



Bu bir MMO
yayıdır

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

TİCARİ BİR GECİKTİRMELİ MAYALAMA KABİNİNİN AKIŞ VE SICAKLIK ANALİZİ

ALİ ÖZYURT
PANEL SİSTEM SOĞUTMA

DENİZ YILMAZ
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ

BARIŞ YILMAZ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ

TİCARİ BİR GECİKTİRMELİ MAYALAMA KABİNİNİN AKIŞ VE SICAKLIK ANALİZİ

Ali ÖZYURT
Deniz YILMAZ
Barış YILMAZ

ÖZET

Mayalama kabinleri endüstriyel fırınlarda üretilen unlu mamullerin gerektiğinde mayalama işlemlerinin yapıldığı gerektiğinde ise mayalamanın gecikmeli olarak yapılabilmesi için ürünlerin muhafaza edilmesini sağlayan cihazlardır. Bu cihazların ürünlerin mayalanması için gerekli ortam şartlarını ve cihaz içerisindeki bütün ürünlerin aynı değerlere sahip olmasını sağlayabilmesi hem ürünlerin kalitesi hem de buna bağlı olarak insan sağlığıyla doğrudan ilgilidir.

Bu çalışmada; kaliteli bir mayalama ve mayalama öncesi bekletilme işlemlerinin gerçekleştirilmesi için kabin içerisinde olması gereken şartlar araştırılmıştır. Standart şartlar altında geciktirmeli mayalama ve son mayalama işlemi gerçekleştirilen ürünler için belirlenmiş olan sıcaklık ve hava hızı parametreleri kullanılarak Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ile sayısal analizi yapılmıştır. Yapılan analiz ile kabin içerisindeki sıcaklık ve hız dağılımları çıkarılmıştır. Hamurların bulunduğu her bir tepsideki ısı transferini homojen hale getirmek ve bunu yaparken hamurların istenilen şekilde mayalanmasını sağlamak için tasarım üzerinde çalışılmış, gerekli yerde yönlendirme sacı kullanılmış, uygun batarya kapasitesi ve fan hızları hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mayalama, Soğutma Kabini, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD).

ABSTRACT

Retarder proofer cabinets are the machines in which both retarding and proofing processes are handled depending on customer need. Efficient heat and mass transfer and proper air flow specifications are directly related with production quality of bakery goods which is also directly related to human health. To analyze and investigate the performance of a retarder proofer cabinet is an essential need.

In this study, necessary conditions are searched for the qualitative proofing and retarding processes. A numerical analysis has been performed using CFD (Computational Fluid Dynamics) with specified air velocity and temperature parameters for the bakery products that will proofed and retarded under standard conditions. Velocity and temperature distributions are derived from the performed analyses. For proper heat transfer rate and proper fermentation over the bakery goods on each tray, design considerations are determined and a directive plate has been used. Also proper coil capacities and fan velocities are calculated.

Key Words: Proofing, Refrigeration Cabinet, Computational Fluid Dynamics (CFD).

1. GİRİŞ

Hamurun pişirilmeden önce türüne bağlı olarak farklı sıcaklık koşullarında belirli bir süre bekletilmesi işlemine mayalama denir. Özellikle önceden hamur olarak üretilmiş ve dondurulmuş hamurların bu mayalama işleminden önce mayalamaya hazır hale gelmesi ve kalitesinin yükseltilmesi için mayalanmanın minimum olduğu +5 °C sıcaklıkta belirli bir süre bekletilmesine geciktirmeli mayalama denir [1]. Canlı bir organizma olan maya; fermantasyonu sağlayan esas unsurdur. Fermantasyon sırasında meydana gelen karbondioksit, hamur içerisinde birikerek unun kabarmasını meydana gelen alkoller, aldehitler, ketonlar ve organik asitlerde ekmeğin iştah açıcı karakteristik tat ve aromayı kazanmasını sağlar. Ayrıca, mayanın diğer bir rolü de hamurun fiziksel özelliklerini değiştirmesidir. Böylece glutenin elastikiyeti artmakta ve hamur kütlesi içinde biriken karbondioksit gazı basıncına daha iyi dayanan ve onu tutan bir yapı kazanmaktadır.

Gıda sektöründe ürünlerin işlenmesi için belirli yöntemler mevcuttur. Bunlardan biri Yığın Mayalama Prosesi, bir diğeri de Chorleywood Ekmek Prosesi'dir. Chorleywood Prosesi gıda sektöründe özellikle daha hızlı ve kaliteli üretim imkânı sunduğu için daha çok tercih edilmektedir. Proses aşamaları; yoğurma, bölme, öncül mayalama, kalıplama, ayırma, son mayalama, pişirme, paketlenme ve dağıtım aşamalarından oluşmaktadır. Eğer hamur dondurulmuş veya mayalamaya hazır haldeyse proses geciktirmeli mayalama işlemi ile başlar ve daha sonra öncül mayalama işlemi gerçekleştirilerek proses devam eder [2].

