

# Vplyv teploty na aktivitu enzýmov v niektorých druhoch ovocia a zeleniny

F. KLEMPOVÁ, M. ŠULEKOVÁ, A. JURČOVIČOVÁ

Biologické procesy a prejavy života sú v rýchlosti ich priebehu silne ovplyvňované teplotou.

Rýchlosť enzymatických reakcií s teplotou rastie a dosahuje maxima pri „optimálnej teplote“. Optimálna teplota nie je pre daný enzým konštantná, menia ju rôzne faktory, ako napr. čistota substrátu a enzýmu, prítomnosť aktivátorov, ako aj použitá metóda na meranie rýchlosti katalyzovanej reakcie. Tamman podal správny výklad optimálnej teploty enzymatických reakcií tým, že teplotou sa súčasne urýchľujú dva nezávislé postupy, a to katalyzovaná reakcia a tepelná reakcia enzýmu. Pri nižšej teplote, ako je optimálna teplota, pôsobí teplota hlavne na katalytickú reakciu, nad optimálnou teplotou prevláda faktor inaktívácie. U väčšiny enzýmov dochádza pri 50–60 °C k značnej inaktívácii, u niektorých už pri 30 °.

Vo svojej práci sme sa snažili získať súhrn poznatkov o vplyve teploty na aktivitu niektorých natívnych enzýmov. Svoju pozornosť sme zamerali na polyfenoloxidázy (lakkázu, krezolázu, fenolázu, tyrozinázu), askorbázu, katalázu, cytochrómoxidázu, deh. kyseliny jantárovej a lipoxidázu, t. j. enzýmy obstarávajúce v biochemickom dianí rastlinných a živočíšnych tkanív oxido-redukčné procesy. Pri skladovaní potravín a v technologických procesoch konzervovania sa oxidácia prejavuje najrozličnejšími, obyčajne nežiadúcimi zmenami farby, chuti, vône a stratami nutritívnych hodnôt, napr. vitamínu C.

Aby sme zistili vplyv teplôt na aktivitu uvedených enzýmov v niektorých druhoch ovocia a zeleniny, urobili sme nasledovné pokusy:

## Materiál a metódy

Aktivitu enzýmov sme sledovali v rozmedzí teplôt 0 – 30 °C. Teplotu 30 °C resp. 25 °C sme použili ako porovnávaciu optimálnu teplotu. Vyššie teploty sme nepoužili vzhľadom na uvedené skutočnosti, že pri niektorých enzýmoch dochádza už nad 30 °C k čiastočnej inaktívácii.

Vzorku sme pripravili tak, že sme ovocie alebo zeleninu roztumixovali, od-filtrovali cez gázu a pipetovali na stanovenie. Aktivitu enzýmov sme stanovovali v čerstvom, žiadnym technologickým zásahom nepozmenenom ovoci, resp. zelenine. Iba pri hrášku a fazuľke sme pracovali s lyofilizovanou surovinou, vzhľadom na mimosezónny priebeh prác.

Aktivitu sledovaných enzýmov sme stanovovali manometrickou metódou Warburgovou. Výsledky sú vyjadrené ako koeficient reakčnej rýchlosti  $k = x/t$  ( $x = \mu\text{lO}_2$ ;  $t = \text{čas}$ ) a prepočítané na 1 g sušiny.

## Výsledky pokusov a vyhodnotenie

Tabuľka 1. Vplyv teploty na aktivitu laktázy

Druh zeleniny, ovocia	Teplota °C						
	0	5	10	15	20	25	30
	$k = x/t/1 \text{ g sušiny}$						
fazuľka	0,32	0,37	0,88	1,00	1,36		1,43
hrášok	0,30	0,57	0,62	0,77	1,54	1,98	2,25
kukurica	1,86	3,53	4,51	5,13	9,17		14,47
paprika	0,92	1,35	1,46	4,10	4,50		5,81
broskyne	3,78	7,40	11,80	22,55	44,17	73,58	
jablká	0,74	1,13	2,33	3,02	3,55		
jahody	1,61	2,95	4,13	5,74	10,79	16,16	
hrozno	1,19	3,15	2,05	3,11	1,74	3,91	
slivky	2,29	7,73	12,56	18,22	25,53		36,45

