
SOYA FASÜLYESİ PROTEİN LİFLERİ

BÖLÜM 1: SOYA FASÜLYESİ PROTEİN LİFLERİNİN GENEL YAPISI, ÜRETİMİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

*Fatma Filiz YILDIRIM **
*Osman Ozan AVİNÇ **
*Arzu YAVAŞ **

Özet: Soya fasülyesi lifi (SPF), protein esaslı botanik bir lifdir. Lifler sahip olduğu yumuşaklık, dökümlülük ve parlaklık gibi fiziksel özelliklerinin yanında antibakteriyellik gibi sağlık açısından faydalı özelliklere de sahiptir. SPF ilk olarak 20. yy'ın ortalarında üretilmeye başlanmıştır. Fakat liflerin üretimi sırasında mukavemet ile ilgili karşılaşılan önemli zorluklar, liflere olan ilgiyi azaltmıştır. 20.yy'ın sonlarında ekolojik ve yenilenebilir kaynaklardan üretilen liflere olan ilginin artması sonucu SPF'de tekrar gündeme gelmeye başlamıştır. Soya fasülyesinin ucuz ve bol olması da bu life olan ilgiyi arttırmıştır. Ayrıca liflerin mukavemeti, liflere polivinil alkol (PVA) dahil edilmesi ile geliştirilmiştir. Günümüzde SPF, artan bir hızla tekstil sektöründe kullanılmaya devam edilmekte ve genellikle diğer lifler ile karışım halinde kullanılmaktadır. Türkiye'de de SPF kullanılarak çeşitli ürünler üretilmektedir. SPF hakkında yazılmış bu derleme iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; SPF'nin genel yapısı, üretim aşamaları ve çevresel etkisi hakkında, ikinci bölümde ise SPF'nin özellikleri ve kullanım alanları hakkında bilgi verilmektedir. Bu derlemenin amacı biyo-bozunur, yenilenebilir ve sürdürülebilir SPF lifi hakkında bulunan Türkçe literatür eksikliğini doldurmaktır.

Anahtar Kelimeler: Soya fasülyesi protein lifi, yumuşaklık, yenilenebilir, biyo-bozunur, sürdürülebilir

Soybean Protein Fibres Part 1: Structure, Production and Environmental Effects of Soybean Protein Fibres

Abstract: Soybean fiber (SPF) is a protein based botanic fibre. These fibers exhibit very good physical properties such as brightness, softness and drape. Moreover, SPF has a variety of health functionalities and anti-bacterial properties. Fibers were first produced in the 20th mid-century. However due to the significant challenges encountered during the production of SPF, interest for these fibers was decreased. At the end of the 20th century, SPF re-captured attention due to an increased awakening on ecological, renewable and sustainable fiber concept. Soybean is cheap and abundant. Tenacity of SPF was improved by including polyvinyl alcohol (PVA). Therefore, the production and the usage of SPF are increasing rapidly because of these key advantages. Soybean fibers usually is used in blends with other fibers. In Turkey, a variety of different products are produced from this special fiber. This review, about SPF, is divided into two sections. In the first part; structure and production stages of SPF and its environmental effects have been described. In the second part of this review, properties and application areas of SPF have been described. The purpose of this review is to fill a gap in the Turkish literature about this bio-degradable, renewable and sustainable SPF.

Keywords: Soybean protein fiber, soybean, softness, renewable, biodegradable, sustainable

* Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kınıklı, 20070, Denizli
İletişim Yazarı: O.O. Avinç (oavinc@pau.edu.tr)

1. GİRİŞ

Soya fasülyesinden yün benzeri liflerin geliştirilmesi, değişen politik ve ekolojik önceliklere bağlı teknolojik bir yeniliktir. Doğal protein liflerine eşdeğer özelliklere sahip sıcak, rahat, yumuşak ve ekonomik insan yapısı liflerin üretilmesi, tekstil üreticileri ve bilim adamları tarafından uzun zamandır hedeflenmektedir (Blackburn, 2005). Yün ve ipek gibi doğal protein lifleri iyi fiziksel özelliklere sahip olmalarına ve tekstil endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılmalarına rağmen, bu liflerin kullanımı ve işlenmesi oldukça pahalıdır (Vynias, 2006). Örneğin ipek lifi üretiminde, çok az miktarda ipek üretebilmek için çok miktarda dut yaprağına ihtiyaç vardır. Bu durum üretim maliyetinin artmasına yol açmaktadır. Ayrıca hayvansal lifler kısıtlı fiziksel özelliklere sahiptir. Örneğin, yün ve ipek liflerinin çapları değişkendir ve morfolojik olarak yün lifinin yüzeyinde bulunan pulcuklar keçeleşmeye ve boyama sırasında zorluklara neden olmaktadır. SPF gibi rejenere protein lifleri çekilirken incelik konusunda teorik bir sınır bulunmamaktadır. Bunun yanında soya fasülyesinin bol ve ucuz olması, onu lif üretimi için rekabetçi bir materyal haline getirmektedir (Vynias, 2006; Agricultural Statistics Board, 1990; Montly Energy Review, 1991). Bununla birlikte üreticiler, soya proteini üretim aşamalarının çevreye dost olduğunu belirtmektedir (Vynias, 2006). SPF, yün ve kaşmir liflerini tamamlayacak veya onlarla rekabet edebilecek bir lif olarak görülmektedir (Blackburn, 2005; Casselle, 2003). Ayrıca, soya fasülyesi bitkisinin moleküler genetik yöntemlerle modifiye edilebilir olması, özel uygulamalarda kullanılacak lifler geliştirilmesini mümkün kılmaktadır (Vynias, 2006).

SPF, 20.yy'ın ortalarında geliştirilmiş birkaç yenilikçi ve öncü rejenere protein lifinden biri iken karşılaşılan bazı teknik problemler bu liflerin doğal liflerle veya yeni geliştirilen sentetik liflerle rekabet edemeyeceğini düşündürmüştür. SPF'nin ticari uygulamalarının sınırlı olması, bu liflerin popüler olmalarını engellemiş ve bu lifler neredeyse tamamen unutulmuştur. Uygun fiyatlı ve etkinlikleri artan sentetik liflerin ihtiyaçları karşıladığı bir dünyada, rejenere protein liflerine yer kalmamış gibi görünürken 20.yy'ın sonlarına doğru yenilenebilir kaynaklardan biyo-bozunur liflerin geliştirilmesi ile bu liflere olan ilgi yeniden canlanmıştır (Blackburn, 2005).

Soya proteininden tekstil lifi üretimi için ilk girişimler Japonya'da (Kajita ve Inoue, 1940a; Kajita ve Inoue, 1940b) ve ABD'de (Boyer ve ark., 1945), gerçekleştirilmiştir (Vynias, 2006). SPF 1937 yılında Henry Ford tarafından bulunmuş ve soya "yünü" olarak adlandırılmıştır. Henry Ford, SPF'den bir takım elbise ve kravat üretmiş (Şekil 1) ve bu benzersiz lifi araba koltuklarında (döşemeliklerde) kullanmıştır (Euroflax, 2012).



Şekil 1:

SPF'den üretilmiş takım elbise içinde Henry Ford (Euroflax, 2012)

1939 yılında Amerikan Ford Motor şirketi, otomobil döşemeliklerinde ve koltuk dolgularında kullanılmak üzere SPF'yi üretmeye başlamıştır. Bu lifler (*hiç ticarileştirilmemiştir*), yünün dayanımının % 80'ine sahiptir. Yaş ve kuru durumda yünden daha yüksek elastikiyet göstermektedir. Ayrıca yün veya kazein lifleri kadar kolay ıslanmamaktadır (Rijavec ve Zupin, 2011). 1940 yılında soya fasülyesinden lif üretimi ile ilgili ilk Amerikan patenti, Japon Toshiji

Kajita ve Ryohei Inoue'ya, soya proteininden lif çekimi ile ilgili ilk patentler ise, Glidden şirketinden Amerikan Oscar Huppert'a (1945) ve Ford Motor şirketinden Robert A. Boyer'e (Boyer ve ark., 1945) verilmiştir (Rijavec ve Zupin, 2011; Kajita ve Inoue, 1940). 1942 yılında Fletcher (1942), SPF'nin üretilmesine rağmen karşılaşılan teknik problemlerin, giyilmeye ve bozunmaya karşı doğal ve diğer sentetik lifler kadar dayanım sağlayacak biçimde katı ve sert protein filamentlerinin üretimini önlediğini belirtmiştir (Blackburn, 2005; Fletcher, 1942). Bunun yanında Sherman ve Sherman'ın (1946) 1939 ve 1944 yılları arasında ürettiği SPF miktarlarının karşılaştırılması lifin hala geliştirildiğini ve kalitesinin iyileştirildiğini göstermektedir (Blackburn, 2005; Sherman ve Sherman, 1946). Fakat life ait herhangi bir tescilli marka ismi belirtilmemiştir (Blackburn, 2005). Yine 1940'lı yıllarda SPF'nin piyasada satılan dokuma kumaşların üretiminde kullanılıp kullanılmadığı belirsizdir. Bu yıllarda bir firma (*Drackett*) liften önemli miktarlarda üretmiş ve üretilmiş liflerin şapka üreticileri tarafından keçe üretiminde kullanıldığı belirtilmiştir (Blackburn, 2005). 1945 yılında yün lifine olan ihtiyaç rejenere protein liflerinin üretilmesi ve araştırılması için yeniden bir beklenti doğurmuştur. 1950'li yıllarda da SPF ile ilgili olarak bazı patentler alınmıştır fakat ilgi yeniden başka protein liflerine kaymıştır. 1990'lı yıllar boyunca Çinli araştırmacılar soya proteininden lif geliştirmek için çeşitli metodlar araştırmıştır. Amerika'da da soya proteininden lif üretiminde kullanılmak üzere çeşitli alternatif metodlar araştırılmıştır. Bu araştırmalar soya proteinini ve sentetik lifleri birleştiren bikomponent liflerin geliştirilmesi üzerine odaklanmıştır (Blackburn, 2005). Soya proteininden ve polivinil alkolden oluşan yeni SPF, Çin'de G. Li tarafından Huakang R&D Center'da geliştirilmiştir. Bu yeni lifler için üretim prosesi 1993 yılında laboratuvarında oluşturulmuş ve 2000 yılında lifler ticari olarak tanıtılmıştır. Lifler 2001 yılında standadize edilerek 2003 yılında piyasaya sunulmuştur (Rijavec ve Zupin, 2011).

