

JAKON (*Smallanthus sonchifolius*) A MAKA (*Lepidium meyenii*), TRADIČNÍ ANDSKÉ PLODINY JAKO NOVÉ FUNKČNÍ POTRAVINY NA EVROPSKÉM TRHU

KATEŘINA VALENTOVÁ^a, JAN FRČEK^b
a JITKA ULRICOVÁ^a

^aÚstav lékařské chemie a biochemie, Lékařská fakulta, Univerzita Palackého, Hněvotínská 3, 775 15 Olomouc, ^bVýzkumný ústav bramborářský, s.r.o., Dobrovského 2366, 580 01 Havlíčkův Brod
e-mail: dankovak@seznam.cz, frcek@vubhb.cz

Došlo dne 13.VII.2001

Klíčová slova: jakon, maka, funkční potravina, obsahové látky, biologická aktivita.

Obsah

1. Úvod
2. Botanický popis, historie, rozšíření a pěstování
3. Chemické složení a biologické účinky komponent
4. Využití v dietě a tradičním léčení
5. Závěr

1. Úvod

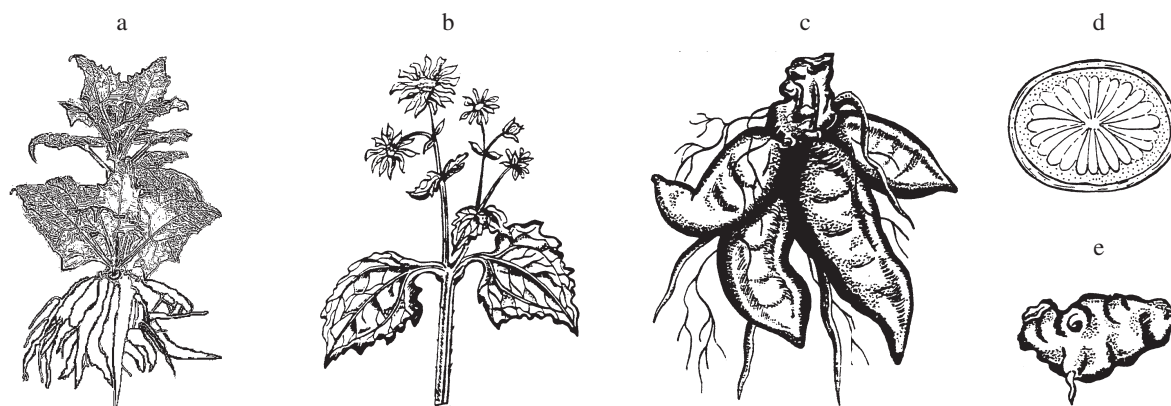
Optimálním složením diety lze preventivně předcházet mnohým chronickým onemocněním. Již klasickými příklady jsou ovlivnění hladiny cholesterolu v krvi, regulace a kontrola hladiny glukosy v krvi, snížení rizikových faktorů vzniku aterosklerózy a cukrovky, dietní substituce estrogenních hormonů v menopauze, ovlivnění průběhu osteoartritidy, prevence osteoporózy a nádorových onemocnění trávicího traktu, příznivý účinek na průběh některých neurologických onemocnění, zlepšení imunitní ochrany organismu, snížení toxických účinků nežádoucích složek potravy a toxických látek v životním prostředí. Produkty z rostlin, které svými účinky působí

pozitivně na lidský organismus, lze rozdělit na: *i*) funkční potraviny a *ii*) potravní doplňky (nutraceutika), tj. koncentrované, chemicky charakterizované a standardizované směsi látek získaných z rostlin, např. rostlinné extrakty. U všech potravinových produktů, které vykazují prokazatelný fyziologický efekt, je za jejich účinek zodpovědná určitá skupina látek, jako např. biogenní prvky, flavonoidy, fytoosteroly, polysacharidy (včetně vlákniny), rozvětvené β -D-glukany, polyneenasycené mastné kyseliny a další komponenty, u nichž byly prokázány pozitivní biologické účinky.

Zdravotní stav naší populace je takový, že v oblasti prevence je žádoucí nabídku trhu rozšiřovat o cenově dostupné, fyziologicky účinně působící a bezpečné funkční potraviny a potravní doplňky cíleně určené některým rizikovým skupinám populace a seniorům. Je zajímavé, že mnohé plodiny pocházející z oblasti And, na rozdíl od brambor a kukuřice, nejsou v Evropě téměř známy, přitom řada z nich po staletí pomáhala tamní populaci přežít v náročných klimatických podmínkách¹. V Andách se pěstují převážně hlíznaté a kořenové plodiny. Kromě několika druhů bramboru, *Solanum tuberosum*, *S. andigenum*, *S. ajanhuiri*, *S. stenotomum*, *S. gonio-calyx*, *S. phureja*², také šťavel hlíznatý (*Oxalis tuberosa*), lichořeřišnice hlíznatá (*Tropaeolum tuberosum*), achira (*Canna edulis*), ahipa (*Pachyrhizus ahipa*), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), melok hlíznatý (*Ullucus tuberosus*), jakon (*Smallanthus sonchifolius*) a maka (*Lepidium meyenii*)³. Tento článek se zabývá posledními dvěma uvedenými plodinami, jakonem a makou, které lze úspěšně pěstovat v České republice. Jakon (*S. sonchifolius*, Asteraceae (Compositae)) je rostlina příbuzná topinamburu (*Helianthus tuberosus*). Maka (*L. meyenii*, Brassicaceae) je příbuzná řeřiše seté (*L. sativum*) a etnofarmakology je nazývána peruánským ženšenem.

