



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>

Vidalı transfer sistemlerine sahip kartezyen tipi 3B yazıcılarda gıda malzemeleri yazdırma parametrelerinin incelenmesi

Analysing of food printing parameters of cartesian type 3D printers with screw transfer system

Yazar(lar) (Author(s)): Gülce KAYA¹, Kerim ÇETİNKAYA²

ORCID¹: 0000-0001-6483-2920

ORCID²: 0000-0001-9537-1821

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Kaya G. ve Çetinkaya M., “Vidalı transfer sistemlerine sahip kartezyen tipi 3B yazıcılarda gıda malzemeleri yazdırma parametrelerinin incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 21(3): 663-667, (2018).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.389605

Vidalı Transfer Sistemlerine Sahip Kartezyen Tipi 3B Yazıcılarda Gıda Malzemeleri Yazdırma Parametrelerinin İncelenmesi

Araştırma Makalesi / Research Article

Gülce KAYA*, Kerim ÇETİNKAYA

¹Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Müh. Bölümü, Karabük Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 02.10.2016 ; Kabul/Accepted : 26.08.2017)

ÖZ

Bu çalışmada vidalı basınçlı transfer sistemine sahip çift nozullu kartezyen tipi üç boyutlu gıda yazıcısı tasarımı ve prototipi yapılmıştır. Çift nozullu ekstrüder sisteminde hazne olarak şırınga kullanılmış, malzeme iletimi için motorun dişli çark sistemini tahrik ederek şırınga pistonunu itmesini sağlayan özel bir ekstrüder tasarımı ve prototipi yapılmıştır. Üç boyutlu yazıcı boyutları X eksenini için 500mm, Y eksenini için 430mm, Z eksenini için 450mm' dir. Baskı boyutları X eksenini için 200mm, Y eksenini için 200mm, Z eksenini için 100mm' dir. Kontrol kartı olarak Arduino kullanılmıştır. Çift nozullu ekstrüder sistemi için yazılımda gerekli değişiklikler ve 3B yazıcı için gerekli kalibrasyon değişiklikleri yapılmıştır. Yapılan çalışmada genel amaç; yerli ve yabancı literatürde henüz çok fazla çalışılmamış olan 3B Gıda yazıcı sektörüne, bu çalışmayı kazandırmak ve kullanıma sokmaktır. Çift ekstrüderli bu sistem ile, iki farklı malzemeyle gıda üretimi yapılabilecek, çikolata, pasta süsleme malzemeleri, kurabiye hamurları, meyve aromalı jel malzemeler ve fütüristik gıdalar denenebilecektir.

Anahtar Kelimeler: 3B Gıda yazıcısı, çift ekstrüder.

Analysing of Food Printing Parameters of Cartesian Type 3D Printers With Screw Transfer System

ABSTRACT

In this study, a design and prototype of a two-nozzle Cartesian type three-dimensional food printer with screwed pressure transfer system was made. In the double nozzle extruder system, a syringe was used as a syringe and a special extruder design and prototype was made to drive the gear wheel system of the motor for material conveyance and to push the piston of the syringe. The dimensions of the three-dimensional printer are 500mm for X-axis, 430mm for Y-axis and 450mm for Z-axis. The print dimensions are 200mm for X axis, 200mm for Y axis and 100mm for Z axis. Arduino was used as a control card. For double nozzle extruder system, necessary changes in software and necessary calibration changes for 3D printer were made. The general aim in this study is; the 3D food printer sector, which has not been studied so much in domestic and foreign literature, is to gain and utilize this work. With this system with double extruder, food can be produced with two different materials, chocolate, cake decorating materials, cookie doughs, fruit flavored gel materials and futuristic foods.

