

Kontrollü Atmosferde Depolamanın Tahıl Tanelerinin Kalitesine Etkisi

Dr. Yusuf SÜMBÜL

TÜBİTAK - MAM Beslenme ve Gıda Teknolojisi Böl. — Gebze-KOCAELİ

ÖZET

Kontrollü atmosferde depolama tekniği, (Azot veya Karbondioksit atmosferi) kimyasal koruyuculara alternatif olarak böcek kontrolünde yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Ancak, tane nem miktarının % 12'den az olduğu koşullarda sadece böcek kontrolü amacıyla kullanılmasının gereksiz olduğu, küf gelişimi engellenmek ve çimlenme kabiliyetinde korunmak isteniyorsa, faydalı olabileceği ifade edilmektedir. Bu derlemede, düşük O₂ veya yüksek CO₂ atmosferlerinin depolanan tanelerin kalitelerine etkileri hakkında literatür bilgileri sunulmuştur. Bu çerçevede, yüksek bağıl nem ve sıcaklık koşullarında depolanan tanelerde özellikle küf gelişimi engellenmek ve çimlenme kabiliyetinde muhafaza edilmek isteniyorsa, kontrollü atmosfer koşullarında O₂ miktarının % 1'den az veya CO₂ miktarının % 60'dan büyük olması gerekmektedir.

ABSTRACT

Effects on Controlled Atmosphere Storage on Cereal Grains Quality

Controlled atmospheres (CA), both nitrogen and carbon dioxide (CO₂)-based atmospheres, techniques of insect control in stored grain are receiving widespread interest as alternatives to chemical protectants. Though technically feasible, it is unnecessary to maintain a controlled atmosphere indefinitely in dry grain (moisture \leq % 12) if insect control only is required. However, CA also can control moulds and influence retention of germination, and it may be that a continuously maintained CA is beneficial if these are important considerations. This paper presents the data available in the literature on the effect on grain quality of lowered oxygen and raised CO₂ levels in storage environments. There appears to be a case for use of either atmospheres of less than 1 % O₂ in nitrogen or more than 60 % CO₂ in air for quality preservation of cereal grains, particularly where it is neces-

sary to retain a high level of germination, or where, because of high temperatures or moisture contents, storage conditions in air are marginal.

GİRİŞ

Belli sıcaklık, bağıl nem ve gaz karışımında depolanan tahıl tanelerinde bulunan böcek ve benzeri zararlıların popülasyonu atmosferin kompozisyonu ve depolama süresine bağlı olarak değişmektedir. Eğer depolanan tanelerinin bulunduğu ortamda oksijen (O₂) tüketilir veya karbondioksit (CO₂) miktarı artırılırsa bu tür ortamlarda böceklerin yaşamadığı bilinmektedir. Bu amaçla kullanılacak insektisit özellikli atmosferlere, azot gazı içinde % 1 O₂ ile % 60 CO₂ ve % 40 hava karışımları tipik örnekler olarak verilebilir (BAILEY ve BANKS, 1975; 1980). Bu tür atmosferlerin insektisit özellikleri uzun yıllar bilinmesine rağmen modern anlamda tahılların depolanmasında kullanılmalarına ancak 1970'li yıllarda başlanmıştır.

Tahılların depolama sırasında ambar zararlılarından ve enfeksiyonlardan korunması, kompozisyonu bilinmeyen bir atmosfer ile veya normal atmosfer koşullarında başaramamaktadır. Bu nedenle depolanan tanelerin zararlılardan korunmasını sağlayabilmek için bazı kimyasal kullanılmaktadır. Bu tür kimyasalların insanlara olabilecek zararlı etkileri, maliyetleri ve sadece böcek ve benzeri zararlıları etkilemelerinden dolayı, aynı zamanda çeşitli enfeksiyonlardan da korunmak amacıyla kontrollü atmosferde depolama tekniği kullanılmaktadır. Kontrollü atmosferde başarılı olabilmek için ise, sağlanan atmosfer koşullarının iyi muhafaza edilmesi ve depo atmosferi bağıl nem düzeyinin anaerobik fermentasyona neden olacak seviyelerde olmasının sağlanması gerekmektedir. Yukarıda verilen bilgiler ışığında, kontrollü atmosferde depolamanın tanelerin kalitelerine etkilerinde literatür bilgileri sunulmuştur.

ÇİMLENME KABİLİYETİNE ETKİSİ

Çimlenme kabiliyeti, depolamanın seyrinin belirlenmesinde kullanılan serbest yağ asitliği, ekmekçilik kalitesi gibi diğer kalite parametrelerinden daha önce değişmektedir. Bundan dolayı depolama esnasında meydana gelen bozulmaların saptanmasında kullanılan duyarlı metotlar arasında yer almaktadır (POMERANZ, 1974; BANKS, 1981; WALLACE, ve ark., 1983; FAO, 1984). Ayrıca birçok durumda örneğin maltlık arpalar ve tohumluk tanelerde çimlenme kabiliyetlerinin yüksek olması önemli özelliklerdendir. Bu nedenlerle çimlenme kabiliyeti kontrolü atmosferin etkilerinin belirlenmesinde de duyarlı bir metot olarak kullanılmaktadır.

a. Düşük Nem Düzeyli Tanelerin Çimlenme Kabiliyetine Etkisi :

Denge bağılı neminin % 60 civarında olduğu kuru şartlarda (buğday için % 12,5 tane nem miktarı ile dengede) tahıl tanelerinin normal atmosfer koşullarında bile çimlenme kabiliyetlerinde herhangi bir azalma olmadan 1-2 yıl depolanabildikleri bilinmektedir. Bu yönden kontrollü atmosferde ve normal koşullarda depolamanın faydalarının belirlenebilmesi için bazı çalışmalar yapılmıştır. GLASS ve ark., (1959) % 3 tane nemli buğdayları 30°C'de hem % 0,4 O₂'li koşullarda hem de normal atmosferde 42 hafta süreyle depolamışlar ve çimlenme kabiliyetinin değişmesinde depolama koşulları arasında farklılık bulamamışlardır. SHEJBAL ve Ark., (1973)'nin % 11,8 tane nemli yumuşak buğdaylar ile yaptıkları 22 haftalık depolama denemesinde de, % 0,5 O₂'li ve normal atmosferde depolamada çimlenme kabiliyetinde farklılık oluşmamıştır. Benzer şekilde % 10,3 tane nemli sert buğday ve % 12,9 tane nemli yumuşak buğdaylar ile 20°C'de 9 ay süreli yapılan çalışmada çimlenme kabiliyeti % 95'in üstünde belirlenmiştir. Marmara Bölgesinde 4 değişik depo tipinde 2 yıl üst üste sert ve yumuşak buğdaylar ile yapılan depolama çalışmasında da (tane nem miktarı yumuşak buğdaylarda % 10,7 - 13,1 sert buğdaylarda % 9,72 - 13,15) birer yıllık periyotlarda olağan depolama koşullarında çimlenme kabiliyetinde herhangi bir değişme olmadığı saptanmıştır (SÜMBÜL, 1988). Tane nem miktarı % 10 olan sorgum ile

yapılan diğer bir çalışmada da 30°C'de normal atmosferde ve azot, helyum veya argonla modifiye edilmiş atmosferlerde çimlenme kabiliyetinde yine farklılık belirlenememiştir (BANKS, 1981).

Beş yıldan daha uzun süreli depolamalar için kontrollü ve normal atmosfer koşullarındaki depolamaların karşılaştırılmalarına ait bazı örnekler ise aşağıda sıralanmıştır. TIXTON ve ark., (1975)'nin yaptıkları 16 yıllık depolama çalışmasında, (% 11,9 tane nemli Manitoba buğdayı/2-20°C yıllık sıcaklık değişimi/% 2'den az O₂/ve normal atmosfer) tanelerin çimlenme kabiliyetlerinde büyük farklılıklar belirlenmiştir. Kontrollü atmosferde 16 yıl sonunda buğdayın çimlenme kabiliyeti % 87 olarak saptanmışken normal koşullarda % 39'a düşmüştür. Aynı koşullarda Capella buğdayında ise (% 12,9 tane nemli) çimlenme kabiliyeti % 60 ve % 14 olarak bulunmuştur. SHEJBAL (1979b)'nin bir çalışmasında da (% 12 tane nemli/18-32°C/azot atmosferi içinde % 0,3 O₂ ve normal atm.) ilk 3 yıl içinde buğdayın çimlenme kabiliyetinde bir farklılık saptanamamıştır. Ancak 4. yıldan itibaren normal koşullarda depolanan örnekte çimlenme kabiliyeti hızla düşmeye başlamıştır. 5. yıl sonunda kontrollü atmosferde depolanan örneğin çimlenme kabiliyeti % 63, normal atmosferde depolanan örneğin ise % 1 olarak saptanmıştır (SHEJBAL, 1979a). Yine aynı araştırmacının % 12 tane nemli maltlık arpalar ile yaptıkları başka bir denemede (30°C) normal atmosferde 30 hafta, azot atmosferinde 50 hafta sonra çimlenme kaybının meydana geldiğini belirlenmiştir.

