

VPLYV ULTRAZVUKOVÝCH VĽN NA STABILITU VITAMÍNU C
A AKTIVITU PEROXYDÁZY

MIROSLAV BEHŮŇ

V poslednom čase veľa výskumných prác sa zaoberalo účinkom ultrazvukových vln na biologické materiály. V našej výskumnej práci sme sa zaoberali sledovaním vplyvu ultrazvukových vln na niektoré druhy zeleniny a ovocia.

Rad autorov upozorňuje na možnosti oxydácie počas ozvučovania ultrazvukom. (1, 2, 3, 4). Bergman poukazuje na možnosť okysličenia pri aplikácii ultrazvuku ozvučovaním pri vyšších intenzitách, hlavne ak dochádza k vzniku kavitácie. Napr. pri ozvučovaní destilovanej vody dlhší čas dochádza k tvorbe peroxýdu vodíka. Podľa niektorých autorov je možné, že dôjde k vzniku HNO_2 a HNO_3 a to pravdepodobne vzájomným pôsobením vody a niektorých plynov rozpustených vo vode (hlavne vzduchu). Mechanizmus týchto reakcií objasňuje Frenkel. Oxydačné procesy sú úzko spojené s kavitáciou.

Z hľadiska potravinárskej technológie nás tieto oxydačné zmeny prebiehajúce počas ozvučovania zaujímajú hlavne vzhľadom na uchovanie vitamínu C.

V potravinárskych závodoch, kde sa spracováva ovocie a zelenina, musia pri technológii dbať na čo najvyššiu uchovateľnosť vitamínu C — kyseliny *l*-askorbovej.

O oxydácii vitamínu C z hľadiska vplyvu ultrazvukových vln bolo veľa literárnych prác, avšak niektoré z týchto neboli vyčerpávajúce, nakoľko si nevšímali túto otázku komplexne. Predsa však z literárnych údajov jednoznačne možno povedať, že k strate vitamínu C vplyvom ultrazvukových vln dochádza, a to hlavne v závislosti od frekvencie kmitočtu a zvukovej intenzity, čo je spojené v niektorých prípadoch aj s javmi, ktoré boli spomenuté ako kavitácia a zvýšenie teploty.

Nakoľko pri výskumnej práci bol sledovaný aj enzým prítomný v pokusnom materiáli — peroxydáza, je potrebné zmieniť sa v krátkosti i o ňom.

Peroxydáza patrí do skupiny redoxáz a vyznačuje sa tým, že oxyduje substrát na rozdiel od katalázy prostredníctvom enzýmom aktivovaného H_2O_2 .



Je známe, že existujú rôzne peroxydázy, ktorých špecifita je závislá od materiálu, z ktorého bol enzým peroxydázy získaný. Peroxydáza prítomná v ovocí a zelenine má optimálne pH od 4,5—6,8. Pri pH 10 sa všetky peroxydázy zničia. Podobne môže byť peroxydáza zničená teplotou (70—80 °C) a to tým, že je zničená bielkovinná zložka (6).

Bolo zistené, že oxydázy sa veľmi ľahko dezaktivujú účinkom zvukových a ultrazvukových vln. Reduktázy a amylázy sa javia stabilné voči dezaktivácii ultrazvukovými vlnami. Predsa však na katalázy vplyv ultrazvuku neúčinkoval týmto spôsobom, ak boli dobre rozpustené. Chambers nedostal žiadne preukazné výsledky pri ožarovaní ultrazvukom rôznych preparátov pepsínu, nakoľko v niektorých prípadoch došlo k zvýšeniu aktivity a v niektorých prípadoch k zníženiu aktivity. Podľa jeho názoru zmena v aktivite môže nastať vtedy, ak vzniká kavitácia. Ak kavitácia prebiehala za prítomnosti špecifických plyných molekúl, napr. kyslíka, tak pred dezaktiváciou prebiehala aktivácia. V prítomnosti dusíka alebo vodíka zvýšenie aktivity enzýmov nebolo zistené (7).