Keywords: Solar air collector, conical spring, fuzzy logic, modeling, outlet temperature, thermal efficiency

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Üç boyutlu yazıcıların gıda sektöründe kullanımı günümüzde her geçen gün daha çok yaygınlaşmaktadır. Geleneksel üretimler ile tüketicilere sunulan şekerlemeden makarna üretimine kadar geniş alanlarda bu sistemlerin kullanılması çalışmaları yaygınlaşmakta ve gün geçtikçe başarılı sonuçlar vermektedir. Müşteri talebine özel olarak tasarlanmış yiyecekler, kişiye özel beslenme içeriklerinin oluşma zorunlulukları, yeme güçlüğü çeken ve özel öğütme ihtiyacı bulunan hastalar için günümüzde artan bir pazar ihtiyacı oluşmaktadır. Bu gerekliliklerin dışında karmaşık geometriye sahip 3B gıda yapılarının üretilmesinde de büyük bir potansiyele sahip bir teknolojidir. Gıda sektöründe üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin kullanımı üretim ve verimlilik açısından yenilikler sunmaktadır. Üretim

verimliliğini artırırken, kişiye özel tasarlanmış gıda ürünleri için üretim maliyetini düşürmektedir. İsteğe göre tasarlanabilen farklı geometrilerdeki özellikle çikolata, hamur, pizza, makarna, kurabiye, şekerleme ve daha birçok gıdanın üretiminde ve pasta süsleme, ya da dolgu amaçlı olarak kullanılabilir [1].

3B gıda yazıcılarıyla gıda ürünlerini kişiselleştirme, bireysel diyetlere uyarlanmış gıda malzemeleri üretebilme, yemek hazırlamada kolaylıklar, kullanıcıların kendi yiyeceklerini tasarlamaları, yeni gıda dokuları, daha uzun raf ömrü ve Dünya'nın en uzak köşelerine bile örneğin uzaya gıdaların kolayca ulaştırılabilmelerinin sağlanması gibi avantajlar oluşmaktadır [2].

Gıda Katmanlı Üretim terimi, eklemeli imalat işleminin gıda üretimine çevirisi olan yeni bir gıda üretim sürecini tanımlamak için kullanılmakta olup gıda katmanlı üretim, yeni yiyecek formları oluşturmak ve katı ve jöle içerebilir gıdalar içinde özelleştirilmiş dokuları, renkleri ve

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : glcekaya@gmail.com

lezzetleri yeni yollarla oluşturma potansiyeline sahiptir. Bir 3B gıda yazıcısı, ağırlıklı olarak viskoz malzemelerden (örneğin peynir, hamur, çikolata, jöle) veya toz haline getirilmiş maddelerden (örneğin şeker) elde edilen yenilebilir malzemeleri kullanarak parçaların yapımını sağlayan özel bir katkı maddesi imalatı sistemidir. Gıda uygulamaları için FDM (ergiyik biriktirme yöntemi), SLA (steriolithography), ve PolyJet gibi çeşitli standart eklemeli imalat teknolojileri kullanılmaktadır [3].

Çalışma kapsamında vidalı basınçlı transfer sistemine sahip çift nozullu kartezyen tipi üç boyutlu gıda yazıcısı tasarlanmış ve prototip imalatı yapılmış ve iki ayrı malzeme ile 3B gıda baskı uygulama ve testleri gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

Bu çalışmada kartezyen tipi üç boyutlu gıda yazıcısı prototip imalatı yapılmıştır ve vidalı basınçlı ekstrüder sistemi tasarlanıp üretilmiştir. Sistemin teknik özellikleri Çizelge 1’de ve 3B gıda yazıcısı Şekil 2’de gösterilmektedir.

Piyasada var olan Sigma3D firmasının 3B Yazıcı mekanik aksamı uygun görülmüş ve mekanik tasarımından yararlanılmıştır. Mekanik parçalar Sigma3D firmasından temin edilmiş ve gıda malzemesine uygun olabilmesi için

Vidalı basınçlı çift nozullu ekstrüder sistem montajı yapıldıktan sonra 3B yazıcının genel görünüşü Şekil 4’te gösterildiği gibidir.



Şekil 4. 3B Gıda Yazıcısı (3D Food printer)

3. EKSTRÜDER TASARIMI VE PROTOTİPİ (EXTRUDER DESIGN and PROTOTYPE)

Günümüzde, 3 boyutlu gıda yazıcılarında kullanılan ekstrüzyon sistemleri vidalı ve basınçlı sistemlerdir. Bu sistemlerde silindir pistonuna hareketi sağlamak için adım motor veya kompresör kullanılmaktadır. Adım motorlu sistemlerde piston hareketi için vidalı mil kullanılmaktadır. Milin dönüş hareketinin, piston kolunun doğrusal hareketine dönüşmesiyle malzemenin katmanlı yazdırılması sağlanmaktadır. Şekil 3.1’de 3B yiyecek yazıcılarında kullanılan basınçlı ve vidalı sistemler verilmiştir [4-7].

