

Kurkumina – prozdrowotny barwnik kurkumy

Curcumin – health-promoting pigment of turmeric

SYLWIA PRZYBYLSKA

Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Od wieków człowiek wykorzystuje naturalne produkty roślinne nie tylko do celów kulinarnych, ale i leczniczych. Tysiące z nich produkowane jest przez rośliny wyższe w postaci wtórnych metabolitów jako naturalna obrona przed chorobami. Indyjski system medycyny holistycznej, znany jako Ajurweda, używa preparatów na bazie roślin w leczeniu różnych chorób, w tym i raka. Z substancji leczniczych wprowadzanych do użytku, szczególnie znaczenie mają te pochodzące z naturalnych źródeł. Większość produktów roślinnych ocenionych doświadczalnie wydaje się być w ogóle nietoksyczna. Wśród naturalnych substancji roślinnych, która w ostatnim czasie zyskuje duże znaczenie nie tylko ze względu na właściwości barwiące, ale i biologiczną aktywność jest kurkumina. Związek, który posiada szeroki zakres działania terapeutycznego, w tym działanie przeciwzapalne, przeciwnowotworowe, przeciwutleniające i przeciwbakteryjne. Liczne badania naukowe wskazują również na możliwy korzystny wpływ kurkuminy w zapobieganiu i leczeniu choroby Alzheimera oraz chorób układu sercowo-naczyniowego. Z uwagi na wielostronne działanie prozdrowotne, jakie kryje w sobie kurkumina, wskazana jest jej obecność w codziennej diecie człowieka.

Słowa kluczowe: kurkumina, barwnik, właściwości prozdrowotne, kurkuma

For centuries humans have used natural plant products not only for culinary but also for medicinal purposes. Thousands of them are produced by higher plants as secondary metabolites for a natural defense against diseases. The Indian system of holistic medicine known as Ayurveda uses plant-based preparations in treatment of various ailments and diseases, including cancer. Among substances applied as medicines, the compounds of particular importance are those derived from natural sources. The majority of plant products evaluated experimentally seem to be nontoxic. Curcumin is one of the natural plant substances that has recently gained importance not only because of the coloring properties, but also due to its biological activity. This compound has a wide range of therapeutic effects, i.e. anti-inflammatory, anti-carcinogenic, antioxidant and antibacterial. Numerous scientific studies also indicate possible beneficial effects of curcumin in the prevention and treatment of Alzheimer's disease and cardiovascular diseases. Due to the multilateral health-promoting effect of curcumin, its presence in the daily human diet is advisable.

Key words: curcumin, dye, health benefits, turmeric

© Probl Hig Epidemiol 2015, 96(2): 414-420

www.phie.pl

Nadesłano: 05.03.2015

Zakwalifikowano do druku: 13.05.2015

Adres do korespondencji / Address for correspondence

dr inż. Sylwia Przybylska

Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny

ul. Papieża Pawła VI/3, 71-459 Szczecin

tel. 507 64 95 37, e-mail: Sylwia.przybylska@zut.edu.pl

Wprowadzenie

Kurkumina jest związkiem pochodzenia roślinnego, uzyskiwanym z kłączy ostrzyżu długiego (*Curcuma longa* L.) zwanego kurkumą lub szafranem indyjskim [1]. Ostrzyż długi należy do rodziny imbirowatych i na szeroką skalę uprawiany jest w Azji południowo-wschodniej [2]. Ważnym jego producentem są Chiny, ale światową potęgę w jego uprawie stanowią Indie [3].

Kłącze kurkumy jako przyprawa szeroko wykorzystywane jest w kuchni azjatyckiej dla nadania żywności żółtej barwy oraz charakterystycznego smaku i zapachu [4]. Powszechnie kurkuma jest znana z kulinarnego wykorzystania jako składnik „Curry” [5].

Kłącze kurkumy posiada wiele zalet żywieniowych. Jest bogatym źródłem energii; 100 g dostarcza

ok. 390 kcal [6]. Cechą charakterystyczną jest wysoka zawartość węglowodanów, głównie skrobi (69,4%). Zawiera również białko w ilości 6,3% oraz tłuszcz 5,1% [7]. Obecne są także składniki mineralne: wapń, żelazo, potas i sód oraz witaminy: tiamina (0,09 mg/100 g), ryboflawina (0,19 mg/100 g), niacyna (4,8 mg/100 g) i kwas askorbinowy (50 mg/100 g) [8].

O przyjemnym aromacie kurkumy świadczy obecność olejków eterycznych w ilości od 2 do 7% [9]. W składzie identyfikowanych substancji zapachowych przoduje ar-turmeron (25,3%), następnie α -turmeron (18,3%) i β -turmeron (12,5%). W mniejszych ilościach występuje β -caryophyllen (2,26%), eucaliptol (1,6%) i α -phellanderen (0,42%) [10].

Do substancji najbardziej aktywnych kurkumy należą związki polifenolowe określane jako kurkumi-

noidy, stanowiące od 3 do 5% [11]. W skład kurkuminoid wchodzi: kurkumina, demetoksykurkumina, bisdemetoksykurkumina i cyklokurkumina [12]. Spośród wszystkich związków kurkumy najbardziej cenna jest kurkumina [13, 14].

