

Elektronik Burun Teknolojisi ve Şaraplık Üzümlerin (*V. vinifera* L.) Olgunluk Durumlarının Belirlenmesinde Kullanımı

Demir Kök

Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 59030, Değirmenaltı, Tekirdağ

e-posta: dkkok@nku.edu.tr

Özet

Meyve türleri kendilerine özgü aroma özelliklerini oluşturan çok sayıda uçucu organik bileşikleri oluşturmakta ve bunlar o meyvenin tat ve lezzet özelliklerini oluşturmaktadır. Meyve aroma ve lezzet özellikleri ticari meyve pazarlarında tüketicinin tercihini belirlemede önem taşımaktadır. Olgunlaşma dönemine doğru, üzümde aroma özelliklerini oluşturan belli uçucu bileşiklerin oluşması şeklinde çok sayıda ve çeşitli fizyolojik değişiklikler meydana gelmektedir. Elektronik burun, gıda endüstrisinde gıda analizlerinden bioproseslerin izlenmesine kadar birçok farklı uygulamalarda kullanılması yönü ile popüler hale gelmiş nispeten yeni bir teknolojidir. Elektronik burun insandaki koku alma sistemine benzer şekilde aroma bileşiklerini ölçmede kullanılan bir çoklu sensor dizisidir. Bir elektronik burun, örnek işleme sistemi, algılama sistemi ve veri işleme sistemi olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Elektronik burun sistemleri, şeftali, kayısı, mango maviyemişi, domates ve şaraplık üzüm gibi meyve türlerinin hammadde kalite kontrollerinde kullanılmaktadır. Sonuç olarak, elektronik burun teknolojisi değişik meyve türlerinin olgunluk durumları ve kalite özelliklerini izlemek açısından önemli potansiyele sahiptir.

Anahtar kelimeler: Elektronik burun, *V. vinifera* L., şaraplık üzüm, hasat olgunluğu, uçucu organik bileşikler

Electronic Nose Technology and Its Use in Determining Maturity Situations of Wine Grapes (*V. vinifera* L.)

Abstract

Fruit species produce a wide range of volatile organic compounds that impart their characteristically distinct aromas and contribute to unique flavor characteristics. Fruit aroma and flavor characteristics are of key importance in determining consumer acceptance in commercial fruit markets. During fruit ripening, numerous and diverse physiological changes occur, including the development of a specific volatile blend that characterizes grape aroma. The electronic nose is a relatively new technology that has gained popularity in the food industry for a number of different applications from food analysis to bioprocesses monitoring. It has a multisensory array that is used to measure aroma compounds much like the human olfactory system. An e-nose is composed of three parts, including a sample handling system, a detection system, and a data processing system. E-nose systems have been applied to the raw product quality control of fruit species like peach, apricots, mango, blueberry, tomato and wine grape. As a result, electronic nose technology has considerable potential to monitor maturity and fruit quality of different fruit species.

Keywords: Electronic nose, *V. vinifera* L., wine grape, harvest maturity, volatile organic compounds

Giriş

Elektronik burun, insandaki koku alma duyusundan esinlenerek ortaya çıkmış bir alet olup; bu araç kompleks veya düşük koku yoğunluğuna sahip örneklerde doğru bir şekilde ve düşük maliyette kokuların ayırt edilmesine imkan sağlayan bir dizi sensörlere (algılayıcılar) sahiptir (Stetter ve Penrose, 2002).

“Akıllı” kimyasal dizi sensör sistemi şeklinde ilk elektronik burun fikri 1982 yılında İngiltere’de Warwick Üniversitesinde görev yapan araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur. “Elektronik burun” uygun örnek tanıma sistemine sahip elektronik kimyasal sensörler dizisinden oluşan bir cihaz olarak

tanımlanmaktadır. Elektronik burun sistemlerinin yapımında kullanılan teknoloji dışında; tüm elektronik burun sistemlerinin ortak noktaları, her biri daha büyük veya daha küçük belli tip veya sınıftaki uçucu bileşiklerini tanıyabilme özelliğinde olan ve özel bir aromayı tanımlayan sayısal bir koku izini ortaya koyan bir grup sensörlerin tepkisinden yararlanan örnek tanıma mekanizmalarına sahip olmalarıdır (Gardner ve Bartlett, 1994).

