

Atf İçin: Koç Bilican, B. ve Kaya, M. (2023). Amfibi Yumurta Jel Katmanları; Morfolojik Yapısı ve İçeriği, Fertilizasyon Üzerine Etkisi ve İmmünobiyojik Aktivitesi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(3), 1647-1652.

To Cite: Koc Bilican, B. & Kaya, M. (2023). Jelly-Coats of Amphibian Egg; Morphological Structure, Effect on Fertilization and Immunobiological Activity. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(3), 1647-1652.

Amfibi Yumurta Jel Katmanları; Morfolojik Yapısı ve İçeriği, Fertilizasyon Üzerine Etkisi ve İmmünobiyojik Aktivitesi

Behlül KOÇ BİLİCAN*, Murat KAYA

Öne Çıkanlar:

- Amfibi yumurta jeli türe özgü kompleks bir morfolojiye sahiptir
- Yumurta jeli profili ve işlevi henüz net tanımlanamamış mukopolisakkaritlerden oluşmaktadır
- Amfibi yumurtalarının başarılı bir şekilde döllenebilmesi için jel katmanlar hayati bir öneme sahiptir

Anahtar Kelimeler:

- Amfibi
- Fertilizasyon
- İmmünobiyoji

Jelly-Coats of Amphibian Egg; Morphological Structure, Effect on Fertilization and Immunobiological Activity

Highlights:

- Amphibian egg jelly has a complex morphology which specific to the species
- Egg jelly consists of mucopolysaccharides whose profile and function have not yet been clearly defined
- Jelly coat is vital for successful fertilization of amphibian eggs

Keywords:

- Amphibian
- Fertilization
- Immunobiology

ÖZET:

Amfibiler, sucul yaşam ile karasal yaşam arasında bir köprü görevi gören Anura, Urodela ve Gymnophiona olmak üzere 3 takıma ayrılan ve dünyada 8000'den fazla türe sahip olan soğukkanlı omurgalı canlılardır. Bununla birlikte, kozmopolit olmaları, kolay kültüre edilebilmeleri, çift yaşamlı olmaları ve potansiyel klinik uygulamaları sayesinde birçok çalışmaya konu olmuştur. Çoğu hayvan türünün olgun yumurtaları, vitellin zar, jel ve zona pellusida gibi hücre dışı katmanlar veya yapılarla çevrilidir. Amfibi yumurtaları bu yapılardan bir vitellin zarf ile yapısal ve kimyasal olarak farklı birkaç jel tabakayla çevrilidir. Bu jel tabaka, amfibi yumurtalarının karakteristik bir özelliğidir. Suda çözünmeyen jelatinimsi bir matris olarak tanımlanmaktadırlar. Dışardan bakıldığında oldukça basit yapılı görünen bu jel tabakalar doğada zorlu ortam şartlarına karşı embriyoyu korumakta, beslemekte, büyümesine ve gelişmesine olanak sağlamaktadırlar. Bu denli önemli bir görev gören amfibi yumurta jeli üzerine literatürde yer alan bilgiler oldukça sınırlıdır. Bu derlemede amfibi yumurta jelinin morfolojik yapısı, içeriği, fertilizasyon üzerine olan etkisi ve immünobiyojik aktivitesi ele alınmıştır.

ABSTRACT:

Amphibians are cold-blooded vertebrates that serve as a bridge between aquatic life and terrestrial life with more than 8000 species in the world, divided into 3 orders: Anura, Urodela and Gymnophiona. In addition, they have been the subject of many studies due to their cosmopolitan structure, easy culturing, amplification and potential clinical applications. The mature eggs of most animal species are surrounded by extracellular layers or structures such as vitelline membrane, jelly, and zona pellucida. Amphibian eggs are bordered by a vitelline envelope of these structures and several jelly layers that are structurally and chemically different. These layers are characteristic feature of amphibian eggs and are described as a gelatinous matrix that is insoluble in water. These jelly layers, which look quite simple from the outside, protect the embryo against harsh environmental conditions in nature, nourish it, and allow it to grow and develop. The information in the literature on amphibian egg jelly, which plays such an important role, is very limited. In this review, the morphological structure, content, effect on fertilization and immunobiological activity of amphibian egg jelly are discussed.

