 ±0.5	1.4 ±0.7	1.6 ±0.5	2.0 ±0.9	1.6 ±0.9	2.1 ±1.0	1.3 ±0.5	1.8 ±1.0	1.9 ±0.8	2.1 ±0.8	1.6 ±0.9	2.0 ±0.8
8	1.7 ±0.8	1.7 ±0.5	1.9 ±0.7	1.9 ±0.7	1.7 ±0.5	2.0 ±0.8	2.1 <sup>ab</sup> ±0.9	2.3 <sup>b</sup> ±0.5	2.4 <sup>b</sup> ±0.8	2.0 ±1.1	2.1 ±1.2	1.7 ±0.5	2.1 ±0.9	2.4 ±0.8	2.3 ±0.5

<sup>1)</sup>Score of sensory evaluation: 0, equal to control; 1, slight difference; 2, more distinct difference but still acceptable; 3, beginning to lose acceptability; 4, more distinct loss of acceptability; 5, very distinct loss of acceptability; 6, acceptability.

**Table 3.** Rate constant of quality index at various storage temperature

Reaction order	Quality index	Temperature (°C)	Regression equation	R <sup>2</sup>	Activation energy (Ea)
pH	Zero order	15	Y=0.0140X+3.6032	0.1209	522.14
		25	Y=0.0233X+3.5496	0.4105	
		37	Y=0.0127X+3.5582	0.1448	
	First order	15	Y=0.0040X+1.2807	0.1289	334.66
		25	Y=0.0066X+1.2662	0.4082	
		37	Y=0.0036X+1.2686	0.1493	
Total acidity	Zero order	15	Y=0.0030X+0.2791	0.6075	3,196.15
		25	Y=0.0002X+0.2938	0.0012	
		37	Y=0.0018X+0.2938	0.1194	
	First order	15	Y=0.0103X-1.2760	0.6075	3,398.01
		25	Y=0.0006X-1.2260	0.0014	
		37	Y=0.0062X-1.2261	0.1218	
<i>E. coli</i>	Zero order	15	Y=0.0065X+0.0340	0.2012	-840.64
		25	Y=0.0065X+0.0340	0.2012	
		37	Y=0.0082X+0.0236	0.2682	
	First order	15	Y=0.1457X-3.7024	0.1790	26.57
		25	Y=0.1457X-3.7024	0.1790	
		37	Y=0.2353X-4.2598	0.3217	
Color	Zero order	15	Y=1.8502X-0.7388	0.8440	-1,872.06
		25	Y=1.8367X-0.2224	0.8163	
		37	Y=2.0493X-0.8277	0.8615	
	First order	15	Y=1.6133X-7.0747	0.4276	-3,931.25
		25	Y=1.5754X-6.7742	0.4039	
		37	Y=1.6067X-6.9252	0.4197	
Overall acceptability	Zero order	15	Y=0.1783X+1.0285	0.5327	970.58
		25	Y=0.1868X+0.9834	0.5641	
		37	Y=0.1676X+1.0192	0.4109	
	First order	15	Y=0.2261X-0.5766	0.3863	1,017.11
		25	Y=0.2282X-0.5925	0.3942	
		37	Y=0.2192X-0.5802	0.3564	

$K_{25^{\circ}\text{C}}=0.0233$ ,  $K_{37^{\circ}\text{C}}=0.0127$ , 색도 반응속도상수는  $K_{15^{\circ}\text{C}}=1.8502$ ,  $K_{25^{\circ}\text{C}}=1.8367$ ,  $K_{37^{\circ}\text{C}}=2.0493$ , 전반적인 기호도 반응속도상수는  $K_{15^{\circ}\text{C}}=0.1783$ ,  $K_{25^{\circ}\text{C}}=0.1868$ ,  $K_{37^{\circ}\text{C}}=0.1676$ , 1차 반응식을 따르는 총산도 반응속도상수는  $K_{15^{\circ}\text{C}}=0.0103$ ,  $K_{25^{\circ}\text{C}}=0.0006$ ,  $K_{37^{\circ}\text{C}}=0.0062$ , *E. coli* 반응속도상수는  $K_{15^{\circ}\text{C}}=0.1457$ ,  $K_{25^{\circ}\text{C}}=0.1457$ ,  $K_{37^{\circ}\text{C}}=0.2353$ 을 이용하여 품질지표에 따른 활성화 에너지를 산출하여 Table 3에 제시하였다. 실험하지 않은 구간의 유통온도 설정을 위해 우리나라 월별 평균온도를 고려하여 적용하였으며, 실온 유통 시 1년간 온도별 예상 유통일수는 10°C(152일), 15°C(30일), 20°C(61일), 25°C(61일), 30°C(61일)로 유통기간 산출의 근거로 사용하였다. pH, 총산도, *E. coli*, 색도, 전반적 기호도의 활성화 에너지로부터 실험하지 않은 우리나라 예상 유통온도(10, 20, 30°C) 구간의 반응속도상수를 산출한 결과는 Table 4와 같다. 이 결과들을 바탕으로 각 품질지표들의 연간변화량(Table 5) 및 유통기한(Table 6)은 아레니우스 방정식에 따라 반응속도상수(K)와 우리나라 연간온도별 예상 유통일수를 이용하여 산출하였다. 각 품질지표에 따른 유통기한은 pH 36.12개월, 총산도 320.38개월, *E. coli*

