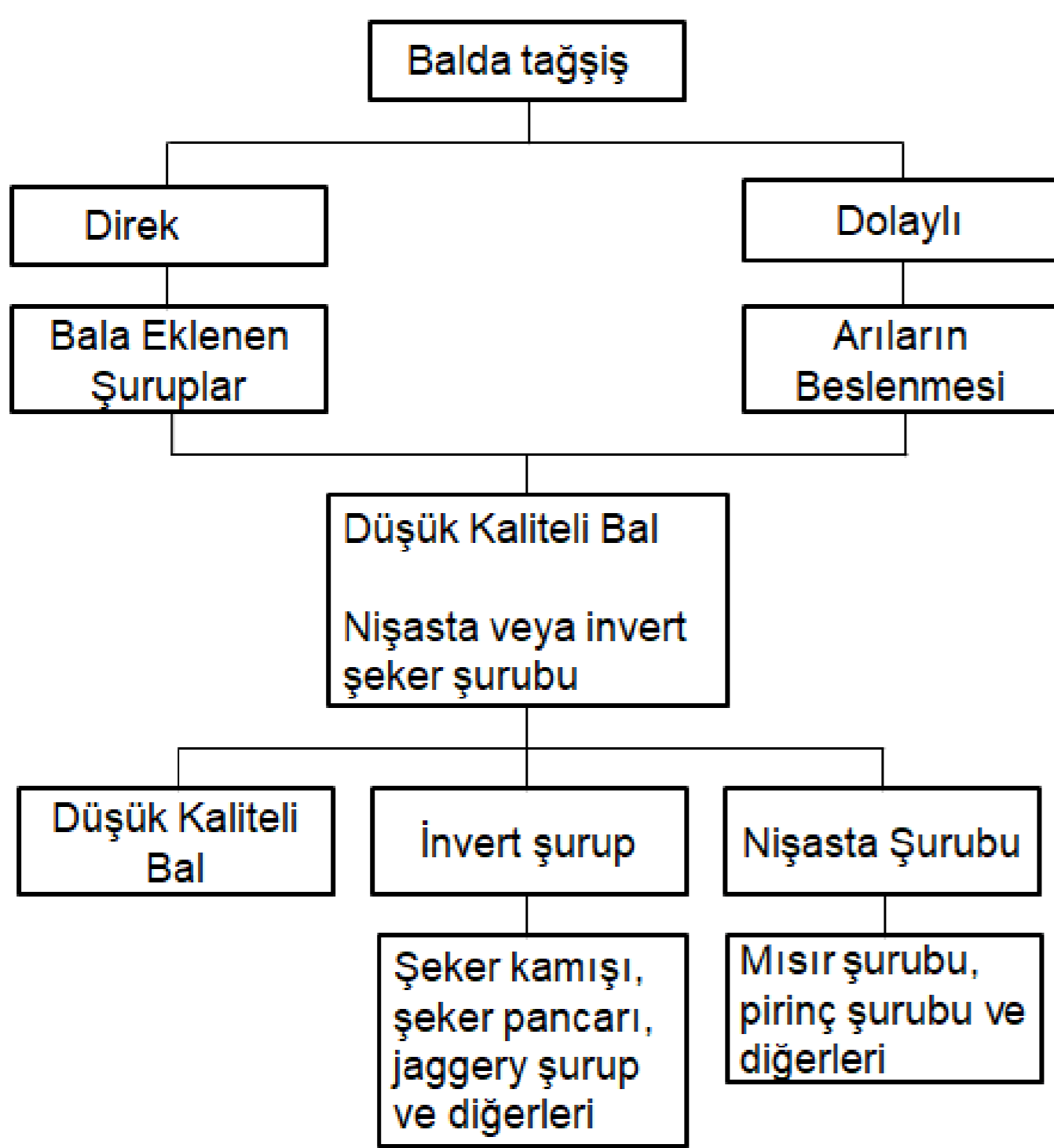


## Giriş

Bal, bal arılarının (*Apis mellifera*) çiçek nektarından ürettiği, başka hiçbir madde içermeyen doğal bir tatlandırıcıdır [1]. Besin değeri, sağlık yararları ve eşsiz tadı nedeniyle bal tüketimi çok fazladır. Diğer tatlandırıcılara kıyasla maliyetinin fazla olması balı tağşışe yatkın hale getirmektedir [2]. Şeker kamışı ve pancar şekerleri, yüksek fruktozlu mısır şurubu, maltoz şurubu, pirinç şurubu [3], jaggery şurubu [2] gibi daha ucuz çeşitli tatlandırıcılarla karıştırılarak daha yüksek ticari kar elde edilebilmektedir [4]. Balın maruz kaldığı hileler, hem bal üreticileri hem de tüketiciler üzerinde olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden baldaki saflığı bozan maddelerin tespiti için güvenilir analitik yöntemlerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır [5]. Infrared spektroskopisi kemometrik yöntemler ile birlikte kullanılarak doğru, güvenilir ve hızlı sonuçlar elde etmeyi mümkün kılmaktadır [6].

