T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

PÜLVERİZATÖR MEMELERİNDE PÜSKÜRTME AÇISI VE AKIŞ DÜZGÜNLÜĞÜNÜN GÖRÜNTÜ İŞLEME OPERASYONUYLA BELİRLENMESİ

Hazırlayan
Necati ÇETİN

Danışman
Doç. Dr. Cevdet SAĞLAM
Yrd. Doç. Dr. Bünyamin DEMİR

Yüksek Lisans Tezi

Aralık 2017
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

PÜLVERİZATÖR MEMELERİNDE PÜSKÜRTME AÇISI VE AKIŞ DÜZGÜNLÜĞÜNÜN GÖRÜNTÜ İŞLEME OPERASYONUYLA BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Necati ÇETİN

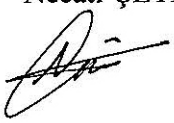
Danışman
Doç. Dr. Cevdet SAĞLAM
Yrd. Doç. Dr. Bünyamin DEMİR

Aralık 2017
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Necati ÇETİN



YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI

Pülverizatör Memelerinde Püskürtme Açısı ve Akış Düzgünlüğünün Görüntü İşleme Operasyonuyla Belirlenmesi adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan
Necati ÇETİN

Danışman
Doç. Dr. Cevdet SAĞLAM

Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı Başkanı
Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA

Doç. Dr. Cevdet SAĞLAM ve **Yrd. Doç. Dr. Bünyamin DEMİR** danışmanlığında **Necati ÇETİN** tarafından hazırlanan "**Pülverizatör Memelerinde Püskürtme Açısı ve Akış Düzgünlüğünün Görüntü İşleme Operasyonuyla Belirlenmesi**" adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

26 / 12 / 2017

JÜRİ:

Danışman	: Doç. Dr. Cevdet SAĞLAM	.....
Üye	: Doç. Dr. Bahadır SAYINCI	.....
Üye	: Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA	.....

ONAY:
Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 02/01/2018 tarih ve 2018/01-27 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

02 / 01 / 2018
Prof. Dr. Mehmet AKKURT
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım sırasında bana her türlü kolaylığı ve desteği sağlayan değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Cevdet SAĞLAM'a,

Tezimin hazırlanmasında ve yürütülmesinde, bilgi, tecrübe ve yardımlarını benden esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Bünyamin DEMİR'e,

Tezimin planlanmasında büyük emeği olan, çalışmam için laboratuvarını açan, analizler konusunda bana yardımcı olan ve yol gösteren değerli hocam Sayın Doç. Dr. Bahadır SAYINCI'ya

Çalışmalarımın her anında yanımda olan kıymetli fikir ve görüşlerini benimle paylaşan değerli hocam Sayın Öğr. Gör. Zeynel Abidin KUŞ'a

Çalışmalarımda beni her daim teşvik eden değerli hocam Sayın Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA'ya

Benden maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen canımdan çok sevdiğim Anneme ve Babama,

Son olarak bana çalışmalarım sırasında sabır ve anlayış gösteren hayat arkadaşım çok değerli eşim Emel ÇETİN'e ve biricik kızıma,

Sonsuz teşekkür ederim…

Necati ÇETİN

Kayseri 2017

PÜLVERİZATÖR MEMELERİNDE PÜSKÜRTME AÇISI VE AKIŞ DÜZGÜNLÜĞÜNÜN GÖRÜNTÜ İŞLEME OPERASYONUYLA BELİRLENMESİ

Necati ÇETİN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Aralık 2017
Danışmanlar: Doç. Dr. Cevdet SAĞLAM
Yrd. Doç. Dr. Bünyamin DEMİR

ÖZET

Bu çalışmanın amacı farklı püskürtme memeleri ve püskürtme basınçlarına bağlı olarak püskürtme açısı ve akış düzgünlüğünün görüntü işleme operasyonuyla tespit edilmesidir. Çalışmada 60 kanallı 120×100 cm ölçülerinde tek meme paternatörü kullanılmıştır. Paternatörde kullanılan düşük sürüklenme potansiyelli memeler (AD 120-015, AD 120-03, AD 120-04), hava emişli memeler (AI 120-015, AI 120-02 ve AI 120-03) ve standart yelpaze hüzmeli memeler (ST 80-03, ST 90-04, ST 110-01, ST 110-02, ST 110-03 ve ST 110-04) 8 farklı basınçta (1-8 bar), konik hüzmeli memeler ise (KHM Ø1.0 mm, KHM Ø1.2 mm ve KHM Ø1.5 mm) 12 farklı basınçta (1-12 bar) 40-60 cm püskürtme yüksekliğinde test edilmiştir. Püskürtme açılarının ve paterninin görüntüleri bir kamera ile alınmıştır. Bilgisayara aktarılan görüntüler farklı görüntü işleme programlarıyla analiz edilmiştir.

Bulgularda 3 bar basınçta püskürtme açısı, düşük sürüklenme potansiyelli memelerde (AD 120) 107.2º, hava emişli memelerde (AI 120) 105.6º, ST 80 tip yelpaze hüzmeli memelerde 69.9º, ST 90 tip yelpaze hüzmeli memelerde 84.0º, ST 110 tip yelpaze hüzmeli memelerde 103.2º, konik hüzmeli Ø1.0 mm tip memede 54.2º, konik hüzmeli Ø1.2 mm tip memede 57.1º ve konik hüzmeli Ø1.5 mm 66.2º olarak saptanmıştır. Hüzme açısı değerleri ise düşük sürüklenme potansiyelli memelerde 106.7º, hava emişli memelerde 103.9º, ST 80 tip yelpaze hüzmeli memelerde 75.1º, ST 90 tip yelpaze hüzmeli memelerde 86.4º, ST 110 tip yelpaze hüzmeli memelerde 105.2º, konik hüzmeli Ø1.0 mm tip memelerde 46.4º, konik hüzmeli Ø1.2 mm tip memelerde 56.7º ve konik hüzmeli Ø1.5 mm tip memelerde 62.4º olarak bulunmuştur. Elde edilen püskürtme açısı değerleriyle nominal açı değerleri arasında farklılıklar olduğu ortaya konulmuştur. Görüntü işleme yöntemiyle belirlenen püskürtme paterni ile hat profili yöntemiyle belirlenen akış düzgünlüğünün tüm meme gruplarında örtüştüğü

gözlemlenmiştir. Sonuçlarda tüm meme tiplerinde püskürtme basıncının püskürtme açısına etkisi istatistiksel açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Basınç, görüntü işleme, hüzme açısı, püskürtme açısı, püskürtme paterni

DETERMINATION OF SPRAYING ANGLE AND FLOW EVENNESS IN PULVERIZATOR NOOZLES BY IMAGE PORCESSING OPERATION

Necati ÇETİN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
M.Sc. Thesis, December 2017
Supervisors: Assoc. Prof. Dr. Cevdet SAĞLAM
Assist. Prof. Dr. Bünyamin DEMİR

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the spray angle and flow evenness depending on different spray pressures and spray nozzles with image processing operation. In the study, a single nozzle paternoster was used with a 60-channel measuring 120×100 cm. Anti-drift nozzles (AD 120-015, AD 120-03, AD 120-04), air-injection nozzles (AI 120-015, AI 120-02 and AI 120-03) and standard flat fan nozzles (ST 80-03, ST 90-04, ST 110-01, ST 110-02, ST 110-03 and ST 110-04) were tested at 8 different pressures (1-8 bar), while hollow cone nozzles (KHM Ø1.0 mm, KHM Ø1.2 mm and KHM Ø1.5 mm) were tested at 12 different pressures (1-12 bar) at 40-60 cm spray height. The images of the spray angles and the patterns were taken with a digital camera. The images transferred to the computer were analyzed with different image analysis programs.

According to the findings, the spray angle at 3 bar pressure were determined as 107.2º for anti drift nozzles (AD 120), as 105.6º for air injection nozzles (AI 120), as 69.9º for ST 80 flat fan nozzles, as 84.0º for ST 90 flat fan nozzles, as 103.2º for ST 110 flat fan nozzles, as 54.2 for hollow cone Ø1.0 mm nozzle, as 57.1 for hollow cone Ø1.2 mm nozzle and as 66.2 for hollow cone Ø1.5 mm nozzle. In the cone angle at 3 bar pressure were determined as 106.7º for anti drift nozzles, and as 103.9º for air injection nozzles, as 75.1º for ST 80 flat fan nozzles, as 86.4º for ST 90 flat fan nozzles and as 105.2º for ST 110 flat fan nozzles, as 46.4º for hollow cone Ø1.0 mm nozzles, as 56.7º for hollow cone Ø1.2 mm nozzles and as 62.4º for hollow cone Ø1.5 mm nozzles. There were significant differences between present spray angle values and nominal angle values specified by the manufacturer. Spray pattern obtained with image processing method was identical with flow evenness obtained with line profile method. It was concluded that spraying pressure had significant effects on spray angles ($p < 0.05$) of all nozzles.

Keywords: Cone angle, image processing, pressure, spray angle, spray pattern

İÇİNDEKİLER

PÜLVERİZATÖR MEMELERİNDE PÜSKÜRTME AÇISI VE AKIŞ DÜZGÜNLÜĞÜNÜN GÖRÜNTÜ İŞLEME OPERASYONUYLA BELİRLENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI ii
KABUL VE ONAY iii
ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR iv
ÖZET v
ABSTRACT vii
İÇİNDEKİLER viii
KISALTMALAR VE SİMGELER x
TABLOLAR LİSTESİ xii
ŞEKİLLER LİSTESİ xiii

GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Genel Bilgiler 3
1.2. Literatür Özeti 10

2. BÖLÜM

MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal 18
2.1.1. Pülverizatör 18
2.1.2. Meme tipleri 19
2.1.3. Görüntüleme ekipmanları 20
2.1.4. Tek meme paternatörü 21

2.1.5. Meme gövdesi, manometre, debi ölçer ve selenoid valf 23

2.2. Yöntem 24

2.2.1. Püskürtme açısının belirlenmesi 24

2.2.2. Püskürtme paterninin belirlenmesi 25

2.2.3. Akış düzgünlüğünün hat profili (line profile) yöntemiyle belirlenmesi 26

2.2.4. Hüzme açısının belirlenmesi 27

2.2.5. Meme debisinin belirlenmesi 28

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Meme Debisi 29

3.2. Püskürtme açısı 33

3.3. Hüzme açısı 38

3.4. Püskürtme paterni 39

4.BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Püskürtme ve hüzme açısı 47

4.2. Püskürtme paterni ve akış düzgünlüğü 48

KAYNAKLAR 49

ÖZGEÇMİŞ 58

KISALTMALAR VE SİMGELER

Birimi	Anlamı
%	: Yüzde
~	: Yaklaşık
√	: Karekök
AD	: Düşük sürüklenme potansiyelli meme
AI	: Hava emişli meme
cm	: Santimetre
CV	: Varyasyon katsayısı
dk	: Dakika
DV	: Hacimsel çap
F	: Varyans analizi
G	: Gram
ha	: Hektar
ISO	: Uluslararası Standartlar Organizasyonu
kg	: Kilogram
KHM	: Konik hüzmeli meme
KO	: Kareler ortalaması
kPa	: Kilopascal
kW	: Kilowatt
lt	: Litre
m	: Metre
m^2	: Metrekare
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
MPa	: Megapascal
Ø	: Çap
^{o}	: Derece
Ort	: Ortalama

p	: Önem derecesi
PDIA	: Parçaçık damla görüntüleme analizörü
Q	: Debi
R^2	: Belirleme katsayısı
RE	: Reynold sayısı
s	: Saniye
SD	: Serbestlik derecesi
SS	: Standart sapma
ST	: Standart yelpaze hüzmeli meme
TP	: Tarla Pülverizatörü
µm	: Mikrometre

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Test edilen bazı hidrolik püskürtme memelerinin üretim şartnameleri.....8

Tablo 3.1. Farklı meme tiplerinde ve basınçlarda meme debisi değerleri.....30

Tablo 3.2. Düşük sürüklenme potansiyelli meme tiplerinde püskürtme basıncına bağlı püskürtme açısı (º) değerleri (Ort±SS).....33

Tablo 3.3. Standart yelpaze hüzmeli memelerde püskürtme açısının (º) basınca göre değişimi (Ort±SS).....34

Tablo 3.4. Konik hüzmeli meme plakalarında püskürtme açısının (º) basınca göre değişimi (Ort±SS).....35

Tablo 3.5. Dar hüzme açılı yelpaze hüzmeli memelerde püskürtme açısının (º) basınca göre değişimi (Ort±SS).....35

Tablo 3.6. Regresyon analizi sonuçları.....36

Tablo 3.7. Püskürtme basıncı ve püskürtme açısı arasındaki ilişki.....37

Tablo 3.8. Anma açısı, 3 bar basınçta eşitliklerden hesaplanan püskürtme açısı ve 3 bar basınçta ölçülen hüzme açısı değerleri.....39

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Farklı püskürtme açılarına sahip püskürtme memeleri, a; hava atmizörlü, b; ince sprey, c; içi boş konik hüzmeli, d; standart yelpaze hüzmeli, e; tam konik hüzmeli 8

Şekil 2.1. Hidrolik basınç ünitesi (a) tarla pülverizatörü (b) pompanın elektrik motoruyla çalıştırılması 18

Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan meme tipleri 19

Şekil 2.3. Denemelerde kullanılan fotoğraf makinesi-1 20

Şekil 2.4. Pülverizasyonla ilgili testlerde kullanılan görüntüleme ekipmanları ve püskürtme kolu 21

Şekil 2.5. Tek meme paternatörü 22

Şekil 2.6. Püskürtme memesinin monte edildiği (a) üç çıkışlı meme gövdesi, paternatörde bulunan (b) manometre, (c) akış kontrol diyaframlı tip selenoid valf ve (d) debi ölçer 23

Şekil 2.7. Püskürtme sırasında püskürtme açısının görünümü 24

Şekil 2.8. 3 bar püskürtme basıncında alınan püskürtme görüntüleri 25

Şekil 2.9. Denemelerde kullanılan fotoğraf makinesi-2 26

Şekil 2.10. (a) Püskürtme paterni görüntüleri, (b) Püskürtme paternini gösteren hacimsel dağılımın yakından görüntüsü 27

Şekil 3.1. Basınca bağlı meme debisinin değişimi 32

Şekil 3.2. Püskürtme açısının püskürtme basıncına bağlı polinomial değişimi ve R^2 değerleri 38

Şekil 3.3. Paternatörden alınan püskürtme paterni görüntüleri 42

Şekil 3.4. Farklı yöntemlerle elde edilen püskürtme paterni grafikleri (a) CMEIAS Image Tool Ver. 1.28 ile elde edilen patern grafikleri, (b) MATLAB R2009a ile elde edilen akış düzgünlüğü grafikleri 46

GİRİŞ

Gıda miktarının sınırlı olması nüfus artışıyla birlikte, dünya genelinde besin elementi ihtiyacının karşılanamamasına sebep olmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar, tarım alanlarının artırılması veya birim alandan elde edilen ürünün artırılması ve tarım teknolojilerinin daha etkin olarak kullanılması yönündedir. Tarım alanlarının artırılması ancak yeni alanların açılması ile mümkündür. Burada en uygun seçenek birim alandan alınan verimin ve kalitenin artırılması olacaktır. Bu sayede istenilen üretim seviyesine ulaşılacak, çiftçilerin yaşam standartları artacak, sanayileşmede ülkemize güçlü bir destek sağlanacaktır [1].

Tarımda birim alandan alınan verim ve kalitenin artırılmasında, hastalık ve zararlılarla mücadele önemli bir yere sahiptir. Tarımsal mücadelede pestisit kullanılmadan yapılan bitkisel üretimde hastalık, zararlı ve yabancı ot sebebiyle ürün kaybı yaklaşık % 35'tir [2]. Tarımda verimi artırmak ve ürün kaybını en aza indirmek için zararlılarla ve hastalıklarla mücadelede pestisit uygulanmaktadır. Pestisit sürüklenmesini ve maliyeti azaltmak için de pestisit uygulamasının doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir [3].

Bitki koruma işlemleri, yabancı ot, hastalık ve zararlıların varlığına bağlı olarak verim kaybını azaltmak için yapılan mücadelelerdir [4]. Ürün kayıplarının azaltılması için yapılan tarımsal mücadele uygulamaları; kimyasal, kültürel, biyolojik, fiziksel ve mekanik mücadele gibi yöntemlerinden oluşmaktadır. Kimyasal mücadele uygulanabilirliği kolay, etki hızı yüksek ve zararlı etkenleri ortadan kaldırmada en çok tercih edilen mücadele yöntemlerinden birisidir. Bilinçsiz ve yanlış pestisit uygulamaları sonucunda çevre, ekosistem ve insan olumsuz olarak etkilenmektedir. Bununla birlikte pestisit kayıpları meydana gelmekte ve aşırı pestisit kullanımı sebebiyle maliyetler artmaktadır [5-8].

Artan pestisit maliyetleri, hâlihazırdaki püskürtme yöntemleriyle sağlanan biyolojik etkinlik düzeyinin yeterli olmaması, hassas tarıma ilginin artması ve kullanılan diğer yöntemlerin çevre kirliliği oluşturması nedeniyle pülverizasyon uygulamalarının kontrollü şartlarda yapılması gerekmektedir. Bu sebeple son yıllarda ilaçlama yöntemlerinin geliştirilmesi veya alternatif mücadele yöntemlerine yönelik çalışmalar artmaktadır [9]. Birçok araştırmacı püskürtme açısı değişimlerini, püskürtme paternini, hacimsel dağılım düzgünlüğünü, damla çapını ve kaplama oranını analiz ederken görüntü işleme programlarını tercih etmektedir. Geleneksel yöntemlerin çok fazla zaman alması, görüntü işlemeyle analiz yönteminde hata payının az olması sebebiyle pülverizasyon uygulamasında bu yöntemin kullanılması pratiklik ve ekonomiklik sağlayacaktır. Ayrıca alışılagelmiş yöntemlerde ortaya çıkan hatalar azaltılacak, daha doğru ve hassas sonuçlar elde edilecektir.

Bu çalışmanın amacı, paternatörde farklı püskürtme memeleri ve farklı basınç değerlerine bağlı olarak püskürtme paterni, püskürtme ve hüzme açısı değişiminin görüntü işleme operasyonuyla belirlenmesini kapsamaktadır. Çalışma sonucunda pülverizatör memelerinin püskürtme açısı ortalamaları nominal açı değerleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca görüntü işleme yöntemiyle belirlenen püskürtme paterni ile hat profili yöntemiyle belirlenen akış düzgünlüğü grafikleri benzerlik yönüyle değerlendirilmiştir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Genel Bilgiler

Pestisit uygulama maliyetinin azaltılması ve ilaçlama etkinliğinin artırılması, uygun pülverizatör ve ilaçlama yönteminin seçilmesine bağlıdır. Pülverizasyonda ilacın hedefe tutunma oranı pülverizatör, uygulama normu, bitki ve çevre arasındaki etkileşime göre değişim göstermektedir. Tarımsal mücadelede kullanılan etken maddenin yaprak altına ulaştırılması hastalık ve zararlılarla mücadelede önemli bir yere sahiptir. Pülverizatörler, pestisit tutunma ve kaplama oranına direkt etki etmektedir. Bundan dolayı bu oranları artıracak ilaçlama ünitesinin seçilmesi ilaçlama performansı açısından büyük önem arz etmektedir [10].

Pülverizasyonda püskürtülen damlaların hedef yüzeyde tutunma oranı ekonomik açıdan önemlidir. Bu kapsamda, pestisit kayıplarını en düşük düzeyde tutmak, en yüksek etkiyi sağlamak ve aynı zamanda çevre kirliliğini azaltmak gerekmektedir. Pülverizasyonun amacına ulaşması açısından, bitki koruma makinalarının teknik özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir [11].

Bitki koruma ürünlerinin uygulanması, yüzey ve su kirliliğine neden olmaktadır. Bu durum sağlık açısından uluslararası çevre kanunları tarafından daha fazla önem kazanan bir konudur. Bitki koruma ürünlerinin büyük bir kısmı püskürtme memeleriyle donatılmış pülverizatörler kullanılarak sıvı çözeltiler şeklinde uygulanmaktadır. Püskürtme memeleri sıvıyı atomize ederek geniş spektrumda (~10-1000 μm) ve farklı hızlarda (~0-25 m s^{-1}) damlalar üretmektedir [12,13].

Uygulama performansını artırmak ve etkinliği sağlamak için farklı tasarım özelliklerine sahip olan çeşitli memeler imal edilmektedir. Bu memeler geniş spektrumlu damla çaplarıyla farklı püskürtme paterni oluşturmakta ve farklı aralıklarda değişen püskürtme açısı değerleriyle geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Püskürtme memeleri, pülverizasyon kalitesi açısından önemli bir görevi olmasına rağmen kontrolü ve bakımı en az yapılan pülverizatör parçasıdır [14].

Pestisit uygulamalarında kullanılan spreyler (hidrolik püskürtücüler gibi), sıvıyı farklı boyutta ve hızda damlacıklar halinde hedefe bırakmaktadır [15]. Damlacık yörüngesini ve hedefle olan etkileşimini etkilediği için hacimsel dağılım düzgünlüğünün ölçülmesi ve kontrol edilmesi önemlidir [16]. Pestisit uygulama işlemini etkileyen diğer önemli sprey özellikleri; püskürtme açısı, püskürtme paterni, hacimsel dağılım düzgünlüğü, sıvı tabaka uzunluğu ve uygulama normudur [17].

Pestisit uygulamarının başarısı pülverizatörün tüm parçalarının görevlerini uyum içinde gerçekleştirmesiyle doğrudan ilişkilidir. Fakat pülverizasyon tekniği büyük oranda püskürtme memeleri tarafından oluşturulan damlacığın karakteristiğine bağlıdır. Bu nedenle hastalık ve zararlılarla mücadelede püskürtme memesi kritik bir öneme sahiptir [18].

Püskürtme memesi, bitki koruma ürünü ile hedef arasındaki birincil bağlantı elemanıdır. Püskürtme memesi; sıvı akış hızını düzenlemek, sıvı damlacık boyutunu oluşturmak ve damlacıkları belirli bir desende dağıtmak için tasarlanmıştır [19].

Kimyasal mücadelede; zararlı tespitinin doğru yapılması, mücadelenin ekonomik olması, mücadele yönteminin ve pestisit seçiminin en uygun şekilde yapılması gereklidir. Bu gerekliliklerin yanı sıra kimyasal içerikli maddeyi hedefe taşıyan ilaçlama ünitesinin seçimi, mücadelenin başarısında önemli bir rol oynamaktadır. İlacın bitkiye homojen olarak iletilmesi, bitki yüzeyinde tutunması, pestisit dağılımındaki değişimin ve sürüklenmenin azaltılması ve tavsiye edilen dozda en yüksek biyolojik etkinliğin sağlanması pülverizasyon işleminin temel amaçları arasındadır. Bu bağlamda, ilaçlama ünitesinin doğru ve uygun şartlarda kullanılması, kimyasal mücadelenin en iyi şekilde yapılmasını mümkün kılacaktır [20].

