

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13294051>

Derleme Makalesi / Review Article

**Kanatlılarda Kuluçka Randımanını Etkileyen Faktörler ve Yeni Uygulanan Metotlar**Yunus Emre BOGA <sup>1</sup>, Ömer ÇİMEN <sup>2\*</sup>, Ali KEPEZKAYA <sup>3</sup><sup>1</sup> Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Iğdır<sup>2</sup> Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Niğde<sup>3</sup> Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Adana\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [omercimen0101@gmail.com](mailto:omercimen0101@gmail.com)

Geliş Tarihi (Received): 10.05.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 20.06.2024

**Özet**

Bu çalışma, kuluçka randımanını etkileyen faktörler ve son zamanlarda uygulanan yeni yöntemler hakkında bilgi vermeyi hedeflemektedir. Kuluçka randımanı; kanatlı hayvanların yumurtadan çıkışını, yaşam gücünü, verim düzeyini belirler. Yumurta kalitesi, kuluçka koşulları, anaçların sağlığı, genotipik faktörler, yumurtaların depolama süreleri, döllülük oranı, kuluçka sırasında nem-sıcaklık- havalandırma-çevirme, havalandırma işlemlerinin düzenli yapılıp-yapılmaması, yumurtanın kirli-çatlak durumu, yumurtanın şekli kuluçka randımanını etkilemektedir. Yumurtlama esnasındaki sıcaklık, kuluçkadaki yumurtanın gelişim dönemi, çıkış dönemi, kuluçka esnasında embriyo ölümleri, kuluçka aksaklıkları kuluçka randımanının düşmesine neden olur. Döllülük ve çıkış gücü kuluçka randımanı ile doğru orantılıdır. Kuluçkalık yumurtanın uzun süre depolanması, soğuk ortamda bekletilmesi, hava boşluğunun fazla olması, embriyonun yeterince gelişmemesi erken dönem embriyo ölümleri görülebilmektedir. Kontaminasyon sorunları, besleme yetersizlikleri orta dönem embriyo ölümleri görülmektedir. Son yıllarda araştırmacılar, kısa süreli yüksek sıcaklıkta bekletme, yumurtaların plastik torbada bekletilmesi, kuluçkalık yumurtanın kuluçka makinesine koyulmadan ön ısıtmanın yapılması, internet tabanlı yapay yumurta kuluçka makinesi, spesifik patojen içermeyen yumurtaların üretim teknolojisi, kızılötesi görüntüleme ve termal algılama, inovo uygulamaları gibi uygulamaların kuluçka randımanını ve çıkış gücünü arttırdığını bildirmişlerdir. Kuluçkahane şartlarını optimize ederek, kuluçka randımanını ve çıkış gücünü artırarak, civciv sağlığını sağlamada ve ölüm oranlarını azaltmada, enerji tüketimini azaltarak ve üretim performansını da artırarak, bu sektördeki ekonomik kayıpları azaltarak, kanatlı hayvanı üretimine katkı sağlayabilir.

**Anahtar Kelimeler:** kuluçka randımanı, çıkış gücü, yumurta kalitesi, depolama, ön ısıtma, inovo**Factors Affecting Hatching Efficiency in Poultry and Newly Applied Methods****Abstract**

In this study, the effects of temperature, photoperiod, social environment, housing and feeding conditions and diseases on feed intake will be discussed. The efficiency of the hatching process determines the hatching, survival and productivity level of the poultry. Hatching efficiency is calculated by dividing the number of eggs incubated by the number of chicks hatched at the end of incubation and multiplying by 100. Egg quality, incubation conditions, health status of the broodstock, genotypic factors, storage periods of eggs, fertility rate, humidity-temperature-ventilation-rotation during incubation, whether ventilation processes are carried out regularly or not, dirty-cracked condition of the egg, shape of the egg affect the hatching efficiency. Temperature during incubation, development time of the incubated egg, hatching time, embryo death during hatching, hatching disturbances cause a decrease in hatching efficiency. Fertility and hatchability are directly proportional to incubation efficiency. Long-term storage of hatching eggs, keeping them in a cold environment, excessive air space, insufficient embryo development and early embryo death are observed. Contamination problems, feeding inadequacies cause mid-term embryo mortality. In recent years, researchers have reported that applications such as short-term high temperature holding, keeping the eggs in plastic bags, preheating the hatching eggs before placing them in the incubator, internet-based artificial egg incubator, production technology of specific pathogen-free eggs, infrared imaging and thermal sensing, inovo applications increase the hatching efficiency and hatchability. It can contribute to poultry production by optimizing hatchery conditions, increasing hatching efficiency and hatchability, ensuring chick health and reducing mortality rates, reducing energy consumption and improving production performance, thereby reducing economic losses in this sector.

**Keywords:** Incubation yield, hatchability, egg quality, storage, preheating, inovo

## 1. Giriş

Sağlıklı ve verimi yüksek bir kanatlı hayvan elde etmek için kuluçkalık yumurta temini ile başlayıp kuluçka sonuna kadar devam eden bir süreç bulunmaktadır. Kuluçkadaki yumurtadan civciv çıkışını; kuluçka randımanı, anaçların beslenmesi, bakım ve idamesi, genotipik düzeydeki farklılıklar, yumurtanın döllülük oranı, çıkış gücü, kuluçkaya konulmadan önceki depolama süresi gibi bir çok faktörler etkilemektedir. Çıkış gücü, döllülük oranı ve kuluçka randımanı doğru orantılıdır. Çıkış gücü arttıkça kuluçka randımanı artar. Döllülük oranı yüksek olan yumurtalarda kuluçka randımanı da yüksek olur. Döllülük oranı yüksek olursa döllu yumurta sayısı da artacağından çıkım oranını da artırmaktadır. Kuluçkalarda döllülük tayinleri 10-12. günlerde lamba kontrolüyle ve 18-19. Günlerde yumurtanın gelişme bölümünden çıkım bölümüne alınacağı zaman bakılır. Bir civcivin sağlıklı çıkabilmesi ve verim düzeyinin belirlenmesi kuluçka döneminde meydana gelen uygulamalarla ilişkilidir. Kuluçka döneminde yeterli düzeyde yapılmayan uygulamalar civciv kalitesini etkiler ya da civciv ölümlerine sebep olabilir. Civcivlerin yumurtadan çıkışı, verim düzeyi ile yaşam gücü karkas randımanı ile doğru orantılı olarak birbirlerini tamamlar. Kuluçka döneminde havalandırma, çevirme, nem ve sıcaklık işlemlerinin istenilen derecede yapılması kuluçka randımanını, civcivin çıkış gücünü ve ileriki dönemdeki verim ile yaşam payını olumlu etkiler. Entansif veya ekstansif koşullarda yaşayan kanatlı türleri doğal kuluçkaya yatarak ya da yapay kuluçka uygulaması ile gelecek nesillerini devam ettirme yoluna girerler. Yumurta kalitesi, kuluçka koşulları, anaçların sağlık durumu, genotipik faktörler, yumurtaların depolama süreleri, döllülük oranı, kuluçka sırasında nem-sıcaklık- havalandırma-çevirme, havalandırma işlemlerinin düzenli yapılıp-yapılmaması, yumurtanın kirli-çatlak durumu, yumurtanın şekli kuluçka randımanını etkilemektedir. Kuluçka, doğal

kuluçka ve makine ile kuluçka olmak üzere 2 ye ayrılır.