Behlül KOÇ BİLİCAN ([Orcid ID: 0000-0001-9943-771X](https://orcid.org/0000-0001-9943-771X)), Murat KAYA ([Orcid ID: 0000-0001-6954-2703](https://orcid.org/0000-0001-6954-2703)), Aksaray Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Aksaray, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Behlül KOÇ BİLİCAN, e-mail: behlulkoc.bk@gmail.com

Bu çalışma Behlül KOÇ-BİLİCAN'ın Doktora tezinden üretilmiştir.

GİRİŞ

Amfibi yumurtalarının karakteristik bir özelliği, yumurtayı çevreleyen ve genellikle birkaç farklı katmandan oluşan, jel tabakası olarak adlandırılan ve suda çözünmeyen jelatinli bir matrisin varlığıdır. Yumurta jeli kaplama katmanları, yumurta kanalını kaplayan tübüler bez hücrelerinin salgı ürünleridir ve yumurtalıktan salındıktan sonra yumurta kanalını geçerken yumurtaların etrafında biriktirilir. Işık mikroskobu çalışmaları ile belirlendiği üzere, jel kaplamalar morfolojik olarak basittirler ve herhangi bir ayırt edici özellikleri yoktur (Yurewicz ve ark., 1975). Amfibi yumurta jeli kabuğunun histokimyası üzerine yapılan çalışmalar ve kimyasal analizler, yapıda protein ve karbonhidratın varlığını göstermiştir.

Yakın zamana kadar, amfibi yumurtaları üzerine yapılan çalışmaların çoğunda, jel tabakalarına daha az ilgi gösterilerek vitellin zarfın rolüne odaklanılmıştır. Daha sonra yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda ise jel katmanın döllenme ve gelişmedeki rolü üzerine yoğunlaşmıştır. Fertilizasyon üzerine yapılan çalışmaların tamamı, amfibi yumurta-jel katmanının, başarılı döllenme ve gelişmede önemli bir rol oynadığı konusunda ortak bir noktada karara bağlanmıştır (Freeman, 1968; Humphries ve Hughes, 1959; Lee, 1967; Olson ve Chandler, 1999). Jel kabuğundan yoksun yumurtaların döllenmediği bu nedenle jel yapısının kurbaçalarda döllenmenin sağlanmasındaki ana faktörlerden biri olduğu düşünülmektedir (Turani ve ark., 2020). Bu hücre dışı matris tabakalarının, sperm bağlanması, spermakrozom reaksiyonunun indüklenmesi, polispermi bloğu ve gelişmekte olan embriyonun korunması dahil olmak üzere döllenme sırasında bir dizi rol oynadığı bilinmektedir; bunlar hayvanlar aleminde yumurta hücre dışı matrisleri tarafından yaygın olarak paylaşılan rollerdir (Bakos ve ark., 1990; Ishihara ve ark., 1984; Katagiri, 1987).

Amfibi Yumurta Jel Katmanlarının Morfolojik Yapısı ve İçerik

Jel tabakalar, yumurta kanalını kaplayan tübüler bez hücrelerinin salgı ürünüdür ve yumurtalıktan salındıktan sonra yumurta kanalını geçerken yumurtaların etrafında biriktirilmektedir (Yurewicz ve ark., 1975). Yapılan güncel bir çalışmada bu jel yapının gelişmekte olan embriyoyu kuruma, patojenler ve sınırlı bir ölçüde yırtıcılardan koruduğu belirtilmiştir (Khalifa ve ark., 2021). Amfibi yumurtaların, türlerine göre jel tabakanın katman sayısının farklılık gösterdiği yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur. Biyokimyasal analizler, yumurta jel yapısının küre şeklinde birbirine bağlanan ve iskelet görevi gören lifli bir glikoprotein yapısına sahip olduğunu göstermektedir (Olson ve Chandler, 1999).