Z uvedeného vyplýva, že vplyv ultrazvukových vln na enzýmy je problematika veľmi zložitá, ktorá vyžaduje v prvom rade pracovať za rovnakých podmienok rovnakou metodikou na tom istom materiáli.

Pokusná časť

Materiál a metodiky

Materiál špenát, karotka, jahody, chren a zeler pri ozvučovaní nebol upravený, ale bol podrobený UZ vlnám vo svojom pôvodnom tvare.

Použité ultrazvukové zdroje

a) Ultrazvukový generátor LP-400 W, vhodný len pre laboratórne použitie, ktorý pracoval pri frekvencii 950 kHz a zvukovej intenzite ca 6W/cm².

b) Ultrazvukový zdroj ŮČ-1 pracujúci pri frekvencii 360 kHz a zvukovej intenzite ca 5W/cm².

c) Ultrazvukový generátor UG-2 pracujúci pri frekvencii 20 kHz a zvukovej intenzite ca 4W/cm².

Prvý zdroj bol piezoelektrický, druhý báriumtitanátový a tretí magnetostrikčný.

Analytické metodiky

Pri pokusnej práci boli sledované tieto hodnoty:

1. Kyselina l-askorbová (vitamín C).

Kyselina l-askorbová sa stanovovala potenciometricky s 2,6 dichlórfenolindolfenolom.

2. Aktivita peroxydázy, ktorú sme určovali metódou podľa Morrisa pomocou reagenčných papierikov.

Vlastné meranie aktivity bolo robené tým spôsobom, že materiál, ktorý bol skúmaný sa po ozvučení homogenizoval v 50 % alkohole v pomere 1:1 a takto pripravené vzorky sa nanášali na reagenčný papierik, pričom stopkami sa meral čas, za ktorý sa objavilo typické modré sfarbenie, ktoré svedčilo o prítomnosti enzýmu — peroxydázy. Aktivita peroxydázy je vyjadrená:

$$A = \frac{1}{t} \text{ kde } t = \text{čas v sekundách}$$

V ý s l e d k y

Pokusný materiál sa ozvučoval na spomínaných zariadeniach a to v časových intervaloch: 1, 5, 15 a 20 minút. Z každého pokusného materiálu, ktorý bol u tej istej vzorky ozvučený dvakrát, boli odobrané vzorky, u ktorých sa sledovali vyššie uvedené hodnoty. Získané hodnoty sú uvedené v nasledujúcich grafoch.

S ú h r n v ý s l e d k o v

Z grafov 1, 2 a 3 vidieť všeobecne, že vplyvom ultrazvukových vln dochádza k zníženiu hodnôt vitamínu C u všetkých skúmaných vzoriek. K najväčšiemu poklesu vitamínu C došlo pri ozvučovaní ultrazvukovým generátorom pri frekvencii 950 kHz a zvukovej intenzite 6 W/cm². K menšiemu poklesu došlo pri ozvučovaní pokusného materiálu pri frekvencii 360 kHz a zvukovej intenzite 5 W/cm². Najnižší pokles bol pri ozvučovaní ultrazvukovým magnetostriekčným zdrojom o frekvencii 20 kHz a zvukovej intenzite 4 W/cm². Počas ozvučovania pokusného materiálu nedošlo k zvýšeniu teploty, iba u piezoelektrického zdroja sa zvýšila teplota približne na 75 °C po 20 minútach ozvučovania.

Zo získaných výsledkov možno urobiť záver, že vplyvom ultrazvukových vln a hlavne kmitočtom a zvukovou intenzitou dochádza k zničeniu vitamínu C, a to v závislosti od času. Tieto údaje sú zhodné aj s literatúrou.

