

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GAZLI İÇECEKLERDE KARBONDİOKSİT
ABSORPSİYON KAPASİTESİNİN ARTIRILMASININ
İNCELENMESİ**

Kimya Müh. Sevilay NİGAR

**F.B.E Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Mehmet PALA

İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ÖNSÖZ.....	xii
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1.GİRİŞ.....	1
2. GAZLI İÇECEKLERİN ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ	
2.1 Gazlı İçeceklerin Tanımı.....	3
2.2 Gazlı İçeceklerin Özellikleri.....	3
2.3 Türkiye’de Gazlı İçecek Sektörü.....	3
2.4 Gazlı İçeceklerin Üretimi.....	4
2.5 Gazlı İçecek Üretiminde Kullanılan Maddeler.....	6
2.5.1 Şeker.....	6
2.5.1.1 Sakkaroz.....	7
2.5.1.2 Sıvı Şeker.....	7
2.5.1.3 İvert Şekerler.....	7
2.5.1.4 Glikoz.....	8
2.5.1.5 Fruktoz.....	9
2.5.1.6 Yüksek Fruktozlu Mısır Şurubu.....	9
2.5.1.6.1 Yüksek Fruktozlu Mısır Şurubunun Tanımı ve Özellikleri.....	9
2.5.1.6.2 Yüksek Fruktozlu Mısır Şurubunun Kullanım Alanları.....	10
2.5.1.6.3 Yüksek Fruktozlu Mısır Şurubu Üretimi.....	11
2.5.1.7 İçecek Şurubu Üretimi.....	13
2.5.1.8 Gazlı İçeceklerin Şeker İçeriği.....	14
2.5.2 Tatlandırıcılar.....	16
2.5.2.1 Doğal Tatlandırıcılar.....	16
2.5.2.2 Yapay Tatlandırıcılar.....	16
2.5.2.2.1.1 Aspartam.....	16
2.5.2.2.1.2 Sakkarin.....	18
2.5.2.2.1.3 Siklamat.....	18
2.5.2.2.1.4 Neohesperidin Dehidrokalkon.....	19
2.5.2.2.1.5 Sukraloz.....	19
2.5.2.2.1.6 Asesülfam Potasyum.....	20
2.5.3 Su.....	20
2.5.4 Karbondioksit.....	23
2.5.4.1 Karbondioksitin Özellikleri.....	24

2.5.4.2	Karbondioksitin Sudaki Çözünürlüğü	28
2.5.4.3	Karbondioksitin Kullanım Alanları	35
2.5.4.4.	Karbondioksitin Gazlı İçeceklerde Kullanılma Sebepleri	36
2.5.4.5	Karbondioksitin Üretim Yöntemleri	38
2.5.4.5.1	Yakıtlardan Karbon dioksit Üretimi	39
2.5.4.5.2	Fermentasyon İle Karbon dioksit Üretimi	40
2.5.4.5.3	Karbon dioksit Saflaştırma İşlemi	40
2.5.4.6	Karbonlama	41
2.5.4.6.1	Karbonlayıcılar	42
2.5.4.6.1.1	Karbonlayıcıların Tasarımı	43
2.5.4.7	Gazlı İçecek Açıldıktan sonra Gaz Kabarcıklarının Hareketi	46
2.5.5	Asitler	50
2.5.5.1	Sitrik asit	51
2.5.5.2	Tartarik asit	52
2.5.5.3	Laktik asit	52
2.5.5.4	Malik asit	52
2.5.5.5	Fosforik asit	52
2.5.6	Aromalar	53
2.5.7	Kafein	53
2.5.7.1	Kafeinin özellikleri	53
2.5.7.2	Kafeinin gazlı içeceklerde kullanım miktarları	54
2.5.7.3	Kafeinin insan sağlığına etkileri	55
2.5.8	Renk Maddeleri	56
2.5.8.1	Karamel	56
2.5.8.2	Diğer Renk Maddeleri	58
2.5.9	Koruyucular	58
2.5.9.1	Benzoik Asit	58
2.5.9.2	Sorbik Asit	59

3. GAZLI İÇECEKLERİN AMBALAJLANMASI

3.1	Ambalajın Tanımlanması	60
3.2	Gazlı İçecek Sanayinde Kullanılan Ambalajlar	60
3.3	Polietilen Tereftalat (PET) Şişeler	60
3.3.1	Polietilen Tereftalat Polimerinin Özellikleri	60
3.3.1.1	Polietilen Tereftalat Üretimi	64
3.3.1.2	Polietilen Tereftalat Üretim Akış Şeması	65
3.3.1.2	Polietilen Tereftalat Şişe Üretim Aşamaları	66
3.3.1.2.1	Preform Hazırlanması	66
3.3.1.2.2	Preform Hazırlanmasından Sonraki Aşamaları	67
3.3.1.3	Polietilen Tereftalat Şişelerin Bariyer Özellikleri	69
3.3.1.3.1	Bariyer Özelliğinin Tanımı	69
3.3.1.3.2	Polietilen Tereftalat Şişe Bariyerleri	70
3.3.1.3.3	Polietilen Tereftalat Şişe Bariyeri Üretimi	71
3.4	Cam Şişeler	71
3.4.1	Cam Şişe Üretimi	72
3.5	Teneke Kutular	74

4. POLİETİLEN TEREFTALAT ŞİŞELERDE DİFÜZYON VE MİGRASYON OLAYI

4.1	PET Şişelerde Migrasyon	76
4.2	PET Şişelerde Difüzyon	77
4.2.1	Difüzyon	77
4.2.1.1	Fick'in 1. Difüzyon Yasası	79
4.2.1.2	Fick'in 2. Difüzyon Yasası	79
4.2.2	Sorpsiyon	80
4.2.2.1	Dual Sorpsiyon Modeli	81
4.3.	Gazlı İçeceklerde Basınç Düşüşünün Matematiksel Olarak İfade Edilmesi .	83
5.	GAZLI İÇECEKLERDE BASINÇ KAYBI İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR	
5.1	Plastik Şişedeki Gazlı İçeceklerde Sıcaklığın Raf Ömrüne Etkilerinin İncelenmesi	85
5.2	Basınçlı Plastik Ambalajlarda Teorik Olarak Basınç Düşüşünün Tahmini	86
6.	DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN MALZEMELER VE UYGULANAN YÖNTEMLER	
6.1	Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	88
6.2	Kullanılan Ekipmanlar	88
6.3	Yapılan Deneyler	91
6.3.1	Piyasadaki kolalı/portakallı gazlı içeceklerin gaz basınçlarının farklı sıcaklıklarda ölçülmesi ile CO ₂ konsantrasyonlarının belirlenmesi deneyleri	91
6.3.1.1	Piyasadaki farklı marka kolalı gazlı içeceklerin gaz basınçlarının farklı sıcaklıklarda ölçülmesi ile elde edilen sonuçlar	92
6.3.1.2	Piyasadaki farklı marka portakallı gazlı içeceklerin gaz basınçlarının farklı sıcaklıklarda ölçülmesi ile elde edilen sonuçlar	93
6.3.2	Farklı marka kolalı/portakallı gazlı içeceklerde 10°C'de gaz kaçış süresinin belirlenmesi ile ilgili deneyler	94
6.3.2.1	Farklı marka kolalı gazlı içeceklerde 10°C'de gaz kaçış süresinin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar	95
6.3.2.2	Farklı marka portakallı gazlı içeceklerde 10°C'de gaz kaçış süresinin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar	96
6.3.3	Aynı içeceklerde değişik karbondioksit konsantrasyonlarında gaz kaçış süresinin belirlenmesi ile ilgili deneyler	96
6.3.3.1	Aynı içeceklerde değişik karbondioksit konsantrasyonlarında gaz kaçış süresinin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar	97
6.3.4	Kıvam artırıncıların gaz kabarcıklarının yüzeye ulaşma süresine etkisinin belirlenmesi ile ilgili deneyler	98
6.3.4.1	Kıvam artırıncıların gaz kabarcıklarının yüzeye ulaşma süresine etkisinin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar	99
6.3.5	Farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen kolalı içeceklerde uygun içim sıcaklığının belirlenmesine ilişkin deneyler	100
6.3.5.1	Farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen kolalı içeceklerde uygun içim sıcaklığının belirlenmesi ile ilgili sonuçlar	101
6.3.6	Farklı sıcaklıklarda depolanan kolalı içeceğin depolama süresi boyunca basınç değişiminin belirlenmesine ilişkin deneyler	102
6.3.6.1	Deneme 1	102
6.3.6.2	Deneme 2	102

6.3.6.3	Farklı sıcaklıklarda depolanan kolalı içeceğin depolama süresi boyunca basınç değişiminin belirlenmesine ilişkin 1. denemeye ait sonuçlar.....	102
6.3.6.3.1	Oda sıcaklığında (22°C’de) kolalı içeceklerde basınç değişiminin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar	103
6.3.6.3.2	Soğuk hava deposunda (8°C’de) muhafaza edilen kolalı içeceklerde basınç değişiminin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar	105
6.3.6.4	Farklı sıcaklıklarda depolanan kolalı içeceğin depolama süresi boyunca basınç değişiminin belirlenmesine ilişkin 2. denemeye ait sonuçlar.....	108
6.3.6.4.1	Oda sıcaklığında (22°C’de) kolalı içeceklerde basınç değişiminin belirlenmesine ilişkin sonuçlar.....	108
6.3.6.4.2	Soğuk hava deposunda muhafaza edilen (8°C’de) kolalı içeceklerde basınç değişiminin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar.....	110
6.4	Karbondioksitin PET Şişeden Difüzyon Katsayısının Bilgisayar Programı İle Hesaplanması İle İlgili Sonuçlar.....	113
7.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	120
	KAYNAKLAR.....	122
	İNTERNET KAYNAKLARI.....	123
	ÖZGEÇMİŞ.....	125

SİMGE LİSTESİ

b	Gaz / polimer polarlık sabiti, atm ⁻¹
c	Karbonik asit konsantrasyonu
C _{CO₂}	Sıvı fazdaki karbondioksitin molar konsantrasyonu
C _D	Polimer içerisine absorblanan gazın molar konsantrasyonu (Henry yasasına göre çözünen)
C _{düşük}	Sudaki en düşük CO ₂ konsantrasyonu
C _H	Polimer içerisine adsorblanan gazın molar konsantrasyonu (Langmuir izotermine göre)
C' _H	Polimerin adsorpsiyon kapasitesi, cm ³ _{gazSTP} /cm ³ _{polimerSTP}
C _{yüksek}	Sudaki en yüksek CO ₂ konsantrasyonu
C _{TOT}	Polimer içerisindeki gaz moleküllerinin toplam molar konsantrasyonu
D _D	Henry kanununa göre çözünen moleküllerin Fickian difüzyon katsayısı, cm ² sn ⁻¹
D _{eff}	Etkin difüzyon katsayısı, cm ² sn ⁻¹
D _H	Langmuir izotermine göre adsorblanan moleküllerin Fickian difüzyon katsayısı, cm ² sn ⁻¹
d _g	Gazlı içeceğin spesifik yoğunluğu
H	Karbondioksitin gaz ve sıvı fazları arasında dağılım katsayısı, mol.cm ⁻³ atm ⁻¹
k _D	Polimer içerisinde Henry yasasına göre çözünen gaz populasyonuna bağlı, gaz ve sıvı fazları arasında dağılım katsayısı, cm ³ _{gazSTP} /cm ³ _{polimerSTP} .atm
l	Şişenin duvar kalınlığı
m _g	Gazlı içeceğin ağırlığı
m _{su}	Suyun ağırlığı
n _{TOT}	Konteynırın içindeki karbondioksitin toplam mol sayısı (boşluk ve sıvı faz)
N _x	x doğrultusunda toplam kütle aktarım akısı, mol/cm ² /sn
p	Polimer ile temas halinde olan gazın basıncı, atm
P _B	Kabarcığın basıncı
p _{CO₂}	Karbondioksitin kısmi basıncı
pK _{a1}	Karbonik asitin 1. ayrışma sabiti
pK _{a2}	Karbonik asitin 2. ayrışma sabiti
P _{kabarcık}	Kabarcığın basıncı, atm
P _e	Geçirgenlik katsayısı
P _{ortam}	Kabarcığın bulunduğu ortamın basıncı, atm
P _{yüzey}	Kabarcığın yüzey basıncı, atm
r	Kabarcığın çapı, cm
S	Çözünürlük sabiti
t	Zaman, gün
T	Sıcaklık, °C
x	Koordinat
V	Viskoz ortamdaki küresel parçacığın terminal hızı, m/s
V ₁	Şişedeki sıvının hacmi, cm ³
V ₂	Şişenin boşluk hacmi, cm ³
ρ	Kabarcığın yoğunluğu, kg/m ³
ρ ₀	Ortamın (sıvının) yoğunluğu, kg/m ³
η	Sıvının viskozitesi, cp

KISALTMA LİSTESİ

BHET	Bihidroksietil Tereftalat
DMT	Dimetil Tereftalat
EG	Etilen Glikol (Etandiol)
FDA	Food and Drug Administration
PET	Polietilen Tereftalat
PTA	Saflaştırılmış Tereftalik Asit
TA	Tereftalik Asit

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Gazlı içecek üretimi akış diyagramı..... 5
Şekil 2.2	Sakkarozun kimyasal yapısı..... 7
Şekil 2.3	Sakkarozun inversiyon tepkimesi..... 8
Şekil 2.4	D-Glikozun kimyasal yapısı..... 8
Şekil 2.5	Fruktozun kimyasal yapısı..... 9
Şekil 2.6	Yüksek fruktozlu mısır şurubu üretim diyagramı..... 12
Şekil 2.7	Şeker şurubu üretimi..... 13
Şekil 2.8	Şeker şurubu tanklarının şematik gösterimi..... 14
Şekil 2.9	Aspartamın molekül formülü ve üç boyutlu yapısı..... 17
Şekil 2.10	Sakkarinin ve sodyum sakkarinin molekül formülü..... 18
Şekil 2.11	Siklamik asit ve sodyum siklamatin molekül formülü..... 19
Şekil 2.12	Neohesperidin Dehidrokalkon molekül formülü..... 19
Şekil 2.13	Sukralozun molekül formülü..... 20
Şekil 2.14	Asesülfam Potasyumun kimyasal yapısı..... 20
Şekil 2.15	Karbondioksitin faz diyagramı..... 25
Şekil 2.16	Saf karbondioksitin basın-hacim diyagramı..... 26
Şekil 2.17	Altunin (1975) korelasyonlarına göre hesaplanan CO ₂ yoğunluk (kg/m ³) diyagramı..... 26
Şekil 2.18	Altunin (1975) korelasyonlarına göre hesaplanan CO ₂ entalpi (J/kg) diyagramı..... 27
Şekil 2.19	Altunin (1975) korelasyonlarına göre hesaplanan CO ₂ viskozite (Pa.s) diyagramı..... 27
Şekil 2.20	CO ₂ 'nin buhar basıncı diyagramı..... 28
Şekil 2.21	Henry katsayısı-sıcaklık diyagramı..... 30
Şekil 2.22	pH/ CO ₂ denge diyagramı..... 32
Şekil 2.23	pH/ CO ₂ denge diyagramı..... 32
Şekil 2.24	CaCO ₃ 'ün çözünürlüğünün pH'a bağlılığı..... 34
Şekil 2.25	Farklı sıcaklıklarda CO ₂ mol kesri..... 34
Şekil 2.26	Kömürden CO ₂ Üretim Diyagramı..... 39
Şekil 2.27	CO ₂ saflaştırma akış şeması..... 40
Şekil 2.28	Temel karbonlama sistemleri..... 44
Şekil 2.29	Simonazzi 'predosix' karbo-soğutucu..... 44
Şekil 2.30	Mojonnier karbo-soğutucu 45
Şekil 2.31	'İntermix' su karbonlayıcısı..... 45
Şekil 2.32	Mojonnier Mark 1 'Flo-Mix' oranlayıcı..... 45
Şekil 2.33	Mojonnier Mark 2 'Flo-Mix' oranlayıcı..... 46
Şekil 2.34	Crown-Century oranlama ünitesi..... 46
Şekil 2.35	Series 'C' İntermix oranlayıcı..... 46
Şekil 2.36	Gazlı içecek açıldıktan sonra karbondioksit kabarcıklarının hareketi..... 48
Şekil 2.37	Gaz kabarcığının büyümesi..... 49
Şekil 2.38	Gaz kabarcığının küçülmesi..... 49
Şekil 2.39	Gaz kabarcığın boyutunu etkileyen faktörler..... 50
Şekil 2.40	Kafeinin kimyasal yapısı..... 54
Şekil 2.41	Farklı konsantrasyonlarda karamel çözeltileri..... 57
Şekil 2.42	Benzoik asitin molekül formülü..... 58
Şekil 2.43	Sorbik asitin molekül formülü..... 59
Şekil 3.1	PET'in kimyasal yapısı..... 60
Şekil 3.2	Amorf yapıdaki PET..... 61

Şekil 3.3	Kısmi kristal yapıdaki PET.....	61
Şekil 3.4	Etilen glikolün oluşum tepkimesi.....	64
Şekil 3.5	Tereftalik asit (TA) ve dimetiltereftalatın (DMT) oluşum tepkimeleri..	64
Şekil 3.6	PET polimerizasyon-kondenzasyon tepkimesi.....	65
Şekil 3.7	PET Üretim Akış Şeması.....	65
Şekil 3.8	Farklı preform şekilleri.....	66
Şekil 3.9	Kurutma Aşaması.....	66
Şekil 3.10	Enjeksiyon Aşaması.....	67
Şekil 3.11	Preformun kalıp içerisine gönderilmesi.....	68
Şekil 3.12	Rodun preformun içine girmesi.....	68
Şekil 3.13	Preformun içine düşük basınçta hava üflenmesi.....	68
Şekil 3.14	Preformun içerisine yüksek basınçta hava üflenmesi.....	69
Şekil 3.15	Preformun içerisindeki havanın boşalması.....	69
Şekil 3.16	Farklı PET Bariyer Şekilleri.....	70
Şekil 3.17	PET Bariyerin Şematik Gösterimi.....	70
Şekil 3.18	PET şişe kaplama prosesi	71
Şekil 3.19	Cam şişe üretimi.....	73
Şekil 3.20	Cam şişe şekillenme prosesi.....	74
Şekil 4.1	Farklı maddelerin difüzyonunun şematik gösterimi	77
Şekil 4.2	PET şişelerde muhafaza edilen gazlı içeceği etkileyen faktörler	78
Şekil 4.3	Fick'in 1. yasasına göre konsantrasyonun pozisyonla değişim grafiği..	79
Şekil 4.4	Tipik izoterm eğrileri.....	80
Şekil 4.5	Gazlı içecek şişesinde hacim elemanın şematik gösterimi.....	83
Şekil 5.1	PET şişede zaman-basınç düşüşü grafiği.....	85
Şekil 5.2	Basınçlı kaplarda yatışkın olmayan halde basınç düşüşü-raf ömrü grafiği.....	86
Şekil 5.3	Basınçlı kaplarda basınç düşüşü-raf ömrü grafiği.....	87
Şekil 6.1	Gazlama ünitesi.....	89
Şekil 6.2	Kıvam artırıcı hazırlanan tork aleti.....	89
Şekil 6.3	Gaz basıncı ölçüm cihazı.....	90
Şekil 6.4	Karbondioksit konsantrasyonu-basınç-sıcaklık skalası.....	90
Şekil 6.5	Gaz ölçüm ekipmanı.....	92
Şekil 6.6	Deneme 1'de 22°C oda sıcaklığında depolanan kolalı içeceklerde süre-basınç grafiği.....	104
Şekil 6.7	Deneme 1'de 22°C oda sıcaklığında depolanan kolalı içeceklerde süre-CO ₂ konsantrasyonu grafiği.....	105
Şekil 6.8	Deneme 1'de 8°C oda sıcaklığında depolanan kolalı içeceklerde süre-basınç grafiği.....	107
Şekil 6.9	Deneme 1'de 8°C oda sıcaklığında depolanan kolalı içeceklerde süre-CO ₂ konsantrasyonu grafiği.....	107
Şekil 6.10	Deneme 2'de 22°C oda sıcaklığında depolanan kolalı içeceklerde süre-basınç grafiği.....	109
Şekil 6.11	Deneme 2'de 22°C oda sıcaklığında depolanan kolalı içeceklerde süre-CO ₂ konsantrasyonu grafiği.....	110
Şekil 6.12	Deneme 2'de 8°C oda sıcaklığında depolanan kolalı içeceklerde süre-basınç grafiği.....	112
Şekil 6.13	Deneme 2'de 8°C oda sıcaklığında depolanan kolalı içeceklerde süre-CO ₂ konsantrasyonu grafiği.....	112
Şekil 6.14	Polimer adsorpsiyon kapasitesinin sıcaklıkla değişimi.....	114
Şekil 6.15	Gaz/polimer sabitinin sıcaklıkla değişimi.....	115
Şekil 6.16	Henry kanununa göre gaz ve polimer fazlarının bölünme sabiti.....	115

Şekil 6.17	Henry kanununa göre difüzyon katsayısının sıcaklıkla değişimi.....	116
Şekil 6.18	Langmuir kanununa göre difüzyon katsayısının sıcaklıkla değişimi...	116

Çizelge 2.1	Şekerlerin tatlılık oranları.....	6
Çizelge 2.2	Yüksek fruktozlu mısır şuruplarının özellikleri.....	10
Çizelge 2.3	Şeker yüzdesine göre şeker çözeltisinin özgül yoğunluğunun değişimi.....	15
Çizelge 2.4	Tatlandırıcıların sakkarozaya bağlı tatlılık skalası.....	16
Çizelge 2.5	İçilebilir nitelikteki suyun özellikleri.....	21
Çizelge 2.6	CO ₂ 'nin çözünürlüğünün sıcaklığa bağlılığı.....	30
Çizelge 2.7	Çeşitli sıcaklıklarda karbonik asitin (K _{1A}) değerleri.....	33
Çizelge 2.8	Gıda sanayiinde kullanılan karbondioksitin taşınması gereken standart özellikler.....	36
Çizelge 2.9	Gazlı içecekler için nominal gaz- hacim tablosu.....	41
Çizelge 2.10	İçeceklerde ambalaj hacmine göre karbonlama seviyesi.....	42
Çizelge 2.11	Gazlı içeceklerde asit konsantrasyon değerleri.....	51
Çizelge 2.12	Kafeinin fiziksel özellikleri.....	54
Çizelge 2.13	Kafeinin gazlı içeceklerde kullanım miktarları.....	55
Çizelge 3.1	PET'in fiziksel özellikleri.....	61
Çizelge 3.2	Poliyeten tereftalat filminin özellikleri.....	62
Çizelge 4.1	Farklı sorpsiyon modelleri ve tipik bileşen etkileşimleri.....	80
Çizelge 6.1	Farklı sıcaklıklarda farklı marka kolalı içeceklerde CO ₂ konsantrasyonları ve gaz basınçları.....	92
Çizelge 6.2	Farklı sıcaklıklarda farklı marka portakallı içeceklerde CO ₂ konsantrasyonları ve gaz basınçları.....	94
Çizelge 6.3	Farklı marka kolalı içeceklerde 10°C' de gaz kaçış süresi.....	95
Çizelge 6.4	Farklı marka portakallı gazlı içeceklerde 10°C' de gaz kaçış süresi...	96
Çizelge 6.5	1 litre kolalı içecek hazırlamak için gerekli olan kolalı içecek reçetesi...	96
Çizelge 6.6	Farklı konsantrasyonlarda karbondioksit içeren 330ml kolalı içecek hazırlamak için gerekli olan gazlı ve gazsız su miktarları.....	97
Çizelge 6.7	Aynı içeceklerde değişik karbondioksit konsantrasyonlarında gaz kaçış süreleri.....	98
Çizelge 6.8	1 litre light kolalı içecek hazırlamak için gerekli olan light kola reçetesi..	99
Çizelge 6.9	Kıvam artırıcı ilavesinin gaz kaçış süresine etkisi.....	99
Çizelge 6.10	Sıcaklık sıralaması-kişi sayısı tablosu.....	101
Çizelge 6.11	22°C oda sıcaklığında depolanan kolalı içeceklerde basınç ve CO ₂ konsantrasyonu değişimi.....	103
Çizelge 6.12	Soğuk hava deposunda 8°C'de muhafaza edilen kolalı içeceklerde basınç ve CO ₂ konsantrasyonu değişimi.....	105
Çizelge 6.13	22°C oda sıcaklığında depolanan kolalı içeceklerde basınç ve CO ₂ konsantrasyonu değişimi.....	108
Çizelge 6.14	Soğuk hava deposunda 8°C'de muhafaza edilen kolalı içeceklerde basınç ve CO ₂ konsantrasyonu değişimi.....	110

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca danışmanlığımı yürüten, her açıdan yardım, fikir ve desteğini benden esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Mehmet Pala'ya, bana her konuda yardımcı olan ve daima yol gösteren değerli hocam Yard. Doç. Dr. İbrahim Doymaz'a çok teşekkür ederim.

Aynı zamanda, büyük yardım ve desteklerini gördüğüm tüm Döhler Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti. çalışanlarına teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan aileme ve tüm arkadaşlarıma, destek ve yardımlarından ötürü çok teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Bu tezde, gazlı içeceklerin üretim aşamaları, üretim teknolojileri ve içerikleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Gazlı içecek içerisinde bulunan, karbondioksit, şeker, asitler, su, aromalar ve renklendiriciler gibi maddelerin özellikleri açıklanmıştır. Gazlı içeceklerin piyasaya sunulmasında kullanılan ambalajlar ve kullanılan kimyasal koruyucular hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca, gazlı içeceklerin paketleme teknolojileri, özellikle plastik şişeler araştırılmıştır.

Tezin deneysel kısmında, farklı markalara ait gazlı içeceklerin basınçları farklı sıcaklıklarda ölçülmüş ve bu içeceklerin karbondioksit konsantrasyonları bulunmuştur. Belli bir sıcaklıkta

bu gazlı içeceklerin gaz kaçış süreleri araştırılmıştır. Farklı karbondioksit konsantrasyonlarında gazlı içecekler hazırlanmış ve bunların gaz kaçış süresi bulunarak, karbondioksit konsantrasyonu ile gaz kaçış süresi arasındaki ilişki incelenmiştir. Ayrıca, hazırlanan gazlı içeceklerin içerisine farklı kıvam vericiler ilave edilmiş ve gaz kaçış süreleri ölçülmüş, gazlı içeceklerde en iyi tüketim sıcaklığı araştırılmıştır. Tezin diğer bir bölümünde, aynı markaya ait, aynı üretim tarihli gazlı içecekler alınmış ve depolanmıştır. Bu içeceklerin bir bölümü oda sıcaklığında, diğer bir bölümü ise soğuk hava deposunda saklanmıştır. Her hafta bu içeceklerden birer tanesinin basıncı ölçülmüştür. Sonuç olarak, depolama süresi, depolama sıcaklığı ve basınç düşüşü arasındaki ilişki bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: gazlı içecekler, karbondioksit, basınç kaybı, PET şişe.

ABSTRACT

In this thesis, production technologies, production process and the ingredients of the carbonated beverages are detailly explained. The important additives of carbonated beverages such as carbon dioxide, sugars, acids, water, flavors, coloring agents and their properties were explained. Information was then given concerning the packaging used in the sales of these beverages and chemical preservatives used. Also, in this research, packaging technologies of carbonated beverages especially the plastic bottles are investigated.

In experimental part of this thesis, pressure of the different brand of carbonated beverages were measured respect to temperature and the carbon dioxide concentration of this carbonated beverages were found. Also, gas releasing time of these beverages were investigated at certain temperature. Carbonated beverages were prepared which have different carbon dioxide concentration and their gas releasing times were measured and were compared with each other so that finding relationship between releasing time and carbon dioxide concentration. Additionally, carbonated beverages were prepared according to recipe, were added different emulsifiers and gas releasing time were measured. Also, the best temperature for the consumption of the carbonated beverages were investigated. The other part of this thesis, the carbonated beverages which are same brand and have the same production date were bought and stored. One part of this carbonated beverages were stored at room temperature and the other part were stored in chilling air store. After that, pressure of both of these beverages were measured in every week. So, the relationship between storage time, storage temperature and pressure decay were found.

Keywords: Carbonated beverage, carbon dioxide, pressure decay, PET bottle.

1. GİRİŞ

Gazlı içecekler, karbondioksit ile gazlandırılmış olan meyveli, aromalı, kola, tonik gibi içeceklerdir. Gazlı içecekler serinletici ve ferahlatıcı etkileri sayesinde dünyada her yaş grubuna ait birçok insan tarafından tüketilen bir içecek grubudur.

Gazlı içecekler, içeriğinin büyük bir kısmı su olmakla birlikte, şeker ya da yapay tatlandırıcılar, renk maddeleri, aromalar, benzoik asit ve sorbik asit gibi kimyasal koruyucular, asitliğini yükseltmek amacıyla çeşitli asitler ve gazlı içeceğe spesifik tadını kazandırmada etkili olan karbondioksit gazı içerirler. Gazlı içeceklerin üretimi su ile başlar ve uzun bir süreç sonucunda istenilen türde içecek elde edilir. İçeceğin büyük bir kısmını oluşturan suyun kalitesi, içeceğin tadında önemli bir etkiye sahiptir. Asidite, şeker miktarı, karbonlama seviyesi, kullanılan aromaların miktarı gazlı içeceklerin tat profilini etkileyen diğer parametrelerdir.

Gazlı içecekler üretildikten sonra, cam şişe, plastik şişe ya da teneke kutulara doldurularak muhafaza edilir. Cam şişelerin yüksek maliyet, kırılma kolaylığı gibi dezavantajlarından dolayı kullanımı diğerlerine oranla daha azdır. Gazlı içeceklerin depolama süresi boyunca, yani şişeleme yapıldıktan tüketiciye ulaşıncaya dek geçen süre içerisinde en önemli sorun, şişe içerisinde meydana gelen basınç düşüşü, başka bir deyişle karbondioksit kaybıdır. Karbondioksitin zamanla içecek içerisinden uzaklaşması, gazlı içeceğin tadını olumsuz etkiler. Bundan dolayı, gazlı içecekler basınç kaybını en aza indirgeyecek sıcaklıkta muhafaza edilmelidirler. Ayrıca, plastik şişe tasarlanırken gaz kaybını minimize edecek şekilde bariyerler yapılarak, geçirgenlik azaltılabilir.

Yapılan tez çalışmasında, piyasada bulunan gazlı içeceklerin belirli sıcaklıklarda basınç değerleri ölçülmüş ve karbondioksit konsantrasyonları belirlenmiştir. Piyasada bulunan gazlı içeceklerin belirli bir sıcaklıkta gaz kaçış süreleri belirlenmiş, ayrıca laboratuvar ortamında farklı karbondioksit konsantrasyonlarında hazırlanan gazlı içeceklerin gaz kaçış süreleri bulunmuştur. Gazlı içeceklere farklı kıvam vericiler ilave edilerek, kıvam vericilerin gaz kaçış süresine olan etkisi incelenmiş ve farklı sıcaklıklarda hazırlanan gazlı içecekler bir grup tarafından tadılarak, en uygun içim sıcaklığı bulunmaya çalışılmıştır. Ayrıca, aynı marka ve aynı üretim tarihine sahip gazlı içecekler alınarak, bir kısmı oda sıcaklığında ve bir kısmı da soğuk hava deposunda muhafaza edilmiştir. Her hafta bu içeceklerde basınç ölçümü yapılarak

belirli bir süre sonunda meydana gelen basınç düşüşü bulunmuş ve hangi ortamdaki basınç kaybının daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Günümüzde gazlı içecekler üzerine yapılan çalışmalar, genellikle bu içecek grubunun insan sağlığı üzerine etkilerini belirlemek amacıyla. Gazlı içeceklerde dolundan tüketiciye ulaşana kadar meydana gelen basınç düşüşlerini belirlemek, en uygun içim sıcaklığını bulmak ya da gaz kaçış sürelerini incelemek ile ilgili yapılan çalışma sayısı yok denecek kadar azdır. Yapılan literatür çalışması sonucunda elde edilen sonuçlara göre, gazlı içeceklerde basınç kaybını bulmaya yönelik olarak yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir:

- Del Nobile M.A ve ark. (1997)
- Fenelon P.J. (1973)

2. GAZLI İÇECEKLERİN ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ

2.1 Gazlı İçeceklerin Tanımı

Türk Gıda Kodeksi Alkolsüz İçecekler Tebliğine göre, gazlı içecek; karbondioksit ile gazlandırılmış olan meyveli, aromalı, kola, tonik gibi içeceklerdir. Kola içeceği; içilebilir özellikteki su, şeker, kafein, diğer bileşenler, izin verilen katkı maddeleri, kendine özgü aroma maddeleri ile tekniğine göre hazırlanan ve karbondioksit ile gazlandırılmış olan içecektir. [1]

2.2 Gazlı İçeceklerin Özellikleri

Gazlı içecekler serinletici ve ferahlatıcı etkileri sayesinde dünyada her yaş grubuna ait birçok insan tarafından tüketilen bir içecek grubudur. Tüketim miktarları oldukça yüksek olan bu içecek grubu bazı önemli özellikler taşımaktadır. Gazlı içecekler tiplerine özgü tat, koku, renk ve görünüşte olmalı, yabancı tat ve koku içermemelidir. Gazlı içeceklerin karbondioksit miktarı en az 2 g/l olmalıdır. Kola içeceğinde kafein miktarı en çok 150 mg/l, tonik içeceğinde kinin miktarı (sülfat tuzu olarak) en çok 90 mg/l olmalıdır. Bir litre kolalı içecek yaklaşık 400 kalori eşdeğeri şeker, 0,15 g kafein, değişik miktarlarda renk veren maddeler, orijinal tadı sağlayan kola özü ve fosforik asit içerir. Gazlı içeceklerin hazırlanmasında şeker olarak sakkaroz, glukoz, fruktoz, glukoz şurubu, fruktoz şurubu veya invert şeker şurubu kullanılabilir. Gazlı içeceklerin hazırlanmasında şeker yerine veya şeker ile birlikte tatlandırıcı kullanılabilir. Gazlı içeceklerde, normal depolama koşullarında gelişebilen hiçbir mikroorganizma ve mikroorganizma kaynaklı hiçbir madde sağlığa zararlı miktarda bulunmamalıdır. [1]

2.3 Türkiye’de Gazlı İçecek Sektörü

Türkiye’de gazlı içecek sektöründe kola içeceği, meyveli gazlı içecekler ve sade gazozlar bulunmaktadır. Türkiye’de dünyaya paralel olarak son yıllarda gazlı içecek sektöründe önemli bir büyüme gerçekleşmiştir. 2002 yılında 1.75 milyar litre olan gazlı içecek tüketimi, 2003

yılında artarak 1.95 milyar litreye ulaşmış olup, bu artış 2004 yılında %15 dolaylarında gerçekleşmiştir. Meşrubatçılar Derneği verilerine göre, ülkemizde gazlı içecek tüketiminin %67'sini kolalı içecekler, %33'ünü ise sade ve meyveli gazozlar oluşturmaktadır. Türkiye, gazlı meşrubat sektöründe üretim yönünden Avrupa'da 6'ıncı, kişi başı yıllık tüketim yönünden ise 23'üncü durumda bulunmaktadır. Avrupa Birliği'nde kişi başı yıllık gazlı içecek tüketimi 71.7 litreyi bulurken, Türkiye'de bu rakam 33 litre civarında gerçekleşmektedir. [2]

2.4 Gazlı İçeceklerin Üretimi

Gazlı içecek üretimi oldukça karmaşık bir proses olup, prosesin her aşamasında, sistemi etkileyen faktörler olan ürün ısısı, gaz basıncı, doldurma seviyesi sürekli kontrol edilmelidir. Gazlı içecek üretiminde ilk aşama içeceğin büyük bir kısmını oluşturan suyun hazırlanmasıdır. Su ile içeceğin özelliğine bağlı olarak şeker veya tatlandırıcı uygun koşullarda karıştırılarak, homojen bir şekerli su karışımı (şeker şurubu) hazırlanır. İçeceğin özelliğine bağlı olarak hazırlanan şurubun içerisine renk maddeleri, aroma maddeleri, kıvam vericiler, asitler ve kimyasal koruyucular ilave edilir. Karışımın şeker ve asit oranı belirlenerek, gerekli ise su ilave edilir. Su soğutulur karbonlayıcıya gönderilir, burada karbondioksit ilave edilir. Suyu soğutmadaki amaç gazın çözünürlüğünü artırabilmektir. Karbondioksit gazı, içeceğin tat profilinin oluşmasında oldukça büyük bir etkiye sahip olduğundan karbonlama koşulları önemlidir. Düşük sıcaklıklarda karbondioksitin çözünürlüğü daha iyi olacağından, sıcaklık proses boyunca kontrol altında tutulmalıdır. Elde edilen karbondioksitli su ile içecek şurubu karıştırılır. Bu süreç sonunda elde edilen gazlı içecek ambalajlama bölümüne gönderilir. Ambalajlama bölümünde, istenilen özelliğe göre, PET şişe, cam şişe veya teneke kutular kullanılarak içecek uygun koşullarda ambalajlanır. Ambalajlanan ürünler depolama bölümüne gönderilerek uygun koşullar altında depolanma sağlanır. Ambalajlamada ilk aşama dolumdur. Daha sonra cam şişe, plastik şişe ya da teneke kutulara doldurulan gazlı içeceklerin kapakları kapanır. Kolileme, shrinkleme ve paletlemeden sonra depolama bölümüne gönderilerek depolanır. Gazlı içeceğin tat karakteristiğinin zamanla değişime uğramaması için, dolumdan tüketiciye ulaşıncaya dek uygun koşullarda muhafaza edilmelidir.

Gazlı içecek üretim diyagramı Şekil 2.1'de verilmiştir.

2.5 Gazlı İçecek Üretiminde Kullanılan Maddeler

2.5.1 Şeker

Gazlı içecek üretiminde şeker ya da şeker yerini alabilecek tat verici kimyasal maddeler kullanılmaktadır.

Gazlı içeceklerin üretiminde kullanılan en önemli içerik maddelerinden biri de şekerdir. Şekerler, gazlı içecek üretiminde tatlılık verici madde olarak kullanılmakla beraber, farklı işlevlere de sahiptir. Bunlar:

- Gazlı içeceğin asitliğini dengeleyerek içeceğe kendine has bir tat kazandırır ve içeceğin tüketimini kolay hale getirir.
- Kullanılan şeker içeceğe istenilen kıvamı sağlar.
- Tüketim esnasında aroma maddelerini taşıyarak, bunların içecek içerisinde homojen olarak dağılmasını sağlar.

Gazlı içeceklerin üretiminde genel olarak, sakkaroz, dekstroz ve sıvı şeker kullanılmaktadır. Gazlı içecek üretiminde kullanılan şekerlerin tatlılık oranları aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

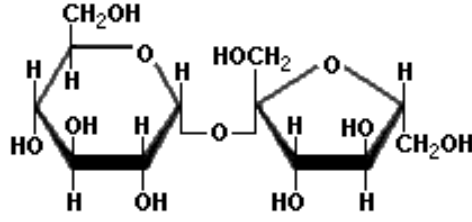
Çizelge 2.1 Şekerlerin tatlılık oranları [3]

Şeker Türü	Tatlılık Oranı
Sakkaroz	100
Glikoz	74
HFCS (%42 fruktoz)	100
Galaktoz	32
Maltoz	32
Laktoz	15
Sorbitol	55
Mannitol	50
İnvert şeker	120
Fruktoz	173

330 ml gazlı içecekte ortalama 41,8 g şeker bulunmaktadır, şeker konsantrasyonu 127 g/l'dir.

2.5.1.1 Sakkaroz

Sakkaroz, kimyasal formülü $C_{12}H_{22}O_{11}$ olan, kristal bir yapıya sahip, suda çok, alkolde çok az çözünen bir maddedir. Endüstride genel olarak şeker pancarı ve şeker kamışından üretimi yapılmaktadır. Sakkaroz bir disakkarittir. Erime noktası $160^{\circ}C$ civarındadır. Soğukta ağırlığının 1/3'ü kadar suda çözünür. $190^{\circ}C$ 'ye ısıtıldığında rengi sarı-kahverengine dönüşür. Bu işleme karamelizasyon denir. Sakkaroz asitlerin ve enzimlerin etkisi ile inversiyona uğrar.



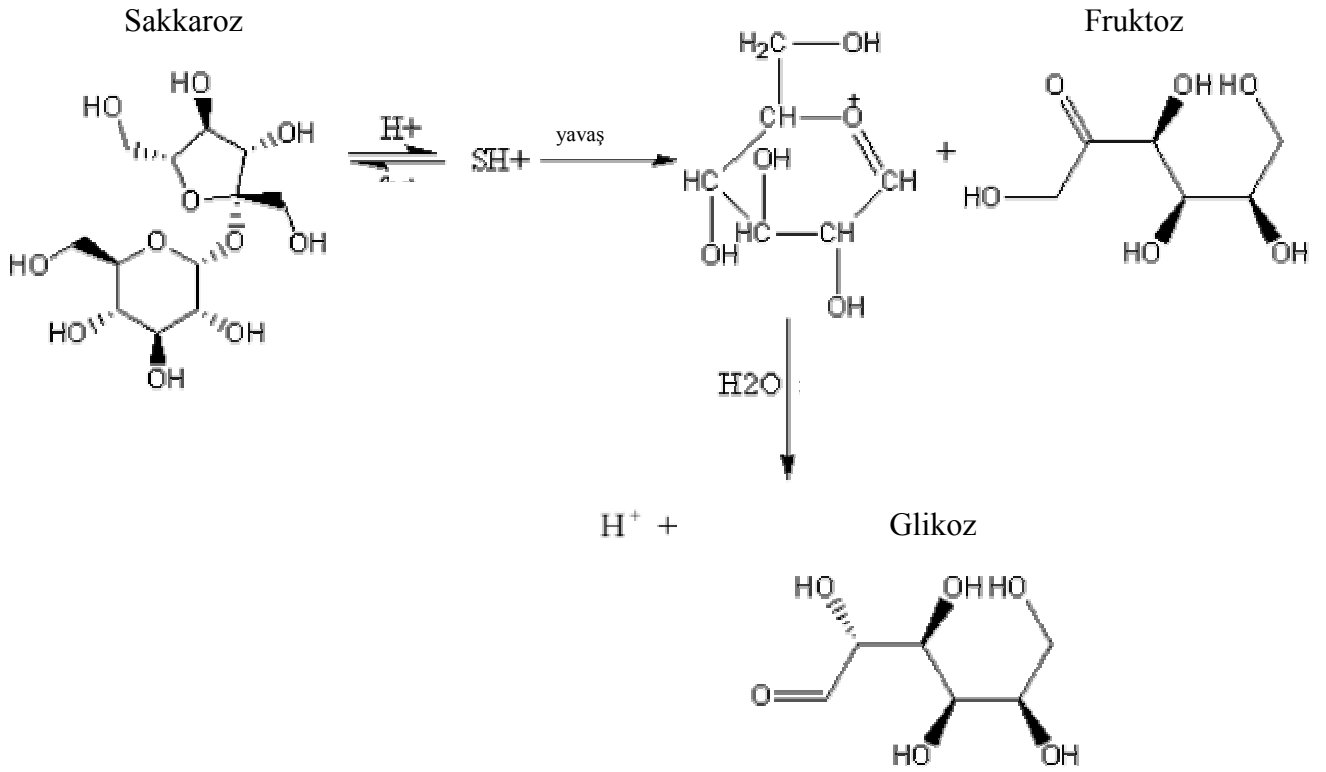
Şekil 2.2 Sakkarozun kimyasal yapısı

2.5.1.2 Sıvı Şeker

Sıvı şeker, kristal sakkaroz ile aynı saflığa sahip olacak şekilde üretilen, %100 sakkaroz veya yarı yarıya sakkaroz ve invert şeker içeren şekerler olarak adlandırılmaktadır. %100 sakkaroz içeren şeker, birinci kalite şeker şurubunun karbon ile kaynatılması ile ya da kristal şekerin suda eritilmesi ile hazırlanmaktadır. Birinci yöntemde elde edilen sakkaroz çözeltileri filtre kullanılarak süzülür, karbon kullanılarak ise istenmeyen tat ve kokular uzaklaştırılır. İkinci yöntemde hazırlanan şurup sterilize edilir ve filtrelendirir. Üretim sırasında sıvı şeker kullanımı oldukça büyük kolaylıklar sağlar.