Rejenere protein liflerinin nasıl adlandırılacağı ve kategorize edileceği ile ilgili olarak 1940'lı yıllarda çok önemli bir belirsizlik vardır (Blackburn, 2005). SPF, 1941 yılında sentetik lif sınıflandırmasında "prolon" ("*pro*" - *proteinden*, "*on*" - *nylon ve pamuktan gelmektedir*) sınıfı içinde yer almaktaydı. Prolon sınıfı kazein ve soya gibi doğal protein bazlı liflerden oluşmaktaydı (Blackburn, 2005; Fletcher, 1942). Bu terim kısa bir süre kullanılmıştır (Blackburn, 2005). Daha sonra, "Azlon" terimi üretiminde ham madde olarak bitkisel ve hayvansal kökenli proteinler kullanılabilen rejenere protein liflerini adlandırmak için prolonun yerine önerilmiş ve kabul görmüştür (Blackburn, 2005; Kiplinger, 2003). SPF ticari olarak "yapay kaşmir" (Rijavec ve Zupin, 2011), "bitkisel kaşmir" (Blackburn, 2005; Rijavec ve Zupin, 2011; EV0420, 2010) veya "soya ipeği" (Rijavec and Zupin, 2011) olarak da pazarlanmaktadır (Blackburn, 2005). SPF, Japonya'da (*Ford Motor Japanese Co.*) "Silkool" ticari markası adı altında üretilmiştir (Rijavec ve Zupin, 2011; Myers, 1993; Avinc ve ark., 2012). 2003 yılında Colorado Trading and Clothing firması soya lif karışımlarından üretilmiş çeşitli kıyafetleri "SoyBu" ticari markası altında satışa sunmuştur. 2004 yılında The South West Trading şirketi soya protein ipliğini "SoySilk" ticari markası altında pazarlamıştır (Blackburn, 2005). SPF, Shanghai Winshow Soybean Fiber Industry Co. Ltd. şirketi tarafından "Winshow" markası altında üretilmektedir. Zhejiang Jiali Protein Fibre Co. Ltd. şirketi SPF'nin uluslararası fikri mülkiyet hakları ve üretim hattı sahibidir. SPF'nin Çinli üreticisi Harvest SPF Textile Co. Ltd. şirketi ise, China Harvest International Industry Ltd. şirketi ile Zhejiang Jiali Protein Fiber Co. Ltd. şirketi tarafından ortaklaşa kurulmuş bir Çin-yabancı ortak teşebbüsüdür. Soya proteininden üretilen lifler Swicofil AG Textile Service tarafından da pazarlanmaktadır (Rijavec ve Zupin, 2011). Cust & Jacobson Pty Ltd. şirketi ürettiği SPF'yi "Soyluxe" markası altında tanıtılmaktadır (Ecoelle, 2012). "Babysoy" markası, dünyada soya sütü ve tofu üretiminde kullanılan non-GDO soya fasulyesinden kalanlar kullanılarak üretilmiş, sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilir SPF'den oluşturulmuş bebek giysileri üretmektedir (Ethicalcommunity, 2012). Türkiye'ye SPF'yi ilk getiren ve Soya Silk markasıyla her türlü bebek, çocuk, kadın ve erkek giysileri üreten ilk firma Hayteks Ekolojik Tekstil San. Ve Tic. Ltd. Şti. olmuştur (Soyasilk, 2012). Hayteks Ekolojik Tekstil San. Ve Tic. Ltd. Şti., Shanghai Winshow firması ve Zhejiang Jiali Protein Fiber Co. Firması ile Soya Protein Elyafının Türkiye resmi

temsilciliği için anlaşmalar imzalamış aynı zamanda Türkiye’de Soya Tekstili pazarının oluşmasına ve gelişmesine önayak olmuştur (Hayteks, 2012).

SPF’nin elde edildiği soya fasulyesi bitkisinin en fazla üretildiği ülkeler, Arjantin, Brezilya, Çin, Hindistan ve ABD’dir. Lif üretimi bakımından incelendiğinde ise Çin ve ABD ilk sıralarda yer almaktadır. SPF üretiminin yıllık yaklaşık 3000 ton olduğu tahmin edilmektedir (EV0420, 2010). SPF’nin sahip olduğu pazar potansiyelinin ve lifin çevresel etkisinin diğer liflerle karşılaştırıldığı tablo aşağıda verilmiştir (Tablo 1). SPF’nin üretim aşamalarında harcanan enerjiye ait bilgilerde Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 1. Liflerin tekstil lifi üretimindeki pazar potansiyellerinin ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması (EV0420, 2010)

Lif	Geçerli Hacim (ham madde)	Tekstilde büyüme beklentisi	Lif maliyeti \$/kg	Lifler arasındaki bağıl etki					
				Enerji kullanımı	Su kullanımı	Sera gazı emisyonu	Atık su üretimi	Bitim işlemlerinde kimyasal kullanımı	Toprak gereksinimi
Bambu	9000 t	sınırlı	YV	(++)	(+++)	(+)	(++)	(+-+++)	(++)
Pamuk	27,5 mt	artmakta	1,2-1,5	++	++++	++	++	+++	+++
PLA	0,01 mt	artmakta	1,5-2,4	++	(+)	++	YV	(+--)	+
PTT	YV	YV	YV	++	+	+++	(+)	(+--)	(+)
Soya	3000 t	sınırlı	YV	YV	YV	YV	(+++)	(++-+++)	YV
Yün	1,2 mt	azalmakta	2,8-6,6	+	+	YV	++++	++-+++	++++
İpek	0,1 mt	sınırlı	15-26	YV	+++	YV	(++)	YV	YV

YV; yetersiz veri, +; nispeten düşük etki, ++++; nispeten yüksek etki

Tablo 1’de görüldüğü gibi SPF’nin üretim aşamalarında kullanılan enerji ve su kullanımı, sera gazı emisyonu miktarları ve ayrıca soya fasulyesi üretimi için gerekli toprak gereksinimi hakkında yeterli bilgi toplanamaması, lif üretiminin çevresel etkisi hakkında tahminsel sonuçlar çıkarılmasına neden olmuştur (EV0420, 2010).

Tablo 2. SPF üretim prosedürlerinde harcanan tahmini enerji ve su miktarı (EV0420, 2010)

İşlem	Enerji (MJ/kg)	Su (L/kg)
Ham madde üretimi	0,9	Yağmur suyuyla beslenmekte
Lif hazırlama	4,3-20	5-14
Kumaş üretimi	39,6-75,6	70-314
Boyama ve bitim işlemleri		

SPF'nin enerji tüketimi ile ilgili olarak yayınlanmış bilgilerin eksikliğinden dolayı tabloda bulunan ham madde üretimi alanına eklenmiş 0,9 MJ/kg verisi soya fasülyesi üretiminde kullanılan enerji girdisini göstermektedir. Kumaş üretimi ve terbiye işlemleri için gerekli olan enerji ve su tüketimi miktarlarının ise SPF ile en çok karışım oluşturan yün liflerinin enerji ve su tüketim miktarlarına benzer olacağı kabul edilmiştir (EV0420, 2010).

2. SOYA FASÜLYESİ PROTEİN LİFLERİNİN GENEL YAPISI

2.1. Soya Fasülyesi Bitkisi

Soya fasülyesi, Asya ülkelerinin binlerce yıldır tükettiği en önemli besin kaynaklarından biridir. Soya fasülyesi yüksek mineral ve vitamin içeriği ile zengin besin değerine sahip bir bitkidir. 400'den fazla endüstriyel ürünün yapımında kullanılan ve insan sağlığına yararları bilimsel olarak kanıtlanmış soya, tarımsal ürünler arasında da önemli bir yere sahiptir (İto, 2012). Günümüzde soya fasülyesi dünya üzerinde en çok yetiştirilen ürünlerden biri haline gelmiştir (İto, 2012).

Soya fasülyesi (*Glycine max*), (Şekil 2) baklagiller (*Fabaceae*) familyasından boyu 1 - 1,5 (İto, 2012; Wikipedia, 2012) veya 1,8 (Blackburn, 2005) m aralığında değişebilen, kısmen sarılıcı, bir yıllık, özellikle Çin ve Japonya'da ziraati geniş oranda yapılan bir bitkidir (Wikipedia, 2012). Soya bitkisi, kuzey Çin'in "Yellow River" vadisinde M.Ö. 3000 gibi erken zamanlardan bu yana yetiştirilmekte ve Çin ve Japonya'da önemli bir tahıl olarak halen varlığını sürdürmektedir (Blackburn, 2005). Dünya'nın başka yerlerinde ziraatinin başlaması 20.yy'da gerçekleşmiştir. Soya fasülyesi taneleri çeşitli yeşil tonlarında, siyah, sarı ya da kahverengi ve alacalı renklere olabilmektedir (Şekil 2) (Wikipedia, 2012).



Şekil 2:

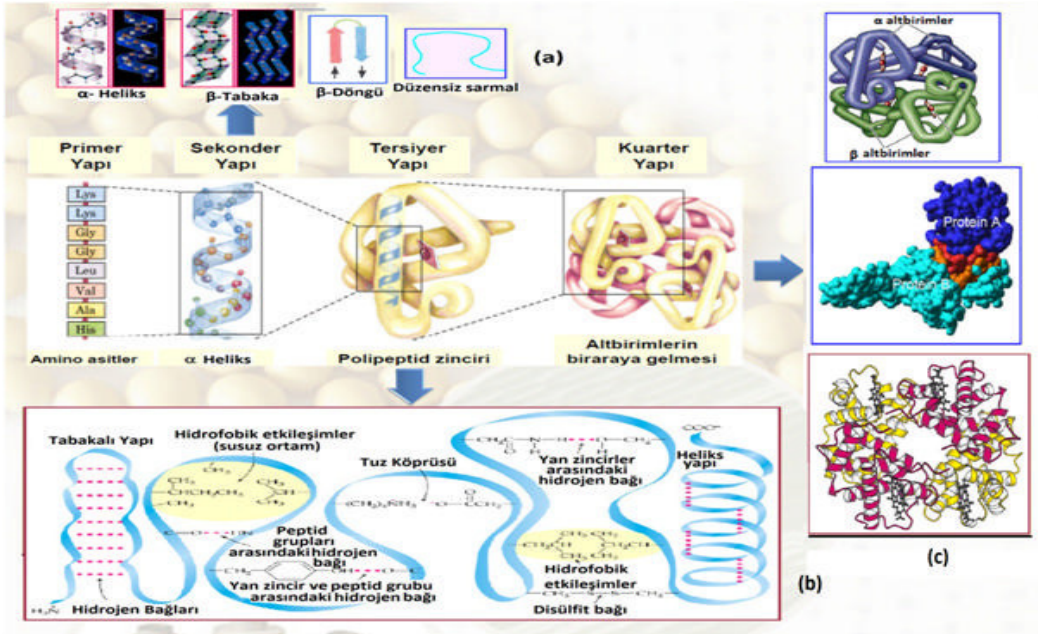
Soya fasülyesinin bitkisi ve taneleri (Tarımkütüphanesi, 2012; Tejaratalvand, 2012; Blogspot, 2012)

Soya bitkisinin taneleri yaklaşık olarak % 40 protein, % 18-20 yağ, % 30 karbonhidrat, % 5 mineral madde (*kalsiyum, fosfor, kükürt, potasyum, magnezyum vb.*) ve ayrıca birçok vitamin (*en çok A ve B*) içermektedir (Tarımkütüphanesi, 2012)

Soya fasülyesi; süt, yoğurt, peynir, dondurma, dondurma külahı, pasta, hayvan yemi, boya, kâğıt, kemiksiz et, makarna, tarhana, leblebi, kahve, salça, sabun, plastik maddeler, lastik, alkol, yeşil gübre, ilaç, yağ, margarin, soya unu, ekmek, çocuk maması vb. üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır (Wikipedia, 2012).

