

KABARTMA TOZLARI VE UNLU MAMULLERDE KULLANIMLARI

Halef Dizlek^{*1}, Hülya Gül²

^{*1} Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana

² Süleyman Demirel Üniv., Mühend. Mim. Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta

Geliş tarihi / Received: 25.07.2008

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 16.09.2008

Kabul tarihi / Accepted: 30.09.2008

Özet

Kabartma tozları unlu mamullerin üretiminde yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Özellikle kek, bisküvi gibi yumuşak buğday unu ile üretilen ürünlerin karakteristik iç yapılarının oluşmasında kullanılırlar. Genellikle bileşimlerinde tek alkali bileşen (sodyum bikarbonat), bir ya da daha fazla sayıda asidik tuz ve dolgu maddesi (mısır nişastası) bulunur. Sulu ortamda bikarbonatın asitle reaksiyona girmesi sonucu oluşan CO₂ gazı ürünün kabarmasını sağlar, bunun yanı sıra hazmını kolaylaştırır ve albenisini artırır.

Anahtar kelimeler: Kabartma tozu, unlu mamuller, kek.

BAKING POWDERS AND THEIR USE IN BAKERY PRODUCTS

Abstract

Baking powders are used commonly in the production of bakery products. They are used especially in soft wheat products such as cakes and biscuits in order to obtain characteristic internal structure. They usually include an alkali component (sodium bicarbonate), one or more of acidic salts and filling material (corn starch). As a result of the reaction between alkali and acid in the presence of water, CO₂ is produced. CO₂ provides the leavening and at the same time increases the digestibility and attractiveness of the products.

Keywords: Baking powder, bakery products, cake.

GİRİŞ

Unlu mamullerin (ekmek, kek, pasta, vs.) temel özelliği; hafif, gözenekli, yumuşak ve hacimli (kabarıklık) bir yapıya sahip olmalarıdır. Hamur ürünlerinin kabarması, ister maya hücrelerinin faaliyetleri sonucu isterse kabartma tozlarının kimyasal faaliyetleri sonucu olsun hamur içerisinde çok sayıda ve küçük karbondioksit (CO₂) kabarcıklarının oluşması ile gerçekleşir (1). Bisküvi, pasta ve kek gibi yumuşak buğday unu ile hazırlanan hamurlarda hacim artışı; hamurun karıştırılması sırasında karışıma kazandırılan hava kabarcıkları ile kabartma tozlarının kimyasal olarak CO₂ gazı üretmesi ve

bu gazların hamurda yeterince tutulması sonucu sağlanır (2).

Literatür taramasına dayanan bu çalışmada; kabartma tozlarının tanımı, sınıflandırılması, bileşimlerinde yer alan maddeler ve bunların nitelikleri ile kabartma tozlarının fırın ürünlerinde kullanımları açıklanmaya çalışılmıştır.

KABARTMA TOZLARI

USDA (Amerika Tarım Bakanlığı)'nın tanımına göre kabartma tozu; asit etkisi yapan bir madde ve sodyum bikarbonatın nişasta ya da un ile birlikte

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ hdizlek@cukurova.edu.tr, ☎ (+90) 322 338 6084 / 2179, 📠 (+90) 322 338 6614

ya da bunlar olmadan karıştırılması ile oluşturulan kabartma maddesidir (3). TS 9053'e (4) göre ise kabartma tozu; "bazı unlu mamullerin üretiminde teknoloji gereği yardımcı madde olarak kullanılan, ısı ve nem varlığında CO₂ oluşturan, bikarbonatlardan bir veya birkaçı ile asit özelliğindeki kimyevi maddelerden bir veya birkaçı ile yenilebilen nişastanın meydana getirdiği bir ürün" olarak tanımlanmaktadır. Standarda göre, kabartma tozunun bileşimine giren aktif hammaddelerin başlıcaları; sodyum bikarbonat (NaHCO₃), amonyum bikarbonat [(NH₄)HCO₃], kalsiyum bikarbonat [Ca(HCO₃)₂], tartarik asit (C₄H₆O₆), sitrik asit (C₆H₈O₇), malik asit (C₄H₆O₅), potasyum hidrojen tartarat (C₄H₅O₆K), kalsiyum sitrat [Ca₃(C₆H₅O₇)₂.4H₂O], kalsiyum laktat [Ca(C₃H₅O₃)₂.5H₂O] ve sodyum hidrojen pirofosfat (Na₂H₂P₂O₇.6H₂O)'tır. Ayrıca, aktif bileşenleri (asit ve alkali) ayrı tutarak ürünü stabilize eden, asit ve alkali bileşenlerin homojen olarak karışmasını sağlayan nişasta, dolgu materyali olarak kabartma tozu formüllerinde kullanılmaktadır. USDA'ya göre faydalanılabilir CO₂ miktarı %12'den, TSE'ye göre ise %15 (m/m)'den az olmamalıdır.

Söz konusu maddeler, hamuru kabartmak suretiyle hamurun hafif ve gözenekli bir yapıya sahip olmasını sağlar, pişirme ile son ürüne yansıyan hamurun bu gözenekli yapısı mamul ürünün içini yumuşatır, parlak bir iç rengi, yumuşak bir yapı gibi arzu edilen beğenilirliği artırıcı nitelikler vererek son ürünlerin yenme kalitesine ve estetik görünüm olarak beğenilirliğine katkıda bulunur ve iyi bir hacim sağlar (3). Kimyasal kabartıcılar (kabartma tozları); kek, bisküvi ve kraker gibi ürünlerin karakteristik iç yapılarının oluşması için kullanılır. Sulu ortamda bikarbonatın asitlerle reaksiyona girmesi sonucu oluşan CO₂ gazı ürünün kabarmasını sağlar. Ürün hamur aşamasında iken meydana gelen gaz kabarcıkları, pişme sırasında genleşerek, ürün içinde gözenekli bir yapı oluşturur (5).

