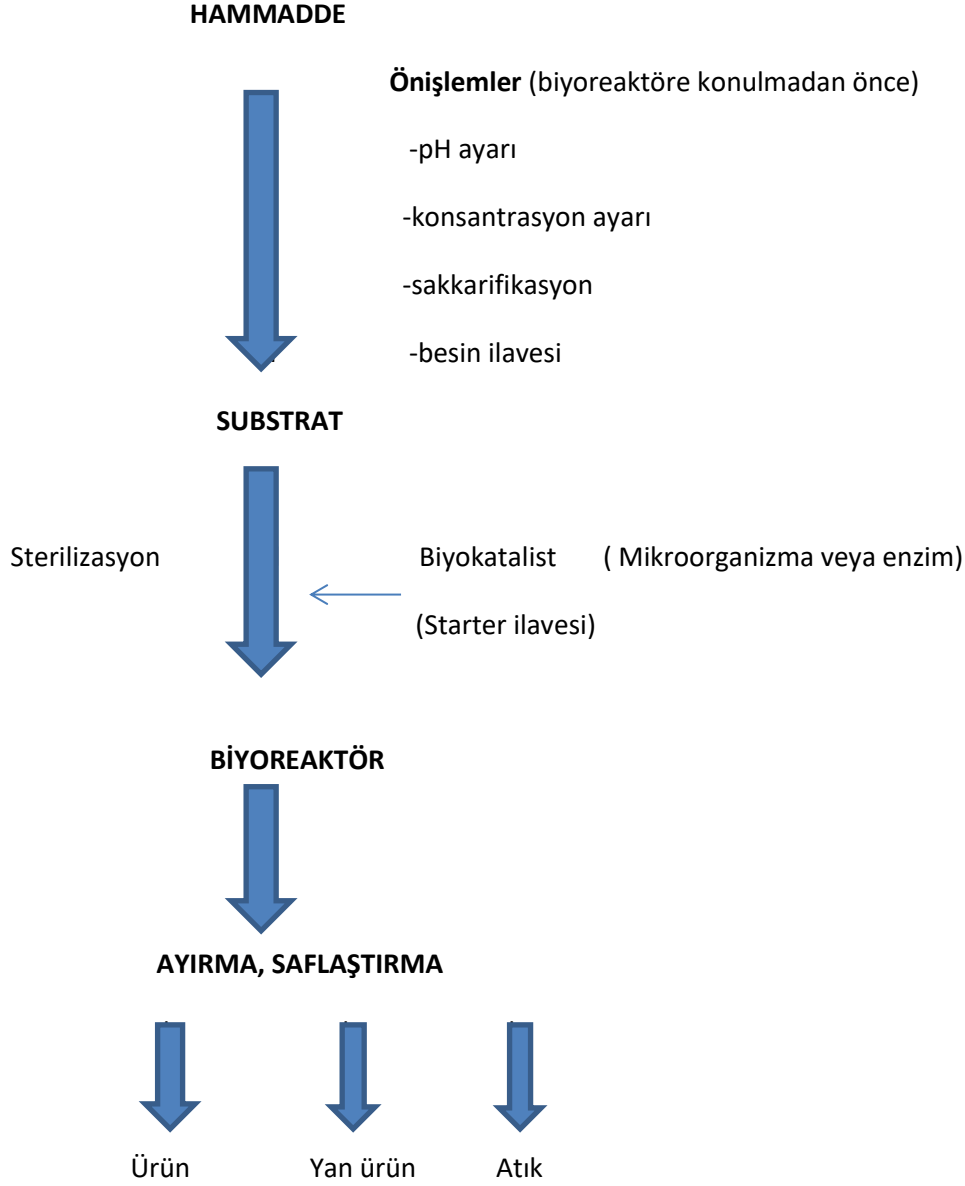


## BİYOPROSESLERDE ÜRETİM SÜRECİ



Görüldüğü gibi, biyoreaktörler prosesin kalbi konumundadır. Biyoreaktörde kontrol edilebilen çevre koşullarına ihtiyaç duyulur. Çünkü biyoreaktörler **sıcaklık, pH değişikliği, besin konsantrasyonu (ozmotik basınç) ve metal iyonlarına** karşı çok hassastırlar.

**Biyoproseslerin başarısı** koşulların hangi ölçülerde kontrol edilebildiğine ve optimum değerlerin hangi ölçülerde sabit tutulabildiğine ve hangi ölçülerde optimize edilebildiğine bağlıdır.

