



Hamur Mayası Üretimi

SEKTÖREL UYGULAMA KILAVUZU
(TASLAK)

*Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi ve Azaltılmasına Yönelik
Uygulamanın Kolaylaştırılmasının Sağlanması Projesi*

İçindekiler

1. GİRİŞ.....	1
2. HAMUR MAYASI ÜRETİMİ.....	2
2.1. Hammaddelerin Hazırlanması	2
2.1.1. Melas Şurubu Hazırlama.....	2
2.2. Hamur Mayası Üretim Prosesi.....	3
2.2.1. Fermantasyon Prosesi	3
2.2.2. Maya sütünün geri kazanılması	5
2.2.3. Kuru Maya Üretimi	7
3. EMİSYON KAYNAKLARI	8
4. EMİSYON AZALTIM/KONTROL TEKNİKLERİ.....	9
5. ÖLÇÜM VE İZLEME.....	10
6. KAYNAKLAR.....	11

1. GİRİŞ

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı için hazırlanan ve T.C. Kalkınma Bakanlığı tarafından desteklenen “Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi ve Azaltılmasına Yönelik Uygulamanın Kolaylaştırılmasının Sağlanması Projesi” kapsamında hazırlanan bu Sektörel Uygulama Kılavuzları dizisi, sanayi tesislerindeki emisyon kaynaklarının ve bu kaynaklardan atmosfere verilen emisyonların belirlenmesi, emisyonların ölçümü ve izlenmesi ile bu emisyonların önlenmesi/azaltılması amacıyla ilgili sanayi tesisi çalışanları ve Bakanlık çalışanlarına yol gösterici olması amacıyla hazırlanmıştır. Bu kılavuzlarla;

- Bakanlık merkez ve taşra teşkilatları tarafından yürütülen tesis inceleme, kontrol ve denetim işlemlerinin kolaylaştırılması ve ülke çapında eş uygulamanın sağlanması,
- Sektördeki tesisler ile bunlara ölçüm hizmeti veren kurum ve kuruluşların ölçüm/izleme çalışmalarında uygulama birliğinin sağlanması,
- Tesislerin izin ve denetim süreçlerinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na yapacakları beyanlarda veri kalitesinin yükseltilmesi,
- Tesislere emisyon azaltma ve kontrol çalışmalarında yardımcı olunması hedeflenmektedir.

Hamur mayası üreten tesisleri ele alan bu kılavuz kapsamında, öncelikle sektörde yaygın olarak kullanılan üretim süreçleri tanıtılmış, daha sonra bu süreçlerde emisyon oluşumuna neden olan kaynaklar belirlenmiş, emisyonların ölçümü ve izlenmesi ile emisyon azaltım teknikleri konusunda bilgiler verilmiştir.

2. HAMUR MAYASI ÜRETİMİ

Hamur mayası *Saccharomyces Cerevisiae*, ticari olarak üretilen ve güvenle kullanılan en önemli mikroorganizmadır. Hamur mayasının üretimi ve hamurun hazırlanması sırasında, maya hücreleri çeşitli çevre koşullarına maruz kalır ve bu koşullar hücreleri olumsuz etkileyebilir. Hamur yapımındaki önemli teknolojik gelişmelerden birisi fermantasyon kapasitesi yüksek ve çeşitli çevre koşullarına dayanıklı suşlar geliştirmektir. Örneğin kuru maya, raf ömrü yüksek olduğundan yaş mayaya göre daha fazla tercih edilir. Endüstriyel uygulamalar için maya hücrelerinin streslere olan toleransı hamur mayasının karakteristik özelliklerinden biridir. Bu yüzden, farklı stres koşullarına dayanıklı hamur mayası suşları geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

2.1. Hammaddelerin Hazırlanması

Hamur mayası üretimi, sadece biyokütle üretimi değildir. Maya hücrelerinin, hamuru kabartması için aynı zamanda yüksek metabolik aktiviteye de sahip olması istenir. Hamur mayası üretimi için en çok tercih edilen hammadde, şeker üretim prosesinin yan ürünü olan melastır.

