

MALT, MALTÖZÜ ve BİRA ÜRETİMİNDE TEKNOLOJİ ve BİLEŞİM İLİŞKİLERİ

Doç. Dr. Tunay DURGUN

Dr. Oğuz KILIÇ

A.Ü. Ziraat Fakültesi Fermentasyon Teknolojisi
Kürsüsü

Malt ve bira üretiminin ana safhaları, arpanın ıslatılması, çimlendirilmesi, kurutulması, kavrulması, maltlanmış arpanın ve bira üretiminde kullanılabilen diğer karbonhidratlı maddenin su ile ekstraksiyonu, bu ekstraktın şerbetçiotu ile katnatılması, soğutulması, maya ile fermentasyona uğratılması ve berraklaştırılmasıdır. Malt özü üretiminde ise ekstraksiyon işlemini konsantrasyon takibeder.

1. MALT YAPIMI :

1.1. İslatma :

Malt yapımında ilk aşama arpanın ıslatılmasıdır. Arpanın belirli sürelerde su içerisine bırakılması ile yapılan bu işlem kullanılan yöntem ve üretilecek malt tipine göre değişiklikler içermekte ise de genellikle arpalar, kuru madde üzerinden % 42-47 oranında su alana kadar sürdürülür. İslatma sırasında önem kazanan ve elde olunacak maltın kalitesine etki eden faktörler: İslatma suyunun sıcaklığı, toplam ıslatma süresi, bu süre içerisinde arpanın su içinde veya dışında kaldığı süreler, ıslatma suyunun kendi özellikleri, suya dışarıdan verilebilecek kimyasal maddeler ve en önemlisi arpanın aldığı su miktarıdır. Arpalar açık malt yapılırken % 42-44, fazla erimiş malt olan koyu malt yapımında ise % 44-47 su alma derecesine kadar ıslatılır.

İslatma süresi en çok suyun sıcaklığı ile etkilenir ve artan su sıcaklığı süreyi kısaltır. Ülkemizdeki bazı malt fabrikalarında, ıslatma

işlemi 72 saat kadar sürerken, bugün bu süreyi arpanın içerdiği su miktarına da bağlı olarak 50 saate kadar indiren ıslatma yöntemleri mevcuttur. Ayrıca tane iriliği, nişasta miktarı, çeşit, gelişme sırasındaki hava koşulları ve mikroorganizma üremesi de ıslatma süresine etki yapar. İslatmada arpa tanesinde önemli kimyasal değişimler olmaz. Yıkanma derecesine bağlı olarak eriyip giden maddeler ve solumunla % 0,5-1,0 kadar kayıp meydana gelir. İslatılan arpaların hacmi takriben % 25 artar.

1.2 Çimlendirme :

Yeterli derecede su alan arpalar çimlendirmeye alınır. Çimlendirmenin amacı mayşelemede gerekli olacak enzimlerin oluşması ve tanedeki nişasta ve proteinin parçalanmaya uygun duruma getirilmesidir. İslatma suyu ile taneye asit verilmesi enzim durumunu hızlandırmakta ve çimlenme süresini 1-2 gün kısaltmaktadır.

Alöron tabakası tarafından enzimler salgılanır. Bunlardan sitaz enzimi hemisellülozlerden oluşan hücre duvarlarını eritir. Beta glukozazlar zamsı maddeleri, proteazlar ve amilazlar ise protein ve nişastayı parçalar. Pratikte bu oluşuma «maltın erimesi» denilir. Erime derecesinin biracılıktaki önemi büyüktür. Tanede erimemiş olarak kalan kısımlara enzimler yeterince etki etmez ve parçalanması gereken maddeler öylece kalır. Erimemiş kısımlar öğütme, mayşeleme, fermentasyonda aksaklıklar çıkart-

tiği gibi, stabil bira elde etmek mümkün olmaz. Hücre duvarlarının erimesi sitolitik erime, proteinlerin parçalanması ise proteolitik erimedir.

Çimlenmede tanede bulunan nişastanın % 5 kadarı, proteinin ise % 20-30'u parçalanır. Arpada bulunan % 2-3 şeker çimlenme ile % 7,5-14'e kadar çıkar. Arpada % 8-10 kadar olan erir azot, malta % 20-25'e çıkar.

Çimlendirmede, aromatik koyu malt elde edilecekse erime ileri götürülür. Daha fazla şeker ve aminoasit meydana gelir. Bunlar kurutma ve kavurmada daha fazla melanoidin meydana getireceği için, elde olunan malt daha aromatik olur. Çimlendirme sırasında, çeşitli araştırmacılar tarafından tesbit edildiği üzere, özellikle nemli senelerin ürünü arpalarda, düşük su alma derecesiyle çimlenmeye başlatılan, ama daha sonra yeşil maltın suyu yine su vererek yükseltile denemelerde çimlenmenin hızla başladığını ve su verilince devam ederek daha iyi erime ve enzimatik aktivite elde olduğu görülmüştür.

Yeşil Malttaki suyun etkisi :

Cetvel 2'de görüldüğü gibi yeşil malttaki su miktarı artırıldığında erime de ileri gitmektedir. Ancak, buna ilişkin olarak süre de dikate alınan bu denemede % 43 su ile 224 saatte ulaşılan sonuçlar % 48 su olduğunda 177 saatte elde edilmektedir. Aynı şekilde, yeşil maltın suyu artırıldığında son fermantasyon derecesinin de yükseldiği görülmüştür. (Cetvel - 3)

Çimlenme sıcaklığının etkilerini Cetvel - 4'den izliyoruz. Çimlenme süresinin oynadığı rolü Cetvel 5'de verilen değerlerle belirtebiliriz. Çeşitli oranlarda CO₂ ihtiva eden ortamlarda yapılan çimlendirme denemelerinde bulunan sonuçlara örnek olarak Cetvel 6 verilmiştir.

