

Poliasetal (POM) Meme Plakalarının Orifis Geometrisinde Üretim Kusurlarının Eliptik Fourier Tanımlayıcılarıyla Tespiti

Bahadır SAYINCI^{1*}

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Erzurum.

*e-posta: bsayinci@atauni.tr

Geliş Tarihi: 19.01.2016; Kabul Tarihi: 13.06.2016

Öz: Pestisit uygulamalarında yaygın olarak kullanılan termoplastik esaslı konik hüzmeli meme plakaları, belirli bir işletme basıncında kabul edilebilir sınırlarda debi sağlasa da orifis konturunda üretimden kaynaklanan şekil kusurları, püskürtme paterninin bozulmasına ve pülverizasyon kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Bu araştırma, nominal çapı 1.0, 1.2, 1.6, 2.0 ve 2.4 mm olan poliasetal (POM) malzemeden üretilmiş meme plakalarının orifis konturunda oluşan üretim kusurlarını eliptik Fourier tanımlayıcılarıyla tespit etmeyi amaçlamaktadır. Araştırmada, meme plakası görüntülerinde orifis şeklinin geometrisi kontur kodlarıyla tanımlanmış ve normalize edilerek kapalı orifis konturunun eliptik Fourier tanımlayıcıları elde edilmiştir. Bu tanımlayıcılar temel bileşenler analizine tabi tutulmuş ve elde edilen bileşen skorları kullanılarak saçılım grafikleri üzerinden üretim kusuru olan meme orifisleri tespit edilmiştir. Çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) sonuçlarına göre meme orifisleri arasındaki kontur farklılıklarının çok önemli düzeyde farklı olduğu belirlenmiştir. Eşli karşılaştırma testi sonuçlarına göre 1.0 ve 1.2 mm çaplı meme plakalarının diğer meme gruplarına göre farklı olduğu belirlenmiştir. Kanonik ayırma skorları saçılım grafiğinde 1.6, 2.0 ve 2.4 mm çaplı orifislerin grup merkezleri birbirine yakın bulunmuştur. Deskriptif analiz sonuçlarına göre orifis konturları için belirlenen şekil parametrelerinin MANOVA sonuçlarıyla uyumlu olduğu saptanmıştır. Bu araştırmada, eliptik Fourier tanımlayıcıları kullanılarak anormal kontura sahip meme orifisleri başarılı bir şekilde tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Meme orifisi, orifis konturu, püskürtme paterni, şekil analizi, üretim hatası.

Detection of Manufacturing Defects on Orifice Geometry of Polyacetal (POM) Nozzle Discs by Using the Elliptic Fourier Descriptors

Abstract: Even if the flow rates of hollow cone nozzle discs made in thermoplastic used widely in pesticide application were in the range of acceptable limits, the shape deflection on orifice contour based on their manufacturing caused deteriorating the spray pattern and decreasing the spray quality. This study aimed detecting the manufacturing defects on the orifice contour of hollow cone pattern type nozzle disc, orifice diameters of which were 1.0, 1.2, 1.6, 2.0 and 2.4 millimeters, made in

polyacetal (POM) material using elliptic Fourier descriptors. In the study, the geometry of the nozzle orifice was described using the codes of the closed-contour derived from the digitized orifice images, and generated elliptic Fourier descriptors of the closed contour using data normalized. These descriptors were subjected to the principal component analysis, and the defective nozzle orifices based on the manufacturing were detected from the scattered charts using the component scores of closed-contour of the orifices. According to the multivariate analysis (MANOVA), the contour differences between the nozzle orifices were statistically determined to be different. In accordance with the paired-comparison test, the contours of the nozzle orifices of 1.0 and 1.2 millimeters were found to be different than those of the other orifice groups. Canonical discriminant scores showed that the group centroids of the orifices of 1.6, 2.0 and 2.4 mm in diameter were found too close to each other. According to the results of the descriptive analysis, the shape parameters determined for the orifice contours were found compatible with MANOVA results. In this study, the nozzle orifices with abnormal contour were successfully detected using the elliptic Fourier descriptors.

Key Words: Nozzle orifice, orifice contour, spray pattern, shape analysis, manufacturing error.

Giriş

Günümüz tarımında karşılaşılan çoğu zararlı etmene karşı pestisitlerin yoğun bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir. Kimyasal mücadelenin başarısı sadece doğru pestisit kullanımına bağlı değildir. Hızlı ve kesin çözüm beklentisi yüksek olan pestisit uygulamalarında doğru teşhisin yanı sıra doğru ilaçlama ekipmanının uygun işletme koşullarında kullanılması gerekmektedir. Hidrolik memelerin yaygın bir şekilde kullanıldığı pülverizatörlerde ilaçlama işinin kalitesi, doğru parametrelerde işletilen memelerin tasarım özelliklerine bağlıdır.

Günümüzde ilaç uygulamalarını başarılı kılmak ve ilaçlama performansını arttırmaya yönelik farklı tasarım özelliklerine sahip çok çeşitli meme tipleri üretilmektedir. Bu tip memeler geniş spektrumda üretilen damla çapı alternatifleriyle, farklı püskürtme paterni oluşturma özellikleriyle ve geniş sınırlar arasında değişen hüzmeye açısı değerleriyle oldukça geniş bir yelpazede kullanım imkanı sunmaktadır. İlaçlama işinin kalitesini ortaya çıkarmada çok önemli bir işlevi olmasına rağmen bir pülverizatörde kontrolü en sona bırakılan ya da önemsenmeyen parçası püskürtme memeleridir (Krishnan et al., 2004).

Bir hidrolik memede en önemli kalite unsurları püskürtme paterninin tekdüzeliği, püskürtme açısının doğruluğu ve meme debisinin anma ölçülerine uygunluğudur (Huyghebaert et al., 2001). Gövde tasarımının dışında bir püskürtme memesinde aranan kalite standartlarının sağlanabilmesi için öncelikle meme orifisinin hedeflenen ölçüde düzgün bir geometriye sahip olması gerekir. Üretilen memeler arasında da aynı ölçü ve orifis düzgünlüğü hassasiyetinin sağlanması, püskürtme kolu boyunca püskürtmenin homojen bir şekilde oluşması açısından önemlidir. Meme orifisinin uygun olmayan ölçülerde kusurlu bir şekilde üretilmesi ilaçlama işinin kalitesini önemli ölçüde düşürmektedir.