Kabartma Tozlarının Sınıflandırılması

Yumuşak buğday unu ürünlerinde kullanılan kabartma tozları; kullanım alanına göre ev tipi ve ticari tip olmak üzere 2 alt sınıfa; bileşimine göre tartarik asit veya tuzları, fosforik asit veya tuzları, alüminyum bileşenleri ve adı geçen bu 3 öğenin değişik oranlardaki kombinasyonları olmak üzere 4 sınıfa; bileşiminde ihtiva ettiği asit sayısına göre tek etkili (=tek asit) ve çift etkili (=iki ya da daha çok sayıda asit) olmak üzere 2 sınıfa; içerdiği kabartma

asidinin etki mekanizmasına göre çabuk ya da hızlı etkili, orta etkili, yavaş etkili ve çift etkili (hem yavaş hem de hızlı etkili= en az iki asit) olmak üzere 4 alt sınıfa ayrılmakta ve böylece toplam 4 ayrı grup altında incelenebilmektedir (3, 6-8). Çabuk etki eden kabartma tozları oluşturdukları gazın çoğunu hamurda, henüz oda sıcaklığında serbest bırakırlar. Orta etkili olan kabartma tozları üretimin her aşamasında gaz oluşturma yeteneğindedirler. Yavaş etki eden kabartma tozları ise mevcut CO₂ gazının bir kısmını hamurun karıştırılması sırasında serbest bırakırken çoğunluğunu yüksek fırın sıcaklıklarında gerçekleşen reaksiyonlar sonucu oluştururlar. Çift etkili olan kabartma tozları ise genellikle 2 asit içermekte ve bu asitlerden biri oda sıcaklığında reaksiyona başlarken diğeri pişirme sırasında reaksiyon göstermektedir. Fırın ürünlerinde kullanılan kabartma tozlarının çoğunun çift etkili tip olduğu bildirilmektedir (3, 9-11).

Unlu mamuller endüstrisinde kabartma tozları çeşitli kombinasyonlar şeklinde kullanılır. Kabartma tozu kombinasyonlarının hazırlanmasında, alkali ve asit reaksiyonlu bileşenlerin miktar bakımından dengelenmesine ve kabartma tozu bileşiminde kullanılan asitlerin kalıntı bırakmaksızın sodyum bikarbonatı nötralize edecek düzeyde olmasına dikkat edilmelidir. Pişen mamul üründe, asidik bileşenlerle alkali bileşenlerin her ikisinin de hiçbir kalıntı bırakmayacak şekilde tamamen nötralizasyonunun sağlanması için, bir kabartma tozunun formülünde alkali-asit tepkimesi yapan bileşenlerin oransal bir dengesi olmalıdır. Formülde ihtiyaç duyulan asit miktarı; asidin nötralizasyon değerine ve sodyum bikarbonat miktarına bağlıdır (1, 3).

$$\text{Asidik Tuzun Nötralizasyon Değeri} = \frac{1 \text{ formül g NaHCO}_3}{1 \text{ eşdeğer g asidik tuz}} \times 100$$

Çizelge 1'de kabartma tozlarının bileşiminde yaygın olarak kullanılan 8 asidin nötralizasyon değerleri ve nisbi reaksiyon hızları verilmiştir. 100 g sodyum bikarbonatı, yaklaşık 224 g krem tartar veya 120 g monokalsiyum fosfat anhidrat (AMCP) ya da 132 g sodyum asit pirofosfat (SAPP) nötralize etmektedir. Bu nedenle krem tartarın nötralizasyon değeri 45 (9), AMCP'nin 83, SAPP'ın ise 72'dir (8, 10).

Kabartma Tozu Bileşenleri ve Özellikleri

Kabartma için 4 gaz kullanılmaktadır. Bunlar; CO₂, su ve/ya etanol buharı, amonyak ve havadır. Bun-

lardan kekin kabarmasını sağlayan CO₂, asitlerle birlikte karbonat ya da bikarbonatın kimyasal reaksiyonları ile üretilir (3). En iyi bilinen CO₂ kaynağı sodyum bikarbonat (sodyum hidrojen karbonat) ya da diğer adıyla pişirme sodası olup bir asitle birlikte kullanılır. Sodyum bikarbonat yalnız başına kullanıldığında da CO₂ gazı oluşturur. Ancak bir miktar asitle birlikte kullanıldığında daha çok gaz üretebilir (5). Günümüzde, sodyum bikarbonat; ucuz ve yüksek saflıkta olması, toksik olmaması, tatsız olup tamamen reaksiyona girdiğinde son ürüne herhangi bir tat vermemesi ve kolay kullanılması nedenleri ile unlu mamuller endüstrisinde yaygın olarak kullanılır. Sodyum bikarbonat düşük sıcaklıkta gaz oluşturmaya başlar, fakat tamamen reaksiyona girmesi için yüksek sıcaklığa ihtiyaç duyar ve bu özelliği sayesinde tüm işlem boyunca üründe homojen bir kabarma meydana getirir (1, 3, 13). Ayrıca, sodyum bikarbonat, amfolit özelliği sayesinde (kendi kendine asit-baz çifti gibi reaksiyona girerek) çok yavaş bir şekilde gaz oluşturabilme yeteneğindedir (2).



