

# YAPAY PROTEİNLER VE BESLENMEDEKİ ÖNEMİ

Dr. Perihan Arslan\*/Dyt. Hilal Saltık\*\*

## Giriş

Dünya nüfusunun hızlı artışı, artan nüfusun beslenmesi, çağımızın en önemli sorunlarından biri olarak kabul edilmekte ve insanı üzerinde düşünmeğe zorlamaktadır.

Birleşmiş Milletlerin yaptığı açıklamaya göre, dünya nüfusunun 2000 yılında 7 milyara ulaşacağı bildirilmiştir. Nüfusun bu denli hızlı artışından doğan ana sorunlardan şüphesiz en önemlisi, dünyada mevcut kaynaklarla, artan nüfusun nasıl besleneceğidir. Bu nedenle bir taraftan, mevcut ürünlerin üretiminin artırılması yoluna gidilmiş ve 1968'de Hindistan'da «Green Revolution—Yeşil Devrim» olarak bilinen hamlenin ilk tohumları atılmış, diğer taraftan da araştırmacılar yeni kaynaklar bulma yolunda atılımlara girişmişlerdir. Yeni besin kaynaklarının ortaya çıkarılmasında önem kazanan aşamalardan biri de zirai ve endüstriyel artıklardan yararlanarak sentetik protein elde etme olanaklarının araştırılmasıdır.

Ahşılmamış besin kaynaklarından tek hücreli proteinlerden (single cell protein—SCP) maya, bakteri, yosun ve küfler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca balık protein konsantresi (FPC), soya proteini, yaprak proteini ve peynir yağında ortaya çıkan süt suyundan elde edilen proteinlerle gıdaları zenginleştirme yolunda bazı ülkelerde uygulamalar vardır.

---

\* Hacettepe Üniversitesi Çocuk Hastaneleri Diyet Bölüm Şefi.

\*\* Milli Eğitim Bakanlığında Diyetisyen.

Bu yazımızda gelişmekte olan ülkelerin insan ve hayvan beslenmesi sorunlarının çözümlenmesi için yapılan girişimlerden biri olan, tek hücreli protein (SCP) kaynaklarından ve uygulamalarından bahsedilecektir.

### **Protein Kaynakları Ve Kalitesi**

Bütün hayvansal ve bitkisel yiyeceklerde protein vardır. Fakat her yiyecekteki protein miktarı değişiktir. Ayrıca her proteinin bileşiminde bulunan elzem amino asitlerin oranında farklıdır. Genellikle hayvansal yiyeceklerde bulunan proteinlerin elzem amino asit bileşimleri vücut gereksinmesini karşılamaya uygundur. Bitkisel yiyeceklerde ise amino asitlerin bir veya birkaçı gerekli orandan daha azdır. Bu nedenle yiyeceklerden alınan proteinler vücutta kullanılabilme derecelerine göre, örnek protein: % 100 tam olarak kullanılan, iyi kalite protein: % 80 olarak kullanılan, düşük kalite protein: % 50 civarında kullanılan diye sınıflandırılabilir. Örnek proteine yumurta ve anne sütünü, iyi kalite proteine et, süt ve benzerini, düşük kalite proteine de bitkisel yiyecekleri örnek verebiliriz.

Bu protein kaynaklarından bazılarının protein değerleri verildiğinde aralarındaki farklılıklar daha iyi görülebilir. Örneğin, patatesten % 2 oranında protein sağlanırken yumurtadan %12,4, balıktan % 20, soya fasulyesinden % 38 oranında protein sağlanmaktadır (1,3).

Mikroorganizmalara gelince, bakteriler % 47, mayalar % 45—50, küfler % 19—57 ve yosunlar % 24—80 oranında protein içermektedirler.

Yukarıda saydığımız yiyecek gruplarının protein miktarları mikroorganizmalarındaki ile karşılaştırıldığında, mikroorganizmaların dikkate değer oldukları görülür. Bunun yanında mikroorganizmaların üreme hızları, karbonhidrat veya hidrokarbonları istenilen ürüne çevrilebilmelerindeki potansiyel, üremeleri için az bir sahaya gereksinme göstermeleri, avantajları olarak sayılabilir. Tablo I de görülebileceği gibi kütlelerini iki misline çıkarmadaki hızları diğer canlılarla kıyaslandığında bize daha iyi bir fikir verebilir.