Tabuľka 2. Vplyv teploty na aktivitu fenolázy

Druh zeleniny, ovocia	Teplota °C						
	0	5	10	15	20	25	30
	$k = x/t/1 \text{ g sušiny}$						
fazuľka	0,73	1,75	2,51	3,15	4,28		4,67
hrášok	0,24	0,55	0,75	0,85	1,13	1,76	2,23
kukurica	0,63	1,32	1,97	3,38	5,20		16,95
paprika	1,32	1,55	3,62	5,25	6,69		9,84
broskyne	2,92	4,91	9,13	14,82	19,64	25,43	
jablká	0,49	0,67	0,83	1,36	1,57		
jahody	6,11	8,14	10,17	17,69	24,66	32,35	
hrozno	0,21	0,78	0,94	2,08	1,85	2,89	
slivky	0,23	0,49	0,77	1,20	1,50		4,19

Tabuľka 3. Vplyv teploty na aktivitu krezolázy

Druh zeleniny, ovocia	Teplota °C						
	0	5	10	15	20	25	30
	$k = x/t/1 \text{ g sušiny}$						
fazuľka	0,56	1,47	2,07	2,72	2,78		3,54
hrášok	0,49	0,99	1,81	3,08	4,51		4,95
kukurica	0,78	2,22	2,82	4,49	9,94		11,11
paprika	0,92	1,67	3,17	5,04	9,21	9,79	
broskyne	2,39	4,32	7,08	12,80	22,65	29,80	
jablká	4,75	6,20	8,78	12,99	17,67		
jahody	2,48	4,34	5,78	6,75	8,08	23,04	
hrozno	0,47	0,93	1,28	1,95	3,27	4,13	
slivky	0,84	4,23	6,89	12,34	17,12		30,01

Tabuľka 4. Vplyv teploty na aktivitu tyrozinázy

Druh zeleniny, ovocia	Teplota °C						
	0	5	10	15	20	25	30
	$k = x/t/1 \text{ g sušiny}$						
fazuľka	0,35	0,49	0,84	1,62	2,03		3,05
hrášok	0,31	0,44	0,82	1,10	1,37	3,23	3,96
kukurica	1,27	2,27	3,15	5,01	8,39		19,26
paprika	2,20	3,09	7,62	13,27	17,40	19,25	
broskyne	29,50	57,06	55,04	102,78	132,34	139,22	
jablká	42,12	53,66	66,91	69,64	75,84		
jahody	2,09	6,40	10,91	14,57	20,97	28,13	
hrozno	23,91	31,03	44,44	70,78	73,46	99,87	
slivky	7,02	13,79	21,59	47,43	43,53		55,34

Tabuľka 5. Vplyv teploty na aktivitu askorbázy

Druh zeleniny, ovocia	Teplota °C						
	0	5	10	15	20	25	30
	$k = x/t/1 \text{ g sušiny}$						
fazuľka	—	—	—	—	—	—	—
hrášok	1,34	1,94	2,45	2,97	3,41	4,60	5,93
kukurica	0,94	1,93	4,62	6,61	8,45		11,19
paprika	—	—	—	—	—	—	—
broskyne	0,99	1,73	4,36	6,91	14,85	15,29	
jablká	0,99	1,23	2,18	4,09	4,40		
jahody	4,05	5,55	9,45	17,60	27,13	33,51	
hrozno	—	—	—	1,22	1,86	7,55	
slivky	—	—	—	—	—	—	—

Tabuľka 6. Vplyv teploty na aktivitu katalázy

Druh zeleniny, ovocia	Teplota °C						
	0	5	10	15	20	25	30
	$k = x/t/1 \text{ g sušiny}$						
fazuľka	—	—	—	—	—	—	—
hrášok	—	—	—	—	—	—	—
kukurica	—	—	—	—	—	—	—
paprika	—	—	—	—	—	—	—
broskyne	12,73	16,88	19,67	22,86	39,03	48,73	
jablká	5,97	7,94	8,91	10,89	12,25		
jahody	12,27	15,00	20,41	27,73	34,54	48,34	
hrozno	0,29	3,41	7,60	15,11	24,94	29,44	
slivky	—	—	—	—	—	—	—