2. Botanický popis, historie, rozšíření a pěstování

Jakon (obr. 1) a jemu příbuzné rostliny byly původně zařazeny do rodu *Polymnia* (Asteraceae, Heliantheae, Melam-



Obr. 1. Jakon (*Smallanthus sonchifolius*); a – celkový vzhled, b – nadzemní část, c – podzemní hlízy, d – řez kořenovou hlízou, e – kaudex

Tabulka I

Další druhy *Smallanthus* podle H. Robinsona (1978), jejich habitus, výška, rozšíření⁹ a somatický počet chromosomů³

Druh	Habitus	Výška	Rozšíření	Chromosomy
<i>S. apus</i> (Blake)			velmi málo známý mexický druh	32
<i>S. connatus</i> (Spreng.)	jednoletá bylina	do 2 m, vytváří jedlé hlízy	velmi rozšířený – Brazílie, Paraguay, Uruguay, východní Argentina	32
<i>S. fruticosus</i> (Benth.)	keř nebo strom	do 12 m	Kolumbie, Ekvádor, severní Peru	>50
<i>S. glabratus</i> (DC.)	keř nebo strom	do 8 m	Peru, Ekvádor, Chile	
<i>S. jelksii</i> (Hieron.)	keř nebo strom	do 8 m	Peru	58
<i>S. latisquamus</i> (Blake)	bylina	do 3 m	Kostarika	
<i>S. lundellii</i>	bylina	do 1 m	Guatemala	
<i>S. macroscyphus</i> (Baker ex. Martius) A. Grau	vytrvalá bylina	do 3 m	Bolivie, severozápadní Argentina	32
<i>S. maculatus</i> (Cav.)	hrubý keř	do 5 m	Mexiko, Guatemala, Honduras, Salvador, Nicaragua, Kostarika	32,68
<i>S. macvaughii</i> (Wells)	bylina	do 5 m	Mexiko	
<i>S. meridensis</i> (Steyerm.)	bylina se stonky	do 3 m	Venezuela a Kolumbie	
<i>S. microcephalus</i>	keř nebo malý strom	do 8 m	Ekvádor	54,60
<i>S. oaxacanus</i> (Sch. Bip. ex Klatt)	bylina	do 2 m	Mexiko, Guatemala a Honduras	32
<i>S. parviceps</i> (Blake)	keř nebo strom	do 8 m se stonky o Ø 15 cm	jižní Peru a severní Bolívie	58
<i>S. pyramidalis</i> (Triana)	strom	do 12 m na bázi o Ø 20 cm	Venezuela, Kolumbie a Ekvádor	60,58
<i>S. quichensis</i> (Coult.)	bylina		Kostarika, Guatemala	
<i>S. riparius</i> (H.B.K.)	bylina nebo keř	do 4 m	široce rozšířený druh od jižního Mexika po severní Bolívii	30,32
<i>S. siegesbeckius</i> (DC.)	vytrvalá bylina	do 5 m, mnoho hlíznatých kořenů podobných jakonu	Peru, Bolívie, Brazílie a Paraguay	
<i>S. suffruticosus</i> (Baker)	keř nebo bylina	do 2 m	nížiny Venezuelské Amazonie	
<i>S. uvedalius</i> (L.) (Mackenzie)	vytrvalá bylina	do 3 m	rozšířený druh na východě USA, od New Yorku po Floridu a Texas	32

podinae)³⁻⁸, přestože už v roce 1933 byl navrhován rod *Smallanthus* (Asteraceae, Heliantheae), který v roce 1978 znovu objevil Robinson a zařadil do něj 21 druhů⁹. Toto nové zařazení, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.), se dnes všeobecně používá jako primární, starší název *Polymnia sonchifolia* (Poepp. & Endl.) se považuje za synonymum^{3,10}, je možné se setkat také s názvem *Polymnia edulis*¹¹. Přehled dalších 20 příbuzných (planých) druhů rodu *Smallanthus*, z nichž některé vytváří keře a menší stromy, je uveden v tab. I (cit.⁹). Pouze *S. connatus*, *S. macroscyphus*, *S. riparius*, *S. meridensis*, *S. suffruticosus* a *S. siegesbeckius* s přihlédnutím ke geografickému rozložení, růstovému habitu a morfologii nadzemních částí, jsou blíže příbuzné druhy k *S. sonchifolius*³. Jakon je vytrvalá rostlina, vytvářející shluk více než dvaceti¹¹ velkých podzemních kořenových hlíz (obr. 1c, d) o hmotnosti 100–500 g, mimořádně i více než kilogram^{5,12}. Hlízy jsou podobné hlízám jirín^{5,7,8}. Jejich tvar a velikost závisí na konkrétním kultivaru. Kořenové hlízy jsou jedlé, na povrchu jsou kryté tenkou bezbarvou slupkou, která na vzduchu rychle tmavne. Pod slupkou se nachází korová vrstva slabě pryskyřičnaté chuti a pod ní jemná dužina sklovitého vzhledu, bíle až oranžově zbarvená, jemně ovocné chuti¹². Celá rostlina je

výrazně citlivější na zmrznutí, než je tomu u jirín (*Dahlia*), proto je v našich klimatických podmínkách vymezeno její pěstování od výsadby do sklizně na mnohem kratší vegetační období oproti zemi jejího původu¹³. Mimo hlízy kořenové má jakon také jedlé hlízy stonkové, tzv. kaudexy (obr. 1e). Kaudexy slouží k vegetativnímu (jedinému možnému, schopnost pohlavního rozmnožování rostlina ztratila³) rozmnožování této rostliny¹², pomocí kterého je rovněž možné vhodně selektovat odrůdy s největšími výnosy a nejlepšími vlastnostmi z hlediska pěstování. Nadzemní část rostliny je na obr. 1b. Stonky mohou dosahovat až 2 metrů výšky, jsou hustě olistěné tmavozelenými listy, které jsou ochlupené a zbarvené do fialova. Květenství jsou drobné úbory, žluté nebo oranžové, asi 3 cm v průměru, vyrůstající v latách na vrcholu stonku⁵. Tvoří oba typy květů – oboupohlavní květy ve střední části květenství a jazykovité samičí květy po obvodu. Produkce květů je u jakonu poměrně omezena, více než u planě rostoucích druhů rodu *Smallanthus*. Plody jsou drobné, asi 2 mm velké černé nažky. Somatický počet chromosomů u jakonu je dle autorů¹⁴ $2n = 60$, což je v souladu s cytologickými analýzami našeho klonového materiálu. Již ve velmi raných vývojových stadiích andství zemědělci poznali vlastnosti jakonu

Tabulka II

Druhy *Lepidium* s výskytem v Peru¹⁸ užívané v lidovém léčitelství¹⁹

Druh	Habitus	Nadmořská výška [m]	Lokalita ^a
<i>L. abronatifolium</i> (Turc.)	bylina	2000–2500	JU, LI
<i>L. bipinnatifidum</i> (Desv.)	bylina ¹⁹	2500–4500	AN, AR, CA, CU, HU, LI, LL, PU
<i>L. chichicara</i> (Desv.)	bylina ¹⁹	500–3000	AP, AR, AY, CA, LI, PU
<i>L. cyclocarpum</i> (Thell.)	keř	500–1000	AR, LI
<i>L. depressum</i> (Thell.)	bylina	4000–4500	JU
<i>L. kalenbornii</i> (Hitch.)	bylina ¹⁹	3000–4500	AY (endemit)
<i>L. meyenii</i> (Walp.)	bylina ¹⁹	4000–4500	MO, PU (kulturní plodina)
<i>L. peruvianum</i> (Chacón)	bylina	4000–4500	JU, PA
<i>L. pubescens</i> (Desv.)	bylina	0–500	LI
<i>L. raimondii</i> (Schulz)	bylina	0–500	CA, LL
<i>L. virginicum</i> (Hitch.)	bylina	0–1500	CA, LI, LL, MO, PI (introdukce)
<i>L. weddellii</i>	bylina	0–500	LI