Niniejsza praca poglądowa ma na celu przedstawienie charakterystyki kurkuminy pod względem jej właściwości barwiących, jak i prozdrowotnych. Ponadto wiedza na temat tej substancji, zebrana w oparciu o analizę piśmiennictwa, pomoże lepiej zrozumieć i poznać wielokierunkowe i jakże korzystne jej działanie.

Kurkumina – naturalny barwnik żywności

Barwniki naturalne, w tym i kurkumina, odgrywają istotne znaczenie w kształtowaniu barwy żywności. Dla przemysłu spożywczego barwa jest ważnym atrybutem jakości produktu i odgrywa istotną rolę w organoleptycznej jego akceptacji przez konsumenta. Ze zdrowotnego punktu widzenia istnieje potrzeba ograniczenia stosowania barwników syntetycznych na rzecz naturalnych substancji barwiących [15]. Z uwagi na to w ostatnich latach obserwuje się rosnące zainteresowanie producentów żywności m.in. kurkumina, która swoją popularność zyskuje dzięki tworzeniu stabilnej barwy żywności i udokumentowanym właściwościami leczniczym.

Cząsteczka kurkuminy została po raz pierwszy wyizolowana z kurkumy w 1815 r., natomiast w 1910 r. polscy chemicy ustalili jej strukturę przestrzenną [16]. Kurkumina (ryc. 1) jest barwnikiem polifenolowym o nazwie systematycznej [(1E,6E)-1,7-bis(4-hydroksy-3-metoksyfenyl)-1,6-heptadien-3,5-dion] [17].

Znana również jako diferuloilmetan stanowi w kłączach kurkumy 5-10% suchej masy [18]. Może występować w dwóch postaciach tautometrycznych: keto- i enolowej [19]. Wykazuje dobrą rozpuszczalność w etanolu, acetonie, metanolu i w olejach, ale bardzo słabą w wodzie [20]. Żywności nadaje żółtopomarańczowe zabarwienie. W międzynarodowej numeracji wpisana jest jako dodatek do żywności pod symbolem E100 [21]. W postaci handlowej występuje jako: olejek o zawartości 3-5% kurkuminy, oleożywica o zawartości 37-55% kurkuminy lub w postaci oczyszczonej kurkuminy z nośnikiem [22]. Jest odporna na ogrzewanie (<120°C) oraz działanie kwasów (stabilna w zakresie pH 2,5 do 6,5). Wykazuje natomiast dużą wrażliwość na światło i SO₂. Pod wpływem promieniowania UV oraz środowiska zasadowego szybko ulega degradacji do trans-6-(4'-hydroksy-3'-metoksyfenilo)-2,4-dioksyo-5-heksanolu, waniliny, kwasu ferulowego i ferulometanu [23]. W środowisku kwaśnym kurkumina wykazuje żywy odcień żółty, który w środowisku zasadowym przesuwa się do czerwono-brązowego [24]. W przemyśle

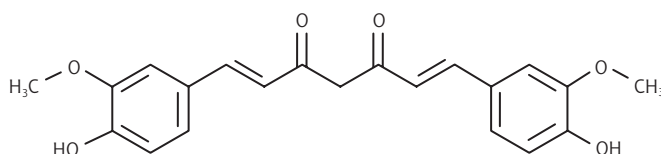
spożywczym kurkumina jest stosowana do produktów piekarniczych, cukierniczych, mlecznych, musztard, konserw warzywnych i napoi (tab. I). W mieszankach z anatto używana jest do barwienia margaryn, sosów majonezowych i przyprawowych. Jako jedyny barwnik znajduje zastosowanie w poprawie barwy suszonych ziemniaków w postaci granulatu i płatków.

Ekstrakty o małej zawartości kurkuminy (do 5%) oprócz funkcji barwiącej nadają produktom silny smak i zapach [26].

Komitet Ekspertów m.in. Dodatków do Żywności (JECFA) ustalił tymczasową wartość ADI dla kurkuminy na poziomie 0-3,0 mg/kg m.c. (max. 250-320 mg/kg masy ciała) [27].

Biodostępność kurkuminy dostarczanej z żywności jest niewielka ze względu na hydrofobowy charakter cząsteczki. Słaba absorpcja z jelita i szybki rozkład w wątrobie powoduje niski jej poziom w osoczu, poniżej 1 μmol [28]. Najwyższe stężenie kurkuminy obserwuje się 1-2 godziny po spożyciu. W celu poprawienia rozpuszczalności hydrofobowej kurkuminy i zwiększenia jej biodostępności stosuje się kompleksy z jonami metali Zn²⁺, Cu²⁺, Mg²⁺, Se²⁺, a także z albuminami [29]. Przyswajalność kurkuminy może być również zwiększona przez dodatek piperyny, nanocząsteczek, liposomów, fosfolipidów lub stosowanie zmienionych strukturalnie analogów kurkuminy [30].