**Tablo 1**  
**Mikro organizmaların Üreme Hızı**

| Organizmalar         | Kütlesini iki misline çıkarması için gerekli zaman |
|----------------------|--|
| Bakteri ve mayalar   | 20—120 dakika                                      |
| Küf ve yosunlar      | 2—4 hafta  |
| Ot ve diğer nebatlar | 1—2 hafta  |
| Piliçler             | 2—4 hafta  |
| Domuzlar             | 4—6 hafta  |
| Sığırlar             | 1—2 ay   |
| İnsanlar             | 3—6 ay   |

Bu avantajlarının yanı sıra mikroorganizmaların dezavantajları da vardır. Örneğin, bakterilerin, diğer mikroorganizmalara oranla yüksek nükleik asit içermeleri (% 8—16) insan sağlığı yönünden sakıncalı olarak kabul edilmektedir. Toksik problemler ve ayrıca sindirilmelerindeki görüntülerde test konusu olmaktadır.

Tek hücreli proteinlerin (SCP) protein kalitesi Tablo 2 de gösterilmiştir (3).

**Tablo 2**  
**Tek Hücreli Proteinlerin Protein Kalitesi**

| SCP Mamülü                          | Sindirilen protein % | Protein elverişlilik oranı PER % | Biyolojik değeri BV % |
|-------------------------------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Yosunlar (Spirulinamax)             | 84                   | 2,3—2,6                          | 72                    |
| Bakteriler (mikrococcus cerificans) | —                    | —                                | 76                    |
| (Hydrogenomenas en frophor)         | 83—87                | —                                | 77—67                 |
| Küf (Fusarium)                      | —                    | —                                | 70—75                 |
| Maya (Candida lipoytica)            | 46                   | —                                | 61                    |
| alkanes)                            | 96                   | —                                | 91                    |
| Gasonl                              | 94                   | —                                | 54                    |
| Candida Utilis                      | 85—88                | 0,9—1,4                          | 32—48                 |

Genel olarak mikrobiyal proteinler düşük metionin içerdiğinden bu amino asitle zenginleştirilmesi gerekmektedir. Böylece PER ve-

ya BV değerleri yumurta ve kazein gibi hayvansal proteinlerin düzeyine ulaşır.

Tek hücreleri protein hazırlamak için gerekli hammaddelere substratlar denir. Yosunlar, substratlar içindeki karbondioksitten, bakteriden, funguslardan veya daha karışık kompleksler olan hidrokarbonlar ve alkolden protein yapmak üzere ham madde ve enerji kaynağı olarak yararlanırlar.

Başlıca substratlar şunlardır :

1. Parafinler : Tek hücreli protein elde etmek için gaz yağı ve parafinlerden substrat hazırlama yolunda zengin, gelişmiş çalışmalar vardır. Bu konuda ekim 1973 de Viyana'da gelişmiş ülkelerin uzmanları ve endüstriyel organizasyonları toplanmışlardır. Başta Avrupa olmak üzere endüstriyel alanda gelişen ülkelerde, maya—alkanenin yapımının önem kazanacağını ve bu hazırlanan mamüllerin özellikle hayvan yemi olarak kullanılacağını belirtmişlerdir (4).

2. Metanol : metanolde aromatik hidrokarbon bulunmaz. Bu nedenle bazı coğrafi bölgelerde seçilen ham maddelerde olabilir (3).

3. Etanol : Etanolde tek hücreli protein yapımı için kullanılır. Etanol karbonhidratların fermantasyonundan veya petrokimyasal kaynakların herbirinden elde edilir (3).

4. Şeker kamışı : Tek hücreli protein yapımı için kullanılır. Ancak tropikal ülkelerde bulunur.

Yukarda saydığımız substratları elde etme için zirai ve endüstriyel artıklarından da yararlanılabilir.

