



Bitkisel Yağ Üretimi

SEKTÖREL UYGULAMA KILAVUZU
(TASLAK)

*Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi ve Azaltılmasına Yönelik
Uygulamanın Kolaylaştırılmasının Sağlanması Projesi*

İçindekiler

1. GİRİŞ.....	1
2. BİTKİSEL YAĞ ÜRETİM PROSESİ	2
2.1. Bitkisel Sıvı Yağ Üretimi	2
2.1.1. Kabuk Ayırma ve Kavurma Ünitesi	3
2.1.2. Mekanik Presleme Ünitesi.....	4
2.1.3. Solvent Ekstraksiyonu Ünitesi	4
2.1.4. Rafinasyon Ünitesi	4
2.2. Bitkisel Katı Yağ (Margarin) Üretimi	5
2.2.1. Saflaştırma (Rafinasyon).....	6
2.2.2. Su/Süt ve Yağ Fazı Hazırlama.....	6
2.2.3. Emülsiyon Oluşturma	6
2.2.4. Soğutma, Kristalizasyon, Yoğurma ve Ambalajlama	6
2.2.5. Küspenin/Pirinanın Kurutulması.....	6
3. EMİSYON KAYNAKLARI	8
4. EMİSYON AZALTIM/KONTROL TEKNİKLERİ.....	10
5. ÖLÇÜM VE İZLEME.....	11
6. KAYNAKLAR.....	12

1. GİRİŞ

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı için hazırlanan ve T.C. Kalkınma Bakanlığı tarafından desteklenen “Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi ve Azaltılmasına Yönelik Uygulamanın Kolaylaştırılmasının Sağlanması Projesi” kapsamında hazırlanan bu Sektörel Uygulama Kılavuzları dizisi, sanayi tesislerindeki emisyon kaynaklarının ve bu kaynaklardan atmosfere verilen emisyonların belirlenmesi, emisyonların ölçümü ve izlenmesi ile bu emisyonların önlenmesi/azaltılması amacıyla ilgili sanayi tesisi çalışanları ve Bakanlık çalışanlarına yol gösterici olması amacıyla hazırlanmıştır. Bu kılavuzlarla;

- Bakanlık merkez ve taşra teşkilatları tarafından yürütülen tesis inceleme, kontrol ve denetim işlemlerinin kolaylaştırılması ve ülke çapında eş uygulamanın sağlanması,
- Sektördeki tesisler ile bunlara ölçüm hizmeti veren kurum ve kuruluşların ölçüm/izleme çalışmalarında uygulama birliğinin sağlanması,
- Tesislerin izin ve denetim süreçlerinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na yapacakları beyanlarda veri kalitesinin yükseltilmesi,
- Tesislere emisyon azaltma ve kontrol çalışmalarında yardımcı olunması hedeflenmektedir.

Bitkisel ürünlerden bitkisel katı ve sıvı yağ üreten tesisleri ele alan bu kılavuz kapsamında, öncelikle sektörde yaygın olarak kullanılan üretim süreçleri tanıtılmış, daha sonra bu süreçlerde emisyon oluşumuna neden olan kaynaklar belirlenmiş, emisyonların ölçümü ve izlenmesi ile emisyon azaltım teknikleri konusunda bilgiler verilmiştir.

