

Zeytin Karasuyunda Kriyokonsantrasyon: Dondurarak Değerli Madde Geri Kazanımı

Zeytin karasuyu, yüksek kirlilik yüküyle çevre için ciddi bir tehdit oluştururken, içerdği fenolik maddeler nedeniyle aynı zamanda değerli bir kaynak olarak da görülüyor. Son yıllarda bu değerli maddeleri karasudan ayırmak için kimyasal madde ya da yüksek ısı kullanmayan, nispeten basit bir yöntem bilim dünyasının dikkatini çekiyor: kriyokonsantrasyon, yani dondurarak yoğunlaştırma. Bu makalede, karasu için giderek daha fazla araştırılan bu yöntemi, nasıl çalıştığını ve bilimsel çalışmaların ortaya koyduğu sonuçları ele alıyoruz.

Kriyokonsantrasyon Nedir?

Kriyokonsantrasyon, bir sıvıyı dondurarak içindeki suyu buz haline getirip ayırma ve geriye kalan sıvıda değerli maddeleri yoğunlaştırma esasına dayanan bir yöntem. Su, donma sırasında saf buz kristalleri oluşturma eğiliminde olduğu için, karasudaki fenolik maddeler ve diğer çözünmüş bileşenler donmayan sıvı kısımda birikiyor. Böylece hem daha temiz bir su elde ediliyor hem de geriye kalan sıvıdaki değerli maddelerin derişimi artıyor. Yöntemin en büyük avantajı, işlemin düşük sıcaklıkta gerçekleşmesi sayesinde ısıya duyarlı fenolik bileşiklerin bozulmadan korunabilmesi ve kimyasal çözücülere ihtiyaç duyulmaması.

Süreç Nasıl İşliyor?

Karasuda uygulanan kriyokonsantrasyon işlemi, temelde dört aşamadan oluşuyor: soğutma, dondurma, terletme ve eritme. Karasu önce belirli bir sıcaklığa kadar soğutuluyor, ardından dondurularak buz haline getiriliyor. "Terletme" adı verilen aşamada bu buz bloğu, oda sıcaklığında kısmen eritilerek buzun içine hapsolmuş yoğun madde ceplerinin dışarı sızması sağlanıyor; bu da buzı derinlemesine arındırıyor. Son aşamada ise elde edilen sıvı fraksiyonlar, konsantrasyon derecelerine göre ayrı ayrı toplanıyor. Bir araştırmada bu işlem sonunda, ham karasuya kıyasla çok daha yoğun iki sıvı fraksiyon, başlangıç derişimine yakın bir fraksiyon ve önemli ölçüde arındırılmış iki temiz su fraksiyonu olmak üzere toplam beş farklı ürün elde edilmiş.

Bilimsel Bulgular Ne Gösteriyor?

2024 yılında yayımlanan bir araştırmada, karasu üzerinde kriyokonsantrasyon işlemi -16°C ile -24°C arasındaki dondurma sıcaklıklarında test edildi. Sonuçlara göre, dondurma sıcaklığı olarak -16°C seçildiğinde, -24°C 'ye kıyasla fenolik madde geri kazanım verimliliğinde hafif bir artış elde edildi. Aynı çalışmada, başlangıç derişiminin ve kısmi eritme sırasında toplanan sıvı fraksiyon sayısının, elde edilen toplam fenolik madde miktarı üzerinde en belirleyici etkenler olduğu tespit edildi. İşlem sonunda, karasudaki toplam fenolik madde derişimi, başlangıçta litre başına 32,97 gramdan, işlem sonunda litre başına 81,10 grama kadar yükseltilebilmiş.

Benzer bir çalışmada ise üç ardışık kriyokonsantrasyon döngüsü uygulanarak toplam fenolik madde derişiminin litre başına 22,9 gramdan 103,2 grama kadar çıkarılabildiği gösterildi. Bu sonuçlar, yöntemin tekrarlanan uygulamalarla değerli madde geri kazanımını daha da artırabileceğine işaret ediyor.

Kriyokonsantre Karasu Nerelerde Kullanılabilir?

