

Metal oxide 센서를 바탕으로한 전자코와 SAW 센서를 바탕으로한 GC를 이용한 저장 중 김의 품질 평가

조연수 · 노봉수*

서울여자대학교 식품·미생물 공학과

Quality Evaluation of Dried Laver (*Porphyra yezoensis Ueda*) Using Electronic Nose Based on Metal Oxide Sensor or GC with SAW Sensor During Storage

Yen-Soo Cho and Bong-Soo Noh*

Department of Food and Microbial Technology, Seoul Women's University

Two types of electronic nose were used for investigating the quality of dried lavers stored at 5, 15, and 30°C RH of 32, 43, and 75%. The electronic nose is composed of metal oxide sensors, and GC is based on SAW sensor. Quality change in dried lavers was described in terms of the sensitivities (R_{gas}/R_{air}) of the sensors. Principal component analysis (PCA) was carried out using data obtained from six metal oxide sensors. The first principal component scores were correlated with quality changes of dried lavers. As storage time increased, the stored laver cluster separated from that of fresh lavers. A chromatogram was obtained from GC based on SAW sensor. Olfactory image, a VaporPrint™ image for pattern recognition, showed a significant difference between the stored and the fresh samples. Dried lavers during storage at 30°C and RH 75% had bacterial counts of 5.7×10^6 CFU/g after 8 day. Increase of microbial count correlated with the response of electronic nose ($r^2 = 0.87$). Whereas, color values showed no correlation.

Key words: dried laver, electronic nose, metal oxide sensor, GC, SAW sensor

서 론

마른 김은 미역이나 다시마 등과 함께 우리 나라에서 가장 많이 생산되는 해조류로서 칼슘, 칼륨, 철, 인 등 무기물이 풍부한 알칼리성 식품으로 불에 구우면 식욕을 돋구는 독특한 향기와 맛을 내는 기호식품으로 우리 나라에서는 전통적으로 가정에서 조리하여 즐겨 먹어왔다⁽¹⁾. 그러나 김은 생산시기, 장소 및 제조 방법에 따라 품질이 매우 다양하다. 또한 저장, 유통 조건이 적당하지 않으면 품질이 쉽게 변화되어 향미나 색택이 나쁘게 된다⁽²⁻⁴⁾. 특히, 김의 품질은 수분 함량에 따라 크게 영향을 받는데^(5,6), 일반적으로 건조식품의 수분함량은 제품의 저장환경, 특히 온도와 상대습도에 따라 크게 좌우된다.

Hirata 등⁽⁷⁾은 건조김을 습도를 달리하여 보관하였을 때 습

도가 낮은 조건에서 김의 품질저하 속도가 느린 것으로 나타났다, 김의 수분함량이 낮고 온도가 낮은 조건에서 품질저하가 천천히 일어나며 진공포장이 합기포장에 비하여 품질유지가 다소 좋은 것으로 보고하였다⁽²⁾. 그러나 대부분의 연구에서는 김의 품질 변화 중 지방산분석^(8,9,10), 색소성분 중 총 클로로필 함량 분석⁽²⁾, 저장온도, 함수량^(11,12) 등의 변화를 관찰하였으며, 또한 이러한 분석법들은 분석하는 시간이 오래 걸리고 간단하지 못한 편이다. 따라서 보다 합리적이고 간단하면서 신속한 방법으로 평가할 수 있는 방법으로 사람의 코처럼 미묘하고 복잡한 향기와 냄새 성분을 감지할 수 있는 전자코를 이용하여 향기성분의 변화를 측정하는 것을 생각할 수 있다. 전자코를 이용하여 식품의 향을 분석, 평가하는 연구로 Tomlinson 등⁽¹³⁾은 맥주의 제품별 향미를 구분하였고, 신선 오렌지 주스와 저온 살균 주스, 농축환원 주스 간의 향 비교 등 여러 제품의 향 분석에 전자코가 응용되었으며⁽¹⁴⁾, 치즈의 독특한 향 성분 중에서도 상대적으로 크게 영향을 미치는 향의 선별이나 다른 종류의 치즈를 구별하였다^(15,16). 또한 다른 온도에서 저장한 송어 필렛을 전자코로 측정하여 품질 변화를 측정하였다⁽¹⁷⁾. 전자코에서 가장 중요한 역할을 담당하는 것은 센서로 여러 개의 멀티센서를 가진 전

*Corresponding author : Bong-Soo Noh, Department of Food and Microbial Technology, Seoul Women's University, 126 Kongleung 2-dong, Nowon-ku, Seoul 139-774, Korea
Tel: 82-2-970-5636
Fax: 82-2-970-5639
E-mail: bsnoh@swu.ac.kr