76.66개월, 색도 27.10개월, 전반적 기호도 15.99개월로 예측되었다. 이들 중에서 최종 유통기한은 Table 3에서 상관계수가 가장 높았던 색도의 0차 반응식에 따라 산출한 27.10개월로 설정하였으며, 유통온도는 우리나라 연간온도별에 따라 산출하였으므로 상온 유통이 가능할 것으로 생각된다. 따라서 다시마음료는 약 2년 정도 상온에서 유통이 가능할 것으로 사료된다.

## 요 약

본 연구에서는 다시마음료의 유통기한을 pH, 총산도, 색도, 미생물 관능검사에 의해 예측하였다. 다시마음료의 pH와 총산도는 저장온도에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 색도 측정 결과 저장온도(15, 25, 37°C)에 따른 명도는 유의적인 변화를 보이지 않았으며, 적색도는 감소하였다. 황색도는 15°C에서는 변화가 없었으며, 25°C, 37°C에서는 저장 8개월에 증가하였다. 저장 초기 시료와 차이 정도를 나타내는  $\Delta E$  값은 15°C에서 가장 차이(12.14)가 적었으며, 저장온도가 증가(25°C, 12.57; 37°C, 14.43)할수록 차이 정도가

**Table 4.** Calculation of rate constant from activation energy of each parameter at 10, 20, and 30°C

	°C	K <sup>1)</sup>	1/T <sup>2)</sup>	LnK <sup>3)</sup>	K <sup>4)</sup>
pH	10	283	0.003534	-7.49602	0.00055529
	20	293	0.003413	-7.43712	0.00058898
	30	303	0.0033	-7.38210	0.00062230
Total acidity	10	283	0.003534	-17.4528	0.00000003
	20	293	0.003413	-17.2466	0.00000003
	30	303	0.0033	-17.0540	0.00000004
<i>E. coli</i>	10	283	0.003534	-11.8511	0.00000713
	20	293	0.003413	-11.6125	0.00000905
	30	303	0.0033	-11.3897	0.00001131
Color	10	283	0.003534	-3.55495	0.02858289
	20	293	0.003413	-3.50392	0.03007910
	30	303	0.0033	-3.45627	0.03154720
Overall acceptability	10	283	0.003534	-3.53854	0.02905559
	20	293	0.003413	-3.50685	0.02999114
	30	303	0.0033	-3.47725	0.03089211

<sup>1)</sup>K'=°C+273. <sup>2)</sup>1/T=1/K'.

<sup>3)</sup>LnK=- (Ea/R)(1/T)+LnA; R, gas constant (1.987 cal/mol); A, Arrhenius constant.

<sup>4)</sup>K=e<sup>LnK</sup>.

**Table 5.** Annual change amount of each parameter

Temp (°C)	Expectation distribution month of domestic annual temperature (A)	K (B)					Annual change amount (A×B)				
		pH	Total acidity	<i>E. coli</i>	Color	Overall acceptability	pH	Total acidity	<i>E. coli</i>	Color	Overall acceptability
10	5	0.00055529	0.00000003	0.00000713	0.02858289	0.02905559	0.00	0.00	0.00	0.14	0.15
15	1	0.01400000	0.01030000	0.14570000	1.85020000	0.17830000	0.01	0.01	0.15	1.85	0.18
20	2	0.00058898	0.00000003	0.00000905	0.03007910	0.02999114	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06
25	2	0.02330000	0.00060000	0.14570000	1.83670000	0.18680000	0.05	0.00	0.29	3.67	0.37
30	2	0.00062230	0.00000004	0.00001131	0.03154720	0.03089211	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06
Total	12						0.07	0.01	0.44	5.79	0.82

**Table 6.** Shelf-life of each parameter

	Quality standard - Value of zero day (A)	Total of annual change amount (B)	Shelf-life <sup>1)</sup> (month)
pH	0.20	0.07	36.12
Total acidity	0.31	0.01	320.38
<i>E. coli</i>	2.79	0.44	76.66
Color	13.08	5.79	27.10
Overall acceptability	1.09	0.82	15.99

<sup>1)</sup>Shelf-life=(A/B)×12.

증가하였다. 저장기간 동안 총균과 대장균은 검출되지 않았으며, 관능검사 패널들은 신선한 다시마음료와 저장 음료와의 차이를 3점 이하로 나타내어 저장기간 중 관능상의 확연한 변화는 나타나지 않았다. 이들 결과를 바탕으로 다시마음료의 우리나라 연간 온도별 예상 유통일수를 근거로 산출한 유통기한은 결정계수가 가장 높았던 색도를 기준으로 27.10개월로 예측되었다.