Weith ve Klaushofer tarafından yapılan bir çalışmada da, çimlenmenin sonuncu gününde bile olsa % 10 luk CO₂ in ekstrakta düşmeye neden teşkil ettiği tesbit edilmiştir. Cetvel 6 ya paralel olarak, 1968 yılı arpaları ile yapılan denemede ekstrakt sonuçları

Cetvel — 1
Yinelenen İslatma ve Erime İlişkileri

	Normal İslatma		Yeniden su verme	
Su alma derecesi (%)	43	46	38	38
Yeşil maltın suyu (%)	43	46	43	46
Ekstrakt (%) km.	80,5	80,7	80,5	81,0
Un - kırma farkı (%) km.	1,6	1,0	2,5	1,6
Kolbach sayısı (%) km.	39,1	40,2	41,0	45,6
Hortong 45°C (%) km.	36,1	37,5	36,7	43,8
Alfa - amilaz (ASBC) km.	57,6	62,4	61,1	78,7
Diyastatik kuvvet (WK) km.	234	273	250	401

Cetvel — 2
Yeşil maltın su oranı ve erime

	43	43	43	43	43	43
Su alma derecesi (%)	43	43	43	43	43	43
Yeşil maltın suyu (%)	43	46	48	48	48	48
İslatma + çimlenme süresi (saat)	224	225	226	201	177	153
Ekstrakt	80,5	81,6	81,9	81,3	81,1	79,7
Un - kırma farkı	1,6	1,0	1,0	1,5	1,9	5,6
Kolbach sayısı	39,1	44,5	47,8	45,4	43,4	35,9
Hortong 45°	36,1	43,3	45,1	42,8	39,3	28,1
Alfa - amilaz	57,6	70,1	76,1	68,0	55,8	34,9
Diyastatik kuvvet	234	307	338	279	247	209

Cetvel — 3
Yeşil maltın su oranı ve son fermantasyon derecesi

	43	43	43
Su alma (%)	43	43	43
Yeşil malta su (%)	43	46	48
Son fermantasyon derecesi (%)	79,7	82,5	83,5

Cetvel — 4

Çimlendirme Sıcaklığının Etkileri

Çimlenme sıcaklığı	13	15	17°C
Ekstrakt	82,1	81,1	80,9
Un - kırma farkı	1,6	0,9	0,8
Kolbach	44,9	43,9	41,9
Hortong 45°C	38,4	42,7	38,1
Alfa - amilaz	68	69	62
Beta - amilaz	251	263	230

Cetvel — 5

Çimlendirme Süresinin Etkileri

Günler	3	7	7
Ekstrakt	80,9	82,2	82,4
Un - kırma farkı	4,7	1,7	1,7
Kolbach	37,6	42,9	44,7
Hortong 45°C	32,6	37,8	39,6
Alfa - amilaz	40,8	67,9	89,6
Beta - amilaz	337	376	389

Cetvel — 6

CO₂ ile Çimlendirme

Çimlenme sıcaklığı = 15°C	Arpada su = % 46		
	Çimlendirme süresi (gün)		
Normal CO ₂ ile	7	3	3
	—	4	4
CO ₂ miktarı %	0	10	20
Ekstrakt	80,9	80,2	80,7
Kaba kırma - ün farkı	0,7	1,2	1,7
Kolbach sayısı	39,7	38,8	43,8
Son fermentasyon derecesi	81,4	80,9	81,1
Alfa - amilaz	62,6	57,6	56,3
Beta - amilaz	316	320	331

% 81,8, 81,3 ve 80,9 olarak bulunmuştur. Genel olarak, ortama CO₂ verilmesinin ekstraktı azalttığı söylenebilir. Aynı şekilde kaba - kırma un mayşelemelerinde de farkın arttığı - erimenin kötüleştiği - saptanmıştır.

Azot erime derecesinde hiç CO₂ bulunmaya nazaran, % 10 CO₂ bulunan ortamda biraz azalma veya aynı değerlerde kalma, buna

karşılık % 20 lik CO₂ li ortamda ise hemen her seferinde artış saptanmış. Bu beta - amilaz aktivitesi için de böyle olmuştur. Alfa - amilaz, bunların aksine düşüklük göstermiştir. Bu anzimlerin gelişmesi, % 43 ve % 46 su almış ayrı numunelere % 10 CO₂ ortamında yaptırılan çimlenme sonucunda da şöyle bulunmuştur. (Cetvel - 7)

Cetvel — 7

Su alma derecesi	43		46		
	Normal CO ₂ ile (% 10)	7	3	7	3
Günler		0	4	0	4
Ekstrakt		81,7	80,9	82,3	81,8
Un - kırma farkı		3,0	3,1	2,5	2,3
Kolbach sayısı		35,9	36,0	40,1	39,3
Hortong 45°		35,3	32,6	39,6	35,6
Alfa - amilaz		48,6	38,3	52,1	43,8
Beta - amilaz		186	189	191	218

Burada % 10 luk CO₂ ortamının Hortong 45°C sayısını da kötü etkilediği görülmektedir. (45°C Hortong sayısı % 10 luk CO₂ ortamında müsbet netice vermektedir.) Ayrıca numunenin ıslatma sonunda ulaştığı su miktarının yüksekliğinin iyi etkisi bir kez daha belirtilmektedir. Beta - amilaz aktivitesine iki faktörün birden etkisiyle daha da büyük artış sağlamak mümkündür.

Çimlenme süresi içinde sıcaklığın düşürülmesi - alfa - amilaza iyi etki ederken, aynı işlem % 10 CO₂ li ortamda yapıldığında bu iyi etkinin hemen hemen kaybolduğu görülmüştür.