자코 시스템을 이용하여 향을 구별하고 데이터를 통계처리하는 1세대 전자코에 이용되는 센서에는 MOS(metal oxide 센서)나 conducting polymer 센서를 이용하는데, 이러한 센서를 통하여 얻어진 데이터는 간단하고 단순하지만 개개의 센서가 특정물질에 대해 반응하여 일정한 결과를 보여주는 직선성이 떨어져 표준물질에 대한 시스템 보정의 문제점이 있다. 상기 전자코에 관한 연구들은 주로 1세대 전자코 시스템에 의해 이루어 졌으나 최근, 이러한 단점들을 보완한 새로운 형태가 소개되었는데, 기존의 가스크로마토그래프를 이용하여 온도를 순차적으로 올리면서 향기성분을 운반하여 0.02 초 동안 SAW(Surface Acoustic Wave) 센서에 흡착과 탈착을 유도함으로써 수백개의 센서 역할을 수행하는 방법으로 구성되었다. 1세대 전자코와는 달리 한 시료에 대한 검출기의 검출감도⁽¹⁰⁻¹²⁾가 허용하는 범위 내 모든 성분에 대한 정량적인 데이터를 제공하며 특별한 통계처리 없이 바로 시각적으로 판별할 수 있는 패턴을 제공하는 편리한 시스템이다⁽¹⁸⁾.

따라서 이러한 특징과 기능을 가지고 있는 두 가지 시스템을 사용하여 온도와 습도조건을 달리하여 보관한 건조김의 품질 특성을 측정하고자 하였다. 또한 총 세균 수와 색도를 함께 측정하여 전자코를 이용한 건조 김의 품질변화 측정의 유용함을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용된 김(*Porphyra yezoensis* Ueda, 완도산)은 시중에서 판매하는 김을 구입하였으며 김의 양은 2속(100장, 19×21 cm/장)을 준비하여 배양기 및 냉장고에 보관하여 두 고 각 저장 조건별로 재료로 사용하였다.

저장방법

유통기간이 동일한 건조 김을 각각 구입하여 5, 15, 30°C 배양기에서, 상대습도는 32%, 43%, 75%로 유지하여 저장하면서 각각 12, 8, 4일 간격으로 35일 동안 시료를 채취하여 분석하였고, 모든 실험은 4회 반복실험 하였다. 습도조절은 MgCl₂, K₂CO₃, NaCl을 데시케이터에 넣어 상대습도가 평형을 이루도록 하였으며 본 데시케이터를 배양기에 보관하며 저장온도를 유지하였다.

세균수 측정

세균은 10⁻¹ 희석액을 보존 기간에 따라 0.85% 생리식염수로 10단계별로 희석하여 그 희석액을 0.1 mL씩 취하여 nutrient agar 배지 위에 접종한 후 37°C 배양기에서 24-48시간 배양하여 나타난 colony 수를 계수하였다⁽¹⁹⁾.

색도

김의 색도 측정은 Chroma meter(CR-200, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter color 시스템에 의한 명도(L값), 적색도(a값), 황색도(b값)를 각각 측정하였다.

Metal oxide 센서로 구성된 전자코에 의한 측정

전자코로 측정시 데이터 수집 시간은 0.1초, 가열에 의해

이루어지는 센서에 흡착한 이물질 제거 시간은 10초, 신선한 공기에 의한 충전 시간은 10초, 센서의 안정화를 위한 시간은 600초 이내로, 센서 이물질 제거시의 동작 전압은 6V, 정상상태에서의 동작 전압은 5V, 신선한 공기에 센서를 노출시켰을 때의 분석시간은 50초로 하였다. 김의 향을 분석하기 위한 추출조건으로는 시료 0.5 g, 향추출 온도 30°C, 향추출 시간 5분으로 하였으며 모든 실험은 4회 반복 실험하였다.

분석 시간은 전자코로 시료를 측정할 때 전자코의 저항비율값이 가장 낮았을 때의 시간으로 정하였다. 전자코 저항비율값은 센서의 공기저항값(R_{air})에 대한 시료 휘발성 성분의 저항값(R_{gas})의 비율, 즉 R_{gas}/R_{air} 로 표현하였다⁽²⁰⁾.

$$\text{Ratio of resistance} = R_{gas}/R_{air}$$

시료 측정 후 튜브에 잔류하는 향의 제거를 위해 정화된 공기(air)를 사용하였으며 잔류하는 향의 확인은 전자코로 측정하여 저항비율값(R_{gas}/R_{air})이 0.99 이상이 될 때까지 세척하였다.

주성분 분석

각각의 조건에 따라 전자코로 측정하여 얻어진 데이터를 이용하여 Multivariate Statistical Analysis Program(MVSAP, version 3.1)으로 주성분 분석을 하였다⁽²¹⁾. 전자코에 내장된 센서 6개에 감지된 휘발성 성분의 저항비율(R_{gas}/R_{air})을 입력한 후 MVSAP를 이용하여 기여율(proportion), 제1주성분 값, 제2주성분 값을 구하였다.