Kuru tanelerin uzun süre depolanmasında CO₂ ve normal atmosfer koşullarının karşılaştırılabileceği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak çimlenme kabiliyetinin korunmasında diğer gazlar gibi CO₂ gazının da önemli bir etkisi bulunmamaktadır. Tahıllar dışında diğer tohumlar ile yapılan çalışmalarda, azot atmosferi ile benzerlik gösterdiği, sınırlayıcı faktörün atmosferdeki O₂ miktarı olduğu ifade edilmiştir (BANKS, 1981; SHEJBAL, 1979a - b).

b. Yüksek Nem Düzeyli Tanelerin Çimlenme Kabiliyetine Etkisi :

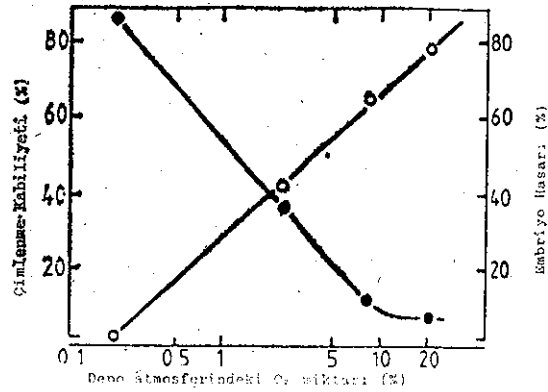
% 13 - 18 tane nemli (% 60 - 80 bağıl nem ile dengede) tahıllarda depolama sırasındaki

kayıplara neden olabilecek en önemli risk faktörü küflerdir (CHRISTENSEN ve KUAFMANN, 1974; FAO, 1984). Küf gelişimi ise çimlenme kabiliyetini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, kontrollu atmosferde küflerin gelişiminin engellenmesi ile çimlenme kabiliyeti de korunmuş olmaktadır.

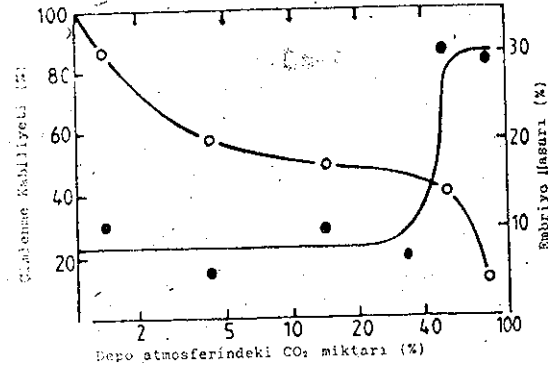
Oksijen konsantrasyonuna bağlı olarak tane canlılığında meydana gelen değişmelerin incelenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada (Şekil 1.) çimlenme kabiliyeti % 88 olan % 18 tane nemli buğdayların (30°C/% 0,2 O₂ ve normal atmosfer) kontrollu atmosferde çimlenme kabiliyetlerinin 16 gün sonra % 86'ya düştüğü ve oksijen miktarındaki çok az artışların, canlılığın hızla azalmasına neden olduğu belirlenmiştir. Böylece aynı koşullarda O₂ miktarı % 2,4 iken çimlenme kabiliyeti % 38 ve normal atmosferde % 7 olarak saptanmıştır. Ayrıca % 21 O₂ içeren, CO₂'ce zengin değişik depolama koşullarında (30°C/% 18 tane nemi) CO₂ miktarı % 50 düzeyine ulaştırılsa bile herhangi bir koruyucu etkinin oluşmadığı (Şekil 2) ve sadece küf riskinin olmadığı durumlarda % 50 CO₂'in yeterli olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle yüksek tane nemli tahılların depolanmasında CO₂ miktarının % 50 düzeyinin üstünde olması gerekmektedir (BANKS, 1981; PETERSON ve ark., 1956).