2.1.1. Melas Şurubu Hazırlama

Hamur mayası üretimi yüksek hacimli bir prosestir ve mayayı üretmek için gereken besiyerinin tasarımı proses ekonomisi için çok önemlidir. Günümüzde çoğu proses, melası sakkaroz kaynağı olarak kullanıp maya üretimini gerçekleştirmektedir. Melas, şeker endüstrisinin yan ürünü olup genellikle pancar melası ve kamış melası şeklinde ikiye ayrılır. İster pancar ister kamış melası olsun, bileşimleri mevsimsel olarak ve yöreden yöreye değişiklikler gösterebilmektedir. Maya üretimi sırasında farklı kaynaklardan gelen melasların karıştırılarak kullanılması ve eksik olduğu düşünülen besinlerin eklenmesi genellikle izlenen yoldur.

Maya kompozisyonu ile melas kompozisyonu arasında bir ilişki vardır. Mayada en çok bulunan elementler açısından kıyaslandığında; melasın karbon, potasyum, magnezyum, kükürt ve kalsiyum açısından yeterliyken, azot ve fosfor açısından eksik olduğu görülmektedir. Hamur mayası üretimi sırasında azot kaynağı olarak amonyum tuzları, sulu amonyak veya üre kullanılır. Nitrat ve nitrit, maya tarafından kullanılamaz.

2.2. Hamur Mayası Üretim Prosesi

2.2.1. Fermantasyon Prosesi

Hamur mayası fermantasyonu, laboratuvarında yatık agarda saf kültür ile başlar ve artan hacimlerde ardışık fermantasyonlar yoluyla çoğaltılarak üretilir. Her kademede üretilen maya bir sonraki kademenin aşısı olarak kullanılır. Kademe sayısı ve her kademenin özelliği üreticiden üreticiye farklı olabilir. Genellikle ilk iki-üç kademe saf kültür kademesidir. Aşı balonu ve saf kültür kademeleri genellikle steril kesikli proses olarak gerçekleştirilir. Arkasından gelen kademeler (ana maya, ekim maya ve ticari maya) steril olmayan fakat hijyenik koşullarda gerçekleştirilir. Bir kademede üretilen maya bir sonraki kademeye ya doğrudan ya da santrifüj edildikten sonra maya sütü adı verilen konsantre halde aktarılır.

Kesikli olarak işletilen ilk kademelerde maya verimleri oldukça düşüktür. Son üç kademe ise genellikle yarı kesikli fermantasyon olarak gerçekleştirilir ve bu kademelerde alkol oluşumu minimize edildiği için verim yüksektir. Üretim hattının toplam verimi bu kademelerin performansı ile belirlenir. Son kademede tüketiciye gönderilecek maya üretilir ve bu kademe ticari maya fermantasyonu olarak adlandırılır. İlk kademeler nihai ürünün kalitesi üzerinde belli oranda belirleyici olsa da, prosesin verimliliği ve kalitesi üzerine asıl belirleyici olan ticari fermantasyon kademesidir. Ticari fermantasyon sonunda üretilen maya santrifüj edilerek maya sütü olarak $\sim 4^{\circ}\text{C}$ 'de depolanır.

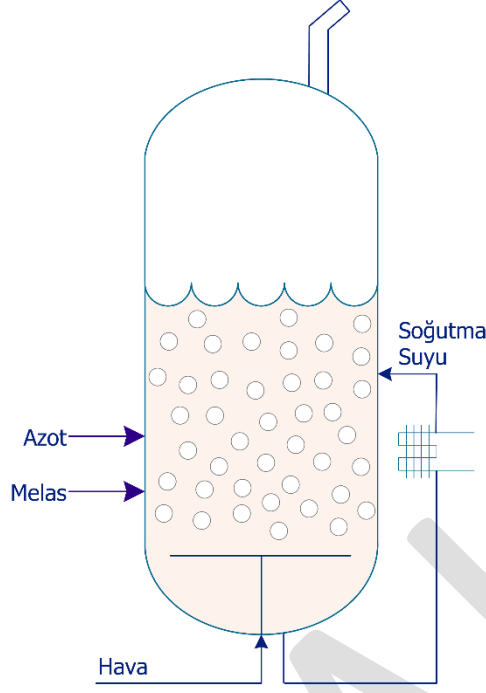
Melas fermantöre, ortamda çözünmüş oksijenin yeteri kadar bulunduğu koşullarda artan bir hızla beslenir. Başlangıçta çoğalma hızı yüksek olduğundan, bir miktar alkol oluşabilir. Oluşan alkol, daha sonra özgül üreme hızının düşmesi sonucu beslenen şeker ile birlikte tüketilir.