2.5.1.3 İvert Şekerler

Hidroliz yöntemi ile kısmen indirgenmiş, invert şeker miktarı kuru maddede ağırlıkça % 50'nin üzerinde olan sulu sakkaroz çözeltisi invert şeker olarak bilinmektedir. Sakkarozun asitlerin ve enzimlerin etkisi ile inversiyona uğraması ile elde edilmektedir. Sakkarozun inversiyon tepkimesi aşağıda verilmiştir (Jacobs, M., 1959).

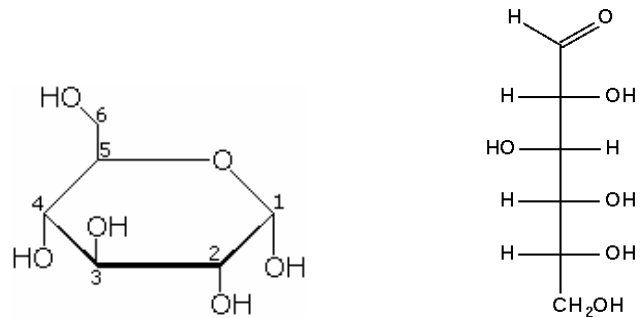


Şekil 2. 3 Sakkarozun inversiyon tepkimesi [4]

Sakkaroz polarize ışığı $+66,6^\circ$, glikoz $+52,8^\circ$ ve fruktoz $-92,8^\circ$ sağa çevirir. Sakkaroz polarize ışığı sağa çevirirken, invert şeker polarize ışığı sola çevirir. Bundan dolayı bu olaya inversiyon (tersine çevirme) denir.

2.5.1.4 Glikoz

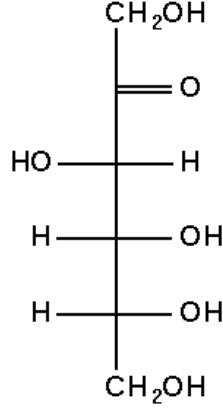
Glikoz, dekstroz olarak da bilinir.



Şekil 2.4 D-glikozun kimyasal yapısı

2.5.1.5 Fruktoz

Gazlı içecek üretiminde kullanılan şekerlerden biri olan fruktoz, monosakkarit yapıda meyve şeker olup glikozla beraber sakkarozu oluşturur. Fruktozun kimyasal formülü Şekil 2.5’de verilmiştir.



Şekil 2.5 Fruktozun kimyasal yapısı

2.5.1.6 Yüksek Fruktozlu Mısır Şurubu

2.5.1.6. 1 Yüksek Fruktozlu Mısır Şurubunun Tanımı ve Özellikleri

Yüksek fruktozlu mısır şurubu, gazlı içeceklerde tek başına tatlandırıcı olarak ya da yapay tatlandırıcılarla karıştırılarak kullanılmaktadır. Fruktoz şuruplarının diğer glikoz şuruplarından farklılığı daha yüksek miktarda fruktoz içermesidir. Fruktozun en önemli özelliği tatlı olmasıdır. %42'lik ve %55'lik fruktoz şurupları sakkaroz ile hemen hemen aynı tatlılığa sahiptir. Ticari uygulamada kolalı gazlı içeceklerde %55'lik fruktoz şurubunun kullanılması durumunda tatlılığı 95'dir. Fruktoz genel olarak sakarozla eş tatlı olmakla beraber, tatlılık şiddeti konsantrasyona, sıcaklığa ve pH'ya bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Fruktoz şurupları diğer besleyici ve besleyici olmayan tatlandırıcılarla birlikte kullanıldığında tatlılık artmakta, sinerjistik etki göstermektedir. Tüm bu özelliklerinin dışında fruktoz şurupları, tadı maskeleyen tatlandırma özelliğine sahiptir. Bu özelliği sayesinde aromalı gıdalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Fruktoz şurupları tatlı tat verme özelliklerinin yanı sıra gıdalarda lezzetin gelişmesinde de rol oynarlar. Fruktozun dil üzerinde algılanma yoğunluğu sakkarozla göre çok daha yüksek olup, hissedilme süresi kısadır. Bu nedenle fruktoz şurupları gıdalarda karakteristik lezzet özelliklerinin algılanmasını zenginleştirmede etkilidir. Fruktoz şuruplarının yüksek fruktoz içeriği gıdanın içerisinde

bulunan suyun donmasını da kontrol eder. Bu özellik meyve içeriği yüksek dondurulmuş gıdalarda buz kristalleri oluşumunu en aza indirgeyerek kalitenin muhafazası için önemlidir. Donma noktasında düşme, kaynama noktasında yükselme, kristalizasyonu önleme ve meyveli ürünlerde narenciye aromasını zenginleştirme gibi etkileri de vardır. Fruktozun suda çözünürlüğü sakkarozaya göre 4 g/g su değeriyle iki kat daha fazladır ve gıdanın içindeki suya bağlanması nedeniyle gıdanın su aktivitesi değerini düşürmektedir. Dolayısıyla fruktoz, gıdanın nem dengesini de korumaktadır. Fruktoz şuruplarının üretim prosesinde uygulanan yoğun saflaştırma işlemleri nedeniyle kül miktarı çok düşüktür ve ürün rengi şeffaftır. Fruktoz şuruplarının viskoziteleri glikoz şuruplarına göre daha azdır. Bunun nedeni ise fruktoz oranının yüksek olmasıdır ve kullanıldığı ürünlerde hoş bir ağız hissi ve çiğneme karakteristikleri vermektedir. [6]

Çizelge 2.2 Yüksek fruktozlu mısır şuruplarının özellikleri

Özellik	“42”	“55”	“90”
Dekstroz (%DS)	53	41	9
Fruktoz (%DS)	42	55 (55-58)	90
Glikoz+Fruktoz (%DS)		(>95)	
Yüksek şeker (%DS)	5	4 (<5)	1
Kuru madde %	71	77 (76.5-77.5)	77
pH	4,0	4,0 (3.5-4.5)	3,5
Sülfat külü	30	30 (<500)	30
Sakkarozaya göre tatlılık	92	99	106
Yoğunluk (20°C,g/mL)	1,346	1,384	1,407
Viskozite (27°C,cP)	160	800	600
Yabancı tat		yok	
Hissedilir yabancı koku		yok	
Asetaldehit, max ppm		800	
Arsenik, max ppm		1	
Bakır, max ppm		1,5	

2.5.1.6.2 Yüksek Fruktozlu Mısır Şurubunun Kullanım Alanları

Fruktoz şurubu, gıda sanayiinde çok fazla uygulama alanı bulmakta ve tatlılığın yanı sıra diğer fonksiyonel özellikleri nedeniyle içeceklerde, fırıncılıkta ve süt ürünlerinde kullanılmaktadır. Maya substratı olma özelliği, su tutma kapasitesi ve iyi fiziksel özelliklere sahip olması da kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Fruktoz şuruplarının tadı maskeleyen bir özelliğe sahip olması, aromalı tatlı gıdaların temel katkılarından biri haline getirmiştir.

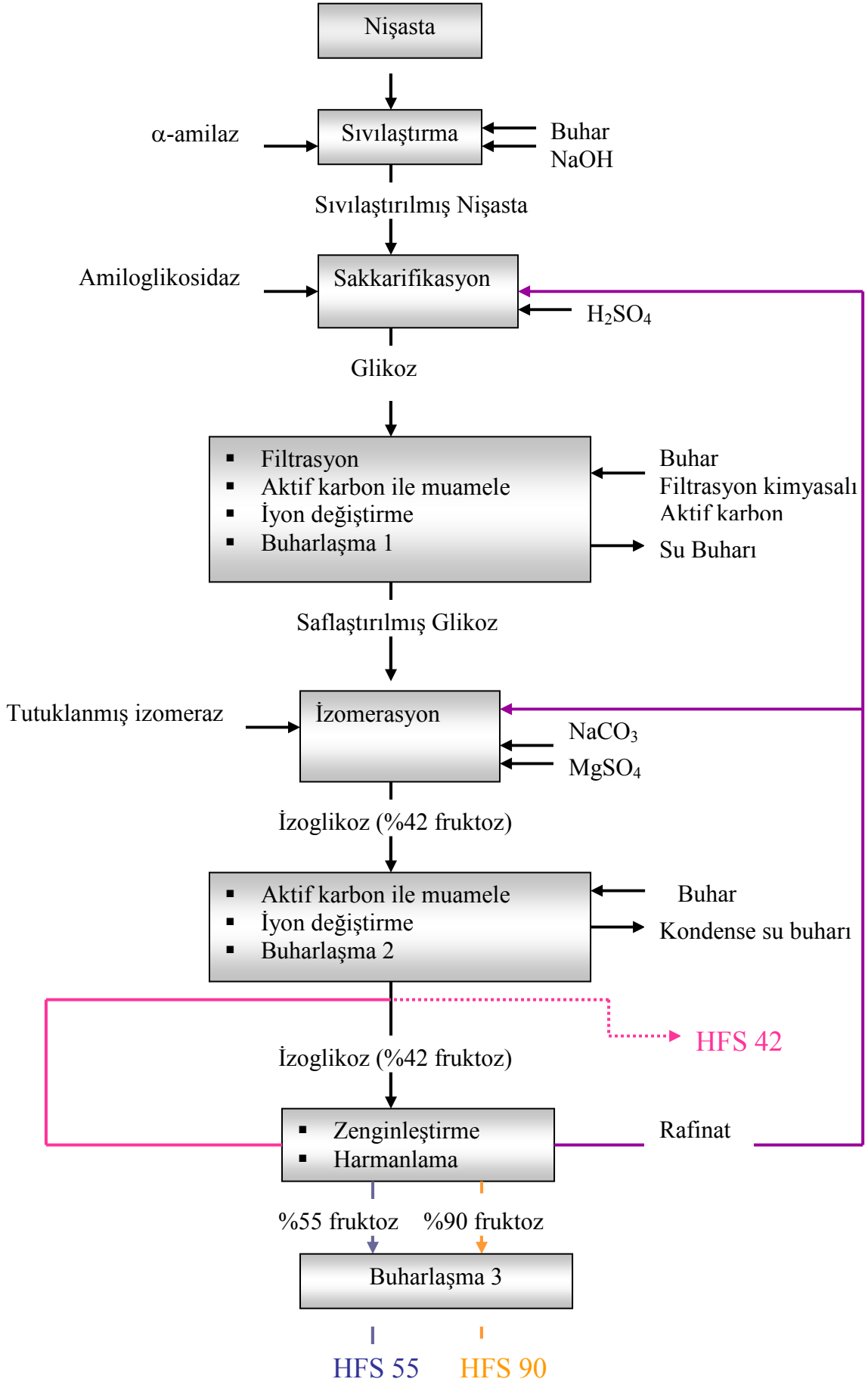
Fruktoz şuruplarının tatlılığı invert şeker şurubuna benzer derecededir. Fruktoz şurupları nem çekme özellikleri ile ürünlerin kurummasını önlerler. Buzdolabı sıcaklığında kristallenmemesi ise dondurulmuş gıdaların formülasyonunda yer almasına neden olmuştur. İndirgen monosakkaritlerin varlığı fırın ürünlerine özellikle arzu edilen rengi vermektedir. Osmotik basınçlarının yüksek olması ise mikrobiyal açıdan dayanıklılık sağlamaktadır. Fermente edilebilir şekerler açısından zengin olmaları maya substratı olarak kullanımlarına imkan vermektedir. [8]

Alkolsüz içeceklerde istenilen kıvamı geliştirici etkileri ile fruktoz şurupları sakkaroz ikamesi olarak dünyada yaygın kabul görmüştür. %42 ve %55'lik fruktoz şuruplarının sakkarozla göre ek bir avantajı da asidik koşullarda bileşim açısından değişikliğe uğramamasıdır. Sakkaroz bir disakkarit olup monomer birimlerine hidroliz olur. Bu da düşük pH'lı içeceklerin depolama sırasındaki stabilitelerini etkiler. Meşrubatların yanı sıra fruktoz şurupları meyveli içkilerde, kokteyl karışımlarında, likör ve şaraplar gibi alkollü içeceklerde de fermente edilebilir karbonhidrat kaynağı ve tatlılık verici olarak kullanılmaktadır.

Karbonhidratlar, pasta ve keklerde tat veren ve dokuyu oluşturan bir unsur olarak kullanılmaktadır. Keklerin dokusu, kullanılan şeker miktarı ve tipine göre değişmektedir. Kekin tazelik süresini uzatmak için fruktoz şurupları, fruktoz, invert şeker, bazı oligosakkaritler, modifiye nişastalar ve çeşitli gamlar kullanılmaktadır. Keklerde sakkaroz yerine fruktoz şurupları kullanımı içerdiği yüksek indirgen şekerler nedeniyle esmerleşmeyi artırmaktadır. Yüksek fruktozlu bu şuruplar çoğu gıdadaki su aktivitesini düşürmek için kullanılmakta ve bozulmaları önlemektedir. Bu özellikten turşularda, sebzelerde ve konserve ürünlerin üretiminde yararlanılmaktadır.

2.5.1.6.3 Yüksek Fruktozlu Mısır Şurubu Üretimi

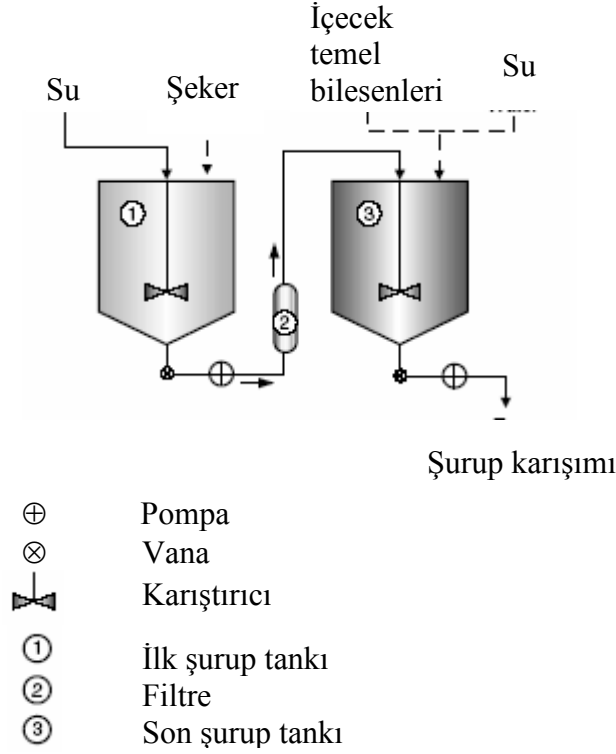
Fruktoz şurupları, glikozun glikoz izomeraz enzimi yardımıyla fruktoza dönüştürülmesiyle elde edilmektedir. Glikoz şurubu izomerizasyon işleminden geçerek, dekstroz kısmen fruktoza dönüşür. Bu dönüşümde %42 oranında fruktoz içeren şurup saflaştırma ve konsantrasyon işlemleriyle %71 oranında kuru madde içeren son haline gelir. Ayrıca izomerizasyon sonrası elde edilen %42'lik fruktoz şurubu kromatografik kolonlara beslenerek fruktoz oranı %90'a çıkarılır. % 42 ve %90 fruktoz içeren ara ürünler uygun oranlarda paçal yapılarak saflaştırma ve konsantrasyon işlemleri uygulanıp %77 kuru madde içeren %55'lik fruktoz şurubu elde edilir. Yüksek fruktozlu mısır şurubu üretim diyagramı Şekil 2.6'da verilmiştir. [13]



şekil 2.6 Yüksek fruktozlu mısır şurubu üretim diyagramı [14]

2.5.1.7 İçecek Şurubu Üretimi

İçecek şurubu üretiminin şematik gösterimi Şekil 2.7’de verilmiştir.

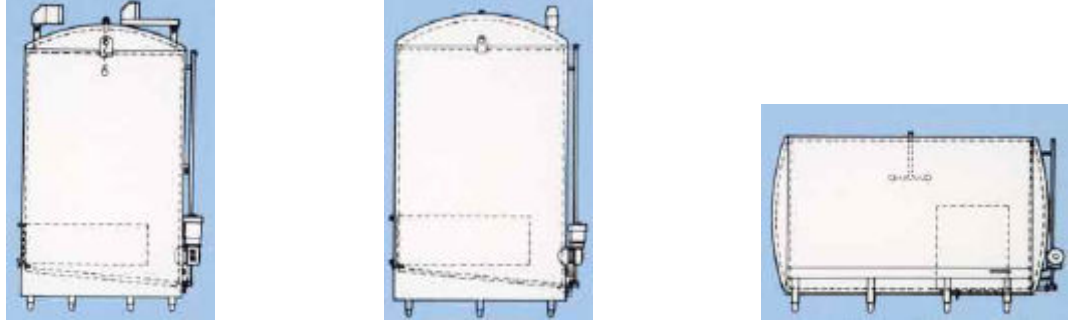


Şekil 2.7 Şeker şurubu üretimi

Şekil 2.7. 'de şurup hazırlama prosesinin basitleştirilmiş şematik bir gösterimi verilmiştir. Tank'a (1) ölçülmüş miktarda işlenmiş su pompalanır ve karıştırıcı çalıştırılır. Belirlenmiş miktardaki şeker suya eklenir ve suyun içinde tamamen dağılana ve çözünene kadar su ile karışmasına izin verilir. Elde edilen şeker çözeltisi genellikle “basit şurup” olarak adlandırılır. Bu basit şurup, daha sonra filtreden (2) geçirilerek ikinci tanka (3) pompalanır. Filtreler, basit şurubun içerisindeki bütün yabancı maddelerin giderilmesi için bir gerekliliktir. Filtrelerin gözenek büyüklüğü kullanılan şekerin genel kalitesine bağlıdır ve genellikle 5-20 µm aralığındadır. İkinci tanka gönderilen filtrelenmiş basit şuruba, içecek formülasyonu için gereken diğer bileşenler eklenir. Toplam formülasyon içerikleri içecek temeli olarak adlandırılır. İçecek temel bileşenleri, şurup tamamen çözülene ya da dağılana kadar, karıştırıcı tarafından tank içinde karıştırılır. Daha sonra karıştırıcı durdurulur ve gerekli miktarda su eklenir. İstenilen orana erişildikten sonra, karıştırıcı tekrar çalıştırılır ve şurup yaklaşık 10-15 dak karıştırılıp, karıştırıcı durdurulur ve şurubun yaklaşık 1-2 saat havalanması sağlanır. Bu aşamada, elde edilen şurup “final şurubu” olarak adlandırılır. Final şurubu

hazırlama prosesi bütün gazlı içeceklerde üretim proseslerinin kalbi olarak ifade edilir (Shachman, 2005).

Şeker şurubu üretiminde kullanılan tanklar Şekil 2.8’de verilmiştir.



Dikey HFCS veya sakkaroz tankı

Dikey şurup tankı

Yatay şurup tankı

Şekil 2.8 Şeker şurubu tanklarının şematik gösterimi

2.5.1.8 Gazlı İçeceklerin Şeker İçeriği

Suyun içerisine şeker eklendiği zaman, çözelti daha yoğun hale gelir. Bundan dolayı, bilinen hacimdeki çözeltinin ağırlığına göre, içerdiği şeker miktarı belirlenir. Aynı hacimdeki su ve gazlı içecek ağırlıkları ölçülüp, birbirine oranlanarak, gazlı içeceğin özgül yoğunluğu hesaplanabilir. Gazlı içeceklerin özgül yoğunlukları aşağıdaki formüle göre hesaplanır. [15]

$$d_g = \frac{m_g}{m_{su}} \quad (2.1.)$$

d_g : Gazlı içeceğin spesifik(özgül) yoğunluğu

m_g : Gazlı içeceğin ağırlığı

m_{su} : Suyun ağırlığı

Çizelge 2.3'de farklı miktarlarda şeker yüzdelere göre şeker çözeltilerinin özgül yoğunluklarının değişimi verilmiştir.

Çizelge 2.3 Şeker yüzdesine göre şeker çözeltilerinin özgül yoğunluğunun değişimi [15]

Şeker Çözeltilerinin Özgül Yoğunluğu 20°C/20°C					
Özgül Yoğunluk	Şeker Yüzdesi	Özgül Yoğunluk	Şeker Yüzdesi	Özgül Yoğunluk	Şeker Yüzdesi
1.01490	3.8	1.03010	7.6	1.04582	11.4
1.01530	3.9	1.03050	7.7	1.04625	11.5
1.01570	4.0	1.03090	7.8	1.04668	11.6
1.01610	4.1	1.03130	7.9	1.04711	11.7
1.01650	4.2	1.03170	8.0	1.04754	11.8
1.01690	4.3	1.03211	8.1	1.04797	11.9
1.01730	4.4	1.03252	8.2	1.04840	12.0
1.01770	4.5	1.03293	8.3	1.04882	12.1
1.01810	4.6	1.03334	8.4	1.04924	12.2
1.01850	4.7	1.03375	8.5	1.04966	12.3
1.01890	4.8	1.03416	8.6	1.05008	12.4
1.01930	4.9	1.03457	8.7	1.05050	12.5
1.01970	5.0	1.03498	8.8	1.05092	12.6
1.02010	5.1	1.03539	8.9	1.05134	12.7
1.02050	5.2	1.03580	9.0	1.05176	12.8
1.02090	5.3	1.03621	9.1	1.05218	12.9
1.02130	5.4	1.03662	9.2	1.05260	13.0
1.02170	5.5	1.03703	9.3	1.05302	13.1
1.02210	5.6	1.03744	9.4	1.05344	13.2
1.02250	5.7	1.03785	9.5	1.05386	13.3
1.02290	5.8	1.03826	9.6	1.05428	13.4
1.02330	5.9	1.03867	9.7	1.05470	13.5
1.02370	6.0	1.03908	9.8	1.05512	13.6
1.02410	6.1	1.03949	9.9	1.05554	13.7
1.02450	6.2	1.03990	10.0	1.05596	13.8
1.02490	6.3	1.04032	10.1	1.05638	13.9
1.02530	6.4	1.04074	10.2	1.05680	14.0
1.02570	6.5	1.04116	10.3	1.05723	14.1
1.02610	6.6	1.04158	10.4	1.05766	14.2
1.02650	6.7	1.04200	10.5	1.05809	14.3
1.02650	6.7	1.04200	10.5	1.05809	14.3

2.5.2 Tatlandırıcılar

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'ne göre katkı maddesi olarak tanımlanmakta olup, gıdalarda tatlı bir lezzet sağlayan şeker dışındaki maddeleri kapsar. FDA'ya göre ise, besleyici olan ve kalori vermeyen tatlandırıcılar olarak sınıflandırılmış ve gıda katkı maddeleri altında ele alınmıştır. Tatlandırıcılar genel olarak doğal ve yapay tatlandırıcılar olmak üzere iki alt sınıfa ayrılır.

2.5.2.1 Doğal Tatlandırıcılar

Doğada mevcut olan ve temelde karbonhidrat yapısındaki tatlı tada sahip kimyasallardır.

2.5.2.2 Yapay Tatlandırıcılar

Şeker yerine geçen ancak kalorisi olmayan maddelerdir. Bunların başlıcaları; sakarin, aspartam, asesülfam-K, neohesperidin DC , sukraloz, taumatin, alitam, siklamat'dır. Tatlandırıcıların sakkazroza bağlı tatlılık skalası Çizelge 2.4'de verilmiştir.

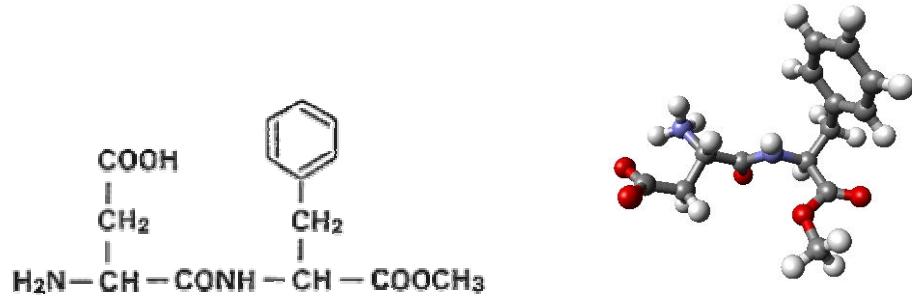
Çizelge 2.4 Tatlandırıcıların sakkazroza bağlı tatlılık skalası [4]

Bağlı tatlılık skalası- Sakkaroz = 1	
Bileşik	
Sakkarin	300-500
Siklamat	30-50
Aspartam	180
Asesülfam-K	200
Sukraloz	600
Neohesperidin Dehidrokalkon	1500-1800

2.5.2.2.1.1 Aspartam

Aspartam 1965 yılında James M. Schlatter tarafından keşfedilmiştir. Yapay tatlandırıcıların en çok kullanılanlarından biri olan aspartamın kullanılmasına ilişkin bazı sorunlar bulunmaktadır. Aspartamı oluşturan maddelerin doğal olması sebebiyle aspartamın ilk başta sağlığa zararlı etkisi olmadığı savunulsa da, molekülün durağan olmaması ve fenilketonuri hastalarında kullanılmasının sorun teşkil etmesi sebebiyle kullanılmasında kısıtlamalar

mevcuttur. Aspartamın durağan olmaması gazlı içeceklerde kullanılmasında sorunlara yol açmaktadır. Oda sıcaklığında tutulan kolanın 2 ay sonra aspartam içeriğinin %70'den fazlasını kaybettiği, buna karşılık %90 oranında diketopiperazin içerdiği görülmüştür. Diketopiperazin'in zararsız olduğuna ilişkin bilgiler henüz kesinleşmemiştir. Aspartamla tatlandırılmış içeceklerin ambalajlanmasında, saklama koşulları, son kullanma tarihi, gebe ve süt veren kadınlara yönelik uyarılar, fenilketonuri hastalığı olanların bu içeceği kesinlikle içmemesi gerektiği yolundaki bilgiler mutlaka belirtilmelidir. 1983 yılında FDA, aspartamın gazlı içeceklerde kullanılmasına izin vermiştir ve günümüzde aspartam birçok düşük kalorili, şekerli yiyecek ve içecekte kullanılmaktadır. Aspartamın tadının, yapılan birçok test sonucunda, şekerin tadına oldukça yakın olduğu bulunmuştur. Aspartam, kuvvetli tatlandırıcı etkisinin yanında aromayı artırıcı ve alınan tadın uzun süre ağızda kalmasını sağlayıcı bir özelliğe de sahiptir. Aspartam, iki aminoasit (aspartik asit, fenilalanin) ve az miktarda metanolün birleşiminden oluşan basit bir moleküldür. Aspartamın molekül formülü Şekil 2.9'da verilmiştir.

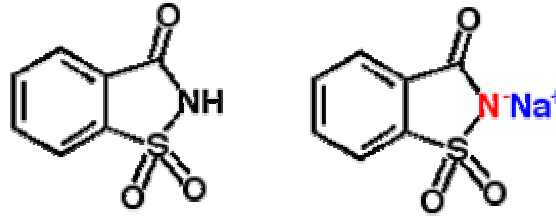


Şekil 2.9 Aspartamın molekül formülü ve üç boyutlu yapısı

Aspartamın sudaki çözünürlüğü pH ve sıcaklığa bağlı olmakla beraber, maksimum çözünürlüğü pH 2.2 ve 25°C' de 20 mg/l ve minimum çözünürlüğü pH 5,2 ve 25°C' de 13,5mg/L'dir. Aspartamın stabilitesi zaman, sıcaklık, pH ve su akvitesine bağlıdır. En stabil olduğu pH değeri 4,3 olup, yarılanma süresi yaklaşık 300 gündür. Aspartam kuru halde oldukça stabildir. 105°C'de 100 saat sonra %5 ve 120°C'de 80 saat sonra %50 aspartam kaybı ve diketopiperazin oluşumu gerçekleşir. 30-80°C'de bulunan çözeltide aspartam bir süre sonra diketopiperazine dönüşür. Bundan dolayı aspartam içeren gıdalar fazla ısıtılmamalıdır. Oda sıcaklığında 3,4-5 pH aralığında stabil kalabilmektedir. pH 3,4'ün altında olduğu takdirde, dipeptit bağları hidrolize olur, diketopiperazin oluşur. Bundan dolayı tatlılık önemli ölçüde kaybolur.

2.5.2.2.1.2 Sakkarin

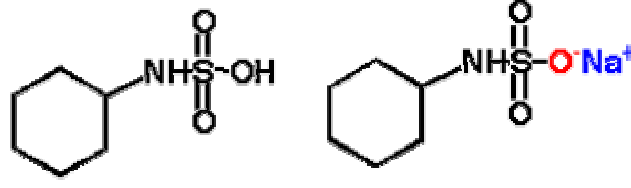
Sakkarin, Saccharin's Ira Remsen Johns Hopkins üniversitesinde profesör olan Ira Remsen tarafından 1879'da tesadüf eseri keşfedilmiştir. Sakarininin tatlandırıcı etkisi oldukça yüksektir. Yakılmadan %80-90 oranında sindirim kanalından organizmaya geçer. Emildikten sonra kana geçen sakkarin çeşitli dokulara dağılır ve fazla kanlanan organlarda (böbrek, karaciğer, akciğerler) ve özellikle de idrar kesesinde biriktirilir. Sakarinin, sodyum ve kalsiyum ile birleşmiş tuzları çeşitli gıda ve içeceklerde sıkça kullanılmaktadır. Sakkarin ve sodyum sakarinin molekül formülleri Şekil 2.10'da verilmiştir.



Şekil 2.10 Sakkarinin ve sodyum sakkarinin molekül formülü

2.5.2.2.1.3 Siklamat

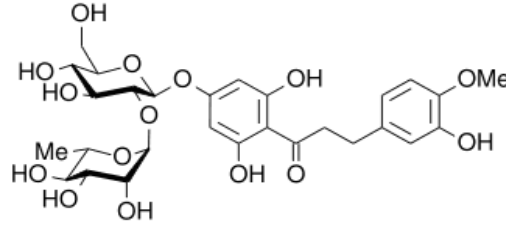
Siklamat 1937'de Illinois Üniversitesi öğrencilerinden Michael Sveda tarafından bulunmuştur. Önce kabul edilen, sonra piyasadan çekilen, daha sonra kısmen yeniden kullanıma girmiş olan siklamat, günümüzde ABD, İngiltere ve bazı başka ülkelerde yasaklanmıştır. Siklamatın vücuttaki dönüşümü ve metabolizma ürünlerinin kanser yapıcı etkisinin görülmesi bilimsel tartışmalara yol açmıştır. Siklamat önceleri tablet halinde piyasaya sunulmuş ve şeker alımını kontrol altında tutması gereken insanlar tarafından kullanılmıştır. 1958 yılında, GRAS sınıfına girmiştir. Siklamat genellikle sakarin ile karıştırılarak kullanılmaktadır. Siklamat ve sakkarinden oluşan karışımlar, diyet yiyecek ve içeceklerde kullanılmaktadır. Gazlı içeceklerin yaklaşık %30'unda siklamat-sakkarin karışımı kullanılmaktadır. Bu karışımda siklamat/sakarin oranı 10/1'dir. 1969 yılında kanserojen etki yaptığı sebebiyle GRAS statüsünden kaldırılmış, 1970 yılında FDA tarafından kullanılması yasaklanmıştır. Günümüzde siklamat yaklaşık 50 ülkede yasal olarak kullanılmaktadır. Siklamat yalnız, aspartamla ya da aspartamsız, asesülfam potasyum ve sakkarinden oluşan üçlü bir bileşimle de kullanılır. Sıvılarda çözünür olması içeceklerde kullanımını mümkün kılmaktadır. Siklamat ve sodyum siklamatın molekül formülleri Şekil 2.11'de verilmiştir.



Şekil 2.11 Siklamik asit ve Sodyum siklamatin molekül formülü

2.5.2.2.1.4 Neohesperidin Dehidrokalkon

Portakalda doğal olarak bulunan, neohesperidinden hidrojenasyonla elde edilen kalorili tatlandırıcı ve aroma artırıcıdır. Aspartam ve asesülfam potasyumla karışım halinde de kullanılabilir. Neohesperidin DC, tatlandırıcıdan çok aroma artırıcı olarak kullanılır. 1987 yılında SCF tarafından güvenli bir ürün olduğu belirlenmiştir. Neohesperidin dehidrokalkonun molekül formülü Şekil 2.12’de verilmiştir.



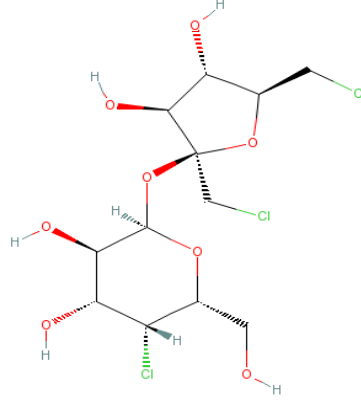
Şekil 2.12 Neohesperidin dehidrokalkonun molekül formülü

20°C ve pH 1-7 arasında sulu çözeltilerde kararlı haldedir. Isıya dayanıklıdır. Diyabet hastaları için kullanıma uygundur. Yüksek konsantrasyonlarda, metanollü ürünlerde uzun süre etkili bir tatlandırıcıdır. Ağızda acı bir tat bırakır.

2.5.2.2.1.5 Sukraloz

Şekerden elde edilen tek tatlandırıcı olan sukraloz, Tate & Lyle PLC tarafından 1976 yılında bulunmuştur. İlk kez 1991 yılında Kanada’da kullanılmaya başlanmıştır. Şekerdeki 3 hidroksil grubunun 3 klor atomuyla yer değiştirmesi sonucu elde edilir. FDA, tarafından üzerinde yapılan araştırmalar neticesinde 1999 yılında “çok amaçlı” tatlandırıcı olarak ilan edilmiş olup, günümüzde yaklaşık 40 ülke tarafından kullanılmaktadır. Vücuttan hiçbir

değişikliğe uğramadan atıldığı için sakkaroz gibi metabolize olmaz. Sukraloz; aspartam, sakarin ve asesülfam-K gibi diğer tatlandırıcılarla birleştirilerek gelişmiş tat ve stabiliteye sahip, düşük maliyetli ürünlerin üretilmesi sağlanmaktadır. Sukralozun molekül formülü Şekil 2.13’de verilmiştir.

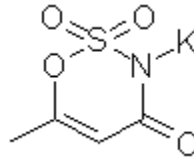


Şekil 2.13 Sukralozun molekül formülü

Vücutta parçalanmaz ve kalori içermez. Şeker tadında olup acı tat bırakmaz. Isı stabilitesi yüksektir. Bu özelliği sebebiyle yüksek sıcaklık gerektiren ürünlerin üretilmesinde kullanılmaktadır. Raf ömrü uzundur.

2.5.2.2.1.6 Asesülfam Potasyum

Asesülfam potasyum, 1967 yılında Hoechst AG tarafından bulunan yüksek yoğunluklu, kalorili olmayan bir tatlandırıcıdır. Asesülfam potasyum vücutta metabolize olmaz. Diğer tatlandırıcılarla karıştırılarak kullanılabilir. Asesülfam potasyumun kolesterol, toplam ve serbest gliserol düzeyleri üzerine hiçbir etkisi yoktur. Günümüzde bazı gazlı içeceklerde kullanılmaktadır. Asesülfam potasyumun molekül formülü Şekil 2.14’de verilmiştir.



Şekil 2.14 Asesülfam potasyumun molekül formülü

Geniş bir pH ve sıcaklık aralığında yüksek dayanıklılığa sahiptir. Ağızda kötü bir tat bırakmaz.

2.5.3 Su

İçecek sanayiinde en başta gelen hammadde ihtiyacı sudur. Bu nedenle yeterli miktarda ve içecek kalitesinde su elde etmek içecek sanayiinde büyük önem taşımaktadır. Suyun meşrubat

üretiminde kullanılabilmesi için ürünün duysal ve raf ömrü özelliklerini etkileyebilecek olumsuz faktörlerin giderilmesi gerekmektedir. Bunlar, bulanıklık, renk, koku veya tat gibi fiziksel özelliklerdeki bozukluklar, mikroorganizma veya organik madde bulunabilirliği ve su standartlarının üzerindeki seviyelerde bazı kimyasal maddelerin bulunmasıdır.

Gazlı içecek üretimi su ile başlar. Normal gazlı içecekler %90 su içerirken, diet gazlı içeceklerde su içeriği %99'a kadar yükselebilmektedir. İçme suyunda bulunan çeşitli etmenlerden dolayı içeceğin tadında meydana gelecek değişiklikler bertaraf edilmelidir. Çeşme suyu ülkeden ülkeye, hatta aynı ülke içerisinde şehirden şehire farklılık gösterdiğinden dolayı gazlı içecek sektöründe kullanılacak sular bazı standartlara uygunluk göstermelidirler. Çizelge 2.5'de içecek üretiminde kullanılan içilebilir suyun özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.5 İçilebilir nitelikteki suyun özellikleri

Özellik	Parametre	Birim	Standartlar	
			Maksimum kabuledilebilir konsantrasyon	Maksimum izin verilebilir konsantrasyon
Fiziksel	Renk	Pt-Co	5	15
	Tat, Koku	-		
	Bulanıklık	SSU	5	20
	pH	-	6.5-8.5	9.2
Kimyasal	Toplam katılar	mg/dm ³	500	1.500
	Demir (Fe)	mg/dm ³	0.5	1.0
	Mangan (Mn)	mg/dm ³	0.3	0.5
	Bakır (Cu)	mg/dm ³	1.0	1.5
	Çinko (Zn)	mg/dm ³	5.0	15.0
	Kalsiyum (Ca)	mg/dm ³	75	200
	Magnezyum (Mg)	mg/dm ³	50	150
	Sülfat (SO ₄)	mg/dm ³	200	250
	Klor (Cl)	mg/dm ³	250	600
	Flor (F)	mg/dm ³	0.7	1.0
	Nitrat (NO ₃)	mg/dm ³	45	45
	Alkilbenzil sülfonat (ABS)	mg/dm ³	0.5	1.0
	Fenolik bileşikler (fenol)	mg/dm ³	0.001	0.002
	Civa (Hg)	mg/dm ³	0.002	-
Toksik Elementler	Kurşun (Pb)	mg/dm ³	0.05	-
	Arsenik (As)	mg/dm ³	0.05	-
	Selenyum (Se)	mg/dm ³	0.01	-
	Krom (Cr)	mg/dm ³	0.05	-
	Siyanid (CN)	mg/dm ³	0.2	-
	Kadmiyum (Cd)	mg/dm ³	0.01	-
Bakteriyel	Toplam koliform	MPN/100cm ³	2.2	-

Gıda endüstrisinde genel amaçlı kullanım için suların aşağıdaki özellikleri taşımaları gerekmektedir:

- İçerdiği safsızlıkların silisyum eşdeğeri 10 ppm'den fazla olmamalıdır.
- Rengi standart kobalt derecesine göre 20 ppm'i geçmemelidir.
- Herhangi bir kokusu olmamalıdır.
- Rahatsız edici bir tadı olmamalıdır.
- Manganez içeriği 0.1 ppm'den fazla olmamalıdır.
- Demir içeriği 0.1 ppm'den fazla olmamalıdır.
- Tesisin herhangi bir yerindeki su bakteriyel bakımdan içme suyu kalitesinde olmalıdır.

Gazlı içecek üretiminde kullanılan sular bu özelliklerin yanı sıra berrak olmalı, kolloidal parçacıklar ve safsızlıklar içermemeli, içerisinde tat veren herhangi bir madde bulunmamalı, koku veren herhangi bir madde ihtiva etmemelidir.

Gazlı içeceğin renk profilinde herhangi bir olumsuzluk yaratmaması sebebiyle kullanılacak su mutlaka renksiz olmalıdır. Kullanılan tüm sular, suya safsızlık veren koloidal maddelerden arındırılmış olmalıdır. Koagülasyon ve sedimentasyon prosesleri ile suyun renginde olumsuzluk yaratan organik maddeler uzaklaştırılmalıdır. Gazlı içecek üretiminde kullanılan su yabancı tatlardan arındırılmış olmalıdır. Suyun tadını etkileyen en önemli faktörlerden biri alkalinitedir. Kullanılacak suyun alkalitesi muhakkak düşük olmalıdır, aksi takdirde ortamda bulunan demirden dolayı tat profilinde önemli bir değişiklik gözlenir. Gazlı içecek üretiminde kullanılan sularda alkalinite için maksimum değer 80 ppm'dir. Eğer su içerisinde tat veren herhangi bir madde mevcutsa, bu bitmiş ürünün tat profilinin bozulmasına yol açar, bu olumsuzluğu gidermek bir hayli güçtür. Gazlı içecek üretiminde kullanılacak su mutlaka demirden arındırılmış olmalıdır. Gazlı içeceklerde kullanılacak suyun demir içeriği en fazla 0,1 ppm olmalıdır, bu değer içme suyu standartlarına göre bulunması gereken değerden 3 kat daha düşüktür. Demir, aroma maddeleri ile etkileşerek tat değişikliğine yol açabilir ve istenmeyen çöküntüler meydana getirir. Ayrıca demir tuzu şeklinde çökmesiyle, şişelerin ağzında istenmeyen renkli çöküntüler oluşmasına sebep olur. Gazlı içecek üretiminde kullanılan su, organik madde içermemelidir. Aksi takdirde köpürme meydana geleceğinden karbondioksit kaybı olur.

2.5.4 Karbondioksit

Karbondioksit; renksiz, kokusuz, zehirsiz ve havanın yaklaşık 1,5 katı ağırlığında bir gazdır. İlk kez 17. yüzyıl başlarında Flaman kimyacı Jan Baptist Van Helmont karbondioksitin mayalanma ve yanma sonucu açığa çıktığını bularak, öbür gazlardan farklı olduğunu saptamıştır. 20. yüzyılın ortalarına değin karbondioksit sıvı halde alınıp satılmıştır.

Yer atmosferinde hacimce yaklaşık 3/10000 oranında bulunan karbondioksit, karbon içeren maddelerin yanmasıyla, mayalanmasıyla ve hayvanların solunumuyla ortaya çıkar. Karbondioksit bitkiler tarafından fotosentez sürecinde kullanılarak karbohidratlara dönüştürülür. Atmosferdeki karbondioksit gazı güneşten gelen ışınların bir bölümünün uzaya geri kaçmasını engelleyerek yerdeki yaşamın sürmesinde rol oynar. Atmosferde bulunan karbondioksitin fazlası havanın oksijenini azaltarak boğucu etki yapabilir. Kokusuz olduğu halde nemli ortamda suyla reaksiyona girerek hafif fakat keskin bir koku oluşturabilir. Karbondioksit konsantrasyonunun hava içerisinde %2-3'e ulaşması durumunda, oksijen yetersizliğinden dolayı boğulmanın basit belirtileri meydana gelebilir. Konsantrasyonun %3-5'e çıkması durumunda solunum sıklığının artmasına ve baş ağrısına, %15'lere ulaştığında baş ağrısı, kusma, mide bulantısı ve baygınlığa yol açabilir. Daha yüksek konsantrasyonlarda, derhal kan dolaşımı yetersizliğine ve sonuçta koma durumu ile ölüme sebep olabilir. CO₂ beyin damarlarını genişletici en güçlü madde olarak bilinir.

Karbondioksit gazı -56,6°C'de ve 4,16 bar basınçta aynı anda katı, sıvı ve gaz halinde bulunur. Karbondioksit suda kolayca çözünebilme özelliğinden dolayı meşrubat sektöründe karbonatlayıcı ve baloncuk oluşturucu gaz olarak kullanılır. Normal şartlar altında gaz fazında olan karbondioksit atmosferik basınçta ve eksi 79°C'de katı olarak bulunabilir, bu durum kuru buz olarak adlandırılır. Yanıcı veya yakıcı değildir, yangın söndürme maddesidir. Yangına maruz kalmış kaplar mümkün ise yangın alanından uzaklaştırılır ve su ile soğutulur. Normal sıcaklıklarda tepkinliği çok düşük olmasına karşın karbondioksit, 1700°C'nin üzerinde kısmen bozularak karbon monoksit ve oksijene ayrışır. Ayrıca karbon ya da hidrojen yüksek sıcaklıklarda karbondioksiti karbon monoksite dönüştürür.

