

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

120 990

SAMANI SODYUM HİDROKSİD İLE İŞLEYEN KOMBİNE MAKİNALARIN
TASARIMI VE YAPIMI

HASAN H. SİLLELİ

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

ANKARA

2002

Her hakkı saklıdır.

120990
T.C. YÖK İZMİR EKİM 2002
T.C. İZMİR EKİM 2002

150 380



Prof. Dr. Musa AYIK danışmanlığında Zir.Yük.Müh. Hasan H. SİLLELİ tarafından hazırlanan bu çalışma 11/10/2002 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarım Makinaları Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof .Dr. Musa AYIK

İmza : 

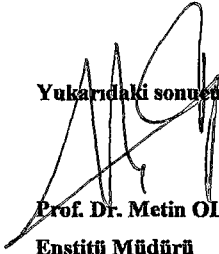
Prof. Dr. Aziz ÖZMERZİ

İmza : 

Prof. Dr. İbrahim ÇİLİNGİR

İmza : 

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.


Prof. Dr. Metin OLGUN
Enstitü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

SAMANI SODYUM HİDROKSİD İLE İŞLEYEN KOMBİNE MAKİNANIN TASARIMI VE YAPIMI

Hasan H. SİLLELİ

Ankara Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Musa AYIK

Bu çalışmada, küçük tarımsal işletmelerde, tahıl artığı sap-samanın NaOH ile işlenerek değerlendirilmesini sağlayacak kombine bir makinanın tasarımı ve imalatı amaçlanmıştır.

Balyalar halinde toplanmış biçerdöver artığı saman, tasarımı ve imalatı yapılan makinada kıyılarak, NaOH ile işlenip depoya üflenmesi sağlanmıştır. Makinanın çalışma karakteristikleri; samanın hidrolizi sonucunda kuru madde içindeki organik maddenin sindirilebilirlik derecesi, samanın kıyılma boyutu, makina güç gereksinimi ve yakıt tüketiminin belirlenmesi ile bulunmuştur. Buna göre, uygun makina devir sayısı 950 min^{-1} olarak belirlenmiştir.

2002, 75 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Saman, samanın kimyasal işlenmesi, NaOH, makina tasarımı, makina yapımı

ABSTRACT

PhD. Thesis

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A STRAW MACHINE WITH
SODIUM HYDROXIDE

Hasan H. SİLLELİ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Musa AYIK

In this study, the design and construction of a combine machine that to upgrades straw-grain residues treatment with NaOH on farm scale is proposed.

The collected straw that formed bale after combine harvester was cut and treated with NaOH and than blowed in the warehouse by designed and constructed machine. The characteristics of the machine was found by determining digestible organic matter degree in dry matter of straw, particle length of straw and power and fuel requirement of machine. Having regard to this, optimum machine revolution was determined as 950 min⁻¹.

2002, 75 pages

Key Words: Straw, chemical treatment of straw, NaOH, machine design, machine construction.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Türk hayvancılığında, saman, özellikle kış aylarında önemli bir yer tutmaktadır. Ancak, herhangi bir işlem görmeden yem olarak kullanılan saman, besleyici olmamakta sadece dolgu görevi yapmaktadır. Özellikle kimyasal işlemden geçtikten sonra hayvan yemi olarak kullanıldığında ise kalın lignin tabakası yumuşamakta ve içindeki organik madde hayvanlar tarafından kolayca sindirilebilir hale geçmektedir. Kimyasal işlemlerden biri de NaOH ile saman hidrolizidir.

Dünyada ve özellikle Avrupa'da konu üzerinde uzun yıllardan beri araştırmalar yapılmaktadır. İşlem için değişik makinalar geliştirilmiştir. Bu araştırmada, çiftçinin ürettiği sapı kıyabileceği, NaOH ile işleyip depoya üfleyebileceği kombine bir makinanın tasarımı ve imalatı amaçlanmıştır.

Tez çalışmamın her aşamasında yardımlarıyla beni yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Musa AYIK'a teşekkürlerimi sunarım. Makinanın imalatı safhasında değerli katkılarıyla bana yardımcı olan Tarsan Tarım Makinaları A.Ş.'ne ve Dizayn Mühendislik'e teşekkür ederim. Kimyasal analizlerin yapılmasında gösterdiği titizlikten dolayı Sayın Zir. Yük. Müh. Kasım MUTLU'ya teşekkür ederim. Makinanın imalatının gerçekleştirilmesinde yardımcı olan A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Atölyesi elemanlarına ayrıca teşekkür ederim.

Bu araştırmaya, A.Ü. Rektörlüğü Araştırma Fon Müdürlüğü'nün 95-25-07-11 nolu projesi ile mali destek sağlanmıştır. A.Ü. Rektörlüğü Araştırma Fon Müdürlüğü ilgililerine teşekkür ederim.

Araştırmanın Türk Tarımına, imalatçı ve araştırmacılara yararlı olmasını dilerim.

Hasan H. SİLLELİ

Ankara, 2002

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER DİZİNİ	viii
1.GİRİŞ	1
1.1. NaOH ile Saman İşleme Yöntemleri	5
1.1.1. Islak yöntem	5
1.1.2. Yarı kuru yöntem	6
1.1.3. Kuru Yöntem	7
1.2. Samanın Kimyasal İşlenmesi ile Sağlanan Avantajlar	8
1.3. NaOH ile Saman İşleme Makinaları	8
1.4. Samanın Fiziksel İşlenmesi	10
1.5. Sindirilebilirlik Analizlerinde In vitro ve In vivo Uygulamalarının Karşılaştırılması	12
1.6. NaOH ile İşlenmiş Samanın Depolanması ve Hayvan Sağığına Olan Etkileri	12
1.7. Tezin Amacı	13
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	14
3. MATERYAL VE YÖNTEM	29
3.1. Materyal	29
3.1.1. Kombine makinanın özellikleri	30
3.1.2. Dozajlama pompasının özellikleri	30
3.1.3. Traktörün özellikleri	31
3.1.4. Hidrolik sistemin ve hidrolik motorun özellikleri	33
3.1.5. Balya iletici tablanın özellikleri	36
3.2. Yöntem	36
3.2.1.Kombine makinanın tasarımı ve imalatı	37

3.2.1.1. Kıyıcı tasarımı	37
3.2.1.2. Kıyıcı milinin hesabı	39
3.2.1.3. Rulman hesabı	43
3.2.1.4. Kayış kasnak hesabı	44
3.2.2. Makinanın güç gereksiniminin belirlenmesi	46
3.2.3. Yakıt tüketiminin belirlenmesi	46
3.2.4. Samanın NaOH ile hidrolizlenmesi	48
3.2.5. Hidrolizlenmiş samanın in vitro yöntemi ile OMS'nin bulunması.	49
3.2.6. Saman kıyılma boyutunun bulunması	50
3.2.7. Makina üfleme basıncının bulunması	50
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	52
4.1. Kombine Makinanın Teknik Özellikleri ve Hesaplamalara İlişkin Sonuçlar	52
4.1.1. Kombine makinanın teknik özellikleri	52
4.1.2. Makinaya ilişkin konstrüksiyon hesap sonuçları	55
4.2. NaOH ile işlenmiş samana ilişkin sonuçlar	59
4.3. Makinanın güç gereksinimine ilişkin sonuçlar	61
4.4. Makinanın saman işleme kapasitesi	62
4.5. Makinanın yakıt tüketimine ilişkin sonuçlar	64
4.6. Kıyılma boyutlarına ilişkin sonuçlar	67
4.7. Makina hava hızına ilişkin sonuçlar	68
5. ÖNERİLER	70
KAYNAKÇA	71
ÖZGEÇMİŞ	75

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Hububat samanı hücre çeperinin yapısı	2
Şekil 1.2. Yem bitkilerinin lignin içeriğinin selüloz sindirilebilirliğine etkisi	2
Şekil 1.3. Saman işleme yöntemleri	4
Şekil 1.4. Amonyakla işleme yöntemi	5
Şekil 1.5. Beckmann yönteminde kullanılan yıkama havuzu	6
Şekil 1.6. Yarı kuru yöntemin işlem akışı	7
Şekil 1.7. Sabit makinalarda iş akışı.	9
Şekil 1.8. Seyyar tip makinalarda iş akışı.	10
Şekil 2.1. İşlenmiş saman üzerine yonca eklemenin etkisi	20
Şekil 2.2. NaOH'ın sıcaklığa bağlı olarak değişen donma noktaları	22
Şekil 2.3. NaOH miktarına bağlı OMS artışı	23
Şekil 2.4. NaOH ile işlem görmüş yazlık buğday samanında yığın yüksekliğine bağlı olarak oluşan sıcaklıkları	24
Şekil 2.5. TAARUP 805 saman işleme makinasının şematik görünüşü	24
Şekil 2.6. NaOH miktarına bağlı selüloz sindirilebilirliği	25
Şekil 2.7. Samanın ayrışma etkisinin belirlenmesinde analitik yöntem	26
Şekil 2.8. Karıştırıcı görünüşü.	27
Şekil 2.9. NaOH miktarının OMS'ye etkisi	27
Şekil 3.1. Kombine makinanın görünüşü.	30
Şekil 3.2. Dozajlama pompasının makina üzerine yerleşimi	31
Şekil 3.3. FIAT 70/56 traktörünün boyutları	31
Şekil 3.4. Kıyıcı makina ve traktör kombinasyonu	32
Şekil 3.5. Hidrolik sistemin görünüşü	33
Şekil 3.6. Hidrolik sistem şeması	34
Şekil 3.7. OMP 50 ve OMP 200 hidrolik motorlarının karakteristik diyagramları.	35
Şekil 3.8. Balya iletici tabla	36

Şekil 3.9. Prototip kıyıcının önden görünüşü	37
Şekil 3.10. Prototip kıyıcının arkadan görünüşü	38
Şekil 3.11. Üretimi gerçekleştirilen kıyıcı	38
Şekil 3.12. Karşı bıçaklar	39
Şekil 3.13. Kıyıcı ve kasnağı taşıyan mil ve yataklama şekli	40
Şekil 3.14. Kayış-kasnak sisteminin makina üzerindeki yerleşimi	44
Şekil 3.15. Gerdirme kızıağı, yatak ve kasnak mili.	46
Şekil 3.16. Kuyruk mili torkmetresine ilişkin kalibrasyon değerleri	47
Şekil 3.17. Yakıt ölçerin traktör yakıt sistemine bağlantısı	48
Şekil 3.18. Samanın işlenmesi	49
Şekil 3.19. Üfleç-kıyıcı kombinasyonu.	51
Şekil 4.1.Dikdörtgen balyaların ölçüleri	53
Şekil 4.2. Kıyıcının temel ölçüleri	53
Şekil 4.3. Kaburgalar ve 3 nokta askı sistemi	54
Şekil 4.4. Makina gövdesi ve kapağı	55
Şekil 4.5. Kamalı mil ölçüleri	56
Şekil 4.6.Kasnak ölçüleri	58
Şekil 4.7. Makina devir sayısına bağlı OMS değerleri	59
Şekil 4.8. Makinanın yüklü ve boşta çalıştırılması durumunda güç gereksinimi	62
Şekil 4.9. Makina saman işleme kapasitesi.	63
Şekil 4.10. Özgül saman işleme enerjisi	65
Şekil 4.11. Saatlik yakıt tüketimi	66
Şekil 4.12. Özgül yakıt tüketimi	66
Şekil 4.13. Devir sayısına bağlı kıyılma boyutu ilişkisi	67
Şekil 4.14. Kıyılma boyutuna bağlı OMS değerleri	68
Şekil 4.15.Makina devir sayısına bağlı hava hızı	69

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Buğdaygil samanlarının ham besin değerleri	3
Çizelge 1.2. Saman işleminin organik maddenin sindirilebilirliğine etkisi	11
Çizelge 1.3. Saman işleme yöntemlerinin yem alımına etkisi	11
Çizelge 1.4. NaOH ve partikül boyutunun kuru madde alımına ve sindirilebilirliğe etkisi	12
Çizelge 2.1. Tahıl samanlarının HP içeriği	14
Çizelge 2.2. Samanın hidrolizlenmesi ile kimyasal bileşimi ve sindirilebilirliğindeki değişimler	16
Çizelge 2.3. İşlem görmemiş ve işlem görmüş buğday samanının in vivo yöntemiyle bulunan analiz sonuçları	16
Çizelge 2.4. İşlem görmemiş ve işlem görmüş buğday samanının in vitro yöntemi ile bulunan sindirilebilirlik değerleri	17
Çizelge 2.5. İşlenmiş samanın süt sıgırcılığındaki etkileri	18
Çizelge 2.6. Saman işleme makinaları	21
Çizelge 2.7. Çeşitli konsantrasyonlarda 100 kg samana karıştırılması gereken NaOH miktarı	22
Çizelge 3.1. İşlenmemiş buğday samanının özellikleri	29
Çizelge 3.2. FIAT 70/56 traktörünün teknik özellikleri	32
Çizelge 4.1. Kıyıcı miline ilişkin hesaplanan değerler	55
Çizelge 4.2. Kullanılan kamalara ilişkin sonuçlar	56
Çizelge 4.3. Rulman hesabı sonuçları	57
Çizelge 4.4. 6208 Z sabit bilyalı rulmanın teknik özellikleri	57
Çizelge 4.5. Kayış-kasnak hesaplanan değerler	58
Çizelge 4.6. İşlenmiş samalara ilişkin laboratuvar analiz sonuçları	60
Çizelge 4.7. Makina güç tüketim değerleri	61
Çizelge 4.8. Saman işleme kapasitesi	63
Çizelge 4.9. Makina yakıt tüketim değerleri	64
Çizelge 4.10. 1 kg samanın işlenmesi için harcanan yakıt miktarı	65
Çizelge 4.11. Kıyılma boyutları	67

SİMGELER DİZİNİ

a	Kasnak eksenleri arası uzaklık (mm),
A ₀	Artık (%)
A ₁	Kurutmadan sonraki ağırlık (g)
A ₂	Yandıktan sonraki ağırlık (g)
A ₃	Alınan numune miktarı (g)
B	Saatlik yakıt tüketimi (l/h)
B _r	Rulman genişliği (mm)
b _o	Özgül yakıt tüketimi (l/kWh)
BE	Brüt Enerji
C	Dinamik yük sayısı (daN),
C _{ISO}	Yük taşıma sayısı (kN)
c ₁	Sarıma açısı düzeltme faktörü,
c ₂	Yük faktörü,
c ₃	Çap faktörü,
D	Kıyıcı çapı (m)
d	Mil çapı (mm)
D ₀	Büyük kasnağın ortalama çapı (mm)
D ₁	Hareketi alan kasnağın çapı (mm)
D _r	Rulman dış bileziğinin çapı (mm)
d _r	Rulman iç bileziğinin çapı (mm)
d ₀	Küçük kasnağın ortalama çapı (mm),
E	Milin elastikiyet modülü (daNmm ⁻²)
F _a	Eksenel yük (daN),
F _B	Bileşke kuvvet (daN)
F _{eş}	Eşdeğer yük (daN),
F _G	Kıyıcı ağırlığı (daN)
F _n	Gergin kayış kol kuvveti (daN).
F _r	Radyal yük (daN),
F _t	Çevre kuvveti (daN)
g	Yer çekimi ivmesi (m/s ²),
h	Kama yüksekliği (mm)

HK	Ham kül
HP	Ham protein
HS	Ham selüloz
HY	Ham yağ
I	Milin atalet momenti (mm^4)
<i>i</i>	Transmisyon oranı,
KB	Kıyılma boyutu (mm)
K_ϕ	Çentik faktörü (Burulma için 1.25, eğilme için 1.5)
KM	Kuru madde
KMS	Kuru maddenin sindirilebilirliği
K_y	Yüzey faktörü (İnce talaş kaldırılmış mil için 0.9)
l	Moment kolu (mm)
L_R	Rulman ömrü (h) ve
l_k	Kama uzunluğu (mm)
M	Hidrolik motorun döndürme momenti (daNmm)
M_B	Bileşke moment (daNmm),
M_b	Burulma (Dönme) momenti (daNmm)
M_e	Eğilme momenti (daNmm)
ME	Metabolik enerji
n	Makina devir sayısı (min^{-1})
NB	Nişasta birimi
NÖM	Azotsuz öz madde
OMS	Organik maddenin sindirilebilirliği
ÖS	Özgül saman işleme enerjisi (ml/kg)
p_h	Hidrolik motora giren akışkanın basıncı (daN/cm ²)
P_n	Hidrolik motordan elde edilen güç (kW)
P	İletilen güç (kW)
p	Emniyet yüzey basıncı (daNmm ⁻²)
P'	Bir kayışın $\beta_1=180^\circ$ için iletebileceği güç (kW)
P_b	Boş çalışmadaki güç (kW)
P_y	Yüklü durumdaki güç (kW)
PB	Partikül boyutu

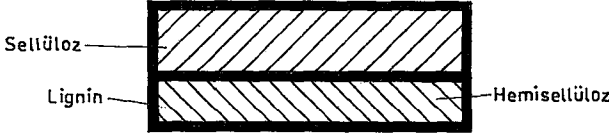
PTO	Kuyruk mili çıkışı
Q	Hidrolik motora gelen akışkanın debisi (l/min)
Q_m	İşleme kapasitesi (kg/h)
S	Emniyet katsayısı
SE	Sindirilebilir enerji
SHP	Sindirilebilir ham protein
V_h	Hidrolik motordan her devirde geçen akışkan miktarı (cm^3/devir)
v	Çevre hızı (m/s),
V	Akışkanın hızı (m/s),
V_m	Makinanın oluşturduğu hava çıkış hızı (m/s)
X	Dinamik radyal yük katsayısı
Y	Dinamik eksenel yük katsayısı
z	Kayış sayısı,
β_1	Sarılma açısı ($^\circ$),
δ_{AK}	Milin akma gerilmesi (daNmm^{-2})
δ_D	Malzemenin sürekli mukavemet sınırı (daNmm^{-2})
δ_D^*	Parçanın sürekli mukavemet sınırı (daNmm^{-2})
Δh	Mikromanometrede ölçülen yükseklik (m) dir.
δ_K	Malzemenin kopma gerilmesi (daNmm^{-2})
η_{lm}	Hidro-mekanik verim
η_t	Toplam verim
η_v	Hidrolik motorun hacimsel verimi
ρ_1	Akışkanın yoğunluğu (kg/m^3),
ρ_2	Pitot tüpünde, mikromanometrede yükselen sıvının yoğunluğu (kg/m^3),
τ_{om}	Kesme emniyet gerilmesi (daNmm^{-2})

1.GİRİŞ

Dünyanın tarıma uygun alanları sınırlıdır ve bu alanlar hayvan yemi üretiminden çok insanların beslenmesi için kullanılmak zorundadır. Ancak, hızla artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacına cevap verebilmek için bitkisel üretimle beraber hayvansal üretimin de artırılması zorunludur. Bugün verimli bir üretim yapabilmek için konsantre yemlerin yanında bitkisel artıkların da yem olarak değerlendirilmesi gereklidir. 1999 yılı verilerine göre ülkemizde yaklaşık olarak 26,2 milyon ton buğday, mısır ve arpa üretilmiştir (Anonymous 2000). Tahıl çeşitlerinden ele geçen saman miktarı ortalama olarak 1'e karşı 1.25 olarak kabul edilmektedir (Akyıldız 1985). Buna göre, toplam tahıl üretiminden elde edilen saman miktarı yaklaşık 33 milyon ton kadardır. Ne var ki bu potansiyelin ancak %13'lük bir kısmı hayvan beslemede kullanılabilenekte, %62'si israf olmakta, %20'si toprağa tekrar verilmekte, kalan kısmı ise kağıt, inşaat ve diğer sahalarda kullanılmaktadır (Akyıldız 1984). Öyle ise ülkemizde yem olarak değerlendirilebilecek tahıl artığı sap ve saman miktarı oldukça fazladır.

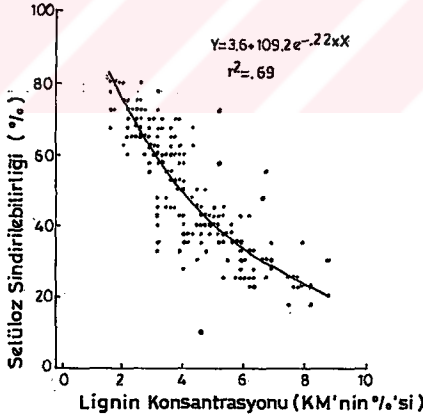
Sap, saman ve diğer harman kalıntıları, ülkemiz hayvancılığında her hangi bir işlem uygulamadan yem olarak önemli miktarda kullanılmaktadır (Kılıç ve Şayan 1984). Bu artıklar brüt enerji içeriği bakımından diğer yemlerle eşdeğer düzeydedir ve selüloza zengindir (Kristensen et al. 1981). Ancak, selüloz hücresinin etrafı lignin ile çevrilmiş bulunduğundan bu maddelerin özellikle rumen mikroorganizmalarının enzimleri tarafından sindirilme oranı oldukça düşüktür. Tahıllar rumen içerisinde çok hızlı bir şekilde sindirilebilir. Örneğin arpanın 12 saatlik inkübasyon sonucunda kuru maddesinin (KM) %75'i sindirilebilirken, arpa samanının 12 saatlik inkübasyon sonucunda yalnızca %12'si sindirilebilir (Kristensen et al. 1981). Lignin tabakasının yoğunluğu bölgeden bölgeye değişebilir (Givens et al. 1989). Kimyasal yolla lignin parçalanırsa samanın besin değeri artarak sindirilebilir enerji değeri yükselmektedir.

