

## Püskürtmeli Kurutucuya Uygun Bir Konik Aglomeratörün Dizaynı ve Performansının İncelenmesi

Temel ÇAKALOZ, Seher KUMCUOĞLU  
E. Ü. Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,  
Bornova, İzmir-TÜRKİYE

Geliş Tarihi 15.01.1998

### Özet

Bir püskürtmeli kurutucunun konik kısmının altına monte edilmek üzere, dönüş hareketi verilen partiküllerin üzerine bir bağlayıcı sıvının püskürtülmesiyle aglomerasyon sağlayan bir cihaz dizayn edilmiş ve performansı incelenmiştir. İşlem için 172  $\mu\text{m}$  ortalama çaplı proteaz enzimi partikülleri kullanılmıştır. Bu şekilde elde edilen aglomeratlar üzerinde, çözünme hızı ve etkin yüzey alanı tayinleri yapılarak aglomerat çapı ile değişimleri incelenmiştir.

Sonuçlar aglomeratların çapları büyüdükçe, birim ağırlık bazına göre, etkin yüzey alanı ve çözünme hızlarının düştüğünü göstermiştir. Kullanılan bağlayıcının çözünürlüğünün bu sonuçta etkin olabileceği anlaşılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Aglomerasyon, çözünme hızı, boyut büyütme.

## Design and Performance Studies on a Conical Agglomerator Suitable for a Spray Drier

### Abstract

An agglomeration system was designed to function at the conical bottom section of a spray drier where the binder was sprayed on the whirling dry particles before exiting. The protease enzyme particles of 172  $\mu\text{m}$  average diameter were used to test the operation. The agglomerates thus obtained were subjected to several tests characterizing the rate of dissolution and effective surface area related to the solid diameter.

The results showed that the rate of dissolution and the effective surface area per unit weight of agglomerates decreased with increasing size. The solubility of the binder may have an effective role in this matter.

**Key Words:** Agglomeration, dissolution rate, size enlargement.

### Giriş

Aglomerasyon, küçük parçacıkların (partikül) özelliklerini kaybetmeden birbirleri ile birleşmesi yoluyla daha büyük boyutta sert ve katı parçacıkların oluşturulması işlemidir. Sonuç ürünler şekillerine ve işlem farklılıklarına göre granül, tablet

gibi isimler alırlar.

Aglomerasyon işlemi, deterjan, meyve tozu, toz gübreler, süt tozu, instant kahve gibi işlem sonucunda elde edilen ince partiküllerin atmosferi kirletme ve depolanmaları sırasında topaklanma tehlikelerine karşı gerekli olduğu gibi, son ürünün

kullanımı sırasında akıcılık vb. işlem kolaylığı sağlamaktadır.

Partiküllerin birbirleri ile bağlanması, ısı ile işlemlenmiş kalıpla veya bağlayıcı sıvı püskürtme yoluyla gerçekleştirilir. İşlem sırasında partiküller arası katı veya sıvı köprücükleri oluşmaktadır (Sommer, 1988). Sıvı bağlayıcı kullanıldığında partiküller arasında yüksek viskoziteli bir sıvının meydana getireceği kohezyon kuvvetlerinin etkisinde sıvı içinde çözünmüş olan tuzların kristal köprüleri oluşturması amaçlanır. Bu şekilde meydana gelen kümelerin (agregat) mekanik dayanımlarının yüksek olması, tekrar ufalanmalarını önlemektedir.

İstenilen çaptaki agregatların elde edilebilmesi, partiküllerin kümeleşmeden önceki dinamik durumlarına, bağlayıcının püskürtme şartlarına ve miktarlarına bağlıdır. Ayrıca, agregasyon işleminden sonra eleme yoluyla işlem kontrolü yapılabilir (Schubert, 1980).

Aglomeratların gözenekli yapısı da , çözünme hızına, yığın yoğunluğu ve mekanik dayanımına etki eden bir özelliktir. Çözünme hızının yüksek olması aglomeratı oluşturan partiküllerin kolay dağılmasına (dispersion) bağlıdır, dolayısıyla bağlayıcı ile partiküller arası bağların zayıf olmasını ister (Schmitt-Ott ve ark., 1990). Aglomeratın çözünme hızı ile dayanım özellikleri birbirlerini ters yönde etkiler. Bugün en yaygın olarak kullanılan nişasta çözeltilerinin aglomerat oluşumuna etkisi Moseley ve arkadaşları (1990) tarafından incelenmiştir. Nişastanın şişme özelliği, partikül büyüklük dağılımı ve yoğunluğunun agregatın fiziksel özelliklerine etki ettiği bulunmuştur.