^a AN = Ancash, AP = Apurimac, AR = Arequipa, AY = Ayacucho, CA = Cajamarca, CU = Cuzco, HU = Huánuco, JU = Junín, LI = Lima, LL = La Libertad, PA = Pasco, MO = Moquegua, PI = Piura, PU = Puno

a přeměnili tuto plodinu z plané na kulturní. Jakon byl nalezen již v pohřebištích z dob před Inky². V pobřežním archeologickém nalezišti Nazca (500–1200 n. l.) byla objevena vůbec nejstarší zobrazení jakonu na textiliích a na keramice³. První písemná zmínka o jakonu pochází z roku 1653 od kronikáře Padre Bernabé Cobo¹¹. V Andách se jakon pěstuje v nadmořských výškách od 880 do 3500 m. Je rozšířen od Venezuely až po severozápadní Argentinu¹¹. Většinou je pěstováno jen několik rostlin pro potřebu rodiny³. Z And se jakon dostal v osmdesátých letech minulého století přes Nový Zéland až do Japonska⁸. Jeho pěstování bylo také úspěšně zavedeno do Itálie, Německu, Francii a v USA, ale zatím nedosáhlo významnějšího rozšíření. Zejména v Itálii se hlízy jakonu používají k výrobě alkoholu a inulinu¹¹. Do České republiky byla tato plodina poprvé zavedena v roce 1993 ve formě kaudexů pocházejících z Nového Zélandu^{5,8}. Bylo zjištěno, že jakon je rostlina s neutrální reakcí na délku dne, schopná se dobře přizpůsobit sezónním výkyvům počasí, snášející dobře sucho a chlad, bez zvláštních nároků na půdu. V podmínkách Vysociny bez možnosti zavlažování je možno dosáhnout výnosu 40 t/ha kořenových hlíz, 10 t/ha kaudexů jako sadbového materiálu a minimálně 20 t/ha nadzemní hmoty. Rostlina je citlivá vůči mrazu, noční teploty těsně nad bodem mrazu ještě úspěšně snáší⁸. Sklizeň se provádí po objevení se květenství na vrcholech stonků nebo příchodu prvních podzemních mrazíků. Kořenové hlízy i kaudexy lze uchovávat v temperovaných skladech do května příštího roku.

Rod *Lepidium* patří do čeledi Brassicaceae (Cruciferae), ve které jsou i další plodiny jako např. řepka, zelí, kapusta, ředkev, hořčice a která je rozšířena po všech kontinentech¹⁵. Pochází zřejmě ze Středomoří, do Ameriky a Austrálie se pravděpodobně dostal v období třetího až čtvrtého tisíciletí př. n. l. *Lepidium* má přibližně 175 druhů, z nichž některé jsou zeleninou, např. řeřicha setá (*L. sativum*). Přehled druhů rodu *Lepidium* s výskytem v Peru¹⁶ a užívaných v lidovém léčitelství¹⁷ je v tab. II. Řeřicha – maka (*L. meyenii* Walpers, obr. 2) je rozšířena po celé Jižní Americe a je pěstována jako škrobnatá plodina. *L. peruvianum* Chacón se vyskytuje pouze v Peru^{18,19}. Nadzemní část *L. meyenii* tvoří růžici 12–20 listů podobně jako

Obr. 2. Maka (*Lepidium meyenii*)

u ředkve, hlavní stonek je redukovaný, spodní část se rozšiřuje ve skladovací orgán podobný tuřínu^{1,18}. Tento orgán je zduřinatělý hypokotyl a je současně hlavním ekonomickým produktem řeřichy maka. Má různé odstíny od nažloutlé až po hnědočervenou (Peruánci rozeznávají 4 odrůdy, krémově žlutou, narůžovělou, červenou a černou¹), je 10–14 cm dlouhý a 3–5 cm široký, tvrdé konzistence¹⁸. Maka je jednoletá rostlina, schopná za vhodných klimatických podmínek dokončit během jediného roku svůj celý vegetační cyklus a vyprodukovat semena, což je jediný možný způsob jejího rozmnožování. Semena nemají periodu dormance, vyklíčí za 5–7 dní při 25 °C a vhodné vláze. Jedna rostlina je schopna vyprodukovat kolem 14 g semen¹⁵. Rozmnožuje se zřejmě samoopylením. Základní genomický počet chromosomů je u řeřich $x = 8$. Maka je octoploid s $2n = 8x = 64$ chromosomy¹⁹. Přímí předchůdci *L. meyenii* nejsou známi, je však jisté, že to není žádný ze tří hlavních planých druhů rodu *Lepidium* rozšířených v Andách tedy *L. bipinnatifidum*, *L. kalenbornii* ani *L. chichicara*. Pěstovaná maka (*L. meyenii*) je také jediným druhem tohoto rodu, který produkuje hlíznaté kořeny²⁰. První zemědělci a pastevci žili v Andách již 2000 let př. n. l. a zdá se, že maka byla domestikována už dlouho před začátkem říše Inků. Primitivní

Tabulka III

Obsah látek v hlízách, listech a stoncích jakonu^{3,7,24}, v hlízách topinamburu²⁵, v sušených hypokotylech maky²³ a v ředkvi²⁶