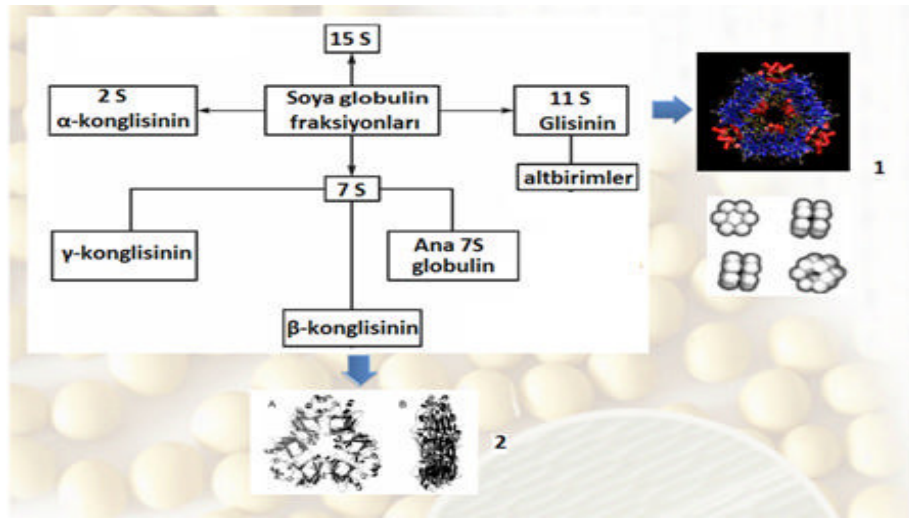
2.2. Soya Proteinin Genel Yapısı

Soya proteini, çok miktarda tekil proteinden ve çok farklı moleküler boyutlara sahip protein agregatlarından oluşmaktadır (*Proteinlerin kuarter (dördüncü) yapısı, primer, sekonder ve tersiyer yapıya sahip polipeptit zincirlerinin daha büyük yapıları oluşturacak biçim biraraya gelmesiyle oluşmaktadır (Şekil 3). Tüm proteinler kuarter yapıya sahip olmamakla birlikte molekül ağırlığı 100.000'nin üzerinde olan proteinler genellikle kuarter yapıya sahip olmaktadır. Bir proteinin kuarter yapısını oluşturan polipeptit zincirlerine alt birim veya monomer adı verilmektedir*) (Vynias, 2006; Proteinler, 2012). Soya fasüyesindeki en önemli protein globulindir (Vynias, 2006; Barac ve ark., 2004). Globulinler, izoelektrik noktalarının (pI) altında veya üstünde çözünmemekte, pI'larına yakın değerlerde çözünmemektedir. Soya proteinleri pH 3,75 ve 5,25 aralığında minimum çözünürlük, pH 1,5-2,5'da ve pH 6,3'ün üzerinde maksimum çözünürlük sergilemektedir (Vynias, 2006; Pearson, 1986). Soya proteinleri, çökme özelliklerine göre sınıflandırıldıklarında, dört protein fraksiyonuna sahip bulunmaktadır (Barac ve ark., 2004). Bunlar, toplam protein içeriğinin %8'ini oluşturan 2S, %35'ini oluşturan 7S, %52'sini oluşturan 11S ve % 5'ini oluşturan 15S fraksiyonlarıdır (Barac ve ark., 2004). Soya proteinleri ağırlıklı olarak izoelektrik noktası pH 4-6 aralığında bulunan glisin (11S) ve β – konglisinin (7S) (*sırasıyla legumin ve visilin*) olarak adlandırılan iki depo proteinden oluşmaktadır (Şekil 4) (Blackburn, 2005; Vynias 2006; Rijavec ve Zupin, 2011; Barac ve ark., 2004; Food-info, 2012; Nielsen, 1985). Çözünür agregat oluşumu ile sonuçlanan glisin ve β – konglisinin kompleks asosiyasyon ve dissosiyasyon davranışları, lif oluşumu için soya proteininin işlenmesinde kritik bir faktördür (Blackburn, 2005). Glisin, disülfid bağları, elektrostatik ve hidrofobik etkileşimler aracılığıyla stabilize edilmiş sıkı kuarter yapıya sahip bir proteindir (Barac ve ark., 2004). β – konglisinin, α , α ve β olarak adlandırılan üç altbirimin çeşitli kombinasyonlarından oluşan heterojen bir gliko protein grubudur (Vynias, 2006; Barac ve ark., 2004).



Şekil 3:

*Proteinlerin genel yapısı,
(a) sekonder yapı türleri, (b) amino asitler arasındaki etkileşimler ve (c) kuarter yapı örnekleri
(General-files, 2012)*



Şekil 4:

Soya globulin fraksiyonları (Barac ve ark., 2004; Csiro, 2012);

(1) glisinin depo proteinin yapısal resmi

(2) β-konglisinin düşey (A) ve dikey (B) yapısal resmi

2.3. Soya Proteinin Amino Asit İçeriği

Soya proteininde en çok bulunan amino asit tipi glutamik asittir. Asidik amino asitler (*aspartik ve glutamik asit*) lifte bulunan toplam amino asitlerin yaklaşık % 30'una tekabül etmektedir (Vynias, 2006). SPF'nin sahip olduğu amino asit sayısı literatürde 16 (Swicofil, 2012), 18 (Rijavec ve Zupin, 2011; Vynias, 2011; Scribd, 2012; Choi ve ark., 2005; Doshi-group, 2012) veya 20 (Choi ve ark., 2005) gibi farklı miktarlarda verilebilmektedir. SPF'nin sahip olduğu bu amino asitler insan cildi için sağlıklı ve besleyicidir (Swicofil, 2012). Soya proteinin sahip olduğu amino asitlerin analizi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Soya proteininin sahip olduğu amino asitler (Vynias, 2006)

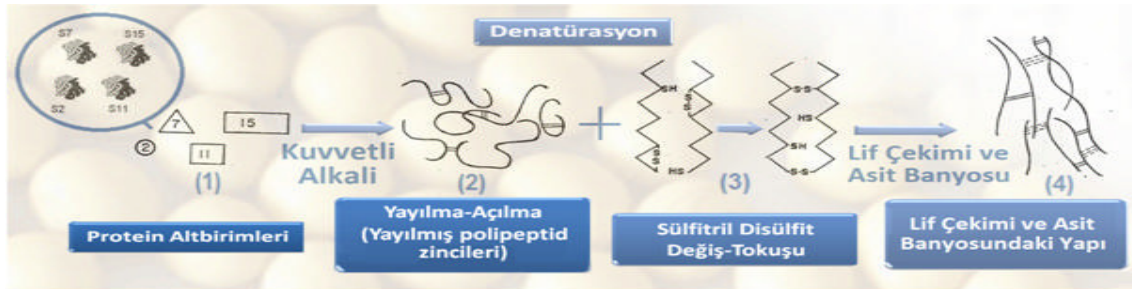
Amino Asit	Kısaltma	Soya (%)	Yan Zincirin Yapısı
Glisin	Gly	8,8	Hidrokarbon
Valin	Val	6,3	
Lösin	Leu	9,8	
Alanin	Ala	7,5	Alanin
Fenilalanin	Phe	4,4	Fenilalanin
İzolösin	Ile	4,8	
Serin	Ser	6,4	Polar
Tirozin	Tyr	--	
Treonin	Thr	4,3	

Tablo 3 (devamı). Soya proteininin sahip olduğu amino asitler (Vynias, 2006)

Aspartik Asit	Asp	12,8	Asidik
Glutamik Asit	Glu	18,2	
Histidin	His	5,5	Bazik
Lizin	Lys	3,9	
Arjinin	Arg	0,8	
Metionin	Met	0,8	Sülfür İçeriği
Sistin	CysH	0,1	
Triptofan	Trp	--	Heterosiklik
Prolin	Pro	5,6	

3. SOYA FASÜLYESİ PROTEİN LİFLERİNİN ÜRETİMİ

Soya proteininden lif elde edilebilmesi için gerekli olan en önemli olgu globüler proteini zorlayarak onu lif-oluşturucu protein haline getirmektir (Şekil 5) (Blackburn, 2005). Globüler proteinler, hidrojen bağları, elektrostatik etkileşim, disülfid bağları ve hidrofobik etkileşim gibi kuvvetlerle birbirine bağlı polipeptit zincirlerinden oluşmaktadır (Şekil 3 (b)) (Rijavec ve Zupin, 2011).



Şekil 5:

Globüler soya proteininden lif oluşumunun şematik görüntüsü ((2) yayılmış-açılmış yapıdaki çift çizgiler disülfid bağlarını göstermektedir) (Rijavec ve Zupin, 2011; Kelly ve Pressey, 1966)

