

PET ŞİŞELERDEKİ GAZLI İÇECEKLERİN İHTİVA ETTİĞİ KARBONDİOKSİT GAZ MİKTARININ ZAMANA BAĞLI AZALMASININ İYİLEŞTİRİLMESİ

Erkan TOROS (ORCID: 0000-0002-8162-8814)^{1*}
Rasim BEHÇET (ORCID: 0000-0002-6897-3066)

Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye

*Geliş / Received: 13.06.2017
Kabul / Accepted: 03.08.2017*

ÖZ

Bu çalışma kapsamında gazlı içeceklerde zamanla oluşan gaz kaybının farklı sıcaklık ve pet şişe kalınlığına bağlı olarak değişimi deneysel olarak incelenmiştir. Bu temel parametrelerin gazlı içecek içerisindeki karbondioksit gazının zamana bağlı olarak azalmasına etkisini inceleyebilmek için 2,5 litrelik PET ambalajlı kolalı içecek dikkate alınmıştır. Çalışmada iki ana üretim istasyonu ayrı ayrı değerlendirilerek kendine has üretim şartları ve etkileri değişken olarak ele alınmıştır. 2,5 litrelik PET ambalajlı kolalı içecek üretim hattından numuneler alınarak, üretim girdileri olan sıcaklık, basınç ve PET şişe malzeme dağılımının içecek içinde ihtiva ettiği gaz miktarının zamana bağlı değişimi ayrı ayrı araştırılmıştır. Bu kapsamda 2,5 litrelik PET ambalajlı kolalı içecek üretim şartları detaylıca incelenmiş, dolun ve PET şişirme proses parametreleri üzerinden değişkenler belirlenmiştir. Elde edilen deneysel veriler sonucuna göre dolun ve PET şişirme üniteleri üretim şartları yeniden yapılandırılmış ve ideal üretim şartları tanımlanarak seri üretim için katkı sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: PET şişe, şişirme, karbondioksit gazı, zamanla değişim

IMPROVING TIMELY REDUCTION OF CARBON DIOXIDE GAS QUANTITY CONTAINING GAS DRINKS IN PET BOTTLES

ABSTRACT

In this study, the change of the gas loss in the carbonated beverages depending on the different temperature and pet bottle thickness was investigated experimentally. In order to examine the effect of these basic parameters on the time-dependent reduction of carbon dioxide gas in carbonated beverages, a 2.5 liter cola beverage was considered. In the study, the two main production stations were evaluated separately, and their production conditions and effects were considered as variable. The time-dependent change in the amount of gas contained in the beverage by temperature, pressure, and PET bottle material distribution, which are production inputs, was investigated separately by taking samples from a 2.5 liter cola beverage production line. In this context, 2.5 liters of cola beverage production conditions are examined in detail and variables are determined via filler and PET blowing process parameters. According to the experimental results obtained, production conditions of filling and PET blowing units were restructured and ideal production conditions were defined and contributed to serial production.

Keywords: PET bottle, blowing, carbon dioxide, time dependent variation

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 541 459 00 10; e-mail / e-posta: erkantoros@gmail.com

1. GİRİŞ

Gazlı içecek endüstrisi, artan nüfusa ve beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak büyük bir ivme ile artış göstermektedir. Kolalı içecekler, meyveli gazlı içecekler, gazoz tipi ürünler bu endüstride üretilen başlıca içeceklerdir. Son yıllarda gazlı içecek endüstrisinde kalite odaklı problemlerin azaltılması ve müşteri memnuniyetinin artırılması için yapılan çalışmalar büyük önem kazanmış ve bu doğrultuda yapılan iyileştirme çalışmaları hızlandırılmıştır. Gazlı içecek miktarının 3,3 milyar litrele ulaştığı günümüzde başta Amerika Birleşik Devletleri (ABD) olmak üzere Kuzey Avrupa, Meksika, doğu Avrupa ve Çin'de çok hızlı oranda büyüyen bir piyasası bulunmaktadır. Kolalı içeceğin büyük oranda baskın olduğu Amerika'da endüstrinin lideri olan iki Amerikan firmasının bu topraklarda kurulmuş olması temel sebebidir. İngiltere, Avrupa ve Japonya'da kolalı içecekler gazlı içeceklerin yarısını oluştururken Amerika'da bu değer %70 seviyelerindedir. Bu oran Avrupa ülkelerinde çok daha fazla olup kişi başı tüketim 82 litre civarına ulaşmıştır. Kişi başı tüketimin yıllık 45 litre civarlarında olduğu tahmin edilen ülkemizin gazlı içecek potansiyeli diğer ülkelere göre çok gerilerde kalmaktadır. Kişi başı tüketimde öncülüğü güney Amerika bölgesi taşımaktadır [1-6, 7]

Kendine has özellikleri üzerinde barındıran gazlı içeceklerin, ihtiva ettiği maddeler ve madde miktarları da farklılıklar göstermektedir. Temel yapı taşı olarak tanımlayacağımız karbondioksit gazı tüm gazlı içecekler için ortak hammaddelerden biri olup bu çalışmanın da ana temasını oluşturmaktadır.