Karbondioksitin katılaşmış şekli kuru buzdur. Kuru buz, sıvı konumdaki karbondioksitin bir tanktan aspiratör borusuna veya özel bir makineye sevk edilmesi, böylece genleşme sonucu Joule-Thomson etkisi ile soğuması ile elde edilir. Oluşan ürün kuru buz olarak pres edilmektedir. Gazın katı fazı olan kuru buz deri üzerinde soğuk yanıkları oluşturabilir.

Karbondioksit nemli ortamlarda korozif bir etkiye sahiptir. Çevre sıcaklığında kuru gaz için normal malzemeler uygundur, -30°C 'nin altında yalnızca düşük sıcaklık karbon çeliği, ostenitik paslanmaz çelik, alüminyum, bakır ve bu ikisinin alaşımlarının kullanılması uygun olur. Eğer karbondioksit yüksek basınçlarda oksijen ortamında su ile çözünürse, aside dayanıklı malzeme kullanılması gerekli olur. Gaz iki ayrı şekilde doldurulabilir , bunlar gaz ve sıvı fazlarda dikişsiz çelik tüplere doldurulabilir. Bu gaz basınç altında sıvılaştığı , sıcaklık altında gazlaştığı için TSE 'nin belirlediği (0,75 kg /l; TS11169 'da) dolum oranına göre dolumu yapılmaktadır.

Karbondioksit sıvı halde yatay yada dikey dışı yalıtım malzemeleri ile yalıtılmış, tek cidarlı içten soğutma sistemli tanklarda depolanabilir. TSE standartlarına göre sıvı/gaz karbondioksitin 1. sınıfının safiyeti minimum % 99,9, 2. sınıfının safiyeti minimum % 99,7 olmalıdır.

2.5.4.1 Karbondioksitin Özellikleri

- Molekül formülü: CO_2 , $\text{O}=\text{C}=\text{O}$
- Molekül ağırlığı : 44.01g
- Görünüş : Renksiz, kokusuz gaz, renksiz sıvı, beyaz opak katı (kurubuz)

Katı Faz:

- Füzyon gizli ısı (1,013 bar, üçlü noktada) : 196.104 kJ/kg
- Katı yoğunluğu : 1562 kg/m^3

Sıvı Faz:

- Sıvı yoğunluğu (-20°C ve 19.7 bar) : 1032 kg/m^3
- Kaynama noktası (Süblimleşme) : -78.5°C
- Buharlaşıma gizli ısı (1.013 bar kaynama noktasında) : 571.08 kJ/kg
- Buhar basıncı (20°C) : 58.5 bar

Kritik nokta:

- Kritik sıcaklık : 31°C
- Kritik basınç : 73.825 bar
- Kritik yoğunluk : 464 kg/m^3

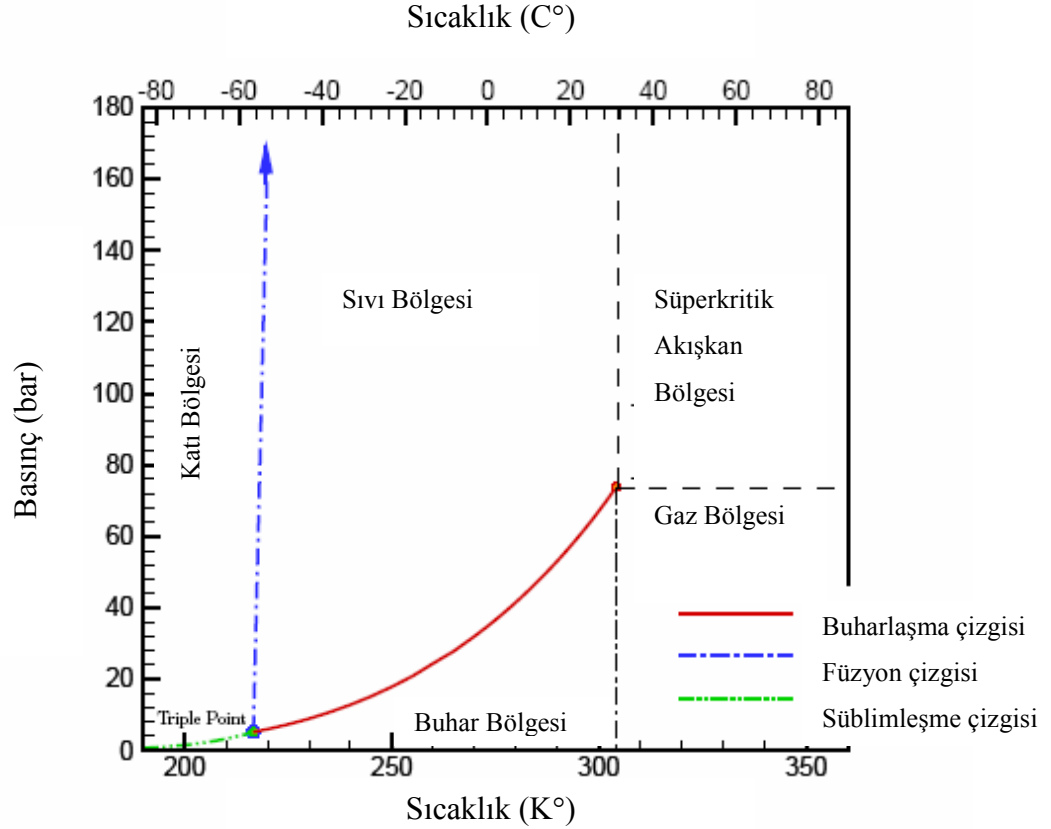
Üçlü nokta:

- Üçlü nokta sıcaklığı : -56.6 °C
- Üçlü nokta basıncı : 5.185 bar

Gaz Fazı:

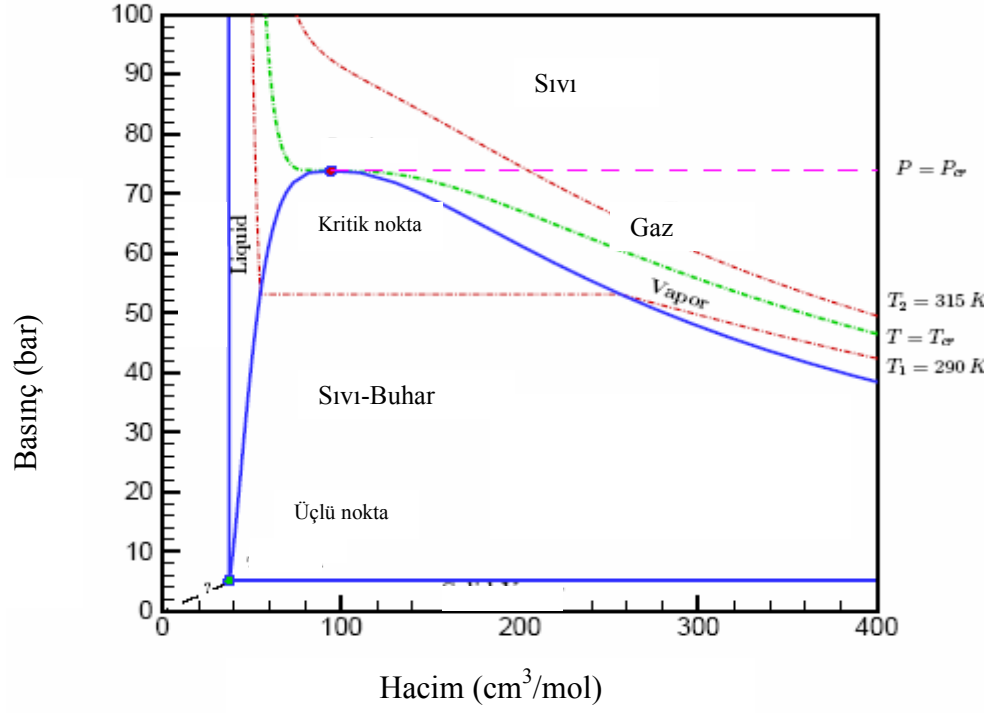
- Gaz yoğunluğu (1.013 bar süblimleşme noktası) : 2.814 kg/m³
- Gaz yoğunluğu (1.013 bar ve 15 °C) : 1.87 kg/m³
- Sıkıştırılabilirlik faktörü (Z) (1.013 bar ve 15 °C) : 0.9942
- Spesifik yoğunluğu (hava = 1) (1.013 bar ve 21 °C) : 1.521
- Spesifik hacmi (1.013 bar ve 21 °C) : 0.547 m³/kg
- Sabit basınçta ısı kapasitesi (Cp) (1.013 bar ve 25 °C) : 0.037 kJ/(mol.K)
- Sabit hacimde ısı kapasitesi (Cv) (1.013 bar ve 25 °C) : 0.028 kJ/(mol.K)
- Spesifik ısılar oranı (Gamma: Cp/Cv) (1.013 bar ve 25 °C) : 1.293759
- Viskozite (1.013 bar ve 0 °C) : 0.0001372 poise

Şekil 2.15’de karbondioksitin faz diyagramı verilmiştir.



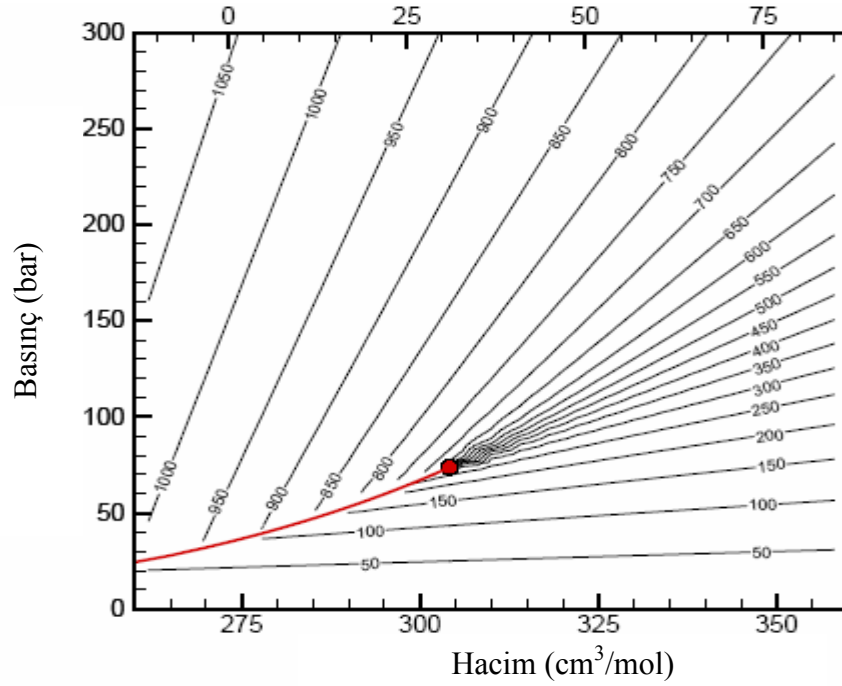
Şekil 2.15 Karbondioksitin faz diyagramı (García, 2003)

Şekil 2.16'da saf karbondioksitin basınç-hacim diyagramı verilmiştir.



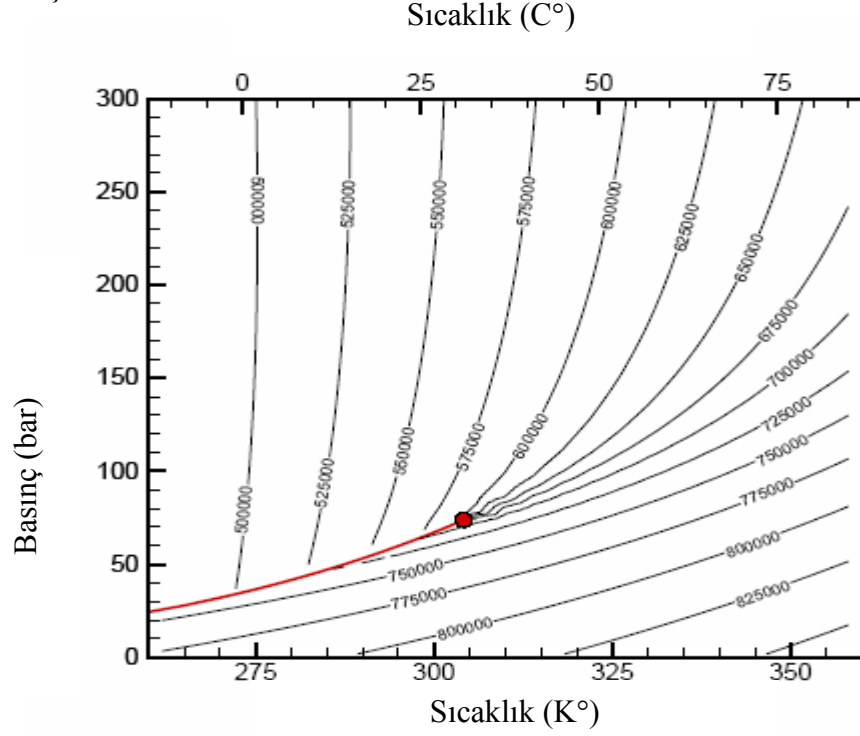
Şekil 2.16 Saf karbondioksitin basınç-hacim diyagramı (García, 2003)

Şekil 2.17'de Altunin (1975) korelasyonlarına göre hesaplanan CO₂ yoğunluk (kg/m³) diyagramı verilmiştir.



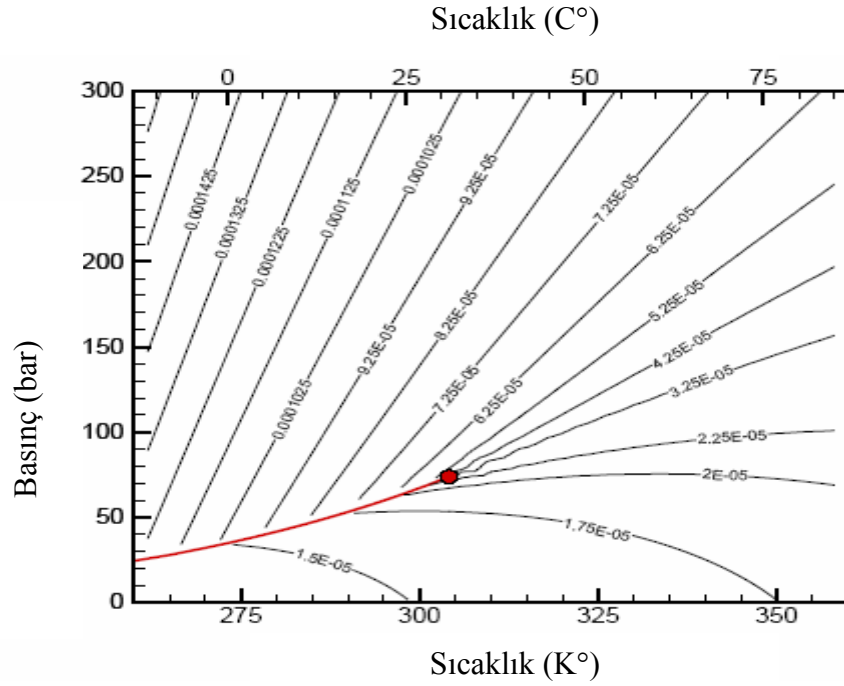
Şekil 2.17 Altunin (1975) korelasyonlarına göre hesaplanan CO₂ yoğunluk (kg/m³) diyagramı (García, 2003)

Şekil 2.18’de 18 Altunin (1975) korelasyonlarına göre hesaplanan CO₂ entalpi (J/kg) diyagramı verilmiştir.



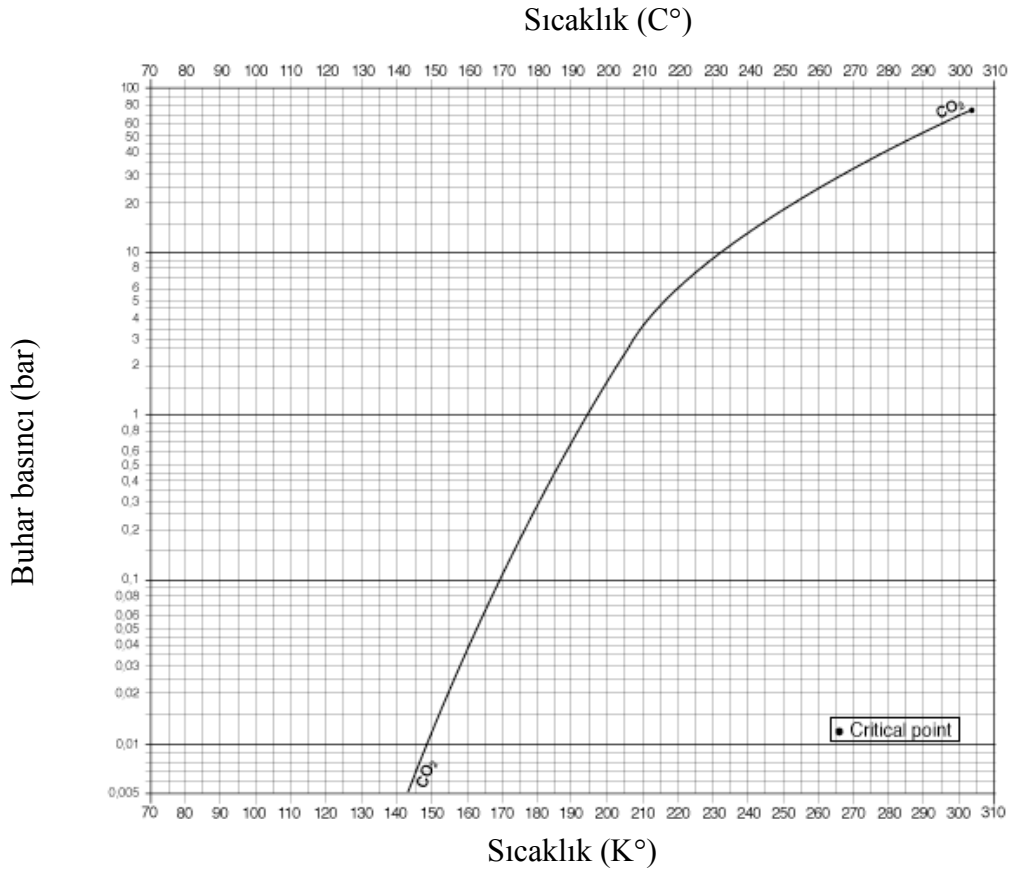
Şekil 2.18 Altunin (1975) korelasyonlarına göre hesaplanan CO₂ entalpi (J/kg) diyagramı (García, 2003)

Şekil 2.19’da Altunin (1975) korelasyonlarına göre hesaplanan CO₂ viskozite (Pa.s) diyagramı verilmiştir.



Şekil 2.19 Altunin (1975) korelasyonlarına göre hesaplanan CO₂ viskozite (Pa.s) diyagramı (García, 2003)

Şekil 2.20’de karbondioksitin buhar basıncı diyagramı verilmiştir.



Şekil 2.20 CO₂'nin buhar basıncı diyagramı (García, 2003)

2.5.4.2 Karbondioksitin Sudaki Çözünürlüğü

Sistem biraz kompleks olmasına karşılık karbondioksit suda çözünür.

İlk olarak karbondioksit (2.2) eşitliğine göre çözünür.



Oda sıcaklığında, karbondioksitin su içindeki çözünürlüğü 100 ml. Su için 90 cm³ ‘dür. (c_s/c_g=0.8)

Su-çözülebilir gaz sistemlerinde, çözülebilir gaz GAZ (s) ⇌ GAZ (g) termodinamik reaksiyonundan dolayı sıcaklık azaldıkça daha çözülebilir hale gelir. Bu reaksiyondaki, entropi değişikliği, ΔS, gaz molekülleri çözelti içindeki gaz moleküllerinden daha düzensiz olduğundan dolayı pozitiftir. Reaksiyonun serbest entalpi değişimi sıcaklıkla beraber artar.

Çözünmüş CO₂ ve su arasında denge kurularak, karbonik asit oluşur.



Bu reaksiyon kinetik olarak yavaştır. Dengede, sadece küçük bir miktar çözünmüş karbondioksit (0.2 - 1%) H_2CO_3 ' e dönüşür. CO_2 'in büyük bir kısmı çözünmüş CO_2 olarak kalır.

Eşitliğe göre:

$$K_r = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{CO}_2]_l} \approx 1.7 \cdot 10^{-3} \quad (2.4.)$$

Karbonik asitin pK_a değeri olarak belirtilen değer ($\text{pK}_{a1} = 6.37$), karbonik asitin gerçek pK_a değeri değildir. Bu değer, CO_2 (l) ve karbonik asit karışımının pK_a değeridir.

Karbonik asit oldukça güçlü bir asit olup pK_{a1} değeri 3.58'dir. Bu değer sıcaklığa bağlı olarak değişir.

Karbonik asit iki basamakta ayrışır.



Karbonat anyonları suda kalan çözünmemiş karbonat katyonları ile etkileşir. Eğer kireç taşında Ca^{2+} varsa CaCO_3 , eğer Mg^{2+} varsa MgCO_3 oluşur.



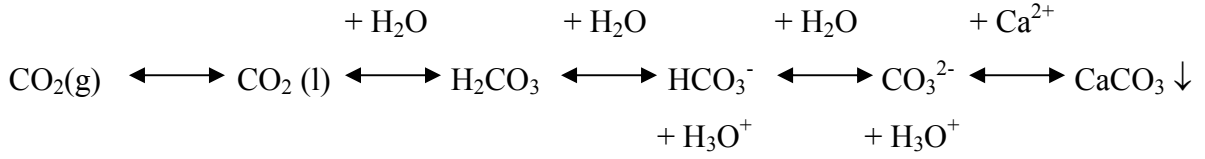
$$S = 4.96 \times 10^{-9}$$

(S = çözünürlük sabiti)



$$S = 6.82 \times 10^{-6}$$

Bunlar aşağıda şematik olarak görülebilir.



H₂CO₃ Türevleri:

Eğer CO₂'in buhar ve sıvı arasındaki dengeyi tanımlayan Henry yasasına uyduğunu varsayarsak, buna göre:

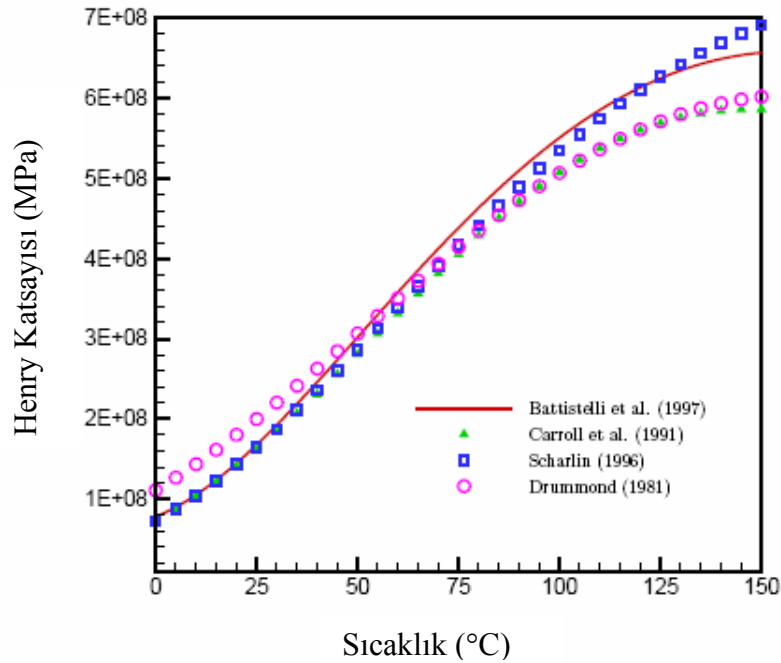
$$p_{\text{CO}_2} = K \cdot x_{\text{CO}_2} \quad (2.9.)$$

burada p_{CO_2} yığın atmosferinde bulunan gazın kısmi basıncı (Pa), K bir sabit (Pa) ve x_{CO_2} sıvı fazda çözünenin denge mol kesridir.

CO₂'nin çözünlüğü sıcaklığa bağlıdır. Bu Çizelge 2.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 2.6 CO₂'nin çözünlüğünün sıcaklığa bağlılığı

Sıcaklık (°C)	0	10	20	30	40	50	80	100
Çözünürlük (cm ³ CO ₂ /g su)	1.8	1.3	0.88	0.65	0.52	0.43	0.29	0.26



Şekil 2.21 Henry katsayısı- sıcaklık diyagramı (García, 2003)

pH hesaplanması:

pH hesaplanması için gerekli eşitlikler Eşitlik 2.5 ve Eşitlik 2.6' ya göre türetilmiştir.

Not: $x = [H_3O^+]$ ve $y = [OH^-]$

$$K_{a1} = \frac{x[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} \left(\approx \frac{x[HCO_3^-]}{[CO_2 + H_2CO_3]} \approx \frac{x[HCO_3^-]}{[CO_2]_l} \right) \quad (2.10)$$

$$K_{a2} = \frac{x[CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} \quad (2.11)$$

Karbonik asit konsantrasyonunun , c sitokiyometrik bağıntılardan elde edildiği varsayılır.

$$c = [H_2CO_3] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}] \quad (2.12.)$$

Su sabiti $x.y = K_w$ ve $pK_w = 14$

Elektron denkliği

$$2[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + y = x \quad (2.13.)$$

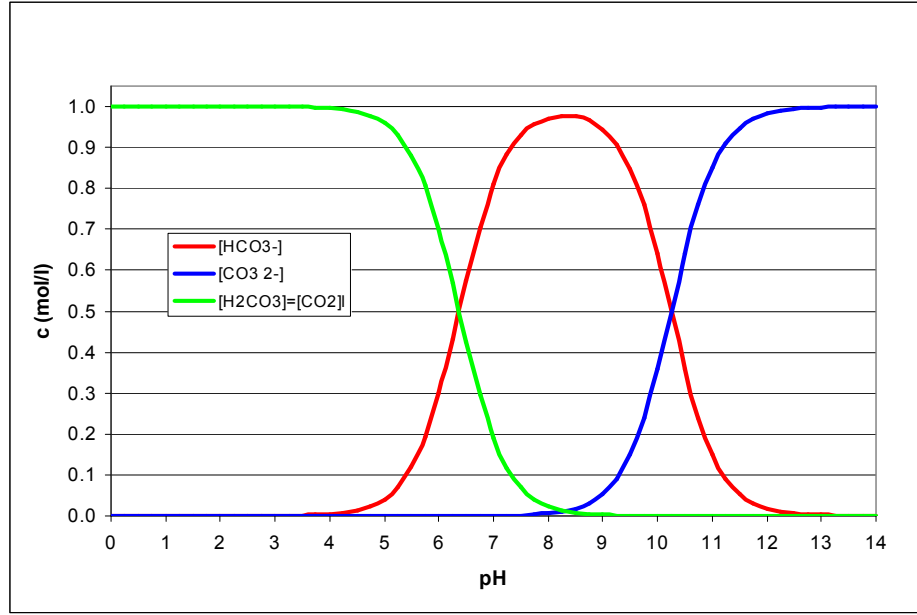
$$[HCO_3^-] = \frac{x[CO_3^{2-}]}{K_{a2}} \quad (2.14.)$$

$$c = \frac{x^2[CO_3^{2-}]}{K_{a1}K_{a2}} + \frac{x[CO_3^{2-}]}{K_{a2}} + [CO_3^{2-}] = [CO_3^{2-}] \left(1 + \frac{x}{K_{a2}} + \frac{x^2}{K_{a1}K_{a2}} \right) \Rightarrow \quad (2.15)$$

$$[CO_3^{2-}] = \frac{K_{a1}K_{a2} \cdot c}{x^2 + K_{a1} \cdot x + K_{a1}K_{a2}} \quad (2.16)$$

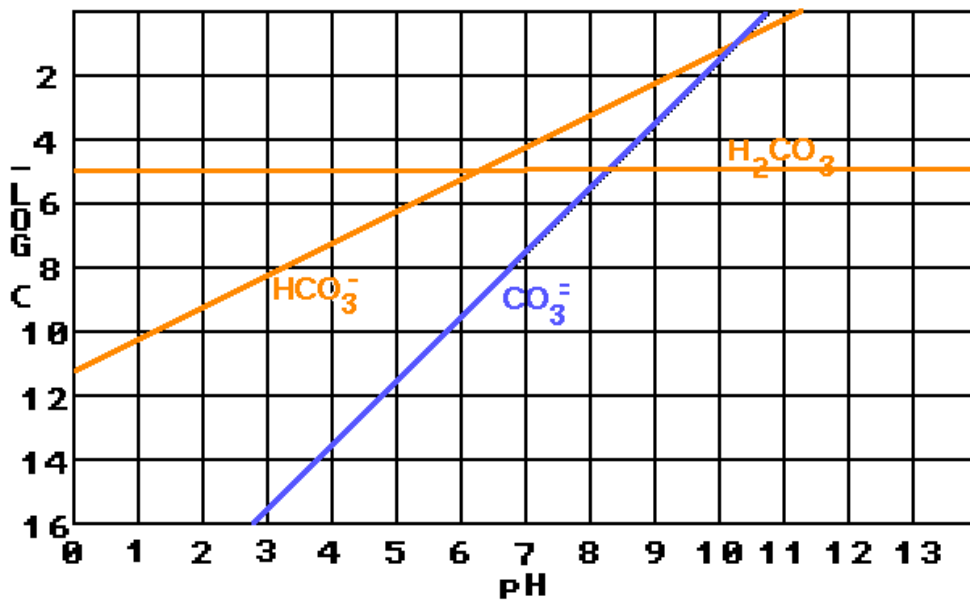
$$[HCO_3^-] = \frac{K_{a1} \cdot x \cdot c}{x^2 + K_{a1} \cdot x + K_{a1}K_{a2}} \quad (2.17)$$

Eşitlik 2.17 pH değerini hesaplamak için kullanılabilir.



Şekil 2.22 pH/ CO₂ denge diyagramı

Şekil 2.22'de reaksiyon süresince pH/CO₂ denge diyagramı verilmiştir. Eğer çözelti karbondioksit ile dengede ise, karbondioksitin çözünürlüğü ve konsantrasyonu Henry Yasasına göre belirlenir. Farklı karbonat çeşitlerine göre pH- logaritmik konsantrasyon grafiği Şekil 2.23'de verilmiştir. Buradaki karbonik asit konsantrasyonu sabit yatay bir çizgi ile gösterilmiştir. Şekil 2.23'deki diğer konsantrasyonlar ise pH ile değişmektedir. Bu pH değerleri değiştiği zaman, CO₂ çözünür, CO₂ formundan kurtulur. Şekil 2.23'de verilen denge diyagramındaki eğriler reaksiyon tamamlandıktan sonra oluşturulmuştur.



Şekil 2.23 pH/ CO₂ denge diyagramı

$$2 \frac{K_{a1}K_{a2} \cdot c}{x^2 + K_{a1} \cdot x + K_{a1}K_{a2}} + \frac{K_{a1} \cdot x \cdot c}{x^2 + K_{a1} \cdot x + K_{a1}K_{a2}} + y = x \Rightarrow \quad (2.18)$$

$$c \cdot \frac{2 \cdot K_{a1}K_{a2} + K_{a1} \cdot x}{x^2 + K_{a1} \cdot x + K_{a1}K_{a2}} + y = x \quad (2.19)$$

$$K_w = x \cdot y \quad (2.20)$$

$$c \cdot \frac{2 \cdot K_{a1}K_{a2} + K_{a1} \cdot x}{x^2 + K_{a1} \cdot x + K_{a1}K_{a2}} + \frac{K_w}{x} = x \quad (2.21)$$

$$\frac{2 \cdot K_{a1}K_{a2} + K_{a1} \cdot x}{x^2 + K_{a1} \cdot x + K_{a1}K_{a2}} \quad (2.22)$$

$$\frac{K_{a1}}{K_{a1} + x} + \frac{K_{a2}}{K_{a2} + x} \Rightarrow \frac{2 \cdot K_{a1}K_{a2} + K_{a1} \cdot x + K_{a2} \cdot x}{x^2 + K_{a1} \cdot x + K_{a2} \cdot x + K_{a1}K_{a2}} \quad (2.23)$$

Eğer $K_{a1} \gg K_{a2}$ $K_{a1} \cdot x \gg K_{a2} \cdot x$ ise (2.24)

$$\frac{K_{a1}}{K_{a1} + x} c + \frac{K_{a2}}{K_{a2} + x} c + \frac{K_w}{x} = x$$

$$\text{pH} = -\log x$$

$$\frac{K_{a1}}{x} c + \frac{K_{a2}}{x} c + \frac{K_w}{x} = x \Rightarrow x = \sqrt{K_{a1} \cdot c + K_{a2} c + K_w} \quad (2.25)$$

Sudaki CO₂ konsantrasyon aralığından pH aralığı hesaplanabilir.

$$C_{\text{düşük}} = 0.029 \text{ mol/l} \rightarrow \text{pH} = 3.95$$

$$C_{\text{yüksek}} = 0.056 \text{ mol/l} \rightarrow \text{pH} = 3.81$$

Çizelge 2.7 Çeşitli sıcaklıklarda karbonik asitin (K_{1A}) değerleri

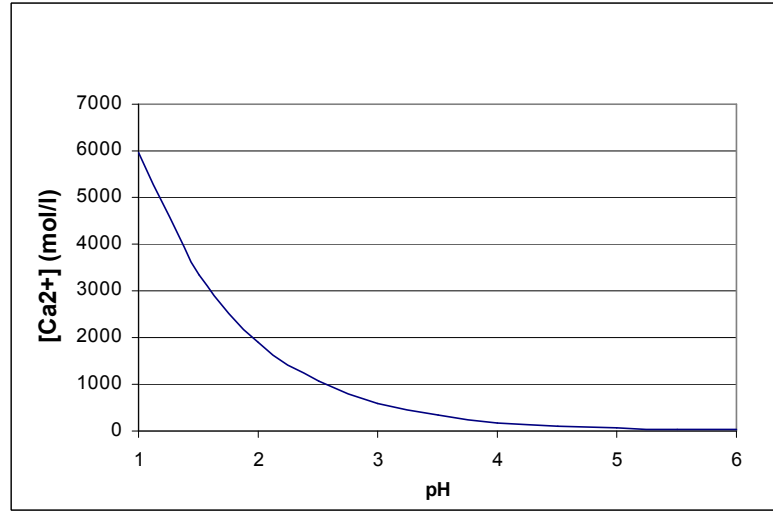
Sıcaklık (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{1A}·10⁷	2.64	3.04	3.44	3.81	4.16	4.45	4.71	4.90	5.04	5.13	5.19

Çözünmeyen karbonatların pH'a etkisi:

pH , CaCO_3 'ün çözünürlük fonksiyonu olarak aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

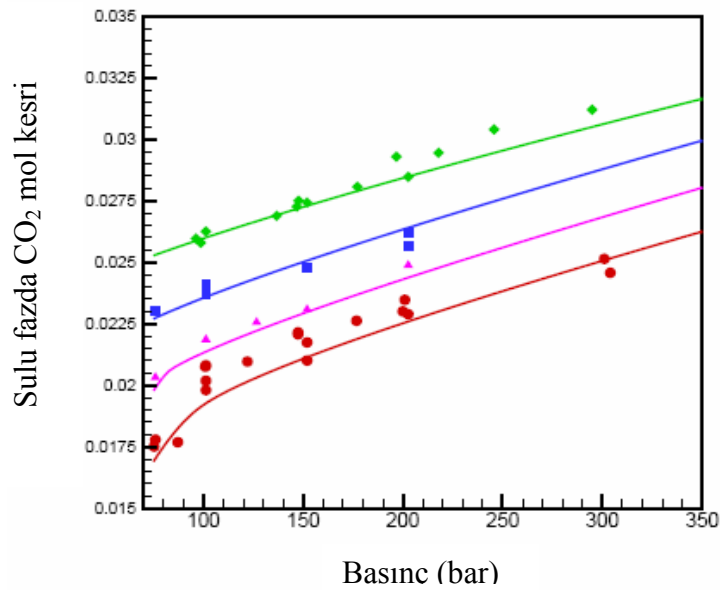
$$S = [\text{Ca}^{2+}] [[\text{CO}_3^{2-}] \Rightarrow [\text{Ca}^{2+}] = \sqrt{S \left(1 + \frac{x}{K_{a2}} + \frac{x^2}{K_{a1} K_{a2}} \right)} \quad (2.26)$$

Şekil 2.24'de görüldüğü gibi düşük pH'larda karbonatın çözünürlüğü önemli ölçüde artar. CaCO_3 'ün çözünürlüğü pH'ın fonksiyonudur.



Şekil 2.24 CaCO_3 'ün çözünürlüğünün pH'a bağlılığı

Şekil 2.25'de farklı sıcaklıklarda CO_2 mol kesri şematik olarak verilmiştir.



Şekil 2.25 Farklı sıcaklıklarda CO_2 mol kesri (García, 2003)

2.5.4.3 Karbondioksitin Kullanım Alanları

Karbondioksit kimyasal sentezlerde ve reaktörlerin sıcaklığının kontrolünde kullanılır. Karbondioksit ayrıca süper kritik koşullarda polimerleri, hayvansal ve bitkisel lifleri saflaştırmak ve boyamak amacıyla da kullanılmaktadır. Karbondioksit atık suların asitlendirilmesinde pH ayarlayıcısı olarak kullanılabilir. Kurşun karbonat pigment üretimi, deri tabakalama, kürk koruma, demir pelletleme, pota yüzeylerinin sertleştirilmesi, tehlikeli sıvıların transferi, petrol çıkarma, borularda kireç oluşumunu önleme ve çimento iyileştirme diğer kullanım alanları olarak sıralanabilir. Madenlerde patlayıcı yerine, patlayıcı maddelerin soğutulmasında, aerosol ve yangın tüplerinde, yangın söndürme sistemlerinde, hava yastığı, cankurtaran botlarının şişirilmesinde de karbondioksit gazından yararlanılabilmektedir.

Karbondioksit gıda ve içecek sektöründe, gazlı içecekler gibi köpüren içeceklerin, mineral suyun ya da biranın karbonlanması yaygın olarak kullanılmaktadır. İçeceğe sağladığı kolay yutma özelliğinin yanı sıra karbondioksit gazının önemli bir faydası da içinde bulunduğu içeceklerde bakteri ve mikrop üremesine izin vermediği için tüketiciler açısından güvenli olmasıdır. Karbondioksit gazı dilimiz ile temas ettiğinde geçici olarak tat algılayıcılarımızı uyuşturduğu için içimi kolaylaştırmaktadır. Gazlı içecek üretiminde çok özel proseslerle % 99,99 saflıkta gıda üretimi için özel olarak üretilen karbondioksit gazı kullanılır.

Karbondioksit, modifiye atmosferde paketlenme uygulamalarında bakteriostatik ve inert özelliklerinden dolayı kullanılan bir gazdır. Ayrıca süperkritik koşullardaki karbondioksit gazı kullanılarak kahveden kafein uzaklaştırılabilir. Katı halde gıda sanayiinde en büyük kullanım alanı dondurma, et ve diğer yiyeceklerin soğutulmasıdır. Diğer bir yararlı yanı da karbondioksit atmosferinin et ve yiyecek maddelerinin bozulmasını yavaşlatmasıdır. Yiyecek maddelerinin soğutulması açısından katı karbondioksit, özellikle taşıma araçları için iyi bir soğutucudur.

Gıda sanayisinde kullanılan karbondioksit mutlaka saf olmalı ve istenmeyen maddeleri içermemelidir. Çizelge 2.8'de gıda sanayiinde kullanılan karbondioksitin taşınması gereken özellikler verilmiştir.

Çizelge 2.8 Gıda sanayiinde kullanılan karbondioksitin taşınması gereken standart özellikler

BİLEŞİK	STANDART
Saflık	%99.9 v/v min.
Nem	20 ppm v/v max.
Oksijen	30 ppm v/v max.
Karbonmonoksit	10 ppm v/v max.
Amonyak	2.5 ppm v/v max.
Azot dioksit	2.5 ppm v/v max.
Uçucu olmayan atık	10 ppm v/v max.
Uçucu olmayan organik atık	5 ppm v/v max.
Toplam uçucu hidrokarbon (metan vb.)	50 ppm v/v max. 20 ppm v/v max., toplam metan olmayan hidrokarbonlar
Asetaldehit	0.2 ppm v/v max.
Toplam kükürt	0.1 ppm v/v max.
Aromatik hidrokarbon	20 ppm v/v max.
Kükürt dioksit	1 ppm v/v max.
Sudaki görünümü	Yabancı renk ve bulanıklılık yok
Suyun kokusu ve tadı	Yabancı tat ve koku yok

2.5.4.4 Karbondioksitin Gazlı İçeceklerde Kullanılma Sebepleri

İçecek üretiminde karbondioksit, gazlı içeceklere kendilerine özgü bir tat kazandırır. Karbondioksit sadece karbonatlı içeceklere ayırt edici tadı vermekle kalmaz, aynı zamanda içecekte bulunan bakterilerin gelişimini inhibe etmeye de yardımcı olur. Bu koruyucu etki, kullanılan karbondioksit miktarına göre değişir.

Her ne kadar karbondioksit gazını solunumla dışarı atsak ta, içeceklerle aldığımız bu gaz, çözünmüş halde bulunan şeker ve tuz gibi maddelerin kana çabuk geçmesini kolaylaştırır. Karbondioksitli içeceklerin bir diğer önemli özelliği ise ferahlatıcı olmalarıdır. Gazlı içeceklerin ferahlatıcı olmalarının nedeni, karbondioksit gazının içecek içerisinden ayrılırken ortamdaki ısı almasıdır.

Ürünün içerisindeki karbondioksit gazı gastroentestinal sistem tarafından anında ve çabukça emilir. Ancak üründeki karbondioksit gazının tamamı mideye gitmez. Bir kısmı şişenin açılması ve ürünün ağzı açık beklemesiyle havaya karışır, bir kısmı da ürün içilirken yutulan hava ile birleşir. Bu durumda üründeki gazın büyük bir bölümü sindirim sistemine kadar ulaşmaz. Ulaşan miktar ise derhal emilir. Bu hızlı emilim sırasında karbondioksit gazının

bulunduğu içecek de hızla bağırsaklarda emilir ve sistemin normalden daha hızlı boşalmasına neden olur. Emilen karbondioksit kana geçer ve çoğunluğu vücuttan atılmak üzere akciğerlere taşınır. Karbondioksit gazı kanda üç şekilde taşınır. Bir kısmı kana karışır, bir kısmı hemoglobin hücreleri ile birleşir ve kalan kısmı kırmızı kan hücrelerinin içinde bulunan su ile birleşerek bikarbonat halinde kırmızı kan hücreleri tarafından taşınır. Harcanılan enerjiye bağlı olmaksızın, sağlıklı bir vücuttaki doğal kimyasal reaksiyonlar karbondioksit gazını kandan çok verimli bir şekilde ve nefes alındığı sürece sürekli olarak temizler. Bunun neticesinde vücudumuzda normal bir asit/baz dengesi kurulur.