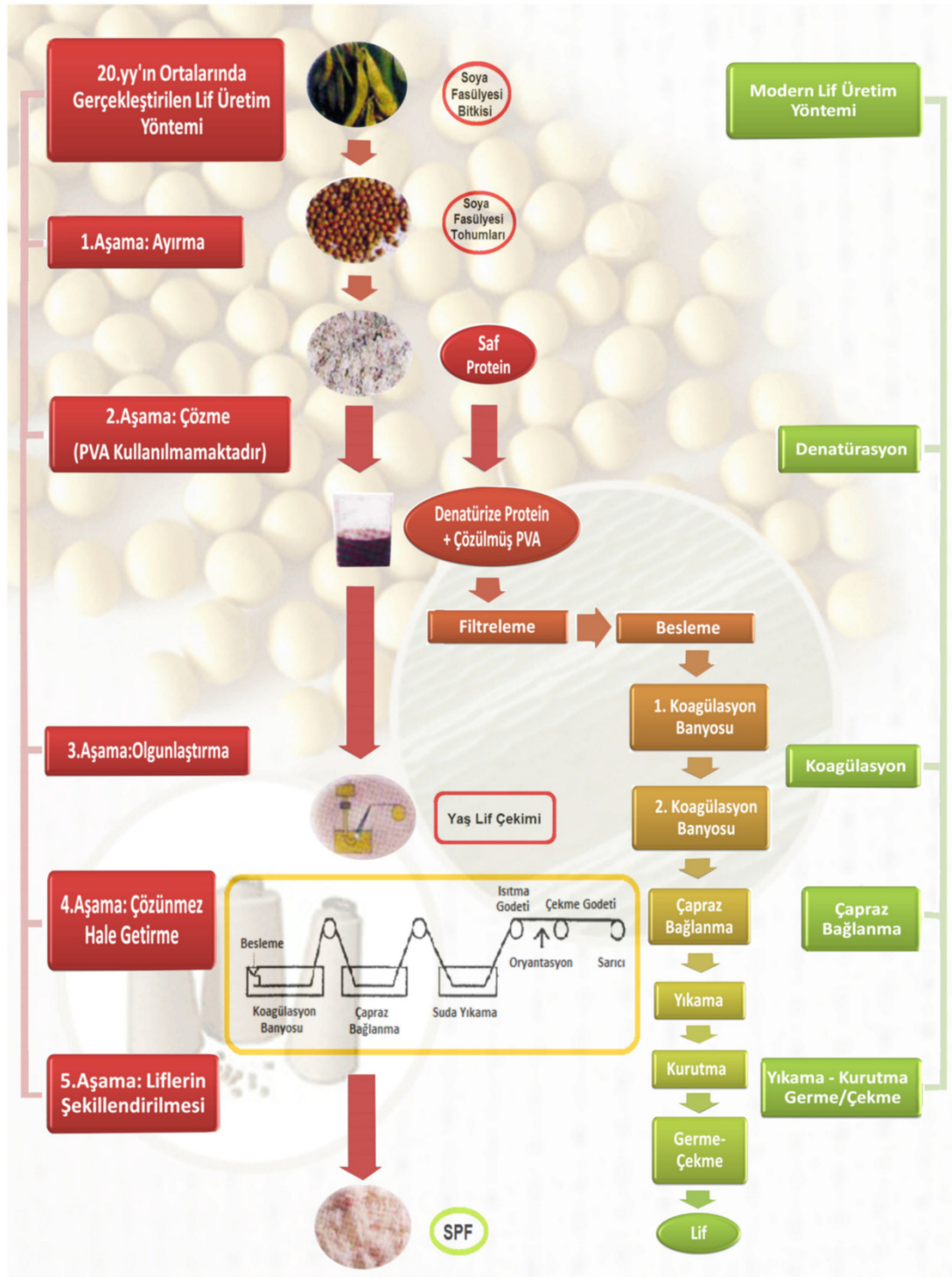
SPF üretilirken, soya fasülyesinden proteinin elde edilmesi sırasında, yağı alınmış soya unu % 0,1'lik sodyum sülfid (Na_2SO_3) çözeltisi yardımıyla protein çözeltisi haline getirilmektedir (Başer, 1992). Daha sonra bu protein çözeltisinin içine pH değeri 4,5 oluncaya kadar sülfirik asit (H_2SO_4) eklenmektedir. Bu pH değeri, daha önce de değinildiği gibi soya proteinin "izoelektrik noktası"dır (Başer, 1992). İzoelektrik noktada (pI) protein çözünmez hale gelmekte ve çökerek ayrılmaktadır (Başer, 1992). *Lif çözeltisinin hazırlanmasında* ise elde edilen protein seyreltik sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ile tekrar çözünür hale getirilmektedir. Elde edilen *çözeltiden lif elde edilmesi sırasında* çözelti olgunlaştırılmakta, süzülmekte, vakumlanmakta ve asidik banyodan geçilerek SPF filamentini elde edilmektedir (Başer, 1992).

20 yy'ın ortalarında ve günümüzde gerçekleştirilen soya fasülyesinden lif üretim yöntemleri birbirine benzer aşamalardan oluşmasına rağmen yöntemler arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır (Tablo 4).

Tablo 4. 20. yy’ın ortalarında ve günümüzde kullanılan SPF üretim yöntemlerinin karşılaştırılması (Blackburn, 2005; Vynias, 2006)

Aşamalar	20. yy’ın ortalarında SPF üretim yöntemi	Modern SPF üretim yöntemi
Soya fasülyesinden proteinin elde edilmesi	Bu yöntemde öncelikle fasülye tohumlarından yağsız un elde edebilmek için, yağ ve yağlı maddeler ve ardından bazik maddeler yardımıyla yağsız undan protein ekstrakte edilmektedir (Vynias, 2006; Vynias, 2011).	Modern lif elde etme yönteminde de protein, öncelikle yağı alınmış soya fasülyesi küspesinden ekstrakte edilmektedir (Blackburn, 2005; Swicofil, 2012).
Proteinden lif çözeltisinin hazırlanması	Daha sonra elde edilen bazik proteinler dispersiyon oluşturmaktadır (Vynias, 2006; Vynias, 2011).	Çinlilerin uyguladığı yöntemde, globüler soya proteinin yapısını değiştirmek için tanımlanmayan bir “işlevsel yardımcı” ve enzimlerin rol aldığı biyomühendislik teknikleri kullanılmaktadır (Blackburn, 2005; Swicofil, 2012; Huankantianyuan, 2004). Daha sonra lif çekim çözeltisi, büyük polimerlerin eklenmesi ile hazırlanmaktadır (Swicofil, 2012). PVA, ısıtılmış lif çekim çözeltisine dahil edilmektedir (Blackburn, 2005).
Çözeltiden lif elde edilmesi	Elde edilen çözelti asit koagülasyon banyosuna düzelerle beslenerek lif oluşturulmakta ve ard-lif çekim işlemleri uygulanmaktadır (Vynias, 2006; Vynias, 2011).	Çözelti hazırlandıktan sonra, 0,9 – 3,0 dtex lifler, yaş lif çekim yöntemi kullanılarak üretilmekte ve asetilasyon işlemi ile stabilize edilmektedir. Son olarak kıvrılma ve ısıllı şekillendirmeden geçen lifler kısa stapellere kesilmektedir (Swicofil, 2012).

Modern ve 20. yy’ın ortalarında gerçekleştirilen lif üretim yöntemlerinin karşılaştırılması ile soya fasülyesi bitkisinden SPF üretimi Şekil 6’da verilmektedir.



Şekil 6:

Soya fasüyesi bitkisinden SPF'nin elde edilme şeması (Vynias, 2006; Vynias, 2011; Scribd, 2012; Zhang ve ark., 1999; Zhang ve ark., 2003; Fabmanindia; 2012)

20 yy.'ın ortalarında ve günümüzde gerçekleştirilen SPF üretim yöntemleri hakkında daha ayrıntılı bilgi aşağıda verilmektedir.

3.1. 20 yy'ın Ortalarında Gerçekleştirilen Soya Lifi Üretim Yöntemi

20. yy'ın ortalarında SPF üretebilmek için beş ana üretim aşaması tanımlanmıştır (Tablo 5 ve Şekil 6).

Tablo 5. SPF'nin üretiminde 20. yy'ın ortalarında kullanılan genel üretim aşamaları (Blackburn, 2005)

Üretim Aşamaları		Açıklama
1.Aşama:	Ayırma	Soya fasülye küspesinin hazırlanması, yağ fraksiyonunun uzaklaştırılması ve proteinin çöktürülmesi
2.Aşama:	Çözme	Yıkanmış ve kurutulmuş protein çökeltisinin, “lif çekim” çözeltisi oluşturacak biçimde çözülmesi
3.Aşama:	Olgunlaştırma	Solüsyon yeterli olgunluğa eriştiğinde, solüsyonun düzelerden koagülasyon banyosuna beslenerek lif oluşumunun sağlanması
4.Aşama:	Çözünmez Hale Getirme	Elde edilen liflerin uzatılması ve sertleştirilmesi (genellikle formaldehit kullanılarak)
5.Aşama:	Liflerin Şekillendirilmesi	Şapel lif üretimi için kontrollü yıkama ve kurutmanın ardından liflerin kesilmesi

3.1.1. 1.Aşama: Ayırma (Soya Protein Çökeltisinin Elde Edilmesi)

20. yy'ın ortalarında lif eldesinin ilk aşamasında, öncelikle soya fasülyeleri ince tabakalar haline getirilmekte (Şekil 7), daha sonra yağlar ve diğer yağlı maddeler mekanik olarak veya çözücü ekstraksiyonu ile ekstrakte edilmektedir. Akabinde elde edilen yağ içermeyen fraksiyon, pH'ı 7 ile 12 arasında değişen zayıf bazik sulu çözeltiler yardımıyla çözdürülmekte ve protein ekstrakte edilmektedir. Santrifujlama veya filtreleme işleminden sonra, elde edilen yumuşak çökelti formundaki (*fazla asidin ve çözülebilir tuzların uzaklaştırılması için yıkanmış*) proteinin çöktürülebilmesi için çözeltiye asit ilave edilmektedir. Çökelti daha sonra en az % 60 oranında katı madde içeren protein keki elde etmek için filtrelerden süzülme ve ardından oda sıcaklığında veya vakumda kurutulmaktadır (Blackburn, 2005). Bu prosesin tüm katı ve sıvı yan ürünleri, hayvan yemi veya maya özütü olarak kullanılmak üzere işlenebilmektedir (Wormell, 1954).



Şekil 7:

Soya proteininin ayırma ürünleri

(a) ince tabakalar haline getirilmiş fasülye (flake) ve (b) soya fasülyesi küspesi (21food, 2012; Hellotrade; 2012)

3.1.2. 2. Aşama: Çözme (Lif Çekim Çözeltisinin Elde Edilmesi)

Bu aşamada bir önceki aşamada elde edilmiş olan protein, viskozik bir çözelti (*genellikle “dope” olarak adlandırılan lif çekim çözeltisi pekmez kıvamındadır*) oluşturacak biçimde tekrar

çözelti haline getirilmektedir. Lif elde edilebilmesi için gerekli olan yüksek viskoziteli lif çekim çözeltisi, ideal şartlarda yüksek oranda katı madde (% 20'ye kadar) içermektedir. Bazı araştırmacılar lif çekim çözeltileri hakkında çeşitli araştırmalar yapmıştır. Bir çalışmada lif çekim çözeltisi elde edebilmek için proteinin kostik soda içinde çözdürülmesi denenmiştir (Blackburn, 2005). Astbury ve çalışma arkadaşları (Astbury ve çalışma ark.), korpuskular proteinin çözünbilmesi için sulu üre çözeltilerinin kullanım potansiyelini incelemiştir (Blackburn, 2005; Astbury ve ark.). Lundgren, etkili olduğunu savunarak, sentetik deterjanların kullanımını önermiştir (Blackburn, 2005; Lundgren ve O'connell, 1944). Ortaya çıkan soya proteini daha sonra pepsin ile kısmen veya alkaliler ile tamamen hidrolize olmuştur (Blackburn, 2005; Huppert, 1943). Huppert (1945), soya fasulyesi proteininden çekilebilir bir çözelti hazırlamanın kazein proteininden çekilebilir bir çözelti hazırlamaktan çok daha zor olduğunu gözlemlemiştir. Çünkü globüler şekilli soya protein parçacıklarının büyük moleküllere sahip olmalarına rağmen, düşük viskoziteli üç-boyutlu peptid zincirleri oluşturduğu belirtilmiştir (Blackburn, 2005; Huppert, 1945). Huppert, misellerin uzunluğuna paralel olarak uzun katlı peptid zincirlerini oluşturabilmek için soya proteinini hidroklorik asit içindeki pepsinler ile işleme tabii tutmayı önermiştir (Blackburn, 2005; Huppert, 1945). Soya proteinin denatürasyon aşaması sırasında uğradığı değişimler çeşitli araştırmacılar tarafından çalışılmıştır. Bazı araştırmacılar, uzun-zincirli moleküllerin uzatılmış bir forma açıldığı denatürasyon sürecininin tiyol (-SH) gruplarının miktarının ölçülmesi ile izlenebildiğini belirtmiştir (Blackburn, 2005).

