

Kaz Tüylerinin Yapısal Özellikleri, Kullanım Alanları ve Yıkama Programı Önerisi

Müslüm Erol¹

Özet

Beyaz et tüketimi dünya genelinde son derece yaygındır. Kanatlı hayvanlar ve su kuşları bu ihtiyacın karşılanmasında önemli bir yere sahiptir. Dünyada kaz üretimi kaz eti, kaz ciğeri ve kaz tüyü için yapılmaktadır. Ancak ülkemizde kaz üretimi çoğunlukla kaz eti için yapılırken çok az da olsa yumurtası için yapılmaktadır. Kazdan elde edilecek tüm ürünler ve yan ürün olan kaz tüyü dahil teknik ve standartlara uygun bir üretim sürecine tabi tutulduğunda her bir çıktısından çok yüksek düzeyde katma değer sağlanabilecektir. Bu açıdan bakıldığında son derece kazançlı bir üretim olarak görülmektedir. Çalışmamızın esas konusunu teşkil eden kaz tüyleri yumuşaklığı, hafifliği ve üstün ısı yalıtım özelliği sayesinde önemli bir malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır. Son yıllarda kaz tüyünün değerli bir katma değere dönüşebildiği görülünce farklı bölgelerde kaz üretmek amacıyla yeni çiftlikler açılmıştır. Bu üreticilerde tüy yetiştiriciliği amacıyla da kaz üretimi isteginin oluştuğu görülmektedir. Bu çalışmada kaz eti üretimi sonrasında yan ürün olarak açığa çıkan gıdık ve sırt tüylerinin yıkanıp temizlenmesi ve daha hijyenik bir ürün üretimine ön hazırlık amacıyla tüyler iki farklı yıkama programına göre yıkanmıştır. Yıkamalarda farklı kimyasal ve yardımcı kimyasal maddeler kullanılmıştır. Ağartma ve durulama işlemleri yapıldıktan sonra kurutulan tüyler koku ve temizlik derecesi açısından değerlendirmeye tabi tutularak en ideal reçete tespit edilmeye çalışılmıştır. Buna göre Y1 olarak kodlanan yıkama reçetesinin en iyi sonucu verdiği ve yapılacak yıkamalarda tercih edilebileceği önerilmiştir.

1 Dr. Öğr. Üyesi, Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Tekstil Giyim Ayakkabı ve Deri Bölümü, Bingöl/Türkiye, erolmuslum@gmail.com, Orcid: 0000-0002-6905-7481

1. Giriş

Kanatlı hayvanlar, küresel olarak tüketilen diyet amaçlı beslenmelerde alınması gereken proteininin ana kaynağı olarak görülmektedir. Kümes hayvanı eti işleme endüstrisi dünya genelinde yıllık kırk milyar kg civarında beyaz et üretimi yapmaktadır. Kanatlı hayvanların beyaz et üretimine hazırlanması sürecinde çok büyük miktarda atık olarak tüy açığa çıkmaktadır. Yan ürün olan bu tüyler, giderek daha sorunlu bir endüstriyel atık haline gelmektedir. Bu nedenle, tüyler için döngüsel bir ekonomi geliştirmek, bu bol ve doğal esaslı malzemenin benzersiz özelliklerinin birleşiminden yararlanmak gerekmektedir.

Bu çalışma, kanatlı hayvanlardan özellikle kaz tüylerinden açığa çıkan tüylerin özellikleri ve katma değerli ürün haline dönüştürülmesi için ihtiyaç duyulan ön hazırlık işlemlerine odaklanmıştır. Kanatlı hayvanların kesimhanelerde beyaz et üretimi için kesildikten sonra atık hale gelen tüylerinin çevre ve doğa için zararsız hale getirilmesi veya geri dönüşümü ciddi zorluklar barındırmaktadır. Kanatlı hayvan atıkları bazen yakılarak hava kirliliğine, bazen de toprağa gömmek suretiyle toprak kirliliğine sebep olduğu bilinmektedir. Bu tüylerin yapısında büyük oranda azot bulunmakta olup yakma işlemleri esnasında açığa hidrojen siyanür gibi zararlı gazların havaya salınmasına sebebiyet verilmektedir (Erol, 2025; Hansson et al., 2004). İşlenmemiş veya geri kazanılmamış olarak gömülen kanatlı hayvan atıkları toprağı, yüzey sularını, yeraltı sularını kirletmekte ve sera gazları üretmektedirler (Bousshine et al., 2022; Ouakarrouch et al., 2020). Kanatlı hayvan atıklarının yakılması, kömürle çalışan termik santraller kadar, hatta daha fazla zehirli hava emisyonuna neden olabilmektedir (Bansal et al., 2021; Erol, 2025; Erol & Aydemir, 2024; Franke-Whittle & Insam, 2013).

Çevre kirliliğini azaltma ve sürdürülebilir ürün üretip kullanma arzusu sebebiyle özellikle kapalı yaşam alanlarında ve endüstriyel alanlarda atık materyallerin dönüştürülmesi sonucunda elde edilen materyallerin kullanılması önem arz etmektedir. Atık materyallerin kullanımı ile birlikte maliyetin düşüyor olması önemli bir diğer husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Geleneksel petrol türevi ve polimer esaslı malzemelerin yerine tüy atıklarını sürdürülebilir ve yenilenebilir yalıtım malzemesi olarak kullanılması, içinde bulunduğumuz yüzyılın üretim beklentileri ile uyumluluk göstermektedir. Özellikle bu atıl materyallerin bina ve mimaride yalıtım malzemesi olarak kullanılması ile önemli miktarda enerjiden tasarruf edilebileceği düşünülmektedir. Kaynaklı'ya göre malzemenin yapısı, kalınlığı ve diğer enstrümanlar ile birlikte uygunluk dikkate alındığında mimaride %30-60

oranında enerji tasarrufunun yapılabilir (Kaynaklı, 2012; Tesfaye et al., 2017).

Literatür incelendiğinde kanatlı hayvanlara ait atık tüylerin temizlenmesi ile ilgili farklı yöntemlerin uygulandığı görülmüştür. Xiaolin ve arkadaşları, kuş tüylerinin Ultraviyole sistemi ile dezenfekte edilebileceğini ifade etmişlerdir (Xiaolin et al., 2020; Yanxin & Le, 2016). Yungang protein esaslı tüylerin yapısındaki tozları gidermek ve dezenfekte etmek amacıyla geliştirdiği yöntemin patentini de almıştır. Yungang toz toplayıcılar ve temizleme varilleri gibi mekanik yöntemler aracılığı ile tüyleri dezenfekte etmişlerdir (Yungang, 2018). Ozon dezenfeksiyonu tüy işlemede kullanılan başka bir yöntemdir. Ultraviyole dezenfeksiyon yöntemine ozon işlemi eklenerek üretilen yeni cihaz ile çok detaylı bir sterilizasyon ve koku giderme sağlanmıştır (Yanxin & Le, 2016). Kunming ve Chuangui kanatlı hayvan tüylerinin temizlenmesi ve dezenfekte edilebilmesiyle ilgili olarak ürettikleri cihaz sayesinde temizleme ve dezenfekte etme işlemlerinin kolaylaştığı, işçilerin çalışma yoğunluğunun azaltılarak daha verimli bir sonucun elde edildiğini ifade etmişlerdir (Kunming & Chuangui, 2021).

Paşayev ve arkadaşları, kanatlı hayvanlardan tavuk tüylerinin yıkamaya rağmen kötü kokuya neden olan ve tüylerin yapısında bulunan uçucu maddelerin giderilebilmesi için en iyi yıkama yönteminin; sodyum hipoklorit ile kısa bir ön yıkama ve sodyum hidroksit çözeltisi ile bitirme işleminin ardından noniyonik bir deterjanla ana yıkama olduğunu tespit etmişlerdir. Bu yıkama yöntemi sonucunda tüylerin yüzey, içyapı ve mekanik özelliklerinin bozulmadığını ifade etmişlerdir (Paşayev et al., 2022). Çiftlik hayvanlarının tüylerinin temizlenmesi ile ilgili ev tipi çamaşır makinasında farklı kimyasallar ile yapılan yıkamalar sonucunda sodyum hipoklorit ile yapılan yıkamalardan ideal temizleme ve dezenfeksiyona ulaşıldığı belirtilmiştir (Paşayev et al., 2021).