Genç bitkiler, protein bakımından zengin, selüloz bakımından ise fakirdir. Bitkiler yaşlandıkça; protein içerikleri azalıp selüloz içerikleri artarken bitki hücre duvarı giderek odunlaşmaktadır (Şekil 1.1). Bu yüzden de bitki yaşlandıkça sindirilebilir derecesi ve dolayısıyla yem değeri düşmektedir. Şekil 1.2'de yem bitkilerinin içerdikleri lignin miktarına bağlı olarak değişen selüloz sindirilebilirliği verilmiştir.



Şekil 1.1.Hububat samanı hücre çeperinin yapısı (Schulz et al 1981)

Bir kaç baklagil samanı hariç, hemen bütün samanlar sindirilebilir protein bakımından çok fakir, ham selüloz bakımından ise oldukça zengindirler. İçerdikleri enerjinin büyük bir kısmı, hayvanların samanı çiğnemeleri, sindirim organlarından taşımaları ve sindirebilmeleri için harcanır. Bu nedenle samanların hayvansal verime katkısı ve dolayısıyla yararlılık derecesi oldukça düşüktür (Akyıldız 1983). Tarımsal işletmelerde en çok üretilen ve hayvan beslemesinde kullanılan buğdaygil samanlarının ham besin maddeleri Çizelge 1.1'de verilmiştir.



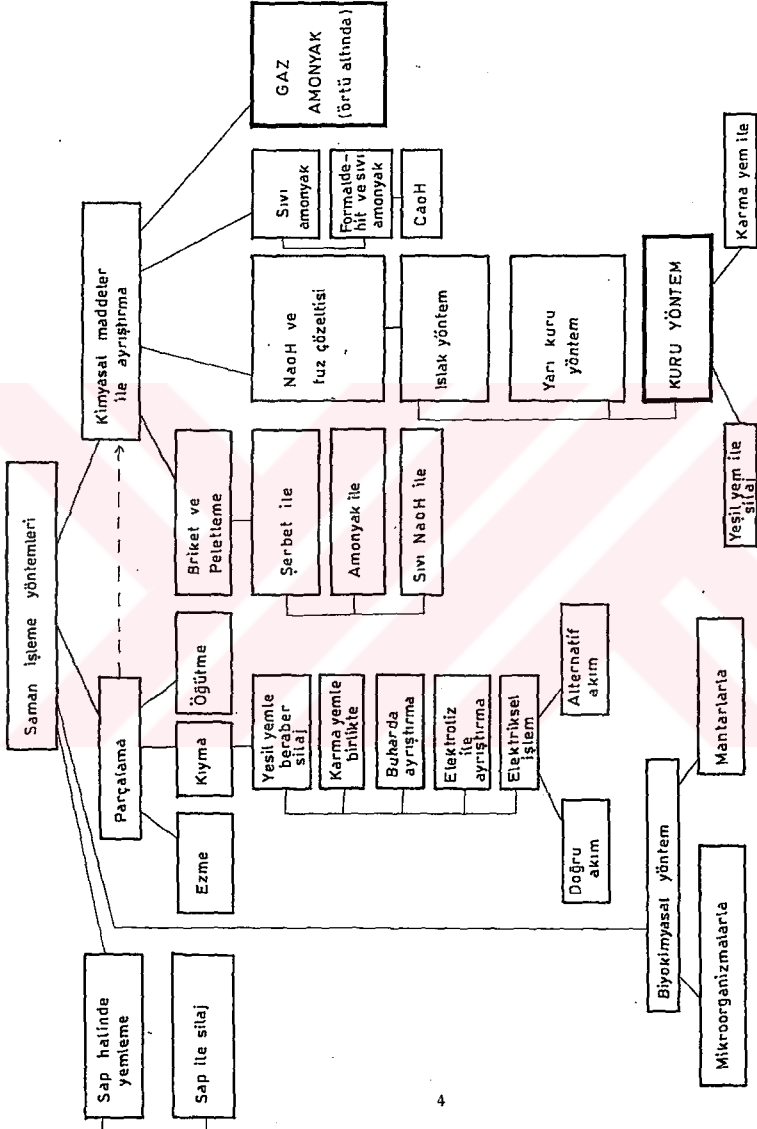
Şekil 1.2. Yem bitkilerinin lignin içeriğinin selüloz sindirilebilirliğine etkisi (Jung and Vogel 1985)

Cizelge 1.1.Buğdaygil samanlarının ham besin değerleri (Shulz et al. 1981)

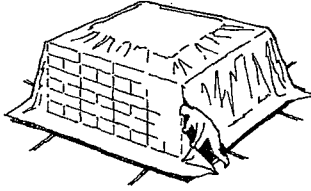
Saman Çeşidi	100 g saman için			Organik Madde	100 g saman için	
	KM	HP	HS		SHP	NB
Kışlık Buğday	892	26	402	42	5	125
Yazlık Buğday	899	29	409	42	8	126
Arpa	896	29	394	51	21	202
Yulaf	883	29	399	50	6	183

Samanın bileşimi ortalama değerlere göre % 65-75 selüloz, %15-20 hemiselüloz ve pentozanlar, %5-10 lignin, %1-3 mum ve protein, %2-10 silis gibi mineraller ve az miktarda nişastadan oluşmaktadır (Akyıldız 1985). Herhangi bir işlem görmemiş tahıl samanlarının çoğu, büyük hacimlerine rağmen düşük besleme değerine sahiptirler. Bu nedenle geviş getirenler için ancak balast yemi olarak kullanılmaktadır. Bu gerçekleri dikkate alan hayvan beslemeciler kimyasal işlemlerle hücre çeperindeki lignin duvarını parçalayarak sap ve samanın yem değerini artırma olanaklarını araştırmışlardır (Kılıç ve Şayan 1984). Yapılan çalışmaların geçmişi bu yüzyılın başlarına kadar uzanmaktadır. 1902 yılında LEHMAN tahıl artıklarının kağıt sanayinde başarı ile değerlendirilebileceğini vurgulamıştır. BECKMANN ise 1921'lerde herhangi bir basınç uygulamasına gereksinim duymayan kimyasal işlemler geliştirmiştir. Bu güne kadar geliştirilen saman işleme yöntemleri sistematik olarak Şekil 1.3'de verilmiştir.

Bu sistematikten iki ana yöntem ayırt edilebilir. Bunlar, sodyum hidroksid (NaOH) ve amonyak (NH₃) ile yapılan hidroliz yöntemleridir. Her iki yöntemde de samanın sindirilebilirliğini dolayısıyla yem değerini artırmak için hücre çeperindeki lignin zırhının çözülmesi amaçlanmaktadır. Fakat her iki yöntem uygulanış yönünden birbirinden farklıdır. NaOH'in uygulanışı için özel karıştırıcı makineler gerekmesine karşın, samanın hidrolizi NH₃'a göre daha kısa sürede gerçekleşmektedir. Örneğin aynı miktardaki samanın hidrolizi NaOH işleminde en geç bir hafta içinde gerçekleşirken NH₃'da 7-8 haftada gerçekleşmektedir. Ayrıca NH₃ ile işlenmede; ortam sıcaklığı, samanın nemi, saman balyasının yoğunluğu ve rüzgar önemli derecede etkili olmakta ve bu şartlar sağlanamadığında hidroliz olayı uzamaktadır (Öztürkcan 1988).



Şekil 1.3. Saman işleme yöntemleri (Schulz et al 1981).



Şekil 1.4. Amonyakla işleme yöntemi (Sundstol and Coxworth 1984)

Bunun yanında NH_3 ile işlem görmüş samanın organik maddesinin sindirilebilirliği %57 iken bu değer NaOH ile işlem görmüş samanda %66'ya çıkabilmektedir (Sundstol and Coxworth 1984). Eğer amonyakla işlenmiş saman, yeşil kısımlar ve buğday içeriyorsa, amonyak ve şekerler yüksek sıcaklıklarda toksin üretir. Bu da deli dana hastalığı denen zehirlenmeye yol açabilir ve buzağılara da geçebilir (Sundstol 1991). Amonyak uygulamasında, yığın halinde dizilen balyaların üzerine polietilen bir örtü ile örtülerek içerisine gaz ya da sıvı NH_3 basılmakta ve bu halde 7-8 hafta beklemeye bırakılmaktadır (Şekil 1.4).

1.1. NaOH ile Saman İşleme Yöntemleri

NaOH ile samanın işlenmesinde üç ana yöntem vardır. Bunlar;

- Islak yöntem,
- Yarı kuru yöntem,
- Kuru yöntemdir.

1.1.1. Islak yöntem

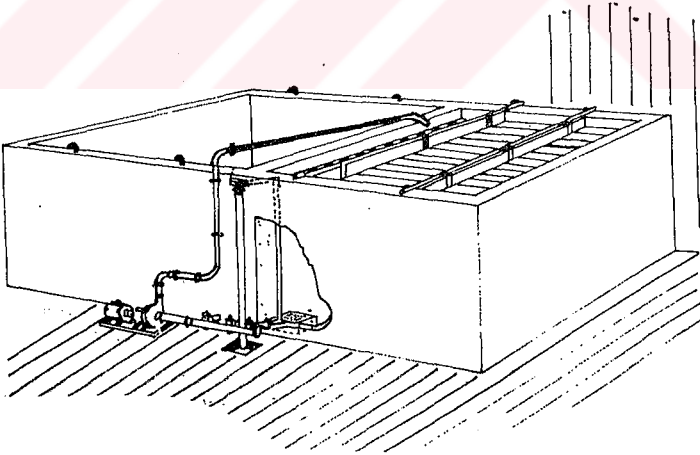
Beckmann yöntemi olarak adlandırılan ıslak yöntemde saman, ağırlığının %8'i kadar NaOH ile yumuşatıldıktan sonra bir kaç saat dinlenmeye bırakılmaktadır. Daha sonra ağırlığının yaklaşık 50 katı kadar su ile yıkanmaktadır (Kılıç 1985). Bu yöntemde samanın *Organik Maddesinin Sindirilebilirlik (OMS)* derecesi %30-45'den %70-75'lere, enerji değeri ise yaklaşık iki katına çıkabilmektedir. Ancak, bu yöntemin şu sakıncaları vardır (Schulz et al 1981):

- İşgücü gereksinimi fazladır,
- Su gereksinimi fazladır,
- Su ile yıkamadan dolayı kuru madde kaybı oluşmaktadır,
- Çevre kirlenmesine neden olmaktadır.

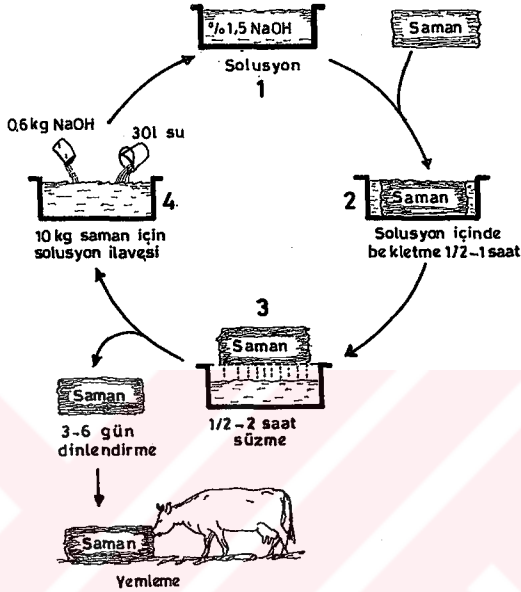
Şekil 1.5'de Beckmann yönteminin uygulandığı havuz görülmektedir (Cottyn and Van Hoecke 1981)

1.1.2. Yarı kuru yöntem

Islak yöntemin sakıncalı yanlarının ortadan kaldırılması amacıyla geliştirilen bu yöntemde; 20-50 mm uzunluğunda kıyılan saman, %10-12'lik NaOH ile karıştırılmaktadır. Bu sırada sıcaklık 60-80 °C'ye kadar çıkmaktadır. Daha sonra karışım presten geçirilerek kullanılan NaOH çözeltisinin %5-6'sı geri kazanılmaktadır. Presleme yoluyla elde edilen ürünün nem içeriği %85'den %60'a indirilebilmekte, bu aşamadan sonra ürün ya kurutulmakta ya da pelet haline getirilmektedir (Schulz et al 1981). Ancak, bu yöntem, gerek araç gereç ve gerekse kurutma için ek enerji ihtiyacı nedenleriyle uygulamada sınırlı olarak kullanılabilir (Kılıç 1985). Şekil 1.6'da yarı kuru yönteme alternatif olarak Danimarkalıların geliştirdiği sistem görülmektedir.



Şekil 1.5. Beckmann yönteminde kullanılan yıkama havuzu (Cottyn and Hoecke 1981)



Şekil 1.6. Yarı kuru yöntemin işlem akışı (Anderson and Boisen 1989, Homb 1984)

1.1.3. Kuru Yöntem

Islak ve yarı kuru yönteme göre önemli avantajlar içeren kuru yöntemde, NaOH ile işlenmiş saman nötrale edilmeksizin doğrudan hayvanlara verilebilir. Çünkü, bu yöntemde saman, %5'lik NaOH ile işlenerek, orta kaliteli bir yemle eşdeğer bir duruma gelmektedir (Schulz et al 1981). 5-10 cm boyutlarında kıyılan saman üzerine %5'lik NaOH uygun bir makina içerisinde püskürtülerek karıştırılması sağlanmaktadır. İşlem görmüş saman bir depoya üflenmekte ya da yığın oluşturması sağlanarak lignin tabakasının yumuşaması amacıyla 3-4 gün süreyle reaksiyona bırakılmaktadır. Bu sırada saman yığınının ortasında sıcaklık 100 °C'ye kadar yükselebilmektedir.

1.2. Samanın Kimyasal İşlenmesi ile Sağlanan Avantajlar

Hidroлиз yönteminin sağladığı üstünlükler şöyle sıralanabilmektedir (Akyıldız 1984):

- Yem değeri düşük olan sap ve saman gibi artıklar değerlendirilebilmektedir. 3.4 kg işlenmemiş samanın 1.7 kg NaOH ile işlenmiş veya 1.9 kg NH₃ ile işlenmiş samanla aynı değerde net enerji verdiği kabul edilir (Kristensen et al. 1984).
- Sulu arazilerin yem üretimi için ayrılması yerine daha karlı olan endüstri bitkilerinin üretimine olanak sağlanmaktadır,
- İşlenmiş yemlerin taşınmasında ve depolanmasında kolaylık sağlanmaktadır. Taşıma, işlenmiş samanların maliyetini etkileyen önemli bir faktördür. Eğer üretilen saman miktarı ihtiyaçtan fazla değilse samanların işlenmesi ile elde edilecek birim enerji bakımından taşıma maliyeti ile rekabet oluşturabilir. Örneğin, ulaşılacak yüksek süt verimi harcanan pahalı enerjinin yerine konmasını sağlayabilecektir (Kristensen et al.1984).
- İşlenmiş yemler uzun süre dayanıklı olup kokuşmamakta ve küflenmemektedir,
- Hayvan beslemede büyük önemi olan kaba yem ve kesif yemin hazırlanmasında işgücünden tasarruf sağlanmaktadır,
- Hayvan beslemesinde karlılık artmakta, toplam masrafların %70'ini oluşturan yem masrafları önemli ölçüde düşmektedir. Süt sığırcılığında kimyasal yolla işlenmiş saman en azından yem alma kapasitesinin düşük olduğu laktasyonun ilk kısmında kaba yeşil yemlerle yarışabilecektir (Kristensen et al.1984).

1.3. NaOH ile Saman İşleme Makinaları

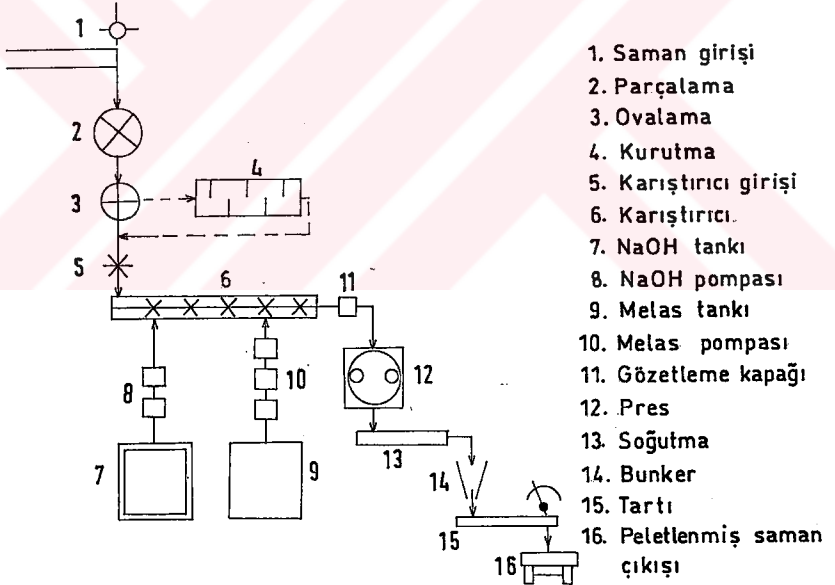
Çeşitli ülkelerde yapılan çalışmalar sonucunda, samanın NaOH ile işlenmesine uygun makinalar geliştirilmiştir. Bu makinalar genel olarak iki grupta ele alınabilmektedir. Bunlar;

1. Sabit makineler (Sanayi amaçlı)

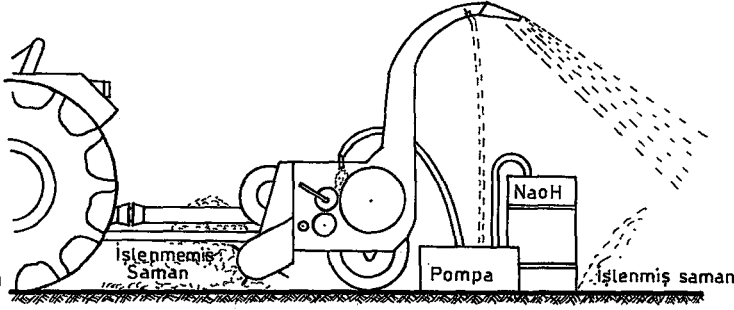
2. Seyyar makinelerdir (Küçük tarımsal işletmeler için).

Bir saman işleme tesisinde kullanılan sabit makineler için işlem akış diyagramı Şekil 1.7'de verilmiştir. Sabit tip makineler ile üretilen hidrolize saman genelde karma yemlerin bir bileşenini oluşturmakta ve pelet yem halinde piyasaya sürülmektedir.

Şekil 1.8'de ise seyyar tip makinenin çalışma ilkesi şematik olarak verilmiştir. Hareketini traktör kuyruk milinden alan bu seyyar tip makinada saman, bir toplayıcı yardımıyla karıştırıcı içerisine iletilir ve NaOH ile işlem gördükten sonra bir üfleç ile depoya gönderilir.



Şekil 1.7. Sabit makinelerde iş akışı



Şekil 1.8. Seyyar tip makinalarda iş akışı (Santoro and Conte 1981)

1.4 Samanın Fiziksel İşlenmesi

Bir çok materyalin fiziksel özellikleri biliniyor olmasına karşın, samanın fiziksel özelliklerine ilişkin çok az bilgi vardır, onlarda genelde materyalin mekanik davranışını tanımlayan gerilme ve kesilme direncidir. Yayınlanan çalışmalarda samanların gerilme direnci 9-32 MPa, kesilme dirençleri ise 5.4-8.5 MPa arasında değiştiği vurgulanmıştır (O'Dogherty 1989).

Saman düşük yoğunluklu bir maddedir. Bu nedenle serbest halde depolanması, saklanması ve taşınması güçtür. Balyalanmış saman dışarıda yığın halinde depolanarak saklanabilir. Ancak, üstü örtülmezse samanın hasar göreceği unutulmamalıdır. Saman bir plastikle örtülür ya da bir çatı altına alınırsa kalitesini kaybetmeden uzun süre saklanabilir (Eder 1989). Samanlar genelde 90-100 kg/m³ yoğunluğunda dikdörtgen balyalar ya da yoğunluğu 150 kg/m³'den fazla olan yuvarlak balyalar şeklinde taşınırlar. Ancak yuvarlak balyaların şekinden dolayı kamyonlarda taşıma yoğunluğu düşüktür. Özel tasarlanmış makinalarla balyalanmış samanın yoğunluğu 300-600 kg/m³'e çıkartılabilir (Sundstol 1991).

Samanlara uygulanan parçalama, öğütme ve peletleme işlemleri samanın besin değerini geliştirmez. Ancak yem alımını ve sindirim sisteminden geçiş oranını yükseltir. Geçiş oranının hızlanması sindirilme oranını düşürür (Sundstol 1991, Kristensen and et al

al 1981, Hunt et al 1984). Diğer yünden ise parçalama, samanı yumuşatarak, rumenin büzülme sayısını ve tükürük salgısının yoğunluğunu azaltarak sindirim için harcanan enerjiyi azaltır (Kristensen 1984). Çizelge 1.2'de samana uygulanan fiziksel ve kimyasal işlemlerin işlenmemiş samana göre organik maddenin sindirilebilirliğine etkileri verilmiştir.

Çizelge 1.2 incelendiğinde OMS en yüksek değer olarak NaOH ile ıslak yöntemle işlenmiş samanda ulaşılabilir. Yalnızca fiziksel işlem uygulanmış samanda sindirim sisteminden geçiş hızlı olması nedeniyle en düşük değerlere ulaşılmıştır.

Çizelge 1.3'de ise saman işleme yöntemlerinin hayvan beslemesinde KM alımına etkileri görülmektedir. Çizelge 1.3 incelendiğinde KM alımının fiziksel işleme ile yükseldiği görülmektedir.

