

ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ EKMEKLERDE İŞLEME VE DEPOLAMA SIRASINDA BAZI VİTAMİN VE MİNERAL MADDE MİKTARLARINDAKİ DEĞİŞMELER¹

CHANGES IN SOME VITAMIN AND MINERAL CONTENT OF THE ENRICHED BREADS DURING STORAGE AND THE BAKING PROCESS

Mehmet KARAGÜL, Recai ERCAN

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, ANKARA

ÖZET: Bu çalışmada farklı konsantrasyonlarda tiyamin (7,5; 15,0 ve 22,5 mg/kg), riboflavin (7,5; 15,0 ve 22,5 mg/kg), demir (10; 20 ve 30 mg/100g), magnezyum (50; 75 ve 100 mg/100 g) ve kalsiyum (200, 300 ve 400 mg/100g) katılanlardan yapılan hamurlarda ve ekmeklerde besin öğelerinin kalma oranı araştırılmıştır. Ekmek pişirmede uygulanan sıcaklık 250°C ve süre 25 dakikadır.

Un tipi ve katkı konsantrasyonu tiyamin, demir ve kalsiyumun ekmekte kalma oranı üzerinde etkili olmuş, riboflavin ve magnezyumu etkilememiştir.

Araştırma sonuçlarına göre; una kıyasla hamurda kalma oranı demir için % 89,75-107,54, magnezyum için % 97,69-106,00, kalsiyum için % 99,59-123,67 tiyamin için % 42,34-99,59 ve riboflavin için % 86,49-97,46'dır. Una göre ekmekte (72 saat sonra) kalma oranı ise demir için % 76,21-81,97, magnezyum için % 74,54-90,03, kalsiyum için % 77,56-95,16, tiyamin için % 27,82-58,75 ve riboflavin için % 59,78-83,78'dir. Demir, kalsiyum ve magnezyumun katkı konsantrasyonu arttıkça ekmek hacmi azalmış, ekmek içi ve aroması bozulmuştur.

SUMMARY: In this research, the retention of thiamine, riboflavin, iron, magnesium and calcium added at the different levels to flour (7.5; 15.0 and 22.5 mg/kg for thiamine and riboflavin, 10; 20 and 30 mg/100 g Fe, 50; 75 and 100 mg/100 for Mg and 200; 300 and 400 mg/100 g for Ca) in the dough and the bread were investigated. Applied temperature is 250°C and time is 25 minutes.

Types of flour and added level affected retention of thiamine, iron and calcium in bread where as the retention of riboflavin and magnesium in bread didn't effect from types of flour and added level.

According to the results; retention in the dough by comparison to flour are 89.75-107.54 % for Fe, 97.69-106.00 % for Mg, 99.59-123.67 % for Ca, 42.34-99.59 % for thiamine and 86.49-97.46 % for riboflavin. Although in the bread by comparison to flour are 76.21-81.97 % for Fe, 74.54-90.03 % for Mg, 77.56-95.16 % for Ca, 27.82-58.75 % for thiamine and 59.78-83.78 % for riboflavin.

As the iron, calcium and magnesium added level increased, bread volume decreased, crumb structure and flavor become spoiled.

GİRİŞ

Buğdayın kimyasal bileşenlerinin tanenin morfolojik kısımlarına göre dağılışı farklıdır. Bu nedenle değişik gıda maddelerinin üretimi için buğdayın işlenmesi kimyasal yapısında değişmelere sebep olmaktadır. Tanenin kısımları işleme esnasında birbirinden ayrılmakta ve son üründen uzaklaştırılmaktadır. Ayrırma işlemleri yapıldığı zaman bazı besin öğelerinin miktarı azalmaktadır. Ayrıca işlem sırasındaki uygulamalar besin öğelerinin kendisinde de değişmelere yol açmaktadır.

Bu nedenle, dünyanın birçok ülkesinde tahıl ürünleri ve en başta ekmek; buğdayın işlenmesi ve özellikle de öğütülmesi sırasında azalan vitamin ve mineral maddelerce zenginleştirilmektedir (RUBIN ve Ark. 1977).

Piştirme sırasındaki kayıp ya da kalma oranı ekmek tipi, fırın sıcaklığı ve pişme süresi gibi faktörlerden etkilenmektedir. Hamura kıyasla 500°C'de 30 saniye pişirilen ekmeklerde kalma oranı tiyamin için % 76,4, riboflavin için % 81,4 ve niasin için ise % 98'dir (CAKIRER ve LACHANCE, 1975). Somun tipi ekmeklerde belirlenen kalma oranı tiyaminde % 65,0-%82,6, riboflavinde % 65,7-80,6 arasında değişmektedir. Buna karşılık yufkada tiyamin kalma oranı % 50,3-58,2, riboflavinin kalma oranı ise % 59,3-65,3'dür (ÜNAL, 1976).