pH kontrolü ikinci önemli üreme parametresidir. Aşı üretimi kademelerinde ve ticari kademenin başlangıç evresinde bakteri çoğalmasının kontrol etmek için pH genellikle 4,5-5,0 civarında tutulur. Ticari kademenin sonuna doğru pH'nın 6-7 arasına yükselmesine izin verilir. Ticari fermantasyon kademesinde pH kontrolü sadece bulaşmanın kontrol altında tutulmasını sağlamaz, aynı zamanda mayanın organik asitlere karşı direncinin artmasına da yardımcı olur.

Azot ve fosfat beslemeleri, maya üremesine paralel olarak önceden belirlenen besleme profillerine göre yapılır.



Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi ve Azaltılmasına Yönelik Uygulamanın Kolaylaştırılmasının Sağlanması Projesi

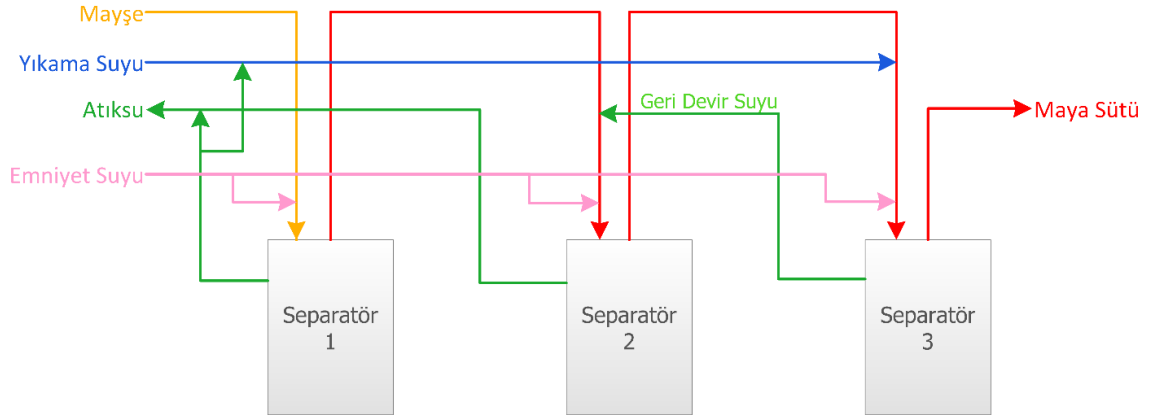


Şekil 2. Endüstriyel boyutlu fermantör

Oksijen ihtiyacı hava kompresörleri ile sağlanır ve hava dağıtım sisteminin ürettiği kabarcıklar aynı zamanda karışmayı sağlar. Bu tip reaktörler basittir ve hareketli parçaları yoktur. Oksijen transferini artırmak için hava dağıtım borusunun tasarımı ve delik çapları önemlidir.

2.2.2. Maya sütünün geri kazanılması

Fermantasyon sonunda fermantör sıvısı, %5-6 civarında maya ve aynı oranda maya dışı çözülmüş katı içerir. Hücre yoğunluğu suya göre yeteri kadar yüksek olduğundan santrifüj separatörlerle etkin biçimde ayrımı mümkündür. Santrifüj separatörler disklerden oluşur. Gövde yüksek devirde döner ve yarattığı santrifüj kuvveti ile maya hücreleri atık sudan ayrılır. Maya sütü 0°C'nin biraz üzerinde birkaç hafta sorunsuz saklanabilir. Mayşe, Şekil 3'de gösterildiği gibi, üç kademedan oluşan separatör grubuna girer ve maya ile atık su birbirinden ayrılır. En son kademedan ayrılan maya sütü eşanjörden geçip soğutularak depolama tankına gönderilir.



