

저산소 농도가 식품의 유통기간에 미치는 영향

Extending Shelf Life with Micro-Oxygen Technologies

이세은 | 유통연구단

Se-Eun Lee | Food Marketing & Distribution Research Group

서론

모든 식품은 유통기간 동안 미생물의 번식, 효소의 활동, 물리학적 변화 및 생화학적 반응의 원인으로 품질이 변화되고 낮아지는데, 이에 영향을 주는 주요 원인은 공기 중의 산소와 그 식품에 용해되어 있거나 포함되어 있는 산소와의 상호작용이다. 산소의 산화속도를 생각해 볼 때, 산소를 거의 제로(zero) 상태의 농도로 줄이면, 생물학적 안정성을 통하여 효과적으로 생화학적 변화 억제에 대단한 효과를 발휘할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

산소의 역할

산소는 호기성 미생물을 증식시키고 식품 내의 지방, 색상, 향미 등에 산화작용을 통하여 품질을 떨어뜨린다(아스코르빈산 분해, 비타민 E 손실, omega-3와 omega-6와 같은 다가불포화 지방의 산화 등).

식품의 저장기간(유통기한)을 효과적으로 안정하게 연장하기 위해서는 산소 농도의 감소가 매우 중요하다. 식품 내에 용해된 산소와 포장재 외부에서 유입된 산소 등의 영향으로 식품 포장 속의 공간부분(head-space)에는 많은 산소가 존재한다. 특히 산화성 반응에 민감한 식품군은 빵, 오일, 건성 밀크, 고기, 맥주, 주스, 커피, 너트, 시리얼, 과일 및 채소류이다. 식품에서 산소를 줄여 저장기간(유통기한)을 연장하기 위한 몇 가지 방법으로는 탈산소제 삽입, 진공 탈기, 선택적 투과포장재 및 불활성 가스치환 기술이다. 최근에 이러한 기술을 통하여 최고 0.01%까지 산소 농도를 감소시킨다.

저농도 산소란

마이크로 산소 공정은 식품의 저장기간(유통기한)을 늦춰준다. 저농도 산소 조건에서는 기존의 가공공정에 의한 맥주나 주스 제품류에서 발생되

는 생화학 반응을 감소시켜준다. 미국의 조지아 주 대학교 식품과학과 학생들은 제거될 수 없는 결합 산소의 존재를 가정하여 식품 생화학 반응의 미치는 영향을 실험하였다. 공간부분(head-space) 안에서 저농도 산소 조건에서는 산소의 이동을 최소화하여 평형을 이뤄 식품 안에 존재하게 된다. 이때에 적정 산소 농도는 30 ppm 이하가 필요하다.

저농도 산소 가공기술

식품에서 미생물학적 성장, 효소 활성, 수분, 산화성과 비산화성 반응들은 식품의 품질에 많은 영향을 미친다. 예를 들면 통조림 제품과 같이 가열 처리에 의해 미생물적으로 살균된 제품의 경우, 그들은 일반적으로 생화학적인 변화를 거친다. 이에 따라 저장기간(유통기한)을 연장하고 품질을 향상 시키는데 도울 것이다. 저농도 산소 가공기술은 상온 조건에서 저장기간(유통기한)을 연장하는 식품 생산이 주목적이다.

지질 산화

산소는 지방물질을 화학적으로 산화시키는 반응을 초래한다. 불포화 지방산은 자유로운 라디칼에 의한 기전을 통하여 산소 분자와 반응하고 지방산 hydroperoxide를 형성한다. 이러한 결과 생성된 화합물은 강한 향미가 있는 변패 특성과 산, 알코올, 카보닐, 알데하이드, 에스터, 케톤 물질 등의 생성에 기인하는 냄새를 가져다준다. 산소 농도를 감소하면 peroxy free radical 생성이 감소되어 자동

산화 반응이 지연된다. 악취를 유발하는 반응을 지연시키기 위해 기름에 튀긴 감자 제조시 포장 공정에서 질소가스 치환방법을 사용한다. 이때 아르곤(argon)도 저장기간(유통기한)을 연장하고 생성물 수용 가능성을 개선하기 위해 사용된다.