Yanlış yapılan ilaçlama, etkinliği düşürmekte ve çevre kirliliğine yol açmaktadır. Doğru bir ilaçlamada ise hedefe ulaşım sırasındaki kayıplar azalmakta, fazla pestisit kullanımının önüne geçilmekte ve pülverizasyon verimliliği en üst düzeye çıkarılmaktadır [21].

Tarımsal mücadelede püskürtme ünitelerinin yapısal özellikleri (pülverizatör tipi, püskürtme memesi, püskürtme ve hüzme açısı, uygulama yüksekliği ve memeler arası mesafe), işletme parametreleri (uygulama normu, ilerleme hızı ve püskürtme basıncı), meteorolojik etmenler (sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve yönü), bitki özellikleri (boyu, yaprak alan indeksi, yaprak yüzey özelliği) ve atılacak sıvının fiziksel özellikleri (viskozitesi, yoğunluğu) ilaçlama performansını etkileyen önemli parametrelerdir [19, 22-29]. Bu parametrelerin birbirleriyle ilişkisi, uygulama etkinliğini doğrudan etkileyecektir. Dolayısıyla, ilaçlama tekniğinin geniş bir şekilde ele alınması gerekmektedir [21].

İdeal bir ilaçlamada, hedef dışı kayıpların en aza indirilmesi, biyolojik açıdan etkili dozun hedefe aktarılması ve tutunması için püskürtme verimliliğinin en üst düzeye çıkarılması gerekmektedir. Genel olarak insektisit ve fungusitlerde hedefte yeterli kaplama oranı elde etmek için herbisitlere göre daha küçük damlacıklar gerekmektedir [30].

Damlacıkların hareketi, hem hız hem de hareket yönü ile ilgilidir. Çoğu püskürtme memesinde işletme basıncının artırılması damlacık hızını artırmakta, fakat bu durumda daha ince bir sprey oluşmaktadır [31, 32]. Bu iki faktör arasındaki denge, meme tasarımı ve basınç seviyesine bağlı olarak değişmektedir. Yelpaze hüzmeli memelerde püskürtme fan açısı değiştirilerek damlacıkların yönü değiştirilebilir [33]. Büyük damlacıklar, küçük damlacıklardan daha hızlı serbest düşme yapmaktadır. Bu yüzden küçük damlacıklar daha çabuk buharlaşmaktadır. Sürüklenme sadece damlacık boyutuyla değil, aynı zamanda damlacık hızı ve yönüyle de ilişkilidir [34].

Belli bir basınç altındaki sıvının orifisten çıkışını sağlamak için geniş yelpazeli hidrolik püskürtücüler tasarlanmıştır. Bu püskürtücülerle sıvının dağılmasını sağlamak için yeterli hız enerjisinin oluşması gerekmektedir. Damlacık ince bir tabaka halinde hareketli bir şekilde, farklı boyutlarda parçalanmaktadır. Yüzey geriliminin büzülme

kuvvetini aşmak, püskürtme paterninin tam oluşumunu elde etmek ve yeterli bir çıkış hızı sağlamak amacıyla belirli bir basınç gereklidir. Basıncın artması hem çıkışta sprey açısını hem de meme debisi basıncın karekköüne oranla artırmaktadır [35].

İlaçlama ünitelerinde, damlacık boyutu, sürüklenmeye ilişkin en etkili faktörlerdendir [36-38]. Meme tipi, sıvı özellikleri ve püskürtme basıncı damlacık dağılımını etkilemektedir [39]. Basınç arttığında, çoğu püskürtücü daha ince bir damlacık boyutu spektrumu üretir [31, 40, 41]. Damlacık boyutu, hızı ve yönü sürüklenmeyi etkilemektedir. Daha büyük damlacıklar momentumlarını daha uzun süre korurlar ve bu nedenle sürüklenme daha az olur. Her koşul altında sürüklenmeye neden olan spesifik bir damlacık boyut aralığı olmasa da, birçok araştırmacı sürüklenme eğilimi gösteren damlacıkları 75 μm 'den daha küçük [42-43], 100 μm'den daha küçük [44], 150 μm'den daha küçük [45] ve 200 μm'den daha küçük [46] olarak ortaya koymuştur. 100 μm'den küçük damlaların sürüklenmeye yol açtığı sonucuna varılmıştır [47].

Damla spektrumu, orifis çıkışına, memenin püskürtme açısına, çalışma hızına bağlıdır ve bu durum sprey kalitesini belirlemektedir. Bu sebeple istenen püskürtme paternini oluşturan bir meme seçmek önemlidir. Damlacık boyutları 10-1000 μm aralığında değişlik göstermektedir. Tek bir memenin püskürtme paterni, uygulama basıncına, memenin yüksekliğine ve memenin yönlendirildiği açıya bağlıdır [19]. Ayrıca, püskürtme hacminin doğru seçilmesi önemlidir. Kaplama oranı, damla boyutu, uygulama normu ve pestisit etkinliği gibi çeşitli püskürtme özellikleri sürüklenme potansiyelini etkilemektedir [48].

Püskürtme memeleri ilacı homojen damlalar halinde belirli bir hacimsel dağılım sağlayarak hedefe iletmektedir. Yelpaze hüzmeli memeler pülverizasyonda en fazla kullanılan meme tiplerindendir. Bu tip memelerde, basınçlı sıvı orifisten büyük bir hızla çıkış yapar. Hüzmenin yelpaze şeklini alması için iki farklı yol vardır. İlkinde paralel konumlu iki girinti veya çıkıntı yüzeyinin ortasındaki orifisten sıvı püskürtülmekte ve yelpaze şeklini almaktadır. Bu tip memelere yarıklı tip meme denilmektedir. Diğer yöntemde ise sıvı orifisten çıkarken çıkış ağzında engele çarpmaktadır. Bu tip memelere de aynalı (çarpmalı) meme denilmektedir [6].

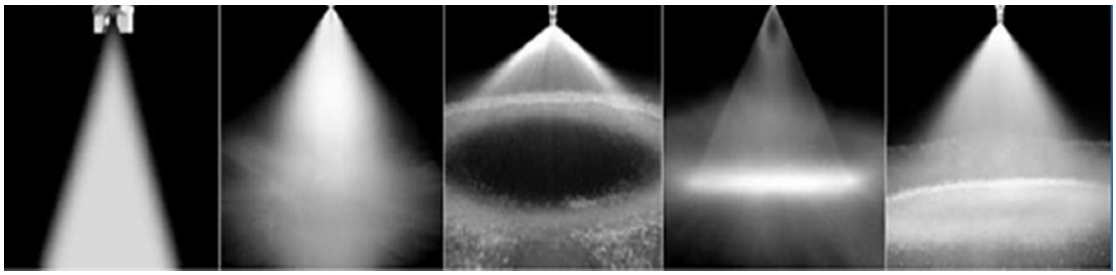
Yelpaze hüzmeli püskürtme memeleri, tarla pülverizatörlerinde genellikle herbisit uygulamalarında elverişli olurken kısmen insektisit ve fungusit uygulamalarında da kullanılmaktadır. Yelpaze hüzmeli memeler püskürtme koluna 50 cm aralıklarla yerleştirilir ve püskürtme açıları yaygın olarak 80º-120º arasında değişmektedir. Bu memelerde homojen bir kaplama sağlanması için en az %50 oranında bindirme olması istenmektedir. Bindirme, püskürtme paterni üçgene yakın ve orifis şekli oval olan standart tip memelerde daha fazla gerçekleşmektedir. Ayrıca ilaçlamada en uygun işletme basıncı aralığının 200-300 kPa olduğu bildirilmiştir [49-50].

Geniş bir alana püskürtme yapan turbo tip memelerde, yüzeysel dağılım standart memelere göre daha homojen oluşmaktadır. Bu memelerin hüzme açıları 150º'ye kadar çıkabilmektedir. Ayrıca daha büyük oranda kaplama sağlarlar ve bindirme oranı yüksekliğe göre %30-50 arasında değişebilmektedir. Optimum 300 kPa basınç istenen bu memeler orta ve kaba yapılı damlalar oluşturmaktadır. Basınç değişimlerine karşı dağılım düzgünlüğü oldukça hassastır. Bu durum da yüksek basınçta standart memelere göre tekdüze olmayan bir yüzeysel dağılıma sebep olmaktadır [49, 51].

Püskürtme açısı, ilaçlama performansını değerlendirmede önemli sprey özelliklerinden bir tanesidir. Çoğu sprey konik şekle sahiptir. Koni açısı genellikle püskürtme memesi çıkışındaki sprey zarfının teğetleri arasındaki açı olarak tanımlanmaktadır [52]. Genel olarak püskürtme açısı, meme boyutları, sıvı özellikleri ve sıvının püskürtüldüğü ortamın yoğunluğundan etkilenmektedir [15].

Püskürtme işlemini etkileyen bir spreyin önemli özellikleri; damla boyutu ve hızı, püskürtme paterni, damla yapısı, sıvı tabaka uzunluğu ve genişliğidir [53,13]. Her sprey, damlacık boyutunun dağılımından oluşur. Belirli bir formülasyon için damla boyutu, meme tipi, meme boyutu ve püskürtme basıncı ile belirlenir [12].

Yetiştirilen tarım ürününe ve sprey özelliklerine göre en uygun meme seçimi yapılmalıdır. Şekil 1.1'de gösterildiği gibi farklı tipte püskürtme memeleri bulunmaktadır. Hava atomizörlü memeler en küçük damla boyutlarını oluştururken, bunları sırasıyla ince sprey, içi boş konik hüzmeli, yelpaze hüzmeli ve tam konik memeler izlemektedir [54].



(a) (b) (c) (d) (e)

Şekil 1.1. Farklı püskürtme açılarına sahip püskürtme memeleri, a; hava atmizörlü, b; ince sprey, c; içi boş konik hüzmeli, d; standart yelpaze hüzmeli, e; tam konik hüzmeli

İlaç uygulamasında en sık kullanılan meme tipleri içi boş konik ve yelpaze hüzmeli memelerdir [55]. Meme boyutu ve rengi, Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) (2005) tarafından tanımlanmıştır [56]. ISO numarası büyükse orifis çapı büyük ve debisi fazladır. Dolayısıyla spektrumdaki damla oranı da fazladır [15]. Basınç ile damla büyüklüğü arasında ters bir ilişki vardır. Basınç arttıkça damlacık boyutu azalmaktadır [54].

Tablo 1.1. Test edilen bazı hidrolik püskürtme memelerinin üretim şartnameleri

Meme tipi	**Meme**	**Basınç (kPa)**	**Püskürtme açısı (°)**	**Nominal debi (lt dk^{-1})**
Konik hüzmeli	Albuz[a] ATR turuncu	600	80	1.08
Konik hüzmeli	Albuz[a] ATR kırmızı	800	80	1.73
Yelpaze hüzmeli	Teejet[b] XR 110 01	400	110	0.45
Yelpaze hüzmeli	Teejet[b] XR 110 04	400	110	1.82
Hava emişli yelpaze hüzmeli	Teejet[b] Al 110 04	400	110	1.82

[a]Saint-Gobain Solcera, Evreux Cedex, France.

[b]Teejet Technologies, Wheaton, U.S.

Püskürtme paterni, püskürtme açısı ve meme debisi hidrolik memelerde önemli kalite parametrelerindendir. Yapısal tasarımı dışında, püskürtme memesi kalite standartları bakımından, orifisin geometrik yapısının düzgün olması istenmektedir [58]. Püskürtme dağılım düzgünlüğünü etkileyen faktörlerden bir diğeri de memelerin orifis açıklıklarında üretimden kaynaklı şekilsel bozukluklardır. Pülverizasyonun tekdüze bir

şekilde yapılması memelerin aynı standartlara sahip olmasına ve meme orifisinin istenen ölçüde olmasına bağlıdır. Meme orifisinin hatalı olması pülverizasyon uygulamasının performansını azaltmaktadır [59].

Püskürtme memelerinde orifis geometrisinin düzgünlüğü, ilaçlama performansını ve hedefe iletim oranını etkilemektedir. Orifis geometrisinin hatalı olması uygulanan dozun değişmesine, damla çapının genişlemesine ve dağılım düzgünlüğünün bozulmasına yol açmaktadırlar. Püskürtme memeleri, fazla kullanım ve malzeme kalitesinin düşük olmasının yanı sıra pestisitlerin farklı kimyasal içeriklere sahip olması sebebiyle zamanla aşınmaktadır. Literatürde püskürtme memesinin aşınması üzerine yer alan çalışmalarda, yelpaze hüzmeli memelerde hüzme açısının ve dağılım düzgünlüğünün arttığı, konik hüzmeli memelerde ise azaldığı belirlenmiştir. İlaçlama zamanlarında, kullanımdan önce ve sonra püskürtme memelerinin %CV değerleri kıyaslanmış ve %CV (varyasyon katsayısı) değerlerinin kullanımdan önce daha az olduğu elde edilmiştir [60]. Orifis geometrisindeki hatalar paternatörde hacimsel dağılım düzgünlüğünün bozulmasına yol açmaktadır. Ayrıca orifisteki hatalar ve bozukluklar eliptik fourier analizi ile belirlenebilmektedir. Orifis geometrisinin görüntüsü alınarak görüntü işleme yöntemiyle matematiksel bir model oluşturulmaktadır. Görüntü işlemeden sonra alınan veriler temel bileşenler analizine tabi tutularak bileşen skorları elde edilmekte ve saçılım grafikleriyle grup ortalamasının dışında kalan meme orifisi tespit edilebilmektedir [59].

Pülverizasyonun başarılı bir şekilde yapılması, her tarım ürünü için en doğru tekniğin belirlenmesi ile söz konusudur. Farklı ürünlerde uygun basınç ve doğru meme tipinin belirlenmesi gerekir. Aksi takdirde pülverizasyon başarısı ve etkinliği azalmaktadır. Sıvı pestisit uygulamalarında, paternatörde farklı basınç ve farklı tip püskürtme memesi kullanarak hüzme açısı, örtme genişliği ve püskürtme paterni değişiminin görüntü işleme yöntemi ile belirlenmesi uygun işletme koşullarının belirlenmesi açısından gereklidir.

Görüntü işleme, bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle birlikte ortaya çıkan ve geniş kullanım alanı olan bir yöntemdir. Bu yöntemde fotoğraf makinası, tarayıcı veya kamera gibi cihazlarla yakalanan sabit veya hareketli bir görüntü sayısal dönüşüme tabi tutulmakta ve bu sayısal veriler algoritmalar yardımı ile anlamlandırılmaktadır.

Sürdürülebilir tarımda görüntü işleme yöntemi; yaprak alan indeksinin hesaplanması, bitki gelişiminin takip edilmesi, sebzeler ve meyvelerde renk analizi ve olgunluk zamanının belirlenmesi, tarımsal ürünlerin sınıflandırılması, tarımda ilaçlama ve yabancı otların tespit edilmesi gibi uygulamalarda kullanılmaktadır [61].

Geleneksel yöntemlerin kullanıldığı geniş kapsamlı çalışmalarda çok fazla sayıda analiz yapılması gerekmektedir. Çalışmalarda elle yapılan ölçümler sonrasında verilerin analiz edilmesi, mikroskop ve tarayıcı gibi donanımların kullanılması bu yöntemleri oldukça yorucu ve zaman alıcı bir hale getirmektedir [62].

Parçacık Damla Görüntüleme Analizörleri (PDIA), spreyin dijital görüntülerini otomatik olarak analiz eden yaygın yöntemlerden birisidir. Arka planı aydınlatmak için bir ışık kaynağından yararlanılmaktadır. Dijital kamera ile nesnenin görüntüleri yakalanmaktadır. Damlacık boyutunun geniş bir yelpazesini ölçebilmek için farklı büyütme ayarları uygulanabilmektedir. Görüntü işleme yazılımı ile damlacık boyutunu belirlemek için görüntüler analiz edilir. Damlacıkların şekilleri ölçülebilmekte ve kaydedilebilmektedir. Lazer sinyalleri kullanılarak parçacık hareketi ve hızını ölçmek de mümkün olmaktadır. Püskürtme geometrisine ilişkin bilgiler, açık renkli aydınlatmayla sağlanabilmektedir. Kullanılan en yaygın PDIA, Oxford Laser tarafından geliştirilen VisiSizer yazılımıdır. Bu sistem, koni açısını, damla boyutunu, damla hızını ve püskürtmenin diğer önemli parametrelerini ölçmekte ve kısa sürede sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır [63].

1.2. Literatür Özeti

Azimi vd. [15], çalışmalarında farklı memelerin püskürtme dağılımlarını değişik uygulama koşullarında araştırmışlardır. Deneme materyali olarak pirinç ve paslanmaz çelikten imal edilmiş 80º'lik yelpaze hüzmeli püskürtme memelerini seçmişlerdir. Sonuçta püskürtme dağılımına; işletme basıncı, meme yüksekliği, meme debisi ve memeler arası mesafenin etkili olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada, paternatör kullanılarak hacimsel dağılım düzgünlüğü testleri gerçekleştirilmiştir.

Mengeş [64], çalışmasında yelpaze ve konik hüzmeli memelerde çalışma basıncı, meme tipi, püskürtme yüksekliği ve meme aralığının hacimsel dağılım düzgünlüğü ve ilaçlama performansına olan etkisini araştırmıştır. Uygulamada yelpaze hüzmeli memeler için

200-300-400 kPa ve konik hüzmeli memeler için 300-500-700 kPa basınç değerleri seçilmiştir. Hüzme açısının konik hüzmeli memelerde 79º-101º arasında, yelpaze hüzmeli memelerde ise 98º-123º arasında değiştiği belirlenmiştir. Meme debileri konik hüzmeli memelerde 0.455-2.293 lt dk^{-1} arasında, yelpaze hüzmeli memelerde ise 1.571-2.594 lt dk^{-1} arasında elde edilmiştir. Homojenlik katsayısı değerleri, konik hüzmeli memelerde 1.58-2.97, yelpaze hüzmeli memelerde ise 1.53-2.48 değerlerinde bulunmuştur.

Sarita [65], görüntü analiz yöntemiyle damla çaplarını belirlediği çalışmada; damla dağılımının ölçülmesinin, kullanılan pestisit miktarının, dağılım düzgünlüğünün ve ilaçlama aletinin etkinliğinin belirlenmesi açısından önemli olduğunu ortaya koymuştur. Bu teknik sayesinde suya duyarlı kartlar yardımıyla alınan damlaların çok kısa sürede analiz edilebildiğini bildirmiştir. Görüntü işleme yöntemiyle damla çapı ve birim alandaki damla sayısı ile her bir suya duyarlı kartın yüzey kaplanma oranının hesaplanabileceğini belirtmiştir.

Zhou vd. [66], çalışmalarında pülverizasyonda en yaygın kullanılan 80º ve 110º hüzme açılı yelpaze hüzmeli memeler için hüzme açısının en önemli parametrelerden biri olduğunu ortaya koymuştur. Pülverizatörlerde püskürtme kolu yüksekliği, meme aralığı ve hüzme açısının yeknesak bir kaplama elde etmek için önemli olduğu vurgulanmıştır.

Karahan ve Sağlam [67], yaptıkları çalışmada farklı yöntemlerle damla dağılımını belirlenmeyi amaçlanmışlardır. Yüzey olarak hedefe yerleştirilmiş suya duyarlı kâğıtlar kullanmıştır. Damla analizi için mikrometreli mikroskop, tepegöz ve görüntü işleme programı kullanmışlardır. Elde edilen bulgulara göre mikrometreli mikroskopla yapılan ölçüm ve analizlerin daha güvenilir olduğu ortaya konmuştur. Tepegözle büyütmede fotokopiden kaynaklı hassas bir ölçüm sağlanamamıştır. Görüntü işlemeyle yapılan analizlerin ise hem oldukça kısa sürede gerçekleştiğini hem de suya duyarlı kâğıdın yüzeyindeki damlanın karakteristik değerlerini tamamıyla ortaya koyduğunu belirtmişlerdir. Bu bağlamda görüntü analiz yönteminin, diğer iki yönteme göre daha avantajlı olduğunu vurgulamışlardır.

Chiu Hsiang Wen vd. [68], pülverizasyonda pestisit kayıplarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; suya duyarlı kartlar ve görüntü işleme tekniğinden yararlanmışlardır. Suya duyarlı kartlardaki damlalar tarayıcı vasıtasıyla belirlenmiştir.

Görüntü analiz tekniğiyle; damla çapı dağılımını ve yüzey kaplanma oranını saptamışlardır. Püskürtme yüksekliği veya ilerleme hızı arttırıldığında ya da basınç düşürüldüğünde yüzey kaplama oranının azaldığını ortaya koymuşlardır.

Salyani ve Fox [69], yaptıkları çalışmada pülverizasyon kalitesini belirlerken hedef yüzey olarak suya duyarlı kartlar ve yağa duyarlı kartlar kullanmışlardır. Portakal bahçesinde dört tekerrürlü gerçekleştirilen çalışmada 3 adet hava destekli pülverizatör, farklı uygulama normu ve ilerleme hızlarını test etmişlerdir. Denemede püskürtülen sıvı petrol yağı (Sunspray 7E) sabit oran olarak 37.5 lt ha^{-1} ve su oranları ise 220-3750 lt ha^{-1} olarak ele alınmıştır. Hedef yüzeyler farklı yüksekliklerde taç iz düşümünün 0.3 ve 0.4 m iç kısmına ve tacın dış kısmına konumlandırılmıştır. Suya duyarlı kartlar ve yağa duyarlı kartlar her bir ilaçlamada altta ve üstte olmak üzere iki komşu yaprağa yerleştirilmiştir. Hedef yüzeyler, görüntü işleme tekniğiyle analiz edilmiştir. Dağılım düzgünlüğünün değerlendirilmesinde; yüzey kaplama oranı, ortalama damla çapı, hacimsel ortalama çap ve damla yoğunluğu gibi karakteristikler kullanılmıştır. Çalışmada dağılım paternlerinde önemli varyasyonlar ortaya çıkmıştır. Suya duyarlı kartlar ve yağa duyarlı kartlar hedeflerin konumlandırıldığı yerlerden önemli derecede etkilenmiştir. Çalışma sonucunda; ilaçlama kalitesinin belirlenmesinde, yüzey kaplanma oranını en güvenilir parametre olarak ortaya koymuşlardır.

Dursun vd. [70], çalışmasında 6 adet püskürtme memesinin meme plakalarındaki delik çapı ve delik kenar düzgünlüklerini belirlemiştir. Delik çapını ölçmek amacıyla plakaların görüntüleri tarayıcı vasıtasıyla bilgisayara aktarılmıştır. Hassas bir ölçüm yapılması için görüntüler 25 kat büyütülmüştür. Görüntü işleme ile delik çapları her bir plaka için delik çevresi boyunca 5 noktadan ölçülmüştür. Sonuçta imalatçıların belirttiği plaka delik çapları ile elde edilen ortalama delik çapları arasında farklılıklar bulunmuştur. Meme plakalarının delik kenarlarında çapakların bulunduğu, ayrıca deliklerin yeterli düzgünlükte olmadığı tespit edilmiştir.