Çizelge 1.2. Saman işlemenin organik maddenin sindirilebilirliğine etkisi (Sundstol 1991)

Yöntem	İşlenmemiş samana kıyasla OMS artışı (%)
Üre uygulaması	13-18
NH ₃ uygulaması	18-29
NaOH ıslak uygulama	43
NaOH kuru uygulama	23-31
Fiziksel uygulama	0
Peletleme	-4

Çizelge 1.3. Saman işleme yöntemlerinin yem alımına etkisi (Sundstol 1991)

Yöntem	İşlenmemiş samana kıyasla KM alımı (%)
Üre uygulaması	45
NH ₃ uygulaması	19
NaOH kuru uygulama, parçalanmış peletlenmiş	18
Fiziksel uygulama:	92
Peletleme	7
	37

Çizelge 1.4. NaOH ve partikül boyutunun (PB) kuru madde alımına ve sindirilebilirliğe etkisi (Hunt et al. 1984)

Partikül boyutu (PB)	2.5 cm		10 cm		Standart hata	Temel etki
	% 0	% 4	% 0	% 4		
NaOH miktarı						
Koyun sayısı	6	6	6	6		
KM alımı, g/gün	499	667	460	606	22	PB, NaOH
KM sindirilebilirliği, %	50.6	61.4	57.6	64.3	1.3	PB, NaOH
NDF sindirilebilirliği, %	18.3	34.6	27.2	37.8	1.8	PB, NaOH

Çizelge 1.4'de buğday samanında NaOH uygulaması ve partikül boyutunun kuru madde alımına ve sindirilebilirliğe etkisi görülmektedir. KM alımı, partikül boyutu büyüdükçe düşmekte, NaOH miktarı arttıkça artmaktadır. (Hunt et al. 1984)

1.5. Sindirilebilirlik Analizlerinde In vitro ve In vivo Uygulamalarının Karşılaştırılması

In vitro sindirilebilirlik ölçümleri in vivo ölçümlerinden 15-20 birim daha yüksektir (Paterson et al 1982). Bu sapmanın bir kaç sebebi vardır; NaOH ile işlenmiş saman ruminantlar tarafından yendiği zaman potansiyel olarak sindirilebilecek organik maddelerin bazıları sindirim sisteminden sindirilmeden geçerler (Kaçma etkisi). Bu organik maddeler in vitro ya da in situ rumen mikroorganizmaları tarafından uzun fermentasyon döneminde belirlenerek daha yüksek oranlarda çözülebilir (Kristensen 1981, Haddad et al. 1995).

1.6. NaOH ile İşlenmiş Samanın Depolanması ve Hayvan Sağlığına Olan Etkileri

Alkali ile işlem görmüş saman beton bir kulede bir yıl süre ile silolanmış, analizler sonucunda mantar ve bakteri sayısının düşük kaldığı, pH değerinin 10 olduğu, bozulmanın çok az miktarda olduğu görülmüştür. İşlem görmüş taze ve bir yıl depolanmış saman ayrı ayrı %50 kesif yemle karıştırılarak koyunlara yedirilmiş, her iki rasyonun sindirilebilirliği eşit bulunmuş, depolanmış saman biraz daha fazla tüketilmiştir (Akyıldız 1985).

NaOH rumen'in osmatik basıncının değişmesine neden olabilir ve mineral dengesinde negatif etki yapabilir (Paterson et al 1982). Belirli minerallerin (K, Cl, Mg) desteğinin artırılması yüksek miktarlarda NaOH ile işlenmiş samanla beslenen hayvanlar için yararlı olabilir (Kristensen 1984, Anderson and Boisen 1989).

1.7. Tezin Amacı

Bitkisel artıkların değerlendirilmesi hayvancılıkta verimliliğin artırılması açasından şarttır. Türkiye'de tahıl rekoltesine eş miktarda saman elde edilmektedir. Saman herhangi bir işlem görmeden büyükbaş hayvancılıkta doyurucu kaba yem olarak önemli bir kullanım alanına sahiptir. Ne var ki, selülozca zengin olan saman, sindirilemeyen bileşenleri nedeniyle yem değeri düşük bir maddedir. Ancak çeşitli kimyasal işlemlerle samanın hücre çeperindeki kalın lignin tabakası yumuşatılabilmekte ve sindirilme oranı yükseltilebilmektedir. Bu amaçla geliştirilen yöntemlerden biri de NaOH ile samanın hidrolizidir.

Bu çalışmada, küçük tarımsal işletmelerde, tahıl artığı sap-samanın NaOH ile işlenmesini sağlayacak kombine bir makinanın tasarımı amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde NaOH ile saman işlenmesine uygun karıştırıcı makinanın geliştirilmesinde ve hidroliz yönteminin belirlenmesinde yararlanılan araştırmalar özetlenmiştir.

Antongiovanni and Sargentini (1991), arpa, yulaf, pirinç, çavdar ve buğday samanlarının özelliklerini yetiştirildiği ülkeye, toprağa, iklime göre farklılık gösterdiğini belirtmiş, 5 ülkede yetiştirilmiş tahıl samanlarının ham protein (HP) içeriğini Çizelge 2.1'deki gibi vermiştir.

Agrawal et al. (1989), makalesinde samanın ruminantlar tarafından çok yavaş bir şekilde sindirilmesinin sebeplerini aşağıdaki gibi sıralamıştır;

- Selüloz- Lignin bileşimi,
- Selüloz kristalliği,
- Moleküler yapı (polimerizasyon ve hidrojen bağları),
- Tahıl artığının nem içeriği ve olgunluğu,
- Diğer maddelerle birleşimi.

Akyıldız (1985), makalesinde samanın hidroliz yöntemleri ve tarihçesi üzerinde durmuş, NaOH ve NH₃ ile işleme yöntemlerine ve etkilerine değinmiştir. Normalde sindirilme derecesi düşük olan samanın değerlendirilmesi üzerindeki çalışmalarını üç gruba ayırmıştır;

Çizelge 2.1. Tahıl samanlarının HP içeriği

Tahıl	İsviç	ABD ve Kanada	İngiltere	Fransa	İtalya
	HP (g/kgKM)				
Arpa	54	41	38	38	32
Yulaf	45	44	34	32	29
Pirinç	-	42	40	-	37
Çavdar	32	32	36	-	-
Buğday	39-52	36	24-34	35	35-48

1. Samanın tarlada bırakılarak gübre veya toplanıp briketlenerek yakıt olarak değerlendirilmesi,
2. Samanın selüloz üretiminde değerlendirilmesi ve bu arada alkol ve metan gibi kimyasal maddelerin elde edilmesi,
3. Samanın sindirilebilirliğinin artırılması için işlenmesi.

Çalışmasında samanın besleme değerinin artırılması ile ilgili çalışmaları üç grup altında toplamıştır. Bunlar;

1. Fiziksel işlemler; samanın çeşitli makinalar kullanılarak değişik boyutlarda parçalanması ve öğütülerek sindirilme derecesinin yükseltilmesi için yapılan çalışmalardır. Fakat bu yöntemin tek başına pek ekonomik olmadığı vurgulanmıştır,
2. Fermantasyon; çeşitli mikroorganizmalar ile samanın fermantasyonu denenmiş ve henüz uygulamaya aktarılacak sonuçlar alınamamıştır,
3. Kimyasal maddeler ile işleme.

Samanın hidrolizinde kullanılan kimyasal maddelerde önem derecesine göre sıralanmıştır. Buna göre ilk sırada NaOH, daha sonra ise sırasıyla NH₃, kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂ ve potasyum hidroksit (KOH) yer almıştır.

Akyıldız, hidrolize edilecek samanın özelliklerini de vermiştir. Samanın nem oranının yaklaşık %14 olması gerektiğini vurgulamış, bu düzeyin üzerindeki nem oranlarında doğrama, kıyma ve depolamanın güç olacağını belirtmiştir. Ayrıca, hububat hasat edildikten sonra sapın tarladan 1 hafta içerisinde kaldırılması ve işlenecek samanın küflü olmaması gerektiğinden bahsetmiştir.

Bunun yanında, samanın hidrolizinde kullanılan seyyar makinalara değinmiş, samanın hidrolizlenmesi ile kimyasal bileşimi ve sindirilebilirliğindeki değişimi bir çizelge ile vererek diğer yöntemlerle karşılaştırmıştır (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Samanın hidrolizlenmesi ile kimyasal bileşimi ve sindirilebilirliğindeki değişimler (Akyıldız 1985).

İşlem	Kuru Madde (%)					OMS (in vitro %)
	Kül	Ham Azot	Ham Yağ	Ham Selüloz	N'siz öz madde	
Taşınabilir makinada kuru işlem	+4.4	+0.2	0.0	+0.3	-4.4	+11.6
NaOH+Ca(OH) ₂ +H ₃ PO ₄ +üre (Kapalı Sistem)	+8.8	+3.7	+0.4	-1.6	-14.5	+16.1
NaOH ıslak işlem, tekrarlı yıkama ile (Kapalı Sistem)	+3.6	-0.3	+0.1	+5.7	-9.1	+18.3
NH ₃ susuz yığında	-0.5	+5.4	+0.5	+0.1	-5.5	+9.5

Angela et al (1990), samanın hidrolizi sonucu kuru madde içindeki organik maddenin sindirilebilirliğini ve sindirilebilir enerji değişimini incelemiştir. Araştırmalarında buğday, arpa ve yulaf samasını ayrı ayrı kimyasal işleme tutarak, sonuçları kıyaslamışlardır. İşlem sırasında 100 kg saman için 4.5 kg NaOH kullanmışlardır. İşlem görmüş samanın organik maddesinin sindirilebilirliği ve sindirilebilir enerji değişiminin belirlenmesi amacıyla öncelikle koyunlar üzerinde in vivo metodunu denemişler, karşılaştırma yönünden de üç değişik kimyasal madde ile laboratuvar analizleri yapmışlardır. In vivo yöntemine göre yapılan analiz sonuçları Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. İşlem görmemiş ve işlem görmüş buğday samasının in vivo yöntemiyle bulunan analiz sonuçları (Angela et al. 1990)

Parametre	İşlem görmemiş saman	Kimyasal yolla işlenmiş saman	Değişim
OMS (g/kg)	371	555	184
Sindirilebilirlik katsayıları			
Organik madde	0.400	0.636	0.234
Ham lif	0.428	0.734	0.313
Ham protein	-0.308	0.028	0.528
Brüt enerji	0.347	0.541	0.195
SE (MJ/kg)	6.34	9.19	2.85

Çizelge 2.4. İşlem görmemiş ve işlem görmüş buğday samanının in vitro yöntemi ile bulunan sindirilebilirlik değerleri (Angela et al. 1989)

In vitro yöntemi	İşlem görmemiş saman	Kimyasal yolla işlenmiş saman	Değişim
Rumen fluid pepsin	367	571	212*
Pepsin-cellulase	161	348	180*
Neutral detergent-cellulase	348	521	171*

* OMS (g/kg) p<0.001

Çizelge 2.3'e göre buğday için kuru madde içindeki organik madde sindirilebilirliğindeki artış 184 g/kg, sindirilebilir enerji (SE) değerindeki artış ise 2.85 MJ/kg gibi önemli bir değere ulaşmıştır.

Angela et al'un in vitro (laboratuvar şartlarında yapılan çalışmalar) metodu ile OMS ve SE içeriğinin bulunması amacıyla sıvı rumen-pepsin, pepsin-cellulase, neutral deterjan-cellulase enzimleri ile yaptığı analizlerin sonuçları ise çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4'e göre buğday samanının sıvı rumen-pepsin uygulamasında OMS'deki değişim değerini 212 g/kg, pepsin-cellulase uygulamasında 180 g/kg, neutral detergent-cellulase uygulamasında 171 g/kg bulmuşlardır.

Butterwoth (1979), makalesinde, samanın kimyasal işlenmesinin ekonomikliğine değinmiş, kimyasal uygulamaların, tahlil maliyetinin yüksek olduğu durumlarda daha çekici olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, bu amaçlar için geliştirilmiş makinaların kapasitelerini, PTO ihtiyaçlarını ve satış fiyatlarını vermiş, 2 ...4 ton/h arasında değişen kapasitelere sahip bu makinaların PTO güç tüketimlerinin de 50...100 HP arasında değiştiğini belirtmiştir.

Büyükburç (1976), eserinde NaOH ile saman hidroliz yöntemlerine değinmiş, kuru metotta kullanılan karıştırıcı tipinden ve yöntem iş akışından bahsetmiştir. Buna göre;

1. Saman 1-2 cm boyunda kıyılmalıdır,
2. Saman %4-5 NaOH püskürtülerek helezonlu bir karıştırıcı içinde karıştırılmalıdır,

3. Ardından briket presinde sıkıştırılarak yüksek sıcaklık ve basınç oluşturulmalıdır.

Eserde, ham selülozca samanın enerji değerini yükseltecek modern teknolojinin ekonomik olması gerektiğine değinilmiş ve bunun diğer yem fiyatlarıyla karşılaştırılmasına bağlı olduğunu vurgulamıştır. Hidrolize yemin fiyatını etkileyen faktörler ise şöyle sıralanmıştır;

1. Samanın üretildiği yerdeki fiyatı,
2. Kıyma ve presleme giderleri,
3. Nakliye giderleri,
4. Depolama giderleri, kimyasal maddenin fiyatı,
5. Sabit yatırım giderleri,
6. Kimyasal maddenin fiyatı,
7. Değişen giderler,
8. İşletmenin karlılık koşulları.

Kristensen et al. (1981), araştırmalarında, işlenmiş samanın ruminantlar üzerine olan etkilerine değinilmiş, işleme yöntemleri, işlenmiş samanın diyet içindeki yeri, hayvan performansına ve yem alımına, hayvan sağlığına olan etkileri belirtilmiştir. Saman içerisindeki nitrojen (N) içeriğinin düşük olduğunu, samana üre eklenmesinin yem alımını %13, üreye ek olarak NaOH ile işlemenin de %85 artırdığına işaret etmiştir. Araştırmacılar, işlenmiş saman ile beslenen süt sığırlarındaki süt yağı ve canlı ağırlık artışlarını Çizelge 2.5'deki gibi bulmuşlardır. Rasyon içerisindeki işlenmiş saman miktarı 1.7 kg KM olmasına karşın süt yağı %0.30 canlı ağırlık artışı ise 278 g daha fazla olmaktadır.

Çizelge 2.5. İşlenmiş samanın süt sığırlığındaki etkileri (Kristensen et al 1981)

	İşlenmemiş	İşlenmiş
Konsantre yem, kg KM	6.9	6.9
Melas, kg KM	3.8	3.8
Samam, kg KM	5.7	7.4
Süt, kg	24	24.6
Süt yağı, %	3.34	3.64
Ağırlık değişimi, g	136	414

O'Dogherty (1989), çalışmasında, samanın yakıt ya da diğer amaçlar için briket yapılmasına değinmiş, çalışmasını; samanın fiziksel özellikleri, presleme karakteristikleri, briketin formu ve presleme teorisi altında dört grupta toplamıştır. İngiltere'de her yıl yaklaşık olarak 13.7 milyon ton saman üretildiğine, bunun kullanılmayan 7 milyon tonunun büyük kısmının tarlada yakıldığından bahsetmiştir. Yakılan bu materyalin 3.5 milyon ton kömür ya da 2.3 milyon ton petrol eşdeğeri olduğuna, bunların yakıt, endüstriyel yem ve kağıt yapımında kullanılabilmesine işaret etmiştir.

Frank (1977), makalesinde, fabrikalarda saman işleme yöntemleri ve teknik fizibilitesi üzerinde durmuş, NaOH'ın kimyasal özelliklerine değinmiştir. NaOH'ın çelik ve sentetik standart bunkerlerde saklanması gerektiğine ve kurşun, çinko, alüminyum gibi hafif metallerle temas ettirilmemesine dikkat çekmiştir. NaOH yoğunluğunun sıcaklığa ve konsantrasyona bağlı olarak değiştiğini belirtmiştir.

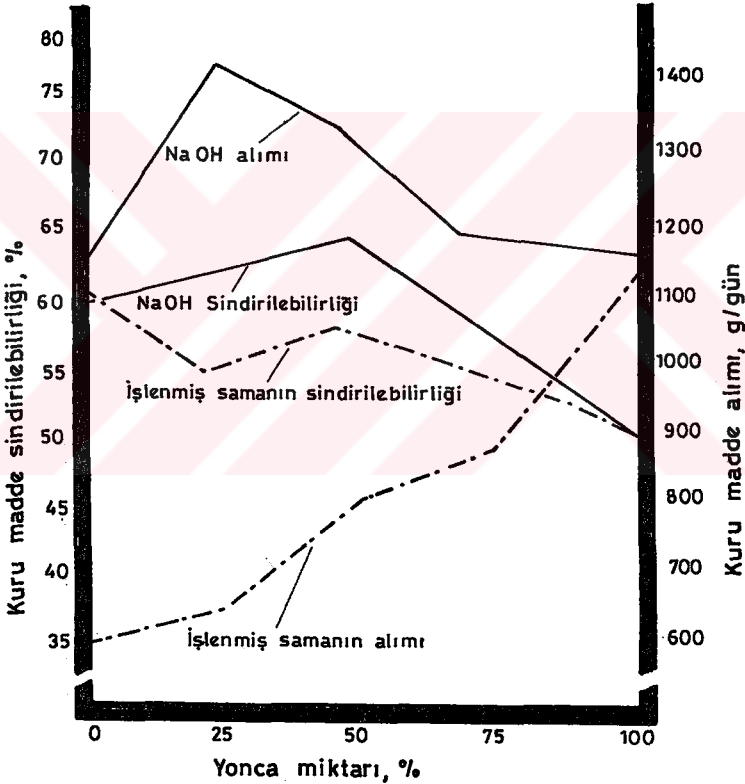
Kılıç (1985), NaOH ve NH₃ ile saman hidrolizini incelemiş ve hidrolizin mekanizmasını tanımlamıştır. Asit ile işlem gören samanın lignin bağlarının karbonhidratlara dönüştüğünü, sıcaklıkta alkali ile yapılan işlem ile de alkali hidroliz olayı (sabunlaşma) meydana gelerek bileşiğin suda çözülebilir yapı taşları ya da bazı tuzlara hidroliz edildiğini belirtmiştir. Ayrıca, ligninin bu tür çözeltiler ve parçalanma ürünlerinde selüloz fibrillerinin serbest hale geçmesinin sağlanabileceğini ve böyle bir materyalden rumen bakterilerinin kolaylıkla yararlanabileceğini açıklamıştır.

Eserde hidrolize olmuş samanın belirli bir yükseklikte yığılması gerektiği de vurgulanmıştır. Serbest yığmada, yığın yüksekliği 4-6 m olduğunda, yığın içindeki sıcaklığın kış aylarında 50-60 °C'ye yaz aylarında ise 80-100 °C'ye ulaşabileceğini belirtmiştir. Bunun yanında, materyal nemli olduğunda yığının yanma olasılığına karşı dikkatli olunması gerektiğini de vurgulamıştır.

Paterson et al. (1982), araştırmacılar, yonca samanı ve NaOH ile işlenmiş mısır koçanı ve saplarından oluşan rasyonun ortak etkilerini üç adet koyun üzerinde sindirim yönünden, bir adet boğa üzerinde de gelişim yönünden incelemişlerdir. Eşit miktarlardaki yonca ve işlenmiş mısır koçanından oluşan yem ile beslenen boğalarda canlı ağırlık artışı 0.67 kg/gün iken, yalnızca yonca ya da işlenmiş mısır koçanı ile beslenen boğalarda bu

artış 0.20 kg/gün bulunmuştur. Araştırmacılar, yoncanın iyi bir protein ve mineral kaynağı olduğunu, mantık olarak NaOH ile işlenmiş artıklar üzerine yonca eklenmesinin sindirim sisteminden geçişi uzatarak sindirilebilirliği ve gerekli minerallerin alımını kolaylaştırdığını açıklamışlar, bu etkiyi Şekil 2.1'deki gibi vermişlerdir.

Şekil 2.1'de görüldüğü gibi NaOH ile işlenmiş saman alımı en yüksek düzeydedir. Buna göre, yonca eklenmiş olsa bile, ucuz yemden daima fazla tüketilmesinin bir avantaj olduğu söylenebilir.



Şekil 2.1. İşlenmiş saman üzerine yonca eklemenin etkisi (Paterson et al 1982)

Riberio (1989), araştırıcı, besinlerin hayvanlar tarafından istekli bir şekilde yenmesinin sağlanması ve besleme ile ilgili tüm araştırmalardan elde edilen sonuçlarının değerlendirilebilmesi için bir standardizasyon getirilmesi gerektiğine işaret etmiş, yapılan araştırmalarda beslemeye etkili faktörleri aşağıdaki gibi vermiştir;

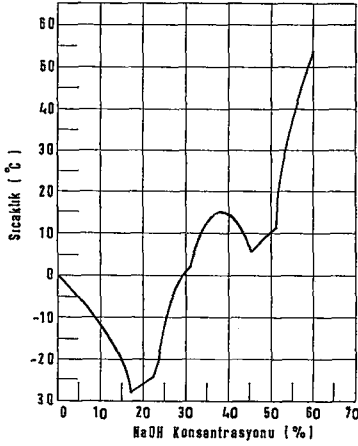
- Yemin fizyolojik mekanizması,
- Alıma etkili faktörler,
- Saman alımı,
- Alınan samanın ölçüm yöntemleri,
- Araştırıcılar tarafından kullanılan yöntemler

Richter and Burgstaller (1982), işlenmiş samanın yem değerini araştırmışlar ve samanın işlenmesinde kullanılan bazı makinalar hakkında teknik bilgiler vermişlerdir (izelge 2.6).