Çalışmamız beyaz et üretiminde önemli bir yere sahip olan kaz eti üretimi sonrasında kesimhanelerde açığa çıkan atık haldeki tüylerin yıkama, temizleme ve dezenfeksiyon işlemlerinin yapılarak katma değeri yüksek ürün üretimine hazırlanması işlemlerini kapsamaktadır. Kaz tüyleri diğer kanatlı hayvan tüylerinden (tavuk ve hindi gibi) daha az üretiliyor olması ve daha hafif ve daha üstün performanslara sahip olması sebebiyle çoğunlukla hazır giyimde dolgu materyali olarak kullanılmaktadır. Özellikle kışlık mont, yastık ve yorgan üretiminde yaygın olarak kullanılan bir materyaldir. Dolgu materyali olarak sentetik lifler de kullanılmaktadır. Ancak sürdürülebilir bir çevre ve daha hijyenik şartlar dikkate alındığında geri dönüştürülebilir nitelikte

olanların kullanılması büyük önem arz etmektedir. Burada çoğunlukla doğal elyafların kullanımı önem arz etmektedir.

Çalışmamıza konu olan kaz tüyleri de diğer kanatlı hayvanların tüyleri gibi yalıtım amaçlı kullanılabilme potansiyeli yüksektir. Kaz ve ördek tüylerinin tekstil ve hazır giyimde dolgu materyali olarak kullanılmasının yaygınlaşması ve talep gören bir konu haline gelmesi daha araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Bu amaçla atık halde bulunan bu tüylerin yıkanıp, kurutulup, dezenfekte edildikten sonra dolgu materyali olarak kullanılmasının yanında kapalı mekanlarda iç dekoratif ve süsleme malzemeleri olarak yada yalıtım malzemesi olarak kullanımının mümkün olabileceği düşünülmektedir. Tüylerin yıkanması ile ilgili pek çok reçete ve uygulama bulunmaktadır. Bu çalışmada tüylerin hangi yöntemler ile yıkanıp temizlenebileceğine ilişkin literatür analiz edilirken en ideal sonuçları açığa çıkardığına kanaat ettiğimiz yöntem ve birkaç reçete ile kaz tüyleri yıkanarak temizlenmiş ve havadan nem emme ve su emme gibi fiziksel testleri yapılarak okuyucuya sunulmuştur.

2. Kaz Üretimi Hakkında

Genel kabul gören görüşe göre, Anatidae familyasına ve Anser cinsine ait olan kazlar, evcilleştirilen ilk hayvanlardandır. 3000 yıl önce Mısır'da evcilleştirilmiş olabilecekleri düşünülürken bazı araştırmalar bunun daha da eski olabileceğini öne sürmektedir. Buna rağmen, kazlar hiçbir zaman tavuklar, hindiler veya ördekler kadar ticari olarak değerlendirilmemiştir. Oysa kazlar sıcak iklimlere olduğu kadar soğuk iklimlere de uyum sağlayabilen, minimum barınakla açık havada yaşamını geçirebilme yetenekleri olan bir yapıdadır. Ticari kaz üretimi yalnızca Asya ve Avrupa'daki nispeten az sayıda ülkede gelişmiştir (Chelmonska, 1995). Örneğin, ılıman iklimlerden Kuzey Amerika'nın Kanada kazı (*Branta canadensis*) ve Güney Amerika'nın güneyindeki Amerikan kuğu kazı (*Coscoroba coscoroba*) bunlara örnek verilebilir. Tropik bölgelerden ise Afrika'dan Mısır kazı (*Alopochen aegyptiacus*), Hawaii Adaları'ndan Nene kazı (*Branta sandvicensis*), Hindistan ve Orta Asya'dan Çubuk başlı kaz (*Anser Indicus*), Afrika'dan Kuzey mahmuz kanatlı kaz (*Plectropectus gambensis*) ve Avustralya ile Yeni Gine'den yarı pençeli (saksagan) kaz (*Anseranas semipalmata*) bulunmaktadır (Schneider, 1995).

Türkiye'de kaz yetiştiriciliği Doğu ve Orta Anadolu ile İç Ege bölgelerinin köyleri başta olmak üzere hemen hemen her bölgede yapılabilmektedir. Kaz eti ve yumurtası bu bölgelerde yaşayan insanlar için önemli bir protein kaynağıdır (Betül Çelik, 2021)

Ülkemizde yapılan kaz yetiştiriciliğine daha spesifik bakacak olursak en çok Kars, Ardahan, Muş, Erzurum, Ağrı ve Van illerinde yapılmaktadır. Farklı bir yetiştiricilik kolu olarak kaz yetiştiriciliği ülkemizde çok fazla bilinmemekle birlikte Dünyada pek çok ülkede önemli bir yer tutmaktadır. Dünyada başlıca kaz yetiştiriciliği yapılan ülkeler; İngiltere, Kanada, ABD, Çin, Polonya, Çekoslovakya, Fransa, Bulgaristan ve Rusya'dır. Bu ülkelerin çoğunda kazlar, karaciğeri ve tüyleri için üretilmektedir (Turgut Kırmızıbayrak, 2018). Dünya Gıda ve tarım örgütü (FAO) 2016 yılı verileri Tablo 1'de verilmiştir. Bu tablodan da anlaşılabacağı üzere Çin toplam kaz varlığının %83'üne sahiptir. Rusya Federasyonu %4, ve Mozambik %3 ile takip ederken Türkiye 774bin adet ile 15. Sırada yer almaktadır. Tablo incelendiğinde farklı iklim yapılarına rağmen kaz yetiştiriciliğinin yapıldığı görülmektedir.

Tablo 1. Dünya Kaz Varlığı ve İlk 20 Ülke (FAO, 2016 Yılı) (Turgut Kırmızıbayrak, 2018).

SN	Ülke	Kaz Varlığı	SN	Ülke	Kaz Varlığı
	Dünya	380.620.000			
1	Çin	315.350.000	11	Macaristan	1.023.000
2	Rusya Federasyonu	15.448.000	12	İran	994.000
3	Mozambik	12.291.000	13	İsrail	960.000
4	Mısır	7.045.000	14	Arnavutluk	895.000
5	Ukrayna	5.115.000	15	Türkiye	774.000
6	Romanya	4.688.000	16	Almanya	501.000
7	Polonya	3.989.000	17	Filipinler	407.000
8	Myanmar	3.455.000	18	Fransa	369.000
9	Madagaskar	3.014.000	19	Kanada	323.000
10	Tayvan	2.394.000	20	Arjantin	168.000

3. Kaz Tüyü ve Alt Tüy Üretimi

Kaz yetiştiriciliğinde elde edilen, önemli bir çıktı olan ve üstün yetenekleri ile öne çıkan kaz tüyüdür. Su kuşlarının, kazların, ördeklerin ve benzeri kanatlı hayvanların tüyleri oldukça değerlidir. Bu tüyler çok kısa olduğundan iplik yapımına uygun değildir. İplik üretilmediği için de dokuma veya örme kumaş üretiminde kullanılamamaktadır. Bu değerli tüyler için kullanılabilir en ideal alan dolgu elyafı olarak kullanmaktır. Diğer bir seçenek dokusuz yüzey ve kompozit malzeme üretimi için değerlendirmektir.

Mevcut durumda kazın alt tüyleri tekstil ürünlerinin üretiminde kaliteli dolgu materyali olarak kullanılmaktadır. Tüylerin büyüklüğü ve yumuşaklığı arttıkça daha nitelikli bir ekonomik değere ulaşmakta dolayısıyla katma değeri yüksek ürün üretimine uygunluğu da artmaktadır. Kanatlı hayvanlardan

tavuk ve hindi tüylerinde bahsettiğimiz bu nitelikler biraz daha geride bulunmaktadır. Kaz tüyleri tekstil ve hazır giyim üretiminde dolgu materyali olarak kullanıldığında hem pahalı hem de ciddi anlamda talep gören kazançlı bir sonuç elde edilmektedir.

Kaz tüyü ve alt tüy üretiminde Çin'in pazara hâkimiyeti çok üst seviyededir. Kaz yetiştiriciliğinde tüyün elde edilmesi kadar depolanması ve bozulmadan saklanması büyük önem taşımaktadır. Depolamada ortamın nemi ve termal şartlarının yanında haşere ve böcek ilaçlama işlemlerinin yapılmış olduğuna dikkat edilmesi gerekmektedir. Sağlıklı koşullarda saklanmayan tüyler son işleme gelene kadar kalitesinden ciddi anlamda kayıplar yaşayacaktır.

