

## Ekmek Mayası Üretiminde Temel İlkeler

Yard. Doç. Dr. Adnan ÜNLÜTÜRK — Dr. N. AKBULUT

E.Ü. Müh. Fak. Gıda Müh. Bölümü — İZMİR

### Giriş

Önceden mayalanmış olan ekmek hamurundan bir parça taze hamura katılmak suretiyle hamurun mayalanması, diğer bir deyişle mayanın çoğaltılması asırlardan beri uygulanan geleneksel bir yöntemdir. Bu yöntemle hamurun mayalanması günümüzde kısıtlı olsa geçerliliğini korumaktadır.

18. Yüzyıla kadar ekmek mayası olarak bira üretiminden arta kalan ve bir üst fermantasyon mayası olan *Saccharomyces cerevisiae* yaygın olarak kullanılmıştır. 19. yüzyıldan itibaren maya üretiminde ham madde olarak çeşitli hububat ürünleri kullanılmaya başlanmış ancak alkol verimi yüksek oranlarda gerçekleştirilen maya üretimi düşük düzeylerde kalmıştır. Daha sonraları orta Avrupada *S. cerevisiae* yerine bir alt fermantasyon mayası olan *S. carlsbergensis* denenmiş ancak bu mayanın ekmekçiliğe uygun olmadığı saptanmıştır. Ekmek mayası üretiminde önemli gelişmeler geçtiğimiz yüzyılda olmuştur. Maya üretiminde havalandırmanın önemi 19. yüzyılda ortaya çıkmış ve 1866 yılında İngilterede sürekli havalandırma yöntemi uygulanmaya başlanmıştır. Geleneksel besiyeri olarak kullanılan mısır ve malt 1920 - 1930 yıllarında yerini daha ekonomik olan melasa terketmiş ve 1915 - 1920 yıllarında melasın ortama kademeli olarak ilave edilmesi ile biyomas üretimi artırılmıştır (Feed ve Pepller, 1973; Pepller, 1967).

### MAYA ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDE VE BESİN ELEMENTLERİ

#### Melas :

Ekmek mayası glikoz, fruktoz, maltoz ve sakkaroz gibi karbonhidratları karbon ve enerji kaynağı olarak kullanabilir. Günümüzde bazı ülkelerde ekmek mayası üretiminde hububat mayşesi kullanılmaktadır. Ancak şeker endüstrisinin bir yan ürünü olan melas hububat mayşesinde olduğu gibi nişasta hidrolizi işlemine gereksinim göstermediği için daha ekonomik bir hammadde kaynağı oluşturmakta ve bu nedenle tercih nedeni olmaktadır.

Şeker kamışı melası ve pancar melasının ortalama bileşimleri çizelge 1 de görülmektedir. Genel olarak pancar melasın da şeker kamışı melasına kıyasla daha yüksek azot, kül, potasyum ve SO<sub>2</sub> bulunmasına karşın fosfat ve fermente edilebilir şeker miktarları daha düşüktür. Bunun yanında pancar melasının pH'sinin oldukça yüksek olduğu gözlenmektedir.

Ekmek mayası fermente edilebilir şekerlerin dışında ortamda bulunan birçok organik bileşiği karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Örneğin aerobik veya anaerobik olarak üretilen etanol maya tarafından tekrar biyomas üretimi için kullanılabilir. Ancak etanolü kullanarak gelişen ekmek mayasının aktivitesinin düşük olduğu saptanmıştır (Reed ve Reppler, 1973). Yine ortamda düşük miktarlarda bulunan asetik asit, asetaldehit, süksinik asit gibi organik bileşikler maya tarafından karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılabilirler.

Çizelge 1\*. Şeker pancarı ve şeker kamışı melaslarının bileşimi

	Şeker kamışı melası %	Pancar melası %
Brix	84.0 - 90.0	80.0 - 84.0
İndirge şeker	58.0 - 62.0	52.0 - 57.0
Fermente olmayan		
şeker	3.0 - 4.0	1.5 - 1.8
P	0.3 - 0.7	1.3 - 1.9
NH <sub>2</sub>	0.07 - 0.14	0.23 - 0.24
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08 - 0.11	0.01 - 0.04
SO <sub>2</sub>	0.01 - 0.02	0.03 - 0.08
Kül	5.5 - 8.5	8.2 - 10.0
CaO	0.2 - 0.55	0.4 - 1.1
K <sub>2</sub> H	2.4 - 3.0	3.2 - 5.0
MgO	0.5 - 1.0	0.03 - 0.05
pH	4.9 - 6.0	6.7 - 8.3

\* Reed and Pepller (1973).