Diğer bir yaygın CO₂ kaynağı amonyum bikarbonattır. Amonyum bikarbonat ısıtıldığında aşağıda gösterildiği gibi 3 gaza ayrılır. Amonyum bikarbonat yalnızca çok düşük nem içeriğine sahip fırın ürünlerinde (bisküvi, kurabiye vb.) kullanılır. Eğer ürün, yüzde birkaç düzeyinden daha yüksek oranda suyu bünyesinde tutuyorsa, bu durumda aynı zamanda amonyağı da muhafaza eder. Ürün içindeki çok az miktardaki amonyak bile ürünü tüketilmez hale getirir. Bu nedenle su içeriği %30-40 düzeylerinde olan ekmek ve keklerde kabartıcı bileşen olarak amonyum bikarbonat kullanılmaz. Sodyum karbonat (Na₂CO₃) da CO₂ kaynağı olarak kullanılabilir, ancak yüksek alkali olması nedeniyle kek için zararlı olabilmektedir (9).



CO₂ oluşumunu arttırmak ve kontrol etmek için kabartma tozu formüllerine asidik tuzlar eklenir. Bu amaçla, yaygın olarak kullanılan asidik tuzlar; krem tartar, MCP, SAPP, SALP, SAS, DCP vb.dir (14).

Çizelge 1. Kabartma tozlarının bileşiminde yer alan asitlerin adları, kimyasal formülleri, nötralizasyon değerleri, gaz salma ve reaksiyon hızları (9, 12).

Kabartma Tozu Formüllerinde Kullanılan Asidin Adı ve Kimyasal Formülü	Nötralizasyon Değeri	CO ₂ çıkışı (%)			
		Karıştırma işleminden 2 dakika sonra	10-15 dakika bekletme sırasında	Pişirme sırasında	Nispi reaksiyon hızları
Potasyum Bitartarat (Krem Tartar) [KHC ₄ H ₄ O ₆]	45	70	Az miktarda	30	Hızlı etkili ⁽¹⁾
Monokalsiyum Fosfat Monohidrat (MCP) [CaH ₄ (PO ₄) ₂ ·H ₂ O]	80	60	0	40	Hızlı etkili ⁽¹⁾
Monokalsiyum Fosfat Anhidrat (AMCP) [CaH ₂ (PO ₄) ₂]	83	15	35	50	Orta etkili ⁽²⁾
Sodyum Asit Pirofosfat (SAPP) [Na ₂ H ₂ P ₂ O ₇]	72	28	8	64	Yavaş etkili ⁽³⁾
Sodyum Alüminyum Fosfat (SALP) [NaH ₄ Al ₃ (PO ₄) ₈ ·4H ₂ O]	100	22	9	69	Yavaş etkili ⁽³⁾
Sodyum Alüminyum Sülfat (SAS) [Al ₂ (SO ₄) ₃ ·Na ₂ SO ₄]	100	0	0	100	Yavaş etkili ⁽³⁾
Dikalsiyum Fosfat Dihidrat (DCP) [CaHPO ₄ ·2H ₂ O]	33	0	0	100	Yavaş etkili ⁽³⁾
Glukono-Delta-Lakton (GDL) [C ₆ H ₁₀ O ₆]	45	25	40	35	Değişken ⁽⁴⁾

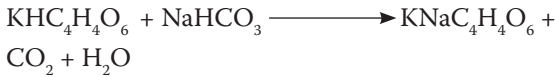
⁽¹⁾ Oda sıcaklığında aktif.

⁽²⁾ Sodyum bikarbonat ile reaksiyonu sonucunda oluşan CO₂ gazını üretimin her aşamasında (karıştırma, bekletme ve pişirme) salabilme yeteneğinde olan asit.

⁽³⁾ Reaksiyon için fırın sıcaklığına ihtiyaç duyan.

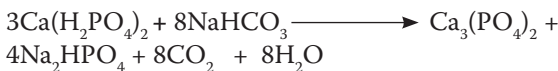
⁽⁴⁾ Reaksiyon hızı; sıcaklığa ve diğer etmenlere göre önemli ölçüde değişir.

Potasyum bitartaratın; (krem tartar, potasyum asit tartarat ya da potasyum hidrojen tartarat) kabartma tozu formüllerinde 1835 yılında kullanılmaya başlandığı bildirilmektedir (10). Sodyum bikarbonat yalnız başına, ekşi sütle veya potasyum bitartaratla birlikte 19. yüzyılda evlerde yaygın bir kullanım alanı bulmuştur (6). Potasyum bitartarat, kek hamuru henüz karıştırma aşamasında iken oda sıcaklığında kolayca reaksiyona girer ve kek hamuru karıştırıldıktan 2 dakika sonra bikarbonatla oluşturabileceği gazın yaklaşık %70'ini ortama verir. Bu bakımdan çift etkili kabartma tozlarında "hızlı etkili bileşen" olarak kullanılır. Geri kalan %30'luk gaz çıkışını ise pişirme sırasında ortama salan potasyum bitartarat, bir kabartma sisteminin tek asit bileşeni olarak kullanıldığında reaksiyon hızlı gerçekleşir. Kimyasal formülü $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ve nötralizasyon değeri 45 olan potasyum bitartaratın pahalı olması nedeniyle ticari kabartma tozlarının bileşiminde az kullanıldığı bildirilmektedir (10, 12). Aşağıdaki kimyasal tepkimede potasyum bitartaratın sodyum bikarbonatla reaksiyona girerek CO_2 gazını oluşturma mekanizması gösterilmiştir (15).