Bu süreç iki aşamadan oluşuyor gibi görünmektedir; peptid bağlarının parçalandığı *degradasyon* aşaması ve moleküller konformasyonun değiştiği, proteinlerin orjinal katlı ve globüler durumdan düzensiz duruma geçtiği *denatürasyon* aşaması (Blackburn, 2005). Daha sonra bazı araştırmacılar çözeltinin viskozitesini etkileyen, pH seviyesi, sodyum sülfid ve sodyum hidroksit etkisi gibi çeşitli faktörler üzerinde de çalışmalar yapmıştır (Blackburn, 2005; Kelly ve Pressey, 1966; Ishino ve Okamoto, 1975).

20. yy'ın ortalarında yapılan araştırmalarda lif üretiminin ilk aşamasında gerçekleştirilen soya fasüyesinden yağ ve yağlı maddelerin ayrılması işleminde kullanılan çözücü madde seçiminin, proteinin denatürasyon seviyesini etkilediği belirtilmektedir (Blackburn, 2005; Traill, 1951). Ayrıca sıcaklıkta denatürasyon derecesini etkileyen önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Çökeltiyi, uygunsuz sıcaklıklara maruz bırakmak daha az çözünbilir ve kararmış proteinlerin oluşmasına neden olabilmektedir (Blackburn, 2005; Traill, 1951). Bu nedenle genellikle lif üretimi için kullanılacak soya proteini hazırlanırken düşük sıcaklıklar kullanılmıştır (Blackburn, 2005; Bergen, 1944).

3.1.3. 3. Aşama: Olgunlaştırma ve Lif Çekimi

Üçüncü aşamada çözelti yeterli olgunluğa ulaştığında, yaş lif çekimi işlemi ile düzelerden çöktürme banyosuna (*koagülasyon banyosuna*) püskürtülerek filament haline getirilmekte daha sonraki adımda lifler katılaşmakta ve çözünmez hale dönüştürülmektedir (Blackburn, 2005).

3.1.4. 4. Aşama: Çözünmez Hale Getirme

Dördüncü aşamada çözünmezlik, çoğunlukla yeni koagüle olmuş liflerin asidik şartlardaki formaldehit banyosuna batırılması ile sağlanmaktadır. Amaç, ortaya çıkan liflerin yaş mukavemetlerini, aşırı sert bir yapı oluşturmadan, geliştirebilmek için yeterli çapraz-bağlantılar ile birlikte protein zincirleri arasında kompleks bir ağ oluşumu sağlamaktır (Blackburn, 2005).

Proteinler için çözücü olan formik, asetik veya laktik asit gibi organik asitler, çözeltinin akışını geliştirmek için banyoya eklenebilmektedir. Ayrıca, formaldehit, sinterler veya diğer lif çekimi yardımcı maddeleri, yeni oluşmuş liflerin birbirlerine veya ekipmanlara yapışma potansiyelini azaltmak için kullanılabilir. İşlem için gerekli sıcak banyolardaki mukavemet eksikliği inatçı bir problemdir. Bu teknik zorlukların üstesinden gelebilmek için birçok modifikasyon geliştirilmiştir. Bu modifikasyonlarda (liflerin fiziksel görünüşüne veya

özelliklerine zarar vermeden) liflerin kaynar suya karşı dayanımını iyileştirmek için asitlik ve sıcaklık şartlarının hassas bir dengede olması gerekmektedir. İşlem sırasında mukavemeti geliştirmek için kullanılan metodlar, farklı stabilize banyoları kullanmayı kapsamaktadır. Bazı araştırmacılar, yıkamadan sonra lifin elastikiyetini ve esnekliğini geliştirmek için bazı teknikler araştırmıştır. Asetilasyon (*bazen 80°C ve üzerinde sıcaklıklarda asetik anhidrit (C₄H₆O₃) kullanılarak yapılmaktadır*), rengi, tutumu ve boyama performansını geliştirmek için kullanılabilir. Asetilasyon maddeleri, lifler kısmen kurutulduktan sonra uygulanmaktadır. Açılma maddeleri, yeni oluşmuş liflerin suya, asitlere ve alkalilere karşı daha dirençli hale getirilmesi için kullanılabilir (Blackburn, 2005).

3.1.5. 5. Aşama: Liflerin Şekillendirilmesi (Liflerin Yıkınması, Kurutulması ve Liflere Kıvrım Verilmesi)

Bu aşamada filamentler, kısmen sertleştirilmesine rağmen, hala biçimlendirilebilir durumdadır (Blackburn, 2005). Trail tarafından yapılan tanımlamada, “*lifler, yaş iken gevşek, yumuşak yapıdadır ve çabucak tuz çözeltilerinde, asit ve bazlar içinde çözünebilir, kurutulduklarında ise gevrek hale gelir*” olarak tarif edilmiştir (Blackburn, 2005; Traill, 1951). Bu aşamada bobinler veya makaralar, iki cam kasnak veya tekerlek kullanılarak banyodan çekilmiş filamentleri toplamak için kullanılmıştır (Blackburn, 2005; Ramseyer, 1941). Bu kasnaklardan biri diğerinden hızlı dönmekte ve böylece filamentler gerilmekte ve çekilmektedir. Bu prosesin amacı, daha iyi yaş ve kuru dayanım sağlayacak biçimde lif uzunluğuna paralel moleküllerin oryantasyonunu geliştirmektir (Blackburn, 2005; Atwood, 1944). Daha sonra lifler yıkanmakta ve kurutulmaktadır. Bu aşama sıcaklığın ve nemin dikkatle kontrol edilmesini gerektiren kompleks bir süreçtir. Ağartmayı da içeren farklı ard-işlemler, kontrollü kurutma ile life önceden de uygulanabilir. Yıkamadan sonra protein liflerinin elastikiyetini ve esnekliğini iyileştirmek için birçok patent geliştirilmiştir (Blackburn, 2005). Bu aşamanın son adımında SPF 13-27 µm aralığındaki lif kalınlıklarında devamlı filament olarak veya 0,64-15,2 cm aralığındaki uzunluklarda stapel lif olarak üretilebilir (Blackburn, 2005; Harris, 1954).

3.2. Modern Soya Lifi Üretim Yöntemi

Modern lif üretim yönteminde, SPF'nin geliştirilmesi için iki yenilik bulunmaktadır. Bu yeniliklerden biri; life PVA eklenmesiyle lifin mukavemetinin artırılması, diğeri ise biyokimyanın üretim proselerinde kullanılması ile soya protein yapısının modifiye edilmesidir (Blackburn, 2005).

PVA lifi, 1950'li yıllarda ticarileştirilmiş ve ipek yerine kullanılabilen bir lifdir (Zhang ve ark., 1999). PVA sahip olduğu yüksek mukavemet sayesinde araba lastiği, halat ve kemer gibi birçok uygulamada kullanılabilir (Zhang ve ark., 1999). Ayrıca PVA proteinlere eklendiğinde lifin dayanımını arttırmaktadır (Rijavec ve Zupin, 2011). PVA, SPF gibi suda çözünebilir ve hidrojen bağlanması sergilemektedir. Dolayısıyla lif üretiminde SPF ve PVA için benzer metodlar kullanılabilir (Blackburn, 2005). Suda çözünebilir PVA liflerinin biyo-bozunur olduğu da belirtilmektedir (Blackburn, 2005; Casselle 2003; Rijavec ve Zupin, 2011).

Modern lif üretim yönteminde saf soya proteini ve PVA, denatürasyon, koagülasyon, çapraz bağlanma ve yıkama, kurutma, germe çekme aşamalarından geçirilerek lif üretilebilir. SPF elde edebilmek için gerekli olan aşamalar aşağıda anlatılmaktadır.

3.2.1. Denatürasyon Aşaması

3. *Soya fasülyesi protein liflerinin üretimi* başlığı altında da değinildiği gibi soya proteini doğal olarak globüler bir proteindir ve lif çekimine uygun değildir. Bu nedenle, proteinin lif

çekilebilir bir lif çekim çözeltisine dönüştürülebilmesi için denatürasyon ve degradasyon işlemlerinden geçirilmesi gerekmektedir (Vynias, 2006; Vynias, 2011).

Denatürasyon ve degradasyon işlemleri lif oluşumunun iki önemli aşamasıdır. Denatürasyon işlemi aynı zamanda proteinin temel yapısını koruyarak, lineer protein zincirleri oluşturacak biçimde protein moleküllerini açan konformasyonel değişiklikler ile sonuçlanmaktadır (*polimer zincir konformasyonu, bir polimer molekülünün sahip olduğu ana zincirdeki atomların, bu atomlar arasında yer alan bağlar etrafında dönme hareketleriyle alabileceği farklı geometrik düzenleri tanımlamak için kullanılmaktadır. Sıcaklık, basınç ve çözelti gibi koşullara göre polimer konformasyonu değişik şekiller alabilmektedir*) (Vynias, 2006; Vynias, 2011; Polimernedir, 2012). Denatürasyon pH, sıcaklık, üre, tuzlar, organik çözücü ve çözünenlerden etkilenmektedir (Zhang ve ark., 1999). Genellikle denatürasyon ve degradasyon işlemleri birlikte gerçekleşmektedir (Zhang ve ark., 1999). Çözeltinin viskozitesini ve lif olarak çekilebilirliğini arttıran kontrollü denatürasyon işlemi, lif oluşumu için ön koşul olarak kabul edilmektedir. Diğer taraftan, protein degradasyonu yüksek mukavemetli lif üretimi için zararlıdır. Asitler, alkaliler, enzimler ve sıcaklık proteinin degradasyonuna neden olmaktadır (Zhang ve ark., 2003). Soyanın globüler yapısından disülfid bağları, hidrojen bağları, hidrofobik etkileşimler ve diğer ikincil kuvvetler sorumludur (Vynias, 2006; Vynias, 2011; Zhang ve ark., 1999). Degradasyon aşamasında disülfid bağlarının koparılması sağlanmaktadır (Şekil 3). Soya proteini alkali yardımıyla, sıcaklıkla ve enzimlerle denatürize edilebilmektedir (Vynias, 2006; Vynias, 2011).

