

SÜPERKRİTİK AKIŞKAN EKSTRAKSİYONU (SUPERCRITICAL FLUID EXTRACTION (SFE))

Muammer Sulu, GMO YK Üyesi

Yepyeni bir separasyon teknolojisi olan süperkritik akışkan ekstraksiyonu (SFE), kısa zamanda gıda endüstrisinin yanı sıra biyoteknoloji, kimya ve ilaç endüstrilerinin ilgi odağı haline gelmiştir. Üniversitelerin araştırma merkezleri, gıda, kimya ve ilaç endüstrisinin önde gelen firmaları, SFE konusundaki çalışmalarını giderek yoğunlaştırmakta, pilot sistemlerde elde edilen bulgular, süratle endüstriyel üretim olarak hayata geçirilmektedir. Geleneksel separasyon yöntemleri ile karşılaştırıldığında devrim sayılabilecek, SFE gerçekte çok yeni bir uygulama değildir. Süperkritik olayı, 1822'de bulunmuş, süperkritik akışkanların çözücü özellikleri 1879'larda çalışılmaya başlanmıştır. Yüzyıldan daha önce başlayan bu çalışmalar ancak 1970'lerde endüstriyel uygulamalara aktarılabilmiştir.

Almanya'da yapılan ilk çalışmalar yağ ve asfalt üretimi üzerinedir.

1980'den itibaren hızlanan çalışmalar, gıda endüstrisinde yoğunlaşmıştır. Standart hale gelen proseslerin yanı sıra yeni uygulama alanları araştırılmaktadır.

Başta Almanya, Amerika, Kanada, İsviçre olmak üzere, Japonya, Hindistan, Fransa, ve Çin 'de son 20 yıl içerisinde kurulan endüstriyel tesis sayısı, 100'den fazladır. Mevcut uygulamaların çoğunluğu gıda endüstrisine aittir, ancak son yıllarda ilaç aktif maddelerinin üretiminde SFE teknolojisine ağırlık verilmiştir.

SFE'NİN AVANTAJLARI

SFE yönteminde kimyasal solventler kullanılmamaktadır. Solvent olarak karbondioksit, azot vs. gazlar kullanılmaktadır. Bu gazlar yanıcı, patlayıcı gazlar olmadığı gibi kimyasal reaksiyona da yol açmazlar. Sistemde oksijen bulunmadığı için oksidasyon da gerçekleşmez. Aynı gaz tekrar tekrar kullanıldığı için ekonomiktir. Çevre kirliliğine yol açmaz. Süperkritik fazda karbondioksit gazının viskozitesi çok düşüktür, difüzyon daha hızlı olur; yani katı hammaddelerin dokusuna çok hızlı nüfuz eder, verimliliği artırır. Düşük sıcaklıkta çalışıldığı için aroma ve

vitaminler zarar görmez. Sistemin basıncını ve sıcaklığını kontrol edebiliriz. Böylece çözünürlük özelliklerini de kontrol edebiliriz. Viskozite, difüzyon katsayısı, dielektrik sabiti, süperkritik gaz yoğunluğu ürüne göre ayarlamak gerekir. Geleneksel yöntemde bu mümkün değildir.

SFE sistemini çalıştırmak için kullanılan enerji sadece elektrik enerjisidir. Karbondioksit gazından başka bir atık gaz söz konusu değildir. Karbondioksit gazının diğer bir özelliği non-polar bileşenler için çok seçici olmasıdır. Genellikle kurulan tesisler 600 LT, 1000 LT gibi hacimlere sahiptir. SFE teknolojisinin diğer bir adı yüksek basınç ekstraksiyonudur. Ekstraktör basıncı birkaç yüz bar (100, 200,300) düzeyindedir. Bu nedenle oldukça pahalı bir teknolojidir. Aynı işi yapan geleneksel tesislerle karşılaştırılınca hacim olarak daha az yer kaplar, daha az işçilik gerektirir.

Düşük Sıcaklıkta Separasyon

Aroma, tat, renk ve beslenme değerleri bakımından yüksek sıcaklığın neden olabileceği zararlara yol açmaz.

Toksik Olmayan Solventler

Yaygın olarak karbondioksit gazı kullanılmaktadır, bu da son üründe zararlı kalıntı bırakmaz.

Çözünürlükte Esneklik

Sıcaklık ve basınç kontrol edilerek viskozite, difüzyon katsayısı, dielektrik sabiti ve yoğunluk gibi çözücü özellikleri değiştirilebilmektedir.

Fraksiyonel Ayrıştırma

Farklı basınç ve sıcaklık kombinasyonları kontrol edilerek son ürünü bileşenlerine ayırmak mümkündür.

Ekonomik Solventler

Karbondioksit gazının yanı sıra, amaca göre çeşitli gaz karışımları ve ara solventler de kullanılabilir.

Yüksek Safılık

Saf ve kaliteli ürünler elde edilebilir. Son üründe solvent kalıntısı bulunması mümkün değildir.

Düşük Enerji

Elektrik enerjisi kullanılan tek enerji şeklidir. Geleneksel solvent ekstraksiyonunda olduğu gibi ısıtma ve buhar işlemi gerektirmez.

Hızlı Difüzyon

Süper kritik fazda karbondioksit gazının viskozitesi çok düşük olduğu için difüzyon hızlı gerçekleşir.

Inert Solventler

Sistem kapalı olduğu için öncelikle sistemde oksijen bulunmaz, sistemde bulunan karbondioksit, azot gibi gazlar inert gazlardır.

Çevre Riski Yoktur

Karbondioksit, çevre için sakıncalı değildir.

Patlama ve Yangın Riski

Geleneksel yöntemde kullanılan solventlerin çoğu yanıcı ve parlayıcı kimyasallardır. Karbondioksit yanıcı ve parlayıcı değildir.

Yüksek Seçicilik

Non-polar bileşenler için karbondioksit gazının seçiciliği çok yüksektir.

Raf Ömrü

SFE'nin diğer bir adı da yüksek basınç ekstraksiyonudur. Yüksek basınç ortamında proteinler ve enzimler denatürasyona uğramakta, amino asitler, vitaminler ve aromatik maddeler etkilenmeden kalmaktadır.

UYGULAMA ALANLARI

Baharatlar, Aromatikler (Oleoresin, esansiyel yağlar)

Gül, nane, anason, karaman kimyonu, kereviz, tarçın, karanfil, mürver, rezene, sarımsak, soğan, kırmızı biber (tatlı), beyaz biber, vanilya, kedi otu kökü, zencefil, şili biberi, hindistan cevizi, zerdeçal, hardal, biberiye, adaçayı, kekik, mercan köşk, fındık, fıstık, defne yaprağı, ihlamur, lavanta, şerbetçi otu...vs.

Tıbbi Bitkiler (Aktif Maddeler)

Papatya çiçeği, okaliptüs, nane, maydanoz, kuşburnu, ginseng, krizantem, dağ tütününü, saman tohumu, civan perçemi yaprağı, sarı kantaron, eğir kökü ...vs.

Meyveler (Esansiyel Yağlar)

Çilek, kiraz, elma, limon, portakal, şeftali, armut...vs.

İstenmeyen Bileşenlerin Uzaklaştırılması

Pirinç, buğday gibi tahıllardan insektisit ve pestisitlerin uzaklaştırılması için Çin'de tesis kurulmuştur. Kafeinsiz kahve ve çay üretimi diğer bir örnektir.

Bitkisel ve Hayvansal Protein Üretimi

Soya proteinleri üretilirken soya yağı son ürün olarak elde edilir.

Kırmızı etlerden hayvansal yağları ve kolesterolü tamamen uzaklaştırmak mümkündür.

Mineral Yağ Üretimi

Kaya ve kumlardan mineral yağ üretimi uygulanmaktadır.

Katrardan Yağ Üretimi

1970'de gerçekleştirilen ilk uygulamalardan bir tanesidir.

Tütün Şişirme ve Tütün Aroması Üretimi

Daha az tütünle daha çok sigara yapmak, içimi daha zevkli bir tütün üretmek mümkün olmaktadır.

Alkolsüz Şarap ve Bira Üretimi

İngiltere'de alkolsüz bira üretimi, ve şerbetçiotu ekstraksiyonunun SFE teknolojisi ile yapıldığı bilinmektedir. Standart bir şerbetçiotu ekstraktı kaynatma prosesinin kontrolünü kolaylaştırarak, daha standart organoleptik özelliklere yardımcı olur, kaynatma işlemini kısaltır, ekonomik hale getirir.

Doğal Boya Üretimi

Karotin ve biksin üretimi

Bitkisel Yağ Üretimi

Soya yağı, susam yağı, fındık yağı, fıstık yağı, mısır özü ve buğday özü yağları

Yağ Uzaklaştırma

Nişasta, lesitin, pankreas, hayvansal proteinler

Deodorasyon

Yağlar (serbest yağ asitlerinin ekstraksiyonu)

Rejenerasyon

Filtreler, katalizörler, aktif kömür

PROSESİN TANIMI VE SİSTEM DİZAYNI

Katı hammaddeler kapalı (batch) sistemde ekstraksiyona tabi tutulurken, sıvı hammaddelerin sürekli (continuous) sistemde ekstraksiyonu verimlilik açısından daha uygundur.

Kapalı Sistem, Katı Hammaddeler

SFE sistemi bir yüksek basınç pompası, bir veya birkaç ekstraktör ve bir veya birkaç seperatörden oluşmaktadır. Sistemi yarı sürekli sistem gibi kullanarak zaman tasarrufu amacıyla birden fazla ekstraktörle çalışmak verimliliği artıracaktır.

Ekstaraktörün bir tanesi ekstraksiyona devam ederken diğerinde boşaltma ve yeniden doldurma işlemi yapılabilir. Doldur- boşalt işlemi çok uzun sürmüyorsa 2 ekstaraktör idealdir.

Fraksiyonel Separasyon, Katı Hammaddeler

Ekstaraktörde karbondioksit tarafından taşınan ürünü bileşenlerine ayırıştırarak istersek ayırıştıracağımız bileşenlerin sayısı kadar separatör ihtiyacı olacaktır. Ekstraksiyon işlemi tamamlandıktan sonra ayırıştırdığımız gaz giderek azalan basınçlara sahip separatörlere taşınır. Her bileşen kendi buhar basıncının altında yoğunlaşacaktır.

Fraksiyonel Ekstraksiyon, Katı Maddeler

Tek bir separatörle bileşenlere ayırıştırmak da mümkündür. Giderek artan basınçlarla aynı hammadde ile art arda yapılan ekstraksiyonlarla da bileşenlere ayırmak mümkündür.

Sürekli Sistem, Sıvı Hammaddeler

Sıvı hammaddelerin ekstraksiyonu sürekli sistem olarak dizayn edilmektedir. Kapalı sisteme ilave olarak bir hammadde tankı, hammaddeyi ekstaraktör kolonuna taşıyacak bir pompa, kolonun tepesine monte edilecek bir atomizer sistemi gereklidir. Ekstaraktör kolonunun tepesinden püskürtülen sıvı hammadde kolonun tabanından yükselen karbondioksit ile karşılaşır. Süperkritik fazdaki karbondioksit ayırıştıran maddeyi çözerek separatöre taşır. Kolon basıncını sabit tutmak için kolona dökülen sıvı seviyesi otomatik olarak sabit tutulmak zorundadır, bir yandan düzenli olarak boşaltılır veya devir daim yaptırılabilir.

Sürekli sistem sıvı hammaddeler için sistem dizaynı yaparken birden fazla tank koymanın amacı, doldur-boşalt zamanı kazanmak değil, daha çok gaz ve sıvıyı karşı karşıya getirmektir. Bu yüzden tank çapı çok kalın olamaz, uzun ince olması zorunludur, tank çapını büyütürken, buna bağlı olarak karbondioksit pompa kapasitesini ve gücünü artırsak bile işe yaramaz. Sonuç olarak uzun, ince, adeta boru gibi çok sayıda boru kullanmak verimli bir sistem kurmak için en kestirme yoldur.

Sıvı SFE sistemlerinde de birden fazla separatör kullanarak fraksiyonel seperasyon ve/veya fraksiyonel ekstraksiyon mümkündür.

SİSTEM NASIL ÇALIŞIYOR?

Katı maddelerle kapalı sistem çalışılırken öncelikle sistemde bulunan hava boşaltılır. Boşaltma işlemi karbondioksit gazı ile yapılır. Böylelikle yüksek basınç altında meydana gelebilecek oksidasyon engellenir. Ekstaraktöre karbondioksit vermeye devam edilir. Ekstaraktör ve separatör sıcaklığı önceden belirlenmiştir. Ekstaraktör basıncı istenen değerine ulaştığında karbondioksit gazı katı madde yüzeyinden içeri taşınarak, istenen maddeyi çözer, içine alır. Karbondioksit ve çözünür birlikte separatöre taşınır. Separatör basıncından daha düşük buhar basıncına sahip olan çözünür, separatörde yoğunlaşır. Karbondioksit gazı, sistemde dolaşmaya devam eder. Bir sonraki ekstraksiyon için çok az miktarda gaz ilavesi yeterli olacaktır.

Sıvı hammaddelerde, sıvı ve gaz ekstaraktör kolonda ters akımla karşılaştırılır. Kolon dikey pozisyonda bulunmaktadır, sıvı yukarıdan püskürtülür, gaz alttan yukarı doğru taşınır. Kolon tabanına dökülen sıvı seviyesi sabit tutulur. Çözünür ve karbondioksit separatöre taşınır. Çözünür separatörde yoğunlaşır. Karbondioksit sisteme döner. SFE sistemine sadece bir seperasyon teknolojisi olarak bakmak yanlıştır. SFE sistemi yüksek basınç püskürtmeli kurutucu, yüksek basınç mikronizasyon, yüksek basınç kaplama, yüksek basınç sterilizasyon, gibi proseslere adapte edilebileceği gibi, sistem üzerinde yapılacak değişikliklerle çok amaçlı çeşitli reaktörler düşünmek, proses teknolojisi için bilinmeyen ufuklara yelken açmak anlamına gelmektedir.

İnternet teknolojisinin yaygınlaşması ile nasıl günlük yaşamımızdaki alışkanlıklarımızı unutmak zorunda kaldıysak, proses teknolojisi de geleneklerden vazgeçmek zorunda kalacaktır.

SFE teknolojisi, fonksiyonel gıdalar ve moleküler gıdalar konusundaki gelişmeleri de hızlandıracaktır. Gıdalar ilaç, ilaçlar gıda olacak gibi görünüyor. Ya çok sevdiğimiz salatalık turşusu?...