Şekil 3. Maya yıkama işleminde kullanılan üç kademeli separasyon ünitesi

Maya sütünün daha fazla konsantre edilmesi ve keke dönüştürülmesi için pres filtreler kullanılabilir. Hamur mayası endüstrisi ilk başladığında maya keki elde etmek için pres filtreler kullanılmıştır. Kullanılan filtre bezleri maya hücrelerini geçirmeyecek şekilde dokunmuştur. Pres filtreye alternatif olarak döner filtreler de kullanılabilir. Son yıllarda hijyenik nedenlerle döner filtreler (Şekil 4) daha çok tercih edilmektedir. Döner filtre yüzeyi, genellikle paslanmaz çelik veya bez ile sarılır ve yüzeyi gıda kalitesinde nişasta gibi filtre yardımcısı malzemeler ile kaplanır. Maya sütünün içine tuz ilave edilerek hücre dışı ortamın ozmotik basıncı artırılır. Böylece hücre içindeki suyun dışarı çıkması sağlanır. İçine tuz ilave edilmiş maya sütü, vakum yoluyla döner filtre yüzeyine uygulanır ve dışarı çıkan su, döner filtrenin yüzeyine püskürtülen yıkama suyuyla uzaklaştırılır. Tuzlu atıksu vakum yoluyla filtre yardımcısı ve filtre bezinden geçerek dışarı atılır. Endüstride kullanılan filtre yardımcısı genellikle iri granüllü patates nişastasıdır. Döner filtre yüzeyinde biriken maya keki, döner filtre bıçağının yardımıyla sürekli olarak uzaklaştırılır ve ekstrüdere gönderilir. Pres filtreden elde edilen maya kekinin kuru maddesi %27-34 civarındadır. Ekstrüderde yaş maya olarak blok şeklinde paketlenir veya kuru maya yapılacaksa spaghetti formunda ekstrüderden geçirilerek kurutulur.



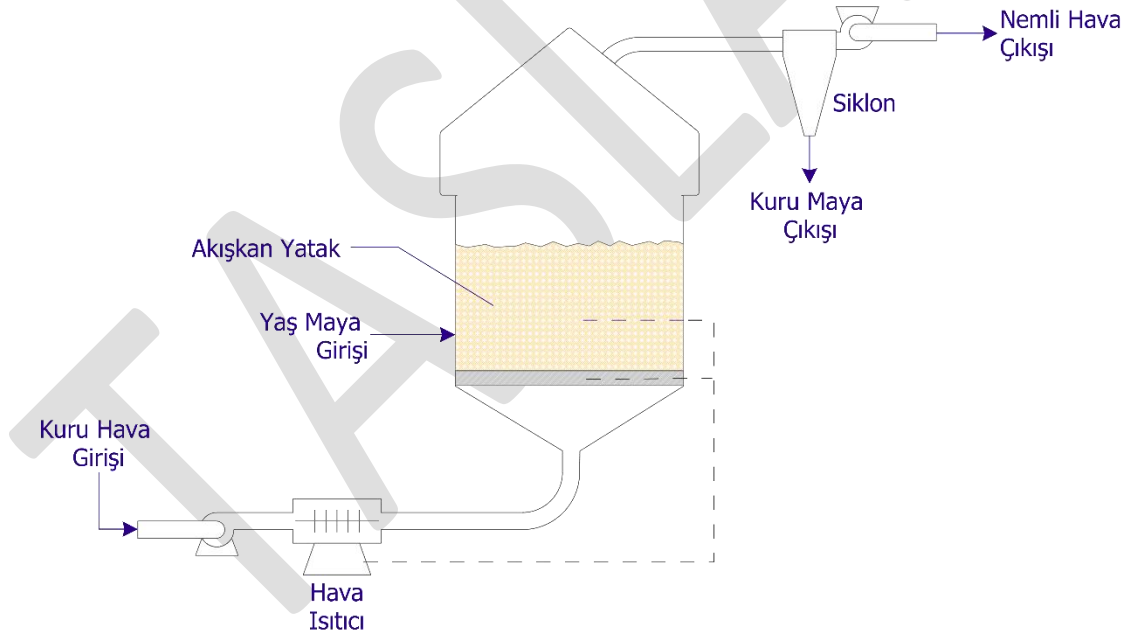
Şekil 4. Yıkama işleminde kullanılan döner filtre