Rostlinný orgán	Jakon			Topinambur ²⁵ hlíza	Maka ²³ hypokotyl	Ředkev ²⁶ hypokotyl
	hlíza	list ⁸	stonek ⁸			
Voda [%]	93–70 ³	10,47		80	10,4 ^c	88,8
Proteiny	0,4–2,0 ³	21,48 ^a	9,73 ^a	10–15 ^b	10,2 ^c	1,9
Sacharidy	12,58			60–76 ^b	59,0 ^c	6,6
Tuky	0,1–0,3 ³	4,2	1,98	1 ^b	2,2 ^c	
Popel	0,3–2,0 ³	12,52	9,60	5 ^b	4,9 ^c	1,2
Vláknina	0,3–1,7 ³	11,63	23,82	4–6 ^b	8,5 ^c	
Vápník [mg/100 g]	23 ³	1805	967	23	150 ^c	1,2
Fosfor	21 ³	543	415	99		0,7
Železo	0,3 ³	10,82	7,29	3,4	16,6 ^c	0,02
Měď	0,963 ⁷	<0,5	<0,5		5,9 ^c	
Mangan	0,541 ⁷	3,067	<0,5		0,8 ^c	
Zinek	0,674 ⁷	6,20	2,93	stopy	3,8 ^c	
Retinol	10 ³					
Thiamin	0,01 ³				0,28 ^{16,c}	0,05
Askorbát	13,10 ³			stopy	8,00 ^{16,c}	20,0
Karoten	0,02 ³					–
Riboflavin	0,11 ³			stopy	0,65 ^{16,c}	0,05
Niacin	0,34 ³			stopy		0,30

^a Obsah N-látek, ^b obsah v sušině, ^c obsah v sušeném hypokotylu

Tabulka IV

Obsah sacharidů v hlíze jakonu⁶

Složka ^a	Zastoupení [mg.g ⁻¹ sušiny]
Fruktosa	350,1±42,0
Glukosa	158,3±28,6
Sacharosa	74,5±19,0
GF ₂	60,1±12,6
GF ₃	47,4±8,2
GF ₄	33,6±9,3
GF ₅	20,6±5,2
GF ₆	15,8±4,0
GF ₇	12,7±4,0
GF ₈	9,6±7,2
GF ₉	6,6±2,3
Inulin	13,5±0,4

^a G = glukosa, F = fruktosa, GF_n = glukosylfruktosa, n je stupeň polymerizace

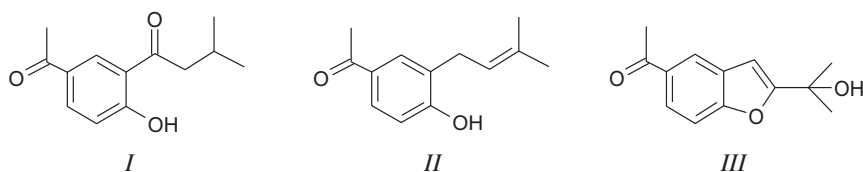
kultivary maky byly nalezeny v archeologických nalezištích z doby kolem 1600 let př. n. l. (cit.²). Kupodivu se však maka neobjevuje na staré peruánské keramice, tak bohaté vyobrazeními zemědělských plodin¹. Znalost této plodiny a jejích účinků se předávala z generace na generaci. V období španělské kolonizace domorodci dokonce maky používali jako plátdla¹⁸. Přestože je maka adaptována na vysoké nadmořské výšky a extrémně nízké teploty (při nižších teplotách dokonce rychleji roste¹⁹), je možné ji s úspěchem přesadit na peruánské pobřeží¹⁸. Je to rostlina s neutrální reakcí na délku dne^{15,19}, lze

ji úspěšně pěstovat i mimo přirozená stanoviště¹⁵. V loňském roce se podařilo vypěstovat hypokotyle maky i v ČR. Dosud však není známo, jak se změna podmínek pěstování odrazí na složení obsahových látek. Někteří autoři²¹ se domnívají, že právě náročné životní podmínky dávají mace její sílu a účinnost. V nižších nadmořských výškách, jako např. v Německu, maka dokonce netvoří hypokotyle²¹. V ČR maka hypokotyle vytvořila pouze na poli, ve skleníku nikoli. Zdá se, že pro tvorbu hypokotylů je chladné klima důležité. Na rozdíl od praxe uplatňované při pěstování řeřichy maka v Peru²², prováděli jsme individuální výsevy semen klonů maky a předpěstování mladých rostlin ve skleníkových podmínkách s jejich následnou výsadbou do polních podmínek.

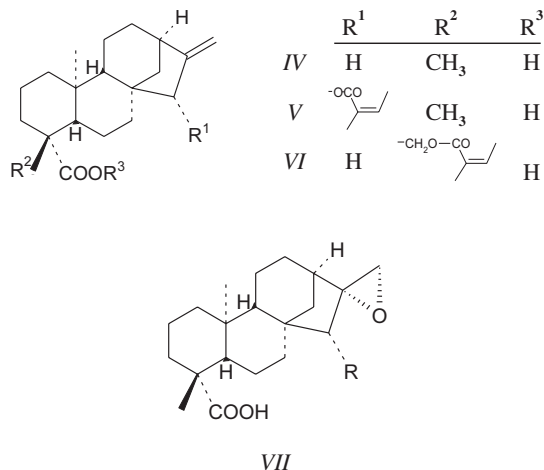
3. Chemické složení a biologické účinky komponent

Základní chemické složení rostlinných částí jakonu a sušených hypokotylů maky²³ (čerstvá maka obsahuje až 80 % vody, její složení nebylo v literatuře nalezeno) uvádí tab. III. Složení jakonu publikované v literatuře^{3,7,24} se různí. V tab. III je pro srovnání uveden obsah látek v topinamburu (*Helianthus tuberosus*)²⁵ a v ředkvi seté (*Raphanus sativus*)²⁶.

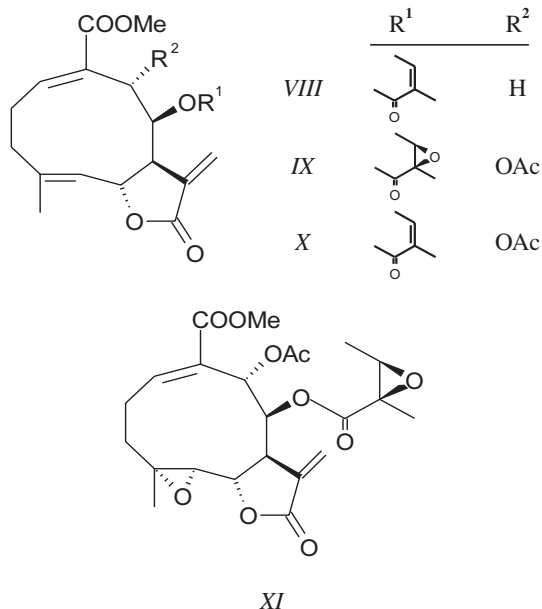
Hlízy obsahují jako zásobní látku inulin a jiné fruktany s nízkým podílem glukosy. Struktura oligofruktanů je typu inulinu, tj. β-1,2 vazbou spojené fruktofuranosové jednotky zakončené terminální sacharosou (viz tab. IV) stejně jako v jiných rostlinách čeledi Asteraceae, jako je např. topinambur²⁷. Obdobné fruktany o nízkém stupni polymerizace byly používány jako náhražky sacharosy a jsou považovány za nízkooenergetické. Mají příznivý vliv na lidskou střevní flóru