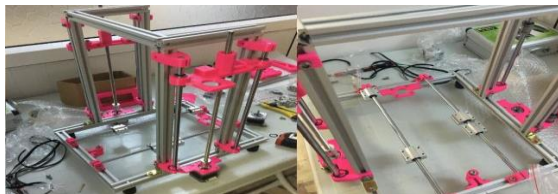
Çizelge 1. 3B Gıda yazıcısı teknik özellikleri (Technical specifications of 3D Food printer)

Sistem Ölçüleri	500x430x450mm
Baskı Alanı	200x200x100mm
Baskı Ucu Çapı	2.2mm
Diğer Özellikler	Çift Şırngalı vidalı sistem, ısıtıcı tabla, rijit yapı
Maliyet	2500TL

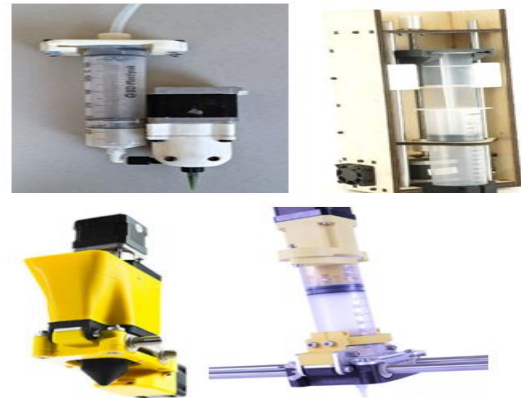
var olan mekanik sisteme uygun ekstrüder tasarımı yapılmıştır. Ek olarak sistem boyutları büyütülmüş, yeni ısıtıcı tabla sistemi geliştirilmiş ve yazılım yeni sisteme uygun hale getirilmiştir. Sistem yapımı sırayla Şekil 2 ve 3’te gösterilen aşamalarla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. 3B Gıda Yazıcısı Yapım Aşamaları (3D Food printer construction stages)

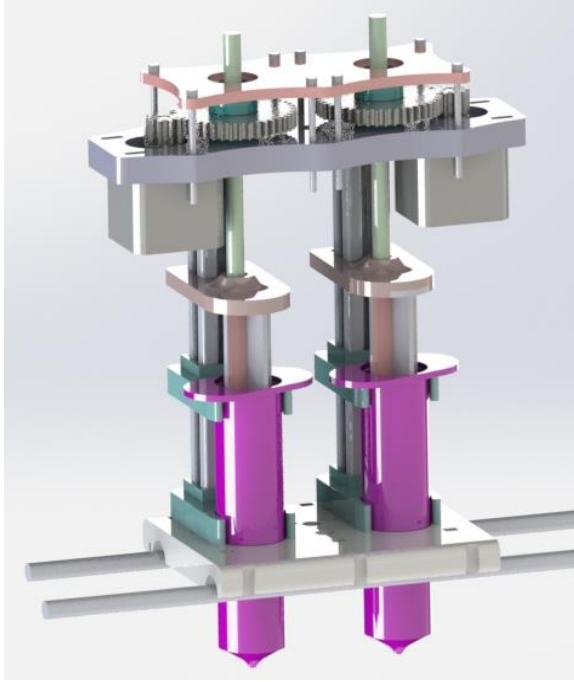


Şekil 3. 3B Gıda Yazıcısı Yapım Aşamaları (3D Food printer construction stages)