## 2. Doğal kuluçka

Genel olarak ekstansif ya da yaban hayatında yaygın olan doğal kuluçka, kanatlı hayvan türlerine göre kuluçka süresi, dış ortam ve genotipik yapı itibariyle farklılıklar bulunmaktadır. Bazı kanatlı türlerinde sadece dişi hayvanlar kuluçkaya yatarken, bazı türlerde ise dişi ve erkek birlikte kuluçkaya yatarlar. Entansif olarak yetiştirilen ya da birçok çiftlik hayvanlarında ise çoğunlukla dişiler kuluçkaya yatarlar (günde 10-12 kez). Doğal kuluçkada, kanatlı hayvanlar yumurtalarını sakın, sessiz, gizli bir yere saklarlar ve uygun koşullarda kuluçkaya yatar. Bu süreçte gerekli olan ısı, nem, havalandırma ve yumurtaların çevrilmesi gibi işlemler, hayvanın içgüdüleriyle sağlanır. Örneğin, tavuklar 21 gün boyunca kuluçkaya yatarak civciv çıkarır. Fakat, doğal kuluçka yöntemiyle çıkım yapılabilecek civciv sayısı sınırlı olduğu için ticari ve ekonomik üretim için uygun değildir. Bu yöntem daha çok küçük aile işletmeleri veya ebeveyn bakımı gerektiren türler için kullanılır. Ticari üretim amacıyla, doğal kuluçka süreci incelenerek geliştirilen kuluçka makineleri kullanılır ve bu makinelerle üretim yapılır.

## 3. Makine ile kuluçka

Doğal kuluçkaya yatırılmış kanatlı hayvanlar bu kuluçka süresi boyunca yumurta üretimi gerçekleşmez. Bu sebeple, tavuk ve bıldırcın gibi kanatlı hayvanlar bir yılda vermesi gereken optimum düzeydeki yumurta üretiminde büyük miktarlarda azalmalar olur. Yapay kuluçka makinelerinde ise sadece yumurtalar kuluçka makinesine koyulup ve yumurta ile işlem yapıldığı için anaç kanatlıların yumurta verimleri devam eder ve üretimde azalma meydana gelmez. Elde edilen kuluçkalık yumurtalardan optimum ısı, uygun nem oranı, havalandırma ve yumurtanın bir yüzeyinin yapışmasını önlemek için çevirme düzeni sağlandığı optimal sürelerde civciv çıkaran makinelere

kuluçka makinesi adı verilir. Cıvciv elde etmek amaçlı kuluçka işlemlerinin yapıldığı ve ürün olarak cıvcivlerin elde edildiği oda ya da bölümlere kuluçkahane denir. Kuluçka makinesine konulan yumurtalarda 10-12 günleri arasında sonra dömlü olup olmadığı tespit edilir ve bunların dömlü olup olmamalarına dömlülük oranı adı verilir. Kuluçkada dömlülük tespiti sonucu sonucu dömlü olduğu sonucuna varılan yumurtalardan çıkan cıvciv oranına ise çıkış gücü adı verilir. Kuluçka makinesine konulan her 100 yumurtadan elde edilen cıvciv miktarına Kuluçka randımanı denir ve şöyle hesaplanır;

Kuluçka Randımanı = Kuluçkadan çıkan cıvciv sayısı / kuluçkaya konulan yumurta sayısı \*100

Kuluçka makineleri, temiz ve otomatik çalışmalarıyla iş gücünden azaltılmasına katkıda bulunur. Belirli kriterlere göre seçilmiş kuluçkalık yumurtalarla çıkım oranı yüksek ve sağlıklı cıvcivlerin üretimi gerçekleştirilir, bu da kazancı artırır. Damızlık ırklara ait cıvcivler gereksinimlerine göre çevre, iklim ve yetiştirme ortamlarına göre üretilir ve yıl boyunca cıvciv üretimi mümkündür. Yumurtalar ya da etlik cıvcivler ihtiyaca göre üretildiğinden pazarlama zorlukları, az veya çok cıvciv çıkışı önlenir. Cıvcivler her türlü paraziter hastalıklardan korunarak çıkarılır ve birim alanda uygun miktarda konulan yumurtalardan aynı anda cıvcivler çıkarılabilir. Doğal kuluçka da kuluçkaya yatan kanatlı hayvanlar da sorun olan beslenme ve bakım gibi problemler ortadan kalkar. Otomatik makinelerde kuluçka süresince yumurtaların döl kontrolü basit bir şekilde yapılır. Kuluçka sırasında önemli olan nem, havalandırma, ısı ve uygun yapılan çevirme işlemleri yapay kuluçka makinelerinde doğal kuluçkaya göre dış ortam şartlarından daha az etkilenir. Kuluçka koşullarına bakıldığında yumurtlama esnasındaki sıcaklık, kuluçkadaki yumurtanın gelişim dönemi, çıkış dönemi kuluçka esnasında embriyo ölümleri, kuluçka aksaklıkları kuluçka randımanının düşmesine neden olur.

Kuluçkaya konulacak yumurtalarda; yumurta kalitesi, hava boşluğu (taze olup olmaması), kabuk kalitesi, kuluçkalık yumurtaların dezenfeksiyonu, yumurtanın taşınması sırasında meydana gelen aksaklıklar embriyo gelişimini etkilemekte ve bu da kuluçka randımanının optimum düzeyde olmasını sağlamaktadır.

#### **4. Kuluçka öncesi dönem**

Kuluçkaya konulacak yumurtalarda; yumurta kalitesi, hava boşluğu (taze olup olmaması), kabuk kalitesi, kuluçkalık yumurtaların dezenfeksiyonu, yumurtanın taşınması sırasında meydana gelen aksaklıklar embriyo gelişimini etkilemekte ve bu sebeple kuluçka randımanının olumsuz düzeyde kalmasını sağlamaktadır. Kuluçka da kullanılacak yumurtada hava boşluğu büyüdükçe yumurta bayatlamaya başlar ve bu da gelişecek olan embriyo cıvcivin yumurta içerisinde daha küçük ve dar bir alanda gelişim sağlamak durumunda kalır. Bu durum sonucu olarak cıvcivin gelişimi ve çıkımı daha zor olacağına kuluçka randımanını azaltır. Yumurtanın kırık, kirli, olması cıvciv gelişimini olumsuz etkileyeceği için ya çıkım olmaz ya da engelli veya ölü çıkımlar elde edilir ki bu durumda kuluçka randımanını azaltan faktörler arasında yer alır. Yumurtanın şeklinin sivri, çok yuvarlak olmamalı oval şeklinde olmasına dikkat edilmelidir.