¹ Bu çalışma Mehmet KARAGÜL'ün master tezinden özetlenmiştir.

Ekmekte riboflavinin kalma oranı tiyamin kalma oranına göre daha yüksektir (THOMAS, 1968; TABEKHIA ve D'APPOLLONIA, 1979, RANHOTRA ve GELROTH, 1986; ERCAN ve EKŞİ, 1991). Ayrıca, vitamin kaybı ekmek kabuğunda ekmek içine göre daha fazladır ve vitamin korunma oranı kontinü pişirme sisteminde, konveksiyonel yöntemle göre daha yüksektir. Pişirme sıcaklığının yüksek oluşuna ve ekmek kalınlığına bağlı olarak ekmekte tiyaminin kayıpları arasında fark ortaya çıkmaktadır. Ekmek kabuğundaki tiyamin kaybının ekmek içindeki kayıptan ortalama % 35 fazla olduğu açıklanmıştır (CAKIRER and LACHANCE, 1975). Ayrıca tiyamin miktarı fermentasyon sırasında da % 5 civarında azalmaktadır (THOMAS, 1968).

Ekmeklerde tiyamin, riboflavin ve niasin kalma oranlarının üretim teknolojilerine, una ilave edilen diğer katkı maddelerinin çeşit ve miktarına bağlı olduğu açıklanmıştır (RANHOTRA ve Ark. 1985). Zenginleştirilmiş ekmeklerdeki tiyamin ve riboflavin kalma oranı zenginleştirilmemiş olanlardan fazla olmuştur (MALEKI ve DAGHIR 1966; CAKIRER ve LACHANCE, 1975).

Zenginleştirmek amacıyla una demir değişik formlarda katılmaktadır (CAKIRER ve LACHANCE, 1975; YILDIZ, 1985; TANJU ve SÜMBÜL, 1986). Demir-2 tuzlarının (Ferro demir), demir-3 tuzlarından (Ferri demir) daha iyi absorbe edildiği açıklanmıştır. Bu nedenle vücuda yarayışlılığının yüksekliği ve diğer demir bileşikler içerisinde daha ekonomik olması nedeniyle gıda maddelerine katılabilecek saflıkta olması koşulu ile onların zenginleştirilmesinde demir-2-sülfat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) kullanılabilirliği ifade edilmektedir (BURK ve SOLOMONS, 1985).

Unun kalsiyumca zenginleştirilmesi amacıyla susuz kalsiyum tuzları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar dikalsiyum fosfat ($CaHPO_4$), trikalsiyum fosfat ($Ca_3(PO_4)_2$) ve kalsiyum karbonattır ($CaCO_3$). Kalsiyum karbonatın ekmeğin pişirilmesi sırasında % 5 oranında kayb olduğu açıklanmıştır. Bu olay kalsiyum iyonlarının protein, gum gibi maddelerle pişirme sırasında reaksiyona girmesine bağlanmaktadır (ANDERSON ve Ark, 1976; RUBIN ve Ark, 1977).

Değişik magnezyum kaynaklarının buğday ununun ekmekçilik özelliklerine etkisi üzerinde yapılan bir çalışmada; magnezyum oksit, magnezyum hidroksit ve magnezyum karbonatın ekmek kalitesini bozmadan zenginleştirme amacıyla kullanılabilirliği açıklanmıştır (RANHOTRA ve Ark, 1976).

Bu çalışmada zenginleştirme amacıyla katılması gereken başlıca besin öğeleri olan tiyamin, riboflavin, demir, magnezyum ve kalsiyum miktarının hamurda, pişirme esnasında ve 24, 48, 72 saat sonunda ekmekte korunma oranları belirlenmiş ve zenginleştirmede ekmekte besin öğesi miktarının ekmek kalitesine zarar vermeden hangi katkı oranı ile sağlanabileceği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

MATERYAL VE METOD

Araştırmada ticari değirmenlerden sağlanan Tip 1 (külü % 0,50), Tip-2 (külü % 0,77) ve Tip-4 (külü % 0,84) olmak üzere farklı randımanlarda 3 buğday unu materyal olarak kullanılmıştır.

