

## **Balların Reolojik Karakterizasyonu**

Ahmed Kayacier\*, Safa Karaman

Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Kayseri

\*akayacier@erciyes.edu.tr

### **Özet**

Bal, arılar tarafından bitki nektarı ya da çam salgısından üretilen, biyolojik olarak aktif bileşenlerce zengin, yüksek besleyiciliğe sahip doğal bir gıda maddesidir. Akışkan bir yapı sergileyen balın en önemli fiziksel ve duyuşal özelliklerinden birisi ürünün reolojik karakteridir. Balın reolojik özellikleri arasında en kayda değer olanı viskozitesidir ve genel olarak bal viskozitesi bileşim, nem, sıcaklık ve yapıdaki kristallerin varlığına bağılı olarak değışmektedir. Ayrıca bileşendeki şeker kompozisyonu ve miktarı ile yapıdaki kolloidal özellikteki diğere maddeler de balın viskozitesi üzerine etkilidir. Bal genel olarak kıvamlı bir yapıya sahiptir ve viskozite ile ürünün diğere fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri arasında bir ilişki bulunmaktadır. Balın reolojik özelliklerinin bilinmesi; ürünün işlenmesi esnasındaki davranışının tespit edilerek proses koşullarının belirlenmesi, raf ömrünün hesaplanması ve depolama sırasındaki değışimin kontrol edilmesi açılarından önemlidir. Genel olarak ballar Newtonian akış özelliğı göstermekte ve uygulanan kayma hızına bağılı olarak viskozitesi sabit kalmaktadır. Ancak kayma hızındaki değışime bağılı olarak viskozitesi değışen bazı bal çeşitleri de bulunmaktadır. Sıcaklık artışı balın viskozitesinde düşüşe neden olmakta ve sıcaklık ile viskozite arasındaki ilişki Arrhenius eşitliğı ve Williams-Landel-Ferry eşitliğı gibi çeşitli modeller ile açıklanabilmektedir. Bu derlemede balların reolojik karakterizasyonu ve bu konuda yapılan çalışmalar incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bal, Reolojik karakterizasyon

### **Giriş**

Bal, arılar tarafından bitki nektarı ya da çam salgısından üretilen koyu kıvamlı doğal bir gıda maddesidir. Genel yapısı itibariyle bal, yüksek şeker içerikli; organik asitler, bazı amino asitler ile makro ve mikro besin elementleri gibi biyolojik olarak aktif bileşenlerce zengin, yüksek besleyiciliğe sahip bir üründür (1). Akışkan bir yapıya sahip olan balın en önemli fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinden birisi ürünün reolojik karakteridir. Ürünün reolojik karakterizasyonunun bilinmesi, işleme esnasında ürün davranışının tespit edilerek proses şartlarının belirlenmesi, raf ömrünün hesaplanması, depolama esnasındaki değışimin kontrol edilerek kalite kontrolün sağlanması ve duyuşal analiz açılarından önemlidir (2). Balın reolojik özellikleri arasında en önemli olanı viskozitesidir ve genel olarak bal viskozitesi, orijin bileşim, nem miktarı, sıcaklık ve yapıdaki kristallerin varlığına bağılı olarak değışiklik gösterebilmektedir. Ayrıca bileşimdeki şeker kompozisyonu ve miktarı

ile yapıdaki kolloidal özellikteki diğer bazı maddeler de balın viskozitesi üzerinde etkilidir (3,4). Akıcı özelliğe sahip gıda maddeleri, viskozitelerinin kayma hızının etkisi karşısında göstermiş olduğu davranışa bağlı olarak Newton ve Newtonian olmayan akışa sahip maddeler olarak ikiye ayrılmaktadır. Newtonian sıvıların viskozitesi kayma hızından bağımsızken, Newtonian olmayan sıvılarda kayma hızının viskozite üzerinde etkisi söz konusudur. Bu tip sıvılarda kayma hızının artmasıyla viskozite artar veya azalır. Viskozitenin kayma hızının artmasıyla artış gösterdiği davranış tipine kayma kalınlaşması (kayma koyulaşması, shear thickening), azalış gösterdiği davranış tipine ise kayma incelmeye (shear thinning) adı verilmektedir (5). Genel olarak, balların reolojik karakterizasyonunda kayma hızı ve sıcaklığa bağlı olarak viskozitenin değişimi belirlenmektedir.

