

THE CAUSES AND EFFECTS OF HIGH MORPHINE CONTENT IN FOOD PRODUCTS

Dominika GIL, Wojciech LECHOWICZ

Institute of Forensic Research, Kraków, Poland

Abstract

Poppy seeds are obtained from different varieties of *Papaver somniferum* L. Those with low morphine content are used in bakery products, cake and dessert fillings, and dish toppings. This plant contains a few opiate alkaloids, morphine being the predominant one. The total alkaloid content of the poppy plant depends on various factors such as the variety, soil conditions, weather, etc., and also differs among plant parts. Straw, especially the upper part, contains relatively high amounts – up to more than 0.6% – but seeds from the poppy capsule contain none or very low amounts. Some researchers claim that the presence of alkaloids in poppy seeds is the result of insect damage, or poor harvesting practices. These can be reasons for high morphine concentration in finished food products, which can lead to positive results in human drug testing. The aim of the present research was to determine the concentration of the two most important alkaloids in food products containing poppy seeds, and in commercially available poppy seeds for kitchen use. In the case of yeast-cakes with poppy filling, the morphine content was 25–29 mg/kg, which is a relatively high concentration, when you take into account their preparation (cooking and baking). In other products, the concentrations were similar: poppy seed cake: 17–21 mg/kg, and in commercially available ready-made fillings: 7–38 mg/kg. Poppy seeds imported from the Czechia contained very high morphine levels: 145–310 mg/kg, compared to those produced in Hungary (14–26 mg/kg). There are currently no EU regulations relating to alkaloids in poppy seeds used in food, although Hungary has a national maximum level of 30 mg/kg for morphine. Such levels were found in our study. On the other hand, the high concentration of morphine in poppy seeds from the Czechia can lead to an increase in the level of this alkaloid in final products, and thus to detectable amounts of free morphine in blood or urine, which are sufficient to interfere with drug abuse tests for drivers or workers.

Key words

Morphine; Poppy; Food products.

Received 3 November 2016; accepted 1 December 2016

1. Introduction

The source of morphine in food products is seeds of different varieties of opium poppy (*Papaver somniferum* L.), including ones with low morphine content. The seed pod contains kidney-shaped seeds with a diameter of 0.9 to 1.5 mm, ranging in colour from off-white through red-violet to nearly black (depending on the variety). They are used in confectionery as a filling for cakes and addition to desserts, as well as for the production of cooking oil. The main producer of pop-

py in Europe is the Czechia, with a production of over 20,000 tonnes per year, and Hungary – about 4 thousand tonnes per annum (Procházka, Sorrow, 2012). The annual harvest in Poland for several years has not exceeded 80 tonnes, and the sown area is slightly more than 1 thousand ha. High morphine varieties of *Papaver somniferum* (Lazur, > 0.9% of morphine in the dry mass of the upper part of the plant) are grown exclusively for the pharmaceutical and seed industry, while varieties with low morphine content (Agat, Michałko, Mieszko, Rubin, and Zambo, < 0.06% in the dry mass

of the upper part of the plant) are used for seed production and the food industry. Principles of poppy cultivation in Poland are specified in the Act on counteracting drug addiction of July 29, 2005 (*Journal of Laws of 2005*, no. 179, item. 1485, Chapter 6). It can take place only in designated regions, on a specific surface area, using seeds in the “elite” or “certified” category (under regulations on seed production), on the basis of permits and *via* contracting. This law also specifies how to deal with poppy straw and crop residues remaining after harvest.

The opium poppy contains several opium alkaloids, of which morphine is the predominant one (Figure 1). The total alkaloid content in poppy plants depends on several factors: the variety, soil conditions, fertilization, atmospheric conditions, etc. Morphine content also varies in different parts of the plant. Straw, in particular the upper part, contains relatively high amounts of this alkaloid, from less than 0.06% to more than 0.6%. Latex sap (opium) contains the most morphine, i.e. 20–25%, and constitutes a source of contamination of seeds due to natural processes, e.g. damage of the seed pod by insects, or artificial processes, i.e. the application of bad practices during harvest. Seeds in their natural state contain only minute amounts of morphine, less than 1 mg/kg (EFSA, 2011).

