

# 현장을 중심으로 다시 배우는 제과이론

## 2차 발효의 영향과 요인

2차 발효의 성공 요인은 온도와 습도·시간 세가지이다.

반죽 온도보다 발효 온도가 10℃ 이상 높으면 굽기시 표면이 찌그러지며

발효 시간의 과다는 제품 부피는 커지나 껍질이 단단해지며, 부족은 옆면

또는 가운데가 주저앉는 제품이 된다.

또한 습도의 과다와 부족은 제품의 윤택과 착색이 나쁜 제품이 되거나

수포가 생성돼 주름이 생기는 제품이 되기 쉽다.

### 목차

1. 제과제빵 재료의 기능과 역할
2. 믹싱의 준비 및 단계
3. 1차발효 및 효모, 효소작용
4. 분할, 둥굴리기, 중간발효, 정형, 팬닝
5. 2차 발효의 영향과 요인
6. 굽기-오븐의 종류, 굽기중 변화
7. 제품 평가 및 노화
8. 문제점과 해결방안



필자 이용규  
(한국제과고등기술학교 교무주임)

2차 발효는 발효의 의미보다는 빨리 가스를 발생시켜서 부드러운 제품으로 구워내기 위한 작업(Final Proof)이라 할 수 있다.

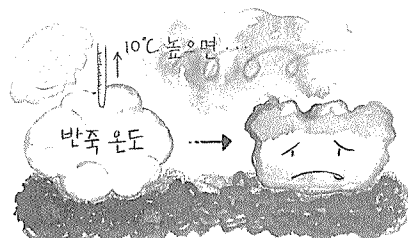
즉, 굽기 직전의 공정한 2차 발효는 오븐에서 오븐 스프링을 발생시켜 부피의 급격한 팽창을 이루게 하고 미세한 기공이 형성되어 제품은 부드러운 식감을 가지게 한다. 또 오븐에서 열의 전도를 좋게 하여 반죽의 내부까지 잘 익도록 도와주는 과정으로 온도를 높임으로써 이스트와 효소는 활성화되어 가스 발생력이 증가하게 되고 알콜, 유산 같은 유기산과 향을 내는 방향성 물질을 생성시킨다.

반약 2차 발효 없이 정형 후 바로 굽기를 한다면 반죽은 정형 동안 거친 작업의 영향으로 가스가 빠져 있고 탄력이 없는 상태이기 때문에 제품은 부피가 거의 크지 않은 작은 상태로 내부는 딱딱하고 거친 제품이 만들어진다. 따라서 2차 발효에서 가장 중요한 세가지 요인으로는 온도와 습도 그리고 시간을 들 수 있다.

### 1. 온도

2차 발효의 온도는 적어도 반죽의 온도와 같거나 높아야 한다. 따라서 온도의 범위는 33℃부터 이스트가 사멸하기 직전의 온도인 54℃ 까지라고 할 수 있다. 실제로 54℃로 2차 발효시키는 제품은 없지만 오븐에서 굽기를 할 때 이스트가 사멸되는 온도 전까지 이스트는 발효력을 가지므로 이를 오븐 스프링과 구분하여 오븐 라이스(oven rise)라고 한다.

2차 발효 온도는 배합률, 반죽계량제, 유지의 종류, 발효 정도, 정형방법, 제품의 종류 등의 요인에 의해 변화될 수 있다. 즉,



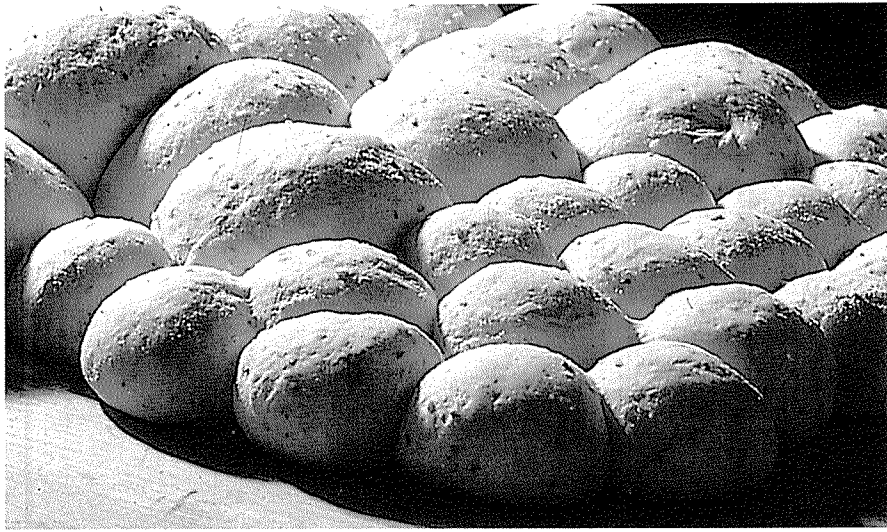
<그림 1> 반죽 온도보다 발효 온도가 10℃ 이상 높으면 오븐으로 옮겨 구울 때 표면이 찌그러지게 된다.