SAW를 바탕으로한 GC(z-Nose)에 의한 측정

본 실험에서는 2세대 전자코라고 불리는 z-Nose M4100 (Electronic Sensor Technology, Newbury park, CA, USA)를 사용하였으며, 이 시스템은 GC에 SAW센서를 사용하였다. 원료 김 0.5 g을 세절하여 40 mL vial(Supelco, Bellefonte, PA, USA)에 넣고 테프론으로 코팅되어진 septa(PTFE/silicone septa, Supelco)로 봉한 후, 실온에서 충분히 평형이 이루어진 다음, 전자코에 내장되어 있는 펌프의 가동으로 60초 동안 향기성분을 채취하며 주입된 시료는 운반기체(고순도 헬륨: 99.9995%)에 의해 DB-5 capillary 컬럼(Supelco, Bellefonte, PA, USA)에 의해 단일물질로 분리한 후, SAW 센서에 의하여 검출되었다. 재현성을 보기 위하여 매 시료마다 3회 반복 실험을 하였으며, 분석 소요시간은 30초 내외, 컬럼의 온도는 30°C에서 120°C까지 3°C/sec 로 프로그램 하였으며, 주입구 온도는 130°C, 밸브의 온도 110°C, 센서의 온도는 30°C로 설정하여 분석하였다. 패턴분석은 SAW센서로부터 frequency 형태로 얻어진 것과 이를 미분하여 얻은 크로마토그램을 VaporPrint™ 이미지 소프트웨어를 이용하여 머무름 시간을 각변수(angular variables), GC의 응답정도를 반경변수(radial variable)로 사용하여 초기의 머무름 시간으로부터 마지막 성분이 검출된 머무름 시간까지를 360° 원형 형태로 표시하여 나타냈다⁽²²⁾.

결과 및 고찰

Metal oxide 센서로 구성된 전자코에 의한 측정

Metal oxide 센서로 구성된 전자코로 측정된 데이터를 주

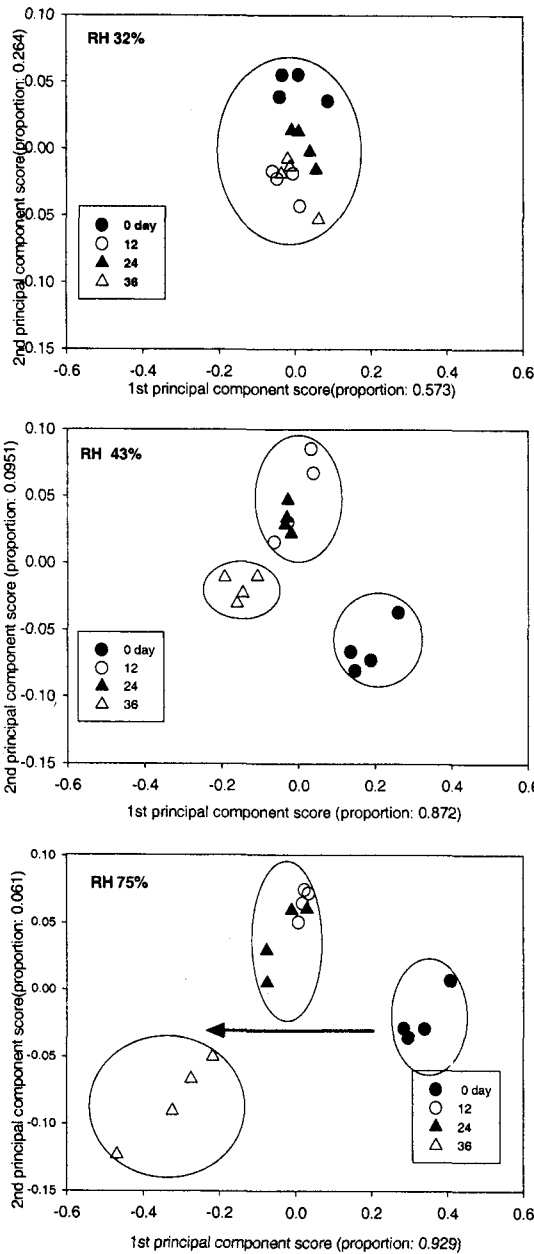


Fig. 1. Principal component analysis of sensitivity by the electronic nose for the obtained volatile compounds from the laver stored at 5°C.