Alkali Denatürasyon

Alkali denatürasyonda soya proteini çeşitli bazik maddeler kullanılarak denatürize edilmektedir. 1945 yılında Boyer ve arkadaşları (1945), SPF çekiminde ksantat kullanımını önermiştir (Vynias 2006; Vynias, 2011; Boyer ve ark., 1945). 1965 yılında da soyanın sahip olduğu disülfid bağlarını koparabilmek için Sodyum sülfid kullanılmıştır (Vynias 2006; Vynias, 2011; Motonaga ve ark., 1965). 1999 yılında ksantat'ın proteinin jelatinleşmesini önleyen ve elastikliğini geliştiren karbamin-ditio gruplarını (-NHCSSH) oluşturan amino grupları ile reaksiyona girdiği ortaya atılmıştır (Vynias, 2006; Vynias, 2011; Zhang ve ark., 1999). 1999 yılında yine soya proteininden ve PVA'dan çekilen liflerdeki proteini denatüre etmek amacıyla disülfid bağlarını ayırmak için sodyum sülfid kullanılmıştır (Vynias, 2006; Vynias, 2011).

Termal Denatürasyon

Isıtma işlemi ile soya proteininin denatürize olduğu ve jel üretilebildiği bilinmektedir. Soya proteini ısıtıldığında iki tersinmez reaksiyon meydana gelmektedir (Vynias, 2006; Vynias, 2011). Bu reaksiyonlardan birinde disülfid bağları bozunmakta ve yer değiştirmektedir. Diğerinde ise ısıtma işlemi protein polipeptitlerinin bölünmesine yol açabilmektedir. Jel formasyonu lif çekimi için faydalı değildir (Vynias, 2006; Vynias, 2011). Ek olarak, glisin (11S) ve β – konglisinin (7S) denatürasyon sıcaklıkları sırasıyla 85-95 °C ve 72-80 °C olarak verilmektedir (Vynias, 2006; Vynias, 2011; Zhang ve ark., 2003).

3.2.2. Koagülasyon Aşaması

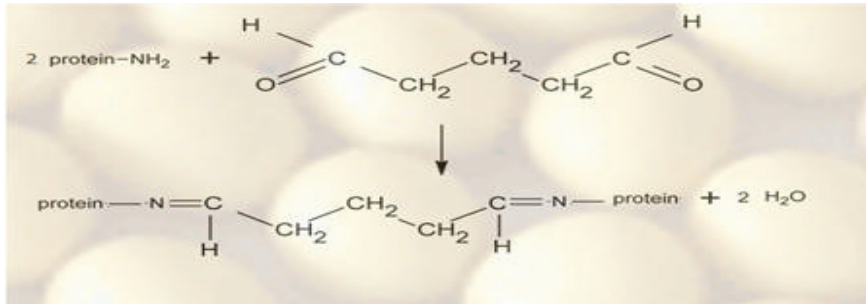
Bu aşamada soya ve PVA içeren çözelti, filtrelenmekte ve moleküler zincir oryantasyonunun oluşturulduğu düzelerle doğru itilmektedir (Vynias, 2006; Vynias, 2011). Zincir molekülleri daha sonra kristalin ve amorf bölgelerden oluşan bir yapıda dizilmektedir. Makromolekül zincirleri, kristalin bölgelerde sıkıca paketlenerek materyalin rijitliğinden ve sağlamlığından sorumlu iken, amorf bölgelerde ise daha gevşek bir yapı oluşturularak esnekliği ve kimyasal maddelerin kolayca girilebileceği alanları oluşturmaktadır (Vynias, 2006; Vynias, 2011; Cook, 1984). Oryantasyon iki ardışık koagülasyon banyosunda da devam etmektedir (*1M sülfürik asit ile suda sodyum sülfat (Glauber tuzu) ve amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄) içeren iki banyo*) (Vynias, 2006; Zhang ve ark.,

1999; Zhang ve ark., 2003). İlk ve son koagülasyon banyolarının sıcaklıkları PVA'nın lif çekim koşullarını esas alarak sırasıyla 50 °C (Zhang ve ark., 1999) ve 70 °C'de tutulmaktadır (Vynias, 2006; Sakurada, 1985). Üretilen liflerinin enine kesitleri, koagülasyon oranına ve kullanılan soya/PVA karışımına bağlıdır (Vynias 2006; Zhang ve ark., 2003). Bu aşamayı takip eden proses adımı olan çapraz bağlanma mekanik özellikleri iyileştirmek için yapılmaktadır (Vynias 2006).

3.2.3. Çapraz Bağlanma Aşaması

1945 yılında SPF'nin üretiminde, koagüle lifler sarıldıktan sonra formaldehit içeren çapraz bağlanma banyosundan geçirilmekteydi (Vynias, 2006; Vynias, 2011; Boyer ve ark., 1945). Formaldehit proteinler için kullanılan ilk çapraz bağlanma maddelerinden biridir. Bilindiği gibi formaldehit amino, hidroksil ve fenollü gruplar ile reaksiyona girebilmekte ve disülfid bağlarını indirgeyebilmektedir (Vynias, 2006; Vynias, 2011; Carter, 1971). Formaldehitin, maliyeti uygundur ve protein liflerini çapraz bağlayabilmektedir. Bununla birlikte formaldehit tahriş edici, belli bakteri ve hayvan türlerinde mutasyona neden olabilen ve insanlar için kanserojen bir maddedir (Vynias, 2006; Vynias, 2011; Petersen, 1987; Enviromental Protection Agency, 1987; Monticello ve ark., 1989). Bu nedenle SPF'nin çapraz bağlanmasında formaldehit içermeyen ayıraçlar kullanılmıştır (Vynias, 2006; Vynias, 2011).

1940 yılında asetilasyonun rejenere protein liflerinin özelliklerini geliştirdiği raporlanmıştır (Vynias, 2006; Vynias, 2011; Atwood, 1940). 1977 yılında da SPF'nin asetilasyonun glisinlerin konformasyonunu değiştirdiği ve yüzey hidrofobikliğini artırdığı bildirilmiştir (Vynias, 2006; Vynias, 2011; Barman ve ark., 1977). 1995 yılında kopma mukavemeti bakımından gelişmiş lif özellikleri, çapraz bağlanma maddesi olarak glütaraldehitin kullanılması ile elde edilmiştir (Şekil 8) (Vynias, 2006; Vynias, 2011; Huang ve ark., 1995). Difonksiyonel aldehytlar protein molekülleri için çapraz bağlanma maddesi olarak kullanılabilir ve proteinin amino gruplarını modifiye edebilmekte, stabil bir Schiff bazı oluşturmaktadır (Vynias, 2006; Vynias, 2011). 2003 yılında yapılmış araştırmalar, PVA/soya karışım liflerinin mekanik özelliklerinin glütaraldehit kullanılarak gerçekleştirilen çapraz bağlanma işlemi sayesinde iyileştirildiğini göstermiştir (Vynias, 2006; Vynias, 2011; Zhang ve ark., 2003, Huang ve ark., 1995).



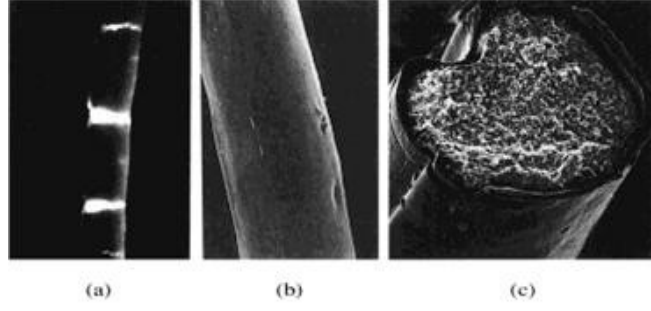
Şekil 8:

Proteinlerin glütaraldehit ile çapraz bağlanma reaksiyonu (Vynias, 2006; Vynias, 2011)

3.2.4. Yıkama, Kurutma, Germe-Çekme Aşaması

Lif üretiminin son aşamasında lifler yıkanmakta, kurutulmakta ve akabinde mukavemet özelliklerinin iyileştirilmesi için germe-çekme işleminden geçirilmektedir (Vynias, 2006; Vynias, 2011).

SPF'nin geçmişte sahip olduğu düşük mukavemeti geliştirmek için günümüzde Soya/PVA karışımlarından modern SPF lifleri üretilmektedir. Bu konu hakkında yapılmış çalışmaların birinde Zhang ve arkadaşları (1999), yaş lif çekimi yöntemini kullanarak soya proteini ve PVA içeren bikomponent lifler elde etmiştir (Şekil 9) (Zhang ve ark., 1999).



Şekil 9:
Öz-kılıf (protein (soya) -PVA) liflerinin
(a) optik ve (b, c) taramalı elektron fotoğrafı (Zhang ve ark., 1999).

Karışım lifler, ksantat ile işlem görmüş protein çözeltisinin özü ve PVA çözeltisinin kılıfı oluşturacağı biçimde hazırlanmıştır. Çalışmada protein/PVA lifleri 1M sülfürik asit içeren doymuş sodyum sülfat (Na_2SO_4) çözeltisi içeren koagülasyon banyosunda işlem görmektedir. Çapraz bağlanma işleminde lifler %8'lik formaldehit çözeltisi ile işleme tabi tutulmaktadır. Çekilmiş bikomponent liflerdeki proteinden oluşan öz kısım kırılmalıdır ve çekim sırasında sıklıkla kopmalara neden olmaktadır. Lif kırılabilirliğinin sebebini anlayabilmek ve lif çekimi için optimum çözelti koşullarını belirleyebilmek için soya protein çözeltisi üzerinde çalışılmaktadır. Ayrıca çalışmada alkali, üre ve sodyum sülfidin soya protein çözelti viskozitesi üzerindeki etkisi incelenmektedir (Zhang ve ark., 1999). Çalışmada soya proteini degradasyonunun ve lif çekim çözeltisinde var olan mikro jellerin lif çekilebilirliğini kötü etkilediği belirtilmektedir. Protein denatürasyon derecesi de lif çekilebilirliğini etkilemektedir (Zhang ve ark., 1999). Maksimum denatürasyona ulaşabilmek ve degradasyonu önleyebilmek için lif çekim çözeltisinin pH 11,5'te hazırlanması ve oda sıcaklığında muhafaza edilmesi önerilmektedir. Oda sıcaklığında çözelti içerisine 10 mM sodyum sülfid eklenmesinin çözeltinin viskozitesini çok fazla değiştirmedeği fakat çözeltiye 8M üre ilave edilmesi sonucu viskozitede en az 20 kat azalma olduğu belirtilmektedir. Sonuç olarak ürenin ön işlem yapılmış proteinin mikrojel oluşumunu düşürmek için kullanılması önerilmektedir (Zhang ve ark., 1999).