Karbondioksit gıda ve içecek sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Dile teması anında tat algılayıcıların uyuşması içeceklerin kolay içimini sağlamaktadır. Gazlı içeceklerin ferahlatıcı özelliği ile tüketim tercihi açısından ön plana çıkmasında büyük önem taşıyan karbondioksit gazı, sindirimi kolaylaştırmada büyük etkisi bulunmaktadır [6, 7, 9].

Kendine özgü bir tat ile içecek sektöründe büyük önem taşıyan karbondioksit, ihtiva ettiği içeceğe ayırt edici tadı vermekle kalmaz aynı zamanda içecek içinde bulunabilecek bakterilerin oluşmamasında büyük önem taşımaktadır. Kullanılan miktar üretici firmanın kendine özgü olabileceği gibi 2 g/L den daha fazla olması gazlı içecek tanımı olabilmesi için gereken minimum miktardır [7-9].

Gazlı içeceklerde kullanılan karbondioksit gaz miktarı ürün tipine göre değişiklik göstermektedir. Üretici firmalar tarafından belirlenen karbondioksit limiti, üretim anında rahatlıkla ayarlanabilmekte ve takip edilebilmektedir. Belirlenen üretim şartları altında su içerisinde çözülebilecek karbondioksit miktarı birçok çalışmada incelenmiş Courtesy Kronos UK tarafından üretim parametreleri olarak tanımlanan sıcaklık ve basınçla ilgili su içerisinde çözülebilir karbondioksit miktarı tanımlanmıştır. Gazlı içeceklerin birleşmelerine bakıldığında %85'den daha fazla oranı su oluşturmaktadır. Sonuçlar gazlı içecekler için de büyük oranda benzerlik gösterdiği görülmüştür [1].

Bu çalışmanın da çıktılarında biri olan PET şişede bulunan gazlı içecek içerisinde çözünmüş olan karbondioksit gazının zamana bağlı değişimi David ve ark. [1] tarafından da incelenmiş PET polimer yapısındaki değişimin etkileri ve sıcaklığın etkileri gösterilmiştir. Lewis [3], Chanda ve Roy [4] tarafından konu ile ilgili yapılan diğer bir çalışmada da, saklama sıcaklığı ve malzeme dağılımının gazlı içeceklerdeki raf ömrüne etkisi incelenmiştir. Dell ve ark. [5] tarafından geliştirilen PET şişelerdeki gaz kaybı matematiksel modeli gerçek şişelerdeki gaz kaybı ile ölçümler yaparak doğrulamaya çalışmış ve PET şişe cidar kalınlığı ve gaz miktarı arasında ilişkileri ortaya koymuştur.

Bu çalışmada gazlı içecek üretim proseslerinde yapılacak olan iyileştirmelerin, kolalı içecek içerisinde çözünmüş karbondioksit gazının zamana bağlı değişimi incelenmiştir. Bu kapsamda dolum basıncı, ürün sıcaklığı ve PET şişe malzeme dağılımında optimizasyonu gaz kaybı üzerindeki etkileri tek tek incelenmiş ve ideal üretim şartları oluşturularak zamana bağlı toplam gaz kaybının azaltılması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Deneysel Şartların Oluşturulması ve Ölçümler

Çalışmanın tüm verileri 2,5 litre PET ambalajlı kolalı içecek üzerinden alınmıştır. Bu kapsamda seri üretim şartları incelenerek, üretim girdileri olan sıcaklık basınç ve PET şişe malzeme dağılımının içecek içinde ihtiva eden gaz miktarının zamana bağlı değişimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma iki ana üretim istasyonu ayrı ayrı değerlendirilmiş, kendine has üretim şartları ve etkileri değişken olarak ele alınmıştır. Nihai ürün içerisindeki toplam gaz kaybı zamana bağlı değişimi aylık periyotlarda lazer teknolojisi kullanılarak ölçülmüş ve PET şişe malzeme dağılımı da bilyalı ölçüm tekniğine sahip hassas ölçüm aletleri ile belirlenmiştir.

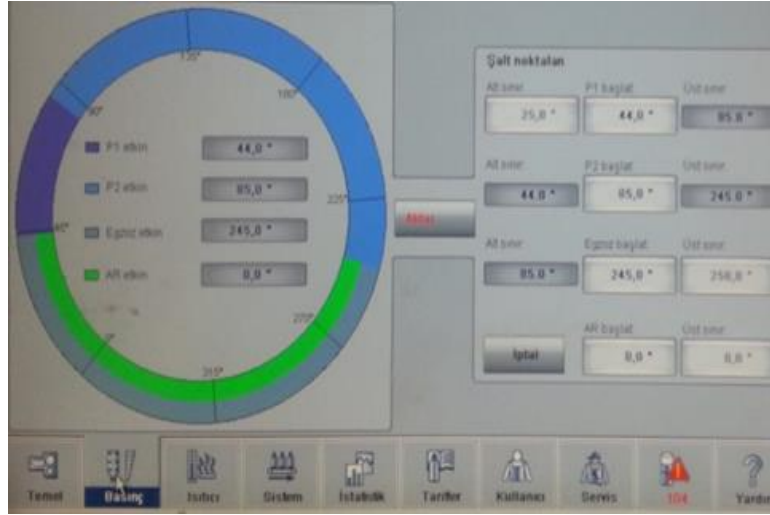
PET ŞİŞELERDEKİ GAZLI İÇECEKLERİN İHTİVA ETTİĞİ KARBONDİOKSİT GAZ MİKTARININ ZAMANA BAĞLI AZALMASININ İYİLEŞTİRİLMESİ