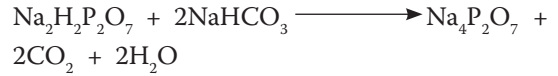


Monokalsiyum fosfat monohidrat (MCP), oda sıcaklığında kolayca reaksiyona girer ve çift etkili kabartma tozlarında "hızlı etkili bileşen" olarak kullanılır. MCP, bir kabartma sisteminin tek asit bileşeni olarak kullanıldığında reaksiyon aşırı derecede hızlı gerçekleşir. Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği (AACC) kek üretiminde kullanılan kabartma tozlarının bileşiminde hızlı etkili bileşen olarak MCP'nin kullanılmasını önermektedir (16).

Monokalsiyum fosfat anhidrat (AMCP), ilk kez 1939 yılında kullanılmaya başlanmıştır. AMCP, potasyum ve alüminyum fosfat ile birlikte kullanıldığında, ortamdan nem çekmez ve kek hamurunun karıştırılması sırasında su içerisinde hızlıca çözünmeyerek kararlı bir yapı sergiler. AMCP, sodyum bikarbonat ile reaksiyona girerek oluşturabileceği CO_2 gazının yaklaşık %15'ini karıştırma işlemi sona erdikten 2 dakika sonra, %35'ini karıştırılan kek hamurunun 10-15 dakika bekletilmesi sırasında ve geri kalan %50'lik gazını ise fırında salar (3). Aşağıdaki kimyasal denkleme göre CO_2 gazı oluşur (3, 17).



Sodyum asit pirofosfat (SAPP), ilk olarak yaklaşık bir asır önce (1902) kullanılmaya başlanmıştır. Reaksiyona girmek için yüksek sıcaklığa (fırın ısısına) gereksinim duyan SAPP çift etkili kabartma tozlarının bileşiminde "yavaş etkili bileşen" olarak kullanılır. Nötralizasyon değeri 72 olan SAPP; kek hamuruna, karıştırma işlemi sona erdikten 2 dakika sonra bikarbonatla birlikte oluşturabileceği gazın yaklaşık %28'ini, 10-15 dakikalık bekletme sırasında yaklaşık %8'ini, ürün pişme aşamasında iken geri kalan %64'lük gazını salar (18). Kimyasal formülü $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ olan SAPP'ın ürün tüketildikten sonra ağız ve dişlerde yabancı bir tat bıraktığı bildirilmektedir (3, 9). AACC, özellikle yüksek şeker içerikli kek formüllerinde kullanılan kabartma tozlarının bileşiminde yavaş etkili bileşen olarak SAPP'ın kullanılmasını tavsiye etmektedir (16). SAPP'ın sodyum bikarbonatla reaksiyona girerek CO_2 gazı oluşturma mekanizması aşağıda verilmiştir (15).



Sodyum alüminyum fosfat (SALP), yavaş bir CO_2 salımına sahiptir. Fırın sıcaklığında hızlı CO_2 salımı yapar. Bu asidin reaksiyon ürünleri tatlı bir lezzete sahip olup reaksiyon sonrasında üründe istenmeyen tat değişimi oluşmaz. Bu nedenle hamurun pişirme öncesinde uzun süre bekletildiği ekmek ve kek hamuru formüllerinde kullanılması uygundur (15).

Sodyum alüminyum sülfat (SAS), ilk olarak 1890'lı yıllarda kabartma tozlarının bileşiminde yer alan, yavaş reaksiyona giren, yalın ve/ya da genellikle kombinasyon halinde kullanılan bir asidik tuzdur. Oda sıcaklığında sodyum bikarbonat ile fark edilir ölçekte reaksiyona girmez. Hızlı etkili MCP ile kombine edilerek ilk çift etkili kabartma tozu bileşiminde kullanılmıştır. Dezavantajı, ürünün iç yapısı üzerindeki zayıflatıcı etkisi ve hafif buruk bir tat vermesidir (3).

Dikalsiyum fosfat dihidrat (DCP), oldukça yavaş reaksiyona giren, yaklaşık 60 °C'ye ulaşıncaya kadar sodyum bikarbonat ile fark edilir ölçekte reaksiyon vermeyen ve mamul ürünün pH'sını ayarlamak için genellikle hızlı etkili asidik tuzlarla birlikte kullanılan kabartma tozu bileşenidir (3).

Glukono-Delta-Lakton (GDL), sodyum bikarbonat ile oldukça yavaş fakat düzenli (sürekli) bir hızda

reaksiyona girerek CO₂ üretir. Su salımı (hidrolizis) yaptığından fırın ürünlerinde kullanımı sınırlıdır. Ürüne hafif bir acılık verme eğilimindedir. Bu asidik tuzun diğer asidik tuzlardan başlıca üstünlüğü, normal tuz üretmemesidir. Ancak diğer asidik tuzlarla karşılaştırıldığında fiyatı daha pahalıdır (3, 9).

Ticari kabartma tozlarının hazırlanmasında, reaktif bileşenlere (asit ve alkali) ek olarak genellikle çok küçük parçacık büyüklüğünde, çeşitli miktarlarda, aktif bir bileşen olmayan dolgu maddesi olarak kurutulmuş mısır nişastası kullanılır. Bazı kabartma tozu bileşimlerinde mısır nişastasına ek/alternatif olarak un, kalsiyum karbonat, kalsiyum sülfat, kalsiyum laktat ve kalsiyum silikat kullanılmaktadır. Kalsiyum karbonat ürünün pişirilmesi sırasında reaksiyona girmez ve kabartma işlemine katkıda bulunmaz. SAPP ile birlikte kullanılan, kolayca çözünebilir kalsiyum laktat ise kabartmanın uygun bir şekilde gecikmesini sağlar. Dolgu maddelerinin kabartma tozlarında üstlendiği işlevler 2 başlık altında toplanabilir. Bunlar; a) Aktif bileşenleri (asit ve alkali) ayrı tutarak ürünü stabilize etmek ve böylece kabartma tozuna nem girmesi durumunda asitle alkalinin bir araya gelerek olası erken reaksiyonu önlemek ve b) Kabartma tozunun kuvvetini ayarlamak (standardize etmek) (3). Çizelge 2'de ev tipi ve ticari tip bazı kabartma tozlarının bileşimleri verilmiştir.