Yüksek basınç ve düşük sıcaklıkta şişeye doldurulan CO₂'in büyük bölümü içeceğin içinde çözünmüş haldedir. Şişenin kapağı kapatıldığında gazın bir kısmı sıvının üzerindeki boşluğa kaar. Burada yaklaşık 2 atm (2 lt'lik bir şişede) basınç oluşur. Kapağın hemen altındaki boşlukta bulunan CO₂'nin oluşturduğu basınç özünmüş CO₂'in sıvıdan kaçmasını engeller (Henry Yasası). Kapak açıldığında eşitlik bozulur ve basınç 2 atm'den 1 atm'e düşer ve özünmüş CO₂ sıvıdan kaar. Oluşan gaz kabarcıklarıyla bu görülür. Hatta bu şekildeki içeceğin dilimize bıraktığı his de hoşumuza gider. Şişenin kapağı kapatıldığında özünmüş CO₂'yle gaz CO₂ arasındaki eşitlik tekrar kurulur. Ancak şişenin kapağı defalarca açılıp, içecek azaldıkça tepe boşluğundaki CO₂ azalır, azaldıkça da sıvıdaki özünmüş CO₂ kaar. Bunu engellemek için sıvının üzerindeki boşluğun basıncını artırmak gerekir. Bu özel bir pompayla sağlanabilir. Bu tür pompalar yabancı şirketler tarafından üretilmiş ve büyük marketlerde satılmaktadır. Pompayla basılan havanın yaptığı basınç sıvı içindeki özünmüş CO₂'i tutar. Pratik olarak plastik şişelerde şişeyi içeri doğru buruşturup tepe boşluğu hacmi azaltılarak basınç korunabilir. Amaç özünmüş CO₂ ile gaz CO₂ arasındaki eşitliği sağlamaktır.

Sonuç olarak karbondioksit aşağıda belirtilen özelliklerinden dolayı gazlı içecek üretiminin vazgeçilmez bir öğesidir.

- Toksik olmayan, renksiz ve kokusuz bir gaz olduğundan dolayı insan sağlığına zarar vermez.
- Yanmaz ve kullanıldığı zaman yanıcı özellikleri bulunmaz.
- Suda özünür ve içeceklerde kolayca özünebilir.
- Suda, zayıf asit (karbonik asit) formunda bulunması içeceğe tipik bir tat verir.
- Karbonik asit bazı yaygın mikroorganizmaların üremesine engel olur.

- Karbonik asit, içecek tüktilirken kolayca CO₂ gazını salar.

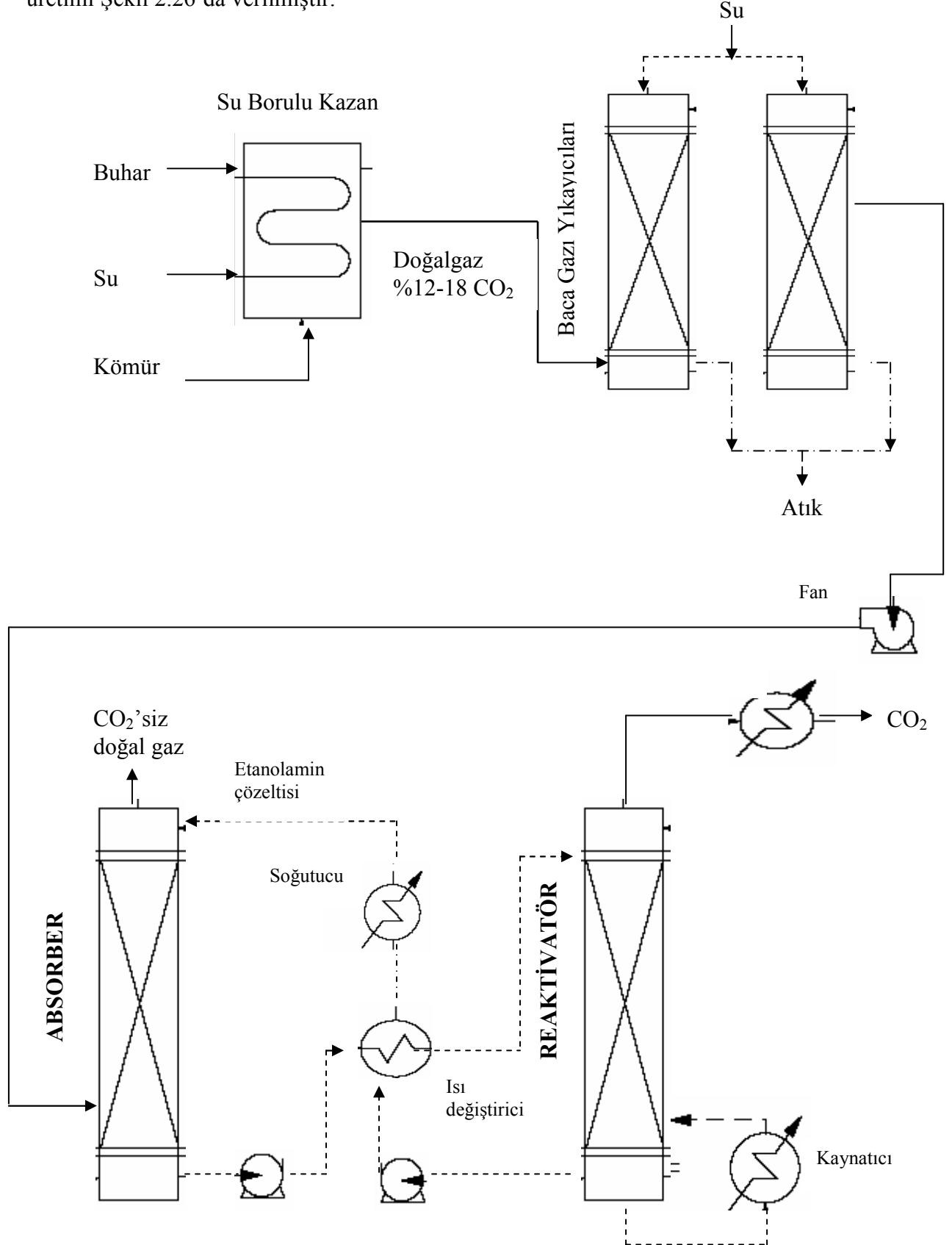
2.5.4.5 Karbondioksitin Üretim Yöntemleri

Karbondioksit endüstriyel olarak 3 farklı yöntemle üretilmektedir. Bunlar:

1. Katı, sıvı ve gaz yakıtların yakılması sonucu oluşan gaz karışımından CO₂ eldesi
2. Fermentasyon endüstrilerinde yan ürün olarak CO₂ eldesi
3. Karbonatların oksitlere kalsine edildiği kireç fırın işletmelerinde, %10-40 oranında CO₂ içeriği olan gazlardan CO₂ eldesi

2.5.4.5.1 Yakıtlardan Karbondioksit Üretimi

Karbondioksit üretiminde kullanılan yöntemlerden birisi olan yakıtlardan karbondioksit üretimi Şekil 2.26'da verilmiştir.



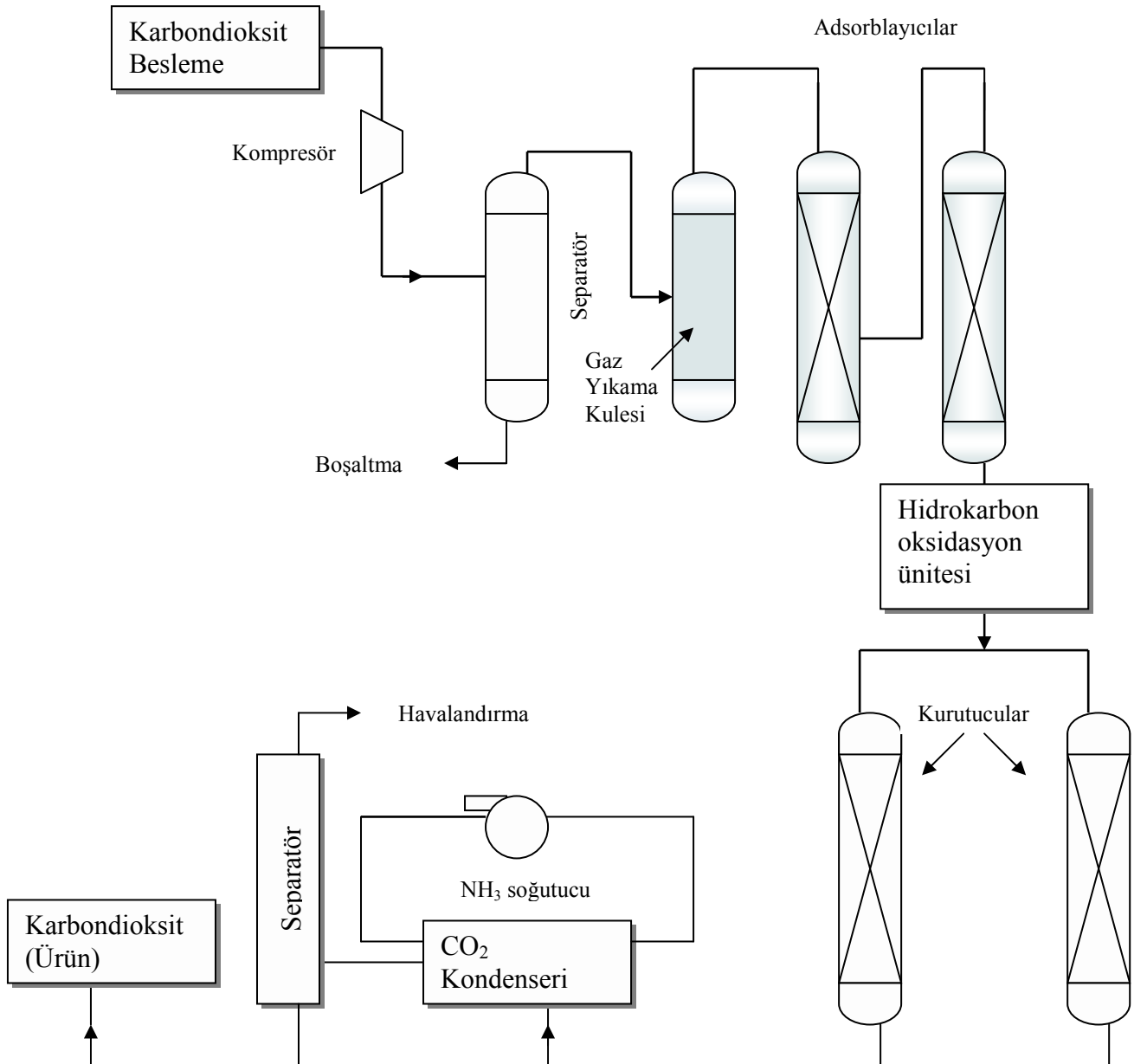
Şekil 2.26 Kömürden CO₂ üretim diyagramı

2.5.4.5.2 Fermentasyon İle Karbondioksit Üretimi

Karbondioksitin üretildiği diğer bir metot fermentasyondur. Fermentasyonda maya kullanılması halinde, alkol ve karbondioksit üretimi gerçekleşir. Fermentasyon türüne göre üretilen karbondioksit miktarı değişir. Fermentasyonda üretilen karbondioksitin bazı yöntemler kullanılarak kazanılması gerekmektedir.

2.5.4.5.3 Karbondioksit Saflaştırma İşlemi

Farklı yöntemlerle üretilen karbondioksit istenilen spesifikasyonlara sahip değilse saflaştırma işlemine tabi tutulmalıdır. Karbondioksit saflaştırma işlemi Şekil 2.27’de verilmiştir.



Şekil 2.27 Karbondioksit saflaştırma akış şeması

2.5.4.6 Karbonlama

Karbonlama işleminin amacı gazlı içeceğe kendine has tatlardan birini veren karbondioksit gazınının sıvı içerisine uygun koşullarda gönderilmesini sağlamaktır.

15.6°C ve 1 atm basınçtaki su kendi hacmine eşit olan CO₂ ile çözünür. Başka bir deyişle, 1 litre su aynı sıcaklıkta ve basınçta 1 litre CO₂ absorblayabilir. 15.6°C ve 1 atm basınçta, CO₂'nin yoğunluğu 1.86 (hava=1) 'dır. Bunun anlamı, bu koşullarda, 1 litre suyun 1.86 g çözünmüş O₂ içermesidir. Farklı sıcaklık ve basınçlarda, 1 litre suda çözünmüş CO₂'nin hacmi değişir. 15.6°C sıcaklığın altında ve 1 atm basıncın üzerinde, su içinde 1 litre CO₂'den fazla miktar gaz çözünür.

Gazlı içecekler için nominal gaz-hacim tablosu Çizelge 2.9'da verilmiştir. Bu çizelgede farklı sıcaklıklarda, gaz basınçları ve gaz hacimleri verilmiştir.

Çizelge 2.9 Gazlı içecekler için nominal gaz-hacim tablosu (Shachman, 2005)

Sıcaklık		Basınç (psi)					
		20	22	24	26	28	30
°Fahrenheit	°Celsius	Gaz Hacimleri					
43	6.1	3.2	3.4	3.6	3.8	3.9	4.2
44	6.7	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.0
45	7.2	3.1	3.3	3.4	3.6	3.8	4.0
46	7.8	3.0	3.2	3.4	3.5	3.7	3.9
47	8.3	2.9	3.1	3.3	3.5	3.6	3.8
48	8.9	2.9	3.1	3.2	3.4	3.6	3.7
49	9.4	2.8	3.0	3.2	3.3	3.5	3.7
50	10.0	2.8	2.9	3.1	3.3	3.4	3.6

Çizelge 2.9'da, spesifik bir basınç değeri için sıcaklık değerinin artması ile, gaz hacmi azalır. Sabit bir sıcaklık değerinde, basınç artışı ile gaz hacmi artar.

Gazlı içeceklerde kullanılan ambalaj malzemelerinin hacmine göre belirlenen karbonlama seviyeleri Çizelge 2.10'da verilmiştir.

Çizelge 2.10 İçeceklerde ambalaj hacmine göre karbonlama seviyesi (Shachman, 2005)

Gaz Hacimlerinde Karbonlama Seviyesi	Ambalaj Hacmi (ml)				
	300	500	1000	1500	2000
1.6	0.9	1.6	3.2	4.7	6.3
1.8	1.1	1.8	3.6	5.3	7.1
2.0	1.2	2.0	4.0	5.9	7.9
2.2	1.3	2.2	4.3	6.5	8.7
2.4	1.4	2.4	4.7	7.1	9.5
2.6	1.5	2.6	5.1	7.7	10.3
2.8	1.7	2.8	5.5	8.3	11.1
3.0	1.8	3.0	5.9	8.9	11.9
3.2	1.9	3.2	6.3	9.5	12.7
3.4	2.0	3.4	6.7	10.1	13.4
3.6	2.1	3.6	7.1	10.7	14.2
3.8	2.3	3.8	7.5	11.3	15.0
4.0	2.4	4.0	7.9	11.9	15.8
4.2	2.5	4.2	8.3	12.5	16.6
4.4	2.6	4.3	8.7	13.0	17.4
4.6	2.7	4.5	9.1	13.6	18.2
4.8	2.8	4.7	9.5	14.2	19.0
5.0	3.0	4.9	9.9	14.8	19.8

Karbonlama seviyesi içeceklerin karakteristik tat profilinin oluşmasında anahtar faktördür.

2.5.4.6.1 Karbonlayıcılar

Karbonlayıcılar, karbonlama için karbondioksit gazı ve sıvının birbiriyle temas etmelerini sağlamak için tasarlanmış cihazlardır. Karbonlama seviyesini belirlemek için aşağıdaki faktörler kullanılır (Shachman, 2005):

- Sistemin basıncı
- Sıvının sıcaklığı; sıcaklık azaldığı zaman, karbondioksitin sıvı içerisindeki çözünürlüğü artar.
- Karbondioksitin sıvı ile temas halinde bulunduğu süre
- Karbondioksit ile sıvı arasında oluşan ara yüzey alanı
- Sıvının karbondioksiti kabul edebilirliği, karbondioksit normal suda, şekerli ya da tuzlu sudakine oranla daha kolay çözünür.

- Karbondioksit ile karışmış diğer gazların varlığında, bu gazların miktarına ve çözünürlüğüne bağlı olarak bu gazlar belirli oranlarda karbondioksitin yerini alarak onun yerine çözünür.

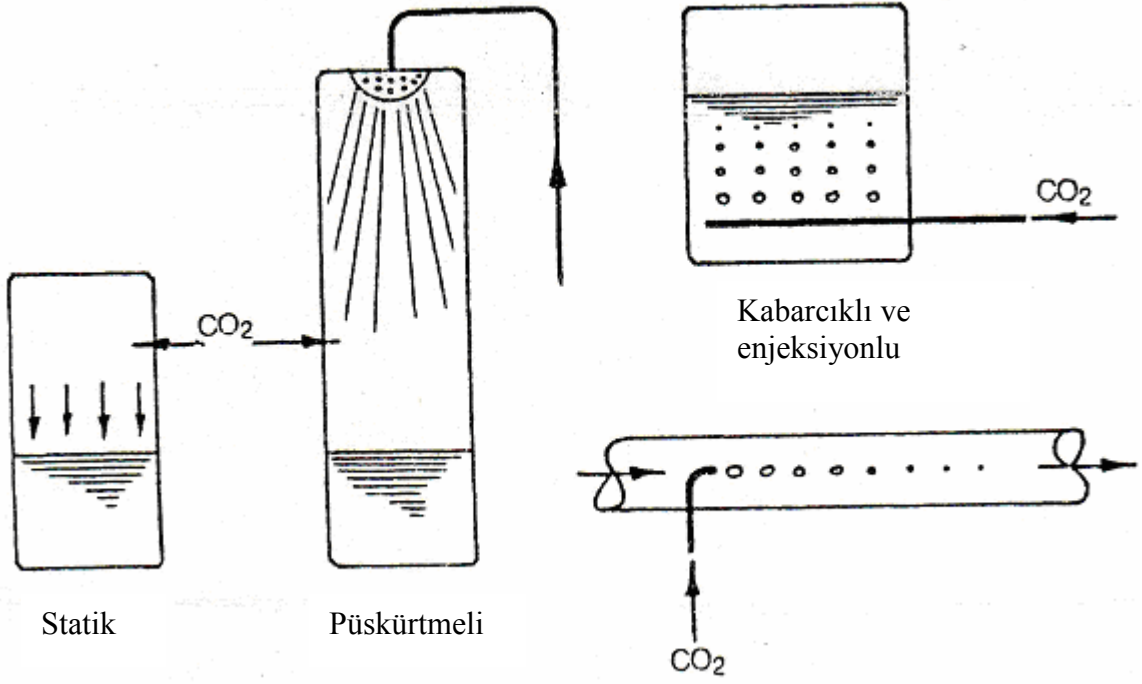
Yukarıda sıralanan bu altı faktör, basınç, temas süresi ve temas alanı bütün karbonlama sistemlerinde olduğu gibi farklı sıcaklıkların kullanıldığı integral soğutuculu karbonlama sistemlerinde de oldukça büyük yararlar sağlar.

2.5.4.6.1.1 Karbonlayıcıların Tasarımı

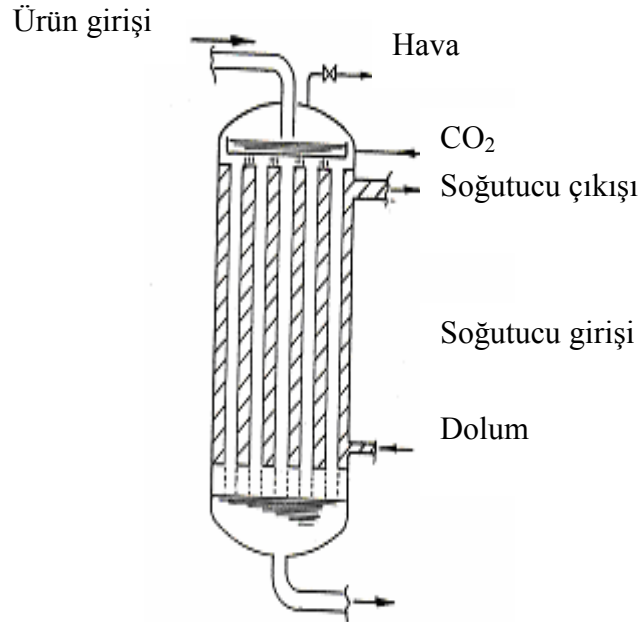
Karbonlayıcılar genel olarak iki ana gruba ayrılabilir. Bunlar su ve şeker karışımından oluşan bitmiş ürünün karbonlandığı sistemler ve suyun karbonlanıp, daha sonra buna şurup bileşenlerinin eklendiği sistemlerdir. Bitmiş ürün karbonlayıcıları, karbonlama için bitmiş ürün sıcaklığını düşürmek için kullanılan karbo-soğutucuların eklendiği karbonlayıcılarıdır. Günümüzde en çok bilinen karbo-soğutucular paslanmaz çelik bir yapıya sahip olan ve iç basıncı 6 bar civarında tutmak için kullanılan basınçlı bir kaptan oluşmuş soğutuculardır. Bu basınçlı karbondioksit kaplarının içerisinde dikey olarak sıralanmış, içerisinde en yaygın soğutucu akışkan olarak amonyağın kullanıldığı ısı değiştirici modülleri kullanılmaktadır.

Diğer alternatif model, Simonazzi Srl Parma, İtalya firması tarafından üretilen, Predosix karbonlayıcılarıdır. Predosix karbonlayıcılarında, basınçlı kabın içerisinde dikey kabuk ve tüp şeklinde ısı değiştiriciler bulunmaktadır. Ürün ince bir film halinde deliklerden aşağıya akar ve soğutucu akışkan içeceği soğutmak amacıyla ısı değiştiricilerin kabuğundan geçer. Bu karbo soğutucularda, istenilen karbonlama seviyesine erişmek güç olacağından dolayı ön-karbonlama sistemleri kullanılabilir (Shachman, 2005).

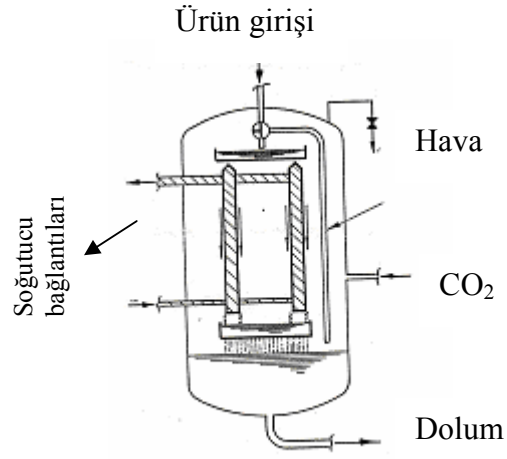
Şekil 2.28’de temel karbonlama sistemleri, Şekil 2.29, Şekil 2.30, Şekil 2.31, Şekil 2.32, Şekil 2.33, Şekil 2.34, Şekil 2.35’de farklı karbonlama sistemleri şematik olarak gösterilmiştir.



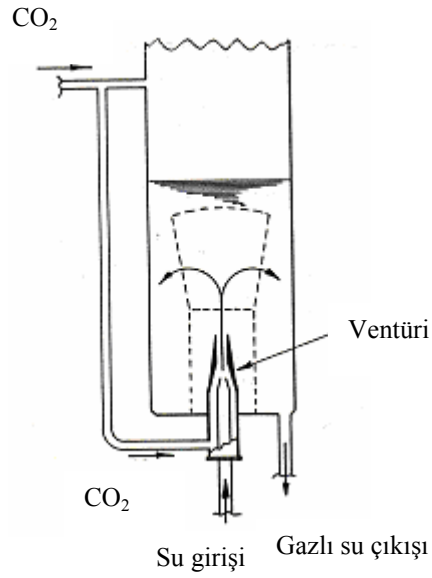
Şekil 2.28 Temel karbonlama sistemleri (Shachman, 2005)



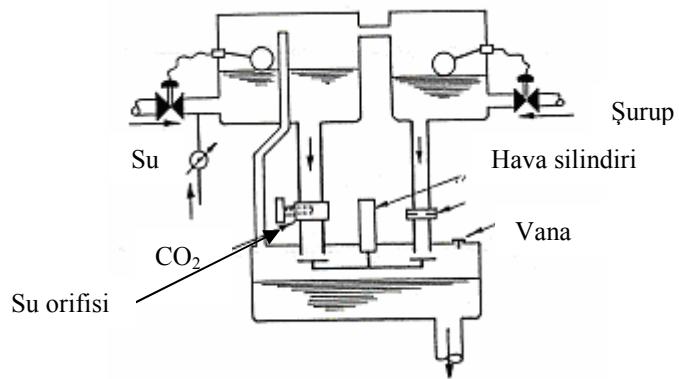
Şekil 2.29 Simonazzi 'Predosix' karbo-soğutucu (Shachman, 2005)



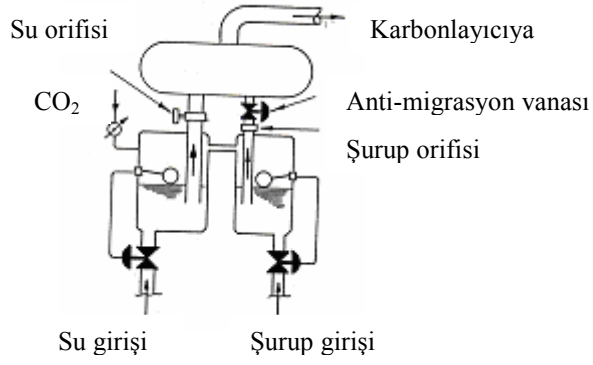
Şekil 2.30 Mojonnier karbo-soğutucu (Shachman, 2005)



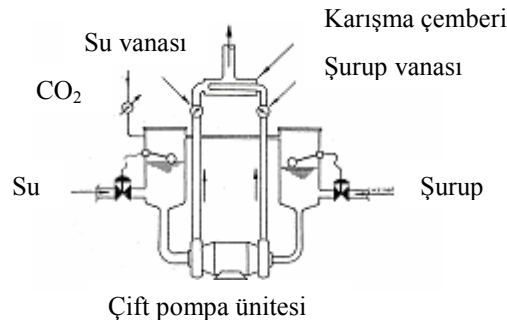
Şekil 2.31 'İntermix' su karbonlayıcısı (Shachman, 2005)



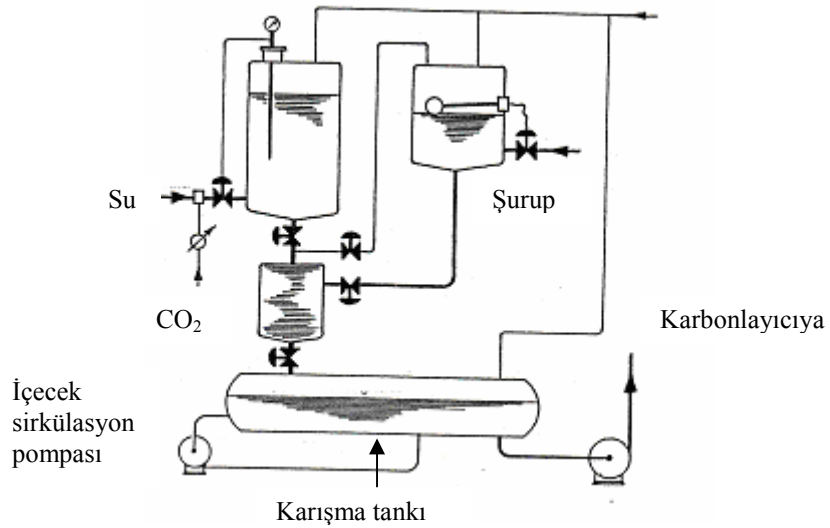
Şekil 2.32 Mojonnier Mark 1 'Flo-Mix' oranlayıcı (Shachman, 2005)



Şekil 2.33 Mojonier Mark 2 'Flo-Mix' Oranlayıcı (Shachman, 2005)



Şekil 2.34 Crown-Century oranlama ünitesi (Shachman, 2005)



Şekil 2.35 Series 'C' İntermix oranlayıcı (Shachman, 2005)

2.5.4.7 Gazlı İçecek Açıldıktan sonra Gaz Kabarcıklarının Hareketi

Gazlı içecek açıldığı zaman, içerisinde bulunan gaz ortama yayılır. İçeceğin içerisindeki gaz ayrılmasının sesi dışarıdan duyulabilir. Şişede, gazın çıkışını kabarcıklar şeklinde

gözlemlemek mümkündür. Karbondioksit hava ile doymuş dengeye ulaşana dek şişeden uzaklaşmaya devam eder. Eğer sıcaklık yükselirse, doymuş dengesi düşer, daha fazla gaz şişeden ayrılır. Bu olay ideal gaz denklemindeki sıcaklık basınç ilişkisine benzer. $P=nRT/V$ ideal gaz denkleminde, eğer n , R , ve V sabit kabul edilirse ve T değiştirilirse, basıncın direkt sıcaklığa bağlı olarak değiştiği gözlenir. Gazlı içecek soğutulur, sonra şişe açıldığı zaman atmosfere açılırsa, gazlı içecek içerisinde daha çok gaz molekülü kalır ve basınç dengesi sağlanır. İdeal gaz denkleminde mol sayısı $n = PV/RT$ eşitliği ile hesaplanabilir. Bu eşitlikte P , V ve R sabit olarak alınır ise sıcaklık azaldığı zaman gazın mol sayısının arttığı görülür. [17]

Kabarcığın sahip olduğu iç basınç genel olarak ortamı kuşatan inert gazın geriliminden farklıdır. Kabarcığın büyüklüğü, kabarcık boyutunun azalmasında ya da artmasında önemli bir rol oynar. Kabarcığın büyüklüğü ortamın elastikiyeti, yüzey gerilimi ve Boyle yasası gibi kabarcığın iç basınç etkileri ile ilişkilidir. Kabarcık büyümesini minimize etmekteki en önemli faktör, kabarcığın kısmi basıncının ortam geriliminden büyük ya da ortam gerilimine eşit olmasını sağlamaktır. Kabarcık çapının zamanla değişimi aşağıdaki faktörlere bağlıdır. [17]

1. Kabarcığın yüzey alanı
2. Ortamdaki gazların difüzyon katsayıları
3. Ortamdaki gazların çözünürlüğü
4. Kabarcık yüzeyinden geçen kısmi basınçların gradiyenti

Kabarcık oluşumundan sonra, kabarcıklar V_B terminal hızı ile ivmelenirler. V_B 'nin değeri sürüklenme ve yükselme kuvvetleri ile ivmelenir. Kabarcığın batmazlık kuvvetini hesaplamak oldukça kolay iken, sürüklenme kuvveti kabarcık boyutuna bağlı olarak değişeceğinden belirlenmesi zordur. Küçük, küresel kabarcıklar için sürüklenme kuvveti hesaplanıp, batmazlık kuvveti ile birleştirilirse, kabarcıkların hareketlerini hesaplamak için kullanılan Stoke's Yasası elde edilir. [17]

$$V_{ST} = \frac{2(\rho - \rho_0)gr^2}{9\eta} \quad (2.27.)$$

V : viskoz ortamdaki küresel parçacığın terminal hızı

r : kabarcığın çapı

ρ : kabarcığın yoğunluğu

ρ_0 : ortamın (sıvının) yoğunluğu

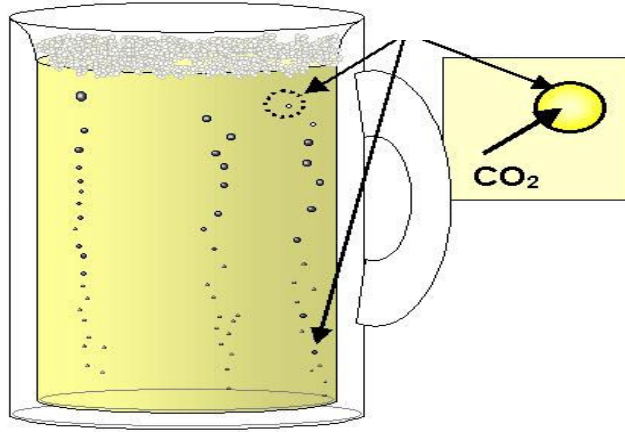
η : sıvının viskozitesi

Stoke's yasası sadece hareketsiz yüzeyde küçük kabarcıklara uygulanabilir. Hareketli yüzeyde Stoke's yasası yetersiz kalırken, kabarcıkların hareketi Stoke's yasasının genişletilmiş bir hali olan Hadamard- Rybczynski eşitliği ile tanımlanır.

$$V_B = \frac{2g\Delta p(1+\kappa)}{3r^2\eta(2+3\kappa)} \quad \left\{ \begin{array}{l} \kappa = 0 \text{ temiz} \\ \kappa = \infty \text{ kirli} \end{array} \right. \quad (2.28.)$$

Hadamard- Rybczynski eşitliği küresel kabarcıklara uygulanabilir. (Reynold Sayısı < 1)

Şekil 2.36'da gazlı içecek açıldıktan sonra karbondioksit kabarcıklarının hareketi verilmiştir.



Şekil 2.36 Gazlı içecek açıldıktan sonra karbondioksit kabarcıklarının hareketi

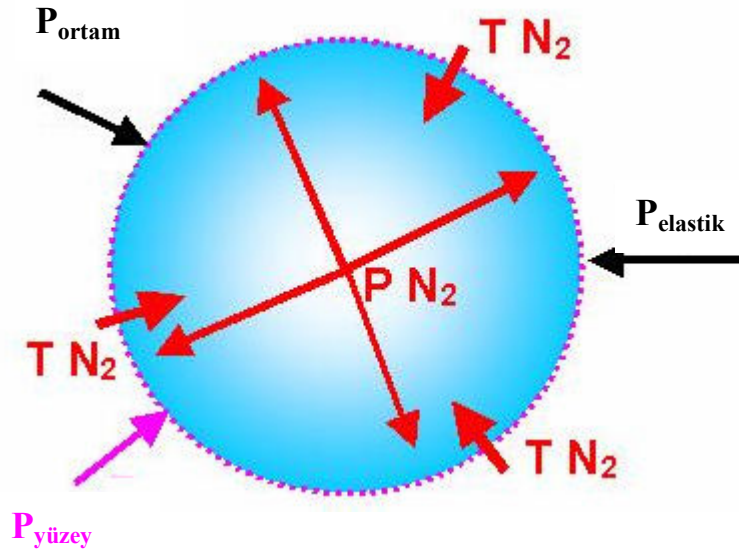
Kabarcık ortamı çevreleyen gazların toplam geriliminin kabarcığın iç basıncından büyük ya da küçük olmasına bağlı olarak büyür ya da küçülür. Basınç gradiyenti $G=(T-P_B)$ kabarcığın yüzeyinden gerçekleşir. Eğer G pozitifse, bu ortam geriliminin kabarcık basıncından büyük olması anlamına gelir ve kabarcık büyür. Eğer G negatifse, bu ortam geriliminin kabarcık basıncından küçük olduğu anlamına gelir ve kabarcık küçülür. Kabarcık büyüklüğünün değişmemesi için $T=P_B$ olmalı yani basınç gradiyenti sıfır (0) olmalıdır. P basınç, T gerilim olmak üzere;

Eğer $T > P_{\text{kabarcık}}$ ise kabarcık büyür.

$$\text{Bu durumda, } P_{\text{kabarcık}} = P_{\text{ortam}} + P_{\text{elastik}} + P_{\text{yüzey}} \quad (2.29)$$

$$G = (T - P_{\text{kabarcık}}) > 0 \quad (2.30)$$

Şekil 2.37'de gaz kabarcığının büyümesini etkileyen faktörler verilmektedir.



Şekil 2.37 Gaz kabarcığının büyümesi

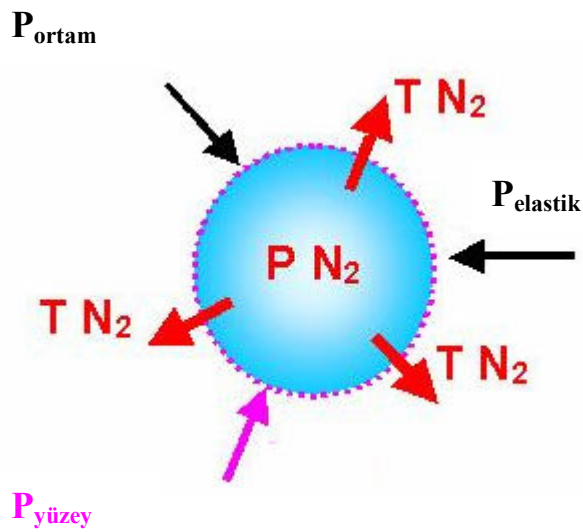
Eğer $T < P_{\text{kabarcık}}$ ise kabarcık küçülür.

Bu durumda,

$$P_{\text{kabarcık}} = P_{\text{ortam}} + P_{\text{elastik}} + P_{\text{yüzey}} \quad (2.31)$$

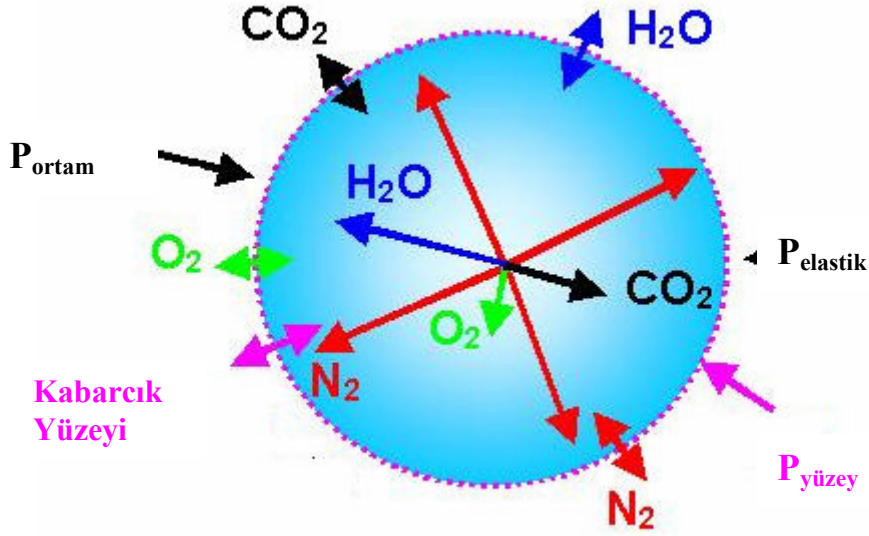
$$G = (T - P_{\text{kabarcık}}) < 0 \quad (2.32)$$

Şekil 2.38'de gaz kabarcığının küçülmesini etkileyen faktörler verilmektedir.



Şekil 2.38 Gaz kabarcığının küçülmesi

Şekil 2.39'da gaz kabarcığının boyutunu etkileyen faktörler verilmiştir.



Şekil 2.39 Gaz kabarcığının boyutunu etkileyen faktörler

Dengede;

İç basınç=Dış basınç (2.33)

$$P_{ortam} + P_{elastik} + P_{yüzey} = P_{N_2} + P_{CO_2} + P_{H_2O} + P_{O_2} \quad (2.34)$$

2.5.5 Asitler

Gazlı içeceklerin tat karakteristiklerinin oluşmasında kullanılan asit çeşidi ve miktarı büyük önem taşımaktadır. Asidite gazlı içeceklerin tatlılığını dengelemekte kullanılan önemli bir faktördür. Tüketiciler genellikle daha asitli içecekleri tercih ederler. Asitlerin diğer önemli bir görevi de ortamın pH değerini düşürerek patojen mikroorganizmaların ve bakterilerin büyümesini engellemektir. Bakterilerin büyük bir çoğunluğu nemli, sıcak ortamlarda çoğalırlar. Bundan dolayı asidik ortam, patojen mikroorganizmaların hayatta kalmasını engelleyici bir ortam yaratır.

Gazlı içeceklerin özelliklerine bağlı olmak koşuluyla genel olarak, sitrik asit, malik asit, fosforik asit, tartarik asit başta olmak üzere, laktik asit, malik asit ve asetik asit kullanılmaktadır. Kullanılacak asit miktarı, ürün reçetesine ve kullanılan asidin özelliğine bağlı olarak değişiklik gösterir.

Gazlı içecek sekt6r6nde kullanılacak asitin seçimindeki en 6nemli fakt6r, kullanılacak asitin içeceğin tadını ortaya çıkarabilir nitelikte olması ve içeceğin aromasıyla uyumlu olmasıdır. Ayrıca asit kullanılması, mikroorganizma 6remesini engelleyerek içeceğin korunmasını sağlar ve Şekerin inversiyonunda g6rev olarak sodyum benzoatın benzoik asite d6n6şmesini sağlar. Bu amaçlarla 6z6m aromalı gazlı içeceklerde tartarik asit, elma aromalı gazlı içeceklerde malik asit ve daha yaygın olarak t6ketilen portakal, limon ve mandalina aromalı gazlı içeceklerde sitrik asit kullanılmaktadır. Çizelge 2.11’de gazlı içeceklerde asit konsantrasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.11 Gazlı içeceklerde asit konsantrasyon değerleri

Aroma	Asit(%)	ph	Kullanılan Asit
Elma	0.10	3.5	Malik, sitrik
6z6m	0.12	3.0	Sitrik
B6ę6rtlen	0.10	3.0	Malik, sitrik
Kiraz	0.10	3.0	Tartarik
Ananas	0.12	3.3	Sitrik
Ahududu	0.10	3.0	Sitrik
ilek	0.10	3.0	Sitrik
Greyfurt	0.18	3.0	Sitrik
Limon	0.13	2.7	Sitrik
Portakal	0.08	3.5	Sitrik
Kola	0.05	2.3	Fosforik

2.5.5.1 Sitrik asit

Sitrik asit $\text{COOH}\cdot\text{CH}_2\text{C}(\text{OH})(\text{COOH})\text{CH}_2\text{COO}\cdot\text{H}_2\text{O}$ form6l6ne sahip, diğer bir deyişle beta-hidroksitrikarbalik asit olarak adlandırılan, genellikle kristaller ve toz halinde bulunan, kokusuz, renksiz bir katıdır. Sitrik asit gıda end6strisinde genellikle asitliği ayarlamak için ve gıdaya ekşi bir tat vermek maksadıyla kullanılan bir maddedir. Ayrıca sitrik asit antioksidan 6zelliklere sahip bir maddedir, bu sebeple yağların acılaşmasını 6nlemek amacıyla yağ sanayiinde de kullanılır.

Sitrik asit turunillere kendilerine has tadı kazandıran asit olarak bilinmektedir. Genellikle meyve aromalı gazlı içeceklerde kullanılırlar.

2.5.5.2 Tartarik asit

Tartarik asit $C_4H_6O_6$ kapalı formülüne sahip, dihidroksibütandioik asit olarak adlandırılan bir madde olup, bitkilerde yaygın olarak bulunur. Tartarik asit genellikle renksiz, kokusuz, saydam kristaller veya granüller halinde bulunur. Tartarik asit gazozların, jelatinli tatlıların ve meyve şekerlemelerinin imalatında kullanılır.

2.5.5.3 Laktik asit

$C_3H_6O_3$ kapalı formülüne sahip laktik asit, karboksilli asitler sınıfından organik bir bileşiktir. Laktik asitin sulu çözeltisi, renksiz, kıvamlı ve oldukça tatlıdır. Mikrop öldürücü ve sindirimi kolaylaştırıcı bir etkiye sahiptir. Gazlı içeceklerin üretiminde tat verici ve koruyucu olarak kullanıldığı gibi, çeşitli kimyasal süreçlerde katalizör ya da hammadde olarak görev yapar.

2.5.5.4 Malik asit

$C_4H_6O_8$ kapalı formülüne sahip, hidrobütandioik asit olarak adlandırılan , molekül ağırlığı 134.09 g/gmol , spesifik yoğunluğu 1.601 (20°C/0°C), erime noktası 130-132°C arasında olan organik bir asittir. Beyaz kristal formunda bulunur, suda çözünebilme özelliğine sahip olan kuvvetli bir asittir. Genel olarak elmada bulunması sebebiyle elma asidi olarak ta adlandırılmaktadır. Elma başta olmak üzere, şeftali ve vişne aromalı gazlı içeceklerin üretiminde de kullanılmaktadır. Malik asit kullanılması ile birlikte gazlı içecekte kullanılması gerekli olan aroma miktarı düşer ve tat profili doğala daha yakın hale gelir.

2.5.5.5 Fosforik asit

H_3PO_4 formülüne sahip, ortofosforik asit olarak ta adlandırılan bir madde olup fosforun oksijenle yaptığı en önemli bileşiktir. Renksiz, kokusuz, koyu kıvamlı bir sıvıdır. Genellikle sahip olduğu ekşi tat sebebiyle gazlı içeceklere, reçellere ve jellere eklenir. Gazlı içecek üretiminde kullanılan en ucuz asittir. Özellikle kolalı içeceklerde kullanılması yaygındır.