Kurkumina, dzięki swoim właściwościom barwiącym, odgrywa duże znaczenie w przemyśle spożyw-



Ryc. 1. Wzór strukturalny kurkuminy

Fig. 1. Chemical structure of curcumin

Tabela I. Limity określone dla kurkuminy przy stosowaniu w wybranych produktach spożywczych [25]

Table I. Limits for curcumin quantity in selected foods [25]

Produkt	Zawartość barwnika
Desery i inne produkty mleczne	150 mg/kg
Musztarda	300 mg/kg
Substytuty łososia	500 mg/kg
Zupy	50 mg/kg
Margaryny, inne emulsje tłuszczowe i tłuszcze bezwodne	<i>quantum satis</i>
Dżemy, galaretki	<i>quantum satis</i>
Kiełbasy, pasztesy	20 mg/kg
Suszone ziemniaki w postaci granulatu i płatków	<i>quantum satis</i>
Lody spożywcze	150 mg/kg
Wina aromatyzowane	200 mg/l
Kandyzowane owoce	200 mg/kg
Pieczywo cukiernicze, wyroby ciastkarskie	200 mg/kg
Pasty rybne	250 mg/kg

czym. Stosowana w zakresie limitowanych stężeń (tab. I), pozwala wykreować barwę produktu w kierunku takim, jakiej oczekuje dzisiejszy konsument. Oprócz tego kurkumina kryje w sobie wiele cennych właściwości prozdrowotnych.

Kurkumina – bioaktywny składnik kurkumy

Kurkumina, główny składnik kurkumy, wykazuje bardzo szeroki zakres działania zarówno na poziomie komórki jak i całego organizmu. Związek ten charakteryzuje się bardzo różnorodną aktywnością biologiczną. Może wpływać na wiele biocząsteczek, w tym na białka takie, jak: czynniki transkrypcyjne, czynniki wzrostu, receptory, cytokiny i enzymy m.in. kinazy (tab. II).

Stwierdzono, że kurkumina wykazuje zarówno aktywność antyoksydacyjną, przeciwzapalną, przeciwwirusową, antybakteryjną, przeciwgrzybiczną, a także przeciwnowotworową [33, 34]. Z uwagi na te właściwości wykorzystywana jest w leczeniu wielu chorób, takich jak: cukrzyca, astma, artretyzm, miażdżycy, choroby neurodegeneracyjne oraz inne choroby przewlekłe – nowotwory [35].

Prozdrowotne właściwości kurkuminy

Z punktu widzenia konsumenta żywność bogata w kurkuminę ma istotne znaczenie nie tylko z uwagi na atrakcyjną barwę, ale i z wynikających jej właściwości prozdrowotnych. W organizmie człowieka obecność kurkuminy hamuje rozwój wielu chorób, co bezpośrednio wiąże się z jej wysoką aktywnością antyoksydacyjną. Kurkumina wykazuje silne działanie przeciwutleniające porównywalne z witaminą C i E [36]. W prawidłowym funkcjonowaniu niezbędne jest utrzymanie stanu równowagi pomiędzy szybkością wytwarzania reaktywnych form tlenu, a zdolnością mechanizmów antyoksydacyjnych do ich usuwania. Stan przewlekłego stresu oksydacyjnego może być odpowiedzialny za rozwój niektórych chorób neurodegeneracyjnych (choroba Alzheimera, choroba Parkinsona), chorób układu krążenia, czy chorób nowotworowych [37]. Spożycie kurkuminy neutralizuje w komórce reaktywne formy tlenu, w tym anionorodnik ponadtlenkowy, rodnik hydroksylowy oraz tlenek azotu. Kurkumina powoduje wzrost poziomu wewnątrzkomórkowego glutationu, związku o silnych właściwościach przeciwutleniających [38]. Badania na izolowanych mitochondriach szczurów wykazały ochronne działanie kurkuminy przed oksydacyjnym uszkodzeniem lipidów [39]. Zastosowanie kurkuminy chroni lipidy przed utlenianiem katalizowanym przez jony miedzi i zahamowaniem wzrostu poziomu nadtlenu lipidów oraz przeciwdziała spadkowi zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w utlenionych LDL [40]. Badania na zwierzęcych

Tabela II. Wybrane białka będące celem dla biologicznej aktywności kurkuminy [31, 32]
Table II. Selected proteins that are targets for biological activity of curcumin [31, 32]

Grupa białek	Skrót	Nazwa
Czynniki wzrostu	EGF	naskórkowy czynnik wzrostu
	VEGF	czynnik wzrostu komórek śródbłonna naczyń
	PDGF	czynnik wzrostu pochodzący z płytek krwi
Czynniki transkrypcyjne	TGF- β	czynnik transformujący β
	NF- κ B	jądrowy czynnik transkrypcyjny κ B
	AP-1	czynnik transkrypcyjny aktywowany w odpowiedzi na sygnały zewnątrzkomórkowe
	STAT-3	czynnik transkrypcyjny
	HIF-1	czynnik transkrypcyjny indukowany w stanie niedotlenienia
Kinazy	PKB	kinaza białkowa B
	ERK	kinaza regulująca sygnały zewnątrzkomórkowe
	MAPK	kinazy białkowe aktywowane przez mitogeny
Enzymy (oprócz kinaz)	iNOS	indukowalna syntaza tlenu azotu
	COX-2	cyklooksygenaza-2
	LOX-12	lipooksygenaza-12
	MMP	metaloproteiny macierzy zewnątrzkomórkowej
Cytokiny prozapalne	interleukiny	IL-1, IL-2, IL-5, IL-6, IL-8, IL-12, IL-18
	TNF	czynnik martwicy nowotworu