Araştırmada, hidroliz işlemi için gerekli NaOH konsantrasyonunun sabit makinalarda %50, seyyar makinalarda ise %27-33 civarında olması gerektiği vurgulanmıştır. Ancak konsantrasyonun seçiminde sıcaklığa bağlı olarak değişen NaOH'in donma noktalarına dikkat edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir (şekil 2.2).

Çizelge 2.6. Saman işleme makinaları (Richter and Burgstaller 1982)

Adı	Fonksiyonu	- Gücü (kW)	Kapasite (t/h)	Fiyatı (DM)
JF 2000	Parçalama ve karıştırma ayrı makinalarda	75	2.5	25000
Natromat	Parçalama ve karıştırma aynı makinalarda	40	3.0	17000
Seyyar saman işlemcisi	Parçalama ve karıştırma aynı makinada	90	4.0	27000
Taarup 805	Parçalama ve karıştırma aynı makinada	60	3.5	32000



Şekil 2.2. NaOH'in sıcaklığa bağlı olarak değişen donma noktaları (Richter and Burgstaller 1982)

Şekil 2.2'den görüldüğü gibi, %50'lik NaOH'in donma sıcaklığı +10 °C iken %30'luk NaOH'in donma sıcaklığı 0 °C civarındadır.

Richter and Burgstaller, samanın işlenmesinde etkili unsurun konsantrasyon değil kullanılan NaOH miktarı olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca, belirli bir konsantrasyondaki NaOH'den 100 kg saman için kaç litre kullanılması gerektiğini de Çizelge 2.7'deki gibi vermişlerdir.

Çizelge 2.7. Çeşitli konsantrasyonlarda 100 kg samana karıştırılması gereken NaOH miktarı (Richter and Burgstaller, 1982)

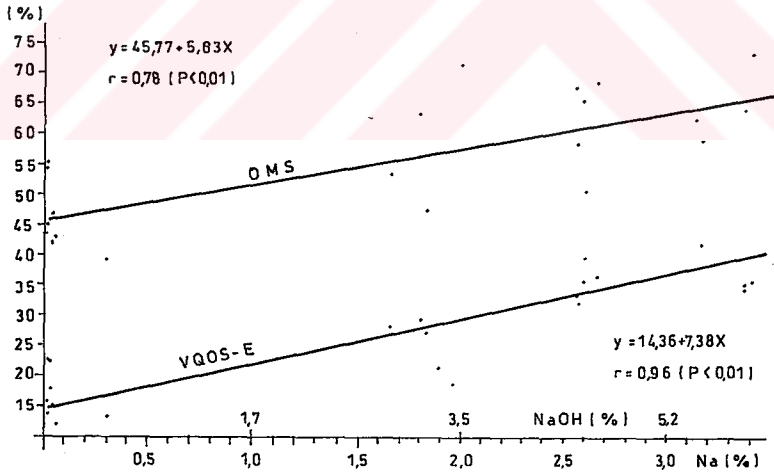
NaOH Konsantrasyonu	NaOH miktarı (l)		
	%4	%4.5	%5
%27 (1.30)*	11	13	14
%33 (1.36)*	9	10	11
%50 (1.52)*	5	6	7
* 20 °C'deki yoğunluk			

Çizelge 2.7'den de görüldüğü gibi, örneğin 100 kg samana %5 NaOH karıştırılması amacıyla %27'lik konsantrasyona sahip NaOH'den 14 litre, %33'lükten 11 litre, %50'likten de 7 litre dozajlanmalıdır.

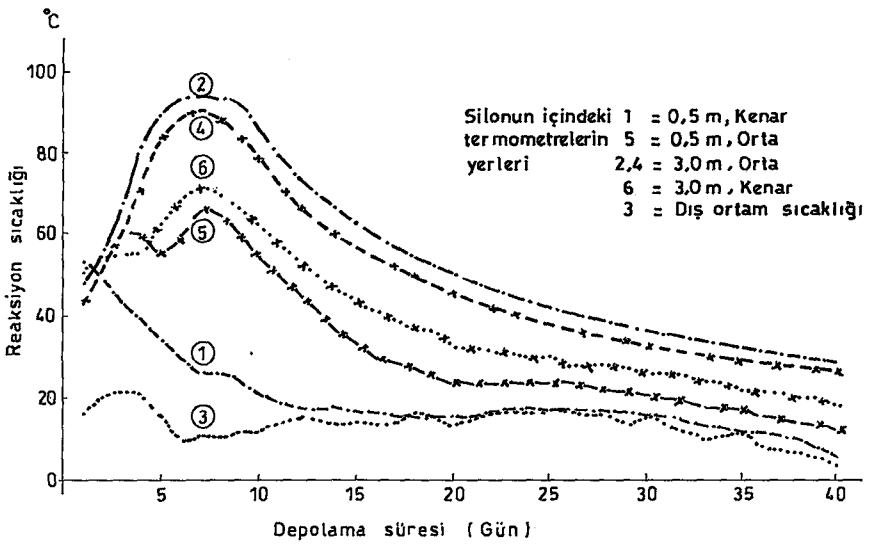
Yazarlar ayrıca, samana dozajlanan NaOH miktarının artması sonucu organik maddenin sindirilebilirliğindeki artışları da saptamışlardır. Şekil 2.3'de %4'lük NaOH'in dozajlanmasında OMS; %58, %4.5'lik dozda %62 ve %5'lik dozda da %64 olmaktadır.

Araştırmada, sıcaklığın, OMS üzerinde rol oynadığı da açıklanmış ve sıcaklık artışına işlenmiş samanın yığın yüksekliğinin de etkili olduğu ortaya konulmuştur. Şekil 2.4'de işlenmiş samanın depolama süresine yığın yüksekliğine bağlı olarak ortaya çıkan sıcaklık değerleri görülmektedir. Buna göre, 3 m'lik yığın yüksekliğinde yığının ortasındaki sıcaklık 100 °C'ye yaklaşmaktadır.

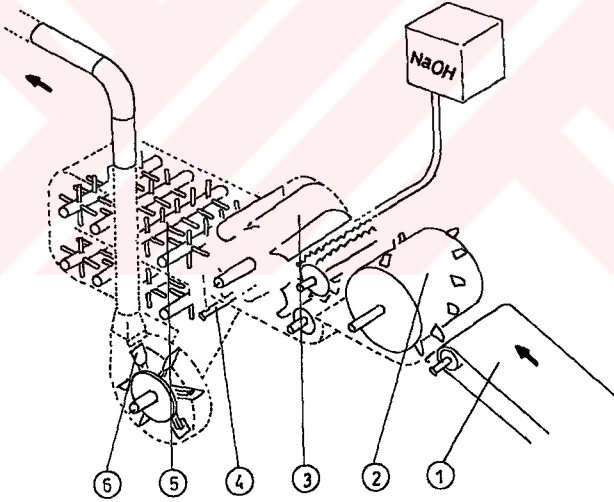
Richter (1983), araştırmasında samanın işlenmesi ile ilgili değişik yöntemleri incelemiş, samanın işlenmesinde kullanılan seyyar ve sabit makineleri teknik ve ekonomik yönden karşılaştırmıştır. Araştırmacı TAARUP 805 marka saman işleme makinasına ilişkin sematik iş akışını Şekil 2.5'deki gibi vermiştir.



Şekil 2.3. NaOH miktarına bağlı OMS artışı (Richter and Burgstaller 1982)



Şekil 2.4. NaOH ile işlem görmüş yazlık buğday samanında yığın yüksekliğine bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (Richter and Burgstaller 1982)

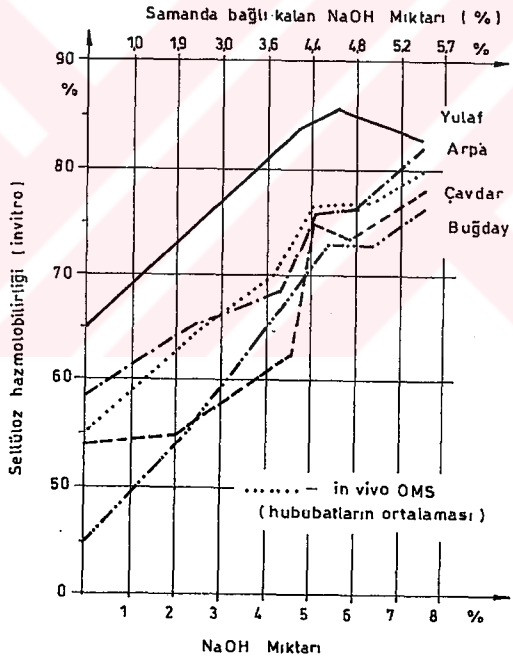


- | | |
|--------------------|-----------------|
| 1 = Saman girişi | 4 = NaOH girişi |
| 2 = Saman yedirici | 5 = Karıştırıcı |
| 3 = Hassas kırıcı | 6 = Üfleç |

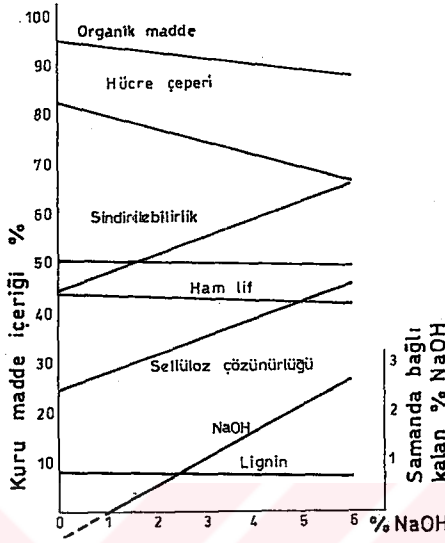
Şekil 2.5. TAARUP 805 saman işleme makinasının şematik görünüşü (Richter 1983)

Araştırmacı, buğday, yulaf, arpa ve çavdar samanlarının değişik NaOH miktarlarında selüloz sindirilebilirliğini Şekil 2.6'daki grafikte vermiştir. Burada, %5'lik NaOH ile işlenmiş buğday samanının in vitro metodu ile belirlenmiş sindirilebilirliğinin %70 civarına çıktığı (pik noktaya çok yakın olduğu) ve bundan sonraki NaOH miktarındaki artışların sindirilebilirliğe çok fazla etkili olmadığı görülmektedir.

Richter, ayrıca samanın ayrışma etkisini kuru madde esasına göre belirleyen analitik bir yöntem de vermiştir. Şekil 2.7'den görüldüğü gibi NaOH miktarının artışı ile selüloz çözünürlüğü ve sindirilebilirlik artmaktadır. Buna karşın hücre çeperi ve organik madde azalmakta, ham lif ve lignin oranı hemen hemen değişmemektedir.



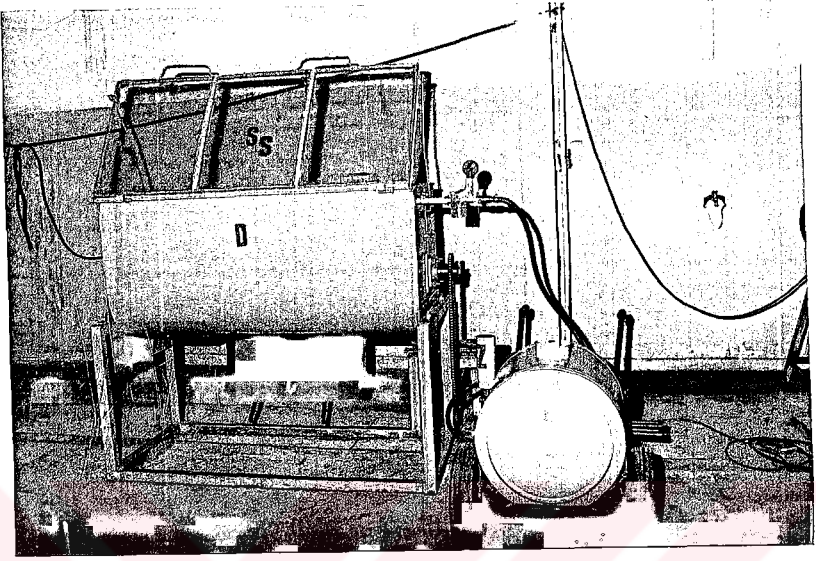
Şekil 2.6. NaOH miktarına bağlı selüloz sindirilebilirliği (Richter 1983)



Şekil 2.7. Samanın ayrışma etkisinin belirlenmesinde analitik yöntem (Richter 1983)

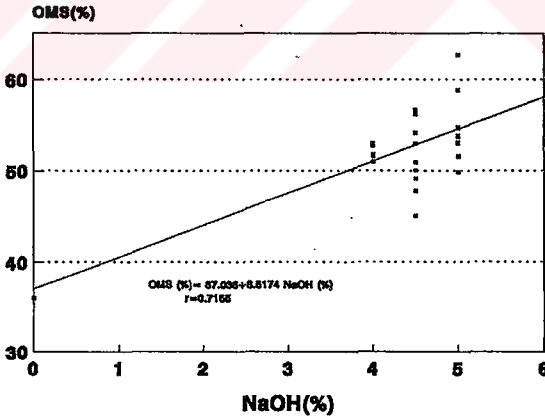
Schulz et al (1981), samanın işlenmesinde kullanılan makinaları; güç, karıştırma homojenliği ve verimlilik yönünden incelemişler, karıştırıcı tiplerine değinmişlerdir. Araştırmada 1 ton samanın işlenmesi için 2.9 kWh enerji gerektiği belirtilmiştir. Araştırmada, besi sığırcılığında NaOH ile işlenmiş samanın yem rasyonuna katılması değerlendirilmiştir. Buna göre günde 2 kg NaOH ile işlenmiş samana ek olarak 100 g soya ile beslenen sığırların aynı enerjisi 4.5 kg silaj mısırları ile alabileceklerini kanıtlamışlardır. Ayrıca, 100 danalıklı bir işletmede, hayvanların işlenmiş saman ile beslenmesi sonucu yemlik için ekilen alandan da 4 ha kazanılabileceğini açıklamışlardır.

Silleli (1993), "Samanın Yem Değerini Artırmak İçin NaOH ile İşlenmesine Uygun Karıştırma Tesisinin Tasarımı" isimli Yüksek Lisans tez çalışmasında, küçük tarımsal işletmelerde tahıl artığı sap-samanın kimyasal işlenmesini sağlayacak 10 kg kapasiteli bir şerit karıştırıcının tasarımını yapmıştır. Karıştırıcının çalışma karakteristiklerini, samanın hidrolizi sonucunda kuru madde içindeki organik maddenin sindirilebilirlik derecesi ve makina karıştırma homojenliğinin belirlenmesi ile saptamıştır. Araştırmacının geliştirdiği şerit karıştırıcı Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.8. Karıştırıcı görünüşü

Çalışmada, değişik karıştırma süresi, makina devri ve NaOH miktarına bağlı olarak sonuçlar verilmiştir. Şekil 2.9'da kimyasal işlem sonucunda OMS'deki değişimler belirlenmiştir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. NaOH miktarının OMS'ye etkisi (Silleli 1993)

Ayrıca, araştırıcı, çalışmasının öneriler bölümünde işlem görmüş samanının birim maliyetini de değerlendirmiş, 1 kg işlem görmüş samanının verdiği enerjinin yaklaşık 1.5 kg işlem görmemiş samandan karşılanabildiğini, bu durumda birim maliyetin %50 daha düşük olduğunu belirtmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Samanın NaOH ile işlenmesi amacıyla tezin tasarım bölümünü oluşturan kombine makina Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Atölyesinde imal edilmiştir. Denemelerde materyal olarak buğday samanı kullanılmıştır. Buğday samanına ilişkin analiz sonuçları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Tasarımı ve imalatı yapılan makinanın tahrikinde FIAT 70/56 standart traktör kullanılmıştır. Samana, makinada kıyılma aşamasından geçerken sürekli akışla NaOH püskürtülmektedir. Konsantre NaOH'ın dozajlanmasında kullanılan pülverizatör, traktör hidrolik sisteminden hareketlendirilen bir hidrolik motor ile çalıştırılmıştır.

Makinanın saman hidrolizi yönünden etkinliğinin belirlenebilmesi için OMS esas alınarak yapılan in vitro laboratuvar analizlerinde selüloz enzimi (Sigma C-9422 Trichoderma Viride) ve pepsin (Merck 7190-2000 FIP-u/g) kullanılmıştır. Basit Weende analizlerinin yapılmasında ise HCl asit, sodyum asetat ve asetik asit gibi kimyasal maddeler ve ilgili analiz cihazları kullanılmıştır.

Makinanın güç gereksiniminin ölçülmesi amacıyla kuyruk mili torkmetresi ve yakıt tüketiminin ölçülmesi için ise KVZ marka yakıt ölçer, hava debisinin belirlenmesi için ise pitot tüpü ve mikromanometre kullanılmıştır.

Tez kapsamında tasarlanan sistem; balya ileyici, kıyıcı, karıştırıcı, üfleç, pompa, hidrolik motor ve hareketlerin sağlanmasında kullanılan traktörden oluşmaktadır.

Çizelge 3.1. İşlenmemiş buğday samanının özellikleri

Ham besin değerleri						Kuru madde esaslı üzerinden besin değerleri						
KM	Nem	HK	HS	HY	HP	HK	HS	HY	HP	Artık	KMS	OMS
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
93.72	6.28	6.50	36.8	1.28	2.80	7.15	39.47	1.37	3.00	59.42	40.58	36.00



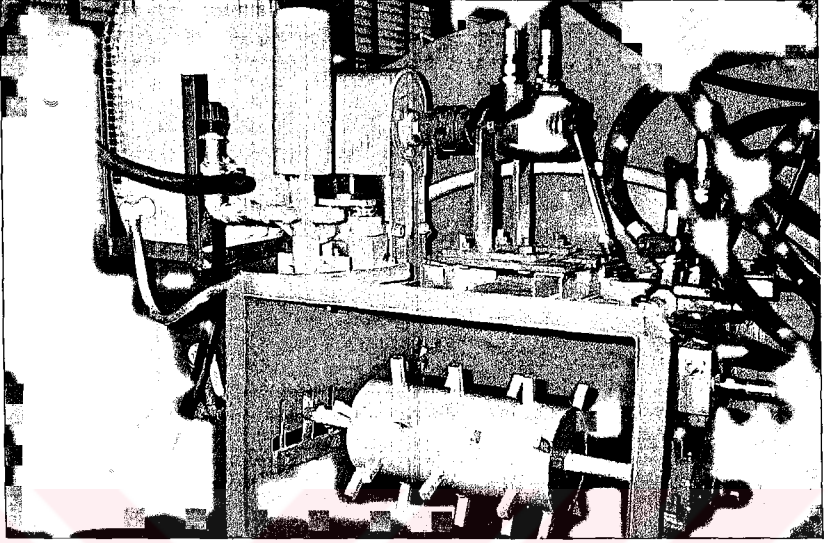
Şekil 3.1. Kombine makinanın görünüşü (B: Balya iletici, Y: Yedirci, H ve M: Hidrolik motorlar, P: Pompa, T: NaOH deposu, A: Çıkış ağzı)

3.1.1. Kombine makinanın özellikleri

Samanın hidrolizine uygun bir makinanın tasarlanması için yapılan literatür araştırmaları ve gözlemlere göre; samanı kıyan, NaOH ile karıştıran ve depoya üfleme yeteneğine sahip bir makinanın tasarımına karar verilmiştir. Bu amaçla, Şekil 3.1'de genel görünüşü verilen kombine makina imal edilmiştir.

3.1.2. Dozajlama pompasının özellikleri

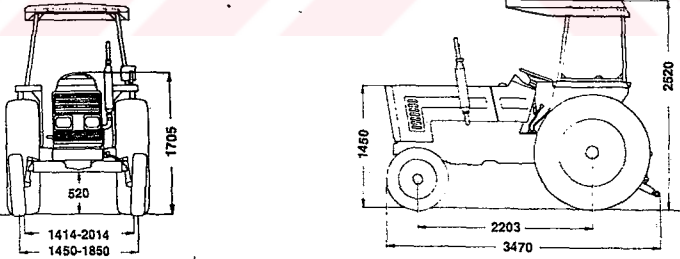
Sıvı NaOH'ın saman üzerine dozajlanması amacıyla 2 silindirli, plancerli tip, 600 min⁻¹ devir sayısına sahip traktör hidrolik sisteminden tahrik edilen bir pülverizatör pompasından yararlanılmıştır. Pompanın hidrolik güç gereksinimi 0.3 kW olarak bulunmuştur. Pülverizasyonun sağlanması için makina içine huzme açısı 80° olan 7 adet teejet meme yerleştirilmiştir. Ayrıca sistemde 15 daN/cm²'ye kadar basınçları ölçebilen manometre ile regülatör düzeni, bir adet açma kapama vanası ve akış sürekliliğini sağlamak amacıyla hava deposu kullanılmıştır. Şekil 3.2'de dozajlama pompasının makina üzerine yerleşimi gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Dozajlama pompasının makina üzerine yerleşimi

3.1.3. Traktörün özellikleri

Denemelerde kullanılan FIAT 70/56 traktörünün boyutları Şekil 3.3'de, teknik özellikleri ise Çizelge 3.2'de verilmiştir.