Yapılan bazı çalışmalar, yumurta jelini morfolojik açıdan incelemiş ve katman sayıları hakkında araştırmalarda bulunmuştur. Salthe (1963), 72 amfibi türünün jel zarflarının morfolojisini karşılaştırmalı olarak sitokimyasal tekniklerle incelemiştir. Yapılan incelemelerde bu katmanların karmaşık katmanlar halinde yumurta kanalı tarafından salgılanan mukoid bir materyal olduğu rapor edilmiştir (Salthe, 1963). Başka bir çalışmada Steinke ve Benson (1970), benzer şekilde *Rana pipiens* yumurtalarının jel zarflarının yapısı ve polisakkarit sitokimyası üzerine detaylı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Beş ayrı jel katman tespit edilen çalışmada yapının yine mukopolisakkaritlerden oluştuğu rapor edilmiştir. Bunlara ek olarak jel zarfların yapısal ve kimyasal doğalarının aydınlatılmasının, fonksiyonel rollerinin belirlenmesinde oldukça önemli olduğu vurgulanmaktadır (Steinke ve Benson, 1970). *Rana luteiventris* ve *Rana pretiosa* yumurtalarını çevreleyen 1 veya 2 jel zarfı olduğu tanımlanmıştır. *R. luteiventris*'in yumurtalarının tipik olarak tek bir jel zarfına sahip olduğu rapor edilirken (Stebbins, 2003), *R. pretiosa*'nın yumurtalarının 2 jel zarfa sahip olduğu rapor edilmiştir (Morris ve Tanner, 1969; Stebbins, 2003). Bununla birlikte, yapılan son güncel çalışma ile her iki türün de yumurtalarının aslında 3 jel zarfa sahip olduğu bulgusu ortaya konmuştur (Rombough ve Bowerman, 2021). Altig ve McDiarmid (2007), amfibi yumurtalarının çeşitliliği ve evrimi üzerine yaptıkları çalışmada bu zamana kadar yapılan

çalışmalarda yumurtayı kaplayan jel yapısı ve içerik bilgisinin net olarak ortaya konamamasını farklı gözlem tekniklerine dayandırmışlardır. Farklı tekniklerin farklı sonuçlara yol açması nedeniyle jel yapıdaki katman sayısı kadar gözlenmesi kolay olan özelliklerin bile tam olarak aydınlatılamadığını rapor etmişlerdir (Altig ve McDiarmid, 2007).

Literatürdeki amfibi yumurta jelleri üzerine yapılan çalışmalar genellikle jel katman sayısı, jelin döllenme üzerine etkisi gibi benzer konular üzerine yoğunlaşmıştır. Az sayıda çalışma jelin içeriği ve glikoproteinlerin tanımlanması üzerine çalışma yapmışlardır. Örneğin; Peavy ve ark. (2003) yumurta jelinin içeriğindeki glikoproteinler üzerine detaylı bir çalışma yapmışlardır. Jel kaplama katmanlarının, yumurta ile spermin ilk etkileşimlerine aracılık ettiğini ve moleküler konfigürasyonları, sperm penetrasyonunu ve döllenmeyi desteklediği belirtilmiştir. Bu jel katmanların proteinler için iskele oluşturan büyük fibriler glikokonjugatlardan oluştuğu belirtilmiştir. Jel katmanı oluşturan glikoproteinlerin moleküler kimliğinin ortaya çıkarılmasının, yumurta jeli katmanlarının yapısının ve işlevinin anlaşılması için çok önemlidir. Bugüne kadar birkaç jel makromolekülü karakterize edilmiştir (Peavy ve ark., 2003). Yurewicz ve ark. (1975), *Xenopus laevis* yumurta jel kaplamasının makromoleküler bileşimi üzerine detaylı bir araştırma yapmışlardır. Oldukça kapsamlı olan bu çalışmada, *X. laevis* yumurtasını kaplayan jel tabakanın üç katmandan oluştuğu ve bu katmanların bileşiminin yaklaşık olarak %37-48 oranında protein ve %52-63 oranında karbonhidrat içerdiği rapor edilmiştir. Jel katmanının 8-9 farklı makromolekülden oluştuğu ifade edilen çalışmada önemli bir ilerleme kaydedilmiş olsa da moleküler bileşim net olarak ortaya konulamamıştır (Yurewicz ve ark., 1975). Folkes ve ark. (1950), yaptıkları bir çalışmada kurbağa yumurta jelini musin (protein polisakkarit kompleks) olarak adlandırmışlardır. Musinin analizi, amino asitlerin ve şekerlerin kantitatif tayini için uygun yöntemlerin olmaması nedeniyle geciktirildiğini belirtmişlerdir. Yeni yöntemlerin geliştirilmesi, şekerlerin ayrılmasını kolaylaştırmıştır ve mevcut çalışmada, kurbağa yumurtası musinin hidrolizinde üretilen şekerlerin ve amino asitlerin incelenmesinin sonuçlarını rapor etmişlerdir. Protein kısmın içerdiği amino asitleri tanımlamanın yanı sıra karbonhidrat kısmı için %42'lik bir oran saptadıklarını rapor etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada elde ettikleri sonuçların yetersiz olduğu ve musinin yapısını aydınlatmak için çok daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulacağını belirtmişlerdir (Folkes ve ark., 1950). Bir diğer çalışmada Carroll ve ark. (1991), bir anura türü olan *Lepidobatrachus laevis*'in yumurta ve embriyo jel kaplamalarının yapısı ve makromoleküler bileşimi üzerine araştırma yapmışlar ve %19 karbonhidrat ile ortalama 150pg protein/embriyo içeriği belirlemişlerdir (Carroll ve ark., 1991).