Azot :

Pancar melasında bulunan azotun belirli bir fraksiyonu maya tarafından asimilasyon yoluyla alınarak kullanılmaktadır. Ancak pancar melasında mevcut asimile edilebilir azot oranı konusunda literatürde çelişkili değerler verilmektedir. Pancar melası tek başına kullanıldığında optimum maya gelişimi için gerekli olan azot miktarı açısından oldukça yetersiz kalmaktadır. Melasa azot genellikle amonyum sülfat veya amonyum fosfat şeklinde ilave edilir. Herhangi bir melasa ilave edilmesi gerekli azot miktarı ancak melasın kimyasal analizi yapıldıktan sonra saptanabilir. Genel olarak melasa katılması gerekli azot miktarı % 1.8 olarak bildirilmektedir (Prescott ve Dunn, 1959).

#### Mineraller

Maya hücresi kuru ağırlık esasına göre % 6-9 kül içerir. Bunun yaklaşık yarısı fosfatlardır ( $P_2O_5$  olarak % 2.2 - 3.6). Pancar melasında bulunan fosfor optimum maya gelişmesi için yeterli değildir. Mayanın fosfor gereksiniminin hücredeki azot oranıyla doğrudan ilişkili olduğu saptanmıştır (Reed ve Pepler 1973). Genel bir kural olarak besi ortamına ilave edilen her üç kısım azota karşın bir kısım  $P_2O_5$  ilave edilir. Ticari maya üretiminde fosfor eksikliği ortama amonyum fosfat veya alkali fosfat tuzları ilave edilerek karşılanır.

Yine kuru ağırlık esasına göre maya hücresi % 2.4-2.8 oranında  $K_2O$  içerir ve melas bu ihtiyacı karşılayacak düzeyin üzerinde potasyum içerdiği için ortama ayrıca potasyum ilavesi gerekmez. Mayadaki  $MgO$  ve  $CaO$  oranları ise (kuru ağırlık esasına göre) sıra ile % 0.45 ve % 0.15 tir. Bunlardan  $CaO$  pancar melasında her zaman yeterince mevcuttur, ancak  $MgO$  için aynı şey söylenemez. Melasa  $MgSO_4$  ilave etmek suretiyle bu eksiklik giderilebilir. Melas Na ve S açısından eksiklik göstermez. Yukarıda belirtilen mineral madde gereksinimleri 100 kg melasta 50-55 kg fermente edilebilir şeker olduğu ve bundan 25-27.5 kg maya üretildiği varsayılarak belirtilmiştir. Ancak yukarıda sayılan iz elementler re de gereksinim gösterir. Bu iz elementlerin miktarı bir *S. cerevisiae* türü için litrede 70 µg

Fe, 200 µg Zn, 12-15 µg Cu olarak belirlenmiştir. Ancak yukarıda sayılan iz elementler melasta yeterince bulunmaktadır. Gereksinim duyulan bu iz elementlerin yanında bazı metallerin ise maya üzerinde toksik etki yaptığı belirlenmiştir. Bunlar arasında Cd, Cu, Ag, Hg ve Pd gibi elementler bulunmaktadır. Örneğin, litrede 0.175 mg bakır bulunması halinde maya veriminin % 50 oranında düştüğü bildirilmektedir. Ancak hemen belirtmek gerekirken bu araştırma sonucu sentetik besi yerinde elde edilmiştir. Melasta aynı etkiyi yapabilmesi için daha yüksek konsantrasyonlarda bakır bulunması gerekeceği muhakkaktır.