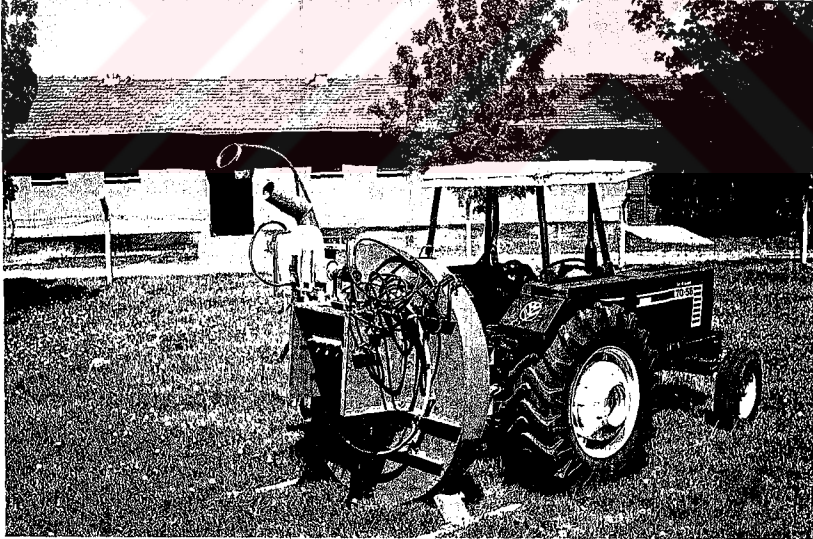


Şekil 3.3. FIAT 70/56 traktörünün boyutları

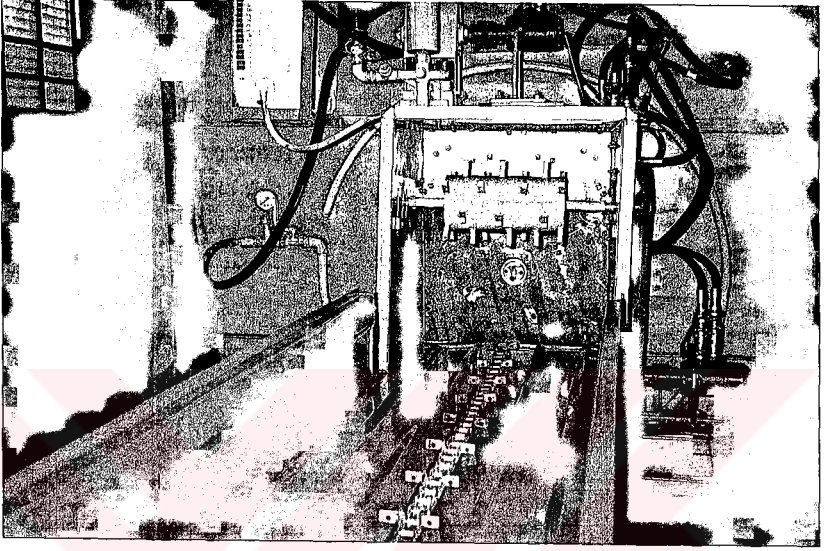
Çizelge 3.2. FIAT 70/56 traktörünün teknik özellikleri

Motor Gücü	70 BG (51.5 kW)
Çalışma Ağırlığı	2780 kg
Motor tipi	Dört zamanlı, direk püskürtmeli dizel
Silindir sayısı	4
Silindir hacmi	3613 cm ³
En yüksek güçte motor devri	2500 min ⁻¹
En yüksek torkta motor devri	1500 min ⁻¹
Kuyruk Mili	Tam bağımsız, 1 ³ / ₈ -6 kanallı şaft, 1970 min ⁻¹ motor devrinde 540 min ⁻¹
Hidrolik Kaldırıcı	
• Pompa kapasitesi	34.5 l/min
• Boşaltma sübabı açma basıncı	190 daN/cm ²
• Kaldırma kapasitesi	2200 kg
• 3 nokta askı sistemi	1. ve 2. kategori

Şekil 3.4'de üretilen makinanın traktöre bağlanmış haldeki bir görüntüsü verilmiştir. Makina ağırlığı, iletilici tabla hariç 520 kg olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.4. Kıyıcı makina ve traktör kombinasyonu

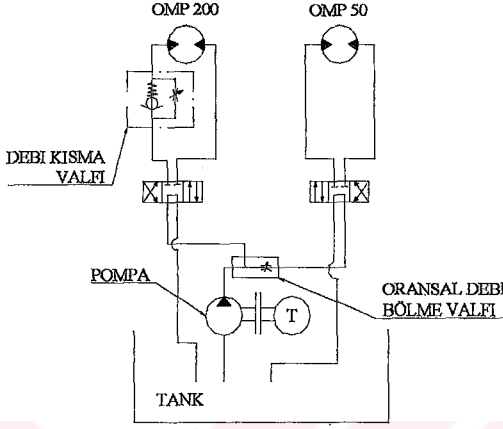


Şekil 3.5. Hidrolik sistemin görüntüsü

3.1.4. Hidrolik sistemin ve hidrolik motorun özellikleri

Makinanın tasarım aşamasında pülverizatör ile saman iletili tablanın ve yedircinin tahriki için iki adet hidrolik motor öngörülmüştür. Bu amaçla OMP 50 ve OMP 200 hidrolik motorlar, debi bölücü, debi kısma ventili, kumanda ve yön kontrol valfleri kullanılmıştır. FIAT 70/56 traktörün hidrolik pompasının debisi 35 l/min'dir. Bu debinin 25 litresi NaOH pompasının çalıştırılması amacıyla oransal debi bölme ventili üzerinden OMP 50 hidrolik motora, kalan 10 litresi ise zincirli götürücü ve yedircinin hareketlendirilmesi için OMP 200 hidrolik motora bölünmüştür. Şekil 3.5'de hidrolik sistemin makina üzerindeki yerleşimi verilmiştir.

Hidrolik sistemin şematik görünüşü ise Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Hidrolik sistem şeması

Hidrolik sistemin tasarlanmasında kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir (Karacan 1984);

$$M = \frac{p_h \cdot V_h \cdot \eta_{hm}}{628} \quad (3.1)$$

$$Q = \frac{V_h \cdot n}{1000 \cdot \eta_v} \quad (3.2)$$

$$P_n = \frac{Q \cdot p_h \cdot \eta_t}{600} \quad (3.3)$$

Eşitliklerde;

M : Hidrolik motorun döndürme momenti (daNm)

n : Motor milinin devir sayısı (min^{-1})

p_h : Hidrolik motora giren akışkanın basıncı (daN/cm^2)

P_n : Hidrolik motordan elde edilen güç (kW)

Q : Hidrolik motora gelen akışkanın debisi (l/min)

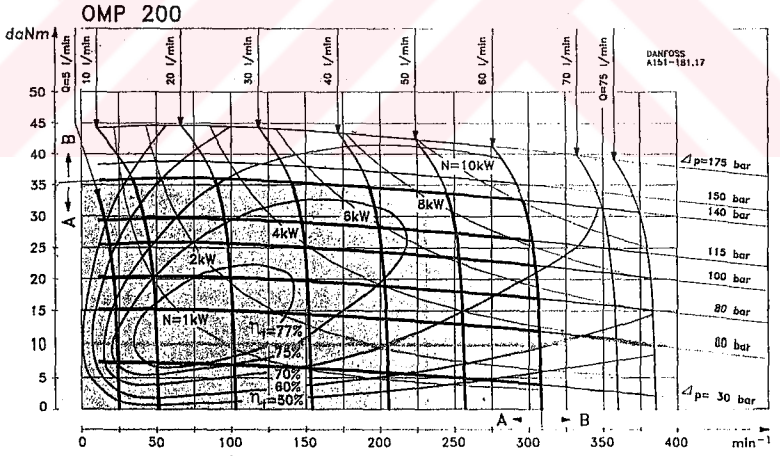
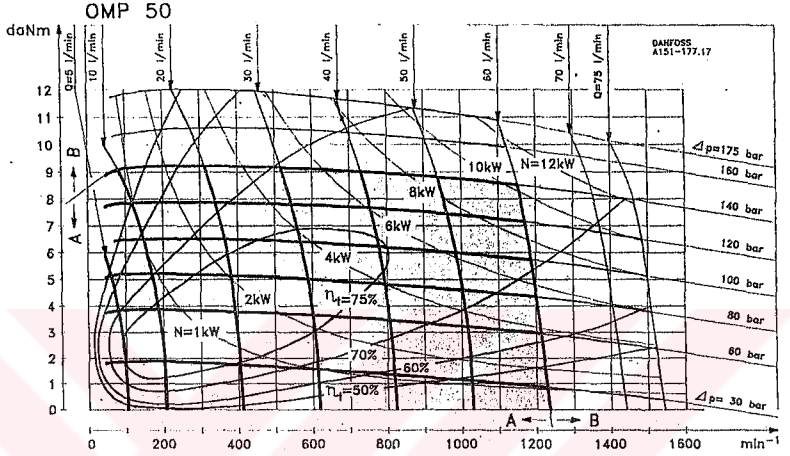
V_h : Hidrolik motordan her devirde geçen akışkan miktarı (cm^3/devir)

η_{hm} : Hidro-mekanik verim (0,9...0,95)

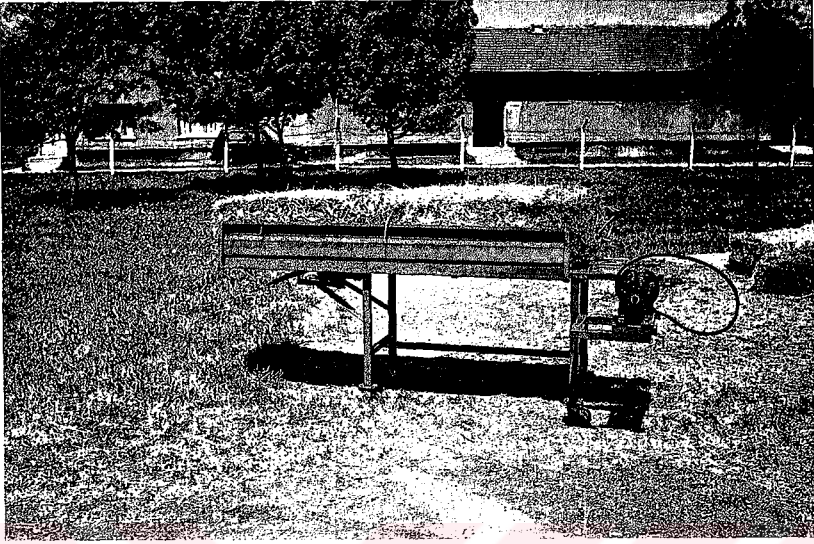
η_t : Toplam verim (0,5...0,75) (Anonymous 1994)

η_v : Hidrolik motorun hacimsel verimi (0,9...0,95)

Şekil 3.7'de OMP 50 ve OMP 200 hidrolik motorlarına ilişkin karakteristik diyagramları verilmiştir.



Şekil 3.7. OMP 50 ve OMP 200 hidrolik motorlarının karakteristik diyagramları (Anonymous 1994)



Şekil 3.8. Balya iletici tabla

3.1.5. Balya iletici tablanın özellikleri

Saman balyasını ileten tabla, makínadan bağımsız olarak tekerlekli şekilde imal edilmiştir. Bu sayede makínanın traktör tarafından taşınan uzunluğu kısaltılmıştır. Şekil 3.8'de yedirici tablanın görünüşü verilmiştir. Bu tablanın isteğe bağılı olarak makina üzerine sabitlenmesi mümkündür. Makínanın tasarımında yedirici tabla hidrolik motor ile hareketlendirilebilecek bir zincirli götürücü ile donatılmıştır. Ancak, denemelerde yüksek devirle dönen kıyıcının oluşturduğu alçak basıncın etkisiyle samanın makina içerisine daha kolay çekilebildiği izlenmiştir.

3.2. Yöntem

Araştırmada izlenen yöntem 7 ana bölümde verilmiştir. Bunlar;

1. Kombine makínanın tasarımı ve imalatı
2. Makínanın güç gereksiniminin belirlenmesi
3. Yakıt tüketiminin belirlenmesi
4. Samanın NaOH ile hidrolizlenmesi
5. Hidrolizlenmiş samanın in vitro yöntemi ile OMS'nin bulunması
6. Saman kıyılma boyutunun bulunması
7. Makina üfleme basıncının bulunması

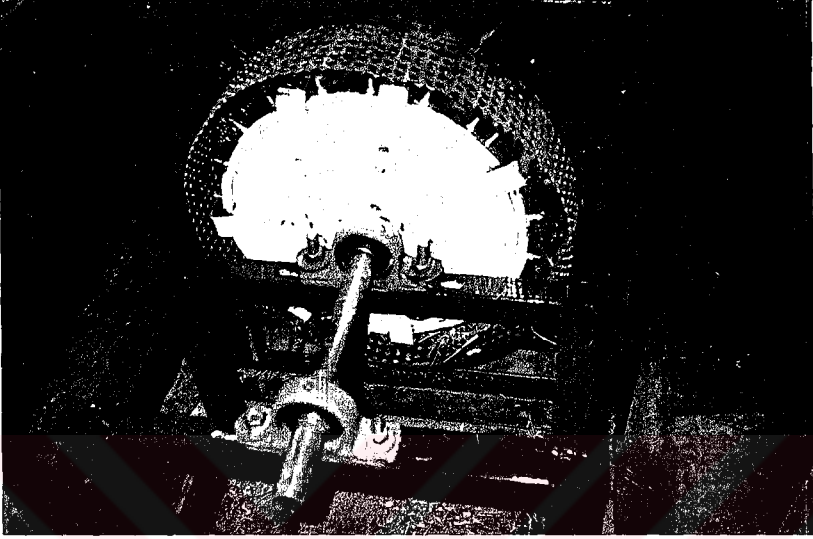
3.2.1. Kombine makinanın tasarımı ve imalatı

3.2.1.1. Kıyıcı tasarımı

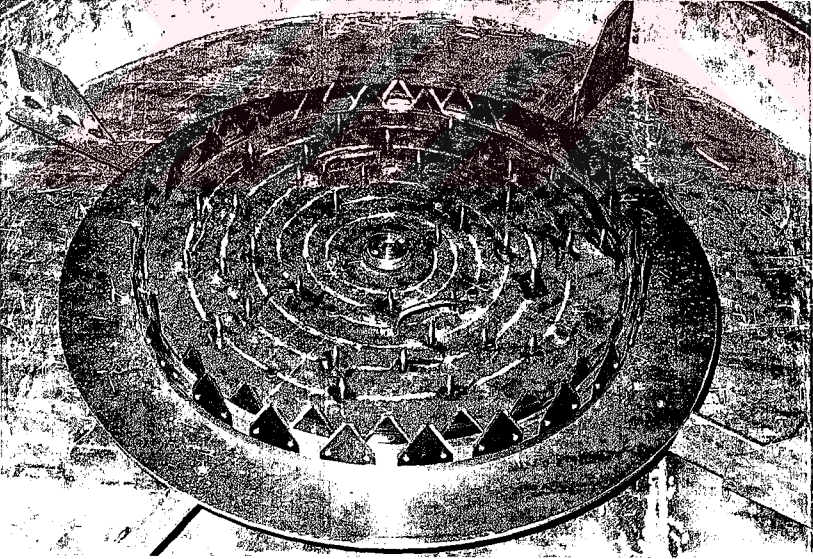
Kıyıcının yapısı ve fonksiyonu belirlendikten sonra iş başarısının belirlenebilmesi amacıyla bir prototipi imal edilerek ön denemeleri yapılmıştır. Prototip kıyıcının değişik devirlerdeki iş başarısının ölçülebilmesi için 0-400 min⁻¹ devir sayısında ayarlanabilen bir varyatörlü elektrik motoru kullanılmıştır. Deneme sonuçlarına göre bu tip bir kıyıcının istenilen fonksiyonları yerine getirebileceğine karar verilmiştir. Prototip ilk olarak saman kıyılma boyutunun istenen seviyeye indirilmesi amacıyla çevresine yerleştirilen 10 mm çaplı elekle beraber imal edilmiştir. Ancak, gerçek makina imal edildikten sonra bu eleğe, hem makinanın kapasitesini düşürebileceği düşüncesiyle hem de makinanın hayvan beslemesi yönünden istenilen boyutu sağlayabildiğinin görülmesi nedeniyle ihtiyaç duyulmamıştır. Şekil 3.9'da imal edilen bu prototipin önden, Şekil 3.10'da ise arkadan çekilmiş bir görünüşü verilmiştir.



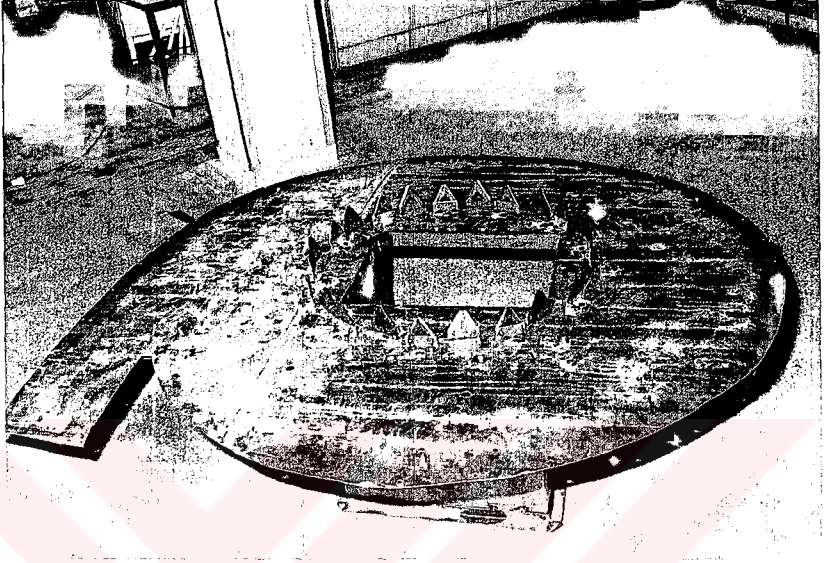
Şekil 3.9. Prototip kıyıcının önden görünüşü



Şekil 3.10. Prototip kıyıcının arkadan görünüşü



Şekil 3.11. Üretimi gerçekleştirilen kıyıcı

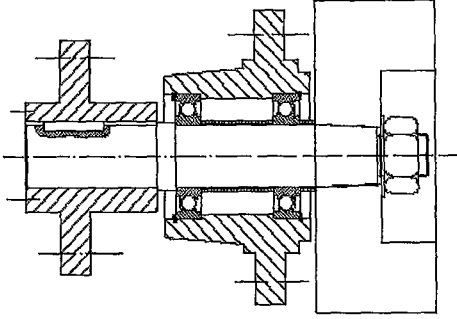


Şekil 3.12. Karşı bıçaklar

Prototip verilerinden yararlanılarak, tasarlanan kombine makina için imal edilen gerçek kıyıcının görünüşü Şekil 3.11’de verilmiştir. Kıyıcı 46 adet çayır biçme bıçağı ile donatılmıştır. Bıçaklar dış çapı 772 mm, iç çapı 742 mm olan çember üzerine içe ve dışa birbirlerinden kaçık olacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu bıçakların makas kesme yapabilmeleri amacıyla 24 adet karşı bıçak yine birbirleriyle kaçık olacak şekilde makina şasisi üzerine yerleştirilmiştir. Makina şasisi üzerine yerleştirilen karşı bıçakların görünüşü Şekil 3.12’de verilmiştir.

3.2.1.2. Kıyıcı milinin hesabı

Mil burulmaya ve eğilmeye zorlanmaktadır. Burada mukavemet hesabını gerçekleştirmek amacıyla öncelikle milin, yataklama ve kuvvetlerin uygulandığı noktaların belirlendiği bir model oluşturulmuştur. Makina kıyıcı ve kasnağını taşıyan mil ve yataklama şekli Şekil 3.13’de verilmiştir.



Şekil 3.13. Kıyıcı ve kasnağı taşıyan mil ve yataklama şekli

Makina elemanlarına ilişkin eşitliklerin belirlenmesinde Akkurt ve Savcı 1984, Akkurt 1990 (Cilt I ve II) 'dan yararlanılmıştır.

Eşitlik 3.4'e göre kuyruk mili torkmetresi yardımıyla belirlenen burulma momenti ve buna bağlı olarak milin taşıdığı güç belirlenmiştir.

$$M_b = 955 \frac{P}{n} \quad (3.4)$$

Burada;

M_b : Burulma momenti (daNm),

P : İletilen güç (kW) ve

n : Makina devir sayısıdır (min^{-1}).

Milde burulma sonucu oluşan çevre kuvveti şöyledir;

$$F_t = \frac{2M_b}{D} \quad (3.5)$$

Eşitlikte;

F_t : Çevre kuvveti (daN) ve

D : Kıyıcı çapıdır (m).

Kıyıcı ağırlığı ve bulunan çevre kuvvetinin bileşkesi ise;

$$F_B = \sqrt{F_G^2 + F_t^2} \quad (3.6)$$

Burada;

F_B : Bileşke kuvvet (daN) ve

F_G : Kıyıcı ağırlığıdır (daN).

Mil üzerine etkileyen eğilme momenti (M_e) ;

$$M_e = F_B \cdot l \quad (\text{daNmm}) \quad (3.7)$$

l : Moment koludur (mm).

Mil dönen bir eleman olduğundan, eğilme momenti sabit olsa dahi, eğilme gerilmeleri tam değişkendir. Buna karşılık burulma momenti, statik, değişken ya da tam değişken olabilir. Burulma momenti zamana bağlı olarak uzun bir süre büyüklüğünü ve yönünü değiştirmese, buna statik zorlanma denilebilir. Mil sık sık durur ve aynı yönde yeniden çalışırsa veya vites kutularında olduğu gibi sık hız değiştirilirse, buna genel değişken zorlanma; sık yön değiştirirse, buna tam değişken zorlanma denilebilir. Pratikte en çok, eğilme gerilmelerinin tam değişken ve burulma momentinin statik olduğu durumda bileşke moment (M_B) hesaplanır (Akkurt 1990);

$$M_B = \sqrt{[(\delta_{AK} / \delta_D^*) M_e]^2 + 0,75 M_b^2} \quad (3.8)$$

Burada;

M_B : Bileşke moment (daNmm),

δ_{AK} : Milin akma gerilmesi (daNmm⁻²) (St 60 malzeme için 33 daN/mm²) ve

δ_D^* : Parçanın sürekli mukavemet sınırlandır (daNmm⁻²).