Ülkemizde yetiştirilen Tokak, (İç Anadolu Bölgesinde), Safer (Geçit bölgelerinde) ve Yeşilköy (sahil bölgelerde) sertifikalı biralık arpaları ile kürsümüzde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. 20 farklı malt yapma yöntemi denenmiş ve bunlardan % 46 su alma derecesine kadar ıslatma ve 7 gün çimlendirmenin en uygun olduğu saptanmıştır. Arpa çeşitlerinden Tokak'ın en yüksek ekstraktı verdiği ve en az kavuz içerdiği, Yeşilköy çeşidinin ise en iyi erimeyi gösterdiği, Zafer çeşidinin bu özellikler yönünden çeşit arasında bulunduğu saptanmıştır. (Kılıç, 1974)

1.3. Kurutma - Kavurma :

Islatma ve çimlendirmeden sonra kurutma - kavurma işlemi gelir. Bu safhada çimlenme ve erime durdurulur, malta üretilecek bira tipine göre gerekli karakteristik özellikler verilir.

Kurutma - kavurmanın başında yaklaşık % 45 olan maltın su miktarı % 5 (1-4) in altına düşürülür. Su miktarı % 10'un altına düşünce danede hayatî faaliyet durur. Su % 10'a düşenedek yapılan iş kurutma ve nihayet daha aşağılara % 1-4'e düşene dek ise kavurma adını almaktadır.

% 18-20 su kalana dek kurutma çok kolay yapılır. Higroskopite noktası verilen bu noktadan suyun % 10'a düşüşüyle yeşil malttan çıkan hava sıcaklığı aniden artar. Ama ilk safhaya nazaran oldukça zordur. Suyun uçması hele % 10'un altında kapılar ve kolbidal tesirlerle su ayrılması oldukça zor olmaya başlar. (Bundan sonra yüksek sıcaklıklar gerekir, 80 - 105°C gibi)

Kimyasal olaylar :

Anzimatik olaylar devam ettiği gibi, renk reaksiyonları da meydana gelir. Maltta bulunan belirli bazı su miktarlarında bazı sıcaklıklar geçildiğinden, enzimlerin çalışarak protein ve nişasta parçalanma ürünlerini artırdıkları görülmüştür.

Örneğin; % 43 suda 23-25°C sınır sıcaklığı geçilirse; % 34 suda 26-30°C sınır sıcaklığı geçilirse; % 24 suda 40-50°C sınır sıcaklığı geçilirse.

Kurutma - Kavurma işlemi sonucunda, beta - amilaz büyük zarar görürken alfa - amilaz daha az tahrip olur. (Zira alfa - amilaz kurutma sırasında biraz aktivite yükselmesi gösterir. Ama kavurma sırasında yine zarar görür.) Endopeptidazlar kurutmada çoğalır (aktivite) kavurmada zarar görürler. Açık renkli maltlarda yeşil malta nazaran daha yüksek aktivite bulunmaktadır. Endo - beta - glukonazlar kurutma ve kavurma sırasında büyük zarar görmezken, exo - beta glukonazlar 50°C den itibaren inaktifleşmeye başlarlar. Polifenolaksidazlar ve peroksidazlar da büyük zarar görür.

Kurutma - Kavurmada meydana gelen en önemli reaksiyon şekerlerle amino asitlerin birleşmesi ile melanoidin denilen renkli ve aromatik maddelerin meydana gelmesidir. Bu maddelerin meydana gelmesinde sıcaklık, tannin su miktarı ve uygulanan kurutma kavurma süresi etkilidir. Melanoidinler, biraya renk ve aroma vermelerinin yanısıra, biradaki stabil olmayan kolloidlerin çökmesini önlerler. Kuvvetli redüktan maddelerdir ve proteinlerin çökmesinde etkili olan oksidasyonları önlerler.

2: MAYŞELEME :

Maltın bileşiminde bulunan maddelerin suya geçirilmesi için uygulanan işlem mayşeleme diye adlandırılmaktadır. Fiziksel etkenlerle şıraya geçen maddelerin yanısıra, büyük moleküllü olan ve ancak parçalandıkları zaman biracılıkta anlam taşıyan maddelerin de, yine malttan gelen enzimlerin yardımıyla parçalanması gerekmektedir. Mayşeleme; tüm teknolojik ve biyokimyasal olanakları kullanarak, malttan en ekonomik şekilde yararlanılması, hatta

malttaki bazı yetersizliklerin giderilmesi aşamasını oluşturmaktadır. Gerek malt yapımında, gerek mayşeleme sırasında oluşan parçalanma ürünleri ise, kısmen maya tarafından fermentasyon sırasında değerlendirilecek ve kısmen de biraya ulaşarak, fermentasyon ürünleriyle birlikte onun özelliklerini verecektir.

Genel olarak, mayşeleme suyunun sıcaklığındaki artış, suya geçen erir maddelerin (ekstrakt - kurumadde) miktarını artırmaktadır. 45-80°C ler arasında, sabit tutulan sıcaklıklarda mayşeleme yapıldığında, ekstrakt 50°C'ye kadar yavaş yavaş artmakta, bu sıcaklıkta ani bir artış görülmekte 60°C de maksimuma ulaşılmaktadır. Bu sıcaklığın üstüne çıkıldığında, ekstrakt miktarındaki artış yavaşlamakta ve sonuçta durmaktadır (Moritamo ve Kataoka, 1972.) Burada önemli olan; malt enzimlerinin sıcaklık ile ilişkisinin gözönüne alınması gerektiridir. Maltın bileşiminde bulunan nişasta, protein ve zamksı maddelerle bunların parçalanmasında rol oynayan enzimler ve mayşeleme işleminin ilişkilerini kısaca incelemekte fayda vardır.

2.1. Nişasta Parçalanması :

Mayşeleme sırasında nişasta parçalanması önemli yer tutmaktadır. Zira malt yapımı sırasında nişasta parçalanması 1 olarak kabul edildiğinde, mayşeleme sırasındaki parçalanma 10-14 oranında oluşmaktadır. Azotlu maddeler ise malt yapımı sırasında, 1, mayşeleme sırasında 0,6-1 oranında parçalanmaktadır. (Narziss, unt Lintz, 1975 b).