#### Vitaminler

Maya, gelişmesi için birçok vitaminlere gereksinim gösterir. Bunlardan üzerinde en fazla çalışılan biyotin'dir. Ekmek mayası yaklaşık 0.75-2.5 ppm biyotin içerir ve yapılan araştırmalarda optimum maya gelişmesi için gerekli biyotin miktarı maya kuru ağırlığı esasına göre 1 ppm olarak saptanmıştır. Pancar melasının 0.015-0.020 ppm biyotin içerdiği göz önüne alınırsa optimum maya gelişmesi için biyotince takviye edilmesi gerektiği sonucu çıkmaktadır. Bir gram maya üretimi (kuru ağırlık) için ortalama 1.25 ppm biyotin ilavesinin maksimum verimi sağlamaya yeterli olduğu saptanmıştır.

Optimum maya gelişmesi için gerekli olan pentotenik asit (40 µg/g kuru maya) inosital (2000-5000 µg/g kuru maya) ve tiamin (15 µg/g kuru maya) melasta yeterli miktarlarda bulunduğundan ayrıca ilave edilmeleri söz konusu değildir.

#### EKMEK MAYASININ GELİŞMESİNE

##### ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Maya aerobik koşullarda hızlı bir şekilde gelişir ve aynı zamanda da etanolle birlikte karbon dioksit üretir. Aerobik bir sistemde maya verimi fermente edilebilir şeker ağırlığının % 50 sine kadar çıkabilir. Ancak bu verim gerekli tüm koşulların sağlanması ile gerçekleşebilir. Optimum gelişme için gerekli olan bütün besin elementlerinin sağlandığını varsayarsak, bunların dışında karşılanması gereken koşulları şöyle sıralayabiliriz.

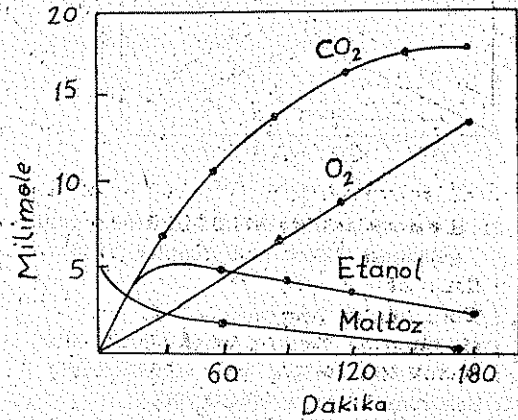
1. Oksijen maya hücrelerini saran sıvıda sürekli ve belirli bir kısmı oksijen basıncını sürdürecektir şekilde sağlanmalıdır.

2. Fermente edilebilir şeker besisi ortamına gelişmeyi sınırlayıcı bir faktör olacak şekilde ilave edilmelidir. Buda ancak ortamdaki şeker konsantrasyonu % 0.0004 ün altında tutulmakla sağlanabilir. Böylesine düşük bir şeker konsantrasyonu melasın fermantöre yavaş yavaş kademeli bir şekilde ilave edilmesiyle sağlanır. Bu sistemde fermantöre melas ilave edilir edilmez içerisinde bulunan şeker maya tarafından derhal kullanılır ve fermantör sıvısındaki şeker konsantrasyonu sürekli olarak çok düşük düzeyde kalır. Diğer bir deyişle şeker ilave edildiği hızda maya tarafından asimile edilmektedir. Bu işlemin amacı mayanın gelişme hızını kontrol altına alarak belirli bir değeri aşmamasını sağlamaktadır. Aksi halde aerobik fermantasyon dediğimiz olay sonucu etanol üretimi artar ve sonuç olarak maya verimi düşer.

#### Fermente Edilebilir Şeker Konsantrasyonu

Anaerobik koşullar altında glikoz aerobik koşullara kıyasla daha hızlı fermente edilir. Bu olay pastör etkisi olarak bilinmektedir. Aerobik koşullarda bile glikozun belirli bir konsantrasyonun üzerinde bulunması solunumu inhibe etmektedir. Ortamda % 5 oranında glikoz bulunduğunda solunum sistemine ait enzimler inhibe olmaktadır. Bunun doğal bir sonucu olarak maya aerobik koşullar altında bile ortamda fermente edilebilir şekerlerin varlığında önemli miktarlarda etanol üretir. Ancak fermantördeki şeker konsantrasyonu çok düşük düzeyde tutulursa solunum sistemi etkin bir biçimde çalışır. Şekil 1'de mayanın 5  $\mu$ M maltoz içeren ortamda aerobik gelişmesi görülmektedir. İlk 30 dakikada 5  $\mu$ M etanol üretilmiş ve solunum katsayısı ( $Q_{CO_2}/Q_{O_2}$ ) 2'nin