Obr. 3. Antifungální fytoalexiny z hlíz jakonu

Obr. 4. *Ent*-kaurenová kyselina a její deriváty obsažené v listech jakonu

a mohou upravovat některé z typů hyperlipidemií. Lidský organismus nemá enzym schopný inulin hydrolyzovat². β -1,2-Fruktany inulinového typu jsou součástí dietní vlákniny, tj. nestravitelných reziduí rostlinného původu v lidské dietě²⁸. β -1,2-Fruktany jsou svými účinky blízké β -glukanům, přírodním polysacharidům z kvasinek, hub a droždí, které působí jako nespecifické stimulatory imunitního systému organismu. Tyto látky se specificky váží na makrofágy, čímž je aktivují, a tím iniciují celou kaskádu imunitního procesu. β -Glukany se doporučují při oslabení imunitního systému, infekcích, alergiích, syndromu chronické únavy, vysoké hladině cholesterolu, žaludečních obtížích, při únavovém syndromu a jako doplňková léčba v terapii nádorových onemocnění²⁹. Hlízy jsou dále bohaté na volnou fruktosu, glukosu a sacharosu⁶. Obsah sacharidů a enzymů spojených s jejich metabolismem se v hlízách mění v průběhu kultivace a skladování hlíz; v průběhu kultivace roste stupeň polymerizace fruktanů, zatímco při skladování tento klesá a roste obsah volné fruktosy, glukosy a sacharosy^{30,31}. Ke stejným změnám ve složení dochází také u topinamburu, dosud největšímu komerčnímu zdroji inulinu a fruktosy³². V hlízách jakonu byly identifikovány polyfenoly v množství (203 mg/100 g) (cit.³³), antioxidanty tryptofan (14,6±7,1 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) a chlorogenová kyselina (48,5±12,9 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)¹⁰. V acetonovém extraktu z hlíz byly kombinací chromatografických metod izolovány antifungální fytoalexiny odvozené od 4'-hydroxyacetofenonu: 4'-hydroxy-3'-(3-methylbutanoyl) acetofenon (*I*), 4'-hydroxy-3'-(3-methylbutenyl) acetofenon (*II*) a 5-acetyl-2-(1-hydroxy-3-methylethyl) benzofuran (*III*) (obr. 3). Stejně sloučeniny se vyskytují i u jiných druhů čeledi Asteraceae³⁴. Listy jakonu obsahují kromě látek uvedených v tab. III také katechol,



Obr. 5. Sonchifolin a jeho deriváty

terpeny a flavonoidy³³. Methanolický extrakt z listů jakonu obsahuje ve frakci rozpustné v ethylacetátu *ent*-kaurenovou kyselinu (*IV*) a příbuzné diterpenoidní látky (15-angeloyloxy-*ent*-kaurenové (*V*), 18-angeloyloxy-*ent*-kaurenovou kyselinu (*VI*) a 15-angeloyloxyester kyseliny *ent*-kaurenové 16-epoxid (*VII*) (obr. 4). Tyto sloučeniny mají pravděpodobně svoji funkci v obranných mechanismech jakonu. Během jeho pěstování není potřeba používat žádné herbicidy³⁵. *Ent*-kaurenová kyselina je jedním z meziproduktů při biosyntéze terpenoidních fytohormonů giberelinů v *Gibberella fujikuroi*³⁶. V propolisu divokých brazilských včel *Melipona quadrifasciata anthidioides* je nositelem jeho antibakteriálního účinku³⁷. V 70% methanolicím extraktu z listů byly ve frakci rozpustné v ethylacetátu sloupcovou chromatografií na silikagelu a HPLC izolovány antifungální seskviterpenlaktony typu melampolidů, sonchifolin (*VIII*) (methylester 8-angeloyl-1(10),4,11(13)-germacratien-12,6-olid-14-ové kyseliny), polymatin B (*IX*) (acetoxyderivát sonchifolinu na C-9), uvedalin (*X*) (derivát polymatinu s epoxidovanou angeloyloxy skupinou) a enhydrin (*XI*) (epoxyderivát uvedalínu)³⁸ (obr. 5). Tyto látky obsahují i jiné druhy rodu *Smallanthus*, např. *S. uvedalia*³⁹ (obsahuje mimo jiné i enhydrin⁴⁰), *S. fruticosus*⁴¹ a *S. maculatus*, stejně jako druhy rodu *Melampodium* (Asteraceae)⁴², podle kterého byly tyto sloučeniny pojmenovány. Seskviterpenlaktony z *S. maculatus* měly protizánětlivou aktivitu⁴³. Z *S. fruticosus* byly izolovány kromě melampolidů také flavonoidní látky s antimotocikovou aktivitou, zejména

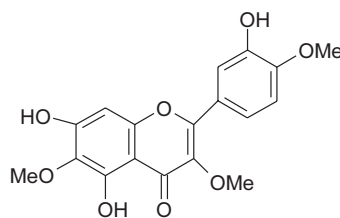
centaureidin (XII) (4,5,7-trihydroxy-3,6-dimethoxy-flavon)⁴⁴. Seskviterpenlaktony se zdají být chemotaxonomickým znakem pro čeleď Asteraceae. V rostlinách této čeledi jsou zastoupeny poměrně pravidelně a vykazují výraznou biologickou aktivitu, např. artemisin a příbuzné seskviterpenlaktony z *Artemisia annua* vykazují aktivitu antimalarickou⁴⁵ a cytotoxickou vůči buňkám kostní dřevě a nádorovým⁴⁶, repin z *Acroptilon repens* je toxický vůči embryonálním sensorickým neuronům⁴⁷. Cytotoxické vůči nádorovým buňkám jsou také hypocretenolidy z *Leotodon hispidus*⁴⁸. Seskviterpenlaktony typu germacrane, tedy příbuzné těm obsaženým v jakonu, byly mezi jinými látkami (flavonoidy, kumariny, fenolickými kyselinami, triterpenoidy, steroidy a seskviterpenlaktony typu gaianu) izolovány i z pampelišky (*Taraxacum officinale* Web.), která je tradičně používána pro své choleretické, diuretické a protizánětlivé účinky.