Zenginleştirme amacıyla kullanılan preparatlardan, riboflavin, tiyamin hidroklorür ve demir Roche firmasından sağlanmış olup ekmekte kullanılabilir saflıkta ve özelliindedir. Magnezyum kaynağı olarak magnezyum oksit (MgO) ve kalsiyum kaynağı olarak da kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) kullanılmıştır. Merck firmasından sağlanan bu maddeler, kimyasal gıda katkı maddeleri kodekslerinde belirtilen saflıktadır.

Katkılı ekmek üretmek amacıyla üç farklı ticari un örneğinden herbiri 3 gruba ayrılmış, birinci gruba 0,75 mg/100 g tiyamin, 0,75 mg/100 g riboflavin, 10 mg/100 g demir, 200 mg/100 g kalsiyum ve 50 mg/100 g magnezyum, ikinci gruba 1,50 mg/100 g tiyamin, 1,5 mg/100 g riboflavin, 20 mg/100 g demir, 300 mg/100 g kalsiyum ve 75 mg/100 g magnezyum, üçüncü gruba ise 2,25 mg/100 g tiyamin, 2,25 mg/100 g riboflavin, 30 mg/100 g demir, 400 mg/100 g kalsiyum ve 100 mg/100 g magnezyum katılmıştır.

Örneklerdeki rutubet ve kül miktarları International Association for Cereal Chemistry ICC Standart metodlarına (ANONYMOUS, 1960) göre yapılmıştır. Ekmek üretimi sırasında una ilave edilecek su miktarını tespit amacıyla farinogram kurvelerinin çizimi ICC Standart metodlarına (ANONYMOUS, 1960) göre yapılmıştır. Deneysel ekmek yapımında hızlı yoğurma yöntemi (Rapid-Mixtest) uygulanmıştır (ANONYMOUS, 1971). Ekmek pişirmede fırın sıcaklığı 250°C, süre 25 dakikadır.

Mineral madde tayinlerinde örnekler analize kuru yakma yöntemi ile hazırlanmıştır (ANONYMOUS, 1970, LORENZ ve Ark, 1980). Bu işlemde sonra demir, magnezyum ve kalsiyum

miktarları her ekmekte kendine özgü koşullara ayarlanan Perkin Elmer AA.1100 Atomic Absorption Spectrophotometer cihazı kullanılarak tayin edilmiştir (ANONYMOUS, 1972). Kalsiyum tayininde fosfor interferansını önlemek için % 1'lik lanthan çözeltisi kullanılmıştır (GARCIA ve Ark, 1972). Sonuçların değerlendirilmesinde kurve faktörü, okuma değeri ve seyreltme faktörü dikkate alınmıştır.

Tiyamin tayini The Association for Vitamin Chemists (FREED, 1966) tarafından önerilen metoda göre yapılmıştır. Riboflavin tayininde ise AACC metod No:86-70 (ANONYMOUS, 1962) uygulanmıştır. Vitamin miktarının tayininde "Hilger and Watts Mod H-960 Fluorometer" cihazı kullanılmış ve sonuçlar kurumadde üzerinden hesaplanarak verilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Unda, Hamurda ve Ekmekte Demir Miktarları ve Kalma Oranları

Unda, hamurda ve ekmelerde (24,48 ve 72 saat sonundaki) analitik olarak tespit edilen demir miktarları ile kalma oranları Çizelge 1'de verilmiştir. Bilindiği gibi proses sırasındaki stabilite durumu ya kalma oranı (retention) veya kayıp oranı ile değerlendirilmekte, ancak daha çok kalma oranı ile ifade edilmektedir.

Çizelge 1. Unda, Hamurda ve Ekmekte (24, 48 ve 72 Saat Sonundaki) Demir (Fe) Miktarı ve Kalma Oranları*

Un tipi	İlave Fe Miktarı (mg/100g)	Undaki Fe Miktarı (mg/100g)	Hamurdaki Fe Miktarı (mg/100 g)	Ekmekteki Fe Miktarı (mg/100g)			Hamurda Kalma Oranı (%)	Ekmekte Kalma Oranı (%)		
				24 saat	48 saat	72 saat		24 saat	48 saat	72 saat
B ₁ (Tip 1)	-	3,35	2,99	2,77	2,49	2,26	89,25	82,68	74,32	67,46
	10	13,26	14,26	12,35	11,16	10,87	107,54	93,13	84,16	81,97
	20	19,39	19,33	18,76	18,31	17,39	99,69	96,75	94,43	89,68
	30	29,01	29,21	27,32	26,41	25,26	100,68	94,17	91,03	87,07
B ₂ (Tip 2)	-	3,88	3,41	3,24	2,53	2,13	87,88	83,50	65,20	54,89
	10	12,77	12,65	11,56	10,48	10,16	99,06	90,52	82,06	79,56
	20	21,50	21,56	19,59	18,74	17,11	100,27	91,11	87,16	79,58
	30	30,49	29,81	28,37	27,65	21,74	97,76	93,04	90,68	84,42
B ₃ (Tip 4)	-	4,09	3,88	3,65	3,44	3,33	94,86	89,24	84,10	81,41
	10	11,52	10,34	9,34	9,11	8,78	89,75	81,07	79,07	76,21
	20	19,67	18,88	18,14	18,03	17,61	95,98	92,22	91,66	89,52
	30	31,30	28,23	27,42	26,86	26,35	90,19	87,60	85,81	84,18