Malzemenin sürekli mukavemet sınırı δ_D (daNmm⁻²) aşağıdaki gibi bulunur;

$$\delta_D = 0.5 \delta_K \quad (3.9)$$

δ_K : Malzemenin kopma gerilmesidir (daNmm⁻²) (St 60 malzeme için 60 daN/mm²).

Parçanın sürekli mukavemet sınırı ise;

$$\delta_D^* = \frac{K_b K_y}{K_\varphi} \delta_D \quad (\text{daNmm}^{-2}) \quad (3.10)$$

Eşitlikte;

K_b : Boyut faktörü (0.93)

K_y : Yüzey faktörü (İnce talaş kaldırılmış mil için 0.9) ve

K_φ : Çentik faktörüdür (Burulma için 1.25, eğilme için 1.5)

Bileşke momente bağlı olarak gerekli mil çapı aşağıdaki eşitlik ile bulunabilir;

$$d = \sqrt[3]{\frac{32M_B}{\pi(\delta_{AK} / S)}} \quad (3.11)$$

Burada;

d : Mil çapı (mm) ve

S : Emniyet katsayısı (2.5 alınmıştır).

Milin sadece burulma yönünden kontrolü;

$$d_b = \sqrt[3]{\frac{16M_b}{\pi\tau_{em}}} \quad (\text{mm}) \quad (3.12)$$

τ_{em} : Kesme emniyet gerilmesi (St 60 veya alaşımlı çelikten yapılan miller için

$\tau_{em} = 2,5 \dots 3,0$ daN/mm²)

Çökme hesabı;

$$\delta_e = \frac{Fl^2}{3EI} \quad (\text{mm}) \quad (3.13)$$

δ_e : Çökme,

E : Milin elastikiyet modülü (daN.mm^{-2}) ve

I : Milin atalet momentidir (mm^4).

Kama hesabı;

$$p = \frac{4M_b}{hdl_k} \quad (\text{daN.mm}^{-2}) \quad (3.14)$$

p : Emniyet yüzey basıncı (daN.mm^{-2}),

h : Kama yüksekliği (mm),

d : Mil çapı (mm) ve

l_k : Kama uzunluğudur (mm).

3.2.1.3. Rulman hesabı

Makina kırıcısını oluşturan bıçaklar arasındaki aralık 5 mm kadar olup makina 1100 min^{-1} devir sayısına kadar çıkabilmektedir. Bu nedenle makinanın yataklanması çok önemlidir. Makinada kullanılacak yatakların hesaplanmasında kullanılan eşitlikler bu bölümde incelenmiştir.

$$F_{eş} = X.F_r + Y.F_a \quad (3.15)$$

Eşitlikte;

$F_{eş}$: Eşdeğer yük (daN),

F_r : Radyal yük (daN),

F_a : Eksenel yük (daN),

X : Dinamik radyal yük katsayısı ve

Y : Dinamik eksenel yük katsayısıdır.

Rulmanlara sadece radyal yük etki ettiği için $X=1$, $Y=0$ alınır dolayısıyla eşdeğer yük $F_{eş} = F_r$ dir.

Dinamik yük sayısı ise;

$$C = F_{eq} \sqrt[3]{L_h 60n / 10^6} \quad (3.16)$$

Eşitlikte;

C : Dinamik yük sayısı (daN),

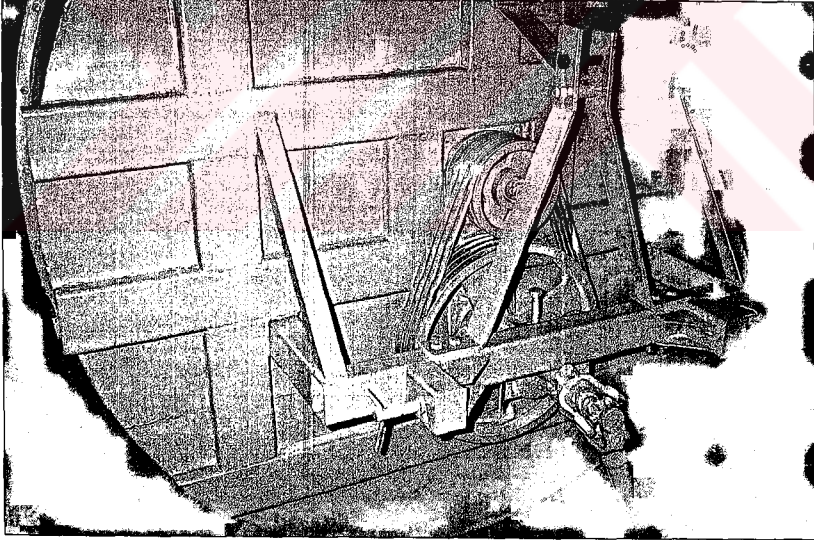
L_h : Rulman ömrü (h) ve

n : Devir sayısıdır (min^{-1}).

3.2.1.4. Kayış Kasnak Hesabı

Harman makinalarında, kıyıcı düzenler, genel olarak 1000 min^{-1} devir sayısında dönmektedir. Traktör kuyruk milinden alınan 540 min^{-1} devir sayısının artırılması ve makina üzerinde bir emniyet sistemi oluşturulması amacıyla kayış kasnak düzeni kullanılmıştır.

Şekil 3.14’de kayış kasnak sisteminin makina üzerindeki yerleşimi verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi hareket 4 kanallı kasnak ile kuyruk milinden şaft yardımıyla alınarak kıyıcı kasnağına iletilmektedir. Kayış kasnak sistemi kayış esnemelerine ve aşınmalarına karşı bir gerdirme düzeni ile de donatılmıştır.



Şekil 3.14. Kayış-kasnak sisteminin makina üzerindeki yerleşimi

Kullanılan kayış kasnağın hesabında aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır.

Kullanılan kayış kasnağın hesabında aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır.

$$i = \frac{D_0}{d_0} \quad (3.17)$$

$$v = \frac{\pi d_0 n}{60} \quad (3.18)$$

$$\cos \beta_1 / 2 = \frac{D_0 - d_0}{2a} \quad (3.19)$$

$$z = \frac{P c_2}{P' c_1 c_3} \quad (3.20)$$

$$c_3 = \frac{\text{Seçilen kasnak çapı}}{\text{Seçilebilecek en küçük kasnak çapı}} \quad (3.21)$$

$$F_n = (2 \dots 3) F_t \quad (3.22)$$

Eşitliklerde;

i : Transmisyon oranı,

D_0 : Büyük kasnağın ortalama çapı (mm),

d_0 : küçük kasnağın ortalama çapı (mm),

v : Çevre hızı (m/s),

β_1 : Sarılma açısı (°),

a : Kasnak eksenleri arası uzaklık (mm),

c_1 : Sarılma açısı düzeltme faktörü,

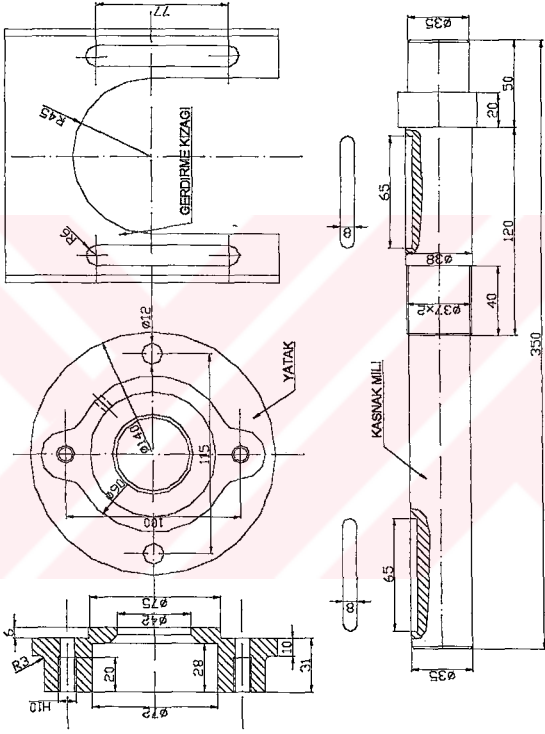
c_2 : Yük faktörü,

c_3 : Çap faktörü,

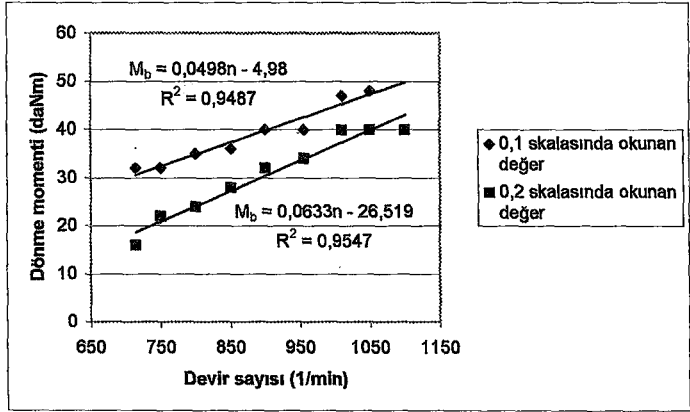
z : Kayış sayısı,

P' : Bir kayışın $\beta_1=180^\circ$ için iletebileceği güç 8 (kW) ve

F_n : Gergin kayış kol kuvvetidir (daN).



Şekil 3.15. Gerdirme kızığı, yatak ve kasnak mili



Şekil 3.16. Kuyruk mili torkmetresine ilişkin kalibrasyon değerleri

Şekil 3.15'de ise hareketi traktör kuyruk milinden alan kasnağa ait yatak, gerdirme kızıağı ve kasnak milinin boyutları verilmiştir.

3.2.2. Makinanın güç gereksiniminin belirlenmesi

Makina değişik devirlerindeki güç gereksiniminin (P) belirlenebilmesi için kuyruk mili torkmetresinden yararlanılmıştır. Kuyruk mili torkmetresine ilişkin kalibrasyon eğrisi Şekil 3.16'da verilmiştir. Dönme momenti ve gücün belirlenmesinde regresyon ilişkisinin yüksek olması nedeniyle 0,2 skalasının değerleri kullanılmıştır.

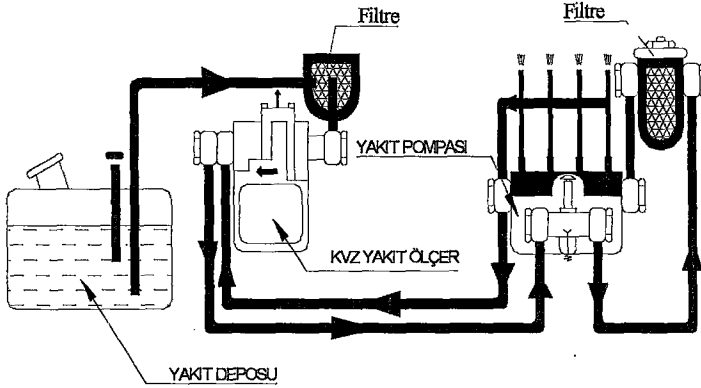
3.2.3. Yakıt tüketiminin belirlenmesi

Makinanın değişik devirlerindeki yakıt tüketiminin belirlenmesi için KVZ marka yakıt ölçer kullanılmıştır. Şekil 3.17'de yakıt ölçerin traktör yakıt sistemine bağlantı şeması verilmiştir. Yakıt ölçer, her 100 ml'lik yakıt tüketiminde 1 puls vermektedir. Denemelerde traktörün yüklü durumda tükettiği yakıt miktarı ölçülmüştür. Özgül yakıt tüketiminin (b_e) bulunmasına ilişkin formül aşağıda verilmiştir.

$$b_e = \frac{B}{P} \quad (l/kWh) \quad (3.23)$$

Burada;

B: Saatlik yakıt tüketimi (l/h)



Şekil 3.17. Yakıt ölçerin traktör yakıt sistemine bağlanması

3.2.4. Samanın NaOH ile hidrolizlenmesi

Denemelerde, A. Ü. Ziraat Fakültesi Kenan Evren Araştırma Çiftliğinde üretilen dikdörtgen şeklinde balyalanmış buğday sapı kullanılmıştır. Denemeler sırasında makina içerisine yedirilen saman miktarının değişmemesi amacıyla, ortalama 15 kg ağırlığındaki balyalanmış samandan yararlanılmıştır.

Literatür verilerine ve önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre %33'lük konsantrasyona sahip NaOH'den, 100 kg samana %5 oranında uygulanmıştır. Bu sırada makina devri 700 ile 1050 min^{-1} arasında 50 min^{-1} artırılarak değiştirilmiştir. Makina devrine bağlı olarak değişen kıyılma boyutları ve buna bağlı olarak değişebilecek OMS değerleri araştırılmıştır. Makinada işlenen samamlar hidroliz işleminin tamamlanabilmesi amacıyla yığın oluşturacak şekilde üflenmiştir. Yığın içindeki sıcaklıklar, reaksiyonun gelişiminin izlenmesi amacıyla civalı termometrelerle ölçülmüştür. Sıcaklıklar ortam sıcaklığına düştükten sonra yığının çeşitli yerlerinden örnekler, gerekli analizlerin yapılması için alınmıştır. Şekil 3.18'de imalatı yapılan makinada samanın işlenme yöntemi görülmektedir.



Şekil 3.18. Samanın işlenmesi

3.2.5. Hidrolizlenmiş samanın in vitro yöntemi ile OMS'nin bulunması

Kellner yöntemi olarak bilinen, selüloz yönteminde, öğütülmüş hidrolize saman örneği homojen olacak şekilde karıştırıldıktan sonra 0.5 g tartılarak santrifüj tüpüne konulmaktadır. Bunun üzerine 50 ml tampon çözeltisi ilave edilmekte ve 24 saat süre ile 38-40 °C sıcaklıktaki inkübasyona bırakılmaktadır. İnkübasyon sonunda ürün santrifüj edilmekte ve üst kısımda bulunan tampon çözeltisi alınarak yerine 50 ml pepsin çözeltisi ilave edilmektedir. 24 saat süre ile 38-40 °C sıcaklıktaki inkübasyon sonunda tüp, sıcak saf su kullanılarak, darası alınmış olan G₁ kabından süzülmemektedir. G₁ kabı 105 °C sıcaklıktaki kurutma dolabında 24 saat tutulduktan sonra tartılmakta ve bu değere A₁ denilmektedir. Daha sonra tartılan G₁ kabı 550 °C sıcaklıktaki yakma fırınında 3-4 saat süre ile yakılmakta ve tartılmaktadır. Bu değere ise A₂ denilmektedir (Yılmaz 1989).

$$A_0 = \frac{A_1 - A_2}{A_3} \cdot 100 \quad (3.24)$$

$$KMS = 100 - A_0 \quad (3.25)$$

$$OMS = 100 - \frac{A_0}{1 - HK} \quad (3.26)$$

Eşitliklerde;

A_0 : Artık (%),

A_1 : Kurutmadan sonraki ağırlık (g),

A_2 : Yandıktan sonraki ağırlık (g) ve

A_3 : Alınan numune miktarıdır (g).

3.2.6. Saman kıyılma boyutunun bulunması

Değişik devir sayılarına göre elde edilen saman örneklerinden rastgele alınan 50 g saman örneklerinde uzunluklar ölçülerek sonuçlar istatistiksel olarak incelenmiştir. İnceleme sonuçları Bölüm 4.6'da verilmiştir.

3.2.7. Makina üfleme basıncının bulunması

Makinanın samanı depo içerisine üflemesi için gerekli hava hızının ve debisinin bulunabilmesi amacıyla pitot tüpü kullanılmıştır. Yüksek hava hızının belirlenebilmesi amacıyla ölçümler cıva ile yapılmıştır. Makina hava hızının belirlenmesinde kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir (Yavuzcan vd. 1987) .

$$V = \sqrt{2g \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1 \right) \Delta h} \quad (3.27)$$

Burada;

V : Akışkanın hızı (m/s),

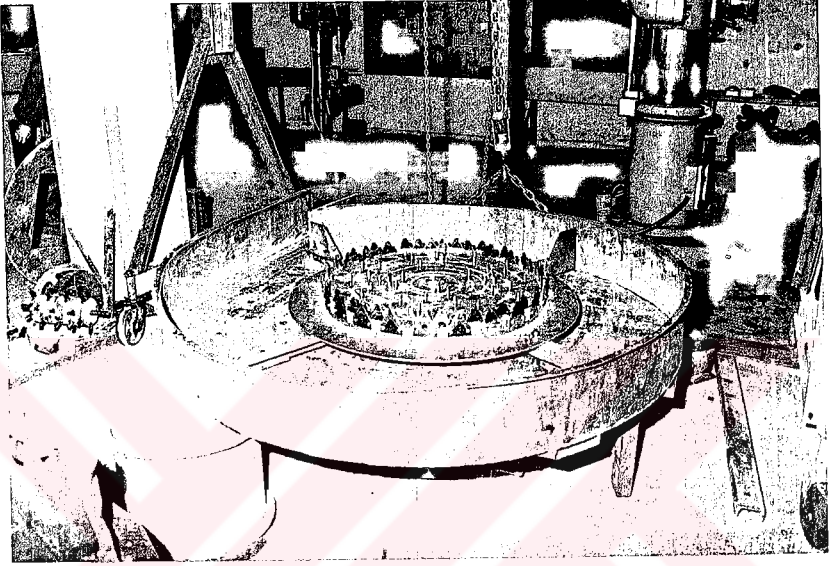
ρ_2 : Pitot tüpünde, mikromanometrede yükselen sıvının yoğunluğu (kg/m^3),

ρ_1 : Akışkanın yoğunluğu (kg/m^3),

g : Yer çekimi ivmesi (m/s^2),

Δh : Mikromanometrede ölçülen yükseklik (m) dir.

Şekil 3.19'da kıyıcı üzerine yerleşmiş halde üfleç kanatları da görülmektedir.



Şekil 3.19. Üfleç-kıyıcı kombinasyonu

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

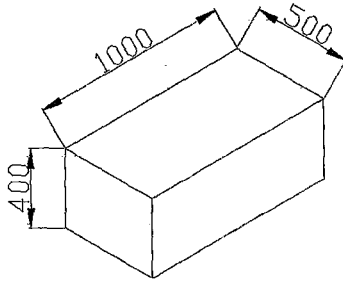
Ülkemizde küçük ölçekli tarım işletmelerinde, tahıl artığı sap ve samanın kimyasal yöntemle işlenebilmesini sağlayacak kombine bir makina geliştirilmiştir. Makinaya ait teknik bilgiler ve denemelerden elde edilen sonuçlar bu bölümde verilmiştir.

4.1. Kombine Makinanın Teknik Özellikleri ve Hesaplamalara İlişkin Sonuçlar

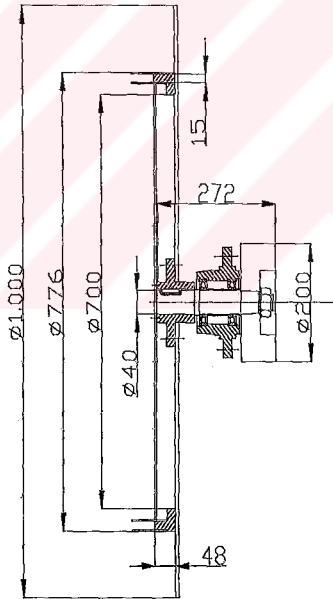
4.1.1. Kombine makinanın teknik özellikleri

Balyalanmış samanın ölçülerinin ve ağırlıklarının genel olarak fazla değişmediği göz önüne alınarak, saman içerisine püskürtülecek NaOH miktarının işlenen saman yüzeylerine eşit miktarlarda dağılmasının sağlanabilmesi amacıyla denemelerde dikdörtgen balyalar kullanılmıştır. Dikdörtgen balyalar genel olarak 15-20 kg ağırlıklarındadır. Boyutları ise şekil 4.1'de verilmiştir.

Makinanın tasarlanmasında balyalanmış samanın boyutları dikkate alınarak ilk olarak kıyıcı üretilmiştir. Kıyıcı, 640 mm'lik balya köşegeninin ölçülerine göre 776 mm çapında imal edilmiştir. Dış çapı 776 mm iç çapı 700 mm olan kıyıcı gövdesi 50 mm kalınlığındaki sacdan halka halinde kesilerek, salgıların önlenmesi amacıyla tornada şekillendirilmiştir. Bu gövde üzerine aralarında 15 mm aralık bulunan bıçaklar bağlanmıştır. Buna göre dış ve iç çevreye 23'er adet bıçak yerleştirilmiştir. Ayrıca, kıyıcı ön yüzeyine samanın eksenele olarak alınıp bıçak çevrelerine dağıtılabilmesi amacıyla salyangoz yörünge üzerine dizilmiş parmaklar yerleştirilmiştir. Kıyıcı üzerine, samanın depoya üflenebilmesi için 4 kanatlı bir de üfleç yerleştirilmiştir. Şekil 4.2'de kıyıcıya ilişkin temel ölçüler verilmiştir.