Ucuz ve kolay temin edildiklerinden dolayı tarla pülverizatörlerinde yaygın olarak kullanılan meme tipi poliasetal (POM) malzemeden üretilmiş içi boş konik hüzmeye şeklinde püskürtme yapan memelerdir (Dursun ve ark., 2000). Bir girdap plaketiyle birlikte kullanılan konik hüzmeli memelerde meme plakası orifis çapı, girdap plakentinin tasarım özellikleri, girdap ve meme plakası arasındaki açıklık ve işletme basıncı parametreleri

püskürtme pateni, püskürtme açısı ve sıvı dağılım düzgünlüğünü etkilemektedir (Matthews, 2000).

Püskürtme memelerinin üretiminde kullanılan imalat yöntemi ve teknolojisi de aranan kalite standartlarına uygunluk açısından büyük öneme sahiptir (Dursun ve ark., 2000). Termoplastik malzemenin bir türü olan daha çok poliasetaldan (POM) üretilen meme plakaları, plastik enjeksiyon yöntemiyle üretilmektedir. İmalat aşamasında orifis konturunda oluşan çapaklanma veya eksenel sapma gibi unsurlar asimetrik bir orifis geometrisinin oluşmasına, meme üretim kalitesinin düşmesine ve bunun sonucunda ilaç dağılım düzgünlüğünün bozulmasına yol açmaktadır. Meme orifis geometrisinde oluşan bir deformasyon ya da oluşum, meme debisini değiştirebilir. Ancak orifis geometrisindeki bir değişim ilaç dağılım deseninin bozulmasına yol açabilmektedir. Nitekim Dursun ve ark. (2000) düzgün olmayan meme orifis konturundan dolayı hacimsel sıvı dağılımının bozulduğunu ve varyasyon katsayısının %20'lere ulaştığını saptamışlardır. İlaç dağılım düzgünlüğüyle ilgili testler stabil şartlarda paternatörde yapılabildiği gibi özellikle püskürtme memelerinin aşınmasıyla ilgili bilgilerin görsel açıdan değerlendirilmesinde elektron mikroskopunun kullanılabilirliği üzerine yürütülen çalışmalar da bulunmaktadır (Krause et al., 2003; Krishnan et al., 2004). Bu çalışmalar meme orifisindeki deformasyonun görselleştirilmesi üzerine kurgulanmıştır.

Püskürtme memelerinde orifis düzgünlüğünün kontrol edilerek üretim kusurlarına sahip memelerin seçilerek elimine edilmesi, üretim sürecinin bir parçası olarak değerlendirildiğinde imalat kalitesini arttırabilir. Meme orifislerini kalitatif yönden karşılaştırarak kusurlu olanların tespitinde eliptik Fourier algoritması kullanılabilir. Nitekim Sayıncı ve Yıldırım (2015) araştırmalarında paslanmaz çelikten üretilen konik hüzmeli meme plakalarının orifis konturunda üretimden kaynaklanan şekil farklılıkları eliptik Fourier tanımlayıcıyla tespit edilmiş ve üretim kusuru olan memelerin hassas bir şekilde tespit edilebildiği belirtilmiştir. Bu yöntem, kapalı bir konturu matematiksel olarak modellemekte ve incelenen geometriyi konturu tanımlayan katsayılarla şekilsel açıdan karşılaştırabilmektedir (Kuhl and Giardina, 1982). Geometrik morfometri metodunun farklı bir uygulaması olan eliptik Fourier analizinde, şeklin konturu üzerinden yan yana dizili noktalardan oluşan bir eğri geçmektedir. Her bir noktanın x ve y koordinat değerleri matematiksel fonksiyonlara dönüştürülerek fonksiyon katsayıları elde edilmekte ve şekil değişkeni olarak kapalı durumdaki eğriler için karşılaştırma yapılmaktadır (Özkan-Koca, 2012).

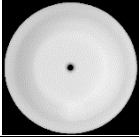
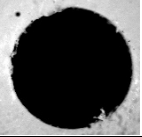

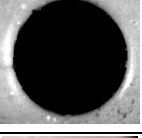
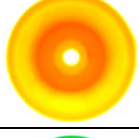
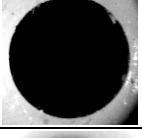
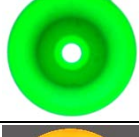
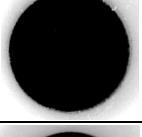

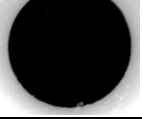
Bu çalışmanın amacı, eliptik Fourier analizden elde edilen tanımlayıcıları kullanarak konik hüzmeli tip poliasetal (POM) meme plakalarında kusurlu üretime sahip memeleri tespit etmek ve orifis deformasyonuna bağlı olarak üretim hatalarını belirlemektir.

Materyal ve Yöntem

Araştırmada poliasetal (POM) malzemeden üretilmiş 5 farklı nominal orifis çapa sahip konik hüzmeli meme plakaları kullanılmıştır (Çizelge 1). Ucuz ve kolayca temin edildiklerinden dolayı tarla pülverizatörlerinde yaygın olarak kullanılan bu meme plakalarının nominal orifis çapları 1.0, 1.2, 1.6, 2.0 ve 2.4 mm olup sırasıyla beyaz, pembe, sarı, yeşil ve açık sarı rengindedir. Disk şeklinde imal edilen bu meme plakalarında nominal orifis ölçüleri, inch birim sisteminde 1/64'ün katları şeklinde gösterilmektedir (Çilingir ve

Dursun, 2010). Buna göre milimetrik çap olarak verilen meme ölçüleri D2.5, D3, D4, D5 ve D6 numaralarına karşılık gelmektedir.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan meme plakaları ve örnek orifis görüntüleri

Nominal orifis çapı	Inch ölçü birimiyle anma ölçüsü	Renk	Meme plakası	Örnek orifis görüntüleri
Ø1.0 mm	D2.5	Beyaz		
Ø1.2 mm	D3	Pembe		
Ø1.6 mm	D4	Sarı		
Ø2.0 mm	D5	Yeşil		
Ø2.4 mm	D6	Açık sarı		

Tanımlayıcı Analiz

Meme plakalarının orifis yapısını tanımlayabilmek için boyut ve şekil analizi yapılmıştır. Bu amaçla stereo zoom mikroskobuna (Olympus SZ60, JP) bağlı bir dijital kamerayla (Panasonic Lumix DMC-FZ50) her bir meme orifisi için 3648x2736 piksel (genişlikxyükseklik) boyutlarında görüntüler alınmış ve *.jpeg uzantılı resim dosyası olarak kaydedilmiştir. Kaydedilen orifis görüntülerine ait örnekler Çizelge 1’de gösterilmiştir. Bir görüntü işleme (SigmaScan Pro v.5.0) programı kullanılarak her bir orifisin eşdeğer çapı, orifis alanı, orifis çevresi, en büyük ve en küçük çap ölçüleri belirlenmiştir. Her bir orifisin şekil özellikleri için şekil faktörü, dairesellik, uzanım ve yuvarlaklık parametreleri hesaplanmıştır.