Ülkemiz, artık maddelerce zengin kaynaklara sahip olmakla birlikte bunların değerlendirilmesi hususunda gerekli çalışmalar yok denecek kadar azdır. Örneğin, zeytinyağı sanayinin yan ürünü olarak elde edilen zeytin suyu, 1972 istatistiklerine göre Türkiye'de 400 bin ton olup denize veya ırmaklara dökülmektedir (5). Buna benzer şekilde akdeniz bölgemizde zengin sayılabilecek kadar dağılım gösteren keçiboynuzunun artıklarından da yararlanılma olanağı vardır. Bu artık maddelerin değerlendirilmesinde yararlı olabilecek başka bir yolda, suların kirlenmesiyle su ürünlerindeki kaybın önüne geçilmesi düşüncesidir. Bu açıdan ele alındığında tek hücreli protein üretimi ayrı bir anlam kazanmış oluyor.

### Tek Hücreli Protein Harızlamada Kullanılan Başlıca Mikroorganizmalar

1. *Mayalar* : Tek hücreli protein üretiminde en çok kullanılan mikroorganizmalar mayalandır. Mayalar tek hücrelidirler ve büyüklükleri 10—15 mikron kadardır. 20—25 dakikada sabora besi yerinde ürerler. Asite dayanıklıdır. Protein üretiminde en çok kullanılan *Candida Utilis* türleridir. Bu konuda yapılan olumlu çalışmalarından iyi sonuçlar alınmıştır. Bundan başka *Candida Lipolytica*, *Saccharomycesserevisiae*, *Sacchoromyces Fragilis* de kullanılmaktadır (6).

Mayaların yapısında proteinden başka vitaminler de analizlerle saptanmıştır. Bunlar özellikle B kompleks vitaminleridir. Miktarları ise mayanın çeşidine göre değişmektedir. (Tablo 3)

Tablo 3

#### Mayalardaki B Kompleks Vitaminler

| Vitaminler      | 100 gm/Mgr | 100 gm/Mgr<br>Bira mayası |
|-----------------|------------|---------------------------|
| Thiamin         | 5,3        | 50—360                    |
| Riboflavin      | 45,0       | 36— 42                    |
| Piridoksin      | 33,4       | 25—100                    |
| Pantotenik asit | 37 2       | 100                       |
| Biotin          | 2,3        | 5— 18                     |

Bunlardan başka kuru mayada %2 kadar yağ ve %1.5 fosfor bulunduğu bildirilmektedir.

Kuru mayanın protein miktarı ise %45 den fazladır. Bu arada BP (Biritish mayadan) daha iyi sonuçlar alınmış saf—parafinde gelişen mayada %60—63, gaz yağda gelişen mayada %65—67 oranında protein olduğu açıklanmıştır. (7). Amino asit bileşimleri karışijonite ve sıçan besleme testlerinden alınan sonuçlar olumlu olduğundan hayvan yemi olarak rahatlıkla kullanılabilir. National Formulary toplantılarında ve Food and Drug Administration standartlarında sülfütlü içkilerle veya şeker pekmezinde gelişen mayanın B vitamini ilavesi ile ve lezzet arttırıcı vasıflarla kullanılabileceği belirtilmiştir. Fakat diyetteki başlıca protein kaynaklarına kıyasla

maya SCP nin kullanımının kabullenmesinde problemler ve lezzetinde sınırlılık vardır. Yani değişik lezzetlerde hazırlanamamaktadır (3). Eğer günlük diyetle alınan miktarı 20 gm olursa içerdiği % 6—11 nükleik asitten dolayı serum ürik asit düzeyini yükseltmekte ve ürüner atım fazla olmaktadır. En güvencel alınımların maya nükleik asidinin günde 2 gm olmasıdır. 3 gm veya fazla alınırsa böbrek taşları yapmakta gout meydana gelmektedir. (3).

Buna rağmen miktarı iyi ayarlanarak maya hidrolizatları ve autolysatları yiyecek tatlandırma, lezzetini artırmada kullanılırlar. Ekmeğe katılan yaş mayanın kuru mayadan daha iyi olduğu bildirilmiştir. Suda eriyebilen maya proteinleri hücre duvarlarında serbest hale geçebilmektedirler.

Candida Utilis hücreleri gelişimleri kontrol edilmeden depolanacak olursa proteinlerinin normal biyolojik değeri bozulur. %2 DL—Methionin ve kazein ilavesi gerekir. Uzun süre depolanan hücreler farelere verilirse gelişmeleri durur. Kimyasal ve histopatolojik bulgular normaldir. Yalnız barsaklar biraz hastalanır (8).

2. *Küfler* : Küflerde elde etmede geniş ölçüde çalışmalara konu olmuştur. Küfler tüpsel yapıları protein olan, sporları olan tek hücreli canlılardır. Bakterilere nazaran çok geniş ve çabuk ürerler. Küfleri üretebilmek için sabora gibi çok basit bir besiyeri kullanılır. Bunda ağız, laktoz, pepton vardır. PH sı 5—6 dır (9). Küfler laboratuvar ısısında 22 derecede ürerler. İçerdikleri protein oranları %19—57 dir. B grubu vitaminlerinden zengindirler. Endüstriyel önemi olan Aspergillus ve Penicillium türlerinin yüksek konsantrasyonda sistein ve methionine içerdikleri bildirilmiştir (10).

İngiltere'de kurulu «Tate and Lyle» şeker firmasının araştırma grubu tarafından geliştirilen Aspergillus niger MI türü bu alanda tatmin edici sonuçlar vermiştir. Fusarium genusundan orta derecede karbonhidrat bulunan içeren mamüllerde hazırlanmaktadır (8).

3. *Bakteriler* : Üremeleri kolay ve fazladır. Protein miktarı % 47—87 arasında olup türlerine göre değişir. Bu sahada yapılan çalışmalar tatmin edici miktarda protein içermelerine rağmen yüksek oranda nükleik asit içermeleri nedeni ile (örneğin : Coccuseerificans da % 15—16 oranında) fermentasyon sonu ayrılımlarındaki gıçlık gibi sebeplerle laboratuvar çalışmalarının dışında ilgi görmemiştir. Çünkü yüksek orandaki nükleik asitler metabolizmayı aksi yönde etkilemektedir.

Methionin, Triptofan ve sistein, bakteri proteininde genzindir.

**Tablo 4**

**Bakteride (SCP) Amino Asit Dağılımı (gm/100 gm prot**

| Amino Asitler | FAO referans protein | Bakteri |
|---------------|----------------------|---------|
| Lizin         | 4,2                  | 6,5     |
| Theronin      | 2,8                  | 3,9     |
| Methionin     | 2,2                  | 2,0     |
| Sistein       | 2,0                  | 0,6     |
| Valin         | 4,2                  | 4,2     |
| Isoleusin     | 4,2                  | 3,6     |
| Leusin        | 4,8                  | 5,6     |
| Fenilalanin   | 2,8                  | 2,9     |
| Triptofon     | 1,4                  | 0,9     |

Literatürde bakteri ve küfün insan beslenmesi ile ilgili kontrol çalışmaları rapor edilmiştir. The United Nations Protein Advisory Group bugün kullanılan tek hücreli protein mamulleri ile ortaya çıkan şu sorunları açıklamışlardır.

1. Böbrek taşları yapımının tehlikeli olması ve gout (damla hastalığının) gelişmesi
2. Gastrointestinal reaksiyonların bozulması
3. Deri reaksiyonlarının bozulabileceği
4. Karsinojenik bileşiklerin meydana gelebileceğidir.

İnsanlarda oluşan diğer kötü reaksiyonlar için çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin : Ethanol de meydana gelen hyrogenomonas eutropha ve aerobacter aerogenes bakterileri ile, ethanol de gelişen mayar ile yosunlar ve Candida Utilis ile meydana gelen deri lezyonları üzerinde çalışılmaktadır. Bundan başka Japonya da Hidrokarbonlarda gelişen proteinin karsinojenik bileşikleri hakkında çalışmalar yapılmıştır. Bulaşma milyarda 100 kısımin altında ve karbonhitrat substratlarında alışılmış maya gelişirse Hidrokarbonlardan çok polynüklear bileşikler meydana gelmektedir. Bununda zararlı etkisi fazla olmamaktadır.

4. Yosunlar: Yosunlar da bu dizinin diğeri bir halkası olup kultivasyonları ile ilgili çalışmalar II. Dünya Harbinden bu yana izlenmektedir. Yosunlar önceden bahsedilen mikroorganizmalardan farklı olarak uygun oranda karbondioksit, istenilen vasıfta aydınlatma ve geniş kultivasyon alanı gibi özel şartlara gereksinme gösterirler. *Chlorella*, *Scenedesmus* ve *Spirulina*'nın protein bakımından zengin oldukları bildirilmiştir. Bu gün *Spirulina* ile ilgili gelişmiş çalışmalar vardır. Bunlardan birisi The French Delegation Generale de Recherche Scientifique at Technique (DGRST) nin yaptığı çalışmalarıdır. Bu grup bu konuda 2 yıllık program yaparak *Spirulina*'nın besin değeri, toksiditesi ve kabul edilme derecesi üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışma hemen hemen 1 milyon franga mal olmuştur. Laboratuvarlarda hem insan, hemde hayvan üzerinde *Spirulina* bileşimlerinin kimyasal ve psikolojik etkilerini saptamışlardır. 23—24 Mayıs 1973 de Paris'te bir toplantı yaparak elde ettikleri sonuçları açıklamışlardır.

Bundan başka Lake Chad den elde edilen *Spirulina* üzerinde çok dikkatli çalışmalar yapılmıştır. Bu *Spirulina*'nın günde 10—12 gm fasulye ile birleştirilerek 6—7 gm alınabileceği rapor edilmiştir. Maksimum alınması gerekli miktarında günde 26 gm olabileceği saptanmıştır. (12).

### **Spirulina Hücrelerinin Kimyasal Yapısı**

*Spirulina* Eyanophyceae grubundan prokaryetili mavimsi yeşil bir yosundur. Bakterilerle ortak bazı özellikleri vardır. Fakat bu organizmaların fotosentetik özellikleri diğeri yeşil bitkilerden azdır.

İçerdikleri protein kurumuş hücrelerde %64—74 arasında değişir. Amino asit bileşimi memnunluk vericidir. Fakat referans proteinle kıyaslanırsa lizin ve histinin yetersiz olduğunu görür. İçerdiği toplam nükleik asit miktarı kuru ağırlığında %4—25 dir. Meksika'da Lake Texcoco'dan alınan *Spirulina maxima* ile Lake Chat'dan alınan *Spirulina Platensis*'deki nükleik asit oranları farklıdır.

Diğeri önemli besin öğelerine gelince % 80 oranında  $\beta$  karbon içerir ve kolesterol miktarında oldukça yüksektir. Hücrelerin içerdiği sakkaritler çok değişir. Yaygın olarak Hexoses bulunur.

*Spirulina* diyetindeki toplam proteinin % 12 sini sağlayacak şekilde 0—4 haftalık civcivlere verildiğinde büyümede göze çarpan etkisi olmuştur. %20 den fazla verilecek olursa ağırlık kazanma yavaş olmaktadır.



Meksika'da Dr. Ramos—Galven iler iderecede kalori—protein malnütrisyonu oldukları için hastaneye yatırılan 5—12 aylık 10 çocukta azot denge çalışmaları yapmıştır. Soy ve Sosa Texcoco'dan elde edilen Spirulina damardan 4 gün boyunca kilogram başına 115—15 kalori ve kilogram başına 2—3 gram protein sağlayacak şekilde verilmiştir. Spirulina için azot Emilimi %60, soy için %70 bulunmuştur. Fakat birikim %40 olup soydan %30 fazladır. Azot birikimi inek sütünde %34 dür. 10 çocuktan 5 inde ise Emilimin %50 den az olduğu görülmüştür ve yeme seviyelerinde artan denge gözlenmemiştir.