Hermetik koşulda yapılan bir çalışmada, depolamaya % 20 CO₂ ve normal atmosfer ile başlanmış ve depolama sonunda (15°C/% 16 tane nemi) buğdaylarda çimlenme kaybında farklılık belirlenmemiştir. Tane nemi % 19 olduğunda ise depolamaya % 20 CO₂ ile başlamanın daha avantajlı olduğu saptanmıştır (STO. YANOVA ve SHIKRENOW, 1976). Yüksek tane nemli tahılların depolanmasında % 18 tane nemli buğdaylar ile yapılan başka bir denemede de (30°C/% 0,4 O₂) buğdaylar kontrollu atmosferde 8 hafta süreyle (% 97) çimlenme kabiliyetlerini muhafaza etmişlerdir. Normal koşullarda canlılığın % 18 olarak belirlenmesi, kontrollu atmosferin faydasını gösteren en çarpıcı örnekler arasındadır. (FRANCHINO ve Ark., 1980). Aynı araştırmacıların orta İtalya sıcaklık koşullarında yaptıkları diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tane nemi % 14,5 olduğunda (% 0,3 O₂/18-26°C) 1 yıl sü-

resince kontrollu atmosfer ve normal atmosferde belirgin bir farklılık meydana gelmezken, tane neminin % 18 olduğu koşullarda kontrollu atmosferde 15 hafta süreyle çimlenme kabiliyeti % 80'in üstünde belirlenmiş, normal atmosferde ise 8 haftada % 40'a düşmüştür. Bir başka çalışmada, (18-20°C/% 17,4 tane nemi % 0,2 O₂ /ve normal atm.) % 97 olan çimlenme kabiliyeti, kontrollu atmosferde 10 hafta sonra % 70 ve normal koşullarda % 55 olarak belirlenmiş, 32 hafta sonra ise her iki koşulda da taneler canlılıklarını yitirmişlerdir.



Şekil 1. Tane nem miktarı % 18 olan buğdayların, depo atmosferindeki O₂ konsantrasyonuna bağlı olarak çimlenme kabiliyeti ve embriyoda meydana gelen hasar miktarı. (30°C/ 16 gün) PETERSON ve Ark., 1956).



Şekil 2. Tane nem miktarı % 18 olan buğdayların, depo atmosferindeki CO₂ konsantrasyonuna bağlı olarak çimlenme kabiliyeti ve embriyoda meydana gelen hasar miktarı. (0°C/20 gün/ % 21 O₂) (PETERSON ve Ark., 1956).

Oksijensiz ortamların canlılığa olumsuz etkilerine teknik düzeyde (Azot gazı içinde % 0,3 O₂) rastlanmamıştır. Fakat, gerçek oksijen-

siz ortamlarda ($O_2 \leq \%0,01$) tanein bünyesinde bulunan enzimlerin etkisi ile canlılıkta azalma olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle tanelerin canlı kalmalarını sağlayacak düzeyde O_2 'nin olması gerektiği fikri yaygındır (HOUGH ve ark., 1971; TRANCHINO ve Ark., 1980). Bazı durumlarda kontrollü atmosferde depolamalarda da tane canlılığının azalmış olduğu belirlenmiştir. Örneğin ($25^\circ C/18,4$ tane nemi) azot atmosferinde maltlık arpalar ile yapılan bir çalışmada 6-8 hafta sonra canlılığın yarıya indiği saptanmıştır. (BANKS, 1981). Benzer bir çalışmada ($22-25^\circ C/\% 16,8$ tane nemi $\% 0,5 O_2$ ve normal atm.) 4 ay sonra her iki koşulda da taneler canlılıklarını yitirmiştir (SHEJBAL ve Ark., 1973). Ancak verilen örneklerdeki kontrollü atmosferlerde görülen canlılık azalmasının kontrollü atmosferin olumsuz etkisinden değil nemin yer yeğıştirmesinden dolayı meydana gelen ıslak noktalarda olduğu saptanmıştır.

KÜF GELİŞİMİ VE TOKSİN OLUŞUMUNA ETKİSİ

a. Küf gelişimi :