#### **5. Kuluçka koşulları ve makinelerinin ayarlanması**

Sıcaklık, nem, havalandırma ve yumurtaların zaman içinde çevrilmesi, döllenmiş yumurta içindeki embriyonun cıvcive dönüşmesi için yapay bir kuluçka makinesinde en önemli dört unsurdur.

##### **5.1.Sıcaklık**

Kuluçkaya konulacak yumurtalarda embriyonun gelişmesinde sıcaklık en önemli bir etken olup, kuluçka esnasında embriyonun maksimum gelişmesi için sıcaklık değerleri ortalama sınırlar içinde olması gerekir. Bunun nedeni, kümes hayvanının vücut sıcaklığı yani embriyonun gelişim sürecindeki sıcaklık, kuluçkanın ilk günlerinde yumurtadaki embriyonun

gelişmemiş olması, embriyonun iç sıcaklığının ortam sıcaklığından çok düşük olmasıdır. Ancak, embriyonun gelişmeye başlamasıyla birlikte ısı üretimi artmakta, çıkış döneminde (19-21.gün) ise düşmektedir. Gelişme döneminin ilk 18 günlük döneminde sıcaklık düşerse (350°C 'nin altında) kuluçka süresi uzamakta, sıcaklık artarsa (420 °C' nin üstünde) embriyo ölümlerine ve civciv çıkışının erken olmasına neden olabilmektedir. Bu dönemde sıcaklığın artması veya düşmesi, civciv çıkış gücünü ve kuluçka verimini (randıman) etkilemektedir (Elibol, 1997). Bu yüzden, kuluçka makinelerinde sıcaklık değerleri, kümes hayvanlarının türlerine göre farklılık göstermekte olup Tablo 1'de belirtilmiştir.

## 5.2.Nem düzeyi

Embriyonun gelişmesi sırasında yumurtadaki gözenekler, hem gaz alışverişini hem de embriyo ile kuluçka makinesi içerisindeki hava sirkülasyonu ile nem alışverişine olanak sağlar. Yüksek sıcaklıklar da nemin buharlaşmasının hızını artırır. Dolayısıyla kuluçka makinesindeki yüksek sıcaklıklar, buharlaşmanın meydana gelmesi için uygun bir yerdir. Bu nedenle, kullanılacak olan kuluçka makinesinin çeşidi ne olursa olsun, kuluçka makinesinde embriyonun nem düzeyini uygun seviyede tutmak çok önemlidir (Anonim, 2024a).

Civcivlerin yumurta zarını delerek çıkabilmesi için yüksek nem gereklidir.

Eğer nem düşük olursa, yumurta zarı kurur, sertleşir ve civcivlerin hareket etmesi ve yumurta zarını yırtması zorlaşır. Bunun sonucu olarak civcivler, yumurtadan çıkamazlar ve buna shrink wrapping denir (Anonim, 2024b). Sıcaklık arttıkça mümkün olan maksimum su buharı kapasitesi artar, bu nedenle kuluçka makinesindeki sıcaklığı su eklemekten yükseltirise, nem yüzdesinin düşmesine neden olur.

Yüksek nem seviyeleri, yumurtadan yeterli miktarda suyun buharlaşarak kaybolmasını engeller ve bu durum, yumurtanın büyük ucundaki hava kesesinin oluşumunu kısıtlar. Civcivler yumurtadan çıkarken bu hava kesesine ulaşır ve ilk nefeslerini burada alırlar. Ancak hava kesesi yeterince büyük değilse, civciv çıkış sürecini tamamlayamaz. Öte yandan, düşük nem seviyeleri yumurtadan fazla su kaybına yol açar, bu da hava kesesinin aşırı büyümesine, embriyonun hareket kabiliyetini sınırlamasına, embriyonun gerekli olan gelişmeye ulaşamamasına ve civcivlerin kabuğa yapışmasına neden olur. Bu civcivler genellikle hayatta kalamaz veya kısa süre sonra ölürlar (Elibol, 1997). Bunun sonucu olarak da kuluçka verimi (randıman) ve civciv çıkış gücü düşer. Bu yüzden, kuluçka makinelerinde nem değerleri, kümes hayvanlarının türlerine göre farklılık göstermekte olup Tablo 1'de belirtilmiştir.

**Tablo 1.** Bazı kümes hayvanlarının kuluçka süreleri, sıcaklık ve nem değerleri (Anonim, 2004a)

Kanatlı Cinsi	Kuluçka süresi (Gün)	Gelişim sıcaklığı (°C)	Gelişim nemi (%RH)	Çıkış sıcaklığı (°C)	Çıkış nemi (%RH)
Tavuk	21	37.3	50-55	37.5	65-70
Bıldırcın	17	37.7	50-55	37.5	65-70
Hindi	28	37.5	50-55	37.2	65-70
Keklik	24	37.5	50-55	37.0	65-70
Sülün	24	37.7	55-60	37.5	70-75
Ördek	28	37.5	55-60	37.2	75-80
Kaz	30-32	37.7	55-60	37.5	75-80
Tavus Kuşu	28	37.5	55-60	37.2	75-80
Deve Kuşu	42	36.2	22-25	35.7	30-50

### 5.3. Embriyonun çevrilmesi

Embriyonun çevrilmesindeki amaç, kuluçkanın ilk günlerinde embriyonun kabuk zarına yapışmasının önlenmesidir. Eğer bu günlerde çevirme olmazsa embriyonun yeterli büyümesi ve uygun pozisyonda olması sağlanamayacağından dolayı kuluçka randımanı ve bunun sonucunda civciv çıkış gücü olumsuz etkilenecektir (Elibol, 1997). Anaç hayvanlardan elde edilen yumurtalar yumurta tepsilerine sivri uç yukarı, küt kısım alta gelecek şekilde yerleştirilir. Sivri kısmın yukarı tarafta olması, embriyonun dönmesini ve baş kısmının uç kısma gelmesini sağlar. Böylece embriyonun çıkış esnasında solunum yapması ve yumurtanın kırılması kolaylaşır. Eğer sivri uç yukarıda olmazsa kuluçka randımanı düşer. Çevirme işlemi, kümes hayvanlarında kuluçka süreleri farklılık göstermesine rağmen, tavuk yumurtalarında ilk 18 günlük olan gelişim dönemini kapsar (Elibol, 1997).