2.5.6 Aromalar

Aroma maddeleri, gıda maddelerine tat ve koku vermek ve bunları geliştirmek için kullanılan maddeler ve bunların üretiminde kullanılan kaynak materyalleridir.

Gıdalarda aroma maddelerinin kullanımı aşağıdaki esaslara uygun olmalıdır. Aromaların içinde toksikolojik açıdan etki yaratacak miktarda herhangi bir element veya madde olmamalıdır.

Aroma maddelerinde:

Arsenik : 3 mg/kg

Kurşun : 10 mg/kg

Kadmiyum : 1 mg/kg

Civa : 1 mg/kg' dan fazla olmamalıdır.

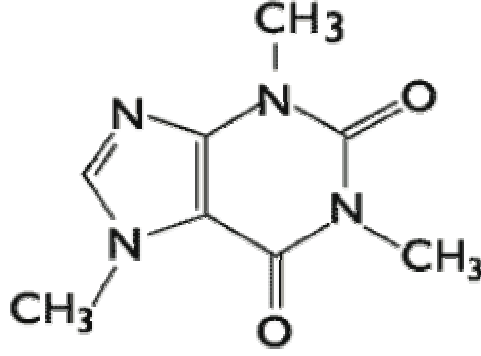
Gazlı içecek üretiminde kullanılan aroma maddelerinin temel işlevi şeker, asit gibi içecek maddeleriyle birlikte karakteristik tadın ve kalitenin belirlenmesinde rol almasıdır. Aroma maddeleri, içecek içerisindeki karakteristik tat ve koku veren maddelerdir. Gazlı içecek üretiminde kullanılan aroma maddeleri, içecek içerisinde iyi çözülebilir nitelikte olmalıdır. Gazlı içeceklerin ağızda kalma süreleri çok kısa olduğundan dolayı aroma mümkün olduğu kadar doğala yakın olmalıdır. Aroma maddeleri, gazlı ieğin asitliğı yüksek ortamında yapılarını korumalıdır.

2.5.7 Kafein

2.5.7.1 Kafeinin özellikleri

Kafein, kahve, çay, çikolata, kola, enerji içecekleri, diyet hapları ve bazı ağı kesicilerde bulunan; fiziksel yorgunluğı gidermesinin yanı sıra zihin açıklığı da veren bir madde olarak tanımlanmaktadır.

Kafeinin molekül formülü Şekil 2.40'da gösterilmektedir:



Şekil 2.40. Kafeinin kimyasal yapısı

Molekül formülü, $C_8H_{10}N_4O_2$ 'dir. Molekül ağırlığı 194.19 g olup, %49.48 C, % 5.19 H, % 28.85 N, % 16.48 O içermektedir. Çizelge 2.12'de kafeinin bazı özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.12 Kafeinin fiziksel özellikleri

Özellik	
Kaynama noktası	178°C
Erime noktası	238°C
Yoğunluk	1.2 g/cm ³
Uçuculuk	0.5%
Buhar basıncı	101 kPa (178°C)
pH	6.9 (1% çözelti)
Suda çözünürlüğü	2.17%

2.5.7.2 Kafeinin gazlı içeceklerde kullanım miktarları

Gazlı içeceklerde kullanılan kafein miktarları gazlı içeceğin markasına, gazlı içeceğin türüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bazı gazlı içeceklerde kafein bulunmamaktadır.

Kafeinin gazlı içeceklerde kullanım miktarları Çizelge 2.13'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.13 Kafeinin gazlı içeceklerde kullanım miktarları [7]

İçecek (330ml)	Kafein İçeriği (mg.)
Coca-Cola	42.39
Diet Kola	42.39
Pepsi-Kola	35.70
Diet Pepsi	33.45
Pepsi Light	33.45
RC Kola	33.45
7-Up	0.00

2.5.7.3 Kafeinin insan sağlığına etkileri

Kafeinin etki mekanizması, beyne giden kan damarlarını daraltmak, böylelikle beynin savunma tepkisi olarak uyanık ve aktif kalmasını sağlamak, aynı zamanda adrenalini salgılamasını fazlaştırmak ve dopamin depolarını harekete geçirerek insana kısa süreli bir mutluluk ve keyif hali sağlamaktır. Adrenalinin etkisi, uyanıklık ve aktifliğin artması, dopaminin etkisi beyindeki keyif merkezlerinin uyarılması ve pozitif bir ruh halinin sağlanmasıdır. Kafeinin kısa dönem etkilerinden olan uyanıklık, aktiflik ve keyifli olma hali, devamlı ve düzenli halde kullanıldığında, uzun dönemde bağımlılık oluşmasına sebebiyet verebilmektedir. Kafeinin uzun dönem etkileri arasında, mide asitlerini artırması, ülser oluşumuna ve vücutta kalsiyum azalmasına neden olması da bulunmaktadır.

Kafein, insan vücudunda doğal bir uyku ilacı işlevi gören bir kimyasal olan adenozinle etkileşime girerek, adenozinin uyutucu etkisini engellemekte ve uyanık kalmayı sağlamaktadır. Ayrıca, uygun miktarlarda alındığında keyif veren ve aktif olmayı sağlayan bir madde özelliği göstermektedir. Kas koordinasyonu ve gücünü artırmasının yanında, enerji sarfiyatını yükselterek daha fazla kalori yakmaya yardımcı olur. Kafeinin normal tüketim miktarı kişiden kişiye göre değişir. Günlük tüketilmesi tavsiye edilen maksimum kafein miktarı 100 mg'dır. Alınması uygun görülen maksimum dozun üzerine çıktığında, kafein baş ağrısı, asabiyet, konsantrasyon bozukluğu ve uykusuzluk gibi sorunlara yol açar.

2.5.8 Renk Maddeleri

Renk maddeleri, Uluslararası Gıda Kodeks Komisyonu'na göre "gıdanın rengini düzenleyen veya renk vermek amacıyla katılan madde" olarak tanımlanmaktadır. İşleme ve depolama sırasında kaybolan doğal rengi yeniden kazandırmak, zayıf olan rengi kuvvetlendirmek, gerçekte renksiz olan besine renk vermek, düşük kaliteyi gizleyerek tüketici beğenisi kazanmak amacıyla gıdalara belirli oranlarda katılırlar. Günümüzde uygulanan gıda işleme tekniklerinin, gıdaların görünüş özellikleri üzerinde meydana getirdikleri olumsuz etkiler, gıdaların teknolojik nedenlerle renklendirilmesi gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Günümüzde gelişen gıda üretim teknolojileri dikkate alındığında gıdalar; işleme, depolama ve satışa sunma gibi çeşitli aşamalarda ısı, ışık, pH, oksijen gibi fiziksel ve kimyasal koşullara bağlı olarak renk solması veya kaybına uğramaktadırlar. Gıda üreticileri gıda işleme sırasında ortaya çıkan renk farklılıklarını ve kayıplarını karşılayarak gıdanın orijinal rengini koruma, ürünün renk tekdüzeliğini sağlama, çekiciliğini artırma, geliştirilmiş bir formulasyona bağlı olarak üretilen renksiz veya az renkli gıdalara (şekerleme, alkolsüz içecekler, karışım toz ürünler) renk kazandırma gibi amaçlarla renklendirici katkı maddelerini ürünlerinde kullanma yoluna gitmektedirler.

2.5.8.1 Karamel

Karamel gıda endüstrisinde kullanılan en önemli renk maddelerinden biridir. Özellikle içecek endüstrisi karamelin en çok kullanıldığı alandır. Karamel gazlı içeceğe, tüketicinin ilgisinin çekebilecek bir renk kazandırır. Gazlı içeceklerde karamel kullanımında en önemli parametre, karamelin izoelektirik noktasının içeceğin pH'sından düşük olmasıdır. Bundan dolayı gazlı içeceklerde, genellikle izoelektrik noktası düşük olan karamel tipleri kullanılır. İzoelektirik noktası pH 0.5-2.0 arasında olan 4. sınıf karamel kullanımı içecek endüstrisinde yaygındır. Karamelin renk formulasyonu Hue indeksine göre belirlenir.

Hue indeksi (2.35) eşitliği ile ifade edilir. Hue indeksi karamelin renk yoğunluğunu ifade etmek için kullanılır. Her karamel sınıfı için renk yoğunluğu ile Hue indeksi arasında ters bir ilişki söz konusudur. 4. sınıf karamel için Hue indeksi 4,2-5,9 aralığındadır. Hue indeksini belirlemek amacıyla spektrofotometrede ölçüm yapılır.

$$\text{Hue İndeks} = \text{Log} \frac{510\text{nm'deki renk}}{610\text{nm'deki renk}} \times 10 \quad (2.35)$$

Farklı renk formulasyonuna sahip %0,1'lik karamel çözeltileri Şekil 2.41'de gösterilmiştir.



Şekil 2.41 Farklı konsantrasyonlarda karamel çözeltileri

Şekil 2.41'e göre:

- (1) DDW # 528, 1. sınıf, Hue indeksi=7,1
- (2) DDW # 108, 4. sınıf, Hue indeksi= 5,8
- (3) DDW # 050, 4.sınıf, Hue indeksi=4,2

- **1. sınıf karamel rengi** (katkı maddesi yok, düşük sülfür)
- **2. sınıf karamel rengi** (katkı maddesi olarak yüksek oranda sülfür kullanılmış)
- **3. sınıf karamel rengi** (katkı maddesi olarak amonyak kullanılmış, düşük sülfür)
- **4. sınıf karamel rengi** (katkı maddesi olarak amonyak ve sülfür kullanılmış)

Karamelin renk kompozisyonu üzerinde yapılan analizler neticesinde, karamelin %70 kırmızı, %25 sarı ve %5 mavi renklerden oluştuğu ortaya çıkmıştır.

Gazlı içeceklerde karamel renk vermesinin yanı sıra aromaların ışıktan bozunmalarını da önler. Karamel ayrıca gazlı içecek konsantrelerinin hazırlanmasında emülsifiye edici ajan olarak kullanılmaktadır.

2.5.8.2 Diğer Renk Maddeleri

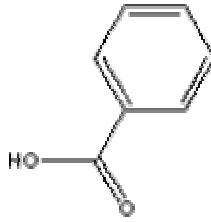
Gazlı içeceklerde doğal renk maddelerinin yanı sıra sentetik olarak üretilen renk maddeleri de kullanılmaktadır. Gazlı içeceklerde sentetik renk maddelerinin kullanılması oldukça yaygındır. Bu maddeler, kullanım için izin verilmeden önce çeşitli kimyasal, biyokimyasal ve toksikolojik testlerden geçirilmelidir. Kullanılan bazı renk maddeleri, Brillant Blue FCF, eritrosin, tartrazin gibi kullanımı bazı kurullarla sınırlandırılmış renk maddeleridir.

2.5.9 Koruyucular

Gazlı içecek endüstrisinde kullanılan kimyasal koruyucular benzoik asit ve sorbik asit ile bunların sodyum ve potasyum tuzlarıdır. İlave edilmesi gereken koruyucu miktarı, içeceğin içerdiği su, meyve suyu oranı ve pH değerine göre belirlenir. Bu asitlerin ve tuzlarının koruyucu etkileri içeceğin pH'sına bağlıdır. Gazlı içeceklerde, düşük pH'larda koruyuculardan maksimum yarar sağlanmış olmaktadır.

2.5.9.1 Benzoik Asit

Benzoik asit, gıdalarda mikrobiyolojik bozulmayı önlemek amacıyla kullanılan kimyasal bir maddedir. Gıdalarda genel olarak sodyum benzoat halinde kullanılır. İlave edildiğinde gıdanın tadını etkiler. Gıdalarda genellikle 100-1000 ppm arasında kullanılır.



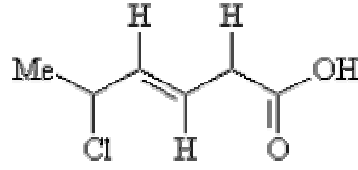
Şekil 2.42 Benzoik asitin molekül formülü

Bir gıdaya benzoik asit ilave edilebilmesi için, gıda maddesinin pH'ının 4,5-5,0 arasında olması gerekmektedir. Bu sınırlar dahilinde benzoik asit ve tuzların antimikrobiyal etkisi bulunmaktadır. Benzoik asidin mikroorganizmalar üzerindeki etkisi, hücre duvarını ve hücredeki bazı enzimleri inaktive etmesiyle olmaktadır. Benzoik asit sadece asidik gıdalarda

etki göstermekte olup düşük asitli (pH'sı 5' den büyük) gıdalarda koruyucu etkisini kaybetmektedir.

2.5.9.2 Sorbik Asit

Geniş spektrumlu koruyucu madde olmakla birlikte değişik ürünlerde 0,1-1,0 g/kg arasında kullanılmasına izin verilmektedir. Benzoik asit ve tuzları ile birlikte kombine olarak kullanılabilir.



Şekil 2.43 Sorbik asitin moleköl formölü

Sorbik asit, mikroorganizmaların hücre içi enzimlerini inaktive ederek etki göstermektedir. pH aralığı 3-6 arasında olan asitli ve orta asitli gıda maddelerinde koruyucu etkisi vardır. Öncelikle maya ve küf mantarları üzerinde etkisi bulunmaktadır.

3. GAZLI İÇECEKLERİN AMBALAJLANMASI

3.1 Ambalajın Tanımlanması

Ambalajlama; gıdanın depolanması, raf ömrü ve tüketiciye ulaşması anına kadar uygun koşullar altında saklanabilmesi için uygulanan bir işlemdir. İyi bir ambalajın aşağıdaki özellikleri taşıması gerekir:

- Ürünü temiz tutmalı, kirlilik ve diğer kontaminantların gıdaya bulaşmasına engel olmalıdır.
- Besin kayıplarını en alt seviyede tutmalıdır.
- Ambalajın dizaynı; taşıma, dağıtım ve rafta tutulması sırasında koruyucu olmalı ve elle rahatlıkla tutulabilir şekilde olmalıdır. Ambalajın şekli, büyüklüğü ve ağırlığı önemlidir. Gıdanın orijinal şeklini, büyüklüğünü ve ağırlığını muhafaza etmelidir.
- Ambalaj materyali gıdayı kimyasal ve fiziksel tehlikelere karşı korumalıdır.
- Ambalaj materyalinin üzerinde gıdanın içeriği, en uygun kullanım ve saklama koşullarını belirten bir etiket bulunmalıdır.
- Ambalaj materyali albeniyi artırıcı biçimde, ürünü en iyi temsil edecek şekilde tasarlanmalı ve kullanımı kolay olmalıdır.

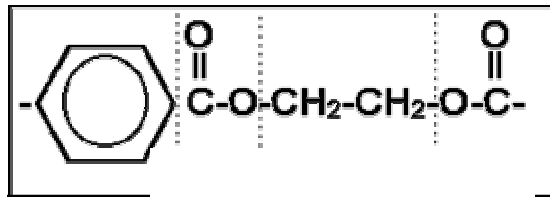
3.2 Gazlı İçecek Sanayiinde Kullanılan Ambalajlar

Gazlı içecek endüstrisinde genel olarak cam, PET ve teneke kutular kullanılmaktadır. Gazlı içecek sektöründe günümüzde cam ambalajlarının yerini teneke kutular ve PET şişeler almıştır. Gazlı içecek ambalajlarının dolum oranı hacimce en az % 90 olmalıdır. Gazlı içeceklerde içeceğin tipi (kola, tonik, meyveli, aromalı) belirtilmelidir.

3.3 Polietilen Tereftalat (PET) Şişeler

3.3.1 Polietilen Tereftalat Polimerinin Özellikleri

Şekil 3.1’de PET’in molekül formülü verilmiştir.



Şekil 3.1 PET’in kimyasal yapısı

Şekil 3.2’de amorf yapıdaki, Şekil 3.3’de kısmi kristal yapıdaki PET gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Amorf yapıdaki PET



Şekil 3.3 Kısmi kristal yapıdaki PET

Çizelge 3.1’de PET’in özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.1 PET’in fiziksel özellikleri

Özellik	
Yapı	Kristal
Özgül ağırlığı	1,37
Su absorpsiyon hızı	%0,15
Uzama	%70
Gerilme kuvveti	6600 psi
Sıkıştırılma kuvveti	14000 psi
Esneme kuvveti	16000 psi
Sapma sıcaklığı	330°F (66 psi) 212°F (264 psi)
Kullanım sıcaklığı	-4°F (min) 212°F (max)
Sertlik	R120
Erime noktası	480°F
Genleşme katsayısı	0.000039
Dielektrik sabiti	20 kV/mm
UV dayanıklılık	İyi
Kimyasal Dayanıklılık	Asit (İyi) Alkaliler (İyi)

Çizelge 3.2’de PET filminin özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.2 Polietilen tereftalat filminin özellikleri

Özellik	Değer
Dielektrik sabiti (25µm kalınlık), kV.mm ⁻¹	300
Dağıtım faktörü (1MHz)	0,016
Uzama, %	60-165
Karbondioksit geçirgenliği (25°C), x10 ⁻¹³ cm ³ .cm.cm ⁻² .s ⁻¹ .Pa ⁻¹	0,07-0,11
Hidrojen geçirgenliği (25°C), x10 ⁻¹³ cm ³ .cm.cm ⁻² .s ⁻¹ .Pa ⁻¹	0.45
Azot geçirgenliği (25°C), x10 ⁻¹³ cm ³ .cm.cm ⁻² .s ⁻¹ .Pa ⁻¹	0,0034-0,0038
Su geçirgenliği (25°C),x10 ⁻¹³ cm ³ .cm.cm ⁻² .s ⁻¹ .Pa ⁻¹	0,015-0,04
Özgül ısı	100-115
Termal İletkenlik (23°C)	1,3

Molekül ağırlığı = 20.000 – 40.000

Beyaz ya da açık krem rengi bir materyaldir. Yüksek ısı dayanıklılığı ve kimyasal stabilitesi vardır. Suda çözünmez.

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği Ek-32’ye göre polietilen tereftalat gibi polietilen ftalat grubuna ait polimerlerinin gıda ile temas edebilmeleri için bazı özellikleri taşımaları gerekmektedir. Polietilen ftalat polimerleri, aşağıdaki koşullara uyduğu takdirde gıda maddeleriyle temasta kullanılmalarında bir sakınca bulunmamaktadır:

1. Başlangıç monomeri olarak aşağıdaki monomerler kullanılabilir.

1. Başlangıç monomerleri

- Etilen glikol
- 1.4.butandiol
- 1.3 dihidroksimetil sikloheksan
- Teraftalik asit
- İzofthalik asit
- Azelaik asit
- Sebasit asit
- Dimetil Tereftalat
- Dimetil izofthalat
- Dimetil azelat
- Dimetil sebakat

Aşağıdaki yardımcı maddeler gösterilen sınırları aşmamak koşuluyla kullanılabilir:

2.1. Stabilizanlar

2.1.1. Tri (nonilfenil) fosfit, (tri/mono nonil fenil) fosfit ve tri (di nonil fenil) fosfitle karışık olarak en çok % 0.20

2.1.2. Bis-polioksietilen-hidroksimetil fosfonat. En çok % 0,05

2.2. Emulsifiyanlar

2.2.1. Sodyum dodesil benzen sulfonat

2.3. Fabrikasyon yardımcı maddeleri ve dolgular

2.3.1. Sodyum montanat. En çok % 0.4

2.3.2. Titan dioksit. En çok % 2

2.3.3. Cam elyafı (5 ile 20 mikron arası canlı)

2.4. Katalizör kalıntıları. Aşağıdaki elementlerin oksitleri en çok aşağıda gösterilen oranlarda kullanılabilirler.

2.4.1. Antimuan 350 ppm.

2.4.2. Galyum 20 ppm.

2.4.3. Germanyum 80 ppm.

2.4.4. Kobalt 50 ppm.

2.4.5. Lityum 130 ppm.

2.4.6. Mangan 80 ppm

2.4.7. Çinko 80 ppm

3. Polietilen ftalat polimerlerinin ekstrakte edilebilme koşulları ve sınırları gıda maddelerinin tipine ve kullanım koşullarına göre aşağıdaki gibidir:

3.1. Damıtık suyla 2 saat 120⁰C'de (250⁰ F) tutulduğunda gıdayla temas eden yüzeyin 1 cm² sine 0.2 mg'dan çok kloroformda çözünebilen madde vermemelidir.

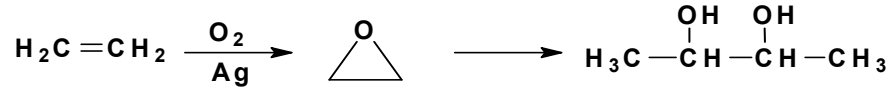
3.2. N-heptanla 2 saat 65⁰C'de tutulduğunda gıdayla temas eden yüzeyin 1 cm² sine 0,2 mg'dan kloroformda çözünebilen madde vermemelidir.

3.3. % 50'lik etanol çözeltisiyle 24 saat 49⁰C'de tutulduğunda gıdayla temas eden yüzeyin 1 cm² sine 0,2 mg'dan çok kloroformda çözünebilen madde vermemelidir.

3.3.1.1 Polietilen Tereftalat Üretimi

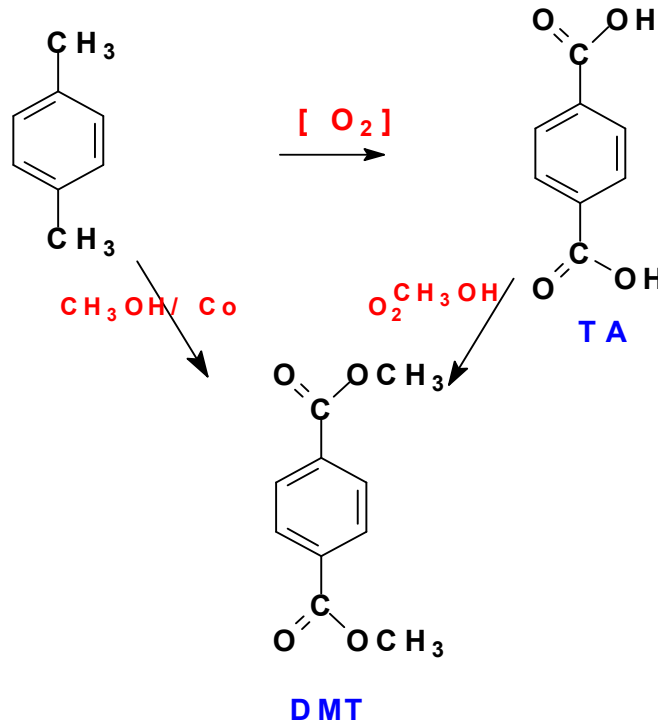
PET polimerinin üretiminde ilk olarak polimerizasyon için gerekli monomerler hazırlanır.

Şekil 3.4'de etilen glikol oluşum tepkimesi verilmiştir.



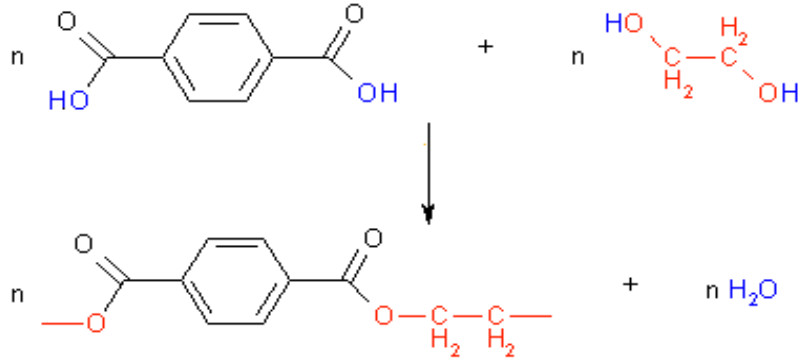
Şekil 3.4 Etilen glikolün oluşum tepkimesi

Şekil 3.5'de Tereftalik asit (TA) ve dimetil tereftalat (DMT) oluşum tepkimesi verilmiştir.



Şekil 3.5 Tereftalik asit (TA) ve dimetiltereftalatın (DMT) oluşum tepkimeleri

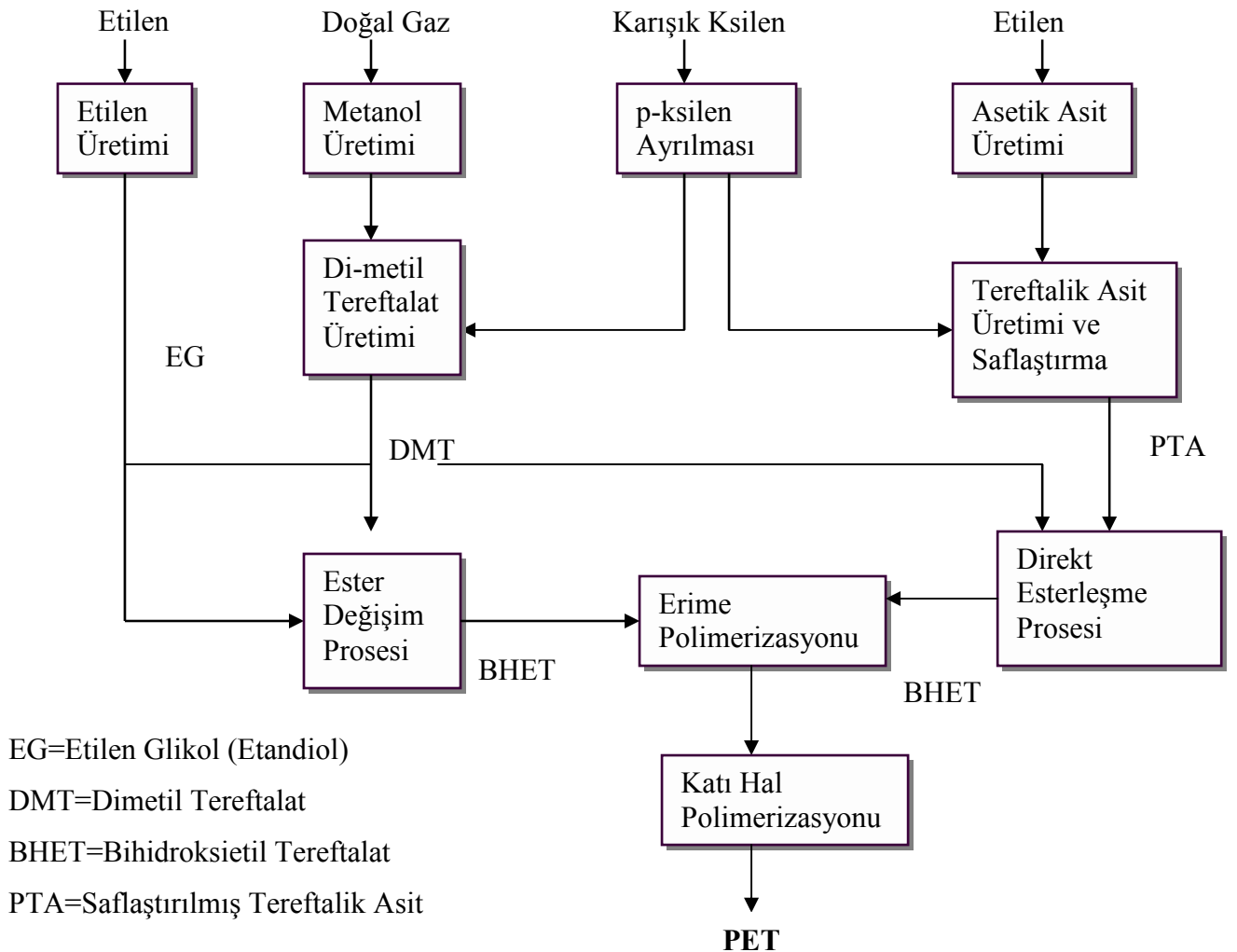
Şekil 3.6’da PET polimerizasyon-kondenzasyon tepkimesi verilmiştir.



Şekil 3.6 PET polimerizasyon-kondenzasyon tepkimesi

3.3.1.1.1 Polietilen Tereftalat Üretim Akış Şeması

Şekil 3.7’de PET üretimi verilmiştir. PET polimerizasyon ve kondenzasyon aşamaları ile etilen glikol, dimetil tereftalat ve saf tereftalik asit kullanılarak üretilir.



Şekil. 3.7 Polietilen tereftalat üretim akış şeması

3.3.1.2 Polietilen Tereftalat Şişe Üretim Aşamaları

PET şişe üretiminde, gıda kanunlarına uygun ve kullanılacağı yere uygun, özel olarak hazırlanmış PET preform malzemesi kullanılmaktadır. PET şişe üretim prosesi oldukça karmaşıktır. Proses PET atıkları ya da hammaddeleri ile başlar.

3.3.1.2.1 Preform Hazırlanması

PET reçineleri pellet şeklinde satılan küçük partiküllerden oluşmaktadır. Bu pelletler ilk olarak belli bir sıcaklıkta eritilir, daha sonra preform üretmek amacı ile enjeksiyon makinesine gönderilir. Preformlar genel olarak test tüpü görünümünde ve üretilecek ürünün özelliklerine göre farklı renklindedirler. Preformların ağırlığı genel olarak 14-103 g'dır. PET üretimi preformla başlar. Şekil 3.8'de farklı boyut ve renklerde preform şekilleri görülmektedir.



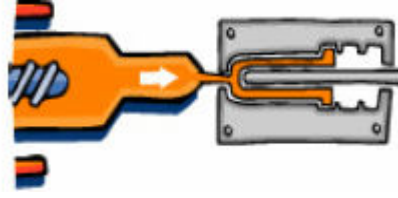
Şekil 3.8 Farklı preform şekilleri

1. Aşama: Kullanılmamış ve reforme edilmiş pelletler kurutucu içerisinde karıştırılır. Bu reçine nem içeriği 50 ppm'in altında olacak şekilde kurutulur. Şekil 3.9'da PET kurutma aşaması görülmektedir.



Şekil 3.9 Kurutma aşaması

2. Aşama: Birkaç saat sonra, karıştırılmış reçine kalıba sokmak ve kenetlemek amacıyla preform içerisine enjekte edilir. Şekil 3.10’da PET enjeksiyon aşaması verilmiştir.



Şekil 3.10 Enjeksiyon aşaması

Enjeksiyon, ham plastik malzemenin eritilerek kalıba basılması işlemidir. Burada plastik soğuyarak kalıbın şeklini almaktadır. Plastik malzemeyi belirli bir sıcaklığa kadar ısıtıp kalıba enjekte eden ve malzemenin dolmasından sonra onun soğumasını temin eden mekanizmayı destekleyen, donduktan sonra kalıptan çıkarılmasını sağlayan mekanizmayı içeren makineler enjeksiyon makineleri olarak bilinir.

Enjeksiyon makinesinde uygulanan kaplama kuvveti ve basılan plastik miktarı makinenin sınıflandırılmasını sağlayan iki önemli parametredir. Kapama kuvveti 10 ton ile 5000 ton arası değişirken, basılabilen plastik miktarı birkaç gramdan 40 kilograma kadar çıkabilmektedir.

Enjeksiyon makinesi iki temel kısımdan oluşmaktadır; ilk kısmı plastik malzemeyi ergitip, kalıbın içine enjekte edebilecek basıncı sağlayan aksamı ihtiva eden kısım, diğer kısmı ise kalıbı taşıyan ve üzerinde kalıbı açıp kapatabilecek, kapandıktan sonra kalıplama basıncını sağlayabilecek, iticileri harekete geçirebilecek, kalıbın soğutma kanalları için su takviyesi ve tahliyesi yapabilecek mekanizmaları içerir.

3.3.1.2.2 Preform Hazırlanmasından Sonraki Aşamalar

Şişenin Üflenmesi (Şişenin şişirilmesi)

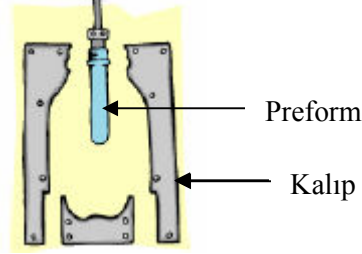
Preformun oluşturulmasından sonraki aşama son aşamadır.

1. Aşama

Preform “ısıtıcı kutular” olarak adlandırılan lambalarla ısıtılır. Bu lambaların kurulumu profil olarak adlandırılır.

2. Aşama

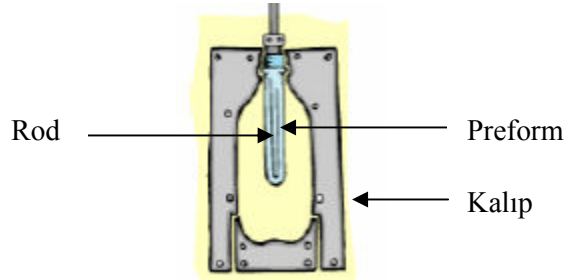
Preform kalıp içerisine gönderilir. Sıcak preform sistemde sıkıştırılır. Şekil 3.11’da hazırlanan preformların kalıp içerisine gönderilmesi gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Preformun kalıp içerisine gönderilmesi

3. Aşama

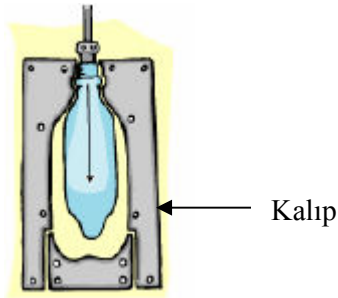
Gergin rod, preformun içerisine girer ve uzunlamasına gerginleştirir. Şekil 3.12’da rodun preformun içine girmesi gösterilmiştir.



Şekil 3.12 Rodun preformun içine girmesi

4. Aşama

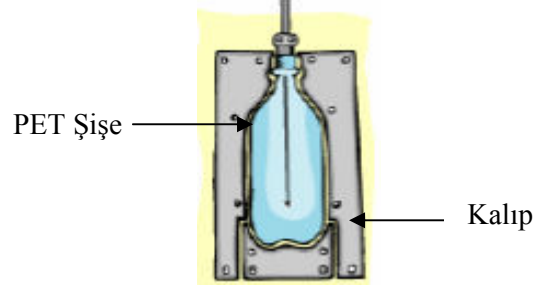
Düşük basınçlı hava şişenin gerçek halini almasını sağlamak için preformun içerisine üflenir. Şekil 3.13’de preformun içine düşük basınçta hava üflenmesi gösterilmiştir.



Şekil 3.13 Preformun içine düşük basınçta hava üflenmesi

5. Aşama

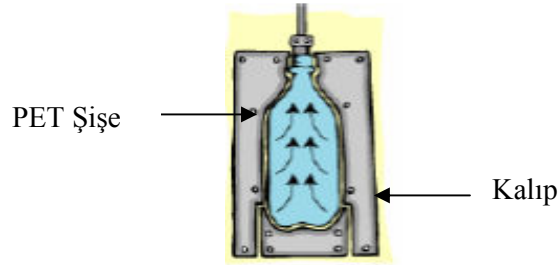
Yüksek basınçlı hava logo gibi şişeye ait spesifik özellikleri oluşturmak amacıyla şişe içerisine üflenir. Şekil 3.14’da preformun içine yüksek basınçta hava üflenmesi gösterilmiştir.



Şekil 3.14 Preformun içerisine yüksek basınçta hava üflenmesi

6. Aşama

Şekil 3.15’da preformun içerisindeki havanın boşalması gösterilmiştir.



Şekil 3.15 Preformun içerisindeki havanın boşalması

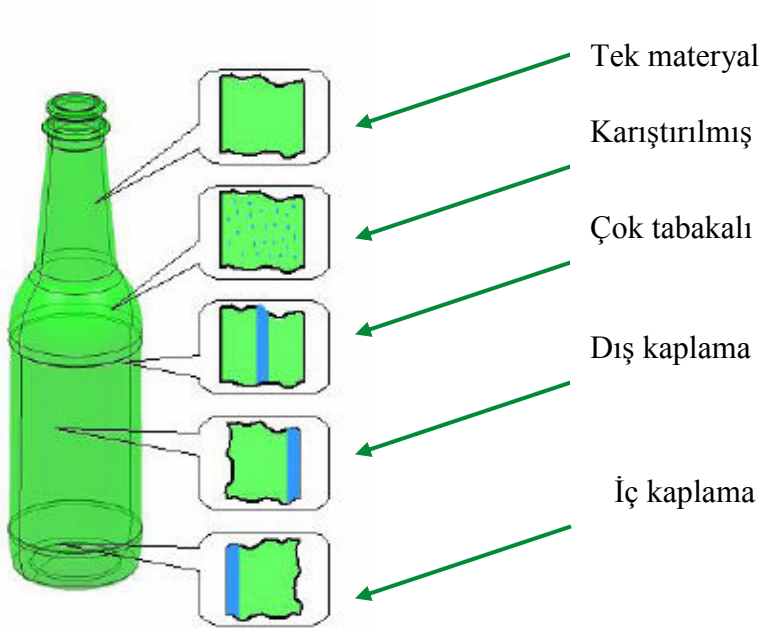
3.3.1.3 Polietilen Tereftalat Şişelerin Bariyer Özellikleri

3.3.1.3.1 Bariyer Özelliğinin Tanımı

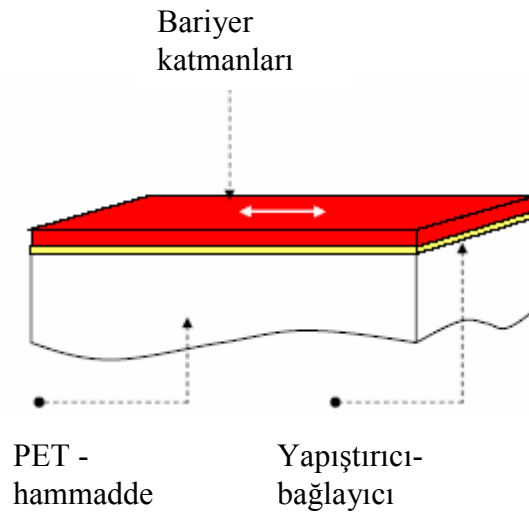
Plastik yapıdaki materyallerin bariyer özellikleri, oksijen, karbondioksit, su gibi gazların, koku maddeleri, aromalar, gıda bileşenleri gibi gıdaya temel karakteristik özelliklerini kazandıran maddelerin, dış ortamdan gıda içerisine ya da iç ortamdan dışarıya difüzyon özelliğini engellemeye ya da minimize edilmesini sağlamaya yarayan temel niteliklerdir. Paketleme dizaynında, paketlerin yapıldıkları polimer yapıdaki maddelerin bariyer özellikleri oldukça önemlidir. Optimum paketleme dizaynını etkileyen faktörler, ürün koruma özellikleri, çevresel etkiler, transport özellikleri ve fiyat parametreleridir. Polimerin bariyer karakteristiği, temel olarak polimerin kimyasal yapısına bağlıdır.

3.3.1.3.2 Polietilen Tereftalat Şişe Bariyerleri

Şekil 3.16'da PET şişe üretiminde kullanılan Farklı PET bariyer şekilleri verilmiştir.



Şekil 3.16 Farklı PET bariyer şekilleri

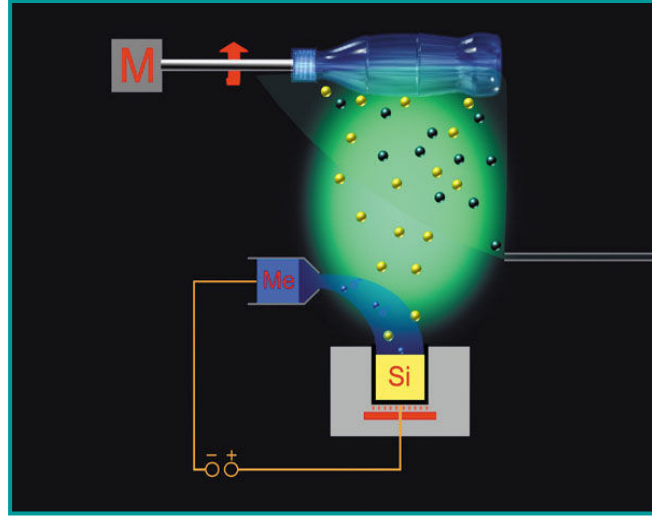


Şekil 3.17 PET bariyerin şematik gösterimi

3.3.1.3.3 Polietilen Tereftalat Şişe Bariyeri Üretimi

PET bariyer oluşturmak için kullanılan kaplama prosesinin temelini, silisyumun ısıtıcılarla eritilmesi oluşturmaktadır. 20-30 V gerilim anot ile katot arasına uygulanır, buradaki temel amaç, buhar bulutunun katotda toplanmasını sağlamaktır. Oluşturulan buharın içerisine oksijen verilerek PET şişenin yüzeyinde SiO_x 'in oluşması sağlanır. [8]

Şekil 3.18'de PET şişe kaplama prosesi verilmiştir.



Şekil 3.18 PET şişe kaplama prosesi

3.4 Cam Şişeler

Gazlı içecek üretiminde kullanılan ambalaj malzemelerinden biri de cam malzemedir. Cam aşırı soğutulmuş alkali ve toprak alkali metal oksitleriyle, diğer bazı metal oksitlerin çözülmesinden oluşan bir sıvı olup ana maddesi (SiO_2) silisyum dioksittir. Camın yapısında % 99.5 silisyum dioksit (SiO_2) içeren kum, soda, kireç taşı gibi maddeler bulunur. Cam, maddenin katı ile sıvı arasındaki özgün bir halidir. Silis atomları, araya giren kalsiyum, potasyum magnezyum ve sodyum atomları ile birlikte düzensiz bir tarzda birleşir. Bu "düzensizlik" sonucunda saydam, bozulmaz ve oldukça dayanıklı (çatlama hariç, çatlak hemen yayılır) bir madde olan cam ortaya çıkar. Paslanmadığı, su geçirmediği ve saydam olduğu için de akla gelebilecek hemen her alanda kullanılır. Cam kullanımı gıdaların muhafazasında önemli bir yer teşkil eder. Cam kullanımının avantajları aşağıda verilmiştir.

- Cam, gıdaların tadı, kokusu ve aroması değişmeden uzun süre saklanmasını sağlar.
- Cam, temasta bulunduğu gaz, sıvı ve katı haldeki maddelerin etkilerine karşı büyük direnç gösterebilir.
- Cam içindeki maddelerle kimyasal ve mikrobiyolojik etkiye girmez. Ayrıca camın gaz ve buhar geçirgenliğinin olmaması, ürünlerin daha sağlıklı saklanmasını sağlar.
- Cam gerçek bir doğa dostudur. Geri dönüşüm sayesinde tekrar tekrar kullanılabilir.
- Cam ısıya dayanıklı ve şeffaftır. Bu onu, diğer ambalajlardan daha kullanışlı yapar.

Cam, kalitesinden kaybetmeden %100 geri dönüşebilen ve sonsuz kez ikincil hammadde olarak tekrar üretime dahil edilebilen bir maddedir. Camın geri dönüşümünde ilk aşama, atık camların kırılarak kum, soda ve diğer malzemelerle karışmasını sağlamaktadır. Hazırlanan karışım ergitilir ve sonra da istenilen formlara getirilerek soğutulur, böylece atık cam ambalajlardan yeni camların üretimi gerçekleştirilir. Cam malzeme kullanımının yüksek maliyet, kırılma riski, depolama ve nakliye zorlukları gibi dezavantajları vardır.

3.4.1. Cam Şişe Üretimi

Cam malzeme üretimi, ardışık dört devreden (iki kademedede - bunlar ergimiş camın elde edilmesi ile cama biçim verilmesi, parlatılması ve kesilmesidir) oluşmaktadır.

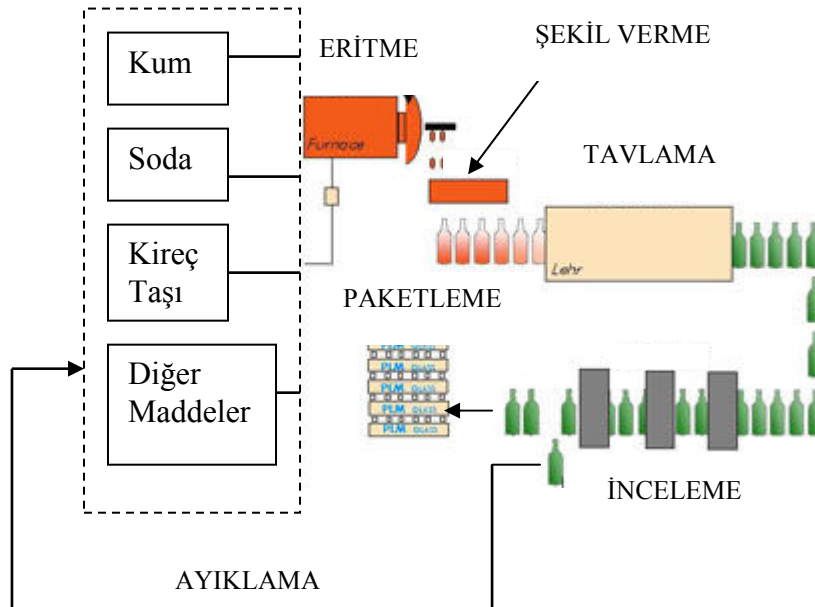
1. Ana Maddelerin Hazırlanması
2. Eritme
3. Biçimlendirme
4. Tavlama

Camın bileşimine girecek ana maddelerin her şeyden önce yabancı maddelerden arındırılıp iyi bir şekilde öğütülmesi gerekir. Tek tip cam üreten tesislerde öğütülmüş ana maddeler silolarda depolanır ve siloların alt tarafındaki kapakları açılmak suretiyle istenen miktarda malzeme, terazili bir arabaya alınır. Tartılan hammaddeler cam fırınlarına yüklenerek, eritme gerçekleştirilir. Fırınların yapımında ateşe dayanıklı, silisyum, alüminyum, zirkon gibi yüksek nitelikli refrakter malzemeler kullanılır. Sonraki aşamada elde edilen cam, otomatik makineler

ile şekillendirilir. Ana maddelerin hazırlanması ve eritme evrelerinden sonra sıra dinlendirilmiş cam hamurunun biçimlendirilmesine gelir. Cam malzeme, sekiz yöntemle biçimlendirilir: Bunlar, üfleme (şişirme) yöntemi dökme-silindirme yöntemi, çekme yöntemi, yüzdürme yöntemi, presleme yöntemi, lif haline getirme yöntemi, köpük haline getirme yöntemi, diğer biçimlendirme yöntemleri .

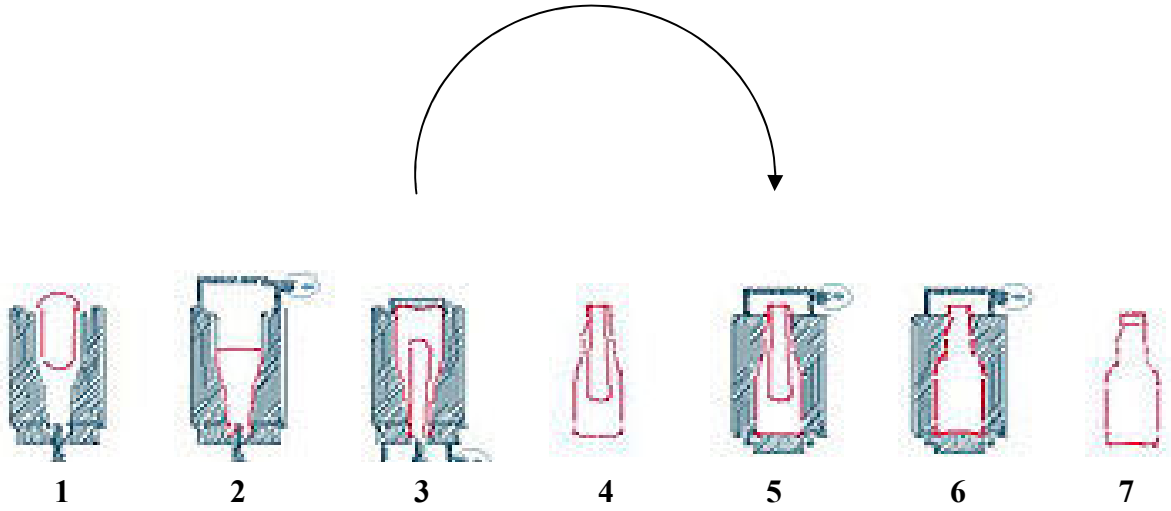
Diğer bir aşama olan tavlama, camların gerginliklerini azaltmak amacı ile yapılır. Tepeden ısıtılan sürekli bir kanal içinde camı yeniden ısıtarak iç gerilmelerin giderilmesi sağlanıncaya kadar bekletmek ve daha sonra yavaş yavaş soğutulularak uygulanır. Bu aşamada cam materyal, belirli bir kritik sıcaklığın üstünde, iç gerginliklerin ortadan kalkması için tutulur ve cam materyal yavaş yavaş oda sıcaklığına kadar soğutulur. Tavlama kanalı, iyi hesaplanarak yapılmış, ısıtılan bir oda olup ısıtma ve soğutma kontrol edilmektedir. Tavlanmış cam materyal kesme, parlatma, temizleme gibi bitirme işlemlerine tabi tutulur. Bu evrenin amacı; fabrikasyon üretiminde cam soğurken oluşan iç gerilmeleri yok etmektir.

Şekil 3.19’da cam şişe üretim prosesi verilmiştir.



Şekil 3.19 Cam şişe üretimi

Şekil 3.20’de cam şişe şekillenme prosesi verilmiştir.



Şekil 3.20 Cam şişe şekillenme prosesi

- 1- Maddenin boş kalıp içerisine boşaltılması
- 2- Şişe boynunun oluşması
- 3- Boşluk üfleme
- 4- Şekillendirme
- 5- Boş kalıba gönderme
- 6- Son şeklin oluşturulması
- 7- Bitmiş şişe

3.5 Teneke Kutular

Gazlı içecek endüstrisinde kullanılan ambalajlardan bir diğeri de teneke kutulardır. Geri dönüşümlü temel şişelerin aksine teneke kutular “kullan at” tipi ambalaj materyalleridir. Metalin yumuşayarak şekil verilebilmesi gıda ambalaj sanayinde yer almasında önemli bir rol oynamıştır. Metal ambalaj iki gruba ayrılır. Birincisi teneke ambalaj, ikincisi alüminyum ambalajdır.

Işık, hava su gibi ortam koşullarına karşı dayanıklılığının yüksek olması, kemirgen ve böceklere karşı sağlam ve dayanıklı olması, bozulabilir gıdaları güvenilir şekilde muhafaza edebilmesi, sınırlı üretim dönemleri olan gıda ürünlerini ileride kullanılmak üzere saklayabilmesi ve doğada en kolay yok olan malzeme olması teneke ambalajın üstünlüğüdür.

Son yıllarda kaplama özelliklerinin iyileştirilmesi ve teneke kutunun korozyona dayanıklı hale getirilmesi, daha ince kalınlıklara inilebilmesi teneke ambalaj sektörünün gelişmesinde rol oynamıştır.

Alüminyum kutular, en kullanışlı ambalaj malzemelerinden birisidir. Dünyada kullanılan tüm içecek kutularının % 80'i alüminyum kutularıdır. Bunun nedeni, hafif, açılması kolay, darbeye dayanıklı, sağlam, çabuk soğutma özelliği ve geri kazanılabilir olmasıdır. Kullanılmış alüminyum içecek kutularının yüksek hurda değeri, geri kazanma için kutularının toplanmasını kolaylaştırır. Kullanılmış alüminyum kutuların tüketiciden satın alınması ile başlayan geri kazanma işlemi sonucunda, yeni kutular üretilmektedir.

Ayrıca, alüminyum bütünüyle bir bariyer görevi görebilen en hafif ambalaj malzemesidir. Örneğin, alüminyumdan yapılmış 4,8 g'lık esnek bir meyve suyu ambalajı, geleneksel şişelerden 33 kez daha hafifken, standart 33 cl'lik alüminyum içecek kutusu bugün, kapak ve açma halkası dahil, sadece 14 g ağırlığa sahiptir.

Alüminyum teneke kutular ilk kez 1930'larda ortaya çıkmıştır. 1959'da, Erman C. Frazee, Amerika'da kolay açılır alüminyum kapağı icat etmiştir, buna paralel olarak teneke kutu kullanım oranında bir artış meydana gelmiştir. Kapak bir perçin ile bağlı bir halka ile açılmaktadır. Bu sayede kutunun geri kalan kısmında herhangi bir deformasyon olmamakta, gelişigüzel delikler açmak durumunda kalınmamaktadır. Bu açma şekli hem alüminyum hem de çelik kutularda kullanılmaktadır. 1977'de yeni bir gelişme ile açılan halkanın açma işleminden sonra da kutuya bağlı kalabilmesi sağlanmıştır. Görselliğin önem kazanması ile alüminyum içecek kutularında farklı baskı teknikleri kullanılarak çekici tasarımlar ortaya çıkarılmıştır. Bu yenilikler sayesinde alüminyum teneke kutular gazlı içecek sektöründe önemli bir ambalaj malzemesi olarak yerini almıştır.

4. POLİETİLEN TEREFALAT ŞİŞELERDE DİFÜZYON VE MİGRASYON OLAYI

4.1 PET Şişelerde Migrasyon

Herhangi bir gıdanın plastik maddelerle ambalajlanması sonucunda, gıda-plastik ve çevreden oluşan bir etkileşim söz konusu olmaktadır ve zaman ilerledikçe bu faktörler arasında madde geçişleri meydana gelmektedir. Gıda-plastik-çevre arasında meydana gelen etkileşimler ve maddelerin birinden diğerine transferi “migrasyon” olayı olarak tanımlanmaktadır. Migrasyon olayında plastikten gıdaya uygun yöntemlerle işlenmedikleri zaman yapılarında kalan serbest monomerler, üretimde kolay işlenebilmesini sağlamak ve plastiğe istenen şekli sağlamak için kullanılan katkı maddeleri geçebilmektedir. Bununla birlikte, ambalajlanan gıdanın içerisinde bulunan, gıdaya kimliğini kazandıran aroma ve koku maddeleri, gıdanın türüne bağlı olarak, plastik ambalaj materyalinden dış ortama difüzlenebilir. Bunun sonucu olarak, gıda zaman içerisinde karakteristik tadını ve kokusunu kaybedebilir. Genelde sulu gıdalarla plastik arasındaki migrasyon, polimerdeki migrantların difüzyonu ve yüzeydeki gıda tarafından çözünmesi ile gerçekleşir. Plastikten gıdaya olan istenmeyen migrasyonu belirli değerlerin altında tutmak gerekir, aksi takdirde insan sağlığı açısından beklenmeyen sorunlarla karşılaşılabilir.

PET çeşitli maddeleri absorblama ve desorplama özelliğine sahip bir polimerdir. Bu maddeler, PET şişe içerisindeki sıvının formülasyonunda kullanılan bazı kimyasal maddeler olup, plastikten ürüne geçebilir. Bu kimyasal maddelerin, içecek üreticileri kanunlarına uygun olarak, güvenliği saptanmış olup, belirli konsantrasyonların üzerine çıkılmaları istenmeyen bir durumdur. PET materyalinden içeceğe geçmesi muhtemel olan bu kimyasal maddelerden başlıcaları, asetaldehit, etilen ve dietilketondur. Asetaldehit seviyesi kullanılan polimerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre farklılık gösterir. Geri dönüşümlü materyaller, ilk kez kullanılan PET’e oranla daha fazla asetaldehit salma özelliğine sahiptir. PET şişe, ortam ve içecek arasındaki konsantrasyon farklılıklarından dolayı, maddeler çok yoğun oldukları ortamdaki az yoğun oldukları ortama göç ederler.

Migrasyonu etkileyen parametreler:

- Gıda ile ambalaj materyalinin temas alanı
- Temas süresi
- Migrant çeşidi ve konsantrasyonu

- Ambalaj materyalinin fiziksel ve kimyasal özellikleri
- Migrasyona hazır maddelerin miktarı
- Gıdanın özelliği
- Ürün öğelerinin migrantlara olan ilgisi

Plastikten gıdaya geçen migrasyon Fick'in 2. yasasına göre tanımlanabilmektedir

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_p \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (4.1)$$

c : Migrantın (P) x doğrultusunda ve t zamanındaki konsantrasyonu

D_p : Gıda ile temasta bulunan materyalin difüzyon katsayısı

x : Doğrultu, mesafe

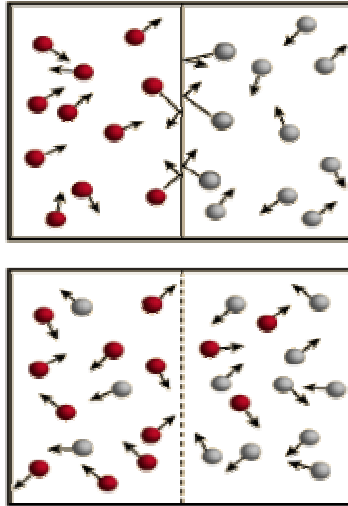
t : Zaman

4.2 PET Şişelerde Difüzyon

4.2.1 Difüzyon

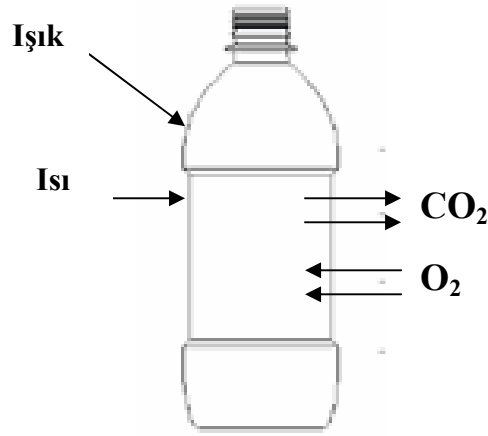
Durgun bir akışkan içinde konsantrasyon farkı ile kütle transferinin olması difüzyon olayı ile açıklanabilir. Kütle transferinde itici güç konsantrasyon farkıdır. Kütle transferi yüksek konsantrasyon noktasından, düşük konsantrasyon noktasına doğru olur.

Şekil 4.1'de difüzyon olayının gerçekleşme mekanizması verilmiştir.



Şekil 4.1 Farklı maddelerin difüzyonunun şematik gösterimi

PET şişelerde şişenin geçirgenlik özelliklerinden dolayı gaz difüzyonu gerçekleşmektedir. Şekil 4.2.'de PET şişelerde muhafaza edilen gazlı içeceği etkileyen faktörler verilmiştir.



Şekil 4.2 PET şişelerde muhafaza edilen gazlı içeceği etkileyen faktörler

Karbondioksitin plastik içerisindeki iyi çözünebilirlik özelliğinden dolayı, gazlı içeceklerde zamanla karbondioksit içeriğinin bir kısmı kayba uğrar. PET şişe içerisinde, dış ortama oranla yüksek olan basınç difüzyon hızının artmasına sebep olur. Karbondioksit içeriğini kaybetme süresi gazlı içeceğin özelliklerine, depolama ve dağıtım şartlarına, özellikle dış ortamın sıcaklığına ve basıncına bağlıdır (Brolly J.B., vd., 1996).

Gazlı içeceğin içerisindeki orana daha yüksek konsantrasyona sahip dış ortamdan şişe içerisine oksijen transferi meydana gelir. Oksijen gazı oksitlenme etkisine sahip olduğundan dolayı, gazlı içecek içerisine difüzlendiği andan itibaren, diğer içecek maddeleri ile etkileşerek okside olmalarına sebep olur. Bu problemi bertaraf etmek maksadıyla, oksitlenmeyi önleyici antioksidan maddeler kullanılarak, sorun önemli ölçüde giderilebilir.

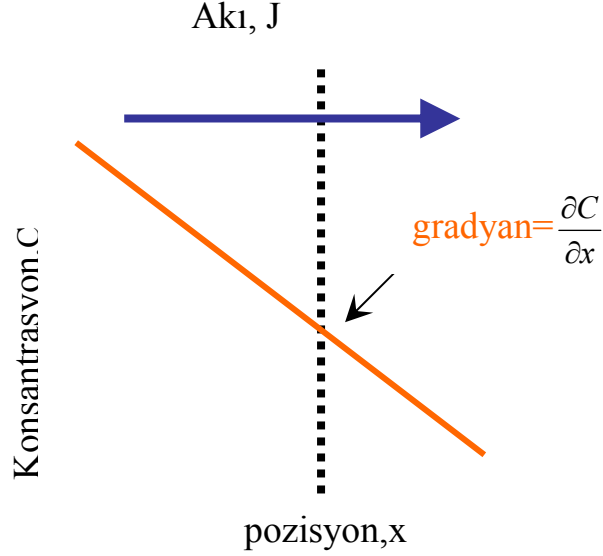
Azot, oksijenden farklı olarak oksitlenme etkisi yapan bir gaz değildir. İçeceğin dolumundan hemen sonra, standartlara uygun olarak şişenin kapak kısmına enjekte edilerek, şişe kapatılır. Yapılan bu işlem, oksijen gazının şişe içerisine difüzlmesine engel olur ve bu şekilde oksijen içermeyen bir ortam yaratılır.

Işık, plastik materyaller üzerinde etkisi gözlenen bir faktördür. Oldukça ince olan PET şişe, ışığın içeceğe ulaşmasına sebep olur ve bu sebeple içeceğin tat karakteristiğinde bir değişiklik meydana geleceğinden, şişenin fazla ışığa maruz kalması istenmez (Lewisa E.L.V., vd. 2003).

4.2.1.1 Fick'in 1. Difüzyon Yasası

Bir maddenin difüzyonla olan transfer akısı, o maddenin konsantrasyon gradyanı ile orantılı olup, orantı katsayısı difüzyon katsayısı olarak tanımlanır ve bu teori Fick'in 1. difüzyon yasası olarak adlandırılır. Şekil 4.3'de Fick'in 1. yasasına göre konsantrasyon-doğrultu grafiği verilmiştir.

$$J = -D \frac{\partial C}{\partial x} \quad (4.2)$$



Şekil 4.3 Fick'in 1. yasasına göre konsantrasyonun pozisyonla değişim grafiği

Difüze olan moleküllerin hareketini ifade etmemize yarayan bir orantı sabiti olan difüzyon katsayısı, belirli parametrelere göre değişiklik gösterir. Gazlarda difüzyon katsayısının değişimi incelendiğinde, sıcaklık arttıkça difüzyon katsayısının arttığı, basınç arttıkça da difüzyon katsayısının azaldığını görülür.

4.2.1.2 Fick'in 2. Difüzyon Yasası

Fick'in 2. Difüzyon yasasına göre, zamanla konsantrasyondaki değişimi, lokal difüzyon akısına eşittir.

$$\frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = -\frac{\partial J}{\partial x} \quad (4.3)$$

$$\frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = -\frac{\partial (D \partial C(x,t) / \partial x)}{\partial x} \quad (4.4)$$

Eğer difüzyon katsayısı sabitse eşitlik aşağıdaki hale dönüşür.

$$\frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = -D \frac{\partial^2 C(x,t)}{\partial x^2} \quad (4.5)$$

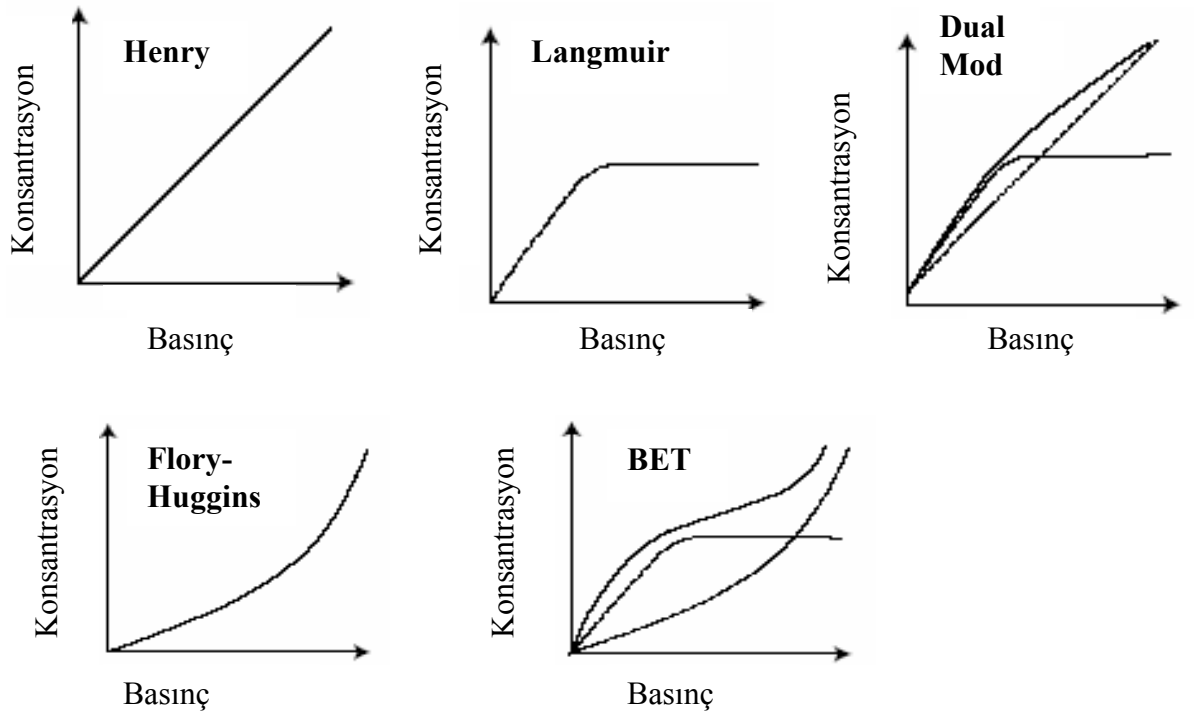
4.2.2 Sorpsiyon

Sorpsiyon terimi genel olarak penetrant moleküllerinin polimerde çözünmesi olarak tanımlanır. Polimer ortamında moleküller farklı sorpsiyon modellerine göre difüzyon ederler. Moleküllerin sorpsiyonu sıcaklık, sorplanan moleküllerinin konsantrasyonu, polimerin özellikleri gibi faktörlere bağlılık gösterir. Çizelge 4.1.'de farklı sorpsiyon modelleri ve tipik etkileşimler verilmiştir.

Çizelge 4.1 Farklı sorpsiyon modelleri ve tipik bileşen etkileşimleri

Sorpsiyon Modeli	Temel Bileşen Etkileşimi
Henry	Polimer-polimer
Langmuir	Polimer-penetrant
Dual Mod	Henry ve Langmuir modlarının kombinasyonu
Flory-Huggins	Penetrant-penetrant
BET	Langmuir ve Flory-Huggins modlarının kombinasyonu

Çizelge 4.4.'de tipik izoterm eğrileri verilmiştir.



Şekil 4.4 Tipik izoterm eğrileri

4.2.2.1 Dual Sorpsiyon Modeli

Dual sorpsiyon modeli Langmuir ve Henry modellerinin kombinasyonu ile ifade edilebilir. Bu model, camısı polimerlerde konsantrasyonun çözünürlük sabitine bağlılığını açıklamaktadır. Bu modele göre, difüzlenen moleküller arasında iki farklı bölge mevcut olup, bunlar; moleküllerin polimer içerisinde çözünmesi ve moleküllerin gözeneklerde adsorplanmasıdır (Barrer ve ark.,1958).

Dual sorpsiyon modeline göre kütle transfer akısı eşitliği aşağıda verilmiştir.

$$N_x = -D_D \cdot \frac{\partial C_D}{\partial x} - D_H \cdot \frac{\partial C_H}{\partial x} \quad (4.6)$$

C_D : Polimer içerisine absorblanan gazın molar konsantrasyonu (Henry yasasına göre çözünen)

C_H : Polimer içerisine adsorplanan gazın molar konsantrasyonu (Langmuir izotermine göre)

D_D : Henry kanununa göre çözünen moleküllerin Fickian difüzyon katsayısı

D_H : Langmuir izotermine göre adsorplanan moleküllerin Fickian difüzyon katsayısı

N_x : x doğrultusunda toplam kütle aktarım akısı

x : Koordinat

$$C_H = \frac{C'_H bp}{1 + bp} \quad (4.7)$$

C_H : Polimer içerisine adsorblanan gazın molar konsantrasyonu (Langmuir izotermine göre)

C'_H : Polimerin adsorpsiyon kapasitesi

b : Gaz / polimer polarlık sabiti

p : Denge basıncı

$$C_D = k_D p \quad (4.8)$$

C_D : Polimer içerisine absorblanan gazın molar konsantrasyonu (Henry yasasına göre çözünen)

k_D : Polimer içerisinde Henry yasasına göre çözünen gaz popülasyonuna bağlı, gaz ve sıvı fazları arasında dağılım katsayısı

p : Denge basıncı

$$C = C_D + C_H = k_D p + \frac{C'_H b p}{1 + b p} \quad (4.9)$$

$$C = C_D \left(1 + \frac{K}{1 + \alpha C_D} \right) \quad (4.10)$$

$$K = \frac{C'_H b}{k_D} \quad \alpha = \frac{b}{k_D} \quad (4.11)$$

Tanımlanan matematik eşitliklerden faydalanılarak etkin difüzyon katsayısı eşitliği elde edilir.

$$N_x = -D_{eff} \frac{\partial C_D}{\partial x} \quad (4.12)$$

$$D_{eff} = D(C) = D_D \left[1 + \frac{K(D_H / D_D)}{(1 + \alpha C_D)^2} \right] \left[1 + \frac{K}{(1 + \alpha C_D)^2} \right]^{-1} \quad (4.13)$$

D_{eff} : Etkin difüzyon katsayısı

Dual sorpsiyon modeline göre çözünürlük ve geçirgenlik katsayıları aşağıdaki eşitliklere göre tanımlanır.

$$S = \frac{C}{p} = k_D + \frac{C'_H b}{1 + b p} \quad (4.14)$$

S: Çözünürlük katsayısı

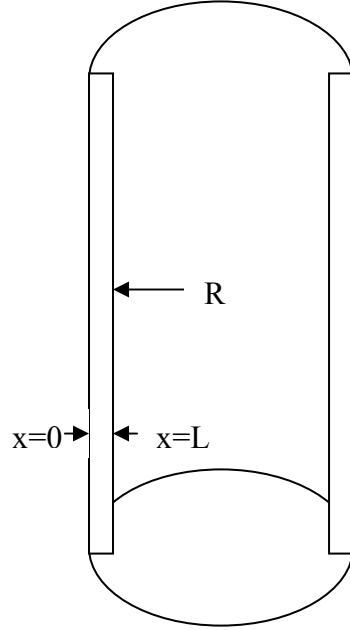
$$P_e = k_D D_D \left(1 + \frac{F K}{1 + b p} \right) \quad (4.15)$$

$$F = D_H / D_D \quad (4.16)$$

P_e : Geçirgenlik katsayısı

4.3 Gazlı İçeceklerde Basınç Düşüşünün Matematiksel Olarak İfade Edilmesi

Şekil 4.5’de gazlı içecek şişesinde hacim elemanı gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Gazlı içecek şişesinde hacim elemanının şematik gösterimi

Gazlı içeceklerde karbonlama seviyesi şişe duvarlarında gaz sorpsiyonu ve difüzyon ile zamanla değişir. Gazlı içeceklerde teorik olarak gaz kaybını bulmak için, uygun başlangıç ve sınır koşullarında elde edilen kütle denkliği eşitliğini çözmek gerekir. Yapılan araştırmalara göre basınçlı kaplarda, gaz transferi dual sorpsiyon modeline uyar. Gaz ve polimer yüzeyindeki denge, Langmuir ve Henry yasalarına göre ifade edilir.

$$C_{TOT} = C_D + C_H = k_D p + \frac{C'_H b p}{1 + b p} \quad (4.17)$$

Bu eşitlik, Fick yasasına uygulanır.

$$N_x = -D_D \frac{\partial C_D}{\partial x} - D_H \frac{\partial C_H}{\partial x} \quad (4.18)$$

$$N_x = -D_{eff} \frac{\partial C_D}{\partial x} \quad (4.19)$$

Eşitlik 4.18. 'de ifade edilen D_{eff} konsantrasyona bağlı olarak 4.19 eşitliğine göre tanımlanır.

$$D_{eff} = D_D \left[\frac{1 + \frac{\left(\frac{D_H}{D_D}\right) \left(\frac{C'_H \cdot b}{k_D}\right)}{(1+b.p)^2}}{\frac{C'_H \cdot b}{k_D} + 1 + \frac{k_D}{(1+b.p)^2}} \right] \quad (4.20)$$

Hacim elemanında CO_2 kütle denklığı kurulur.

$$\frac{\partial C_{TOT}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{eff} \frac{\partial C_{TOT}}{\partial x} \right) \quad (4.21)$$

Uygun sınır ve başlangıç koşullarında diferansiyel denklem çözülür.

$$t=0 \quad 0 < x < L \quad p_{CO_2} = 0 \quad (4.22)$$

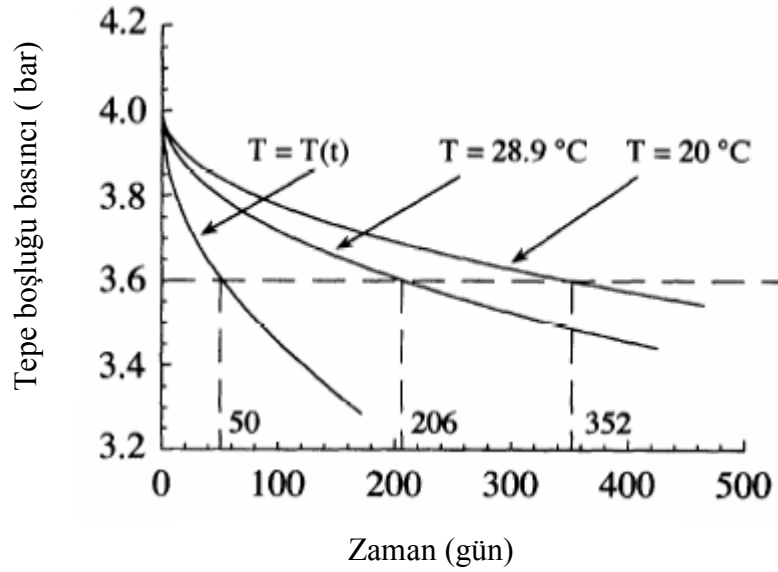
$$t=0 \quad x=L \quad p_{CO_2} = 0 \quad (4.23)$$

$$t=0 \quad x=0 \quad p_{CO_2} = \frac{n_{TOT}(t)}{\frac{V_2}{R.T} + H.V_1} \quad (4.24)$$

5. GAZLI İÇECEKLERDE BASINÇ KAYBI İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

5.1 Plastik şişedeki gazlı içeceklerde sıcaklığın raf ömrüne etkilerinin incelenmesi

Yapılan çalışmada referans sıcaklık 5°C olarak alınmış, tepe boşluğu basıncının 4atm olduğu varsayılmıştır. Denemelerin yapıldığı ambalaj, 2L hacminde, PET materyalinden yapılmış plastik bir şişedir. Gaz faz hacmi 119 cm³, yüzey alanı 55 cm², sıvı faz hacmi 931.7 cm³, yüzey alanı 931.7 cm²'dir. Çalışmada Henry, Langmuir yasaları ve Dual Sorpsiyon modeli kullanılarak etkin difüzyon katsayısı denklemi elde edilmiştir. Difüzyon katsayısının ve elde edilen diferansiyel denklemin çözülmesi için gerekli olan sabitler sıcaklığın fonksiyonu olarak ifade edilmiştir. Uygun sınır koşulları kullanılarak elde edilen diferansiyel denklem bilgisayar programı ile çözülmüş ve elde edilen sonuçlar grafiksel olarak gösterilmiştir (Del Nobile vd.,1997).

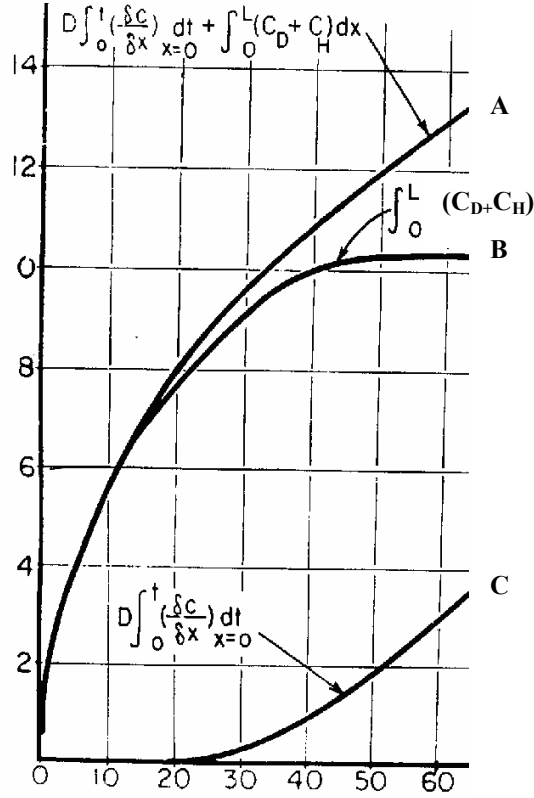


Şekil 5.1 PET şişede zaman-basınç düşüşü grafiği (Del Nobile vd.,1997)

Elde edilen sonuçlara göre, depolama sıcaklığı gazlı içeceğin raf ömrünü etkilemektedir. Eğer gazlı içeceğin şişelemeden tüketime kadar geçen depolama süresi boyunca sıcaklığı oda sıcaklığına eşit ve sabit kabul edilirse, raf ömrünün 1 yıldan daha uzun olduğu görülür. Depolama sıcaklığı 8.9°C artırılırsa gazlı içeceğin raf ömrü 352'den 206 güne düşer. Aradaki düşüş farkı oldukça yüksek olduğundan dolayı PET şişelerdeki gazlı içeceklerin raf ömrünün 1 yıldan daha az olduğu kabul edilir (Del Nobile vd.,1997).

5.2 Basınçlı Plastik Ambalajlarda Teorik Olarak Basınç Düşüşü Tahmini

Basınçlı plastik kaplarda teorik olarak basınç düşüşünün hesaplanması incelenmiştir. Basınçlı plastik kaplarda, sistemi tanımlayan matematiksel model çıkarılarak, uygun sınır koşullarında çözülmüş ve (%basınç düşüşü- zaman) grafiği elde edilmiştir (Fenelon ,1973).

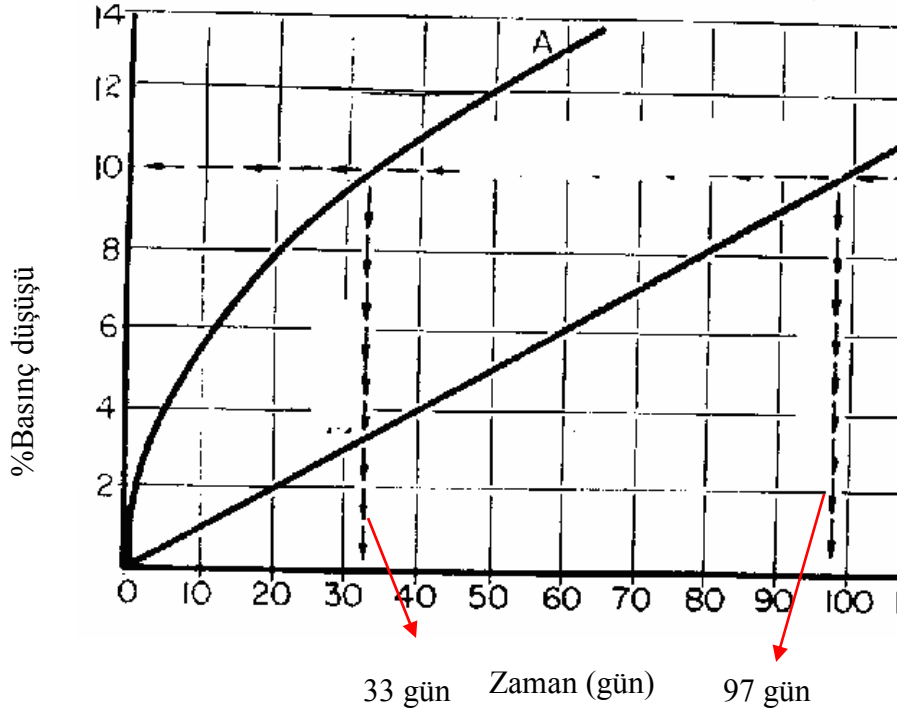


Şekil 5.2 Basınçlı kapta yatışkın olmayan halde basınç düşüşü-raf ömrü grafiği
(Fenelon ,1973)

Şekil 5.2'de A eğrisi toplam gaz kaybını, B eğrisi absorpsiyon ile gaz kaybını, C eğrisi gaz geçirgenlik ile gaz kaybını göstermektedir (Fenelon ,1973).

Elde edilen sonuçlara göre basınçlı kaplarda basınç düşüşü, gaz sorpsiyonuna, gaz geçirgenliğine ve materyalin viskoelastik özelliklerine bağlıdır (Fenelon ,1973).

Şekil 5.3'de basınçlı kaplarda basınç düşüşü-raf ömrü grafiği verilmiştir.



Şekil 5.3 Basınçlı kaplarda basınç düşüşü-raf ömrü grafiği (Fenelon ,1973)

6. DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN MALZEMELER VE UYGULANAN YÖNTEMLER

6.1 Çalışmanın amaç ve Kapsamı

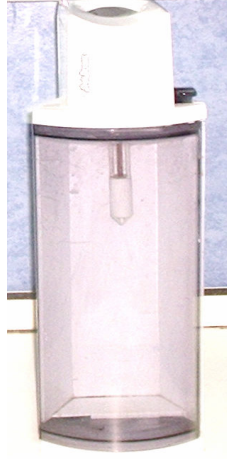
Yapılan çalışma kapsamında, farklı markalara ait kola içecekleri ve portakallı gazlı içecekler alınarak, sahip oldukları gaz basınçları ve CO₂ konsantrasyonları ölçülmüştür. Hazırlanan kolalı içeceklerde değişik karbondioksit konsantrasyonlarında gaz kaçış süresi belirlenmiş, farklı sıcaklıklarda içimler yapılarak en uygun içim sıcaklığı bulunmaya çalışılmıştır. Ayrıca hazırlanan, kola ve light kola içeceklerine gaz kabarcıklarının yüzeye ulaşma süresinin uzatılması amacıyla pektin stabilizer karışımı eklenerek, gaz kaçma süresine etkileri incelenmiştir. Çalışmanın diğer bir bölümünde, soğuk hava deposu sıcaklığı ve normal oda sıcaklığında olmak üzere farklı koşullarda aynı üretim tarihine sahip kola içecekleri depolanarak, haftada bir kez gaz ölçümleri yapılmıştır. Bunun neticesinde depolama süresi boyunca, kola içeceğinde meydana gelen basınç kaybı belirlenmiş ve basınç kaybına sıcaklığın etkisi incelenmiştir.

6.2 Kullanılan Ekipmanlar

Çalışmanın materyalini piyasadan temin edilen farklı markalara ait kolalı gazlı içecekler ve portakallı gazlı içecekler oluşturmuştur. Üretim tarihleri birbirine yakın olan farklı marka kolalı ve portakallı gazlı içecekler piyasadan temin edilmiştir. Ayrıca laboratuvar ortamında kolalı gazlı içecekler hazırlanarak, denemelerin bazı bölümlerinde kullanılmıştır.

- Refraktometre (Atago RX-5000) ile gazlı içeceklerin şeker içeriği bulunmuştur. Refraktometreden okunan rakamlar doğrudan doğruya 100 g'da çözünen katı maddeyi (brix) vermektedir.
- Ultrasonik Banyo (Transsonic TS 540 Elma) kullanılarak, gazlı içeceklerdeki karbondioksit gazı uzaklaştırılmış ve içecek brix ölçümü için uygun hale getirilmiştir.
- Karbondioksit gazlama ünitesi (Soda Stream Gemini); kolalı içecek hazırlama aşamasında, su içerisine karbondioksit gazını göndermek amacı ile kullanılmıştır.

Suyun gazlanması için, gazlama ünitesinin su haznesi su ile doldurulur, hazırlanan su haznesi cihaz içerisine yerleştirilir. Cihaz çalıştırılarak suyun içerisine istenilen miktarda karbondioksit gazının verilmesi sağlanır. Gazlama için su kullanılacağı gibi, gazlı içecek te doğrudan gazlandırılabilir. Şekil 6.1’de deneylerde kullanılan gazlama ünitesi gösterilmiştir.



Su
haznesi

Şekil 6.1 Gazlama ünitesi

- Su banyosu (Lauda E100); hazırlanan ve piyasadan temin edilen gazlı içecekleri, diğer uygulamalar için uygun sıcaklığa getirmek amacıyla kullanılmıştır.
- Tork (Polytron Dispensing and Mixing Technology, Kinematica) kullanılarak kıvam artırıcı çözeltileri hazırlanmıştır. Şekil 6.2’de kıvam artırıcı çözeltilerini hazırlamak için kullanılan tork aleti gösterilmiştir.



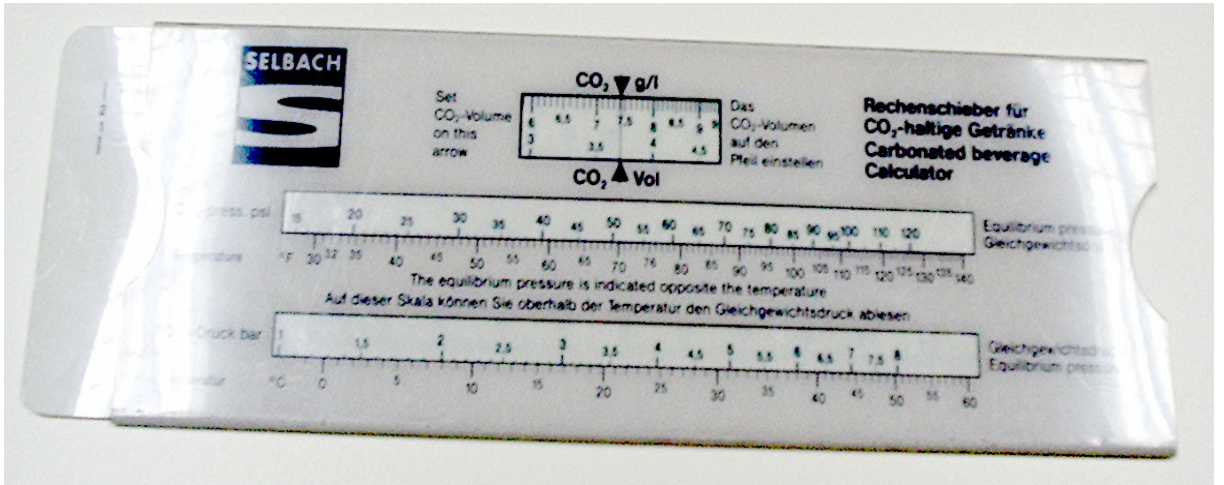
Şekil 6.2 Kıvam artırıcı çözeltileri hazırlanan tork aleti

- Gazlı içeceğin içerdiği karbondioksit gazının basıncını ölçmek amacıyla şekil 6.3'te verilen gaz basıncı ölçüm cihazı kullanılmıştır.



Şekil 6.3 Gaz basıncı ölçüm cihazı

- Gaz basıncı ölçümü yapıldıktan sonra, ölçüm yapılan sıcaklıkta ve ölçülen basınç değerindeki karbondioksit konsantrasyonu Selbach firmasının hazırladığı sıcaklık-basınç-CO₂ konsantrasyonu skalasından okunur. Bilinen sıcaklık ve ölçülen basınç değerinin skala üzerinde kesişmesi sağlanarak, kesişme noktasına karşılık gelen karbondioksit konsantrasyonu okunur. Şekil 6.4'de karbondioksit konsantrasyonu-basınç- sıcaklık skalası gösterilmiştir.



Şekil 6.4 Sıcaklık-basınç-karbondioksit konsantrasyonu skalası

Ayrıca kolalı içeceklerin hazırlanmasında kullanılan kola base 1, kola base 2, sodyum benzoat, şeker çözeltisi, tatlandırıcı karışımı, pektin ve stabilizer karışımı (pektin, CMC, gum arabic, Na-alginat) Döhler Gıda Sanayi ve Tic. Ltd. Şti. tarafından karşılanmıştır.

