

FERMENTÖRLER

Fermentasyon işleminin gerçekleştirilmesinde, kontrollü ve verimli çalışabilmek için çeşitli kontrol düzeneklerine sahip üretim kaplarına **fermentör** denir. Bu nedenle, fermentasyon prosesinin kalbi fermentördür diyebiliriz.

Çok değişik boyut ve biçimlerde fermentörler yapılmakta ve kullanılmaktadır. Prensip olarak, fermentörler gerektiğinden daha fazla komplike olmamalıdır. Bazı fermentasyonlarda çok komplike fermentör donanımına gerek duyulurken, bazı fermentasyonlar basit bir açık veya kapalı kap içinde gerçekleştirilebilmektedir.

Bu bölümde, genel amaçlar için kullanılacak karıştırıcılı tank tipi reaktörlerin genel özellikleri, kısaca özetlenecektir.

7.1. Fermentörlerin Temel Özellikleri

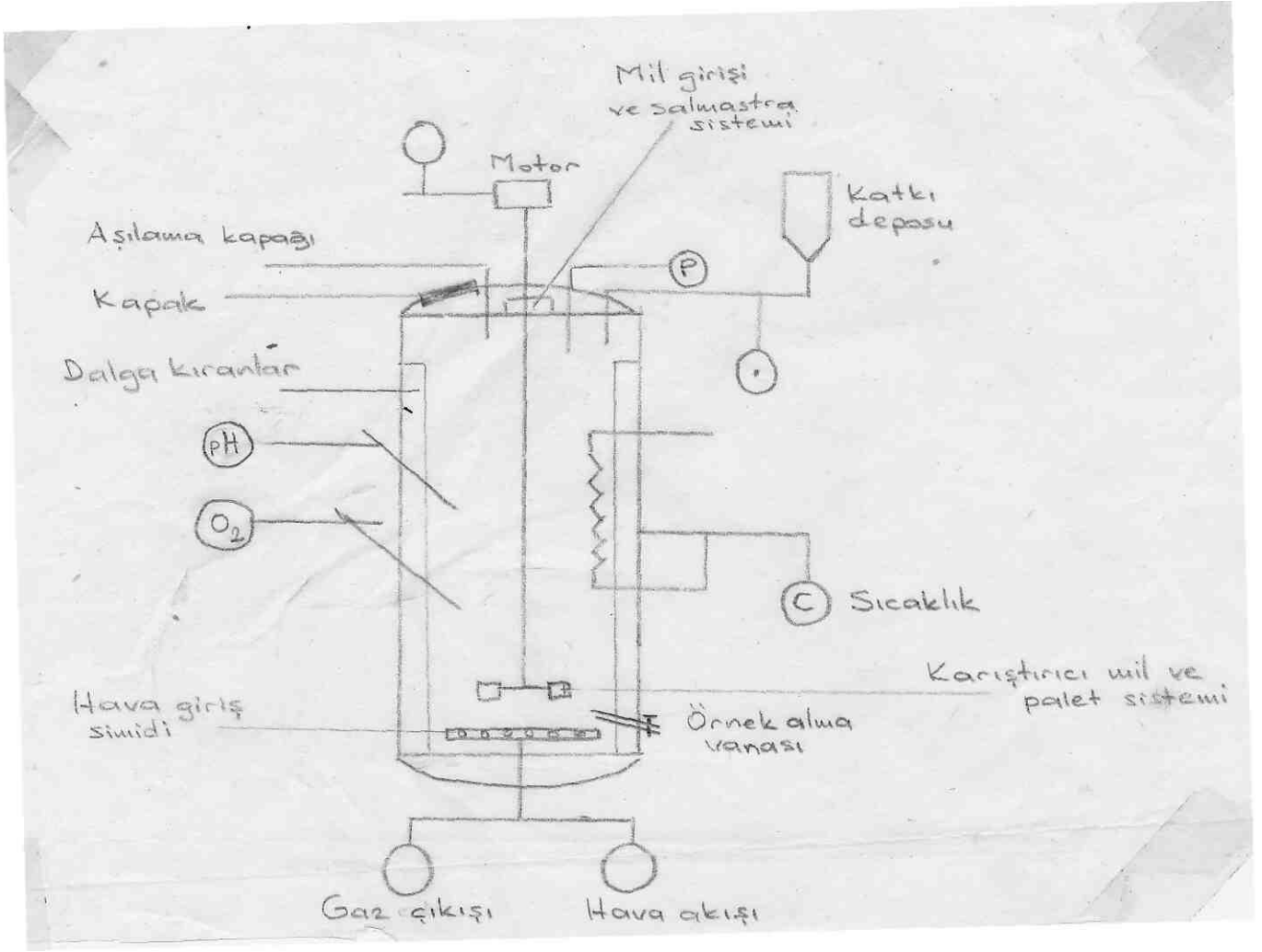
Farklı şekil ve büyüklüklerine karşın, fermentörler aşağıdaki temel özelliklere sahip olmalıdır.

