

# EkmeK İçi Sertliğinin Ölçülmesinde Ekstensogram Özelliklerinin Parametre Olarak Kullanılması

Zeki ERTUGAY — Adem ELGÜN — Muharrem CERTEL

A.Ü., Zir. Fak. Tarım Ürünleri Teknolojisi Bölümü — ERZURUM

## ÖZET

Bu araştırmada, hamurun reolojik özelliklerinin ölçülmesinde kullanılan Ekstensografin, ekmeK içi reolojisinin tahmininde kullanılabilme imkânları, bir üniversal tekstür ölçme cihazı olan Alvetron ile karşılaştırılmalı olarak araştırılmıştır. Ölçümler, özellikleri belli 30 farklı undan elde edilen ve polietilen ile paketlenen ekmeklerde; 1, 3 ve 5 gün bekletildikten sonra yapılmıştır. Sonuç olarak, ekstensografta elde edilen tepe yüksekliğinin, Alvetron gibi, ekmeK içi sertliğinin tahmininde kullanılabileceği; her üç ölçüm zamanı için;  $r = 0.810^{xx}$  (1. gün),  $r = 0.828^{xx}$  (3. gün) ve  $r = 0.872^{xx}$  (5. gün) olmak üzere oldukça yüksek, istatistikî bakımdan önemli korrelasyon kat sayılarıyla ortaya konmuştur.

## SUMMARY

The possibility of the use of bread crumb firmness obtained on extensograph as a parameter in the estimation of staleness of bread crumb.

In this study, the possibility of the use of extensograph which has been using in the measurement of dough reology, to estimate the rheologic characteristics of the bread crumb was searched in comparison with Alvetron as a universal texture measuring instrument. The research was done on 30 bread samples which are wrapped with polyethylen bags. After 1, 3 and 5 days, the measurements were done.

In conclusion, the extensogram peak height gave very high and statistically significant correlation coefficient with the Alvetron values at 0.01 level, as being  $r = 0.810^{xx}$  (for 1st day),  $r = 0.828^{xx}$  (for 2nd day)  $r = 0.872^{xx}$  (for 3rd day). Thus, it is understood that the extensograph is a very useful instrument in the measurement of bread crumb firmness as a parameter of the staleness of bread crumb.

## GİRİŞ

EkmeKteki bayatlama olgusunun takibinde kullanılan, nisbeten basit ve doğru olarak ölçülebilen önemli iki fiziksel ekmeK içi karakteri, sıkıştırılabilirlik (compressibility) ve su çekme (absorbtion), kapasitesidir. Bunlardan sıkıştırılabilirlik özelliği, şartlara ve zamana bağlı olarak açığa çıkan bayatlama hadisesine paralel olarak artan ekmeK içi sertliğinin takibi ile ölçülebilir.

Tekstürel yapıya yönelik ölçümlerde sıkıştırma (compression), makaslama - kesme (shearing), kesme (cutting), saplama (plunging) ve çekme (tensile strength) gibi işlemler kullanılır (2). Bunlardan ekmeK içi sertliğinin ölçülmesinde faydalanılanlar özellikle sıkıştırma ve bunun makaslama - kesme ile kombinasyonudur. Sıkıştırmada etki düzlemi, test materyali yüzeyinden küçük olduğu durumlarda, sıkıştırma işleminin makaslama - kesme işlemi takip eder. Dolayısıyla ekmeK ürünlerinde uygulanan sıkıştırma işlemi de belli bir derinlikten sonra kesme işlemine dönüşür.