Şıra ekstraktının % 90 dan fazlasının karbonhidratlardan oluştuğunu belirten Piendl (1972), nişastanın parçalanmasında görev yapan enzimleri şöyle sıralamıştır :

«Glükoz oluşumunda maltaz, beta-amilaz, alfa-amilaz ve sınırdoktrinaz rol oynamaktadır. Maltoz esas olarak beta-amilazın etkisiyle meydana gelmektedir. Ancak alfa-amilaz ve sınırdoktrinaz da rol oynarlar. Maltotrioz ve küçük moleküllü dekstrinler ise alfa-amilaz ve sınırdoktrinazın birlikte etkimesiyle oluşurlar. Büyük moleküllü dekstrinlerin meydana gelmesini ise alfa-amilaz sağlamaktadır. Bu aşamada R-enzimin de rol oynadığı belirtilmektedir.

Weinfurtner et al. (1964) e göre; iyi bir fermentasyon için şıranın bileşimi şöyle olmalıdır: Heksozlar % 7,0-9,5; sakkaroz % 2,5-3,5; maltoz % 43,0-47,0; maltotrioz % 11,0-13,0; küçük moleküllü dekstrinler % 6-12 ve büyük moleküllü dekstrinler % 19-24. Narziss (1972 a) de buna benzer değerler vermekte ve şıranın azot miktarını ise 850-1050 mg/l olarak belirtmektedir.

Hennies (1953), Kolbach ve Maas'a atfen, 60°C de 4 saat boyunca yapılan mayşeleme sırasında nişasta parçalanma ürünlerinde meydana gelen değişimleri yazmıştır. Buna göre, maltoz ilk 30 dakika içinde büyük ölçüde artmakta ve sonra daha yavaş artmaya devam etmektedir. Aynı sürede artış gösteren dekstrinler ise daha sonra gittikçe düşmektedir. Heksoz ve trisakkaritler de ilk 30 dakika içinde artış göstermekte, ondan sonra pek değişmemektedirler.

Glükoz miktarında özellikle 35-50°C lerde artış görülür. Zira, bu sıcaklıklarda maltoz, sınırdoktrinaz ve invertaz enzimleri çalışma olanağı bulurlar. Mayşede glükoz miktarı, malt yapımı sırasında çoğalan ve mayşelemede invertaz enziminin parçalanması sakkaroz nedeniyle de artmaktadır.

Mayşeleme başlangıcında, 100 ml şırada 1,44 g kadar maltoz saptayan Enevoldsen (1969), mayşeleme sonunda 8,61 g'a ulaştığını kaydetmiştir. Yazar, mayşe sıcaklığının 67°C ye yükseldiğinden itibaren pek az bir değişiklik olduğunu belirtmiştir.

Maltoz, şıra karbonhidratlarının % 50 si kadardır. Özellikle glükoz ve früktoz çok olan şıralarda fermentasyon hızlı sürer ve maya bu iki şekerden sonra maltoz ve maltotriozu parçalamaya başlar. Ancak maltotriozu daha yavaş parçaladığı için bir çok birada ölçülebilecek miktarlarda kalır.

Mayşeleme başlangıcında % 39,5 kadar olan dekstrin oranı sonuçta % 16,9 a düşmektedir. 10 ve daha az sayıda glükoz ihtiva eden küçük moleküllü dekstrinler, özellikle alfa-amilazın çalışması sonucunda oluşurlar. Ancak, 62°C lerde bir müddet kalan mayşelerde zincir uzunluğu, beta-amilazın faaliyeti sonucu daha da kısalır. Bu sıcaklıklarda 20 dakika ka-

dar mayşeleme sonucunda, 20 den fazla glüköz ihtiva eden büyük molekülü dekstrinlerde de küçülme olabilir. Daha yüksek sıcaklıklarda glüköz sayısında pek artış olmaz. Bunda alfa - amilazın çalışması sonucu mayşe şekerlenmiş olsa bile beta - amilazın artık etkili olmaması rol oynamaktadır. Dekstrin oluşumunun en yavaş olarak gerçekleştiği sıcaklıklar 60 - 67°C arasındadır. 50 - 55°C lerde ve özellikle 67°C nin üstünde dekstrin oluştuğunu belirten yazarlar, 50°C de % 0,6 kadar olan dekstrinlerin 75°C de % 6,6 ya ulaştığını da kaydetmişlerdir. 67°C nin üzerinde dekstrin artışına, bu sıcaklıkta beta - amilaz, sınır - dekstrinaz, R - enzim ve alfa - glükozidaz enzimlerinin inaktifleşmesi neden olmaktadır. Böylece alfa - amilazın oluşturduğu ürünler daha küçük moleküllere parçalanmamaktadır.

Pek az ölçüde olmakla beraber mayşe konsantrasyonu da dekstrin oluşumunu etkilemektedir. Mayşe yoğunlaştıkça daha çok dekstrin oluşmaktadır. Özellikle yetersiz erimiş maltlarda infüzyon yöntemi, dekoksionla yapılan mayşelere nazaran daha fazla dekstrin meydana getirir.

Nişasta parçalanmasında rol oynayan enzimlerin mayşedeki sıcaklık ve pH optimumları Cetvel - 8'de görülmektedir.

Cetvel - 8

Nişasta Parçalayan Enzimlerin Optimum pH ve Sıcaklıkları (Narziss, 1972)

Enzim	Optimum	
	pH	Sıcaklık°C
Alfa - amilaz	5,6 — 5,8	72 — 75
Beta - amilaz	5,4 — 5,6	60 — 65
Sınır - dekstrinaz	5,1	55 — 60
Maltaz	5,0	40 — 50

Nişastanın yeterince parçalanması sonucu iyotla renk vermesiyle anlaşılan şekerleme ve alfa - amilaz arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Enzim ne kadar çoksa şekerlenmede o denli çabuk olmaktadır. Ancak şekerleme süresi pH ile de ilişkili olarak değişmektedir. Aşırı derecede düşük pH larda çok uzun şekerlenme için optimum değer 5,3 - 5,9 arasındadır.

