

## 식품분야에 있어서 마이크로버블의 이용

### Application of Microbubble Technology in Foods

차환수 | 안전유통연구단

Hwan-Soo Cha | Safety, Distribution and Marketing Research Group

#### 기술소개

식품분야에 있어서 기포(버블)는 오래전부터 이용해오고 있으며, 우리들의 식생활에 깊숙이 관여되어 있다. 기포는 식품의 생산·제조·가공 및 폐수처리 등의 과정에 관여할 때 식품의 생산·제조효율 및 비용에 큰 영향을 미치고 있다. 식품 중에 함유된 기포의 양, 기포의 크기 및 입도 분포는 식품의 외관, 식품 물성 등의 식감에 직접적인 영향을 미치고 있다. 최근에 기포는 크기효과가 있다고 알려져 있는데 마이크로사이즈 또는 나노사이즈의 미세기포는 종래의 밀리미터(mm) 사이즈의 특징에는 없었던 특성을 가지고 있다. 마이크로·나노버블의 독특한 특성을 이용한 응용연구가 식품분야에도 급속하게 확대되고 있다.

#### 내용요약

##### 식품발효공정에 있어서 마이크로버블의 이용

용존산소라고 하는 것은 수중에 용해되어 있는 산소로서 수중에 생식하는 생명체로서는 용존 산소가 생명유지에 필요불가결한 것이다. 발효는 미생물의 활성을 이용한 중요한 식품가공 공정 중의 하나로서 호기적 발효의 경우 효과적으로 배지에 산소를 공급하여 발효 효율을 높이는 데 중요한 의미를 가지고 있다. 통기교반의 경우 공기를 기포발생장치를 이용하여 배출시켜 기포로부터 산소분자가 배양액 중에 용해되도록 산소를 공급하는 것이다. 기체를 수중에 용해시키기 위해서는 기체와 액체사이 계면의 면적을 가능한 크게 할 필요가 있다. 즉 기포에 의한 산소를 공급하는 경우 배양액 중에 공급시킨 공기의 기포를 가능한 한 미세화할 필요가 있는데, 일반적인 기포의 미세화는 교반회전수에 따라 달라지지만 에너지 소비측면에서 보면 교반회전수의 증가에 의한 기포의 미세화에는 한계

가 있다. 또한 교반회전수의 증가에 의해 발효미생물 세포에 손상을 가져올 가능성이 있다. 따라서 고도의 기포미세화 기술에 의한 효과적인 산소공급이 요구되고 있다. 최근의 연구에 의하면 브로우 방식에 의한 산소공급에서는 6시간 걸려도 용존산소농도를 포화의 5~60% 정도인 것에 비해 마이크로버블에 의한 산소공급에서는 2~3시간으로 용존산소포화를 가능하게 할 수 있는데, 이것은 마이크로버블의 공급에 의해 기체와 액체의 계면이 큰 폭으로 증가하고 산소의 이동이 촉진되는 것으로 알려져 있다. 마이크로버블에 의한 산소의 공급효율은 마이크로버블의 발생방식, 마이크로버블의 공급유량, 대상액상(對象液相)의 체적, 기포의 크기 등에 의존하고 있다. 마이크로버블의 공급에 의해 산소이동계수가 커지게 되고 기포 증가가 촉진되어 에너지 소비가 종래법보다 적어진다는 보고도 있다.

### 식품세정·살균과정에 있어서 마이크로버블의 이용

야채류, 과일류, 어육류 등의 식재료는 재배·양식, 유통, 제조·가공, 보관 등의 과정에서 토양, 단백질, 지질, 미생물, 농약 등이 부착되고 있다. 식품을 안전·안심하게 섭취하기 위해서는 충분한 세정을 하지 않으면 안 된다. 식품산업에 있어서 세정은 식재료의 세정뿐만 아니라 조리기구 및 식품제조가공기계의 세정도 포함되고 있다. 식품의 제조가공 공정에 있어서 세정은 생산적인 과정은 아니지만 식품의 품질이나 보존성에 관여하는 중요한 과제가 되고 있다. 세정은 단순한 조작과 같이 생각되지만 실제로는 흡착, 분산, 용해, 열화 등 여러