Şekil faktörü (SF) için eşitlik (1) kullanılmıştır (SigmaScan®Pro, 2004). Eşitlikte geçen A_o orifis alanını (mm^2), C orifisin çevre uzunluğunu (mm) göstermektedir. Geometrik şekli tam daire olan bir konturun şekil faktörü 1’dir.

$$SF = \frac{4 \cdot \pi \cdot A_o}{\zeta^2} \quad (1)$$

Dairesellik (C) parametresi, eşitlik (2)'den hesaplanmıştır (SigmaScan® Pro, 2004). Eşitlikteki ζ orifisin çevresi (mm) ve A_o orifis alanı (mm²)'dir. Geometrik şekil, tam daire olduğunda dairesellik değeri yaklaşık 12.57 ($4 \times \pi$)'ye eşittir.

$$C = \frac{\zeta^2}{A_o} \quad (2)$$

Eşitlik (3)'ten hesaplanan uzanım (E) parametresi uzun eksen çapının (L_b) kısa eksen çapına (L_k) oranıdır (Sayinci et al., 2015). Tam daire olan şeklin uzanım değeri 1'dir.

$$E = \frac{L_b}{L_k} \quad (3)$$

Meme orifis açıklığının yuvarlaklık (R) değeri eşitlik (4)'ten hesaplanmıştır (Mohsenin, 1986). Eşitlikte geçen A_o orifis alanı (mm²), L_b büyük eksen uzunluğu (mm)'dur. Tam daire olan geometrik bir şeklin yuvarlaklık değeri 1'e eşittir.

$$R = \frac{4 \cdot A_o}{\pi \cdot L_b^2} \quad (4)$$

Meme orifis açıklıklarının deskriptif özelliklere göre karşılaştırmak için tüm şekil parametreleri tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ve önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklar %95 önem düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testiyle belirlenmiştir. İstatistik analizler SPSS versiyon 20.0 paket programında yapılmıştır (IBM SPSS® Statistics, 2010).

Eliptik Fourier Analizi

Kapalı bir kontura sahip meme orifislerinin Eliptik Fourier analizi için SHAPE (versiyon 1.03) paket programı kullanılmıştır (Iwata and Ukai, 2002). Analizler için tüm orifis görüntüleri 24 bitlik *bmp uzantılı dosya formatına dönüştürülmüştür. Matematiksel bir esasa dayanan eliptik Fourier analizinde kapalı bir kontura sahip iki boyutlu eğrinin sùturları üzerinde şeklin konturunu tanımlayan noktalar oluşturulmaktadır. Eğri üzerindeki her bir noktanın x ve y koordinat değerleri belirlenmekte ve matematiksel bir fonksiyona dönüştürülerek şekli tanımlayan fonksiyon katsayıları elde edilmektedir. Şeklin konturunu tanımlayan bu katsayılar harmonik sayısına bağlı oluşmaktadır. Dört Fourier katsayısı (a_n , b_n , c_n ve d_n) üreten her bir harmonikte a_n ve b_n katsayıları eğrinin x koordinat değerine, c_n ve d_n katsayıları ise y koordinat değerine karşılık gelmektedir (Neto et al. 2006; Özkan-Koca, 2012).

Eliptik Fourier analizi ve istatistiksel değerlendirmelerin dört alt modülle yapıldığı SHAPE (v.1.03) programında analiz prosedürleri sırasıyla "ChainCoder" modülüyle görüntü işleme, şekil kontur kodlarının oluşturulması ve kaydedilmesi, "Chc2Nef" modülüyle kontur kodlarının normalize edilerek eliptik Fourier tanımlayıcılarının elde edilmesi, "PrinComp" ile tanımlayıcıların temel bileşenler analizine tabi tutulması ve bileşen skorlarının oluşturulması ve "PrinPrint" ile orifis konturlarına ait şekil varyasyonlarının görselleştirilmesi şeklinde yürütülmüştür. Analizler 20 harmonik üzerinden yapılmıştır.

Temel Bileşenler Analizi

Normalize edilen kontur dataları temel bileşenler analizine tabi tutulmuş ve meme orifis konturları arasındaki farklılığa dayalı her bileşen skorunun toplam varyanstaki payı belirlenmiştir. İlk iki temel bileşen skorlarına göre meme orifis konturlarındaki değişim her bir orifis grubu için görselleştirilmiştir. Bu görsellerden meme orifis konturundaki üretim kusurlarının durumu (asimetrik meme orifisi, orifis açıklığında aksel kayma ve çaplanma gibi) şekilsel olarak tespit edilmiştir.

Üretim Kusuru Olan Meme Plakalarının Tespiti

Her bir orifis grubunun ilk iki temel bileşen skorları kullanılarak saçılım grafikleri oluşturulmuştur. Grafik üzerinde temel bileşen eksenlerine uzak olan meme plakaları belirlenmiş ve kusurlu üretime ait olanlar tespit edilmiştir (Şekil 1’de verilen grafiklerde kusurlu meme plakasını temsil eden sadece bir orifisin görseline yer verilmiştir).

Nominal Orifis Ölçülerine Göre Meme Plakalarının Karşılaştırılması

Tüm meme plakaları için orifis kodları bir arada yeniden normalize edilerek ortak varyansı gösteren eliptik Fourier dataları elde edilmiştir. Orifis görselinden varyansa neden olan bileşenler görselleştirilmiş ve meme grupları arasındaki farklar çok değişkenli varyans analiziyle ortaya konulmuştur. Varyans analizinin önem testinde “Wilks’in Lambda” ve “Pillai Trace” istatistikleri kullanılmıştır. Eşli karşılaştırmalar düzeltilmiş-Bonferroni önem testiyle yapılmıştır. İstatistik analizlerde PAST v.3.01 paket programı kullanılmıştır (Hammer et al., 2001).