성분 분석한 결과, 5°C, RH 32%에서 보관한 김의 경우, Fig. 1에서 보는 것과 같이 초기 대조구의 주성분값과 함께 하나의 집락(cluster)을 형성하고 있어 저장기간이 지나도 낮은 습도와 낮은 온도에서 보관한 김의 향기성분 변화는 거의 없는 것으로 나타나 품질변화가 거의 일어나지 않음을 알 수 있었다. 그러나 상대습도가 높아질수록 제 1 주성분 값이 양의 값(+0.2~0.4)에서 음의 값(-0.4~-0.2)으로 변화하는 경향으로 나타났다. RH 75%에서 저장한 경우, 초기의 신선한 건조김과 비교해보면 12일 이후부터 구분됨을 알 수 있었으며 36일 후에는 완전히 구분되어, 저장기간이 지날수록 초기의 대조구에 비하여 품질이 변화가 큼을 알 수 있었다. 15°C의 경우도 5°C와 비슷한 경향으로 낮은 상대습도에서는 저장기

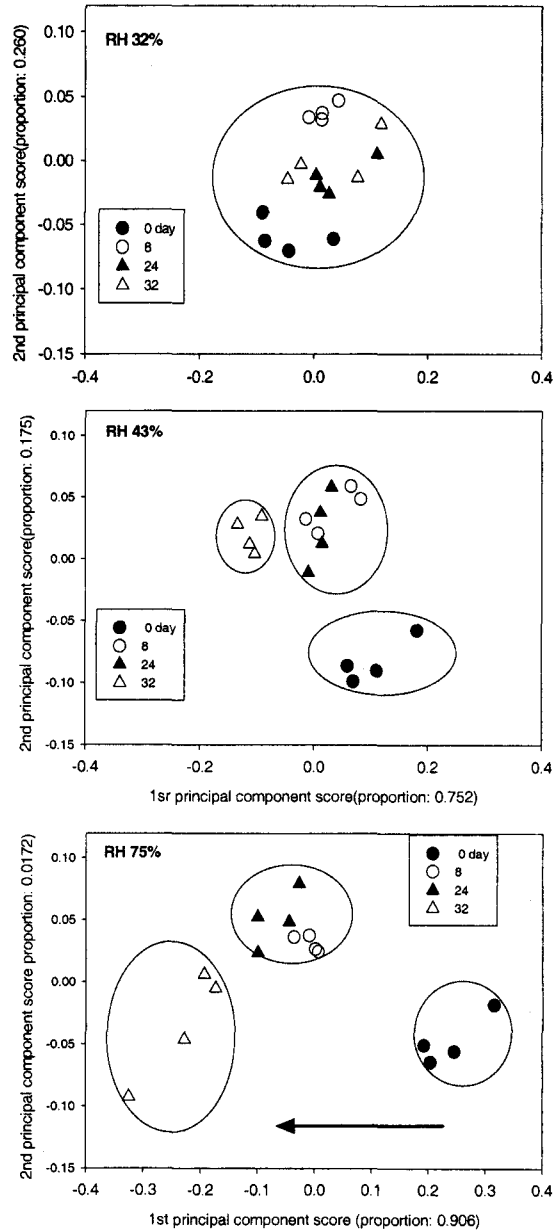


Fig. 2. Principal component analysis of sensitivity by the electronic nose for the obtained volatile compounds from the laver stored at 15°C.

간에 따라 변화가 적으나 상대 습도가 증가함에 따라 저장 일수에 비례하여 구분되는 것으로 나타났다(Fig. 2). 그러나 30°C의 경우를 보면 32%에서 보관한 경우 4일째 되었을 때 초기의 신선한 김과는 미세한 품질변화의 차이를 발견하였고 상대습도가 높아질수록 초기 값과 더 뚜렷하게 구분되는 것을 볼 때 향기성분 변화가 많이 일어났음을 확인하였다. RH 75%, 30°C 조건에서는 짧은 저장기간에도 커다란 품질변화가 일어났음을 알 수 있었다(Fig. 3). 이러한 결과는 조 등⁽²³⁾의 연구 결과와 유사한 경향을 보여 주었다. 이처럼 수분에 의한 김의 품질 변화가 가장 주된 요인으로 이를 신속하게 예측할 수 있는 방법으로 전자코에 의한 분석은 불과 5분 이내에 측정이 가능한 것으로 단시간 내에 품질관리 방법으로 활용 될 수 있을 것이다. 물론 본 실험에서 확보한