Morphine as a medicine has analgesic and antitussive action, and as a narcotic drug also acts as a depressant on the central nervous system and respiratory system. The dose is usually adjusted individually

to the patient (the optimal dose relieves pain without causing overdose symptoms). The biological half-life of morphine is 1.3–6.7 h, and the therapeutic levels in the blood and urine are in the ranges of: 10–200 ng/ml and 500–20,000 ng/ml, respectively (Molina, 2010).

The consumption of raw seeds and products containing poppy seeds can lead to a positive result in screening tests for the presence of opiates in biological material. Analysis for the presence of morphine carried out by instrumental techniques allows you to detect it in urine up to 7 h after a single administration of a seed portion with morphine content of 0.9 mg (Jankovicová, Ulbrich, Fuknová, 2009), or even up to 20 h after a single administration of a raw seed portion containing 3.2 mg of morphine, or in an average piece of poppy seed cake (Samano, Clouette, Rowland, 2015). Morphine was present for up to 32 h in the urine of individuals who within 8 h administered two portions of seeds with morphine content of 15.7 mg each (Smith et al., 2014). Samano, Clouette and Rowland (2015), in their study, also detected morphine in saliva up to 1.5 h after eating a poppy seed cake and up to 3 h after consumption of raw seeds. Blood analyses of individuals who have consumed pastry/confectionery products with poppy – carried out by immunoenzymatic methods for the presence of opiates – gave readings requiring confirmation by a specific method, while analyses for the presence of morphine alone were negative (Moeller, Hammer, Engel, 2014). Researchers from Hungary did not reveal free morphine

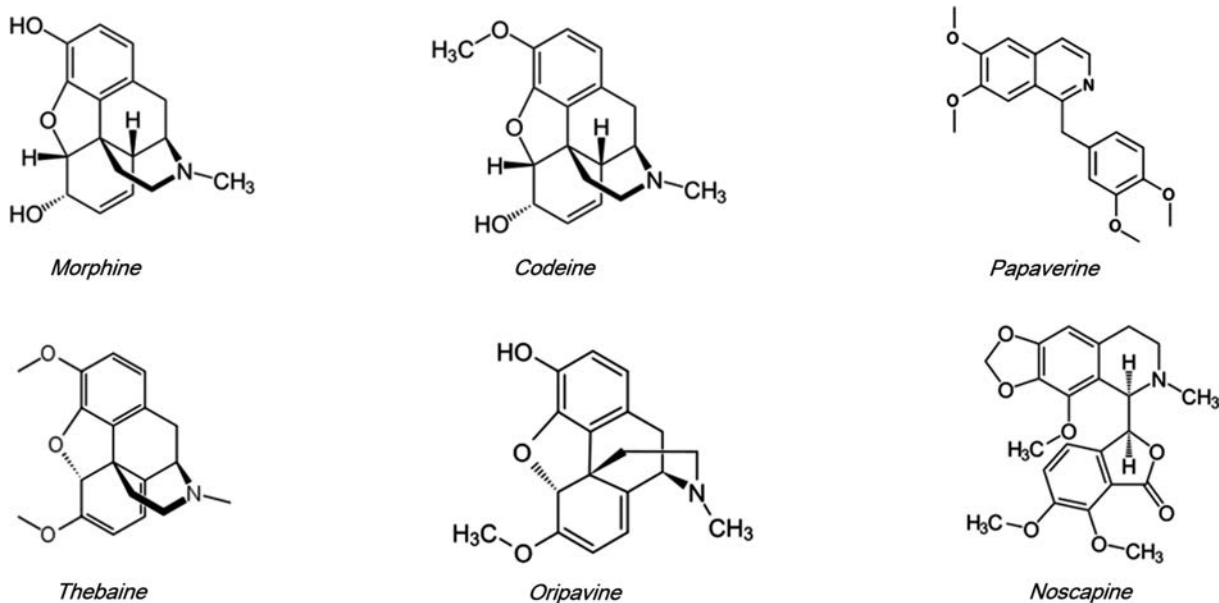


Fig. 1. Structural formulas of the main opium alkaloids.

at concentrations above 10 ng/ml in the blood either (Mátyus, Kocsis, Boldis, Gachályi, 2011; Mátyus et al., 2012). Moeller, Hammer and Engel did not detect the presence of free morphine in blood analysed by the GC-MS method, but they determined total morphine at a concentration of 24 ng/ml. Although they found a correlation between the concentration of morphine in the blood and urine and the administered dose of this substance, they did not find a correlation between the concentrations of morphine in these materials (blood and urine) and the amount of poppy seeds consumed. Thermal processing reduces the content of alkaloids in poppy, including morphine, by up to 10% of the content in the raw state (Sproll, Perz, Buschmann, Lachenmeier, 2007).