Doğrusal Ayırma Analizi

Kanonik ayırma fonksiyon testi olarak ta bilinen bu analizde eliptik Fourier tanımlayıcılarından elde edilen temel bileşen skorlarına göre meme grupları arasında sınıflandırma yapılmakta orifis konturundaki benzerlik ya da farklılıklar ortaya konulabilmektedir. Bu farklılıklar kanonik ayırma fonksiyonları saçılım grafiğinden merkezi dağılımlar gözlemlenerek ortaya konulabilmektedir. İstatistik analizler SPSS versiyon 20.0 paket programında yapılmıştır (IBM SPSS® Statistics, 2010). Meme grupları bağımlı değişken ve her bir meme plakası için temel bileşen skorlarından elde edilen yedi bileşen, bağımsız değişken olarak atanmıştır.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çizelge 2’de verilen meme plakalarının boyut özelliklerine göre tüm meme gruplarında orifis çapının nominal ölçüden minimal düzeyde farklı olduğu görülmektedir. Orifis çaplarının büyük ve küçük çap ölçüleri arasındaki fark oldukça küçüktür. Boyutsal özellikler açısından en büyük varyasyon katsayısının çevre parametresinde olduğu dikkat çekmektedir.

Çizelge 2. Meme plakaları orifislerinin boyut özellikleri

Nominal orifis çapı (mm)	İstatistikler	Orifis çapı (mm)	Orifis alanı (mm ²)	Çevre (mm)	Küçük çap (mm)	Büyük çap (mm)
Ø1.0	¹ Ort±SS	1.03±0.02	0.84±0.03	4.90±0.39	1.03±0.02	1.05±0.02
	² Min-maks	0.99-1.06	0.76-0.88	4.25-5.61	0.99-1.07	1.01-1.09
	³ %CV	1.9	3.6	8.0	1.9	1.9
Ø1.2	Ort±SD	1.25±0.01	1.22±0.02	7.08±0.88	1.24±0.01	1.27±0.02
	Min-maks	1.23-1.27	1.18-1.27	5.65-9.11	1.22-1.27	1.24-1.30
	%CV	0.8	1.6	12.4	0.8	1.6
Ø1.6	Ort±SD	1.64±0.01	2.12±0.03	7.31±0.88	1.64±0.01	1.66±0.02
	Min-maks	1.61-1.67	2.04-2.19	6.35-9.80	1.61-1.66	1.63-1.71
	%CV	0.6	1.4	12.0	0.6	1.2
Ø2.0	Ort±SD	2.06±0.02	3.34±0.07	9.41±1.53	2.06±0.02	2.08±0.02
	Min-maks	2.02-2.10	3.20-3.47	7.80-15.60	2.02-2.10	2.04-2.11
	%CV	1.0	2.1	16.3	1.0	1.0
Ø2.4	Ort±SD	2.30±0.01	4.15±0.04	9.60±0.37	2.29±0.01	2.32±0.01
	Min-maks	2.28-2.32	4.09-4.24	8.99-10.33	2.26-2.31	2.30-2.34
	%CV	0.4	1.0	3.9	0.4	0.4

¹: ortalama±standart sapma; ²: minimum-maksimum; ³: varyasyon katsayısı [%CV = (SS/ortalama) × 100]

Meme orifislerinin Çizelge 3'te verilen tanımlayıcı şekil özellikleri genel çerçevede incelendiğinde daire geometrisine en yakın meme gruplarının 1.6, 2.0 ve 2.4 mm'lik nominal çaplı orifislerin olduğu görülmektedir. Şekil faktörü, uzanım ve yuvarlaklık parametrelerine göre 1.0 ve 1.2 mm çaplı memelerde dairesellik diğer gruplara göre daha düşük bulunmuştur. Dairesellik parametresine göre 1.2 mm çapa sahip meme plakasının diğerlerine göre önemli ölçüde farklı olduğu saptanmıştır.

Çizelge 3. Meme plakası orifis konturlarının şekil özellikleri

Nominal orifis çapı (mm)	İstatistikler	Şekil faktörü	Dairesellik	Uzanım	Yuvarlaklık
Ø1.0	¹ Ort±SS	0.45±0.08 c*	29.0±4.9 b	1.019±0.011 c	0.957±0.016 c
	² Min-maks	0.34-0.61	20.6-37.2	1.006-1.042	0.916-0.983
	³ %CV	17.8	16.9	1.1	1.7
Ø1.2	Ort±SS	0.32±0.07 d	41.5±10.0 c	1.019±0.006 c	0.967±0.009 b
	Min-maks	0.19-0.47	27.0-65.6	1.009-1.033	0.944-0.982
	%CV	21.9	24.1	0.6	0.9
Ø1.6	Ort±SS	0.52±0.10 b	25.6±6.9 ab	1.009±0.008 a	0.982±0.012 a
	Min-maks	0.27-0.65	19.3-47.2	1.002-1.038	0.932-0.994
	%CV	19.2	27.0	0.8	1.2
Ø2.0	Ort±SS	0.50±0.10 b	27.1±10.6 b	1.009±0.005 a	0.981±0.007 a
	Min-maks	0.18-0.70	18.0-72.0	1.001-1.024	0.965-0.992
	%CV	20.0	39.1	0.5	0.7
Ø2.4	Ort±SS	0.57±0.04 a	22.2±1.7 a	1.014±0.004 b	0.982±0.005 a
	Min-maks	0.49-0.64	19.7-25.6	1.005-1.023	0.972-0.991
	%CV	7.0	7.7	0.4	0.5


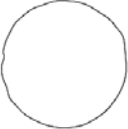
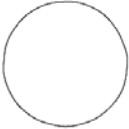

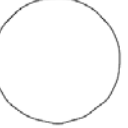


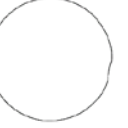
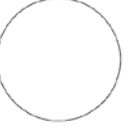
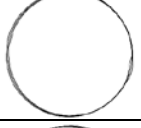
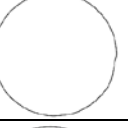
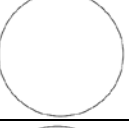


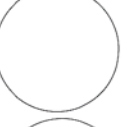
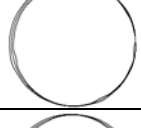
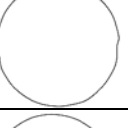
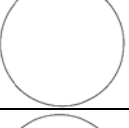

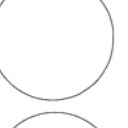
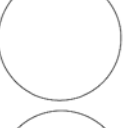



¹: ortalama±standart sapma; ²: minimum-maksimum; ³: varyasyon katsayısı [%CV = (SS/ortalama) × 100]

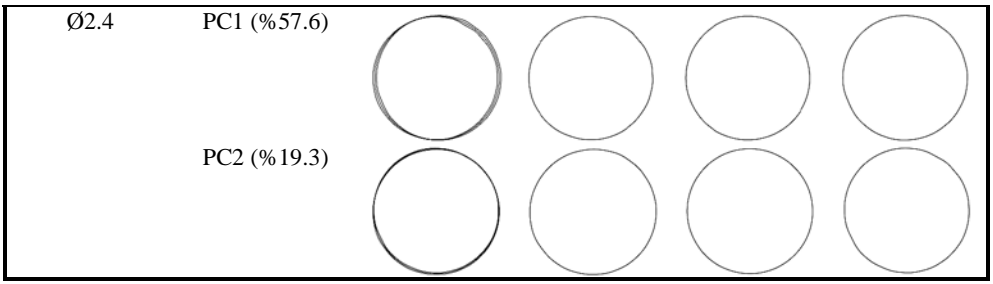
*: Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre aynı sütunda farklı harfle (a-d) gösterilen ortalamalar %95 önem seviyesinde farklıdır.