### 5.4. Kuluçka makinesinin havalandırılması

Kuluçka makinelerinde havalandırma, embriyonun büyümesi ve gelişmesi için önemli bir faktördür. Hava, kabuk altı zarlarının gözenekleri boyunca hareket ederek oksijen temin etmek ve karbondioksit ile nemin ortadan kaldırılması için önemlidir (Bekhet ve Khalifa, 2022; Adriaensen ve ark., 2022). Hava da bulunan oksijen düzeyindeki her %1'lik düşüş, kuluçka randımanı % 5 oranında düşürmektedir. Yumurtanın kirli olması da oksijen akışını engelleyeceğinden kuluçka randımanını düşürebilir. Kuluçka esnasında karbondioksit (CO<sub>2</sub>) üretimi gerçekleşir (Mortola, 2009; Tazawa, 1980) ve düşük konsantrasyonda karbondioksit, yumurta kabuğundaki kalsiyum içeriğinin kullanılması yoluyla embriyo gelişimi için gereklidir (Bogenfurst, 2004; 2017). Havalandırmanın yetersiz olması durumunda, kuluçka makinesindeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu artar ve bu da gelişmekte olan embriyolar için öldürücü olabilir (Fouad ve ark., 2019). Bunun nedeni, oksijen eksikliğine bağlı olarak,

embriyonun kuluçkadan çıkmasını ve karbondioksit ile su buharının reaksiyonundan kaynaklanmasını teşvik etmesidir (Bogenfurst, 2004; 2017). Ancak kuluçkadan çıktıktan sonra normal oksijen konsantrasyonuna ulaşmak için havalandırmanın artırılması gerekir (Bogenfurt, 2017), aksi takdirde ölüm meydana gelebilmektedir. Karbondioksit konsantrasyonu kuluçka makinesinde embriyo gelişimini etkilemeden % 0.5'e kadar ulaşabilir, ancak % 1.5 'in üzerinde ise kuluçka randımanını büyük ölçüde azaltabilir (Bogenfurst, 2004; 2017). Yapılan bir çalışma da Adriaensen ve ark. (2022), havalandırma hızının gelişmekte olan embriyonun yaşına göre ayarlanması gerektiğini, kuluçkanın ilk haftasında havalandırma hızı düşük, 2. haftada ise 3. haftada kademeli olarak maksimum hıza çıkarılması gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, (Markson, 2019; Adriaensen ve ark., 2022), yüksek bağıl nem seviyelerini korumak için kuluçka döneminde havalandırma oranı azaltılmasının kuluçka randımanı üzerinde olumlu etkileri olduğunu dile getirmişlerdir.

### 6. Kuluçka randımanı üzerine yapılan inovo uygulamalar

Son yıllarda internet bazlı uzaktan kumanda sistemleri, akıllı evler, endüstri, tarım, sağlık hizmetleri, trafik yönetimi, imalat, enerji yönetimi, havacılık ve taşıma gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Terence ve ark., 2024). Depolama sırasında yumurta kalitesinin muhafazasında ve kuluçka randımanındaki kayıpları azaltmak önemli konulardandır. Bu amaçla, son yıllarda araştırmacılar, kısa süreli yüksek sıcaklıkta bekletme, yumurtaların plastik torbada bekletilmesi, kuluçkalık yumurtanın kuluçka makinesine koyulmadan ön ısıtmanın yapılması, internet bazlı yapay yumurta kuluçka makinesi, spesifik patojen içermeyen yumurtaların üretim teknolojisi, kızılötesi görüntüleme ve termal algılama gibi inovo uygulamaların yapılmasının kuluçka randımanını ve çıkış gücünü artırdığını belirten çalışmalar bulunmaktadır.

### 6.1. Yumurtaların plastik torbada bekletilmesi

Broiler civciv üretiminde kuluçkalık yumurtaların depolama süresi genellikle bir haftayı geçmemekte ve en iyi çıkış gücü değerlerinin elde edilmesi için yumurtaların ovipozisyon sonrası hemen kuluçka makinesine yüklenmesi gerekmektedir (Elibol, 2000). Ayrıca, depolama süresi ile sürü yaşı arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Yaşlı broiler anaçlardan elde edilen yumurtaların mümkün olan en kısa sürede gelişim makinesine konulması gerekmekte, aksi halde çıkış gücünde önemli düşüşler olabilmektedir (Reis ve ark., 2020). Depolama koşullarının olumsuz etkilerini en aza indirmek için yapılan uygulamalardan biri, yumurtaların depolama süresince plastik torba içinde saklanmasıdır. Bu yöntem, yumurtadaki CO<sub>2</sub> kaybını azaltarak albümin pH seviyesinin yükselmesini engellemekte ve böylece albümin kalitesindeki düşüşü yavaşlatmakta, ayrıca yumurtada ağırlık kaybını azaltarak çıkış gücünü olumlu yönde etkilemektedir. Araştırmalar, plastik torbanın olumlu etkisinin depolama süresi uzadıkça daha belirgin hale geldiğini göstermektedir (Elibol, 1997).

Becker ve ark. (1964), 200 hindi yumurtasından 100 adetini 71 x 118.5 cm. polyvinylidene chloride copolymer (Cryovac) plastik torbada karton kutu içinde, diğer 100 adetini ise yumurta viyollerinde % 70-80 bağıl nem de karton kutuda depolamışlar ve 6 vilayete gönderilmiştir. Araştırmacılar, bu çalışmada embriyonun yaşama oranları ile kuluçka randımanı üzerine etkilerini incelemişlerdir. 0-10 gün ve 11-28 gün boyunca plastik torbalarda muhafaza edilen yumurtaların embriyonun yaşama oranları ve kuluçka randımanları, kontrol grubuna göre süreli olarak daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Yumurtalar tüm depolama sürelerine bakıldığında, kontrol grubundaki (normal yöntemle gönderilen) döllenen yumurtaların kuluçka oranı % 48 olurken, plastik torbalara konulan yumurtalarda kuluçka randımanı % 67 olduğunu

belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalarda, depolama süresi 4 gün olan yumurtaların plastik torba içinde bekletilmesi, erken ve son dönem embriyo ölümleri ve çıkış gücü üzerine olumlu etki de bulunmuştur (Brake ve ark., 1997; Elibol, 2000). Nitekim 4 gün plastik torba içinde bekletilen grupta çıkış gücü % 90.90 olurken plastik torbasız 4 gün depolanan ve depolanmayan gruplarda çıkış gücü sırasıyla % 86.70 ve % 90.70 olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak, yumurtaların plastik torbada bekletilmesi yumurta çıkış gücü ve kuluçka randımanı üzerine olumlu etkileri olduğu söylenebilir.