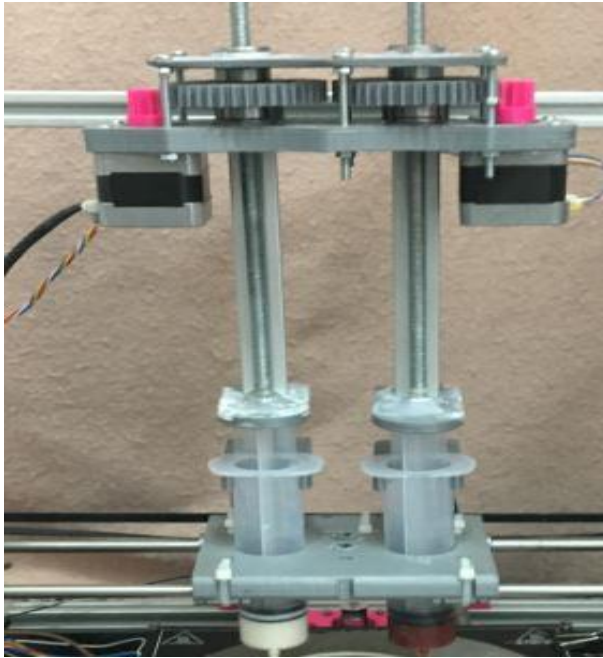


Şekil 5. Literatürdeki 3B gıda yazıcısı ekstrüzyon sistemleri. a) Kompresörlü sistem [4], b) Vidalı sistem [5], c) Helzonik milli sistem [6], d) Basınçlı sistem [7] (3D Food Printer systems in the literature a) Compressed System [4], b) Screwed system [5], c) Helical system [6], d) Pressured system [7]

Bu çalışmada, vidalı basınçlı transfer sistemine sahip çift nozullu ekstrüder tasarlanmış ve prototipi gerçekleştirilmiştir. Hazne olarak 60ml şırınga kullanılmış ve malzeme iletimi için motorun dişli çark sistemini tahrik ederek şırınga pistonunu itmesini sağlayan özel bir ekstrüder tasarımı ve prototipi yapılmıştır. Ekstrüder tasarımı Solidworks programı kullanılarak yapılmıştır. Şekil 6 a ve b' de ekstrüder tasarımı ve prototipi gösterilmektedir.



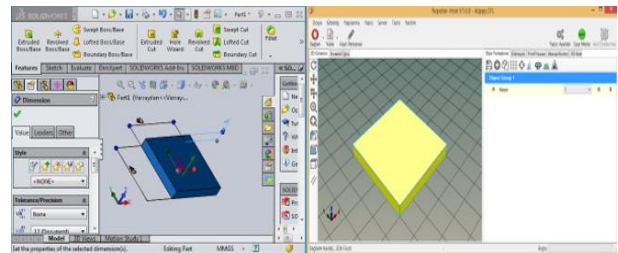
Şekil 6. a) Extruder system design



Şekil 6. b) Extruder system prototype

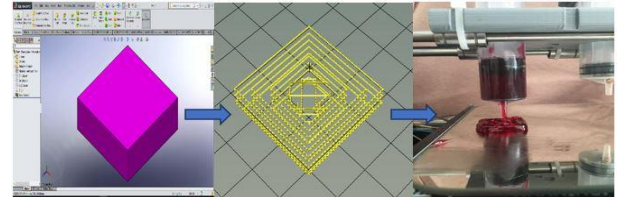
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL STUDIES)

Vidalı transfer sistemine sahip çift ekstrüderli sistem ile alınmış baskı örneklerinin tasarımları Solidworks programında oluşturulmuştur. STL formatında tasarım aşamasından sonra kaydedilip Repetier Host programında dilimleme işlemi yapılmıştır. Dilimleme işlemi sonrasında oluşturulan G-Code dosyaları, SD kart ile yazıcıya gönderilmiştir Çift nozullu ekstrüzyon sisteminde nozul çapı 2.2 mm olduğu için Repetier Host program ayarlarında katman kalınlığı 2.2 mm verilmiş ve baskı alınmıştır. Çift nozulla baskı alabilmek için iki nozul için de ayrı ayrı parçalar tasarlanmış ve Repetier Host programına atılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. CAD modelinin oluşturulması ve Repetier host programına atılması (Creation a CAD model and send to Repetier Host)