Takase ve Sugimoto (1991)'nin kullandığı akışkan yataklı, Sommer (1988) tarafından kullanılan döner diskli, silindirik Brennan ve ark. (1990) ve Kirchmann (1993) tarafından kullanılan karıştırıcı sistemler; sanayide kullanılan aglomerasyon yöntemleri arasında en yaygın olanlarıdır. Isıya hassas maddelerin püskürtmeli kurutucudan çıkışıyla, aglomerasyon ünitesine gidinceye kadarki zamanı kısaltmak ve bozulmayı önlemek için bizzat kurutucu içinde aglomerasyon işlemi öngörülmüştür. Bunun için de hazırlanan sistemde püskürtmeli kurutucunun alt konik kısmı model olarak alınmıştır. Bu çalışmada, dönüş hareketi yapmakta olan proteaz partiküllerine nişasta-tuz bağlayıcı sıvısı püskürtülmek suretiyle yeni bir dinamik ortam hazırlanmıştır. Püskürtülerek kurutulmuş proteaz enziminin aglomerasyonuna etki eden faktörler incelenmiştir.

## Materyal

Denemelerde kullanılan püskürtülerek kurutulmuş proteaz enzimi ORBA A.Ş.'den sağlanmıştır.

Çalışmamızda çok sayıda bağlayıcı sıvılarla ön deneme yapılarak en uygun bağlayıcı sıvının 25°C de; %24 tuz, %2 nişasta ve %74 su olduğu saptanmıştır. Denemelerde, analitik saflıkta sodyum klorür ve piyasadan alınan PİYALE mısır nişastası kullanılmıştır.

## Cihaz ve Yöntem

Şekil 1'de görüldüğü gibi aglomeratörün gövdesi, üst kısmı 0,54 m çapında ve 0,3 m yüksekliğinde silindirik kısım ve silindirik kısmın altında, 0,3 m yüksekliği olan bir konik kısımdan yapılmıştır. Konik kısmının eğimi yatay düzleme göre 67°'lik bir açı yapmaktadır. Silindir kısmın üstünde partikül besleme (a), aydınlatma ve gözetleme (b) delikleri bulunmaktadır. Silindirik kısmın altına yakın bölgeden (c) bağlayıcı sıvı püskürtülmektedir. Konik kısmın altında partiküllere dönüş hareketi yaptırmak üzere iki adet basınçlı hava girişi (d) bulunmaktadır. Aglomerat çıkış yolu (e) ve hava çıkışı (f) alt kısımda bulunmaktadır. Hava çıkışı bez bir filtre ile çevrilmiştir. Sistemin gövdesi tümüyle paslanmaz çelikten (304) yapılmıştır.

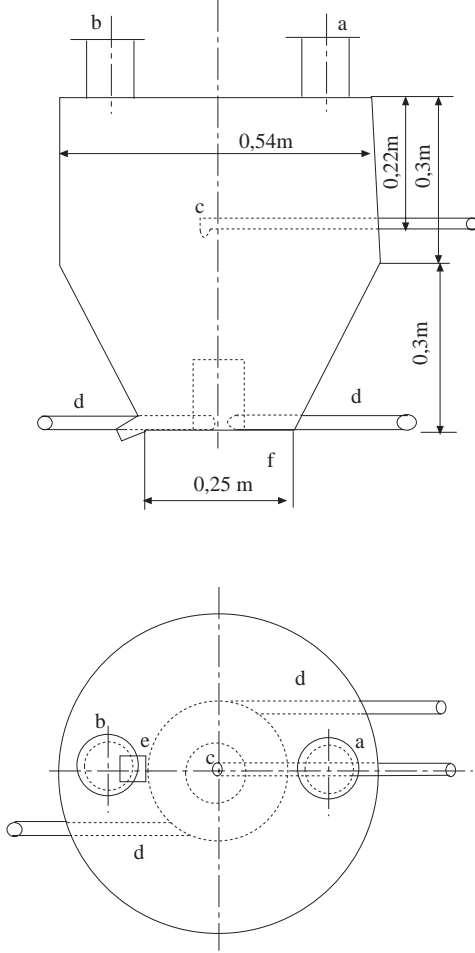
Cihaz kesikli sistemde çalışmaktadır. İlk olarak 670 g proteaz enzimi üst kısımdan aglomeratör içine yerleştirilmiştir. Fan yardımıyla sağlanan 6,2 m/s hızındaki hava partiküllerin dönerek (teğetsel) hareket etmesini sağlamıştır. Bağlayıcı sıvı, diyafram pompa kullanılarak 7 kg/cm<sup>2</sup> basınçla nozula gönderilmiş ve dönme hareketi yapan partiküller üzerine püskürtülmüştür. Bağlayıcı sıvı kullanımı, partiküllerin birbirleriyle yapışmasını sağlamış sonuçta daha büyük çaplı parçacıklar elde edilmiştir. Elde edilen aglomeratlar 40°C lik etüvde 6 saat kurutulduktan sonra elek analizi yapılarak boyutlarına göre sınıflandırılmıştır.

## Aglomeratların boyutlarına göre sınıflandırılması

Elde edilen aglomeratlar 1600, 1000, 560, 425, 355 ve 280 µm elek açıklıklarına sahip elekler kullanılarak BUHLER-MUAG tipi elekte 5 dakika eleme sonucunda boyutlarına göre sınıflandırılmıştır. İki elek arasında kalan kütle fraksiyonlarından aglomeratların ortalama parçacık çapı hesaplanmıştır (Brennan ve ark., 1990).

### Aglomerat çözünme hızlarının belirlenmesi

Her bir boyut için aglomeratlardan 3'er gr 9 adet örnek alınarak üzerlerine 25°C de 10 ml su ilave edilmiştir. Örnekler manyetik karıştırıcı kullanılarak sabit hızda karıştırılmıştır. Sırasıyla 2, 3, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25 dakikalarda siyah bantlı süzgeç kağıdından Nuche erleninde vakum pompası kullanılarak süzümüştür. Kalıntı 10 ml su ile yıkandıktan sonra 40°C de etüvde 8 saat kurutulduktan sonra tartılmıştır.



Şekil 1. Aglomerasyon cihazı

### Aglomeratların yüzey alanlarının hesaplanması

Aglomeratların ve hammaddenin adsorpsiyon özellikleri OMNISORP 100 CX volumetrik adsorpsiyon cihazında incelenmiştir.

Havası boşaltılmış deney tüpü içerisine konulan 100-150 mg örneğin 40°C de  $10^{-3}$  mbar'da, mekanik

pompa kullanılarak gazı alınmıştır. Daha sonra sıvı azot sıcaklığında (77 K), örneğe 50 Torr'luk (65,7 mbar) basınçta belirli zaman aralıklarında gaz halinde azot gönderilmiştir. Relatif basıncın ( $P/P_0$ ) değişiminden adsorplanan azot miktarı hesaplanarak örneklerin adsorpsiyon izotermi elde edilmiştir.

Adsorpsiyon izoterm verilerinden, izotermi lineer kısmı için BET metodu kullanılarak partiküllerin yüzey alanları hesaplanmıştır Sing ve ark., (1985). ( $P$ : örnek basıncı,  $P_0$ : Doyma noktasındaki buhar basıncı)

### Bulgular

#### Bağlayıcı sıvı miktarı ile aglomerat büyüklüğü değişimi

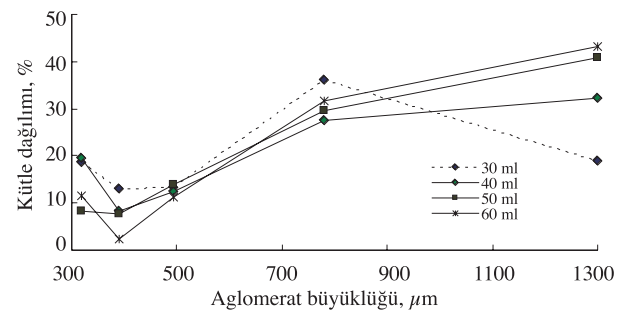
Püskürtülen bağlayıcı sıvı miktarına karşılık elde edilen ürünün 1600-280  $\mu\text{m}$  aralığındaki agregatların ortalama çapları arasındaki bağıntı Tablo 1 ve Şekil 2'de verilmiştir.

#### Aglomeratların çözünme hızlarının aglomerat boyutu ile değişimi

Proteaz enzimi ve aglomeratların inceliklerine göre zamanla çözünen madde miktarı arasındaki ilişki Şekil 3'te verilmiştir.

#### Aglomeratların etkin yüzey alanlarının aglomerat boyutu ile değişimi

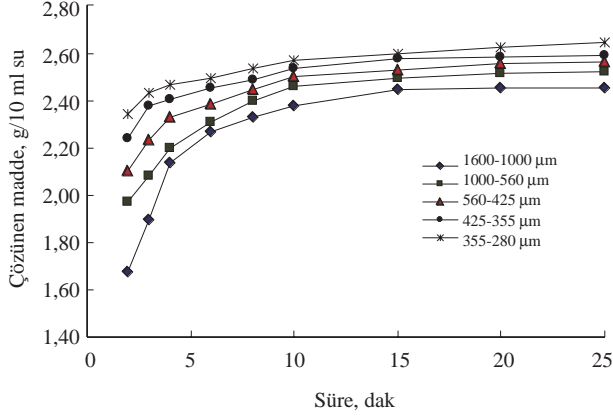
1600-1000  $\mu\text{m}$ , 560-425  $\mu\text{m}$  fraksiyonlu aglomeratlar ve proteaz enzimi (ortalama çap 172  $\mu\text{m}$ ) ile yapılan azot adsorpsiyon deneyi sonuçlarına göre hesaplanan yüzey alanları Sing ve ark., (1985) Şekil 4'te verilmiştir. Ayrıca, bir karşılaştırma yapılabilmesi için bu fraksiyonların 25 dakika sonunda suda çözünen madde miktarları da Şekil 4'te işlenmiştir.