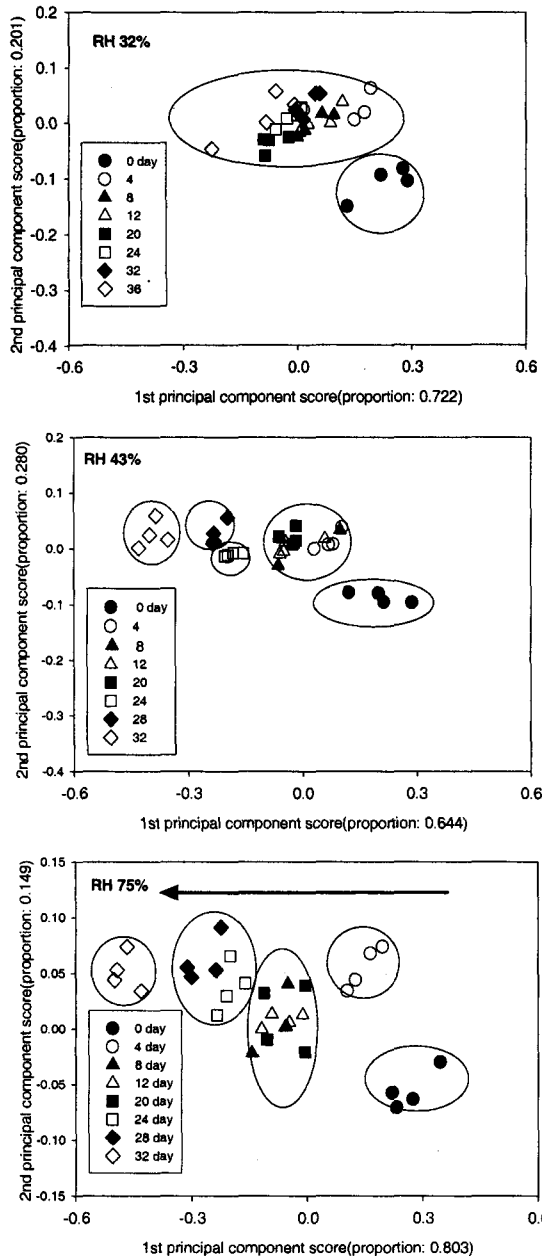


Fig. 3. Principal component analysis of sensitivity by the electronic nose for the obtained volatile compounds from the laver stored at 30°C.

기본적인 데이터를 D/B로 확보하고 있어야 할 것이다.

z-Nose에 의한 측정

z-Nose에 의해 분석된 frequency 그래프를 VaporPrint™으로 이미지화한 결과, Fig. 4에서 보는 것처럼 RH 32%, 온도가 5°C일 때 초기의 대조구의 패턴의 경향은 4일까지는 거의 변화가 없으나 6일 이후부터는 RT(머무름 시간) 40초 이후부터 향기성분이 표출되는 것으로 나타났다. 32%, 30°C의 경우 저장기간이 4, 9, 13일에서 RT 34초 이후부터 검출되는 향기성분의 생성이 급격히 증가하였고 26초, 28초 부근에서도 향기성분의 생성이 증가하기 시작하였다. RH 75%의 경우 5°C에서도 2일까지는 커다란 변화가 나타나지 않았

나 6일째에는 RT 40초 이후 45초 사이의 향기성분이 생성되었음을 알 수 있다. 30°C에서 저장한 경우 1일째부터 RT 40초 이후의 성분이 검출되었고 이러한 양상은 3일과 4일 안에 급격히 증가함을 알 수 있었다. 생성된 물질이나 양은 유사하나 생성되는 속도가 RH 32%에 비하여 매우 빠름을 알 수 있었다. z-Nose의 경우 얻어진 향기성분에 대한 크로마토그램을 확보할 수 있으나 아직은 초보단계로 각 RT에 해당하는 물질이 어떤 물질인지 여부는 확인하지 못하였다. 따라서 본 시스템과 mass spectrometry가 연결된 시스템을 통하여 물질확인 작업을 추후 더 연구되어야 할 것이다.

이러한 문제점에도 불구하고 물질 분석이 1분 이내에 이루어지고 있으며 현재 미국에서는 다이옥신을 분석하는 기기로 허용할 만큼 정확도에 대한 신뢰성이 높은 측정기기이다. 뿐만 아니라 패턴분석을 시각적으로 해석할 수 있어 미세한 향기성분의 변화 여부를 쉽게 추적할 수 있다.

Fig. 4, 5에서 보는바와 같이 저장기간에 따라 향기성분의 변화를 패턴으로 쉽게 파악할 수 있다. MOS 전자코에 비하여 상당히 예민하게 분석할 만큼 감도가 높으며 별도의 D/B 구축과 인공신경망을 가동하지 않아도 쉽게 분석이 가능하다. 따라서 산업현장에서 활용도가 높을 것으로 기대된다. 더 나아가 향의 미세한 성분까지 분석하는 경우, 시료의 변화뿐 아니라 포장재료 물질의 이행에 따른 향기성분 변화가 일어날 수 있으므로 이에 대한 것은 추후 더 연구되어야 할 것이다.

저장 조건에 따른 미생물 수의 변화

전자코를 이용하여 측정된 데이터와 비교분석하기 위해 저장기간에 따라 미생물 수를 측정하였다. 초기 김은 UV를 10분 동안 처리하여 김 자체에 존재하는 미생물 수를 최소화한 다음 보관하였다. Table 1에서 보는 것과 같이, 5°C, RH 32%에서 보관한 김은 전자코로 측정하였을 때와 마찬가지로 김의 품질변화에 별 영향을 주지 않았던 것처럼 미생물 수도 낮은 온도와 낮은 습도로 인하여 저장기간 24일 후 10⁴ 정도 밖에 생성되지 않았다. RH 43%에서는 저장 12일 후 10⁴까지 생성되었고, 저장 36일 후는 10⁶ 정도로 약간의 미생물이 증가하였으며 RH 75%의 경우 저장 24일만에 10⁶ 정도로 증가하였다. 반면 30°C에서 보관한 김의 경우는 미생물 수가 급격히 증가하였음을 알 수 있었다. RH 75%의 경우 저장 6일만에 10⁶에 도달하였고 저장 12일 경우가 되면 식품 위생 검사 지침의 부패 기준치인 10⁷까지 부패하였다. 이것은 온도와 습도가 모두 높아 김의 품질에 많은 영향을 미친 것으로 전자코로 측정된 데이터의 제 1주성분 값과 상관관계를 알아본 결과 r²=0.87로 나타나 비교적 높은 상관관계를 보여주었다.