Tabuľka 7. Vplyv teploty na aktivitu cytochrómoxidázy

Druh zeleniny, ovocia	Teplota °C						
		5	10	15	20	25	30
	$k = x/t/1 \text{ g sušiny}$						
fazuľka	1,09	2,71	5,43	12,69	13,55	14,83	
hrášok	—	—	—	—	—	—	
kukurica	—	—	—	—	—	—	—
paprika	—	—	—	—	—	—	—
broskyne	10,39	18,11	22,57	30,38	38,25	35,90	—
jablká	2,12	2,87	3,69	6,21	6,74		
jahody	9,27	14,80	20,15	37,57	101,62	20,75	
hrozno	1,03	1,77	2,46	4,00	3,96	5,92	
slivky	—	—	—	—	—	—	—

Tabuľka 8. Vplyv teploty na aktivitu deh. kys. jantárovej

Druh zeleniny, ovocia	Teplota °C						
		5	10	15	20	25	30
	$k = x/t/1 \text{ g sušiny}$						
fazuľka	—	—	—	—	—		—
hrášok	—	—	—	—	—	—	—
kukurica	—	—	—	—	—	—	—
paprika	—	—	—	—	—	—	—
broskyne	—	—	—	—	—	—	—
jablká	0,49	0,84	1,03	1,43	1,66	—	
jahody	3,28	4,76	6,27	7,84	8,71	12,85	
hrozno	1,82	2,70	3,01	4,04	4,49	5,80	
slivky	—	—	—	—	—	—	—

Tabuľka 9. Vplyv teploty na aktivitu lipoxidázy

Druh zeleniny, ovocia	Teplota °C						
		5	10	15	20	25	30
	$k = x/t/1 \text{ g sušiny}$						
fazuľka	3,93	7,07	8,47	14,73	14,83	16,71	
hrášok	0,37	0,96	1,38	1,57	1,85	2,77	3,60
kukurica	0,67	0,73	2,25	4,56	7,67		17,14
paprika	—	—	—	—	—	—	—
broskyne	—	—	—	—	—	—	—
jablká	—	—	—	—	—	—	—
jahody	1,66	2,91	4,68	5,87	16,87	23,39	
hrozno	—	—	—	—	—	—	—
slivky	—	—	—	—	—	—	—

Ak hodnotíme pokusy podľa aktivity sledovaných enzýmov v jednotlivých druhoch ovocia a zeleniny pri +20 °C, dostaneme nasledovné zostupné rady:

1. lakkáza : broskyne, slivky, jahody, kukurica, paprika, jablká, hrozno, hrášok, fazuľka,
2. fenoláza : jahody, broskyne, paprika, kukurica, fazuľka, hrozno, jablká, slivky, hrášok,
3. krezoláza : broskyne, jablká, slivky, kukurica, paprika, jahody, hrášok,
4. tyrozináza : broskyne, jablká, hrozno, slivky, jahody, paprika, kukurica, fazuľka, hrášok,
5. askorbáza : jahody, broskyne, kukurica, jablká, hrášok, hrozno,
6. kataláza : broskyne, jahody, hrozno, jablká,
7. cytochrómoxidáza : jahody, broskyne, fazuľka, jablká, hrozno,
8. deh. kys. jantárová : jahody, hrozno, jablká,
9. lipoxidáza : jahody, fazuľka, kukurica, hrášok.

Poznámka: Aktivity enzýmov 5–9 sme nestanovovali pri všetkých vzorkách. Teplotu +20 °C sme vzali ako priemernú teplotu ovzdušia v čase zberu.

Hodnotením pokusov podľa druhov ovocia a zeleniny dostaneme nasledovné zostupné poradie:

- Slivky: tyrozináza, lakkáza, krezoláza, fenoláza.  
 Hrozno: tyrozináza, kataláza, deh. kys. jantárová, cytochrómoxidáza, krezoláza, askorbáza, fenoláza, lakkáza.  
 Jahody: cytochrómoxidáza, kataláza, askorbáza, tyrozináza, lipoxidáza, lakkáza, deh. kys. jantárová, krezoláza.  
 Broskyne: tyrozináza, lakkáza, kataláza, cytochrómoxidáza, krezoláza, fenoláza, askorbáza.



Jablká: tyrozináza, krezoláza, kataláza, cytochrómoxidáza, askorbáza, lakkáza, deh. kys. jantárovej, fenoláza.  
 Paprika: tyrozináza, krezoláza, fenoláza, lakkáza.  
 Kukurica: krezoláza, lakkáza, askorbáza, tyrozináza, lipoxidáza, fenoláza.  
 Hrášok: krezoláza, askorbáza, lipoxidáza, lakkáza, tyrozináza, fenoláza.  
 Fazuľka: lipoxidáza, cytochrómoxidáza, fenoláza, krezoláza, tyrozináza, lakkáza.

Ak sledujeme pokles enzymatickej aktivity pri  $-5^{\circ}\text{C}$ , resp. pri  $0^{\circ}\text{C}$ , teda pri teplotách zaujímavých z hľadiska chladiarenskej technológie, zisťujeme, že zníženie teploty nemalo rovnaký vplyv na všetky enzýmy toho istého druhu ovocia alebo zeleniny, resp. na jeden enzým v rôznych druhoch surovín. Vysvetlenie spočíva pravdepodobne v odlišnom zložení prostredia ovplyvňujúceho katalytické pôsobenie enzýmov.

Z výsledkov enzymatickej aktivity rôznych druhov ovocia by sa dalo usudzovať, že pre skladovanie sa najlepšie hodia jablká, ktorých aktivita je najnižšia, nasleduje hrozno, slivky, broskyne, jahody.

## S ú h r n

Výsledky pokusov dokazujú, že znížovanie teploty prostredia prejavuje sa spomalením reakcií, t. j. znížením hodnoty koeficientov reakčnej rýchlosti sledovaných enzýmov. Zníženie aktivity nastáva pravdepodobne následkom čiastočného brzdenia prechodu molekúl enzýmov k molekulám substrátu a opačne. Ako však z pokusov vyplýva, nemení sa znížovaním teploty mechanizmus pôsobenia enzýmov, mení sa len rýchlosť ich pôsobenia.

## L i t e r a t ú r a

1. Stein, I., Klempová, F., Grajciar, I., Enzymatické procesy pri nízkych teplotách, Bulletin ÚVÚPP, 5, 1966, č. 8, str. 17–22.
2. Stein, I., Klempová, F., Grajciar, I., Výskum lyofilizácie potravín z hľadiska enzýmov, Záv. správa ÚVÚPP 1967.
3. Bystrická, E., Stein, I., O výskyte a vlastnostiach enzýmov a ich zmenách po dobu technologických operácií, Štúdiálna správa, ÚVÚPP 1967.

## Влияние температуры на активность энзимов у некоторых сортов фруктов и овощей

### Выводы

Результаты опытов показывают, что понижение температуры среды проявляется замедлением реакций, т. е. понижением величины коэффициентов хода реакции исследуемых энзимов. Понижение активности следует вероятно, вследствие частичного торможения перехода молекул энзимов субстрата и наоборот. Из опытов однако вытекает, что механизм действия энзимов не меняется при понижении температуры а меняется лишь быстрота их действия.

# Temperature influence on enzymes activity in some varieties of fruit and vegetables

## Summary

The results of experiments prove that lowering of mediums temperature is shown by retarding of the reaction, i. e. by lowering of the value of reaction rate's coefficients of watched enzymes. The lowering of activity necessitates probably, in partial retarding of enzymes molecules transition to the molecules of the substrate and contrarywise. But results of tests show that by lowering the temperature the mechanism of enzymes effects is not changed but the rate of their effects is changing.

---

### New laminate for pouches challenges can.

(Nový druh laminátu na vrecúška bude konkurovať plechovkám.)

Packag. Rev., 89, 1969, č. 6, s. 11–12.

Nový druh laminátového materiálu bol vyvinutý firmou Reynolds Metals Co. v Amerike. Tento laminát môže znášať sterilizačné teploty. Skladá sa z hliníkovej fólie vlozenej medzi dve fólie: z polyetylénu terephthalate (zvonku) a z polyamidu (zvonku). Vrecúška, vyrobené z tohto materiálu, znášajú sterilizačnú teplotu v autoklávoch 270 °F. Materiál je patentovaný. Teplota pri jeho zvráňaní je medzi 180 až 200 °F. Potraviny môžu byť v tomto vrecúšku skladované jeden rok a nedôjde k väčšej bombáži než je tomu pri plechovkách. Doba sterilizácie je 10–11 minút, v plechovke je 40 minút.

Giblib, J. P.

### Meat packaging trends in the United States.

(Smery v balení mäsa v Spojených štátoch.)

Food Manuf. a Distr., 38, 1969, č. 7, s. 34, 36, 38.

V USA sa predáva asi dve tretiny spracovaného mäsa vo vakuovom balení. