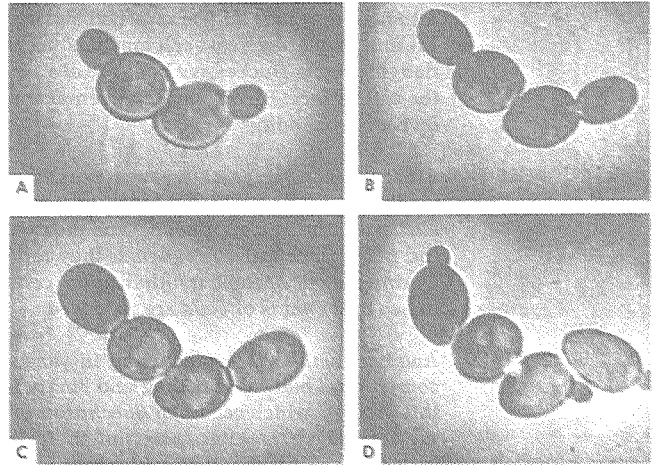


인류는 유사 이전 미생물이 발효의 본체라는 것을 인식하기 전부터 미생물을 자연발효에 이용해 왔다. 서양은 맥주, 포도주, 빵, 치즈 등을, 동양은 탁주, 간장, 된장, 김치 등의 발효식품을 제조해 왔다. 미생물을 처음 발견한 사람은 네덜란드의 레벤후크(1976년)였으나 미생물이 발효, 부패, 전염병 등의 주역을 맡고 있다는 것이 밝혀지기까지는 200여년의 세월이 흘렀다.

1870년에 가사야 루이 파스테르에 의해 발효는 효모의 생활작용이며, 부패는 효모 이외의 잡균에 의하여 일어난다는 것이 발견되었다. 그후 미생물 공업은 연구가 진척됨에 따라 광범위한 산업 분야에 걸쳐 발전해 왔으며 특히, 빵과 관련이 깊은 발효식품공업을 크게 발전시켰다.

빵발효는 중세 이전에 주로 맥주를 제조할 때 부수적으로 생겨나는 맥주효모를 사용하였으나 맥주 효모가 열에 약하여 오븐에서 일찍 사멸하는 단점을 보완하기 위해 그후 주정 제조 부산물인 주정효모를 이용하여 빵을 만들게 되었다.

한편 효모의 제조과정중에 젖산균과 같은 세균이 혼합되어 들



▲ 사카로마이세스 세르비지애의 전자현미경 사진

(levure)라고 하는데 이 단어들은 모두 라틴어의 '부풀린다'는 뜻의 levare에서 유래된 것이다. 독일어의 헤페(hefe)라는 단어도 부풀린다는 뜻의 헤벤(heben)에서 나온 말이다.

효모는 현재 39속 349종으로 분류하고 있는데 효모를 분류 동

천연발효란 무엇인가?

최근 천연발효병에 대한 관심이 높아지고 있는 것에 비해 체계적인 이론적 뒷받침은 미비한 상태이다. 이에 본지는 천연발효의 이해를 돕기 위해 천연발효의 유래 및 개념, 제조법과 주의점에 관한 글을 실는다. <편집자 주>

□글/조남지(대전전문대학 호텔제과제빵학과 학과장)



어가고 밀가루 속에도 많은 세균이 존재하여 빵 발효시에 중요한 역할을 담당하게 된다. 따라서 빵 발효는 효모에 의한 단독발효과정이지 아니고 효모를 포함한 기타 유익한 미생물 등에 의한 발효과정이라 할 수 있다.

따라서 이 글에서는 빵 발효에 중요한 두가지 미생물 즉, 효모와 젖산균을 언급하고자 한다.

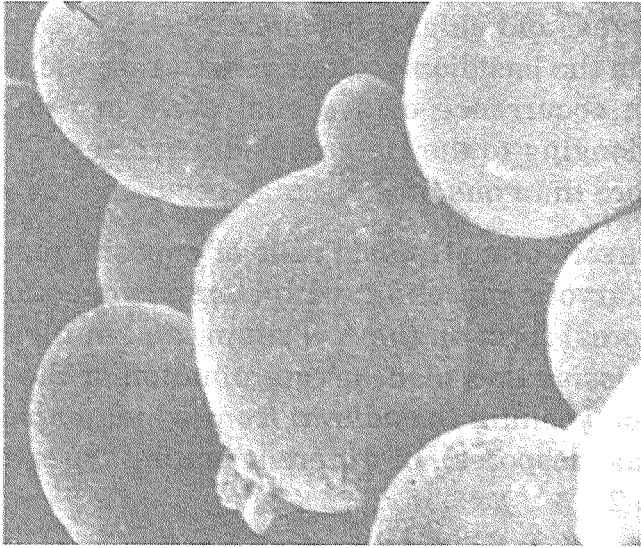
1) 효모

효모(yeast)란 주로 출아(出芽, budding)에 의해서 증식을 하고 단세포 세대가 비교적 길며 진핵세포 구조¹⁾를 갖는 진균류 중에서 효모형의 세포를 갖는 미생물군이라 할 수 있다. 이스트라는 명칭은 알코올 발효때 생기는 거품(foam)이라는 뜻으로 가스트(gast)라는 네덜란드어에서 유래되었으며 이태리어로는 리바멘토(lievamento), 스페인어로는 레바두라(levadura), 프랑스어로는 르부

정하는 기준은 형태학적 특징, 배양학적 특징, 유성생식의 유무와 특징, 포자형성여부와 포자의 형태, 생리적 특징으로 질산염과 탄소원의 동화성, 당류의 발효성 등을 종합적으로 판단하여 분류 동정한다. 한편 학문적 분류와는 관계없이 효모를 이용면에서 편의상 분류하는 경우는 맥주효모, 포도주효모, 빵효모, 간장효모 등으로 부르기도한다.

효모는 과실의 표피, 수액, 토양, 해수, 우유, 공기, 밀가루 등 자연계에 널리 분포되어 있다. 자연계에 분리된 그대로의 효모를 천연효모(wild yeast)라고 하고, 자연계에 존재하는 효모를 분리하여 용도에 따라 순수분리하여 배양한 효모를 배양효모(culture yeast)라 한다. 우리가 현재 사용하고 있는 효모인 사카로마이세스 세레비지애(Saccharomyces cerevisiae)²⁾는 대표적인 배양효모이다.

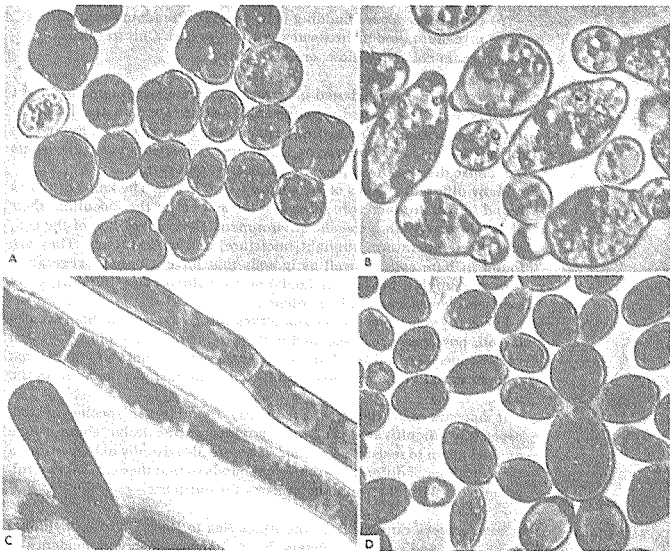
밀가루에 물을 넣고 발효를 시키면 밀가루에 내재되어있는 미생물 때문에 밀가루 속에서는 효모에 의한 알코올 발효와 젖산균



▲ 효모의 성장과 줄아

에 의한 젖산 발효가 일어난다. 이때 알코올 발효에서는 효모에 의해 탄산가스와 알코올이 생성되며 젖산균에 의해 젖산과 초산이 생성된다. 발효가 진행되면서 효모에 의해 생성된 억제물질 때문에 젖산균의 수는 감소하게 된다. 그러나 빵의 향미는 젖산균에 의해 생성된 물질에 크게 좌우된다.

한편 효모는 종류에 따라 발효능력, 생육온도 및 발효원이 달라진다. 이러한 요인들 때문에 천연효모를 밀가루에서 발효시키면 현재 우리가 사용하고 있는 배양효모에 의한 빵의 향미와 다르게 된다. 그러나 천연효모는 발효능력이 약하기 때문에 오랜시간 발효를 시켜야 빵의 팽창원으로 사용할 수 있는 단점이 있다. 즉 현재 배양효모로 사용하고 있는 사카로마이세스 세레비지에는 포도당, 맥아당, 갈락토오스, 설탕, 라피노스(1/3)를 발효하나 유당은 발효하지 못한다.

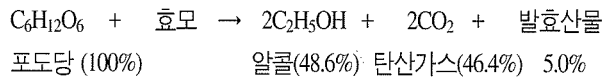


▲ 효모들의 속과 종에 따라 그 형태가 다르다.

반면 천연효모들은 대체적으로 설탕은 분해하나 맥아당 또는 갈락토오스의 분해능력이 없다. 따라서 밀가루 반죽에서 가장 많

이 존재하는 맥아당의 분해능력이 없기 때문에 다른 미생물에 의해 분해된 산물을 이용해야 하고 이로 인해 알코올 발효에 많은 시간이 걸리게 된다. 그리고 많은 종류의 천연효모들은 현재 우리가 사용하고 있는 배양효모와는 반대로 유당을 발효한다. 이와 같은 천연효모와 배양효모의 발효기구의 차이가 밀가루 속에 내재되어 있는 젖산균의 발효와 함께 어우러지면서 빵의 향미를 새롭게 한다.

하지만 천연효모든 배양효모든 발효의 기본은 알코올 발효로서 다음과 같이 부풀려 팽창시키게 된다.



밀가루속에 내재되어 있는 미생물(천연효모와 젖산균)이나 과일에 붙어 있는 천연효모를 이용하기 위해서는 계대배양을 시켜야 한다. 이것을 우리는 원종, 2번종, 3번종 등으로 부른다(이 과정을 계대배양이라한다). 이 계대배양의 목적은 미생물에게 활력을 불어넣기 위해서이다. 예를 들어 호밀을 이용하여 미생물(천연효모와 젖산균)의 활력을 증진시키는 예는 다음과 같다.

<표 1> 밀가루속에 내재되어있는 미생물의 계대배양

발효시간및 온도	배 합	활력을 넣는 방법
1일째 (20~25°C)	강력분 200g 호밀가루 50g 물 170g	강력분에는 많은 미생물이 존재한다. 그러나 미생물이 강력분의 주성분인 전분을 분해할 수 없다. 따라서 호밀가루에 많이 존재하고 있는 전분분해 효소(α-아밀라제)를 이용하여 전분을 먼저 가수분해시켜 밀가루속의 미생물이 활력을 증가시키는 것이다. 낮은 온도는 기타 잡균의 증식을 억제한다.
	계 420g	
2일째 (20~25°C)	강력분 250g 소금 5g 1일째 배합 420g 물 160g	활력이 어느 정도 증가된 미생물은 밀가루속 전분가수분해 효소에 의해서도 영양분 섭취가 가능하여 계속 활력이 증가된다. 소금은 활력이 증가된 미생물에 비해 활력이 적은 잡균의 생육을 억제해 준다. 여기서 첨가된 물은 강력분의 흡수율에 해당한다.
	계 835g	
3일째(28°C)	강력분 500g 소금 1g 1일째 배합 835g 물 320g	미생물의 활력이 충분히 유지되었기 때문에 미생물의 최적생육 온도로 맞춰준다. 이 경우의 온도는 젖산균보다는 효모의 최적온도이다.
	계 1656g	

- 1) 모든 미생물의 세포는 본질적으로 동일한 기능을 가지고 있으나 크게 나누어 동식물의 세포와 유사하고 복잡한 구조를 갖고 있는 진핵세포(eucaryotic cell)와 단순한 구조로 된 원시적세포(procaryotic cell)로 나눌 수 있다. 따라서 진핵세포로 되어 있는 미생물을 고등 미생물, 원시핵세포로 되어 있는 미생물을 하등 미생물이라 한다.
- 2) 미생물의 이름(학명)은 속명과 종명을 조합한 이명법을 사용한다. 이때 속명은 보통 속이 가지는 큰 특징을 나타내며 종명은 분리, 발견에 기여한 지명이나 내력, 기원, 기타 상세한 특징을 관련시켜 명명한다. 방효모는 사카로마이세스 세레비지애(Saccharomyces cerevisiae)로 명명되는데 사카로마이세스(Saccharomyces)는 당을 발효하는 균이라는 의미가 있으며 세레비지애(cerevisiae)는 라틴어 '맥주'에서 유래된 것이다.

위의 예와 같이 발효의 기본을 이해하면 손쉽게 발효미생물을 이용할 수가 있다. 과일(특히 포도)을 이용하는 경우도 역시 마찬가지다. 포도에는 야생효모인 사카로마이세스 엘립소이더스(*Saccharomyces ellipsoideus*)등을 비롯하여 초산균, 젖산균과 같은 세균 및 곰팡이가 많이 존재한다. 특히 야생효모는 발효초기에 특수한 향미물질을 생성하는 것으로 알려져 있다. 포도를 이용하여 미생물을 계대배양시키는 방법은 다음과 같다.

<표 2> 포도의 천연효모를 이용한 계대배양

발효시간 및 온도	배합	제법	활력을 증진시키는 방법
1주일 (28°C)	건포도 500g 설탕 10g 물 800g	1. 건포도를 씻는다. 2. 비이커에 건포도보다 15cm높게 물을 붓는다. 3. 매일 저어준다. 4. 건포도를 꺼서 건포도 즙을 추출한다.	건포도에 붙어있는 미생물 등은 설탕을 영양원으로 하여 성장한다. 비이커에 바닐을 덮고 구멍을 내어 발효시키는 이유는 호기성 상태에서는 효모의 생육이 촉진되기 때문이다. 28°C는 효모생육의 최적온도이다.
1 일 (28°C)	강력분 700g 전립분 468g 건포도 추출물 800g	혼합	전립분은 호밀보다 양은 적지만 밀가루 중 가장 α-아밀라제의 양이 많다. 또한 효모 및 세균이 자라는 데 필요한 무기질 및 비타민이 풍부하다.
28시간 (28°C)	강력분 1,258g 전립분 539g 1일째 배합 2,067g 물 780g	믹서를 사용하여 혼합	활력이 유지된 미생물을 최적의 상태로 만들기 위한 작업. 즉 균수를 증가시킨다.
3시간 (28°C)	강력분 1,258g 전립분 539g 28시간배합 2,067g 물 980g	혼합	미생물의 활력유지 및 균수를 증가시킨다.

이 경우 발효시간이 단축되는 이유는 초산균의 성장을 억제시키기 위해서이다.

2) 젖산균(유산균)

빵의 향미에 큰 영향을 미치는 젖산발효는 유산균의 종류에 따라서 정상젖산발효와 이상젖산발효로 나누어진다. 정상젖산발효는 포도당으로부터 젖산을 85%이상 생성하는 발효이며 이상젖산발효는 포도당을 발효하여 젖산, 알콜, 탄산가스를 생성하는 발효형식으로 루코노스톡과 락토바실러스속이 이에 속한다.

유산균은 스트렙토코커스, 피디오코커스, 락토바실러스, 루코노스톡의 4균속으로 나누어져 있으며 빵 발효에 관여하는 유산균은 보통 락토바실러스속이며 약 32종이 존재한다. 유산균을 식품 가공에 이용하는 이유는 ① 풍미를 향상시키기 위해서 ② 식품의 보존성을 높이기 위해서 ③ 영양, 보건 효과를 높이 위해서이다.

빵 발효에 유산균을 이용하면 유산균이 발효에 의해서 생성한 유효물질 즉, 발효산물에 효과를 발휘하며 굽는 동안 유산균이 사멸했다 하더라도 사균성분과 함께 다음과 같은 작용을 한다.

- 1) 사균 (균체성분)-생체의 면역기능을 증강시켜 장내세균총을 이롭게 하는 작용

2) 발효산물의 효과 - 유산: 위산분비의 경감, 장내 부패를 억제.

칼슘락테이트: 칼슘 흡수를 향상.

펩톤, 펩타이드: 간기능향상.

효소: 소화흡수를 개선, 장내균총을 이롭게한다.

그리고 유산균에 의한 발효산물은 반죽의 기계성을 향상시키고 제품의 노화를 지연시키는 등의 천연제빵개량제로서의 효과가 있음이 확인되었다. 유산균을 빵발효에 사용하고 있는 대표적인 예는 독일의 호밀빵과 샌프란시스코 사워도이다.

미국의 샌프란시스코 지역에서 100년 이상 제조되어 오고 있는 샌프란시스코 사워도는 빵 반죽의 팽창과 산 생성을 천연효모와 젖산균에 의해 의존하고 있다.

샌프란시스코 사워도에서 자라는 천연효모로는 내산성이 있는 토루롭시스홀미(*Torulopsis holmii*)와 사로마이세스 이누스티투스(*Saccharomyces inusitatus*)등이 우세하며 이외에도 사카로마이세스 우마룸(*Saccharomyces warum*)등이 존재한다. 젖산균으로는 락토바실러스 샌프란시스코(*Lactobacillus sanfrancisco*)등이 분리되었다.

샌프란시스코 사워도는 8시간마다 스타터 혹은 마더스폰지로 알려진 발효된 빵반죽의 일부에 밀가루와 물을 넣어 다시 발효시킨다. 이 스타터는 본반죽에 천연효모와 젖산균을 접종하는 데 사용하고 있다.

사워도에서 분리된 내산성 천연효모인 토루롭시스 홀미는 당밀에 존재하는 것으로 알려져 있으며 당밀을 pH 5.0으로 맞추어 2~3일간 28°C에서 발효시키면 스타터로 사용할 수 있다. 우리나라 소비자 기호에 맞는 천연발효법으로 밀가루사워가 있는데 젖산균발효에 중점을 두고 있는 것은 유럽등지의 호밀사워와 같으나 젖산균의 성장배지가 밀가루로 된 점이 다르다. 따라서 호밀사워와는 다른 종류의 젖산균이 다르게 밀가루 배지내에서 우세하게 되며 향과 맛이 달라지게 된다.

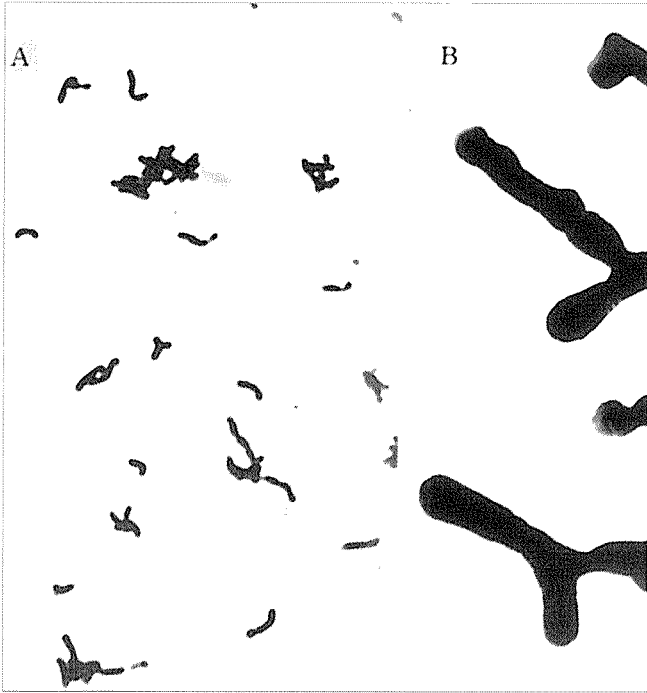
밀가루 배지의 제법

- ① 밀가루:물:버터밀크:효모=3:1:1:1의 비율로 섞고 27°C에서 5~6시간 발효시키면 표면이 갈라진다.
- ② 다시 밀가루:물:①의 사워=1:2:6의 비율로 6시간 동안 발효시킨다.
- ③ ②를 2일간 반복한다.
- ④ ③의 사워 반죽:물:밀가루=1½:2:3½의 비율로 혼합하여 27°C에서 발효시킨후 다시 물:밀가루를 4:8정도로 혼합하여 5~6시간 발효시킨다.
- ⑤ ④를 반죽에 15%정도 사용한다.

이와 같은 방법으로 천연적으로 균을 성장시켜 사용할 수도 있으나 배양시마다 우세균의 종류가 달라져서 품질관리가 어렵

기 때문에 현재는 분리하여 순수배양한 균을 스타터로 사용하고 있다. 즉 일반 제과점에서 향미가 다른 빵을 만들 수 있는 가장 간편한 방법은 밀가루배지를 만들어 배양효모와 함께 젖산균을 첨가하는 방법이다.

가 뛰어난 균주를 분리하여 혼합배양하게 된다. 어떤 종류의 균들을 혼합배양하는가에 따라 빵의 품미 및 천연제빵개량제로서의 효과가 결정된다. 보통 제과점에서는 표준화된 균주를 구입하여 사용하는 것이 바람직하다.



▲ 밀가루배지에서 성장한 유산균

젖산균 중 락토바실러스속의 일부균을 혼합 배양하여 사용하면 이들 균들은 배양효모의 특징적인 이스트 냄새와 맛을 감소시키므로 전혀 색다른 빵의 향미를 제공한다. 특히 이들 균은 발효산물로서 반죽의 물성을 조절하는 물질을 생성하므로 반죽의 기계성을 향상시킬 뿐만 아니라 노화지연효과가 뚜렷하여 합성제빵개량제를 사용하지 않아도 된다.

이 혼합배양젖산균은 밀가루배지에 접종시켜 사용하는데 밀가루배지의 제법은 밀가루 : 물 : 포도당 : 젖산균배양액 = 100 : 120 : 3 : 1의 비율로 섞어 38°C에서 약 16~20시간 발효시키면 된다. 이와 같은 발효법의 장점은 발효된 정도를 pH로 계수화시킬 수 있고 알고 있는 젖산균을 사용하므로 일정하게 품질관리를 할 수 있다는 것이다.

또한 고객의 취향에 따라 본반죽에 밀가루 배지첨가량(20~40%)을 조절하여 빵의 향미를 조절할 수 있다. 그러나 빵의 향미를 조절하기 위해서는 밀가루 배지의 표준화가 필요하며 밀가루 배지를 표준화시키려면 내가 사용하는 젖산균의 종류를 반드시 알아야 한다.

유산균을 이용한 발효빵의 제조과정

유산균의 선별 : 유산균은 단일균보다는 균들 사이에 공생효과

유산균배양 (머더컬처)

유산균배양 밀가루배지조성 (스타터): 위에 예시된 밀가루 배지(정확한 용어로는 flour brew라 해야 한다)를 조성하여 2차 발효기에서 35~38°C로 16~20시간 발효시키게 된다. 발효시간은 자기 제과점의 소비자기호에 맞도록 pH를 측정, 설정하여 두고 항상 설정된 시간과 온도를 유지시켜 준다. 그리고 일주일에 1~2번 pH를 측정하여 유산균이 제대로 배지에서 성장하는가를 반드시 확인하도록 한다. 일단 설정된 pH 보다 높거나 낮으면 원인을 찾아 보정해 주어야 한다.

배합비조정: 사용할 밀가루 배지 양 즉 스타터양에 따라 가수량을 조절해 주어야 한다. 왜냐하면 스타터는 이미 120%의 물을 사용하였기 때문에 스타터 사용량이 40%정도를 본반죽의 가수량에서 제외하여야 한다. 그리고 유산균의 발효산물이 제빵개량제의 역할을 하므로 합성제빵개량제는 모두 사용하지 않는다.

혼합: 본 반죽을 혼합할 때 스타터를 20%~40%정도 사용하며 이미 설명하였듯이 소비자 기호에 따라 스타터 첨가량이 달라진다. 스타터 첨가량은 혼합시간에는 큰 영향을 주지 않는다.

발효: 현재 사용하고 있는 발효시간을 조정할 필요는 없다. 그러나 발효가 길어질수록 빵의 품질을 향상시킨다. 제과점의 경우 보통 1시간 정도를 추천한다. (온도 27°C)

성형: 유산균을 첨가시킨 반죽과 첨가하지 않은 반죽의 차이는 성형과정중 가스빠기에서 확연하게 나타난다. (신장성의 증가)

2차발효: 현재 사용하고 있는 제조 공정을 변화시킬 필요가 없다.

굽기

빵의 제조과정 중 가장 중요한 공정은 발효이다. 빵의 결함 중 75%는 발효를 조절하지 못해 발생하기 때문이다. 발효는 미생물에 의한 생화학적 반응으로 진행되기 때문에 우리는 앞으로 미생물에 대한 지식을 쌓는 데 게을리하지 말아야 한다. 그리고 여러 가지 미생물(천연효모, 유산균, 기타)들을 이용하여 소비자의 욕구에 부응하는 한편 좀더 자연친화적인 빵을 만들 때 소비자들이 제과점을 찾는 횟수가 증가할 것이다. [5]