Hamurlar 0 °C'nin üzerindeki her sıcaklıkta mayalanma özelliğine sahiptir. Mayalamayı durdurmak için hamurların dondurulması gerekmektedir. Ancak dondurma işlemi hamurun çözülme sırasında yapısının bozulmasına neden olarak mayalama ve ürün kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Bu yüzden üreticiler hamurun içeriğinde bulunan suyun işlem sırasında donmasını engellemek için +4 °C ve üzerindeki sıcaklıklarda geciktirmeli mayalama işlemini gerçekleştirmektedir. Ortam sıcaklığı +4 °C'nin ne kadar üzerinde olursa mayalama hızı o kadar artacağından bu sıcaklığa mümkün olduğunca yaklaşılmalıdır [1].

Endüstriyel üretim açısından mayalanmanın en hızlı ve en kaliteli şekilde tamamlanması süreklilik sorununun çözümü açısından oldukça önemlidir. Hızlı ve kaliteli bir son mayalama işlemi için tavsiye edilen sıcaklık aralığı 32-36 °C'dir. Sıcaklığın her 10 °C artışı mayalanma hızını %100 artırmaktadır [2-3]. Bu yüzden analizlerde son mayalama işlemi için 32 °C sıcaklık değeri kullanılmıştır.

Bu çalışmada, geciktirmeli mayalama kabininin hem geciktirmeli mayalama hem de son mayalama işlemlerinin akış ve sıcaklık analizleri yapılmıştır. Analizlerde kullanılan cihaz +5/+45 °C sıcaklık değerlerini sağlayabilecek özelliklere sahiptir. Birinci adımda hamurların geciktirmeli mayalama işlemine ait +5 °C sıcaklık değerindeki dağılımların hesaplandığı analizler yapılmıştır. İkinci adımda hamurun son mayalama işleminin gerçekleştiği +32 °C sıcaklık değerindeki dağılımlarının hesaplandığı analizler yapılmıştır.

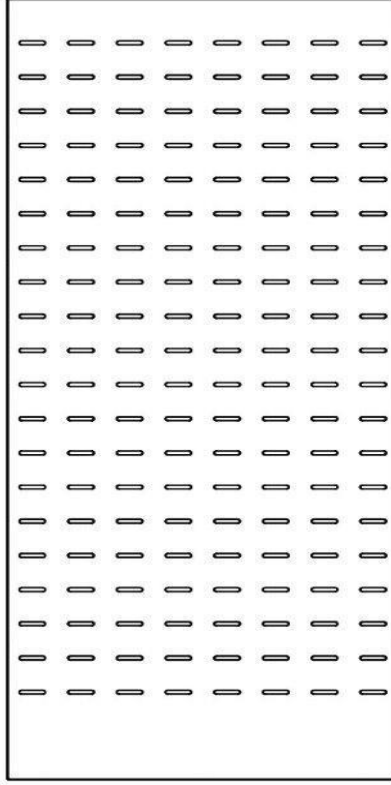
2. PROBLEMİN TANIMI

Bu çalışmada endüstriyel fırınlarda geciktirmeli mayalama ve son mayalama işlemlerinin yapıldığı geciktirmeli mayalama kabininin (retarder/proofer) akış ve sıcaklık analizleri yapılmıştır. Kabin tam yalıtımlı olarak kabul edilmiştir. Kinematik viskozite (V) ve Prandtl sayısı (Pr) gibi akışkan özellikleri başlangıç şartları için sabit kabul edilmiştir. İdeal gaz olarak havanın yoğunluğu sıcaklığın fonksiyonu olarak değişken kabul edilmiştir.