Diğer taraftan daire geometrisinin ifadesi olarak hesaplanan şekil parametreleri tek tek incelendiğinde, istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olarak değerlendirilmekte ve bu durum bulguların yorumlanmasını güçleştirmektedir. Örneğin şekil faktörüne göre en düşük

ortalamaya sahip 1.2 mm çaplı meme plakası, yuvarlaklık için benzer eğilimde değildir. Yuvarlaklık parametresine göre 1.6, 2.0 ve 2.4 mm çaplı meme orifislerinin daire şekline yakın olduğu görülürken, şekil faktörüne göre sadece 2.4 mm çaplı meme orifisinin en büyük ortalamaya sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 3).

Çizelge 4. Her bir orifis için eliptik Fourier tanımlayıcılarından elde edilen ilk iki temel bileşen skorlarına göre orifis konturlarının değişimi (Soldan sağa doğru orifis konturları: ortalama-2 SS, ortalama, ortalama+2 SS)

Nominal orifis çapı (mm)	Açıklanabilen varyansın %'si	-2 SS*	Ortalama	+2 SS
Ø1.0	PC1 (%55.4)			
	PC2 (%19.4)			
Ø1.2	PC1 (%65.9)			
	PC2 (%12.3)			
Ø1.6	PC1 (%52.7)			
	PC2 (%32.8)			
Ø2.0	PC1 (%54.4)			
	PC2 (%23.3)			



*: standart sapma

Çizelge 4'te eliptik Fourier analizinden elde edilen şekil tanımlayıcılarına göre ilk iki temel bileşen skorlarının (PC1 ve PC2) 1.0, 1.2, 1.6, 2.0 ve 2.4 mm nominal çaplı meme plakalarında toplam varyansın sırasıyla %74.8, %78.2, %85.5, %77.7 ve %76.9'unu açıkladığını göstermektedir.

Bileşen skorlarına ait görsellere göre en büyük varyasyon önce 1.0 mm, sonra 1.2 mm çaplı meme gruplarında oluşmaktadır. Çizelge 4'teki görsellere göre 1.0 mm çaplı meme orifis konturlarındaki bozukluk, orifis açıklığında aksel sapma ve çapaklanmadan dolayı oluşmuştur. İkinci olarak meme orifislerinde ayırt edilebilir kontur farklılığı 1.2 mm çaplı meme orifislerinde görülmektedir. Bu farklılık yine aksel sapma ve az da olsa orifis konturundaki çapaklanmadan ileri gelmektedir. Meme orifislerindeki ortalama şekil konturu tam daireye yakın iken, Çizelge 4'te ± 2 standart sapma (SS) sütunlarındaki görseller, orifis konturlarının şeklindeki sapma hakkında bilgi verebilmektedir.

Şekil 1'de orifis konturunu tanımlayan ilk iki bileşen skoruna göre meme plakalarının dağılımı gösterilmiştir. Orifis konturu daire geometrisine yakın olan meme plakalarının bileşen skorları (PC1 ve PC2) eksenlerinin orijininde ya da orijine yakın bir koordinatta konumlanması gerekmektedir. Meme grupları arasında 1.6 mm ve 2.4 mm nominal çaplı orifislerin orijine en yakın konumda bulunduğu görülmektedir. Bu meme gruplarını sırasıyla 1.2 mm ve 2.0 mm çaplı orifisler takip etmektedir. Temel bileşen eksenlerindeki dağılıma göre 1.0 mm çaplı meme plakalarından çok azının orijine yakın olduğu dikkat çekmektedir.

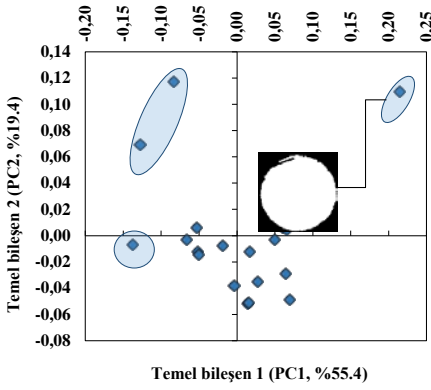
Meme orifis konturunda aksel sapma veya çapak nedeniyle oluşan şekilsel bir bozukluk meme plakasının orijinden uzaklaşmasına neden olmaktadır. Şekil 1'de orijinden uzaklaşan bazı meme plakaları görülmekte olup, bunlar daire içinde renkli olarak gösterilmiştir. Bu meme plakalarının orifis geometrisi diğerlerinden farklı olup seçilebilir ve şekilsel açıdan ayırt edici bir özellik taşımaktadır. Her bir nominal ölçü için grubun dışında kalan meme plakalarından sadece bir tanesi için örnek bir görsele yer verilmiştir. Bu gösterimler grubun dışında kalan diğer meme plakaları için de yapılabilir. Orijinden uzak olan meme plakalarına ait görseller incelendiğinde orifislerin büyük bir kısmında çapak oluşumu ya da daire süturunu oluşturan konturun bozuk olduğu gözlemlenmiştir.