There is currently no EU legislation on the content of morphine in poppy seeds used in food. In 2011, the European Food Safety Authority (EFSA) issued an opinion on the risk of the impact of opium alkaloids contained in poppy seeds and foods containing poppy seeds on public health. A reference dose of morphine (ARfD) equal to 0.7 mg was indicated in this opinion. This is a safe dose at which the effects of morphine are not experienced if it is administered during a single meal or as the total consumption on a given day. The ARfD was determined based on the lowest pharmacologically active dose taken orally for therapeutic purposes of 0.03 mg/kg of body weight (b.w.), which gives a value of 2.1 mg for the average person weighing 70 kg: 1/3 of the lowest therapeutic dose was taken as the ARfD. Only Hungary has national regulations specifying a maximum concentration of morphine of 30 mg/kg of seeds (EFSA, 2011).

The aim of the study was to determine the concentration of morphine and codeine in commercially available ready-made food products and semi-finished products intended for use in the kitchen which contain poppy seeds, in the context of their potential influence on obtaining a positive result on a blood test for narcotic drugs and psychotropic substances.

2. Material and methods

The studied materials were ready-made bakery and confectionery products that had been sent to the Institute – yeast-cakes with poppy filling and roulades with poppy filling, as well as semi-finished products – ready-made poppy fillings in cans and plastic containers, and poppy seeds shown in Table 1. In addition, poppy seeds from different manufacturers, mainly from Hungary and the Czechia, were analysed. Five-gram samples of the above-described products were





collected for analyses. While being shaken, they were macerated for 60 min in 20 ml of methanol with the addition of formic acid (0.1%). The obtained macerates were centrifuged at 9000 rpm. Then 200 µl of supernatant were collected and diluted (700 µl of a 0.1% aqueous solution of formic acid). Deuterated derivatives of morphine and codeine were used as internal standards (morphine-D₃ and codeine-D₃ in amounts required to achieve a concentration of 20 mg/kg). The samples were analysed by the liquid chromatography-mass spectrometry (HPLC-MS) method using a Waters Alliance 2695 apparatus coupled to a Quattro Micro mass spectrometer (Micromass). Separation of the components was carried out on a Purospher Star (55 × 4 mm) column packed with RP-18e (3 µm) manufactured by Merck. The mass detector operated in multiple reaction monitoring (MRM) mode. Positive electrospray ionization (ESI) was applied. The limit of quantification for morphine and codeine was 1 mg/kg.

3. Results and discussion

The results of analyses are shown in Table 1. The concentration of morphine in yeast-cakes with poppy filling was 25–29 mg/kg. It was relatively high, bearing in mind the process of preparation (cooking and baking). These processes should reduce the concentration of morphine to 10% of the initial value (Sproll, Perz, Buschmann, Lachenmeier, 2007). The amount of morphine in other poppy seed cake-type products was 17–21 mg/kg, and in ready-made poppy fillings was determined at 7–40 mg/kg.

The size of a single serving of poppy seed cake depends on dietary preferences of individuals and probably their body weight. The weight of an average portion of cake was in the range of 59–188 g (average 96 g, median 84 g) as determined on the basis of the choice of the thickness of a piece made by 6 individuals (laboratory staff). Servings of roulade and yeast-cake with poppy filling contained an average of about 25% poppy filling, which is about 25 g. Taking into account this amount and the average content of morphine in poppy filling (approx. 22 mg/kg), a potential dose of morphine of 0.55 mg is obtained. Jankovičová et al. (2009) published similar research results. Products rich in poppy seeds (excluding products only sprinkled with poppy seeds) that are available in the EU provide a dose of morphine in the range of 2.48–375 µg/kg of b.w. (EFSA 2011). The dose estimated by the authors of this article was up to a maximum of approximately 8 µg/kg b.w., and thus was relatively low when compared to the dose given by the EFSA. Therefore, the

Table 1
Morphine and codeine concentration in analysed food products

| Type of material | Sample no. | Morphine [mg/kg] | Codeine [mg/kg] |
|--|------------------------------|---------------------|--------------------|
|  Yeast-cake with poppy filling | 1 | 24.6 | 3.6 |
| | 2 | 28.2 | 3.8 |
| | 3 | 29.3 | 2.6 |
| | 4 | 29.3 | 4.1 |
|  Roulade with poppy filling | 1 | 17.3 | 1.7 |
| | 2 | 17.0 | 2.3 |
| | 3 | 20.9 | 1.7 |
| | 4 | 17.8 | 2.6 |
| | 5 | 18.6 | 2.3 |
| | 6 | 17.7 | 1.8 |
|  Poppy filling (mass in brackets) | 1 (3.2 kg) | 8.1 | 1.0 |
| | 2 (0.3 kg) | 17.8 | 0.8 |
| | 3 (13 kg) | 37.5 | 4.2 |
| | 4 (13 kg) | 28.7 | 2.0 |
| | 5 (0.5 kg) | 26.3 | 2.8 |
| | 6 (13 kg) | 21.6 | 4.3 |
| | 7 (13 kg) | 12.7 | 1.7 |
| | 8 (13 kg) | 27.8 | 2.9 |
| | 9 (3.2 kg) | 7.1 | < 1 |
|  Poppy seeds | 1 (Poppy seeds) | 39.7 | 3.2 |
| | 2 (Blue poppy seeds Premium) | 11.3 | 1.7 |
| | 3 (Blue poppy seeds) | 27.8 | 1.4 |
| | 4 (Deep blue poppy seeds) | 6.8 | < 1 |
| | 5 (Blue poppy seeds) | 13.8 | < 1 |

consumption of a single portion of food product with poppy seed (which had been submitted for analysis) did not exceed the reference dose (0.7 mg), and thus should be safe.

Poppy seeds imported from the Czechia contained much higher concentrations of morphine, in the range of 145–310 mg/kg, in comparison to the those produced in Hungary (14–26 mg/kg; Table 2). Meadway, George and Braithwaite (1998) demonstrated lower levels of morphine (0.6–11.9 mg/kg) in seeds from Holland, Turkey and Australia. Our research confirmed that the content of morphine in poppy seeds originating from Hungary did not exceed the maximum legally permitted concentration of morphine of 30 mg/kg.

Table 2
The results of analysis of poppy seeds purchased from different food shops

| Country of origin | Morphine [mg/kg] | Codeine [mg/kg] |
|-------------------|---------------------|--------------------|
| Czech Republic | 210.9 | 13.4 |
| | 145.4 | 6.1 |
| | 309.7 | 30.1 |
| Hungary | 25.9 | 2.3 |
| | 13.6 | 1.5 |
| Unknown | 14.5 | 1.4 |

The consumption of a 40 g portion of raw poppy seed, providing a morphine dose of 2.5 mg, leads to positive readings for opiates in urine analysed by screening immunochemical methods (Hayes, Krasselt, Mueggler, 1987). Similar results were also obtained in the Institute of Forensic Research. In the study by Hayes, Krasselt and Mueggler (1987), the concentration of free morphine in serum was 3 ng/ml 3 h after administration of a 40 g portion of the poppy seeds.

In the present study, the dose of morphine in 40 g of the poppy seeds submitted for analysis did not exceed 1.6 mg, but the dose of morphine in poppy seeds from the Czechia was in the range of 5.8–12.4 mg. Thus to get the lowest acting oral morphine dose, you would have to eat approximately 380 g of cake, which corresponds to 4 average servings, containing 53 g of Hungarian seeds or about 7 grams of Czech seeds. To obtain the lowest therapeutic morphine concentration in the blood (10 ng/ml) – also constituting the recommended threshold when testing drivers – which is achieved after administration of 12 mg morphine, you would have to eat 2.1 kg of cake, in other words, about 22 servings, or 300 g of seeds from Hungary, or 40 g of seeds from the Czechia, which in the case of the Czech product is four heaped tablespoons. The consumption of such large amounts of poppy (leading to concentrations that are equivalent to therapeutic concentrations) is possible. The high concentration of morphine in poppy from the Czechia can lead to an increase in the content of this alkaloid in ready-made food products.

4. Summary

The content of morphine in poppy seeds determines its level in semi-finished and ready-made food products. Greater consumption of such products leads to an increase in concentrations in the urine or blood, sufficient to yield a positive result – for example, on drug tests for drivers or at the workplace. The practice of using edible poppy as a source of the narcotic drug is also known (the consumption of such quantities of poppies which lead to morphine concentrations corresponding to therapeutic concentrations is possible). The way to prevent this practice would be to apply appropriate procedures in poppy production.

References

- Hayes, L. W., Krasselt, W. G., Mueggler, P. A. (1987). Concentrations of morphine and codeine in serum and urine after ingestion of poppy seeds. *Clinical Chemistry*, 33, 806–808.
- Jankovicová, K., Ulbrich, P., Fuknová, M. (2009). Effect of poppy seed consumption on the positive results of opiates screening in biological samples. *Legal Medicine (Tokyo)*, 11, 416–418.
- Mátyus, M., Kocsis, Gy., Boldis, O., Gachályi, A. (2011). Determination of morphine and codeine in serum after poppy seed consumption using gas chromatography-mass spectrometry. *Hadmérnök*, 3, 58–67.
- Mátyus, M., Kocsis, Gy., Karvaly, G., Magyar, E., Fűrész, J., Gachályi, A. (2012). Determination of morphine and codeine in serum after poppy seed consumption using gas chromatography-mass spectrometry. *Acta Chromatographica*, 24, 351–365.
- Meadway, C., George, S., Braithwaite R. (1998). Opiate concentrations following the ingestion of poppy seed products – evidence for “the poppy seed defence”. *Forensic Science International*, 96, 29–38.
- Moeller, M. R., Hammer, K., Engel, O. (2014). Poppy seed consumption and toxicological analysis of blood and urine samples. *Forensic Science International* 143, 183–186.
- Molina, D. K. (2010). *Handbook of forensic toxicology for medical examiners*. Boca Raton: Taylor and Francis Group.
- Procházka, P., Smutka, L. (2012). Czech Republic as an important producer of poppy seed. *Agris on-line Papers in Economics and Informatics*, 4(2), 35–47.
- Samano, K. L., Clouette, R. E., Rowland, B. J. (2015). Concentrations of morphine and codeine in paired oral fluid and urine specimens following ingestion of a poppy seed roll and raw poppy seeds. *Journal of Analytical Toxicology* 39, 655–661.
- Smith, M. L., Nichols, D. C., Underwood, P., Fuller, Z., Moser, M. A., LoDico, C., Gorelick, D. A., Newmeyer, M. N., Concheiro, M., Huestis, M. A. (2014). Morphine and codeine concentrations in human urine following controlled poppy seeds administration of known opiate content. *Forensic Science International* 241, 87–90.
- Sproll C., Perz R. C., Buschmann R., Lachenmeier, D. W. (2007). Guidelines for reduction of morphine in poppy seed intended for food purposes. *European Food Research and Technology*, 226, 307–310.

Corresponding author

Dr inż. Dominika Gil
Instytut Ekspertyz Sądowych
ul. Westerplatte 9
PL 31-033 Kraków
e-mail: dgil@ies.gov.pl

PRZYCZYNY I SKUTKI WYSOKIEJ ZAWARTOŚCI MORFINY W PRODUKTACH SPOŻYWCZYCH

1. Wstęp

Źródłem morfiny w produktach spożywczych są nasiona różnych odmian maku lekarskiego (*Papaver somniferum* L.), w tym o niskiej zawartości morfiny. Torebka nasienna (makówka) zawiera nerkowate nasiona o średnicy 0,9 do 1,5 mm o barwie od brudnobiałej przez czerwono-fioletową po niemal czarną (zależnie od odmiany). Są one używane w cukiernictwie jako nadzienie do ciast i dodatek do deserów, a także do produkcji oleju spożywczego. Głównym wytwórcą maku w Europie są Czechy z produkcją na poziomie powyżej 20 tysięcy ton rocznie oraz Węgry – około 4 tys. ton (Procházka, Smutka, 2012). Roczne plony w Polsce od kilku lat nie przekraczają 80 ton, a areal zasiewu wynosi nieco ponad 1000 ha. Odmiany wysokomorfinowe *Papaver somniferum* (Lazur, > 0,9% morfiny, w suchej masie górnej części rośliny) uprawiane są wyłącznie na potrzeby przemysłu farmaceutycznego i nasiennictwa, natomiast odmiany o niskiej zawartości morfiny (Agat, Michałko, Mieszko, Rubin, Zambo, < 0,06% w suchej masie górnej części rośliny) wykorzystywane są do produkcji nasion i w przemyśle spożywczym. Zasady uprawy maku w Polsce określa ustawa o przeciwdziałaniu narkomanii z dnia 29 lipca 2005 r. (Dz.U. 2005, nr 179, poz. 1485, rozdział 6). Może się ona odbywać jedynie w wyznaczonych rejonach, na określonej powierzchni, przy zastosowaniu materiału siewnego kategorii elitarny albo kategorii kwalifikowany (w rozumieniu przepisów o nasiennictwie), na podstawie zezwolenia i w drodze kontraktacji. Ustawa ta określa również sposób postępowania z pozostałą po zbiorach słomą makową i resztkami poźniwnymi.

Mak lekarski zawiera kilka alkaloidów opium, spośród których dominującym jest morfina (rysunek 1). Całkowita zawartość alkaloidów w roślinach maku zależy od różnych czynników: odmiany, warunków glebowych, nawożenia, warunków atmosferycznych itp. Zawartość morfiny jest także różna w różnych częściach rośliny. Słoma, zwłaszcza jej górna część, zawiera stosunkowo duże ilości tego alkaloidu, od poniżej 0,06% do powyżej 0,6%. Sok mleczny zawiera najwięcej morfiny, tj. 20–25%, stanowiąc źródło zanieczyszczenia nasion wskutek procesów naturalnych, np. uszkodzenia torebki makowej przez owady lub sztucznych, tj. stosowania złych praktyk podczas zbiorów. Nasiona w stanie naturalnym zawierają jedynie znikome ilości morfiny, mniej niż 1 mg/kg (EFSA, 2011).

Morfina jako środek leczniczy działa przeciwbólowo i przeciwkaszlowo, a jako środek odurzający również depresyjnie na ośrodkowy układ nerwowy i układ oddecho-

wy. Dawka jest zazwyczaj dostosowywana indywidualnie do pacjenta (optymalna znosi ból bez wywoływania objawów przedawkowania). Biologiczny okres półtrwania morfiny wynosi 1,3–6,7 h, a stężenia terapeutyczne we krwi i moczu mieszczą się odpowiednio w zakresach: 10–200 ng/ml i 500–20 000 ng/ml (Molina, 2010).

Spożycie surowych nasion i produktów zawierających mak może prowadzić do uzyskania pozytywnych wyników badań przesiewowych na obecność opiatów w materiale biologicznym. Badania na obecność morfiny prowadzone technikami instrumentalnymi pozwalają na jej wykrycie w moczu do 7 h od jednorazowego przyjęcia porcji nasion o zawartości morfiny 0,9 mg (Jankovicová, Ulbrich, Fuknová, 2009), bądź nawet 20 h od jednorazowego przyjęcia surowych porcji nasion o zawartości morfiny 3,2 mg lub w przeciętnym kawałku makowca (Samano, Clouette, Rowland, 2015). Do 32 h morfina była obecna w moczu osób, które w ciągu 8 h przyjęły dwie porcje nasion o zawartości morfiny 15,7 mg każda (Smith i in., 2014). W swoich badaniach Samano, Clouette i Rowland (2015) wykrywali morfinę również w ślinie do 1,5 h po zjedzeniu makowca i do 3 h po konsumpcji surowych nasion. Badania krwi osób, które przyjęły wyroby cukiernicze z makiem, a prowadzone metodami immunoenzymatycznymi na obecność opiatów, dawały odczyty wymagające potwierdzenia metodą specyficzną, zaś na obecność samej morfiny były ujemne (Moeller, Hammer, Engel, 2014). Wolnej morfiny we krwi w stężeniu powyżej 10 ng/ml nie wykazali również badacze z Węgier (Mátyus, Kocsis, Boldis, Gachályi, 2011; Mátyus i in., 2012). W badaniach metodą GC-MS Moeller, Hammer i Engel nie stwierdzili we krwi obecności wolnej morfiny, wykazali natomiast całkowitą morfinę w stężeniu do 24 ng/ml. Mimo, iż znaleźli korelację pomiędzy stężeniem morfiny we krwi i moczu a przyjętą dawką tej substancji, to nie wykazali związku pomiędzy stężeniami morfiny w tych materiałach a ilością spożytych nasion maku. Obróbka termiczna wpływa na obniżenie zawartości alkaloidów w maku, w tym morfiny, nawet do 10% zawartości w stanie surowym (Sproll, Perz, Buschmann, Lachenmeier, 2007).

Nie ma obecnie w UE przepisów dotyczących zawartości morfiny w nasionach maku stosowanych w żywności. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) w 2011 roku wydał opinię dotyczącą ryzyka wpływu alkaloidów opium zawartych w nasionach maku i produktach spożywczych je zawierających na zdrowie publiczne. W tym akcie wskazano dawkę referencyjną morfiny (ARfD) równą 0,7 mg. Jest to dawka bezpieczna, przy której nie doświadczają się efektów oddziaływa-

nia morfiny, jeśli jest przyjęta podczas jednego posiłku albo jako całkowita konsumpcja w danym dniu. ARfD została ustalona w oparciu o najniższą aktywną farmakologicznie dawkę przyjmowaną doustnie w celach terapeutycznych wynoszącą 0,03 mg/kg masy ciała (m.c.), co daje wartość 2,1 mg dla przeciętnego człowieka o wadze 70 kg. Za ARfD przyjęto więc 1/3 najniższej dawki terapeutycznej. Jedynie Węgry mają krajowe regulacje określające maksymalne stężenie dla morfiny wynoszące 30 mg/kg nasion (EFSA 2011).

Celem badań było ustalenie stężenia morfiny i kodeiny w dostępnych na rynku gotowych produktach spożywczych i półproduktach przeznaczonych do użytku w kuchni, które zawierają nasiona maku, w kontekście potencjalnego ich wpływu na uzyskanie dodatniego wyniku badania krwi na zawartość środków odurzających i substancji psychotropowych.

2. Materiały i metody

Przedmiotem badań były nadesłane gotowe wyroby piekarniczo-cukiernicze – drożdżówki z makiem, ciasto makowiec i półprodukty – gotowa masa makowa w puszkach i plastikowych pojemnikach oraz nasiona maku pokazane w tabeli 1. Dodatkowo analizom poddano nasiona maku pochodzące od różnych producentów, głównie z Węgier i Czech. Do oznaczeń pobierano po pięć gramów opisanych powyżej produktów, które, wytrząsając, macerowano przez 60 min w 20 ml metanolu z dodatkiem kwasu mrówkowego (0,1%). Uzyskane maceraty wirowano przy 9000 obr./min. Następnie pobierano 200 µl supernatantu i rozcieńczano (700 µl 0,1% wodnego roztworu kwasu mrówkowego o stężeniu jak wyżej). Jako wzorce wewnętrzne zastosowano deuterowe pochodne morfiny i kodeiny (morfin-D3 i kodeina-D3 w ilości prowadzącej do stężenia 20 mg/kg). Próbkę analizowano metodą chromatografii cieczowej sprzężonej ze spektrometrią mas (HPLC-MS) z zastosowaniem aparatu Waters 2695 Alliance połączonego ze spektrometrem mas Quattro Micro firmy Micromass. Rozdział składników prowadzono przy użyciu kolumny Purospher Star (55 × 4 mm) z wypełnieniem RP-18e (3 µm) firmy Merck. Detektor masowy pracował w trybie monitorowania wielu reakcji (MRM). Zastosowano jonizację dodatnią przez elektrorozpylanie (ESI). Granica oznaczalności dla morfiny i kodeiny wynosiła 1 mg/kg.

3. Wyniki i dyskusja

Wyniki badań przedstawiono w tabeli 1. Stężenie morfiny w drożdżówkach z makiem wynosiło 25–29 mg/kg. Było ono stosunkowo wysokie, biorąc pod uwagę proces przygotowania (gotowanie i pieczenie). Procesy te

powinny zmniejszyć stężenie morfiny do 10% wartości początkowej (Spröll, Perz, Buschmann, Lachenmeier, 2007). W innych produktach typu makowiec wynosiło 17–21 mg/kg, a w gotowych masach makowych stwierdzono morfinę w ilości 7–40 mg/kg.