Şekerlenme üzerinde mayşe konsantrasyonu da etkili olmaktadır. Konsantrasyon art-

tıkça şekerlenme süresi de uzamaktadır. Zira, viskozitenin yüksek oluşu enzim - substrat ilişkilerini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle şekerlenme süresi uzun olan maltların çok su ile mayşelenmesi daha uygun bulunmaktadır. Şekerlenme süresi sıcaklık ile de ilişkilidir ve 68°C de 35 dakika gerekirken 75°C de 5 - 10 dakika yeterli olmaktadır.

Narziss (1972 b) 35 - 75°C ler arasında çeşitli sabit sıcaklıklarda sürdürülen 120 dakikalık mayşelemeler sırasında alfa - amilazların durumunu incelemiştir. 60°C de inaktifleşmenin başladığını, 70°C de 1 saat sonra aktivitenin % 50 sinin yok olduğu ve 75°C de 30 dakika sonra yok denecek kadar azaldığını saptamıştır. Infüzyon yöntemiyle yapılan deneylerde ise, düşük sıcaklıklarda başlanan mayşelerdeki aktivitenin, sonra uygulanan yüksek sıcaklıklarda (70 - 75°C) daha iyi korunduğu saptanmıştır. Narziss (1972 b) 50°C mayşeleme başlangıç sıcaklığının diğerlerine nazaran daha uygun olduğunu belirtmiştir.

Maltöz oluşumu için en uygun sıcaklık 65°C dir. Bu sıcaklıkta, fermente olabilecek şeker miktarı 15 dakika içinde limite ulaşır ve ondan sonra 1 saat bekletilmesi ile de büyük bir değişiklik olmaz. Mayşeleme sırasında dinlenmeler arasındaki sıcaklık artışı da önemlidir. Dakikada 0,5 - 2,5°C yükseltilmesi uygundur. Kaynatmaya ısıtılan mayşe için ise, dakikada 1 - 3°C lik bir sıcaklık artışı uygun olmaktadır.

Sıcaklığın yanısıra, mayşeye verilen su oranı, böylece mayşe konsantrasyonu da oldukça etkilidir. Nitekim mayşenin yoğun olması halinde nişasta parçalanması çok yavaşlamaktadır. Öte yandan çok su ile hazırlanan mayşelerde ise enzimler daha iyi korunmuş olur. Ancak bu durumda da enzim substrat ilişkilerinin kolaylaşması nedeniyle, daha çok maltöz ve glüköz oluşmaktadır.

Beta - amilaz için, kaynatılmamış mayşelerde optimum sıcaklık 62 - 66°C lerdedir. Buna karşılık kaynatılmış mayşede nişastanın kolay parçalanması nedeniyle optimum sıcaklık 55 - 60°C ler arasındadır.

35°, 50° ve 65°C lerde başlatılan infüzyon mayşelerinde de en iyi sonuç 50°C ile alın-

maktadır. Mayşelerneye ne denli düşük sıcaklıklarda başlanırsa ve şekerlenme sıcaklığına dek geçen süre ne kadar uzunsa, Beta - amilaz aktivitesinin zarar görmesi o denli fazla olmaktadır.

Kaynama mayşesi ile asıl mayşe karıştırıldığında ulaşılan sıcaklık da önem taşımaktadır. Karışım sıcaklığı 60°C civarında ise, kaynama mayşesi ile çirilenen nişasta asıl mayşenin enzimlerince çabuk parçalanır ve daha çok maltoz oluşur. Karışım sıcaklığı 70°C ise Alfa - amilazın etkisiyle daha çok dekstrin oluşur. Ancak, fazla miktarda dekstrin de istenmez. Zira, bunlar fermentasyon sırasında oluşan alkol etkisiyle çökerler ve süzme zorlukları ile bira bulanıklığına neden olurlar (Geyer, 1971).

2.2. Protein Parçalanması :

Protein parçalanmasında rol oynayan enzimler şöyle gruplandırılmaktadır:

A : Endopeptidazlar,

B : Ekzoepididazlar,

Endopeptidazlar: a) Pepsinazlar, b) Tripsinazlar c) Chymotripsinazlar, d) Papainazlar diye; Ekzoepididazlar ise

a) Karboksipeptidazlar, b) Aminopeptidazlar, c) Dipeptidazlar diye gruplandırılmaktadır.

Bu enzimlerin optimum pH ve sıcaklıkları Cetvel - 9'da belirtilmiştir.

Cetvel — 9

Endo ve Ekzoepididazların pH ve Sıcaklık Optimumları

Enzim	Optimum	
	pH	Sıcaklık °C
Endopeptidazlar	5,0	50 — 60
Ekzoepididazlar		
Karboksipeptidazlar	5,2	50 — 60
Aminopeptidazlar	7,2	40 — 45
Dipeptidazlar	8,2	40 — 50

Endopeptidazlar için optimum sıcaklık 45-50°C, pH ise 5,0 dir. Bu enzim grubu, pH sı 6,5 olan mayşede en az zarar görür. Dayanabildikleri en uygun sıcaklık ise 45°C dir. Mayşeleme sırasında en uygun malt: Su konsantrasyonun ise 1:6 sıdır.

50°C e (48-52°C) derhal protein parçalanmasının başlaması gereklidir. Zamanla en-

zimler inaktifleşir ve 1,5 saat sonra ancak % 30 aktivite kalır.

Çözünür proteazların 70°C de çabuk inaktifleşmektedir. Buna karşılık plazma - kolloidlerinin koruyucu etkisiyle, çözünmemiş hücre içi desmo proteazlar daha dayanıklıdır.

Birinci kaynatma mayşesinin 70°C dinlenmesi aşamasında maksimum proteaz aktivitesi saptamışlar, buna karşılık 52°C de bekleyen mayşede enzimlerin yarısının inaktifleştiğini izlemişlerdir.