Sudheer ve Panda [71], çalışmalarında sulama amaçlı sprey memelerinden çıkan damla çapının belirlenmesi için görüntü işleme tekniğinin diğer tekniklere göre pozitif yönlerini karşılaştırmışlardır. Püskürtme sırasındaki damlacıkların fotoğrafları, hızlı ve yüksek çözünürlüklü analog kamera ile alınarak tarayıcı vasıtasıyla dijitale çevrilen görüntüler bilgisayar ortamında işlenmiştir. Gri seviye eşik değerleri uygulanarak arka

plan ve damlalar birbirinden ayırt edilmiştir. Piksel sayma yöntemiyle damla kaplama alanı tespit edilmiştir. Bu yöntemle damlaların kenar uzunlukları ve çapları belirlenmiştir.

Degre vd. [72], laboratuvar ortamında gerçekleştirdikleri denemelerde, püskürtülen damlaların çap değerlerini görüntü işleme yöntemiyle tespit etmiştir. Çalışmada hedef yüzeylere yerleştirilen, silikon yağ, suya duyarlı kart ve cam yüzey kullanılmıştır. Yüzeyler üzerinde oluşan damlaların hacimsel dağılımlarını belirlemişlerdir. Çalışmada 200 kPa ve 400 kPa işletme basıncında ve 100 lt ha^{-1} uygulama normunda püskürtme yapmışlardır. Araştırmacılar suya duyarlı kâğıtların, kolay ve uzun süreli muhafaza edilme süreleri sebebiyle en avantajlı yüzey olduğunu bildirmişlerdir. Suya duyarlı kâğıtlarda, görüntü işleme yönteminin, mevcut yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır.

Wolf ve Minihan [73], çalışmalarında farklı özelliklere sahip yelpaze hüzmeli memeleri ele almıştır. Görüntü işleme tekniğiyle damla çaplarını belirlemek için suya duyarlı kartlar kullanmıştır. Sürüklenmeyi etkileyen en önemli etkenlerin damla çapı ve dağılımı olduğunu belirtmişlerdir. Pülverizasyon işlemlerinde püskürtme performansı açısından damla çapının en iyi hale getirilmesi gerekmektedir. Sürüklenme riskinin 200 μm ve daha az damla çaplarında daha da arttığını tespit etmişlerdir.

Soysal ve Bayat [74], çalışmada püskürtme tekniği açısından düşük sürüklenme potansiyelli memeler (Drift Guard, Turbo Teejet, Air Induction, Air-jet) ile standart yelpaze hüzmeli memeleri ele almıştır. Püskürtmede damla karakteristikleri, kaplama oranı ve sürüklenme potansiyelinin belirlenebilmesi için suya duyarlı kartlar kullanılmıştır. Suya duyarlı kartlar üzerindeki damla örnekleri bir tarayıcı yardımıyla alınmış ve bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Elde edilen görüntüler Image Tool 3.0 görüntü işleme programı ile analiz edilmiştir. Bu sayede damla karakteristikleri ve pülverizasyon kalitesi tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda artan basınçla tüm memelerde sürüklenme riski olan damlaların oranı artmıştır. Standart yelpaze hüzmeli, düşük sürüklenme potansiyelli, turbo ve hava emişli memelerde en yüksek kaplama oranı değerleri, 4 bar basınçta ve 015 numaralı meme orifis ölçüsünde sağlanmıştır.

Nuyttens vd. [75], çalışmalarında meme tipinin, boyutunun ve işletme basıncının damlacık özelliğine etkisini araştırmıştır. Çalışmada 32 adet püskürtme memesi ve

işletme basıncı kombinasyonu ve özel iklimlendirme odası koşullarında doppler fazlı parçacık analiz cihazı kullanmışlardır. Ayrıca testler 80º konik hüzmeli, 80º ve 110º standart yelpaze hüzmeli ve hava emişli meme ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre meme boyutunun damlacık hızını ve büyüklüğünü önemli şekilde etkilediğini tespit etmişlerdir. Farklı püskürtme memesi ve işletme basıncı kombinasyonlarından elde edilen sonuçların sürüklenme potansiyelinin belirlenmesinde hesaplamalı akışkan dinamik (computational fluid dynamics) sürüklenme modeline önemli bir veri kaynağı olarak kullanılacağını belirtmişlerdir.

Kimyasal mücadelede püskürtme memelerinin en önemli özelliğinin ilacın hedefe taşınması olduğunu vurgulayan Sehsah ve Kleisinger [76], araştırmalarında pestisitlerin sürüklenme sebepleri olarak rüzgar hızı, püskürtme kolu yüksekliği ve uygulama basıncı olduğunu ortaya koymuşlardır. Yaptığı çalışmada çapraz rüzgarların sürüklenmedeki etkisini ve rüzgar hızının püskürtme paterni üzerindeki etkisini araştırmıştır. Yapay rüzgar hızı için 2.2 kW'lık motora (elektrikli) sahip bir eksenel fan ve püskürtme paternini incelemek için ise farklı tipte püskürtme memeleri (IDKN120-04, AD110-03, TT11003 Turbo Jet ve ATR 208 (Albuz)) kullanmışlardır. Çalışmada 3, 4 ve 5 bar basınç değerleri uygulanmıştır. Püskürtülen sıvı rüzgar tünelinin sonunda 150 toplama silindirine biriktirilmiştir. Sonuç olarak, rüzgardan en az etkilen memenin IDKN120-04 meme tipi olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda püskürtme kolu yüksekliğinin meme dağılım düzgünlüğü üzerinde doğrudan etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Cunha vd. [77], yaptıkları çalışmada yapay hedef olarak kullanılan suya duyarlı kartların görüntü işleme tabanlı ürün ilaçlama kalitesinin göstergelerinin işlendiği birkaç ticari ve deneysel yazılım paketinin (ImageTool, StainAnalysis, Gotas, StainMaster, AgroScan, DropletScan and Spray_image I and II) karşılaştırılmasını yapmışlardır. Çalışmada kaplama alanı, damlacık boyutu spektrumu ve manuel sayım ile doğrulanmış sınıf boyutu dağılımı gibi karakteristikler dikkate alınmıştır. Yazılımların test edilmesinde kontrollü sprey uygulamaları tarafından elde edilmiş, 14 ile 108 damla cm^{-2} şeklinde belirlenen damla yoğunluğuna ve geniş bir damla boyutu spektrumuna sahip çok sayıda yapay hedef kullanılmıştır. Sonuçlarda uygun bir görüntü sistemi ile birleştirilmiş yapay hedeflerin püskürtme parametrelerini hesaplamak için doğru bir teknik olabileceğini elde etmişlerdir. Yöntemler arasındaki fark; damla yoğunluğu için

%6.7, hacimsel medyan çapı için %11.5, kaplama alanı için <%3 ve kaplama yoğunluğu için <% 3 olarak bulunmuştur. Test edilen 16 damlacık sınıfı boyut dağılımında yöntemler arasındaki farklar tümünde <%15 olarak bulunmuştur. Fakat görüntü analiz sistemlerinin çoğunda kaplama oranı %17'den büyük olduğunda kaplama yoğunluğu ölçümünün doğru olmadığını tespit etmiştir. Spray_image II yazılımı, kaplama yoğunluğunu %2'lik bir ortalama mutlak hatayla tahmin etmişlerdir. Kaplama oranı yaklaşık %43 olduğunda mutlak hata %10'un altında bulunmuştur. Çalışmada bu yazılımın, test edilen diğer programlarla kıyaslandığında, kaplama alanı ve damla boyutu spektrumunun yanı sıra damlacık sınıfı boyut dağılımı için de en hassas sonuçları verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Sayıncı vd. [78], farklı girdap plakası ve meme kombinasyonlarının damla boyutu ve uygulama hacmini değiştirdiğini tespit etmişlerdir. Aynı zamanda farklı tip memeler (plastik, paslanmaz çelik ve seramik) ve girdap plakalarının (plastik ve paslanmaz çelik) hacimsel dağılım düzgünlüğü belirlenerek %CV (varyasyon katsayısı) değerlerini kıyaslamışlardır. Çalışmalarında 9 farklı işletme basıncında (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 ve 12 bar) ve 27 farklı püskürtme memesi ve girdap kombinasyonunda debi ölçümü yapmışlardır. Değişik renklerdeki plastik girdap plakaları farklı özellikler göstermiş ve püskürtme memesinin karakteristiğini değiştirdiğini belirtmişlerdir. Farklı plakalar tek memeden ölçülen debi ortalamalarında da farklı sonuçlar verdiğini, aynı renkli plakalarda ise girdap deliğindeki büyüklüklerin farklılık gösterdiğini saptamışlardır. İşletme koşulları aynı tutularak püskürtme memelerinin hacimsel dağılım düzgünlüğü incelendiğinde, yelpaze hüzmeli memelerin konik hüzmeli memelerden daha büyük çapta damlacıklar ürettiğini gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak hacimsel dağılım düzgünlüğünün tam olarak elde edilebilmesi amacıyla, orifis çapı dar olan memelerin orifis çapı büyük olan memelere göre daha büyük basınçlarda çalıştırılması gerektiğini saptamışlardır.

Minov vd. [79], yüksek hızlı görüntüleme teknikleri kullanarak püskürtme memesi karakteristiklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada, akış hızı test tezgâhı, yatay paternatör ve Doppler Analiz lazer yöntemleriyle elde edilen sonuçları mevcut ölçüm tekniklerinin sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. Bu kapsamda beş farklı hidrolik püskürtme memesinin (Albuz ATR orange, Albuz ATR red, TeeJet XR 110 01, TeeJet XR 110 04 ve TeeJet AI 110 04) püskürtme açısı, sıvı akış uzunluğu ve

püskürtme paterni değişimlerini gelişmiş bir yüksek hızlı görüntüleme sistemi kullanılarak test etmişlerdir. Farklı meme ve basınç kombinasyonlarında sprey açıları 4 farklı yükseklikten (0, 15, 30 ve 50 cm) ölçülmüştür. Nominal sprey açısı 80^{o} olan Albuz ATR orange ve Albuz ATR red tipi konik hüzmeli memelerin, gerçek sprey açılarının sırasıyla; 80.7-96.9º ve 79.6-90.0º arasında değiştiğini bildirmiştir. Nominal sprey açıları 110^{o} olan TeeJet XR 110 01, TeeJet XR 110 04 ve TeeJet AI 110 04 yelpaze hüzmeli memelerde ise gerçek sprey açıları sırasıyla 108.5-119.0º, 113.8-132.1º ve 117.6-123.0º arasında değiştiğini gözlemlemiştir. En düşük sıvı akış uzunluğu TeeJet XR 110 01 meme tipinde (18.5 mm), en yüksek sıvı akış yüksekliği ise TeeJet AI 110 04 meme tipinde (43.1 mm) belirlenmiştir. Görüntü analiz tekniğiyle tespit edilen püskürtme paterninin 400 kPa basınçta TeeJet XR 110 04 tipi meme tipinde, 4 farklı yükseklikte (5, 10, 20 ve 30 cm), 22.1-85.9 cm arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Minov vd. [57], çalışmalarında; damlacık özelliklerini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Damlanın üretilmesi için; ilk modda ihtiyaca bağlı damlacık üreten (Droplet-On-Demand), ikinci modda ise 4 farklı orifis boyutuyla sürekli damlacık üreten, piezoelektrik esaslı bir tek damlacık jeneratörü kullanılmıştır. Kullanılan damlacık jeneratörü tek bir damlacık veya sürekli akan düzenli boyutta damlacıklar üretmektedir. Yüksek hızlı bir görüntüleme sistemi ve görüntü işleme algoritmaları kullanarak; farklı orifis ölçülerini dikkate alarak, ihtiyaca bağlı damlacık üreten modda darbe genişliği ve darbe genliğinin ve sürekli modda frekans ve darbe genliğinin damlacık karakteristikleri (damlacık boyutu, damlacık hızı ve damlacıklar arası) üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sistemin ihtiyaca bağlı damlacık üreten modda 134.1 ila 461.5 µm aralığında ve sürekli modda 167.2 ila 458.6 µm aralığında değişen damlacık çapları üretmeyi başardığını belirtmişlerdir. Buna ilaveten damlacık hızlarının ihtiyaca bağlı damlacık üreten modda 0.08 ile 1.8 m s^{-1} ve sürekli modda 1.8 ila 4.7 m s^{-1} arasında değiştiği ortaya konulmuştur. Bir damlacık tartım yöntemi kullanılarak yapılan doğrulamanın damlacık görüntüsü analiz sonuçlarıyla uyum gösterdiği gözlemlenmiştir

Sun vd. [80], tarla koşullarında damla boyutunu ölçmek için görüntüleme tabanlı bir sistem geliştirmiştir. Geliştirdikleri sistemi bu alanda görüntü işleme teknolojilerinde en çok kullanılan yöntemlerden yağ diski ve lazer enstrüman yöntemiyle kıyaslamışlardır. Damlacık görüntülerinin okunmasında kamera, uygun lens ve bir aydınlatma kaynağı kullanmıştır. Damla alanı, çapı ve hacmi gibi karakteristikler MATLAB programında

hesaplanmıştır. Çalışmada kapalı ortamda yapılan denemelerde; geliştirilen sistem ile yağ diski yöntemi arasındaki karşılaştırmalar sonucu ortalama bağıl hatayı DV 0.1, 0.5 ve 0.9 (ince, orta ve kaba) damla boyutları için sırasıyla %6.03, % 5.50 ve %6.25 olarak bulmuşlardır. Tarla karşılaştırma denemelerinde ise geliştirilen sistem ile yağ diski yöntemi arasındaki bağıl hatanın %5.61 olduğunu ve bu yeni sistem ile lazer enstrümanı yöntemi arasındaki bağıl hatanın %6.88 olduğunu ortaya koymuşlardır. Tarla uygulama denemelerinin sonucunda ince damlacıkların bitkinin kanopisinde kaba damlacıklardan daha iyi penetrasyona sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Geliştirilen sistemin kullanımının basit ve diğer sistemlere göre daha ekonomik olduğu bunun yanında yağlı disk kullanılan görüntü işleme yöntemlerine kıyasla daha kısa sürede sonuçlar elde edildiğini belirlemişlerdir.

Zhang vd. [81], tarımda birçok alanda kullanılan basınç-girdaplı memenin püskürtme karakteristiklerinin etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, meme deliği boyutunun ve enjeksiyon basıncının; püskürtme morfolojisi, hız dağılımı ve püskürtme açısı üzerinde etkileri üzerine yoğunlaştıkları denemeler yapmıştır. Çalışmada; farklı enjeksiyon basınçlarında (0.1 MPa, 0.2 MPa, 0.5 MPa ve 1.5 MPa), 1.0 mm'lik sabit bir delik uzunluğunda, 0.3 mm, 0.5 mm ve 0.8 mm orifis çaplı memeler tarafından üretilen sıvının hız dağılımını ölçmek için püskürtme görüntüleri alınmıştır. Yapılan denemeler sonucunda, 1.5 MPa değerinde kritik bir enjeksiyon basıncının bulunduğu, bu değerin üzerindeki basınçlarda püskürtme açısının basınçtan bağımsız hale geldiği, ayrıca orifis uzunluğu/çap oranı 2 olan memelerin daha yüksek hızlara bağlı olarak daha yüksek püskürtme açısına sahip olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlara ve Buckingham π teoremine göre püskürtme açısı (θ) ile $RE = 1.4Re0.39$ şeklinde tanımlanan Reynolds sayısı (Re) arasında bir ilişki bulunmuştur.

2. BÖLÜM

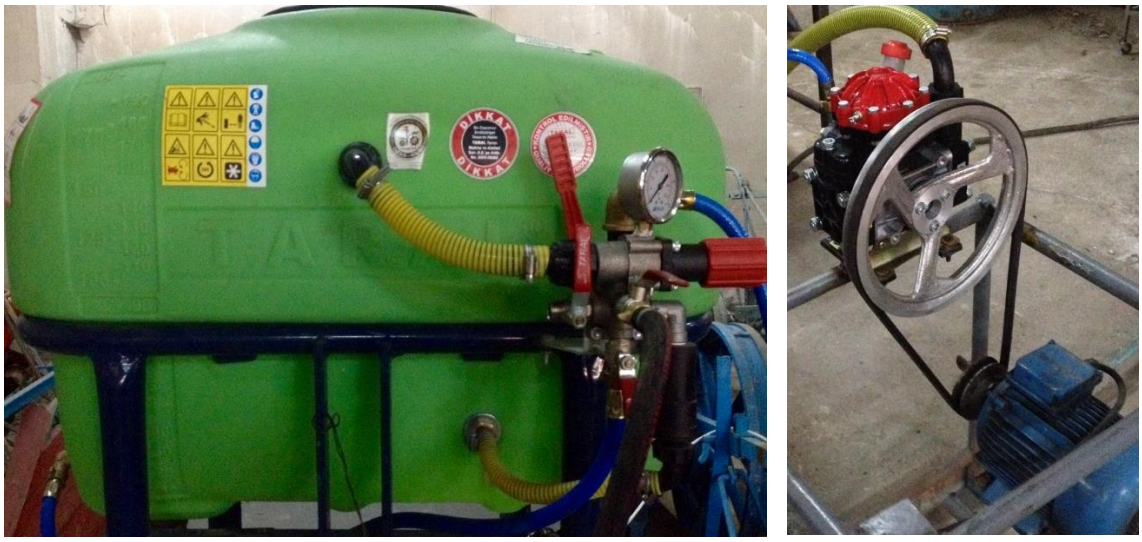
MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yürütülmüştür. Pülverizasyonda püskürtme ve hüzme açısı, meme debisi, örtme genişliği ve püskürtme paterni değişimlerini belirlemek amacıyla paternatör, püskürtme kolu ve kamera kullanılmıştır. Elde edilen görüntüler bilgisayara aktarılmış ve görüntüler üzerinde, görüntü işleme yöntemiyle değişimler tespit edilmiştir.

2.1.1. Pülverizatör

Paternatörde yürütülen denemelerde püskürtme hattı 200 litre kapasiteli polietilen malzemeden yapılmış depoya sahip konvansiyonel bir tarla pülverizatöründen (TP 200 Piton, Taral®, İstanbul, TR) sağlanmıştır (Şekil 2.1).



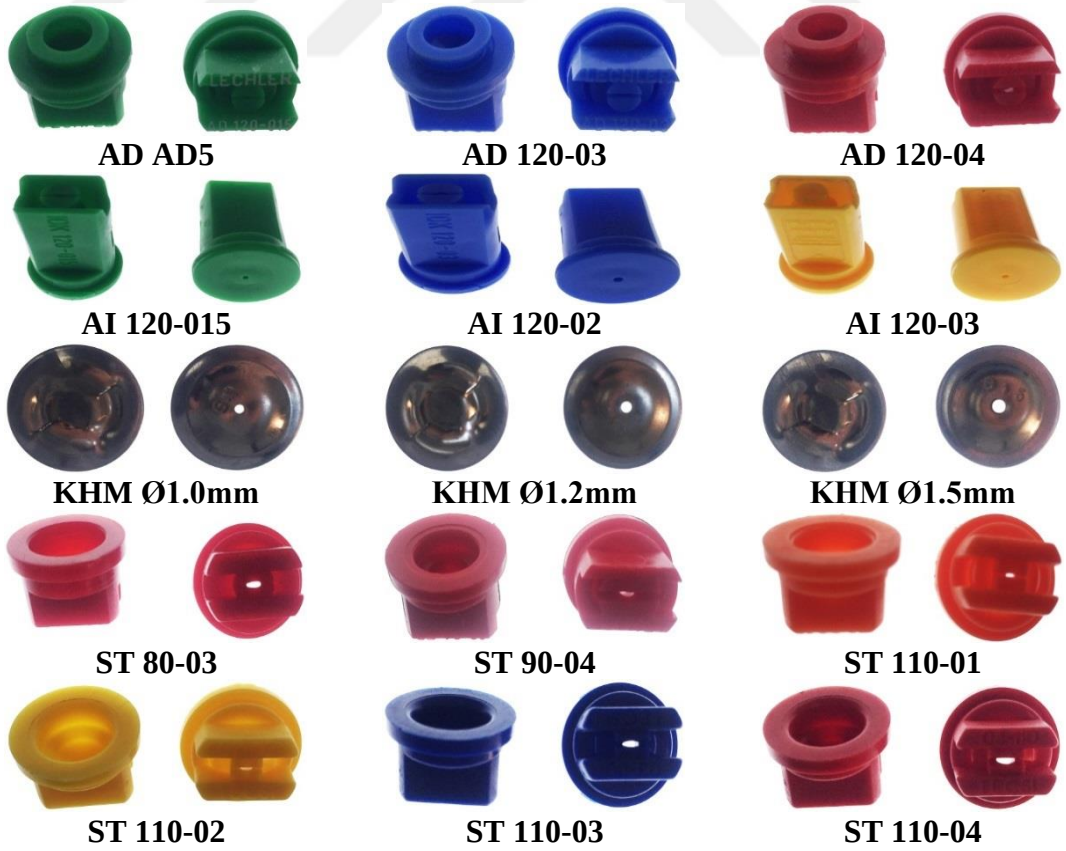
(a) (b)

Şekil 2.1. Hidrolik basınç ünitesi (a) tarla pülverizatörü (b) pompanın elektrik motoruyla çalıştırılması

Basma hattının bağlandığı basınç regülatörü (maksimum 40 bar, 90 lt dk^{-1}, RG-7 Model) kademesiz olarak ayarlanabilir özellikte olup püskürtme basıncı 0-25 bar göstergeli gliserin dolgulu bir manometreden (Pakkens® Model, TR) kontrol edilmektedir. Akışkanı püskürtme hattına ileten piston-membranlı tip pompa, (TAR30, çift pistonlu, %67 verim, Taral®, TR) 39.2 bar (40 kg cm^{-2}) anma basıncında 30 lt dk^{-1} anma debisine ulaşmaktadır. Uzun çalışma süreleri sebebiyle pompa pülverizatör çatısından sökülmüştür. Pompa mili, elektrik motorlu (2.2 kW, 1405 dk^{-1}, AGM 100L 4a tip, Gamak, TR) kayış-kasnak tahrikli bir mekanizmaya bağlanmıştır. Pompa milinin devri optik bir takometreyle (Testo 465, KGaA) 500 dk^{-1} olarak ölçülmüştür.