Kaz tüyü yıkanabilen hijyenik, terletmeyen bir dolgu maddesidir. Kaz tüyleri yastık ve yorgan yapımında, koltuk üretiminde, okçulukta, boya sanayinde ve olta iğnesi yapımında kullanılır. Yün, elyaf ve pamuğa göre pahalı olmasına rağmen kullanım ömrü daha uzun olduğu için daha ekonomik olur. Tüy yumuşaklığı kaz ırkına göre değişim göstermektedir. Yaşlı kazlardaki tüy verimi daha fazladır. Kazların tüy verimi yılda yaklaşık 200-250 gr olarak hesaplanmıştır.

Kaz tüyünün kalitesi;

- Birim tüyün doldurma gücü
- Esneklik
- Yoğunluk
- Farklı tüyler ile karışık olup olmaması
- Rengi, temizliği İle belirlenmektedir (D'alba et al., 2017; Oral & Esra Dirgar, 2017).

Türkiye ve Dünyada yaygın olarak kesim işlemi sonrasında tüyler elde edilmektedir. Kesim sonrasında tüylerin ıslanması, kesim işlemleri esnasında kan ve diğer atıklar ile lekelenip kirlenmesi, rutubet ve neme bulaşması gibi sorunların meydana gelmesi söz konusu olabilir. Bu sorunlar ürün kalitesini olumsuz yönde etkilemekte olup maliyet artışına da sebebiyet verebilmektedir.

Küçük çapta üretimler yapan aile şirketleri bilgi yetersizliğinden kaynaklı olarak tüy kalitesinde meydana gelebilecek bu düşüşü ve buna bağlı ekonomik kayıplar ile diğer sorunları düşünememektedirler. Dünyada ve Türkiye'de yetiştiricilerin kesim esnasında ve sonrasında tüylerin doğru depolanması konusunda bilgilendirilmesi tüylerin ekonomiye kazandırılmasını sağlayacaktır. Ayrıca kapasitesi yüksek entegre kesim

tesisleri kurulurken kümes ve çiftliklerin yoğun olduğu bölgelerde kurulması tüy temini ve değerlendirilmesi konusunda da önemli katkı sağlayacaktır (Turgut Kırmızıbayrak, 2018).

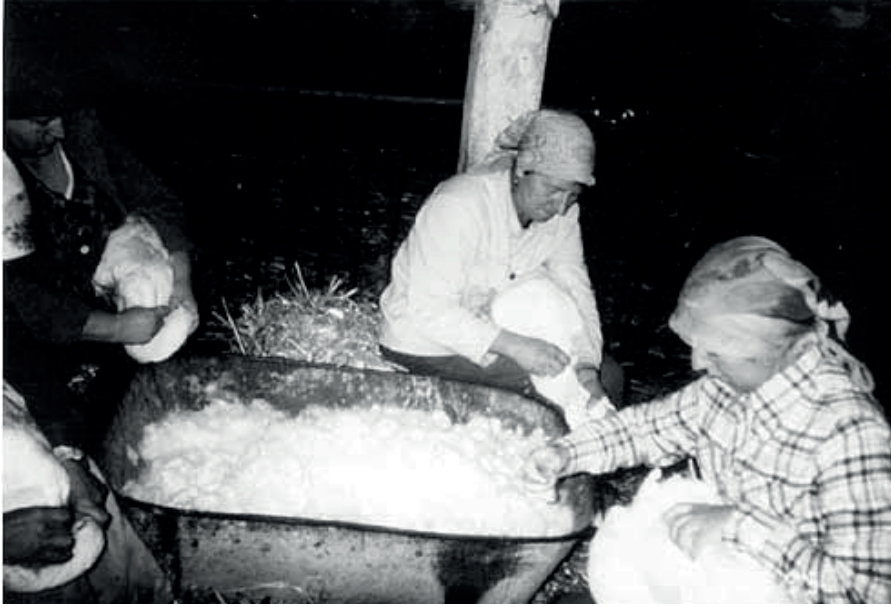
Kaz tüyünün en değerlisi, göğüs bölgesinden elde edilenidir. Alt tüyler olarak da isimlendirilen bu tüyler son derece incedir. Ticari ürünlerin çoğu hem kuş tüyü hem de alt tüy karışımını içerir; kuş tüyü oranı ne kadar yüksekse, ürünün değeri de o kadar yüksektir. Kuş tüyü ve alt kuş tüyü arasındaki fark Şekil 1’de gösterilmiştir (Guy G., Rousselot-Pailley D., 1996).



Şekil 1. Kazlardan elde edilen tüyler ve ince kuş tüyü (Guy G., Rousselot-Pailley D., 1996).

Kesim sırasında tüy ve alt tüyleri elde etmek için normal işlem, önce kazları 1-3 dakika boyunca sıcak suda (60-68°C) haşlamaktır. Kanat ve kuyruk tüylerinin kaba kısımları elle alınır, geri kalan tüyler ve alt tüyler ise yolma makinesiyle veya elle alınır (Şekil 2). Tüyler daha sonra kurutulur ve bu işlem genellikle büyük ticari kurutma makinelerinde yapılır. Az miktarda tüy için, kurutmayı kolaylaştırmak amacıyla tüyler serilir ve sık sık karıştırılır.

Çok az miktardaki kısmı ise haşlanmadan kuru olarak yolunabilir (şekil 2) ve bu işlem daha uzun sürse de kuru tüy ve ince kuş tüyü elde edilmesi bakımından daha değerlidir. Ancak daha zor ve emek istediğinden dolayı çoğunlukla bu yol tercih edilmek istenmemektedir. Yolma işleminden bağımsız olarak, tüy ve alt tüyün ayrıştırılması, Şekil 3’te gösterildiği gibi tüylerin ağırlık farkından istifade edilerek hava akımı aracılığı ile yapılabilir.



Şekil 2. Canlı yetişkin kazlardan tüy yolma (Polonya) (R. B. Buckland, 1995).

Canlı kazlardan tüy hasadı, et veya yağlı karaciğer üretimi için yetiştirilen kazlardan ve damızlık sürülerindeki kazlardan önemli bir gelir kaynağı olabilir. Canlı kazların göğüs tüylerinin ve kanat tüylerinin hasadı, 9-10 haftalık olduklarında diğer yumuşak tüylerle birlikte olgunlaşmış kuş tüylerinin doğal olarak dökülmesiyle mümkündür. Tüy yolma işlemini doğal tüy dökme dönemine denk getirerek, göğüs tüyleri ve kanat tüyleri Şekil 2’de gösterildiği gibi hasat edilebilir.

Büyüyen kazlar daha sonra yaklaşık altı haftada bir, her bir sonraki tüy dökme dönemine denk gelecek şekilde tüy yolma işlemine tabi tutulabilir. İlk tüy yolma işleminden elde edilen tüy ve kuş tüyü verimi yaklaşık 80 g, sonraki her tüy yolma işleminde ise 100-120 g arasındadır. Kuş tüyü yüzdesi normalde toplam ağırlığın %15-20’si arasında olacaktır. Pazara yönelik kazlar için gerçek tüy yolma sayısı genellikle et veya yağlı karaciğer için pazar koşullarına ve tüy ve kuş tüylerinin mevcut pazar değerine bağlıdır. Tüm ırkların tüyleri yolunabilir, ancak beyaz tüyler daha değerlidir. Canlı kazların tüyleri yolunurken veya kesimhanede tüy hasadı yapılırken, tüylerin olgunlaşmış olması gerekir.

Üreme dönemindeki kazlar, yumurtlamadıkları dönemde de altı haftada bir benzer bir programla tüy yolma işlemine tabi tutulabilir; genel öneri, son tüy yolma işleminin yumurtlamanın başlamasından iki buçuk ay veya

daha fazla süre önce yapılmasıdır. Normalde bu öneriler, sezon başına üç tüy yolma işlemiyle sonuçlanır. Bununla birlikte, Polonya’da yapılan son çalışmalar, Haziran başında yumurtlamayı bırakan ve bir sonraki yumurtlama sezonu Ocak ortasında başlayan kuşlar için, sonraki yumurta üretimi veya doğurganlık üzerinde zararlı bir etki olmaksızın dört kez tüy yolmanın (son tüy yolma işlemi Kasım başında) mümkün olduğunu göstermiştir.

Kaz kanat tüyü ve ince tüyleri, kaz üretiminin değerli bir ürünüdür. Bu durum özellikle kuru olarak yolunmuş tüyler için geçerlidir, çünkü kurutma veya ayıklama için herhangi bir ekipmana ihtiyaç duyulmaz. Tüy ve ince göğüs tüyleri ya depolanıp uluslararası pazarda satılabilir ya da yerel küçük işletmelerde yorgan gibi yüksek değerli perakende ürünlerinin üretiminde kullanılabilir (Şekil 3) (R. Buckland & Guy, 2002).