Protein dinlenmesinin ikinci derece bir önemi olduğunu belirten Kotrla - Hapalova (1961) 40-50°C lerde proteolitik enzimlerin pek az, 70°C de ise intensif bir etki gösterdikleri yazmıştır. Nitekim, Narziss ve Lintz (1975 b) 70°C de bulunan endopeptinaz aktivitesinde hafif bir artış saptamışlar ve bunun desmoenzimlerin serbest kalışlarından ileri geldiğini belirtmişlerdir.

49°C de 3 saat sonunda, 65,5°C ye nazaran daha çok erimiş azot kazanılmaktadır. Proteolitik aktivite ile şırada bulunan erimiş azot miktarı paralellik göstermektedir. Maltlarda su alma oranı arttıkça, Kolbach'a göre azot erime derecesi de artmaktadır. Bu ilişki Türk arparalarında da teyid edilmiştir.

35°, 50° ve 65°C başlangıç sıcaklıklı mayşeleme deneyleri yapan Narziss ve Röttger (1973) şu sonuçları bulmuşlardır: Mayşelemenin 35°C ile başlatıldığında şırada 50°C ile olana nazaran daha fazla erimiş azot ve küçük moleküllü azotlu maddeler bulunmuş, yüksek moleküllülerde bir değişiklik olmadığı saptanmıştır. 65°C ile başlatılan mayşelerin sırasında, 50°C ile başlatılana nazaran daha az erimiş azot ve daha az küçük moleküllü azotlu maddeler bulunmuştur.

Narziss ve Lintz (1975 b) mayşelemenin düşük sıcaklıklarda başlatılmasının enzimleri koruduğunu, sonuçta daha yüksek aktivite bulunduğunu saptamışlardır. Ayrıca, iyi erimemiş maltların daha düşük aktivite gösterdikleri ve enzimlerin sıcaklığa karşı daha dayanıksız oldukları da anlaşılmıştır.

İyi ve yetersiz erimiş maltlar oldukça farklı azotlu madde fraksiyonları göstermektedirler.

Narziss ve Lintz (1975 b), farklı mayşeleme başlangıç sıcaklıklarının da erimiş azot miktarını ve çeşitli molekül gruplarını etkilediğini saptamışlardır. Bu farklılıkta asıl etkenin endopeptidaz aktivitesi olduğunu belirten araştırmacılar, azotlu maddelerin molekül ağırlıklarına göre fraksiyonlarının büyük ölçüde maltın özellikleri ile belirlendiğini yazmışlardır.

Zamk maddelerinin parçalanması : Hücre duvarını teşkil eden sellüloz ve hemisellülozların yanısıra, suda eriyebilen ve bileşim açısından hemisellülozlardan pek az farklılıklar gösteren zamk maddelerinin (Beta - glükan) parçalanmasında şu enzimler rol oynamaktadır. (Friedrich, 1969):

Sitazlar : Endo - Beta - glükanaazlar : Ekzo - Beta - glükanaazlar; Sellobiyaz.

Schuster et al. (1967) zamk maddelerini parçalayan bu enzimlerin optimum sıcaklığının 50°C nin altında olduğunu, Narziss (1972 b) ise 40-45°C lerde olduğunu yazmışlardır. Endo - Beta - glükanaazlar için optimum pH ise 4,7 dir. (Luchsinger et al., 1958).

Narziss (1972 b) e göre 62°C nin üzerinde hızla inaktifleşen endo - beta - glükanaazların faaliyeti sonucunda büyük moleküllerin parçalanmasıyla ilgili olarak viskozite düşmektedir. Bu ise süzmenin kolaylaşmasına ve akış hızının yükselmesine olumlu etkilemektedir.

Schuster et al. (1967), İnfüzyon yöntemi ile elde olunan şıraların, dekoksasyon ile yapılanlara nazaran daha az zamk maddeleri ihtiva ettiklerini ve daha düşük viskozite gösterdiklerini saptamışlardır.

Ancak viskozite, sadece zamk maddeleri ile ilişkili olarak değişmemektedir. Piratzky und Schöne (1961) azotça zengin maltların daha düşük viskozite gösterdiklerini belirtmişlerdir. Reiner ve Lawrynowicz (1965), viskozitenin, ince - kaba kırma ekstrakt farkı arttıkça yükseldiğini, nişastanın parçalanması ile maltotrioz ve heksozların artışı ile ise düştüğünü saptamışlardır.

Viskozite, şıranın bileşiminde bulunan dekstrinler, maltoz ve zamk maddelerince, maltın az ya da çok erimiş olmasına bağlı olarak değişen oranlarda etkilenmektedir. Yetersiz

erimiş olan maltharda zamk maddeleri, iyi erimişlerde ise maltoz ve dekstrinler daha fazla etkili olmaktadır. (Schuster et al. 1967).

Kraus ve Elifler (1976)'e göre viskozitesi düşük olan şıralarda genel süzme süreside daha kısa sürmekte ve elde olunan biranın viskoziteside düşük olmaktadır. 52°C ve 62°C lerde mayşelendiğinde, düşük sıcaklık daha düşük viskoziteli şıra elde olunmasını sağlamaktadır.

Ülkemiz maltları ile yapılan bir araştırmada piriçli mayşeleme için denemeye alınan maltlar arasında, Yeşilköy yüksek enzim aktivitesi göstermiş ve düşük ekstrakt miktarına rağmen en yüksek geçen ekstrakt oranını sağlamıştır. Endo - enzimlerce zengin oluşu, dekoksasyon yöntemiyle yapılacak mayşelemede piriç kullanılması pek sakınca yaratmayacağını ortaya koymuştur.