Vidalı basınçlı çift ekstrüder ile farklı doluluk oranlarıyla gıda malzemeleri denenmiş ve numuneler arasında birtakım karşılaştırmalar yapılmıştır. Hazır olarak alınan çikolata, jöle, hamur ve krem peynir malzemeleriyle baskısı alınan numuneler 30 x 30 x 9 mm boyutlarında ve %10, %30, %50 doluluk oranlarıyla Repetier Host programında dilimlenmiştir. Her doluluk oranı için 3 adet numune basılmış ve verilen diğer değerler için ortalamaları alınmıştır. Çikolata, jöle, peynir ve hamur malzemeleri kullanılarak oluşturulan numuneler arasındaki yayılma oranları gözlemlenmiş ve ölçülmüştür. Hamur ile alınan numunelerde yayılma oranları dışında pişme çekilmesi testleri yapılmıştır. Numunelerin model halindeyken olan ölçüleri, baskı sonrası ölçüleri ve pişirildikten sonraki ölçüleri hesaplanmış ve buna göre malzemeye göre verilmesi gereken tolerans miktarları belirlenmiştir. Şekil 8'de modellenen numunenin model, dilimleme ve baskı işlemleri gösterilmektedir.



Şekil 8. Jöle ile 30 x 30 x 9 mm ölçülerinde numune baskısı (Print sample at 30 x 30 x 9 mm with jelly)

Hazır jöle ile 30 x 30 x 9 mm ölçülerinde, farklı doluluk oranlarında 9 adet baskı alınmıştır. Çizelge 2’ de hazır jöle ile 3 ayrı doluluk oranı için ayrı ayrı 3 ayrı numune üzerinden gerçekleştirilen baskı testleri gösterilmektedir. Şekil 9’ da modellenen numunenin model, dilimleme ve baskı işlemleri gösterilmektedir. Krem peynir malzemesi ile 30 x 30 x 9 mm ölçülerinde, farklı doluluk oranlarında 9 adet baskı alınmıştır.

Çizelge 2. Jöle ile baskı testi (Printing test with jelly)

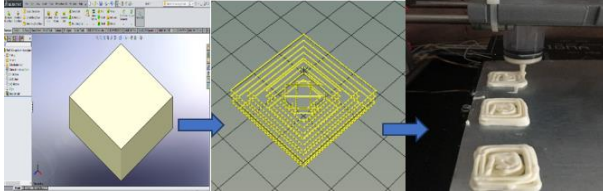
Doluluk Oranı	Boyutlar	Baskı Sonrası Boyutlar (mm)			Toleranslar (%)		
		X	Y	Z	X	Y	Z
%10	30x30x9mm	33.3	33.2	8.6	-0.11	-0.7	+0.05
%30		34.5	34.6	8.83	-0.15	-0.15	+0.02
%50		35.4	37.2	9.2	-0.18	-0.24	-0.02

Çizelge 3. Peynir ile baskı testi (Printing test with cream cheese)

Doluluk Oranı	Boyutlar	Baskı Sonrası Boyutlar (mm)			Toleranslar (%)		
		X	Y	Z	X	Y	Z
%10	30x30x9mm	33.3	33.2	8.6	-0.11	-0.7	+0.05
%30		34.5	34.6	8.83	-0.15	-0.15	+0.02
%50		35.4	37.2	9.2	-0.18	-0.24	-0.02

Çizelge 4. Çikolata ile baskı testi (Printing test with chocolate)

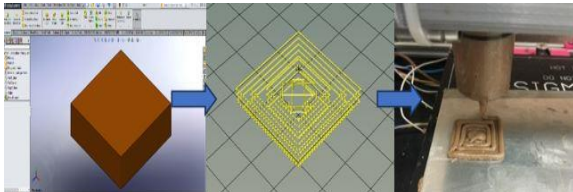
Doluluk Oranı	Boyutlar	Baskı Sonrası Boyutlar (mm)			Toleranslar (%)		
		X	Y	Z	X	Y	Z
%10	30x30x9mm	33.3	33.2	8.6	-0.11	-0.7	+0.05
%30		34.5	34.6	8.83	-0.15	-0.15	+0.02
%50		35.4	37.2	9.2	-0.18	-0.24	-0.02



Şekil 9. Peynir ile 30 x 30 x 9 mm ölçülerinde numune baskısı (Print sample at 30 x 30 x 9 mm with cream cheese)

Çizelge 3’ te peynir ile 3 farklı doluluk oranı için 3 ayrı numune üzerinden gerçekleştirilen baskı testleri gösterilmektedir.