가지의 현상이 복잡하게 관여되어 있다. 세정에는 물세정과 약제세정(알칼리, 산 또는 계면활성제)이 있다. 오염의 종류, 오염 부착기구·상태를 판단해서 최적의 세정방법과 세정조건을 선택하는 일이 중요하다. 세정에 의해 부착균을 효과적으로 제거하면 미생물의 부패에 의한 식품의 선도와 품질의 저하를 억제할 수 있다. 보존성 향상의 정도에 따라서 마일드한 조건으로 살균이 가능하게 되고 식품 본래의 풍미나 영양소를 유지할 수 있다. 지금까지 계면활성제를 주성분으로 하는 세정제는 기름이나 단백질 등의 제거에 효과적이지만 효과적인 제균형 세정제나 세정방법의 개발이 마이크로버블로 바뀌고 있다. 마이크로버블은 극히 작은 버블이지만 표면적은 크고 높은 흡착력을 가지고 있어 오염물이나 부착균이 마이크로버블 표면에 흡착할 때 버블의 부상(浮上)에 의해 부착균의 제거가 가능하며, 마이크로버블의 표면이 대전(帶電)되기 때문에 반대 전하를 가지고 있는 기름이나 단백질 등에 부착된 오염물질을 정전기적 흡착에 의해 제거하게 된다. 현재 식품산업에 있어서 마이크로버블에 의한 세정의 응용연구가 진행되고 있으며, 앞으로 메커니즘의 규명과 실용화가 기대된다. 한편 미생물은 일반적으로 표면이 양전하를 띠고 있는데, 음전하를 띠는 마이크로버블 표면에 정전기적인 상호작용에 의해 세포표면에 미생물이 흡착하고 세포막을 가용화하게 되어 살균이 가능하게 된다. 따라서 살균효과가 있는 계면활성제를 병용하면 강력한 살균 상승효과가 기대된다. 마이크로버블에 의한 세정의 이점을 간단하게 요약하면 다음과 같다.

① 침투력이 우수하여 사이사이의 세정에 효과

적이다.

- ② 세정시간의 단축이 가능하다.
- ③ 세제 사용량의 감소 또는 세제를 사용하지 않아도 된다.
- ④ 물과 열 에너지의 절약이 가능하다.
- ⑤ 식재료의 손상이 적다.
- ⑥ 오염물의 제거와 살균이 가능하다.

최근에 식품안전에 대한 의식이 높아지면서 동식물 생산에 있어서 마이크로버블의 살균효과가 주목되고 있으며, 마이크로버블을 이용해서 환경수의 살균과 어패류의 양식과정에 미량의 오존/마이크로버블을 공급하여 체내살균과 조합시켜 효과적인 살균법이 연구되고 있다. 오존/마이크로버블수에 의한 양액재배 배양액의 살균이 검토되고 있으며, 양액재배에서 중요한 병해충 발병억제효과가 있다고 보고되고 있다. 향후 안전한 식품을 제공하기 위해서는 오존/마이크로버블의 동식물에 대한 안전한계(安全限界) 농도의 확인, 살균작용의 지속성 및 오존 잔류성에 대한 과학적 평가와 검증이 필요하다.

### 수질정화·폐수처리에 있어서 마이크로버블의 이용

마이크로버블은 표면점탄성에 의해 미세한 고체 입자를 흡착시키고 물의 표면에 오염물을 부상시켜 제거하는 기술이다. 마이크로버블을 이용하여 어류의 양식장 내에 있는 부유(浮遊) 입자를 제거하는 기술이 보고되고 있다. 또한 마이크로버블의 대전성(帶電性)에 의해 식품가공 공장의 폐수나 어패류의 양식장 내에 존재하는 오염물질을 마이크로

버블에 흡착시켜 제거한다. 여기에 적절한 계면활성제나 전해질을 사용함으로써 마이크로버블의 대전성을 제어하여 서로 다른 하전(荷電)을 갖는 오염물질의 제거가 가능하다.