Özellikle nemli tanelerde büyük risk faktörü olan küflerin metabolik faaliyetlerini sürdürmelerini için oksijen gereksinimleri vardır. Ancak bunlar mikro-aerofilik yapıya sahip olduklarından çok düşük seviyelerdeki O_2 'den bile faydalanabilmektedirler. Bu nedenle küf gelişimi kontrollü atmosfer koşullarında da tamamen durdurulmamakta, fakat miktarları güvenli düzeyde tutulabilmektedir. TRANCHINO ve ark., (1980). $\% 18$ tane nemli buğdaylar ile (azot atmosferi) yaptıkları çalışmalarda küf üremesinin engellendiğini, sporlarının zaman içinde canlılıklarının azaldığını belirlemişlerdir. 30 hafta sonunda *Aspergillus candidus* üremesi görülmüş, ancak 54 hafta sonra bile miktarın depolama için güvenli düzeyde olduğu (6×10^4 adet/g.) saptanmıştır. Aynı araştırmacıların başka bir çalışmasında da ($18-26^\circ C/\% 17,4$ tane nemi/ $\% 0,2 O_2$ 'li azot atmosferi/normal atmosfer) yine *A. candidus* üremesi belirlenmiş, 6×10^5 adet/g. düzeyinde normal koşullarda 3 haftada, kontrollü atmosferde 20 haftada ulaşılmıştır. Benzer şekilde ($\% 30^\circ C/\% 0,2 O_2$ ve havalı atmosfer/ $\% 18$ tane nemi) verilen depolama ko-

şullarında 16 günde *A. glaucus* üremesi belirlenmiş, *A. flavus* ve *Penicillium ssp.* ye rastlanmamıştır. Fakat küf sayısı normal atmosferde daha yüksek olarak saptanmıştır.

Karbondioksit atmosferi ile yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar alınmıştır. $\% 21 O_2$ içeren $\% 12 CO_2$ 'li bir ortamda ($30^\circ C/\% 18$ tane nemi) küf gelişimi oldukça azalmıştır. CO_2 düzeyi $\% 50$ 'ye yükseltildiğinde ise *Aspergillus glaucus* dışında üreme tamamen durdurulmuştur. $\% 16-19$ tane nemli buğdaylar ile yapılan başka bir çalışmada, $\% 20 CO_2$ ile depolamaya başlanarak oluşturulan hermetik koşullarda normal atmosfere göre daha az küf ürettiği belirlenmiştir. Bunların yanında $\% 12$ gibi düşük tane nemli buğdaylarda hem kontrollü atmosferde hemde normal atmosferde ($2-20^\circ / \% 2 O_2$) 10 yıl süresince küf üremesinde farklılık belirlenmemiş, her iki koşulda da küf üremesi azalmıştır (STOYANOVA ve SHIKRENOW, 1976).

b. Toksin Oluşumu :

Yüksek CO_2 ve düşük O_2 konsantrasyonlu atmosferlerin *Aspergillus flavus* üremesini engelleyemediği şüphesi bulunmasına rağmen, kontrollü atmosferde aflatoksin oluşumunun azaldığı saptanmıştır (DIENER ve DAVIS, 1969; GOUGH, 1974; 1985; SANDERS ve Ark., 1968). Fakat başka bir çalışmada tropik koşullarda hermetik depolarda depolanan buğdaylarda mikotoksin ürettiğini belirlemiştir. Çünkü iyi olmayan hermetik koşullarda oksijenin lokal olarak bulunabileceği ifade edilmektedir (HYDE, 1974). Bu konuda daha iyi bir karşılaştırma yapabilmek için yer sıklıkları ile yapılan bir çalışma örnek alınmıştır. ($30^\circ C/\% 1 O_2/\% 70-85$ bağıl nem/normal atmosfer/2 hafta) verilen koşullarda kontrollü atmosferde depolamada aflatoksin normal koşullara göre 100 kat daha az olarak belirlenmiştir (510 ve $5,9 \mu g/g$). $\% 80 CO_2$ ve $\% 2 O_2$ koşullarında normal atmosfere göre mikotoksin miktarındaki azalma ise 300 ve $0,1 \mu g/g$ olarak daha da belirgindir. Buradan da anlaşılacağı gibi CO_2 'in olmadığı koşullarda mikotoksin oluşumunun engellenmesi O_2 miktarının $\% 1$ düzeyinden de az tutulabilmesi ile mümkün olmaktadır. Sonuç olarak nemli tanelerde cimlenme kaybının engellenmesi

için oluşturulan koşullar küf oluşumunu da geriletmesinden dolayı, mikotoksin üretimini de geriletmeye yeterli olacağı fikri yaygındır. (BANKS, 1981; PITT ve HOCKING, 1985).