EkmeK içinin söz konusu reolojik özelliklerinin ölçülmesinde kullanılan metodlar iki grupta toplanabilir (1). Bunlar; 1. Etki süresi ve basıncı sabit tutularak, meydana gelen deformasyonun ölçülmesi, diğeri ise 2. belli sürede yine belli bir deformasyon için gerekli kuvvetin ölçülmesidir. Son yıllarda kullanımı en aktüel olanlar bu ikinci grubu oluşturmaktadır. Bunlarda; yatay ve birbirine paralel iki yüzey arasında 12-25 mm kalınlıktaki ekmeK içinin sıkıştırılması ve bu sırada meydana gelen 3-4 mm'lik deformasyon ile ekmeK içinin gösterdiği karşı direncin ölçülmesi esastır. Etki yüzeyi önemli olduğundan sabit alınır. Dilim yüzeyine göre etki yüzeyi genellikle daha dar alındığından 3-4 mm'den sonra makaslama - kesme görülür. Kayıtlı ölçüm cihazlarında, kesme - kırılma işlemi ile birlikte kurvenin yükseliş ivmesi düşer ve pik yapar.

Son yıllarda geliştirilen üniversal ölçüm cihazları, tekstür analizlerinde her türlü ölçü-

mü (sıkıştırma, makaslama, kesme, saplama, çekme, v.s.) yapabilecek alternasyona sahip olup, materyalin sertlik, deformasyon ve üniformite özelliklerini kaydedicileri vasıtasıyla bir kurve üzerinde gösterebilmektedirler. Bunlara örnek olarak Shear Press, Instron ve Alvetron verilebilir. Bunun yanında yine ekmeğin sıkıştırılabilirliğini ölçmede Baker Compressimeter, Bloom Gelometer, Texture Analyzer, Tenderometer gibi cihazlar da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ekstensograf hamurun reolojik özelliklerini saptamada kullanılan bir alettir. Hamurun uzama kabiliyeti ve uzamaya karşı mukavemetini ölçmektedir. Ölçme sırasında ağırlık bakımından sistemi dengede bırakan hamur, özel yerine yerleştirildikten sonra, aşağıya doğru sabit hızla hareket eden bir çengel ile uzatılır. Bu sırada hamurun reolojik özelliklerine bağlı olarak gösterdiği uzayabilirlik ve mukavemet, terazi sisteminin dengesine etki ederek, mekanik transmisyon düzeni ile kuvvet değişimini yazıcıya kadar ulaştırır ve bir kurve halinde kaydeder (3).

Bu araştırmada, hamurun reolojik özelliklerinin ölçülmesinde yaygın şekilde kullanılan ve ölçüm hassasiyeti yüksek olan ekstensografin ekmeğin reolojik özelliklerinin tahmininde kullanılabilme imkânı, üniversal bir tektürel ölçme cihazı olan Alvetron ile karşılaştırılmalı olarak ele alındı ve araştırıldı.

## MATERYAL ve METOD

### Materyal

Un materyali Atatürk Üniversitesi Araştırma alanlarından elde edilmiş, farklı lokasyonlardan ve 6 çeşit buğdaydan Buhler laboratuvar değirmeninden yaklaşık % 65 - 70 un veriminde çekilmiş 30 örnekten ibaret olup, unların analitik analiz sonuçları Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Ekmeğin yapımında günlük pres maya ve rafine tuz kullanılmıştır.

### Metod

Unlar üzerinde yapılan analitik çalışmalarda; su (ICC - No: 110/1) Kül (ICC - No: 104), Protein (AACC - 46/11), Zeleny sedimantasyon değeri (ICC - No: 116) tayin edilmiştir (4, 5).

Ekmeğin pişirme denemelerinde AACC - Metod 10/10 modifiye edilerek kullanılmıştır. Buna göre; katkısız formülasyonla 30 + 30 dakika ana fermentasyon ve 40 dakika son fermentasyondan sonra 230°C'da 25 dakika pişirilmiştir. Ekmekler fırından çıktığı gibi tartılmış ve hacimleri ölçülmüştür (5).

Bayatlamamanın takibinde kullanılan parametrelerden spesifik hacim; hacim değeri (cc), ağırlığa (g) bölünmek suretiyle elde edilmiştir (6).

Bir ekmekte bir deney yapılacak şekilde tekerrür sayısı tesbit edilmiştir. Ekmekler fırından çıkınca 1 saatlik soğuma müddetinden sonra polietilen torbalara konularak; 1, 3 ve 5 gün sonra yapılacak ekmeğin içi sertliği ölçümlerinde kullanılmak üzere, ağızları sıkıca bağlanmıştır. 3 ölçüm zamanı ve 2 farklı deney için 6 ekmeğin kullanılmıştır.

Ölçüm sırasında ekmekler paketinden çıkarıldıktan sonra tahta kalıp içinde, elektrikli ekmeğin bıçağı ile 20 mm kalınlıkta dilimlere ayrılmış, orta dilimin yanlarında kalan iki dilimin dış yüzeylerinden ölçüm gerçekleştirilmiş, iki ölçüm ortalaması değerlendirilmeye alınmıştır.

Alvetron'da yapılan ölçümlerde 3 cm<sup>2</sup>'lik etki yüzeyine sahip pistonun, 4 mm/sn'lik hızla, ekmeğin içine 4 mm daldırılması ile doğan maksimum ekmeğin içi direnci «Newton» olarak okunmuş ve değerlendirilmiştir.

Ekstensograftaki ölçüm tekniği Şekil 1'da gösterilmiştir. Uygulamada, önce ekmeğin diliminin yan ve alt kabukları elektrikli bıçakla kesilerek dilim ağırlığı 25 g'lık sabit değere indirgenmiştir.

Ekstensograftaki ölçümlerde, normalde hamur taşıyıcı olarak kullanılan aksesuar, ölçüm kolundaki yerine boş olarak yerleştirildi ve 150 g ağırlık konularak sıfırlandı.

Hamur taşıyıcının sıkıştırma kapakları açılarak, hazırlanmış ekmeğin diliminin yuvarlak üst kenarı, taşıyıcının yarı dairesel bağlantı koluyla aynı hizaya gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Daha sonra sıkıştırma kapaklarının, ana taşıyıcı parçasına kilitlemesini sağlayan ikişer çivi, ekmeğin dilimini delip yuvalarına geçecek şekilde yerlerine takıldı. Böylece dilim taşıyıcı üzerinde sabitleştirildi.

Çizelge 1. Unların Kalitatif Analiz Sonuçları

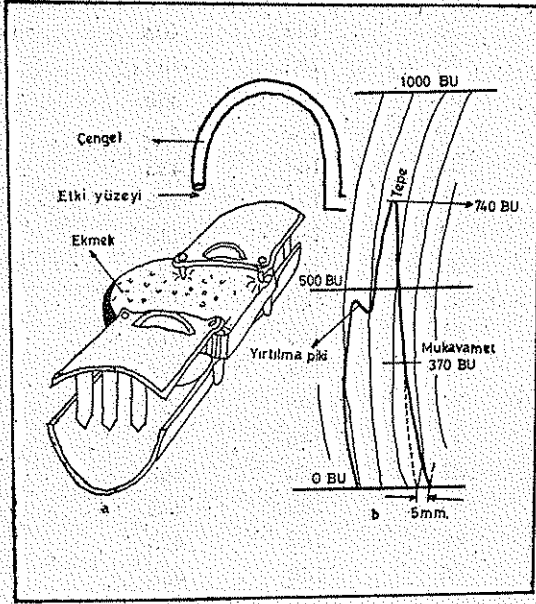
Lob. No.	Buğday Çeşidi	KM'de Kül (%)	KM'de Prot. (%)	% 14 suda Zeleny Sed. (cc)	Ekmek Ağırlık (g)	Özellikleri Hacim (cc)
1	Sadova	0.46	11.6	35	143	400
2	»	0.57	13.2	37	146	438
3	»	0.60	11.1	33	149	403
4	Lancer	0.39	12.8	48	148	443
5	»	0.50	15.4	38	143	358
6	»	0.54	12.7	54	152	410
7	Kırık	0.50	11.2	38	144	433
8	»	0.54	10.6	38	151	468
9	»	0.52	10.6	32	142	413
10	Melez	0.44	11.2	23	142	413
11	»	0.53	10.8	22	148	458
12	»	0.44	11.4	23	143	415
13	»	0.50	11.2	25	144	388
14	Sadova	0.46	10.1	30	144	433
15	»	0.50	11.0	34	146	423
16	»	0.44	16.1	37	140	463
17	Lancer	0.41	9.3	30	139	445
18	»	0.41	8.1	29	146	423
19	»	0.48	10.4	38	146	438
20	Yayla - 305	0.39	10.0	19	146	410
21	»	0.43	11.9	26	147	425
22	»	0.47	11.4	23	141	423
23	»	0.46	11.2	28	141	450
24	Kırık	0.40	16.2	34	148	458
25	»	0.44	8.9	27	152	440
26	»	0.47	10.2	36	139	458
27	»	0.36	9.6	41	147	425
28	Karışık	0.62	10.6	19	145	355
29	»	0.60	9.6	24	146	423
30	»	0.76	9.8	17	145	345