modelach niedokrwienia mięśnia sercowego podkreślają również znaczenie biologiczne kurkuminy w ochronie układu krążenia. Kurkumina podawana przed i po indukcji niedokrwienia powoduje obniżenie aktywności oksydazy ksantynowej, mieloperoksydazy, a także spadek generowania O_2^- i obniżenie peroksydacji lipidów, przy jednoczesnym wzroście enzymów antyoksydacyjnych: dysmutazy ponadtlenkowej, peroksydazy glutationowej, S-transferazy glutationowej i katalazy [41].

Zaletą kurkuminy jest również jej działanie przeciwzapalne. Jednym z kluczowych elementów odpowiadających za rozwój stanu zapalnego jest aktywność jądrowego czynnika transkrypcyjnego NF- κ B. Do grupy białek, których ekspresja jest regulowana przez czynnik transkrypcyjny NF- κ B należą m.in. interleukiny: IL-1- α , IL-1- β , IL-2, IL-6, IL-8, IL-9, interferony INF γ i INF β , cząsteczki adhezyjne: ELAM-1, ICAM-1 i VCAM-1 oraz enzymy cyklooksygenaza 2 (COX-2), lipooksygenaza 5 (LOX-5), dysmutaza ponadtlenkowa (MnSOD) [42]. Jednym z celów komórkowych kurkuminy jest hamowanie aktywacji NF- κ B poprzez tłumienie aktywności kinazy I κ B. Przeciwzapalne właściwości kurkuminy wynikają z upośledzenia aktywacji NF- κ B i obniżenia ekspresji wielu białek biorących udział w procesie zapalnym m.in. cyklooksygenazy-2 (COX-2) i interleukiny 8 [43]. Kurkumina wykazuje ponadto działanie neuroprotekt-

cyjne w chorobie Alzheimera (AD) [44]. Schorzenie to jest jedną z najczęstszych postaci otępienia u osób w podeszłym wieku i stanowi poważne zagrożenie wśród starzejącego się społeczeństwa. Wiele czynników zaangażowanych jest w jej patogenezę, wśród których wymienia się agregację peptydu β -amyloidu, stres oksydacyjny oraz zmniejszony poziom acetylocholin [45]. Współczesne badania wskazują na możliwą skuteczność kurkuminy w zapobieganiu i leczeniu choroby Alzheimera [46]. Obok hamowania reakcji zapalnych w tej chorobie kurkumina dzięki właściwościom przeciwutleniającym obniża ryzyko uszkodzeń wywołanych stresem oksydacyjnym oraz wpływa na spadek poziomu cholesterolu [47]. Zapobiega powstawaniu i agregacji złogów β -amyloidu, przez co spowalnia progresję choroby Alzheimera [48]. Kurkumina wykazuje również dużą aktywność przeciwnowotworową. Ze względu na zdolność hamowania rozwoju nowotworu na etapie inicjacji i proliferacji komórek złośliwych zaliczana jest do obu grup: blokujących i supresyjnych czynników chemoprewencyjnych [49]. W badaniach na liniach komórek nowotworowych ludzkich i zwierzęcych udowodniono, że kurkumina wykazuje efekt chemoprewencyjny poprzez: hamowanie aktywacji kancerogenu, stymulację detoksykacji kancerogenu, hamowanie angiogenezy i obniżenie zdolności do przerzutów nowotworu [50]. W przypadku badań prowadzonych na ludzkich komórkach nabłonkowych sutka linii nowotworowej MCF-7, wykazano, że kurkumina hamuje aktywność CYP1A1 (enzymu nadrodziny CYP450) odpowiedzialnego za metaboliczną aktywację węglowodorów aromatycznych indukowaną DMBA (7,12-dimetylo-benz[a]antracemem) [51]. Podanie kurkuminy w ilości 1 μ M wpływa na 50% inhibicję aktywności CYP1A1 frakcji mikrosomalnej. Ponadto kurkumina blokuje metaboliczną aktywację DMBA przez obniżenie ilości tworzonych adduktów DMBA-DNA oraz zmniejszenie cytotoksyczności indukowanej DMBA. Badania na zwierzętach wykazały, że kurkumina wpływa na zwiększenie aktywności enzymów detoksykacyjnych fazy II, m.in. S-transferazy glutationu (GST), oksydoreduktazy NAD(P)H chinonowej-1, które poprzez przyłączenie kancerogenów do endogennych ligandów ułatwiają ich wydalanie [52]. Istotne znaczenie odgrywa również kurkumina w hamowaniu angiogenezy procesu związanego ze wzrostem oraz ekspansją nowotworu. Do głównych czynników stymulujących angiogenezę zalicza się: rodzinę cytokin naczyniowo-śródłonkowego czynnika wzrostu VEGF, angiopoetyny-1 i -2, zasadowy czynnik wzrostu fibroblastów bFGF, płytkowy czynnik wzrostu PDGF oraz czynnik martwicy nowotworu TNF α [53]. Kurkumina jest bezpośrednim inhibitorem angiogenezy, poprzez obniżenie ekspresji kluczowych proangiogennych białek VEGF i bFGF [54]. W procesy neowaskularyzacji oraz przerzutowania zaangażowa-