V hypokotylech *L. meyeri* z mastných kyselin převažují kyseliny linoleová, palmitová a olejová, z aminokyselin lysin a arginin⁴⁹. V hypokotylech maky byly zjištěny také mnohé stopové prvky, Mn, Cu, Sn, Al, Zn, Bi, dále taniny, saponiny, ale především zde byly nalezeny látky alkaloidového charakteru nazvané makain 1, 2, 3 a 4 (cit. 18,23). Tyto látky, strukturně necharakterizované, se nacházely v acetonovém, etherovém a ethanolickém extraktu. Chacón de Popovici¹⁸ ze závěrů svých experimentů (viz níže) předpokládá, že právě tyto alkaloidy jsou účinnou složkou maky. V semenech příbuzné řeřichy seté (*L. sativum*) se vyskytuje alkaloid lepidin XIII. Autoři¹⁵ se domnívají, že účinnou složkou maky jsou látky povahy aromatických isothiokyanátů, konkrétně benzyliothiokyanát a 4-methoxybenzyliothiokyanát nebo prostaglandiny a steroidy. Aromatické isothiokyanáty se vyskytují v lichořeřišnici hlízkaté (*Tropaeolum tuberosum*) zvané mashua, která má pověst antifrodiziaka a kontraceptiva u mužů a údajně zvyšuje plodnost u žen⁵⁰. Její hypokotyle mají velmi výraznou nepříjemnou vůni¹⁵.

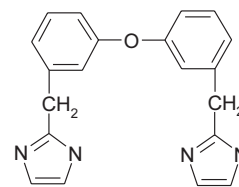
Již zmíněná mace blízké příbuzná rostlina, řeřicha setá (*L. sativum*), je zajímavým zdrojem kyseliny askorbové (52 mg ve 100 g hmoty), β-karotenu, vitamínů B₁ a K. Její typickou kořenitou chuť způsobují glykosidy hořčičného oleje, odvozené ze sirmých etherických olejů, zvl. glykotropaeolinu a benzyliothiokyanátu. Řeřicha setá zlepšuje trávení. Jiná evropská příbuzná maky, ředkev setá (*Raphanus sativus* var. *nigra*), obsahuje mimo jiné glukobrassicin (3-indoyl-methylglukosinolát), isothiokyanáty a tradičně se používá jako choleretikum, cholagogum, při onemocnění bronchů a na popálení^{51,52}.

4. Využití v dietě a tradičním léčitelství

Na místních trzích v Andách je jakon klasifikován jako ovoce a prodáván společně s jablky, avokády, ananasy a nikoli společně s brambory či kořenovou zeleninou, jak bychom mohli očekávat. Jeho hlízy mají příjemně nasládlou chuť, jsou křupavé a většinou se vystavují expozici na slunci, kdy dochází ke zvýšení cukernatosti. Konzumují se po oloupaní většinou v ovocných salátech v kombinaci např. s banány, pomeranči. Mohou se jíst dušené, kdy do jisté míry zachovávají svou křehkost. Z hlíz lze vymačkat osvěžující džus či vyrobit koncentrát vhodný jako sladidlo pro diabetiky³. Je možné je vařit, smažit či jinak upravovat^{5,8,12}. Jako zeleninu lze použít i stonek mladých rostlin. Hlavní stonek se používá



XII



XIII

podobně jako celer². V Japonsku se hlízy jakonu zpracovávají do džusů, pečiva, fermentované formy, lyofilizovaných prášků a dřev⁵³. Vhodnost potravin z jakonu pro přípravu diabetických pokrmů, redukčních diet a diet pro pacienty s chronickými jaterními nemocemi byla prokázána také studií provedenou ve Fakultní nemocnici v Olomouci⁵⁴. V literatuře jsou zmiňovány také diuretické účinky a hojivý účinek na zanícenou pokožku. V Brazílii připisují léčivý účinek listům jakonu, ze kterých je připravován čaj. V Japonsku se listy a stonky jakonu míchají s čajovými lístky⁵³. Hlízy jakonu je možné využít jako krmivo pro hospodářská zvířata, lze využít i nadzemních částí, zejména pro vysoký obsah proteinů³. Hypoglykemický účinek vodného extraktu z listů jakonu byl prokázán na normálních a diabetických potkanech^{3,55}.

Maka se jí syrová nebo se upravuje v „Setonově hrnci“, což je vyhloubená jáma, do níž se naskládají rozpálené kameny. Nejčastěji se však maka volně suší na slunci. Sušená si zachovává své vlastnosti po mnoho let¹⁵. Usušené hypokotyle se vaří ve vodě nebo v mléce, vývar se používá po přidání cukru, medu, ovoce do koktejlů, ovocných či alkoholických nápojů, ovocných salátů, pro přípravu želatiny a marmelády. Domorodí léčitelé doporučují vývar při rekonvalescenci¹⁸. Ze sušené maky Indiáni připravují mouku na chléb a pečivo, případně ji praží a melou pro použití jako kávu¹⁵. Sušené hypokotyle se nakládají do třtinového rumu, kterému dodávají specifické aroma¹. V některých oblastech Peru se maka fermentuje a vyrábí se z ní pivo⁴⁹. Listy, podobně jako blízké příbuzná zahradní řeřicha (*L. sativum*), se konzumují v salátech². Komplementární a alternativní medicína doporučuje rozemleté hypokotyle maky jako prostředek ke zvyšování fertility, která je ve vyšších nadmořských výškách redukována, a jako afrodiziakum u lidí a zvířat. Indiánské ženy ji jedí, když chtějí otěhotnět¹. V Jižní Americe je maka nazývána peruánským nebo andským ženšenem^{1,15,56}. Dále se mace připisují adaptogenní vlastnosti, imunostimulační účinky, příznivý vliv na hormonální rovnováhu, doporučuje se v období menopauzy, působí jako anabolikum. Maka se mele na prášek a prodává se jako potravní doplněk¹. V Peru je maka nabízena ve formě mouky, lupínků, likérů aj.⁴⁹, v USA se distribuje pod komerčními názvy Royal MacaTM (cit. 57) nebo MacaMagicTM (cit. 58), v naší republice se prodává přípravek Vimaca[®]. Seriózní výzkum ohledně jejích účinků nebyl dosud podle dostupných literárních zdrojů proveden. Afrodiziakální účinky maky se připisují zejména jejím alkaloidům, které podle Natural Health Consultants⁵⁷ působí na hypothalamo-hypofyzární systém. Producent tablet MacaMagic HERBS AMERICA⁵⁸ naproti tomu udává, že jedinečné účinky maky jsou dány především složením esenciálních aminokyselin, mastných kyselin, vitamínů a minerálů. Chacón de Popovici¹⁸ doporučuje použití