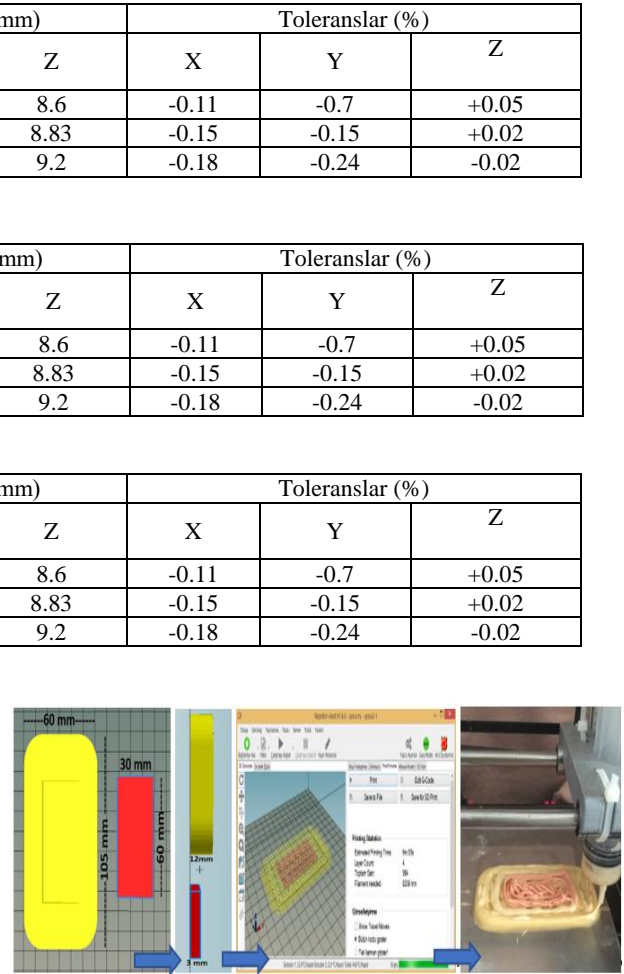
Şekil 10’ da modellenen numunenin model, dilimleme ve baskı işlemleri gösterilmektedir. Çikolata malzemesi ile 30 x 30 x 9 mm ölçülerinde, farklı doluluk oranlarında 9 adet baskı alınmıştır.



Şekil 10. Çikolata ile 30 x 30 x 9 mm ölçülerinde numune baskısı (Print sample at 30 x 30 x 9 mm with chocolate)

Çizelge 4’te çikolata ile 3 farklı doluluk oranı için 3 ayrı numune üzerinden gerçekleştirilen baskı testleri gösterilmektedir.

Şekil 11’ de modellenen numunenin modeli, dilimleme ve baskı işlemleri gösterilmektedir. Modelleme aşamasında, krep hamuru ile basılacak parça ayrı, domates salçası ve krem peynir ile hazırlanan sos için ayrı olarak iki adet parça modellenmiştir, Repetier Host programına STL olarak atılmıştır ve baskı alınmıştır.



Şekil 11. Krep hamuru ve sos ile numune baskısı (Print sample with crepe dough and souce)

Numune baskı sırasında ısıtıcı tabla ile yayılmasının önlenmesi için 75C’de ısıtılmış ve daha sonra pişmesi için tabla sıcaklığı 130C’ye çıkarılmıştır. Şekil 12’de baskı aşaması ve pişirildikten sonraki hali gösterilmektedir.