2.1.2. Meme tipleri

Bu çalışmada, düşük sürüklenme potansiyelli meme (AD 120-015, AD 120-02, AD 120-04), hava emişli meme (AI 120-015, AI 120-02, AI 120-03), konik hüzmeli meme (KHM Ø1.0 mm, KHM Ø1.2 mm, KHM Ø1.5 mm) ve standart yelpaze hüzmeli meme (ST 80-03, ST 90-04, ST 110-01, ST 110-02, ST 110-03 ve ST 110-04) kullanılmıştır. Şekil 2.2'de örnek meme tipleri görülmektedir.



Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan meme tipleri

AD: düşük sürüklenme potansiyelli meme, AI: hava emişli meme, KHM: konik hüzmeli meme, ST: standart yelpaze hüzmeli meme

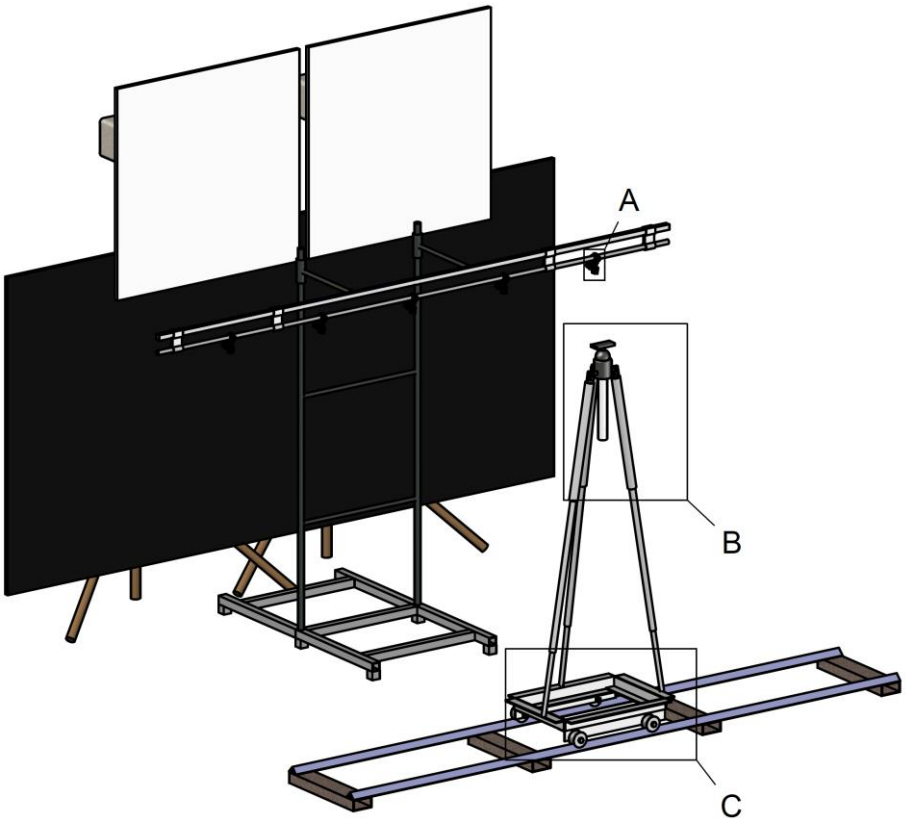
2.1.3. Görüntüleme ekipmanları

Püskürtme görüntülerini almak için Şekil 2.3'te gösterilen dijital SLR kamera (Nikon D300, JP) kullanılmıştır. Kamera bir tripoda yerleştirilerek sabit konumda görüntüler alınmıştır. Püskürtme kolunun arka tarafına siyah renkli fon yerleştirilerek akış görüntüleri netleştirilmiştir. Ayrıca, akış hüzmesinin aydınlatılması için püskürtme memelerine doğru konumlandırılmış softbox donanımlı 2 adet paraflaş kullanılmış ve düşük ışıklı ortamda yapılan çekimlerle yüksek kontrastlı görüntüler alınmıştır.

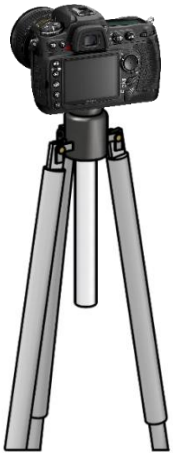


Şekil 2.3. Denemelerde kullanılan fotoğraf makinesi-1

Akış esnasında sabit bir konumdan püskürtme çubuğu (bum) üzerinde sıralı olan memelerin görüntülerini alabilmek amacıyla arabanın çatısına monte edilen tripod ile (kamera bağlı şekilde) yatay düzlemde ray üzerinde 300 cm uzunluğunda doğrusal hareket eden arabalı bir kızak imal edilmiştir (Şekil 2.4).

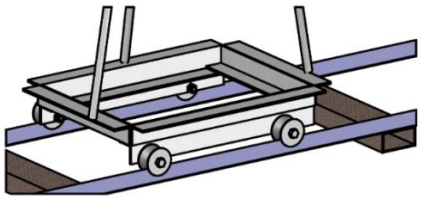


Tripod ve kamera bağlantısı (B) Meme bağlantı gövdesi ve kapağı (A)





Operatör kontrollü doğrusal hareketli araba (C)



(b)

Şekil 2.4. Pülverizasyonla ilgili testlerde kullanılan görüntüleme ekipmanları ve püskürtme kolu

2.1.4. Tek meme paternatörü

Paternatör yan yana sızdırmaz bir şekilde dizilmiş olukların meydana getirdiği bir yüzeydir. Belli bir basınç ve yükseklik koşullarında oluklar içinden akarak ölçüm kaplarında toplanan sıvı miktarları mL olarak ordinata (y eksenine), olukların meme

ekseninden sağa ve sola olan uzaklıkları cm olarak apsise (x eksenine) yerleştirilirse hacimsel dağılım şekli (püskürtme paterni) elde edilmiş olur. Pülverizatör memelerinin akış özelliklerini tespit etmek amacıyla 60 kanallı (kanal aralığı 20.5 mm) tek memeden püskürtme yapan krom saçtan yapılmış 120 cm genişliğe ve 100 cm yüksekliğe sahip bir paternatör kullanılmıştır (Şekil 2.5). Paternatörün kanalları 80 mm yüksekliğe sahip olup yeri değiştirilebilir özellikte imal edilmiştir. Paternatörün püskürtme yüksekliği 20-90 cm aralığında ayarlanabilir yapıdadır. Paternatörde bulunan kanallar ana çatıya %10 eğimle konumlandırılmıştır. Akış sonrası kanallarda biriken sıvı önce akışkan iletim hattına daha sonra kauçuk borular bağlanarak 25 mL hacimli ölçü tüplerine (polistren) aktarılmaktadır. Püskürtme paterninin belirlenmesi için ölçü tüplerinin içine işaret topları yerleştirilmiş ve gerekli veriler bu şekilde elde edilmiştir. Tüplerde toplanan sıvı, iki parça halinde çatıya yerleştirilmiş bir kol yardımıyla açılarak boşaltılmaktadır.



Şekil 2.5. Tek meme paternatörü

Paternatör ile tek memenin paterni belirlenebildiği gibi yan yana birbirini örtecek şekilde bağlanmış iki ya da daha fazla sayıda memenin paterni de belirlenebilmektedir. Dağılım tekerrürü nedeniyle homojenlik katsayıları hesaplanırken iki meme ekseni arasındaki dağılımın dikkate alınması yeterli olmaktadır [82]. Bu işlemin uzun sürmesi

ve pratik olmaması nedeniyle tek memeye ait patern belirlendikten sonra, aralıklar görüntü üzerinde seçilerek bu işlem gerçekleştirilebilir.

2.1.5. Meme gövdesi, manometre, debi ölçer ve selenoid valf

Pülverizatör memesi üç çıkışlı membranlı tip meme gövdesine (Arag SRL 40642W7 Model, IT) monte edilmiştir. Püskürtme basıncı, memeye çok yakın bir noktada monte edilen maksimum 10 bar göstergeli gliserin dolgulu bir manometreden (Pakkens ® MG050GRS1 Model, TR) kontrol edilmiştir. Akış kontrolü diyaframlı tip bir selenoid valf (SMS-TORK S1020 tip, TR) ile sağlanmıştır. Meme debisi farklı püskürtme basınçlarında dijital göstergeli bir debi ölçerle (Sprayer Calibratör, SpotOn ®, Model: SC-1, 1L, Ölçüm aralığı: 0.08-3.79 lt dk^{-1}) belirlenmiştir (Şekil 2.6).



(a) (b)

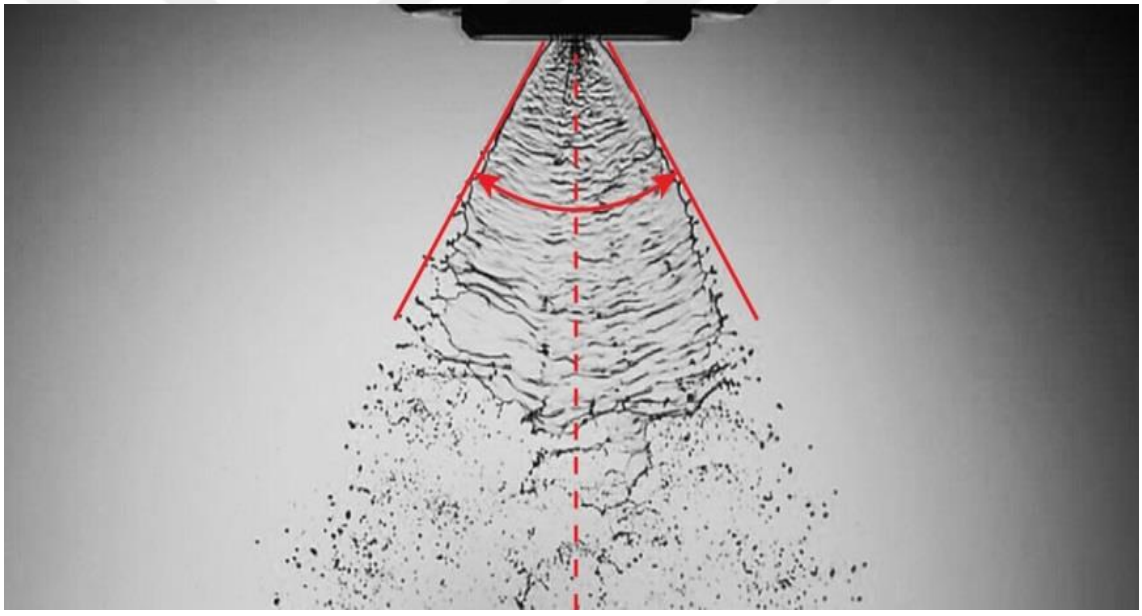
(c) (d)

Şekil 2.6. Püskürtme memesinin monte edildiği (a) üç çıkışlı meme gövdesi, paternatörde bulunan (b) manometre, (c) akış kontrol diyaframlı tip selenoid valf ve (d) debi ölçer

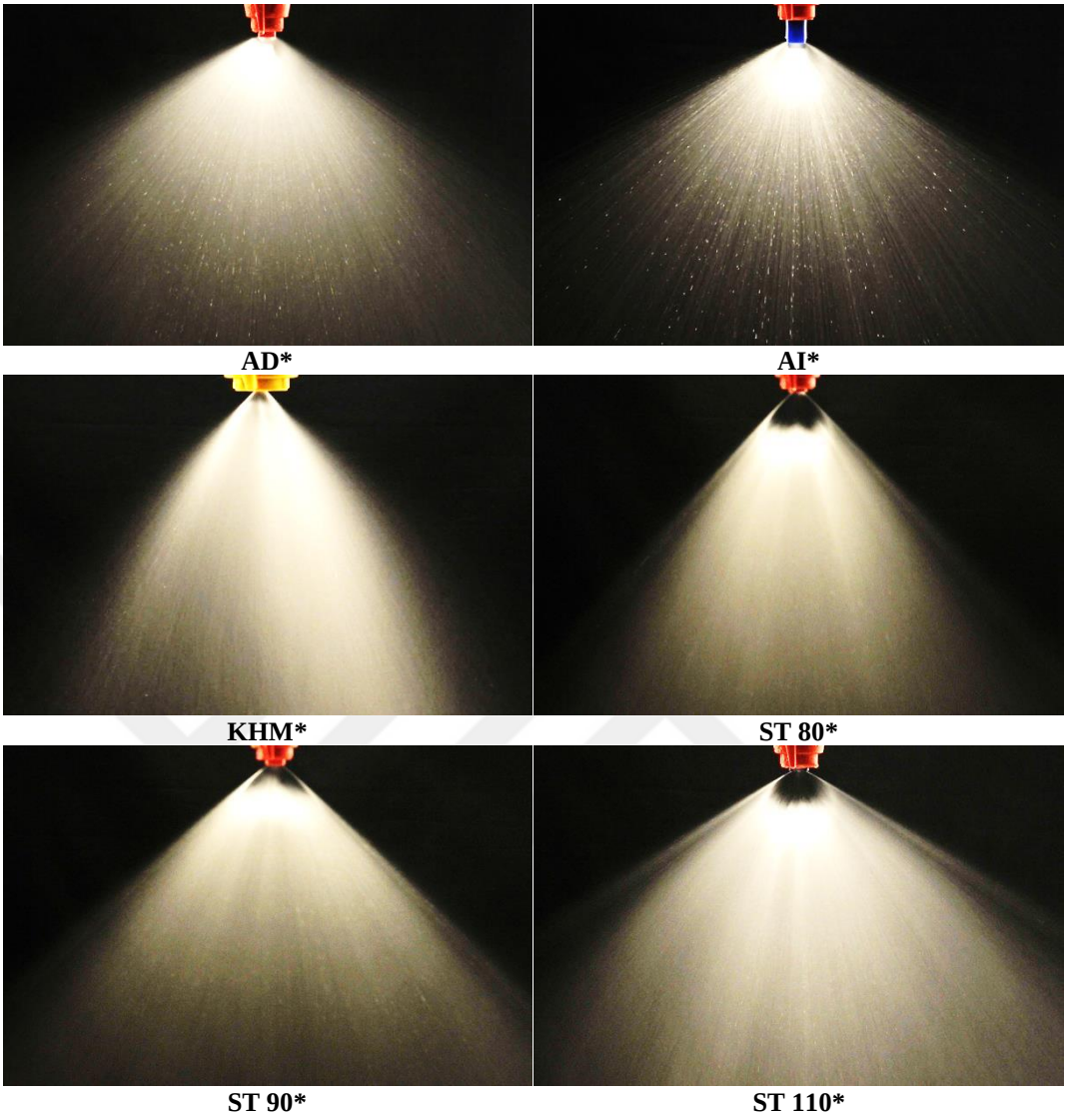
2.2. Yöntem

2.2.1. Püskürtme açısının belirlenmesi

Karanlık ortamda püskürtme hüzmesine doğru yapay aydınlatma yapılarak meme orifis çıkışında elde edilen yüksek kontrastlı püskürme görüntüleri Şekil 2.8'de gösterilmiştir. Bu görüntüler üzerinden ImageJ v.1.38x (Wayne Rasband, National Institutes of Health, US) görüntü işleme yazılımının açı modülü kullanılarak meme orifis çıkışında püskürtme açısı belirlenmiştir [83]. Nominal (anma) açı, üreticisi tarafından tanımlanmış ve belirli çalışma koşullarında geçerli nicel değer anlamına gelmektedir.



Şekil 2.7. Püskürtme sırasında püskürtme açısının görünümü



Şekil 2.8. 3 bar püskürtme basıncında alınan püskürtme görüntüleri

*AD: düşük sürüklenme potansiyelli meme, AI: hava emişli meme, KHM: konik hüzmeli meme, ST: standart yelpaze hüzmeli meme

2.2.2. Püskürtme paterninin belirlenmesi

Sabit konumda 15 adet püskürtme memesinin püskürtme paternini belirlemek için 1200×1000×20.5 mm ölçülerine sahip 60 kanallı tek meme paternatörü kullanılmıştır. Püskürtme yüksekliği, düşük sürüklenme potansiyelli ve ST 110 tip memelerde 40 cm, ST 80, ST 90 ve konik hüzmeli memelerde 60 cm olarak ayarlanmış ve konik hüzmeli memelerde 12 farklı (1-12 bar) basınçta, kalan diğer memelerde ise 8 farklı (1-8 bar) basınçta püskürtme yapılmıştır. Denemeler konik hüzmeli tip memelerde 6 tekerrür, ST 90 tip memelerde 2 tekerrür, düşük sürüklenme potansiyelli ST 80 ve ST 110 tip

memelerde de 3 tekerrür olarak yürütülmüştür. Paternatördeki ölçü tüplerinin kapasitesi %90'a ulaştığında püskürtme sonlandırılmış ve tüplerin içinde bulunan işaret topları paterni oluşturmuştur. Bir tripoda sabit konumda yerleştirilen dijital bir fotoğraf makinasıyla (Panasonic Lumix DMC-FZ50, JP) yaklaşık 2.5 metre uzaklıktan püskürtme paterni görüntüleri (*.jpeg) alınmıştır (Şekil 2.9). Bu görüntüler üzerinden içi dolu tüplerin sayısı belirlenerek belirli bir püskürtme yüksekliğinden hacimsel dağılımın örtme genişliği hesaplanmıştır. Bunun için içi dolu tüplerin sayısı (adet), kanallar arası mesafe ile (2.05 cm) çarpılmıştır. Püskürtme paterni görüntüleri üzerinden her bir kanaldan ölçü silindirine akan sıvının yüksekliği bir görüntü işleme programı (CMEIAS Image Tool Ver. 1.28, USA) aracılığıyla "*y*" koordinatında piksel olarak belirlenmiş ve dağılımın paterni elde edilmiştir [84].

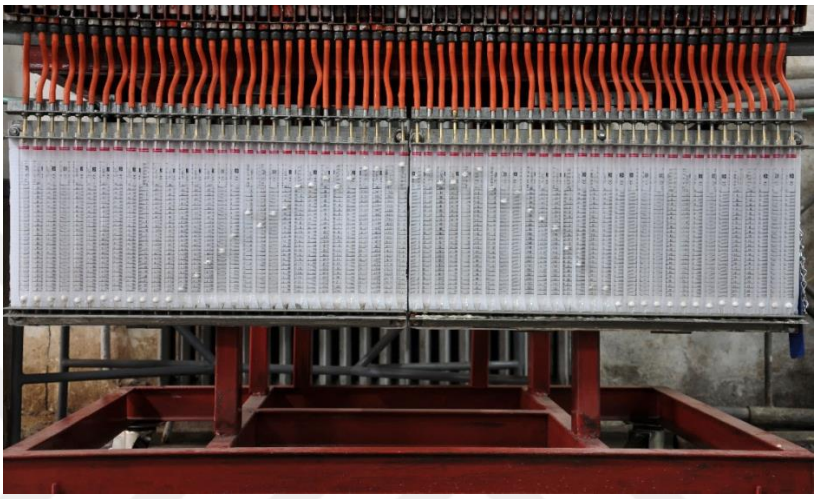


Şekil 2.9. Denemelerde kullanılan fotoğraf makinesi-2

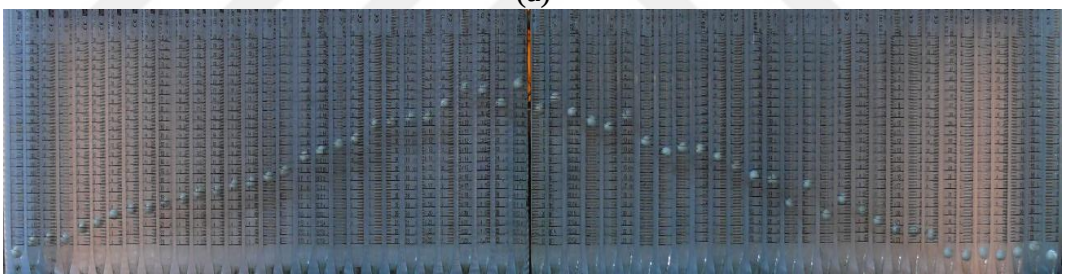
2.2.3. Akış düzgünlüğünün hat profili (line profile) yöntemiyle belirlenmesi

Akış düzgünlüğü belirlenirken püskürtme açısı görüntüleri MATLAB R2009a'a aktarılmıştır. Her görüntünün aynı ''x'' ekseninde (apsis) 350. hatta (line) akış düzgünlüğü grafikleri elde edilmiştir [85]. Karanlık ortamda yapay aydınlatma yapılarak alınan görüntülerde püskürtme hüzmesinin sıvı hacmi farklılıklarını yansıtan hat üzerindeki renk dalgalanmaları (gri tonlama, 0-255 arasında) esas alınarak grafikler oluşturulmuştur. Akış düzgünlüğünün belirlenmesinde kullanılan bu yöntem ilk defa denenmiştir. Tekerrürlü olarak yapılan ölçümler diğer yönteme göre daha pratik bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Yöntemde apsis ekseninde hat çizgisinin yeri değiştirilerek

farklı basınçlarda ve pülverizatör memelerinde daha düzgün akış düzgünlüğü elde edilebilmektedir. Fakat bu çalışmada fikir vermesi amacıyla görüntülerin tümünde aynı hatta grafikler çizdirilmiştir. Farklı basınçlarında (2, 4, 6 bar) elde edilen grafikler, aynı basınçlarda CMEIAS Image Tool Ver. 1.28 ile elde edilen püskürtme paterni grafikleri ile karşılaştırılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 2.10. (a) Püskürtme paterni görüntüleri, (b) Püskürtme paternini gösteren hacimsel dağılımın yakından görüntüsü

2.2.4. Hüzme açısının belirlenmesi

Belirli bir püskürtme yüksekliğinde (40 ve 60 cm) örtme genişliği **Eşitlik 1** kullanılarak hesaplanmıştır. Örtme genişliği (b, cm), paternatörde iki kanal arası mesafe (m_k) ile püskürtme paterninin elde edildiği tüp sayısı (n_k, adet) çarpılarak belirlenmiştir. Sabit işletme basıncı ve püskürtme yüksekliği (h, cm) koşullarında meme hüzme açısı (α°) **Eşitlik 2** kullanılarak hesaplanmıştır.

$$b = m_k \times n_k \qquad \textbf{(1)}$$

$$\alpha = 2 \times tan^{-1}\left(\frac{b}{2 \times h}\right) \quad \textbf{(2)}$$

Burada;

α : hüzme açısı (°),

b : örtme genişliği (cm, içi dolu tüp sayısı × iki paternatör kanalı arası mesafe),

h : püskürtme yüksekliği (cm),

m_k : paternatörde iki kanal arası mesafe (cm),

n_k : püskürtme paterninin elde edildiği tüp sayısıdır.

2.2.5. Meme debisinin belirlenmesi

Tüm meme grupları içerisinde konik hüzmeli memelerde 6 farklı püskürtme basıncında (2, 4, 6, 8, 10, 12 bar), diğer meme tiplerinde 4 farklı püskürtme basıncında (2, 4, 6, 8 bar) meme debisi ölçülmüştür. Meme debisi, ölçüm aralığı 0.08-3.79 lt dk^{-1} olan dijital bir debi ölçerle (Sprayer Calibratör, SpotOn ®, Model: SC-1, 1L) 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Debi ortalamaları ve standart sapmaları tablo şeklinde, püskürtme basıncının karekökü ve debi arasındaki ilişki grafik ve doğrusal eşitlikler şeklinde gösterilmiştir.