2.2.1. Pet Şişe Şişirme İstasyonu Mevcut Üretim Şartları

2,5 litre PET şişe için oda sıcaklığında depolanan 52,4 g preform kullanılarak elde edilen değerlere göre şişirme makinesinde tanımlı olan reçete bilgileri Tablo 1’de sıralanmıştır. Şekil 1’de ise şişirme reçetesi gerdirme çubuk değerleri verilmiştir.

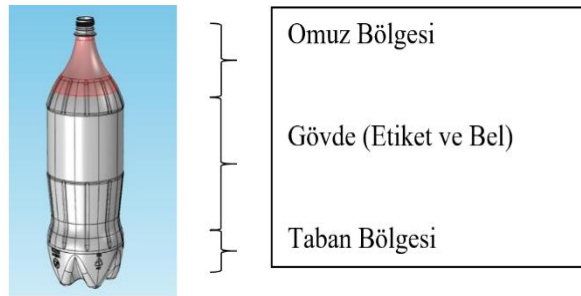
Tablo 1. Şişirme makinesi reçete değerleri

Parametre Girdisi	Değer
Isıtıcı Fırın Sıcaklığı:	128°C
Strech Çubuğu Başlangıç Açısı:	44°
P1 Düşük Basınç Şişirme Başlangıç ve Bitiş Açısı	45-85°
P2 Yüksek Basınç Şişirme Başlangıç ve Bitiş Açısı:	85-245°
Düşük Basınç:	10 bar
Yüksek Basınç:	25 bar



Şekil 1. Şişirme makinesi basınç ve gerdirme çubuk değerleri (Blomax)

Çalışmada PLC kontrol sistemine bağlı olarak değişkenlerin uygun şekilde ayarlanması ile şişe tasarımında farklı bölgelerde farklı miktarlarda malzeme dağılımının elde edilmesi mümkün olabilmektedir. Böylece geometri üzerinde beklenen hedefleri sağlayabilecek ideal malzeme dağılımı elde edilebilecektir. Şekil 2’de PET şişe üzerinde CO₂ kaybını minimize etmek amacı ile çalışılan hedef bölgeler gösterilmektedir.



Şekil 2. PET şişe fiziksel ayrımı

Tablo 2 ve Tablo 3’te, Şekil 2’de gösterilen 2,5 litre PET şişe kısımlarının bölgesel ağırlık değişimi ve kalınlık ölçüm değerleri verilmiştir. Alınan numuneler gerçek üretim şartlarında alınarak ölçümler kayıt altına alınmıştır.

E. TOROS, R. BEHÇET

Ölçümler için Şekil 3’te gösterilen bilyalı hassas ölçüm ekipmanları (Olympus Thickness Gage) kullanılmıştır. Seri üretim şartları altında alınan numune PET şişelerin kısmi bölgelerdeki ölçümlerin değişim sapmaları minimum olduğu görülmüştür.

Tablo 2. PET şişe fiziksel bölgelere göre malzeme dağılımı

Örnek No	Omuz Ağırlığı (g)	Taban Ağırlığı (g)	Gövde Ağırlığı (g)	Örnek No	Omuz Ağırlığı (g)	Taban Ağırlığı (g)	Gövde Ağırlığı (g)
1	14,91	14,75	22,20	26	14,95	15,50	22,15
2	15,00	15,54	22,19	27	15,25	15,10	22,24
3	15,06	15,13	22,27	28	15,01	14,75	22,8
4	14,84	15,47	22,32	29	15,25	14,59	22,71
5	14,89	15,07	22,66	30	14,98	15,08	22,52
6	15,11	15,07	22,42	31	14,91	15,58	22,02
7	15,03	15,44	22,16	32	14,97	15,55	21,97
8	15,21	14,99	22,39	33	15,19	14,79	22,57
9	15,27	14,79	22,57	34	15,21	14,61	22,71
10	15,05	15,45	22,15	35	15,13	15,06	22,38
11	15,28	14,72	22,58	36	15,23	14,85	22,55
12	15,24	15,15	22,17	37	15,36	14,75	22,68
13	14,81	15,48	22,33	38	14,82	15,68	22,07
14	14,70	15,18	22,60	39	15,06	14,95	22,61
15	14,93	15,00	22,58	40	14,82	15,52	22,19
16	15,16	15,00	22,49	41	15,01	14,90	22,65
17	15,34	14,96	22,25	42	15,05	15,57	21,95
18	14,92	14,82	22,70	43	15,00	15,20	22,38
19	15,10	15,12	22,30	44	14,97	14,99	22,57
20	15,25	15,17	22,32	45	15,20	15,00	22,39
21	15,12	15,21	22,30	46	14,92	15,40	22,21
22	14,74	15,52	22,33	47	15,09	14,94	22,63
23	14,90	15,16	22,52	48	14,96	15,25	22,26
24	15,12	15,13	22,48	49	15,34	15,06	22,20
25	15,12	15,04	22,35	50	14,92	15,43	22,20