Günümüzde değişik ürün ve uygulamalarda kullanıma imkanı olan ve çok amaçlı cihazlar olarak tasarlanmış birçok ticari elektronik burun sistemi bulunmakla birlikte (Van Deventer, 2001) son yıllarda eğilim giderek belirli bir uygulamaya özel olan

elektronik burun sistemlerine kaymıştır (Shevade ve ark., 2003). Elektronik burun aletleri için kullanım alanına göre değişen farklı sensör tipleri geliştirilmekle birlikte; genel olarak bu sistemlerin;

- 1) numune alma sistemi,
- 2) algılama sistemi,
- 3) bilgi işlem sistemi olmak üzere üç kısımdan oluştuğu görülmektedir.

Günümüzde elektronik burun sistemleri birçok alanda kullanılmakla birlikte; özellikle gıda ve içecek sektöründe yoğun olarak kullanılmaktadır. Elektronik burun uygulamaları; pişirilmiş tavuk etinde, depolanmış istiridyelerde, işlenmiş peynir ve suyu uçurulmuş sütte, depoda bekletilmiş bitkisel yağlarda, çikolata ve ambalaj malzemelerinde ve süt ürünlerinde bozulma durumunun olup olmadığının belirlenmesinde, sütte trimetilamin tespitinde, yemeklik yağların sınıflandırılmasında, balın botanik orijininin doğruluğunun belirlenmesinde, buğdayda mitotoksin durumunun saptanmasında, çayda kalitenin izlenmesinde, siyah çayın sınıflandırılmasında, hindistan cevizi yağındaki yabancı maddelerin belirlenmesinde, mısırdaki aflatoksin tespitinde, şeftalide kalitenin saptanmasında, üzümden elde edilen farklı mamullerde bozulmaya neden olan mantarların belirlenmesinde, palmye yağında kalitenin tespitinde, kahvede kalitenin belirlenmesinde, elmada muhafaza süresinin saptanmasında ve değişik meyve türlerinde meyve olgunluk durumlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Alam ve Saeed, 2012).

Elektronik burun sistemlerinin şaraplık üzümlerin olgunluk durumlarının tespiti ve şarap kalitesinin belirlenmesi konularında yapılan farklı çalışmalar bulunmaktadır:

Aleixandre ve ark. (2015), farklı zamanda olgunlaşan renkli ve beyaz üzüm çeşitlerinin hasat zamanlarının belirlenmesi ile ilgili bir çalışmada kablosuz ve portatif özellikte iki değişik elektronik burun sistemi üzerinde çalışmıştır. Araştırma sonucunda, düşük yoğunlukta veya birbirine benzer aroma özelliğine sahip üzüm çeşitlerinde kolay bir şekilde aroma tespiti yapılmış ve bu iki farklı algılama sisteminden olumlu sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Zoecklein ve ark. (2011), Cabernet Franc ve Merlot üzüm çeşitlerine ait asmaların salkımlarına ben düşme döneminde %5 oranında etanol uygulamıştır. Daha sonra hasat edilen üzümler ve bu üzümlerden elde edilen şaraplarda yer alan uçucu bileşikler iki farklı özelliğe sahip elektronik burun sistemleri yardımı ile incelenmiş ve uçucu bileşiklerin tespitinden olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Athamneh ve ark. (2008) Cabernet Sauvignon üzüm çeşidi ile yaptığı bir çalışmada, meyve olgunluğunun belirlenmesinde elektronik burun sistemini kullanmıştır. Çalışma sonucunda elektronik burun sisteminin çeşidin olgunluk durumunun belirlenmesinde hızlı ve güvenilir bir araç olduğu görülmüştür.