Kabartma Tozlarının Unlu Mamullerde (Özellikle Keklerde) Kullanımına İlişkin Çalışmalar

Kek niteliklerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar, özellikle son çeyrek yüzyıldan beri artarak devam etmektedir (19-22). Kek hamurunun fiziksel ve kimyasal yapısını düzelterek büyük hacimli, hazmı kolay, cazip görünüme ve homojen gözenek yapısına sahip mamul ürün üretimini sağlaması bakımından kabartma tozlarının kek yapımında kullanılması teknik ve ekonomik açılarından gerekli hale gelmiştir. Bu amaçla, ticari nitelikte pakete satışa sunulan ilk kabartma tozu kombinasyonu 1850'li yıllarda Amerika'da üretilmiş ve o tarihten günümüze kek üretimlerinde yaygın bir kullanım alanı bulmuştur (7). Farklı araştırmacılar, çeşitli kek denemelerinde kek hamur ağırlığının %0.4'ü ile %2.2'si arasında değişen oranlarda kabartma tozları kullanmışlardır (23-26). Kabartıcı işleve sahip olan yumurtanın pandispanya bileşenleri arasında oransal olarak önemli bir paya sahip olması pandispanya formüllerinde kullanılan kabartma tozu miktarının, diğer kek formüllerinden farklı olarak,

formülde yer alan yumurta miktarına göre ayarlanmasını gerektirir. Bu nedenle, kullanılan formül; düşük miktarda yumurta içeriyorsa daha fazla kabartma tozu kullanılmalı ya da fazla miktarda yumurta içeriyorsa daha az kabartma tozu kullanılmalıdır. Schulzki ve ark. (27), iki farklı pandispanya formülü üzerinde yaptıkları bir denemede ilk formülde hamurun yaklaşık %1.5'i oranında kabartma tozu, %30'u oranında yumurta kullanırken, ikinci formülde kabartma tozu hiç kullanmamış fakat hamurun yaklaşık %45'i oranında yumurta kullanmışlardır.

Bazı temel bileşenlerin keklerin yapısı üzerindeki etkisinin incelendiği bir araştırmada (28), asit olarak AMCP ve SAPP, alkali bileşen olarak NaHCO₃ kullanılmıştır. Araştırmacı, kek yapısının oluşmasında, kullandığı kabartma tozunun rolünü belirlemede güçlük çekmesine karşın, kek üretiminde kullanılan kabartma tozlarının en önemli unsurunun "denge bir formül"e sahip olması gerektiğini belirtmiştir. Jackel (29); yetersiz miktarda kabartıcı kullanılması durumunda kekin sert bir tekstür kazanacağını; fazla kabartıcı kullanılmasında ise hamurun elle işlenemeyecek kadar yumuşak bir yapıya sahip olacağını belirtmiş ve her iki durumunda son ürün kalitesine olumsuz etkide bulunacağını bildirmiştir. Ünver (30); küçük gaz kabarcıklarının oluşması ve kekin iç yapısının düzgün olması bakımından mümkün olduğu kadar ince kabartma tozlarının tercih edildiğini, eğer kabartıcı iri öğütülmüş ise hamurun belirli bir yerinde üretilen CO₂ miktarının fazla olacağını ve hamurda kabartma sonucu gaz kabarcıkları içindeki fazla basınçtan dolayı gözenek duvarlarının aşırı bir şekilde inceceğini ve kekin çökebileceğini belirtmiştir. Yine belirli bir düzeye kadar kabartıcıların arttırılmasının kek hacmini arttırırken, fazlasının kekin çökmesine neden olduğunu bildirmiştir.

Kimyasal kabartıcıların yalnız başına ve ekmek mayası ile birlikte değişik oranlarda kullanılması suretiyle yapılan ekmek denemelerinde araştırmacılar (31), kimyasal kabartıcıların kullanılmasıyla ekmek hacminin artmasını beklerken tam tersi bir durumla karşılaşmış ve formüle giren asit miktarının artmasına koşut olarak ekmek hacminin azalmasını 2 nedene bağlamışlardır.

- Formülde yer alan tuz miktarının çok olması (%1.5-2.0 NaCl + MCP, SALP, SAS, KAS = potasyum alüminyum sülfat + NaHCO₃),
- Asitlerin sahip olduğu bazı iyonlar. Öne sürdükleri her iki hipotezi de deneme-yanılma yöntemi

Çizelge 2. Kabartma tozu bileşimleri (%) (1).