Zafer maltı ise, Yeşilköy'e nazaran daha fazla ekstrakt vermesi ve bunun yanısıra yeterince enzim içermesi nedeniyle, piriçle mayşelenebileceğini göstermektedir. Bu maltın infüzyon ile mayşelenmesi daha iyi olmakla beraber, dekoksasyon ile çalışılmasında da büyük bir sakınca bulunmamaktadır.

Tokak maltı, en yüksek ekstrakta sahip olan malthdır. Bu nedenle biralık arpalar arasında en önemli yeri tutan çeşittir. Ancak, yeterince Beta - amilaz aktivitesine rağmen pek az alfa - amilaz içermesi nedeniyle, % 20 oranında piriç katkılı mayşelemede yetersiz kaldığı saptanmıştır. Bu malt ile piriç katıldığında, enzimlerin daha iyi korunduğu infüzyon yönteminde de iyi sonuçlar alınması beklenmemelidir.

Mikro - malt denemeleri sonucu, genellikle diyastatik kuvvet ile yetinilmekte, maltın enzimatik yeteneği hakkında karar verilmektedir. Ama, böyle bir değerlendirme yeterli olmamaktadır. Katkı maddesi kullanılacak mayşeleme için de, maltın alfa - amilaz aktivitesinin çok daha önemli olduğu ve Tokak örneğindeki gibi, çoğunu Beta - amilazın oluşturduğu bir diyastatik kuvvetin yetmediği görülmektedir. (Durgun, 1976)

Mayşeleme sırasında çeşitli gelişmelere kısaca değinmeye çalıştık. Mayşeleme olayını

denetlemek için, kullanılan maltın niteliklerinin, özellikle enzimatik kapasitesinin iyi bilinmesi gerekir. Elde olunacak şıranın sahip olması istenilen bileşim elbette asıl hareket noktası olmalıdır. Örneğin, malt özü olarak kullanılacak, koyulaştırılmış malt özü elde etmek üzere değerlendirilecek şıranın bileşimi ve çeşitli tiplerde bira yapımında kullanılacak şıraların bileşimleri birbirinden farklı olmak zorundadır.

2.3. Malt özü :

Malt özü beslenme amacıyla veya gıda sanayinin herhangi bir dalında, örneğin bisküvi sanayiinde kullanılacak ise enzim aktiviteilerinin korunması gerekecektir. Bu nedenle malt özü elde olunmasında, mayşeleme yönteminde sıcaklık ve zaman ilişkileri, normal biracılık sırası için gerekenden daha değişik olmak zorundadır. Örneğin mayşeleme işleminin düşük sıcaklıklarda başlatılması ve bu sıcaklıklarda uzun sürelerde tutulması gerekmektedir. Mayşeleme sonu sıcaklığı da 65°C yi geçmemek zorundadır. Dekstrinlerin en büyük ölçüde parçalanması sağlandığında, şıranın viskozitesi düşer, süzme zorlukları azalır. Ayrıca koyulaştırma işlemi de büyük kolaylık sağlanmış olur. Enzimatik malt özünün koyulaştırılması aşamasında da, enzimlerin korunması, gerektiğinden sıcaklığın 64-65°C yi geçmemesi, bu nedenle de vakum altında işlenmesi elzemdir. Kullanılacak maltın enzimatik yönden çok iyi olması, hem işlemlerin kolaylaşması, hem de nedenli düşük sıcaklıklar uygulanırsa uygulansın, yine de bir kısım enzim tahrip edildiğinden, malt özünde kalacak enzim miktarı yönünden önemlidir.

Bira yapımında ise, kullanılacak şırada aşırı bir parçalanma olması elbette istenmez. Biranın dolgunluğunu sağlayan proteinlerin, viskoz maddelerin (zamksı maddeler ve hatta dekstrinlerin) aşırı parçalanması olumsuz sonuçlar yaratır. Bundan biranın köpük tutma yeteneği de zarar görür.

Proteinlerin aşırı parçalanması ve orta büyüklükteki protein parçalanma ürünlerinin azalması, biranın yavan bir tad almasına neden olmaktadır.

3. KAYNATMA :

Mayşeleme bitince şıra süzülür, küspe yi-

kama suyu ile birlikte kaynatma kazanına verilir ve kaynatmaya başlanır. Kaynatma işlemi 1,5-2 saat sürer. Kaynatma ile enzimler tahrip olur, şıra sterilize edilir, proteinler çöktürülür, şıranın konsantrasyonu ayarlanır ve şerbetçi otundaki maddeler şıraya geçirilir.

— Kaynatma işleminden sonra soğutulup fermantasyona verilecek şıranın, üretilecek bira tipine göre belli bir ekstrakt miktarı olması gerekir. Bu ekstrakt miktarı kaynatma sırasında meydana gelen buharlaşma ile ayarlanır. Örneğin, açık renkli Pilsen tipi bira üretiminde, küspe yıkama suyu ile konsantrasyonu düşen şıra kaynatma ile genellikle 12 ballinge ayarlanır.

— Kaynatma işlemi ile enzimlerde tahrip edilerek fermantasyon sırasında da çalışmaları önlenir. Aksi halde özellikle dekstrinler, fermantasyon sırasında da maltoza parçalanır ve fermantasyon derecesi kontrol edilemez. Bu ise belirli tipte bir üretimini önler.

— Kaynatmada, malt, şerbetçiotu ve diğer katkı maddelerinden gelen mikroorganizmalar ve özellikle bira fabrikalarında zaman zaman büyük aksaklıklara neden olan laktik asit bakterileri tahrip edilir.

Kaynatma işlemi ile şırada bulunan koagüle olabilir proteinler (Albumin, Globulin) şerbetçiotunda ve malt kavuzundan gelen polifenoller yardımıyla çökerek sıcak tortuyu meydana getirir. Koagülasyonda kimyasal ve fizikokimyasal olaylar birlikte etkili olur.