Ekmek dilim ağırlığına ilave 125 gramlık ağırlık, taşıyıcı tablosu üzerine konularak, sistem yazıcı üzerinde tekrar sıfırlandı ve harekete geçirildi.

Ölçüm sonucu Şekil 1b'de görülen ekmek için ölçüm sırasındaki kinestetik özelliklerini ortaya koyan kurve elde edildi. Kurvenin «tepe» yüksekliği (BU) ve kurve başlangıcından 5 mm sonraki kurve yüksekliği (mukavemet) (BU) ekmek içi sertliğini ifadede parametre olarak değerlendirildi.

Kurve incelendiğinde, ekmek dilim yüzeyine etkide bulunan kancanın 50 mm<sup>2</sup>'lik etki yüzeyi 14 mm/sn lik sabit bir hızla önce sıkıştırma (compression) etkisinde bulunmakta, beraberinde kurve hızla yükselmektedir. Etki düzlemi ileri aşamada dilim üzerinde makaslama - kesme (shearing) işlemine geçince ekmek için karşı direnci ile birlikte kurvenin yükseliş ivmesi de aniden düşmekte ve kurve pik yapmaktadır. Böylece ekmek için makaslama - kesilme işlemine kadar göster-

diği sıkıştırmaya karşı direnç kurvenin tepe yüksekliği ile kaydedilmiş olmaktadır. Ekmek diliminin çengel tarafından yırtılması işlemi, pik noktasından sonra vukubulmakta, dolayısıyla değerlendirmeye alınan kurve özelliklerini etkilememektedir.



Şekil 1. Ekmek içi sertliğinin ekstensografa ölçülmesi (a) ve tipik sertlik kurvesi (b).

Kurve başlangıcından 5 mm sonra alınan kurve yüksekliği, çengel ve kağıdın hızları gözönüne alındığında çengel etki yüzeyinin, ekmeğe yüzeyine değdikten sonraki 10 mm'lik sıkıştırma derinliğine eşdeğer olmaktadır. Burada ekmeğin diliminin esnemesi söz konusu olduğundan, ölçüm değerinin, paralel plakalar arasında, 4 mm gibi belli deformasyon için yapılan ölçümlerle karşılaştırılması tartışılabilir.

Ölçüm değerleri cetveller halinde özetlenmiş olup, ele alınan parametreler arası ilişkiler korrelasyon hesapları ile ortaya konmuş, korrelasyon katsayısı, önemlilikleri ve istatistik bakımından önemli bulunan ilişkilerin regresyon denklemleri bir cetvelde özetlenmiştir. Öneminden dolayı bazı ilişkilerin açıklanmasında grafik anlatıma yer verilmiştir (7).

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Ekmeğin bayatlamasının takibinde kullanılmak üzere tesbit edilen parametrelerden spesifik hacim yanında, değişen ekmeğin iç sertliğini ifade eden kullanılan Alvetron ve Ekstensograf ölçümlerinin sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 3, sözkonusu parametreler arasındaki ilişkiyi ortaya koyan korrelasyon ve regresyon hesaplarının sonuçlarını özetlemektedir.