테니스 페이스트리처럼 유지 사용량이 많은 제품은 유지의 용점보다 2차 발효 온도가 높지 않도록 하여야만 제품의 결을 분명하게 형성시킬 수 있다.

반죽의 온도와 2차 발효의 온도가 10℃ 이상으로 높게 차이가 크면 반죽의 외부는 내부보다 훨씬 빠른 속도로 부피팽창이 진행되게 되어 내부는 기공이 조밀하나 외형적으로 보기에 부피가 제대로 큰 것 같은 잘못을 범하기 쉽다. 따라서 발효실에서 꺼내 오븐으로 옮겨 놓으면 반죽의 표면이 급격하게 찌그러지는 원인이 되기도 한다.

반대로 2차 발효의 온도가 너무 낮으면 2차 발효 시간이 너무 오래 걸리게 되고 내상이 크지 않으므로 오븐에서의 팽창도 좋지 않고 조직이 거칠며 껍질의 색깔이 좋지 않고 풍미도 바람직하지 않은 제품이 제조된다.

발효기 내부의 온도도 아래쪽은 낮으며 윗쪽은 더운 공기가 온도를 높이므로 발효기의 윗부분과 아래부분 및 주변 전체 공기의 온도를 균일하게 하기 위하여 발효기 내



2차 발효는 발효의 의미보다 빨리 가스를 발생시켜 부드러운 제품으로 구워내기 위해 필요한 과정이다.

부의 공기가 순환될 수 있도록 발효기 상층부에 순환팬이 돌아가도록 장치되어 있어야 한다.

그러나 공기 순환이 너무 빠르게 되면 반죽 표면이 건조하게 되므로 천정과 바닥공기의 교환이 10분 정도에 이루어지도록 조절이 필요하다.

## 2. 습도

2차 발효 습도를 상대 습도라고도 하는데 이는 압력술에서처럼 고압이 아닌 대기 중의 포화상태의 습도를 100%로 기준했을 때의 습도를 의미한다.

일반적인 상대 습도 범위는 75%~90%로 75% 이하의 건조한 상태에서는 반죽 껍질이 형성되어 오븐에서 열전도가 나빠져서 껍질색이 윤택이 없고 착색이 좋지 않으며, 오븐에서의 팽창을 나쁘게 하므로 오

발효기의 온도보다 낮으므로 반죽 표면 수증기가 응축되어 수포가 생성되고 주름이 만들어지며 껍질이 질겨져서 오븐에서의 팽창을 나쁘게 하는 원인이 되기도 한다.

## 3. 시간

시간은 2차 발효의 중요한 요인 중의 하나로 식빵의 경우에는 55~60분이나 실제로는 시간보다는 팬에 반죽이 부풀어 오르는 높이로 측정된다. 즉 풀만식빵의 경우에는 굽기 전에 팬의 뚜껑을 닫아야 하므로 팬 높이의 80%까지 팽창시키지만 스트레이트법의 산형 식빵은 팬 위로 1.5cm 부풀어 오르게 하고 스펀지법에서는 오븐 스프링이 더 크므로 팬 위로 1cm 올라왔을 때를 2차 발효의 완료 시간이라고 할 수 있다.

식빵의 비용적, 즉 무게가 차지하는 부피를 3~4 범위로 보았을 때 부피 팽창을 처

지나친 습도는 반죽의 온도가 발효기의 온도보다 낮게 되므로 반죽 표면에 수증기가 응축되어 수포가 생성되고 주름이 만들어져 껍질이 질기게 되며 오븐에서 팽창을 나쁘게 하는 원인이 된다.

븐 스프링이 좋지 않은 제품이 제조된다. 일반적으로 습도가 낮을 때는 2차 발효 온도도 낮은 것이 바람직하다.