2.2.3. Kuru Maya Üretimi

Maya hücrelerinin kurutma sonrası kalite kaybının en az olması için tomurcuklu hücre oranının %1'den düşük olması tavsiye edilmektedir. Kurutma sırasında canlılık, yani maya aktivitesi hem sıcaklığın hem de nemin bir fonksiyonudur.

Günümüzde maya kurutmasında akışkan yatak kurutucular daha çok tercih edilmektedir. Akışkan yataklı kesikli kurutma süreci, maya kekinin kurutma fırınına yüklenmesi ve doymun olmayan hava beslemesiyle maddenin içindeki suyun buharlaştırılarak uzaklaştırılması esasına dayanır. Akışkan yatak kurutucular hem aktif kuru maya, hem de instant kuru maya üretiminde kullanılmaktadır. Şekil 5'te akışkan yatak kurutucuya ilişkin bir şematik görüntü verilmiştir.

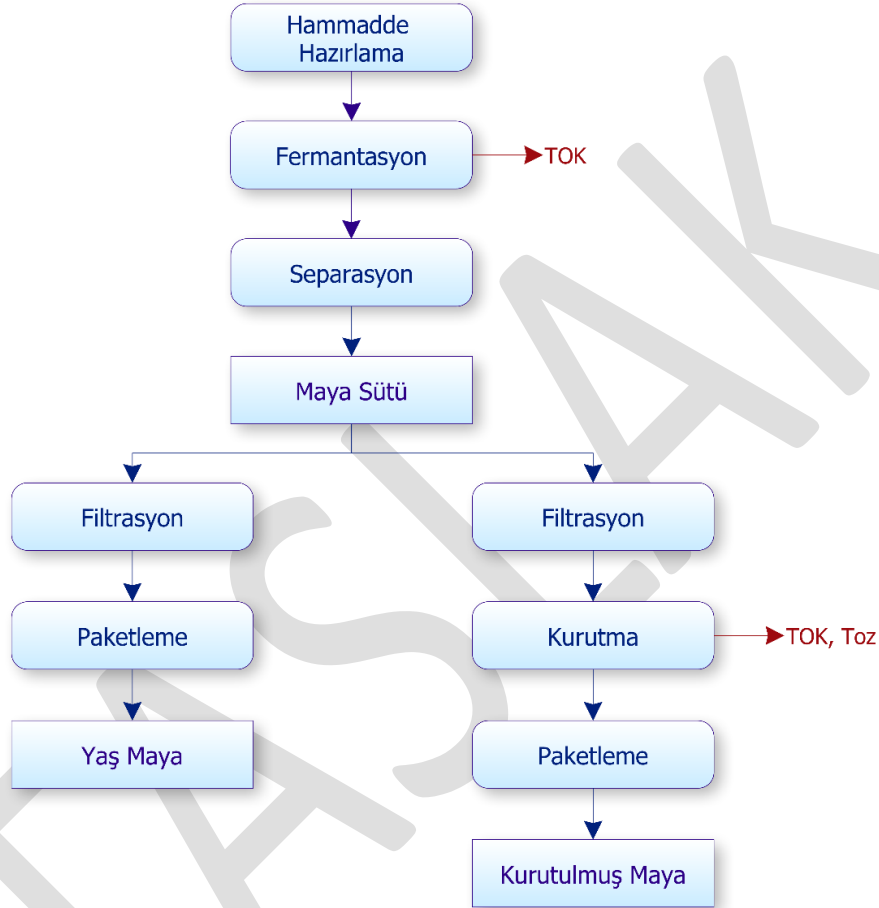
Maya kekinin kurutma hızı, kullanılan havanın sıcaklığına, nem içeriğine ve granülün boyutlarına bağlıdır. Hızlı kurutma evresinde serbest su uzaklaştırılır ve kurutma sabit bir hızda ilerler. Suyun buharlaşma ısısı kuru maddenin bir fonksiyonudur. Kurutma sırasında sıcaklık en önemli proses kontrol parametresidir.



