

Možný léčebný účinek fermentovaných potravin

prof. MUDr. František Kopřiva, Ph.D.¹, MUDr. Denis Dvořák¹, MUDr. Jitka Pallerová²

¹Dětská klinika, FN a UP Olomouc

²lékař, Olomouc

Nezdravý životní způsob moderního člověka a negativní vlivy prostředí vedou k narušení rovnováhy střevní mikrobioty a nárůstu chronických neinfekčních (nepřenosných) onemocnění a zvýšené aktivity chronického zánětu v těle a zvýšenému riziku metabolického syndromu, diabetu, obezity, nádorů, autoimunitních onemocnění atd. Jednou z možností, jak podpořit variabilitu a růst mikrobioty, je zvýšený podíl fermentovaných potravin ve stravě, které tak obnovují „zdravou“ rovnováhu bakterií ve střevě a snižují aktivitu zánětlivé odpovědi.

Klíčová slova: fermentované potraviny, kvašení, covid-19, zánět.

The possible therapeutic effect of fermented foods

The unhealthy lifestyle of modern man and the negative effects of the environment lead to the disturbance of the balance of the intestinal microbiota and an increase in chronic non-infectious (non-communicable) diseases and increased activity of chronic inflammation in the body and an increased risk of metabolic syndrome, diabetes, obesity, tumors, autoimmune diseases, etc. One of the possibilities to support the variability and growth of the microbiota is to increase proportion of fermented foods in diet, which restore the „healthy“ balance of bacteria in the intestine and reduce the activity of the inflammatory response.

Key words: fermented foods, fermentation, covid-19, inflammation.

Strava moduluje střevní mikrobiotu, která ovlivňuje náš imunitní systém. Ihned po narození začínají mikroorganismy osídlovat zažívací ústrojí a postupně vzniká střevní mikrobiota. Naše tělo je s těmito mikroorganismy v symbióze. Ve druhém roce života dochází ke stabilizaci individuální mikrobioty jedince. V dalších letech můžeme ovlivňovat její složení jen přibližně kolem 40%, a to především zdravou stravou – s vysokým obsahem vlákniny i fermentovanými potravinami. Mít mikrobiotu „ve zdravé kondici“ je jedním z předpokladů zachování celkového zdraví. Nezdravý životní způsob moderního člověka a negativní vlivy prostředí vedou k „westernizaci“ střevní mikrobioty – dysbióze, což je příčinou nárůstu chronických neinfekčních (nepřenosných) onemocnění, chronického zánětu v těle a zvýšenému riziku metabolického syndromu, diabetu, obezity, nádorů, autoimunitních onemocnění atd. Již delší dobu je doporučována potrava s vyšším obsahem vlákniny,

kteřá zvyšuje diverzitu mikrobioty a pozitivně působí na střevní metabolismus, neboť zvyšuje podíl mastných kyselin s krátkým řetězcem (SCFA), což moduluje imunitní odpověď. Ale v poslední době se pozornost obrátila zpět na fermentované potraviny, které podporují růst a variabilitu mikrobioty a obnovují tak „zdravou“ rovnováhu bakterií ve střevě a snižují aktivitu zánětlivé odpovědi.

Fermentované potraviny jsou silné modulatory osy mikrobiota/imunita lidského organismu vedoucí k obnovení její rovnováhy potlačující negativní vlivy moderní doby a přehnanou aktivitu zánětu v těle (1).

Fermentované potraviny

Zpracování přebytků z lovu započalo již v mladší době kamenné, což umožnilo uchovávání potravin na horší časy a bylo jednou z příčin přežití našich předků. Přirozených možností nebylo mnoho: chlad, sušení či te-

plná úprava. Později, s rozvojem zemědělské výroby se pro uchování sklizené úrody začala využívat fermentace potravin – kvašení či kysání – což umožnilo jejich delší využitelnost. Uvádí se, že je známá již 6000 let před naším letopočtem. Fermentovat tak začali lidé proto, aby zabránili zplsnivění a hnilobě potravin. Prodloužila se tak nejen jejich trvanlivost, ale současně i stravitelnost. V 19. století Louis Pasteur na žádost francouzské armády hledal příčinu zkažení vína a přitom prokázal, že původcem kvašení jsou mikroorganismy. A Eduard Buchner zjistil, že vlastní fermentaci zajišťují enzymy těchto mikroorganismů.