- Gövde ve diğer kısımları steril çalışmaya uygun olmalı,
- Uygun karıştırma (O_2 , ısı ve kitle transferi) sağlanmalı,
- Steril katkılara elverişli girişler ve katkı sistemleri içermeli,
- Sıcaklık, pH, O_2 , köpük vb. kontrol sistemleri ile donatılmış olmalıdır.

7.2. Fermentör Ana Elemanları

Genel amaçlı standart bir fermentör aşağıdaki ana elemanlara sahip olmalıdır (Şekil 1).

- Gövde:** Genellikle silindriktir. Alt ve üstteki bombeler basınca karşı dayanıklılığın artmasını sağlar.
- Kapak:** Besiyeri doldurmaya yarayacağı gibi, gövde içinin temizliğinde giriş için gereklidir. Kapak substratın sterilizasyonundan önce kapanır ve üretim sonuna kadar açılmaz.
- Aşılama kapağı:** Başlatıcı kültürün inokülasyonu için kullanılır. İşlem alev yardımıyla gerçekleştirilir.
- Dalga kırınlar:** Paletlerle yapılan karıştırmanın kitleyi dairesel çevirmesini önler. Böylece ısı ve O_2 transferine yardımcı olur. Genellikle 4 tanedir ve genişlikleri fermentör çapının 1/10'u ya da 1/12'si kadardır.
- Hava giriş simidi (Sparger):** Fermentöre giren havanın iyi dağılmasına yardımcı olur. Hava çeşitli büyüklükte çok sayıda delikten çıkarak yayılır.
- Mil girişi ve salmastra sistemi:** Fermentörün sterilliğinin korunabilmesi için bu noktada sızdırmazlığın mükemmel olması gerekir.
- Steril hava girişi ve ölçüm cihazları:** Fermentör içerisine verilen hava belirli özelliklerde, örneğin steril olmalıdır. Bu amaçla hava çeşitli filtrelerden geçirilerek steril edilir. Hava miktarı flowmetreler yardımıyla ölçülür.