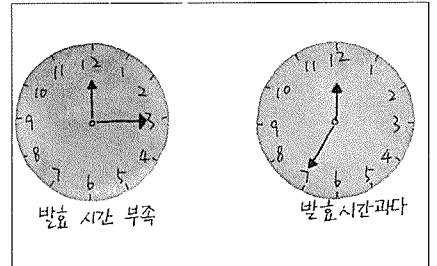
불란서빵 같은 하스브레드는 약간 낮은 온도와 습도로 2차 발효 시키는 것이 좋으며 빵도넛처럼 다음 공정이 굽기가 아닌 튀김 공정을 요하는 제품 역시 낮은 습도로 2차 발효를 시키면 반죽에 흡유량을 줄일 수 있다. 한편 지나친 습도는 반죽의 온도가

음 부피의 3~4배가 컸을 때를 완료 시간으로 볼 수 있다. 그러나 제품에 따라 다르므로 반죽의 투명도, 기포의 크기나 촉감, 약간 움직여 보아 표면의 흔들림의 정도 등에 따라 2차 발효 완료 상태를 판별하게 되며 다음 공정인 오븐에서의 온도 역시 2차 발효 정도와 관계가 깊다.

매우 높은 온도에서 굽는 제품은 2차 발효 시간을 길게 잡는 것이 바람직하며 약간

낮은 오븐 온도에서 굽는 제품은 2차 발효 시간을 짧게 하는 것이 좋다. 이는 오븐에 제품이 들어가도 이스트가 곧 사멸하는 것이 아니라 굽기 초기 단계에서는 제품 내부의 온도가 60℃가 되기 전 까지 이스트가 활성을 가지므로 높은 온도로 2차 발효가 발생하는 효과를 가져오기 때문이다.

2차 발효 시간이 부족한 경우에는 글루



〈그림 2〉 발효시간이 부족하면 부피가 작고 껍질이 단단한 제품이 되며 발효 시간이 과다하면 옆면이 들어가거나 가운데가 주저앉은 제품이 된다.

텐의 늘어남이 불충분하여 내상은 조밀하고 부피가 작은 제품이 되며 껍질은 두껍고 단단하기 쉽다. 발효에 이용되는 당량(糖量)이 적으므로 상대적으로 남은 당 성분의 함량이 높아 카라멜화로 인해 껍질색이 짙게 된다. 그러나 반대로 2차 발효 시간이 과다한, 즉 지나친 2차 발효는 부피는 커지나 상대적으로 제품의 구조력은 약해지므로 옆면이 들어가거나 가운데가 주저앉은 제품이 되기도 하고 2차 발효에 이용되는 당(糖)이 많아져 껍질색이 나쁘고 산성 방향 물질의 생성으로 인한 신냄새 등으로 향미가 나쁘고 제품 보존성도 나쁘게 된다.

## 4. 2차 발효의 영향과 요인

반죽 무게가 차지하는 부피, 즉 비용적이 작은 것은 팬 크기에 비해 반죽량이 많으므로 2차 발효의 시간도 비용적이 큰 반죽보다 짧아 오븐 스프링도 크게 되므로 오븐에서 조금 일찍 구워내야 하며 비용적이 큰 반죽은 충분히 2차 발효시킨 후에 오븐에 넣어야 한다. 사용하는 밀가루의 단백질의 양이 많거나 질이 좋은 경우에도 가스 보유력이 좋으므로 오븐에서 가스 팽창에 의한 오븐 스프링도 좋게 된다. 그러나 단백질의 양이 많을수록 수축하는 탄력성도 강하므로 2차 발효를 충분히 하여야 한다.

적절한 믹싱과 1차 발효에 의한 반죽의 숙성 또한 중요한 요인으로 잘 숙성된 반죽은 유연성과 신축성이 좋아 탄산가스에 의해 팽창되더라도 쉽게 끊어지지 않는다. 하지만 숙성이 지나친 과숙성 반죽이나 반대로 미숙성 반죽은 오븐 스프링이 좋지 않게 된다. 따라서 미숙성 반죽은 충분한 2차 발효가 요구된다. 오븐의 종류에 따라 오븐 스프링의 차이가 있으므로 대류에 의해 구워지는 가스 오븐이나 강제대류식 오븐인 컨백션 오븐은 오븐 스프링이 커지므로 2차 발효를 약간 짧게 하는 것이 좋다.

반죽에 건포도나 밤다이스 등을 넣을 경우에도 팬닝 양을 늘이거나 2차 발효를 짧게 하여야 증전물의 무게로 인한 주저앉는 현상을 막을 수 있다.

## 5. 가스 생산과 보유

화학적인 노타임법이나 찰리우드법처럼 1차 발효를 생략하는 방법에서는 2차 발효는 반죽의 주발효라 할 수 있다.

발효에 필수적인 재료는 팽창제인 이스트와 기질인 밀가루, 적절한 주위환경인 물로서 혐기적인 조건 아래서 탄산가스가 이스트 대사 과정의 부산물로 생성된다.