BUĞDAYLARIN DEĞİRMENCİLİK VE EKMEKÇİLİK KALİTELERİNE ETKİLERİ

Kuru tanelerin depolanmasında 1-2 yıllık depolama süresinde hem kontrollü atmosferde hem de normal koşullarda depolanan tanelerin değirmencilik ve ekmekçilik kalitelerinde farklılık oluşmamaktadır. Ancak 4 yıldan daha uzun süreli depolamalarda bazı farklılıklar belirlenmiştir. Bir ekmeklik buğday çeşiti (% 0,3 O₂/ % 12 tane nemi/18-32°C yıllık sıcaklık değişimi) kontrollü atmosfer ve normal atmosfer koşullarında 4,5 yıl depolanmıştır. Buğdayın gluten kalitesi düşük oksijenli depoda «çok iyi» den «iyi» hale gelirken, normal atmosfer koşullarında gluten miktarı % 11,3 başlangıç değerinden kontrollü atmosferde % 9,4 normal koşulda % 9,3'e düşmüştür. Ekmekçilik kalite ise kontrollü atmosferde «iyi» olarak kalırken normal atmosferde ancak yeterli bulunmuştur (BANKS, 1981).

Depolama süresine bağlı olarak buğdayların ekmekçilik kalitesi olgunlaşmadan dolayı artmaktadır. Fakat nem miktarının % 16-17 olduğu durumlarda ekmekçilik kalitede meydana gelen düzelmelerin, havalı depolama koşullarında diğer kimyasal değişimlerde oluşan artışa da bağlı olarak biraz azaldığı ifade edilmektedir (FAO, 1984). Bu çerçevede, normal atmosfer ve kontrollü atmosferde (% 0,3 O₂/18-20°C % 17,4 tane nemi) 8 aylık bir deneme süresinde buğdayların ekmekçilik kalitesi incelenmiştir. Her iki koşulda da buğdayların gluten kaliteleri bozulmuş, farinografda belirlenen reolojik özellikler olumsuz yönde etkilenmiştir. Ekstensograf sonuçlarına göre kontrollü atmosferde depolamada değişim olmazken, normal koşullarda buğdayların hamurları hem elastisitetlerini hem de dirençlerini yitirmişlerdir. Fakat her iki depolama şeklinde de ekmek hacmi ve ekmek içi renginde bir farklılık oluşmamıştır (BANKS, 1981).

Yine hem ekmekçilik hemde değirmencilik kalitenin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada (% 0,4 O₂ ve normal atmosfer/30°C'de

% 13-18 tane nemi) % 13 tane neminde 36 hafta süreyle buğdayların değirmencilik özelliklerinde kayıp belirlenememiştir. Ancak nem miktarının artması ile % 16 tane neminde normal koşullarda depolanan örneklerin 36 hafta sonra, % 17-18 tane neminde 12 hafta sonra ekmek hacimlerinin azalmış olduğu belirlenmiştir. % 15 tane neminde ise, normal koşullarda 24 hafta sonra ekmek içi renginin esmerleştiği saptanmıştır.

Depolamanın değirmencilik özelliklerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan başka bir çalışmada Manitoba ve Capella buğdaylarının 16 yıllık depolama süresince hem kontrollü atmosferde, hem de normal koşullarda un verimlerinin artmış olduğu saptanmıştır (PIXTON, 1980). Sonuç olarak, nemli tanelerin depolanmasında çimlenme kabiliyetini etkileyen kötü koşulların hem ekmekçilik hem de değirmencilik kaliteyi de olumsuz yönde etkileyeceği anlaşılmaktadır (BANKS, 1981; STOYANOVA ve SHIKRENOW, 1976).

TAT VE KOKU

Tane neminin % 16'nın üstünde olduğu koşullarda, anaerobik fermentasyondan dolayı ekşi tat ve koku oluşmaktadır. Tane denge neminin yüksek olduğu her koşulda meydana gelebilen bu tür ekşi tat ve kokular depolanan ürün eğer pirinç ise pilavda, buğday ise ekmek, bisküvi veya makarna gibi gıdalarda da hissedilebilmekte, yani pişirme ile kaybolmamaktadır. Bu nedenle yüksek nemli tanelerin depolanmasında organoleptik özelliklerde meydana gelen değişimler de dikkatle incelenmelidir (BANKS, 1984; HYDE, 1974).

KİMYASAL BİLEŞİMİNE ETKİSİ

Yine tane nem miktarının az olduğu durumlarda kontrollü atmosfer ve normal koşullarda depolanan buğdayların kimyasal yapılarında meydana gelen değişimlerde farklılık belirlenememiştir (BANKS, 1981; FAO, 1984). Örneğin depolamanın güvenliğinin belirlenmesinde kullanılan serbest yağ asitliği (% 2 O₂/2-20°C/16 yıl) 9 mg KOH/100 g. başlangıç değerinden kontrollü atmosferde 43 mg, normal atmosferde 49 mg KOH/100 g. değerine ulaşmıştır. Arpalarda ise 87 hafta sonra (30°C/

% 12 tane nemli) kontrollü atmosferde 50 mg KOH/100 g. olarak belirlenmiştir. % 15 tane neminde bile (30°C/% 0,4 O₂) 27 mg olan başlangıç değeri, 16 hafta sonra kontrollü atmosferde 35 mg, normal koşulda 36 mg KOH/100 g. olarak saptanmıştır.