İçerik üzerine yapılan çalışmalarda dikkat çeken bir diğer buluş lektindir. Lektinler, eritrositleri, diğer normal ve kanser hücrelerini ve mikroorganizmaları aglutine etme yeteneğine sahip çok değerlikli karbonhidrat bağlayıcı proteinlerdir ve yapılan çalışmalar amfibi yumurta jellerinde tespit edilmiştir (Titani ve ark., 1987). Yaptıkları güncel bir çalışmada Chesnel ve ark. (2019), amfibi yumurta jelinde mikroorganizmaların lektin kaynaklı aglutinasyonu üzerine yoğunlaşmışlardır. Lektinler için öngörülen birçok fizyolojik rol arasında, patojenik mikroorganizmalara karşı korunmanın da yer aldığı belirtilen çalışmada iki farklı amfibi (*Pleurodeles waltl* ve *Ambystoma mexicanum*) yumurta jelinde bulunan lektinin, in vitro ve in situ koşullar altında mikroorganizmaları aglutine edebildiği rapor edilmiştir (Chesnel ve ark., 2019). Bir diğer çalışmada Titani ve ark. (1987), *Rana catesbeiana* yumurta jelindeki sialik asit bağlayıcı lektin proteinleri üzerine yoğunlaşmışlardır. Yapılan çalışmada kurbağa yumurtasındaki sialik asit bağlayıcı lektinlerin, kurbağa embriyosunda döllenme ve gelişmede rol oynayabileceği ancak bu yönde herhangi bir çalışmanın yapılmadığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, bu makalede açıklanan sialik asit bağlayıcı lektinin, tümör hücrelerine yönelik bir makrofaj sistemi aracılığıyla in vivo olarak tümör büyümesini inhibe edebileceği öngörülmüştür (Titani ve ark., 1987).

Benzer şekilde Nakajima ve ark. (1986), lektinin in vitro makrofaj aktivasyonunu indüklediğini ve sonuç olarak tümör hücresi büyümesinin in vitro inhibe edildiğini rapor etmiştir (Nakajima ve ark., 1986).

Amfibi yumurta jelinin katman ve makromoleküler bileşimi yapının karmaşıklığı nedeniyle bu zamana kadar tam olarak aydınlatılamamıştır. Bu nedenle de hem üç boyutlu yapı hem de biyolojik işlev ile biyokimyasal bileşim arasındaki ilişkiler de tam olarak halen anlaşılamamıştır. Tüm bu çalışmalar da amfibi yumurta jellerinden bazı glikoproteinler tanımlansa da halen yetersiz olduğu, belirlenen glikoproteinlerin ise rollerinin açık olmadığı ve yumurta jellerinin işlevlerinin belirlenmesi için tanımlanmaları üzerine çalışmaların devam ettirilmesi vurgulanmıştır.

Amfibi Yumurta Jel Katmanlarının Fertilizasyon Üzerine Etkisi

Yumurta jelinin fertilizasyon başarısına etkisi yapılan birçok çalışma ile ortaya konmuştur. Yumurta jelinin, su kurbağası *Pelophylax shqipericus*'un in vitro fertilizasyon başarısına etkisi Turani ve ark. (2020) tarafından yapılan güncel bir çalışma ile araştırılmıştır. Jel katmanından yoksun yumurtaların döllenediği bu nedenle amfibi yumurtası ve onu kaplayan jel yapısının, başarılı dölllenme ve gelişmede önemli bir rol oynadığı açıkça belirtilmiştir (Turani ve ark., 2020). Benzer şekilde Olson ve Chandler (1999) gerçekleştirdikleri çalışmada *X. laevis* yumurta jelinin dölllenme üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, jelin dölllenme için gerekli bazı proteinleri içerdiğini tespit etmişlerdir (Olson ve Chandler, 1999). Humphries ve Hughes (1959), bir amfibi türü olan *Triturus viridescens*'in yumurta kanalına uygulanan bazı histokimyasal teknikler ışığında dölllenme üzerine birebir etkisi olduğu öngörülen yumurta jelinin mayoz bölünme üzerinde de etkin bir rol oynadığını rapor etmişlerdir (Humphries ve Hughes, 1959). Bir diğer çalışmada Lee (1967), *R. pipiens*'in yumurta kanalından salgılanan jeli histokimyasal ve biyokimyasal olarak analiz etmiştir. Bu jel katman olmadan yumurtaların döllenebileceği belirtilen çalışmada, jel katmanın protein ve kayda değer miktarda karbonhidrat içerdiği rapor edilmiştir (Lee, 1967). Bir diğer önemli çalışmada Freeman (1968), *X. laevis* yumurtasının etrafını saran jel zarfları üzerine gerçekleştirdiği çalışmada jelin ana bileşenlerinin karbonhidrat ve proteinden oluştuğunu belirtmiştir. Bu yapının başarılı bir dölllenme için gerekli olduğunu ve ileriki çalışmalarda jelin makromoleküllerinin karakterize edilmesi ve jelin yapısı ile işlevine ilişkin tüm araştırmalarda katmanlar arasındaki farklılıkların dikkate alınması gerektiği önerilmiştir (Freeman, 1968). Bilim insanları yapılan bu çalışmaları göz önüne aldığında, amfibi yumurtalarının başarılı bir şekilde döllenmesi için jelin gerekli olduğu konusunda hem fikir olmuşlardır.

Amfibi Yumurta Jel Katman Malzemesinin İmmünobiyolojik Çalışmaları

Kurbağa yumurtası jelinin antijenik bileşenleri, Shaver ve ark. (1960, 1962), tarafında çift difüzyon tekniği ile analiz edilmiştir. *R. pipiens* türü yumurta jeli antijenleri ile bunların homolog antiserumları arasındaki etkileşimler analiz edilmiş ve yumurta jel kaynağı olan yumurta kanalı dışında başka bir bölge ile reaksiyon gözlenmemiştir bu durum jel malzemenin dokuya özgüllüğünü ortaya konmuştur (Shaver ve Barch, 1960; Shaver ve ark., 1962). Benzer şekilde kurbağaların yumurta jeline antiserum ile muamele edildiğinde de jel katman çevresinde çökelmeler gözlenmiştir (Perlmann ve Perlmann, 1957). Yapılan bir diğer çalışmada yumurta jeli antiserumunun döllenmeyi engelleyebildiği ortaya konulmuştur (Tyler, 1959). Çalışmada deniz kestanesi yumurtalarına uygulanan yumurta jeli kaplama malzemesine karşı üretilen antikörlerin uygulanması sonucunda dölllenme üzerine inhibitör etki gösterdiği gözlenmiştir. Bu etkinin, antikörlerin jel katmanda bulunan antijenik bileşenlerle reaksiyona girerek jel malzemenin sperm hücresinin yüzeyindeki tamamlayıcı bölgelerle etkileşimini engelleyen kompleksler üretmesi kaynaklı olduğu öngörülmektedir. Ek olarak, hem spermatozoa hem de kurbağa yumurtalarının döllenmeden önce yumurta jellerine yönelik antikörlerle muamele edilmesinin dölllenme

oranında önemli düşüşler sağladığı bulgusu ortaya konmuştur (Shaver ve Barch, 1960). Bu çalışmalar yumurtayı kaplayan jel tabakanın yalnızca sperm ve yumurta jeli arasındaki etkileşimin varlığını değil, aynı zamanda yumurta kanalının jel sağlayan hücreleri tarafından türe özgü molekül türlerinin varlığının da doğrudan kanıtıdır.