Şekil 3. Hava akımında tüylerin karıştırılması (R. B. Buckland, 1995).



Şekil 4. Kaz tüyü ile doldurulmuş yastık, yorgan, mont ve badminton topu. (<https://www.enderspor.com/urun/cmp-fix-hood-erkek-kaz-tuyu-mont-3z14757-130q>; <https://www.hepsiburada.com/delta-ozel-kaz-tuyu-pratik-kutusunda-6-adet-mantar-kafa-badminton-topu-pm-sporde1701>).

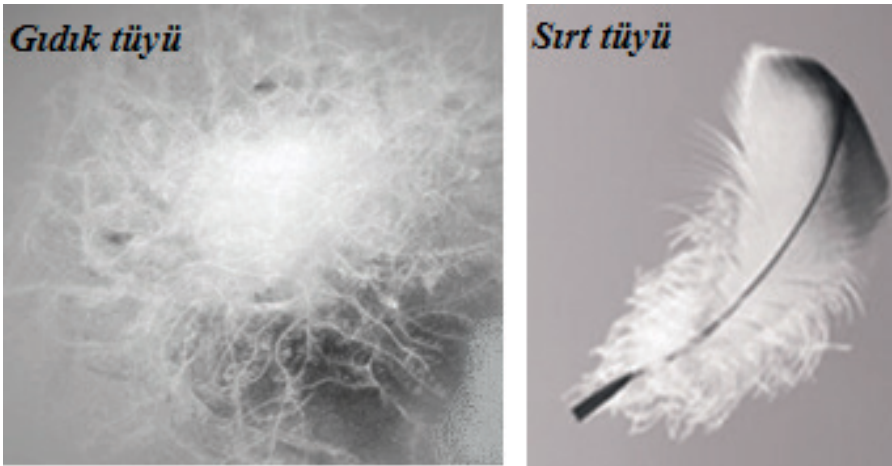
3.1. Kaz Tüylerinin Fiziksel yapısı

Kuş tüylerinin yalıtım özelliklerine olan ilgi, kuşların davranışsal ve ekolojik çalışmalarının ötesine uzanmaktadır. Kuş tüyü endüstrisinde, evcil kaz (*Anser anser domesticus*) tüyü, giyim ve yatak takımlarında yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Ördek tüyüne göre daha üstün olduğu kabul edilir ve büyük miktarlarda evcil kuşlardan elde edildiği için ideal bir ticari yalıtım malzemesi olarak kabul edilir. Bunun yerine, yaygın eider tüyü,

dişilerin karın tüylerini yolup yuvalarını kaplamak için kullandıkları vahşi doğadaki yuvalardan toplanır. Eider tüyünün olağanüstü termal özellikleri yüzyıllardır bilinmektedir ve doğal yalıtım malzemeleri arasında birinci sırada yer almaktadır.

Kaz tüyü, yalıtım özellikleri, hafifliği, kohezyonu ve esnekliği sayesinde soğuk havalarda giyim ve yatak takımlarında oldukça değerli bir üründür. On yıllar önce Loconti, tüycüklerin kendine özgü morfolojisinin olağanüstü termal özellikler kazandırdığını varsaymıştı, ancak şaşırtıcı bir şekilde bu konu daha fazla araştırılmamıştır. Kaz tüyünün termal verimliliği, “belirli bir miktarda kaz tüyü ve tüyün standart bir sıkıştırma ağırlığına tabi hacimsel ölçümü” olarak tanımlanan dolgu gücü ile değerlendirilir (IDFL). Başka bir deyişle, dolum gücü ne kadar yüksekse, kuş tüyü o kadar fazla hava hapsedebilir (Loconti, 1956).

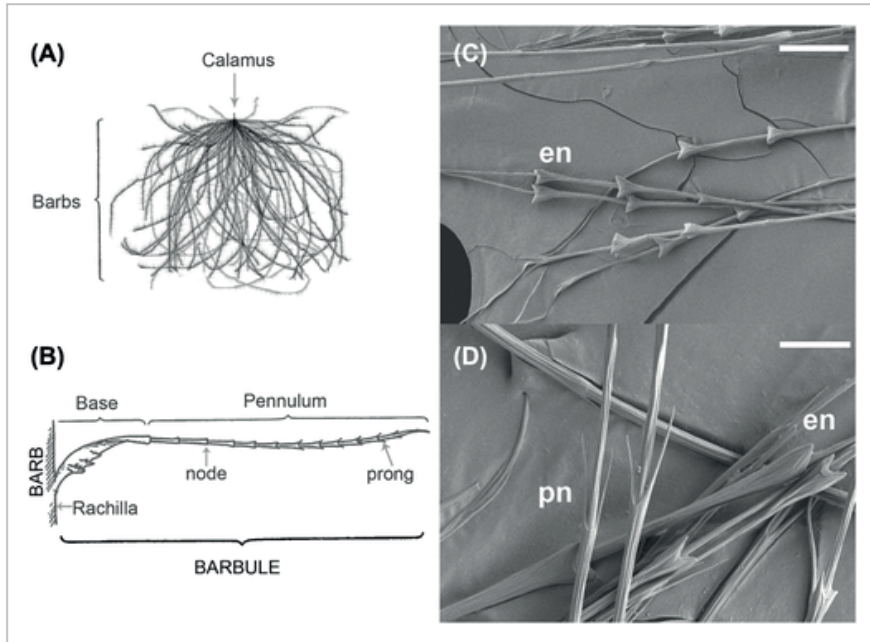
Gıdı tüyleri su kuşlarının iç koruma kalkanıdır. Bu sebeple İngilizce de down (aşağı) anlamına gelen bir terim kullanılmaktadır. Hayvanı, havada veya suda kimi zaman aşırı düşük olabilen sıcaklıklardan koruyan tüylerdir. Su geçirmez bir yapıya sahip olup neredeyse hiç su tutmaz. Sırt tüyleri de hayvanın yüzeyindeki suyu bir film tabakası gibi tutma özelliğine sahiptir. Kaz türlerine bağlı olarak -44°C sıcaklıkta ve Sibirya kazları zaman zaman -50°C 'den daha düşük sıcaklıklarda bile rahatlıkla yaşamaktadırlar. Gıdık tüyleri çok ince, yumuşak ve hafif olduğundan yorganlarda veya dolgu montlarda kullanılırken sırt tüyleri kısmen daha ağır olduğundan yastık veya fazlaca hafiflik istenmeyen ürünlerin üretiminde kullanılırlar. Gıdık tüyleri yumuşaklığı sağlar, hacmi artır, ısı tutma özelliği yüksektir. Şekil 5'te gıdık ve sırt tüylerine ait görseller verilmiştir.



Şekil 5. Kaz tüyü gıdık (down) ve sırt tüylerine ait görseller.

Eider tüyü, $813 \text{ in}^3 \text{ 30 g}^{-1}$ (IDFL) gibi olağanüstü bir ortalama dolum gücü sergiler ve yüksek kaliteli ürünlerde kullanılan üstün kalitede kuş tüyü, $800 \text{ in}^3 \text{ 30 g}^{-1}$ dolgu gücüne sahiptir (PHDesigns). Kohezyon, doğal malzemelerin tek tek liflerin demetler halinde bir arada tutulmasını sağlayan bir diğer özelliğidir (Alexander et al., 1962). Tüy kütlelerinin işlevselliği açısından kohezyonun mantıksal önemine rağmen, bildiğimiz kadarıyla bu özellik daha önce tüyler bağlamında araştırılmamıştır. Eider tüyünün olağanüstü özelliklerinin ardındaki mekanizmalar hakkındaki bilgiler, daha iyi yalıtım malzemelerinin biyomimetik tasarımına katkıda bulunabilir. Kaz tüyünün bölümlerini gösteren SEM görüntüsü Şekil 6'da verilmiştir.

Kaz tüylerinin fiziksel yapısı, yalıtım, su geçirmezlik ve aerodinamik performans gibi işlevsel özelliklerini etkileyerek önemli bir rol oynar. Kaz tüylerinin mikro yapısını inceleyen çalışmalar, bu işlevlere katkıda bulunan çeşitli temel yapısal özellikleri ortaya koymaktadır. Kaz tüyleri iki ana tipe ayrılabilir: dış tüyler ve alt tüyler. Vücudu kaplayan ve kuşun şekline katkıda bulunan dış tüyler, karmaşık bir tüycük ve tüycük dizilimine sahiptir. Tüy yapısı, öncelikle bu unsurların dizilimi ve morfolojisi ile tanımlanır ve bu da tüyün yalıtım özelliklerini önemli ölçüde etkiler.