마이크로버블이 터질 때 대량의 프리라디칼이 발생하는데 이때 난분해성 오염물질을 분해하는 것으로 보고되고 있다. 한편 오존은 강한 산화력을 가지고 있어 오존의 분해과정에 있어서도 프리라디칼이 발생한다. 따라서 오존/마이크로버블을 병용 사용함으로써 강력한 상승효과에 따른 살균/흡착 제거 효과를 볼 수가 있다. 호기성 활성 오염법에서는 산소를 마이크로버블의 형태로 공급함으로써 산소이동 계수를 확장시켜 산소 공급효율을 높이고 보다 효율적인 수질정화·폐수처리가 가능하다.

### 청량음료수의 개발에 마이크로버블의 응용

청량음료수는 탄산음료, 과실음료, 과채주스, 커피음료, 차류음료, 미네랄음료 등으로 나눌 수 있다. 음료기술의 진보는 청량음료의 다양화를 가져왔으며, 위생상의 안전성을 중시하면서 건강유지 및 증진에 대한 효과·효능을 갖는 청량음료수의 개발이 요구되고 있다. 그 중에 마이크로버블의 높은 기체 용해 능력을 이용하여 산소 농도를 높여준 음료수가 개발되고 있는데, 이것은 산소의 보급에 의해 체조 불량(體調不良)의 해소(解消)와 집중력의 회복 등에 효과가 있다고 한다. 앞으로 마이크로/나노버블 제조기술의 진보에 의해 다양화된 소비자의 필요 요구에 부응하여 기체 농도를 높인 청량음료수 등의 개발이 기대되고 이에 따른 유효성에 대한 평가가 요구된다.

## 향후 이용분야

### 폐식용유 회수에 이용

일반 가정에서 배출되고 있는 폐식용유지는 배수관이나 하수도를 통해서 하천으로 흘러서 하천수 수질의 오염원이 되고 있으며, 생태계에 악영향을 끼치고 있다. 폐식용유지의 회수, 재생 및 재이용이 주요 이슈가 되고 있다. 기름이 함유된 폐수를 처리하기 위해서는 기름과 물을 분리하는 작업이 필요하다. 이때 유분(油分)의 존재상태가 처리 효과에 커다란 영향을 미치고 있다. 특히 유분을 미세 에멀전화 한 함유배수(含油排水) 처리가 곤란하기 때문에 마이크로버블의 연속적인 부상효과(浮上效果)를 이용한 고효율적으로 기름과 물의 분리를 기대할 수 있다. 고속 현미경 비디오카메라시스템에 의해 기름찌꺼기가 마이크로버블 표면에 흡착되어 기포와 함께 서서히 부상(浮上)되는 것을 관찰할 수가 있다. 이렇게 수면에 부상(浮上)된 기름찌꺼기를 모아서 분리시킨 유층(油層)을 회수하는 것이 가능하다. 앞으로 이러한 분야에 있어서 실용적인 연구 개발이 기대된다.

### 식품위생 관리에서 마이크로버블의 응용

식중독을 사전에 예방하기 위해서 식품의 미생물 검사가 수행되고 있다. 이러한 검사방법은 검체를 한천평판배지에 배양시킨 후 배지 표면에 나타내게 하여 콜로니로 검지하고 있는데, 이러한 과정이 복잡하고 결과를 판단하기까지 수 일이 필요하고, 또한 병원균의 밀도가 낮은 경우 검출이 불가능할 수도 있어 고감도 검출법이 요구되고 있다. 미

생물 검사에 있어서 검출 표적물질에는 표적미생물에 특이적으로 결합한 단백질 등의 생체물질과 핵산(DNA 또는 RNA) 등이 있다. 따라서 표적 미생물에 특이적으로 결합한 단백질과 결합된 마이크로버블을 이용하면 특이적으로 결합된 병원균을 마이크로버블의 표면에 흡착시켜 부상분리(浮上分離)에 의해 신속하게 고감도를 지닌 병원균의 검출이 가능하다.