Zhang ve arkadaşları (2003), soya protein/PVA karışım liflerini baz kullanmadan, protein çözeltisinin termal denatürasyonu ile modifiye ettikten sonra yaş lif çekim işlemine tabi tutmuştur. SPF veya karışım lifler, % 40'dan daha az PVA içerdiklerinde oryante olmamıştır (amorftur) oysaki karışım lifler % 40'dan fazla PVA içerdiklerinde PVA'nın kristalin yapısını sergilemektedir. SPF'nin mekanik özellikleri karışım bir lif oluşturmak için PVA'nın eklenmesi ile geliştirilebilmektedir. Çalışmanın sonucunda ısıl işlem ve çapraz bağlanmanın, final özelliklerin geliştirilebilmesi bakımından önemli adımlar olduğu belirtilmektedir (Zhang ve ark., 2003).

4. SOYA FASÜLYESİ PROTEİN LİF ÜRETİMİNİN ÇEVRESEL ETKİSİ

4.1. Yeşil Akım

Ekolojik tarım ve organik gıdalar ile başlayıp bir yaşam biçimine dönüşen ekolojik akım (yeşil akım) moda dünyasını da etkilemeye başlamıştır (TGSD, 2012). Ünlü tasarımcılar ve moda devi markalar çevreye duyarlı ürünler tasarlamaya ve tamamen organik giysiler üretmeye başlamıştır. Bambu, kayın ve SPF bu akımda başı çekmektedir. Bambu kamışı, soya fasulyesi ve kayın ağacından elde edilen ipliklerle üretilen giysiler Paris ve New York moda haftalarında büyük ilgi görmektedir. Dünyada hızla gelişen bu akımı Hollywood ünlüleri de desteklemektedir. Türkiye'de ise ürünlerinde soya ve bambu ipliği kullanan Yeşim Tekstil ve bambu tişörtler üreten Triplus gibi firmalar yeşil akımı izleyen bazı markalardır (TGSD, 2012). Yeşil akım ile çevreyi,

tüketici sağlığını ve moda sektörü çalışanlarının sağlık koşullarını ciddiye alan, giysiler üretilmesi hedeflenmektedir. Bu şekilde üretilen giysilerden bazıları inek sütünden yapılmış kazaklar, bambudan tişörtler ve soya fasulyesinden üretilen gömlekler olarak sayılabilir. Bu ürünlerin dikimi ve renklendirilmesi sırasında hiçbir kimyevi maddeye maruz kalmamış iplikler ve kumaşlar, ayrıca kök boyalar kullanılabilir (TGSD, 2012).

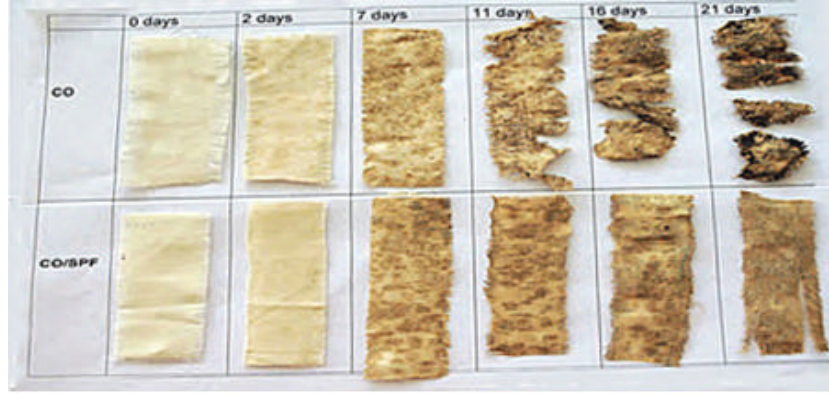
4.2. Soya Lifinin Yenilenebilirliği ve Biyo-Bozunurluğu

Yenilenebilir kaynakların kullanımı, kimyasal işlemlerin çevresel etkisini azaltmaktadır. SPF'nin, sağlıklı ve konforlu olmasının yanında aynı zamanda ekolojik bir lif olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte, çok aşırı miktarda soya fasülyesi bitkisi tarımının çevreye etkisi gibi ciddi sorunlar zaman zaman artmaktadır. Aynı zamanda, genetiği değiştirilmiş soya fasülyesi tohumlarının büyük ölçekli kullanımının çevresel ve ekonomik etkisi hakkında da endişeler bulunmaktadır. Diğer yandan Çinliler çevreye faydalı olabilecek SPF'nin geliştirilmesini savunmaktadır (Blackburn, 2005). Enzimleri kullanan bu yeni biyo-mühendislik yaklaşımları, lif kaynağı olarak soya proteinini yeniden potansiyel haline getirmek için anahtardır. Amaç, SPF'yi yumuşak tutumla ve çekici bir parlaklıkla üreterek bu lifleri kaşmir liflerinin yerine geçirmektir. Çin kaşmir üretiminde dünya lideridir. Bununla birlikte kaşmir keçileri otladıkları çayırılar üzerinde büyük yıkıma sebep olmaktadır. Ticari olarak yaşayabilir soya-esaslı life doğru bir yönelim çevreyi korumaya da yardımcı olacaktır (Blackburn, 2005; Education and Research Network (2001); Wool, 2012).

SPF'yi üretmekte kullanılan materyaller, ek ve yardımcı maddeler zehirli değildir. Yarı mamul SPF çoğu ilave maddenin yardımıyla geri kazandırılabilir ve yeniden kullanılabilir. Proteinin saflaştırılmasından sonra kalan tortu da gıda maddesi olarak kullanılabilir (Yi-you, 2004). Bu nedenle lifin üretim rotası çevrede kirlenmeye sebep olmayacaktır ve çevreyi koruma ihtiyaçlarına uyumludur (Yi-you, 2004). SPF üretme teknolojisi ile 100 kg soya tortusundan 40 kg protein elde edilebilir. Elde edilmiş protein lifinin maliyeti gerçek ipeğin sadece üçte biri veya kaşmirin onbeşte biri kadardır (Yi-you, 2004).

Saf SPF'nin biyo-bozunur bir lif olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte, bu sürecin bitiş etkisi düşünülürken bikomponent liflerde kullanılan PVA'nın biyo-bozunurluğu da dikkate alınmalıdır. Bir lifin ekolojik olarak kabul edilebilir edilmeyeceği çok da basit bir konu değildir (Blackburn, 2005).

SPF'nin biyo-bozunurluğu ile ilgili olarak yapılmış bir çalışmada Rijavec ve Zupin (2011), atkı yönünde soya ipliği (%100 soya lifinden), çözümlü yönünde pamuk ipliği (%100 pamuk lifinden) kullanılarak üretilmiş kumaş (SPF/CO) ve % 100 pamuk ipliği kullanılarak üretilmiş kumaş (CO) kullanarak modern SPF'nin biyo-bozunurluklarını incelemiştir. SPF, soya proteini ve PVA polimerlerinin karışımından oluşmaktadır. Protein ve PVA makromolekülleri, hidrojen bağları ve Van der Waals hidrofilik ve hidrofobik kuvvetleri gibi moleküler arası etkileşimler ile birbirine bağlıdır. Yapılan çalışma sonucunda modern SPF'nin erken fazda biyo-bozunurluğunun 21 güne kadar % 65 relatif nemde ve 30 °C toprakta, yavaş ve zor farkedilebilir bir süreç olduğu belirtilmektedir (Şekil 10) (Rijavec ve Zupin, 2011).



Şekil 10:

0-21 gün arasında toprağa gömülen kumaş örnekleri (Pamuk/SPF (CO/SPF) ve % 100 Pamuk (CO) kumaşlar) (Rijavec ve Zupin, 2011)

Yenilenebilir ve organik tekstillerin çekiciliği giderek artmaktadır. Açıkça görülmektedir ki, SPF gelişen ipliklerin, lif çekim teknolojilerinin ve dokuma metodlarının odağında sürekli olarak gelişmektedir ve üreticilerin bu yeni lifin özelliklerine olan güvenleri artmaktadır. SPF, ekolojik bilince sahip daha varlıklı müşterilere pazarlanan bir niş lif olarak kalabilir veya doğal ve sentetik liflerle etkin biçimde rekabet eden ana lif olarak da gelişimini sürdürebilir. SPF'nin ekonomik olarak rekabetçi bir lif olarak başarı sağlayıp sağlayamayacağı, doğal ve sentetik lifler ile birlikte pazarda kalma yeteneği ve biyo-bozunur bir lif olmasının sağladığı fayda ile birlikte gelişecek bir hikayedir (Blackburn, 2005).

5. SONUÇ

SPF'nin ilk üretildiği dönemlerde karşılaşılan lif mukavemeti ile ilgili sorunlar günümüzde çeşitli yöntemler kullanılarak geliştirilmiştir. SPF, yenilenebilirlik ve biyo-bozunurluk gibi sahip olduğu avantajlar yanında hammaddesi olan soya fasülyesinin kolay bulunabilmesi ve ucuz olması sayesinde gelecek vaat etmektedir. Ülkemizde SPF yeni tanınmaya başlayan bir liftir ve lif hakkında sınırlı sayıda Türkçe literatür kaynağı bulunmaktadır. Bu derleme çalışması ile SPF'nin yapısı, üretim aşamaları ve çevresel etkisi hakkında bulunan Türkçe literatür sıkıntısının giderilmesine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Agricultural Statistics Board (1990), *Agricultural prices report*, NSSA, USDA.
2. Astbury W. T., Chibnal A. C. and Bailey K., Improvements relating production artificial filaments threads films like, *Patent GB 467, 812*.
3. Atwood F C (1940), Natural Protein-Base Spun Fibers, *Industrial and Engineering Chemistry*, 32: p. 1547-1549.
4. Atwood F. C., (1944), Method of Treating Fibrous Material and Product Resulting Therefrom, *US Patent 2,342,634*.
5. Avinç O., Eren H. A., Uysal P., Wilding M., (2012), The effects of ozone treatment on soybean fibres, *Ozone: Science and Engineering*, Vol. 34 Issue 3 P. 143 – 150, Doi: 10.1080/01919512.2012.654762.