### 6.2. Kuluçkalık yumurtaların kısa süreli yüksek sıcaklıkta bekletilmesi

Kuluçkalık yumurtaların uzun süre depolanma öncesi ve sırasında kısa süreli yüksek sıcaklıkta bırakılmasının çıkış gücü üzerine olumlu etkisi vardır. Canlı ağırlığı normal değer üzerinde ve düşük verimli damızlık sürüler yani yaşlı sürülerden elde edilen yumurtalarda, genç sürü yumurtalarına göre, yumurta verimi ve albümin kalitesi düşüktür. Buna bağlı olarak yumurtanın depolanma süresinin artmasıyla birlikte çıkış gücünde kayıp meydana gelmektedir. Yapılan araştırmalarda (Meijerhof, 1992), depolama öncesi veya sırasında yumurtaların periyodik olarak 37.5 °C sıcaklıkta 3 saat ve % 75-85 nem düzeyinde ısıtılmasının, embriyo da metabolik aktivitenin artmasına, embriyonun CO<sub>2</sub> üretmesine ve dokulardaki yüksek olan pH seviyesinin normal düzeye inmesine, özellikle uzun süren depolamaya bağlı olarak erken dönem embriyo ölümlerinin artmasını engellediği belirtilmiştir. Depolama süresi 21 gün olan yumurtalarda ısıtma işleminin uygulanmasıyla birlikte civciv çıkış gücünün arttığı belirtilmiştir (Elibol ve ark., 2000).

### 6.3. İnternet bazlı yapay yumurta kuluçka makinesi

Bu sistem, yumurtaları belirli aralıklarla döndürerek her taraftan sıcak tutacak, embriyoların gelişmesine ve insan müdahalesine ihtiyaç duymadan kuluçkaya

yatmasına olanak tanımaktadır. Gerekli tüm kuluçka koşulları, yani sıcaklık, nem, hava hareketi ve düzenli yumurta döndürme işlemlerini içermektedir. Niranjn ve ark. (2021), sıcaklığı izlemek için iki sıcaklık sensörü (DHT11 ve DS18B20), nemi okumak için bir nem sensörü (HSM-20G), kuluçka makinesindeki yumurtaların eğimini izlemek için bir reed röle manyetik anahtarı ve su seviyesini izlemek için kuluçka makinesinde paslanmaz çelik çubuklar kullanmışlardır. Araştırma sonucunda, kuluçka makinesi için optimum sıcaklığın 36.5-38 °C arasında olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, sistemin sınırlayıcı faktörü, verilerin bir sunucuda veya bulutta depolanmamış olması olduğunu ifade etmişlerdir.

Peprah ve ark. (2022), Afrika da elektrik sıkıntısına çözüm önerisi bulmak için güneş enerjisiyle çalışan bir akıllı yumurta kuluçka makinesi yapmışlardır. Araştırmacılar, bu sistemde Arduino'yu ağ geçidi olarak kullanmışlardır. Kuluçka makinesinde ısı ve nem, sensörler kullanılarak ölçülmüştür. Algılanan değerler ağ geçidine yollanarak inkübatör sıcaklığının 37.5 °C altına düşmesi durumunda ağ geçidinin, kullanıcıya ve ısıtıcıya bir SMS mesajı göndermiştir. Benzer şekilde nem değeri eşik değerinden küçükse ısıtıcı otomatik olarak çalışmıştır. Ağ geçidi, eşik değerine bağlı olarak ısıtıcıyı ve motoru açıp kapatmış ve bu da kuluçka makinesinde gereksiz güç tüketiminin önlenmesine yardımcı olmuştur. Sonuç olarak, kuluçka makinesinin güneş enerjisiyle çalıştırılmasının sıcaklığa bağlı olarak nem değerlerinin düşmesinin ve güç sorununun önüne geçilmiştir.

#### **6.4. Spesifik patojen içermeyen yumurtaların üretim teknolojisi**

Spesifik Patojenlerden Arındırılmış yumurta üretimi için verimli bir sürü oluşturmak için hayvanları belirli patojenik kontaminantlardan tamamen arındırmayı amaçlar. Bu hedefe ulaşmak için kümes hayvanları, her yeni neslin vücutta daha az miktarda spesifik antikor buldurması

esasına dayanarak, 3 nesil boyunca izole edilmektedir. Bu üretim sistemiyle ilgili Rusya'da yapılan bir araştırmada, Burova ve Trubitsyn (2021), kümes hayvanları 3 gruba ayırmıştır. Gruplar içinde doğal çiftleşme sağlanmıştır. Bunlardan 1. nesil kümes hayvanları yaşamları boyunca aşılammıştır. Bu gruptaki kümes hayvanları, yumurta verim dönemine girdikçe, yumurtalar toplanarak yumurta sarısında antikor varlığına bakılmış ve sonrasında elde edilen yumurta kuluçkaya yatırılmıştır. Elde edilen civcivler de kan serumunda antikor varlığı açısından izlenerek ikinci nesil kümes hayvanı elde etmek için civcivler büyütme kafesine aktarılmıştır ve bu hayvanlar da spesifik antikorlar açısından izlenmiş ve aşılammıştır. Hayvanların bir kısmı hastalıktan ari olarak bir kafeste beslenmiştir. İkinci gruptaki, neslin amacı, kümes hayvanlarını kısmen spesifik patojenik bulaşıcılardan korumaktır. Sonuç pozitif ise gerekli görülürse birinci nesil kümes hayvanları elden çıkarılabilir. Kümes hayvanları yumurta verim dönemine girdikçe, antikor düzeyi sürekli olarak izlenir. Elde edilen yumurta, antikor varlığı açısından kontrol edilir. Doğru bakım ve besleme sayesinde, spesifik antikor titresi ya hiç bulunmamalı ya da minimum seviyelerde olmalıdır. Civcivler aynı şekilde kontrol edilir. Üçüncü nesil kümes hayvanları ise, ikinci nesil gibi bakılır, ancak bu kümes hayvanları özel bakım ve besleme yapılırken dikkat gösterilmelidir. Bu gruptaki kümes hayvanları, spesifik olarak hastalıklara karşı yatkınlığı yani direnç eksikliği nedeniyle çeşitli etiyolojilere sahip enfeksiyonlara yakalanma riski en yüksek olanlardır. Üçüncü nesil kümes hayvanlarında yumurta alındığında, "Spesifik Patojenlerden Arındırılmış" statüsü atanma olasılığı ile spesifik patojenden arındırılmış bir yumurta elde edilmesi beklenir. Spesifik Patojenlerden Arındırılmış kümesler için destek sistemleri, yem, su, hava temini ve dışarıdan bulaşıcı hastalığa karşı izolasyon sistemi kullanır.