영양 손실

산화성 반응의 결과로 일부 영양소는 소실되거나 손실된다. 예를 들면 아스코르빈산은 산화될 수 있으며 감귤류의 영양 가치를 감소시킨다. 뿐만 아니라, 비타민 E도 산화되고 산소가 존재할 때 수소 원자를 내어 준다. 또한 위에서 언급한 바와 같이 omega-3, omega-6와 같은 다가 불포화지방산은 감소되거나 소멸된다.

갈변화

식품의 갈변 반응은 비효소화 또는 효소화가 있다. 효소적인 갈변은 산소를 필요로 하는데, 예를 들면 바나나, 공기에 노출되는 사과 슬라이스, 살구, 딸기 같은 과실이나 감자와 상추 같은 채소, 해산물 등에서 볼 수 있다. 이 반응은 촉매 작용을 하는 polyphenol oxidase, 페놀 물질, 산소와 관련이 있다.

Polyphenol Oxidase(PPO)와 산화

과실과 채소 산업은 갈변에 기인하여 매년 많은 경제적 손실이 발생한다. PPO는 갈변반응에 촉매 작용을 일으키는 구리가 포함되어 있는 효소이면

서 식품의 품질을 결정할 때의 중요한 요소이다.

PPO는 mono-phenolic과 diphenolic 기질과 반응이 진행된다. 이 반응은 monophenolase에 의한 monophenols의 hydroxylation과 비효소적으로 생성된 갈변색소 o-quinone에 의한 hydroxylation 현상이다. 최근 여러 가지 방법들로 PPO를 줄이기 위한 기술 개발이 이루어지고 있다. 그 중 산소 interceptor 아스코르빈산의 적용, 산소 제거, 열처리에 의한 불활성화로 산화성 효소들을 제거하는 방법들이 있다. 예를 들면 주스와 와인 산업체에서는 진공과 불활성 가스치환 방법을 이용하고 폴리페놀 제거를 위해 cyclodextrin 혹은 polyvinylpyrrolidone을 이용한다. 그 반응에 작용하는 두 가지 기질은 페놀 중합체와 산소이다. 만약 식품이 매우 낮은 산소 농도로 포장된다면 기질 중 하나는 제한되어 일차 반응으로 간주될 수 있다. 그러나 PPO가 낮은 산소 농도에서도 활성화될 수 있으므로 반응순서는 바뀔 수 있다.

맥주와 감귤류의 저농도 산소 가공기술

산소는 양조 발효공정의 몇몇 단계들에는 필요하나 맥주 발효가 완료되고 포장 후 유통될 때에는 품질의 변화를 일으키는 원인이 된다. 이는 2005년 조지아 주 대학교 졸업생 Lynn Kuchel의 연구에서 산화 반응은 향미, 향기, 색, 알코올, 지방산, 아이소-알파산 산화에 의해 상품의 저장기간(유통기한) 단축에 영향을 준다고 보고되었다. 산소가 있을 때 형성하는 카보닐 화합물은 맥주에 있을 때 안정한 상태로 형성되는데 이는 전체 포장 산소를 가능한

낮게 유지한다. 예를 들어 BP 회사는 탈산소제의 사용을 통해 1 ppm의 산소만을 허용하는 플라스틱 병을 위한 기술 특허를 가지고 있다. 이는 최대 6개월 동안 맥주의 저장기간(유통기한)을 연장한다. 진보된 포장 기술은 포장 내의 50 ppb 이하 농도로 유지도 가능하다. 그러나 0.1 ppb 농도 수준도 산화적 손상을 주기에 충분하다. 그것이 그 영양 가치를 감소시키므로 산화에 의한 아스코르빈산의 손실은 오렌지 주스에서 상당히 중요하다.

아스코르빈산은 수소의 산화와 해리에 의하여 L-ascorbic acid 또는 L-dehydroascorbic acid와 물 형태로 주어지며, dehydroascorbic acid에 ascorbic acid의 산화과정은 가역적이다. 그러나 가수분해를 일으키는 고리 분열은 2,3-diketogulonic acid를 생성하며 산화, 건조 및 중합을 거친다.

바나나와 오렌지 주스의 저농도 산소 가공기술

Louise Wicker, Jake Mulligan, Aaron Brody의 책임연구원들과 졸업생 Solandre Perez로 구성된 조지아 주 대학교 연구팀은 두 가지 식품 즉, 바나나와 오렌지 주스에서 저농도 산소의 효과를 측정하기 위해 연구를 실시하였다.