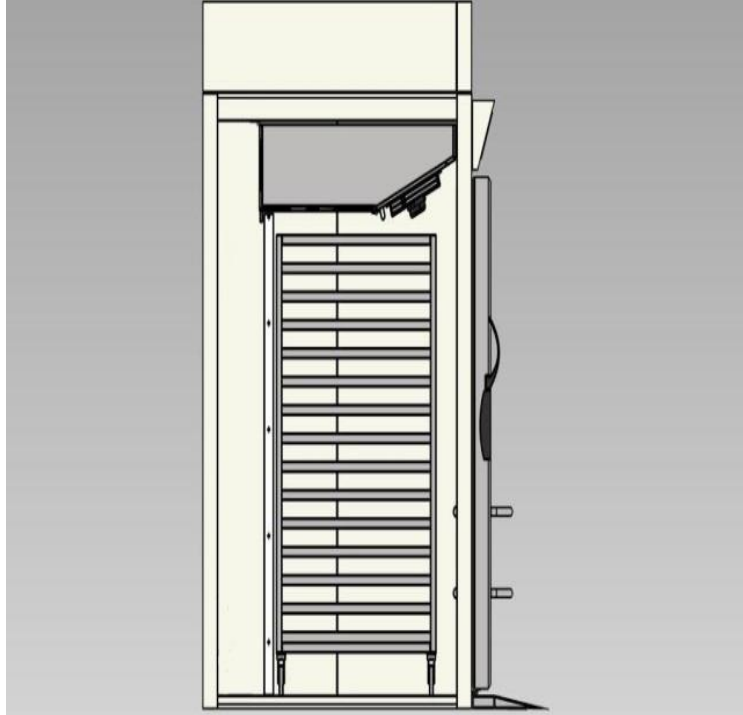
2.1 Fiziksel Model

Kabinin fiziksel boyutları; 2.04(Y)x1.24(D)x0.74(U) şeklindedir. Direkt hamurun üzerine üfleme engelleyen ve homojen dağılımı sağlamak için evaporatör fanları emişe çalıştırılmış ve üfleme tarafındaki etki de kullanılan delikli sac yüzeyle en aza indirilmiştir. İç kısımda ürünlerin yerleştirildiği

tepsiler de kontrol hacmine eklenmiştir. Analizi yapılan geciktirmeli mayalama kabininin kesit görüntüsü Şekil 2’de verilmiştir.

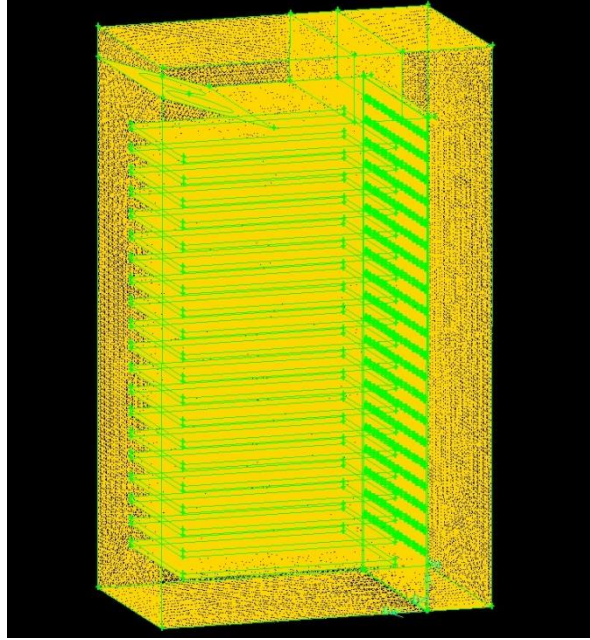


Şekil 1. Havanın düzgün dağılmasını sağlayan yönlendirici sac levha.



Şekil 2. Geciktirmeli mayalama kabininin kesit görüntüsü.

Gambit programı kullanılarak yapılan ve sayısal analiz için oluşturulan ağ yapısı Şekil 3'te verilmiştir. Ağ yapısı olarak tetrahedrad/hybrid kullanılmıştır ve yaklaşık olarak 2.822.479 adet hücre oluşturulmuştur. Havanın kabin içerisine düzgün dağılmasını sağlayan paslanmaz çelikten yapılmış olan delikli yüzeyin sayısal ağ işlemi genel hacime göre farklı ele alınmıştır. Bu yüzeyde hava hızlarının daha hassas olarak çalışılması gerektiğinden dolayı "Size Function" modülü kullanılarak sayısal ağ oluşturulmuştur.



Şekil 3. Geciktirmeli mayalama kabininin ağ yapısı ve hücreleri.

2.2 Matematiksel Model

Akışın analiz edilmesi için aşağıda belirtilen korunum denklemleri Fluent yazılımı kullanılarak çözülmüştür. Türbülans modellemesi için k-ε türbülans modeli kullanılmıştır. Ortamın sıcaklık dağılımının belirlenebilmesi için de enerji denklemi kullanılmıştır. Bu denklemlerin ayrıntıları kısaca aşağıda verilmiştir.