Püskürtme memesine ve basıncına bağlı püskürtme açısı ve meme debisi değerleri regresyon analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki fark %95 önem düzeyinde karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analizler SPSS 19.0 paket programında yapılmıştır [86].

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada farklı meme tiplerinin (AD, AI, ST ve KH) ve farklı püskürtme basınçlarının, püskürtme ve hüzme açısı değişimine ve püskürtme paternine etkisi görüntü işleme yöntemiyle değerlendirilmiştir.

3.1. Meme Debisi

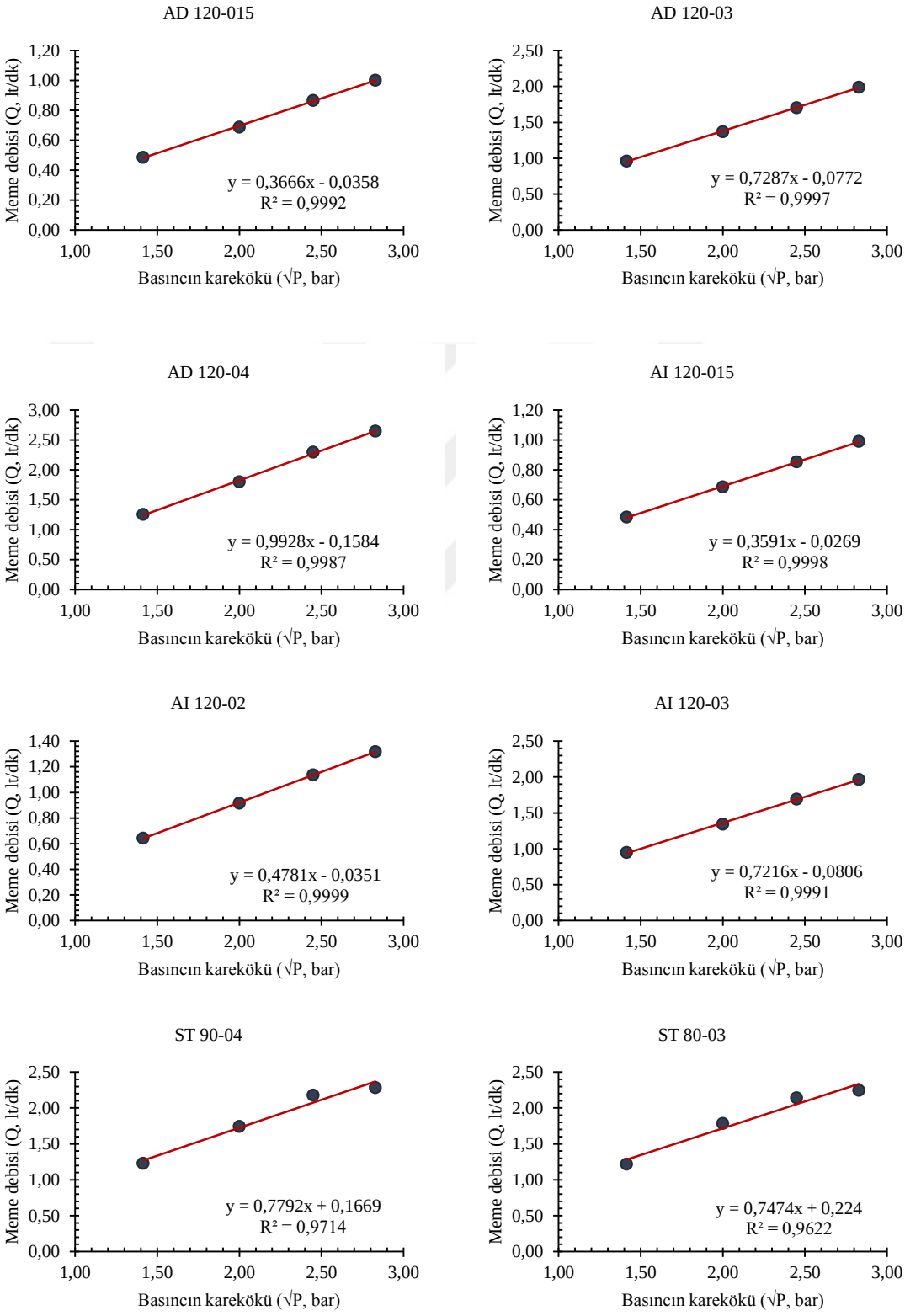
Çalışmada kullanılan tüm meme tiplerinde farklı püskürtme basınçlarında (2-4-6-8-10-12 bar) ölçülen debi ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 3.1'de verilmiştir. Debi ortalamaları düşük sürüklenme potansiyelli memelerde 0.49-2.65 lt dk^{-1}, hava emişli memelerde 0.48-1.97 lt dk^{-1}, standart yelpaze hüzmeli memelerde 0.31-2.29 lt dk^{-1} ve konik hüzmeli memelerde 0.53-1.92 lt dk^{-1} arasında değişmiştir.

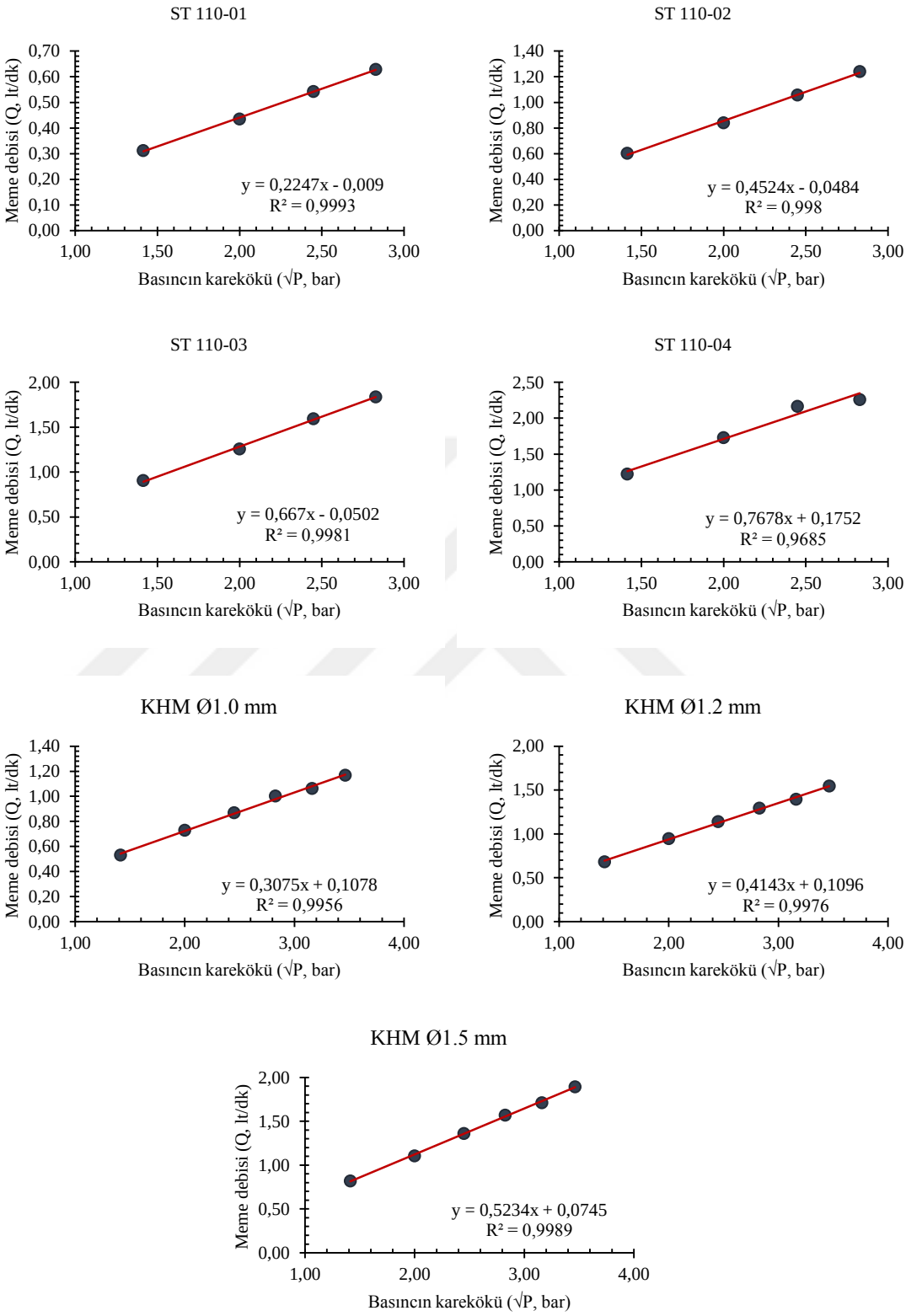
Tablo 3.1. Farklı meme tiplerinde ve basınçlarda meme debisi değerleri

[1]Meme tipi	Basınç (bar)	Debi±SS (lt dk^{-1})	[1]Meme tipi	Basınç (bar)	Debi±SS (lt dk^{-1})
AD 120-015	2	0.49±0.01	ST 110-01	2	0.31±0.02
	4	0.69±0.00		4	0.44±0.03
	6	0.87±0.01		6	0.54±0.03
	8	1.00±0.02		8	0.63±0.04
AD 120-03	2	0.96±0.01	ST 110-02	2	0.60±0.02
	4	1.37±0.01		4	0.84±0.03
	6	1.71±0.03		6	1.06±0.04
	8	1.99±0.03		8	1.24±0.04
AD 120-04	2	1.26±0.03	ST 110-03	2	0.91±0.01
	4	1.80±0.03		4	1.26±0.03
	6	2.30±0.04		6	1.60±0.05
	8	2.65±0.09		8	1.84±0.06
AI 120-015	2	0.48±0.01	ST 110-04	2	1.22±0.02
	4	0.69±0.01		4	1.73±0.03
	6	0.85±0.01		6	2.17±0.05
	8	0.99±0.02		8	2.26±0.05
AI 120-02	2	0.64±0.01	ST 80-03	2	1.22±0.08
	4	0.92±0.01		4	1.79±0.19
	6	1.14±0.01		6	2.14±0.12
	8	1.32±0.01		8	2.25±0.11
AI 120-03	2	0.95±0.02	ST 90-04	2	1.23±0.00
	4	1.34±0.02		4	1.74±0.02
	6	1.69±0.03		6	2.18±0.05
	8	1.97±0.03		8	2.29±0.03
KMØ1.0 mm	2	0.53±0.04	KMØ1.5 mm	2	0.82±0.04
	4	0.73±0.05		4	1.11±0.07
	6	0.87±0.02		6	1.36±0.06
	8	1.00±0.03		8	1.57±0.08
	10	1.06±0.03		10	1.72±0.10
	12	1.17±0.04		12	1.92±0.10
KMØ1.2 mm	2	0.68±0.04			
	4	0.95±0.06			
	6	1.14±0.06			
	8	1.29±0.07			
	10	1.40±0.09			
	12	1.55±0.08			

[1]AD: düşük sürüklenme potansiyelli meme, AI: hava emişli meme, KHM: konik hüzmeli meme, ST: standart yelpaze hüzmeli meme

Püskürtme basıncı ve meme debisi arasındaki doğrusal ilişki, eşitlikler ile açıklanmıştır (Şekil 3.1). Tüm meme tiplerinde R^2 değerleri çok yüksek olarak bulunmuştur.





Şekil 3.1. Basınca bağlı meme debisinin değişimi

AD: düşük sürüklenme potansiyelli meme, AI: hava emişli meme, KHM: konik hüzmeli meme, ST: standart yelpaze hüzmeli meme

3.2. Püskürtme açısı

Düşük sürüklenme potansiyelli ve hava emişli memelerde 8 farklı basınçta püskürtme açısının değişimi Tablo 3.2'de verilmiştir. Düşük sürüklenme potansiyelli memelerde ortalama püskürtme açıları 94.6-121.4º arasında değişmiştir. Nominal (anma) açıya en yakın değerler 7-8 bar püskürtme basıncında elde edilmiştir. Hava emişli memelerde ise ortalama püskürtme açısı değerleri 85.5-124.3º olarak belirlenmiştir. Dorr vd. [87], yaptıkları çalışmada fan (püskürtme) açısını, AI 110-015 tip memede 150 kPa basınçta 124º ve 450 kPa basınçta 150º olarak tespit etmiştir.

Tablo 3.2. Düşük sürüklenme potansiyelli meme tiplerinde püskürtme basıncına bağlı püskürtme açısı (º) değerleri (Ort±SS)

Püskürtme basıncı (bar)	***AD 120-015**	**AD 120-03**	**AD 120-04**	**Ortalama**
1	92.3±3.5	89.3±5.1	102.2±5.1	94.6±7.1
2	105.5±4.2	100.2±1.6	111.2±4.6	105.6±5.8
3	113.3±4.6	105.6±0.5	115.3±2.4	111.4±5.2
4	115.0±3.0	107.9±2.2	117.7±4.5	113.6±5.3
5	120.5±2.1	113.1±2.2	119.0±2.1	117.5±3.9
6	121.8±3.3	114.4±4.6	118.7±2.8	118.3±4.5
7	122.6±3.6	115.4±4.1	120.0±3.1	119.3±4.4
8	123.7±1.9	119.1±2.1	121.4±5.1	121.4±3.5
Püskürtme basıncı (bar)	***AI 120-015**	**AI 120-02**	**AI 120-03**	**Ortalama**
1	75.9±4.8	85.3±3.0	95.4±4.1	85.5±9.1
2	100.9±2.8	97.9±4.1	106.5±2.8	101.8±4.7
3	112.8±2.6	106.6±2.4	112.9±1.8	110.8±3.7
4	120.3±0.7	113.4±5.0	115.4±1.4	116.4±4.0
5	125.4±3.4	116.4±1.8	119.3±3.4	120.4±4.7
6	126.6±2.0	116.4±9.0	120.7±0.6	121.2±6.4
7	129.2±2.6	116.7±10.5	123.6±0.2	123.2±7.7
8	132.9±2.4	116.7±10.4	123.4±3.1	124.3±9.0

Standart yelpaze hüzmeli memelerde 4 farklı orifis ölçüsünde 8 farklı basınçta açı değişimleri Tablo 3.3'te gösterilmiştir. Bu meme tipinde nominal açı değeri 110º olarak kabul edilmektedir. Ortalama değerler incelendiğinde 110º'lik açıya 3-4 bar basınçta yaklaşılmıştır. ST 110 tip yelpaze hüzmeli memeler arasında nominal açı değerlerine en yakın sonuçlar 03 orifis ölçüsüne sahip memede oluşmuştur.

Tablo 3.3. Standart yelpaze hüzmeli memelerde püskürtme açısının (º) basınca göre değişimi (Ort±SS)

Püskürtme basıncı (bar)	**ST 110-01**	**ST 110-02**	**ST 110-03**	**ST 110-04**	**Ortalama**
1	87.5±7.6	70.5±5.6	91.5±3.1	102.0±5.2	87.9±12.8
2	103.1±0.4	89.5±4.7	102.8±4.4	109.0±3.3	101.1±8.1
3	108.9±3.2	100.2±4.9	107.0±3.5	113.3±1.7	107.3±5.8
4	117.1±3.6	103.8±3.9	111.2±2.5	116.9±1.3	112.3±6.2
5	118.5±2.9	107.0±5.3	112.7±2.2	118.5±0.9	114.2±5.7
6	119.4±2.7	109.9±2.8	115.9±2.1	119.2±1.0	116.1±4.5
7	120.4±2.8	111.0±3.7	116.9±2.6	119.7±1.7	117.0±4.5
8	121.6±2.6	114.5±2.5	117.5±2.5	120.9±1.1	118.6±3.6

Konik hüzmeli meme, kullanılan meme tipleri içerisinde en dar püskürtme açısına sahip meme tipidir. Bu meme tipinin nominal açı değeri imalatçı firma tarafından belirtilmemiştir. Püskürtme açısı, 3 farklı meme plakasında (Ø1.0 mm, Ø1.2 mm Ø1.5 mm) ve 12 farklı basınçta test edilmiştir (Tablo 3.5). KHM Ø1.0 mm tip meme plakasında en dar püskürtme açısı 40.1º ve en geniş püskürtme açısı ise 57.8º olarak belirlenmiştir. KHM Ø1.2 mm tip meme plakasında açı değerleri 46.4º ile 67.7º arasında değişmiştir. Bu memeler arasında en geniş püskürtme açısı değerleri ise KHM Ø1.5 mm tip meme plakasında ölçülmüş olup 55.0-76.1º arasında değişmiştir. Bu meme tipinde orifis çapı arttıkça püskürtme açısının da arttığı saptanmıştır.

Tablo 3.4. Konik hüzmeli meme plakalarında püskürtme açısının (º) basınca göre değişimi (Ort±SS)

Püskürtme basıncı (bar)	KHM Ø1.0 mm	KHM Ø1.2 mm	KHM Ø1.5 mm
1	40.1±8.7	46.4±3.9	55.0±5.0
2	44.9±8.0	54.0±4.1	63.4±5.8
3	48.5±7.0	58.8±3.3	68.7±5.5
4	51.9±8.5	62.4±3.9	70.6±5.3
5	51.9±8.7	63.2±3.5	72.6±5.6
6	53.7±9.4	64.2±3.4	73.7±4.5
7	54.0±8.3	65.4±4.1	73.8±4.5
8	55.1±7.0	66.3±4.0	74.4±4.7
9	55.7±8.4	67.1±4.7	74.9±5.0
10	56.2±8.4	67.2±4.9	75.5±4.6
11	57.3±9.2	67.7±4.3	75.4±3.7
12	57.8±9.1	67.7±4.1	76.1±4.3

Dar hüzme açılı yelpaze hüzmeli ST 80-03 ve ST 90-04 tip püskürtme memelerinde basınca bağlı açı değişimleri Tablo 3.6'da verilmiştir. ST 80-03 tip memenin püskürtme açısı değerleri 56.4º ile 80.2º arasında değişmiştir. ST 90-04 tip memede ise anma açısına (90º) en yakın değerlerin 4-5 bar basınçta ölçüldüğü gözlemlenmiştir. Bu meme tipinde standart sapma değerleri çok düşük hesaplanmıştır. Minov [89], basınca bağlı püskürtme açısı değerlerini ATR 80 tip turuncu memede 92.4-101.6º aralığında bildirmiştir.

Tablo 3.5. Dar hüzme açılı yelpaze hüzmeli memelerde püskürtme açısının (º) basınca göre değişimi (Ort±SS)

Püskürtme basıncı (bar)	ST 80-03	ST 90-04
1	56.4±4.6	74.4±0.7
2	68.3±2.7	81.9±1.3
3	71.9±4.5	85.5±0.4
4	76.2±4.7	89.5±1.4
5	79.1±5.3	90.4±0.5
6	79.9±5.1	91.8±0.2
7	79.6±3.6	92.6±0.4
8	80.2±3.9	93.1±0.3

Tüm meme tiplerinde püskürtme basıncının püskürtme açısına etkisi istatistiksel açıdan çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur (Tablo 3.6).

Tablo 3.6. Regresyon analizi sonuçları

[1]Meme tipi	İstatistik	SD	KO	F	p (sigma)
AD	Regresyon	3	183.665	241.38	0.000**
	Hata	4	0.761		
	Toplam	7			
AI	Regresyon	3	416.247	1089.46	0.000
	Hata	4	0.382		
	Toplam	7			
KHMØ1.0mm	Regresyon	3	103.689	344.58	0.000
	Hata	8	0.301		
	Toplam	11			
KHMØ1.2mm	Regresyon	3	154.330	245.37	0.000
	Hata	8	0.629		
	Toplam	11			
KHMØ1.5mm	Regresyon	3	141.218	230.83	0.000
	Hata	8	0.612		
	Toplam	11			
ST 90-04	Regresyon	3	98.198	404.75	0.000
	Hata	4	0.243		
	Toplam	7			
ST 110	Regresyon	3	251.497	624.64	0.000
	Hata	4	0.403		
	Toplam	7			
ST 80-03	Regresyon	3	159.138	126.67	0.000
	Hata	4	1.256		
	Toplam	7			

** çok önemli ($p<0.01$)
[1]AD: düşük sürüklenme potansiyelli meme, AI: hava emişli meme, KHM: konik hüzmeli meme, ST: standart yelpaze hüzmeli meme

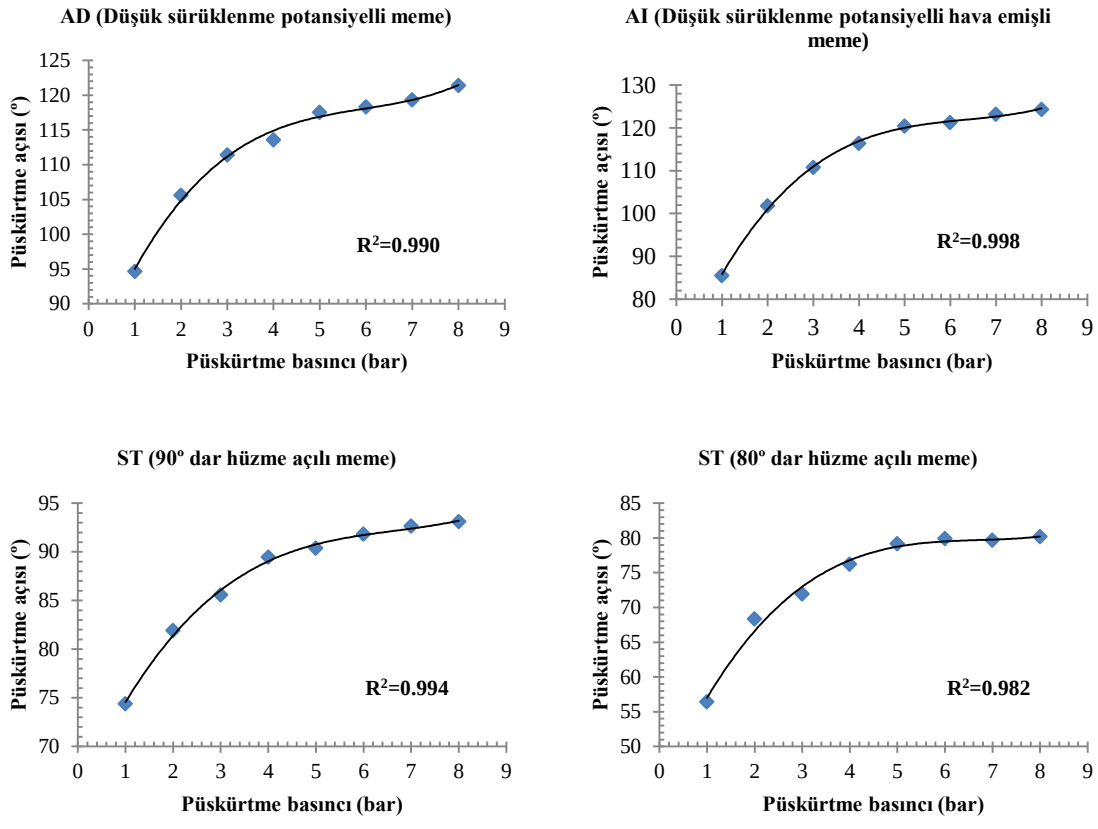
Tüm meme tiplerinde farklı püskürtme basıncında ölçülen püskürtme açılarının istatistikleri Tablo 3.7'de verilmiştir. Meme tiplerinde püskürtme basıncı ve püskürtme açısı arasında yüksek R^2'li kübik polinomial ilişki Tablo 3.8'deki eşitlikler ile açıklanmıştır. Elde edilen eşitlikte y; püskürtme açısını ve x; püskürtme basıncını temsil etmektedir.