SONUÇ

Amfibiler, kuşkusuz, tüm karasal omurgalıların en çeşitli ve en az bilinen yaşam öykülerine sahiptir. Özellikle amfibi yumurtaları, yumurta etrafına biriktirilen jel katmanları ve çeşitli katmanlar arasında var olabilecek farklılıklar hakkında çok az şey bilinmektedir. Bu zamana kadar yapılmış çalışmalarda yumurta kanalı boyunca yumurta etrafında biriktirilen jel kaplamanın karmaşık katmanlar halinde birikimi nedeniyle, katman sayılarının türden türe göre değiştiği ortaya konmuştur. Literatürde farklı gözlem teknikleri nedeniyle aynı türde farklı katman sayısı tespit edilmiş çalışmalar da mevcuttur. Yumurtanın jel katmanının mukopolisakaritlerden oluştuğu yayınlanan pek çok çalışmada belirtilmiştir. Ancak yapının karmaşıklığı nedeniyle bazı türlerde tespit edilmiş az sayıda makromolekül olsa bile yapı hala içerik olarak aydınlatılamamıştır. Fertilizasyonda kilit rol oynayan, embriyoyu doğada zorlu ortam şartlarında bu denli koruyan, besleyen ve gelişim tamamlandığında doğada yok olan bu jel yapının içerik bilgisi ve moleküler yapısı literatürde önemli bir boşluk oluşturmaktadır. Amfibi türlerine ait yumurta jelleri üzerine bu zamana kadar yapılan kısıtlı çalışmalarda jel yapının makro moleküler bileşimi ile hem üç boyutlu yapının hem de biyolojik işlevler arasındaki ilişkilerin tam olarak anlaşamadığı bu durumun jel yapısının karmaşıklığından kaynaklandığı rapor edilmiştir. Amfibilerde yumurtayı kaplayan jel yapının aydınlatılabilmesi için çok daha fazla güncel çalışmaya ihtiyaç duyulduğu açıktır. Doğada zorlu ortam şartlarına karşı embriyoyu koruyan, besleyen, büyümesine ve gelişmesine olanak sağlayan bu jel yapının güçlü bir biyomalzeme olduğu ve yapılacak çalışmalar ile biyoteknolojiye kazandırılabilmesi öngörülmektedir. İlerleyen çalışmalarda kurbağa yumurta jel yapısının detaylı içerik analizlerinin yapılması ve jel üretiminden sorumlu genlerin moleküler düzeyde araştırılması bu yapının biyoteknolojik uygulamalar için kullanımına olanak sağlayabilir. Ayrıca ileriki çalışmalarda, bu gen bölgeleri farklı canlılara aktararak, biyoteknolojik yöntemler ile kurbağa jeli üretimi de gerçekleştirilebilir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Altig, R. ve McDiarmid, R. W. (2007). Morphological diversity and evolution of egg and clutch structure in amphibians. *Herpetological Monographs*, 21 (1), 1-32.
- Bakos, M. A., Kurosky, A. ve Hedrick, J. L. (1990). Physicochemical characterization of progressive changes in the *Xenopus laevis* egg envelope following oviductal transport and fertilization. *Biochemistry*, 29 (3), 609-615.
- Carroll Jr, E. J., Wei, S. H., Nagel, G. M. ve Ruibal, R. (1991). Structure and Macromolecular Composition of the Egg and Embryo Jelly Coats of the Anuran *Lepidobatrachus laevis*: (frog jelly coat/fertilization/glycoprotein). *Development, Growth & Differentiation*, 33 (1), 37-43.
- Chesnel, A., Lerivray, H. ve Jego, P. (2019). Lectin-Induced Agglutination of Microorganisms in Urodelan Amphibian Egg Jelly. *Proceedings of the Third Symposium, Lyon, France, June 26–28, 1985* (pp. 647-652): De Gruyter.