2.2.1 Genel Denklemler

Akışkan hareketinin Eulerian tanımı için korunum yasasının genel denklemi [4-6];

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho \phi dV + \oint_A \rho \phi V dA = \oint_A \Gamma \nabla \phi dA + \int_V S_\phi dV \quad (2.1)$$

Genel korunum denklemi sırasıyla zamana bağlı terim, konveksiyon, difüzyon ve üretim terimlerinden oluşmaktadır.

Kütle Korunumu:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho U) = 0 \quad (2.2)$$

Momentum Korunumu:

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = \text{div} \tau + \rho f \quad (2.3)$$

$$\tau_{kk} = -p + \lambda \operatorname{div} v + 2\mu \frac{\partial v_k}{\partial x_k} \quad (2.4)$$

$$\tau_{kk} = -p + \lambda \operatorname{div} v + 2\mu \frac{\partial v_k}{\partial x_k} \quad (2.5)$$

x-momentum:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho u u) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \operatorname{div}(\mu \nabla u) + S_{Mx} \quad (2.6)$$

y-momentum:

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho v u) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \operatorname{div}(\mu \nabla v) + S_{My} \quad (2.7)$$

z-momentum:

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho w u) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \operatorname{div}(\mu \nabla w) + S_{Mz} \quad (2.8)$$

Bu denklemlerdeki S_{Mxyz} terimleri kaynak terimlerini ifade etmektedir.

Enerji:

$$\frac{\partial(\rho i)}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho i u) = -p \operatorname{div} u + \operatorname{div}(k \nabla T) + \Phi + S_i \quad (2.9)$$

$$\Phi = \mu \left\{ 2 \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right] + \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 - \frac{2}{3} \mu (\operatorname{div} u)^2 \right\} \quad (2.10)$$

2.2.2 Standard k- ε Türbülans Modeli

$$\text{Prandtl formülü: } \nu_t = C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (2.11)$$

$$\text{Türbülans kinetik enerjisi: } k = \frac{1}{2} \sum_i \overline{u_i^2} \quad (2.12)$$

Türbülans enerji yayılımı oluşur ve ε yayılma oranıyla yayılır;

$$\frac{Dk}{Dt} = D + P - \varepsilon \quad (2.13)$$

$$\text{Yayılım oranı denklemleri: } \frac{D\varepsilon}{Dt} = D_\varepsilon + P_\varepsilon - \varepsilon_\varepsilon \quad (2.14)$$

2.3 Sınır Koşulları

Gambit programında oluşturulan geometri üzerindeki sınır koşulları aşağıda verilmiştir;

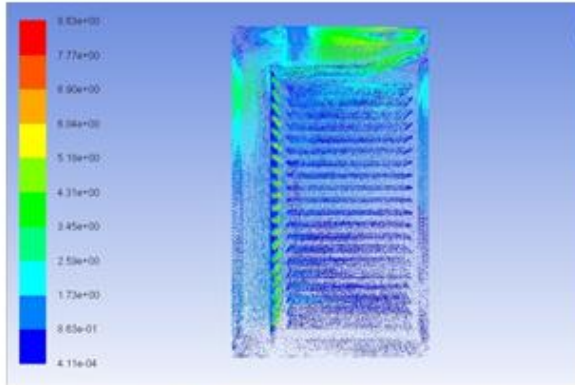
- Kabin içerisinde havanın sirkülasyonunu sağlayan evaporatör fanı için “Fan” sınır koşulu,
- Kabin içerisindeki ısıtma ve soğutma bataryası için “Radiator” sınır koşulu,
- Mayalama işleminin gerçekleştiği hamur yüzeyleri için “Wall” sınır koşulu,
- Mayalanan ürünlerin yerleştirildiği tepsiler için “Wall” sınır koşulu,
- Ve kalan bütün yüzeyler “Wall” sınır koşulu olarak tanımlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