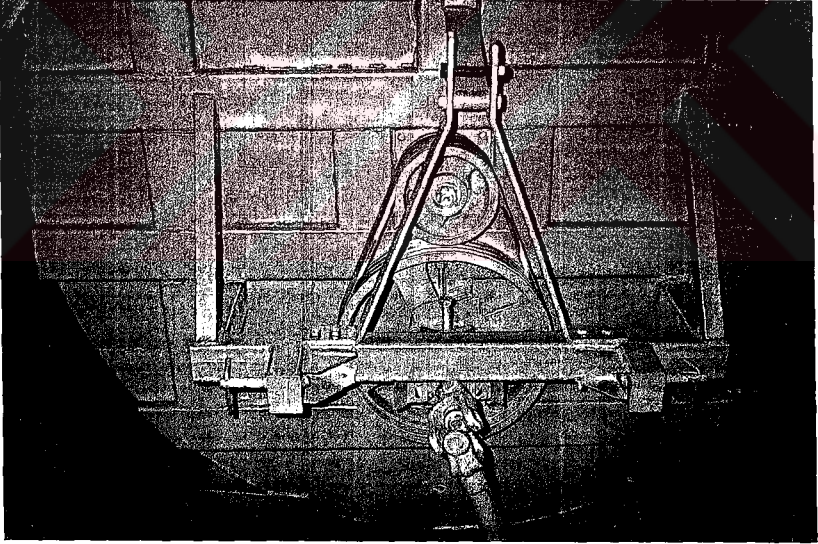


Şekil 4.1. Dikdörtgen balyaların ölçüleri

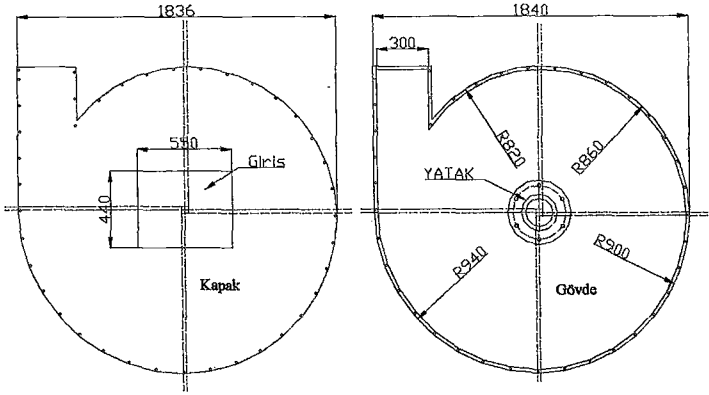


Şekil 4.2. Kıyıcının temel ölçüleri

Tasarımın bundan sonraki aşamasında, kıyıcı ve üfleç boyutlarına göre makina gövdesi oluşturulmuştur. Makina gövdesi 2 mm sacdan imal edilmiştir. Gövde eğilmelere ve kaynak çekmelerine karşı kaburgalarla güçlendirilmiştir. Ayrıca, makinaya hareketi traktör kuyruk milinden şaft yardımı ile veren kayış kasnak sistemi ve traktörün 3 nokta askı sistemine bağlanacağı çatı, bu kaburgalar üzerine bağlanmıştır. Şekil 4.3'de makina gövdesine kaynak ile bağlanmış kaburgalar ve 3 nokta askı sistemi görülmektedir. Makina gövdesi, kıyıcıya yataklık yaparken samanın NaOH ile işlenebilmesi için de kapalı bir ortam oluşturmaktadır. Gövde, samanın içeride sıkışmadan NaOH ile işlenebilmesi ve çıkışta oluşabilecek birikmelerin önlenmesi amacıyla salyangoz şeklinde yapılmıştır. Ayrıca gövde makinanın dengede kalmasını sağlayacak şekilde kızak tipi iki ayakla donatılmıştır. Şekil 4.4'de makina gövdesi ve bunun üzerine bağlanan karşı kapak ve ölçüleri verilmiştir.



Şekil 4.3. Kaburgalar ve 3 nokta askı sistemi



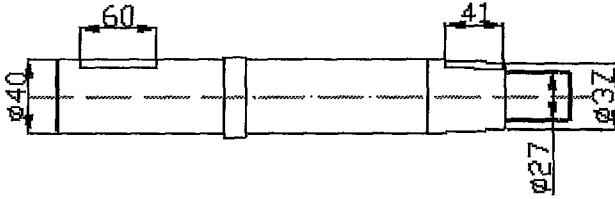
Şekil 4.4. Makina gövdesi ve kapağı

4.1.2 Makinaya ilişkin konstrüksiyon hesap sonuçları

Makina kasnağını ve kıyıcısını taşıyan mile ilişkin hesaplanan değerler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Milin eğilmeye ve burulmaya çalıştığı durum için yapılan hesaplamalarda mil çapı $d = 31$ mm bulunmuştur. Milin sadece burulmaya çalıştığı durum için yapılan hesaplamalar sonucunda burulmaya çalışan milin çapı ise $d_b = 38.25$ mm bulunmuştur. Buna göre, mil çapı 40 mm olarak alınmıştır. Denemelerde hesap sonuçlarına göre 40 mm'lik makina milinin yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.1. Kıyıcı miline ilişkin hesaplanan değerler

M_b (daNmm)	F_t (daN)	F_B (daN)	M_e (daNmm)	M_B (daNmm)	δ_D^* (daN/mm ²)	d (mm)	d_b (mm)
32990	85.13	131	11266	36187	16.74	31	38.25



Şekil 4.5. Kamalı mil ölçüleri

Kama hesabı;

Şekil 4.5’de kıyııcı ve kasnağa ait mil ve üzerine açılmış kamalar görülmektedir. Milin kasnak tarafı 2° konik olarak işlenmiştir. Çizelge 4.2’de kama hesabına ilişkin bulunan değerler verilmiştir. Yapılan hesaplara göre kıyııcı tarafındaki ve kasnak tarafındaki kama ölçüleri yüzey basıncı ve kesilme gerilmesi yönünden emniyetli bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Kullanılan kamalara ilişkin sonuçlar

	p daN/mm ²	δ_{AK} daN/mm ²	τ_{em} daN/mm ²	τ_{AK} daN/mm ²	l mm
Kıyııcı tarafı	9,16	33	9,57	19,14	28,72
Kasnak tarafı	4,4	33	-	19,14	41

Çizelge 4.3. Rulman hesabı sonuçları

Kıyıcı taraftaki rulmana etkiyen yük F_A (daN)	377
Kasnak taraftaki rulmana etkiyen yük F_B (daN)	579
Tarım makinaları için ortalama çalışma ömrü L_n (h)	4000-8000
Makina devir sayısı n (min^{-1})	1100
Kıyıcı tarafta hesaplanan dinamik yük sayısı kN	14,14
Kasnak tarafta hesaplanan dinamik yük sayısı kN	21,72

Çizelge 4.4. 6208 Z sabit bilyalı rulmanın teknik özellikleri (Anonymous 1986)

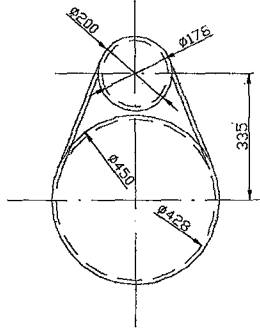
	d_f , mm	D_f , mm	B, mm	r_f , mm	C_{100} , kN
6208	40	80	18	2	25,1

Rulman hesapları;

Çizelge 4.3'de makina üzerinde kullanılan rulmanlara ilişkin hesaplama sonuçları verilmiştir. Uygulamada kıyıcı ve kasnak tarafta 6208 Z tek tarafı kapalı sabit bilyalı rulman kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalara göre kıyıcı ve kasnak tarafta kullanılan rulmanların uygun olduğu belirlenmiş, denemeler süresince rulmanlarda her hangi bir problemle karşılaşmamıştır. Samanın tozlu, NaOH'ın aşındırıcı yapısı dikkate alınarak her iki rulmanda tek tarafı kapalı seçilmiştir. Çizelge 4.4'de seçilen 6208 Z rulmanın teknik özellikleri verilmiştir.

Kayış-Kasnak hesabı;

Şekil 4.6'da makina üzerinde kullanılan kasnak ölçüleri verilmiştir. Makinada 4 kanallı kasnak ve 17'lik kayış kullanılmıştır. 450 mm çapa sahip olan kasnak, hareketini traktör kuyruk milinden bir shaft yardımıyla almakta ve hareketi 200 mm çaplı kasnağa vermektedir. Kayış-kasnak sisteminin transmisyon oranı 2,5/1 olarak seçilerek makina devrinin 700 ile 1350 min^{-1} arasında ayarlanabilmesi sağlanmıştır. Denemelerde ise 1100 min^{-1} 'e kadar çıkmıştır. Kayış-kasnak sistemi aynı zamanda makinada bir emniyet düzeni de oluşturmuştur.



Şekil 4.6.Kasnak ölçüleri

Çizelge 4.5’de makina üzerinde kullanılan kayış-kasnak sistemine ilişkin hesaplanan sonuçlar verilmiştir. Hesaplamalara göre 17 mm’lik kayış-kasnak sisteminin yetersiz çıkmasına karşın, kırıncının sistem içinde bir çeşit volan görevi yapması nedeniyle, denemeler süresince kayışın yük altında kaymadığı ve ısınmadığı görülmüştür. Bu nedenle denemeler 17’lik kayış kasnak ile gerçekleştirilmiştir. Ancak, teknik yönden incelendiğinde 17 mm’lik kayış yerine, daha büyük 32 mm’lik kayışın sistemi daha emniyetli taşıyabileceği kabul edilmektedir.

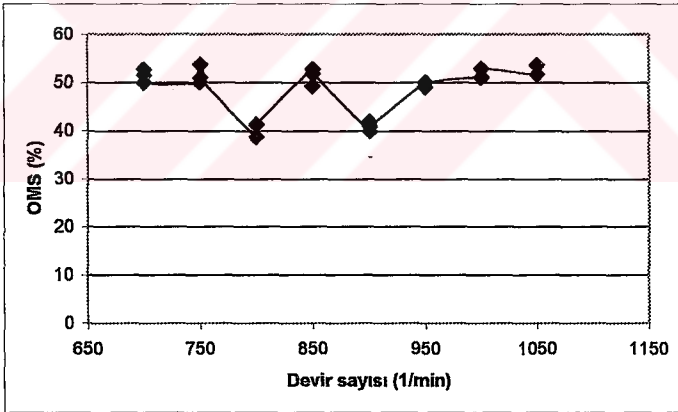
Çizelge 4.5. Kayış-kasnak hesaplanan değerler

Hareketi ileten kasnak çapı, D_1 (mm)	450
Hareketi alan kasnak çapı, D_2 (mm)	200
Ortalama kasnak çapı, D_0 (mm)	428
Ortalama kasnak çapı, d_0 (mm)	178
Çevre hızları, $v_1=v_2$ (m/s)	10,25
Sarılma açısı, β_1 (°)	136
Eksenler arası uzaklık, a (mm)	335
Sarılma açısı düzeltme faktörü, c_1	1,1
Yük faktörü, c_2	0,89
Çap faktörü, c_3	1

4.2. NaOH ile işlenmiş samana ilişkin sonuçlar

Literatür değerlerine ve Yüksek Lisans Tez çalışmasında elde edilen araştırma verilerine göre 100 kg samana %5 NaOH uygulamasının sindirilebilirlikte uygun sonuçlar verdiği saptanmıştır. Buna göre, tez kapsamında yapılan 24 adet denemede 100 kg samana %5 NaOH uygulanmıştır. İşlenmiş samanlara ilişkin laboratuvar analiz sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Denemeler, makina devri 700 ile 1050 min^{-1} devir sayısı arasında 50 min^{-1} devir artırılarak yapılmıştır. Makina devir sayısına bağlı olarak elde edilen OMS değerleri Şekil 4.7'deki grafikte verilmiştir. OMS ve devir sayısı arasında yapılan regresyon analizine göre literatürle uyumlu olarak, bir ilişki olmadığı görülmüştür. Elde edilen 24 adet OMS'nin ortalaması 48,76 olarak bulunmuş, işlenmemiş samanın OMS değeriyle karşılaştırıldığında ortalama olarak %35 artış görülmüştür. En yüksek değer olarak 750 min^{-1} devir sayısında 53,72 ile %49,22'lik artış sağlanmıştır.



Şekil 4.7. Makina devir sayısına bağlı OMS değerleri

Cizelge 4.6. İşlenmiş samana ilişkin laboratuvar analiz sonuçları

Makina devri min ⁻¹	KM %	FK %	HS %	HY %	HP %	Kuru maddede						Organik madde %	NÖM %	OMS %	Brüt enerji kcal/kgKM	Sindirilebilir enerji kcal/kgKM	Metabolik enerji kcal/kgKM
						HK %	FES %	HY %	HP %	HS %	HP %						
700	97.10	13.40	39.70	1.12	2.85	13.80	40.90	1.15	2.94	83.70	47.43	3.41	41.21	51.54	4571.00	2356.00	1920.00
700	97.50	14.50	39.30	0.92	2.43	14.87	40.30	0.94	2.50	83.00	47.35	2.93	41.39	52.72	4563.40	2405.82	1962.60
700	97.10	16.70	38.40	1.00	2.55	17.20	39.55	1.03	2.63	80.40	47.76	3.20	39.60	50.00	4565.63	2283.00	1860.00
750	97.40	15.40	40.00	1.17	2.97	16.00	41.10	1.20	3.10	81.80	48.90	3.63	38.60	50.00	4573.78	2286.90	1859.00
750	97.00	16.70	39.65	1.00	2.95	17.22	40.90	1.03	3.04	80.30	49.37	3.67	37.81	53.72	4572.74	2456.47	1995.10
750	97.20	15.30	40.00	1.00	3.00	15.74	41.15	1.03	3.10	81.90	48.84	3.66	39.00	51.00	4573.78	2332.62	1896.16
800	98.00	12.70	39.00	1.23	2.63	12.96	39.80	1.25	2.68	85.30	45.72	3.10	43.31	38.70	4566.50	1767.24	1444.00
800	97.50	13.00	39.60	1.05	2.57	13.33	40.62	1.10	2.64	84.50	46.86	3.04	42.31	41.27	4565.80	1884.30	1537.60
800	97.60	12.00	39.25	0.95	2.61	12.30	40.22	0.97	2.67	85.60	45.85	3.05	43.84	41.35	4566.32	1888.20	1542.66
850	97.00	14.40	40.00	1.14	2.20	14.85	41.24	1.17	2.27	82.60	48.42	2.66	40.50	52.73	4559.40	2404.17	1960.00
850	97.30	13.50	39.30	0.97	2.26	13.87	40.40	1.00	2.32	83.80	46.91	2.70	42.41	51.80	4560.25	2362.20	1929.13
900	98.00	11.60	39.86	1.21	2.70	11.84	41.67	1.23	2.75	86.40	46.13	3.12	43.51	39.95	4567.71	1824.80	1490.13
900	97.80	9.70	39.20	1.30	2.70	9.92	40.10	1.33	2.76	88.10	44.50	3.10	46.00	42.00	4568.00	1918.56	1570.00
900	98.30	11.50	38.85	1.15	2.80	11.70	39.52	1.17	2.85	86.80	44.76	3.22	44.76	41.00	4569.50	1873.50	1532.10
950	97.40	13.80	39.00	1.12	2.92	14.17	40.00	1.15	3.00	83.60	46.65	3.50	41.70	50.00	4572.00	2286.00	1864.00
950	97.00	18.00	38.70	1.15	2.95	18.55	39.90	1.18	3.00	79.00	48.98	3.73	37.40	49.00	4572.00	2240.30	1820.50
950	97.20	14.30	38.00	1.23	3.00	14.71	39.10	1.26	3.10	82.90	45.84	3.62	41.83	50.10	4573.50	2291.32	1869.60
1000	97.10	14.70	39.60	1.00	2.80	15.14	48.80	1.03	2.90	82.40	48.06	3.40	40.13	51.24	4570.31	2341.82	1906.62
1000	98.00	16.40	36.97	0.92	3.00	16.73	37.72	0.94	3.10	81.60	45.31	3.67	41.51	51.00	4573.78	2332.62	1904.28
1000	97.20	15.70	39.40	1.07	2.97	16.15	40.53	1.10	3.06	81.50	48.34	3.64	39.16	52.95	4573.10	2421.45	1969.68
1050	97.60	16.00	39.00	0.87	3.00	16.40	40.00	0.90	3.10	81.60	47.80	3.67	39.60	51.70	4573.78	2364.64	1924.58
1050	97.00	18.00	39.70	0.91	2.93	18.55	40.70	0.94	3.02	79.00	49.93	3.71	36.80	53.65	4572.39	1991.15	1589.70
1050	98.00	17.00	40.00	0.92	3.00	17.35	40.51	0.94	3.06	81.00	49.01	3.70	38.14	53.54	4573.10	2448.43	1989.70
*	94.00	7.00	37.00	1.28	3.00	15.74	39.00	1.37	3.00					36.00	4280.00	1500.00	1295.00

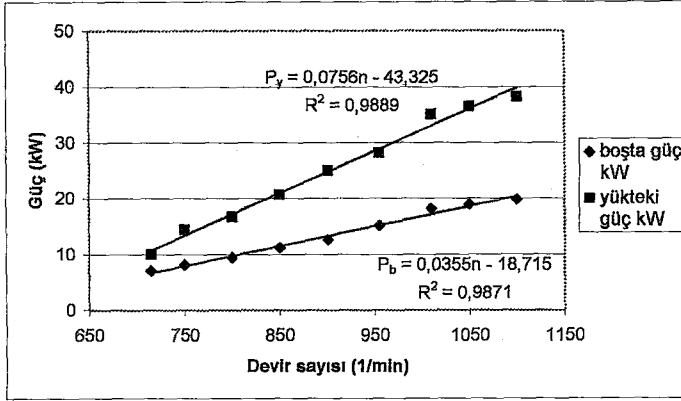
*İşlenmemiş saman ırmeği

4.3. Makinanın güç gereksinimine ilişkin sonuçlar

Kuyruk milî torkmetresi ile ölçülen makina güç tüketim değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Makina yüklü durumda 700 min⁻¹ devir sayısında yaklaşık 10 kW güç tüketirken 1100 min⁻¹ devir sayısında 38 kW güç tüketmektedir. Makinanın bu güç sınırları arasında yapılan denemelerinde her hangi bir problem oluşmamış, artan devir sayısı makinada titreşim oluşturmamıştır. FIAT 70/56 traktör bu güç sınırları arasında zorlanma belirtisi göstermemiştir. Makinanın ilk harekete geçirilişi traktör motorunun 1000 min⁻¹ devir sayısında gerçekleştirilmiş, makinanın 1100 min⁻¹ devir sayısına traktör motorunun 1800 min⁻¹ devir sayısında ulaşmıştır. Ayrıca, makinanın boşta çalıştırılma güçleri de ölçülmüştür. Çizelge 4.7 incelendiğinde 700 min⁻¹’de boşta yaklaşık 7 kW güç tüketirken, yüklü durumda aynı devirde 10 kW, 1100 min⁻¹’de boşta yaklaşık 20 kW güç tüketirken, yüklü durumda aynı devirde 38 kW güç tüketmektedir. Devir artışına bağlı olarak boşta çalışmaya göre yüklü çalışmada güç artışı, işleme kapasitesinin artışıyla açıklanabilir.

Çizelge 4.7. Makina güç tüketim değerleri

Makina devir sayısı min ⁻¹	Boşta çalışma gücü kW	Yüklü çalışma gücü kW
715	7,08262	9,94262
750	8,10471	14,3403
800	9,36545	16,6869
850	11,099	20,6848
900	12,5623	25,0304
955	15,05	28,22
1010	18,1906	35,112
1050	18,911	36,5026
1100	19,8115	38,2408



Şekil 4.8. Makinanın yüklü ve boşta çalıştırılması durumunda güç gereksinimi

Güç gereksinimine ilişkin değerler Şekil 4.8'de grafik olarak verilmiştir. Makina devrine bağlı olarak güç tüketimi yüklü ve yüksüz durumda doğrusal bir ilişki göstermektedir. Grafiklerden elde edilen regresyon denklemi 4.1 ve 4.2 nolu eşitliklerde verilmiştir.

$$P_y = 0,0756n - 43,325 \quad (R^2=0,9889) \quad (4.1)$$

$$P_b = 0,0355n - 18,715 \quad (R^2= 0,9871) \quad (4.2)$$

Burada;

P_y :Yüklü durumdaki güç (kW),

P_b : Boşta çalışmadaki güç (kW) ve

n : Devir sayısıdır (min^{-1}).

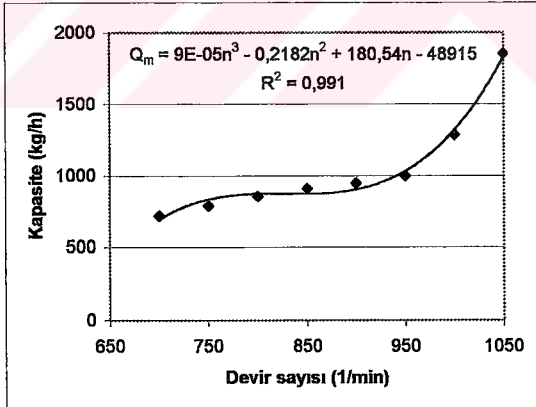
4.4. Makinanın saman işleme kapasitesi

Makina içerisine 15-20 kg'lık balyalar halinde verilen samanların makina devir sayısına bağlı olarak işlenmesi sonucu elde edilen ortalama kapasite değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Bu değerler çalışan kişinin tecrübesine, balyanın yoğunluğuna ve samanın nemine göre değişiklik göstermektedir.