### 식품 물성 제어에 마이크로버블의 응용

식품의 물성은 식품이 갖고 있는 물리적 성질을 나타내는 것으로서 역학적 성질, 열적(熱的) 성질, 전기적 성질 및 광학적 성질을 갖고 있다. 식품의 물성은 식품의 외관, 식감, 안정성 및 보존성에 크게 영향을 미치고 있다. 공기 또는 기포의 존재는 식품의 가열, 혼합, 교반, 분리, 건조, 압축 등의 제조·가공 공정에 영향을 주어 결과적으로 식품의 경도, 점도, 밀도, 유동성 등의 물성에 영향을 미치고 있다. 특히 식품의 외관, 부피, 가공효율에 영향을 주는데 마이크로/나노버블 기술을 응용함으로써 식품물성을 고도로 제어하여 고품질화 및 고기능성화된 식품의 개발이 가능하다고 볼 수 있다.

### 마이크로버블의 발생과 파괴(破壞)의 제어

현재까지는 마이크로버블의 특성을 이용한 응용 기술 개발이 주가 되고 있는데, 마이크로버블의 발생 제어나 파괴를 응용한 연구는 아직까지 이루어지지 않고 있다. 높은 투명도가 요구되는 식품의 경우나 균질성이 요구되는 식품의 경우에 있어서 품질 제어를 위해 마이크로버블의 발생 억제 또는

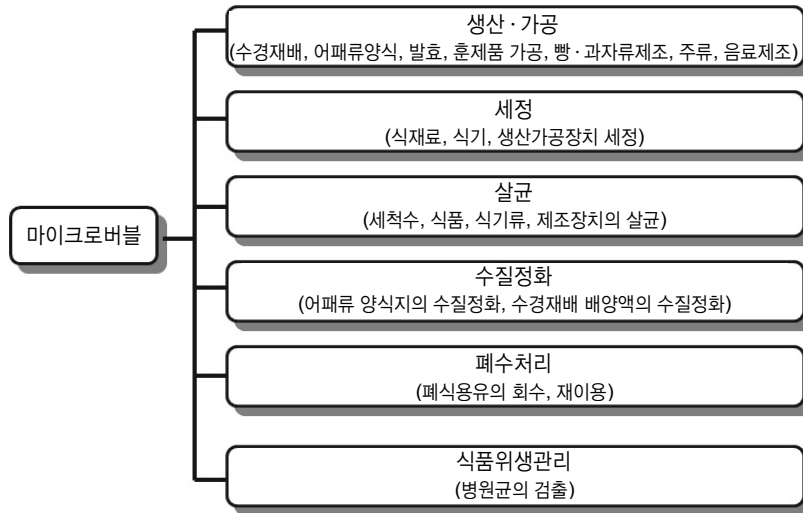


Fig. 1. Applications of Microbubble in the field of foods(柘植秀樹, CMC, 동경, 일본, 2007)

파괴는 특히 중요하다고 할 수 있다. 따라서 고도의 마이크로버블 제어 기술, 즉 마이크로버블 발생과 파괴기술 확립이 향후 중요한 과제라고 할 수 있다(Fig. 1).

2. 마이크로나노버블 조사총람, (주)토탈비전연구소, 나고야, 일본, 2006
3. 食品工學 핸드북, 朝倉書店, 동경, 일본, 2006

● 참고문헌 ●

1. 柘植秀樹, 마이크로버블·나노버블의 최신기술, CMC, 동경, 일본, 2007

차 환 수 이학박사

소 속 : 한국식품연구원 안전유통연구단  
 전문분야 : 저장 유통 및 가공 연구  
 E-mail : hscha@kfri.re.kr  
 T E L : 031-780-9243