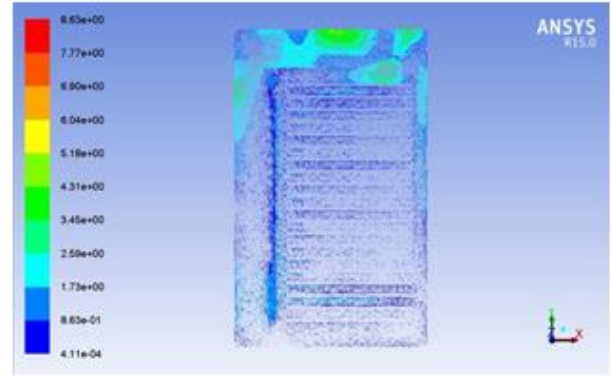
Analizler; standart k-ε türbülans modeli kullanılarak zamana bağlı değişken çalışma koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Enerji denklemi sıcaklık analizlerini gerçekleştirmek için kullanılmıştır. Atmosferik çalışma şartları kabul edilmiştir ve çözüm kriteri olarak 10^{-5} değeri kullanılmıştır. Her bir saniye için 10 iterasyon gerçekleştirilmiştir. Şekillerde verilen iterasyon sayıları geçen zamanın 10 katıdır. Gecikmeli mayalama işlemi için; $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve son mayalama işlemi için ise $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık değerlerinde analizler yapılmıştır. Yapılan analizlerin rejime girmesi için geçen süre yaklaşık olarak; geciktirmeli mayalama işlemi için 10 dakika, son mayalama işlemi için ise 15 dakikadır. Kabinin tam orta kısmından alınan bir kesitten sıcaklık değişimleri de ayrıca incelenmiştir. Dağılımların sonuçları her durum için ayrı olarak aşağıda açıklanmıştır. Sıcaklık değerleri analiz edilen hamurların termo-fiziksel özellikleri; $\rho=1092.3\text{ kg/m}^3$, $c_p=2000\text{ J/kgK}$, $k=0.3\text{ W/m-K}$ olarak alınmıştır [7].

3.1 Kabin İçi Hava Hızı Dağılımı

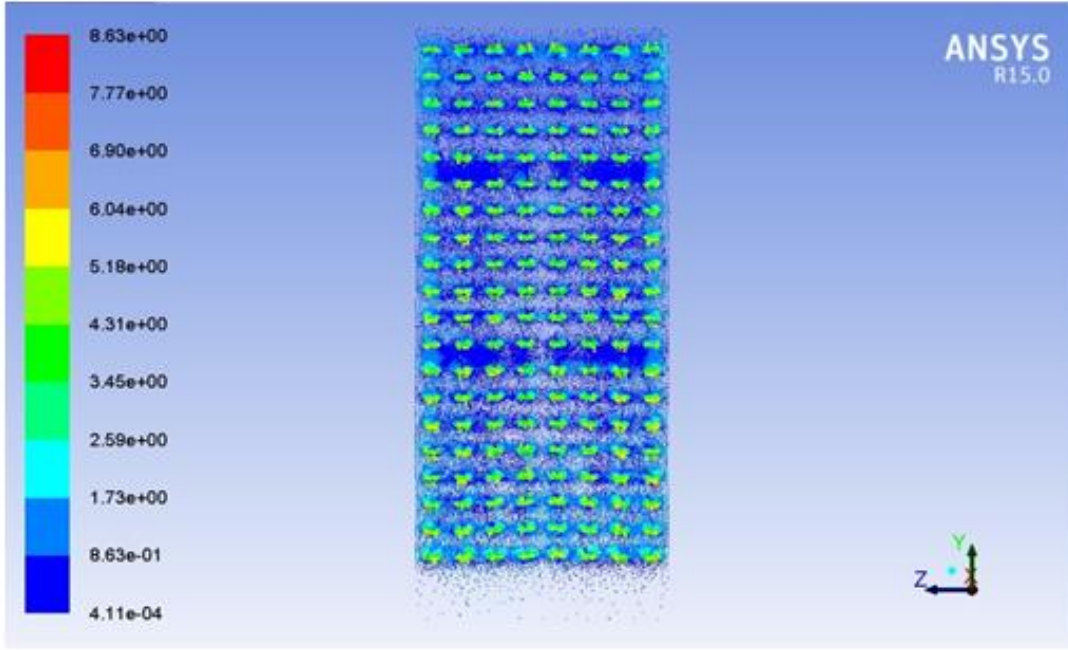
Mayalama kabinindeki havanın akış hızı ve dağılımı özellikle içerideki ürünlerin kalitesinin korunması açısından oldukça önemlidir. Ayrıca doğru seviyede ve homojen hava akışının sağlanması ürünlerin ısı değişimlerinin de homojen olarak değişmesi açısından önemlidir. Evaporatör fanları emiş yönünde çalıştığı için delikli sac yüzey, ürünlerin üzerinden geçen havanın hızını kontrol etmektedir. Uygun büyüklükteki ve sayıdaki delikler hava hızını doğrudan etkilemektedir. Kabin içi, kesit yüzey ve delikli sac yüzey üzerindeki hava hızı dağılımları Şekil 4-5 ve 6'da verilmiştir.



Şekil 4. Kabin İçi Hava Hızı Dağılımı (m/s).