Endüstriyel üretimlerde mikroorganizmalar kullanılırken, genellikle tek bir tip mikroorganizma seçilir. Genellikle karışık bir kültür ile çalışılmak istenmez ve tek bir mikroorganizmadan çoğaltılmış saf kültür kullanılır. Böyle bir proste, çalışma ortamının ve besinlerin de steril olması çok önemlidir. Diğer mikroorganizmalar tarafından kontaminasyonu önlemek amacıyla, reaktöre giren gaz bile steril edilir.

## **BİYOPROSESLERİN KİMYASAL PROSESLERE ÜSTÜNLÜKLERİ**

1. Antibiyotik, vitamin, enzim vb. kompleks moleküller, ancak biyoprosesler ile üretilirler.
2. Bir izomerik bileşiğin özel bir formunun üretimi ancak, biyoprosesler ile gerçekleştirilir. Kimyasal yolla, birçok izomer birarada elde edilebilir. Eğer bunlardan yalnızca birini elde etmek istiyorsak, ya da bunlardan özel birini diğerlerinden ayırmak zor olduğunda, enzimlerden yararlanarak tek bir tip ürün elde edebiliriz. Özel bir enzim kullanmadan, ancak çeşitli izomerler elde edilebilir ve bunları saflaştırmak masraflı olur.
3. Birbirini izleyen bir dizi reaksiyon serisi, mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilebilir. Bu reaksiyonlar serisini kimyasal yöntemler ile tamamlayabilmek için her reaksiyonun ayrı bir reaksiyon kabında gerçekleştirilmesi gerekir ve masraflı olur. Birbiri ardısıra 5-10 reaksiyon yaşayan hücrelerin normal metabolik iz yoludur.
4. Biyodönüşümler, kimyasal reaksiyonlara kıyasla daha yüksek verime sahiptirler.
5. Biyodönüşümler daha yumuşak reaksiyon koşullarında meydana gelirler; yüksek sıcaklık, ekstrem p H ve basınç gerektirmezler.
6. Hammaddeleri daha ucuz ve kolay bulunabilir.
7. Biyoproseslerin hammaddeleri yenilenebilir kaynaklardır. Kimya endüstrisinin hammaddeleri (örn; petrol ve kömür) yenilenebilir değildir. Biyoproseslerde, tarımsal yan ürünler ve bunların atıkları kullanılabilir. Bunların, çoğunlukla başka ticari değerleri de yoktur. Böylece; biyoproseslerde kaynakların tükenmesi söz konusu değildir.
8. Katalizde daha yüksek spesifiklik gösterirler.
9. Biyoproseslerde hammaddelerin işlenmesi daha basittir, dolayısıyla daha az ilk yatırım masrafına gerek duyulur.
10. Biyoproseslerde dönüşüm etkinliği artırılabilir ve enerji gereksinimleri azaltılabilir.
11. Rekombinant DNA tekniği vb. yeni teknikler kullanılarak yeni proseslerin geliştirilmesi olanağı her zaman söz konusudur.

## **OLUMSUZ YÖNLERİ**

1. Lignoselüloz vb. kompleks hammaddeler ile çalışılmaya başlandığında, dönüşüm sonunda fermente olmuş ortamdaki unsurların birbirinden ayrılması çok zordur. Ürünün bu ortamdan geri kazanılması için pahalı ayırma işlemleri gerekir.
2. Ürün, çoğu kez kendi üretimini baskılar ( son ürün inhibisyonu)
3. Biyodönüşümler, çoğunlukla sulu ortamlarda gerçekleşirler. Bu ortamdan ürünün konsantre halde geri kazanılması (saflaştırılması) zor ve pahalıdır.

4. Biyoproseslerde reaksiyona giren maddelerin düşük konsantrasyonda olmaları nedeniyle birim ürün için daha büyük hacme gereksinim duyulur.
5. Kontaminasyon riski: Biyoproseslerde katalist olarak kullanılan hücre veya hücre bileşenlerinin kontaminasyon riski söz konusudur. Kontaminasyonu önleyebilmek için iyi düzenlenmiş bir reaktör tasarımı gerekir.
6. Biyoproseslerde doğal değişkenlik riski: Örneğin bir bakteri üzerinden üretim yapılıyorsa, bu bakteri suşunun mutasyon vb. etkenlerle biyoproses sürecinde değişikliğe uğrama riski her zaman söz konusudur. Böyle olunca, yüksek verimli ve kaliteli ürün veren bir mikroorganizma suşu daha düşük verimli bir suşa dönüşebilir.
7. Biyoprosesler, hammadde yönünden daha seçicidirler, her zaman arzulanan kalitede hammadde bulunamayabilir.
8. Eğer üretimde rekombinant hücre kullanılıyorsa, tüm atığın sterilize edilmesi gerekebilir.