ne są również metaloproteiny (MMPs) – enzymy, które posiadają zdolność degradacji komponentów macierzy pozakomórkowej, ułatwiając w ten sposób przerzutowanie komórek nowotworowych do miejsc wtórnych poprzez naczynia krwionośne i limfatyczne [55]. Wykazano, że kurkumina hamuje aktywność żelatynazy A (MMP-2) i żelatynazy B (MMP-9), obniżając migrację i zdolność komórek nowotworowych do przerzutów do miejsc wtórnych. Kurkumina podawana w dawkach spożywczych myszom z wszczepionym rakiem sutka, znacząco zmniejsza częstość występowania przerzutów tego nowotworu do płuc poprzez upośledzenie aktywacji NF-kB, metaloproteiny 9 (MMP-9) i COX-2 [56]. Zastosowanie kurkuminy w stężeniu 10 μ M w przypadku ludzkich komórek raka wątrobowokomórkowego linii SK-Hep-1 wpływa natomiast na obniżenie ich migracji oraz zdolności do przerzutowania, dzięki supresji wydzielania żelatynazy B (MMP-9) [57].

Kurkumina może zwiększać działanie niektórych leków przeciwnowotworowych. W komórkach raka piersi (BT-474 z nadekspresją HER-2) w warunkach *in vivo* kurkumina w połączeniu z cytostatykiem – taxolem zmniejsza rozmiary guza w sposób porównywalny do herceptyny [58]. Kardiotoksyczność leków używanych w terapii przeciwnowotworowej stanowi bardzo istotne ograniczenie ich klinicznego stosowania. Z uwagi na to kurkumina dzięki swoim właściwościom antyoksydacyjnym i przeciwzapalnym jest związkiem chroniącym serce przed uszkodzeniami wywołanymi ich działaniem [59]. W badaniach na zwierzętach kurkumina podawana dootrzewnowo w dawce 200 mg/kg masy ciała przez 7 dni przed i 2 dni po zastosowaniu doksorubicyny znacząco redukuje negatywne skutki leku. Stwierdzono złagodzenie wczesnych objawów uszkodzenia serca, takich jak uniesienie załamka ST w badaniu EKG i wzrost częstości skurczów. Zaobserwowano także spadek peroksydacji lipidów i wzrost poziomu endogennych antyoksydantów [60].

Kurkumina odgrywa rolę w prawidłowym funkcjonowaniu układu naczyniowego. Zapobiega dysfunkcji śródbłonna wywołanej przez homocysteinę i hamuje generowanie anionorodnika ponadtlenkowego indukowanego jej obecnością, co potwierdza terapeutyczne znaczenie w leczeniu hiperhomocysteinemii [61]. Prace badawcze nad przeciwmiażdżycowym działaniem ekstraktu z kurkuminy – prowadzone z wykorzystaniem zwierząt utrzymywanych na diecie wysokocholesterolowej – wykazują jej korzystne oddziaływanie. Podawanie ekstraktu z kurkuminy redukuje stres oksydacyjny i ogranicza tworzenie się nacieków tłuszczowych na ścianach tętnic [62]. Kurkumina wykazuje ponadto hamujący wpływ na agregację płytek krwi wywołaną arachidonianem, adrenaliną i kolagenem. Zahamowanie aktywności cy-

kolooksygenazy (COX) w płytkach krwi pod wpływem kurkuminy ogranicza syntezę TXA_2 , ale uaktywnia szlak przemiany arachidonianu przy udziale lipooksygenazy, prowadząc do powstania kwasu 12-hydroperoksyekoizatetraenowego. Przeciwpłytkowe działanie kurkuminy podobnie jak w przypadku kwasu acetylosalicylowego wynika z hamowania cyklooksygenazy [63].

Kurkumina działa ochronnie na przewód pokarmowy [64]. Badania kliniczne udowodniły, że związek ten zapobiega zaburzeniom trawienia związanym z wymiotami, wzdęciami i odbijaniem. Wykazuje również działanie przeciwrzodowe [65]. Podana w dawce 50 mg/kg masy ciała pobudza wydzielanie mucyny, która powleka ściany żołądka warstwą ochronną. Korzystnie wpływa na pracę wątroby, działając żółciopędnie i żółciotwórczo. Ochronia komórki wątroby w stanach uszkodzeń tego narządu, spowodowanych działaniem różnych czynników hepatotoksycznych, w tym alkoholu, środków ochrony roślin, czterochloru węgla, paracetamolu i alfatoksyn [66].

Kurkumina wykazuje działanie przeciwdrobnoustrojowe. Skutecznie hamuje wzrost ziarniaków Gram-dodatnich, grzybów drożdżoidalnych, laseczek tlenowych *Bacillus* i laseczek beztlenowych *Clostridium* w zakresie stężeń od 10-100 µg/ml [67].

Kurkumina jest jednym z lepiej poznanych pod względem aktywności biologicznej związków, który wykazuje prozdrowotny wpływ na organizm człowieka. Głównym jednak problemem w wykorzystaniu jej w leczeniu różnych schorzeń jest szybki metabolizm w przewodzie pokarmowym, słaba rozpuszczalność w płynach ustrojowych i niska biodostępność. Z uwagi na to istnieje konieczność prowadzenia badań nad zwiększeniem bioprzyswajalności oraz skuteczności działania kurkuminy w warunkach *in vivo*. W terapii

raka piersi na szczególną uwagę zasługuje kurkumina spłaszczana nanocząsteczkami albuminy. W badaniach przeprowadzonych na szczurach koncentracja kurkuminy kapsułkowanej nanocząsteczkami albuminy w osoczu była wyższa (425 ng/ml) w porównaniu z podawaniem wolnej kurkuminy (276 ng/ml) [68]. Większe było również stężenie nanokurkuminy w wątrobie, w płucach i w mózgu.

Podsumowanie

Obecny stan wiedzy pozwala stwierdzić, że kurkumina, aktywny barwnik kurkumy, wykazuje wielokierunkowe działanie terapeutyczne i wydaje się godną polecenia substancją leczniczą. Liczne badania naukowe potwierdzają jej właściwości przeciwutleniające, przeciwzapalne i przeciwbakteryjne. Kurkumina wykazuje ponadto działanie prewencyjne w przypadku schorzeń neurodegeneracyjnych, takich jak choroba Alzheimera i choroba Parkinsona. Najnowsze badania donoszą, również, że kurkumina zmniejsza stopień zaawansowania stwardnienia rozsianego poprzez zmniejszenie przenikania do rdzenia kręgowego komórek wywołujących zapalenie. Obniża ekspresję mRNA i cytokin: IL17, TGF-β, IL-6, IL-21. Kurkumina jest przykładem substancji bioaktywnej w odniesieniu do której istnieją prace udowadniające jej działanie przeciwnowotworowe. Osoby stosujące wysokie jej dawki w diecie, wykazują niższą zachorowalność na raka.

Mimo że biodostępność kurkuminy jest niska po podaniu doustnym, dobrą metodą w zachowaniu zdrowia może być codzienne włączanie jej do diety poprzez dodatek kurkumy. Jedną z możliwości jest picie herbaty z jej dodatkiem oraz stosowanie do mięsa, ryb, warzyw i ryżu.

Piśmiennictwo / References

1. Ravindran PN. Turmeric – The Golden Spice of Life. [in:] Turmeric: The genus Curcuma. Ravindran PN, Nirmal Babu K, Kandaswamy S (eds). CRC PRESS, London 2007: 1-14.
2. Kermanshahi H, Riasi A. Effect of Turmeric Rhizome Powder (*Curcuma longa*) and Soluble NSP Degrading Enzyme on Some Blood Parameters of Laying Hens. *Int J Poult Sci* 2006, 5: 494-498.
3. Madan MS. Turmeric – Production, Marketing and Economics. [in:] Turmeric: The genus Curcuma. Ravindran PN, Nirmal Babu K, Kandaswamy S (eds). CRC PRESS, London 2007: 370-404.
4. Bakhru HK. Herbs that heal: natural remedies for good health. Orient Paperbacks, New Delhi 1997, 164-166.
5. Kumar N, Sakhya SK. Ethnopharmacological properties of *Curcuma longa*: A review. *IJSPR* 2013, 4: 103-112.
6. Tainter DR, Grenis AT. Spices and Seasoning. A Food Technology Handbook. 2nd Ed. Wiley-VCH, New York 2001.
7. Islam F, Karim MR, Shajahan M, et al. Study on the effect of plant spacing on the production of turmeric at farmer's field. *Asian J Plant Sci* 2002, 1(6): 616-617.
8. Lal J. Turmeric, curcumin and our life: a review. *Bull Environ Pharmacol Life Sci* 2012, 1(7): 11-17.
9. Ohshiro M, Kuroyanagi M. Structures of sesquiterpenes from *Curcuma longa*. *Phytochem* 1990, 29(7): 2201-2206.
10. Naz S, Ilyas S, Parveen Z, Javed S. Chemical analysis of Essential oils from turmeric (*Curcuma longa* L.) rhizome through GC-MS. *Asian J Chem* 2010, 22: 3153-3158.
11. Palve YP, Nayak PL. Curcumin: A wonder anticancer drug. *Int J Pharm Biomed Sci* 2012, 3(2): 60-69.

12. Lim S, Park H, Ghafoor K, et al. Quality and antioxidant properties of bread containing turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in South Korea. *Food Chem* 2011, 124: 1577-1582.
13. He XG, Lin LZ, Lian LZ, Lindenmaier M. Liquid chromatography – electrospray mass spectrometric analysis of curcuminoids and sesquiterpenoids in turmeric (*Curcuma longa*). *J Chromatogr* 1998, 818: 127-132.
14. Jayaprakasha GK, Rao LJ, Sakariah KK. Antioxidant activities of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin. *Food Chem* 2006, 98: 720-724.
15. Sowbhagya HB, Smitha S, Sampathu SR, et al. Stability of water-soluble turmeric colourant in an extruded food product during storage. *J Food Engineer* 2005, 67: 367-371.
16. Shishodia S, Chaturvedi MM, Aggarwal BB. Role of Curcumin in Cancer Therapy. *Curr Prob Cancer* 2007, 31: 243-305.
17. Maheshwari RK, Singh AK, Gaddipati J, Srimal RC. Multiple biological activities of curcumin: a short review. *Life Sci* 2006, 78(18): 2081-7.
18. Szczepański MA, Grzanka A. Chemoprewencyjne i przeciwnowotworowe właściwości kurkuminy. *Nowotw J Oncol* 2009, 59: 377-384.
19. Shen L, Ji HF. Theoretical study on physicochemical properties of curcumin. *Spectrochim Acta Part A Mol Biomol Spectrosc* 2007, 67: 619-623.
20. Joe B, Vijaykumar M, Lokesh BR. Biological properties of curcumin-cellular and molecular mechanisms of action. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2004, 44: 97-111.
21. Scotter MJ. Synthesis and chemical characterisation of curcuminoid colouring principles for their potential use as HPLC standards for the determination of curcumin colour in foods. *Food Sci Technol* 2009, 42: 1345-1351.
22. Rutkowski A, Gwiazda S, Dąbrowski K. Komedium dodatków do żywności. *Hortimex, Konin* 2003: 309-310.
23. Wang YJ, Pan MH, Cheng AL, et al. Stability of curcumin in buffer solutions and characterization of its degradation products. *J Pharm Biomed Anal* 1997, 15: 1867-1876.
24. Delgado-Vargas F, Paredes-López O. Natural colorants for food and nutraceutical uses. CRC PRESS, London 2003: 239-243.
25. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych i substancji pomagających w przetwarzaniu. *Dz.U. nr. 232, poz. 1525*.
26. Mosiewicz R. Kolorowa galanteria. *Przem Ferm Owoc Warz* 2003, 7-8: 22.
27. Scientific opinion on the re-evaluation of curcumin (E 100) as a food additive. *EFSA J* 2010, 8: 167.
28. Cheng AL, Hsu CH, Lin JK, et al. Phase I clinical trial of curcumin, a chemopreventive agent in patients with high-risk or pre-malignant lesions. *Anticancer Res* 2001, 21: 2895-2900.
29. Basnet P, Skalko-Basnet N. Curcumin: An anti-inflammatory molecule from a curry spice on the path to cancer treatment. *Mol* 2011, 16: 4567-4598.
30. Anand P, Kunnumakkara AB, Newman RA, Aggarwal BB. Bioavailability of curcumin: problems and promises. *Mol Pharm* 2007, 4: 807-818.
31. Hatcher H, Planalp R, Chob J, et al. Curcumin: From ancient medicine to current clinical trials. *Cell Mol Life Sci* 2008, 65: 1631-1652.
32. Aggarwal BB, Sundaram C, Malani N, et al. Curcumin: the Indian solid gold. *Adv Exp Med Biol* 2007, 595: 1-75.
33. Aggarwal BB, Sung B. Pharmacological basis for the role of curcumin in chronic diseases: an age-old spice with modern targets. *Trends Pharmacol Sci* 2009, 30: 85-94.
34. Shehzad A, Wahid F, Lee YS. Curcumin in cancer chemoprevention: molecular targets, pharmacokinetics, bioavailability and clinical trials. *Arch Pharm* 2010, 343: 489-499.
35. Duvoix A, Blasius R, Delhalle S, et al. Chemopreventive and therapeutic effects of curcumin. *Cancer Lett* 2005, 223: 181-190.
36. Toda S, Miyase T, Arichi H, et al. Natural antioxidants. III. Antioxidative components isolated from rhizome of *Curcuma longa* L. *Chem Pharma Bull* 1985, 33(4): 1725-1728.
37. Wolanin K, Piwocka K. Kurkumina od medycyny naturalnej do kliniki. *Kosmos Probl Nauk Biol* 2008, 57: 53-65.
38. Karunakaran D, Rashmi R, Kumar TR. Induction of apoptosis by curcumin and its implications for cancer therapy. *Curr Cancer Drug Targets* 2005, 5: 117-129.
39. Wei QY, Chen WF, Zhou B, et al. Inhibition of lipid peroxidation and protein oxidation in rat liver mitochondria by curcumin and its analogues. *Biochim Biophys Acta* 2006, 1760: 70-77.
40. Kołodziejczyk J, Wachowicz B. Kurkumina jako naturalny antyoksydant chroniący układ krążenia. *Post Fitoter* 2009, 4: 239-244.
41. Manikandan P, Sumitra M, Aishwarrya S, et al. Curcumin modulates free radical quenching in myocardial ischaemia in rats. *Int J Biochem Cell Biol* 2004, 36: 1977-1990.
42. Pahl HL. Activators and target genes of Rel/NF-kappaB transcription factors. *Oncogene* 1999, 18: 6853-6866.
43. Plummer SM, Holloway KA, Manson MM, et al. Inhibition of cyclo-oxygenase 2 expression in colon cells by the chemopreventive agent curcumin involves inhibition of NF-kappaB activation via the I-kappaB signaling complex. *Oncogene* 1999, 18: 6013-6020.
44. Hamaguchi T, Ono K, Yamada M. Curcumin and Alzheimer's disease. *CNS Neurosci Ther* 2010, 16: 285-297.
45. Benson A. Alzheimer's disease: a tangled issue. *Drug Discov Today* 2005, 10: 749-751.
46. Ji HF, Zhang HY. Multipotent natural agents to combat Alzheimer's disease. Functional spectrum and structural features. *Acta Pharmacol* 2008, 29: 143-151.
47. Ringman JM, Frautschy SA, Cole GM, et al. A potential role of the curry spice curcumin in Alzheimer's disease. *Curr Alzheimer Res* 2005, 2: 131-136.
48. Yang F, Lim GP, Begum AN, et al. Curcumin inhibits formation of amyloid beta oligomers and fibrils binds plaques and reduces amyloid in vivo. *J Biol Chem* 2005, 280: 5892-5901.
49. Wilken R, Veena MS, Wang MB, Srivatsan ES. Curcumin: a review of anti-cancer properties and therapeutic activity in head and neck squamous cell carcinoma. *Mol Cancer* 2011, 10: 1-19.
50. Terlikowska K, Witkowska A, Terlikowski S. Kurkumina w chemoprewencji raka piersi. *Post Hig Med Dośw* 2014, 68: 571-578.
51. Ciolino HP, Daschner PJ, Wang TT, et al. Effect of curcumin on the aryl hydrocarbon receptor and cytochrome P450 1A1 in MCF-7 human breast carcinoma cells. *Biochem Pharmacol* 1998, 56: 197-206.

52. Iqbal M, Sharma SD, Okazaki Y, et al. Dietary supplementation of curcumin enhances antioxidant and phase II metabolizing enzymes in ddY male mice: possible role in protection against chemical carcinogenesis and toxicity. *Pharmacol Toxicol* 2003, 92: 33-38.
53. Markowska J, Szala S. Znaczenie angiogenezy w raku szyjki macicy. Czy ma związek z terapią tego raka? *Nowotw J Oncol* 2005, 5: 390-394.
54. Aribiser JI, Klauber N, Rohnan R, et al. Curcumin as in vivo inhibitor angiogenesis. *Mol Med* 1998, 4: 376-383.
55. Liotta LA, Stetler-Stevenson WG. Tumor invasion and metastasis: an imbalance of positive and negative regulation. *Cancer Res* 1991, 51: 5054-5059.
56. Aggarwal BB, Shishodia S, Takada Y, et al. Curcumin suppresses the paclitaxel induced nuclear factor-kB pathway in breast cancer cells and inhibits lung metastasis of human breast cancer in nude mice. *Clin Cancer Res* 2005, 20: 7490-7498.
57. Holy JM. Curcumin disrupts mitotic spindle structure and induces micronucleation in MCF-7 breast cancer cells. *Mutat Res* 2002, 518: 71-84.
58. Lai HW, Chien SY, Kuo SJ, et al. The potential utility of curcumin in the treatment of HER-2-overexpressed breast cancer: an in vitro and in vivo comparison study with herceptin. *Evid Based Complement Altern Med* 2012, 2012: 486568.
59. Anand P, Sundaram C, Jhurani S, et al. Curcumin and cancer: An old-age disease with an age-old solution. *Cancer Lett* 2008, 267: 133-164.
60. Venkatesan N. Curcumin attenuation of acute adriamycin myocardial toxicity in rats. *Br J Pharmacol* 1998, 124: 425-427.
61. Ramaswami G, Chai H, Yao Q, et al. Curcumin blocks homocysteine-induced endothelial dysfunction in porcine coronary arteries. *J Vasc Surg* 2004, 40: 1216-1222.
62. Quiles JL, Mesa MD, Ramirez-Tortosa CL, et al. Curcuma longa extract supplementation reduces oxidative stress and attenuates aortic fatty streak development in rabbits. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2002, 22: 1225-1231.
63. Ammon HP, Wahl MA. Pharmacology of curcuma longa. *Planta Med* 1991, 57: 1-7.
64. Rafatullah S, Tariq M, Al-Yahya MA, et al. Evaluation of turmeric (*Curcuma longa* L.) for gastric and duodenal activity in rats. *J Ethnopharmacol* 1990, 29: 25-34.
65. Kim DC, Kim SH, Choi BH, et al. Curcuma longa extract protect against gastrin ulcers by blocking H2 histamine receptors. *Biol Pharm Bull* 2005, 28(2): 2220-2224.
66. Park EJ, Jeon CH, Ko G, et al. Protective effect of curcumin in a rat liver injury induced by carbon tetrachloride. *J Pharm Pharmacol* 2000, 52: 437-440.
67. Kędzia B, Hołderna-Kędzia E. Działanie przeciwdrobnoustrojowe roślinnych pochodnych fenolu. *Post Fitoter* 2012, 3: 151-155.
68. Jithan A, Madhavi K, Madhavi M, Prabhakar K. Preparation and characterization of albumin nanoparticles encapsulating curcumin intended for the treatment of breast cancer. *Int J Pharm Investig* 2011, 1: 119-125.