Wielkość pojedynczej porcji makowca zależy od osobniczych upodobań żywieniowych i prawdopodobnie tuszy. Masa przeciętnej porcji ciasta mieściła się w zakresie 59–188 g (średnia 96 g, mediana 84 g), co ustalono na podstawie wyboru grubości kawałka dokonanego przez 6 osób (pracowników laboratorium). Porcja makowca i drożdżówek z makiem zawierała średnio około 25% masy makowej, czyli około 25 g. Biorąc pod uwagę tę ilość oraz średnią zawartość morfiny w masie makowej (ok. 22 mg/kg), uzyskuje się potencjalną dawkę morfiny wynoszącą 0,55 mg. Podobne wyniki badań opublikowali Jankovicová i współpracownicy (2009). Dostępne w UE produkty bogate w mak (z wyłączeniem produktów jedynie posypanych makiem) dostarczają dawkę morfiny w zakresie 2,48–375 mg/kg m.c. (EFSA, 2011). Oszacowana przez autorów tego artykułu dawka wynosiła maksymalnie około 8 mg/kg m.c., a więc była stosunkowo niska, porównując do dawki podanej przez EFSA. Zatem przyjęcie pojedynczej porcji produktów spożywczych z makiem dostarczonych do badań nie przekraczało dawki referencyjnej (0,7 mg), w związku z czym powinno być bezpieczne.

Nasiona maku importowane z Czech zawierały znacznie wyższe stężenia morfiny w granicach 145–310 mg/kg w porównaniu do produkowanych na Węgrzech (14–26 mg/kg; tabela 2). Niższe stężenia morfiny (0,6–11,9 mg/kg) w nasionach pochodzących z Holandii, Turcji i Australii wykazali Meadway, George i Braithwaite (1998). Badania prowadzone w Instytucie Ekspertyz Sądowych potwierdziły, że zawartość morfiny w nasionach maku pochodzącym z Węgier nie przekraczała określanego regulacjami prawnymi maksymalnego dopuszczalnego stężenia morfiny wynoszącego 30 mg/kg.

Spożycie 40 g porcji surowych nasion maku dostarczającej dawkę morfiny w wysokości 2,5 mg prowadzi do uzyskania dodatnich odczytów w badaniach przesiewowych moczu metodami immunochemicznymi w kierunku opiatów (Hayes, Krasselt, Mueggler, 1987). Podobne wyniki uzyskano również w Instytucie Ekspertyz Sądowych. W badaniach Hayes, Krasselt i Mueggler (1987) stężenie wolnej morfiny w surowicy wynosiło 3 ng/ml po 3 h od przyjęcia 40 g porcji nasion maku.

Dawka morfiny w 40 g nadesłanych do badań nasion maku nie przekraczała 1,6 mg, natomiast dawka morfiny w nasionach maku pochodzących z Czech mieściła się w zakresie 5,8–12,4 mg. Aby uzyskać najniższą działającą dawkę doustną morfiny, należałoby zatem zjeść około 380 g ciasta, co odpowiada 4 przeciętnym porcjom zawierającym 53 g węgierskich nasion lub około 7 g nasion

czeskich. Aby osiągnąć we krwi najniższe stężenie terapeutyczne morfiny (10 ng/ml) stanowiące jednocześnie rekomendowany próg przy testowaniu kierowców, które uzyskuje się po przyjęciu 12 mg morfiny, należałoby zjeść 2,1 kg ciasta, czyli około 22 porcje lub 300 g nasion z Węgier albo 40 g nasion z Czech, co w przypadku czeskiego produktu stanowi cztery kopiate łyżki stołowe. Spożycie tak dużych ilości maku (prowadzących do stężeń równoważnych stężeniom terapeutycznym) jest możliwe. Wysokie stężenie morfiny w maku pochodzącym z Czech może prowadzić do zwiększenia zawartości tego alkaloidu w gotowych produktach spożywczych.

4. Podsumowanie

Wysoka zawartość morfiny w nasionach maku determinuje jej poziom w półproduktach i gotowych produktach spożywczych. Tym samym większe jej spożycie prowadzi do wzrostu stężeń w moczu lub krwi wystarczających do uzyskania pozytywnego wyniku, chociażby przy użyciu testerów narkotykowych stosowanych w badaniach kierowców lub w miejscu pracy. Znane jest również zjawisko używania maku spożywczego jako źródła pozyskiwania środka odurzającego (spożycie takiej ilości maku, która prowadzi do stężeń morfiny odpowiadających stężeniom terapeutycznym, jest możliwe). Sposobem uniknięcia tego procederu byłoby stosowanie właściwych praktyk przy produkcji maku.