2. BİTKİSEL YAĞ ÜRETİM PROSESİ

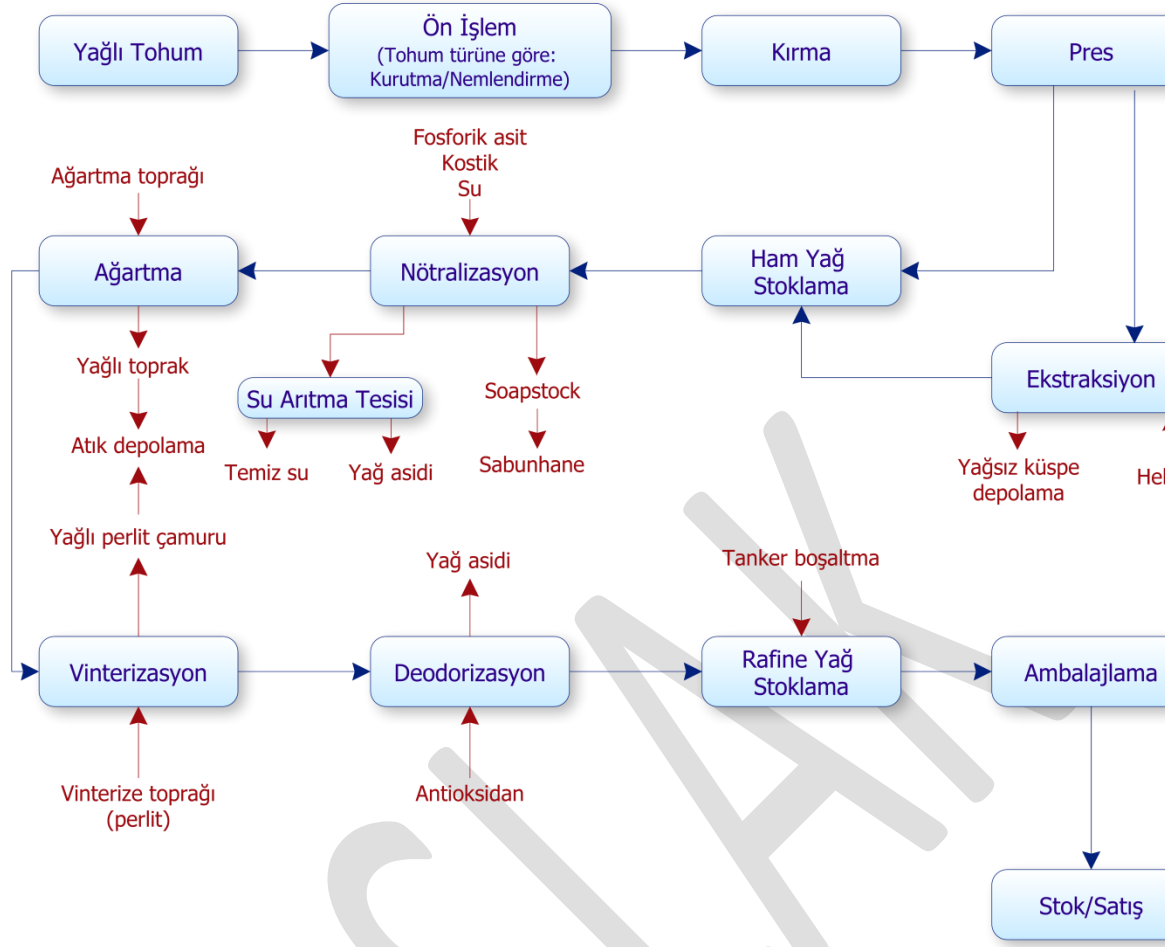
Ticari ölçekte üretilen bitkisel rafine yağlar dünya genelinde yaklaşık 22 farklı bitkisel kaynaktan temin edilmektedir. Bu kaynaklar, yağlı tohumlar ve meyve hamuru olarak iki temel grupta sınıflandırılır. Bitkisel yağ üretiminde kullanılan tohumlar, ayçiçeği tohumu, soya fasulyesi, fındık, keten tohumu, hardal tohumu, pamuk tohumu, yer fıstığı vb. tohumlardır. Zeytinyağı üretimi ise meyve hamurundan bitkisel yağ üretimi olarak kabul edilmektedir.