* Sonuçlar kurumadde üzerinden hesaplanarak verilmiştir.

Çizelge 1'den izleneceği gibi her üç un tipinde de hamurlarda analitik olarak belirlenen demir miktarının, una katılan demir konsantrasyonlarına yakın olduğu saptanmıştır. Hatta üç hamur örneğinde demir miktarının una katılan demir konsantrasyonlarından daha fazla olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla demirin hamurda kalma oranı da oldukça yüksek olmuş ve % 87,88-107,54 arasında değişim göstermiştir. Demirin hamurda yüksek oranda kalmasına, hamur yoğurma sırasında kullanılan suyun ihtiva ettiği inorganik maddelerin yüksekliği ve mayanın içerdiği mineral maddeler neden olabilmektedir (KHALIL ve SAWAYA, 1984).

Ekmekte demir kalma oranları her üç un tipinde genellikle 24 saat depolama sırasında yüksek olmuş ve % 81,07-96,75 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 1). Her üç un örneğinde katkı uygulanmamış şahit hamur ve ekme örneklerinde demir kalma oranı, katkılara kıyasla daha düşük olmuştur. Genellikle katkı oranı arttıkça ekmekte demir kalma oranı da artmıştır.

Ekmegin bekletilmesi sırasında demir kalma oranı azalmıştır. Ancak katkı oranı arttıkça kalma oranındaki azalış yavaşlamıştır (CATHERINE ve Ark, 1976).

Una 30 mg/100 g seviyesindeki demir katkısı her üç un tipinde de ekmeğin hacmini önemli ölçüde azaltmış, ekmeğin içi tekstürünü, rengini olumsuz yönde etkilemiş ve kalitesini düşürmüştür.

Unda, Hamurda ve Ekmekte Magnezyum Miktarları ve Kalma Oranları

Unda, hamurda ve ekmelerde (24,48 ve 72 saat sonundaki) analitik olarak saptanan magnezyum miktarları ile kalma oranları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Unda, Hamurda ve Ekmekte (24, 48 ve 72 Saat Sonundaki) Magnezyum (Mg) Miktarı ve Kalma Oranları*

Un tipi	İlave Mg Miktarı (mg/100g)	Undaki Mg Miktarı (mg/100g)	Hamurdaki Mg Miktarı (mg/100 g)	Ekmekteki Mg Miktarı (mg/100g)			Hamurda Kalma Oranı (%)	Ekmekte Kalma Oranı (%)		
				24 saat	48 saat	72 saat		24 saat	48 saat	72 saat
B ₁ (Tip 1)	-	26,49	25,88	20,82	24,71	20,93	97,69	89,92	85,73	79,01
	50	72,04	73,81	68,52	65,11	63,69	102,45	95,11	90,38	88,41
	75	100,41	102,16	94,18	91,45	90,40	101,74	93,79	91,07	90,03
	100	120,16	119,34	113,22	109,81	107,70	99,31	94,22	91,38	89,63
B ₂ (Tip 2)	-	20,42	20,82	19,28	18,36	17,07	101,95	94,41	89,91	83,59
	50	69,71	70,42	65,79	63,88	62,42	101,01	94,37	99,63	89,54
	75	94,97	93,15	88,38	85,21	82,34	98,08	93,06	89,72	86,70
	100	119,69	116,71	107,21	103,74	100,36	97,51	89,57	86,67	83,84
B ₃ (Tip 4)	-	19,82	21,01	19,33	17,56	16,66	106,00	97,52	88,59	84,05
	50	69,55	71,65	63,55	61,43	60,79	103,01	91,37	88,32	87,40
	75	88,07	87,27	69,66	67,15	65,65	99,09	79,09	76,24	74,54
	100	115,51	117,46	106,52	101,27	98,13	101,68	92,21	87,67	84,95

* Sonuçlar kurumadde üzerinden hesaplanarak verilmiştir.