U skúmaných vzoriek najvyšší pokles vitamínu C bol u jahôd, a to pri frekvencii 950 kHz až o 91,30 %

pri frekvencii 360 kHz až o 70,26 %

pri frekvencii 20 kHz až o 53,74 %,

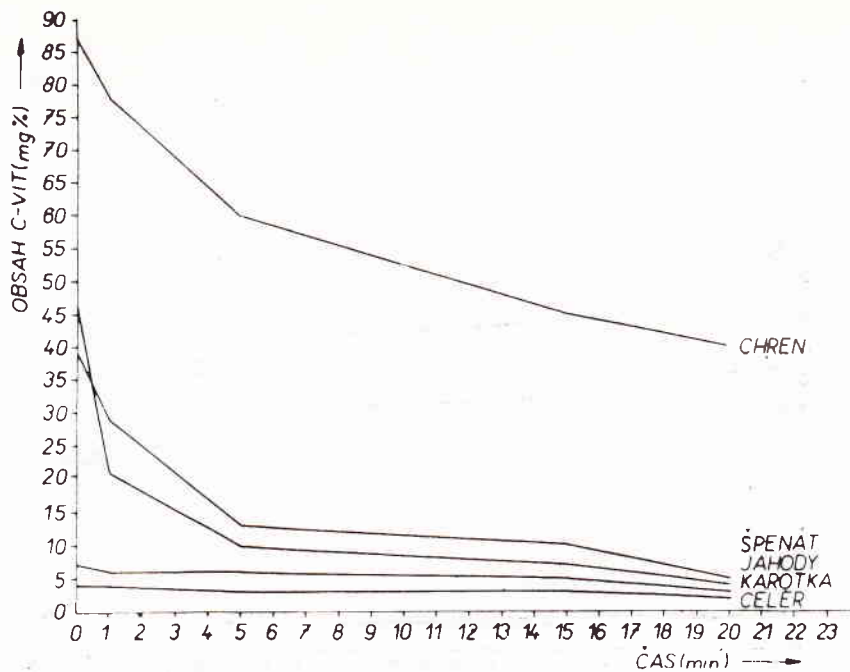
po 20. minútach ozvučovania. Podobné rozdiely boli u špenátu, chrenu, karotky a zeleru. V tomto poradí je do určitej miery vyjadrená „odolnosť“ voči ultrazvukovým vlnám, čo možno vysvetliť konzistenciou skúmaných vzoriek.

Jediný kladný výsledok vplyvu ultrazvukových vln sa prejavil inaktíváciou peroxydázy, čo vidieť v grafoch 4, 5 a 6. Ako sme už uviedli, vplyv ultrazvukových vln spôsobuje inaktíváciu oxydáz, do ktorej skupiny enzýmov patrí i peroxydáza.

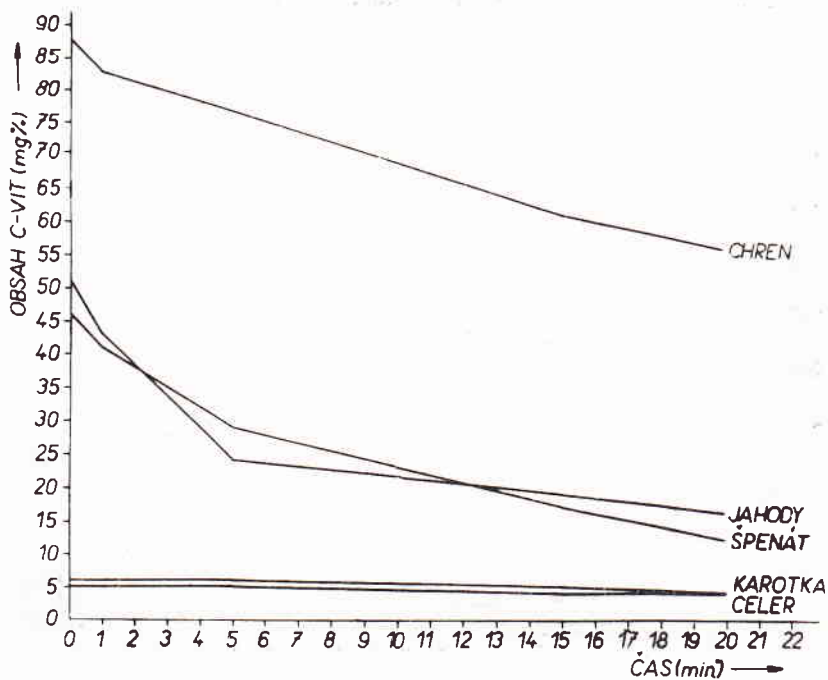
Pri frekvencii 950 kHz po 20. minútovom ozvučovaní bola aktivita peroxydázy pri špenáte 13,3 %, pri karotke 34,0 %, pri jahodách 40,0 % a pri chrene 36,0 %.