Şekil 3. Bilyalı kalınlık ölçüm cihazı

PET ŞİŞELERDEKİ GAZLI İÇECEKLERİN İHTİVA ETTİĞİ KARBONDİOKSİT GAZ MİKTARININ ZAMANA BAĞLI AZALMASININ İYİLEŞTİRİLMESİ**Tablo 3.** PET şişe fiziksel bölgelere göre kalınlık dağılımı

Örnek No	Omuz Bölgesi (mm)	Gövde Bölgesi (mm)	Taban Bölgesi (mm)	Örnek No	Omuz Bölgesi (mm)	Gövde Bölgesi (mm)	Taban Bölgesi (mm)
1	0,25	0,25	0,25	21	0,25	0,24	0,32
2	0,26	0,25	0,23	22	0,26	0,24	0,24
3	0,26	0,25	0,24	23	0,25	0,25	0,25
4	0,25	0,26	0,24	24	0,26	0,26	0,25
5	0,24	0,25	0,25	25	0,24	0,24	0,24
6	0,24	0,24	0,24	26	0,24	0,23	0,23
7	0,23	0,24	0,25	27	0,26	0,23	0,23
8	0,24	0,24	0,25	28	0,26	0,24	0,24
9	0,24	0,25	0,25	29	0,26	0,24	0,25
10	0,24	0,24	0,25	30	0,26	0,23	0,24
11	0,25	0,25	0,24	31	0,25	0,23	0,24
12	0,24	0,25	0,24	32	0,25	0,24	0,25
13	0,25	0,24	0,24	33	0,24	0,24	0,25
14	0,24	0,25	0,25	34	0,24	0,23	0,23
15	0,26	0,25	0,24	35	0,25	0,24	0,24
16	0,24	0,25	0,25	36	0,25	0,24	0,24
17	0,25	0,25	0,24	37	0,26	0,23	0,24
18	0,26	0,25	0,24	38	0,24	0,25	0,25
19	0,25	0,25	0,24	39	0,24	0,25	0,24
20	0,26	0,25	0,24	40	0,24	0,25	0,24
Averaj					0,25	0,24	0,25
Maksimum					0,26	0,26	0,32

2.2.2. PET Şişe Şişirme İstasyonu Deneysel Şartların Oluşturulması

Mevcut üretim şartları iyileştirilerek 2,5 litre PET şişe omuz bölgesi kalınlıkları sırası ile t: 0,25 mm, 0,30 mm ve 0,35 mm olacak şekilde üretim reçeteleri oluşturulmuştur. Seri üretim şartları altında alınan PET şişe numunelerde kısmi bölge ölçümleri numuneler arası sapma minimumda olduğundan emin olunmuştur. Bu kapsamda şişirme makinesi parametreleri Tablo 4'te verildiği şekilde ayarlanmıştır.

Tablo 4. 2,5 litre PET şişe omuz bölgesi kalınlık değişimine bağlı PET şişirme makinesi üretim parametreleri

Parametre Girdisi	0,25 mm	0,30 mm	0,35 mm
Isıtıcı Fırın Sıcaklığı:	128°C	134°C	136°C
Strech Çubuğu Başlangıç Açısı:	44°	42°	42°
P1 Düşük Basınç Şişirme Başlangıç ve Bitiş Açısı	45-85°	42-85°	40-85°
P2 Yüksek Basınç Şişirme Başlangıç ve Bitiş Açısı:	85-245°	85-245°	85-245°
Düşük Basınç:	10 bar	14 bar	17 bar
Yüksek Basınç:	25 bar	27 bar	29 bar

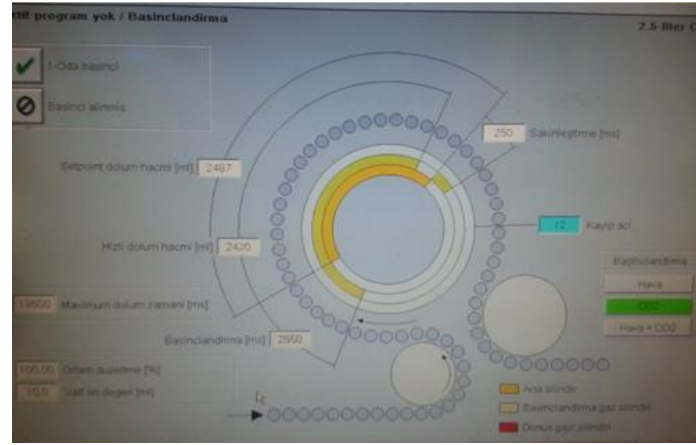
2.2.3. 2,5 Litre PET Dolu İstasyonu Mevcut Üretim Şartları