Hamurda magnezyum stabilitesi her üç un tipinde de oldukça yüksek çıkmış ve kalma oranı %97,69-106,00 arasında değişim göstermiştir. Katkı oranları hamurda magnezyumun stabilitesini fazlaca etkilememiştir (Çizelge 2). Ancak demirdeki sonuçların aksine genellikle katkı oranları arttıkça, magnezyumun hamurda ve ekmekte kalma oranları azalmıştır. Ayrıca ekmeğin bekletilmesi ile magnezyum kalma oranı azalmaktadır. Ekmekte depolama ile birlikte magnezyum miktarındaki en fazla kayıp oranı Tip 4 unlarından üretilen ekmelerde saptanmıştır.

Magnezyum katkısının 75 ve 100 mg/100 g yükselmesi durumunda ekmeğin kalitesi olumsuz yönde etkilenmiştir. Ekmeğin hacmi azalmış, ekmeğin içi rengi koyulaşmış, ekmeğin içi tekstürü ve flavoru bozulmuştur. Daha önceki yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (RUBIN ve Ark, 1977).

Unda, Hamurda ve Ekmekte Kalsiyum Miktarları ve Kalma Oranları

Unda, hamurda ve ekmelerde (24,48 ve 72 saat sonundaki) analitik olarak tespit edilen kalsiyum miktarları ile kalma oranları Çizelge 3'de verilmiştir.

Kalsiyumun hamurda kalma oranı hem demir hem de magnezyumun hamurda kalma oranlarından daha yüksek olmuştur. Kalsiyumun hamurda kalma oranı % 99,59-123,67 arasında değişmiş ve her üç un tipi de değişik katkı oranlarından aynı düzeyde etkilenmiştir. Buna karşılık kalsiyumun ekmekte kalma oranı katkı oranının artışıyla paralel olarak artmıştır. Her üç un tipinde de katkı uygulanmamış ekmelerde kalsiyum kalma oranları, katkılanmışlara kıyasla daha az olmuş ve % 77,56-85,97 (72 saat sonundaki ekmekte) arasında bulunmuştur. Buna karşılık zenginleştirilmiş unların ekmelerinde kalsiyum kalma oranları % 88,28-95,16 arasında değişmiş ve daha yüksek olarak saptanmıştır (Çizelge 3). Kalsiyumun ekmekte depolama stabilitesi de hem demir hem de magnezyumun ekmekteki stabilitesine kıyasla yüksek

olmuş ve un tiplerinden fazlaca etkilenmemiştir. Ekmegin pişirilmesi sırasında kalsiyum kaybına neden olarak kalsiyum iyonlarının protein, gum gibi maddeler ile reaksiyona girmesi gösterilmektedir (ÇAKIRER ve LACHANCE, 1975).

Kalsiyumca unların zenginleştirilmesi sırasında 300 mg/100 g ve 400 mg/100 g katkı seviyeleri özellikle ekmek içi strüktürünü ve flavorunu olumsuz yönde etkilemiştir.

Çizelge 3. Unda, Hamurda ve Ekmekte (24, 48 ve 72 Saat Sonundaki) Kalsiyum (Ca) Miktarı ve Kalma Oranları*

Un tipi	İlave Ca Miktarı (mg/100g)	Undaki Ca Miktarı (mg/100g)	Hamurdaki Ca Miktarı (mg/100 g)	Ekmekteki Ca Miktarı (mg/100g)			Hamurda Kalma Oranı (%)	Ekmekte Kalma Oranı (%)		
				24 saat	48 saat	72 saat		24 saat	48 saat	72 saat
B ₁ (Tip 1)	-	12,12	14,99	13,55	12,66	10,42	123,67	111,79	104,45	85,97
	200	209,32	210,03	199,10	193,42	184,79	100,33	95,11	92,40	88,28
	300	311,91	314,31	306,69	297,27	291,13	100,76	98,32	95,30	93,33
	400	409,75	412,66	400,24	386,15	380,44	100,71	97,67	94,24	92,84
B ₂ (Tip 2)	-	16,50	16,90	15,46	14,62	13,41	102,42	93,69	88,60	81,27
	200	212,55	213,10	200,40	196,45	193,54	100,25	94,28	92,42	91,05
	300	311,15	312,42	294,49	290,94	288,11	100,40	94,40	93,50	92,59
	400	405,02	407,15	392,25	389,78	384,33	100,52	96,84	96,23	94,89
B ₃ (Tip 4)	-	14,62	14,92	13,59	12,40	11,34	102,05	92,95	84,81	77,56
	200	210,51	209,66	205,15	200,96	195,41	99,59	97,45	95,46	92,82
	300	311,27	314,40	308,72	303,42	296,23	101,00	99,18	97,47	95,16
	400	406,20	405,34	396,36	390,17	384,58	99,78	97,57	96,05	94,67

* Sonuçlar kurumda üzerinden hesaplanarak verilmiştir.