Çizelge 4.8. Saman işleme kapasitesi

Makina devir sayısı min ⁻¹	İşleme kapasitesi kg/h
700	720
750	789
800	857
850	909
900	947
950	1000
1000	1285
1050	1855

Makina devir sayısına göre saman işleme kapasitesi Şekil 4.9'da grafik olarak verilmiştir. Şekil incelendiğinde artan makina devir sayısına bağlı olarak işleme kapasitesi de artmaktadır. 950 min⁻¹'den sonraki devirlerde ani bir yükselme göstermektedir.



Şekil 4.9 Makina saman işleme kapasitesi

Şekil 4.9'daki grafikten elde edilen regresyon denkleminin eşitliği aşağıdaki gibidir.

$$Q_m = 9E - 5n^3 - 0,218n^2 + 180,54n - 48915 \quad (4.3)$$

Burada;

Q_m : İşleme kapasitesi (kg/h) ve

n : Makina devir sayısı (min^{-1}) dir.

4.5. Makinanın yakıt tüketimine ilişkin sonuçlar

Bölüm 3.2.3'de bahsedilen KVZ yakıt ölçerden elde edilen saatlik ve özgül yakıt tüketim değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, saatlik yakıt tüketimi için optimum çalışma şartları 700 min^{-1} devir sayısında oluşurken, özgül yakıt tüketimi yönünden en uygun çalışma hızı 950 min^{-1} de olmaktadır. Ancak, makinanın optimum çalışma noktasının bulunabilmesi açısından saatlik ve özgül yakıt tüketimi yeterli olamamaktadır. Bu nedenle Çizelge 4.10'da 1 kg samanın işlenmesi için harcanan yakıt miktarı da ayrıca göz önüne alınmıştır.

Çizelge 4.9. Makina yakıt tüketim değerleri

Makina devir sayısı min^{-1}	Saatlik yakıt tüketimi l/h	Özgül yakıt tüketimi l/kWh
700	2,093	0,210508
750	2,338	0,163037
800	2,769	0,165939
850	3,13	0,151319
900	3,076	0,122891
950	3,429	0,12151
1000	5,143	0,146474
1050	7,66	0,209848

Çizelge 4.10. 1 kg samanının işlenmesi için harcanan yakıt miktarı

Makina devir sayısı (min ⁻¹)	Saatlik yakıt tüketimi (l/h)	Üretim kapasitesi (kg/h)	Özgül saman işleme enerjisi (ml/kg)
700	2,093	720	2,90
750	2,338	789	2,96
800	2,769	857	3,23
850	3,13	909	3,44
900	3,076	947	3,24
950	3,429	1000	3,42
1000	5,143	1285	4,00
1050	7,66	1855	4,12

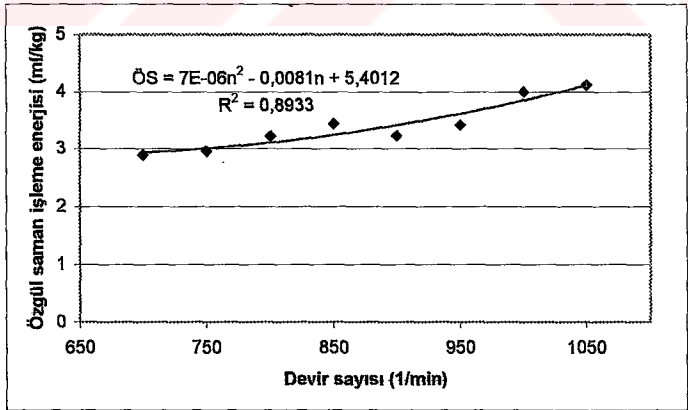
Çizelge 4.10'a göre, en düşük özgül saman işleme enerjisine (ÖS) 700 min⁻¹ devir sayısında ulaşılmaktadır. En ucuz saman üretiminin bu devirde olduğu görülmekte ise de bu devirde işleme kapasitesinin az olması nedeniyle saman işleme için harcanan süre çok uzamaktadır. Şekil 4.10'da ÖS'nin devir sayısı ile değişimi gösterilmiştir. Ayrıca Eşitlik 4.4'de bu iki değişken arasındaki regresyon ilişkisinin denklemi verilmiştir.

$$\text{ÖS} = 7E - 6n^2 - 0,0081n + 5,4 \quad (4.4)$$

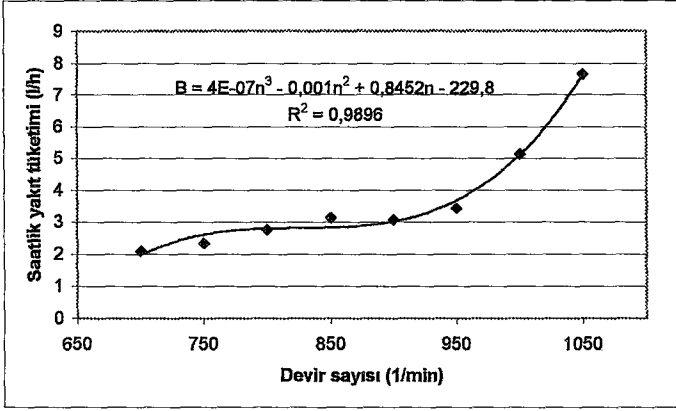
Burada;

ÖS : Özgül saman işleme enerjisi (ml/kg) ve

n : Makina devir sayısıdır (min⁻¹).



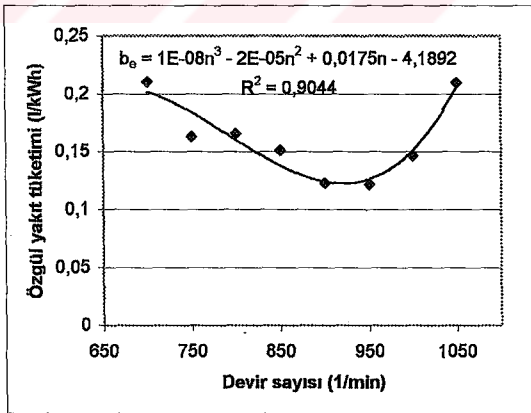
Şekil 4.10. Özgül saman işleme enerjisi



Şekil 4.11. Saatlik yakıt tüketimi

Şekil 4.11' de saatlik yakıt tüketiminin makina devir sayısına bağlı olarak değişimi verilmiştir. Şekil incelendiğinde 950 min⁻¹ devir sayısından sonra yakıt tüketimi ani bir şekilde artmaktadır. Bu durum Çizelge 4.8 ile de benzerlik göstermektedir. Artan işleme kapasitesine bağlı olarak yakıt tüketimi de artmaktadır.

Şekil 4.12'de ise makina gücüne bağlı olarak elde edilen özgül yakıt tüketimi grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde özgül yakıt tüketimi açısından en uygun makina hızının 950 min⁻¹ devir sayısında ulaşıldığı görülmektedir.



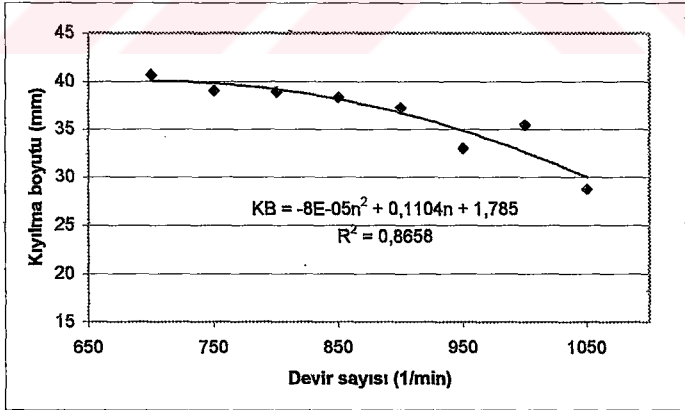
Şekil 4.12. Özgül yakıt tüketimi

Çizelge 4.11. Kıyılma boyutları

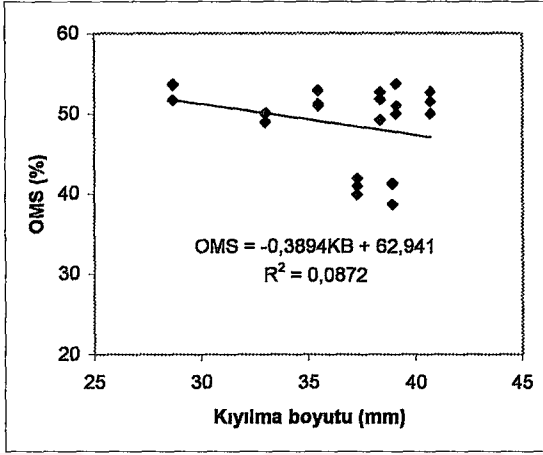
Makina devir sayısı (min ⁻¹)	Saman kıyılma boyutu (mm)
700	40,7
750	39,07
800	38,89
850	38,33
900	37,27
950	32,99
1000	35,44
1050	28,69

4.6. Kıyılma boyutlarına ilişkin sonuçlar

Çizelge 4.11’de makina devir sayısına bağlı olarak elde edilen saman kıyılma boyutları verilmiştir. 700 min⁻¹ devir sayısında 40,7 mm, 1050 min⁻¹ de ise 28.69 mm’lik saman boyutu elde edilmiştir. Çizelge incelendiğinde makinanın her devrinde elde edilen saman boyutlarının hayvan beslemesi yönünden uygun sınırlar arasında olduğu görülmektedir. Şekil 4.13’de artan devir sayısına bağlı olarak saman kıyılma boyutlarının grafiği verilmiştir. Ters orantılı ilişkinin ikinci dereceden regresyon denklemi eşitlik 4.5 de verilmiştir.



Şekil 4.13. Devir sayısına bağlı kıyılma boyutu ilişkisi



Şekil 4.14. Kiyılma boyutuna bağlı OMS değerleri

$$KB = 8E - 5n^2 + 0,1104n + 1,785 \quad (4.5)$$

Burada;

KB : kiyılma boyutu (mm) ve

n : Makina devir sayısıdır (min^{-1}).

Şekil 4.14'de saman kiyılma boyutlarına bağlı olarak OMS'deki değişim ve ilgili regresyon eşitliği verilmiştir. Grafik ve ilgili regresyon denklemi incelendiğinde saman kiyılma boyutu ile OMS arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunmadığı görülmektedir. Bu sonuç literatür değerleri ile de paralellik göstermektedir. Buna göre, saman boyutu sindirilebilirliği artırmamasına karşın, hayvanların saman alımını artırmaktadır (Hunt et al 1984) .

4.7. Makina Hava Hızına İlişkin Sonuçlar

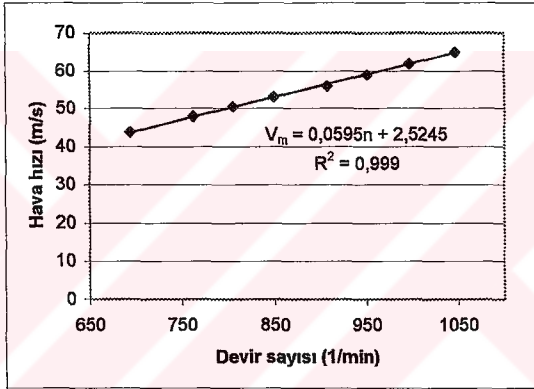
Bölüm 3.2.7'de anlatılan hava hızı ölçme yöntemine göre yapılan denemelerden elde edilen sonuçlar Şekil 4.15'de verilmiştir. Regresyon eşitliğinden elde edilen denklem de şöyledir.

$$V_m = 0,0595n + 2,5245 \quad (4.6)$$

Burada:

V_m : Makinanın oluşturduğu hava çıkış hızı (m/s) ve

n : Makina devir sayısıdır (min^{-1}).



Şekil 4.15. Makina devir sayısına bağlı hava hızı

Şekil 4.5 incelendiğinde makina çıkış ağzında oluşan hava hızının 40- 65 m/s arasında değiştiği görülmektedir. Oluşan bu hava hızı samanın iletimi için fazlasıyla yeterlidir.

5.ÖNERİLER

Denemelerden elde edilen sonuçlar ve deneme sırasındaki gözlemlere dayanılarak makinanın uygulamada kullanılabilirliğinin iyileştirilmesi amacı ile bazı öneriler verilmiştir.

Samanın hidrolizindeki başarı NaOH'ın makina içine düzgün bir şekilde yedirilmesine bağlıdır. Bu açıdan işlenecek saman miktarı ile dozajlanan NaOH miktarına dikkat edilmelidir.

Makinada işlenecek balyaların telleri veya ipleri kesilerek alınmalı ve bunların makina içerisine girmesi önlenmelidir.

Makina işlemlerden sonra yıkanmalı, pompa ve memelerde NaOH artığı kalmamasına özen gösterilmelidir.

NaOH cildi tahriş eden bir maddedir. Bu sebeple NaOH'ın pülverizasyonu sırasında cildin hassas yüzeylerine temas ettirilmemesine dikkat edilmelidir. NaOH konsantrasyonu hazırlanırken, uygun bir kap içine önce su konulup daha sonra NaOH bu suya eklenmelidir. Bu sırada oluşacak reaksiyon dikkate alınarak konsantrasyon havadar bir yerde hazırlanmalıdır.

Makinada, NaOH'ın temas ettiği yüzeylerde hidrojen gazı oluşumuna karşı, hafif metaller (Çinko, alüminyum vb) kullanılmamalıdır.

NaOH ile işlenen saman miktarı az ise reaksiyonun daha iyi ve hızlı bir şekilde oluşabilmesi amacıyla yığının üzeri plastik bir örtü ile örtülebilir.

Samanın işlendiğinde OMS değeri %36'dan ortalama olarak %49'a çıkmaktadır. Bu durumda 3 kg işlem görmemiş samanın verdiği enerji 2 kg dan daha az samandan alınabilmektedir.

Ayrıca bu tür bir makina ile diğer lifli bitkilerde kıyılabilirdiği gibi silajlık mısır yapımında da kullanılabilir. .

KAYNAKÇA

- Agrawal, B.D., Verma, L.R. and Craig, W.M., 1989. Chemical treatment of lignosellulosic material for use as ruminant feed. Transaction of American Society of Agricultural Engineers, v.32(6), p.2097-2102.
- Angele, R., Moss, D., Givens, I. And Everington, J.M., 1990. The effect of sodium hydroxide treatment on the chemical composition, digestibility and digestible energy content of wheat, barley and oat straws. Animal Feed Science and Technology, 29(1990) p.73-87, B.V., Amsterdam.
- Akkurt, M. ve Savcı, M., 1984. Makina elemanları . İTÜ Makina Fakültesi. Birsen Yayınevi, cilt I-II, İstanbul.
- Akkurt, M, 1990 . Makina elemanları. İTÜ Makina Fakültesi. Birsen Yayınevi, cilt I, İstanbul.
- Akkurt, M, 1990 . Makina elemanları. İTÜ Makina Fakültesi. Birsen Yayınevi, cilt II, İstanbul.
- Andersen P., E., and Boisen S., 1989. The influence of the chemical treatment of straw on utilization of magnesium by dairy cattle. Evaluation of Straws in Ruminant Feeding. Commission of The European Communities, Elsevier Applied Science, p.98-108.
- Akyıldız, R., 1983. Yemler bilgisi ve teknolojisi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 868, Ders Kitabı, s.234, Ankara.
- Akyıldız, R., 1984. Samanın besleme değeri kimyasal yolla zenginleştirilerek büyük ve küçük hayvanların beslenmesinde ve karma yem sanayinde kullanılması. Rapor (yayımlanmamış), Ankara.
- Akyıldız, R., 1985. Samanın hidroliz yoluyla yem değerinin artırılması. A.Ü. Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, seminer (yayımlanmamış), Ankara.
- Anonymous, 1986. Ors-Steyr rulman katalogu. Ankara
- Anonymous, 1994. Hydrolic motors, OMP, OMR, OMH. Danfoss, Hydrolic Catalog, p.48, Nordborg.
- Anonymous, 2000. Türkiye İstatistik Yılığ. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
- Antongiovanni, M., Sargentini, C., 1991. Variabilty in chemical composition of straws. Options Mediteraneennes, Serie Seminaires, no.16, p.49-53.

- Butterworth, B. 1979. Nutritionally improved straw the machines do the job. *Agricultural Engineering*, v.60, no.4, p.41-42.
- Büyükburç, U., 1976. Samanın alkali ile muamelesi. *Yem Bülteni*, cilt:1, sayı:2, Ankara.
- Cottyn, B.G. and Van Hoecke, P.P., 1981. Perspectives du traitement de la paille au moyen de produits chimiques dans l'alimentation animale. *Les Elevages Belges* 35.
- Eder J., 1989. Practical problems in the pretreatment of straw-based lignocellulosic substrate for pleurotus production. *Treatment of Lignocellulosic with White Rot Fungi. Commission of The European Communities, Elsevier Applied Science*, p.14-21.
- Frank, G., 1977. The importance of structural roughage, rich in crude fibres, as a component in compound feed milling. *Amandus Kahl Nachrichten, Hamburg*.
- Givens, D.I., Everington, J.M. and Adamson, A.H., 1989. Chemical composition, digestibility in vitro and digestibility and energy value in vivo of untreated cereal straws produced on farms throughout England. *Animal Feed Science and Technology*, v.26, p.323-335.
- Haddad, S.G., Grant, R.J. and Klopfenstein, T.J., 1995. Digestibility of alkali-treated wheat straw measured in vitro or in vivo using holstein heifers. *Journal of Animal Science*, v.73, p.3258-3265.
- Homb, T., 1984. Wet treatment with sodium hydroxide. *Developments in Animal and Veterinary*, v.14, p.107-126, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
- Hunt, C.W., Paterson, J.A., Zinn, G.M. and Williams, J.E., 1984. Effect of particle length and sodium hydroxide treatment of wheat straw on site and extent of digestion by lambs. *Journal of Animal Science*, v.58, no.6, p.1454-1460.
- Jung, H.G. and Vogel, K.P., 1986. Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. *Journal of Animal Science*, v.62, p.1703-1712.
- Karacan, İ., 1984. Endüstriyel hidrolik. *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaası*, s.448, Ankara.
- Kılıç, A. ve Şayan, Y., 1984. Tahıl artığı sap ve samanın yem değerinin susuz amonyak ile artırılması. *Tarım-Orman ve Köyişleri Bakanlığı, TİGEM, Hayvancılıkta İleri Teknikler Semineri*, s.76-87, Gönen.

- Kılıç, A., 1985. Organik materyalin yem değerinin artırılması. Yem Sanayi Dergisi, sayı:46, Ankara.
- Kristensen, V.F., Israelsen, M. and Neimann-Sorensen, A., 1981. Processed feed from straw for ruminants. The American Association of Cereal Chemists ST. PAUL, p.589-611, Minnesota.
- Kristensen, V.F., Hermansen, J.E., and Anderson P.E., 1984. Economic use of treated straw in milk production. Commission on Cattle Production, Session 2: Economic Systems of Milk Production Based on Low Cost Feed Inputs, 35th Annual Meeting of EAAP.
- Kristensen, V.F., 1984. Straw etc. in practical rations for cattle. Developments in Animal and Veterinary, v.14, p.431-453, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
- O'dogherty, M.J., 1989. A review of the mechanical behaviour of straw when coppedressed to high densities. Journal of Agricultural Engineering Research, v.44, p.241-265.
- Öztürkcan, D., 1988. Sap ve samanın amonyakla muamelesi. Yem Sanayi Dergisi, sayı:58, Ankara.
- Paterson, J.A., Klopfensten, T.J. and Britton, R.A., 1982. Digestibility of sodium hydroxide fed with alfaalfa hay. Journal of Animal Science, v.54, no.5 p.1056-1066.
- Riberio, R., 1989. Intake measurement: Evaluation of Straws in Ruminant Feeding. Commission of The European Communities, Elsevier Applied Science, p.22-36.
- Richter, W. and Burgstaller, G., 1982. Strohaufbereitung für Futterzwecke. Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Referat Landmaschinenwesen und Energiewirtschaft.
- Richter, W., 1983. Strohaufschluss in Bayern, Strohaufschluss in Norditalien. Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Referat Landmaschinenwesen und Energiewirtschaft.
- Santaro, G. and Conte, L., 1981. Provi di machine Per il trattamento meccanico con aggiunta di idrato sodico alle paglie di cerali. Annali, p.61-91.

- Schulz, H., Perwanger, A., Mitterleitner, H., 1981. Technik der Strohausbereitung für Futterzwecke. Strohaufbereitung für Futterzwecke. Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Referat Landmaschinenwesen und Energiewirtschaft.
- Silleli, H., H., 1993. Samanın yem değerini artırmak için NaOH ile işlenmesine uygun karıştırma tesisinin tasarımı. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s.63, Ankara.
- Sundstol, F. and Coxworth, E.M., 1984. Developments in Animal and Veterinary, v.14, p.196-247, Ammonia treatment. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
- Sundstol, F., 1991. Large scale utilization of straw for ruminant production systems. Recent Advances on the Nutrition of Herbivores MSAP, p.55-60.
- Yavuzcan, G., Erdiller, B., Saral, A., 1987. Ölçme tekniği. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, yayın no:3, Ankara.
- Yılmaz, A., 1989. Değişik enzim ve muamele sürelerinin kaba yemlerin "in vitro" sindirilebilirliklerine etkileri üzerine bir araştırma. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Ankara'da doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1986 yılında girdiği Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nden 1990 yılında Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. Eylül 1990-Eylül 1993 yılları arasında Yüksek Lisans öğrenimini Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda tamamladı.

Ocak 1992- Eylül 2002 yılları arasında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yaptı. Eylül 2002 tarihinden itibaren Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğünde görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.