Bileşenler	Ev Tipi Kabartma Tozları			Ticari Kabartma Tozları						
	Tek etkili			Çift etkili						
Sodyum bikarbonat (soda)	28	28	30	27	30	30	30	30	30	30
Monokalsiyum fosfat monohidrat (MCP)	35	-	-	-	8.7	12	5	5	5	10
Monokalsiyum fosfat anhidrat (AMCP)	-	34	-	-	-	-	-	-	-	-
Mısır nişastası (2 kez kurutulmuş)	37	38	26	20	26.6	37	19	24.5	27	38
Sodyum alüminyum sülfat (SAS)	-	-	-	-	21	21	26	-	-	-
Sodyum asit pirofosfat (SAPP)	-	-	44	-	-	-	-	38	38	-
Sodyum alüminyum fosfat (SALP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22
Krem tartar	-	-	-	47	-	-	-	-	-	-
Tartarik asit	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
Kalsiyum sülfat	-	-	-	-	13.7	-	-	-	-	-
Kalsiyum karbonat	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-
Kalsiyum laktat	-	-	-	-	-	-	-	2.5	-	-

ile doğrulayan araştırmacılar; kimyasal kabartıcıların formülde yer alması durumunda NaCl'nin hamurda hiç bulunmaması gerektiğini (%0 NaCl), ayrıca asitlerde bulunan özellikle fosfat ve potasyum iyonlarının ekme hacmini gerilettiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, yaptıkları denemelerde en iyi kabartıcının tanık ekmeğe göre hacim bakımından ortalama %2.5 az olmasına rağmen uygun düzeyde kullanıldığı takdirde yavaş kabartıcı kombinasyonu (SAS + NaHCO₃) olduğunu ayrıca, hızlı kabartıcılar ile hazırlanan hamurların yavaş kabartıcılarla hazırlananlara göre son ürün hacmini daha fazla gerilettiğini, bu nedenle hızlı etkili kabartma tozu bileşiminde yer alan asitlerin yalnız başlarına pek kullanım alanı bulmadığını bildirmişlerdir.

2 farklı kek formülünde, 2 glisin türevinin (*N*-karboksigliisin disodyum tuzu ve *N*-karboksigliisin sodyumun glisin tuzu) klasik CO₂ kaynağı olan sodyum bikarbonata alternatif olabileceği araştırıldığı bir denemede (32), kabartma tozu yerine *N*-karboksigliisin disodyum tuzu, *N*-karboksigliisin sodyumun glisin tuzu ve sodyum bikarbonat CO₂ kaynağı olarak formüllerde yalnız başlarına ve sitrik asit (hızlı etkili kabartıcı bileşeni), AMCP (orta etkili kabartıcı bileşeni) ve SALP (yavaş etkili kabartıcı bileşeni) ile birlikte kombinasyon halinde kullanılmıştır. Glisin türevleri; kek kabuk rengi hariç diğer özellikler bakımından (hamurun özgül ağırlığı, pH'sı, kek hacmi) her iki kek formülünde de sodyum bikarbonat ile benzer sonuçlar vermiştir. Kek kabuk renkleri her iki formülde de açıktan koyuya doğru şu şekilde sıralanmıştır: sodyum bikarbonat, *N*-karboksigliisin

disodyum tuzu, *N*-karboksigliisin sodyumun glisin tuzu. Glisinin sodyum bikarbonata ilave edilmesiyle yapılan kekler yine daha koyu kabuk rengine sahip olmuştur. Bu durum; glisinin maillard reaksiyonuna girmesine bağlanmıştır. Araştırmacılar, her üç CO₂ kaynağında da, keklerin hacimlerinin asitlerin çözünme hızına bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmada, asitlerin kullanılmadığı formüllerde, sodyum bikarbonat ile hazırlanan keklerin diğer iki glisin türevi ile hazırlanan keklerle göre daha yüksek hacimde olduğu görülmüş ve bileşiminde asit bulunan formüllerde ise araştırmada üretimi yapılan tüm kek denemelerinde (her iki kek formülünde ve sodyum bikarbonat ile her iki glisin türevinde) en yüksek hacimli kekleri sırasıyla SALP ve AMCP'li formüllerin verdiği görülmüştür. Çalışma, *N*-karboksigliisin disodyumun ve bunun glisin tuzunun bikarbonatın alternatifi olarak kullanılabilceğini ancak bikarbonata karşı bir üstünlüğünün bulunmadığını ve bazı durumlarda kabuk renginde sorun oluşturabileceğini, aynı zamanda yavaş etkili kabartıcı formül (SALP + NaHCO₃) ile daha yüksek hacimli kek üretiminin mümkün olabileceğini göstermiştir.

Hızlı etkili potasyum tartarat, yavaş etkili SAS, SALP kabartma tozlarının kullanıldığı ve hiç kabartıcının kullanılmadığı 3 ayrı kabartma formülüyle hazırlanan keklerin 2 farklı fırında pişirilerek pişirme sırasında ve sonrasında nem kaybı, iç yapı gelişiminin incelendiği bir çalışmada (33), farklı etki mekanizmasına sahip kabartma tozu formüllerinin pişme kaybı üzerinde bir etkisinin olmadığı ancak SALP formülü ile hazırlanan keklerin tarta-

rat ile hazırlanan formüllere göre daha hacimli olduğu görülmüştür. Çalışmada, beklenildiği üzere bileşiminde kabartıcı formül bulunmayan keklerin hacimleri kabartıcı kullanılan formüllere göre daha düşük çıkmıştır. Ayrıca, araştırmacılar gözenek yapısı ve kek şeklinin kabartıcı kullanılan formüllerde kullanılmayanlara göre daha tekdüze olduğunu ve kabartıcı kullanılmayan keklerin daha az sayıda gözeneğe sahip olduğunu bildirmişlerdir.