Meme orifis geometrisinde oluşan bir farklılık ilaç dağılım düzgünlüğünü bozduğundan pestisit uygulama ekipmanlarında pülverizasyon kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Bir hidrolik memede dağılım düzgünlüğü akış testleriyle belirlenmekte ve bu amaçla tek meme paternatörü kullanılmaktadır. Nitekim Dursun ve ark. (2000) araştırmalarında paslanmaz çelikten imal edilmiş konik hüzmeli meme plakalarında delik

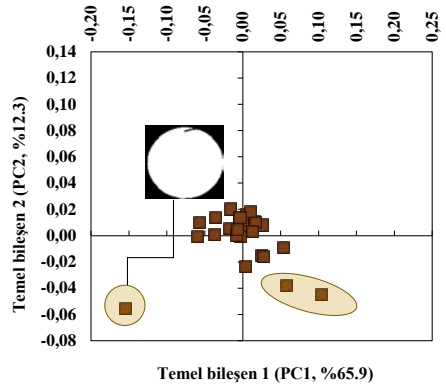
aplarının nominal lyeye uygunluğu araştırılmış ve meme debisi ve hacimsel dağılım dzgnlğindeki farklılıklar ortaya konulmuştur. Hacimsel dağılım düzgünlüğü 8 bar işletme basıncında ve 50 cm sabit püskürtme yksekliginde paternatr kullanılarak belirlenmiştir. Paternatrde yapılan testler hassas ve güvenilir sonuçlar sağladığı gibi memenin püskürtme paterni hakkında da bilgi vermektedir. Laboratuvar ortamında paternatr kullanılarak testlerin yürütüldüğü pek çok araştırma bulunmaktadır (Bode et al., 1983; Azimi et al. 1985; Krishnan et al., 1988, 1993; Ozkan et al., 1997; Womac et al., 2001; Sidahmed et al., 2004; Bayat and Bozdogan, 2005). Meme testleriyle ilgili yürütülen bu çalışmaların tamamı gerek stabil koşullarda gerekse sürüklenme ölçümleri için yapay rüzgar ortamında gerçekleştirilmektedir. Hedef, en uygun işletme parametrelerinin belirlenmesi ya da mevcut koşullarda optimum koşulların tespiti üzerine kurgulanmıştır.

Yürütülen bu çalışma ise meme plakalarının üretimi ve kullanımı arasındaki süreçte üretim kusurlarını belirlemeye yöneliktir. retimden sonra ya da üretim esnasında meme plakaları standart bir yönteme dayalı olarak kalitatif bir değerlendirmeye orifis düzgünlüğü açısından test edilerek üretim standartlarına uygunlukları kontrol edilebilir.

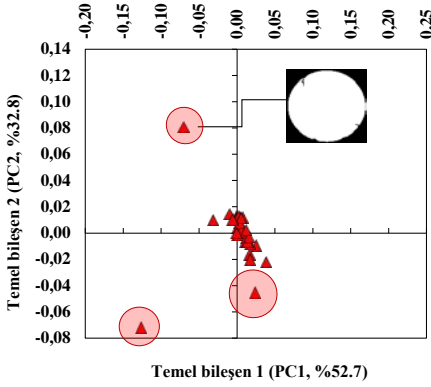
Çizelge 5'te tüm meme plakası orifis konturları için tanımlanan ortak dataların temel bileşenler analizi sonuçları gösterilmiştir. Orifis konturlarında oluşan toplam varyasyonun %92.41'inin ilk yedi bileşen tarafından açıklanabildiği görülmektedir. Birinci bileşen (PC1) tek başına toplam varyasyonun %53.86'ısını açıklayabilmektedir. Çizelge 5'te PC1 bileşenleriyle açıklanan en büyük farklılık orifis konturlarında eksenel sapma şeklinde kendini göstermektedir.



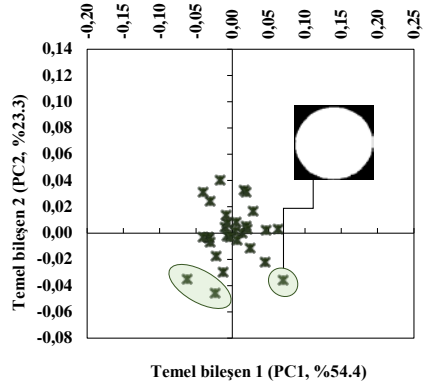
(a) Ø1.0 mm



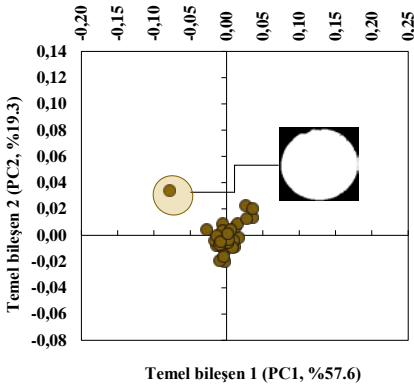
(b) Ø1.2 mm



(c) Ø1.6 mm






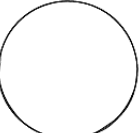
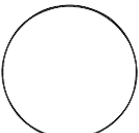
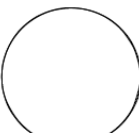
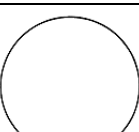
(d) Ø2.0 mm



(e) Ø2.4 mm

Şekil 1. Her bir orifis için elde edilen ilk iki temel bileşen skoruna göre meme orifislerinin dağılımı ve kendi grubundan farklı olan meme orifislerinin tespiti

Çizelge 5. Meme orifislerinin tümü için temel bileşenler analizine göre orifis konturundaki varyansı açıklayan ilk yedi temel bileşen ve özdeğer istatistikleri

Bileşenler	Özdeğerler	Varyansın açıklanabilen yüzdesi (%)	Kümülatif (%)	Orifis konturundaki varyasyonlar
PC1	1.61E-03	53.86	53.86	
PC2	5.30E-04	17.77	71.63	
PC3	3.30E-04	11.05	82.68	
PC4	1.21E-04	4.07	86.74	
PC5	6.96E-05	2.33	89.08	
PC6	5.86E-05	1.96	91.04	
PC7	4.09E-05	1.37	92.41	

Çizelge 6’da ilk yedi temel bileşen skorları kullanılarak yapılan çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) sonuçları görülmektedir. Wilks’in Lambda ve Pillai Trace istatistiklerine göre meme orifis konturları birbirlerinden çok önemli düzeyde farklı bulunmuştur. Eşli karşılaştırma testine göre 1.0 ve 1.2 mm nominal çaplı meme plakalarının orifis konturundaki farklılık açısından diğerlerinden anlamlı düzeyde farklı olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuç, özellikle imalat aşamasında küçük çaplı meme orifislerinde

yeterli düzgünlüğün sağlamadığını göstermektedir. Bulgular tanımlayıcı analiz sonuçlarıyla karşılaştırıldığında genel çerçevede uyumlu olduğu söylenebilir. Tanımlayıcı istatistiklere ait ANOVA sonuçlarına (Çizelge 3) göre küçük çaplı meme orifislerinde şekilsel farklılığın olduğu belirgin bir şekilde anlaşılmaktadır.