Tane neminin yüksek olduğu durumlarda ise serbest yağ asitliği küf aktivitesi sonucu artmaktadır. Küf gelişiminin engellenmesi ile, serbest yağ asitliği artışı da azaltılabilmektedir. (FOX ve MÜLVHILL, 1982; BOLLING ve Ark., 1986).

İndirgen ve indirgen olmayan şekerlerin düşük tane nemli depolamalarda birbirlerine oranları değişmemektedir. Uzun süreli depolamalarda (8 - 16 yıl) miktarları azalmıştır (PIXTON, 1980). Ancak yüksek tane nemli buğdaylarda, kontrollü atmosferde indirgen şekerin miktarı artmaktadır (SHEJBAL, 1979a, b).

SONUÇ

Düşük O₂ veya yüksek CO₂ koşullarının tahılların depolanmalarında zararlı etkileri bulunmamaktadır. Tane nem miktarı % 12'den az olan buğdayların depolanmasında, 30°C'den az sıcaklık koşullarında kontrollü atmosfer, çok uzun süreli depolamalarda yararlı olmaktadır. Ancak, maltlık arpalarda çimlenme kabiliyeti çok önemli olduğu için, 6 ay veya 1 yıllık de-

polama süresinde bile kontrollü atmosferde depolama ticari olarak önemli derecede faydalı olabilmektedir.

Uzun süreli depolamalarda düşük O₂'li (azot gazı içinde) koşulların faydalı olduğu, yüksek CO₂'li koşullar içinde hâlâ çok fazla miktarda O₂ bulunduğu için koruyuculuk özelliğinde bazı olumsuzluklarının olabileceği ifade edilmektedir.

Tane nem düzeyinin yüksek olduğu durumlarda (% 12 - 16) kontrollü atmosferin kısa süreli depolamalarda bile faydalı ve gerekli olduğu ve çimlenme kabiliyetinin korunduğu, küf gelişiminin engellendiği ve toksin oluşumunun ise minimum düzeylerde tutulabildiği bir çok araştırmacı tarafından saptanmıştır. Ancak bu koşullarda, Azot atmosferinde bulunan O₂ miktarının mümkün olabildiğince düşük seviyelerde veya CO₂ miktarının % 60'dan fazla olması gerekmektedir.

Yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda, kontrollü atmosferin tane nem düzeyinin düşük olduğu durumlarda uzun süreli depolama periyotlarında faydalı olduğu, maltlık arpa veya tohumluk tanelerde kısa süreli depolamalarda da yararlı olabileceği anlaşılmaktadır. Yüksek nem düzeyli tanelerin depolanmasında ise, kontrollü atmosferde depolamanın her koşulda faydalı olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- BAILEY, S. W. and BANKS, H. J. 1975. The use of controlled atmospheres for the storage of grain. Proceedings of the first international working conference on stored product entomology. 362- 374.
- BAILEY, S. W. and BANKS, H. J. 1980. A review of recent studies of the effects of controlled atmospheres on stored product pests. (ed.) Shejbal, J. «Controlled atmospheres storage of grains». Amsterdam : Elsevier pub. 101 - 118.
- BANKS, H. J. 1981. Effects of controlled atmosphere storage on grain quality : a review. Food Technology in Australia 33 (7): 335 - 340.
- BANKS, H.J. 1984. Current methods and potential systems for production of controlled atmospheres for grain storage. (ed.) Ripp, B.E. Controlled atmospheres and fumigation in grain storages. Amsterdam: Elsevier. 523 - 541.
- BOLLING, H., MUNZING, K. und GERSTENKORN, P. 1986. Über den Gesundheitszustand von Weizen bei unterschiedlicher Lagerung. Veröffentlichungs-Nr. 5298 der Bundesforschungsanstalt für Getreide- und Kartoffelverarbeitung in Detmold.
- CHRISTENSEN, C.M. and KAUFMANN, H.H. 1974. Microflora. «Storage of Cereal Grains and Their Products» (ed.) Christensen, C.M. AACC Inc. St. Paul, MN, USA.