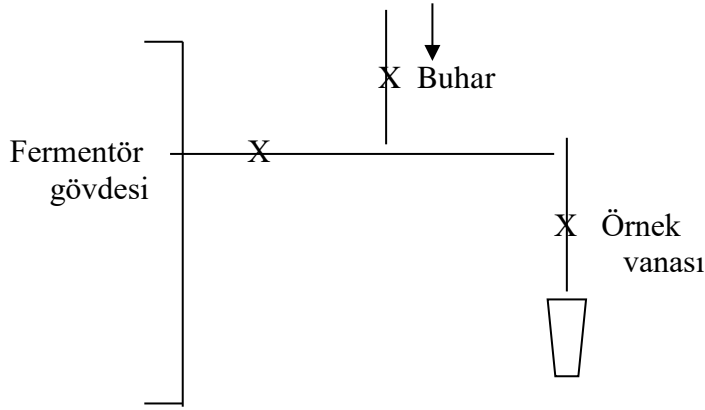


Şekil 1. Karıştırıcılı tank tipi bir fermentörün ana elemanları

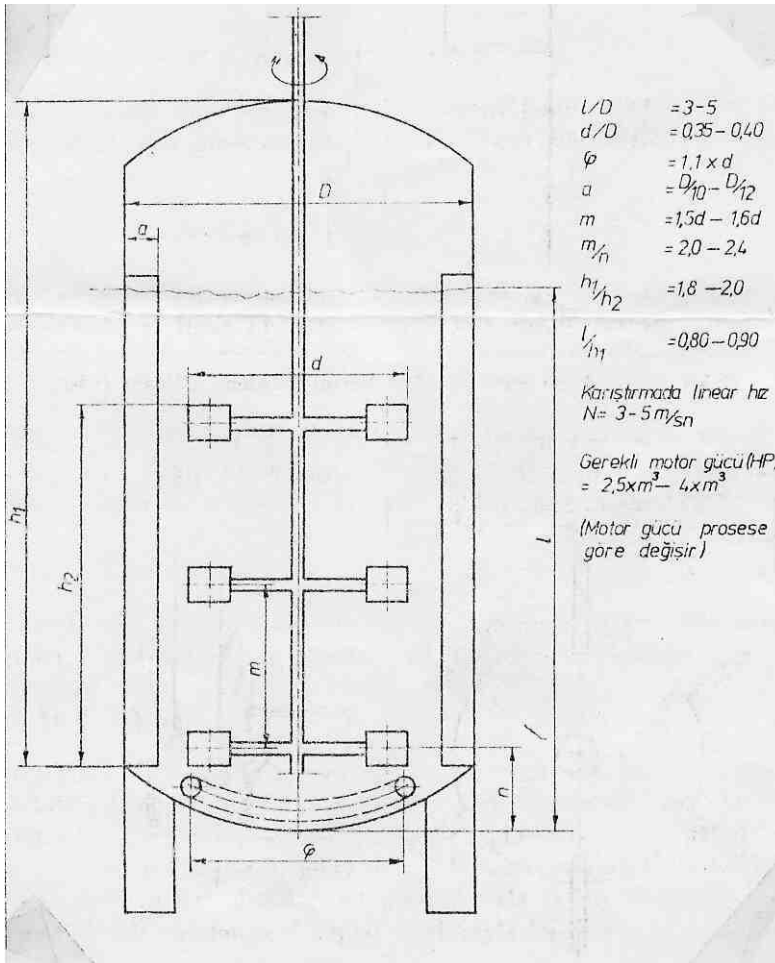
- h. **Sıcaklık kontrol sistemi:** Sterilizasyon ve fermantasyon süresince sıcaklığın ölçümü ve ayarı için çeşitli düzeneklere gereksinim vardır. Fermentörlerde ısıtma işlemi fermentör dışında bulunan bir ceket veya fermentörün içinde veya dışında bulunan serpantinler ile gerçekleştirilir. Sıcaklık kontrolü, fermentör içine daldırılmış özel sıcaklık elektrodu yardımıyla, ayarlanmış olan sıcaklığın üstüne çıktığında veya düştüğünde soğutma suyu valfini otomatik olarak açan veya kapayan bir sistem ile gerçekleştirilir.
- i. **Basınç kontrol sistemi:** Fermentörün üzerindeki gaz (hava) fazı yardımıyla pozitif basınç sağlanmalıdır. Böylece dışarıya bağlantılı kısımlardan istenmeyen mikroorganizmaları içeriye girişi önlenir. Pozitif basıncın 0.3-0.5 atmosfer kadar olması yeterlidir.
- j. **pH kontrol sistemi:** Üretim sırasında değişen pH'nın kontrol ve ayarı için pH'nın sürekli ölçülüp, gerektiğinde düzenlenmesi gerekir. pH kontrolü, fermentör içerisine daldırılan bir pH elektrodu yardımıyla, ayarlanmış olan pH aralığının üzerine çıktığında veya düştüğünde sisteme otomatik olarak asit veya baz ilave eden bir sistem ile gerçekleştirilir.
- k. **Steril besin maddeleri katkı düzeni:** Üretim sırasında ilave edilmesi gereken besin maddeleri aseptik koşullarda ortama verilebilmelidir. Aseptik koşullarda transfer uygun

debili dozaj pompaları ile ya da fermentör basıncından fazla basınç altında tutulan özel kaplar yardımıyla sağlanır.