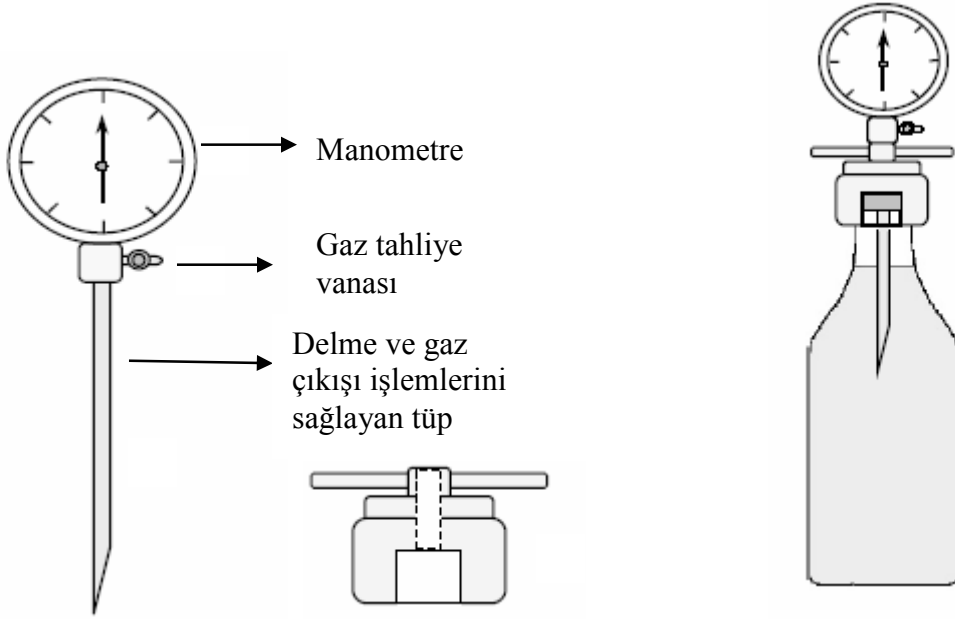
6.3. Yapılan Deneyler

6.3.1 Piyasadaki kolalı/portakallı gazlı içeceklerin gaz basınçlarının farklı sıcaklıklarda ölçülmesi ile CO₂ konsantrasyonlarının belirlenmesi deneyleri

Farklı markalara ait olan örneklerin gaz basıncını ölçmek için üzerinde bir manometre, şişenin kapağında delik açmak için bir delici ve gazın dışarı gönderilmesini sağlayan bir gaz tahliye vanası bulunan bir düzenek kullanılmıştır. Bu düzenek Şekil 6.5’de gösterilmiştir.

Deney aşağıdaki aşamalara göre gerçekleştirilmiştir:

1. Farklı markalara ait, benzer özellikler taşıyan kolalı/portakallı gazlı içecekler için ölçüm yapılacak sıcaklıklar belirlenmiştir.
2. Belirlenen sıcaklıklara uygun olarak depolama sağlanmış ve istenilen sıcaklıklar elde edildikten sonra ölçümler gerçekleştirilmiştir. Uygun depolama sıcaklığında bekletilen gazlı içecekler, sıcaklık muhafazasını sağlamak amacıyla deney başlayana dek sabit sıcaklığa ayarlanmış su banyosunda bekletilmiştir.
3. İstenilen sıcaklığa getirilen içecek şişesinin kapağının üzerine ölçüm aleti yerleştirilmiş, istenmeyen gaz kaçımasını engellemek amacıyla, ölçüm aletinin şişenin üzerine sıkıca oturması sağlanmıştır (Aksi takdirde bir miktar gaz şişedeki içecekten kaçacağından dolayı doğru bir ölçüm yapılmaz).
4. Ölçüm aletinde bulunan delici kısım vasıtasıyla kapak üzerinde gazın dışarı çıkmasını sağlayacak bir delik açılmıştır.
5. Şişe hızlıca çalkalanmıştır.
6. Çalkalama esnasında, ölçüm aletinin üzerinde bulunan manometre vasıtasıyla basınç takip edilmiştir.
7. Basıncın sabit kaldığı andaki değer kaydedilmiştir.
8. Sıcaklık-basınç-karbondioksit konsantrasyonu skalası değerlerinin okunabildiği, ticari bir skaladan ölçülen sıcaklık ve basınç değerlerine karşılık gelen CO₂ konsantrasyonu belirlenmiştir.
9. Gazlı içeceklerin brix değerlerinin bulunması için, oda sıcaklığındaki içeceğin ultrasonic banyo yardımıyla gazı kaçırılmıştır. Gazı uzaklaştırılmış olan 20°C’deki içeceğin, refraktometre kullanılarak brix değeri belirlenmiştir.



Şekil 6.5 Gaz ölçüm ekipmanı

6.3.1.1 Piyasadaki farklı marka kolalı gazlı içeceklerin gaz basınçlarının farklı sıcaklıklarda ölçülmesi ile elde edilen sonuçlar

Çizelge 6.1’de farklı marka kolalı içeceklerde karbondioksit konsantrasyonlarının ve gaz basınçlarının farklı sıcaklıklardaki değerleri verilmiştir.

Çizelge 6.1 Farklı sıcaklıklarda farklı marka kolalı içeceklerde CO₂ konsantrasyonları ve gaz basınçları

Sıcaklık (°C)	Marka	Son Kullanma Tarihi	Şişe Özelliği	Basınç (bar)	CO ₂ Konsantrasyonu (g/L)	Brix (%)
8	Marka 1	01.12.2005	Cam şişe	1,90	7,10	11,98
	Marka 2	24.12.2005	Cam şişe	2,00	7,40	11,87
	Marka 3	26.11.2005	Cam şişe	1,90	7,10	11,76
	Marka 4*	20.11.2005	PET şişe	1,70	6,60	1,39
11	Marka 1	01.12.2005	Cam şişe	2,20	7,10	11,81
	Marka 2	24.12.2005	Cam şişe	2,30	7,30	11,76
	Marka 3	26.11.2005	Cam şişe	2,00	6,80	11,53
	Marka 4*	20.11.2005	PET şişe	1,80	6,30	1,34
19	Marka 1	01.12.2005	Cam şişe	3,00	6,90	10,83
	Marka 2	24.12.2005	Cam şişe	3,10	7,10	10,81
	Marka 3	26.11.2005	Cam şişe	3,00	6,90	10,94
	Marka 4*	20.11.2005	PET şişe	2,50	6,10	1,32
22	Marka 1	01.12.2005	Cam şişe	3,40	7,00	10,79
	Marka 2	24.12.2005	Cam şişe	3,50	7,15	10,76
	Marka 3	26.11.2005	Cam şişe	3,30	6,85	10,83
	Marka 4*	20.11.2005	PET şişe	2,70	6,30	1,30

* Yapay tatlandırıcılı ürün

Piyasadaki farklı marka kolalı içeceklerle ait değişik sıcaklıklarda yapılan ölçümler sonucunda, elde edilen sonuçlar, sabit sıcaklıkta yapılan basınç ölçümlerinde en yüksek basınç değeri ve dolayısıyla karbondioksit konsantrasyonunun, marka 2'de olduğunu onu marka 1, marka 3 ve marka 4'ün izlediğini göstermektedir. Ölçülen brix değerleri karşılaştırıldığında, hemen hemen birbirine yakın sonuçların bulunduğu, marka 4'de tatlandırıcı kullanımı sebebiyle brix değerinin düşük olduğu belirlenmiştir.

Farklı koşullarda, farklı marka kolalı gazlı içecekler kullanılarak 8-22°C sıcaklık aralığında yapılan 4 farklı deneme neticesinde sıcaklığın basınç ve CO₂ konsantrasyonu üzerindeki etkisi saptanmıştır. Sıcaklığı düşük olan örneklerde basınç da düşük, sıcaklığı yüksek olan örneklerde basınç ta yüksektir. Ticari sıcaklık-basınç-CO₂ konsantrasyonu skalasından yapılan okumalara göre belirli sıcaklık ve basınçta aynı ürün içerisinde bulunan CO₂ konsantrasyonu sabittir. Sıcaklık 8°C'den 22°C'ye çıkarıldığında basınç değerlerinde marka 1'de %78,95, marka 2'de %75,00, marka 3'de %73,68, marka 4'de %58,82'lik bir artış gözlenmiştir. Farklı markalara ait kolalı içeceklerdeki sıcaklık 8°C'den 22°C'ye çıkarıldığında brix değerlerinde marka 1'de %9,93, marka 2'de %8,69, marka 3'de %7,91, marka 4'de %6,48'lik bir azalma gözlenmiştir.

Sıcaklık değişimi aynı olmasına rağmen farklı marka kolalı içecekler arasında basınç değişimlerinin farklı olmasının sebepleri karbondioksit gazının içecek içerisine absorplanma oranlarının markalara göre değişiklik göstermesi, ürün içerisindeki gaz kabarcıklarının çapının farklı olması ve tüketiciye ulaşana dek içeceklerin depolandığı koşulların aynı olmamasıdır. Farklı kolalı içecekler temel olarak aynı bileşenleri içermelerine rağmen kullanılan bileşenlerin miktarı, içecek içerisine gönderilen karbondioksit gazı miktarı gibi faktörlerden dolayı aynı sıcaklıkta farklı gaz basınçlarına sahip olabilirler.

6.3.1.2 Piyasadaki farklı marka portakallı gazlı içeceklerin gaz basınçlarının farklı sıcaklıklarda ölçülmesi ile elde edilen sonuçlar

Çizelge 6.2'de farklı marka portakallı gazlı içeceklerde karbondioksit konsantrasyonları ve gaz basınçlarının farklı sıcaklıklardaki değerleri verilmiştir.

Çizelge 6.2 Farklı sıcaklıklarda farklı marka portakallı içeceklerde CO₂ konsantrasyonları ve gaz basınçları

Sıcaklık (°C)	Marka	Son Kullanma Tarihi	Şişe Özelliği	Basınç (bar)	CO ₂ Konsantrasyonu (g/L)	Brix (%)
11	Marka 1	01.12.2005	Cam şişe	2,00	6,80	11,80
	Marka 2	24.12.2005	Cam şişe	2,20	7,10	11,79
19	Marka 1	01.12.2005	Cam şişe	3,00	6,90	10,80
	Marka 2	24.12.2005	Cam şişe	3,10	7,10	10,77
22	Marka 1	01.12.2005	Cam şişe	3,30	6,95	10,77
	Marka 2	24.12.2005	Cam şişe	3,50	7,15	10,73

Piyasadaki farklı marka portakallı gazlı içeceklere ait yapılan ölçümler neticesinde, elde edilen sonuçlar Çizelge 6.2’de verilmiştir. Buna göre farklı sıcaklıklarda yapılan basınç ölçümlerinde en yüksek basınç değeri ve dolayısıyla karbondioksit konsantrasyonunun marka 2’de meydana geldiği bulunmuştur.

Farklı koşullarda, farklı marka portakallı gazlı içecekler kullanılarak 11-22°C sıcaklık aralığında yapılan bu 3 farklı deneme neticesinde sıcaklığın basınç ve CO₂ konsantrasyonu üzerindeki etkisi saptanmıştır. Sıcaklığı düşük olan numunelerde basınç da düşük, sıcaklığı yüksek olan numunelerde basınçta yüksektir. Ticari sıcaklık-basınç-CO₂ sıklasından yapılan okumalara göre belirli sıcaklık ve basınçta aynı ürün içerisinde bulunan CO₂ konsantrasyonu sabittir. Sıcaklık 11°C’den 22°C’ye çıkarıldığında basınç değerlerinde marka 1’de %9.09’luk bir basınç artışı meydana gelirken marka 2’de %11.43 gibi daha yüksek bir basınç farkı meydana gelmiştir. Farklı markalı portakallı içeceklerde, karbondioksitin içecek içerisine emiliminin markalara göre farklı olması, içecek içerisinde bulunan gaz kabarcıklarının çapının farklı olması gibi faktörlerden dolayı, içecekler aynı sıcaklık değişiminde farklı basınç değişimi gösterirler.

6.3.2 Farklı marka kolalı/portakallı gazlı içeceklerde 10°C’de gaz kaçış süresinin belirlenmesi ile ilgili deneyler

1. Farklı markalara ait 1. deneyde kullanılan kolalı/portakallı gazlı içecekler 10°C sıcaklığa getirilmiştir.
2. Aynı koşullarda, aynı miktarda farklı marka gazlı içecekler bardağa doldurulmuştur.

3. Gazın örneklerden tamamen uzaklaşmasına kadar geçen süre gözlem yapılarak belirlenmiştir.
4. Yapılan gözlemler esnasında belirli zaman aralıkları ile numunelerin tatlarına bakılıp, tat değişimi olup olmadığı belirlenmiştir.

6.3.2.1 Farklı marka kolalı gazlı içeceklerde 10°C sıcaklıkta gaz kaçış süresinin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar

Çizelge 6.3’de farklı marka kolalı içeceklerde yapılan gözlemler neticesinde, 10°C sabit sıcaklıkta gazın tamamen içecekten uzaklaştığı süreler verilmiştir.

Çizelge 6.3 Farklı marka kolalı içeceklerde 10°C’de gaz kaçış süresi

Marka	Son Kullanma Tarihi	Sıcaklık (°C)	Zaman (dak)
Marka 1	01.12.2005	10	31
Marka 2	24.12.2005	10	27
Marka 3	26.11.2005	10	21
Marka 4*	20.11.2005	10	17

Yapılan denemeler neticesinde farklı markalara ait ürünler kullanılarak yapılan gözlemlere dayanılarak, her markanın gaz kaçış süresinin farklı olduğu bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, ilk 5 dak. süre içerisinde gaz kaçışının daha hızlı gerçekleştiği daha sonra yavaşlamaya başladığı ve her marka için değişen belli bir zamandan sonra tamamen durduğu bulunmuştur. Farklı marka ürünlere ait basınç değerleri birbirinden farklı olduğundan dolayı, bu ürünlerden karbondioksit gazının uzaklaşma süreleri farklıdır. Çizelge 6.3’de verilen sonuçlara göre marka 1’de gaz kaçış süresi 31 dakika iken, marka 2’de bu süre 27 dakika, marka 3’de 21 dakika ve marka 4’de 17 dakika olarak bulunmuştur. Zamanla ürünlerde gaz kaçmasına bağlı olarak önemli tat değişimleri meydana gelmiştir. Karbondioksit gazının içecekten uzaklaşmasına bağlı olarak içeceğin içim kalitesi düşmüştür.

Sabit sıcaklıkta farklı marka kolalı içeceklerde, gaz kabarcıklarının çapının birbirinden farklı olacağı ve karbondioksitin içeyeğe yedirilme oranlarının aynı olmayacağından dolayı gaz kaçış süresi farklı marka kolalı içeceklerde birbirinden farklıdır.

* Yapay tatlandırıcı ürün

6.3.2.2 Farklı marka portakallı gazlı içeceklerde 10°C sıcaklıkta gaz kaçış süresinin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar

Çizelge 6.4’de farklı marka portakallı içeceklerde yapılan gözlemler neticesinde, 10°C sabit sıcaklıkta gazın tamamen içecekten uzaklaştığı süreler verilmiştir.

Çizelge 6.4 Farklı marka portakallı gazlı içeceklerde 10°C’de gaz kaçış süresi

Marka	Son Kullanma Tarihi	Sıcaklık, °C	Zaman,dak.
Marka 1	01.12.2005	10	21
Marka 2	24.12.2005	10	24

Yapılan denemeler neticesinde farklı markalara ait ürünler kullanılarak yapılan gözlemlere dayanılarak, her markanın gaz kaçış süresinin farklı olduğu bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, ilk 5 dak. süre içerisinde gaz kaçışının daha hızlı gerçekleştiği daha sonra yavaşlamaya başladığı ve her marka için değişen belli bir zamandan sonra tamamen durduğu bulunmuştur. Çizelge 6.4’da verilen sonuçlara göre marka 2’de gaz kaçış süresi 24 dakika iken, marka 1’de bu süre 21 dakika olarak bulunmuştur.

Sabit sıcaklıkta farklı marka portakallı içeceklerde, gaz kabarcıklarının çapının birbirinden farklı olacağı ve karbondioksitin içeyeğe yedirilme oranlarının aynı olmayacağından dolayı gaz kaçış süresi farklı marka kolalı içeceklerde birbirinden farklıdır.

6.3.3 Aynı içeceklerde değişik karbondioksit konsantrasyonlarında gaz kaçış süresinin belirlenmesi ile ilgili deneyler

1. Kola reçetesine uygun olarak kolalı içecekler hazırlanır. Çizelge 6.5’de kolalı içecek hazırlamak için gerekli olan bileşenler ve miktarlarının yer aldığı örnek bir kolalı içecek reçetesi verilmiştir.

Çizelge 6.5 1 litre kolalı içecek hazırlamak için gerekli olan kolalı içecek reçetesi

Bileşen	Miktar
Kola base1	2,00 g
Kola base 2	1,00 g
Şeker şurubu (%65)	170,80 g
Na-benzoat	0,15 g
CO ₂	8,00 g/l

Kolalı içecek hazırlamak için tüm bileşenler izelge 6.5’de verilen miktarlara göre ilave edildikten sonra, su ile 1 litre’ye tamamlanmıştır.

2. Farklı konsantrasyonlarda kolalı içecek hazırlamak maksadıyla kolalı içecek içerisindeki CO₂ konsantrasyonunun standart olarak 8 g/l olduğu temel alınmıştır.
3. Deneylein yapılacağı 330 ml’lik cam şişelere konulması gereken gazlı su ve gazsız su miktarı hazırlanacak örneklerde bulunması istenen CO₂ konsantrasyonuna göre hesaplanmıştır. Gazlı suyun karbondioksit konsantrasyonunun 8 g/l olacak şekilde ayarlanmıştır.
4. Konsantrasyon aralığı 3-8 g/l CO₂ olacak şekilde numuneler hazırlanmıştır.
5. Elde edilen numuneler aynı koşullarda bekletilmiştir.
6. Aynı sıcaklıkta bekletilen numuneler, aynı koşullarda bardağa doldurulmuştur.
7. Gözlem yapılarak gaz kaçış süreleri belirlenmiştir.

Çizelge 6.6’da farklı konsantrasyonlarda kolalı içecek hazırlamak için gerekli olan su ve gazsız su miktarları verilmiştir.

Çizelge 6.6 Farklı konsantrasyonlarda CO₂ içeren 330 ml kolalı içecek hazırlamak için gerekli olan gazlı su ve gazsız su miktarları

CO ₂ konsantrasyonu (g/L)	Gazlı su miktarı (ml)	Gazsız su miktarı (ml)
3	123,75	206,25
4	165,00	165,00
5	206,25	123,75
6	247,50	82,50
7	288,75	41,25
8	330,00	0,00

6.3.3.1 Aynı içeceklerde değişik karbondioksit konsantrasyonlarında gaz kaçış süresinin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar

Çizelge 6.7’de aynı tür içeceklerde değişik karbondioksit konsantrasyonlarında gaz kaçış süreleri verilmiştir.

Çizelge 6.7 Aynı içeceklerde değişik karbondioksit konsantrasyonlarında gaz kaçış süreleri

CO ₂ konsantrasyonu (g/L)	Sıcaklık (°C)	Gaz kaçış süresi (dak)
8	10	34
7	10	31
6	10	28
5	10	26
4	10	22
3	10	20

Aynı kola bileşenleri kullanılarak farklı karbondioksit konsantrasyonlarında hazırlanan kolalı içeceklerde yapılan gözlemler neticesinde, sabit sıcaklıkta, CO₂ konsantrasyonunun artması ile gaz kaçış süresinin uzadığı, dolayısıyla tadını daha uzun süre koruduğu belirlenmiştir. Çizelge 6.7'ye göre 3-8 g/l karbondioksit konsantrasyonuna sahip olacak şekilde hazırlanan kolalı içeceklerde gaz kaçış süresinin 20-34 dakika aralığında değiştiği bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre karbondioksit konsantrasyonu %62,50 artırılırken, gaz kaçış süresi %41,18 oranında artış göstermiştir. Karbondioksit konsantrasyonunun düşük olduğu durumlarda içim kalitesi, karbondioksit konsantrasyonunun yüksek olduğu durumlara göre daha düşüktür.

6.3.4 Kıvam artırıcıların gaz kabarcıklarının yüzeye ulaşma süresine etkisinin belirlenmesine ilişkin deneyler

1. Kola reçetesine uygun olarak kolalı içecekler ve light kolalı içecekler hazırlanmıştır. Kolalı içecek hazırlamak için kola reçetesi Çizelge 6.5'de verilmiştir. Reçetedeki bileşenler karıştırıldıktan sonra su ile 1 litre'ye tamamlanmıştır. Light kolalı içecekler ise Çizelge 6.8'e göre hazırlanmış ve su ile 1 litre'ye tamamlanmıştır.

Çizelge 6.8'de 1 litre light kolalı içecek hazırlanması için gerekli bileşenler ve miktarlarının belirtildiği light kolalı içecek reçetesi verilmiştir.

Çizelge 6.8 1 litre light kolalı içecek hazırlamak için gerekli olan örnek bir light kolalı içecek reçetesi

Bileşen	Miktar
Kola base1	2,00 g
Kola base 2	1,00 g
Tatlandırıcı karışımı (%1)	56,00 g
Na-benzoat	0,15 g
CO ₂	8,00 g/l

2. Reetelerine uygun olarak hazırlanan kolalı içecek için gerekli olan su, gazlama ünitesinde karbondioksit gazı gönderilerek hazırlanmıştır.
3. Kullanılacak olan pektin ve stabilizer karışımından (Stabilizer karışımının içeriği %50 karboksi metil selüloz, %30 pektin, %15 guar gam, %5 sodyum aljinattır.) tork aleti kullanılarak çözelti hazırlanmıştır. Bunun için stabilizer bir miktar suda zlp, karışırken aynı zamanda ısıtma yapan tork aletinde homojen bir stabilizer karışımı haline getirilmiştir.
4. Hazırlanan stabilizer konsantrasyonu 1 g/l olacak şekilde, hazırlanan kolalı içecek numunelerine ilave edilmiştir.
5. Hazırlanan kolalı içecekler su banyosu kullanılarak 22°C sıcaklığa getirilmiştir. Analiz oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.
6. Her iki tür kolalı ieeekte farklı stabilizerler için gözlem yapılarak, gaz kaçış süresine stabilizerlerin etkisi incelenmiştir.

6.3.4.1 Kıvam artırıcıların gaz kabarcıklarının yüzeye ulaşma süresine etkisinin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar

Çizelge 6.9'da kıvam artırıcı ilavesinin gaz kaçış süresine etkisi verilmiştir.

Çizelge 6.9 Kıvam artırıcı ilavesinin gaz kaçış süresine etkisi

Kıvam artırıcı eşidi	Kolalı ieeeklerde gaz kaçış süresi (dak)	Light kolalı ieeeklerde gaz kaçış süresi (dak)
Kıvam artırıcı yok	33	34
Pektin	40	42
Stabilizer karışımı	47	48

Kıvam artırıcılar, gıdaların kıvamını artırmak amacıyla gıdalara belirli oranlarda ilave edilen maddelerdir. Kıvam artırıcı ilave edilen sıvı bir gıdanın viskozitesi ilave edilen kıvam artırıcının cinsine, miktarına ve sıvı gıdanın miktarına bağlı olarak artış gösterir. Dolayısıyla gazlı içeceğe kıvam artırıcı ilavesi ile içeceğin viskozitesi belirli oranda artar. Stoke's yasasına bağlı olarak viskozite artışı ile gaz kabarcıklarının hızı ters orantılıdır. İçeceğin viskozitesinin artması ile gaz kabarcıklarının hızı azalır, hızı azalan gaz kabarcıkları da yüzeye daha uzun sürede ulaşır. Farklı kıvam artırıcıların viskozitedeki meydana getirdikleri artış farklı olduğundan dolayı, ilave edildikleri içeceklerde de kabarcıkların yüzeye ulaşma süreleri birbirinden farklıdır.

Çizelge 6.9'a göre kıvam artırıcı ilave edilmeden yapılan ölçümlerde gaz kaçış süresi 33 dakika, pektin ilave edilen kolalı içecek örneğinde 40 dakika ve stabilizer karışımı ilave edilen kolalı içecek örneğinde 47 dakika olarak bulunmuştur. Buna göre kıvam artırıcı eklenmemiş haline oranla kolalı gazlı içeceklerde gaz kaçış süresinde, pektin eklenmesi ile %17,50, stabilizer karışımı eklenmesi ile %29,79'luk bir artış meydana gelmiştir. Light kolalı içekte ise gaz kaçış süresi kıvam artırıcı eklenmemiş haline oranla, pektin eklenmesi ile %19,04, stabilizer karışımı eklenmesi ile %29,17'lik bir artış meydana gelmiştir.

Pektin eklenen light ve normal kolalı içecek örneklerinde, kıvam artırıcı eklenmemiş hallerine göre önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Stabilizer karışımı (pektin, CMC, gum arabic, Na-alginat) eklenen light ve normal koladaki gaz kabarcıklarının yüzeye ulaşma süresi, kıvam artırıcı eklenmemiş haline göre önemli ölçüde değişmiştir. Stabilizer karışımında (pektin, CMC, gum arabic, Na-alginat), gaz kabarcıklarının yüzeye varış süresi kısalmıştır ve içecek bu şekilde gaz kabarcıklarını daha geç kaybetmiştir. Fakat kıvam artırıcı ilavesi kolalı içeceklerin tadını önemli ölçüde etkilemiş ve kolalı içeceklerin karakteristik tadını değiştirmiştir.

6.3.5 Farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen kolalı içeceklerde uygun içim sıcaklığının belirlenmesine ilişkin deneyler

1. Çizelge 6.5'de verilen kola reçetesine uygun olarak kolalı içecekler hazırlanmıştır. Kolalı içecek hazırlamak için tüm bileşenler Çizelge 6.5'de verilen miktarlara göre ilave edildikten sonra, su ile 1 litreye'ye tamamlanmıştır.
2. Hazırlanan kolalı içecekler buzdolabında(4°C'de) 3 gün süre ile bekletilmiştir.

3. Hazırlanan kolalı içecekler 3 gün sonra, su banyoları kullanılarak ısıtılmak sureti ile istenilen sıcaklığa getirilmiştir.
4. 5°C, 10°C, 15°C, 20°C’ de hazırlanan kolalı içecekler farklı kişilerce tadılarak duyu analizleri yapılmıştır.
5. Bu sayede en iyi tadım sıcaklığı belirlenmeye çalışılmıştır.

6.3.5.1 Farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen kolalı içeceklerde uygun içim sıcaklığının belirlenmesi ile ilgili sonuçlar

Çizelge 6.10’da farklı sıcaklıklarda hazırlanan kolalı içeceklerin içiminin hangi sıcaklıklarda daha iyi olduğunu belirlemek için yapılan sıralamalar ve bu sıralamaları kaç kişinin seçtiği gösterilmiştir. Tercih edilen sıralamalar üç farklı kombinasyondadır. Bunlar: 5°C-10°C-15°C-20°C, 5°C-15°C-10°C- 20°C, 10°C-15°C-5°C- 20°C’dir.

Çizelge 6.10 Sıcaklık sıralaması-kişi sayısı tablosu

Sıralama	Kişi Sayısı
5°C-10°C-15°C- 20°C	4
5°C-15°C-10°C- 20°C	1
10°C-15°C-5°C- 20°C	1

Elde edilen sonuçlara göre tadım yapan kişilerin büyük bir çoğunluğu, 5°C’ de kolalı içeceğin tadının en iyi algılandığı, içiminin en iyi olduğu, 20°C’ de ise kolalı içeceğin içim kalitesinin düştüğü fikirlerinde birleşmiştir. Gazların çözünürlüğü sıcaklık artışı ile azaldığından dolayı, CO₂ soğuk ortamlarda daha iyi çözünmekte ve bu da içeceğin tadını hissedilebilir hala getirmektedir. Fakat yüksek sıcaklıklarda gazın çözünürlüğü azalacağından, gazlı içeceğin karakteristik tadı değişmektedir. Bu sebeple, gazlı içeceklerin soğuk içilmesi tavsiye edilmektedir. Sonuç olarak Çizelge 6.10’a göre gazlı içecekler için en iyi içim sıcaklığı büyük bir çoğunluğun seçimiyle 5°C olarak bulunmuştur.

6.3.6 Farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen kolalı ieeğin depolama süresi boyunca basınç değişimin belirlenmesine ilişkin deneyler

1. Aynı markaya ait kola numuneleri soğuk hava deposunda ve oda sıcaklığında depolanmıştır.
2. Her hafta soğuk hava deposunda ve oda sıcaklığında bekletilen kolalardan birinin basıncı ölçülmüştür.
3. Basıncı-sıcaklık- CO₂ konsantrasyon skalasından CO₂ konsantrasyonu belirlenmiştir.
4. Zamanla CO₂ konsantrasyonundaki değişimler saptanmıştır.

6.3.6.1 Deneme 1

İlk denemelerde üretim tarihi yeni olan ürün bulunamadığı için üretim tarihi deney tarihinden 2 ay önce olan kolalı içecekler kullanılmıştır. Uygun şartlarda muhafaza edilen ürünler her hafta belirli bir günde alınarak ölüm yapılmış, bulunan sonuçlar grafiğe geçirilerek değişim incelenmiştir.

6.2.6.2 Deneme 2

Üretim tarihi üzerinden sadece 2 gün gibi kısa bir süre geçmiş olan kolalı içecekler kullanılmıştır. Uygun şartlarda muhafaza edilen ürünler her hafta belirli bir günde alınarak ölüm yapılmıştır, bulunan sonuçlar grafiğe geçirilerek değişim incelenmiştir. Üretim tarihi yeni olan ürünlerin analiz için kullanılmalarının temel sebebi, deneme 1’de kullanılan gazlı içeceklerin analizler yapılmaya başlanıldığı esnada, üretim tarihi üzerinden 2 ay geçmiş olması sebebiyle, bu tarihten önceki gaz kayıplarının bilinmemesidir. Üretim tarihi üzerinden sadece 2 gün gibi kısa bir süre geçmiş bu ürünlerde ölümler yapılarak üretimden 1 ay sonra gerçekleşen basınç düşüşleri bulunabilir. Burada amaç yapılan denemelerin karşılaştırılması değil, üretim tarihi üzerinden geçen srelerde meydana gelen basınç kayıplarının belirlenmesidir. Üretim tarihi üzerinden çok kısa bir zaman geçmiş ürünlerde deneme yapılmasının temel sebebi, depolamanın ilk zamanlarındaki basınç düşüşlerinin diğer haftalara göre farklı olup olmadığını gözlemektir.

6.3.6.3 Farklı sıcaklıklarda depolanan kolalı ieeğin depolama süresi boyunca basınç değişimin belirlenmesine ilişkin 1. denemeye ait sonuçlar

6.3.6.3.1 Oda sıcaklığında (22°C’de) depolanan kolalı içeceklerde basınç değişiminin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar

Analiz sıcaklığı=22°C

Çizelge 6.11’de oda sıcaklığında depolanan kolalı gazlı içeceklerde depolama süresi boyunca meydana gelen basınç ve karbondioksit konsantrasyonu değişimi verilmiştir.

Çizelge 6.11 Oda sıcaklığında(22°C’de) depolanan kolalı gazlı içeceklerde basınç ve CO₂ konsantrasyonu değişimi

Süre (gün)	Basınç (bar)	CO ₂ Konsantrasyonu (g/l)
0	3,85	7,70
7	3,83	7,68
14	3,80	7,60
21	3,78	7,58
28	3,75	7,55
35	3,72	7,52
42	3,70	7,50
49	3,68	7,48
56	3,65	7,40
63	3,60	7,30

Çizelge 6.11’e göre, oda sıcaklığında depolanan kolalı içeceklerde depolama süresi boyunca basınç düşmesi meydana gelmiştir. Ölçüm yapılmaya başlandığı gün depolama zamanının ilk günü kabul edildiği takdirde 63 günlük bir depolama süresi sonunda 0,25 bar’lık bir basınç düşüşü meydana gelmiştir. Her hafta meydana gelen basınç düşüşleri genellikle 0,02-0,03 bar aralığındadır. Ayrıca depolama süresi sonunda karbondioksit konsantrasyonunda 0,40 g/l’lik bir azalma meydana gelmiştir. Sonuç olarak, depolama süresi sonunda gaz basıncında %6,49, karbondioksit konsantrasyonunda %5,19 azalma meydana gelmiştir.

Matlab programı:

Matlab programında gerekli veriler girilerek (zaman, basınç) grafiği oluşturulur. Matlab programlama dilinde % ile verilen satırlar açıklama satırlarıdır.

%Oda sıcaklığında muhafaza edilen 1 numaralı örnek için zamanla basınç değişiminin belirlenmesi

%T1 oda sıcaklığı,°C

%t1, zaman,gün

%p1,basınç,bar

T1=22

t1=[0,7,14,21,28,35,42,49,56,63]

p1=[3.85,3.83,3.80,3.78,3.75,3.72,3.70,3.68,3.65,3.60]

c1=[7.7,7.68,7.60,7.58,7.55,7.52,7.50,7.48,7.40,7.30]

plot(t1,p1,'-',t1,p1,'go')

ylabel('basınç')

xlabel('zaman')

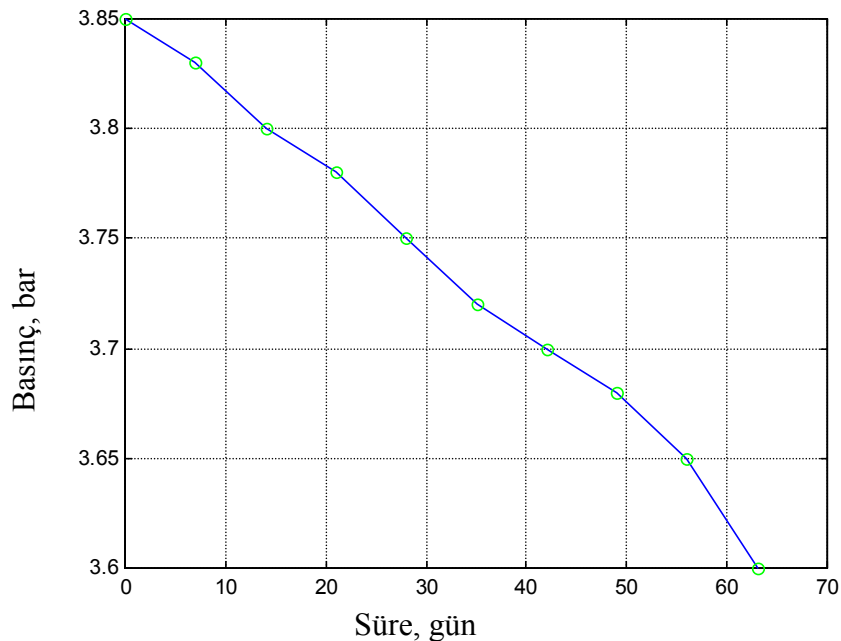
plot(t1,c1,'-',t1,c1,'go')

ylabel('CO₂ konsantrasyonu')

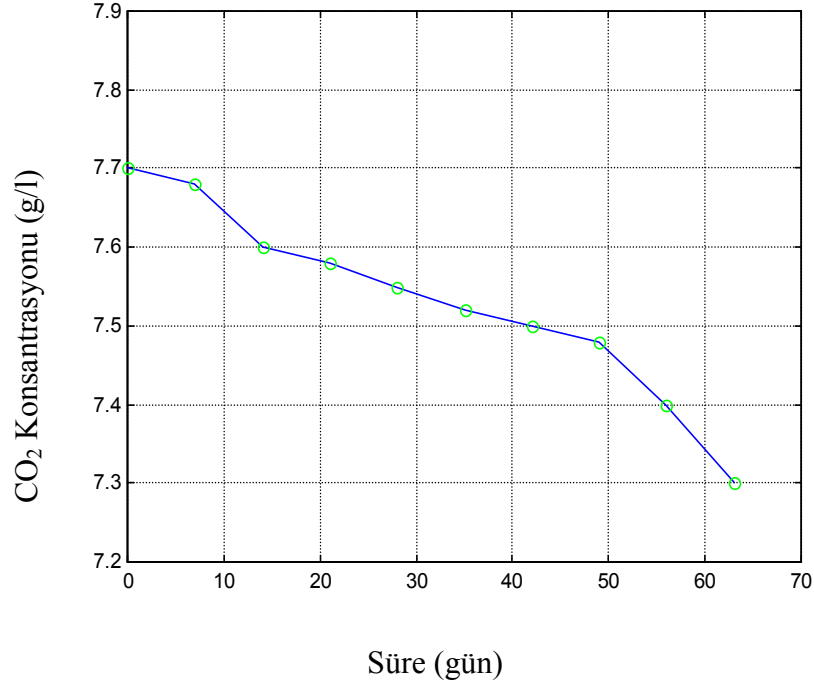
xlabel('zaman')

grid on

Şekil 6.6'da Deneme 1 için kullanılan kolalı gazlı içeceklerde 22°C oda sıcaklığında depolama süresince meydana gelen basınç düşüşünün grafiği verilmiştir. Matlab programlama dili ile hazırlanan grafik Şekil 6.6'daki gibidir. Şekil 6.7'de ise bu süre boyunca CO₂ konsantrasyonundaki değişim grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 6.6 Deneme 1'de 22°C oda sıcaklığında depolanan kolalı içeceklerde süre-basınç grafiği



Şekil 6.7 Deneme 1’de 22°C oda sıcaklığında depolanan kolalı içeceklerde süre-CO₂ konsantrasyonu grafiği

6.3.6.3.2 Soğuk hava deposunda (8°C’de) muhafaza edilen kolalı içeceklerde basınç değişiminin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar

Analiz sıcaklığı=8°C

Çizelge 6.12 Soğuk hava deposunda (8°C’de) muhafaza edilen kolalı içeceklerde basınç ve CO₂ konsantrasyonu değişimi

Süre (gün)	Basınç (bar)	CO ₂ Konsantrasyonu (g/L)
0	2,20	7,85
7	2,18	7,83
14	2,16	7,75
21	2,15	7,73
28	2,13	7,68
35	2,11	7,63
42	2,10	7,60
49	2,09	7,57
56	2,08	7,55
63	2,07	7,53

Çizelge 6.12’de 8°C soğuk hava deposunda depolama süresi boyunca meydana gelen basınç değişimleri ve karbondioksit konsantrasyonundaki değişimler gösterilmiştir. Çizelge 6.12’ye göre, soğuk hava deposunda muhafaza edilen kolalı içeceklerde depolama süresi boyunca basınç düşmesi meydana gelmektedir. Ölçüm yapılmaya başlandığı gün depolama zamanının ilk günü kabul edildiği taktirde 63 günlük bir depolama süresi sonunda 0,13 bar’lık bir basınç düşüşü meydana gelmiştir. Her hafta meydana gelen basınç düşüşleri genellikle 0.02-0.03 aralığındadır. Ayrıca depolama süresi sonunda karbondioksit konsantrasyonunda 0,32 g/l’lik bir azalma meydana gelmiştir. Sonuç olarak, depolama süresi sonunda gaz basıncında %5,90, karbondioksit konsantrasyonunda %4.08 azalma meydana gelmiştir.

Matlab Programı:

Matlab programında gerekli veriler girilerek (zaman, basınç) grafiği oluşturulur.

% Soğuk hava deposunda muhafaza edilen 1 numaralı örnek için zamanla basınç değişiminin belirlenmesi

% T2 soğuk hava deposu sıcaklığı

% t2, zaman,gün

% p2,basınç,bar

T2=8

t2=[0,7,14,21,28,35,42,49,56,63]

p2=[2.20,2.18,2.16,2.15,2.13,2.11,2.10,2.09,2.08,2.07]

c2=[7.85,7.83,7.75,7.73,7.68,7.63,7.60,7.57,7.55,7.53]

plot(t2,p2,'-',t2,p2,'go')

ylabel('basınç')

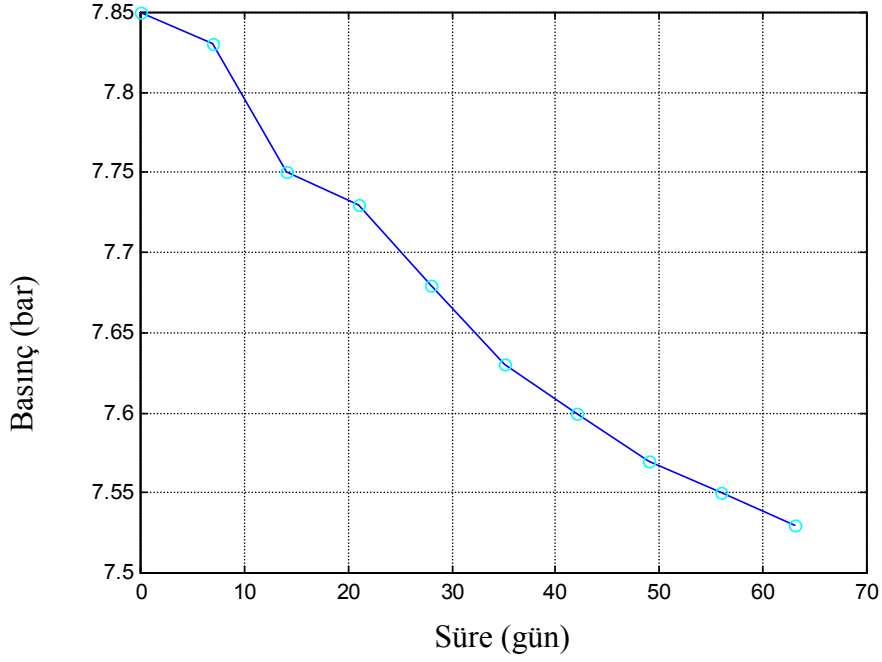
xlabel('zaman')

plot(t2,c2,'-',t2,c2,'co')

ylabel('CO₂ konsantrasyonu')

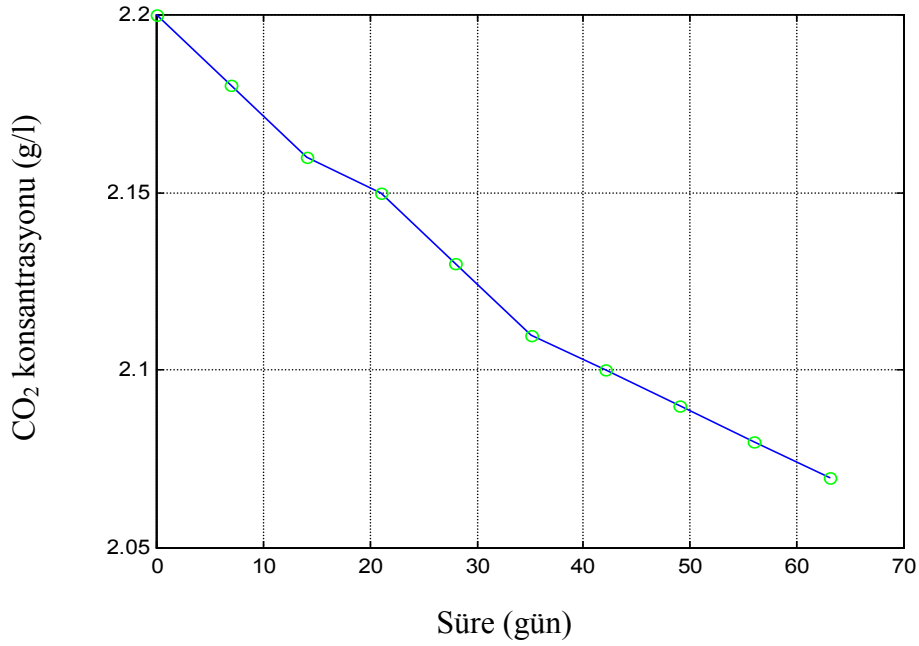
xlabel('zaman')

grid on



Şekil 6.8 Deneme 1’de 8°C soğuk hava deposunda muhafaza edilen kolalı içeceklerde süre-basınç grafiği

Şekil 6.9’da ise soğuk hava deposunda depolama süresi boyunca karbondioksit konsantrasyonunda meydana gelen değişimler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 6.9 Deneme 1’de 8°C soğuk hava deposunda muhafaza edilen kolalı içeceklerde süre-CO₂ konsantrasyonu grafiği

6.3.6.4 Farklı sıcaklıklarda depolanan kolalı iecekin depolama suresi boyunca basınç değişimin belirlenmesine ilişkin 2. denemeye ait sonuçlar

Üretim tarihi üzerinden sadece 2 gün gibi kısa bir süre geçmiş olan kolalı içecekler kullanılmıştır. Uygun şartlarda muhafaza edilen ürünler her hafta belirli bir günde alınarak ölçüm yapılmış, bulunan sonuçlar grafiğe geçirilerek değişim incelenmiştir.