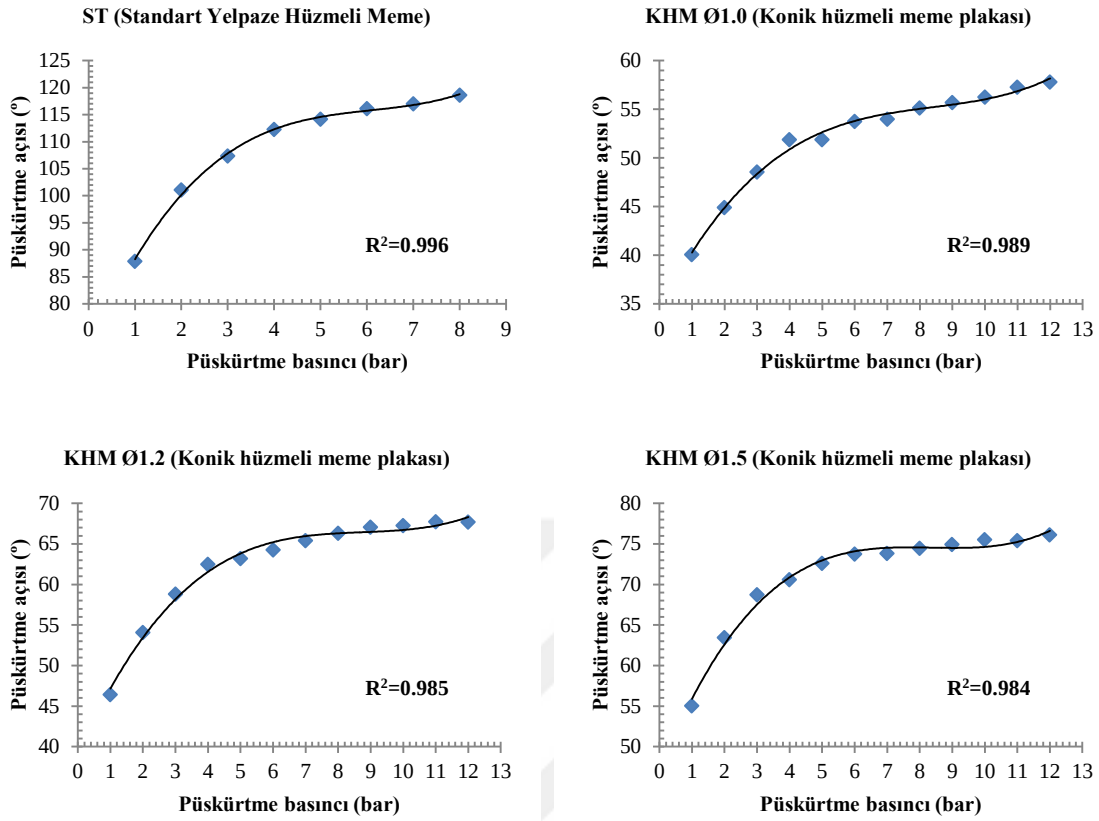
Tablo 3.7. Püskürtme basıncı ve püskürtme açısı arasındaki ilişki

Meme tipi[1]	*Eşitlik	R^2
AD	$y = 0.148x^3 - 2.634x^2 + 16.708x + 80.766$	0.990
AI	$y = 0.200x^3 - 3.809x^2 + 25.191x + 64.271$	0.998
KHMØ1.0 mm	$y = 0.029x^3 - 0.739x^2 + 6.611x + 34.385$	0.989
KHMØ1.2 mm	$y = 0.039x^3 - 1.024x^2 + 9.100x + 39.031$	0.985
KHMØ1.5 mm	$y = 0.048x^3 - 1.209x^2 + 10.029x + 47.019$	0.984
ST 80-03	$y = 0.114x^3 - 2.306x^2 + 15.734x + 43.449$	0.982
ST 90-04	$y = 0.078x^3 - 1.554x^2 + 10.963x + 65.056$	0.994
ST 110	$y = 0.173x^3 - 3.166x^2 + 20.216x + 71.001$	0.996

*: y: Püskürtme açısı, x:püskürtme basıncı
[1]AD: düşük sürüklenme potansiyelli meme, AI: hava emişli meme, KHM: konik hüzmeli meme, ST: standart yelpaze hüzmeli meme

Püskürtme basıncı ve püskürtme açısı değerlerinden oluşturulan polinom eğrisi Şekil 3.2'de verilmiştir. Sonuçlar dikkate alındığında basınç ve açı arasındaki ilişki tüm meme tiplerinde yüksek R^2'li olarak hesaplanmıştır.





Şekil 3.2. Püskürtme açısının püskürtme basıncına bağlı polinomial değişimi ve R^2 değerleri

AD: düşük sürüklenme potansiyelli meme, AI: hava emişli meme, KHM: konik hüzmeli meme, ST: standart yelpaze hüzmeli meme

3.3. Hüzme açısı

Tablo 3.8'de meme tiplerine ait anma açıları, 3 bar püskürtme basıncında eşitliklerden elde edilen hüzme açıları ve püskürtme açıları verilmiştir. ST 90-04 ve ST 110 tip memenin hem püskürtme açısının hem de hüzme açısının anma açısına yakın olduğu saptanmıştır. Genel olarak tüm meme tiplerinde hüzme açısı değeri, püskürtme açısı değeriyle örtüşmektedir. Çömlek [88], çalışmasında hüzme açısını, KHM Ø1.0 mm tip memelerde 81.2º, KHM Ø1.6 mm tip memelerde 79.9º ve KHM Ø2.4 mm tip memelerde 93.8º olarak belirtmiştir. Minov [89], çalışmasında hüzme açısı değerlerini farklı yüksekliklerde (0, 15, 30 ve 50 cm) 400 kPa basınçta XR 110-01 meme tipinde 108.5º-110.8º arasında, XR 110-02 meme tipinde 113.8º-119.0º arasında ve XR 110-04 meme tipinde 120.1º-117.5º arasında değiştiğini saptamıştır. Mengeş [64], farklı basınçlarda (200-300-400 kPa) yelpaze hüzmeli memelerin hüzme açısının 98-123º arasında değiştiğini bildirmiştir.

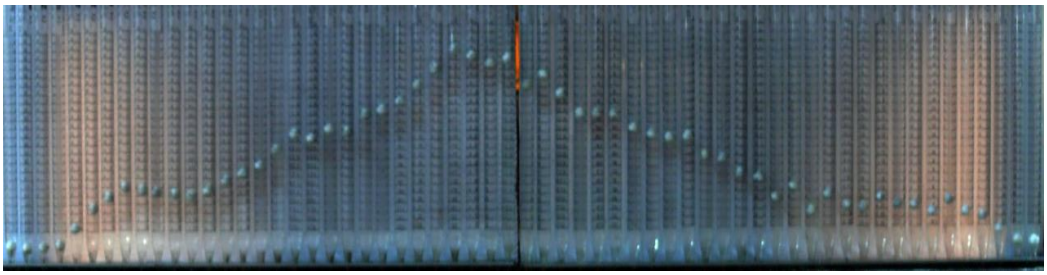
Tablo 3.8. Anma açısı, 3 bar basınçta eşitliklerden hesaplanan püskürtme açısı ve 3 bar basınçta ölçülen hüzme açısı değerleri

[1]Meme tipi	Anma açısı (°)	Eşitliklerden hesaplanan açı (°)	3 bar basınçta Hüzme açısı (°)
AD	120	107.2	106.7±4.9
AI	120	105.6	103.9±4.2
KHM Ø1.0 mm	-	54.2	46.4±6.6
KHM Ø1.2 mm	-	57.1	56.7±5.8
KHM Ø1.5 mm	-	66.2	62.4±5.0
ST 80-03	80	69.9	75.1±2.5
ST 90-04	90	84.0	86.4±2.9
ST 110	110	103.2	105.2±3.7

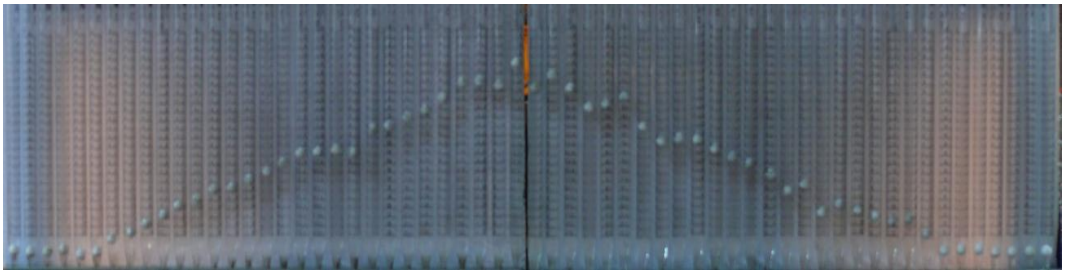
[1] AD: düşük sürüklenme potansiyelli meme, AI: hava emişli meme, KHM: konik hüzmeli meme, ST: standart yelpaze hüzmeli meme

3.4. Püskürtme paterni

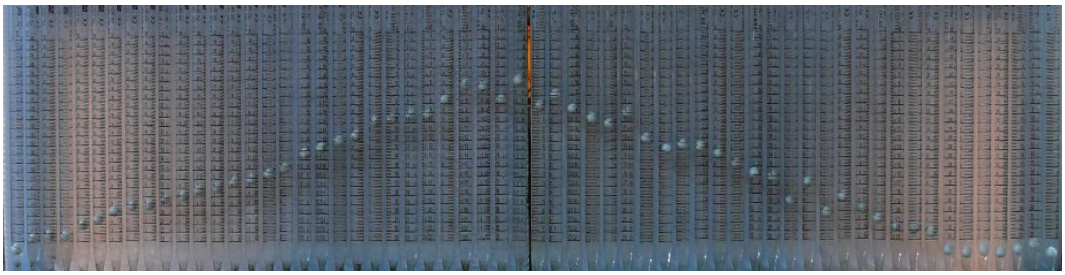
Püskürtme paterni görüntüleri tek meme paternatöründen sağlanan akıştan elde edilmiştir. Paternatörden tüm meme gruplarında farklı basınçlarda alınan püskürtme paterni görüntüleri Şekil 3.3'te verilmiştir. Şekilde fikir sağlaması amacıyla yalnızca 3 barda alınan görüntüler kullanılmıştır. Genel olarak pülverizatör memelerinin püskürtme paterni üçgen, trapez ve dikdörtgen şekilde oluşmaktadır.



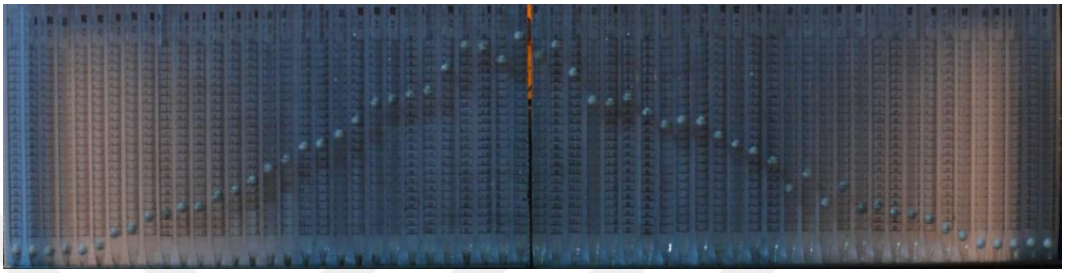
***AD 120-015**



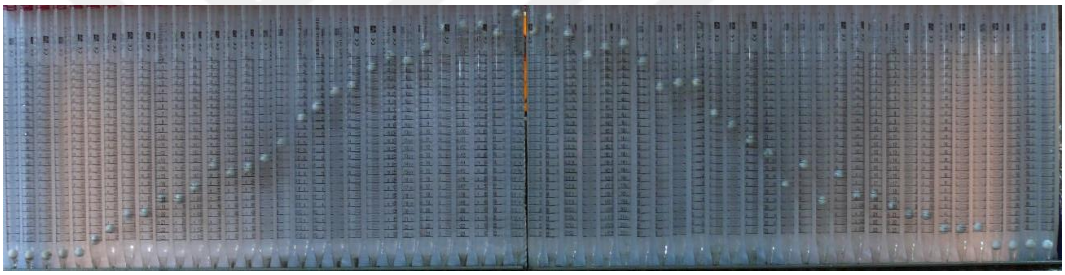
***AD 120-03**



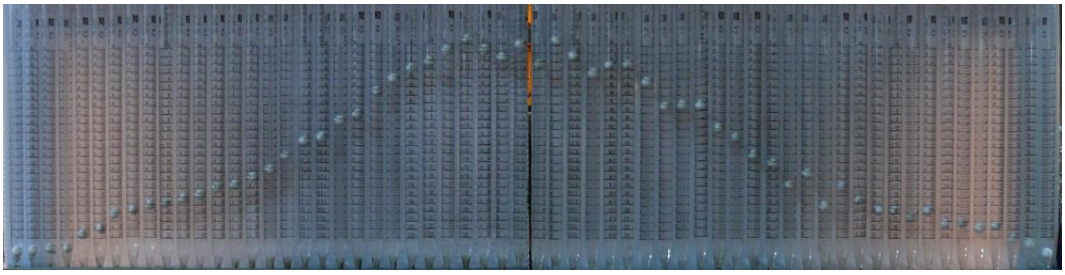
***AD 120-04**



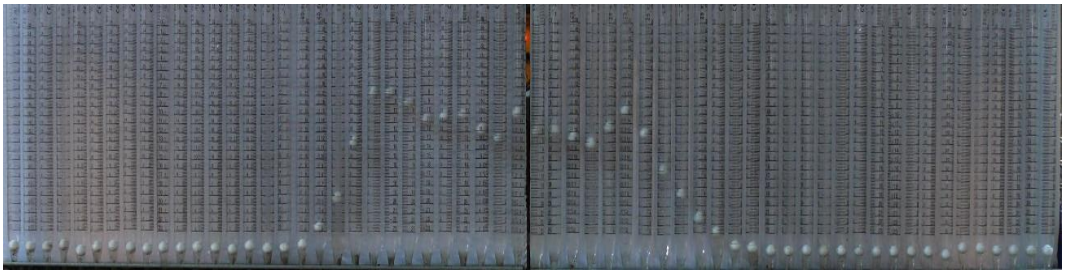
***AI 120-015**



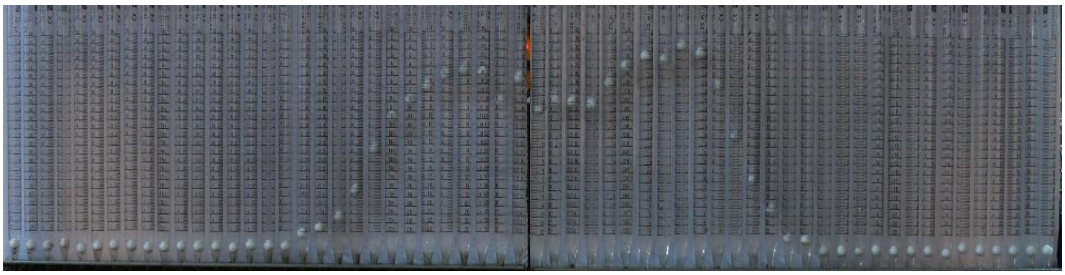
***AI 120-02**



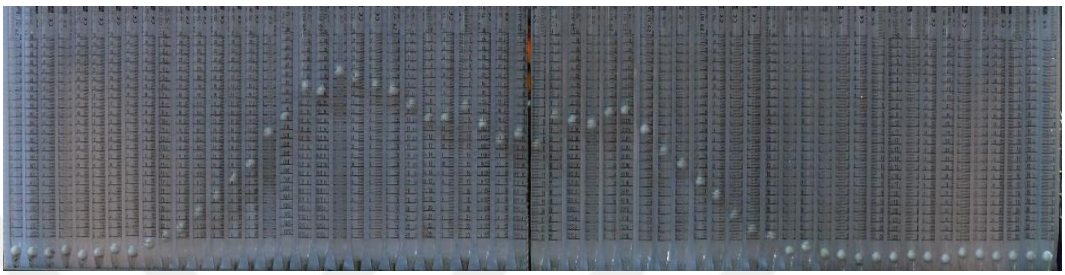
***AI 120-03**



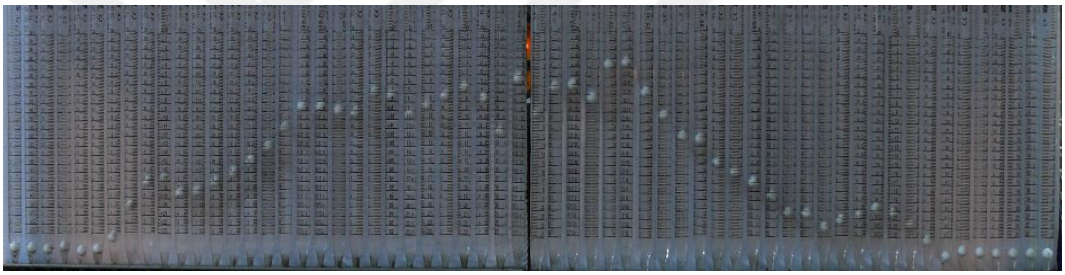
***KHM Ø1.0 mm**



***KHM Ø1.2 mm**



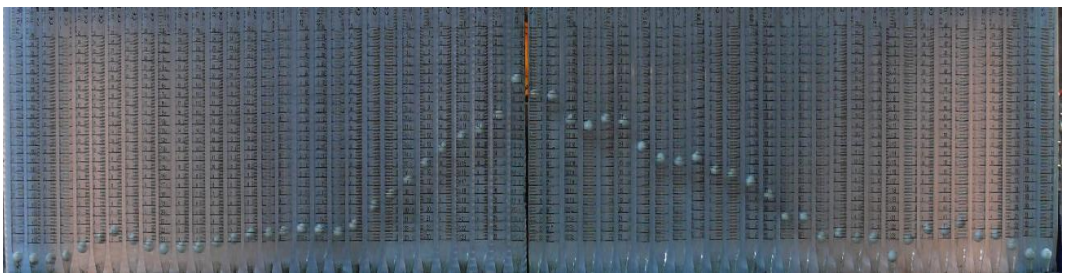
***KHM Ø1.5 mm**



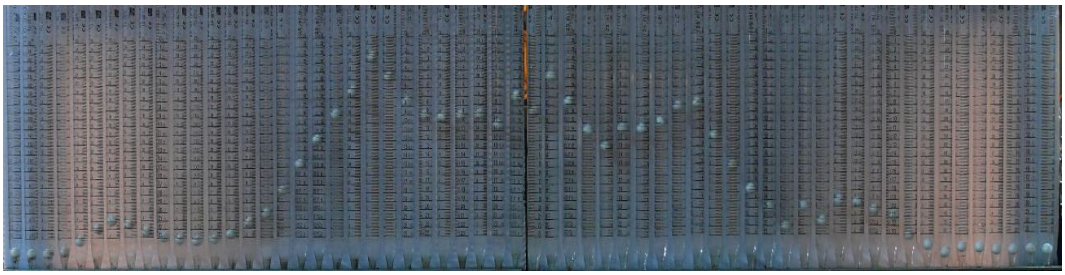
***ST 80-03**



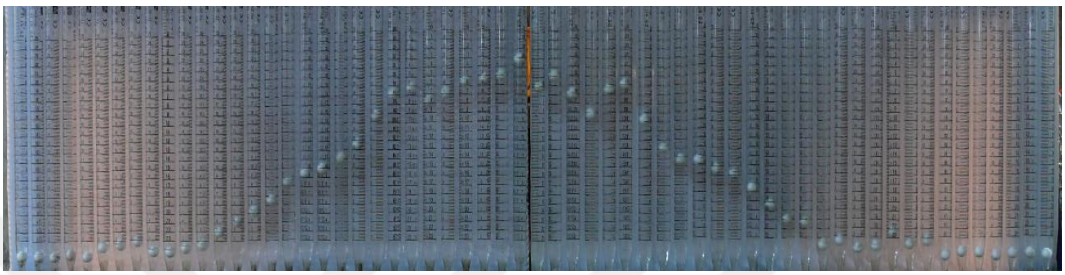
***ST 90-04**



***ST 110-01**



***ST 110-02**



***ST 110-03**

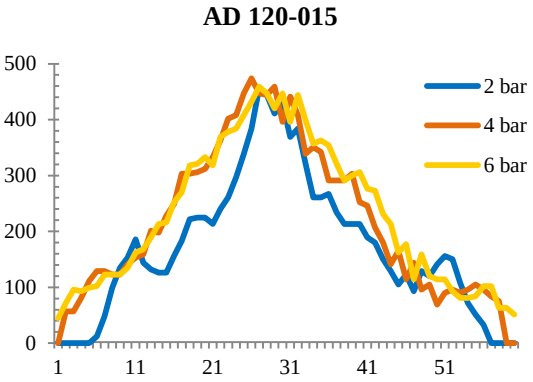


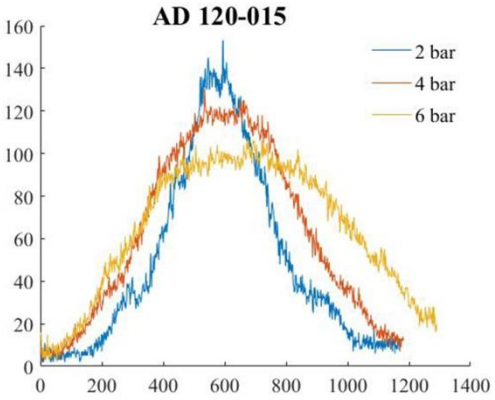
***ST 110-04**

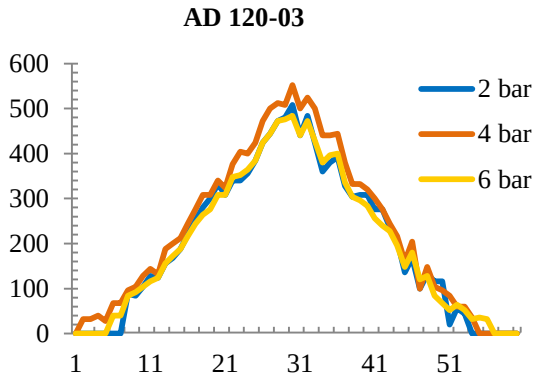
Şekil 3.3. Paternatörden alınan püskürtme paterni görüntüleri

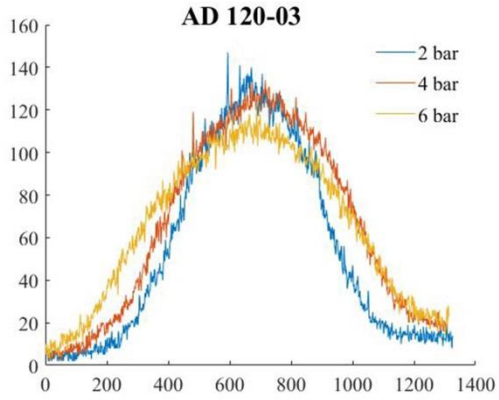
*****AD: düşük sürüklenme potansiyelli meme, AI: hava emişli meme, KHM: konik hüzmeli meme, ST: standart yelpaze hüzmeli meme

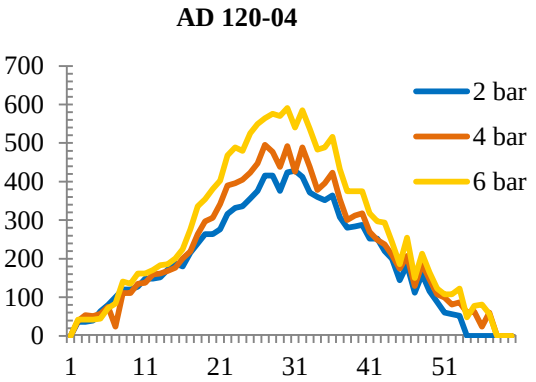
CMEIAS Image Tool Ver. 1.28 ve MATLAB programında oluşturulan püskürtme paterni grafikleri Şekil 3.4'te verilmiştir. Püskürtme paterninin belirlenmesinde iki farklı yöntem kullanılmıştır. İlkinde Şekil 3.3'te görüntülerdeki işaret toplarının koordinatları belirlenmiş ve sayısal verilere (piksel) dönüştürülerek püskürtme paterni grafiği oluşturulmuştur. İkinci yöntemde ise püskürtme paterni görüntüleri yerine aynı basınçlarda alınan püskürtme açısının görüntüsü MATLAB'a aktarılmış her görüntünün apsis ekseninde aynı satırdan hat (line) profil yöntemiyle renk dalgalanmalarına bağlı akış düzgünlüğü grafiği elde edilmiştir. Hat profili yöntemiyle çizdirilen grafikler diğer yönteme göre daha kısa sürede elde edilmiştir. Tüm meme gruplarında püskürtme paterni ve akış düzgünlüğü grafikleri birbirleriyle örtüştüğü gözlemlenmiştir.