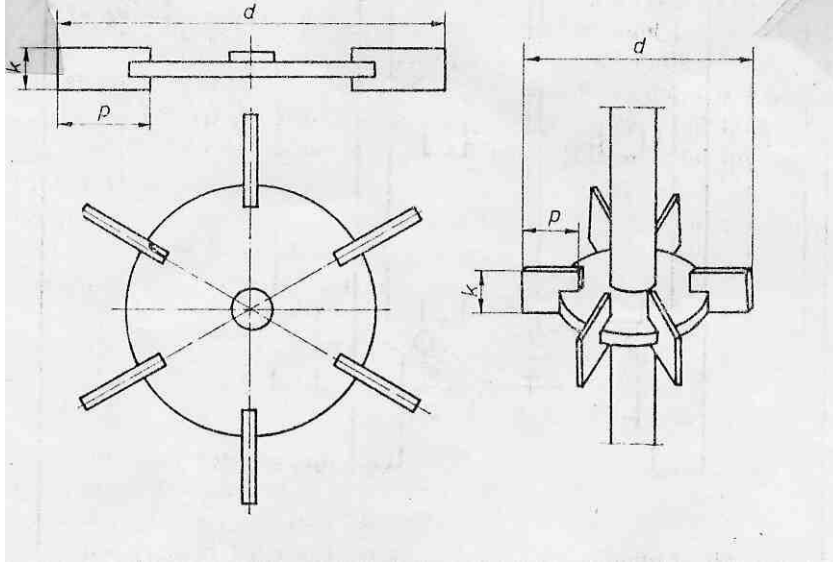
1. **Örnek alma vanaları ve steril emniyet sistemi:** Fermentörlerde çok sıkı kapatılmış vanalar bile sterilliğin sağlanmasında yeterli sayılmaz. Bu nedenle bütün giriş çıkış vanaları özel buhar düzeni ile korunur.



Şekil 2. Buharlı vana sterilite koruma sistemi



Şekil 3. Standart bir fermentörün ana boyutları ve orantıları



Şekil 4. Karıştırıcı palet boyutları

- m. **Karıştırıcı mil ve palet sistemi:** Isı ve oksijen transferini sağlayacak karıştırma palet sistemi, gücün optimum değerlendirilmesini ve optimum çalkalamayı gerçekleştirecek şekil ve büyüklükte olmalıdır. (Şekil 4).
- n. **Güç ve nakil sistemi:** Fermentörde karışımlar uygun kapasitede motorlar yardımıyla sağlanan güç kullanılarak paletlerin döndürülmesi ile gerçekleştirilir. Karıştırma hızları uygun redüktörlerle ayarlanır. Karıştırma sistemleri için gerekli motor gücü, genellikle, besiyeri hacminin 2.5-4.0 katı kadar beygir gücüne eşdeğerdir ($HP = 2.5x m^3 - 4.0x m^3$).

Bu bölümde ve Şekil 1’de ana elemanları belirtilmeye çalışılan bir fermentörün dizaynı ve yapımı için göz önüne alınması gereken standart boyutlar Şekil 3’de özetlenmiştir. Karıştırıcı paletin boyutları genellikle ortantılı olup, standart oranlar Şekil 4’deki gibidir.

7.3. Fermentörde Ölçülebilen Değişkenler

Fermentörde üretim sırasında genel kontrol amacıyla ölçülebilen değişkenler Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Fermentörlerde Ölçülebilen Değişkenler

Fiziksel Çevre	Kimyasal Çevre
Sıcaklık	pH
Basınç	Redoks potansiyeli
Güç girişi	Çözülmüş O ₂ konsantrasyonu
Karıştırma hızı	Çözülmüş CO ₂ konsantrasyonu
Köpük	Çıkan gazdaki O ₂ konsantrasyonu
Gaz akış hızı	Çıkan gazdaki CO ₂ konsantrasyonu
Sıvı akış hızı	Şeker (karbon) düzeyi konsantrasyonu
Viskozite	ve beslenme hızı
Bulanıklık	Amonyum düzeyi ve beslenme hızı