Amfibi Yumurta Jel Katmanları; Morfolojik Yapısı ve İçeriği, Fertilizasyon Üzerine Etkisi ve İmmünoyolojik Aktivitesi

- Folkes, B., Grant, R. ve Jones, J. (1950). 440. Frog-spawn mucin. *Journal of the Chemical Society (Resumed)*, 2136-2140.
- Freeman, S. B. (1968). A study of the jelly envelopes surrounding the egg of the amphibian, *Xenopus laevis*. *The Biological Bulletin*, 135 (3), 501-513.
- Humphries Jr, A. ve Hughes, W. (1959). A study of the polysaccharide histochemistry of the oviduct of the newt, *Triturus viridescens*. *The Biological Bulletin*, 116 (3), 446-451.
- Ishihara, K., Hosono, J., Kanatani, H. ve Katagiri, C. (1984). Toad egg-jelly as a source of divalent cations essential for fertilization. *Developmental biology*, 105 (2), 435-442.
- Khalifa, A. Y., AlMalki, M. A. ve Bekhet, G. M. (2021). Pathological and mortality findings associated with *Aeromonas hydrophila* from frog eggs in Al-Ahsa region of Saudi Arabia. *Aquaculture Research*, 52 (3), 1227-1236.
- Katagiri, C. (1987). Role of oviducal secretions in mediating gamete fusion in anuran amphibians. *Zoological science*, 4 (1), 1-14.
- Lee, P. A. (1967). Studies of frog oviducal jelly secretion. I. Chemical analysis of secretory product. *Journal of Experimental Zoology*, 166 (1), 99-106.
- Morris, R. L. ve Tanner, W. W. (1969). *Rana pretiosa* Baird and Girard, a life history study. *The Great Basin Naturalist* 29, 45-81.
- Nakajima, Y., Suzuki, H., Sakakibara, F., Kawauchi, H., Mizuno, D. ve Yamazaki, M. (1986). Induction of a cytotoxin from murine macrophages by an animal lectin. *The Japanese Journal of Experimental Medicine*, 56 (1), 19-25.
- Olson, J. H. ve Chandler, D. E. (1999). *Xenopus laevis* egg jelly contains small proteins that are essential to fertilization. *Developmental biology*, 210 (2), 401-410.
- Peavy, T. R., Hernandez, C. ve Carroll, E. J. (2003). Jeltraxin, a frog egg jelly glycoprotein, has calcium-dependent lectin properties and is related to human serum pentraxins CRP and SAP. *Biochemistry*, 42 (44), 12761-12769.
- Perlmann, P. ve Perlmann, H. (1957). Analysis of the surface structures of the sea urchin egg by means of antibodies. II. The J- and A-antigens. *Exp Cell Res*, 13 (3), 454-474.
- Rombough, C., ve Bowerman, J. (2021). The structure of spotted frog (*Rana luteiventris* and *Rana pretiosa*) eggs: a physical description and historical perspective. *Northwestern Naturalist*, 102 (1), 1-8.
- Salthe, S. N. (1963). The egg capsules in the Amphibia. *Journal of Morphology*, 113 (2), 161-171.
- Shaver, J. ve Barch, S. (1960). Experimental studies on the role of jelly coat material in fertilization in the frog. *Acta Embryol. et Morphol. Exp*, 3, 180-189.
- Shaver, J., Barch, S. ve Shivers, C. (1962). Tissue-specificity of frog egg-jelly antigens. *Journal of Experimental Zoology*, 151 (2), 95-103.
- Stebbins, R. C. (2003). *A field guide to western reptiles and amphibians, 3rd edition. The Peterson field guide series.* New York, NY: Houghton Mifflin Co.
- Steinke, J. ve Benson Jr, D. (1970). The structure and polysaccharide cytochemistry of the jelly envelopes of the egg of the frog, *Rana pipiens*. *Journal of Morphology*, 130 (1), 57-65.
- Titani, K., Takio, K., Kuwada, M., Nitta, K., Sakakibara, F., Kawauchi, H., Takayanagi, G. ve Hakomori, S. (1987). Amino acid sequence of sialic acid binding lectin from frog (*Rana catesbeiana*) eggs. *Biochemistry*, 26 (8), 2189-2194.
- Turani, B., Aliko, V. ve Faggio, C. (2020). Allurin and egg jelly coat impact on in-vitro fertilization success of endangered Albanian water frog, *Pelophylax shqipericus*. *Natural product research*, 34 (6), 830-837.
- Tyler, A. (1959). Some immunobiological experiments on fertilization and early development in sea urchins. *Experimental Cell Research*, 7, 183-199.
- Yurewicz, E. C., Oliphant, G. ve Hedrick, J. L. (1975). Macromolecular composition of *Xenopus laevis* egg jelly coat. *Biochemistry*, 14 (14), 3101-3107.