Spesifik Patojenlerden Arındırılmış yumurta üretimi için kullanılan bina, kümes hayvanlarını barındırmak için birkaç bölümden, bir yumurta deposu, bir kuluçkahane, bir kümes hayvanı yetiştirme odası, bir yem deposu, bir gübre deposu, yardımcı odalar ve personel için soyunma odalarından oluşan bir binadan oluşmaktadır. Kümes hayvanlarının dışkı ile temasını azaltmak ve bulaşma riskini azaltmak için barındırma sadece kafeslerde yapılır. Üretimin "kapalı" döngü şeklinde organize edilmesi arzu edilir, yani tüm yardımcı odalar aynı bina içinde veya binalar arasında iç geçişlerle yerleştirilmiştir. Böylece kümes hayvanlarına hizmet eden personelin dışarı çıkması önlenir.

Dünyada Spesifik Patojenlerden Arındırılmış yumurta pazarında, Almanya şu anda üretimde lider konumundadır. Bu patojenlerden arındırılmış yumurtaların üreticileri arasında Amerika Birleşik Devletleri, Brezilya, İspanya, Meksika ve Çin önemli bir yere sahiptir. Türkiye’de bu Spesifik Patojenlerden Arındırılmış yumurta üretim sistemleri geliştirilerek ülke ekonomisine ve dünyada önemli bir yerde olacağı düşünülebilir (Burova ve Trubitsyn, 2021).

Sonuç olarak, kümes hayvanı çiftliklerinde güvenliği artırmak ve belirli hastalıkların patojenlerinin tanıtılma risklerini azaltmak için Spesifik Patojenlerden Arındırılmış sistemlerde yumurta kabuğunun zarar görmesi, yumurtaların kuluçkaya konmadan önce veya taşıma esnasında yumurta çatlaklarına veya mikro çatlakların önlenmesi ve temiz kuluçka yumurtası üretimi açısından uygulanması, sürünün kontaminasyon risklerini en aza indirmeyle çiftliklerde kuluçka randımanının ve bunun sonucunda elde edilen civciv üretimi için önemli bir şekilde tavsiye edilebilir.

### **6.5. Kızılötesi (infrared) görüntüleme, radyasyon ve termal algılama**

Kızılötesi (IR) radyasyon, insanların, hayvanların ve kümes hayvanlarının refahını iyileştirme de kullanılır. IR

radyasyonu, dalga boyları 760 ila 10.000 nm (nanometre) arasında değişen elektromanyetik dalgalar yoluyla oluşur. IR radyasyonu, dalga boyları görünür ışıktan (750 nm-100 µm) daha uzun olan, frekansları 400 THz ila 3 THz (terahertz) arasında değişen ve foton enerjileri 12.4 MeV ila 1.7 MeV (milyon elektrovolt) arasında değişen elektromanyetik radyasyondan oluşur. Kızılötesi radyasyon 5’e ayrılır. Bunlar yakın kızılötesi (NIR), kısa dalga boylu kızılötesi (SIR), orta kızılötesi (MIR), uzun dalga boylu kızılötesi (LIR) ve uzak kızılötesi (FIR) (Vatansever ve Hamblin, 2012).Kızılötesi (Infrared) radyasyonunun kümes hayvanı üretiminde olumlu etkileri vardır; bu etkiler arasında büyüme performansının artması, bağırsak sağlığının iyileştirilmesi, kan profillerinin düzeltilmesi ve gıda güvenliğinin artırılması bulunmaktadır. Ancak, bu teknoloji henüz kümes hayvanlarında sınırlı şekilde uygulanmaktadır. Bununla birlikte, Kızılötesi uygulamalarının daha geniş çapta kabul görmesi umut vericidir. Bu yenilikçi yaklaşım, sektörde geleneksel uygulamalarda devrim yaratma potansiyeline sahiptir; çünkü hayvan refahını artırırken aynı zamanda verimliliği ve performansı optimize edebilir (Hayat ve ark., 2024).

Kanatlı hayvan işletmelerinde IR (kızılötesi) teknolojisi, birçok engelin üstesinden gelmeye yardımcı olabilir. Kızılötesi ısıtma sistemleri enerji tasarrufu sağlar ve ekonomiyi iyileştirir. Ayrıca kızılötesi termal görüntüleme, fizyolojik anormallikleri tespit etmek ve vücut ısısını ölçerek tavuk sağlığını ve refahını izlemek için kullanılır (Hayat ve ark., 2024). Bu sistem, kümes hayvanlarının sağlığını ve üretim koşullarını izlemek için otomatik ve invaziv olmayan yöntemler sunar, bu da üreticilerin verimliliği, hayvan refahını ve sürdürülebilirliği artırmalarına yardımcı olur.

Yakın kızılötesi spektroskopisi, çiftçilere kümes sıcaklığı ayarlarını analiz etme, yem kalitesini doğrulama ve fiyatlandırma



yönetimini iyileştirme konusunda yardımcı olur. Bu teknik, yem özelliklerinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır ve böylece hayvan sağlığını, beslenmesini ve genel performansını iyileştirir (Evangelista ve ark., 2021).

Son zamanlarda yapılan bir çalışmada (Cuan ve ark., 2022; Wu ve ark., 2023), ResNet-50 nesne algılama algoritmalarına dayalı bilgisayarlı görüş sistemleri geliştirilmiş bir versiyonu kullanılarak tavukların cinsiyetini doğru bir şekilde belirlemek için yeni bir yöntem geliştirmiştir. Araştırmacılar, ağ derinliğini artırma, spesifik olan aktivasyon fonksiyonlarını uygulama, dikkat mekanizmalarını dahil etme ve transfer aşamalarından oluşan standart ResNet-50 (ImageNet) veri-tabanında önemli değişiklikler yapmışlardır. Geliştirilen bu versiyondal, erkek ve dişi civcivler arasında doğru bir şekilde cinsiyet tayini yapabilmesi açısından etkileyici bir performans göstermiş ve geleneksel olan yöntemleri geride bırakmıştır. Araştırmacılar, bu yenilikçi tekniğin, kümes hayvan yetiştiriciliği, kuluçkahane koşulları, araştırma ve geliştirme, koruma alanlarında devrim yaratma potansiyeline sahip olabileceğini, civciv cinsiyetinin belirlenmesi için güvenilir ve ölçeklenebilir bir çözüm sunabileceğini belirtmişlerdir.