이스트의 활성은 반죽 온도가 2차 발효 온도인 35℃까지 올라감에 따라 같이 증가하나 그 이상에서 60℃에서 이스트가 사멸할 때까지는 감소하게 된다. 적절한 환경 이외에 가스 생산은 영양 물질에 영향을 받게 되고 이는 효소가 활성을 갖게 하는데 중요하다.

주로 밀가루와 이스트에 들어있는 효소들은 발효의 열쇠로 적절한 pH, 온도 등의 조건에서 화학반응의 속도만 변경하며 발효 그 자체가 효소 촉매반응에 기초를 두고 있다. 2차 발효의 온도 범위에서는 말타제, 찌마제, 프로테아제가 활성을 갖기에 적합한 효소들로서 찌마제는 이스트에 있는 효소들의 복합 혼합물로 포도당과 과당을 탄산가스, 알콜, 향 화합물로 전환시킨다.

포도당 100파운드가 발효되었을 때 알콜은 48.6파운드, 탄산가스 46.4파운드, 기타 유기물질 5파운드가 생성된다. 탄산

가스 46.4파운드는 약 400큐빅피트의 가스양이므로 이것은 5000파운드의 반죽을 팽창시키기에 풍부한 탄산가스로 이 관계를 밀가루 100파운드로 바꾸어 보면 밀가루에 대해 약 3.5%의 당이 2차 발효 동안 반죽을 적절히 팽창시키기 위해 이용되어야 한다고 할 수 있다. 숙성으로 제품을 제조하기 위해서는 반죽 후에 곧 높은 가스 발생 속도를 필요로 하므로 빵 개량제 등에는 분말 포도당이 사용되기도 한다.

*가스 생산이 너무 적으면 충분한 숙성이 이루어지지 않으며 가스 보유력도 낮아져 2차 발효 시간이 연장되고 발효 시간 연장만으로 반죽의 숙성 부족이 보완되지 않아 오븐 스프링이 좋지 않게 된다.*



반죽의 가스 생산이 너무 적으면 충분한 숙성이 이루어지지 않아 발효시간이 연장되고 오븐스프링도 좋지 않다.

가스 생산은 가스 세포를 팽창시켜 가스 보유력을 개선시켜 세포벽을 얇게 하고 함께 생성된 산은 pH를 낮추어 글루텐을 부드럽게 하여 잘 늘어나는 세포막을 형성시킨다. 이처럼 적절한 신장성이 있는 반죽의 구조 형성은 발효된 빵의 생산에 매우 중요하다.

반죽의 가스 보유 능력은 오븐에서 굽는 초기 단계 가스 세포가 급격히 팽창하고 이스트가 사멸 직전에 가스 생산이 크게 증가한다. 따라서 배합물이 적절하고 반죽 내의 글루텐이 잘 발달되고 제빵 공정이 알맞은 온도와 시간에 의해 이루어졌다면 이러한 증가된 가스를 보유해서 오븐 스프링이 좋은 제품이 만들어질 것이다.

가스 생산과 가스 보유, 가스 세포 구조는 서로 밀접하게 관련되어 있다. 즉 반죽의 가스 생산이 너무 적으면 반죽은 정상적

으로 발효되는 동안에 충분한 숙성이 이루어지지 않으며 가스 보유력도 낮아져 2차 발효 시간이 연장되게 되나 연장만으로 반죽의 숙성 부족이 보완되지는 않으므로 오븐에서 오븐 스프링은 좋지 않게 된다.

## 6. 발효기의 종류

발효기는 일반 제과점에서 사용하는 소규모 캐비넷 형으로 한장씩 넣거나 꺼낼 수 있는 형태가 일반적이다. 물에 잠긴 히타에

의해 가열되어진 물을 끓여 적절한 습도를 제공한다. 건열은 온수를 분무하지 않고 열 코일에 공기를 통과시켜 온도를 높인다. 자주 열고 닫음에 따라 이러한 발효기는 특히 실온이 낮은 겨울에 2차 발효 온도 변화가 크며 반죽의 온도가 급격히 떨어지는 등의 온도 변화가 크며 열손실이 커서 능률이 떨어지는 단점이 있다.

레크에 철판을 끼워 놓고 레크를 이동시켜 발효기 안에 넣을 수 있도록 한 발효기는 주로 약간 규모가 큰 공장에서 사용하기에 적합하며 레크 전체에 끼워진 철판을 모두 일시에 구울 수 있는 오븐 용량을 필요로 한다. 초대형 공장의 2차 발효는 터널형 또는 스파이럴 식으로 설계된 콘베이어 시스템에 의해 팬닝된 팬이 2차 발효 후에 콘베이어에 의해 팬을 꺼내서 옮기지 않고 자동으로 터널 오븐에서 구워지게 된다. 