#### **Kayma hızının viskozite üzerindeki etkisi**

Yapılan araştırmalar birçok bal çeşidinin, kayma hızının viskozite üzerinde etkili olmadığı Newtonian akış davranışı sergilediğini ortaya koymuştur, Bununla birlikte bazı bal çeşitlerinin Newtonian olmayan davranış sergilediği de bilinmektedir. Yunanistan'da üretilen ballarının reolojik karakterizasyonunun belirlenmesine yönelik yapılan bir çalışmada, analizi yapılan toplam 24 adet çam salgı balı ve 11 adet çiçek balının tamamının artan kayma hızı karşısında viskozitelerinin değişmediği gözlenmiştir (6). Yapılan bir başka çalışmada Polonya genelinden toplanmış 5 adet çiçek, 2 adet salgı balının reolojik özellikleri incelenmiş ve balların hepsinin viskozitelerinin artan kayma hızı karşısında değişmediği gözlenerek tüm örneklerin Newtonian davranışa sahip olduğu belirtilmiştir (1). Avustralya'da üretilen balların reolojik karakterizasyonunun incelendiği diğer bir çalışmada ise, analiz edilen 7 farklı balın tamamının Newtonian akış sergilediği bildirilmiştir. Ülkemizde ticari olarak üretilen ballar üzerinde yapılan benzer bir çalışmada da gerek çam ve gerekse değişik orijinli çiçek ballarının hepsinde viskozitenin artan kayma hızına bağlı olarak değişmediği tespit edilmiştir(3,7). Diğer yandan bazı ballarda Newtonian olmayan akış davranışı da tespit edilmiştir. Örneğin, literatürde püren ve karabuğday ballarında kayma kalınlaşması, bazı okaliptüs ballarında ise kayma incelmeye görüldüğü ifade edilmektedir (8).

#### **Sıcaklığın viskozite üzerindeki etkisi**

Balın en önemli reolojik özelliği olan viskozite, reolojik özellikler içerisinde sıcaklığa en duyarlı parametredir (9). Genellikle, sıcaklığın yükselmesiyle birlikte moleküller arası sürtünmenin, dolayısıyla hidrodinamik kuvvetlerin azalması sebebiyle bal viskozitesi azalmaktadır (10). Sıcaklığın artması, başlangıçta viskozitede çok hızlı bir düşüşe sebep olurken, 30 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda viskozite düşüşü yavaşlamakta ve 45-60 °C arasında viskozitede önemli bir değişim meydana gelmemektedir (11). Yapılan bir çalışmada, 10-40 °C arasındaki yedi farklı sıcaklıkta gerçekleştirilen ölçümlerde, akasya balı için, 10 °C'de 126,9 Pa.s olarak

belirlenen viskozite değeri 20 °C'de 28,3 Pa.s, 40°C 'de ise 2.3 Pa.s olarak ölçülmüştür. Aynı çalışmada ıhlamur balının 10 °C'deki viskozite değeri 233.6 Pa.s, 20 °C'de 43,8 Pa.s, 40 °C'de ise 3,4 Pa.s olarak ölçülmüştür (1). Çin'de üretilen çeşitli balların reolojik karakterinin belirlendiği bir çalışmada, sıcaklığın viskozite üzerine etkisi incelenmiş, analize alınan bütün bal çeşitlerinde sıcaklığın artmasıyla viskozitenin azaldığı belirlenmiştir. Örneğin, 15 °C'de akasya balına ait viskozite değeri 0,48 Pa.s olarak ölçülürken, bu değer 30 °C'de 0,16 Pa.s'ye gerilemiştir (12). Sıcaklığın etkisiyle balın viskozitesinde meydana gelen değişim Arrhenius eşitliği veya Williams-Landel-Ferry (WLF) eşitliği gibi çeşitli modeller ile açıklanabilmektedir. WLF, daha çok 0 °C ve altı gibi düşük sıcaklıklardaki viskozite değerlerinde meydana gelebilecek değişimi ifade etmek için kullanılmaktadır (13). Birçok araştırmacı Arrhenius eşitliği yardımıyla balların viskoziteleri ile sıcaklık arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur.. Arrhenius eşitliği;