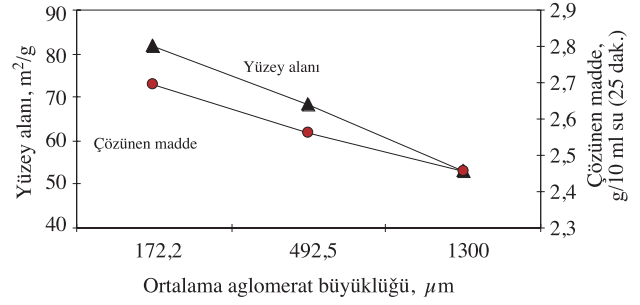
Şekil 2. Partikül/bağlayıcı sıvı oranına bağlı olarak aglomerat büyüklüğünün kütlece dağılımı

**Tablo 1.** Bağlayıcı sıvı miktarları ile aglomerat büyüklüğü dağılımı

Bağlayıcı sıvı (ml)	1600-1000 $\mu\text{m}$ , % (1300 $\mu\text{m}$ ort.)	1000-560 $\mu\text{m}$ % (780 $\mu\text{m}$ ort)	560-425 $\mu\text{m}$ % (492 $\mu\text{m}$ ort)	425-355 $\mu\text{m}$ % (390 $\mu\text{m}$ ort)	355-280 $\mu\text{m}$ % (318 $\mu\text{m}$ ort)
30	19	36	13	13	19
40	32	27	13	8	19
50	40	29	14	8	8
60	43	32	11	3	11



**Şekil 3.** Aglomeratların çözünme özellikleri



**Şekil 4.** İncelik etkin yüzey alanı değişimi

## Sonuç

1. Bir sprey kurutucusunun alt kısmına ilave edilecek bir püskürtücü ve partiküllere teğetsel hareket verebilecek basınçlı hava girişi ile kompakt bir aglomeratörün dizaynı yapılmıştır. Bu model ile partiküller atomize olmuş damlacıklarla kontrollü olarak temas etmektedir. Şekil 2'de görüleceği gibi bağlayıcı sıvı miktarı arttıkça büyük agregatlarda lineer büyüklük artışı olmaktadır.

2. Agregatların sıvıda çözünme hızları, agregatın parçacık büyüklüğü arttıkça azalmaktadır (Şekil 3). Bu azalma ilk dakikalarda daha belirgin olarak göze çarpmaktadır. Bu durum büyük parçacıkların dağılması için belli bir sürenin geçtiğini göstermektedir.
3. Agregatların etkin yüzey alanları ile çözünme hızları arasında bir paralellik olduğu saptanmıştır (Şekil 4).

## Kaynaklar

- Brennan, J.G., Butters, J.R., Cowell, N.D. "Food Engineering Operations", Elsevier Applied Science, London and New York, 700, 1990
- Kirchmann, A. "Continuous Agglomeration of Cocoa Mixes", International Food marketing and Technology, 28-32, 1993.
- Moseley, J.L., O'Brien, T.J. "A Model for Agglomeration in a Fluidized Bed", Chem. Eng. Sci. 48(17), 3043-3050, 1990.
- Schmitt-ott, A., Baltensperger, U., Gaggeler, H.W., Jost, D.T. "Scaling Behaviour of Physical Parameters Describing Agglomerates", Journal of Aerosol Science, 21(6), 711-717, 1990.
- Schubert, H. "Processing and Properties of Instant Powdered Foods", Food Process Engineering, 1,

New York, 677-687, 1980.

Sing, K.S.W., Everett, D. H., Haul, R.A.W., Moscou, L. "Reporting Physisorption Data for Gas/Solid Systems with Special Reference to the Determination of Surface Area and Porosity", Pure and Appl. Chem., 57(4), 603-619, 1985.

Sommer, K. "Size Enlargement", Ullman's Encyclopedia of Ind. Chem. B2, 5th Ed., New York, 7, 1-7, 37, 1988.

Takase, H., Sugimoto, M. "Influence of the Size of Agglomerate on the Drainage of A Packed Bed of Coal Agglomerates", Int. Chem. Eng., 31(2), 333-341, 1991.