- DIENER, U.L. and DAVIS, N.D. 1969. Production of aflatoxin on peanuts under controlled environments. *J. Stored Prod. Res.* 5: 251-258.
- FAO, 1984. Post-harvest losses in quality of food grains «FAO Food and Nutrition Paper 29» Rome. 103 p.
- FOX, P.F. and MULVIHILL, D.M. 1982. Enzymes in wheat, flour, and bread. *Advances in Cereal Sci. and Tech.* Vol. 5. 107-143.
- GLASS, R.L., PONTE, J.F., CHRISTENSEN, C.M. and GEDDES, W.F. 1959. Grain storage studies. XXVII. The influence of temperature and moisture level on the behaviour of wheat stored in air and nitrogen. *Cereal Chemistry* 36: 341-356.
- GOUGH, M.C. 1974. The measurement of relative humidity, with particular reference to remote long term measurement in grain silos. *Tropical stored products. Inf.* 27: 27-29. Trop. Prod. Institute. Slough.
- GOUGH, M.C. 1985. Physical changes large scale hermetic grain storage. *J. Agric. Eng Res.* 31.
- HOUGH, J.S., BRIGGS, D.E. and STEVENS, R. 1971. *Malting and brewing science.* Chapman and Hall, London.
- HYDE, M.D. 1974. Airtight storage. «Storage of Cereal Grains and Their Products» (ed.) Christensen, C.M. AACC Inc. St. Paul, MN USA.
- PETERSON, A., SCHLEGEL, V., HUMMEL, B., CUENDET, L.S., GEDDES, W.F. ve CHRISTENSEN, C.M. 1956. Grain storage studies XII. Influence of carbon dioxide concentrations on mould growth and grain deterioration. *Cereal Chemistry*, 33: 53-66.
- PITT, J.I. and HOCKING, A.D. 1985. *Fungi and Food Spoilage.* Academic Press. Australia.
- PIXTON, S.W., WARBURTON, S. and HILL, S.T. 1975. Long term storage of wheat - III: some changes quality of wheat observed during 16 years of storage. *J. Stored Prod. Res.* 11: 177-185.
- PIXTON, S.W. 1980. Changes in quality of wheat during 18 years storage. (ed.) Shejbal, J. «Controlled atmospheres storage of grains». Amsterdam: Elsevier pub. 301-310.
- POMERANZ, Y. 1974. Biochemical, functional, and nutritive changes during storage. «Storage of Cereal Grains and Their Products» (ed.) Christensen, C.M. AACC Inc. St. Paul, MN. USA.
- SANDERS, T.H., DAVIS, N.D. and DIENER, U.L. 1968. Effect of carbon dioxide, temperature, and relative humidity on production of aflatoxin in peanuts. *J. American Oil Chem. Soc.* 45: 493-504.
- SHEJBAL, J., TONOLO, A. ve CARERI, G. 1973. Conservation of wheat in silos under nitrogen. *Ann. Technology. Agric.* 22: 773-785.
- SHEJBAL, J. 1979 a. Preservation of cereal grains in nitrogen atmospheres. *Resource Recovery Conservation*, 4: 13-29.
- SHEJBAL, J. 1979 b. Storage of cereal grains in nitrogen atmospheres. *Cereal Foods World* 24: 192-194.
- STOYANOVA, S. and SHIKRENOV, D. 1976. Storage of cereal grains in an atmosphere with a high carbon dioxide concentration. II. Effect of long-term storage on grain quality. in Banks, H.J. 1981. «Effects of controlled atmosphere storage on grain quality: a review. *Food Technology in Australia* 33 (7): 335-340.»
- SÜMBÜL, Y. 1988. Marmara Bölgesinde Farklı Tıpte Buğday Depolarında, Depolama Koşullarının Buğdayların Ekmeklik Kalitesine Etkisi. (Doktora Tezi) E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova - İZMİR.
- TRANCHINO, L., AGOSTINELLI, P., CONSTANTINI, A. and SHEJBAL, J. 1980. The first Italian large scale facilities for the storage of cereal grains in nitrogen. (ed.) Shejbal, J. «Controlled atmospheres storage of grains». Amsterdam: Elsevier pub. 444-459.
- WALLACE, H.A.H., SHOLBERG, P.L., SINHA, R.N. and MUIR, W.E. 1983. Biological, physical and chemical changes in stored wheat. *Mycopathologia*, 82, 65-76.