maky při malabsorbčním syndromu, karenci proteinů, jako podpůrný prostředek při chemoterapii leukemických onemocnění, AIDS, ethylismu a menopauzální anémii, uvádí se její použití k léčbě chronické polyarthritis, při alergických záchvatech a jako laxativum⁵⁰. Tradiční použití maky se váže i k náboženským obřadům. Maka se míchala s halucinogenními látkami používanými při obětních obřadech⁵⁰. Hodnověrných farmakologických průkazů všech citovaných účinků je ve světové literatuře málo. Chacón de Popovici¹⁸ v experimentu na potkaních samicích krmených makou po dobu 6 měsíců či extraktem obsahujícím alkaloidy uvádí, že u samic došlo ke stimulaci zrání Graafových folikulů. Účinek nebyl pozorován u kontrolních zvířat ani u zvířat, kterým byla droga aplikována intraperitoneálně. U samců krmených makou se projevila zřetelná stimulace spermatogeneze. Hodnocení nutričních vlastností maky bylo studováno na bílých myších⁵⁹. Růstové křivky byly ve všech skupinách myší krmených makou statisticky významně lepší než v kontrolní skupině. Výsledky, dle autorů, demonstrují vynikající nutriční vlastnosti maky, jak je tradováno po staletí.

5. Závěr

Trendy v oblasti potravních doplňků a fukčních potravin, obsahujících biologicky aktivní přírodní látky, jsou orientovány v tomto tisíciletí na využití intaktních rostlin nebo rostlinných extraktů. Nutraceutika se postupně stanou nezbytnou součástí dietního režimu všech skupin populace v prevenci nebo podpůrné terapii některých chronických onemocnění. Vzhledem k tomu, že jakon a maku je možné pěstovat v klimatických podmínkách České republiky, předpokládáme, že by potravní doplňky z těchto plodin mohly být přínosem k prevenci a podpůrné léčbě onemocnění jako je diabetes mellitus, kardiovaskulární onemocnění, únavový syndrom a jiné. Přípravky by měly být ekonomicky dostupné široké populaci, bez nepříznivých vedlejších účinků a vyhovující platné legislativě⁶⁰. Komplexní výzkum jakonu a maky, které lze získat z domácích zdrojů, je spojen s malým ekonomickým rizikem a dobrými možnostmi rychlé aplikace výsledků.

Tato práce vznikla za finanční podpory GA ČR (grant č. 303/01/0171), Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy (Výzkumný záměr MSM 151100003) a LF UP Olomouc (interní grantový projekt č. 11501109). Autoři děkují prof. Alešovi Lebedovi, DrSc. (PřF UP) a prof. Vilému Šimánkovi, DrSc. (LF UP) za cenné připomínky.

LITERATURA

1. León J.: *Econ. Bot.* 18, 122 (1964).
2. National Research Council, v knize: *Lost Crops of the Incas: Little-Known Plants of the Andes with promise for Worldwide Cultivation*. National Academy Press, Washington, D.C. 1989.
3. Grau A., Rea J., v knize: *Andean Roots and Tubers: Ahipa, Arracacha, Maca and Yacon* (Hermann M., Heller J., ed.), str. 174. IPGRI, Rome 1997.
4. Wells J. R.: *Brittonia* 17, 144 (1965).
5. Frček J., Loyková V.: *Vyz. Potrav.* 52, 131 (1997).
6. Ohyama T., Ito O., Yasuyoshi S., Ikarashi T., Minamisawa K., Kubota M., Tsukihashi T., Asami T.: *Soil Sci. Plant Nutr.* 36, 167 (1990).
7. Asami T., Kubota M., Minamisawa K., Tsukihashi T.: *Jpn. J. Soil Sci. Plant. Nutr.* 60, 122 (1989).
8. Frček J., Michl J., Pavlas J., Šupichová J.: *Plant Genetic Resources* (Annual report 1995), str. 73. University of Agriculture in Nitra, Nitra 1995.
9. Robinson H.: *Phytologia* 39, 47 (1978).
10. Yan X., Suzuki M., Ahnishi-Kameyama M., Sada Y., Nakanishi T., Nagata T. J.: *Agric. Food Chem.* 47, 4711 (1999).
11. Zardini E.: *Econ. Bot.* 45, 72 (1991).
12. Loyková V., Frček J.: *Dia Zivot* 6, 12 (1996).
13. Frček J., Loyková V.: *Alternativní a maloobjemové plodiny pro zdravou lidskou výživu, Praha 12. listopadu 1996*. Sborník VÚRV, str. 51.
14. Talledo D., Escobar C.: *Genética de las Células Somáticas de Raíces y Tuberosas Andinas. Raíces Andinas, Manual de Capacitación, CIP Lima 2000*. Fascículo 7, 1–20.
15. Quirós C. F., Aliaga R. C., v knize: *Andean Roots and Tubers: Ahipa, Arracacha, Maca and Yacon* (Hermann M., Heller J., ed.), str. 174. IPGRI, Rome 1997.
16. Brako L., Zarucchi J. L., v knize: *Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. Monographs in systematic Botany*, sv. 45. Missouri Botanical Garden, Missouri 1996.
17. Girault L., v knize: *Kallawaya. Guérisseurs itinérants des Andes* (Collection Mémoires No. 107). L'Orstom, Paris 1984.
18. Chacón de Popovici G., v knize: *La importancia de Lepidium peruvianum („Maca“) en la alimentacion y salud del ser humano y animal 2,000 anos antes y desputes del Cristo y en el siglo XXI*. Servicios Gráficos „ROMERO“, Lima 1997.
19. Quirós C. F., Epperson A., Hu J. H., Holle M.: *Econ. Bot.* 50, 216 (1996).
20. Toledo J., Dehal P., Jarrin F., Hu J., Hermann M., Al-Shehbaz I., Quiros C. F.: *Ann. Bot.* 82, 525 (1998).
21. Anonym: <http://www.frozenfish.com/maca.htm>
22. Garay Canales O.: *Cultivo de la Maca*. INIA, Lima 1995.
23. Dini A., Migliuolo G., Rastrelli L., Saturnino P., Schettino O.: *Food Chem.* 49, 347 (1994).
24. Nieto C.: *Arch. Latinoam. Nutr.* 41, 213 (1991).
25. Anonym: <http://www.hort.purdue.edu>
26. Toul V., v knize: *Tržní zelinářství* (Mareček F., ed.), str. 291. SZN, Praha 1976.
27. Goto K., Fukai K., Hikida J., Nanjo F., Hara Y.: *Biosci. Biotech. Biochem.* 59, 2346 (1995).
28. Zadáč Z.: <http://www.mednet.cz>
29. Mertens G.: *From Quackery to Credibility*. Financial Times Business, London 2000.
30. Asami T., Minamisawa K., Cuchija T., Kanó K., Hori I., Ójama T., Kubota M., Cukihashi T.: *Jpn. J. Soil Sci. Plant. Nutr.* 62, 621 (1991).
31. Fukai K., Ohno S., Goto K., Nanjo F., Hara Y.: *Soil Sci. Plant Nutr.* 43, 171 (1997).
32. Benchekroun M., Amzile J., El Yachoui M., El Haloui N. E., Prevost J.: *Belg. J. Bot.* 128, 90 (1995).
33. Cukihashi T., v knize: *Kiseki no kenkô jasai jâkon*. Kosaïdo Books, Tokio 1999.
34. Takasugi M., Masuda T.: *Phytochemistry* 43, 1019 (1996).