Kızılötesi görüntüleme teknolojisinin kanatlı hayvan üretiminde kullanımı, büyüme performansını artırma, antitoksin ve anti-patojenik ajan olarak işlev görme, kalite kontrol ve gıda güvenliği, hassas kümes hayvanı uygulamalarını ve kârlarını artırma ve bağışıklığı güçlendirme gibi çeşitli avantajlar sağlar (Son, 2015; Gao ve ark., 2021; Noel ve Jorgensen, 2021; Oliveira ve ark., 2021; Qin ve ark., 2021; Niu ve ark., 2024).

Kuluçkalık yumurtalarda yakın kızılötesi ışığın kullanımı, vücut (tüm vücut, baş ve/veya uzuvlar), kalp hareketlerini (kalp atımları), frekans ve güç açısından aynı anda noninvazif olarak karakterize edebilen sağlam olan bir yöntem olup fizyolojik çalışmalarda embriyoları izlemek ve

geliştirmek için kullanılabilir. Bu nedenle, (Khaliduzzaman ve ark., 2019), yakın kızılötesi ışık kullanarak kuluçka dönemi sırasında embriyonun vücudunun ve kalp hareketlerinin davranışsal modelini invazif olmayan bir şekilde araştırmak için bir araştırma yürütmüşlerdir. Yürütülen bu çalışmada, kuluçkalık yumurtalarda yakın kızılötesi ışığın kullanımı, görünür ışıkla karşılaştırıldığında yüksek iletim hızı ve nüfuz etme yeteneği nedeniyle seçilmiştir.

Kanatlı hayvan üretimi alanında kızılötesi (Infrared) radyasyonunun birçok olumlu etkisi gözlemlenmiştir. Bu etkiler arasında büyüme performansı artırması, bağırsak mikrobiyotasının sağlığı, kan profilleri, immünolojik tepki, gıda güvenliği önlemleri, tehlikeli gazların azaltılması ve gelişmiş ısıtma sistemleri bulunmaktadır (Hayat ve ark., 2024). Kızılötesi radyasyonun, kümes hayvanı yetiştiriciliğinde yenilikçi bir yaklaşım olarak kabul edilerek, sektörde önemli değişimlere yol açabilecek potansiyele sahip olabilir (Hayat ve ark., 2024).

Yakın kızılötesi görüntüleme, tavuk yumurtalarındaki yumurta sarısı içeriğini belirlemek ve hem kuluçka süresini hem de broyler civcivlerin cinsiyetini belirlenmesi amacıyla kullanılabilir (Khaliduzzaman ve ark., 2020). Yakın kızılötesi hiperspektral görüntüleme ise, kümes hayvanları yumurta verimini ve erken embriyo gelişimini tespit etmek (Liu ve Ngadi, 2013), civciv embriyolarının kuluçka öncesinde erkek ve dişi olarak tespit edilmesi, embriyoların hareketliliğini ölçmek için kullanılabilir (Syduzzaman ve ark., 2019).

## Sonuç

Araştırmacılar son zamanlarda yaptıkları çalışmalar sonucunda, yumurtanın kısa süreli yüksek sıcaklıkta bekletilmesi, yumurtaların plastik torbada bekletilmesi, yumurtanın kuluçka makinesine eklenmeden ön ısıtma işleminin uygulanması, spesifik patojen içermeyen yumurtaların üretim teknolojisi, kızılötesi görüntüleme ve termal algılama, inovo uygulamaları gibi işlemlerin yapılmasının

kuluçka randımanını ve çıkış gücünü artırdığı sonucuna varmışlardır. Bu çalışmalar neticesinde, kuluçkahane şartlarını optimize ederek, kuluçka randımanını ile çıkış gücünü arttırarak, civciv sağlığını korumada ve ölüm oranlarını düşürmede, enerji tüketimini azaltıp üretim performansını yükselterek, kanatlı hayvan yetiştiriciliğindeki ekonomik kayıpları düşürerek kanatlı hayvanı üretiminde olumlu olarak etkisi olur.

Genel olarak kanatlı hayvanları başta olmak üzere çiftlik hayvanlarında, hayvanların gözlemlenmesi için; iş gücü, çaba, vakit ve para gereksinimi yüksektir. Bunları azaltmak için hayvan gözleme ve hayvancılıkta internet bazlı teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Bu teknolojiler ile, hayvan davranışını ve sağlığını gözlemlemek, çiftliğin günlük faaliyetlerini optimum seviyede portatif hale getirmek, çiftliğin korunmasını geliştirmek, çevresel değişiklikleri izlemek ve toplanan verilere dayanarak gelecekte ortaya çıkabilecek durumları tahmin etmede kolaylık sağlayabilecektir. Bu çalışmanın bulgularına göre mevcut akıllı hayvan izleme sistemlerinin enerji kullanımı, ölçeklenebilirlik, güvenlik ve yenilenebilir enerji kullanımına daha fazla odaklanması gerekebilir. Araştırmacılar ayrıca hayvanlarda iyi bir kuluçka randımanı için kuluçka esnasında inovatif uygulamaları ile ilgili çalışmalar yaparak çıkım gücünü optimum seviyeye çıkmasına katkıda bulunabilirler.

#### **Yazarların Katkı Beyanı**

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

#### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### **Kaynaklar**

- Adriaensen, H., Parasote, V., Castilla, I., Bernardet, N., Halgrain, M., Lecompte, F., Réhault-Godbert, S., 2022. How egg storage duration prior to incubation impairs egg quality and chicken embryonic development: contribution of imaging technologies. *Frontiers in Physiology*, 13: 902154.
- Anonim, 2004a. Importance of Incubator Temperature and Humidity for Chicken Eggs, (<https://www.thepoultrysite.com/articles/important-incubation-factors>), (Erişim tarihi 17.03.2024).
- Anonim, 2024b. Humidity in Incubation. (<https://www.brinsea.com/t-humidity.aspx>), (Erişim tarihi 17.03.2024)
- Becker, W.A., Spencer, J.V., Swartwood, J.L., 1964. Hatchability of turkey eggs shipped in plastic bags. *Poultry Science*, 43(6): 1539-1541.
- Bekhet, G., Khalifa, A. Y., 2022. Essential oil sanitizers to sanitize hatching eggs. *Journal of Applied Animal Research*, 50(1): 695-701.
- Bogenfurst, F., 2017. [Handbook of Goose Breeders]. Forum Publisher, Udine, Italy, (In Hungarian).
- Bogenfurst, F., 2004. The hatching handbook. Gazda Kiado Publ, Budapest, Hungary.
- Brake, J., Walsh, T.J., Benton Jr, C.E., Petite, J.N., Meijerhof, R., Penalva, G., 1997. Egg handling and storage. *Poultry Science*, 76(1): 144-151.
- Burova, D., Trubitsyn, M., 2021. SPF egg production: current status and challenges. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 937, No. 3, p. 032028). IOP Publishing.
- Cuan, K., Li, Z., Zhang, T., Qu, H., 2022. Gender determination of domestic chicks based on vocalization signals. *Computers and Electronics in Agriculture*, 199: 107172.
- Elibol, O., 1997. Kuluçka sonuçlarını etkileyen etmenler ve kuluçka aksaklıklarının giderilmesi, belirlenmesi üzerinde araştırmalar.