Endüstride, dolu makinelerinde kullanılan teknoloji, üretici firmalara göre farklılık olsa da ürün dolmu adımları büyük benzerlik göstermektedir. Bu noktada tanımlanacak olan reçete adımları aynı olabilirken, süre ve seviyelerde farklılıklar söz konusu olabilmektedir. Deneysel çalışmanın yapıldığı PET dolmu hattında referans şişe tipi olarak alınan ve çalışmanın tüm değerlendirme noktalarında kullanılan 2,5 litre şişe için ürün dolmu parametre değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. 2,5 litre PET şişe dolum hattı parametreleri

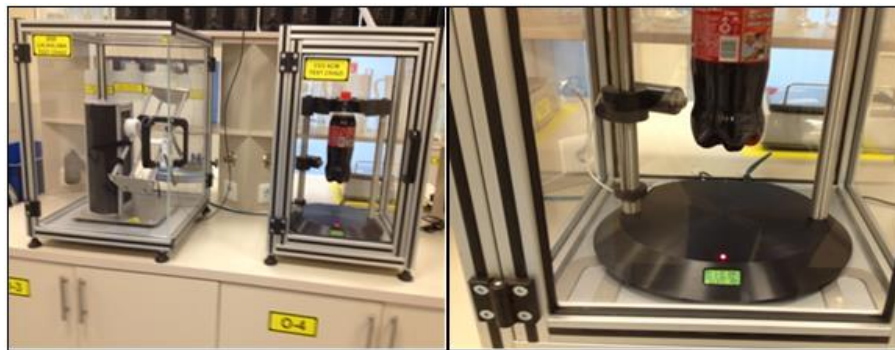
Parametre Girdisi	Değer
Ürün Sıcaklığı	18°C
Ön Basınçlandırma süresi	2,550 ms
Hızlı Dolum miktarı	2,430 mL
Yavaş dolum miktarı	67 mL
Sakinleştirme süresi	250 ms
Dolum Tankı İç Basınç	5,1 bar

Şekil 4'te dolum makinesi adımlarının şematik gösterimi verilmiştir. Tüm adımlar birbirini sıra ile takip ederek parametrik olarak değişimi mümkündür. Tüm sistemin PLC kontrol ünitesi ile yönetilmesi ürün tipine bağlı olarak hızlarının ve limitlerinin ayarlanmasını mümkün hale getirmektedir.

**Şekil 4.** Dolum makinesi proses adımları

2.2.4. PET Dolum İstasyonu Deneysel Şartlarının Oluşturulması

Ürün sıcaklığı ve ürün dolum basıncı, çözülmüş karbondioksit miktarına etkiyen iki temel değişken olup bu değişkenler dolum sıcaklığı ile saklama şartlarının aynı olduğu ideal ortam şartlarını sağlamaktadır. Bu kapsamda dolum sıcaklıkları; 285 K, 289 K, 291 K ve dolum iç basınç 5,1 bar olarak ayarlanarak her bir değişken için Şekil 5'te gösterilen lazer ölçüm tekniği (Anton Paar Makine teknik data-Anton Paar GmbH-Almanya) ile içecek içerisinde çözülmüş gaz miktarının zamana bağlı değişimi aylık periyotlarda ölçülmüştür. Gazlı içecek içerisinde çözülmüş karbondioksit gazının ölçümü sırasında herhangi bir deformasyon söz konusu olmadığı kabul edilerek bir sonraki ölçüm değerleri için uygun saklama şartları sağlanmıştır. Tablo 6'da her bir deneysel şart için dolum makinesi parametreleri verilmiştir.

**Şekil 5.** Çözülmüş CO₂ gazını belirleyen lazer ölçüm cihazı

PET ŞİŞELERDEKİ GAZLI İÇECEKLERİN İHTİVA ETTİĞİ KARBONDİOKSİT GAZ MİKTARININ ZAMANA BAĞLI AZALMASININ İYİLEŞTİRİLMESİ**Tablo 6.** Farklı sıcaklık şartlarındaki PET şişe dolum hattı parametreleri

Parametre Girdisi	Değer		
	291 K	289 K	285 K
Ürün Sıcaklığı	291 K	289 K	285 K
Ön Basınçlandırma süresi	2,550 ms	2,550 ms	2,550 ms
Hızlı Dolum miktarı	2,430 mL	2,430 mL	2,430 mL
Yavaş dolum miktarı	67 mL	67 mL	67 mL
Sakinleştirme süresi	250 ms	250 ms	250 ms
Dolum Tankı İç Basınç	5,1 bar	5,1 bar	5,1 bar

3. BULGULAR VE TARTIŞMA**3.1. PET Şişe Omuz Bölgesi Cidar Kalınlık Artışına Bağlı Kolalı İçeceklerdeki Gaz Kaybının Zamanla Değişimi**

Şişe omuz bölgesi cidar kalınlığının artırılması ile üst bölgede mutlak dengeye ulaşmaya kadar biriken karbondioksit gazının dış atmosfere difüzyonun azaltılması hedeflenmiştir. Kolalı içecek içerisinde çözünmüş karbondioksit gazının az yoğun olan bu bölgeye hareketi ve bu bölgeden PET cidarlarından dış atmosfere hızlı bir şekilde difüzyonu söz konusudur. Şekil 6'da omuz bölgesi cidar kalınlığının artırılması ile toplam gaz kaybı üzerindeki etkisi gösterilmiştir.