üzerinde gerçekleşmiştir. 60. dakikadan itibaren ortamdaki maltoz miktarı 2  $\mu$ M'e (320 mg/l) düşmüş ve etanol üretimi durmuştur. Solunum katsayısının bu noktadan itibaren 1'e yaklaştığı görülmektedir. Maya üretiminde etanol fermantasyonunun engellenmesi ve enerji kaynağının solunum yolu ile maya üretimi için kullanılması esastır. Bu nedenle melas fermantöre yavaş yavaş ilave edilerek şeker konsantrasyonu düşük düzeyde tutulmalıdır.

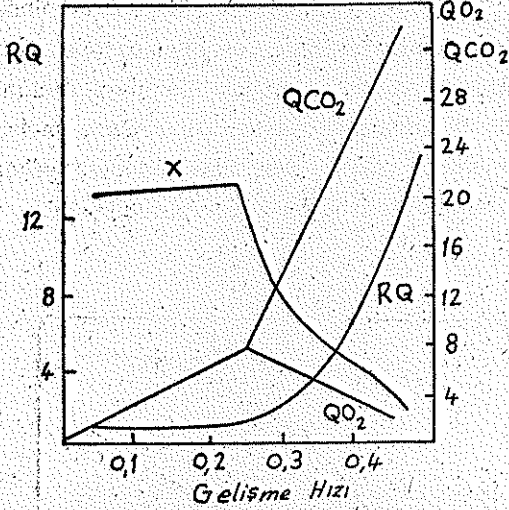


Şekil 1: Warburg aygıtında *S. cerevisiae*'nin O<sub>2</sub> tüketimi, CO<sub>2</sub> üretimi ve ortamdaki Maltoz ve Etanol miktarları (Reed and Pepler, 1973)

#### Mayanın Gelişme Hızı :

Maksimum maya verimi için mayanın spesifik çoğalma hızının ( $\mu$ ) 0.20 - 0.25 h<sup>-1</sup> şii aşmıyacak şekilde kontrol altında tutulması gerekir. Daha pratik bir ifadeyle fermantörde maya kütlesindeki bir saatlik artış en fazla % 25 olmalıdır. Şekil 2'de görüldüğü gibi daha yüksek spesifik çoğalma hızlarında maya üretimi önemli ölçüde düşmektedir. Spesifik çoğalma hızı 0.25 h<sup>-1</sup> şin fermantasyonun başladığını göstermektedir. Sonuç olarak mayanın spesifik gelişme hızı 0.25 h<sup>-1</sup> şii aştığında maya veri-

minde önemli bir düşme olduğu şekil 2'de açık bir şekilde görülmektedir (Reed ve Peppler, 1973).



Şekil 2: *S. cerevisiae*'nin sürekli kültürde aerobik gelişmesi. (Reed and Peppler, 1973)

X : Kuru ağırlık (mg/ml)  
 QCO<sub>2</sub> : CO<sub>2</sub> üretimi (mM/g kuru ağırlık/saat)  
 QO<sub>2</sub> : O<sub>2</sub> tüketimi (mM/g kuru ağırlık/saat)  
 RQ : Solunum katsayısı (QCO<sub>2</sub>/QO<sub>2</sub>)

#### Oksijen Gereksinimi ve Havalandırma :

Belirli miktarda maya üretmek için gerekli olan oksijen miktarı mayanın kompozisyonu esas alınarak hesaplanabilir. Eğer karbon ve enerji kaynağını sakkaroz ve 100 g sakkarozdan 50 g maya ürettiğimizi varsayarsak, 1 g maya üretimi için 1 g oksijene gereksinim olduğu sonucuna varırız. Bu hesaplamada mayanın karbon ve enerji kaynağı olarak yalnızca sakkarozu kullandığı ve etanol, asetaldehit gibi yan ürünlerin oluşmadığı varsayılmıştır. Ticari maya üretiminde maya verimi % 4-4.5 civarındadır. Spesifik çoğalma hızını ( $\mu$ ) 0.1 h<sup>-1</sup> olarak kabul edersek, fermantasyonun son saatinde maya kütlelerinde % 0.4-0.45'lik bir artış olacaktır.