Arroyo ve ark. (2009) şaraptaki aromatik bileşiklerin belirlenmesine yönelik yaptıkları bir çalışmada panelistler ile elektronik burun sistemini karşılaştırmıştır. Araştırma sonucunda özellikle bazı düşük yoğunluktaki aroma özelliklerinin belirlenmesinde elektronik burun uygulamalarının panelistlerin değerlendirme yapabilmesine yardımcı ve tamamlayıcı bir araç olabileceği sonucuna varılmıştır.

Günümüz modern teknolojisi yardımıyla elektronik ve yapay zekâ konularında büyük gelişmeler olmaktadır. Bu derlemde, başta çevre güvenliği, insan sağlığı ve özellikle gıda sektörü olmak üzere değişik alanlarda kullanılan elektronik burun uygulamalarının şaraplık üzüm yetiştiriciliğinde uygun hasat zamanının belirlenmesinde kullanımı konusu ele alınmıştır.

Üzümden Olgunluk Dönemi ve Bu Dönemde Görülen Değişimler

Üzüm, dünya üzerinde tüketimi yüksek olan ve farklı şekillerde değerlendirilebilen bir meyve türüdür. Özellikle bağcılığın geliştiği birçok ülkede şaraplık üzüm yetiştiriciliğinin ön plana çıkmaktadır (Çelik, 2005).

Üzüm iklimatik olmayan ve düşük fizyolojik aktiviteye sahip bir meyve türü olup; meyvenin sahip olduğu olgunluk durumu, üzümün hasat zamanını ve hasat sonrası kaliteyi etkileyen önemli özelliklerinden birini oluşturmaktadır.

Üzüm tanesinin büyüme eğrisi çift sigmoid şekilli olup, büyüme üç farklı dönemde incelenmektedir. Bunlardan I. ve III. devreler hızlı büyüme ve II. devre ise yavaş büyüme dönemi olarak adlandırılır. Tane gelişimine

ilişkin bu üç dönemde farklı olaylar gerçekleşmekte ve özellikle üçüncü dönemin başında ben düşme olayı (vérasion) gerçekleşmektedir (Çelik, 2011).

Üzümde tane gelişimi ve olgunlaşma süreci ile birlikte, aroma, tat, tane kabuk rengi ve meyve doku özellikleri gibi kaliteyi oluşturan özelliklerde değişiklikler meydana gelmektedir (Ogundiwin, 2009).

Üzüm ve diğer meyve türleri, aromalarında yer alan esterler, terpenoidler, laktonlar, amino asit türevleri, yağ asitleri ve fenolik bileşikler ile birlikte, kendi aromalarını oluşturan uçucu birçok organik bileşikler oluşturmakta ve hasada doğru bunlar ortama salınmaktadır (Schwab, 2007).

Üzümde çeşide özgü aroma özellikleri, monoterpenler, C₁₃ norisoprenoidler, alkoller, esterler ve karbonil bileşiklerin de içinde bulunduğu birçok uçucu organik bileşiklerin ortak çabasıyla meydana gelmektedir (Çizelge 1; Dieguez, 2003).

Şaraplık Üzümde Olgunluk Döneminin Belirlenmesinde Elektronik Burun Uygulamalarının Kullanımı

Günümüzde küreselleşen piyasa nedeniyle, kaliteli meyveye olan talep önemli derecede artmıştır. Buna bağlı olarak, yetiştirilen meyve türünün olgunluk durumunun değerlendirilmesi önemli bir konu haline gelmiştir. Geçmişten günümüze kadar olan süreçte farklı meyve türlerinin aroma ve tat özelliklerinin belirlenmesinde, yapay görüş sistemi (Choi ve ark., 1995), görünür ve yakın kızılötesi spektroskopisi (Blanco ve Villarroya, 2002; Sirisomboon ve ark., 2012), manyetik rezonans görüntüleme (Zhang ve McCarthy, 2012), uzaysal boyutlu raman spektroskopisi (Quain ve ark., 2012), spektral görüntüleme (Polder ve ark., 2002) ve elektronik burun teknolojisi (Gómez ve ark., 2006; 2007) gibi değişik teknikler kullanılmaktadır.