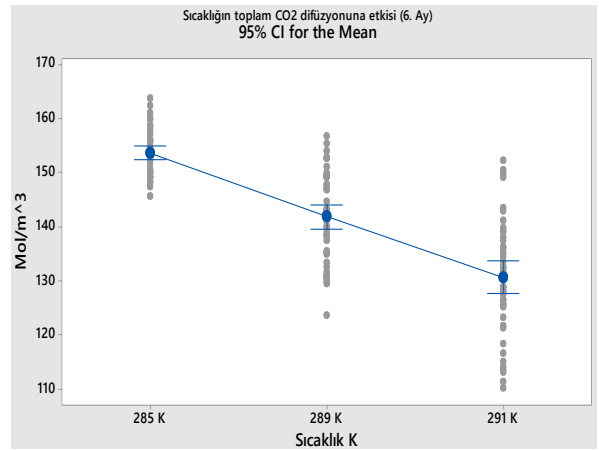
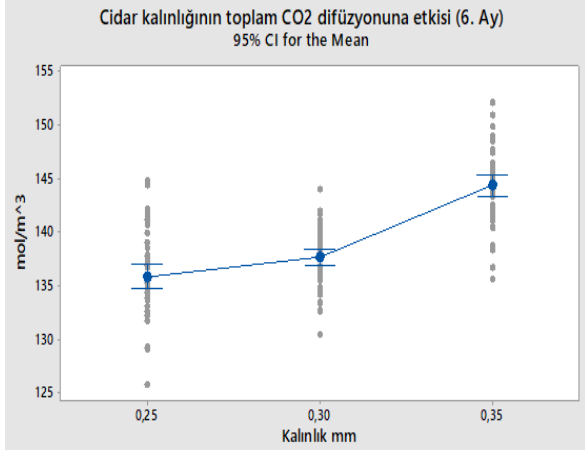
Saklama ve dolum sıcaklığı 289 K olarak üretimi gerçekleştiren kolalı içeceğin zamana bağlı gaz kaybı 0,25 mm, 0,30 mm ve 0,35 mm şişe omuz bölgesi cidar kalınlığı için ayrı ayrı ölçümler yapılmıştır. Bu işlem için 50'şer adet numunelerin aylık bazda ölçümleri gerçekleştirilmiş ve 6. ay sonu itibarıyla sahip olduğu CO₂ miktarı kayıt altına alınmıştır. Mevcut preform ağırlığı değiştirilmeden sadece şişirme makinesi parametrelerinin optimize edilmesi ile elde edilen yeni PET şişelerde tüm kalite testleri yapılmış herhangi bir olumsuzluk ile karşılaşmamıştır. Şekil 6'da görüleceği üzere PET şişe omuz bölgesinin kalınlığı arttıkça, kolalı içecek içerisinde çözünmüş karbondioksitin zamana bağlı değişiminde azalma meydana gelmiştir. 180 gün sonra yapılan ölçümlerde 0,35 mm kalınlıklara sahip PET ambalajlı şişelerin 0,25 mm kalınlığa sahip PET ambalajlı kolalı içeceklerden %5,8 oranda daha fazla çözünmüş karbondioksit gazı içerdiği görülmüştür. Böylece gazlı içeceklerin şişe tasarımlarının ne kadar önemli olabileceği konusunda da fikir sahibi olmamızı sağlamıştır. Ayrıca üretim prosesi parametrelerinin idealleştirilmesi ile yeni bir reçete tanımlanarak değerlerin sistemde kayıt altına alınması sağlanmıştır. Böylelikle her bir üretim partisi için standart üretim şartları belirlenmiştir.

3.2. Dolum ve Saklama Sıcaklığının Kolalı İçecek İçerisindeki Çözünmüş Karbondioksit Gaz Miktarının Zamana Bağlı Değişimi Üzerindeki Etkisi

Sıcaklık, gazlı içecek içerisinde çözünmüş durumda olan karbondioksit gazının zamana bağlı değişiminde önemli bir parametresidir. Üretim şartlarına bağlı olarak soğutma sistemleri makine teknolojisinin müsaade ettiği yeterlilikte, oldukça düşük sıcaklıklarda üretim yapılabilmesi mümkün olsa da, düşük sıcaklıklarda üretim yapmanın dolum valflerinde yaşanan şekere bağlı kristalleşme ve yüksek üretim maliyeti gibi önemli dezavantajları beraberinde getirdiği görülmüştür. Deneysel düzenek kapsamında 285 K, 289 K ve 291 K olmak üzere üç farklı sıcaklık için hem üretim sıcaklığının hem de depolama sıcaklığının sabitlendiği üretim şartlarında, kolalı içecek içerisinde çözünmüş karbondioksit gazının değişimi incelenerek hem seri üretim hem de ideal üretim şartı belirlenmesi hedeflenmiştir. Kolalı içecek sıcaklığının artması ile karbondioksit gazı molekül hızı artmış ve buna bağlı olarak da birim zamandaki difüzyon miktarının artışı değerlendirilmiştir. Şekil 7'de 2,5 litre PET şişe ambalajlı kolalı içeceğin içerisinde çözünmüş karbondioksit gazının zamana bağlı değişimi verilmiştir.