바나나

PPO 활성은 198 units/ml부터 약 45 units/ml, 저농도 산소 조건(8 ppm)에서 비교 실험하였다. 각각의 PPO 활성은 비선형적으로 감소했다. 산소가 있는 PPO의 감소는 2차 회귀다항식($R^2 > 0.9$)을

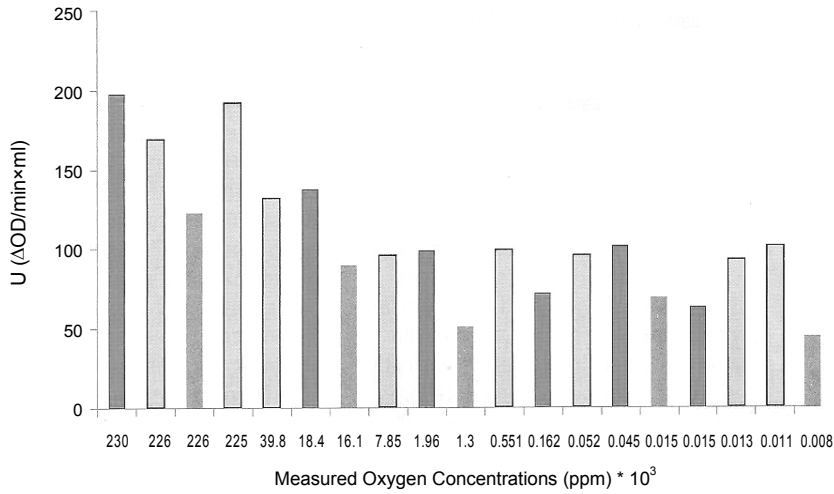


Fig. 1. Banana pulp PPO activity with respect to oxygen concentration (Dark blue, pale blue, and gray bars represent replications)

따랐다. 연구팀은 8 ppm의 낮은 산소 농도로 PPO 활성은 지연시켰으나 그것을 제거하지는 못했다. 효소 반응 메커니즘과 마찬가지로 바나나 조직 내 용존산소는 PPO 활성 내에서 8 ppm 산소와 함께 산화반응을 주도하였다(Fig. 1).

오렌지 주스

오렌지 주스 가공 중 세포 조직은 파괴되고 공기 중의 산소가 일부 혼입이 된다. 그리고 효소의 작용이 시작된다. 대기조건에서 처리된 오

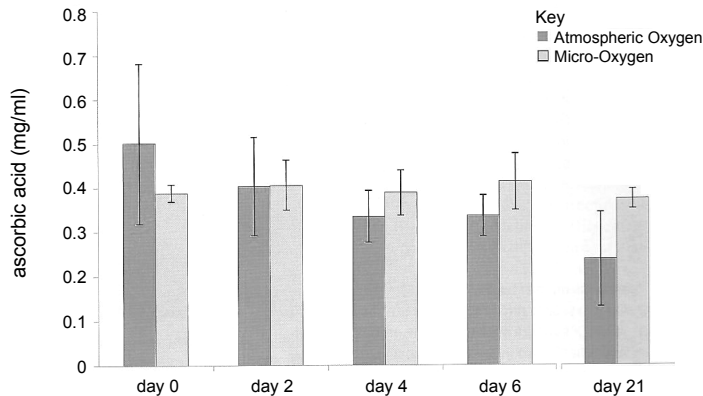


Fig. 2. Ascorbic acid retention for orange juice stored at 50°C

렌지 주스의 용존산소는 660 ppb이었으며 저농도 산소 공정으로 처리한 오렌지 주스의 용존산소는 48 ppb로 낮은 값을 보였다. 아스코르빈산 감소가 적고 저장기간(유통기한)을 연장시킬 수 있다(Fig. 2). 조지아 주 대학교 연구팀의 연구결과는 오렌지 주스의 산소 농도를 마이크로 농도로 감소시켜 고품질 식품으로 나아 갈 수 있는 방향을 제시해 주고 있으며 더 신선한 오렌지 주스가 상업적으로 실현 가능한 것을 보여주고 있다.

● 자료출처 ●

Brody AL, Extending Shelf Life with Micro-Oxygen Technologies, Food Technology, 65(1), 79-81, 2011

이 세 은 공학박사

소 속 : 한국식품연구원 유통연구단

전문분야 : 식품 가공 및 저장

E-mail : selee@kfri.re.kr

T E L : 031-780-9041

본 내용은 자료 출처의 원문을 번역 기술한 것입니다.