Şekil 12. Krep hamuru ve sos baskısı ve pişirilmesi (Printing and baking a sample with crepe dough and souce)

Çizelge 5. Numune Baskı Testleri (Printing tests of samples)

Parçalar	Boyutlar (mm)			Baskı sonrası boyutlar (mm)			Pişme sonrası boyutlar (mm)			Pişme çekilme oranları (%)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Krep Hamuru Parçası	105	60	12	107	62	5	104.7	60.2	3.5	+0.01	+0.01	+0.3
Sos Parçası	60	30	3	62	33	3	61	31	2	+0.01	+0.01	-0.01

Çizelge 5' te model ölçüleri, baskı sonrası ölçüler ve pişirildikten sonraki ölçüler verilmiştir ve pişme çekilme oranı hesaplanmıştır.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışma FDM yöntemiyle çalışan, vidalı transfer sistemine sahip çift nozullu kartezyen tipi üç boyutlu gıda yazıcısı tasarımı ve prototipini kapsamaktadır. Üç boyutlu yazıcı boyutları X eksen için 500mm, Y eksen için 430mm, Z eksen için 450mm' dir. Baskı boyutları X eksen için 200mm, Y eksen için 200mm, Z eksen için 100mm' dir. 3B yazıcı gövdesi sigma profillerle üretilmiştir.

Elektronik kontrol ünitesinde dağıtıcı kart olarak Arduino kullanılmıştır. Tek ekstrüderli sistem için 3B yazıcıda 5 adet, çift ekstrüderli vidalı sistemler için 6 adet Nema17 step motor kullanılmıştır.

Arayüz programı olarak Cura ve Repetier Host programları kullanılmış olup, dilimleme işlemleri için de Cura ve Slicer programları kullanılmıştır.

Çalışmada malzeme iletimini sağlamak amacıyla 3 adet ekstrüder tasarımı ve prototipi de yapılmıştır. Tek nozullu ekstrüder sisteminin Power ABS malzeme kullanılarak hazne tasarlanıp prototipi üretilmiş ve malzeme iletimi helezonik plastik mille yapılmıştır. Çift nozullu ekstrüder sisteminin birincisinde PLA malzeme kullanılarak hazne tasarlanıp prototipi üretilmiş ve malzeme iletimi paslanmaz çelik helezonik mil ile yapılmıştır. Çift nozullu ekstrüder sisteminin ikincisinde hazne olarak şırınga kullanılmıştır, malzeme iletimi için motorun dişli çark sistemini tahrik ederek şırınga pistonunu itmesini sağlayan özel bir ekstrüder tasarımı ve prototipi yapılmıştır.

Çift nozullu basınçlı vidalı ekstrüder sisteminde farklı gıda malzemeleri denenmiş ve malzemelerin baskı sırasında yayılma oranları hesaplanmıştır. Çikolata, krem peynir ve jöle malzemeliyle 30 x 30 x 9 mm ölçülerinde, 3 farklı doluluk oranıyla numuneler alınmıştır. %10 %30 ve %50 doluluk oranlarındaki numuneler için doluluk oranı arttıkça yayılma oranlarının da arttığı gözlenmiştir ve bu sonuçlara göre modelleme esnasında istenilen ölçüleri elde etmek için toleranslar verilmesi gerektiği hesaplamalarla açıklanmıştır [8].

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Lipton, J. I., Cutler, M., Nigl, F., Cohen, D. and Lipson, H. "Additive manufacturing for the food industry", *Trends in Food Science & Technology*, 43(1): 114-123 (2015).
- [2] Kouzani, A. Z., Adams, S., Whyte, D. J., Oliver, R., Hemsley, B., Palmer, S., & Balandin, S., "3D Printing of Food for People with Swallowing Difficulties", *KnE Engineering*, 2(2): 23-29, (2017).
- [3] Antle, K., Leen, R., & Russo, A. 3D Food Printing in Museum Makerspaces: Creative Reinterpretation of Heritage, *KnE Engineering*, 2(2), 1-7, (2017).
- [4] www.thingiverse.com/thing28018 "Claystruder", (2017).
- [5] www.primrbot.com/shop/paste-extruder-beta/ "Paste Extruder", (2017).
- [6] www.store.zmorph3d.com/produkt/thick-paste-extruder/ "Thick Paste Extruder", (2017).
- [7] İnternet: Zmorph, "Cake and Chocolate Extruder" <http://sandbox.zmorph3d.com/cake-and-chocolate-extruder/> (2017).
- [8] Kaya, G. ve Çetinkaya, K., "Vidali Basınçlı Transfer Sistemine Sahip Çift Nozullu Kartezyen Tipi Üç Boyutlu Gıda Yazıcısı Tasarımı Ve Prototipi", *Yüksek Lisans Tezi*, (2017).