6.3.6.4.1 Oda sıcaklığında (22°C’de) depolanan kolalı içeceklerde basınç değişiminin belirlenmesine ilişkin sonuçlar

Analiz sıcaklığı=22°C

Çizelge 6.13’de oda sıcaklığında depolanan kolalı gazlı içeceklerde depolama suresi boyunca meydana gelen basınç ve karbondioksit konsantrasyonu değişimleri verilmiştir.

Çizelge 6.13 Oda sıcaklığında(22°C’de) depolanan kolalı içeceklerde zamanla CO₂ konsantrasyonu ve basınç değişimi

Zaman (gün)	Basınç (bar)	CO ₂ Konsantrasyonu (g/l)
0	3,95	7,88
7	3,95	7,88
14	3,93	7,84
21	3,91	7,82
28	3,88	7,78
35	3,84	7,73

Çizelge 6.13’e göre, oda sıcaklığında depolanan kolalı içeceklerde depolama suresi boyunca ilk hafta dışında basınç düşmesi meydana gelmiştir. İlk hafta ise basınçta herhangi bir değişiklik olmamıştır. lm yapılmaya başlandığı gün depolama zamanının ilk günü kabul edildiği taktirde 35 günlük bir depolama suresi sonunda 0,09 bar’lık bir basınç düşüşü meydana gelmiştir. Ayrıca depolama suresi sonunda karbondioksit konsantrasyonunda 0,15 g/l’lik bir azalma meydana gelmiştir. Sonuç olarak, depolama suresi sonunda gaz basıncında %2,78, karbondioksit konsantrasyonunda %1,93 azalma meydana gelmiştir.

Matlab Programı:

Matlab programında gerekli veriler girilerek (zaman, basınç) grafiği oluşturulur.

%Oda sıcaklığında muhafaza edilen 2 numaralı örnek için zamanla basınç değişiminin belirlenmesi

%T3 oda sıcaklığı, °C

%t3, zaman, gün

%p3, basınç, bar

T3=22

t3=[0,7,14,21,28,35]

p3=[3.95,3.95,3.93,3.91,3.88,3.84]

c3=[7.88,7.88,7.84,7.82,7.78,7.73]

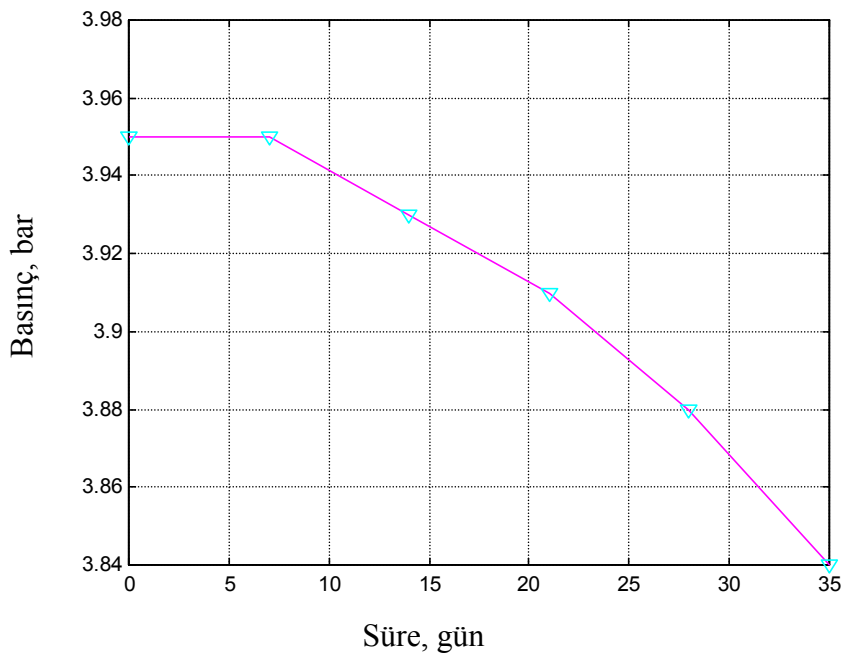
plot(t3,p3,'m-',t3,p3,'cv')

grid on

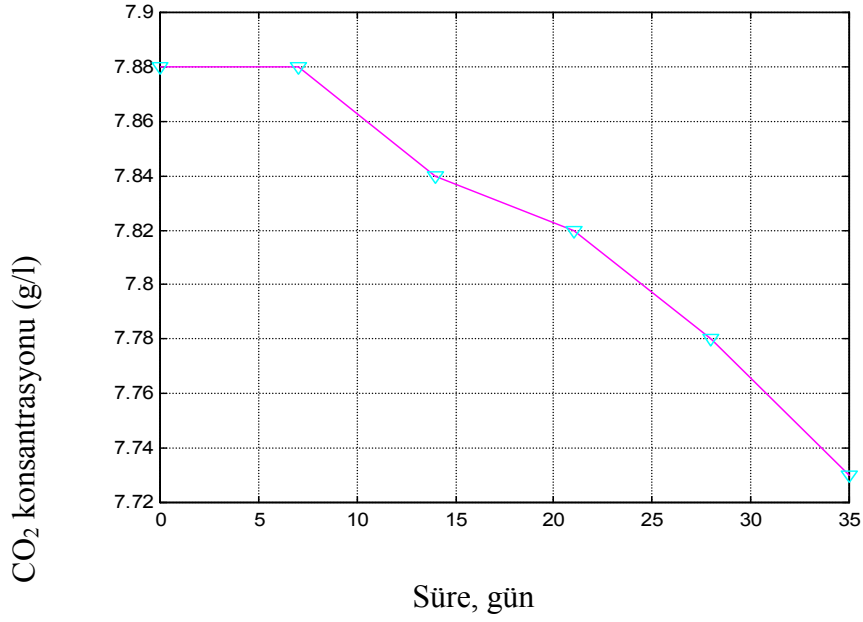
ylabel('basınç') ylabel('CO₂ konsantrasyonu')

xlabel('zaman') plot(t3,c3,'m-',t3,c3,'cv')

Şekil 6.10'da Deneme 2 için kullanılan kolalı içeceklerde oda sıcaklığında depolama süresince meydana gelen basınç düşüşünün grafiği verilmiştir. Şekil 6.11'de ise bu süre boyunca CO₂ konsantrasyonundaki değişim grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 6.10 Deneme 2'de 22°C oda sıcaklığında muhafaza edilen kolalı içeceklerde süre-basınç grafiği



Şekil 6.11 Deneme 2’de 22°C oda sıcaklığında muhafaza edilen kolalı içeceklerde süre-CO₂ konsantrasyonu grafiği

6.3.6.4.2 Soğuk hava deposunda (8°C’de) muhafaza edilen kolalı içeceklerde basınç değişiminin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar

Analiz sıcaklığı=8°C

Çizelge 6.14 Soğuk hava deposunda (8°C’de) muhafaza edilen kolalı içeceklerde basınç ve CO₂ konsantrasyonu değişimi

Süre (gün)	Basınç (bar)	CO ₂ Konsantrasyonu (g/L)
0	2,25	7,90
7	2,25	7,90
14	2,24	7,86
21	2,22	7,85
28	2,21	7,82
35	2,20	7,80

Çizelge 6.14'e göre, soğuk hava deposunda muhafaza edilen kolalı içeceklerde depolama süresi boyunca basınç düşmesi meydana gelmiştir. Ölçüm yapılmaya başlandığı gün depolama zamanının ilk günü kabul edildiği takdirde 35 günlük bir depolama süresi sonunda 0,05 bar'lık basınç düşüşü meydana gelmiştir. Ayrıca depolama süresi sonunda karbondioksit konsantrasyonunda 0,10 g/l'lik bir azalma meydana gelmiştir. Sonuç olarak, depolama süresi sonunda gaz basıncında %2,22, karbondioksit konsantrasyonunda %1,26 azalma meydana gelmiştir.

Matlab Programı:

Matlab programında gerekli veriler girilerek (zaman, basınç) grafiği oluşturulur.

% Soğuk hava deposunda muhafaza edilen 1 numaralı örnek için zamanla basınç değişiminin belirlenmesi

% T4 soğuk hava deposu sıcaklığı, °C

% t4, zaman, gün

% p4, basınç, bar

T4=8

t4=[0,7,14,21,28,35]

p4=[2.25,2.25,2.24,2.22,2.21,2.20]

c4=[7.9,7.90,7.86,7.85,7.82,7.80]

plot(t4,p4,'m-',t4,p4,'cv')

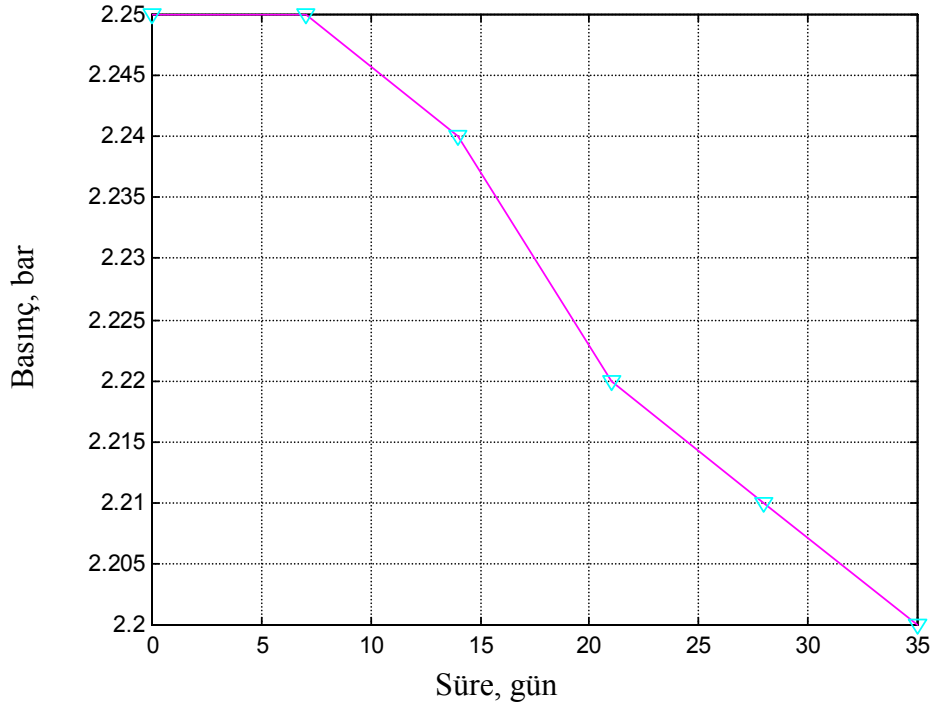
grid on

ylabel('basinç')

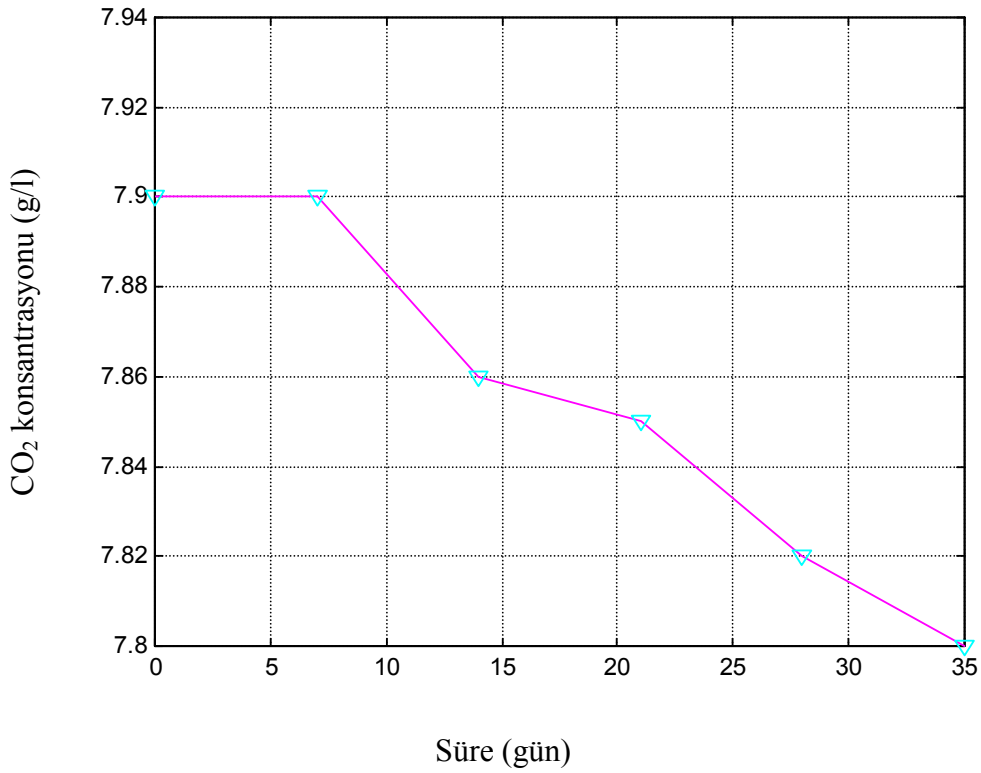
xlabel('zaman')

plot(t4,c4,'m-',t4,c4,'cv')

Şekil 6.12'de Deneme 2 için kullanılan kolalı gazlı içeceklerde 8°C soğuk hava deposunda depolama süresi boyunca meydana gelen basınç düşüşünün grafiği verilmiştir. Matlab programlama dili ile hazırlanan grafik Şekil 6.12'deki gibidir. Şekil 6.13'de ise soğuk hava deposunda depolama süresi boyunca karbondioksit konsantrasyonunda meydana gelen değişimler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 6.12 Deneme 2’de 8°C soğuk hava deposunda muhafaza edilen kolalı içeceklerde süre-basmaç grafiğı



Şekil 6.13 Deneme 2’de 8°C soğuk hava deposunda muhafaza edilen kolalı içeceklerde süre- karbondioksit konsantrasyonu grafiğı

Gazlı içeceklerde depolama süresi boyunca meydana gelen basınç düşüşü ile ilgili deneme 1 ve deneme 2 adı altında yapılan deneyler sonucunda farklı sıcaklıklarda depolanan ürünlerde meydana gelen basınç düşüşünün farklı oranlarda olduğu görülmüştür. Deneme 1’de üretim tarihi üzerinden 2 ay geçmiş ürünler, Deneme 2’de ise üretim tarihi üzerinden sadece 2 gün geçmiş olan ürünler üzerinde yapılan incelemeler neticesinde basıncın üretimden sonraki ilk 2-3 hafta içerisinde değişmediği bulunmuştur. Yapılan incelemeler neticesinde, soğuk ortamda meydana gelen basınç kaybının, sıcak ortamdakine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.

6.4 Karbondioksitin PET Şişeden Difüzyon Katsayısının Bilgisayar Programı İle Hesaplanması ile İlgili Sonuçlar

Programlar Matlab programlama dili kullanılarak hazırlanmıştır. Sabit sayıların bulunması için kullanılan programda Eşitlik 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, ve 4.22, kullanılmıştır. Matlab programlama dili kullanılarak oluşturulan sabit sayılara ait denklemler sıcaklığa bağlı olarak Şekil 6.10, Şekil 6.11, Şekil 6.12, Şekil 6.13 ve Şekil 6.14’de verilmiştir.

Matlab Programı:

```
for k=1:16
```

```
t=283:5:358
```

```
p=1:0.2:4
```

```
% b,gas/polimer sabiti
```

```
% cH1,polimerin adsorpsiyon kapasitesi
```

```
% kD, Henry kanununa göre gas ve polimer fazlarının bölünme sabiti
```

```
% Dd, Henry yasasına göre çözünen moleküllerin fickian difüzyon katsayısı
```

```
% Dh, Langmuir yasasına göre çözünen moleküllerin fickian difüzyon katsayısı
```

```
% De, etkin difüzyon katsayısı
```

```
KD(k)=7.8354*(10.^(-3))*exp(1134.3./t(k))
```

```
cH1(k)=13.252-(1.7951*(10.^4)./t(k))+(4.8595*(10.^6)./t(k).^2)
```

```
b(k)=2.4638*(10.^(-3))*exp(1495.6./t(k))
```

```
Dd(k)=6.5148*(10.^(-3))*exp(-4470.5./t(k))
```

```

Dh(k)=8.2863*(10.^(-3))*exp(-5406.5./t(k))
D(k)=((Dh(k)/Dd(k))*(cH1(k)*B(k)/KD(k))/((1+B(k)*p(k))^2))
E(k)=((cH1(k)*B(k))/KD(k))
A(k)=1+((E(k))/(1+(B(k)*p(k))))
C(k)=1+D(k)
De(k)=(Dd(k)*(A(k)/C(k)))
end

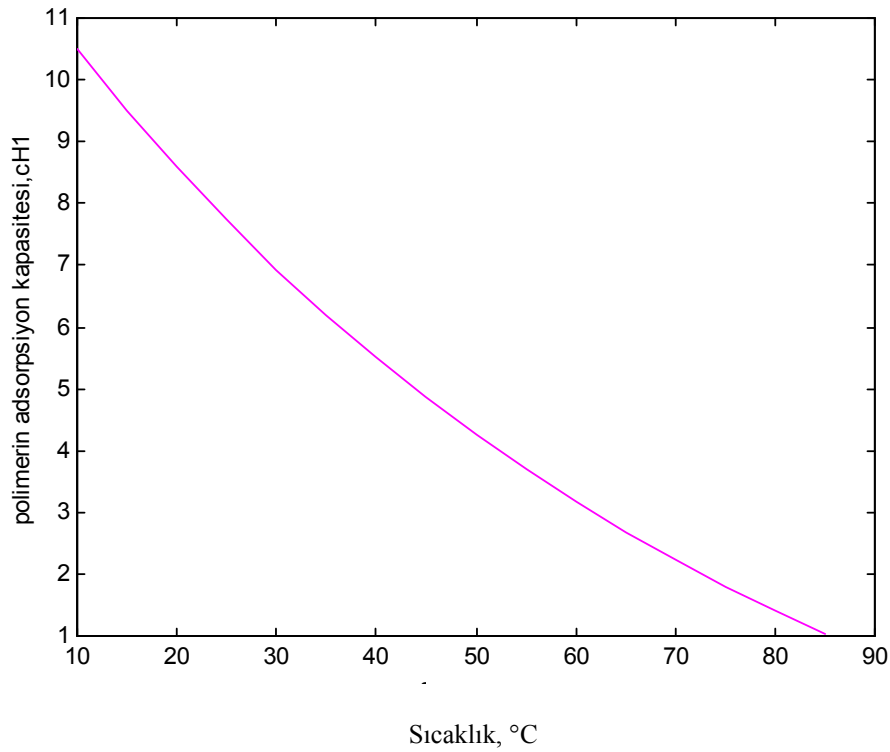
```

```

plot(t-273,cH1,'m-')
xlabel('sicaklik, T')
ylabel('polimerin adsorpsiyon kapasitesi,cH1')

```

Şekil 6.10'da polimerin adsorpsiyon kapasitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi verilmiştir.



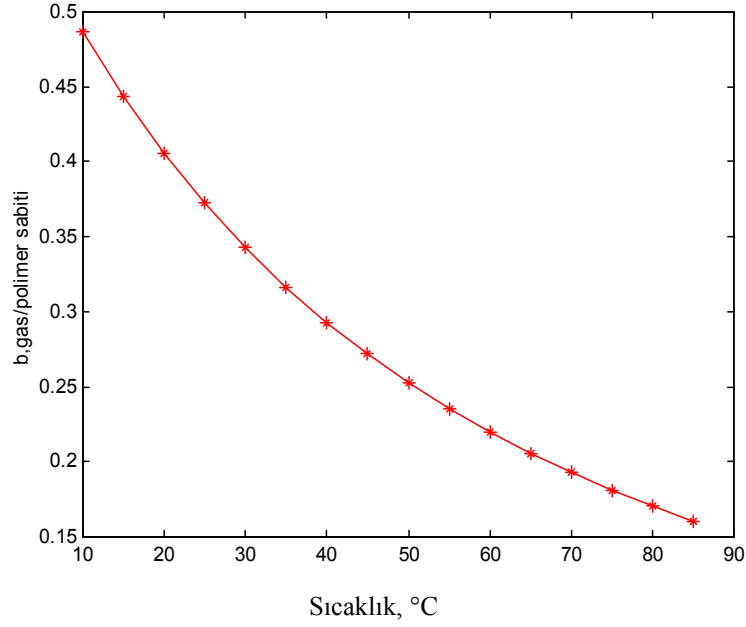
Şekil 6.14 Polimer adsorpsiyon kapasitesinin sıcaklıkla değişimi

```

plot(t-273,b,'r*-')
xlabel('sicaklik, T')
ylabel('b,gas/polimer sabiti')

```

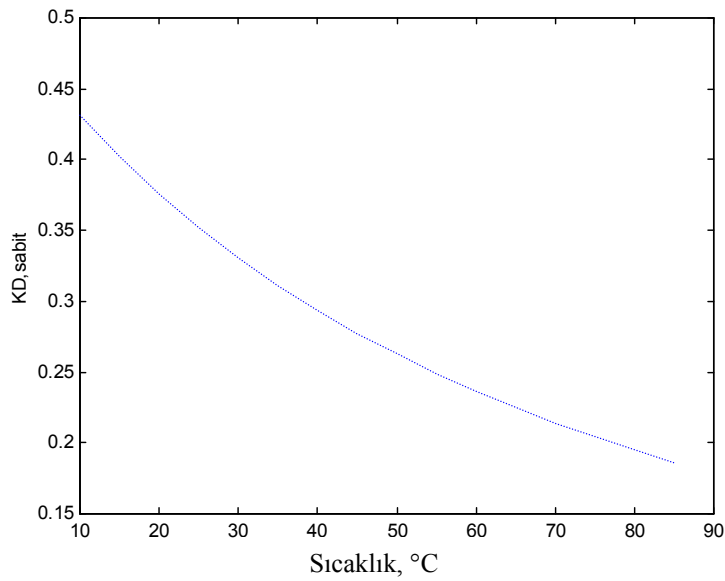

Şekil 6.11’de gas/polimer sabitinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi verilmiştir.



Şekil 6.15 Gas/polimer sabitinin sıcaklıkla değişimi

```
plot(t-273,KD,':')
xlabel('sicaklik, T')
ylabel('KD,sabit')
```

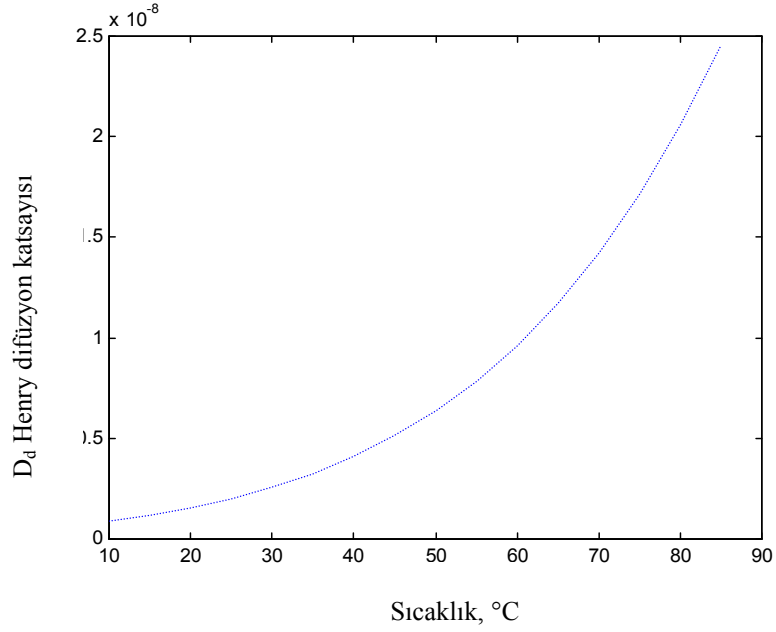
Şekil 6.12’de Henry kanununa göre gaz ve Polimer fazları bölünme sabitinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi verilmiştir.



Şekil 6.16 Henry kanununa göre gaz ve polimer fazlarının bölünme sabiti

```
plot(t-273,Dd,':')
xlabel('sicaklik, T')
ylabel('Dd, Henry difüzyon katsayısı')
```

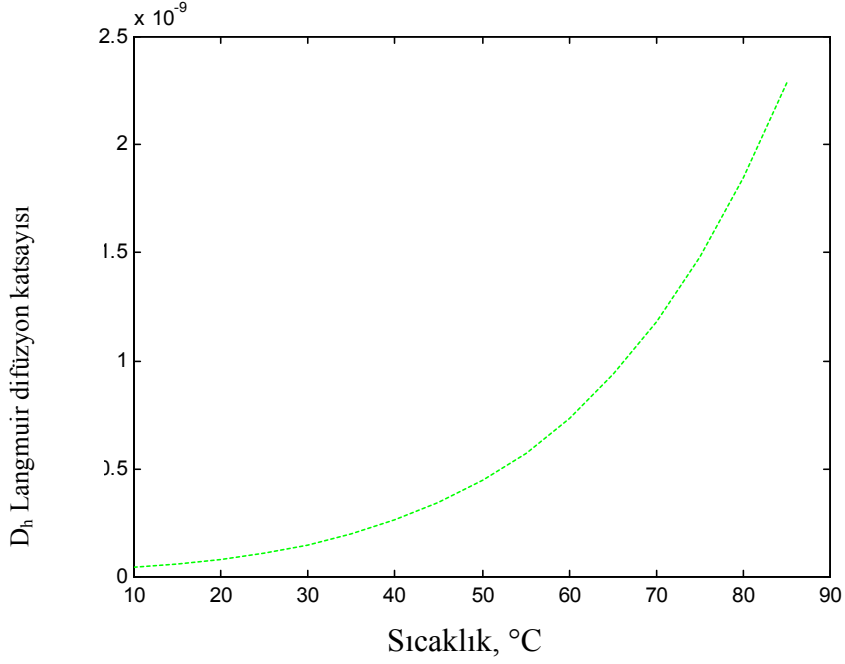
Şekil 6.13’de Henry difüzyon katsayısının sıcaklığa bağlı olarak değişimi verilmiştir.



Şekil 6.17 Henry kanununa göre difüzyon katsayısının sıcaklıkla değişimi

```
plot(t-273,Dh,'g--')
xlabel('sicaklik, T')
ylabel('Dh, Langmuir difüzyon katsayısı')
```

Şekil 6.14’de Langmuir difüzyon katsayısının sıcaklığa bağlı olarak değişimi verilmiştir.



Şekil 6.18 Langmuir kanununa göre difüzyon katsayısının sıcaklıkla değişimi

Elde edilen sabitler kullanılarak etkin difüzyon katsayısı hesaplanır. Difüzyon katsayısının bulunması için kullanılan programda Eşitlik 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23 ve 4.24 kullanılmıştır.

for k=1:21

t=278:298

p=1

% b,gas/polimer sabiti

% cH1,polimerin adsorpsiyon kapasitesi

% kD,Henry kanununa göre gas ve polimer fazlarının bölünme sabiti

% Dd,Henry yasasına göre çözünen moleküllerin fickian difüzyon katsayısı

% Dh,Langmuir yasasına göre çözünen moleküllerin fickian difüzyon katsayısı

% De,etkin difüzyon katsayısı

% Deff, etkin difüzyon katsayısı

$$KD(k)=7.8354*(10.^{-3})*\exp(1134.3./t(k))$$

$$cH1(k)=13.252-(1.7951*(10.^4)./t(k))+(4.8595*(10.^6)./t(k).^2)$$

$$B(k)=2.4638*(10.^{-3})*\exp(1495.6./t(k))$$

$$Dd(k)=6.5148*(10.^{-3})*\exp(-4470.5./t(k))$$

$$Dh(k)=8.2863*(10.^{-3})*\exp(-5406.5./t(k))$$

$$D(k) = ((Dh(k)/Dd(k)) * (cH1(k) * B(k) / KD(k)) / ((1 + B(k) * p)^2))$$

$$E(k) = ((cH1(k) * B(k)) / KD(k))$$

$$A(k) = 1 + ((E(k)) / (1 + (B(k) * p^2)))$$

$$C(k) = 1 + D(k)$$

$$De(k) = (Dd(k) * (C(k) / A(k)))$$

end

$$Deff = De'$$

$$T = t'$$

$$Defft = [T \ Deff]$$

$$X1 = \text{table1}(Defft, 295)$$

$$X2 = \text{table1}(Defft, 281)$$

Defft =

T	Deff*10 ⁹
---	----------------------

278.0000	0.0871
----------	--------

279.0000	0.0938
----------	--------

280.0000	0.1008
----------	--------

281.0000	0.1084
----------	--------

282.0000	0.1166
----------	--------

283.0000	0.1252
----------	--------

284.0000	0.1345
----------	--------

285.0000	0.1445
----------	--------

286.0000	0.1551
----------	--------

287.0000	0.1664
----------	--------

288.0000	0.1785
----------	--------

289.0000	0.1914
----------	--------

290.0000	0.2052
----------	--------

291.0000	0.2199
----------	--------

292.0000	0.2357
----------	--------

293.0000	0.2524
----------	--------

294.0000	0.2703
----------	--------

295.0000	0.2893
----------	--------

296.0000 0.3096

297.0000 0.3312

298.0000 0.3542

Deff1=

2.8930e-010

Deff2=

1.084e-010

Bilgisayar programından hesaplanan etkin difüzyon katsayısı sıcaklığın gaz basıncı değişiminde önemli olduğunu göstermektedir. Buna göre daha yüksek sıcaklığa sahip bir ortamda muhafaza edilen gazlı içecek, daha düşük sıcaklıkta muhafaza edilen gazlı içeceğe oranla basıncını, yani gaz içeriğini daha hızlı kaybetmektedir. 22°C olarak kabul edilen oda sıcaklığında muhafaza edilen, PET şişedeki gazlı içekte etkin difüzyon katsayısı $2.893 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ iken bu değer, sıcaklığı 8°C olan soğuk hava deposunda muhafaza edilen gazlı içekte $1.084 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ olmaktadır. Bu sonuç, kütle aktarımının oda sıcaklığında soğuk hava deposuna oranla daha fazla olduğunu, yani daha fazla karbondioksitin dış ortama difüzlendiğini göstermektedir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gazlı içeceklerin basınç kapasiteleri ve depolama süresi boyunca basınç düşüşü ile ilgili yapılan çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Gazlı içeceklerde depolama süresi boyunca meydana gelen basınç düşüşü sıcaklık ile ilişkilidir. Aynı üretim tarihine sahip, düşük sıcaklıkta depolanan ürünlerde yüksek sıcaklıkta depolananlara oranla basınç kaybı daha az olmaktadır. Bundan dolayı gazlı içecekler oda sıcaklığında değil daha soğuk ortamlarda muhafaza edilmelidir. Çizelge 6.11'e göre oda sıcaklığında muhafaza edilen kolalı gazlı içeceklerde 63 günlük depolama süresi sonunda meydana gelen basınç düşüşü %6,49, karbondioksit konsantrasyonundaki azalma %5,19 iken, Çizelge 6.12'ye göre soğuk hava deposunda muhafaza edilen kolalı gazlı içeceklerde basınç düşüşü %5,90, karbondioksit konsantrasyonundaki azalma %4,08 olmaktadır. Soğuk hava deposunda muhafaza edilen gazlı içeceklerde basınç düşüşü ve karbondioksit konsantrasyonundaki azalma, oda sıcaklığında muhafaza edilenlere oranla daha azdır. Dolayısıyla basınç düşüşünü daha aza indirgeyebilmek için gazlı içecekler soğuk ortamlarda muhafaza edilmelidir. Gazlı içeceklerde basınç düşüşü sadece sıcaklıkla ilişkili değildir. Bununla birlikte, gazlı içecek içerisine karbondioksitin ne kadar yedirildiği ve gaz kabarcıklarının çapı depolama süresi boyunca meydana gelen basınç düşüşlerinde etkili faktörlerdir.
- Gazlı içeceklerde depolama süresi boyunca meydana gelen basınç düşüşünü belirlemek için kullanılan, farklı üretim tarihlerine sahip ürünlerde yapılan incelemeler sonucunda, dolundan sonra geçen süre boyunca basınç düşüşünün ilk haftalarda daha az olduğu bulunmuştur. Çizelge 6.13 ve Çizelge 6.14'e göre, üretim tarihinden 2 gün sonra piyasadan temin edilen ürünlerde, ilk 2 haftalık depolama süresi boyunca basınç düşüşü olmamıştır. Çizelge 6.13'e göre oda sıcaklığında muhafaza edilen kolalı gazlı içeceklerde 35 günlük depolama süresi sonunda meydana gelen basınç düşüşü %2,78, karbondioksit konsantrasyonundaki azalma %1,93 iken, Çizelge 6.14'ya göre soğuk hava deposunda muhafaza edilen kolalı gazlı içeceklerde basınç düşüşü %2,22, karbondioksit konsantrasyonundaki azalma %1,26 olmaktadır.
- Gazlı içecekler kıvam artırıcı eklenerek gaz kaçış süresi değiştirilebilir, fakat kıvam artırıcıların içeceğin tadını etkileyen olumsuz özellikleri göz önüne alınmalıdır.

Çizelge 6.9'a göre, kolalı gazlı içeceklerde gaz kaçış süresi, kıvam artırıcı eklenmemiş haline oranla, pektin eklenmesi ile %17,50, stabilizer karışımı eklenmesi ile %29,79'luk bir artış göstermiştir. Kıvam artırıcı ilave edilen kolalı gazlı içeceğin viskozitesi artırılarak, Stoke's yasasına göre, gaz kabarcığının yüzeye ulaşma hızı düşürülmüş, bu da gaz kabarcığının kolalı içecekten uzaklaşma süresini artırmıştır.

- Gazlı içeceğin içerdiği karbondioksit konsantrasyonunun değiştirilmesi ile gaz kaçış süresi değişiklik gösterir. Çizelge 6.7'ye göre, 3-8 g/l karbondioksit konsantrasyonuna sahip olacak şekilde hazırlanan kolalı içeceklerde, gaz kaçış süresinin 20-34 dakika aralığında değiştiği bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre karbondioksit konsantrasyonu %62,50 artırılırken, gaz kaçış süresi %41,18 oranında artış göstermiştir.
- Gazlı içeceklerin soğuk tüketilmesi uygundur. Çizelge 6.10'a göre, tadımı gerçekleştiren grubun %66,7'si gazlı içecekler için en uygun içim sıcaklığı sıralamasını 5°C-10°C-15°C- 20°C olarak yapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tadım yapan kişilerin %66,7'si, 5°C' de kolalı içeceğin tadının en iyi algılandığı, içiminin en iyi olduğu, 20°C' de ise kolalı içeceğin içim kalitesinin düştüğü fikir birliğine ulaşmıştır. Gazların çözünürlüğü sıcaklık ile ters orantılı olduğundan dolayı, gazlı içeceklerin tadının hissedilebilir hale gelmesi için soğuk içilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Barrer, R.M., Barrie, J.A. & Slater, J. (1958). Sorption and diffusion of ethyl cellulose. Part III. Comparison between ethyl cellulose and rubber. *J. Polym. Sci.* 27, 177-197.

Brolly J.B., Bower D., Ward M., (1996), "Diffusion and Sorption of CO₂ in Poly(ethylene terephthalate) and Poly(ethylene naphthalate)", *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*, Vol. 34, 769-780.

Del Nobile M.A., Mensitieri G., Nicolaid H., Mad P. (1997), "The Influence of the Thermal History on the Shelf Life of Carbonated Beverages Bottled in Plastic Containers", *Journal of Food Engineering* 34, 1-13.

Fenelon P.J. (1973), "Theoretical Prediction of Pressure Loss in Pressurized Plastic Containers", *Polymer Engineering and Science*, 13(6), 440-446.

Garcia J.E., (2003) "Fluid Dynamics of Carbon Disposal into Saline Aquifers", Ph.D. Dissertation, University of California at Berkeley.

Jacobs, M.B. (1959) "Manufacturing and Analysis of Carbonated Beverages" Chemical Publications.

Lewis E.L.V., Ducketta R.A., Ward I.M., Fairclough J.P.A., Ryan A.J., (2003) "The barrier properties of polyethylene terephthalate to mixtures of oxygen, carbon dioxide and nitrogen", *Polymer*, 44, 1631-1640.

Shachman M., (2005), "A Technical Handbook for the Beverage Industry", The Soft Drinks Companion, CRC Press. Chapter 9 Syrup Making — The Heart of the Process.

Shachman M., (2005), "A Technical Handbook for the Beverage Industry", The Soft Drinks Companion, CRC Press. Introduction to Soft Drinks.

Shachman M., (2005), "A Technical Handbook for the Beverage Industry", The Soft Drinks Companion, CRC Press. Chapter 12 Carbonation — Putting in theFizz

Wang J.S., Kamiya, Y., (2000) "Evaluation of Gas Sorption Parameters and Prediction of Sorption Isotherms in Glassy Polymers", *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*, 38, 883-888.

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1] <http://www.kimyaokulu.com/mevzuat/Alkolsuz%20icecekler%20tebliği.htm>
- [2] <http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates1.html>
- [3] <http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/548carbominitopics.html>
- [4] <http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/549sweet.html>
- [5] http://www.capital.com.tr/haber.aspx?HBR_KOD=1720&KTG_KOD=49
- [6] <http://staff.jccc.net/pdecell/biochemistry/carbohyd.html#glucose>
- [7] <http://www.denizce.com/kafein.asp>
- [8] http://www.appliedfilms.com/Precision2/06_bestpet/bestpet_print.htm - 20k
- [9] <http://www.vogelbusch.com/unitoperations/chromatography/hfsblockdia.pdf>
- [10] <http://www.vogelbusch.com/unitoperations/chromatography/hfs.htm>
- [11] http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?c3=1&mid=61&l=
- [12] <http://www.ftns.wau.nl/prock/Research/Rik/Maltodextrins/marchal1.htm>
- [13] <http://www.hfcsfacts.com/>
- [14] <http://www.hfcsfacts.com/benefits.html>
- [15] <http://www.hfcsfacts.com/uses.html>
- [16] <http://www.hfcsfacts.com/naturalSweetner.html>
- [17] <http://www.hfcsfacts.com/sweetAsSugar.html>
- [18] <http://www.hfcsfacts.com/howMade.html>
- [19] <http://www.hfcsfacts.com/glycemicIndex.html>
- [20] <http://en.wikipedia.org/wiki/Aspartame>
- [21] <http://www.greenfacts.org/aspartame/1-3/aspartame-1.htm>
- [22] <http://www.greenfacts.org/aspartame/1-3/aspartame-1.htm>
- [23] <http://en.wikipedia.org/wiki/Saccharin>
- [24] http://www.gebelik-rehberi.com/diyet_beslenme/seker.asp
- [25] <http://en.wikipedia.org/wiki/Cyclamate>
- [26] http://en.wikipedia.org/wiki/Acesulfame_potassium
- [27] <http://www.ricote.biz/>
- [28] <http://www.nigud.com/>
- [29] http://www.nigud.com/index_3.html
- [30] http://www.nigud.com/index_3.html
- [31] <http://www.mindfully.org/Plastic/Polyethylene/Polyethylene-Terephthalate-Sheftel.htm>
- [32] <http://www.dciinc.com/brochures/sftdrink.pdf>
- [33] www.lenntech.com/carbon-dioxide.htm
- [34] www.homeopathycourses.com/pdf/CO2_by_C._Sharfstein.pdf
- [35] http://www.camd.lsu.edu/msds/c/carbon_dioxide.htm#Synonyms
- [36] <http://www.umutgaz.com/carbondioxide.php#GeneralData>
- [37] www.homeopathycourses.com/pdf/CO2_by_C._Sharfstein.pdf
- [38] www.monashscientific.com.au/CarbonDioxide.htm
- [39] <http://www.thekrib.com/Plants/CO2/kh-ph-co2-chart.html#0>
- [40] www.chemtexcorp.com/docarchive/pub/Condensate_Systems__TT-018-0891.doc
- [41] <http://www.chem.usu.edu/~sbialkow/Classes/3600/alpha/alpha2.html>
- [42] http://encyclopedia.laborlawtalk.com/Carbon_dioxide
- [43] http://www.recipelands.com/encyclopaedia/index.php/Carbon_dioxide
- [44] www.truetex.com/carbonation.htm - 100k
- [45] www.en.wikipedia.org/wiki/Carbonation
- [46] www.thuisexperimenteren.nl/science/carbonaatkinetiek/Carbondioxide%20in%20water%20equilibrium.doc
- [47] www.scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-12042002124439/unrestricted/chapter4.pdf

- [48] <http://www.jmcatalysts.com/pct/marketshome.asp?marketid=397&id=399>
- [49] <http://www.bubbleology.com>
- [50] <http://www.cisatlantic.com/trimix/emaiken/bubble.html>
- [51] [www.scotecatalog.com/ScottGas/graphics.nsf/Images/1071/\\$FILE/1071.pdf](http://www.scotecatalog.com/ScottGas/graphics.nsf/Images/1071/$FILE/1071.pdf)
- [52] www.visy.com.au/uploaded/pdfs/BeverageManufacturingProcesses.pdf
- [53] <http://www.designinsite.dk/htmsider/m0011.htm>
- [54] <http://www.kenplas.com/project/pet/>
- [55] <http://www.jmcatalysts.com/pct/marketshome.asp?marketid=397&id=399>
- [56] www.ic.sunysb.edu/Class/che133/susb/susb010.pdf
- [57] www.stat.nus.edu.sg/~shfan/SubPages/st5203/LectureNotes/introduction.ppt
- [58] www.ronz.org.nz/pdf/PET_Fact_Sheet_15_April.pdf
- [59] www.wittemann.com/techdocs/food_grade_co2.pdf
- [50] <http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/EQUILIBRIUM/co2.htm>
- [61] <http://www.cas.astate.edu/draganjac/sodiumbenzoate.html>
- [62] <http://www.cas.astate.edu/draganjac/page.html>
- [63] <http://www.chm.bris.ac.uk/webprojects2001/ghumra/intro.htm>
- [64] <http://www.chm.bris.ac.uk/webprojects2001/ghumra/sturcture.htm>
- [65] <http://www.chm.bris.ac.uk/webprojects2001/ghumra/preservatives.htm>
- [66] www.resilux.com/The_Company/What_are_we_making.html - 11k
- [67] www.csuchico.edu/~jpgreene/itec104/m104_ch13-02_files/m104_ch13-02.ppt
- [68] <http://www.chinayanjun.com/Products/PET%20Solution/PETinjectionmoulding.htm>
- [69] <http://www.chinayanjun.com/Products/PET%20Solution/PETPreformProduction.htm>
- [70] <http://www.karosyrup.com/>
- [71] http://www.absoluteastronomy.com/encyclopedia/c/ci/citric_acid.htm
- [72] http://sci-toys.com/ingredients/citric_acid.html
- [73] <http://www.britishsoftdrinks.com/htm/qa/AdditivesIngredients/acids/acids.htm>
- [74] <http://www.ameribev.org/variety/contents.asp>
- [75] <http://www.ekou.com/pet2-2.asp>
- [76] <http://biology.clc.uc.edu/courses/bio104/carbohydrates.htm>
- [77] <http://biology.clc.uc.edu/courses/bio111/pop.htm>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	20.04.1980	
Doğum Yeri	Kırıkkale	
Lise	1994-1997	Çerkezköy Lisesi
Lisans	1998-2003	Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü Bölüm 2.'si
Yüksek Lisans	2003-2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü