

# SİMAV OVASINDA YETİŞTİRİLEN ÜRÜNLER İÇİN ARSENİK MARUZİYETİ VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ

**Begüm Terzi<sup>a,b</sup>, Orhan Gündüz<sup>c</sup>, Sait C. Sofuoğlu<sup>a,b</sup>**

<sup>a</sup>İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Urla, İzmir

<sup>b</sup>İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Bölümü, Urla, İzmir

<sup>c</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kaynaklar, İzmir  
(cemilsofuoğlu@iyte.edu.tr)

## ÖZ

Arsenik insan sağlığı üzerinde toksik ve kanserojenik etkileri olan ve çevrede yaygın olarak bulunabilen bir iz elementtir. Arseniğe ana maruziyet kontamine olmuş bitkiler ve içme sularının sindirimi yoluyla oluşmaktadır. Simav ovasında toprak ve içme sularındaki arsenik ile ilgili yapılmış çalışmalar bulunsada, ovada yetiştirilen ürünler için yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Önceki çalışmalarda, toprak ve suda bulunan yüksek arsenik konsantrasyonları Simav ovasında yetişen bitkilerin de arsenik içerebileceğini göstermektedir. Bu çalışmanın amacı, ovada ölçülen toprak konsantrasyonları ve literatürden toplanan bilgiler ile (biyokonsantrasyon faktörleri, bitki tüketim oranları, bitkilerdeki doğal arsenik konsantrasyonları, bitki kök derinlikleri ve Türk halkı için vücut ağırlığı verileri) modelleme yapılarak sindirim yoluyla arsenik maruziyetinin tahmin edilmesidir. Bu kapsamda, ovada yetişen beş bitki türü –fasulye, mısır, sarımsak, ay çekirdeği ve buğday- araştırılmıştır. Arsenik ile kontamine olmuş yiyecek maddeleri için kronik-toksik ve kanserojenik riskler senaryo bazlı noktasal tahminler (deterministik yaklaşım) ve kitlesel tahminler (ihtimal temelli yaklaşım) olmak üzere iki farklı yöntemle değerlendirilmiştir.

Deterministik yaklaşımda, yerel halkın yukarıda bahsedilen ürünlerin yüzde ellisini Simav ovasında yetiştirilenlerden, yüzde ellisini ise dış kaynaklı ürünlerden tükettiği varsayılmıştır. Merkezî tahmin yapmak için literatürden toplanan verilerin ortalanca değerleri kullanılmıştır. Kayda değer kanserojenik riske sebep olan türlerin fasulye, mısır, ay çekirdeği ve buğday olduğu belirlenmiştir. Buğday haricindeki türler kabul edilebilir kronik-toksik riskler oluşturmaktadır. Çalışılan ürünlerin tüketimi sebebiyle oluşacak toplam yükü belirlemek için toplam kronik-toksik ve kanserojen riskler hesaplanmıştır. Toplam kronik-toksik risk  $19,3$  bulunmuş ve önemli risk kategorisinde sınıflandırılmıştır. Toplam karsinojenik risk ise  $7,29 \times 10^{-3}$  olarak hesaplanmıştır. Bu değer kabul edilebilir risk limitinin ( $10^{-4}$ ) yetmiş üç katıdır. Olasılıksal yaklaşımda, karsinojenik ve kronik-toksik risklerin hesaplanması için Monte-Carlo benzetimi kullanılmıştır. Buğday hem kronik-toksik hem de karsinojenik riski en yüksek ürün olarak bulunmuştur. Sarımsağın kronik-toksik riski eşik değerin (1,00) altında olsa da karsinojenik riski kabul edilebilir düzeyin üzerindedir. Toplam kronik-toksik risk 4,90 ile 83,2 arasında değişirken, toplam karsinojenik risk  $1,64 \times 10^{-3}$  ile  $8,55 \times 10^{-2}$  arasında değişmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmada bulunan fevkalade yüksek risk değerleri Simav ovasında yetiştirilen ürünlerin, özellikle ağırlıklı olarak ovadaki yüksek arsenik seviyelerine sahip topraklarda yetişen ve yüksek arsenik derişimlerdeki yeraltı sularıyla sulanmış ürünleri tüketen yerel halk için kronik-toksik ve karsinojenik sağlık riskleri oluşturabileceğini göstermiştir. Bu sonucun doğrulanması için Simav ovasında yetiştirilen ürünlerde arsenik içeriğinin üst üste en az iki hasatta belirleneceği bir çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Arsenik, bitki, insan sağlığı risk değerlendirmesi, Simav, toprak

## **EXPOSURE – RISK ASSESSMENT FOR ARSENIC IN CROPS GROWN IN SIMAV PLAIN**

**Begum Terzi<sup>ab</sup>, Orhan Gunduz<sup>c</sup>, Sait C. Sofuoğlu<sup>ab</sup>**

<sup>a</sup>Izmir Institute of Technology, Dept. of Environmental Engineering, Urla, Izmir, Turkey

<sup>b</sup>Izmir Institute of Technology, Dept. of Chemical Engineering, Urla, Izmir, Turkey

<sup>c</sup>Dokuz Eylul University, Dept. of Environmental Engineering, Kaynaklar, Izmir, Turkey  
(cemilsofuoglu@iyte.edu.tr)

### **ABSTRACT**

*Arsenic is an ubiquitous element that has toxic and carcinogenic effects on human health. Ingestion is considered to be the main route of exposure to arsenic through contaminated drinking water and arsenic-accumulating plants. Previous studies have shown that Simav Plain have naturally high arsenic concentrations in its groundwater and soil. However, health risks associated with consumption of crops grown within the plain have not been investigated. In this study, arsenic exposure via ingestion of edible plants cultivated on Simav Plain was investigated based on the measured soil arsenic concentrations and data collected from the literature such as bioconcentration factors, plant consumption rates, background arsenic concentrations in plants, plant root depths, and body weights with statistical modeling techniques. The study focused mainly on five plant species (i.e., bean, corn, garlic, sunflower, and wheat). Chronic-toxic and carcinogenic risks associated with consumption of these crops were assessed with scenario-based point estimates (deterministic approach) and population estimates (probabilistic approach).*

*Deterministic approach assumed that the total annual per capita consumption of the aforementioned five crops was supplied equally from internal (locally from Simav plain, 50%) and external (outside Simav plain, 50%) sources. Fiftieth percentile values of the consumption rates, bioconcentration factors, body weights, and soil arsenic concentrations were used to create central tendency estimates. The estimates showed that bean, corn, sunflower, and wheat were the species with significant carcinogenic risk levels. All of the crops except wheat had acceptable non-carcinogenic risk levels. Aggregate non-carcinogenic and carcinogenic risks were calculated to infer on the total burden due to consumption of the studied crops. Aggregate non-carcinogenic risk was 19.30, which was classified as significant risk. Aggregate carcinogenic risk ( $7.29 \times 10^{-3}$ ) was much greater than the acceptable risk level ( $10^{-4}$ ). In the probabilistic approach, Monte Carlo simulation was used to determine the risk levels. Wheat was the crop with the highest non-carcinogenic and carcinogenic risks, followed by corn, bean, sunflower, and garlic. Non-carcinogenic risk levels for garlic were below the threshold level (1.00). However, its carcinogenic risk levels were still considerable. Aggregate non-carcinogenic and carcinogenic risks were high with ranges of 4.90–83.2 and  $1.64 \times 10^{-3}$ – $8.55 \times 10^{-2}$ , respectively.*

*Consequently, the risk levels estimated in this study were found to be exceptionally high. This result revealed the conclusion that consumption of the plants cultivated in Simav plain may pose significant chronic-toxic and carcinogenic health risks, particularly for local inhabitants that primarily consume the local food grown on plain's soils with high arsenic levels and was irrigated with local groundwater that contains elevated levels of dissolved arsenic. Further research is deemed necessary to verify this conclusion with direct measurements of plant arsenic levels in Simav plain on at least two consecutive growing seasons.*

**Keywords:** Arsenic, edible plants, human health risk assessment, ingestion, Simav, plain