Pri frekvencii 360 kHz a pri tom istom čase ozvučovania bola aktivita peroxydázy pri špenáte 21,4 %, pri chrene 46,0 %, pri jahodách 40,0 %, a pri karotke 46,0 %. Pri frekvencii 20 kHz za tých istých podmienok bola aktivita peroxydázy špenátu 84,2 %, chrenu 60,0 %, jahôd 66,6 % a karotky 50,0 %. Z uvedených výsledkov vidieť, že vplyvom ultrazvukovej frekvencie a zvýšením zvukovej intenzity dochádza i k zvýšenej inaktívácii enzýmov — peroxydázy.

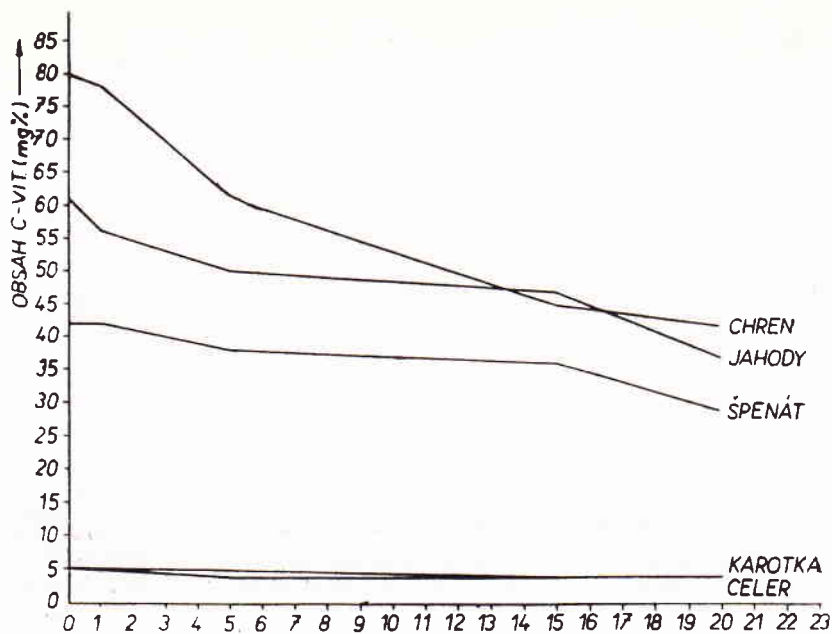
Z uvedených výsledkov vyplýva, že pomocou ultrazvukových vln v súčasnej dobe nie je možné prať ovocie ani zeleninu, nakoľko prací efekt je veľmi malý a okrem toho dochádza k zničeniu vit. C, tak dôležitého z hľadiska nutričnej hodnoty.