Unda, Hamurda ve Ekmekte Tiyamin Miktarları ve Kalma Oranları

Tiyamin katılan unlarda, bunlardan elde edilen hamurlarda ve ekmelerde (24,48 ve 72 saat sonundaki) belirlenen tiyamin miktarları Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Unda, Hamurda ve Ekmekte (24, 48 ve 72 Saat Sonundaki) Tiyamin Miktarı ve Kalma Oranları*

Un tipi	İlave Tiyamin Miktarı (mg/kg)	Undaki Tiyamin Miktarı (mg/kg)	Hamurdaki Tiyamin Miktarı (mg/kg)	Ekmekteki Tiyamin Miktarı (mg/kg)			Hamurda Kalma Oranı (%)	Ekmekte Kalma Oranı (%)		
				24 saat	48 saat	72 saat		24 saat	48 saat	72 saat
B ₁ (Tip 1)	-	1,53	0,83	0,82	0,73	0,67	54,25	53,59	47,70	43,79
	7,5	8,68	8,38	6,66	5,18	5,10	96,54	76,73	59,67	58,75
	15,0	15,84	14,30	7,46	6,64	6,62	90,28	47,09	41,92	41,79
	22,5	22,92	18,25	8,88	7,40	7,36	79,62	38,74	32,28	32,11
B ₂ (Tip 2)	-	2,22	0,94	0,76	0,70	0,62	42,34	34,23	31,53	27,92
	7,5	9,16	5,92	5,38	5,30	5,25	64,62	58,73	57,86	57,31
	15,0	14,68	14,62	6,60	6,06	5,80	99,59	44,95	41,28	39,51
	22,5	23,30	18,21	8,14	6,66	6,12	78,15	34,93	28,58	26,26
B ₃ (Tip 4)	-	3,14	1,69	1,34	1,28	1,10	53,82	42,67	40,76	35,03
	7,5	9,86	6,84	6,05	5,88	5,70	69,37	61,36	59,63	57,81
	15,0	16,88	15,44	10,34	8,92	8,00	91,47	61,25	49,29	42,39
	22,5	24,60	19,68	14,84	12,40	12,05	80,00	60,32	50,40	48,98

* Sonuçlar kurumda üzerinden hesaplanarak verilmiştir.

Hamurda tiyamin kalma oranı % 42,34-96,54 arasında değişim göstermiş ve genellikle katkı oranı arttıkça tiyaminin stabilitesi de artmıştır. Hamurlarda tiyamin kalma oranını un tipleri de etkilemiş ve Tip 2 (B₂) unundan yapılan hamurlarda diğer unlara kıyasla tiyamin oranı daha az bulunmuştur (Çizelge 4).

Ekmekte (24 saat sonunda) tiyamin kalma oranı % 34,23-76,73 arasında değişmiş ve genellikle katkı konsantrasyonuna bağlı olarak farklılık göstermiştir. Tiyamin kayıplarının pişirme zamanı ve sıcaklığına bağlı olarak değiştiği açıklanmıştır (TABEKHIA ve D'APPOLONIA, 1979; RANHOTRA ve GELROTH, 1986; EID ve BOURISLY, 1986). Ekmek pişirme esnasında tiyaminin, glukoz ile şekerler ve amino asitler arasındaki maillard reaksiyonlarına girdiği ve bu davranışlar sonucunda da proses sırasında tiyamin kaybı meydana geldiği ifade edilmektedir (CAKIRER ve LACHANCE, 1975).

Tiyaminin depolama stabilitesi de oldukça iyi gözükmektedir. Tiyamin katkılı ekmeklerin 24,48 ve 72 saat depolanmaları sonucunda tiyamin kalma oranları fazlaca değişmemiştir.

Un tipleri ve katkı konsantrasyonları tiyaminin ekmekte kalma oranlarını etkilemiş ve B₂ (Tip 2) unundan elde edilen ekmeklerde tiyamin kaybı diğer unlara kıyasla daha fazla olmuştur.

Unda, Hamurda ve Ekmekte Riboflavin Miktarları ve Kalma Oranları

Riboflavin katılmış un örneklerinde, hamurlarında ve 250°C'de 25 dakika pişirilen ekmeklerde saptanan riboflavin miktarları Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Unda, Hamurda ve Ekmekte (24, 48 ve 72 Saat Sonundaki) Riboflavin Miktarı ve Kalma Oranları*

Un tipi	İlave Riboflavin Miktarı (mg/kg)	Undaki Riboflavin Miktarı (mg/kg)	Hamurdaki Riboflavin Miktarı (mg/kg)	Ekmekteki Riboflavin Miktarı (mg/kg)			Hamurda Kalma Oranı (%)	Ekmekte Kalma Oranı (%)		
				24 saat	48 saat	72 saat		24 saat	48 saat	72 saat
B ₁ (Tip 1)	-	0,79	0,77	0,62	0,61	0,57	97,46	78,48	77,21	72,15
	7,5	7,85	7,24	6,38	6,13	5,85	92,22	81,27	78,02	74,52
	15,0	14,53	13,62	11,06	10,56	9,15	93,73	76,11	72,67	62,97
	22,5	23,84	20,62	18,59	16,33	15,38	86,49	77,97	68,49	64,51
B ₂ (Tip 2)	-	0,92	0,84	0,74	0,60	0,55	91,30	83,43	65,21	59,78
	7,5	8,16	7,30	7,07	6,55	6,06	89,46	86,64	80,26	74,26
	15,0	14,93	13,68	12,57	11,74	10,83	91,62	84,19	78,63	72,53
	22,5	23,49	22,45	21,81	20,63	19,68	95,57	92,84	87,82	83,78
B ₃ (Tip 4)	-	0,83	0,78	0,70	0,63	0,55	93,97	84,33	75,90	66,26
	7,5	8,08	7,56	7,16	6,55	6,16	93,56	88,61	81,06	76,23
	15,0	14,25	13,25	12,50	11,49	10,13	92,98	87,72	80,63	71,08
	22,5	23,80	21,55	20,25	19,67	18,70	90,54	85,08	82,64	78,57

* Sonuçlar kurumadde üzerinden hesaplanarak verilmiştir.

Riboflavinin hamurda kalma oranı her üç un tipinde de tiyamine kıyasla fazla olmuş ve % 86,49-97,46 arasında değişim göstermiştir. Genellikle katkı konsantrasyonu ve un tipi riboflavinin hamurda kalma oranını etkilememiştir.

Kuru ağırlık bazındaki değerlere göre, una kıyasla ekmekte (24 saat sonundaki) riboflavin kalma oranı % 76,11-92,84 arasında değişim göstermiş ve tiyamin kalma oranından daha yüksek olmuştur. Riboflavinin depolama stabilitesi de tiyamine kıyasla oldukça yüksek bulunmuştur. Genellikle zenginleştirilmiş ekmeklerin bekletilmeleri sırasındaki riboflavin kaybı, zenginleştirilmemiş olanlardan daha az olmuştur. 72 saat depolanan zenginleştirilmiş ekmeklerde riboflavin kalma oranları % 62,97-83,78 arasında, zenginleştirilmemiş ekmeklerde ise % 59,78-72,50 arasında değişim göstermiştir.

Sonuç olarak una zenginleştirme amacıyla katılan besin öğelerinden vitaminlerin hem pişirme hem de depolama sırasındaki stabilitelerinin mineral maddelerden daha düşük olduğu saptanmıştır. Tiyaminin

hem hamurda hem de ekmeklerde kayıp oranları riboflavine kıyasla daha yüksektir. Un tipi ve katkı konsantrasyonu tiyaminin ekmekte kalma oranı üzerinde etkili olmuş; riboflavin üzerinde etkili olamamıştır. Un tipi ve katkı konsantrasyonu demir ve kalsiyumun stabilitesi üzerinde etkili olurken magnezyum stabilitesini etkilememiştir.

Demir, kalsiyum ve magnezyumun katkı konsantrasyonu arttıkça ekmek kalitesi olumsuz yönde etkilenmiştir. Bu nedenle onların özellikle mineral maddelerce zenginleştirilmesi sırasında katkı oranları ekmek kalitesini bozmayacak şekilde seçilmelidir.