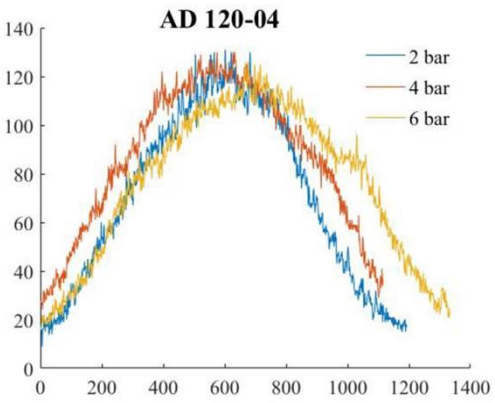

AD 120-015
500
400
300
200
100
0
1
11
21
31
41
51
2 bar
4 bar
6 bar

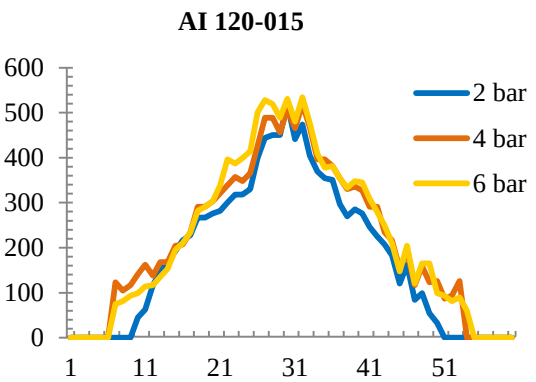

AD 120-015
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
2 bar
4 bar
6 bar

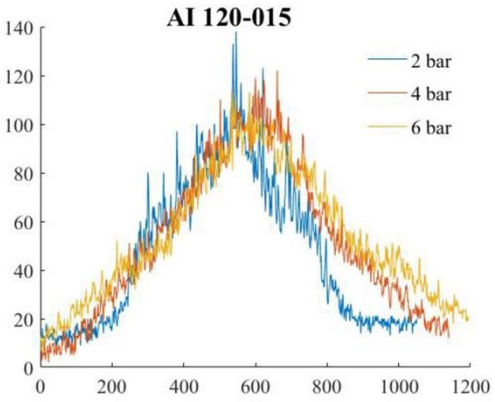

AD 120-03
600
500
400
300
200
100
0
1
11
21
31
41
51
2 bar
4 bar
6 bar

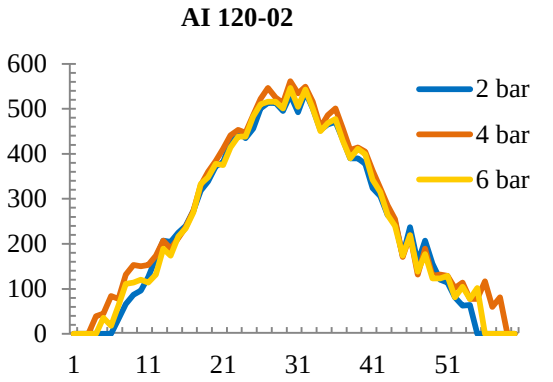

AD 120-03
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
2 bar
4 bar
6 bar

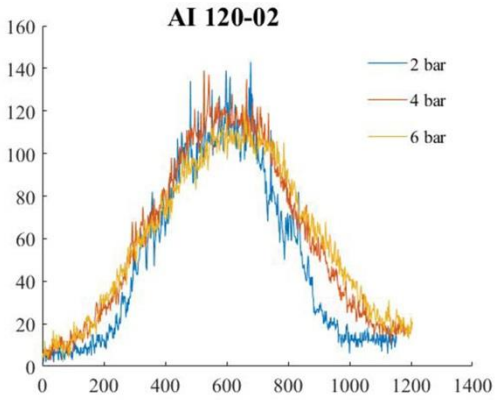

AD 120-04
700
600
500
400
300
200
100
0
1
11
21
31
41
51
2 bar
4 bar
6 bar

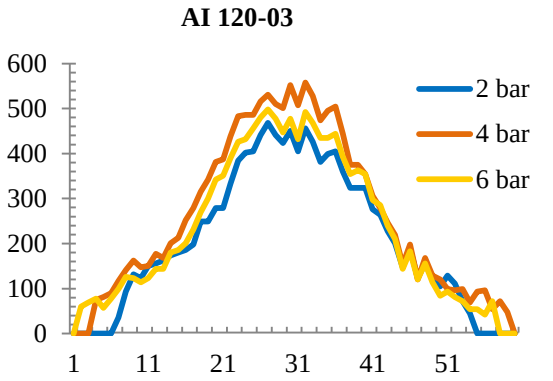

AD 120-04
140
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
2 bar
4 bar
6 bar

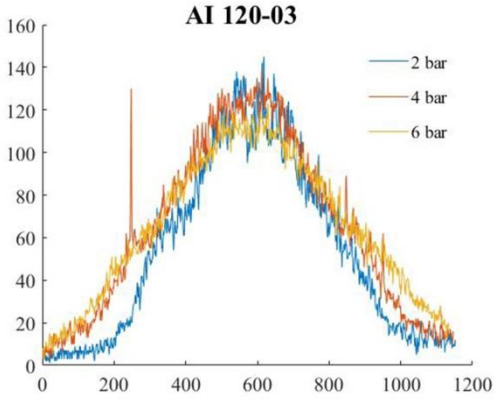

AI 120-015
600
500
400
300
200
100
0
1
11
21
31
41
51
2 bar
4 bar
6 bar

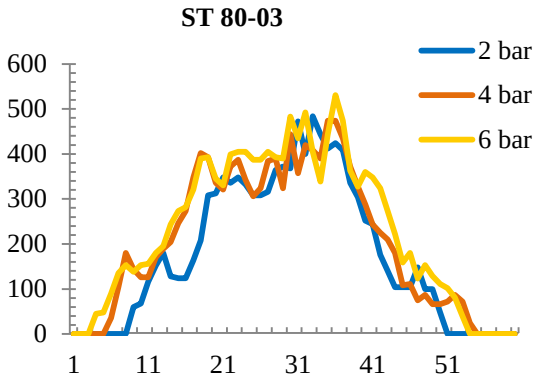

AI 120-015
140
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000
1200
2 bar
4 bar
6 bar

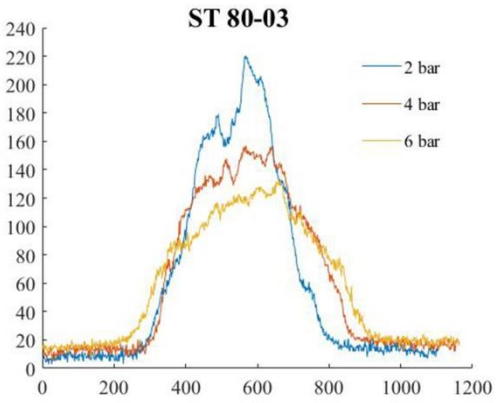

AI 120-02
600
500
400
300
200
100
0
1
11
21
31
41
51
2 bar
4 bar
6 bar

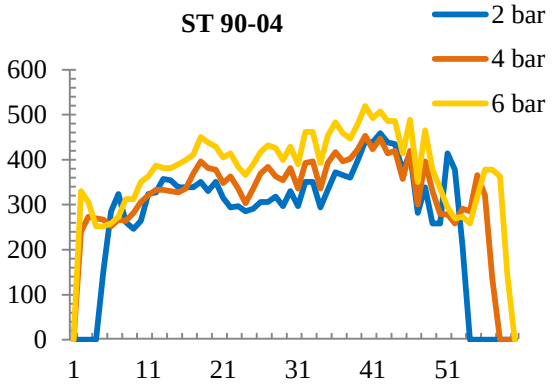

AI 120-02
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
2 bar
4 bar
6 bar

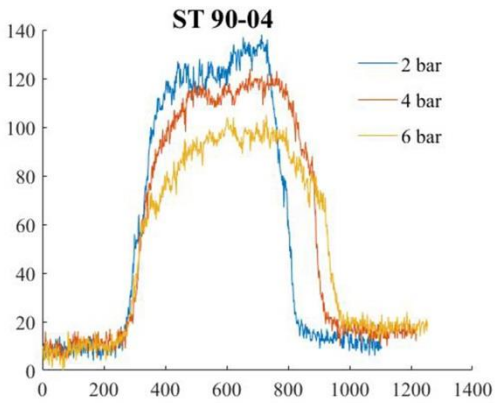

AI 120-03
600
500
400
300
200
100
0
1
11
21
31
41
51
2 bar
4 bar
6 bar

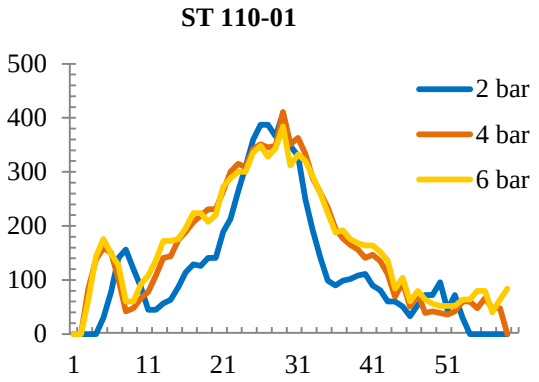

AI 120-03
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000
1200
2 bar
4 bar
6 bar

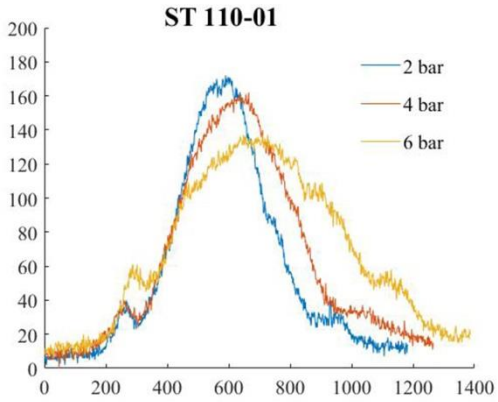

ST 80-03
600
500
400
300
200
100
0
1
11
21
31
41
51
2 bar
4 bar
6 bar

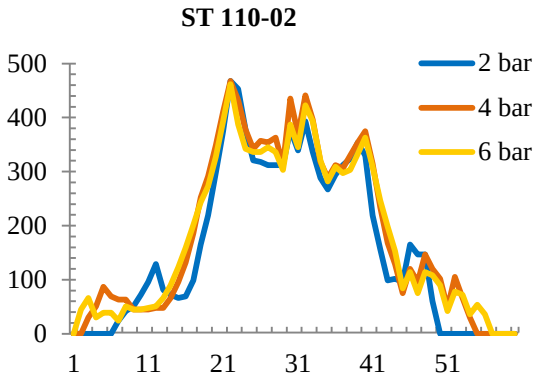

ST 80-03
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000
1200
2 bar
4 bar
6 bar

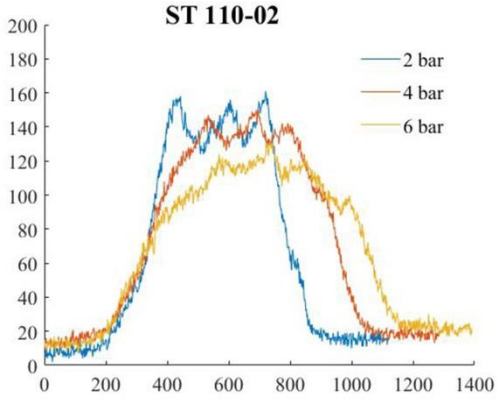

ST 90-04
600
500
400
300
200
100
0
1
11
21
31
41
51
2 bar
4 bar
6 bar

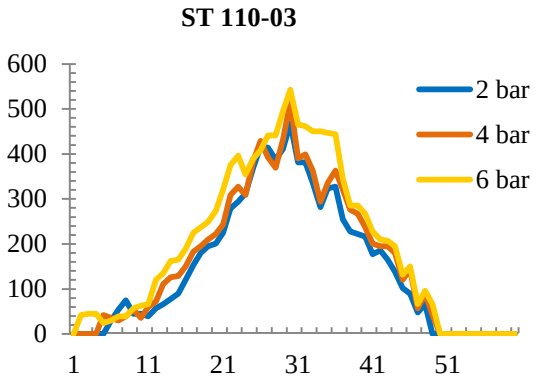

ST 90-04
140
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
2 bar
4 bar
6 bar

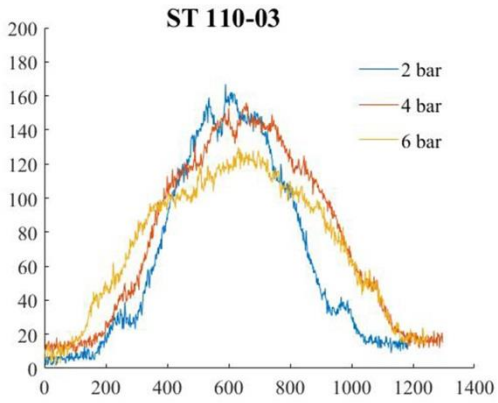

ST 110-01
500
400
300
200
100
0
1
11
21
31
41
51
2 bar
4 bar
6 bar

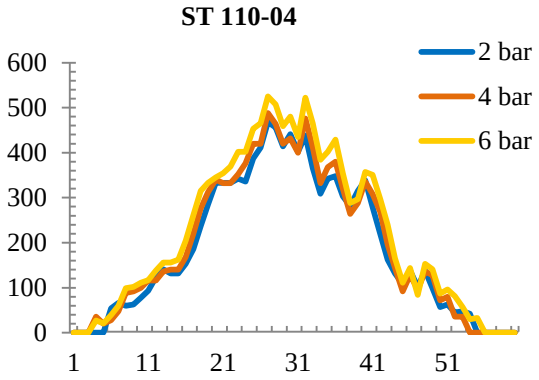

ST 110-01
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
2 bar
4 bar
6 bar

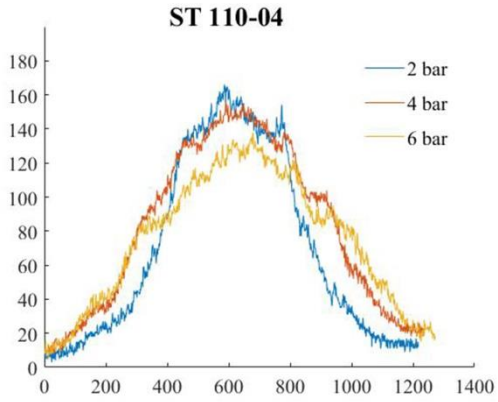

ST 110-02
500
400
300
200
100
0
1
11
21
31
41
51
2 bar
4 bar
6 bar

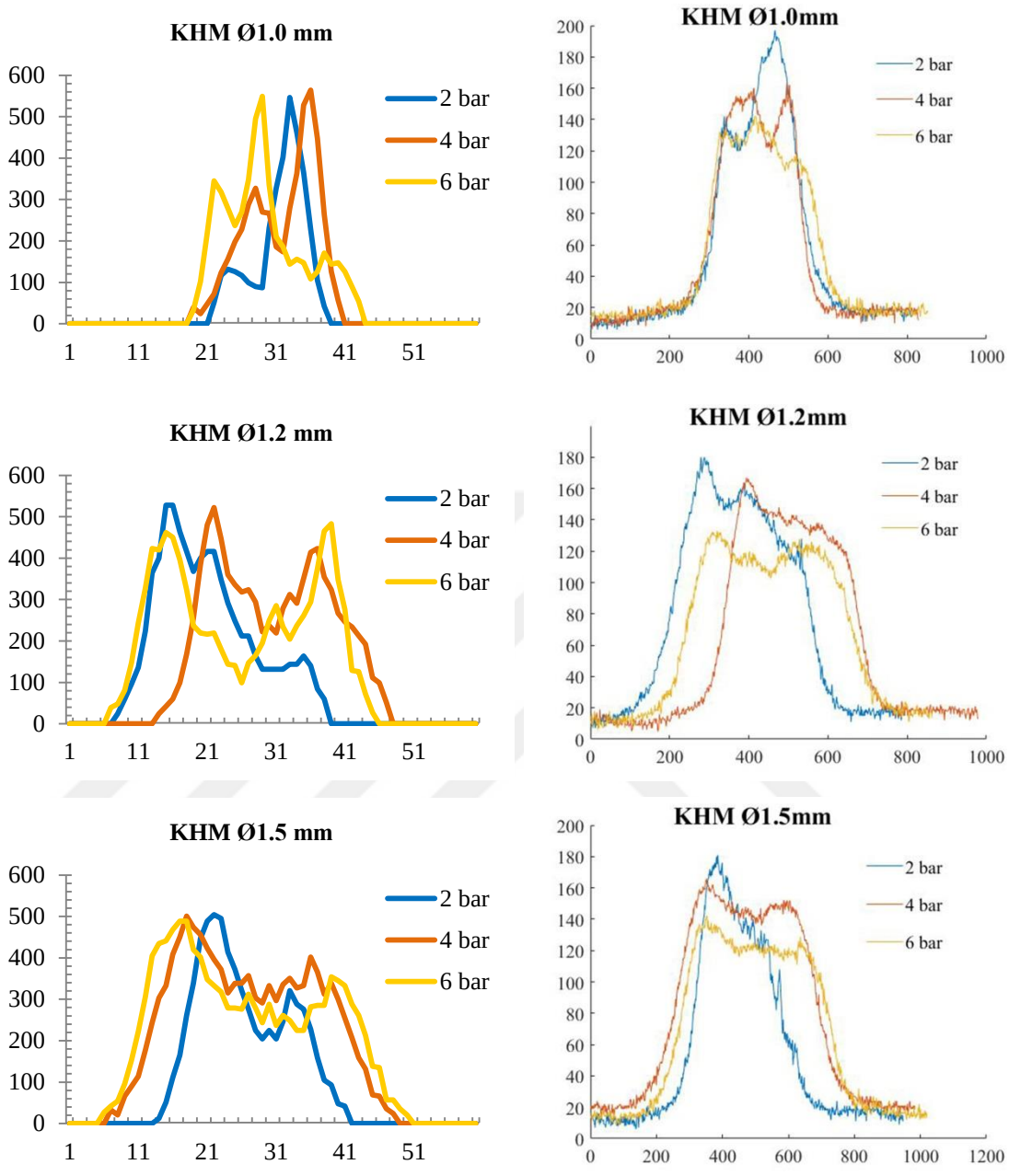

ST 110-02
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
2 bar
4 bar
6 bar


ST 110-03
600
500
400
300
200
100
0
1
11
21
31
41
51
2 bar
4 bar
6 bar


ST 110-03
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
2 bar
4 bar
6 bar


ST 110-04
600
500
400
300
200
100
0
1
11
21
31
41
51
2 bar
4 bar
6 bar


ST 110-04
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
2 bar
4 bar
6 bar



Şekil 3.4. Farklı yöntemlerle elde edilen püskürtme paterni grafikleri (a) CMEIAS Image Tool Ver. 1.28 ile elde edilen patern grafikleri, (b) MATLAB R2009a ile elde edilen akış düzgünlüğü grafikleri

AD: düşük sürüklenme potansiyelli meme, AI: hava emişli meme, KHM: konik hüzmeli meme, ST: standart yelpaze hüzmeli meme

4.BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Püskürtme ve hüzme açısı

Farklı tip pülverizatör memelerinin kullanıldığı çalışmada püskürtme açısı ve hüzme açısı değişkenleri belirlenmiş ve sonuçlar nominal açı değerleriyle karşılaştırılmıştır. Çalışmada püskürtme açısının püskürtme basıncıyla yakından ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Meme gövdesi üzerinde belirtilen açı değeri nominal bir değer olup yapılan açı kontrollerinde bu değerin püskürtme basıncına göre değiştiği saptanmıştır. Püskürtme açısı ve hüzme açısı değerlerinin, standart ölçüm değeri olarak kabul edilen 3 bar püskürtme basıncında karşılaştırıldığında nominal açı değerlerine yaklaşıldığı görülmüştür. Ancak konik hüzmeli memelerde nominal bir açı değeri olmayıp orifis çapı arttıkça püskürtme açısının da arttığı belirlenmiştir. Yelpaze hüzmeli memelerde orifis ölçüsüyle püskürtme açısı arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Meme tipleri normal ve dar hüzme açılı pülverizatör memelerinden seçilmiş olup, görüntü işlemeyle belirlenen püskürtme açısı ortalamalarının paternatörde belirlenen hüzme açısı ortalamalarıyla benzer olduğu ortaya konulmuştur.