- Elibol, O., 2000. Yaşlı broiler damızlık sürüsünden elde edilen yumurtaları plastik torba içinde kısa süre bekletmenin kuluçka özelliklerine etkisi. *Journal of Agricultural Sciences*, 6(03): 132-134.
- Evangelista, C., Basiricò, L., Bernabucci, U., 2021. An overview on the use of near infrared spectroscopy (NIRS) on farms for the management of dairy cows. *Agriculture*, 11(4): 296.
- Fouad, A.M., Ruan, D., El-Senousey, H.K., Chen, W., Jiang, S., Zheng, C., 2019. Harmful effects and control strategies of aflatoxin b1 produced by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* strains on poultry. *Toxins*, 11(3): 176.
- Gao, B., Xu, X., Han, L., Liu, X., 2021. A novel near infrared spectroscopy analytical strategy for meat and bone meal species discrimination based on the insight of fraction composition complexity. *Food Chemistry*, 344: 128645.
- Hayat, K., Ye, Z., Lin, H., Pan, J., 2024. Beyond the spectrum: unleashing the potential of infrared radiation in poultry industry advancements. *Animals*, 14(10): 1431.
- Khaliduzzaman, A., Fujitani, S., Kondo, N., Ogawa, Y., Fujiura, T., Suzuki, T., Rahman, A., 2019. Non-invasive characterization of chick embryo body and cardiac movements using near infrared light. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 12(1): 32-39.
- Khaliduzzaman, A., Kashimori, A., Suzuki, T., Ogawa, Y., Kondo, N., 2020. Chick embryo growth modeling using Near-Infrared Sensor and non-linear least square fitting of Egg opacity values. *Sensors*, 20(20): 5888.
- Liu, L., Ngadi, M.O., 2013. Detecting fertility and early embryo development of chicken eggs using near-infrared hyperspectral imaging. *Food and Bioprocess Technology*, 6: 2503-2513.
- Markson, J., Brundage, C., 2019. Cooling periods enhance specific patho-gen free (Spf) poultry egg hatchability. *Archives of Zoological Studies* 2: 10-24966.
- Meijerhof, R., 1992. Pre-incubation holding of hatching eggs. *World's Poultry Science Journal*, 48(1): 57-68.
- Mortola, J.P., 2009. Gas exchange in avian embryos and hatchlings. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular Integrative Physiology*, 153(4): 359-377.
- Nakaguchi, V.M., Ahamed, T., 2022. Fast and non-destructive quail egg freshness assessment using a thermal camera and deep learning-based air cell detection algorithms for the revalidation of the expiration date of eggs. *Sensors*, 22(20): 7703.
- Niranjana, L., Venkatesan, C., Suhas, A.R., Satheeskumaran, S., Nawaz, S.A., 2021. Design and implementation of chicken egg incubator for hatching using IoT. *International Journal of Computational Science and Engineering*, 24(4): 363-372.
- Niu, G., Zhang, T., Tao, L., 2024. Development and validation of a near-infrared spectroscopy model for the prediction of muscle protein in Chinese native chickens. *Poultry Science*, 103(4): 103532.
- Noel, S.J., Jørgensen, H.J.H., Knudsen, K. E.B., 2021. Prediction of protein and amino acid composition and digestibility in individual feedstuffs and mixed diets for pigs using near-infrared spectroscopy. *Animal Nutrition*, 7(4): 1242-1252.
- Oliveira, U.F., Costa, A.M., Roque, J.V., Cardoso, W., Motoike, S.Y., Barbosa, M.H., Teofilo, R.F., 2021. Predicting oil content in ripe Macaw fruits (*Acrocomia aculeata*) from unripe ones by near infrared spectroscopy and PLS regression. *Food Chemistry*, 351: 129314.
- Peprah, F., Gyamfi, S., Amo-Boateng, M., Buadi, E., Obeng, M., 2022. Design and construction of smart solar powered egg incubator based on GSM/IoT. *Scientific African*, 17: e01326.

- Qin, F.L., Wang, X.C., Ding, S.R., Li, G.S., Hou, Z.C., 2021. Prediction of Peking duck intramuscle fat content by near-infrared spectroscopy. *Poultry Science*, 100(8): 101281.
- Reis, J.B., de Figueiredo, L.A., Castorani, G.M., Veiga, S.M.O.M., 2020. Avaliação da atividade antimicrobiana dos óleos essenciais contra patógenos alimentares. *Brazilian Journal of Health Review*, 3(1): 342-363.
- Son, J.H., 2015. Effects of using far infrared ray (FIR) on growth performance, noxious gas emission and blood biochemical profiles in broiler. *Korean Journal of Poultry Science*, 42(2): 125-132.
- Syduzzaman, M., Rahman, A., Alin, K., Fujitani, S., Kashimori, A., Suzuki, T., Kondo, N., 2019. Noninvasive quantification of yolk content using Vis-NIR spectroscopy and its effect on hatching time and gender of broiler chicken. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 12(3): 289-296.
- Tazawa, H., 1980. Oxygen and CO<sub>2</sub> exchange and acid-base regulation in the avian embryo. *American Zoologist*, 20(2): 395-404.
- Terence, S., Immaculate, J., Raj, A., Nadarajan, J., 2024. Systematic Review on internet of things in smart livestock management systems. *Sustainability*, 16(10): 4073.
- Vatansever, F., Hamblin, M.R., 2012. Far infrared radiation (FIR): Its biological effects and medical applications: Ferne Infrarotstrahlung: Biologische Effekte und medizinische Anwendungen. *Photonics ve Lasers in Medicine*, 1(4): 255-266.
- Wu, D., Ying, Y., Zhou, M., Pan, J., Cui, D., 2023. Improved ResNet-50 deep learning algorithm for identifying chicken gender. *Computers and Electronics in Agriculture*, 205: 107622.

---

**Atf Şekli:** Boga, Y.E., Çimen, Ö., Kepezkaya, A., 2024. Kanatlılarda Kuluçka Randımanını Etkileyen Faktörler ve Yeni Uygulanan Metotlar. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(3): 578–589.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13294051>.

**To Cite:** Boga, Y.E., Çimen, Ö., Kepezkaya, A., 2024. Factors Affecting Hatching Efficiency In Poultry and Newly Applied Methods. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(3): 578–589.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13294051>.

---