Şekil 5. Akışkan yatak kurutucuya ilişkin bir şematik görüntü

3. EMİSYON KAYNAKLARI

Hamur mayası üretiminde açığa çıkan hava kirletici emisyonları üretim akış şeması üzerinde Şekil 6'da verilmiştir. En önemli emisyon kaynakları fermantör bacaları ve kurutma fırın bacalarıdır. Fermantör tankları atmosfere açık bacalara sahip olduğu için buralardan uçucu organik bileşikler (UOB) emisyonları oluşmaktadır. Kuru maya üretiminde bulunan kurutucu bacalarından ise toz ve UOB emisyonları salınmaktadır.



Şekil 6. Hamur mayası üretiminde emisyon kaynakları

Üretimin ihtiyacı olan sıcak hava ve buhar üretimi için buhar kazanları kullanılmaktadır. Bu kazanlardan kullanılan yakıtlara bağlı olarak yanma gazları (CO, NO_x, SO₂ ve toz) emisyonları oluşmaktadır. Doğalgaz en yaygın kullanılan yakıttır. Doğalgaz ya kojenerasyon tesisinde yakılarak hem elektrik hem de buhar üretilir ya da kazan dairesinde sadece buhar üretiminde kullanılır.

4. EMİSYON AZALTIM/KONTROL TEKNİKLERİ

Hamur mayası üretiminde ortaya çıkan emisyonlardan uçucu organik bileşik (ağırlıklı alkol) emisyonlarının fermantör bacalarında yüksek miktarlarda olması ürün kaybı anlamına geldiği için istenmeyen bir durumdur. Bu emisyonlar öncelikle prosesteki bazı fiziksel ve biyolojik ayarlama ve iyileştirmeler ile azaltılabilmektedir. Azaltılamaması durumunda farklı arıtma yöntemleri kullanılarak bertaraf edilmelidir.

Benzer şekilde kuru maya üretiminde açığa çıkan toz emisyonları da ürün niteliği taşıdığı için tutularak üretime geri verilmektedir. Toz emisyonlarının tutulması için siklon tipi veya sulu sistem filtreler toz tutucu olarak kullanılabilir.

5. ÖLÇÜM VE İZLEME

Hamur mayası üretim tesislerinde ölçülmesi ve izlenmesi gereken kirleticiler kaynaklarına göre Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Hamur mayası üretim tesislerinde emisyon kaynakları ve izlenecek kirleticiler

Emisyon kaynağı (Ölçüm noktası)	İzlenecek kirleticiler	İzleme periyodu	Sürekli İzleme ¹
Buhar kazanı / Kojenerasyon bacası ²	Yakıt ve ısı gücüne göre belirlenir.		
Fermantasyon Ünitesi bacaları	TOK	İzin + Periyodik	
Kurutma Ünitesi bacaları	Toz, TOK	İzin + Periyodik	

¹ EK-4’deki hükümlere de bakılmalıdır.

² EK-1A hükümleri uygulanır.

6. KAYNAKLAR

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2009. Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği.
- TA LUFT, 2002. “Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit”, Almanya Hava Kirliliği Kontrolü Teknik Talimatnamesi - TA Luft.
- IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), 2018. IPCC Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries. Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (IPPC)-Gıda, İçecek ve Süt Sanayiinde Kullanılabilecek En İyi Teknikler Hakkında Referans Belgesi.
- USEPA, 1995. AP-42: Compilation of Air Emissions Factors.