저장 중 색도의 변화

건조김을 5°C, RH 32%와 75%의 조건과 30°C, RH 32%와 75%에서 저장한 색도의 변화는 Table 2에서 나타낸 바와 같다.

5°C, RH 32%에서 보관한 김의 명도는 거의 변화가 없지만 조금은 증가하는 경향을 보였으며 적색도는 점점 증가하는 것을 볼 수 있고 황색도는 서서히 감소하는 것을 볼 수

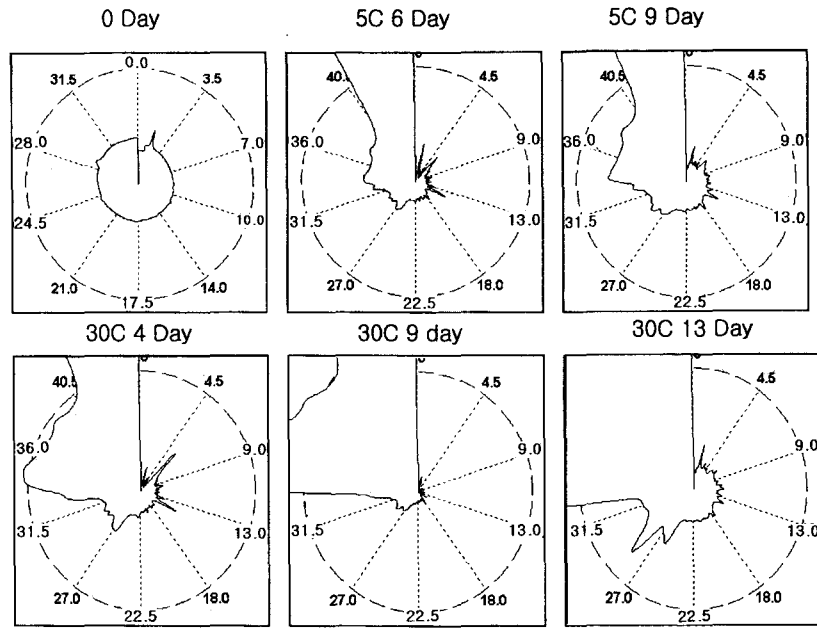


Fig. 4. Polar frequency patterns of in Vapor Print™ images of the laver stored in 32% relative humidity at 5°C and 30°C. Gas chromatograph with SAW sensor was used.

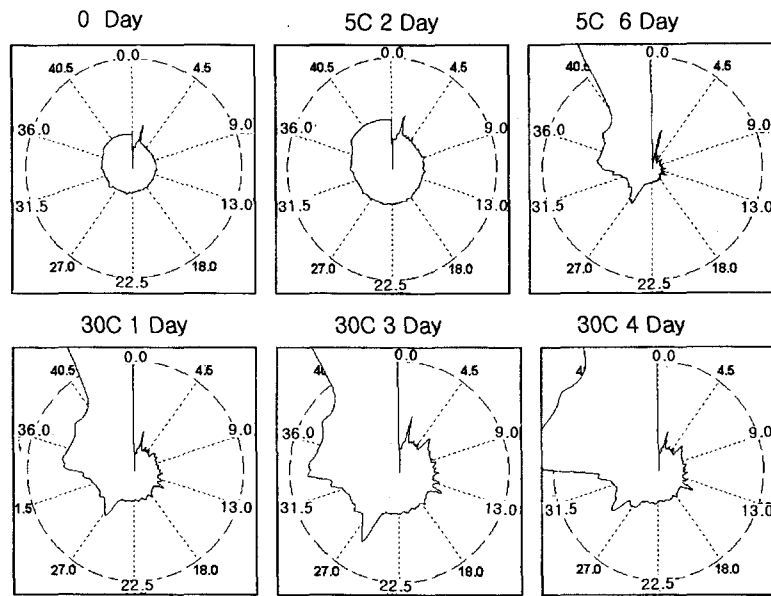


Fig. 5. Polar frequency patterns of in Vapor Print™ images of the laver stored in 75% relative humidity at 5°C and 30°C. Gas chromatograph with SAW sensor was used.