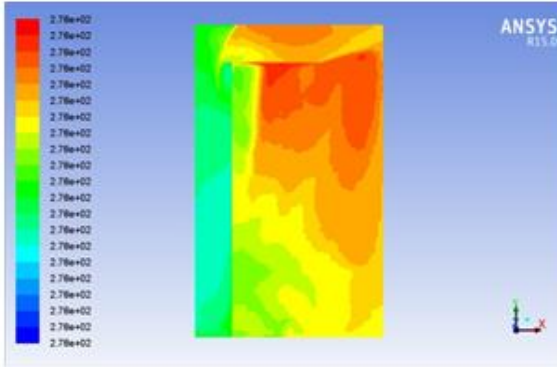
Şekil 5. Kesit Yüzey Hava Hızı Dağılımı (m/s).



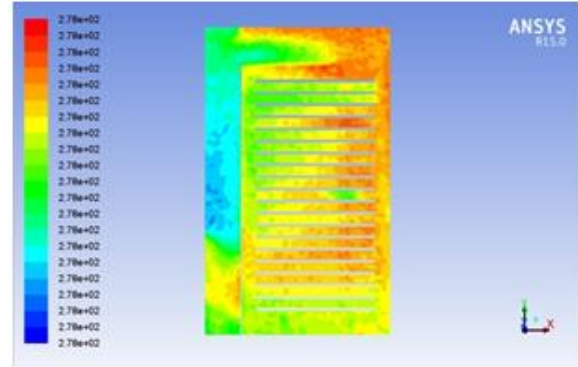
Şekil 6. Delikli Sac Yüzey Hava Hızı Dağılımı (m/s)

3.2 Geciktirmeli Mayalama İşlemi

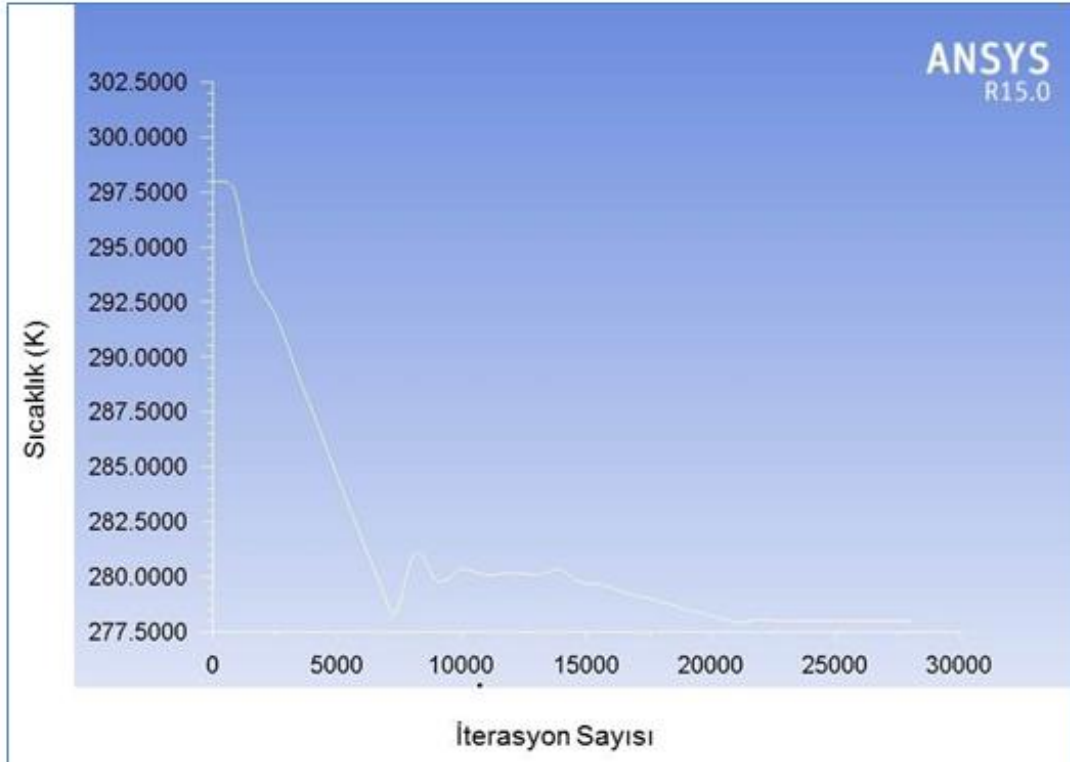
Bu çalışmada başlangıçta +25 °C sıcaklıkta olan hamurların sıcaklığını +5 °C'ye indirilmesi işleminin analizleri yapılmıştır. Evaporatör fanının üflediği havanın hızı 3.5 m/s olarak alınmıştır. Kabin içi, kesit yüzey sıcaklık dağılımları ile ürünlerin zamana bağlı ortalama sıcaklık değişimleri Şekil 7-8 ve 9'da verilmiştir.