Çizelge 7'deki doğrusal ayırma testi sonuçları incelendiğinde dört diskriminant fonksiyonunun oluştuğu, birinci fonksiyonun toplam varyansın %53.0'unu ikinci fonksiyonun ise toplam varyansın %34.1'ini açıkladığı görülmüştür. Kanonik korelasyon katsayıları incelendiğinde gruplar arasındaki farklılığı birinci fonksiyonun %51.4, ikinci fonksiyonun ise %43.3 düzeyinde açıklayabildiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 6. Kontur farklılıklarına bağlı olarak şekilsel açıdan meme orifisleri arasındaki benzerlik ve farklılıklar

A. MANOVA sonuçları (PAST ver. 3.01)						
Etkiler	İstatistikler	Değer	SD1	SD2	F	P (Sigma)
Nominal çaplar	Wilks Lambda	0.5496	28	462.9	2.986	9.47E-07**
	Pillai Trace	0.5340	28	524.0	2.883	1.91E-06**
B. Eşli karşılaştırma testi sonuçları. Bonferroni önem (P, sigma) testi (PAST ver. 3.01)						

Nominal orifis çapı (mm)	Ø1.0 mm	Ø1.2 mm	Ø1.6 mm	Ø2.0 mm	Ø2.4 mm
Ø1.0 mm		0.00124**	0.01997*	0.00663**	0.00822**
Ø1.2 mm	0.00124**		0.00055**	0.00072**	0.00097**
Ø1.6 mm	0.01997*	0.00055**		0.37924ns	0.54928ns
Ø2.0 mm	0.00663**	0.00072**	0.37924ns		0.86497ns
Ø2.4 mm	0.00822**	0.00097**	0.54928ns	0.86497ns	

*: p<0.05 önemli; **: p<0.01 çok önemli; ns: önemsiz

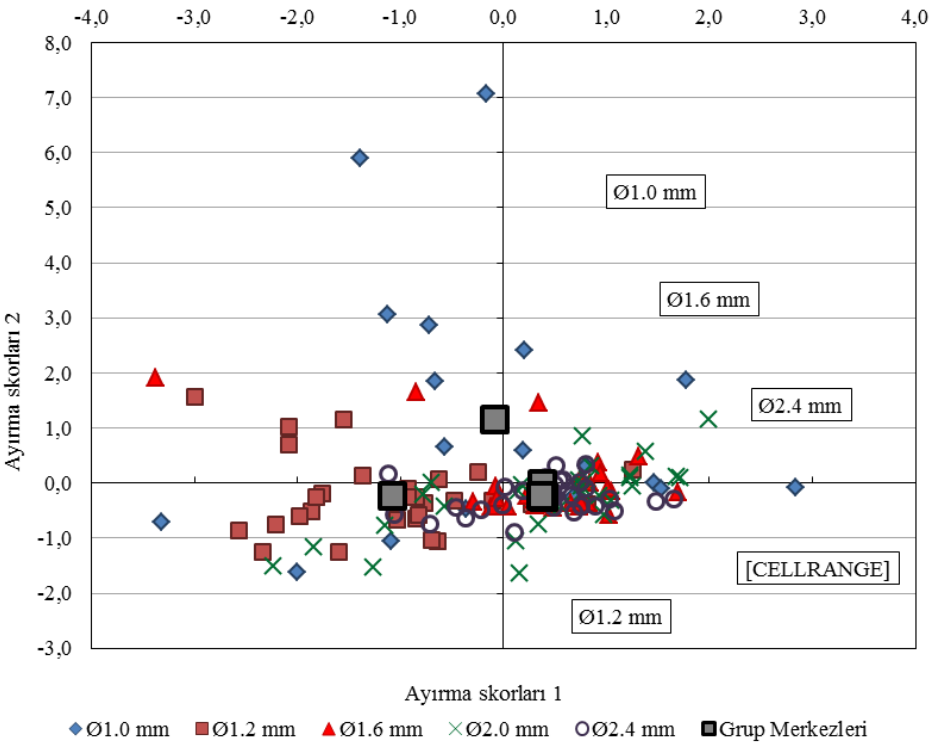
Wilks'in Lambda istatistikleri incelendiğinde birinci ve ikinci fonksiyonun meme orifis konturlarını ayırt etmedeki gücünün anlamlı olduğu, diğer fonksiyonların ise orifis konturları arasındaki farkı ayırt etmede yetersiz oldukları saptanmıştır. Meme plakalarında saptanan üretim kusurları, benzerlik açısından gruplandırıldığında doğru sınıflandırma oranı %49.6 olarak saptanmıştır. Kendi içinde en büyük sınıflandırma oranı %80.0 ile 1.2 mm nominal çaplı meme plakasında tespit edilmiştir.

Çizelge 7. Kanonik ayırma fonksiyonlarının özeti ve eliptik Fourier tanımlayıcılarından elde edilen temel bileşen skorlarının doğrusal ayırma analizine göre sınıflandırma sonuçları (kendi grubunda sınıflandırma yüzdesi %49.6)

Özdeğer istatistikleri						
Fonksiyon	Özdeğer	Varyansın %'si	Kümülatif (%)	Kanonik korelasyon		
1	0.358	53.0	53.0	0.514		
2	0.231	34.1	87.1	0.433		
3	0.062	9.2	96.4	0.242		
4	0.025	3.6	100.0	0.155		
Wilks'in Lambda istatistikleri						
Fonksiyon testi	Wilks Lambda	Ki - kare	SD	P (Sigma)		
1 - 4	0.550	79.018	28	0.000**		
2 - 4	0.746	38.604	18	0.003**		
3 - 4	0.919	11.198	10	0.342ns		
4	0.976	3.202	4	0.525ns		
Doğrusal ayırma analiziyle saptanan uyum ve farklılıklar (%)						
Nominal orifis çapları	Ø1.0 mm	Ø1.2 mm	Ø1.6 mm	Ø2.0 mm	Ø2.4 mm	Toplam
Ø1.0 mm	31.6	15.8	15.8	21.1	15.8	100.0
Ø1.2 mm	0.0	80.0	10.0	3.3	6.7	100.0
Ø1.6 mm	6.7	3.3	56.7	13.3	20.0	100.0
Ø2.0 mm	0.0	20.0	26.7	30.0	23.3	100.0
Ø2.4 mm	0.0	10.0	16.7	30.0	43.3	100.0

** : $p < 0.01$ çok önemli; ns: önemsiz

Meme grupları arasında 1.6, 2.0 ve 2.4 mm nominal çaplı meme plakalarının Şekil 2'de ayırma skorlarında gösterilen grup merkezleri çok yakın olduğundan doğru sınıflandırma yüzdeleri düşük olmaktadır. Ayırma skorlarında 1.0 ve 1.2 mm nominal çaplı meme plakaları diğer grupların merkezlerine uzak olduğundan orifis konturlarında belirgin bir farklılığın olduğuna işaret etmiştir.