있다. RH 75%의 더 높은 습도에서 보관한 김의 경우는 명도는 감소하는 경향을 보였으며 적색도는 비교적 급격히 증가하는 경향을 보였고 황색도도 증가하는 경향으로 나타났다. 30°C, RH 32%에서 저장한 김의 경우에는 명도는 점점 감소하는 경향을 보였으며 적색도는 불규칙적이기는 하지만 증가하는 것으로 보이며 황색도도 증가하는 경향을 보였다. RH 75%의 경우도 마찬가지로 명도는 점점 감소하였고 적색도와 황색도는 증가하였다. 이상의 결과에서 보면 온도와 습도가 낮은 경우, 김의 명도는 거의 변화가 없지만 습도가 높아지면 명도는 저장기간이 지날수록 점점 감소하는 것을 알

수 있었다. 또한 적색도의 급격한 증가는 chlorophyll과 carotenoid가 분해됨과 동시에 가장 함량이 높은 phycoerythrin이 표면으로 노출되기 때문일 것이라는 보고가 있다⁽²⁾. 이것으로 볼 때, 김의 저장에 있어서 중요한 색도의 변화는 건조 김의 향기성분 변화와 항상 상관관계가 있는 것이 아님을 알 수 있었다.

요 약

시중에서 판매되는 김을 구입하여 습도가 32%, 43%, 75%,

Table 1. Changes in microbial population during storage at 5 and 30°C and different humidities (unit: cfu)

Storage (days)	Humidity (5°C)		
	32%	43%	75%
0			3×10 ³
2	-	-	4.2×10 ³
4	-	-	5.2×10 ³
6	-	-	8.5×10 ³
8	-	5.8×10 ³	3.6×10 ⁴
10	4.8×10 ³	7.5×10 ³	4.3×10 ⁵
12	6.8×10 ³	3.5×10 ⁴	6.7×10 ⁵
24	2.5×10 ⁴	6.8×10 ⁵	3.5×10 ⁶
36	7.7×10 ⁴	1.5×10 ⁶	5.9×10 ⁶
<hr/>			
2	-	-	5.3×10 ⁴
4	-	-	7.8×10 ⁴
6	-	-	2.3×10 ⁶
8	-	1.8×10 ⁴	5.7×10 ⁶
10	8.5×10 ³	2.6×10 ⁵	8.8×10 ⁶
12	3.2×10 ⁴	4.5×10 ⁶	2.5×10 ⁷
24	1.8×10 ⁵	5.2×10 ⁶	5.8×10 ⁷
36	2.6×10 ⁶	3.4×10 ⁷	6.8×10 ⁸

온도는 5°C, 15°C, 30°C에서 각각 김을 보관 한 후 저장 기간에 따른 김의 품질변화를 metal oxide 센서로 구성된 전자코와 SAW 센서를 바탕으로한 GC(z-Nose)를 이용하여 측정하였다. PCA 분석결과, 5°C, 32%에서 보관한 김의 경우는 저장기간이 지나도 김의 품질변화가 거의 없었다. 이것은 온도와 습도가 모두 낮아 김의 품질변화에는 영향을 미치지 않았으며, RH 43%, RH 75%에서 보관한 김의 경우는 저장기간이 지날수록 제 1 주성분 값이 양의 값(+0.2~0.4)에서 음의 값(-0.4~-0.2)으로 변화하는 경향으로 나타났다. RH 43% 보다 75%의 경우가 더 뚜렷한 감소를 보였으며 높은 상대습도 조건에서는 15°C와 30°C에서 유사한 경향을 나타내었다. z-Nose로 얻은 데이터를 패턴 분석한 결과 저장 기간이 지나면서 저장 온도와 습도에 따라 변질된 향시성분의 차이

를 보여 주었다. 이것은 미생물 수를 측정할 때와 마찬가지로의 결과(r²=0.87)를 보였으며 색도와는 크게 영향이 없음을 알 수 있었다. 이것으로 보면 전자코를 이용하여 조건을 달리하여 보관한 김의 품질관리는 효과적임을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2001년도 서울여자대학교 자연과학연구소의 학술연구비 지원에 의하여 수행되었음을 감사드립니다. 아울러 z-Nose의 분석을 도와준 코스모 과학의 오세연 실장님에게 감사드립니다.