Şekil 6. Eider tüyü örneklerini oluşturan plumulaların yapısı.

(A) Karakteristik yelpaze şeklini gösteren tek bir plumulanın şematik gösterimi; ince tüyler, merkezi, küçülmüş kalamustan yayılır. (B) Düğüm yapılarının yerini gösteren tek bir tüyçük diyagramı. (C) Gri kaz tüyçüklerinde bulunan tipik genişlemiş düğümler (en), ölçek çubuğu 50 μm . (D) Yaygın eider plumula tüyçüklerini temsil eden distal düğümlerdeki uzun çıkıntılar (pn), ölçek çubuğu 20 μm . (D'alba et al., 2017)

D'Alba ve ark. (2017), farklı kaz türleri arasında tüy mikro yapısındaki farklılıkların, özellikle gri kaz gibi türlerde, karasal ortamlar için termal yalıtımı optimize ettiğini bulmuştur. Bu adaptasyon, değişken sıcaklıklarda vücut ısını koruma yeteneğini artırır (D'alba et al., 2017). Tüylerin iç mimarisi, özellikle de tüy sapı (tüyün orta gövdesi), yapısı içindeki lif yöneliminden etkilenen çeşitli mekanik özellikler sergiler. Liu ve arkadaşları, kazın birincil uçuş tüyünün gövdesini analiz etmek için mikro-CT görüntüleme yöntemini kullanarak, kortikal ve medüller bölgelerin etkili sıkıştırma özellikleri sağlamak için sinerjik olarak etkileşimde bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu katmanlı yapı, uçuş dinamikleri için gerekli olan önemli bir ağırlık olmadan mukavemet için bir adaptasyon önermektedir (Liu et al., 2022).

Malzeme bilimi alanında Büyükkaya, kaz tüyü lifleriyle güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik performansını incelemiş ve bu doğal liflerin, polimetil metakrilat (PMMA) gibi malzemelerle birleştirildiğinde eğilme dayanımı ve kırılma direnci gibi özellikleri artırabileceğini belirtmiştir (Büyükkaya, 2017). Tüy liflerinin yapısal özellikleri (lif çapı ve hizalanması gibi) bu kompozitlerin mekanik davranışını doğrudan etkileyerek, mühendislik uygulamalarında doğal liflerden yararlanmanın avantajlarını ortaya koymaktadır.

Tüy yapısının bir diğer kritik yönü de hidrofobiklikteki rolüdür. Kaz tüyleri, su geçirmez bir özelliğe sahip olacak şekilde evrimleşmiştir; bu özellik, su ortamlarında yalıtım ve yüzme yeteneği için son derece önemlidir. Kütükül olarak bilinen mumsu dış tabakanın varlığı, suyu itmeye yardımcı olur ve tüylerin genel hidrofobikliğine katkıda bulunur. Bu özellik, yalıtım özelliklerinin kaybına yol açabilecek su emilimini önlemek için gereklidir.

Yang ve Song tarafından incelenen mikro yapısal özellikler, tüy geometrisinin uçuş sırasında aerodinamik performansı nasıl etkileyebileceğini ortaya koymaktadır (Yang & Song, 2017). Tüy mikro yapılarının oluşturduğu hafif ancak güçlü iskelet, sürüklenmeyi en aza indirirken kaldırma kuvvetini en üst düzeye çıkarır ve biyolojik ilhamlı mühendislik tasarımlarında görülen aerodinamik prensipleriyle yakından örtüşür.

Özetlemek gerekirse, kaz tüylerinin karmaşık bir şekilde düzenlenmiş tüyçükleri ve esnek bir tüy sapı (rachis) ile karakterize edilen fiziksel yapısı,

yalıtım, su geçirmezlik ve aerodinamik gibi işlevsel yeteneklerini önemli ölçüde etkiler. Bu adaptasyonlar, kuş biyolojisinde tüylerin evrimsel önemini vurgulamakla kalmaz, aynı zamanda bu doğal yapıların anlaşılması ile birlikte, kompozit malzemelerin tasarımına katkıda bulunabilecek, malzeme bilimi ve mühendisliğinde potansiyel uygulamalarda kullanılabilme imkanı da sağlar.

3.2. Kaz Tüylerinin Mekanik Özellikleri

Kaz tüylerinin mekanik özelliklerinin incelenmesi, yalıtım, uçuş sırasında destek ve çeşitli ortamlara uyum sağlama gibi işlevlerini anlamak için çok önemlidir. Kaz tüyleri, hafifliği, yüksek mukavemeti ve çeşitli mekanik özelliklere katkıda bulunan benzersiz mikro yapıları nedeniyle dikkat çekici bir malzeme olarak öne çıkmaktadır. Özellikle kaz gibi uçan kuşların tüyleri, keratin bileşimlerinden kaynaklanan önemli çekme dayanımı ve esneklik sergiler. Tüylerdeki baskın protein olan α -keratin, mekanik özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynayarak onlara sağlam ancak esnek özellikler kazandırır. Araştırmalar, farklı kuşlar arasında elastikiyet modülünün değiştiğini, uçuş tüylerinin karasal kuşlarınkinden 2-4 kat daha yüksek değerler sergilediğini ve mekanik yükler altında uçuş için özel bir adaptasyonu vurguladığını göstermektedir (Barone & Schmidt, 2005; Laurent et al., 2020). Ayrıca, tüylerin merkezi gövdesi olan rachis'in, gerekenden çok daha yüksek güvenlik faktörlerine sahip "aşırı mühendislik ürünü" olduğu ve böylece dinamik aerodinamik koşullar altında mükemmel mekanik dayanıklılık sağladığı bildirilmiştir (Laurent et al., 2020).

Ayrıca, kaz tüylerinin, tüy sapından dallanan tüycükler ve tüycüklerden oluşan karmaşık mikro yapısı, mekanik bütünlükleri için temel öneme sahiptir. Bu yapısal özellikler, uçuş sırasında stresi etkili bir şekilde dağıtmaya yardımcı olarak, yüksek aerodinamik yükleme sırasında meydana gelebilecek felaket niteliğindeki arızaları önler (Chen et al., 2020). Tüycükler ve tüycükler arasındaki bağlantı noktaları, yapısal istikrarı korurken esnekliği artıran benzersiz bir dönme mekanizması sergiler; bu da kuş uçuş dinamikleri bağlamında kritik öneme sahiptir (Chen et al., 2020).

Araştırmalar ayrıca, hidrasyonun tüy malzemelerinin mekanik özellikleri üzerindeki etkisini de vurgulamaktadır. Örneğin, çalışmalar hidrasyon seviyelerinin tüylerin çekme ve eğilme özelliklerini doğrudan etkilediğini ve tüylerin keratinin elastik yapısı sayesinde yeniden hidrasyon sonrasında şekillerini ve mukavemetlerini geri kazanabildiklerini ortaya koymaktadır (Sullivan et al., 2018). Bu tür iyileşme mekanizmaları, çeşitli çevresel koşullarda hayati öneme sahiptir ve tüylerin uyum yeteneğine katkıda bulunur.

Gelişmiş mikroskopi ve 3 boyutlu görüntüleme teknolojileri kullanılarak tüy yapısı üzerine yapılan daha ileri araştırmalar, potansiyel biyokompozit uygulamaları için manipüle edilebilen keratin liflerinin dağılımına ilişkin ayrıntıları ortaya koymaktadır. Keratin liflerinin yönlendirilmesi, performansı en üst düzeye çıkarırken ağırlığı en aza indiren bir kompozit malzeme çerçevesi oluşturur; bu da uçuş için temel bir özelliktir (Fraser & Parry, 2008; Liu et al., 2022).

4. Kaz Tüylerinin Yıkama ve Dezenfeksiyonu

4.1. Yaklaşım

Kanatlı hayvanlara ait tüylerin kesimhanelerde yapılan kesimler sonrasındaki durumuyla kullanımı pek mümkün değildir. Bazı üreticiler kuru yolum yaparak tüylerden daha yüksek verimlilikte istifade ederken seri üretim yapılan kesimhanelerde kesim ve ıslak yolum işlemleri esnasında tüyler ıslanmakta ve hayvana ait kan ve diğer atıklar tüylere bulaşmaktadır. Kirlenen bu tüylerin daha sonraki işlemlere hazır hale getirilmesi için yıkama, temizleme, kurutma ve dezenfeksiyon işlemlerinin yapılması şarttır.