$$\eta = \eta_0 e^{(Ea / RT)}$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada  $\eta$  viskozite (Pa.s),  $\eta_0$  sabit,  $Ea$  aktivasyon enerjisi (j/g mol) R universal gaz sabiti (8,314 J/kg K) ve T mutlak sıcaklıktır (K). Bu eşitlik vasıtasıyla ölçülen viskozite değerlerine karşılık sıcaklık değerlerinin eksponansiyeline ait doğru eğiminden ürünün aktivasyon enerjisi hesaplanmakta ve bu değer, viskozitenin sıcaklık değişimine duyarlılığını ortaya koymaktadır. Aktivasyon enerjisinin yüksek olması, bal viskozitesinin sıcaklıktan o kadar fazla etkilendiğinin bir göstergesidir. Örneğin, farklı balların viskozitelerinin ölçüldüğü bir çalışmada, örneklere ait aktivasyon enerjisi değerleri 69,1- 93,75 kJ/mol; diğer bir çalışmada ise farklı çeşitteki ballarda 92,34- 105,25 kJ/mol olarak hesaplanmıştır (6,1). Türkiye'de üretilen balların reolojik özelliklerinin incelendiği benzer bir çalışmada en yüksek aktivasyon enerjisi kekik balında (78,5 kJ/mol), en düşük aktivasyon enerjisi ise turunc balında (63,4 kJ/mol) tespit edilmiştir.(3,7).

### **Sonuç**

Kıvamlı bir yapı gösteren balların reolojik karakterizasyonunu ortaya koymak üzere birçok çalışma yapılmıştır. Özet olarak, balların çoğunluğunun reolojik özellikler bakımından Newtonian akış gösterdiği, artan kayma hızı karşısında viskozitelerinde herhangi bir değişimin meydana gelmediği belirlenmiştir. Sıcaklığın yükselmesinin, balın viskozitesinde azalmaya yol açtığı, viskozite ile sıcaklık arasındaki ilişkinin Arrhenius eşitliği ile modellenebileceği belirtilmiştir. Balların reolojik özelliklerinin bilinmesi, hem ürünün proses şartlarının belirlenmesi hem de kalite kontrolün sağlanması açısından önemlidir. Ayrıca tüketici beğenisinin ürün reolojisinden doğrudan etkilendiği de göz önüne alındığında, bal gibi akışkan özellikteki ürünler için reolojik karakterizasyonun önemi daha da iyi anlaşılmaktadır.

**Kaynaklar**

1. Juszczak L, Fortuna T. 2006. Rheology of selected Polish honeys. J. Food Eng, 75: 43–49.
2. Steffe, JF. 1996. *Rheological methods in food process engineering* (2<sup>nd</sup> ed). East Lansing, USA: Freeman Press
3. Bhandari B, D’Arcy B, Chow S. 1999. A research note: Rheology of selected Australian honeys. J. Food Eng, 41: 65–68.
4. Yoo B. 2004. Effect of temperature on dynamic rheology of Korean honeys. J. Food Eng 65: 459–463.
5. Penna ALB, Sivieri K, Oliveira MN. 2001. Relation between quality and rheological properties of lactic beverages. J. Food Eng, 49: 89-93.
6. Lazaridou A, Biliaderis CG, Bacandritsos N, Sabatini AG. 2004. Composition, thermal and rheological behaviour of selected Greek honeys. J. Food Eng. 64: 9–21.
7. Kayacier A, Karaman S. 2008. Rheological and some physicochemical characteristics of selected Turkish honeys. J.Text Stud, 39:17-27
8. Pryce-Jones J. 1953. *The rheology of honey*. In G.W. Scott Blair (ed.), Foodstuff their plasticity, fluidity and consistency (pp. 148-176). Amsterdam: North Holland Publishing Company.
9. White JW. 1975. *Physical characteristics of honey*. In: crane E. (Ed.) Honey: a comprehensive survey. pp 207-239, London: Morrison and Gibbs Ltd;
10. Davis EA, 1995. Functionality of sugars: physicochemical interactions in foods. J. Amer. Chem. Nutr, 62 (suplement): 170-177.
11. Munroe JA. 1943. The viscosity and thixotropy of honey. J. Entomol, 36: 769-777
12. Junzheng P, Changying J. 1998. General rheological model for natural honeys in China, J. Food Eng 36: 165–168.
13. Mossel B, Bhandari B, D’Arcy B, Caffin, N. 2000. Use of Arrhenius model to predict rheological behaviour in some Australian honeys, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 545–552.