6. Barac M.B, Stanojevic S.P, Jovanovic S.T., and Pesic M.B., (2004), Soy protein modification- a review, *UDC 664:633.34:577.112.37*, BIBLID: 1450-7188, 35, 3-16.
7. Barman B G, Hansen J R, and Mossey A R (1977), Modification of the physical properties of Soy Protein Isolate by Acetylation, *journal of Agricultural and Food chemistry*.
8. Başer İ., (1992), *Elyaf Bilgisi*, Marmara Üni. Yayın No:54, İstanbul.
9. Bergen, W. Von (1944), The soybean fiber as seen by a wool man, *Rayon Textile Monthly*, XXV (5) May, 57-58.
10. Blackburn R.S., (2005), *Biodegradable and Sustainable Fibres* , CRC Press, UK.
11. <http://1.bp.blogspot.com/-N-t5fPZY06g/TixQ8KLt7I/AAAAAAAAADmg/wsAfDxY1HE0/s1600/soybean+%2528glycine+max%2529+cd.jpg>, Erişim Tarihi: 01.01. 2012, Konu; Blogspot
12. Boyer R.A., Atkinson W.T., and Robinette C.F., (1945), Artificial Fibers and Manufacture Thereof, *US Patent 2, 377, 854*.
13. Carter M E, (1971), Essential Fiber Chemistry, *Marcel Dekker*, New York.
14. Casselle, T. (2003), Making a meal of fashion: soybean fibre arrive, *Market News Express*, 10 Dec. www.tdctrade.com/mne/germent/clothing115.htm, Erişim Tarihi: 16.11.2012.
15. Choi. J-h., Kang M-j., Yoon C, (2005), Dyeing properties of soya fibre with reactive and acid dyes, *Color Technol.*, 121, 81-85.
16. Cook J G, (1984), *Handbook of Textile Fibers*, Merrow Publishing Co, Watford, England.
17. http://www.csiro.au/news/newsletters/Food/0905_food/htm/story02.htm, Erişim Tarihi: 01.11. 2012, Konu; Csiro.
18. <http://www.doshi-group.com/ecora.asp>, Erişim Tarihi: 01.01. 2012, Konu; Doshi-group.
19. <http://ecoelle.com.au/pages/soyluxe>, Erişim Tarihi: 01.01. 2012, Konu; Ecoelle.
20. Education and Research Network (2001), China develops world's first soybean garment, <http://www.edu.cn/20010101/22557.shtml>, Erişim Tarihi: 01.01. 2012.
21. Environmental Protection Agency, (1987)
22. <http://www.ethicalcommunity.com/ethical-living/Fashion/Soybean-protein-fibre-a-recycled-wonder-fibre>, Erişim Tarihi: 01.01. 2012, Konu; Ethicalcommunity.
23. http://euroflax.com/products_imports%20of_textiles.htm, Erişim Tarihi: 01.01. 2012, Konu; Euroflax.
24. The role and business case for existing and emerging fibres in sustainable clothing, (2010), *Final Report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs*, http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=EV0420_9092_FRP.pdf, Erişim Tarihi: 01.01. 2012, Konu; EV0420.
25. <http://fabmanindia.com/soybean-fabric.html>, Erişim Tarihi: 01.01. 2012, Konu; Fabmanindia.
26. Fletcher, H.M., (1942) Synthetic Fibers and Textiles. Agricultural Experiment Station Bulletin 300, *Kansas State College of Agriculture and Applied Science*, 35-36, Kansas
27. <http://www.food-info.net/tr/intol/soy.htm>, Erişim Tarihi: 01.01.2012, Konu; Food-info.
28. <http://www.general-files.com/download/gS5d4e98bfh32i0/PROTEI%20altb.pdf.html>, Erişim Tarihi: 01.11.2012, Konu; General-files.

29. Harris, M. (1954), *Handbook of textile Fibres*, Washington, Harris Research Laboratories, 82
30. Tahir Haytoğlu - *Hayteks Ekolojik Tekstil San. Ve Tic. Ltd. Şti.*, Ankara TÜRKİYE www.hayteks.biz.tr, Erişim Tarihi: 01.11.2012, Konu; Hayteks.
31. <http://www.hellotrade.com/ttet-union-corporation/high-protein-soybean-flake.html>, Erişim Tarihi: 01.11. 2012, Konu; Hellotrade.
32. Huankantianyuan High-Tech Co. Ltd. (n.d.), (2004), Introduction to SPF, www.soybeanfibre.com.
33. Huang, H C, Hammond E G, Reitmeier C A and Myers D J (1995), Properties of Fibers produced from Soy Protein Isolate by Extrusion and Wet Spinning, *Journal of the American Oil Chemistry Society*, 72 (12): p.1453-1460.
34. Huppert O., (1943), Treatment of artificial protein films and filaments, *Patent US 2,309, 113*.
35. Huppert O., (1945), Process of Manufacture of Synthetic Woll From Soybean Protein, *U.S. Patent 2,377,885*.
36. <http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-84.pdf>, Erişim Tarihi: 01.01.2012, Konu; İto.
37. Ishino, K. And Okamoto, S. (1975), Molecular interaction in alkali denaturated soybean proteins, *Cereal Chemistry*.
38. Kajita, T. & Inoue, R. (1940). Process for manufacturing artificial fiber from protein contained in soya bean, *US Patent 2,191,194*.
39. Kajita T and Inoue R. (1940a), Process for manufacturing artificial fiber from protein contained in soybean, *US Patent 2,192,194*.
40. Kajita T and Inoue R. (1940b), Process for manufacturing artificial fiber from protein contained in soybean, *US Patent 2,198,538*.
41. Kelly, K.K. and Pressey, R, (1966), *Cereal Chemistry*, 43 (2), 195.
42. Kiplinger, J. (2003), Meet the azlons from A-Z: Regenerated & Rejuvenated, www.fabrics.net/joan103.asp.
43. Lundgren, H.P. and O'Connell, R.A., (1944), Artifical fibers from corpuscular and fibrious proteins, *Industrial & Engineering Chemistry*, 36 (4), 370
44. Monticello T M, Morgan K T, Everitt J I and Popp J A, (1989), Effects of Formaldehyde Gas on the respiratory- Tract of Rhesus-Monkeys-pathology and cell-proliferation, *American Journal of Pathology*, 134 (3): p. 515-527
45. Montly Energy Review, (1991), *Crude il price Summery*, Energy Information Administration.
46. Motonaga, K, Misaka E, Nakajima E, Ueda S and Nakanish K, (1965), Structure of Yeast Cytochrome C. I. Monomer and Dimer Interconversion, *Journal of Biochemistry*, 57 (1): p.22
47. <http://www.mustafaaltinisik.org.uk/89-1-07.pdf>, Erişim Tarihi: 01.11.2012, Konu; Proteinler.
48. Myers, D. (1993). Past, present and potential uses of soy proteins in non-food industrial applications, *Proceedings of the World Conference on Oilseed Technology and Utilization*, ISBN 0-935315-45-4, March 10, 2011, Budapest.
49. Nielsen, N.C., (1985), Structure of Soy Proteins, *New Protein Foods Vol 5: Seed Storage Proteins*, A.M. Altschul, Academic Press, New York.
50. Pearson, A.M., (1984), Soy proteins, *Developments in Soy Proteins- 2*, B.J.F. Hudson, *Elsevier Applied Science Publishers*, New York.

51. Petersen H, (1987), Chemistry of crease-resist Crosslinking Agents, *Review of progress in Coloration*, 17: p. 7-22.
52. <http://www.polimernedir.com/polimer-nedir-2/>, Erişim Tarihi: 01.11.2012, Konu; Polimernedir.
53. Ramseyer, D.R., (1941), Ford develops soybean uphostery fiber, *Soybean Digest*, 11,12.
54. Rijavec T. and Zupin Z., (2011), Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products, *Soybean Protein Fibres (SPF)*, Chapter 23, Edited by Dora Krezhova, ISBN 978-953-307-533-4, InTech, http://cdn.intechopen.com/pdfs/22617/InTech-Soybean_protein_fibres_spf_.pdf, Erişim Tarihi: 01.01. 2012.
55. Sakurada I. (1985), *Poly(vinyl alcohol) Fibers*, Marcel Dekker, New York.
56. <http://www.scribd.com/doc/56709310/Application-of-Contemporary-Fibres-in-Apparel-Soybean> , Erişim Tarihi: 01.01. 2012, Konu; Scribd.
57. Sherman J.V. and Sherman S.L (1946), The New Fibers, *D van Nostrand Company*, 32, New York.
58. www.soyasilk.com, Erişim Tarihi: 01.01.2012, Konu; Soyasilk.
59. <http://www.swicofil.com/soybeanproteinfiber.html>, Erişim Tarihi: 01.01.2012, Konu; Swicofil.
60. http://www.tarimkutuphanesi.com/SOYA_FASULYESI_TARIMI_01736.html, Erişim Tarihi: 01.01. 2012, Konu; Tarimkütüphanesi.
61. <http://tejaratalvand.com/fa/pdf/Soybean.pdf>, Erişim Tarihi: 01.01. 2012, Konu; Tejaratalvand.
62. http://www.tgsd.org.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=161:modada-yesil-akim-ekolojik-trend&catid=106:trendler&Itemid=187, Erişim Tarihi: 01.01. 2012, Konu; TGSD.
63. Traill, D., (1951), Some trails by ingenious inquisitive persons: regenerated proetin fibres, *journal of the Society of Dyers and Colourists*, 67, 265.
64. Vynias D. (2006), Investigation into the wet processing and surface analysis of soybean fabrics, *PhD Thesis*, University of Manchester, UK.
65. Vynias D., (2011), Soybean Fibre: A Novel Fibre in the Textile Industry, *Soybean - Biochemistry, Chemistry and Physiology*, 26: p. 461-494.
66. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Soya>, Erişim Tarihi: 01.01. 2012, Konu; Wikipedia.
67. The woolmark company, (2001), <http://www.wool.com>, Erişim Tarihi: 01.01. 2012, Konu; Wool.
68. Wormell, R.L., (1954), New Fibers from Proteins, *Butterworths Scientific Publications*, 3, London.
69. Yi-you L. (2004), The soybean protein fibre-a healty and comfortable fibre for the 21 th century, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 12 (2), [46], 9.
70. Zhang Y, Ghasemzadeh S, Kotliar A.M, Kumar S, Presnell S and Williams LD, (1999), Fibers from soybean protein and Poly(vinyl alcohol), *Journal of applied polymer science*, 71: p. 11-19.
71. Zhang X, Min B, and Kumar S, (2003), Solution spinning and characterization of Poly(vinyl alcohol)/soybean Protein Blend Fibers, *Journal of Applied Polymer Science*, 90 (3):p.716.

Yıldırım, F.F., Avinç, O.O. ve Yavaş, A.: Soya Fasulyesi Protein Lifleri Bölüm 1

72. <http://www.21food.com/products/soybean-cake-544427.html>, Erişim Tarihi: 01.11. 2012,
Konu; 21food.

Makale 25.04.2013 tarihinde alınmış, 12.04.2014 ve 21.04.2014 tarihlerinde düzeltilmiş,
21.04.2014 tarihinde kabul edilmiştir.