Şekil 2. Kanonik ayırma analizinden elde edilen skorlara göre farklı nominal çapa sahip meme orifislerinin dağılımı ve grubu temsil eden meme plakalarının merkezi dağılımları

Sonuç

Laboratuvar koşullarında akış testlerini gerçekleştirmek için denemeye alınan meme örneklerinin hatasız olduğu kabul edilir. Ancak mikroskopik bulgular, üretimden sonra bazı meme plakalarında orifis geometrisinin kusurlu olduğunu göstermiştir. Üretim hatalarının tespiti görsel olarak yapılabilmekte, ancak hem kişisel bir yargıya dayalı olmakta hem de gözlemcinin deneyimini gerektirmektedir. Bu araştırmada matematiksel bir esasa dayalı olan eliptik Fourier tanımlayıcıları kullanılarak kapalı bir geometrinin konturu modellenmiş ve orifis geometrisi şekilsel açıdan kusurlu olan meme plakalarının yüksek bir doğrulukla tespit edilebileceği belirlenmiştir. Hassas görüntüleme teknikleriyle elde edilen meme orifis görüntüleri EFA yöntemiyle şekilsel açıdan analiz edilerek üretim kusurları görselleştirilebilmekte ve hatanın kaynağı ortaya çıkarılabilmektedir. Bu yöntem hidrolik memelerle ilgili yapılan akış testlerinden önce hatalı üretimden kaynaklanan memeleri tespit etmede kullanılabilir. Ayrıca belirli bir kullanımdan sonra meme orifis konturundaki aşınmayı hassas bir şekilde tespit etmede de yararlı olabilir.

Kaynaklar

- Azimi A.H., T.G. Carpenter and D.L. Reichard. 1985. Nozzle spray distribution for pesticide application. Transactions of the ASAE, 28(5): 1410-1414.
- Bayat, A. and N.Y. Bozdogan. 2005. An air-assisted spinning disc nozzle and its performance on spray deposition and reduction of drift potential. Crop Protection, 24: 651-960.
- Bode, L.E., B.J. Butler, S.L. Pearson and L.F. Bouse. 1983. Characteristics of the micromax rotary atomizer. Transactions of the ASAE, 24(4): 999-1004.
- Çilingir, İ. ve E. Dursun. 2010. Bitki Koruma Makinaları (2. Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1531, Ders Kitabı: 484, ISBN: 978-975-482-867-2, Ankara, 248 s.
- Dursun, E., Y. Karahan ve İ. Çilingir. 2000. Türkiye’de üretilen konik hüzmeli bazı meme plakalarında delik çapı ve düzgünlüğünün belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 6(3): 135-140.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper and P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica, 4(1): 1-9.
- Huyghebaert, B., C. Debouche, O. Mostade. 2001. Flow rate quality of new flat fan nozzles. Transactions of the ASAE, 44(4): 769-773.
- IBM SPSS® Statistics, 2010. IBM Company® Version 19. SSS Inc.
- Iwata, H. and Y. Ukai. 2002. SHAPE: A computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. Journal of Heredity, 93: 384-385.
- Krause C.R., D.L. Reichard, H. Zhu, R.D. Brazee, H.E. Ozkan and R.D. Fox. 2003. Evaluation of fan-pattern spray nozzle wear using scanning electron microscopy. Scanning 25: 8-11.
- Krishnan, P., T.H. Williams and L.J. Kemble. 1988. Technical Note: Spray pattern displacement measurement technique for agricultural nozzles using spray table. Transactions of the ASAE, 31(2): 386-389.
- Krishnan, P., I. Gal, L.J. Kemble and S.L. Gottfried. 1993. Effect of sprayer bounce and wind condition on spray pattern displacement of TJ60-8004 fan nozzles. Transactions of the ASAE, 36(4): 997-1000.
- Krishnan, P., T. Evans, K. Ballal, L.J. Kemble. 2004. Scanning electron microscopic studies of new and used fan nozzles for agricultural sprayers. Applied Engineering in Agriculture, 20(2): 133-137.
- Kuhl, F.P. and C.R. Giardina. 1982. Elliptic Fourier features of a closed contour. Computer, Graphics and Processing, 18: 236-258.
- Matthews, G.A. 2000. Pesticide Application Methods (Third Edition). London, New York: Longman, 432 pp.
- Mohsenin, N.N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. New York, Gordon and Breach Sci. Publication, 891 pp.
- Neto, J.C., G.E. Meyer, D.D. Jones and A.K. Samal. 2006. Plant species identification using Elliptic Fourier leaf shape analysis. Computers and Electronics in Agriculture, 50: 121-134.
- Ozkan, H.E., A. Miralles, C. Sinfort, H. Zhu and R.D. Fox. 1997. Shields to reduce spray drift. Journal of Agricultural Engineering Research, 67: 311-322.
- Özkan-Koca, A. 2012. Ortadoğu’da yayılış gösteren *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) alttürlerinin geometrik morfometri yöntemiyle analizi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı (Doktora Tezi), Ankara, 167 s.

- Sayinci, B., S. Ercişli, M. Akbulut, Y. Şavşatlı and H. Baykal. 2015. Determination of shape in fruits of cherry laurel (*Prunus laurocerasus*) accessions by using elliptic Fourier analysis. Acta, Sci. Pol., Hortorum Cultus, 14(1): 63-82.
- Sayinci, B. ve Yıldırım, Y., 2015. Paslanmaz çelik konik hüzmeli meme plakalarında üretim hatalarının Eliptik Fourier tanımlayıcılarıyla tespiti. 29. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, 2-5 Eylül 2015, 296-305, Diyarbakır.
- Sidahmed, M. M., H.H. Awadalla, and M.A. Haidar. 2004. Symmetrical multi-foil shields for reducing spray drift. Biosystems Engineering, 88(3): 305-312.
- SigmaScan®Pro. 2004. SigmaScan® Pro 5.0 User's Manual. Systat Software, Inc., Point Richmond, CA 94804, 281 pp.
- Womac, A., R. Etheridge, A. Seibert, D. Hogan and S. Ray. 2001. Sprayer speed and venture-nozzle effects on broadcast application uniformity. Transactions of the ASAE, 44(6): 1437-1444.