문 헌

- Rhim, J.W. Study on the moisture sorption characteristics of seasoned dried laver. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 22: 476-483 (1993)
- Kim, Y.D., Kim, D.S., Kim, Y.M. and Shin, D.H. Changes in the quality characteristics of dried laver during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 19: 206-211 (1987)
- Lee, K.H., Song, S.H. and Jeong, I.H. Quality changes of dried laver during processing and storage, 1. Quality evaluation of different grades of dried lavers and its changes during storage. *Bull. Korean Fish Soc.* 20: 408-418 (1987)
- Lee, K.H., Song, S.H. and Jeong, I.H. Quality changes of dried laver during processing and storage, 2. Quality stability of roasted lavers during processing and storage. *Bull. Korean Fish Soc.* 20: 520-528 (1987)
- Salwin, H. and Slawson, V. Moisture transfer in combination of dehydrated foods. *Food Technol.* 13: 715-721 (1969)
- Shigeru, A., Jiahai, M., Hiroo, O., Tuyosio, O. and Mitsu, K. Influences of moisture and temperature on the storage of dried laver. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 51: 1109-1114 (1985)
- Hirata, T., Ishitani, T. and Yamada, T. Influences of moisture and temperature on the quality changes in dried laver. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 47: 89-94 (1981)
- Yoshie, Y., Suzuki, T., Shirai, T. and Hirano, T. Changes in the contents of dietary fibers, minerals, free amino acids, and fatty acids during processing of dried 'nori'. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 60: 117-122 (1994)
- Cha, Y.J., Lee, E.H., Oh, K.S. and Lee, T.H. Lipid components of dried laver (cultured *Porphyra tenera* and wild *Porphyra suborbiculata*) produced at Wan-do in Korea. *Bull. Korean Fish.* 49:

Table 2. Changes in L, a, and b values of dried laver during storage at 5 and 30°C and different humidities

Hunter color	Humidity (5°C)							
	32%				75%			
	Storage time (day)							
	0	10	15	20	0	4	6	10
L	29.15	29.72	29.91	30.15	29.15	28.24	27.71	27.09
a	1.14	1.31	1.35	1.48	1.14	1.40	3.23	3.23
b	4.36	3.83	3.62	3.22	4.36	4.40	5.23	6.45
<hr/>								
Hunter color	Humidity (30°C)							
	32%				75%			
	Storage time (day)							
	0	5	10	15	0	2	4	6
L	29.15	28.65	28.37	28.09	29.15	28.61	28.03	27.94
a	1.14	1.80	1.76	2.24	1.14	1.81	2.76	3.83
b	4.36	5.17	6.16	6.94	4.36	5.56	6.26	6.97

- 787-791 (1993)
10. Kayama, M., Imayoshi, J., Araki, S. and Saito, M. Changes in the lipids of dried laver 'nori' at different activities. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 49: 787-793 (1983)
 11. Araki, S., Ogawa, H., Saito, M. and Kayama, M. Changes of the pigments in dried laver 'nori', at different water activities. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 48: 647-653 (1982)
 12. Araki, S., Ogawa, H., Saito, M. Studies on quality preservation of dried laver 'nori', *Porphyra yezoensis* I. Degradation of ascorbic acid in dried laver 'nori' during storage at different water activities. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 48: 643-649 (1982)
 13. Tomlinson, J.B., Ormrod, I.H. and Sharpe, F.R. Electronic aroma detection in the brewery. J. Am. Soc. Brew. Chem. 53: 167-173 (1995)
 14. Bazemore, R., Russel, R. and Sims, C. Comparison of fresh squeezed orange juice analysis by electronic nose, sensory taste panel and GC FID. The 3rd Olfaction and Electronic Nose Symposium, Miami, Florida (1996)
 15. Pisanelli, A.M., Qutob, A.A., Travers, T., Szyszko, S. and Persaud, K.C. Application of multi array polymer sensors to food industries. Life Chem. Reports 11: 303-308 (1994)
 16. Zannoni, M. Preliminary results of employ of an artificial nose for the evaluation of cheese. Scienza E Tecnica Lattiero-Casearia 46: 277-289 (1995)
 17. Metin, S., Korel, F. and Balaban, M.O. Quality evaluation of fresh mullet fillets stored under modified atmosphere at different temperature. Abstract 51A-18. presented at IFT 2000 annual meeting, Dallas, USA (2000)
 18. Staples, E.J. The electronic nose a new enforcement tool. ONDCP International Technology Symposium. Washington, DC, USA (1999)
 19. Collins, C.H. and Lyne, P.M. Microbiological Methods (fifth edition), pp. 73, 130-133. Butterworth & Co. Ltd. (1985)
 20. Han, K.Y., Ha, J.S., Chang, P.S., Oh, S.S. and Noh, B.S. Measurement of stability of the microencapsulated DHA by the electronic nose. Food Sci. Biotechnol. 9: 358-363 (2000)
 21. Lee, D.S., Noh, B.S., Bae, S.Y. and Kim, K. Characterization of fatty acids composition in vegetable oils by gas chromatography and chemometrics. Analytica Chimica Acta 358: 163-175 (1998)
 22. http://www.estcal.com/technicalpapers.html/Detecting_2,4,6_TCA_in_corks_and_wine_using_the_zNose™
 23. Jo, K.S., Kim, J.H. and Shin, H.S. Effect of storage conditions on the oxidative stability of lipid in roasted and roasted-seasoned laver (*Porphyra tenera*). Korean J. Food Sci. Technol. 27: 902-908(1995)

(2002년 8월 27일 접수; 2002년 11월 26일 채택)