Bu artışın gerçekleşebilmesi için gerekli oksijen miktarı ise 400-450 g O<sub>2</sub>/100 ml/saattir. Pratikte 100 litrelik bir fermantörün dakikada 100 litre hava verilerek havalandırıldığı görülmektedir. Ancak 100 litre hava 30 g oksijen içerir ve fermantöre saatte 1800 g oksijen verilmiş olur ve buda 400-450 g maya

üretmek için yeterli değildir. Çünkü ortama verilen oksijenin tabana yerleştirilmiş horizontal borulu bir sistemde ancak % 20'si sıvı faza geçebilmektedir. Bu nedenle kullanılan havalandırma sistemiyle hangi düzeyde bir oksijen transfer hızının gerçekleştirildiği bilinmeli ve havalandırma çok dikkatli bir şekilde yapılmalıdır.

#### pH'nin Etkisi :

Ekmek mayasının optimum gelişmesi için gerekli pH 4.5-5 arasındadır. Genellikle fermantasyonun başlangıç pH'sinin 4.2-4.5 fermantasyon sonunda ise pH'nin 4.8-5.2 olması tavsiye edilmektedir (Reed ve Peppler, 1973). Fermantasyon sonuna doğru pH'nin 5 civarına yükseltilmesi üretilen mayanın daha açık renkli olmasını sağlar. pH fermantöre sodyum karbonat ilave edilmek suretiyle ayarlanabilir.

#### Sıcaklık :

Mayanın spesifik gelişme hızının 20°C'de 0.15 h<sup>-1</sup>, 24°C'de 0.21 h<sup>-1</sup>, 28°C'de 0.30 h<sup>-1</sup>, 30°C'de 0.31 h<sup>-1</sup>, 36°C'de 0.29 h<sup>-1</sup> ve 38°C'de 0.19 h<sup>-1</sup> olduğu bildirilmektedir (Reed ve Peppler, 1973). Bu sonuçlar ekme mayasının optimum gelişmesinin 30-36°C'de olduğunu göstermektedir. Ancak maya veriminin daha düşük sıcaklıklarda daha yüksek olduğu saptanmıştır, ve pratikte maya üretimi 30°C'de yapılır.

#### Verim, Enerji ve Isı :

Maya verimi besi ortamında bulunan fermente olbilir karbonhidrat ağırlığının yaklaşık % 50'si civarında gerçekleşir. Laboratuvar çalışmalarında daha yüksek verim elde edildiği bildirilmekte ancak ticari bir operasyon için fermente edilebilir şeker esasına göre % 50 verim oldukça iyi bir değerdir.

Maya üretiminde fermantasyon süresince açığa çıkan enerji miktarı, kullanılan oksijen miktarı bilindiği takdirde kolayca hesaplanabilir. Daha önceden belirttiğimiz gibi 1 g maya üretimi için 1 g oksijene gereksinim olduğuna göre ve maya hücrelerince üretilen enerjinin ancak % 30'unun kullanıldığı varsayılırsa 1 g maya üretimi sırasında yaklaşık 4.0 Kcal'lık ısı enerjisi açığa çıkacağı hesaplanabilir.

Bir araştırmada bu değer 3.8 Kcal/g maya olarak saptanmıştır. Buna göre bir ton maya üretimi sırasınad  $3.8 \times 10^6$  Kcal. lik ısı enerjisi açığa çıkacaktır. Açığa çıkan bu enerjinin etkin bir soğutma sistemiyle ortamdand uzaklaştırılması gerekmektedir.

Buraya kadar fermantasyonda kullanılan hammaddede ve özellikleri ile temel ilkeleri açıklanan ekmek mayası üretimi, endüstriyel düzeyde, saf mayanın elde olunması, işletme mayasının elde olunması ve ticari mayanın elde olunması şeklinde üç aşamada gerçekleştirilmektedir.

#### KAYNAKLAR

- Peppler, H.J. 1967. Yeast Technology in Microbial Technology. p. 145-157. Ret hold, Publishing Cooperation, New York.
- Prescott, S.C., Dunn, C.G., 1959. Industrial Microbiology, Mc Graw Hill Book Company, Inc. New York. 65. Third Ed.
- Reed, G., Peppler, H.J. 1973. Yeast Technology. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.