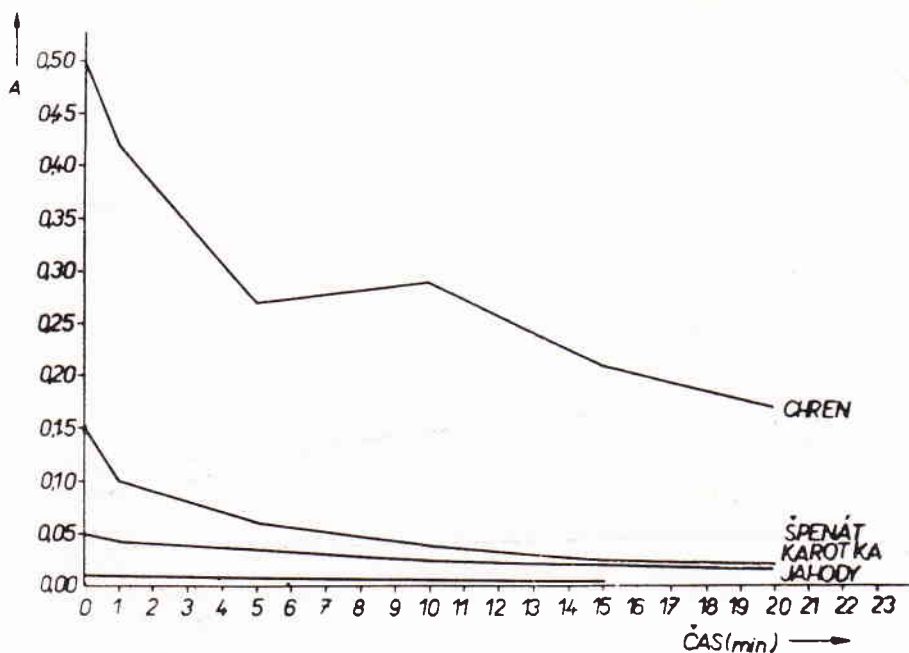
Graf 1. Vplyv UZ vln na obsah vitamínu C v mg% (frekv. 950 kHz)



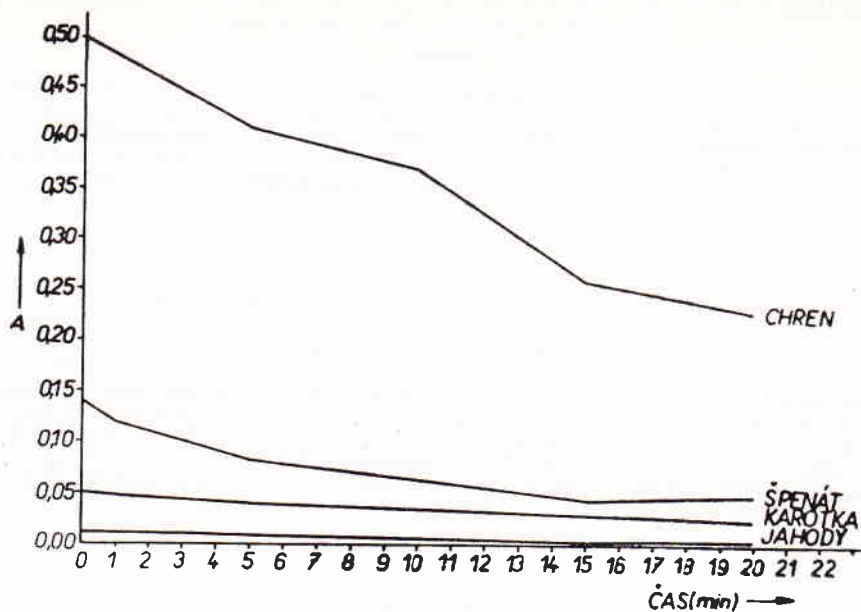
Graf 2. Vplyv UZ vln na obsah vitamínu C v mg% (frekv. 360 kHz)



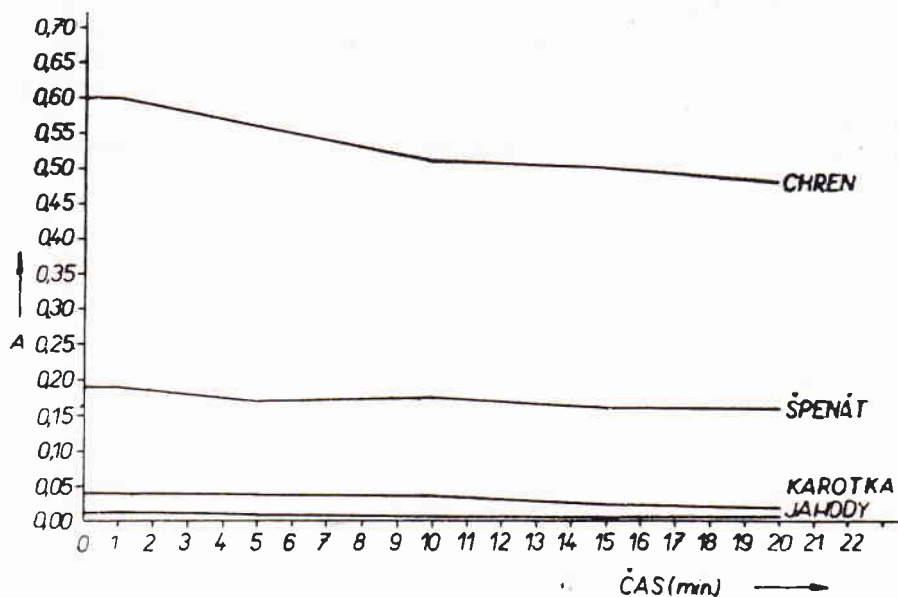
Graf 3. Vplyv UZ vln na obsah vitamínu C v mg% (frekv. 20 kHz)



Graf 4. Vplyv UZ vln na aktivitu peroxidázy (frekv. 950 kHz)



Graf 5. Vplyv UV vln na aktivitu peroxydazy (frekv. 360 kHz)



Graf 6. Vplyv UZ vln na aktivitu peroxydazy (frekv. 20 kHz)

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН НА УСТОЙЧИВОСТЬ ВИТАМИНА С И НА АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ

Резюме

В труде изложены результаты влияния ультразвуковых волн, с частотой в 360, 20 и 950 кГц, на активность пероксидазы и устойчивость витамина С в натуральном сырье (шпинат, морковь, сельдерей, хрен и ягоды). Было доказано, что под влиянием ультразвуковых волн уничтожается витамин С, с повышающейся частотой и звуковой интенсивностью, и при таких же условиях наблюдается понижение активности пероксидазы.

DER EINFLUSS DER ULTRASCHALLWELLEN AUF DIE STABILITÄT DES VITAMINS C UND DIE PEROXYDASEAKTIVITÄT

Zusammenfassung

In der Arbeit wurde der Einfluss der Ultraschallwellen bei Frequenzen von 360, 20 und 950 kHz auf die Peroxydaseaktivität und die Stabilität des Vitamins C im natürlichen Material (Spinat, Möhre, Sellerie, Kren und Erdbeeren) verfolgt. Es wurde festgestellt, dass es mittels Ultraschallwellen mit ansteigender Frequenz — und Schallintensität zur Vitamin C-Vernichtung kommt und unter gleichen Bedingungen auch zur Verminderung der Peroxydaseaktivität.

Literatúra

1. Renaud P., Vplyv ultrazvuku na chemické zlúčeniny. 1960, X. Parfum. Cosmet. savons, 3, č. 10, s. 398
2. Elpiner I. E. a Sokolovskaja A. V., O procesoch oxydácie iónov železa pomocou ultrazvuku. 1959. Doklady Ak. Nauk SSSR, 129, č. 1, s. 202
3. Prudhome R. O., Fyzikálno-chemické účinky ultrazvuku — použitie a vplyv na kvalitu potravín. 1959, V. Sympózium o cudzorodých látkach v potravinách, Budapešť.
4. Rosenberg L. D., Ultrazvuk a jeho použitie. 1944, Moskva, Izdat. znaniye.
5. Bergman L., Ultrazvuk a jeho použitie vo vede a technike. Moskva 1957.
6. Cerevitinov F. N., Chemické zloženie a fyzikálne vlastnosti ovocia a zeleniny Praha, KPP 1952.
7. Crawford A. E., Ultrazvuková technika. Londýn, Butterworths Scientific Publications, 1955.