Bu uygulamalar içinde son dönemde sıkça kullanılmaya başlanan elektronik burun uygulamaları yardımı ile; üreticiler meyvelerin çevreye saldırdığı aromatik ucucu bileşikler tespit etmekte ve böylelikle meyvelerin olgunluk durumları hakkında fikir sahibi olmaktadır (Benady ve ark., 1995).

Üzümün temel olgunluk kriterleri arasında; tane dokusunun yumuşaması, çeşide

özgü kabuk renginin oluşması, suda çözünür kuru madde miktarının artması, toplam asitliğin azalması ve uçucu organik bileşiklerin miktarlarının artması sayılmakla birlikte; bu indisler her zaman meyvenin tat ve lezzet kalitesinin garantisi sayılamamaktadır. Özellikle şaraplık üzümde bahsedilen bu kalite özellikleri arasında dengenin sağlandığı ve meyvede ideal olgunluk durumunu gösteren hasat zamanının doğru biçimde belirlenmesi önemli bir konudur (Du ve ark., 2010). Bu nedenle hasada doğru olan zamanda, üzümde kaliteyi oluşturan değişikliklerinin takip edilmesi zorunlu hale gelmektedir.

Günümüzde elektronik burun teknolojisi birçok alanda ve şaraplık üzüm yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır (Şekil 1). Elektronik burun aleti yardımı ile hasat dönemine doğru meyvenin salgıladığı aromatik ucucu bileşikler hızlı ve doğru biçimde tespit edilmekte ve buna göre üzümün ideal hasat zamanı tahmin edilebilmektedir (Gómez ve ark., 2008).

Elektronik burun teknolojileri, cihazlarda kullanılan sensörler, sinyal hazırlığı ve örnek tanıma teknikleri gibi yönleriyle birbirinden farklılık göstermektedir (Gardner ve Bartlett, 1994). Günümüzde en yaygın olarak kullanılan sensör teknolojileri, metal oksit yarı iletkenler, iletken polimerler, kuvars mikrodenge sensörleri, yüzey akustik dalga ve metal oksit yarı iletken alan etkili transistörlerdir. Bu sensörler kokuyu algıladıklarında aktif maddelerinin elektrik iletkenlikleri oksidasyondan veya şişmeden ötürü değişmektedir. Bunun sonucunda iletkenlikteki bu değişim sensörden geçen elektrik potansiyel değerini etkilemekte ve elektrik potansiyelindeki bu değişim basit bir elektrik devresi yardımı ile ölçülmektedir (Şekil 2). Sonuç olarak, elektrik potansiyelindeki bu değişim miktarı, üzerinde çalışılan kokunun yoğunluğu ve özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmasına imkân sağlamaktadır (Kızıl ve ark., 2001).

Sonuç

Günümüzde dünya şarap endüstrisi önemli bir gelir kaynağı olup; üretilen şarapların kalite düzeylerinin yükseltilmesine yönelik yeni ve farklı çalışmalar yürütülmektedir. Hasat anındaki üzümün kalitesi elde edilecek şarapların kalitesini etkileyen ana faktör olması nedeni ile hasada doğru olan

dönemde üzümlerin olgunlaşma durumlarının izlenmesi önemli bir konudur.

Şaraplık üzümlerde kalite özellikleri ve buna bağlı olarak uygun hasat zamanının belirlenmesi açısından hızlı ve ekonomik olan teknikler konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Bu teknikler arasında elektronik burun sistemleri önemli bir yere sahiptir. Üzümden gelen uçucu aromatik bileşikler elektrik iletkenlikleri ve buna bağlı olarak elektrik potansiyeli değişken olan koku sensörleri tarafından algılanmakta ve sonrasında örnek tanımlama yöntemleri ile birbirinden ayrılmaktadır.