5 farklı fırın tipi kullanılarak; pişirme süresi, pişirme sıcaklığı ve asit miktarının kek kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir denemede (34), kek yapımında, 3 ayrı miktarda [(3g, 4g, 5g)/470g kek hamuru] asit (SAPP) ve bunların eşdeğeri kadar NaHCO_3 kullanılmıştır. Daha yüksek hacimde kek elde etmek için en önemli iki etmenin pişirme süresi ve kabartma tozunun bileşimi olduğunu belirten araştırmacılar; kek içi renginin, sodyum bikarbonat ve asit miktarının uygun oranlarda karıştırılmasıyla hazırlanan dengeli kabartma tozu formülü ile kabarmadan etkilenmediğini buna karşılık kek kabuk renginin ise kabartıcı konsantrasyonundan etkilendiğini ve daha yüksek kabartıcı konsantrasyonu kullanıldığında kek kabuk renginin daha koyu olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda elde edilen kek hacimleri, 4 fırın çeşidinde, pişirme sıcaklığı ile kullanılan asit miktarı arasında ters orantı olduğunu ortaya koymuştur. Buna göre en yüksek kek hacmi; asit miktarının en fazla (5g), pişirme sıcaklığının en düşük olduğu derecede ya da asit miktarının en az (3g), pişirme sıcaklığının ise en yüksek olduğu denemelerde elde edilmiştir.

Çelik ve Kotancılar (35), 11 farklı kabartma tozu (sodyum bikarbonat, MCP, KAS, SAPP, tartarik asit, trikalsiyum fosfat, kalsiyum karbonat, kalsiyum laktat ve nişastanın değişik kombinasyonlarıyla hazırlanan) ile ürettikleri keklerde yapılan duysal değerlendirmeler sonucunda en çok beğenilen keklerin “yavaş etkili” kabartma tozu bileşenleriyle hazırlanan kombinasyonlar olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmada; NaHCO_3 , SAPP ve nişasta içeren bileşim ile nişastanın kısmi olarak yerini alan kalsiyum laktat kullanılan formül (NaHCO_3 , SAPP, nişasta ve kalsiyum laktat) kek kalitesi ve duysal özellikler açısından panelistler tarafından en çok beğenilen kabartma tozu kombinasyonları olduğu belirlenmiştir.

Tüm denemelerde alkali bileşen olarak sodyum bikarbonatın kullanıldığı ve 4 farklı asidin (MCP, SAPP, SALP ve SAS) yalnız başlarına ve fuma-

rik asitle 2’şerli-3’erli olarak kombine edilerek yapılan tortilla (düz, dairesel, 1-5 mm kalınlığında, 100-700 mm çapında açık renkli ekmekek= bir çeşit yufka-tandır ekmeği) denemelerinde, hamur sıcaklığı, asit tipi ve düzeyinin son ürün kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir (36). Araştırma sonunda; tortilla hamuru ve tortilla özellikleri üzerinde formüllerde kullanılan kabartıcı tiplerinin kabartıcı miktarlarına göre daha etkili olduğu ve tek etkili kabartma tozu kombinasyonlarında en iyi ürün özelliklerini SAPP’lı formüllerin verdiği bulunmuştur. Hızlı kabartıcı formüllerden MCP’nin yalnız başına ve bir diğer hızlı kabartıcı bileşen olan fumarik asitle birlikte kullanıldığı denemelerde kabul edilebilir nitelikte tortilla üretilmemiştir. Denemelerde kullanılan farklı asitler; tortillaların pH değeri, şeffaflığı ve özgül hacmi üzerinde önemli düzeyde etkili olmuştur. Araştırmacılar, son ürünün kalitesi üzerinde 2 asidin kombine edildiği formüllerle 3 asidin kombine edildiği formüller arasında bir fark oluşmadığını bununla birlikte çift etkili kabartma tozu kombinasyonlarının tek etkililere göre son ürün kalitesine daha olumlu katkıda bulunduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, MCP ile oluşturulan hızlı kabartıcıların yavaş kabartıcı formüllerine göre kek ya da ekmekek hamurunu daha kıvamlı, katı hale getirdiğini belirten araştırmacılar, hızlı kabartıcıların yalnız başlarına nadiren kullanıldığını, bunların daha çok yavaş kabartıcılarla kombine edilerek ticari nitelikteki çift etkili kabartma tozu formüllerinde yer aldığını bildirmişlerdir.

Dizlek (2), 8 farklı bileşimde hazırladığı kabartma tozlarını pandispanya hamurunda 5 ayrı düzeyde kullanmış ve yavaş etkili bir asidik tuz olan SAPP ve sodyum bikarbonat kombinasyonu ile hazırlanan kabartma tozunun yaklaşık %1.25 oranında kullanılmasının ayrıca, hızlı etkili asit tuzlarının yalnız başlarına değil, orta ve/ya da yavaş etkili asitlerle (sırası ile AMCP ve SAPP) kombine edilerek çift etkili kabartma tozu bileşimlerinde kullanılmasının uygun olacağını bildirmiştir.

SONUÇ

Kabartma tozları çeşitli unlu mamullerin üretiminde başarı ile kullanılmaktadır. Kabartma tozu kombinasyonlarının hazırlanmasında, alkali ve asit reaksiyonlu bileşenlerin miktar bakımından dengelenmesine ve kabartma tozu bileşiminde kullanılan asitlerin kalıntı bırakmaksızın sodyum bikarbonatı nötralize edecek düzeyde olmasına, ayrıca üretimi