Koagüle olabilir proteinlerin fazla çökmesi biranın köpük miktarını ve dolgunluğunu azaltır, yavan tad almasına neden olur. Öte yandan şırada fazla kalması ise biranın biyolojik olmayan soğuk bulanıklığını artırır, koloidal ştabilitesini bozar. Şırada kalacak protein miktarı, kaynatmanın süresi, şıranın pH'sı ve malt kavuzu ve şerbetçiotu ile şıraya verilecek toplam polifenol miktarının ayarlanması ile kontrol edilebilir. Böylece biranın filitasyonu sırasında gerekebilecek malzeme ve işçilikten tasarruf sağlanır.

— Kaynatma sırasında meydana gelen önemli olaylardan birisi, şerbetçiotu maddelerinin ekstraksiyonudur. Şıraya karakteristik acılığı ve şerbetçiotu aromasını verecek aci

maddeler ve uçucu yağlar ile şerbetçiotu polifenollerini kaynatma ile şıraya geçer. Acı maddelerin en önemlisi olan alfa-asitleri izomerize olarak şıraya erir. Diğer acı maddeler de okside ve hidrolize olarak kısmen de koloidal reçineler halinde şıraya geçer. Şerbetçiotu uçucu yağlarının büyük kısmı kaynatmada buharlaşarak zayı olur. Bunu önlemek için kullanılacak şerbetçiotunun bir kısmı kaynatmanın sonuna doğru verilirse de bunda tam bir başarı sağlanamaz. Bu durum kaynatmada, uçucu yağ önceden ayrılmış şerbetçiotu ürünleri kullanıp, uçucu yağın dinlendirme sırasında genç biraya ilâvesi ile önlenmektedir.

Şıra ve birada bulunacak acı maddeler miktarı, kullanılan şerbetçiotu miktarına ve şerbetçiotu katım yöntemine bağlıdır. Son yapılan araştırmalar şerbetçiotu acı maddelerinden maksimum yararlanmanın 80 dakikalık kaynatma ile mümkün olduğunu göstermiştir. Şıra ve birada yapılacak acılık tayinleri ile şerbetçiotu veya ürünlerinin ekonomik kullanılıp kullanılmadığını ve ne oranda kullanıldığını saptamak mümkündür. Kaynatma ile şıranın rengi koyulaşır, pH'sı 0,2 - 0,3 kadar düşer.

5. FERMANTASYON :

Kaynatma bitince şıradan şerbetçiotu küspesi ayrılır ve soğutulur. Soğutma sırasında tortu oluşarak şıradan ayrılır.

Soğutulan ve havalandırılan şıra fermentasyona alınır ve mayalanır. Ülkemizde bira üretiminde alt fermentasyon uygulanmaktadır. Fermentasyonda mayaların şekerleri parçalanması ile etil alkol ve CO₂ oluşur. Bu arada yan ürün olarak küçük miktarlarda esterler, yüksek alkoller, aldehitler **Diasetil asetoin**, Gliserin ve (laktik, asetik, sitrik, malik, pirüvik) bazı organik asitler oluşur.

Fermentasyon sırasında meydana gelen en önemli değişme karbonhidratlarda olmaktadır. 12 ballinglik bir şıraya yaklaşık 7-8 g. fermente olabilecek şeker bulunur.

Açık renkli şıralarda karbonhidratların yaklaşık, % 43-47 si maltoz, % 11-13 ü malto-trioz, % 7-9 u heksoz, % 3 ü sakkaroz, % 19-24 ü büyük moleküllü dekstrin, % 6-12 si kü-

çük moleküllü dekstrin, % 3-4 ü pentozan, % 0-2 si zamksı maddedir. Üretilen biraların fermentasyon derecesi ile son fermentasyon derecesi arasındaki fark en fazla % 2-5 olmalıdır. Aksi takdirde bira yeterli stabilitede olmaz.

12 ballinglik bir şıraya ortalama 100 mg/100 ml azot bulunur, bunun yaklaşık yarısı maya tarafından özümmlenebilen aminoasit ve peptitlerdir. Kürsümüzde yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre ülkemiz arpalarından elde edilen maltlarla birlikte kullanılan katkı oranı % 30 u geçtiği takdirde, şıraya mevcut azot maya için yeterli olmaktadır. Fermentasyonla şıranın pH sı 1.0 kadar düşer. Renk açılır. Şıraya bulunan oksijen maya tarafından harcanır.

Bilindiği gibi şıra kaynatmadan sonra soğutulurken havadan bir miktar oksijen alır. Bu oksijen maya için gereklidir. Şıra ayrıca mayalama sırasında da havalandırılır. Fakat havalandırmanın zamanı, yan ürünler, özellikle birada ayrı miktarlarda bulunması istenmeyen diasetil ve asetoin oluşumu üzerine etkili olduğundan önemlidir. Son yapılan araştırmalar zamansız yapılan havalandırmanın bira kalitesini olumsuz yönde etkilediğini, havalandırmanın fermentasyon başında şıranın hava ile doyurulması ile yapılmasının en uygun olduğunu ve bunun diasetil oluşumunu artırmadığını, bunun yanında, örneğin fermentasyon sırasında havalandırma yapılmasının diasetil oluşumunu 6 katı artırdığını göstermiştir. Diğer taraftan aşılana maya miktarı, kullanılan maya çeşidi, sıcaklık, pH, rH, metal iyonları şıra bileşimi diasetil ve asetoin oluşumu üzerine etkilidir. 0°C de 5-6 hafta dinlendirme ile maya fermentasyonda oluşan diasetili redükte ederek sınır değer altına düşürebilmektedir.

Asıl fermentasyondan sonra genç bira dinlendirmeye alınır. Bu aşamada da fermente olabilen şekerlerin parçalanması sürer, böylece biraya CO₂ kazandırılmış olur. Çok büyük olmamakla beraber, oluşan ürünlerle de biranın karakteri iyice belirlenir ve bira olgunlaşır. Ondand sonra şişelenerek veya fiçılara doldurularak tüketiciye sunulmak üzere hazırlanmış olur.