

GIDA DERGİSİ

Tarımsal Sellülozlu Atık Maddeler ve Biyolojik Parçalanma Yoluyla Bunlardan Faydalanma

Prof. Dr. M. Hilmi PAMİR

A. Ü. Ziraat Fakültesi

Gıda ve Fermentasyon

Teknolojisi Bölümü Başkanı

Sellüloz, dünyamızda miktarı en çok bulunan maddelerden biri olarak en önemli bir potansiyel enerji kaynağını teşkil etmektedir. Yeni bilgilerin ve yöntemlerin gelişmesiyle, sellülozun içinde sakladığı enerjiden ekonomik olarak çeşitli alanlarda yararlanmak mümkün olmaktadır. Örneğin sellüloz miktarı, giderek azalan petrol v.b. fosil kaynaklı ham maddelerin yerine geçebilecek sıvı yakıt, protein ve bir çok kimyasal maddelerin üretimini içeren faydalanma alanlarında kullanılabilir. Bu amaçlar için kullanılacak atık sellülozlu maddelerin çeşitleri çok olmakla beraber, ön planda ekonomik koşullar bunların sayısını tayin etmektedir. Bunların toplanması ve sevkiyatı karşılaşılan ilk sorundur. Diğer taraftan kullanma biçimlerinin kendine özgü özellikleri kullanılacak maddelerin karakteristik ve bileşimleri üzerinde durulmasını da icab ettirir. Örneğin enzimatik dönüşüm ile glukoz elde olunacaksa, sellüloz nisbeten saf bir madde halinde olmalıdır. Sellülozdan protein üretimi söz konusu olduğu zaman, daha az olmakla beraber sellülozlu maddenin kalitesinin yüksek olması prosesin seyrine olumlu etki yapar. Hayvan yemi üretimi için de sellülozlu maddenin bileşim ve temizliği biyolojik dönüşüm için gerekli olmayabilir. Keza atık sellülozlu maddelerin hayvan yemine dönüştürülmesinde kullanılan yöntemler ya fiziksel ya da biyolojik olabilir. Kuşkusuz, konumuz olan biyolojik parçalanma ancak bu pro-

sesel elverişli olan maddeler için kullanılabilir.

Dünyamızda atık sellülozlu maddeler için başlıca 2 kaynak söz konusudur: Kentsel ve tarımsal atık sellülozlu maddeler.

Kentsel atık sellülozlu maddelerin çoğunluğunu kâğıt teşkil eder. Fakat bu atık içinde, toplumdan topluma değişmekle beraber, odun, bahçe ve tekstil atıkları kâğıda oranla daha az bulunurlar. Kentsel atıkların içinden sellülozlu olanlarını ayırmak ve böylece bunları tekrar kâğıt endüstrisinde kullanmak mümkündür.

Tarımsal sellülozlu atıklara gelince, bunlar tarla ve bağ-bahçe atıklarını, gübreleri ve orman atıklarını içermektedir. Bunların bir kısmı ürünlerin yetiştirildikleri yerlerde terkedilir, bir kısmı ise başta sap ve saman gibi hayvan beslenmesinde, yakacak, kırsal yapılarda v.b. işlerde kullanılır. Bu atıklar kentsel atıklardan hemen tamamen sellülozdan ibaret olmaları bakımından ayrılırlar. Diğer taraftan gübre istisna olunursa, diğerleri kentsel atıklar gibi toplanmazlar. Ancak bu çeşit atıkların önce tarlalardan sökülerek işletmelere kadar götürülmeleri gerekir.

Tarımsal atıklarda bulunan ham sellüloz miktarı en az Çayır Salkımoğlu'nda (bluegrass) % 20 ve en fazla pamuk lifinde % 91 olmak üzere geniş sınırlar içinde değişir. Tablo 1, 2 ve 3 de çeşitli tarla ve çayır bitkileri ve atıkları ile çeşitli gübre ve odunların içerdikleri sellüloz miktarları verilmiştir:

Tablo : 1

Çeşitli tarla ve çayır bitkilerinin içerdikleri sellüloz miktarları (K.M.)

(Stephens ve Heichel'e göre) (1)

adı	Bitkinin türü	Bitki aksamı	Sellüloz miktarı (%)
Yonca	Medicago sativa	Kuru ot (çiçekli)	30
Çayır		Kuru ot (olgun)	36
	Poa pratensis	Çayır (olgun. önce)	20
Salkımotu		(çiçekten önce)	28
Kılçıksız brom	Bromus inermis	Kuru ot	37
Terfil	Trifolium pratense	Kuru ot	26
Mısır	Zeamays	Sap	36,43 X
Pamuk	Gossypium hirsutum	Seed hulls	60
		Lif	91
Çayır yumağı	Festuca elatior	Kuru ot	38
Yulaf	Avena sativa	Tane	18
		Saman	40
		Kavuz	51
Yer fıstığı	Arachis hypogaea	Kabuk	49
Çeltik	Oryza sativa	Kavuz	42
Yavşan	Artemisia tridentata	Odunumsu	
	vasiyana	Saplar	35
Tarak sarkaç otu	Bouteloua curtipendula	Çayır	37
Darı	Sorgun vulgare	Kuru ot	32
		Kavuz	51
Soya	Glycine max	Kuru ot	31
		Kavuz	52
Şeker kamışı	Saecharum officinarum	Olgun bitki	42
		Posa	48
Kelp kuyruğu	Phleum protonse	Kuru ot	37
Dere darısı	Panicum obtusum	Çayır	41
Buğday	Triticum [sp]	Saman	50 X

Tablo : 2

Çeşitli gübrelerin Sellüloz miktarları (K.M.)

(Stephens ve Heichel'e göre) (1)

Gübrenin adı	Sellüloz (%)
Broiler	11
Tavuk	15
Domuz	15
Sığır (besi)	17
Sığır (süt)	25
Koyun (ahır yemlemesi)	28

Amerika'da yapılan bir araştırmaya göre (1) sellülozlu tarımsal atıkların miktarı genel bitki üretiminin % 60'ını bulmaktadır. Aynı araştırmaya göre çeşitli bitkiler içersinde en fazla atık oranı hububat ve yağlı bitkilere isabet etmektedir. Bitkilerin ortalama % 40 oranında sellüloz içerdiği ve yeryüzü bitki varlığının 1.8×10^{12} metrik ton olduğu kabul edilirse, bundan dünyadaki sellüloz varlığının 12×10^{10} metrik ton olduğu ortaya çıkar. Ayrıca dünya yıllık sellüloz net

Tablo : 3
Çeşitli gübrelerin Sellüloz miktarları (K.M.)

(Stephens ve Heichel'e göre) (1)

Ağaç türü	Alfa - Sellüloz Miktarı (%)
Angiospermler	
Fagus grandifolia	42
Nyssa sylvatica	46
Acer rubrum	44
Quercus falcata	44
Populus tremuloides	53
Betula papyrifera	41
Gynonospermler	
Abies balsamca	45
Picea mariana	46
Pseudotsuğa menziesü	48
Thuja occidentalis	45
Tsuga canadensis	42
Pinus banksiana	42
Pinus taeda	47
Pinus radiata	45
Larix laricina	44
Tsuga heterophylla	45
Thuja plicata	48
Picea glauca	45

gelişmesinin de 4×10^{10} metrik ton olduğu kabul edilmektedir ki, çıkan sonuç sellülozün en büyük enerji kaynaklarından biri olduğu tezini kanıtlamış olur.

Memleketimizde sellülozlu tarımsal atıkların miktarı nedir? Soğuk iklim hububatı için hasat endeksi ort. % 30 kabul edilirse, 17 mil. ton (1974) hububattan yaklaşık 39.6 mil. ton saman; sıcak iklim hububatı için ort. % 21 hasat endeksi kabul edilirse yaklaşık 1.2 mil. ton (1974) üretilen mısırdan da 4.5 mil. ton mısır sapı ve gene aynı miktar mısırdan (% 25) 300 bin ton mısır somacağı elde olunur. Baklagillere gelince hasat endeksi ort. % 35 kabul edilirse üretilen yaklaşık 664 bin ton (1974) baklagilden 1.2 mil. ton sap ve saman arta kalıyor demektir.

Memleketimiz için sellülozlu ham madde kaynaklarından önemli birisini de kuşkusuz endüstri bitkilerinin sapsapları teşkil eder. Endüstri bitkilerimizden arta kalan sapsap miktarlarını Tablo 4'de görmekteyiz.

Memleketimizin sellülozlu ham madde kaynakları arasında çeşitli gübreleri de hesaba katmalıyız. Kuşkusuz memle-

Tablo : 4
Çeşitli endüstri bitkilerimizden arta kalan sapsap miktarları (6,7)

Bitkinin adı	Ekim alanı (ha)	Sapsap üretimi (kg/d)	Toplam sapsap (t)
Pamuk	677.000	1000	67.700
Keten	11.000		
Lif keteni (lifsiz) (% 20)	2.200	500	110
Yağ keteni (% 80)	8.800	800	124
Kendir	8.000	1.500	1.200
Susam	50.000	700	3.500
Haşhaş	6.000	400	240
Soya	5.000	600	300
A. çiçeği	481.000	550	26.455
Aspir	2.000	450	90
Kolza	1.000	450	45
Anason	3.500	450	157.5
Tütün	320.000	700	22.400
T o p l a m			122.921,5

ketimiz için gübrenin toprağın ürünüle beraber kaldırılan besin maddelerinin yerine konulmasında kullanılması arzu edilirse de gerçekte büyük ölçüde yakıt ve hatta kentsel yapılarda bir yapı malzemesi olarak değerlendirilir. Halbuki yabancı memleketlerde gübreden biyogaz ve tek hücre proteini üreten tesisler kurulmuştur.

Ahır gübreleri ziraatta kullanılan hayvanların katı ve sıvı haldeki dışkılarıyla yataklığın karışmasından elde olunur ve bileşimi gübreyi teşkil eden unsurların bileşim miktarlarıyla değişir. Çeşitli hayvanlardan yılda elde edilecek gübre miktarı yaklaşık olarak (tabii durumda) sığırdaki 11 ton, atta 8 ton, koyunda 0.7 ton ve tavukta 5.5 kg'ı bulur (3). Memleketimizdeki hayvan varlığı 1974 yılında 13.387 bin sığır, 878 bin at, 40.539 bin koyun ve 38.660 bin tavuk sayılmıştır. Bunlara göre 147.257 bin ton sığır, 7.024 bin ton at, 28.377 bin ton koyun ve 209.330 bin ton tavuk gübresi elde olunmuştur. Atların tek mideli olmaları nedeniyle yedikleri ot ve saman gibi yemlerdeki sellüloz olduğu gibi kalır. Halbuki rüminantlarda sellüloz ligninle ilgili olarak % 70'e kadar parçalanabilmektedir. Örneğin yapılan bir çalışmada ahırda yemlenen koyun gübresinde tabii durumda ort. % 16.7 oranında sellüloz saptanmıştır (8). Diğer hayvan cinslerinde de buna yakın bir oranın bulunması çok olasıdır. Buna göre memleketimizde gübrenin ne ölçüde bir sellüloz kaynağı olduğu kolayca anlaşılır.

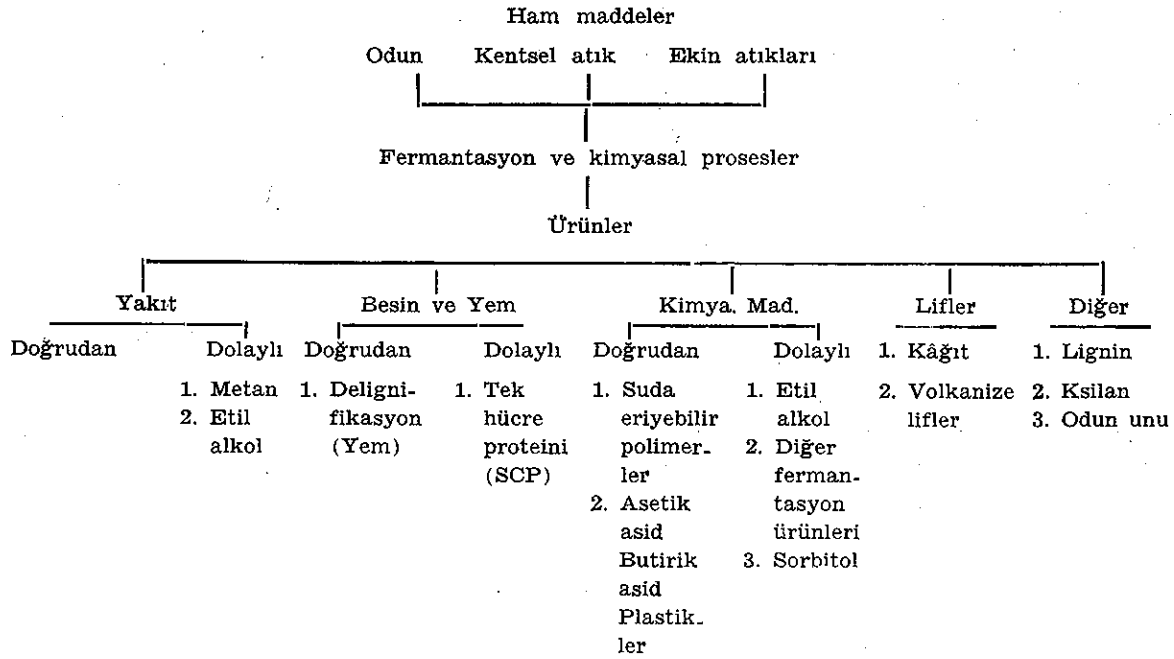
Tarımsal ve kentsel sellülozlu atıkların tarlada kalan sap ve saman kısımları toprağın işlenmesinde ve tarla zararlılarıyla mücadelede olumsuz yönde etki yaparlar. Bunlar tarladan kaldırılarak çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Bu kullanma biçimlerini şematik olarak Şekil 1'de görmekteyiz :

Sellülozun lignin ile beraber bulunması ve onu enzimatik veya mikrobiyal parçalanmaya karşı koruyan bir tabaka teşkil etmesi, hazmolabilirliğini düşürmek-

tedir. Geviş getiren hayvanlarda değişik sellülozlu maddelerin hazmolurluğu lignin muhteviyatı ile ilgili olarak % 70'e kadar çıkmaktadır. Fakat sap ve saman gibi tarımsal atıkların protein miktarları çok düşüktür. Bu nedenle değişik ürünlerin sap ve samanlarının kimyasal ve fiziksel yöntemlerle muamele ederek hazmolabilirliği artırılabilmişse de, gene de düşük protein miktarının tamamlanması gerekmektedir.

Son zamanlarda mikrobiyal fermentasyon yoluyla sellülozlu substratlardan yüksek protein ihtiva eden yem elde edilmesi için çabalar sarfedilmektedir. Buna bir örnek olmak üzere Han'ın (4) yaptığı bir çalışmadan söz edebiliriz. Han çalışmasında *Cellulomonas sp.* ve *Alcaligenes faecalis* bakterileriyle pirinç samanı substratının % 75'ini parçalayabilmiş ve kaybolan substrat ağırlığının % 18.6'sını mikrobiyal proteine dönüştürmüştür. Mikrobiyal hücre kısmı % 37 protein ve % 5 sellüloz ihtiva etmiştir. Geri kalan kısımda ise % 12 protein ve % 45 ham sellüloz saptanmıştır. Mikrobiyal proteinin analizinde amino asid bakımından yoncaya benzediği, ancak sisteini daha az içerdiği saptanmıştır. Keza Torula mayasına nazaran daha fazla tiyamin ve daha az niyasin içermiştir. Sonuç olarak in vitro çalışmalarda protein oranı yüksek olan mikrobiyal hücre kısmının rüminant olmayan, geri kalan kısmın ise rüminantların beslenmesinde kullanılması uygun bulunmuştur.

Hiroshi (5) soyanın çeşitli amaçlarla işlenmesinden geriye kalan atıklar üzerinde çalışmıştır. Çünkü bu atıklar yüksek biyokimyasal ve kimyasal oksijen gereksinimleri (BOG ve KOG) nedeniyle ciddi bir kirletme amilidirler. Biyolojik yöntemlerle, örneğin aktifleştirilmiş çamur yöntemiyle bu sorunun çözümü için büyük alan ve yüksek parasal olanaklara gereksinme gösterir. Bu nedenle araştırmacı bu soya atık maddeleri üzerinde bazı maya suşlarını (*Candida guilliermondii*, *Debaryomyces klöckeri*, *D. hansenii*, *To-*



Şekil : 1

Sellülozdan üretim şeması (Finn'den kısaltılarak alınmıştır) (1).

rulopsis candida ve Pichia scolyti yetiştirme deneyi denemiştir. Sonuç olarak en iyi sonuç D. kloeckeri AHV 3932 suşuyla elde olmuştur. Bu suş 100 g atık üzerinden 29 g ile en yüksek hücre verimi vermiş, diğer taraftan da bu atığın BOG ve KOG değerlerini sırasıyla % 83.8 e % 80.4 oranında düşürmüştür. Yani BOG ve KOG değerleri sırasıyla 27 600 ve 25 700 mg'dan 4470 ve 5.040 mg'a kadar düşürülebilmştir ki, bu kirletme sorununa çözüm getirebilecek bir nitelikte görülmüştür. Kaldı ki elde olunan hücre kısmının fazla miktarda azotlu maddeler ihtiva etmesi ayrıca değerlendirilmelidir.

Takei ve Mochizuki (9) T. xylinus OUT 6182 suşuyla soyadan bir fermantasyon ürünü, «Miso» nun elde olunması sırasında açığa çıkan atık üzerinde yaptığı denemelerde BOG değerini yaklaşık % 90'a kadar düşürmeyi başarmıştır.

Yukarıda sellülozla beraber bulunan ligninin enzimlerin sellüloza etki yapma-

larını önleyen bir unsur olarak ifade etmiştik. Bununla beraber bazı funguslar lignini parçalayabilmektedirler. Lignosel-lülozik atıkları bu mikroorganizmaları kullanarak proteine dönüştürmeyi deneyen Eriksson, et al. (2) kırmızı fungus adıyla bilinen Sporotrichum pulverulentum ile araştırmalar yaptılar. Bu deneyde substrat olarak kâğıt endüstrisinde üretimin % 1-5 oranını teşkil eden ve ıslak oldukları için ancak kurutularak yakılmak suretiyle değerlendirilebilen lifler kullanılmıştır. Elde olunan sonuçlara göre fazla miktarda lignin ihtiva eden bu substrat üzerinde yetişen fungus miçelinde % 6 kadar protein bulunmuştur ki, bu miktar düşüktür. Buna neden olarak çok kompleks bir karbon kaynağı olan ligninin parçalanması için fazla miktarda enzim gereksinmesine ve bu ekstrasellüler enzimlerin miçelin protein miktarının aleyhine olarak meydana gelmeleri gösterilmiştir. Bununla beraber araştırmacı yukarıdaki işlemde elde olunan son ürünü

protein bakımından zenginleştirmek amacıyla *Candida utilis* ile simbiyotik bir çalışma yapmış ve böylece yüksek proteinli bir son ürün elde edebilmiştir.

Peitersen (10) ise, arpa samanını *Trichoderma viride*'nin QM 9123 suşunu kullanarak samanda bulunan % 3 oranındaki protein miktarını % 21-26'ya kadar yükseltebilmiştir.

Yukarda örnek teşkil etmek üzere verdiğimiz çalışmalar sellülozlu atıkların dünyanın azalan ham madde kaynaklarına, insan ve hayvan beslenmesindeki protein açığına ve nihayet tabiatın kirlenme-

sine neden olan atık maddeler sorununa bir çözüm arandığını göstermesi bakımından bizim için hem sevindirici hem de düşündürücü olmalıdır. Çünkü bugün hâlâ tabiatı ve kaynaklarını son sınırlarına kadar sömürmeye devam eden ve teknolojiyi son zamanlarda sık sık sözü edilen «Sıfır Gelişme» ye zorlayan güncel olay biyoteknolojinin araştırmalarıyla hiçbir zaman gerçekleşmeyecektir. Ve bu alanda bol konuları olan memleketimizin Gıda Teknologlarından hizmet ve Fakültemizde laboratuvar ve pilot tesis ölçüsünde yapılan çalışmalara katılmak üzere hevesli kişiler beklediğini belirtmeliyim.

KAYNAKLAR

- 1) Anonymous. 1975. Cellulose as a Chemical and Energy Resource. John Wiley and Sons. New York.
- 2) Eriksson, K.E ve Larsson, K. 1975. Fermentation of Waste Mechanical Fibers from a Newsprint Mill by the Rot Fungus *Sporotrichum pulverulentum*. Biotechnology and Bioengineering. 17. 3.
- 3) Evliya, H. 1954. Gübre Bilgisi. A. Ü. Ziraat Fak. Yayınları : 59
- 4) Han, Y. W. 1975. Microbial Fermentation of Rice Straw: Nutritive Composition and In Vitro Digestibility of the Fermentation Products Appl. Mic. 29. 4.
- 5) Hiroshi, S. 1974. Treatment of Soybean Spent Solubles by Means of Yeast Cultivation. J. of Food Science. 39 934.
- 6) İlisulu, K. 1973. Yağ Bitkileri ve Islâhı. Çağlayan Kitabevi.
- 7) İncekara, F. 1971. Endüstri Bitkileri ve Islâhı. E. Ü. Ziraat Fak. Yayınları : 65.
- 8) Kadaster, İ. E. 1960. Ziraî Kimya A. Ü. Ziraat Fak. Yayınları: 57.
- 9) Peitersen, N. 1975. Production of Cellulase and Protein from Barley Straw by *Trichoderma viride*. Biotechnology and Bioengineering. 17. 305 - 314.
- 10) Takei, M. ve Mochizuki, T. 1968. Treatment and Utilization of Wastes from Miso Manufacturing Plant. 4. Treatment of Cooking Drain of Soybeans by Yeasts. Sskinsyo Miso Kenkyujo Hohkoku (9): 17.

ŞARAP ANALİZ YÖNTEMLERİ

Doç. Dr. Işıl FİDAN

DERNEĞİMİZDEN ÖDEMELİ İSTENEBİLİR