KAYNAKLAR

- ANONYMOUS, 1960. International Association for Cereal Chemistry. ICC Standard No: 104, 105 ve 110.
- ANONYMOUS, 1962. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods. Vol.2. No: 86-70.
- ANONYMOUS, 1970. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists (A.O.C.C.). Eleventh Ed. Washington 1015.
- ANONYMOUS, 1971. Standort Methoden für Getreide Mehl und Brot, 5. Erweiterte Auflage. Im Verlag Moritz Scheuer. Detmold.
- ANONYMOUS, 1972. Analytical Methods for Flame Spectroscopy. Varian Technon.
- ANONYMOUS, 1972. International Association for Cereal Chemistry. ICC Standard No. 115.
- ANDERSON, R.H., MAXWELL, D.L., MULLEY, A.E., and FRITSCH, C.W., 1976. Effect of Processing and Storage on Micronutrients in Breakfast Cereals. Food Technology. May: 110-114.
- BURK, R.F., and SOLOMONS, N.W., 1985. Trace Element and Vitamins and Bioavailability as Related to Wheat and Wheat Foods. The American Journal of Clinical Nutrition 41:1091-1102.
- CAKIRER, O.M., and LACHANCE, P.A., 1975. Added Micronutrients Their Stability in Wheat Flour During Storage and The Baking Process. The Bakers Digest 49:53-57.
- CATHERINE, D.J., BERRY, M.F., and WEAVER, C.M., 1985. Soybean Hulls as an Iron Source for Bread Enrichment. Journal of Food Science. 50: 1275-1277.
- CORT, W.M., BERENSTEIN, B., HARLEY, J.H., OSADCA, M., and SCHEIWER, J., 1976. Nutrient Stability of Fortified Cereal Products. Food Technology 30:52.
- EID, N., and BOURISLY, N., 1986. Suggested Level for Fortification of Flour and Bread in Kuwait. Nutrition Reports International. 33. 241-245.
- EMODI, A., and SCIALPI, L., 1980. Quality of Bread Fortified With Ten Micronutrients. Cereal Chem. 57:1-5.
- ERCAN, R. ve EKŞİ, A., 1991. Una katılan Tiyamin, Riboflavin ve Demirin Ekmekte Kalma Oranı Üzerine Araştırma. Gıda Sanayii Dergisi. 51:34-39.
- FREED, M., 1966. Methods of Vitamin Assay. Third Ed. The Association of Vitamin Chemists. Interscience Publishers. Newyork. 428.
- GARCIA, V.J., ALESSIN, C.W., and INGLET, C.E., 1972. Mineral Constituents in Corn and Wheat Germ by Atomic Absorption Spectroscopy. Cereal Chem. 49: 158-167.
- KHALIL, J.K., and SAWAYA, W.N., 1984. Mineral and Vitamin Contents of Saudi Arabian Pearl Millet Flour and Bread. Cereal Chem. 61: 301-304.
- MALEKI, M., and DAGHIR, S., 1966. Effect of Baking on Retention of Thiamine, Riboflavin, and Niacin in Arabic Bread. Cereal Chem. 44:483-487.
- RANHOTRA, G.S., LOEWE, R.J., LEHMANN, T.A., and HEPBURN, F.N., 1976. Effect of Various Magnesium Sources on Breadmaking Characteristics of Wheat Flour. Journal of Food Science. 41:952-954.
- RANHOTRA, G.S., and GELROTH, J.A., 1986. Stability of Enrichment Vitamins in Bread and Cookies. Cereal Chem. 63: 401-403.
- RUBIN, S.H., EMODI, A., and SCIALPI, L., 1977. Micronutrient Additions to Cereal Grain Products. Cereal Chem. 54: 895-904.
- TABEKHIA, M.M., and D'APPOLONIA, B.L., 1979. Effects of Processing Steps and Baking on Thiamin, Riboflavin and Niacin Levels in Conventional and Continious Produced Bread. Cereal Chem. 56: 79-81.
- TANJU, S., ve SÜMBÜL, Y., 1986. Ülkemiz Ekmeklik Buğday Unlarının Demirce Zenginleştirilmesi. Gıda. 11: 323-326.
- THOMAS, B., 1968. Nutritional-Physiological Views in Processing Cereal Products. Vegetables 15: 360.
- ÜNAL, S.S., 1976. Belirli Buğday Çeşitlerinde Öğütme ve Pişirme Tekniğinin (Mahalli ekmekler dahil) B₁ ve B₂ Vitaminlerine Etkisi Üzerinde Araştırmalar. A.Ü.Yayınları No: 616. Ankara.
- YILDIZ, F., 1985. Ekmek ve Pastaların Demirle Zenginleştirilmesi. Diabet Yıllığı 4: 275-282.