Fransa'da Dr. Sautier ve Tremolierer Protein malnütrisyonu ve anorexia nervosa olan iki yetişkin kadına spirulina proteini vermişlerdir. Spirulina toplam protein azotunun 1/4 ni veya 1/7 sini temsil etmektedir. Meksika'da Spirulina dan hazırlanan bazı preparatlar kabul edilmiş, Fransa'da sonuçlar olumsuz bulunmuştur. Kabul edilmesi için hangi yiyeceklere katılacağı önemlidir. Meksika'da spirulina'nın daha çok kabul edilip kullanılması için tahıllara katılmıştır. Fakat spirulina içindeki histidin ve lizin ekoikliğine birde trptofan eklenince protein değeri az olmaktadır. Çikolatalı keklere ve dondurmaya ilave edildiğinde benimsenmiştir (11). Yüksek dozda alınacak olursa diğer tek hücreli proteinlerde olduğu gibi kötü gastroentestinal semptomlar meydana gelmektedir.

### Sonuç

Günümüzde tek hücreli proteinler daha çok hayvan yiyeceği olarak kullanılmaktadır. Amerika'da yılda balık yeminin 500 000 tondan fazlası tek hücreli proteinden sağlanır. Fransa'da genç buzağuların süt gereksinimi tek hücreli proteinlerle karşılanır.

Avrupa'da hemen hemen 800 000 ton balık yemi kullanılır. Bunun 200 000—400 000 ton kadar tek hücreli proteinden hazırlanmaktadır. Japonya'da 85 000 ton balık yemi kullanılmaktadır. Yeni olarak bu miktar tek hücreli proteinlerle 200 000 tona çıkarılmıştır. Fakat daha sonra kanser yapıcı bileşikler olduğu anlaşılmıştır. Son 10 yılda tek hücrelilerin yem olarak kullanılmasında çalışmalar artmış olmasına rağmen Kuzey Afrika, Asya ve diğer ülkelerde tek hücreli protein kullanılmamıştır. Buralarda kullanılan oran hayvan yemi olarak %5—10 arasındadır. Geniş pilot çalışmaları sayesinde az gelişmiş bu ülkelerde kullanım oranı yükseltilmektedir (3). Hayvansal yiyecekler içindeki tek hücrelilerin ticarete kullanılabilmesi için konulan etikette mamülün içindeki amino asit bileşimi, mikroorganizmaların tabiatı ve substratların ismi bulunmalıdır (4).

## KAYNAKLAR

1. «Food Composition Tables For International Use FAO Nutritional Studies No: 3, 1949.
2. Ghose T.K .Foodsoz the Future, Procees Biochemistry, 4 : 12, 1969.
3. Lipinsky E. S., Litchjield J. H. Single—Cell Protein in Renspective Food Technology 28 : 16—24, 1974.
4. Protein Advisory Group of the United Nations System. Pag Bulletin 4 : 37, 19744.
5. Özyurt M, Morris; G. O., «Conversion of Back Water Olive Waste to Miarobiol protein Pr, Rep». Tate and Lyle, Gr. Res and Dev. England, 1974. ü...
6. Dabbah R., Protein From Microorganisma Food Technology 24, 659, 1970.
7. Walker, T., «Single—Cell Protein Production for Animal Feed From Carbonhydrate, Hydrocarbon and Related Subrates». Presented at the 8 th. An. Cong. Agr. 1974.
8. Rankes H., Protein Production, Food Technology 28 : 89, 1974.
9. Field L.J.H., The Production of Fungi, Single—Cell Protein England, 1968.
10. Enfeksiyon Komitesi, Dönem II Ders Notları. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, 1974.
11. Report of the Third Receting of the PAG, AD, HOC Working Group on S—C—P. PAG Bulletin 3 : 4, 1973.
12. Adhoc Working Group on Single Cell Protein Report of the Third Meeting of the PAG. Pag Bulletin 3 : 1—7, 1973.
13. On the Proteinproblem. Pag Bulletin 3 : 4—10, 1973.