## 감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연공동 기술개발사업(No. 00047445)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

## REFERENCES

1. Cho HY, Kwon YJ, Kim IK, Pyun YR. 1993. Estimation of kinetic parameters of nonenzymatic browning reaction using equivalent time at reference temperature with linearly increasing temperature profile. *Korean J Food Sci Technol* 25: 178-184.
2. Labuza TP. 1982. *Shelf-life dating of foods*. Food & Nutrition Press Inc., Westport, CT, USA. p 41-87.
3. Kim WS. 2008. *Development of guideline for establishment of shelf-life of foods*. Korea Health Industry Development Institute. Osong, Chungbuk, Korea.
4. Yoo KM, Kim WY, Lee YC, Kim KO. 1999. Development of antioxidant beverage and the prediction of shelf life. *Food Sci Biotechnol* 8: 290-294.
5. Lee GD, Kim JO, Kim MS, Lee KP. 2006. The prediction

- of shelf-life on functional beverage. *Korean J Food Preserv* 13: 154-160.
6. Lee NK, Yoon JY, Lee SR. 1995. Computation of  $Q_{10}$  values and shelf-life for canned and bottled orange juices. *Korean J Food Sci Technol* 27: 748-752.
  7. Polydera AC, Stoforos NG, Taoukis PS. 2003. Comparative shelf life study and vitamin C loss kinetic in pasteurized and high pressure processed reconstituted orange juice. *J Food Eng* 60: 21-29.
  8. Park HJ. 2000. Study of establishment of shelf life in unsweetened juices. *MS Thesis*. Yonsei University, Seoul, Korea.
  9. Rustom Ismail YS, Lopez-Leiva MM, Nair Baboo M. 1996. UHT-sterilized peanut beverage: Kinetics of physicochemical changes during storage and shelf-life prediction modeling. *J Food Sci* 61: 198-208.
  10. Seo CS, Kim JH, Lim SH, Shin HK. 2012. Establishment of shelf-life of ssanghwa-tang by long term storage test. *Kor J Pharmacogn* 43: 257-264.
  11. Waqar AB, Tomonari K, Yu Y, Inoue T, Aoki T, Liu E, Fan J. 2010. High fat diet without excess calories induces metabolic disorders and enhances atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis* 213: 148-155.
  12. Panchal SK, Poudyal H, Iyer A, Nazer R, Alam MA, Diwan V, Diwan V, Kauter K, Sernia C, Campbell F, Ward L, Gobe G, Fenning A, Brown L. 2011. High carbohydrate, high-fat diet-induced metabolic syndrome, and cardiovascular remodeling in rats. *J Cardiovasc Pharm* 57: 611-624.
  13. Park JH, Kim SY, Lee HJ, Kim RY, Park E. 2013. Optimization of *Sulgidduk* formula supplemented with pine needle (*Pinus densiflora sieb*, et zucc) juice using response surface methodology. *Food Sci Biotechnol* 22: 1105-1111.
  14. Kim JA, Lee JM. 2004. The changes of biologically functional compounds and antioxidant activities in *Hizikia fusiformis* with drying methods. *Korean J Food Culture* 19: 200-208.
  15. Cho DM, Kim DS, Lee DS, Kim HR, Pyeun JH. 1995. Trace components and functional saccharides in seaweed-2. *J Korean Fish Soc* 28: 49-59.
  16. Kim YY, Lee KW, Kim GB, Cho YJ. 2000. Studies on physicochemical and biological properties of depolymerized alginate from sea tangle. *J Korean Fish Soc* 33: 393-398.
  17. Lee HS, Choi MS, Park SH, Kim YJ. 1996. A study on the development of high-fiber supplements for the diabetic patients. (1) Effect of seaweed supplement on the gastrointestinal function and diabetic symptom control in streptozotocin-induced diabetic rat. *Korean J Nutr* 29: 286-295.
  18. Ministry of Food and Drug Safety. Korean Food Standards Codex. [http://fse.foodnara.go.kr/residue/RS/jsp/menu\\_02\\_01\\_01.jsp](http://fse.foodnara.go.kr/residue/RS/jsp/menu_02_01_01.jsp) (accessed Dec 2013).
  19. Lee GD, Kim JO, Kim MS, Lee KP. 2006. The prediction of shelf-life on functional beverage. *Korean J Food Preserv* 13: 154-160.
  20. Jun NY. 2005. Quality characteristics of the Backsulgi by containing various seaweeds. *MS Thesis*. Dong-A University, Busan, Korea.
  21. Reed Mariculture Inc. [http://www.reedmariculture.com/product\\_instant\\_algae\\_tw\\_1200.php](http://www.reedmariculture.com/product_instant_algae_tw_1200.php) (accessed Jan 2004).
  22. Lee HS, Kyung KH, Yoo YJ, Park SA. 1988. A microbiological investigation of omija (*Schizandra chinensis* Baillon) tea spoilage during storage. *Korean J Soc Food Sci* 4: 41-47.
  23. Kasaha H. 1980. Physiological action of alginic acid. *New Food Industry* 22: 30-39.
  24. Ha MH, Park WP, Lee SC, Choi SG, Cho SH. 2006. Antimicrobial characteristics of *Prunus mune* extract. *Korean J Food Preserv* 13: 198-203.