Görüldüğü gibi, ekmeğin bayatlamasının takipte bir parametre olarak kabul edilen ekmeğin spesifik hacmi (7). Alvetron'da ölçülen sertlik değerleriyle daha yüksek olmak üzere, 3. gün ekstensograf ölçümleri hariç istatistik bakımından 0.01 düzeyinde önemli korrelasyon katsayıları vermiştir. 3. gün ölçümlerinde görülen bu sapma muhtemelen deneysel hatadan kaynaklanmaktadır.

Alvetron'da ölçülen ekmeğin içi sertliği değerleri ile ekstensograf'ta ölçülenler arasındaki korrelasyon katsayıları gözden geçirildiğinde (Çizelge 3), yine 0.01 düzeyinde önemli fakat, çok daha sıkı korrelasyonun varlığı gözlenmektedir. Korrelasyon katsayılarından Ekstensogram «tepe» değerine ait olanlar, kurve başlangıcından 5 mm ötedeki kurve yüksekliğine (mukavemet) ait olana göre (Şekil 1), Alvetron değeriyle daha sıkı korrelasyon göstermişlerdir. Muhtemelen bu sertlik ekstensogramının elde edilmesi ve okunması sırasında sözkonusu olabilecek hatalardan doğmaktadır. Bu bakımdan, gerek daha net elde edilebilmesi ve gerekse değerlendirilmesinin çok daha basit olması nedeniyle tepe okumasının ekmeğin sertliğini ifade eden bir parametre olarak kabulü daha uygun görülmektedir.

Alvetron ve ekstensograf değerleri arasındaki ilişkiyi daha bariz şekilde ortaya koymak üzere Şekil 2, 3 ve 4'deki grafikler hazırlanmıştır. Sırasıyla grafikler 1, 3 ve 5. günlerde Alvetron'da ve Ekstensograf'ta (Tepe) elde edilen ekmeğin sertliği ölçüm değerine aittir.

Çizelge 2. Ekmekte Bayatlama Tekstlerinin Sonuçları

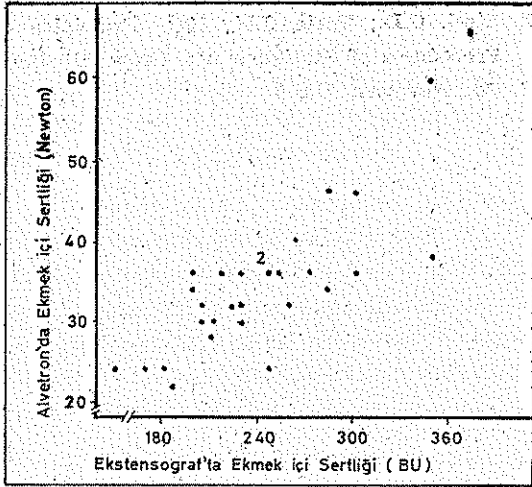
Örnek	Spesifik Hacim (cc/g)	Alvetron'da (newton)			Ekmek içi sertliği (Newton 10 <sup>-1</sup> ) Extensografta (BU)					
		1. gün	3. gün	5. gün	1. gün		3. gün		5. gün	
					Tepe	Muk.	Tepe	Muk.	Tepe	Muk.
1	2.93	30	48	57	205	160	208	180	200	270
2	3.52	22	43	50	185	140	240	220	245	165
3	8.51	23	37	50	245	140	243	220	240	180
4	3.26	29	40	47	225	180	230	185	230	205
5	3.02	32	50	58	260	200	275	225	320	300
6	3.35	23	32	41	180	165	180	125	200	180
7	3.40	30	42	49	210	160	220	205	255	180
8	3.45	36	45	42	300	220	280	280	265	240
9	3.35	35	46	53	250	215	200	280	300	300
10	3.13	35	56	62	230	180	273	261	200	210
11	3.14	37	63	77	240	260	265	220	293	295
12	3.00	45	62	77	280	135	280	160	303	290
13	3.10	31	61	62	230	170	263	215	260	260
14	3.10	33	39	59	200	200	225	230	260	245
15	3.34	28	41	41	210	180	210	180	180	195
16	3.64	23	32	38	170	165	170	155	180	160
17	3.05	38	55	73	240	220	273	235	400	260
18	3.41	35	66	65	245	225	323	360	335	280
19	3.00	35	50	56	215	205	230	195	265	240
20	3.87	24	42	63	150	150	315	260	280	315
21	3.06	32	57	66	205	180	240	225	300	295
22	3.37	31	47	65	220	120	298	230	240	180
23	3.15	36	48	56	270	150	232	220	260	220
24	3.11	38	48	44	345	240	205	200	265	190
25	3.54	36	47	61	200	115	325	280	290	205
26	3.01	34	64	43	280	240	290	265	260	240
27	3.35	39	36	43	265	230	280	210	260	220
28	3.07	59	86	93	350	280	420	480	520	410
29	2.64	46	74	87	300	290	405	420	435	290
30	2.81	66	90	118	370	280	525	505	595	515

Çizelge 3. Ekmeğin Spesifik Hacmi ve Alvetron ile Ekstensografda elde edilen ekmeğin içi sertliği değerleri arasındaki bazı Korrelasyon Katsayıları ve Regresyon Denklemleri

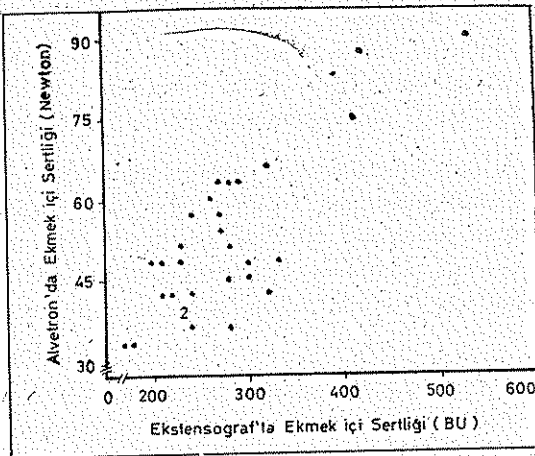
	Spesifik Hacim		Alvetron'da Ekmeğin İç Sertliği (A) (Newton)	
	(sp. H) (cc/g)	1. Gün	3. Gün	5. Gün
Spesifik Hacim (cc/g)		— 0.614**	— 0.641**	— 0.530**
		Sp. H. = 3.80 - 0.016 A	Sp. H. = 3.83 - 0.0117 A	Sp. H. = 3.70 - 0.079 A
Ekstensografda Ekmeğin İç Sertliği (BU)		0.828**	—	—
1. Gün Tepe (E <sub>t</sub> )	Sp. H = 3.91 - 0.028 E <sub>t</sub>	A = 2.06 + 0.152 E <sub>t</sub>	—	—
Mukavemet (Em)	0.557**	0.667**	—	—
	Sp. H. = 3.81 - 0.003 Em	A = 9.00 + 0.133 Em	—	—
3. Gün Tepe (E <sub>t</sub> )	— 0.331	—	0.810**	—
			A = 8.36 + 0.158 E <sub>t</sub>	—
Mukavemet (Em)	— 0.321	—	A = 19.01 + 0.131 E <sub>b</sub>	—
5. Gün Tepe (E <sub>t</sub> )	— 0.478**	—	—	0.872**
	Sp. H. = 3.61 - 0.0013 E <sub>t</sub>	—	—	A = 12.19 + 0.166 E <sub>t</sub>
Mukavemet (Em)	— 0.469**	—	—	0.841**
	Sp. H. = 3.63 - 0.0016 Em	—	—	A = 10.27 + 0.198 Em

(\*\*) 0.01 düzeyinde önemli.

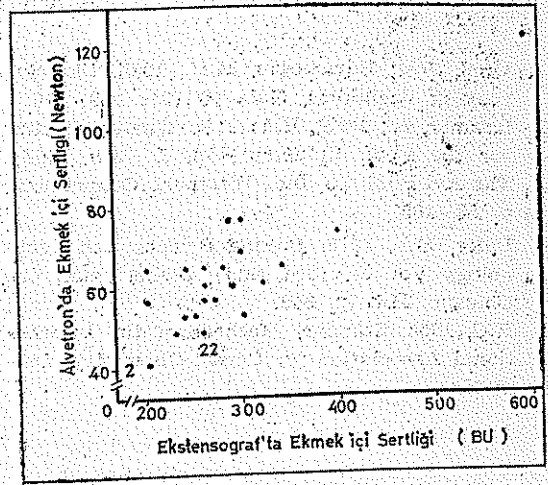
Şekil 2'deki dağılışı  $r = 0.828^{**}$  (1. gün) lik, Şekil 3'teki  $r = 0.810^{**}$ luk (3. gün), Şekil 4'teki ise  $r = 0.872^{**}$  (5. gün) olmak üzere, kimyasal analizlere göre varyasyon ihtimali oldukça yüksek olan ekmeğin pişirme denemelerine dayalı olarak, oldukça yüksek değerlerde ve sıkı bir ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 2. 1 gün sonunda elde edilen Alvetron ve Ekstensografta (Tepe) ölçülen ekmeğin içi sertliği değerleri arasındaki ilişki ( $r = 0.810^{**}$ ,  $n = 30$ )



Şekil 3. 3. gün sonunda elde edilen Alvetron ve Ekstensografta (Tepe) ölçülen ekmeğin içi sertliği değerleri arasındaki ilişki ( $r = 0.828^{**}$ ,  $n = 30$ )



Şekil 4. 5. gün sonunda elde edilen Alvetron ve Ekstensografta (Tepe) ölçülen ekmeğin içi sertliği arasındaki ilişki ( $r = 0.872^{**}$ ,  $n = 30$ )

## SONUÇ

İstatistik analizlerin açıkça ortaya koyduğu (Çizelge 3) ve grafik olarak da gözlemlendiği gibi (Şekil 1, 2 ve 3) hamur reolojisinin ölçülmesinde kullanılmak üzere geliştirilmiş hassas ve un analiz laboratuvarlarında yaygın şekilde bulunan ekstensografin; ekmeğin içi bayatlamasının takibinde kriter olarak kabul edilen ekmeğin içi reolojik özelliklerinin tahmininde kullanılabileceği anlaşılmaktadır. Bu şekilde uygulama ile ekmeğin içi sertliğinin ölçülmesinde kullanılan spesifik veya üniversal tekstür ölçüm cihazlarına ayrıca ihtiyaç duyulmayacak, ekstensograf böylece ikinci bir amaç için değerlendirilebilecektir.

Sonucun uygulanabilirlik ve tekrarlanabilirlik karakterinin ortaya konulabilmesi için, yeterli laboratuvar imkânlarına sahip kuruluşların benzer çalışmalarla, sözkonusu bulguları geliştirmeleri önerilebilir.

Ayrıca ekstensografin ölçüm ve hareket sisteminde yapılabilecek bazı modifikasyonlar, ölçüme hassasiyet, kolaylık ve süre bakımından bazı avantajlar sağlayabilir.

## KAYNAKLAR

1. Ünal, Sosl; Boyacıoğlu, M.H., 1985. Ekmegin reolojik özellikleri, Gıda 10 (3): 169-176.
2. Kramer, A.; Twig, B.A., 1980. Quality Control for the Food Industry. Vol. I. (3th. Edd), The Avi Publ. Co. Inc., Westport, Connecticut, p. 83-105.
3. Pyler, E.J., 1979. Baking Science and Technology Vol. II. (3rd Edd). Siebel Publ. Co. Chicago, ILL. p. 846.
4. ICC, 1965. Standart Methods of the International Association for Cereal Chemistry, Detmold.
5. AACC, 1972. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemistrs. St. Paul, Minnesota, U.S.A.
6. Ponte, J.G. Jr.; Titcomb, S.T., Cotton, R.H., 1963. Some effects of oven temperature and malted barley flour level on breadmaking. Bakers Digest 37 (3): 44.
7. Steel, G.D.; Torie, J.H., 1960. Principles of Procedures of Statistics. Mc. Grow Hill Book Co., Newyork, U.S.A.