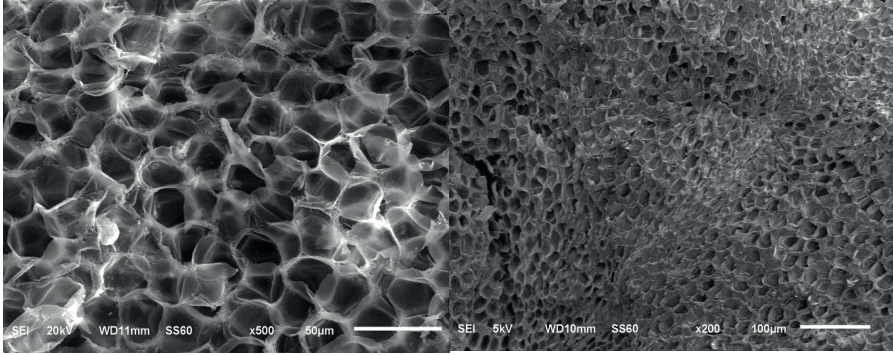
Bu lifler her ne kadar yün ve ipek lifleri gibi keratin içeriyorsa da yapısı itibarı ile özel işlemler ile kullanıma hazırlanması gerekmektedir. Kaz tüyleri tekstil ve hazır giyimde genellikle dolgu materyali olarak kullanılmaktadır. Bu sebeple dezenfeksiyon bu ürünlerde büyük önem taşımaktadır. Giriş bölümünde farklı araştırmacıların bu tüylerin yıkanması, temizlenmesi ve dezenfeksiyonu çalışmaları ile ilgili olarak sundukları sonuçlar ve çalışma yapacaklara önerileri incelendiğinde çok farklı yöntemlerin kullanılabildiği ve farklı sonuçlara ulaşılabildiği anlaşılmaktadır.

1- Kaz tüylerinin malzeme üretimine hazırlanması: Tüylerin toz, kir, kan ve hayvan üzerine yapışmış diğer karışımlardan temizlenmesi, yıkama, kurutma ve dezenfeksiyon işlemleri anlaşılmalıdır.

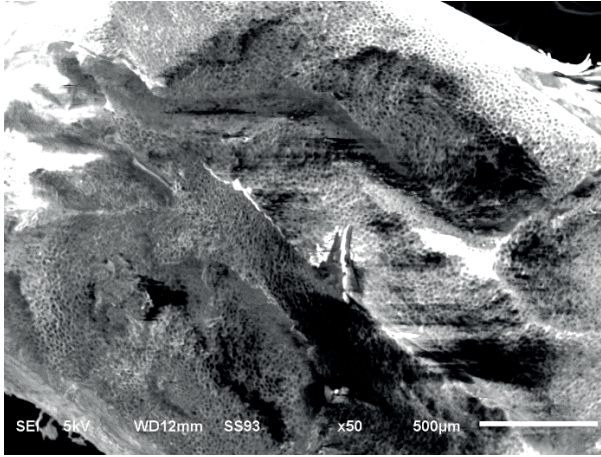
2- Kaz tüylerinden lif üretimi: Kaz tüylerinin yapısında çok miktarda gözenek ve odacıkların olması yalıtım esaslı malzeme üretimi için uygun bir hammadde olarak öne çıkarmaktadır. Bu odacıklı ve gözenekli yapısının mutlak suretle değerlendirilmesi gerekmektedir. Kaz tüylerinin yapısını gösteren elektron mikroskobu ile farklı büyütme oranlarında alınmış görüntüleri Şekil 7'de verilmiştir. Rachisin enine ve boyuna yönde kesitleri alınarak çekilen SEM görüntüleri incelendiğinde boşluklu yapı açıkça görülmektedir.

Yapının iç kısmının tavuk, hindi ve diğer kuşlarınkine benzer olacak şekilde gözenekli ve çok sayıda odacıktan oluştuğu görülmektedir. Kaz tüyünün

içyapısı incelendiğinde çok sayıda odacıktan oluştuğu ve bu odacıkların içerisine dolan hava kazı soğuğa ve sıcağa karşı korumaktadır. Yüksek termal konfor sağlama özelliği olan bu yapıdan hareketle tüyler ağırlıklı olarak yalıtım gerektiren alanlarda kullanılması önerilmektedir ki kaz tüyü dolgu montlarda kullanılmaktadır. Kışın hafifliği ve yüksek ısı yalıtım özelliği ile fazlaca tercih edilmektedir.



(a) *Rachis enine yönde SEM görüntüsü.*



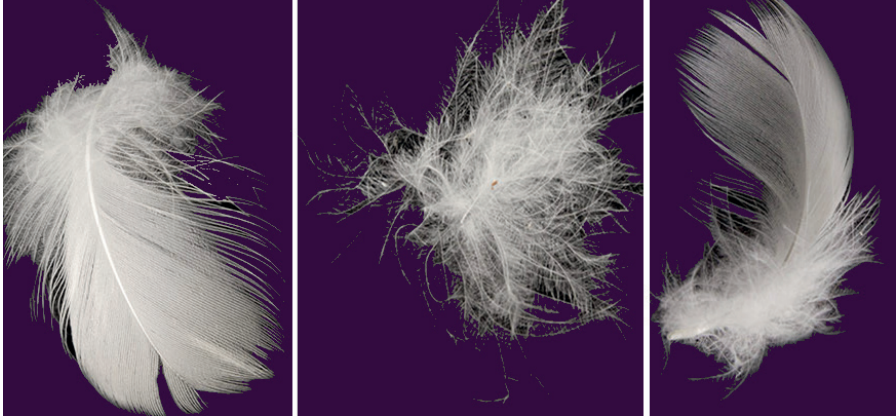
(b) *Rachis boyuna yönde SEM görüntüsü.*

Şekil 7. Kaz tüylerinin rachis kısmının taramalı elektron mikroskopunda (a) enine yönde ve (b) boyuna yönde olmak üzere farklı büyütme oranlarında alınmış görüntüleri

4.2. Materyal

4.2.1. Kaz Tüyü

Kaz eti üretimi yapan bir işletmeden temin edilen tüyler kullanılmıştır. İşletmeden alınan tüyler üzerinde kesimhane süreci atıkları ile kümes çiftliğindeki mekanik atıklar ile birlikte teslim alınmıştır. Çalışmalarımızda kullandığımız kaz tüylerine ait görsel Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. Kazın farklı bölgelerinden alınan tüyler.

4.2.2. Yıkama Maddeleri ve Ekipman

Tavuk ve hindi tüylerinin yıkanması, dezenfekte edilmesi ile ilgili daha önce yaptığımız çalışmalarda kullanılan yıkama programlarından istifade edilmiştir. Kocatepe, tavuk tüylerini temizleme için yaptığı çalışmasında üç farklı yıkama maddesi kullanmıştır. Yıkama maddelerinin temizlemeye etkileri ile yapılan yıkamanın temizlik derecesini tespit etmeye dönük sonuçları ortaya koymuştur (Kocatepe, 2015).

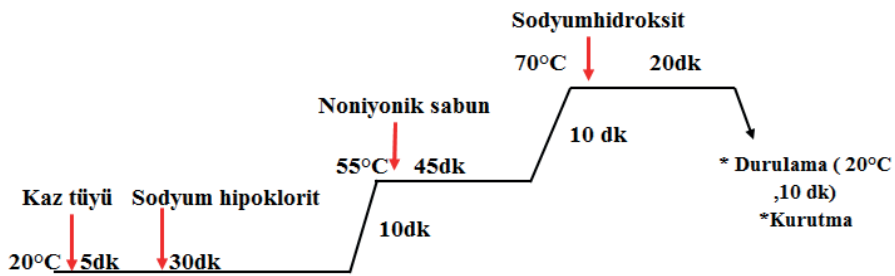
Anyonik, nanyonik ve katyonik özelliklere sahip yıkama maddeleri kullanılarak ideal temizlemeye ulaşılmaya çalışılmıştır. Buna göre 40 °C sıcaklık ve 60 dakika süre ile saf su ve noniyonik yıkama maddeleriyle yapılan yıkamanın liflerin gözenekli yapısının bozulmaması açısından daha elverişli sonuçlar verdiğini ifade etmiştir (Kocatepe, 2015). Yıkama maddesinin yanında dezenfektan olarak sodyumhipoklorit (NACIO) kullanılmıştır (Kocatepe, 2019). Yıkama işlemleri laboratuvar ortamında ev tipi çamaşır makinasında 800d/dk ayarlanarak yapılmıştır. Erol, Hindi tüylerinin temizlenmesi işlemlerinde de aynı reçeteyi kullanarak olumlu sonuçlar elde ettiğini ifade etmiştir (Erol, 2025). Yapısal özellikleri açısından

tavuk ve hindi tüyleri benzerlik teşkil eden kaz tüylerinin yıkanması için Y1 ve Y2 olarak kodlanmış iki yıkama programı uygulanmıştır. Bu yıkama programları kullanılan kimyasal maddelere, yıkama sürelerine ve yıkama suyu sıcaklıklarına göre farklılıklar teşkil etmektedir.