Şekil 7. Kabin İçi Sıcaklık Dağılımı (K).



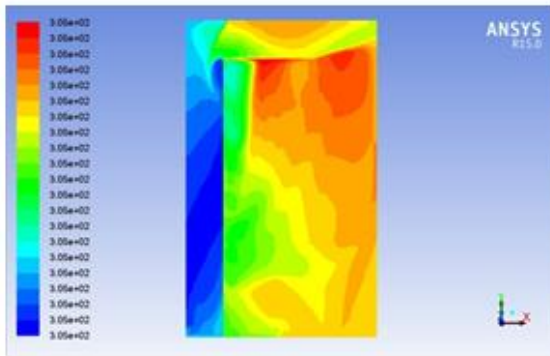
Şekil 8. Kesit Yüzey Sıcaklık Dağılımı (K).



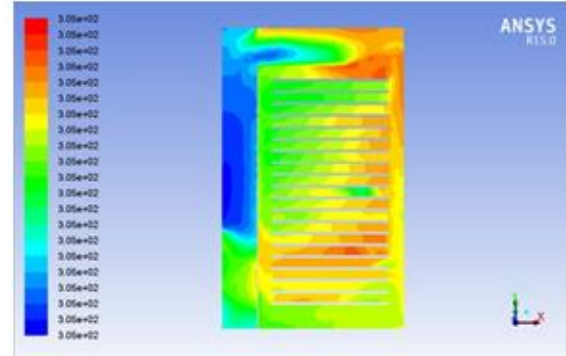
Şekil 9. Ürünlerin Zamana Bağlı Sıcaklık Değişimleri.

3.3 Son Mayalama İşlemi Analizi

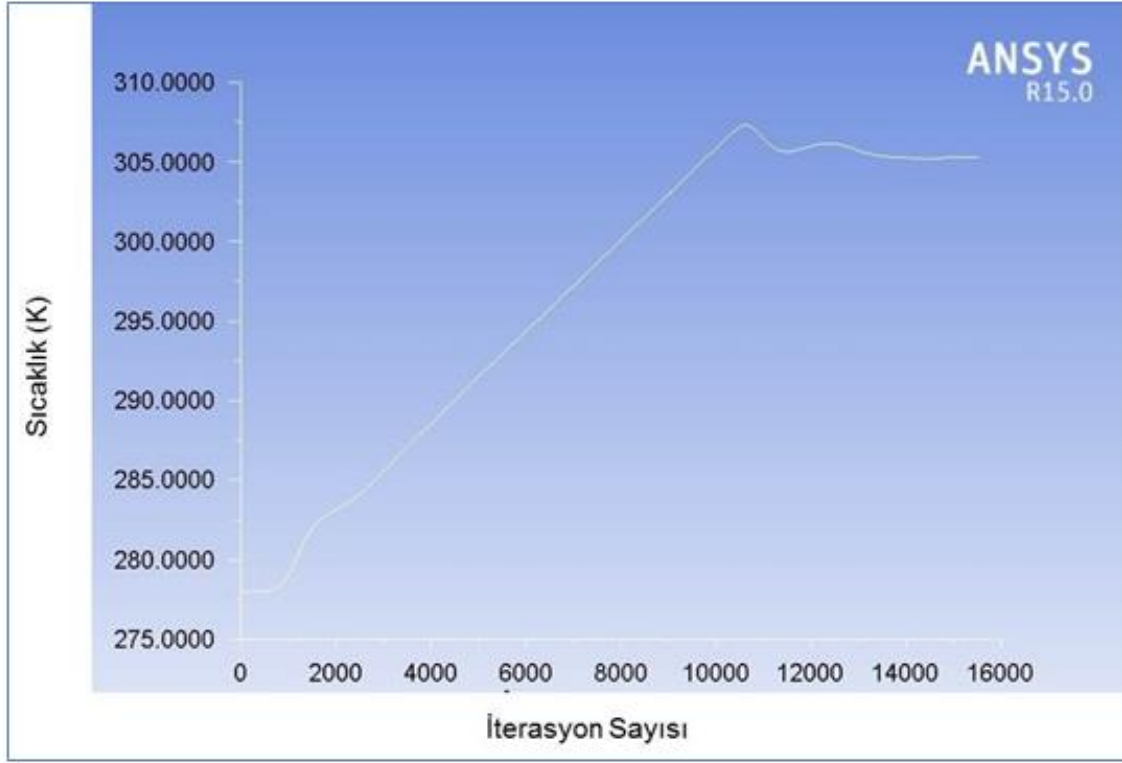
Bu çalışmada başlangıçta $+5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta olan hamurların sıcaklığını $+32^{\circ}\text{C}$ 'ye çıkartılması işleminin analizleri yapılmıştır. Evaporatör fanının üflediği havanın hızı 3.5 m/s olarak alınmıştır. Kabin içi, kesit yüzey sıcaklık dağılımları ile ürünlerin zamana bağlı ortalama sıcaklık değişimleri Şekil 10-11 ve 12'de verilmiştir.