Şekilden de görüleceği gibi 6. ay sonunda 285 K üretim sıcaklığına sahip kolalı içeceğin zamana bağlı molar gaz değişimi 291 K sıcaklıktaki kolalı içeceğe göre %13,2 oranda daha az olduğu görülmüştür. Bu durum sınırlı sürede tüketilmesi gereken tüm gazlı içecekler için daha uzun raf ömrü ve daha iyi üretim planlaması anlamına gelmektedir. Buda kısa raf ömrüne sahip tüm gazlı içecekler için marketlerdeki soğutma sistemlerinin önemini bir göstergesidir.

E. TOROS, R. BEHÇET



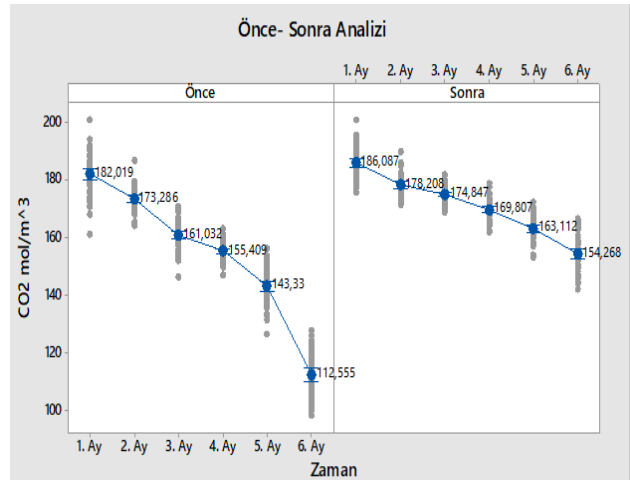
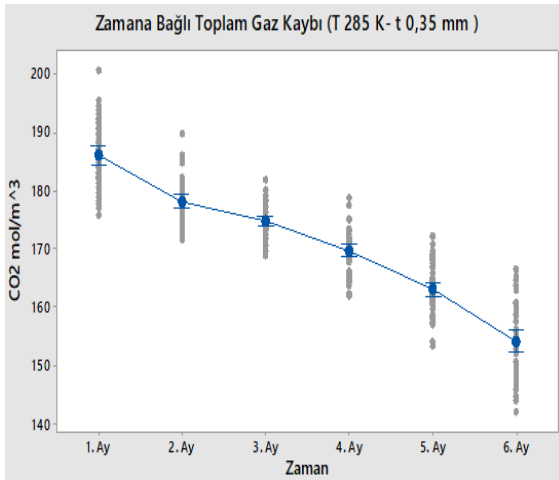
Şekil 6. Şişe omuz bölgesi kalınlık değişiminin, çözünmüş CO₂ gazının, difüzyonu üzerindeki etkisi

Şekil 7. Sıcaklığın 2,5 litre PET kolalı içecekte çözünmüş CO₂ gazının difüzyonu üzerindeki etkisi

3.3. Sıcaklık ve PET Şişe Omuz Bölgesi Cidar Kalınlığının Kolalı İçecek İçerisinde Çözünmüş Karbondioksit Gaz Kaybı Miktarının Zamana Bağlı Değişim Üzerindeki Toplam Etkisi

Seri üretim şartları altında ideal üretim reçetelerini oluşturmak ve buna bağlı iyileştirmeler elde edebilmek bu çalışmanın önemli çıktılarıdır. Bu kapsamda öncelikle PET şişe üretim istasyonunda yapılan şişe omuz bölgesi kalınlaştırma çalışması ve dolum istasyonunda yapılan sıcaklık düşürme çalışmasını birlikte etkilerini deneysel model üzerinde görmek, elde edilen sonuçlara göre her iki iş istasyonunda tanımlı reçeteler oluşturmak gerekmektedir. Her daim aynı değerler altında çalışabilmek için kayıtlı olan reçetelerin doğruluğu ve düşük sapmalara sahip olması hızlı üretim teknolojisine sahip gıda ürünü üreten tüm üreticiler için büyük önem taşımaktadır.

Şekil 8’de omuz bölgesi kalınlığı 0,35 mm olan PET şişe için 285 K sıcaklıktaki kolalı içecek içerisinde çözünmüş karbondioksit gazının zamana bağlı değişim grafiği verilmiştir. Grafikten de görüleceği gibi ideal üretim şartı 0,35 mm et kalınlıkta ve 285 K üretim depolama sıcaklığında gerçekleşmektedir. Böylece üretim tarihinden sonraki ilk ay ve 5. aydan sonraki ani kayıp oranı yapılan iyileştirme ile %30 oranda azaldığı öne çıkan ilk göstergedir. Gazlı içeceklerin ilk aylarda satışa sunulduğu düşünüldüğünde bu durum kalite standartları açısından büyük önem taşımaktadır.