2.1. Bitkisel Sıvı Yağ Üretimi

Yağlı tohumlardan yağ eldesine başlamadan önce tohumlar bazı ön işlemlerden geçirilir. Yağlı tohumlara uygulanan ilk işlem temizlemedir. Yağlı tohumların içinde bulunabilecek safsızlıklar (taş, kum, metal parçalar ve bitki kalıntıları gibi yabancı maddeler); ağırlık (pnömatik - havalı sistemler), irilik (elekler) ya da manyetiklik (mıknatis sistemleri) gibi özelliklerinden yararlanılarak uzaklaştırılmaktadır. Bu aşamadan sonra işlenecek yağlı tohumun cinsine bağlı olarak ilave fiziksel işlemler uygulanabilmektedir. Örneğin soya tohumları kırılmaya elverişli olmayacak seviyede nem içermektedir, dolayısıyla bu tohumlar için ön kurutma işlemi uygulanmaktadır. Pamuk tohumlarında ise proses için çok düşük nem seviyelerinde olduğundan ön nemlendirme işlemi uygulanmaktadır. Temizlenip işlenmeye hazır hale gelen yağlı tohumlar silolarda depolanmaktadır.

Zeytinyağı üretimi, teknolojik olarak yağlı tohumlardan bitkisel yağ üretiminden farklılık göstermektedir. Temel amaç, yağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini koruyacak şekilde ve rafine edilmeksizin sadece fiziksel yöntemler kullanarak yağı elde etmektir. Zeytinyağı üretiminde uygulanan ön işlemler; zeytinden yağ ekstraksiyonuna uygun bir meyve hamuru elde etmek amacıyla uygulanır. Bu işlemler sırasıyla; temizleme (yıkama, dal/yaprak ayırma), kırma ve yoğurma (malaksiyon) aşamalarından oluşmaktadır. Elde edilen hamurdan sıvı fazı oluşturan yağ ve karasu karışımının ekstraksiyonunda presleme, santrifüjleme ya da seçici filtrasyon (perkolasyon) teknikleri uygulanır. Farklı tekniklerle elde edilen yağ-karasu karışımındaki karasu, zeytinyağı üretiminde son işlem olan dekantasyon ve/veya santrifüj ile ayrılarak ham yağ elde edilir. Geriye kalan pirina olarak adlandırılan katı faz içindeki yağ oranına bağlı olarak pirina yağı fabrikalarına hammadde olarak gönderilir veya kurutulup yakıt olarak kullanılır. Pirina yağı fabrikalarında, pirina kurutulduktan sonra hekzan ekstraksiyonu ile yağ alınır, kalan kuru pirina yakıt olarak kullanılır. Pirina yağı olarak adlandırılan bu yağ, kalitesine göre değişik amaçlarla kullanılır.

Bitkisel sıvı yağ üretiminin iş akışı Şekil 1'de verilmiştir. Bu iş akışı incelendiğinde bitkisel sıvı yağ üretiminin 4 temel işlemde oluştuğu görülmekte olup bunlar aşağıda açıklanmaktadır.



Şekil 1. Bitkisel Sıvı Yağ üretimi akış şeması.

2.1.1. Kabuk Ayırma ve Kavurma Ünitesi

Tohum içindeki badem kısmı ile kabuğunun ayrılması işleminin gerçekleşmesi için ilk olarak tohumdaki nem oranının %7'nin altına düşürülmesi gerekmektedir. Bunun için tohumlar sıcak hava ile temas ettirilerek kurutma işlemi gerçekleştirilir. Kurutmadan çıkan tohum tamburlar içine alınır. Tambur içinde hem dönme etkisi hem de metal bir yüzeye çarpma etkisi ile kabuk kırılır ve badem ile kabuk kısımları birbirinden ayrılır. Ayrılan kabuklar aspirasyon etkisi ile ortamdan çekilir ve kapalı taşıyıcı bantlar üzerinde depolama alanına taşınır.