Kaynaklar

- Alam, H., Saeed, H.A., 2012. Electronic nose in food and health applications: A review. *International Journal of Computing and Corporate Research International Manuscript ID : ISSN2249054X-V216M8-112012*, 2 (6).
- Aleixandre, M., Santos, J.P., Sayago, I., Cabellos, M., J., Arroyo, T., Horrillo, M.C., 2015. A wireless and portable electronic nose to differentiate must of different ripeness degree and grape varieties. *Sensors* 15:8429-8443.
- Arroyo, T., Lozano, J., Cabellos, J.M., Gil-Diaz, M., Santos, J.P., Horrillo, C., 2009. Evaluation of wine aromatic compounds by a sensory human panel and an electronic nose. *J. Agric. Food Chem.* 57 (24):11543-11549.
- Athamneh, A.I., Zoecklein, B.W., Mallikarjunan, K., 2008. Electronic nose evaluation of Cabernet Sauvignon fruit maturity. *Journal of Wine Research* 19 (1):69-80.
- Bellincontro, A., Nicoletti, I., Valentini, M., Tomas, A., de Santis, D., Corradini, D., Mencarelli, F., 2009. Integration of nondestructive techniques with destructive analyses to study postharvest water stress of winegrapes. *Amer. J. Enol. Vitic.*, 60: 57–65.
- Benady, M., Simon, J.E., Charles, D.J., Miles, G.E., 1995. Fruit ripeness determination by electronic sensing of aromatic volatiles. *Transaction of the ASAE* 38(1): 251-257.
- Blanco, M., Villarroya, I., 2002. NIR spectroscopy: a rapid-response analytical tool. *Trends Anal. Chem.* 21 (4):240–250.
- Choi, K., Lee, G., Han, Y.J., Bunn, J.M., 1995. Tomato maturity evaluation using color image analysis. *Amer. Trans., ASAE* 38(1):171–176.
- Çelik, H., Çelik, S., Kunter, M.B., Söylemezoğlu, G., Boz, Y., Özer, C., Atak, A. 2005. Bağcılıkta gelişme ve üretim hedefleri. TMMOB ZMO Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi Bildirileri, Cilt:1, 565-588, 3-7 Ocak 2005, Ankara.
- Çelik, S., 2011. Bağcılık (Ampeloloji), 3. Baskı. Avcı Ofset, İstanbul.
- Dieguez, S.C.; Lois, L.C.; Gomez, E.F., de la Pena, M.L.G., 2003. Aromatic composition of the Vitis vinifera grape Albariño. *LWT-Food Sci. Technol.* 36:585–590.
- Du, X., Bai, J., Plotto, A., Baldwin, E., Whitaker, V., Rouseff, R., 2010. Electronic nose for detecting strawberry fruit maturity. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 123:259-263.
- Fenoll, J., Manso, A., Hellin, P., Ruiz, L., Flores, P., 2009. Changes in the aromatic composition of the Vitis vinifera grape Muscat Hamburg during ripening. *Food Chem.*, 114, 420–428.
- Gardner, J.W., Bartlett, P.N., 1994. A brief history of electronic noses. *Sensor Actuat B Chem.* 18:210-211.
- Kızıl, U., Lindley, J.A., Panigrahi, S., 2001. Determination of manure characteristics using gas sensors. *ASAE Annual International Meeting*. Sacramento, California, July 29-August 1 2001.
- Kızıl, Ü., Genç, L., Saçan, M., 2011. Elektronik burun sistemlerinin tasarım ilkeleri. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 25 (1):109-118.
- Gómez, A.H., Hu, G., Wang, J., Pereira, A.G., 2006. Evaluation of tomato maturity by electronic nose. *Comput. Electron. Agric.* 54 (1):44–52.
- Gómez, A.H., Annia, G.P., Wang, J., 2007. Using electronic nose technique to monitoring tomato maturity states during shelf live. *Rev. Cie. Téc. Agr.* 16 (1):24–30.
- Gómez, A.H., Wang, J., Hu, G., Pereira, A.G., 2008. Monitoring storage shelf life of tomato using electronic nose technique. *Journal of Food Engineering* 85 (4):625-631.
- Ogundiwin, E.A.; Peace, C.P.; Gradziel, T.M.; Parfitt, D.E.; Bliss, F.A.I., Crisosto, C.H.A., 2009. Fruit quality gene map of Prunus. *BMC Genomics*, 10,doi:10.1186/1471-2164-10-587.
- Polder, G., van de Heijden, G.W.A.M., Young, I.T., 2002. Spectral image analysis for measuring ripeness of tomatoes. *Trans. ASAE* 45:1155–1161.
- Qin, J., Chao, K., Kim, M.S., 2012. Nondestructive evaluation of internal maturity of tomatoes using spatially offset raman spectroscopy. *Postharvest Biol. Technol.* 71:21–31.
- Schwab, W., Davidovich-Rikanati, R., Lewinsohn, E., 2008. Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. *Plant J.*, 54: 712–732.