Şekil 8. 2,5 litre PET kolalı içecekte çözünmüş CO₂ gazının T 285-t 0,35 mm şartlarındaki zamana bağlı değişimi

Şekil 9. 2,5 litre PET kolalı içecekte çözünmüş CO₂ gazının iyileştirmeden önce ve sonra analiz grafiği

PET ŞİŞELERDEKİ GAZLI İÇECEKLERİN İHTİVA ETTİĞİ KARBONDİOKSİT GAZ MİKTARININ ZAMANA BAĞLI AZALMASININ İYİLEŞTİRİLMESİ

Şekil 9’da ideal üretim ve depolama şartları altında üretilen ürünlerin, mevcut üretim şartları altında üretilen ürünlere göre karşılaştırılması verilmiştir. Şekilde de belirtildiği gibi ideal üretim ve depolama şartlarında mevcut üretim şartlarına göre %37’lik bir iyileşme olmuştur. Böylece üretim tarihinden sonraki ilk ay ve 5. aydan sonraki dönemlerde yaşanan büyük oranda gaz kayıpları kontrol altına alınarak gazlı içecek endüstrisi için oldukça büyük önem teşkil etmekle beraber üretim planlaması ve tüketici şikâyetlerinin minimuma indirilmesi için büyük bir adım olarak kabul edilebilir.

4. SONUÇLAR

Sonuç olarak ürün dolum sıcaklığının azaltılması ve basınç değerinin artması ile sıvı içerisinde çözülmüş karbondioksit gazının ambalaj içerisinden dış atmosfere difüzyonu azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca şişe omuz bölgesi kalınlaştırılması ile zamana bağlı karbondioksit gazının kaybının azaldığı görülmüştür. Elde edilen çıktılara bağlı olarak standartlaştırılmış üretim reçeteleri ile performansın sürekliliği sağlanmış ve diğer ambalaj tipleri için örnek teşkil edecek şekilde şu sonuçlar elde edilmiştir:

- 1- 0,35 mm kalınlıktaki PET şişe ile 0,25 mm kalınlıktaki PET şişeler karşılaştırıldığında altıncı ay sonunda yapılan ölçümlerde 0,35 mm kalınlıktaki pet şişelerde difüze olan CO₂ gazı molar miktarı 0,25 mm kalınlıktaki PET şişelere göre %5,2 daha az olmuştur.
- 2- Altıncı ay sonunda 285 K üretim sıcaklığına sahip kolalı içeceğin zamana bağlı molar gaz değişimi 291 K üretim sıcaklığına göre %13,2 azalma meydana gelmiştir.
- 3- Üretim tarihi itibarıyla ilk ay ve beşinci aydan sonraki ani kayıp oranı yapılan iyileştirme ile %30 oranında azaldığı gözlenmiştir.
- 4- İdeal üretim ve depolama şartlarında mevcut üretim şartlarına göre toplamda %37’lik bir iyileşme sağlanmıştır. Sürdürülebilir kalite yaklaşımı içinde elde edilen bu iyileşme oranı kaynakların daha efektif kullanması açısından da büyük önem taşımaktadır

Yukarıda sıralanan özellikler dikkate alındığında ilk ay ve beşinci aylardan sonra meydana gelen gaz kayıpları büyük oranda kontrol altına alınarak gazlı içecek endüstrisi için daha planlı ve yüksek standartlarda üretim sağlanarak tüketici şikâyetleri minimum seviyeye indirgenmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] STEENAND, D., ASHURTS, P.R., “Carbonated Soft Drinks Formulation and Manufacture (1th ed.)”, Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 2006
- [2] ASHURST P. R., “Chemistry and Technology of Soft Drinks and Fruit Juices Consulting Chemists for the Food Industry (2th ed.)”, Hereford, UK, 2005.
- [3] LEWIS, E.L.V., DUCKETT, R.A., WARD, I.M., FAIRCLOUGH, J.P.A., RYAN, A.J. “The Barrier Properties of Polyethylene Terephthalate to Mixtures of Oxygen, Carbon Dioxide and Nitrogen Films- Dependence on Free Volume”, Polymer 44, 1631–1640, 2003.
- [4] CHANDA, M., ROY, S., Plastics Technology Handbook. CRC Press, Boca Raton, 2007.
- [5] DEL NOBILE, M.A., MENSITIERI, G., NICOLAIS, L., MASI, P., “The Influence of the Thermal History on the Shelf Life of Carbonate Beverages Bottled in Plastic”, Journal of Food Engineering 34, 1-13, 1997.
- [6] NIGAR S., Gazlı İçeceklerde Karbondioksit Absorbsiyon Kapasitesinin Arttırılmasının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.
- [7] ÇAKIR F., Farklı Polietilen Tereftalat (PET) Şişelerde Ambalajlanan Gazlı Kola İçeceğinin CO₂ İçeriği Üzerinde Çeşitli Faktörlerin Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2010
- [8] BARRER, R.M., BARRIE, J.A., SLATER, J., “Sorptionan Diffusion of Ethylcellulose. Part III. Comparison between Ethylcellulose and Rubber”, Journal of Polymer Science, 27, 177-197, 1958
- [9] SHACHMAN, M.A., Technical Hand book for the Beverage Industry, The Soft Drinks Companion, CRC Press. Chapter 9 Syrup Making The Heart of the Process, 2005.