yapılan unlu mamulde uygun kabartma tozu bileşiminin uygun (yeterli) miktarda kullanılmasına dikkat edilmelidir. Gereğinden az kabartma tozu kullanılması mamul ürünün yeterince kabarmamasına, basık kalmasına, gereğinden fazla kabartma tozu kullanılması ise üründe kimyasal tat (acımsı, ekşimsi tat, sabunsu aroma) oluşmasına neden olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Labaw GD. 1982. Chemical leavening agents and their use in bakery products. *Bakers Dig*, 56 (1) 16-21.
2. Dizlek H. 2002. Farklı kabartma tozlarının değişik oranlarda kullanılmasının ve kek hamurunun pişirme öncesinde bekletilmesinin pandispanya nitelikleri üzerine etkilerinin incelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana, Türkiye, 85 s.
3. Pylar EJ. 1988. *Baking Science and Technology*. Sosland Publishing Company, Kansas, USA, 1345 p.
4. Anon 1991. TSE. Kabartma Tozu-Hamur İçin. TS 9053, Ankara.
5. Anon 1994. Kimyasal kabartıcılar. *Un Mamulleri Dünyası*, 3 (3) 21-22.
6. Çelik İ, Kotancılar HG. 1995. Kimyasal kabartıcılar ve fırın ürünlerindeki fonksiyonları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (3) 451-459.
7. Heidolph BB. 1996. Designing chemical leavening systems. *Cereal Food World*, 41 (3) 118-126.
8. Anon 2002. Chemical leaveners. *Baking Update*, 1 (12) 1-2.
9. Hoseney RC. 1986. *Principles of Cereal Science and Technology*. American Association of Cereal Chemists. Inc., St. Paul, Minnesota, USA, 327 p.
10. Pomeranz Y. 1987. *Modern Cereal Science and Technology*. VCH Publishers, Inc., Washington, USA, 486 p.
11. Lawson H. 1995. *Food Oils and Fats Technology, Utilization, and Nutrition*. Chapman and Hall an International Thomson Publishing Company, USA, 339 p.
12. Conn JF. 1981. Chemical leavening systems in flour products. *Cereal Food World*, 26 (3) 119-123.
13. Matz SA. 1992. *Bakery Technology and Engineering*. An Avi Book Published, New York, USA, 853 p.
14. Lajoie MS, Thomas MC. 1991. Versatility of bicarbonate leavening bases. *Cereal Food World*, 36 (5) 420-424.
15. Bennion EB, Bamford GST. 1997. *The Technology of Cake Making*. Chapman and Hall, London, UK, 421 p.
16. Anon 2000. AACC Method 10-90. The Association: St. Paul, MN, USA.
17. Potter NN, Hotchkiss JH. 1996. *Food Science*. Chapman and Hall an International Thomson Publishing Company, USA, 608 p.
18. Reiman HM. 1977. Chemical leavening systems. *The Bakers Dig*, 51 (4) 33-34, 36, 42.
19. Lee CC, Hoseney RC, Varriano-Marston E. 1982. Development of a laboratory-scale single-stage cake mix. *Cereal Chem*, 59 (5) 389-392.
20. Vaisey-Genser M, Ylimaki G, Johnston B. 1987. The selection of levels of canola oil, water, and an emulsifier system in cake formulations by response-surface methodology. *Cereal Chem*, 64 (1) 50-54.
21. Varavinit S, Shobsngob S. 2000. Comparative properties of cakes prepared from rice flour and wheat flour. *Eur Food Res Tech*, 211 (2000) 117-120.
22. Finnie SM, Bettge AD and Morris CF. 2006. Influence of flour chlorination and ingredient formulation on the quality attributes of pancakes. *Cereal Chem*, 83 (6) 684-691.
23. Kissell LT. 1959. A lean-formula cake method for varietal evaluation and research. *Bakers Dig*, March 36: 168-175.
24. Myhara RM, Kruger G. 1998. The performance of decolorized bovine plasma protein as a replacement for egg white in high ratio white cakes. *Food Qual Prefer*, 9 (3) 135-138.
25. Abellana M, Magri X, Sanchis V, Ramos AJ. 1999. Water activity and temperature effects on growth of *Eurotium amstelodami*, *E. chevalieri* and *E. herbariorum* on a sponge cake analogue. *Int J Food Microbiol*, 52 (1999) 97-103.
26. Arozarena I, Bertholo H, Empis J, Bungler A, Sousa ID. 2001. Study of the total replacement of egg by white lupine protein, emulsifiers and xanthan gum in yellow cakes. *Eur Food Res Technol*, 2001 (213) 312-316.
27. Schulzki G, Spiegelberg A, Bögl KW, Schreiber GA. 1995. Detection of radiation-induced hydrocarbons in baked sponge cake prepared with irradiated liquid egg. *Radiat Phys Chem*, 46 (4-6) 765-769.
28. Howard NB. 1972. The role of some essential ingredients in the formation of layer cake structures. *Bakers Dig*, October: 28-37, 64.
29. Jackel SS. 1983. Leavening is basic to baking – what's new. *Bakers Dig*, 57 (5) 38-42.
30. Ünver B. 1987. *Deneysel Yiyecek Hazırlama, Bilimsel İlkeler, Yiyeceklerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri*. Mars Matbaası, Ankara, Türkiye, 300 s.
31. Holmes JT, Hoseney RC. 1987. Chemical leavening: effects of pH and certain ions on breadmaking properties. *Cereal Chem*, 64 (4) 343-348.
32. Delcour JA, Degeest C, Hoseney RC, Shelke K. 1991. Glycine derivatives as the source of carbon dioxide in cake formulations. *Cereal Chem*, 68 (4) 369-371.
33. Lambert LLP, Gordon J, Davis EA. 1992. Water loss and structure development in model cake systems heated by microwave and convection methods. *Cereal Chem*, 69 (3) 303-309.
34. Walker AC, Walker CE. 1996. Cake baking in conventional, impingement and hybrid ovens. *J Food Sci*, 61 (1) 188-191.
35. Çelik İ, Kotancılar HG. 1997. Farklı bileşimdeki kabartma tozlarının kek kalitesi üzerine etkisi. *Un Mamulleri Dünyası*, 6 (5-6) 5-13.
36. Cepeda M, Waniska RD, Rooney LW, Bejosano FP. 2000. Effects of leavening acids and dough temperature in wheat flour tortillas. *Cereal Chem*, 77 (4) 489-494.