Püskürtme basıncındaki artışın püskürtme açısını belirli bir noktadan sonra artırmadığı, açı değerlerinin sabit kaldığı ve bu değerlerde yalnızca küçük dalgalanmalar görüldüğü tespit edilmiştir. Zhang vd. [81] kritik bir enjeksiyon basıncının bulunduğunu, bu değerin üzerindeki basınçlarda püskürtme açısının basınçtan bağımsız hale geldiğini bildirmişlerdir. Bu da basınç ne kadar artarsa artsın örtme genişliğinin artmayacağını dolayısıyla hüzme açısının da belirli bir basınçtan sonra artmayacağını göstermektedir.

4.2. Püskürtme paterni ve akış düzgünlüğü

Paternatörde yapılan püskürtme paterni testlerinin görüntü işleme operasyonuyla yapılabilirliği üzerinde de durulmuş ve önemli sonuçlar elde edilmiştir. Görüntü işleme için MATLAB yazılımı kullanılmış ve hat profili (line profile) yöntemiyle meme orifis çıkışından itibaren sabit bir yükseklikte renk dağılımı esasına dayalı olarak püskürtme paterni ortaya çıkarılmıştır. Aynı parametrelerde çalıştırılan pülverizatör memeleri paternatörde ölçülen patern sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve elde edilen dağılımlar benzer bulunmuştur. Bu yönüyle değerlendirildiğinde paternatör testlerine alternatif olabilecek basit ve yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Görüntü işleme sürecinde yapılan operasyonların geliştirilmesi durumunda püskürtme paterni testleri için daha basit ve pratik bir yöntemin geliştirilebileceği kanısına varılmıştır. Bununla birlikte herhangi bir düzenek veya ekipmana ihtiyaç duyulmaması ekonomik açıdan da fayda sağlayacaktır. Akış düzgünlüğünün belirlenmesinde kullanılan yöntem bir ilk niteliğindedir. Farklı pülverizatör memelerinde ve basınçlarında yakalanan püskürtme görüntüsünde en uygun satırın belirlenerek grafiğin çizdirilmesi akış dağılımının daha düzgün olmasını sağlayacaktır.

Tüm bu yöntemler ve sistemlerin geliştirilmesi ve pratikleştirilmesi çalışmaların hassasiyeti açısından büyük önem arz etmektedir. Görüntü işleme yazılımları bu alan için daha spesifik hale getirilerek yeni uygulamalar ve teknolojiler geliştirilmelidir. Bu doğrultuda sistemin geliştirilerek anlık video görüntüsü üzerinden püskürtme paterninin, püskürtme ve hüzme açısının belirlenmesi işin daha kısa sürede yapılmasının yanında operatörün sezgisel tercihini ortadan kaldıracaktır. Operatörün analizleri yaparken her görüntüde aynı hassasiyeti gösterememesi sebebiyle görüntü analiz işlemlerinde otomasyona geçirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu sayede yapılan ölçümler daha doğru sonuçlar verecek ve çalışmaların kalitesi artacaktır.

KAYNAKLAR

1. Koçtürk, B. Ö., 2011. Bazı Pülverizatör Pompalarında Islanabilir Toz ve Emülsiyon Konsantre Formülasyonlu İlaç Kullanımının Pompa Performansına Etkilerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı Doktora Tezi, Ankara, 74 s.

2. Ayık, M., 1981. Sulandırılmış Tarımsal Savasım İlaçlarında Elektrostatik Yüklemenin Etkinlikleri Üzerinde Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), Ankara.

3. Forney, H. S., 2016. Laboratory and Full Boom-Based Investigation of Nozzle Setup and Restriction Effects on Flow, Pressure and Spray Pattern Distribution. MS Thesis, Agricultural and Biological Systems Engineering, MS Thesis, University of Nebraska.

4. Rice, P. J., Rice, P. J., Arthur, E. L. & Barefoot, A. C., 2007. Advances in pesticide environmental fate and exposure assessments. **J.Agric.Food Chem., 55**(14), 5367-5376.

5. Matthews, G. A., 1979. Pesticide Application Methods. Longman, 1-325 pp.

6. Yağcıoğlu, A., 1993. Bitki Koruma Makinaları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayın no: 508, 338 s. Bornova, İzmir.

7. Dursun, E., 2000, Meme aşınmasının pülverizasyon karakteristiklerine etkileri. **Ekin Dergisi, 6,** (21), 62-66.

8. Demir, B. 2015. İç Anadolu bölgesinin bitki koruma makineleri projeksiyonu. **Alınteri Zirai Bilimler Dergisi, 28**(1), 27-32.

9. Yarpuz Bozdoğan, N., 2005. Turbofan ve Yardımcı Hava Akımlı Döner Diskli Memelerin (Micromax III, TARP-2383) Farklı İşletme Koşullarında Sağladıkları Kalıntı ve Sürüklenme Boyutlarının Saptanması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 134 s.

10. Sumner, H. R., Herzog, G. A., Sumner, P.E., Bader, M. and Mullinix, B. G., 2000. Chemical application equipment for improved deposition in cotton. **The Journal of Cotton Science, 4**,19-27.

11. Anonim, 2000. Tarımsal mücadele makinaları deney ilke ve metodları kitabı. Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü. Ankara.

12. Nuyttens, D., 2007. Drift from field crop sprayers: The influence of spray application technology determined using indirect and direct drift assessment means. PhD thesis nr. 772, KU Leuven. 293 p. ISBN 978-908826-039-1.

13. Nuyttens, D., De Schampheleire, M., Verboven, P., Brusselman, E. & Dekeyser, D., 2009. Droplet size and velocity characteristics of agricultural sprays. **Transactions of the ASABE, 52**(5), 1471-1480.

14. 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.

15. Lefebvre, A. H., 1989. Atomization and Sprays. Hemisphere Publishing Corporation USA. 434 p.

16. Butler Ellis, M. C., Tuck, C. R., Miller, P. C. H., 1997. The effect of some adjuvants on sprays produced by agricultural flat fan nozzles. **Crop Protection 16**:41–50.

17. Stafford, J. V., 2000. Implementing precision agriculture in the 21st century. **Journal of Agricultural Engineering Research, 76**(3), 267-275.

18. Ozkan, H. E., Reichard, D. L. Ackerman. K. D., 1992. Effect of orifice wear on spray patterns from fan nozzles. **Transactions of the ASAE, 35**(4), 1091-1097.

19. Azimi A. H., Carpenter, T. G. and Reichard, D. L., 1985. Nozzle spray distribution for pesticide application. **Transactions of the ASAE, 28**(5): 1410-1414.

20. Sayıncı, B., 2008. Patates İlaçlamasında Döner diskli ve Hidrolik Memelerin Uygulama Performansları ve Leptinotarsa decemlineata Say (Coleoptera: Chrysomelidae)'ya Karşı Biyolojik Aktivitelerinin Spinosad ile Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Erzurum, 239 s.

21. Zabkiewicz, J. A., 2007. Spray formulation efficacy - holistic and futuristic perspectives. **Crop Protection, 26**(3), 312-319.

22. Hoffmann, W. C. and Salyani, M., 1996. Spray deposition on citrus canopies under different meteorological conditions. **Transactions of the ASAE, 39**(1): 17-32.

23. Panneton, B., Philion, H., Thériault, R. and Khelifi, M., 2000. Spray chamber evaluation of air-assisted spraying on potato plants. **Transactions of the ASAE, 43**(3): 529-534.

24. Smith, D. B., Askew, S. D., Morris, W. H., Shaw, D. R., Boyette, M., 2000. Droplet size and leaf morphology effects on pesticide spray deposition. **Transactions of the ASAE, 43(**2): 255-259.

25. Womac, A., Etheridge, R., Seibert, A., Hogan, D., Ray, S., 2001. Sprayer speed and venture-nozzle effects on broadcast application uniformity. **Transactions of the ASAE, 44**(6): 1437-1444.

26. Zhu, H., Rowland, D. L., Dorner, J. W., Derksen, R. C., Sorensen, R. B., 2002. Influence of plant structure, orifice size, and nozzle inclination on spray penetration into peanut canopy. **Transactions of the ASAE, 45**(5): 1295-1301.

27. Delevan, 2003. Delevan Spray Technologies. Total Control, Industrial Nozzles and Accessories. Delevan Ltd., England.

28. Zhu, H., Dorner, J. W., Rowland, D. L., Derksen, R. C., Ozkan, H. E., 2004. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. **Biosystems Engineering, 87**(3): 275-273.

29. Bayat, A. and Bozdogan, N. Y., 2005. An air-assisted spinning disc nozzle and its performance on spray deposition and reduction of drift potential. **Crop Protection, 24**: 651-960.

30. Hewitt A J., 1997. Droplet size and agricultural spraying, Part I: Atomization, spray transport, deposition, drift and droplet size measurement techniques. **Atomization and Sprays. 7**: 235-244.

31. Barnett G. S., Matthews, G. A., 1992. Effect of different fan nozzles and spray liquids on droplet spectra with special reference to drift control. **International Pest Control. 31**: 81-85.

32. Etheridge, R. E., Womac, A. R,, Mueller, T. C., 1999. Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venture-type drift reduction nozzles. **Weed Technology. 13**: 765-770.85.

33. Miller, P. C. H., 1999. Factors influencing the risk of drift into field boundaries. *Proceedings The British Crop Protection Council Conference - Weeds*. 439-446.

34. Miller, P. C. H., Smith R W, Tuck C R, Walklate P J., 1995. The classification of agricultural spray based on droplet size distributions and the results from wind tunnel tests. *Proceedings Brighton Crop Protection Conference*.

35. Matthews, G. A., 2000. Pesticide application methods. (Third ed.) (vols. 432) Blackwell Science Ltd, Oxford.

36. Satow, T., Miyamoto, K., Matsuda, K., Rambanda, M., 1993. Influence of droplet size of spray on drift characteristics. **Research Bulletin of Obihiro University. 18**(2): 97-104.

37. Bird, S. L., Esterly, D. M., Perry, S. G., 1996. Off-target deposition of pesticides from agricultural aerial spray application. **Journal of Environmental Quality. 25**(5): 1095-1104.

38. Carlsen, S. C. K., Spliid, N. H., Svensmark, B., 2006. Drift of 10 herbicides after tractor spray application. 2. Primary drift (droplet drift). **Chemosphere. 64**: 778-786.

39. Klein, R. N., Johnson, A. K., 2002. Nozzle tip selection and its effect on drift and efficacy. **Aspects of Applied Biology. 66**: 217-224.

40. Mueller, T. C., Womac, A R., 1997. Effect of formulation and nozzle type on droplet size with isopropylamine and trimesium salts of glyphosate. **Weed Technology. 11**: 639 -643.

41. Ozkan, H. E., 1998. Effects of major variables on drift distances of spray droplets. Food, Agricultural and Biological Engineering. **Extension FactSheet AEX** 525-98.

42. Miller P. C. H, Hadfield D J., 1989. A simulation model of the spray drift from hydraulic nozzles. **Journal of Agricultural Engineering Research. 42**: 135-147.

43. Hobson, P. A., Miller, P. C. H., Walklate, P. J., Tuck, C. R., Western, N. M., 1993. Spray drift from hydraulic spray nozzles: the use of a computer simulation model to examine factors influencing drift. **Journal of Agricultural Engineering Research. 54**: 293-305.

44. Bode, L. E., 1984. Downwind drift deposits by ground applications. *Proceedings Pesticide Drift Management Symposium.* p. 50.

45. Combellack, J. H., Western N M, Richardson R G. 1996. A comparison of the drift potential of a novel twin fluid nozzle with conventional low volume flat fan nozzles when using a range of adjuvants. **Crop Protection. 15**(2): 147-152.

46. Bouse, L. F., Kirk I W, Bode L E., 1990. Effect of spray mixture on droplet size. **Transactions of the ASAE. 33**(3): 783-788.

47. Butler Ellis, M. C., Bradley, A., 2002. The influence of formulation on spray drift. **Aspects of Applied Biology. 66**: 51-258.

48. Johnson, P. D., Rimmer, D. A., Garrod, A. N. I., Helps, J. E. & Mawdsley, C., 2005. Operator exposure when applying amenity herbicides by all-terrain vehicles and controlled droplet applicators. **Annals of Occupational Hygiene, 49**, 25-32.

49. Srivastava, A. K., Goering, C. E., Rohrbach, R. G., 1993. Engineering Principles of Agricultural Machines. ASAE Textbook Number 6, ISBN 0-929355-33-4, 601 p.

50. Johnson, M., P., 2006. Sprayer Nozzles: Selection and Calibration. **http://www.uky.edu;http://pest.ca.uky.edu/PSEP/Manuals/Nozzles.pdf** Erişim tarihi (07.11.2017).

51. Hofman, V., Wilson, J., 2003. Choosing Drift-Reducing Nozzles. **http://nsfa-fane.ca/wp-content/uploads/2011/06/CHOOSINGDFNOZZLES.pdf** Erişim tarihi (07.11.2017).

52. Shafaee, M., Banitabaei, S. A., Ashjaee, M., & Esfahanian, V. 2011. Effect of flow conditions on spray cone angle of a two-fluid atomizer. **Journal of Mechanical Science and Technology, 25**(2), 365-369.

53. Miller, P. C. H., Ellis, M. C. B. 2000. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection, 19**(8-10), 609-615.

54. Schick, J. R., 1997. An Engineer's Practical Guide to Drop Size (pp. 1-15) Spraying Systems Co.

55. Sumner, P. E., 2009. Soybean Sprayer Application and Calibration (pp. 8p) The University of Gerogia.

56. ISO 106225., 2005. Equipment for crop protection -- Sprayer nozzles -- Colour coding for identification.

57. Minov, S. V., Cointault, F., Vangeyte, J., Pieters, J. G., and Nuyttens, D., 2015. Droplet generation and characterization using a piezoelectric droplet generator and high speed imaging techniques. **Crop Protection, 69,** 18-27.

58. Huyghebaert, B., C. Debouche, O. Mostade., 2001. Flow rate quality of new flat fan nozzles. **Transactions of the ASAE, 44**(4): 769-773.

59. Sayıncı, B., 2016. Poliasetal (POM) meme plakalarının orifis geometrisinde üretim kusurlarının eliptik fourier tanımlayıcılarıyla tespiti. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30** (1), 57-73.

60. Ergül, İ., Dursun, E., 2003b. Farklı malzemelerden yapılan konik hüzmeli memelerde aşınmanın ilaç dağılım paternine etkisi. **Tarım Bilimleri Dergisi, 9** (3), 278-783.

61. Demir, B., Çetin N., Kuş Z.A., 2016. ‘’Görüntü İşleme Tekniği ile Yabancı Ot Renk Özelliklerinin Belirlenmesi.’’ **Alınteri Zirai Bilimler Dergisi. 31**, (B). 59-64, Erzurum.

62. Caner Ö. K., 2007. Yardımcı hava akımlı hidrolik pülverizatörle bağ ilaçlamasında toprak yüzeyine sürüklenmeyi azaltmaya yönelik en uygun kullanım koşullarının belirlenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İzmir.

63. Kashdan, J. T., Shrimpton, J. S., Whybrew, A., 2007. A digital image analysis technique for quantitative characterisation of high-speed sprays. **Optics and Lasers in Engineering, 45**(1), 106-115.

64. Mengeş, H. O., 1995. Mekanik Tarla Pülverizatörlerinde Kullanılan Çeşitli Tipteki Bazı Memelerin Dağılım ve Pülverizasyon Karekteristiklerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı -Yüksek Lisans Tezi, Konya, 105 s.

65. Sarita, S., 1996. Spray droplet spectrum analysis system using image-pro plus. **http://www.mediacy.com** Erişim tarihi (05.11.2017).

66. Zhou, Q., Miller, P. C. H., Walklate, P.J. and Thomas, N.H., 1996. Prediction of spray angle from flat fan nozzles. **J. Agric. Eng. Research, 64**, 139-348.

67. Karahan, Y., Sağlam, R., 1997. Buğdayda uçakla yabancı ot ilaçlamasında damla dağılımının farklı yöntemlerle saptanması üzerine bir araştırma. *Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi*, pp. 566-574, Tokat.

68. Chiu, H. W., Lee, F.F., Liang L.S., 1999. Using Image Processing Technique to Measure Spray Coverage. **Journal of Agricultural Research of China. 48**:4, 96-110.

69. Salyani M., Fox R.D., 1999. Evaluation of spray quality by oil and water sensitive papers. **Transaction of the ASAE.1999, 42**;1, 37-43.

70. Dursun, E., Karahan, Y. ve Çilingir, İ., 2000. Türkiye'de üretilen konik hüzmeli bazı meme plakalarında delik çapı ve düzgünlüğünün belirlenmesi. **Tarım Bilimleri Dergisi, 6**(3): 135-140.

71. Sudheer, K. P., & Panda, R. K. 2000. Digital image processing for determining drop sizes from irrigation spray nozzles. **Agricultural Water Management, 45**(2), 159-167.

72. Degré A., Mostade O., Huyghebaert B., Tıssot S., Debouche C., 2001. Comparision By Image Processing Of Target Supports Of Spray Droplets. **American Society of Agricultural Engineers. 44** (2):217-222.

73. Wolf, R. E., and Minihan, C. L., 2003. "Comparison of drift potential for venturi, extended range and turbo flat-fan nozzles." 37th Annual National Agricultural Aviation Association Convention, Reno. 2003.

74. Soysal, A. ve Bayat, A., 2006, Herbisit uygulamalarında kullanılan düşük sürüklenme potansiyelli memelerin püskürtme tekniği açısından değerlendirilmesi, **Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 2**(3):189-195.

75. Nuyttens, D., Baetens, K., De Schampheleire M. and Sonck, B., 2007, Effect of Nozzle Type, Size and Pressure on Spray Droplet Characteristics, **Science Direct Biosystems Engineering, 97,** 333-345 s.

76. Sehsah, E. M. E. and Kleisinger, S., 2009. Study of some parameters affecting spray distribution uniformity patteren. **Irrigation and Drainage, 26** (1), 69-93.

77. Cunha, M., C., Carvalho, and A. R., Marcal., 2012. "Assessing the ability of image processing software to analyse spray quality on water-sensitive papers used as artificial targets." **Biosystems Engineering 111** (1): 11-23.

78. Sayıncı, B., Bozdoğan, N. Y., Yıldız, C. ve Demir, B., 2013. Konik hüzmeli memelerde akış katsayısı ve bazı işletme özelliklerinin belirlenmesi. **Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 9** (1), 9-20.

79. Minov, S. V., Nuyttens, D., Vangeyte, J., Pieters, J. G., & Cointault, F. 2013. Spray nozzle characterization using high speed imaging techniques. In Precision agriculture' 13 (pp. 569-576). Wageningen Academic Publishers, Wageningen.

80. Sun, C., Ding, W., Zhou, L., Qiu, W., and Gu, J., 2017. Design and application of a system for droplet-size measurement in the field based on micro-distance imaging technology. **Crop Protection, 96,** 228-236.

81. Zhang, T., Dong, B., Chen, X., Qiu, Z., Jiang, R., and Li, W., 2017. Spray characteristics of pressure-swirl nozzles at different nozzle diameters. **Applied Thermal Engineering, 121,** 984-991.

82. Zeren Y., 1974. Mekanik Pülverizatörlerde Kullanılan Konik ve Yelpaze Hüzmeli Memelerde Dağılım ve Pülverizasyon Karakteristikleri Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Adana.

83. ImageJ 1.28x, 2006. Image Proccessing and Analysis in Java. USA.

84. Liu, J., F. B., Dazzo, O. Glagoleva, B. Yu, A.K. Jain. 2001. CMEIAS: A computer-aided system for the image analysis of bacterial morphotypes in microbial communities. **Microbial Ecology 41**(3): 173-194 and 42: 215. **http://cme.msu.edu/cmeias/** Erişim tarihi (17.12.2017).

85. MATLAB 7.8, 2009. MATLAB & Simulink Release 2009. The MathWorks Inc.

86. IBM SPSS® Statistics, 2010. IBM Company© Version 19. SSS Inc

87. Dorr, G. J., Hewitt, A. J., Adkins, S. W., Hanan, J., Zhang, H., & Noller, B. (2013). A comparison of initial spray characteristics produced by agricultural nozzles. **Crop Protection, 53**, 109-117.

88. Çömlek, R., 2017. Püskürtme paterni test ünitesinin tasarımı, imalatı ve pülverizatör memelerinde akış kontrolü. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 60 s.

89. Minov S., 2015. Integration of imaging techniques for the quantitative characterization of pesticide sprays. PhD Thesis. Ghent University, Belgium & University of Burgundy, France.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Necati ÇETİN
Uyruğu: Türkiye (TC)
Doğum Tarihi ve Yeri: 14 Haziran 1990, Finike
Medeni Durumu: Evli
Tel: 0555 703 3675
email: necaticetin@erciyes.edu.tr
Yazışma Adresi: Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği A.B.D	2017
Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi	2012

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2015- Halen	Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi	Arş. Gör.

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

Sağlam C., Çetin N., Kuş Z.A., "Kayseri ilinde meydana gelen traktör ve tarım makinaları kazalarının değerlendirilmesi", Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, cilt.6, ss.20-34, 2017

Sağlam C., Çetin N., "Kayseri yöresindeki çiftçilerin traktör seçimi ve satın alma davranışlarını etkileyen faktörlerin belirlenmesi", Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, cilt.31, ss.109-121, 2017

Demir B., Yaman M., Çetin N., "Tarımsal biyokütle enerjisine hammadde oluşturan cevizin (juglans regia l.) enerji eşdeğeri", Bahçe, cilt.46, no.2, ss.83-87, 2017.

Demir B., Çetin N., "Stratejik planlama ve kırsal kalkınma", Kent Stratejisi "Silifke", Eğitim Kitabevi, Mersin, ss.75-83, 2017

Sağlam C., Çetin N., "Kayseri ili tarım makinaları imalat sanayisinin mevcut durumu ve sorunları", Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University, JAFAG, vol.1300-2910, no.33, pp.117-124, 2016.

Demir B., Çetin N., Kuş Z.A., "Görüntü işleme tekniği ile yabancı ot renk özelliklerinin belirlenmesi", Alınteri Zirai Bilimler Dergisi, cilt.31, ss.59-64, 2016.

Demir B., Kuş Z.A., İrik H.A., Çetin N., "Mersin ili tarımsal biyokütle enerji eşdeğer potansiyeli", Alınteri, cilt.29, ss.12-18, 2015.