Fermentace potravin může probíhat dvěma různými způsoby: za přístupu vzduchu (aerobní kvašení, například octové kvašení nebo citronové kvašení), 2. bez přístupu vzduchu (anaerobní kvašení, například alkoholové či mléčné kvašení). Při procesu fermentace vzniká např. alkohol, kyselina

mléčná nebo kyselina octová, které fungují jako přírodní konzervanty.

Klasickou fermentací se nazývá taková, při níž jsou již potřebné mikroorganismy v potravinách obsažené, ale pro fermentační proces je třeba vytvořit odpovídající podmínky k růstu kvasné mikroflóry. Odlišný způsob fermentace vyžaduje přímo přidat k potravinám startovací kultury, které proces fermentace zahájí.

Fermentované potraviny lze vyrobit i v domácích podmínkách a levně. Nejčastěji se takto zpracovává zelí, okurky a další druhy zeleniny. Fermentované potraviny jsou tak „živou stravou“.

Kvašení

V potravinářství se využívá několik forem kvašení. Na prvním místě je to mléčné kvašení – anaerobní kvasný proces, kdy bakterie (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium*) z jednoduchých sacharidů vytvářejí kyselinu mléčnou a případně i další metabolity (těkavé kyseliny, ethanol, oxid uhličitý). *Lactobacillus acidophilus* je součástí střevní mikroflóry. Vzniklá kyselina mléčná zabraňuje rozvoji hnilobných bakterií a podporuje vstřebávání živin. Tato fermentace se používá při zpracování mléka, při výrobě zákysů/kysaných mlék, acidofilního mléka, podmáslí, kefíru, kumysu z kobyliho mléka, jogurtového mléka, jogurtu, tvarohu, sýrů, ale také při konzervaci např. okurek (Tab. 1).

Propionové kvašení je také anaerobní proces kvašení probíhající za přítomnosti bakterií z čeledi *Propionibacteriaceae*, které obvykle navazuje na mléčné kvašení a jehož hlavním produktem je kyselina propionová (tímto způsobem vznikají například výdutě v některých druzích sýrů).

Máselné kvašení, anaerobní štěpení cukrů či kyseliny mléčné na kyselinu máselnou spolu s oxidem uhličitým a vodíkem, se využívá při zrání některých sýrů či při výrobě pšeničného škarobu.

Historicky mezi nejstarší patří alkoholové kvašení, které probíhá jako anaerobní fermentace některých kvasinek a bakterií a z jednoduchých cukrů vzniká ethanol a oxid uhličitý.

Další procesy jsou aerobní – octové kvašení – kvašení bakteriemi rodu *Acetobacter*, přičemž vzniká kyselina octová – kvasný ocet.

Fermentace prováděná plísněmi se nazývá citrónové kvašení a jeho produktem je tak extracelulární metabolit kyselina citrónová, která se používá např. při výrobě tavených sýrů, limonád.

Jedním z nejrozšířenějších je mléčné kvašení, při kterém účinkem bakterií vzniká z jednoduchých sacharidů kyselina mléčná, která zesiluje účinek antioxidantů, má baktericidní účinky a je schopná udržovat rovnováhu střevní mikrobioty a navíc zvýrazňuje chuť.

Fermentovat se dá celá řada potravin – např. mléko, zelenina, ovocné šťávy, luštěniny, mouka, ale i nápoje – fermentované – pivo, víno atd. Nesprávně se používá termín fermentace při zpracování čaje pro proces oxidace, v jehož průběhu čaj získává barvu a aroma.

Domácí fermentované potraviny celosvětově jsou součástí stravy více jak tisíce let a jsou spojeny s kulturní tradicí zemí hlavně na venkově.

Častou bakterií podílejících se na fermentaci jsou již zmíněné bakterie mléčného kvašení – lactobacily, které rozkládají laktózu na kyselinu mléčnou a používají se při výrobě např. kvašeného zelí, kefírů, jogurtů, kefíru, sýrů, tvarohu a kvašené zeleniny obecně. V průběhu fermentace lactobacily tvoří vitaminy a minerály, ale i biologicky aktivní peptidy s antioxidační aktivitou (2).

Živé kultury, jako výsledek kvasného procesu, obsahují např. zakysané mléčné výrobky, nápoj kombucha, zelí kimči, fermentovaná zelenina atd. Ale již zde je třeba upozornit, že ne všechny fermentované potraviny průmyslově vyráběné obsahují živé kultury. Po fermentaci prochází řada z nich dalším zpracováním např. pasterizací, uzením, pečením či filtrací a tyto technologické úpravy přímo živé mikroorganismy zabíjejí nebo je z potravin odstraňují.

Fermentované potraviny a doba covidová

V průběhu dvou let byla světová populace zasažena několika vlnami mutací viru SARS-CoV-2 – delta, omikron, kentaur atd. Již

v průběhu roku 2021 byly publikovány práce, které upozornily na velké rozdíly ve výskytu a v úmrtnosti na covid-19 mezi zeměmi i dokonce mezi regiony téže země. Autoři se zaměřili na sledování vlivu různých faktorů – klimatu, hustoty obyvatelstva, sociální úrovně, věku, fenotypu, obezity – na průběh epidemie. Jedním ze sledovaných vlivů na výskyt onemocnění covid-19 a jeho tíži bylo složení stravy. Při analýze statistických údajů, kterých je celosvětově dostatek, zjistil tým prof. Bousqueta, že úmrtnost na toto onemocnění, vyvolané virem SARS-CoV-2, se celosvětově lišila. Byla nižší v zemích východní Asie, subsaharské Afriky, Středního východu, Indie, Pákistánu a Balkánu. Dokonce se lišily regiony jednotlivých evropských zemí. Podstatným zjištěním v těchto zemích byl nález odlišného rysu stravování – vysoký podíl fermentovaných potravin ve stravě. A tyto překvapivé výsledky o vlivu na průběh onemocnění covidem-19 přinesly nový pohled na mechanismus rozvoje této virové infekce a možnosti ovlivnění tíže jejich negativních vlivů přírodními látkami obsaženými ve „zdravé stravě“ (3).

Virus SARS-CoV-2 se váže svými výběžky (spikes) na povrchu buněk na angiotenzin konvertující enzym 2 (ACE2), jehož nejvyšší exprese je na buňkách epitelu dýchacího ústrojí, jícnu, tenkého střeva a urogenitálního ústrojí.

Protein angiotenzin konvertující enzym 2 hraje významnou roli v systému renin-angiotenzin-aldosteron. Tento systém se podílí na udržování homeostázy organismu, kontrole krevního tlaku, hladin minerálů atd. Angiotenzin konvertující enzymu (ACE) je přítomen v plicích, v krevní plazmě i ve stěně cév. Štěpí angiotenzin I (AI) na účinný angiotenzin II, který působí vazokonstrikčně, aktivuje sympatikus, stimuluje tvorbu aldosteronu a dále rozkládá i silný vazodilatátor bradykinin (4).

Tab. 1. Přehled forem kvašení

Fermentace	Produkty	Mikroorganismy
Etanolová	Etanol, CO ₂	Kvasinky (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)
Mléčná	Kyselina mléčná	Bakterie (<i>Strep. sp.</i> , <i>Lactobacillus delbrückii</i> a <i>bulgaricus</i>)
Směšaná kyselinotvorná	Kyselina mléčná a octová, etanol, O ₂ , H ₂	Střevní bakterie (<i>Escherichia</i> , <i>Salmonella</i> aj.)
Aceton-butanolová	Aceton, butanol, etanol	Některá klostridia (<i>C. acetobutylicum</i> a <i>C. butylicum</i>)
Máselná	Máselná kyselina	Některá klostridia (<i>C. butyricus</i>), <i>Eubacterium</i> aj.)
Butandiolová	Butandiol, kyselina mléčná a octová, CO ₂ , H ₂	<i>Serratia</i> , <i>Acetobacter aerogenes</i> , <i>Bacillus polymyxa</i> a <i>B. subtilis</i>
Propionová	Kyselina propionová	Rod <i>Propionibacterium</i>
Glycerolová	Glycerol	Rod <i>Bacillus</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>

Receptor angiotenzin konvertujícího enzymu 2 (ACE2) je součástí duálního renin-angiotenzinového systému – skládajícího se z jedné cesty: ACE-angiotenzin-II-AT₁R, která dominuje u covid onemocnění, a druhé cesty: vzniku ACE-2-angiotenzin-(1-7)-Mas (mitochondriální). Když virus SARS-CoV-2 vstoupí do buňky, vybudí v endoplazmatickém retikulu (ER) stresové reakce spojené se zvýšeným oxidačním stresem – akumulaci reaktivních forem kyslíku (ROS). Oxidační stres vyvolává u závažného průběhu infekce covid-19 inzulinovou rezistenci, cytokinovou bouři s poškozením plic a endotelu (Obr. 1).

Oxidační stres

Nadměrná tvorba a/nebo nedostatečné odstraňování reaktivních forem kyslíku, jejichž množství je kontrolováno antioxidanty, resp. snížení kapacity antioxidačního systému, vede k oxidačnímu stresu (OS). Reaktivní formy kyslíku, jako je peroxid vodíku a superoxidový anion, mají nejen toxické účinky, ale i příznivé účinky na buněčné funkce. ROS poškozuji

nukleové kyseliny, lipidy a proteiny. Naproti tomu jsou prospěšné, neboť mohou aktivovat buněčnou proliferaci, detoxifikaci, reparaci DNA nebo spouštět proces apoptózy.

Transkripční faktor Nrf2 je nejúčinnějším antioxidantem u lidí regulující transkripci řady cytoprotektivních genů a podílí se na udržování homeostázy. Nrf2 potlačuje zvýšenou tvorbu IL-6 a dalších prozánětlivých cytokinů a chemokínů. Při nedostatečné aktivitě Nrf2 se rozvíjí OS a zvyšuje se aktivita dalších transkripčních faktorů – jaderného faktoru-kappa b (NFκB) a AP-1 (aktivátorový protein 1), tím i tvorba prozánětlivých cytokinů a prohlubuje se zánětlivá odpověď (Tab. 2).

Některé přírodní látky, které jsou součástí stravy získané z rostlin, zeleniny a hub, ale také

fyzická cvičení mohou zvyšovat antioxidační aktivitu Nrf2. Mnoho potravin má antioxidační vlastnosti, např. resveratrol, quercetin, zelený čaj, sulforan, borůvky, hořká čokoláda atd. Jejich hlavní antioxidační účinek je aktivace Nrf2. Při studiu pacientů s covidem-19 a porovnáním počtu úmrtí v různých zemích byla vyslovena hypotéza o možném vlivu potravin – syrové a fermentované zeleniny, ovlivňující aktivitu Nrf2 a následně tíži onemocnění covidu-19 u pacientů (5, 6).

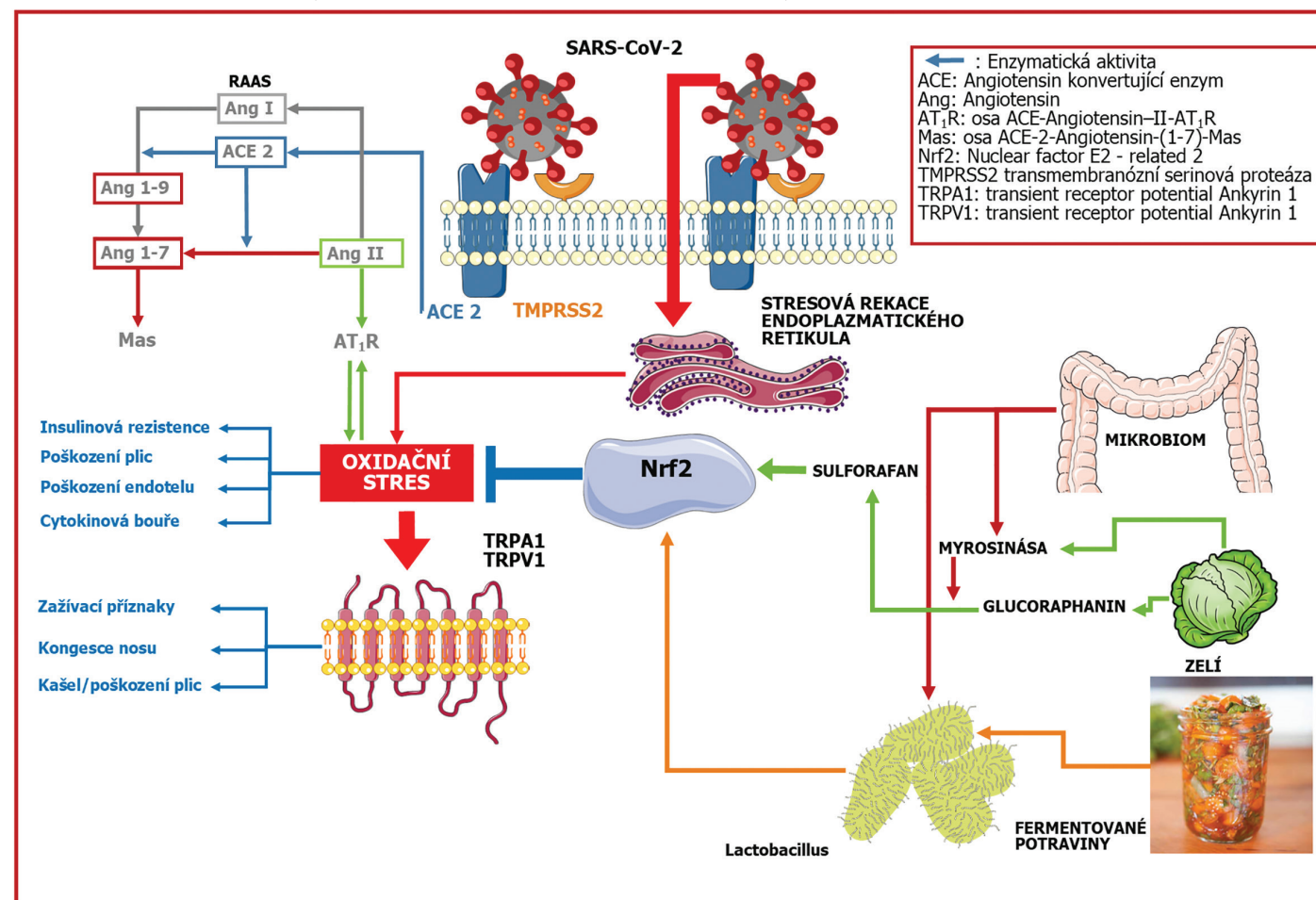
U obyvatel rozvojových zemí, s nižšími příjmy a na venkově jsou fermentované potraviny větší složkou jejich stravy, a to „živou stravou“.

Živé kultury obsahují např. fermentovaná zelenina, zakysané mléčné výrobky atd.

Tab. 2. Látky ovlivňující Nrf2 (Nuclear factor E2 – related 2), volně upraveno dle Bousquet et al. 2020

Komponenta v potravine	Potraviny
Resveratrol	Červené hrozny, černý rybíz, borůvky, moruše
Curcumin	Kurkuma
Catechiny	Zelený čaj
Sulforafan	Brokolice, zelí, růžičková kapusta
Kyselina oleanová	Olivovník evropský

Obr. 1. Interakce mezi fermentovanými potravinami a antioxidačním transkripčním jaderným faktorem Nrf2, upraveno dle Bousquet et al. 2021 (6)



Častou bakterií podílejících se na fermentaci je *Lactobacillus* – např. kvašené zelí, kefir, kimchi atd. Klíčová role fermentovaných potravin tkví v pozitivním ovlivnění složení střevní mikrobioty, a proto mohou hrát roli i v obraně proti infekci vyvolané covidem-19, který vyvolává střevní dysmikrobii. Bakterie mléčného kvašení – *Lactobacillus* zvyšuje aktivitu Nrf2. Další látkou silně aktivující signální dráhu Nrf2-Keap1 (represor Keap1-Kelch like erythroid cell derived protein with CNC homology [ECH]-associated protein 1 – řídí buněčnou odpověď na stres vyvolaný reaktivními formami kyslíku ROS) je sulforan, který je obsažen u zástupců čeledi brukvovitých – brokolici, brukvi čínské, zelí, kapustě, řepišce, květáku, hořčici atd. Aktivace Nrf2 snižuje překvapivě i intoleranci inzulinu.

Nepřímé potvrzení vlivu stravy na průběh epidemie covidem-19 jsou získané údaje o onemocnění z chudinských čtvrtí menšin „slumů“, kde je téměř omezování sociálních kontaktů, potažmo lockdown nemožné dodržovat. Překvapivé údaje byly zjištěny např. v Bombaji, kde 57 % obyvatel „slumů“ mělo pozitivní protilátky proti covidu-19, oproti

16 % obyvatel z jiných čtvrtí města. Přitom byla smrtnost v chudinských čtvrtích překvapivě nízká jen 0,05–0,1%! Spekulovalo se i o vlivu vyšší teploty a prostředí např. brazilské favely. Ale na první místo v úvahách se dostal pozitivní vliv fermentovaných potravin, které se v chudinských čtvrtích konzumují více a jsou oblíbené. Na rozdíl od obyvatel průmyslově rozvinutých, bohatých zemí, kteří konzumují čím dále menší množství fermentované zeleniny a zakysaných mléčných výrobků s nižším množstvím a nižší aktivitou bakterií, způsobené navíc dalším zpracováním fermentovaných potravin – pasterizací, uzením, pečením či filtrací. Tyto technologické úpravy živé mikroorganismy přímo zabíjejí nebo je z potravin odstraňují. Neplatí tedy, že všechny dostupné fermentované potraviny na trhu obsahují živé kultury (7).

Závěr

V průběhu covidové epidemie a hledání možných cest snížení komplikovaných průběhů onemocnění jsme překvapivě objevili aktivitu fermentovaných potravin obsahující *lactobacily* a např. sulforan, které zvyšují antioxidační aktivitu Nrf2 a snižují nebo až

eliminují negativní vliv ROS v průběhu covidové infekce vyvolané převahou AT1R cesty. Potlačují příznaky covid-19 onemocnění – kašle, obstrukce nosu, zažívacích symptomů a ztráty chuti a dokonce mohou ovlivnit i tíži samotného onemocnění.

Současně se prokázalo, že fermentované potraviny jsou schopné potlačit i tíži chronického zánětu a tím snižují riziko metabolického syndromu nebo i autoimunitních onemocnění. Fermentované potraviny obnovují rovnováhu střevní mikrobioty a tím i metabolismus tryptofanu a interakci mezi střevem/mozkem. A tak se podílí na zmírnění úzkosti či deprese a můžeme je tak řadit mezi psychobiotika.

Zařazení většího množství fermentovaných potravin do jídelníčku se jeví, na podkladě uvedených poznatků, jako možná prevence „neinfekčních civilizačních nemocí“ a jsou cestou k obnově evolučně důležitých vzájemných vztahů mezi mikrobiotou a imunitním systémem. Fermentované potraviny by mohly pomoci snižovat negativní vlivy průmyslového zpracování potravin na cestě ke spotřebiteli, při kterém dochází ke ztrátám alimentárních mikrobů, i při obnově tolik potřebné diverzity mikrobioty.

LITERATURA

1. Wastyk HC, Fragiadakis GK, Perelman D, et al. Gut-microbiota-targeted diets modulate human immune status. *Cell*. 2021;184:4137–4153. doi: 10.1016/j.cell.2021.06.019.
2. Mathur H, Beresford TP, Cotter PD. Health Benefits of Lactic Acid Bacteria (LAB) Fermentates. *Nutrients*. 2020;12:1679–1695. doi: 10.3390/nu12061679.
3. Iddir M, Brito A, Dingeo G, et al. Strengthening the immune system and reducing inflammation and oxidative stress through

4. Bultas J. Osa renin-angiotenzin-aldosteron – půl století od objasnění funkce a stále nová překvapení. *Remedia*. 2008;2:120–129.
5. Pall ML, Levine S. Nrf2, a master regulator of detoxification and also antioxidant, anti-inflammatory and other cytoprotective mechanisms, is raised by health promoting factors. *Sheng Li Xue Bao*. 2015;67:1–18.

6. Esgalhado M, Stenvinkel P, Mafra D. Nonpharmacologic Strategies to Modulate Nuclear Factor Erythroid 2–related Factor 2 Pathway in Chronic Kidney Disease. *Journal of Renal Nutrition*. 2017;27:282–291. doi: 10.1053/j.jrn.2017.01.022. Epub 2017 Mar 24.
7. Bousquet J, Anto JM, Czarlewski W, Haahela T, et al. Cabbage and fermented vegetables: From death rate heterogeneity in countries to candidates for mitigation strategies of severe COVID-19. *Allergy*. 2021;76:735–750.