4.3. Yöntem

4.3.1. Yıkama

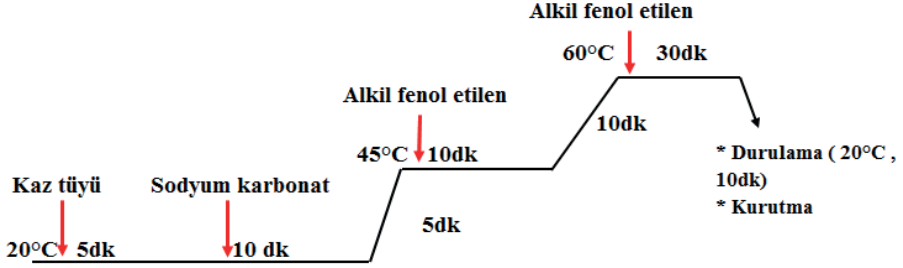
Kaz tüyleri Y1 ve Y2 olarak kodlanan iki farklı yıkama programı ve farklı kimyasal maddeler ile yıkanmış ve tüylerin temizlenme dereceleri kıyaslanmıştır. Tüyler gözenekli ve ince bir kumaş torbanın içerisine gevşek halde doldurulmuş ve Şekil 9'da verilen Y1 yıkama programına göre yıkanmıştır. Buna göre; 1lt su içerisine 50 gram kaz tüyü konularak 5 dk ısıtma ardından 50 ml sodyum hipoklorit (NaClO) ilave edilerek hazırlanan çözelti ile 30 dk boyunca tüylere ön yıkama yapılmıştır. Ardından noniyonik sabun ile esas yıkama işlemine geçilmiştir. Burada 1lt su içerisine 8ml sabun yıkama maddesi olacak şekilde çözelti hazırlanmış ve ön yıkaması yapılmış tüyler bu çözeltide 55°C sıcaklıkta 45 dk boyunca karıştırılarak yıkanmıştır. Yıkama sonrasında ağartma ve durulama işlemine geçilmiştir. Suyun sıcaklığı 10 dk içinde 70°C 'ye kadar ısıtılmıştır. Burada durulama işlemi NaOH ile yapılmıştır. Çözelti 1 litre suya yıkanan tüy ağırlığının %5' i kadar NaOH ilave edilmesiyle hazırlanmıştır. 70°C 'de 20 dk ağartma ve 10 dakika durulama zamanı planlanmıştır. Durulama işleminden sonra tüylerin içinde nem kalmayacak şekilde ideal bir kurutma işlemine maruz bırakılması gerekmektedir.



Şekil 9. Y1 yıkama programına ait yıkama reçetesi.

Kaz tüyleri Şekil 10'da detaylı grafiği verilen programa göre yıkanmıştır. 20°C sıcaklıkta 1lt suyun içerisine Y2 işlemine tabi tutulmuş 50 gr kaz tüyü 5 dakika süreyle ısıtılır. Ardından Na_2CO_3 (sodyum karbonat, çamaşır

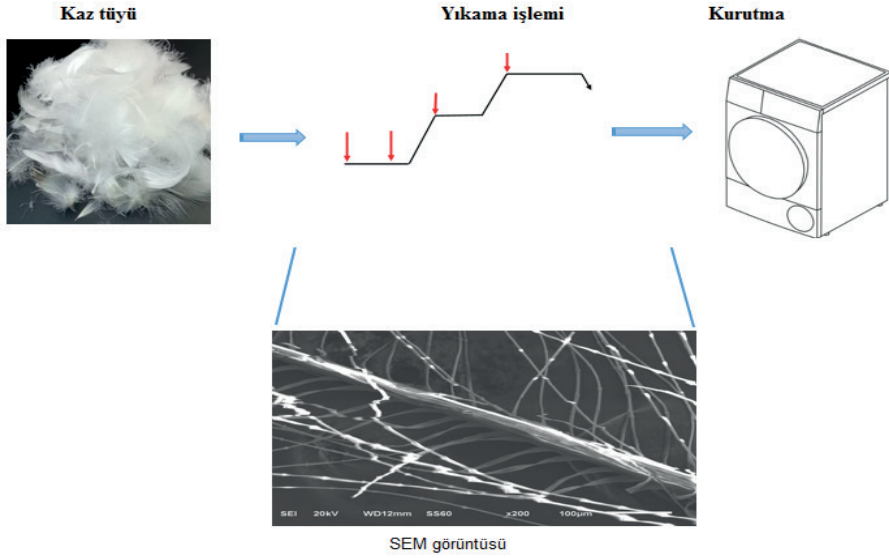
sodası) karışımın içerisine dahil edilir ve 10 dk daha muamele edilir. Çözelti sıcaklığı 45 °C' ye 5 dk içinde çıkarılır. Bu aşamada 2,5gr hidrofilik karakterde noniyonik deterjan alkil fenol etilen eklenerek 10dk işlem yapılır. Ardından sıcaklık 10dk içinde 60 °C' ye çıkarılır ve bu aşamada 2,5 gr daha deterjan ilave edilerek 30dk yıkama yapıldıktan sonra numuneyi çıkarıp 20 °C de 10 dk durulama yapıldıktan sonra tüyler kurutma işlemine tabi tutulur.



Şekil 10. Y2 yıkama programına göre yapılan yıkama reçetesi.

4.3.2. Kurutma

Yıkama işlemi tamamlanan kaz tüyleri bir bez torba içerisinde ve etrafa dağılmayacak şekilde ev tipi kurutma makinesinde 800 d/dk hızda 30 dk işlem görmek suretiyle kurutulmuştur. Tüylerin istenilen düzeyde kuruduğundan emin olunması gerekmektedir. Zira bulunduğu ortam yada içinde saklandığı torbanın niteliğine bağlı olarak nem alması mümkün olabilmektedir. Bu da yapının kokmasına veya üretimde sorunların oluşmasına sebebiyet verebilmektedir. Şekil 11'de kaz tüyü yıkama ve kurutma sürecinin grafiksel özeti verilmiştir.



Şekil 11. Kaz tüyü yıkama sürecinin grafiksel özeti.

5. Bulgular ve Sonuç

Kaz tüyleri hakkında var olan literatür analiz edildiğinde çok az miktarda bilginin yazıya aktarıldığı görülmüştür. Daha geleneksel metodlar kullanılarak tüy elde edildiği ve tüy üretimi ile ilgili çalışmaların işletmelerin kendi ticari sırları şeklinde kaldığı görülmektedir. Beyaz et üretimi içerisinde tavuk ve hindiye kıyasla çok daha az olması sebebiyle tüy miktarı da daha az olmaktadır. Tüyün az olması ticari değerini de artıran bir sonucu doğurmuştur.

Mevcut tüy kütlesi çoğunlukla tekstil ve hazır giyimde dolgu materyali olarak kullanılmaktadır. Kuru yolum yapılan tüyler daha temiz şekilde elde edilirken ıslak yolumda tüylerin daha kirli olduğu tespit edilmiştir. Her iki durumda da iyi bir temizleme ve dezenfeksiyon işlemi gerekmektedir. Tüyün sert yapıdaki rachis ve ondan dallanan liflerin ağırlıkça yarı yarıya olduğu hesaplanmıştır. Dolgu materyal üretilmesi dışında bu lifler ile dokusuz yüzey veya farklı lifler ile karıştırmak suretiyle ısı ve ses yalıtım esaslı kompozit materyal üretiminde de kullanımının mümkün olabileceği görülmüştür.

Kirli tüyler öncelikle içerisindeki toz, kir ve sert parçacıklardan arındırılması için bir dövme, çırpma ve tozlama işlemine tabi tutulmuş ardından yıkama işlemine başlanmıştır. Çalışmamızda uyguladığımız Y1 ve Y2 yıkama reçetesi sonuçları analiz edildiğinde Y1 yıkama reçetesi ile yıkanmış tüylerin daha parlak ve kokusuz olduğu görülmüştür. Y1 yıkama programı sonrasında tüyler daha temiz ve kokusuz bir yapıya kavuşmuştur.