## Balda Tağşış

Balın tağşış yöntemleri doğrudan veya dolaylı olabilir. Doğrudan tağşış, bir maddenin balın içine doğrudan eklenmesidir. Dolaylı tağşış ise, bal arısı kolonilerinin endüstriyel şekerlerle beslenmesiyle meydana gelir [7].



## Kaynaklar

- [1] Cozzolino, D., Corbella, E., Smyth, H. E. (2011). Quality control of honey using infrared spectroscopy: a review. *Applied Spectroscopy Reviews*, 46(7), 523-538.
- [2] Mishra, S., Kamboj, U., Kaur, H., Kapur, P. (2010). Detection of jaggery syrup in honey using near-infrared spectroscopy. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61(3), 306-315.
- [3] Song, X., She, S., Xin, M., Chen, L., Li, Y., Heyden, Y., Rogers, K., Chen, L. (2020). Detection of adulteration in Chinese monofloral honey using 1H nuclear magnetic resonance and chemometrics. *Journal of Food Composition and Analysis*, 86, 103390.
- [4] Oroian, M., Ropciuc, S., Paduret, S. (2018). Honey adulteration detection using Raman spectroscopy. *Food Analytical Methods*, 11(4), 959-968.
- [5] Li, S., Zhang, X., Shan, Y., Su, D., Ma, Q., Wen, R., Li, J. (2017). Qualitative and quantitative detection of honey adulterated with high-fructose corn syrup and maltose syrup by using near-infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 218, 231-236.
- [6] Gallardo-Velázquez, T., Osorio-Revilla, G., Zuñiga-de Loa, M., & Rivera-Espinoza, Y. (2009). Application of FTIR-HATR spectroscopy and multivariate analysis to the quantification of adulterants in Mexican honeys. *Food Research International*, 42(3), 313-318.
- [7] Naila A, Flint, S., Sulaiman, A., Ajit, A., Weeds Z. (2018). Classical and novel approaches to the analysis of honey and detection of adulterants. *Food Control*, 90, 152-165.
- [8] Ferreiro-González, M., Espada-Bellido, E., Guillén-Cueto, L., Palma, M., Barroso, C. G., Barbero, G. F. (2018). Rapid quantification of honey adulteration by visible-near infrared spectroscopy combined with chemometrics. *Talanta*, 188, 288-292.
- [9] Lohumi, S., Lee, S., Lee, H., Cho, B. K. (2015). *Trends in Food Science & Technology*, 46(1), 85-98.
- [10] Siddiqui, A. J., Musharraf, S. G., Choudhary, M. I. (2017). Application of analytical methods in authentication and adulteration of honey. *Food Chemistry*, 217, 687-698. [11] Se, K. W., Wahab, R. A., Yaacob, S. N. S., & Ghoshal, S. K. (2019). Detection techniques for adulterants in honey: Challenges and recent trends. *Journal of Food Composition and Analysis*, 80, 16-32.
- [12] Hu, R., He, T., Zhang, Z., Yang, Y., Liu, M. (2019). Safety analysis of edible oil products via Raman spectroscopy. *Talanta*, 191, 324-332.
- [13] Özbacı, B., Boyacı, İ. H., Topcu, A., Kadilar, C., Tamer, U. (2013). Rapid analysis of sugars in honey by processing Raman spectrum using chemometric methods and artificial neural networks. *Food Chemistry*, 136(3-4), 1444-1452.

## Infared Spektroskopisi ve Kemometri

Baldaki tağşışi nispeten hızlı, tahribatsız ve düşük maliyetli olarak belirlemek için infrared (IR) spektroskopik yöntemler (FT-IR, FT-NIR, FT-MIR, NMR ve Raman spektroskopisi) kemometrik yöntemlerle entegre edilerek uygulanmaktadır. Özellikle FT-IR spektroskopisi-ATR örnekleme tekniği kullanılarak balda doğallık ve tağşış tespiti potansiyel bir yöntem olarak kanıtlanmıştır [9]. NMR yöntemi balların florasının tahmininde bazı araştırmacılar tarafından kullanılmıştır [10,11]. Raman spektroskopisinin Fourier dönüşüm tekniği ile birlikte kullanılması spektral çözünürlüğü arttırmakta ve baldaki tağşışi niceliksel olarak başarıyla değerlendirmektedir [12,13]. Tahmin modellerinde yüksek belirleme katsayısı ( $R^2$ ) ile düşük tahmin modelinin hata kareler ortalamasının karekökü (RMSEP) değerleri kullanılmaktadır.



Şekil 1. Balda tağşışin belirlenmesinde kullanılan kemometrik yöntemler

## Sonuç

Son yıllarda, taklit ve tağşışin belirlenmesinde IR spektroskopisi diğer analitik yöntemlere göre avantajları nedeniyle kantitatif ve kalitatif analiz için geniş kabul görmüştür. Bu yöntemler hızlı, düşük maliyetli, tahribatsız ve kullanımları kolaydır. Ayrıca minimum veya hiçbir numune hazırlığı olmadan yapılabilmektedir. Birçok araştırmacının sonuçlarına göre, kemometri ile entegre IR spektroskopisinin birden fazla parametreyi tahmin edebilmesi ve analiz hızının avantajları, IR spektroskopisinin bal endüstrisinde parlak bir geleceği olduğu anlamına gelmektedir.