35. Kakuta H., Seki T., Hashidoko Y., Mizutani J. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **56**, 1562 (1992).
36. Barrero A. F., Oltra J. E., Cerdá-Olmedo E., Ávalos J., Justicia J.: *J. Nat. Prod.* **64**, 222 (2001).
37. Velikova M., Bankova V., Tsvetkova I., Kujumgiev A., Marcucci M. C.: *Fitoterapia* **71**, 693 (2001).
38. Inoue A., Tamogami S., Kato H., Nakazato Y., Akiyama M., Kodama O., Akatsuka T., Hashidoko Y.: *Phytochemistry* **39**, 845 (1995).
39. Bohlmann F., Knoll K. H., Robinson H., Kong R. M.: *Phytochemistry* **19**, 107 (1980).
40. Tak H. Y., Fronczek F. R., Vargas D., Fischer N. H.: *Spectrosc. Lett.* **27**, 1481 (1994).
41. Bohlmann F., Knoll K. H., Robinson H., Kong R. M.: *Phytochemistry* **19**, 973 (1980).
42. Castro V., Jakupovic J., Dominiguez X. A.: *Phytochemistry* **28**, 2727 (1989).
43. Bork P. M., Schmitz M. L., Kuhnt M., Esher C., Heinrich M.: *FEBS Lett.* **402**, 85 (1997).
44. Beutler J. A., Cardellina J. H. I., Lin C. M., Hamel E., Cragg G. M., Boyd M. R.: *BioMed. Chem. Lett.* **3**, 581 (1993).
45. Bhakuni R. S., Jain D. C., Sharma R. P., Kumar S.: *Curr. Sci.* **80**, 35 (2001).
46. Beekman A. C., Wierenga P. K., Woerdenbag H. J., Van Uden W., Pras N., Konings A. W. T., El-Ferally F. S., Galal A. M., Wikström H. V.: *Planta Med.* **64**, 615 (1998).
47. Stevens K. L., Riopelle R. J., Wong R. Y.: *J. Nat. Prod.* **53**, 218 (1990).
48. Zidorn C., Stuppner H., Tienfenthaler M., Konwalinka G.: *J. Nat. Prod.* **62**, 984 (1999).
49. Anonym: <http://www.ssc.upemm.edu>
50. Aliaga E.C., Aliaga R.C., v knize: *Guia para el cultivo, aprovechamiento y conservacion de la maca, Lepidium meyenii Walpers*. Convenio Andres Bello, Santafé de Bogotá 1998.
51. Bruneton J., v knize: *Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal Plants*. Intercept, Hampshire 1995.
52. Kresánek J., Krejča J., v knize: *Atlas léčivých rostlín a lesných plodov*. Vydavateľstvo Osveta, Martin 1977.
53. Anonym: <http://www.yaconcha.com>
54. Frček J., Psotová J., Šimánek V.: *Výživa rostlín, kvalitativní produkce a zpracovatelské využití, MZLU Brno 29.–30.6.1999*. Sborník, str. 300.
55. Aybar M. J., Sánchez Riera A. N., Grau A., Sánchez S. S.: *J. Ethnopharm.* **74**, 125 (2001).
56. Gutierrez C.: <http://www.peruonline.net>
57. Anonym: <http://naturalhealthconsult.com/Monographs/maca.html>
58. Anonym: <http://www.macaroot.com>
59. Canales M., Aguilar J., Prada A., Marcelo A., Huaman C., Carbajal L.: *Arch. Latinoam. Nutr.* **50**, 126 (2000).
60. Vyhláška č. 23/2001 Sb. Ministerstva zemědělství, kterou se stanoví druhy potravin určené pro zvláštní výživu a způsob jejich použití.

K. Valentová^a, J. Frček^b, and J. Ulrichová^a (^a*Institute of Medical Chemistry and Biochemistry, Faculty of Medicine, Palacky University, Olomouc*, ^b*Potato Research Institute, Havlíčkův Brod*): **Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and Maca (*Lepidium meyenii*), Traditional Andean Crops as New Functional Foods on the European Market**

Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and maca (*Lepidium meyenii*) are traditional crops of the original population of Peru, which are also used in traditional medicine. However, these plants are little known in Europe and Northern America, although they can be cultivated in the climatic conditions of these regions. This article is a review of their botanical aspects, their growing in the Czech Republic, composition and structure of main constituents, and biological activity. These plants are already on European market as prospective functional foods and nutraceuticals for use in certain risk groups of population.

Firma Rießner-Gase s.r.o. ve Zdicích

hledá

VŠ – chemika

pro oblast technické plyny, specializace kalibrační plyny

Školení, studijní semináře a pracovní pobyty budou v naší mateřské firmě v Lichtenfels, SRN. Předpokládáme velmi dobrou znalost němčiny. Nabízíme velmi dobré platové podmínky. Nástup ihned.



V případě Vašeho zájmu nám zašlete životopis v němčině na:

e-mail: riessner-gase@telecom.cz nebo
fax: 0311/686660 k rukám paní Ing. Pojezné
telefon: 0311/686147