Yıkama işlemi yapılırken tüylerin içyapısına zarar vermeyecek hassasiyette bir çalışma yapılmıştır. 50 gram ağırlığındaki tüyler NaClO çözeltisi ile işlem gördükten sonra naniyonik sabun ile yıkanmış ve NaOH ile ağartma işlemine tabi tutulduktan sonra durulanmıştır. Yapılan yıkama sonrasında kurutma işlemine tabi tutulan tüyler sonraki işlemlere hazır hale getirilmiştir.

Isı yalıtım değeri yüksek, hafif, gözenekli, hava geçirgenliği olan, temizlemesi kolay ve hazır giyimde dolgu materyali olarak kullanıldığında üstün konfor sunan bir malzemedir. Kaz tüylerinin katma değeri yüksek ürün üretiminde kullanımının yaygınlaşması, devlet desteği veya teşvikler ile üretiminin artırılması büyük önem arz etmektedir. Atık haldeki bu lifin katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi suretiyle sosyal ve ekonomik kalkınmaya katkı sunacağı açıktır.

Kaynakça

- Alexander, E., Lewin, M., Litav, Y., Peres, H., & Shiloh, M. (1962). The Crimp of Cotton Fibers. *Textile Research Journal*, 32(11), 898–908. <https://doi.org/10.1177/004051756203201104>
- Bansal, G., Jain, Y., Ahmed, Y., Kishore, C., & Agarwal, V. (2021). A comprehensive study on experimental analysis and development methods of chicken feather fiber reinforced bio composites. *Materials Today: Proceedings*, 46, 10310–10314. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.455>
- Barone, J. R., & Schmidt, W. F. (2005). Polyethylene reinforced with keratin fibers obtained from chicken feathers. *Composites Science and Technology*, 65(2), 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2004.06.011>
- Betül Çelik, Z. B. (2021). Muş Yöresi Yerli Kazlarında Kesim Ve Karkas Özellikleri. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 32(3), 167–186.
- Bousshine, S., Ouakrouh, M., Bybi, A., Laaroussi, N., Garoum, M., & Tilioua, A. (2022). Acoustical and thermal characterization of sustainable materials derived from vegetable, agricultural, and animal fibers. *Applied Acoustics*, 187, 108520. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108520>
- Buckland, R. B. (1995). *Personal communication. McGill University.*
- Buckland, R., & Guy, G. (2002). *Goose Production. FAO ANIMAL PRODUCTION AND HEALTH PAPER.*
- Büyükkaya, K. (2017). Effects of the Fiber Diameter on Mechanic Properties in Polymethyl-Methacrylate Composites Reinforced with Goose Feather Fiber. *Materials Sciences and Applications*, 08(11), 811–827. <https://doi.org/10.4236/msa.2017.811059>
- Chelmonska, B. (1995). *Personal communication. Agricultural University of Wrocław.*
- Chen, Q., Pugno, N. M., & Li, Z. (2020). The rotation toughening mechanism of barb–barbule joint in the barb delamination of feathers. *Acta Mechanica*, 231(3), 1173–1186. <https://doi.org/10.1007/s00707-019-02566-w>
- D'alba, L., Carlsen, T. H., Ásgeirsson, Á., Shawkey, M. D., & Jónsson, J. E. (2017). Contributions of feather microstructure to eider down insulation properties. *Journal of Avian Biology*, 48(8), 1150–1157. <https://doi.org/10.1111/jav.01294>
- Erol, M. (2025). Hindi Tüylerinin Fiziksel Yapısı, Özellikleri, Yıkama ve Dezenfeksiyon İşlemleri. In H. Aydemir & M. Erol (Eds.), *Tekstil Mühendisliğinde Yenilikçi Yaklaşımlar* (1. baskı, pp. 29–52). BİDGE Yayınları.
- Erol, M., & Aydemir, H. (2024). Effect of air gap on sound absorption in layered composite structures produced of sustainable materials. *Journal of the Textile Institute*, 0(0), 1–9. <https://doi.org/10.1080/00405000.2024.2356274>

- Franke-Whittle, I. H., & Insam, H. (2013). Treatment alternatives of slaughterhouse wastes, and their effect on the inactivation of different pathogens: A review. *Critical Reviews in Microbiology*, 39(2), 139–151. <https://doi.org/10.3109/1040841X.2012.694410>
- Fraser, R. D. B., & Parry, D. A. D. (2008). Molecular packing in the feather keratin filament. *Journal of Structural Biology*, 162(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jsb.2008.01.011>
- Guy G., Rousselot-Pailley D., & R. A. (1996). Comparison of meat geese performances fed with or without grass. *Arch Geflügelk*, 60(5), 217–221.
- Hansson, K. M., Samuelsson, J., Tullin, C., & Åmand, L. E. (2004). Formation of HNCO, HCN, and NH₃ from the pyrolysis of bark and nitrogen-containing model compounds. *Combustion and Flame*, 137(3), 265–277. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2004.01.005>
- Kaynakli, O. (2012). A review of the economical and optimum thermal insulation thickness for building applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 415–425. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.006>
- Kunming, W., & Chuangui, Z. (2021). *Cleaning and disinfecting device for down feather processing*.
- Laurent, C. M., Dyke, J. M., Cook, R. B., Dyke, G., & de Kat, R. (2020). Spectroscopy on the wing: Investigating possible differences in protein secondary structures in feather shafts of birds using Raman spectroscopy. *Journal of Structural Biology*, 211(1), 107529. <https://doi.org/10.1016/j.jsb.2020.107529>
- Liu, C., Xu, L., Li, X., Liu, Y., Qi, Y., Sun, J., & Zou, M. (2022). Microscopy imaging and modeling study on the mechanical properties of the primary flight feather shaft of the bean goose, *Anser fabalis*. *Microscopy Research and Technique*, 85(7), 2446–2454. <https://doi.org/10.1002/jemt.24100>
- Loconti, J. D. (1956). *Utilization of Chicken Feathers as Filling Materials/The utilization of chicken feathers as filling materials*. Advisory Board on Quartermaster Research and Development (L. I. (eds) In: Kennedy, S. J., Schubert, A. and Weiner (ed.)). National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18880>
- Oral, O., & Esra Dirgar. (2017). Dolgu Malzemesi Olarak Kaz Tüyünün Kullanım Alanları ve Özellikleri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5, 10–14.
- Ouakarrouch, M., El Azhary, K., Laaroussi, N., Garoum, M., & Kifani-Sahban, F. (2020). Thermal performances and environmental analysis of a new composite building material based on gypsum plaster and chicken feathers waste. *Thermal Science and Engineering Progress*, 19(March), 100642. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100642>

- Paşayev, N., Arabacılar, Z., & Çadır, M. (2022). Cleaning method of chicken feathers to obtain odorless fibers. *Journal of Natural Fibers*, 19(16), 14666–14677. <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2068177>
- Paşayev, N., Tekoğlu, O., Kocatepe, S., Erol, M., & Maraş, N. (2021). The Machine Method For Processing Chicken Feathers By Splitting Them into Fibers And Rachis. *Journal of Textiles and Engineer*, 28(124)(December), 248–260. <https://doi.org/https://doi.org/10.7216/1300759920212812401>
- Schneider, K.-H. (1995). *Gänse. (Geese)*. Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- Sullivan, T. N., Zhang, Y., Zavattieri, P. D., & Meyers, M. A. (2018). Hydration-Induced Shape and Strength Recovery of the Feather. *Advanced Functional Materials*, 28(30). <https://doi.org/10.1002/adfm.201801250>
- Tesfaye, T., Sithole, B., & Ramjugernath, D. (2017). Valorisation of chicken feathers: a review on recycling and recovery route—current status and future prospects. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 19(10), 2363–2378. <https://doi.org/10.1007/s10098-017-1443-9>
- Turgut Kırmızıbayrak. (2018). Türkiye’de Kaz Yetiştiriciliğinin Ticari Bir Sektör Olmasının Önündeki Engeller. *Türkiye Kaz Yetiştiriciliği Çalıştayı*, 53–67.
- Xiaolin, H., Kaiming, W., Wei, X., Yun, Z., & Tenghui, X. (2020). *Disinfecting and sterilizing device for down feather*. Patent.
- Yang, W., & Song, B. (2017). Experimental Investigation of Aerodynamics of Feather-Covered Flapping Wing. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2017, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2017/3019640>
- Yanxin, Z., & Le, C. (2016). *Novel down feather sterilization and disinfection device*. Patent.
- Yungang, H. (2018). *Disinfecting dedusting method for feather*. Patent.