## **BİYOPROSES GELİŞTİRME**

Biyoprosesler hangi alanlarda geliştirilebilir?

1. Biyokatalist geliştirme
  - Seleksiyon
  - Mutasyon
  - Rekombinasyon
2. Besi ortamı (substrat) geliştirme
3. Yöntem geliştirme (Biyoproses mühendisliği alanında)
  - Reaktör tasarımında gelişme
  - Reaksiyon koşullarında gelişme

### **Biyokatalist Geliştirme**

Etkili ve yüksek verimli mikroorganizma suşlarının elde edilmesiyle gerçekleştirilir. Örneğin;

- Bir ürünün biyokimyasal yolla üretimi mikroorganizmanın sahip olduğu birkaç gen ile ilgilidir. Mikroorganizmanın gen dozajı artırılarak, daha fazla ürün elde edilebilir.
- Sisteme bağlı olarak, daha kısa biyodönüşüm süresine gereksinim duyan, daha etkili suşlar ortaya konulmaya çalışılmalıdır. Bir prosesin verimliliğini belirlemede zaman önemli bir faktördür. Eğer aynı iş daha kısa sürede yapılabiliyorsa, daha verimli çalışılıyor demektir. Bu nedenle, aynı biyodönüşümü daha kısa sürede tamamlayabilecek mikroorganizma suşları elde edilmeğe çalışılmalıdır.

Ayrıca;

- Daha az oksijene gereksinim duyan suşlar,
- Daha az köpük oluşturan suşlar (köpük etkinliği azaltır)
- Daha ucuz substratları kullanabilen suşlar

- Konsantre ortamlarda çalışabilen suşlar (yüksek konsantrasyonda ürün)
- Yüksek ısıya dayanabilen (termotolerant) suşlar\*
- Yüksek basınca dayanıklı suşlar
- İzledikleri katabolik iz yolu nedeniyle (EMP, HMP, ED vb.) substrat dönüşümü daha yüksek suşlar

elde edilmeye çalışılmalıdır.

### **Substrat Geliştirme**

Biyoproseslerde, toplam üretim masraflarının  $\frac{1}{2}$  -  $\frac{3}{4}$  'ü besi ortamı (substrat) ile ilgilidir. Mikroorganizmanın gereksinimini karşılayacak alternatif bir hammadde bulunabilirse ve bu hammadde daha ucuz ise, üretime önemli bir kazanç sağlayacaktır. Substrat geliştirme yönünde araştırmalar sonsuza dek devam edecektir. Ancak;

- Yüksek verime sahip bir suşun özel gereksinimleri olabilir ve bu toplam maliyeti artırır.
- Yeni ucuz bir hammadde bulduğumuzu varsayalım. Bu ucuz hammaddenin işlenmesi ve depolanması zor ise, ya da bu hammaddeden elde edilen ürünün reaksiyon ortamından ayrılması zor ise; bunlar da ayrı bir maliyet girdisi demektir. Birim maliyeti en aza indirebilmek için, bunların göz önüne alınmaları gerekir

### **Yöntem Geliştirme**

Biyoreaktör tasarımında, ekipmanlarda ve operasyon koşullarındaki gelişmeler "BİYOPROSES MÜHENDİSLİĞİ" alanına girmektedir. İyi tasarlanmış ve pahalı olmayan bir proses, birim etkinliği artırabilir ve böylece birim maliyeti azaltır. İşletmelerdeki tüm çaba, ürünün birim maliyetini azaltmaktır.

### **Yöntem Geliştirme Yönünde Neler Yapılabilir?**

\* Proses ekipmanları geliştirilebilir.

- Çevre kontrolü daha düzenli yapılabilir ( $O_2$ , sıcaklık, pH)
- Kontaminasyon kaynakları tespit edilip, önlemler alınır

\* Daha uygun katalistlerle çalışabilen prosesler geliştirilir.

\* Sistemde iş gücünü ve enerji girdisini azaltacak düzenlemeler yapılabilir

\* Ürünün fermente olmuş ortamdan ayrılması ve konsantrasyonu için daha etkili ve ucuz teknikler geliştirilebilir.