Şekil 10. Kabin İçi Sıcaklık Dağılımı (K).



Şekil 11. Kesit Yüzey Sıcaklık Dağılımı (K).



Şekil 12. Ürünlerin Zamana Bağlı Sıcaklık Değişimleri.

4. SONUÇ

Bu çalışmada; endüstriyel geciktirmeli mayalama kabininin Fluent paket programı kullanılarak sayısal analizleri yapılmıştır. Her iki işlemin belirli şartlar altında istenilen değerleri ne kadar sürede ve yeterlilikte karşıladığı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlardan görüldüğü üzere ürünlerin ortalama sıcaklığı birbirine oldukça yakındır. Bu durum hava akışının doğru hız ve yoğunlukta kabin içerisine dağıldığını göstermektedir. Uygun kabin tasarımı, doğru evaporatör ve ısıtıcı batarya seçimi, kabin içerisine yerleştirilen delikli sac levha tüm tepsilere eşit miktarda hava akışını sağlamış ve böylece ürünlerle hava arasındaki ısı transferi istenilen şekilde gerçekleşmiştir. Yine yapılan analizler göstermektedir ki geciktirmeli mayalama ve son mayalama işlemlerinde kısa süre içerisinde istenilen sıcaklık seviyeleri sağlanabilmektedir. İstenilen sıcaklık seviyelerine mümkün olduğu kadar hızlı bir şekilde ulaşılması hem enerji tüketimini azaltmakta hem de kullanıcı için zamandan tasarruf sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Correll, J., The Original Encyclopizza, Chp.5 – Dough Management, Fulfillment Press, 2011.
- [2] Huber, H., Hisserich, D., Proofing Control with Refrigeration Technology – An advanced process in the production of baked goods, Wissenforum Backwaren, 3rd edition, 2009.
- [3] Siffring, K., Bruinsma B.L., Effects of Proof Temperature on the Quality of Pan Bread, American Association of Cereal Chemists Inc., Vol.70, No.3, 1993.
- [4] Hamelman, J., Bread, A Baker's Book of Techniques and Recipes, John Wiley & Sons Inc, 2004.



- [5] Pope, S.B., Turbulent Flows, Cambridge University Press, 2003.
- [6] Bergman, T.L., Lavine A.S., Incropera F.P., DeWitt D.P., Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 7th edition, John Wiley & Sons Inc.
- [7] Wilcox, D.C., Turbulence modeling for CFD, DCW Industries, California, 2006.

ÖZGEÇMİŞ

Ali ÖZYURT

1988 yılı Bursa doğumludur. 2011 yılında Marmara Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü bitirmiştir. Halen Marmara Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisans yapmaktadır. Ayrıca Panel Sistem Soğutma A.Ş. firmasında Ar-Ge Mühendisi olarak çalışmaktadır. Termodinamik ve soğutma alanlarında deneysel ve sayısal olarak çalışmaktadır.

Deniz YILMAZ

1980 yılı İstanbul doğumludur. 2000 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünden 2003 yılında Yüksek Mühendis, İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünden 2011 yılında Doktor unvanını almıştır. 2011 yılında İstanbul AREL Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başlamış, 2012 yılında aynı üniversitede Yrd. Doç. Dr. olarak atanmıştır. Ayrıca Panel Sistem Soğutma A.Ş. firmasında Ar-Ge Müdürü olarak görev yapmaktadır. Termodinamik, Isı Tekniği ve Tesisat konularında çalışmaktadır.

Barış YILMAZ

1974 yılında Kars'ta doğmuştur. 2009 yılında Hacettepe Üniversitesi Nükleer Enerji Mühendisliği bölümünde lisans, 2002 yılında Marmara Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde yüksek lisans ve 2010 yılında Fransa Orleans Üniversitesi ve Marmara Üniversitesinde doktora çalışmalarını tamamlamıştır. Marmara Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde halen Isı tekniği ve Termodinamik Anabilim Dalında Yardımcı Doçent olarak çalışmaktadır.