Kabuk kırma ve parçalama işleminin ardından kavurma işlemi uygulanmaktadır. Kavurma işlemi kırılmış tohumların kavurma tavalarda 180-200 °C'de buhar uygulanarak gerçekleştirilmektedir. Buhar, tohumlara direkt olarak temas etmemekte, tava ceplerine yönlendirilmektedir. Dolayısıyla kavurma esnasında tohumların kendi sıcaklığı 80-90 °C civarında olmaktadır.

2.1.2. Mekanik Presleme Ünitesi

Mekanik presleme işlemi; katı-sıvı faz ayırma yöntemi olarak tanımlanabilir. Genellikle yağ oranı %20'den daha düşük olan yağlı tohumların işlenmesinde mekanik presleme yöntemi kullanılabilir. Mekanik presleme işlemi sonucu tohum içindeki yağın yaklaşık %50-60'ı alınırken işlem sonunda esas ürün olarak ham yağ, yan ürün olarak yağ alınmış küspe elde edilmektedir. Mekanik presleme işleminde kesikli çalışan hidrolik presler, sürekli vidalı presler ve döner presler kullanılabilir.

Preslerden elde edilen yağlı küspe keki %18 civarında yağ içermektedir. Yağlı kek küspe kırıcı makinalardan geçirilerek ekstraksiyon ünitesine gönderilir. Diğer taraftan ham yağ nem ve tortulardan temizlenmesi için yağ kurutucudan geçirilerek filtrelere gönderilir, elek ve filtrelerden geçerek tortusundan arındırılan ham yağ tanklarda depolanmaktadır.

2.1.3. Solvent Ekstraksiyonu Ünitesi

Solventle ekstraksiyonun temeli yağın içinde çözündüğü bir organik çözümlenle yağlı tohum küspesini muamele edip yağın solvante geçmesini sağlamaktır. Sonra solvent süzülerek ayrılıp, uçurulur ve geriye ham yağ kalır.

Ekstraksiyon ünitesi öncesi kırılan küspe, hekzan ve buhar ile distile edilerek kalan yağın alınmasını sağlayan ekstraktöre alınır. Elde edilen karışımın katı kısmı çökelip ayrılarak küspe silosuna, misella (50/50 hekzan-yağ karışımı) olarak adlandırılan sıvı kısım ise misella tankına alınır. Ardından 3 aşamalı distilatör tanklarına alınan misella, burada 100-120 °C sıcaklıkta ve vakum altında hekzan ve ham yağ olarak ayrılır. Sistem kapalı devre çalıştığından hekzan geri dönüşümlü olarak tekrar kullanılır. Burada elde edilen ham yağ ise ilk aşamadaki mekanik presten elde edilen ham yağ ile karıştırılarak ham yağ tankında depolanır. Pres işlemi ile ayrılan ilk yağ ile katı kısımdan hekzan ile ayrılan yağ birleştirilerek rafinasyona gönderilir.

2.1.4. Rafinasyon Ünitesi

Rafinasyon işlemi berrak ve normal tatta yağ elde etmek için ham yağda bulunan ve istenmeyen tüm maddelerin yağdan uzaklaştırılması olarak tanımlanır.

Rafinasyonun ilk aşaması nötralizasyon ve müsilaj (tohumun doğal yapısından gelen ve ham yağda bulunan zamksı yapı) giderme işlemidir. Bu aşamada yağ ısı değiştiricilerden geçirilerek 85-90 °C'ye ısıtılır. Isıtılan yağa fosforik asit ve su-kostik çözeltisi ilave edilir. Kimyasallarla muamele edilen yağ seperatörden geçirilir ve burada ağır faz olarak ayrılan soapstock ürünü (sabun hammaddesi) ayrı bir şekilde depolanır. Seperatörden çıkan yağa sıcak su dozajı yapılarak yağ tekrar seperatörden geçirilir. Nötr hale gelen yağ içindeki kalıntılardan tamamen arınmış olur.

Rafinasyon işleminin ikinci adımı ağartma (bleaching) işlemidir. Ağartma işleminin amacı, ham yağın doğal olarak içerdiği ve tohumun işlenmesi sırasında oluşan renk maddelerinin uzaklaştırılmasıdır. Bu işlem için Tonsil, Bentonit gibi adlar altında satılan ve sanayide "ağartma toprağı" adıyla bilinen adsorbant maddeler kullanılır. Son zamanlarda bu amaçla, sülfirik veya hidroklorik asitle muamele edilip, aktif hale getirilen diğer topraklar da kullanılmaktadır. Nötralizasyondan gelen yağ, 110-120 °C'ye kadar ısıtılır ve vakum altında sitrik asit ile karıştırılmış ağartma toprağından geçirilir.

Ağartmadan sonraki aşama vinterizasyon aşamasıdır. Vinterizasyon, yağın içinde bulunan ve düşük sıcaklıklarda kristalize olmasına neden olan stearin maddesinin uzaklaştırılmasını sağlayan işlem olup yağın sıcaklığı chiller sistemi ile 7-8 °C'ye kadar düşürülür ve perlit ile karıştırıldıktan sonra filtrelerden geçirilerek stearinin yağdan uzaklaşması sağlanır.

Rafinasyon işleminin son aşaması koku alma (deodorizasyon) aşamasıdır. Koku alma işlemi, kısaca yağın tat ve kokusunu bozan bazı uçucu maddeleri su buharı ile yağdan ayırmak şeklinde tanımlanabilir. Kokusu giderilecek yağ, kazana alınır. Kazana alttan buhar verilerek sıcaklık vakum altında 230-240 °C'ye çıkarılır. Bu sırada yağda istenmeyen koku maddeleri buharla birlikte uzaklaştırılmış olur. Kokusu giderilmiş yağ yüksek vakum altında 100 °C'ye soğutulur. Oradan da plakalı soğutuculara gönderilerek sıcaklık 30-50 °C'ye düşürülür.

2.2. Bitkisel Katı Yağ (Margarin) Üretimi

Margarinler; renk, lezzet ve yapı olarak tereyağına benzeyen bir emülsiyon (su-yağ karışımı) olup; bitkisel sıvı yağ, süt, yoğurt, peynir suyu tozu, su, vitamin gibi girdiler kullanılarak hazırlanmaktadır.

Değişen oranda yağ içerikli kompozisyonlar ve farklı üretim yöntemleriyle farklı margarin türleri üretmek mümkündür. Bunlar kahvaltılık margarinler ile yemek ve endüstriyel ürünlerde kullanılanlar olmak üzere sınıflandırılabilir.

Margarinler; ayçiçek, mısır, palm, kanola ve pamuk yağı gibi ham bitkisel yağlar kullanılarak üretilir. Tohum ve meyvelerden üretilen ham yağlar, içinde bazı safsızlıkları da bulundurur. Margarin üretiminde önce bu safsızlıklar giderilir. Hiçbir işlem görmeden ham olarak yenebilen çok az sayıda yağ vardır ki, bunların başında zeytinyağı, ve susam yağı gelir.

Margarin üretimi; genellikle aşağıdaki proseslerden oluşur:

- Saflaştırma (Rafinasyon)
- Su Fazı ve Yağ Fazı Hazırlama
- Emülsiyon Oluşturma
- Soğutma, Kristalizasyon, Yoğurma ve Ambalajlama

2.2.1. Safılaştırma (Rafinasyon)

Ham yağların içindeki yabancı maddeleri uzaklaştıırma işlemleri rafinasyondur. Rafinasyon işlemleri; nötralizasyon, ağartma ve koku alma (deodorizasyon) olmak üzere 3 aşamada yapılır. Bu 3 işlem sonucunda elde edilen rafine yağ karışımları margarinin ana maddesini oluşturur.

2.2.2. Su/Süt ve Yağ Fazı Hazırlama

Bu aşamada su/süt ve yağ fazı hazırlama işlemleri gerçekleştirilir. Bu fazlar aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır.

Su/Süt fazı; suda çözünen süt, süt tozu, yoğurt tozu, peynir altı suyu tozu, asitlik düzenleyici (sitrik asit, laktik asit), tereyağı aromaları, koruyucu, antimikrobiyal maddeleri (potasyum sorbat) içeren bir karışımdır.

Yağ fazı; yağda çözünen emülgatörler (yağ ve suyun birbiri ile homojen karışmasını sağlayan), lesitin (sıçramayı önleyici, emülsiyon stabilitesini arttırıcı), renklendirici (beta karoten, tereyağ rengine benzemesi için), tereyağ aroması, vitaminleri (A, D, E, gibi) içeren bir karışımdır.

2.2.3. Emülsiyon Oluşturma

Su/süt ve yağ fazları, son üründe istenen yağ ve su oranlarına göre homojen bir şekilde karıştırılır.

2.2.4. Soğutma, Kristalizasyon, Yoğurma ve Ambalajlama

Su/yağ emülsiyonunun hazırlanması işlemleri kristalizasyon işlemleri takip eder. Bu işlem, modern margarin üretiminde sürekli çalışan soğutmalı kristalizatörlerle yapılır.

Margarinler yağ/su emülsiyonu olduğu için ve homojen bir emülsiyon gerektiğinden su ve süt damlacıklarının boyutları küçük olmalıdır. Yağ fazı içinde dağılan su fazı damlacıklarının boyutları emülsiyon oluştururken veya homojenizasyon işlemleri ile küçültülmektedir.

Emülsiyonun soğutulması ve kristalizasyonu için yüzey kazıyıcı soğutma silindirleri, soğutucu olarak da amonyak veya freon kullanılır. Sıcak emülsiyon yüksek basınç pompası vasıtasıyla soğutma silindirlerine gönderilir. Üretim çıkışından tüketicinin mutfağına ulaşana kadar, kalitenin bozulmaması için ürünlerin depolanma ve dağıtım sırasında soğuk ortamda depolanması gerekmektedir.

2.2.5. Küspenin/Pirininin Kurutulması

Küspe kurutma işlemleri genellikle sıcak hava, baca gazı veya buhar ile yapılmaktadır. Hava veya baca gazı ile kurutma yapılırken, önce kurutma gazı ısıtılır ve sonra yağ küspe ile temas

ettirilir. Bu esnada sıcak ve kuru olan hava su buharına doyuncaya kadar proseste işlem görür. Kurutulan küspe veya pirina, yakıt ya da toprak iyileştirici olarak kullanılır.

TASLAK

3. EMİSYON KAYNAKLARI

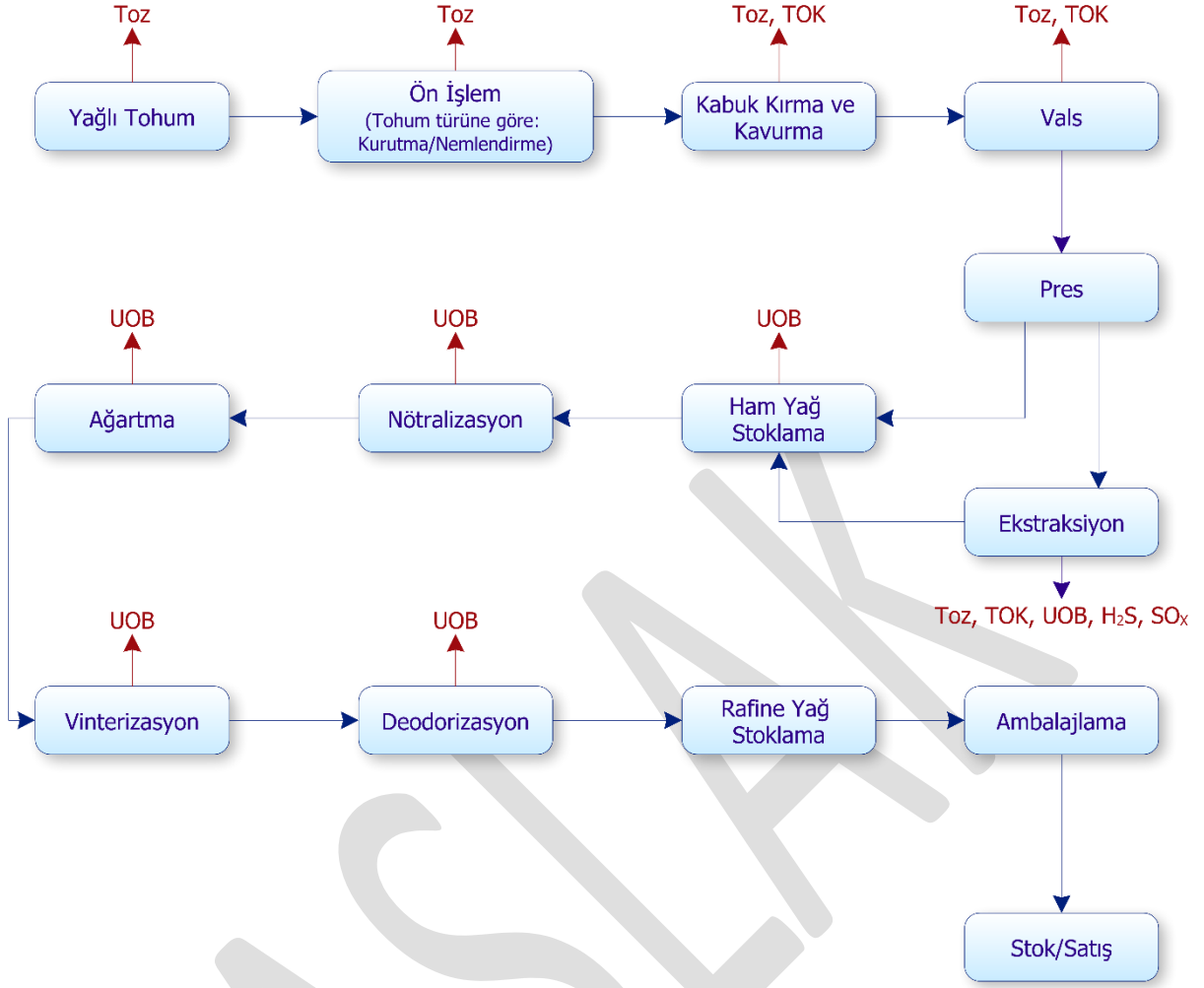
Bitkisel yağ üretiminde başlıca toz, uçucu organik bileşikler (UOB) ve koku oluşmaktadır. Üretimin neredeyse her aşamasında toz emisyonları meydana gelebilmektedir. Tohumların tesise alınması, silolarda depolanması, temizlenmesi ve hazırlanması işlemleri, ürün sevkiyatı ve tesis içi taşıma işlemleri sırasında toz emisyonları oluşmaktadır.

Solvent ile ekstraksiyonun uygulandığı işlemlerde kullanılan solvent türü ve miktarına bağlı olarak uçucu organik bileşik emisyonları oluşabilmektedir. Ekstraksiyon aşamasının ardından, kurutma, soğutma, depolama ve yağın taşınması sırasında kullanılan solvent türüne bağlı olarak uçucu organik bileşik emisyonları da meydana gelebilmektedir.

Üretimin ihtiyacı olan sıcak hava ve buhar eldesi için kızgın yağ ve buhar kazanları kullanılmaktadır. Bu kazanlarda kullanılan yakıtlara bağlı olarak yanma kaynaklı emisyonlar da (toz, CO, SO₂, NO_x, vb.) oluşur. Zeytinyağı üretiminde de tek emisyon kaynağı bu kazanlar olup üretim esnasında başka bir emisyon kaynağı bulunmamaktadır.

Küspenin veya pirinanın kurutulduğu tesisler diğer bir önemli emisyon kaynağıdır. Kurutma işlemi sırasında yüksek miktarda su buharı ile birlikte, toz, koku ve UOB emisyonları oluşmaktadır. Ayrıca kurutma için ilave yakıcıların bulunması durumunda yanma kaynaklı emisyonlar da (toz, karbonmonoksit-CO, kükürtdioksit-SO₂, azotoksitler-NO_x, vb.) oluşacaktır.

Şekil 2'de proses akım şeması üzerinde emisyon kaynakları ve kirleticiler verilmiştir.



Şekil 2. Bitkisel Sıvı Yağ üretimi emisyon kaynakları ve türleri

4. EMİSYON AZALTIM/KONTROL TEKNİKLERİ

Bitkisel yağ üretimindeki temel emisyonlar olan toz ve uçucu organik bileşiklerin kontrolüne yönelik önlemlerin alınması gerekmektedir. Emisyon kontrol teknikleri olarak;

- Toz kontrolü için
 - Dinamik seperatör
 - Islak yıkayıcılar
 - Elektrostatik filtreler
- Uçucu organik bileşik kontrolü için
 - Absorpsiyon
 - Biyolojik arıtma
 - Termal arıtma
 - Yoğuşturma

ayrı ayrı veya birlikte kullanılabilir.

Organik emisyonların azaltımına yönelik olarak aşağıdaki alternatif yöntemler kullanılabilir;

- bitkisel yağ ekstraksiyonunda ters akışlı bir çözücü ayırma (desolventizer) makinesinin kullanımı,
- bitkisel yağ üretiminde kullanılan desolventizer makinesinde üretilen buharın misella damıtma işleminde kullanılması, hekzanın bir hekzan-su yerçekimi ayırıcısı kullanılarak veya bir kazanda ısıtılarak yoğuşabilir buharlardan geri kazanımı,
- bitkisel yağ ekstraksiyonundan kaynaklanan ıslak toz emisyonlarını azaltmak için siklonların kullanımı,
- fiziksel rafinasyon kullanılarak ham yağların rafinasyonu gerçekleştirilebilir.

5. ÖLÇÜM VE İZLEME

Bitkisel yağ üretim tesislerinde ölçülmesi ve izlenmesi gereken kirleticiler kaynaklarına göre Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Bitkisel yağ üretim tesislerinde emisyon kaynakları ve izlenecek kirleticiler

Emisyon kaynağı (Ölçüm noktası)	İzlenecek kirleticiler	İzleme periyodu	Sürekli izleme ¹
Buhar kazanı bacası ²	Yakıt ve ısı gücüne göre belirlenir.		
Kurutma Bacası	Toz, TOK	İzin + Periyodik	
Kabuk Ayırma ve Kavurma Ünitesi	Toz, TOK	İzin + Periyodik	
Solvent Ekstraksiyonu Ünitesi	Toz, TOK	İzin + Periyodik	
Küspe kurutucu bacası	Toz, TOK Yanma gazları ³	İzin + Periyodik	
Baca Dışı Kaynaklar	Yönetmelik EK-2’deki ilgili hükümler uygulanır.		

¹ EK-4’deki hükümlere de bakılmalıdır.

² EK-1A hükümleri uygulanır.

³ Kurutucularda yakıcılar kullanılıyorsa

6. KAYNAKLAR

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2009. Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği.
- IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), 2018. IPCC Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries. Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (IPPC)-Gıda, İçecek ve Süt Sanayiinde Kullanılabilecek En İyi Teknikler Hakkında Referans Belgesi.
- TA LUFT, 2002. “Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit”, Almanya Hava Kirliliği Kontrolü Teknik Talimatnamesi - TA Luft.
- USEPA, 1995. AP-42: Compilation of Air Emissions Factors.