Elde edilen yoğun fenolik çözeltilerin kullanım alanlarından biri de beklenmedik bir sektörden geliyor: deri tabaklama. Bir araştırmada, kriyokonsantre edilmiş karasu, geleneksel bitkisel tabaklama maddelerine (mimoza, kestane gibi) alternatif olarak deri işlemede test edildi. Bu yöntemle tabaklanan derilerin, iyi mekanik özelliklere (yırtılma ve çekme dayanımı gibi) sahip olduğu ve mimoza ya da kestane ile tabaklanan derilere kıyasla daha koyu bir renk aldığı görüldü. Araştırmacılar, kriyokonsantre karasuyun, doğal kaynakların korunmasına ve çevresel etkinin azaltılmasına katkı sağlayan, sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu yeni bir tabaklama maddesi kaynağı olarak değerlendirilebileceğini belirtiyor. Bunun dışında, elde edilen yüksek yoğunluklu fenolik çözeltiler;

kozmetik, gıda katkı maddesi ve doğal antioksidan üretimi gibi alanlarda da değerlendirilme potansiyeli taşıyor.

Avantajları ve Sınırlılıkları

Kriyokonsantrasyonun en büyük avantajı, herhangi bir kimyasal çözücü veya yüksek sıcaklık gerektirmemesi; bu sayede hem çevreye ek bir kimyasal yük binmiyor hem de fenolik bileşiklerin doğal yapısı korunuyor. Süreç aynı zamanda kullanılabilir, arındırılmış su üretimi ile değerli madde geri kazanımını tek bir işlemde birleştiriyor. Öte yandan yöntemin de sınırları var: soğutma işlemi enerji gerektiriyor, bu nedenle işletme maliyeti tamamen ihmal edilebilir değil. Ayrıca yöntem henüz büyük ölçekli endüstriyel tesislerde yaygın olarak uygulanmıyor; çoğu çalışma laboratuvar veya pilot ölçekte yürütülüyor. Bununla birlikte, özellikle membran filtrasyonu gibi diğer yöntemlere kıyasla nispeten basit bir ekipmanla çalışması, kriyokonsantrasyonu gelecekte küçük ve orta ölçekli zeytinyağı işletmeleri için de ulaşılabilir bir seçenek haline getirebilir.

Türkiye İçin Ne Anlama Geliyor?

Türkiye gibi kış aylarında düşük sıcaklıkların doğal olarak yaşandığı zeytin üretim bölgelerinde, kriyokonsantrasyon yönteminin enerji maliyetini azaltacak şekilde uyarlanması ilgi çekici bir araştırma alanı olabilir. Karasudan elde edilecek yoğun fenolik çözeltiler, hem çevresel kirliliği azaltmaya hem de zeytincilik sektörüne yeni bir katma değer kaynağı kazandırmaya yardımcı olabilir. Ancak yöntemin Türkiye'deki zeytinyağı işletmelerinde yaygınlaşabilmesi için, sahada pilot ölçekli uygulamalarla maliyet ve verim dengesinin daha iyi test edilmesi gerekiyor.

Sonuç

Kriyokonsantrasyon, zeytin karasuyunu hem çevresel açıdan zararsız hale getirmenin hem de içindeki değerli fenolik maddeleri geri kazanmanın kimyasal kullanmayan, nispeten basit bir yolu olarak öne çıkıyor. Güncel araştırmalar, doğru dondurma sıcaklığı ve tekrarlanan uygulama döngüleriyle geri kazanım veriminin önemli ölçüde artırılabilirliğini, elde edilen ürünlerin ise deri tabaklamadan kozmetiğe kadar çeşitli alanlarda değerlendirilebileceğini gösteriyor. Enerji maliyeti ve ölçeklendirme gibi konularda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olsa da, kriyokonsantrasyon; karasu yönetiminde döngüsel ekonomi yaklaşımının umut vadeden araçlarından biri olarak öne çıkıyor.

Kaynaklar

Cryoconcentration of olive mill wastewater for application in leather tanning process (Environmental Science and Pollution Research, Springer) — <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-025-36125-9>

Enhancing phenolic compound recovery from olive oil mill wastewater through optimized cryoconcentration (ScienceDirect, Journal of Crystal Growth) — <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022024824003397>

Enhancing phenolic compound recovery from olive oil mill wastewater through optimized cryoconcentration (ResearchGate) — https://www.researchgate.net/publication/384368471_Enhancing_phenolic_compound_recovery_from_olive_oil_mill_wastewater_through_optimized_cryoconcentration

Concentration of Bioactive Phenolic Compounds in Olive Mill Wastewater by Direct Contact Membrane Distillation (PMC) — <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8004892/>

Bu makale, güncel bilimsel araştırmalardan derlenerek hazırlanmıştır.