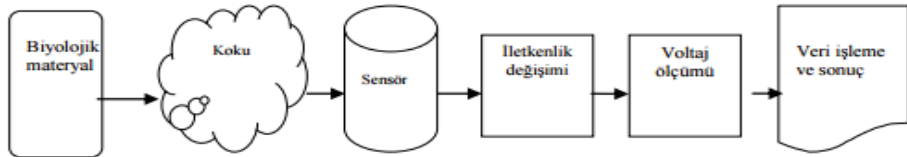
- Shevade, A.V., Ryan, M.A., Homer, M.L., Manfreda, A.M., Zhou, H., Manatt, K.S., 2003. Molecular modelling of polymer composite-analytic interactions in electronic nose sensors. *Sensor Actuat B Chem.* 93:84-91.
- Stetter, J.R., Penrose, W.R., 2002. Understanding chemical sensors and chemical sensor arrays (electronic noses): Past, present and future. *Sensors* 10 (1):190-229.
- Sirisomboon, P., Tanaka, M., Kojima, T., Williams, P., 2012. Nondestructive estimation of maturity and textural properties on tomato 'Momotaro' by near infrared spectroscopy. *J. Food Eng.*, 112 (3): 218–226.
- Van Deventer, D., 2001. Discrimination of retained solvent levels in printed food-packaging using electronic nose systems. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Zhang, L., McCarthy, M.J., 2012. Measurement and evaluation of tomato maturity using magnetic resonance imaging. *Postharvest Biol. Technol.* 67: 37–43.
- Zoecklein, B.W., Devarajan, Y.S., Mallikarjunan, K., Gardner, D.M., 2011. Monitoring effects of ethanol spray on Cabernet Franc and Merlot grapes and wine volatiles using electronic nose system. *Amer. J. of Enology and Vitic.* 62 (3): 351-358.

Çizelge 1. Farklı üzüm çeşitlerinin karakteristik aroma özelliklerini oluşturan temel uçucu bileşikler (Bellincontro ve ark., 2009; Fenoll ve ark., 2009)

Üzüm çeşidi	Aromasında yer alan temel uçucu bileşikler
Cabernet Sauvignon	Benzen türevleri, monoterpenler, sesquiterpenler ve alkoller
Muscat	Sitral, sitronellol, diendiol I, diendiol II, geraniol, linalool, gül oksit ve nerol
Riesling	Geraniol, α -murolene, esterler ve alditler



Şekil 1. Şaraplık üzümlerde elektronik burun aleti yardımı ile olgunluk durumunun tespiti



Şekil 2. Elektronik burun sisteminde gaz sensörlerinin çalışma prensibi (Kızıl ve ark., 2011)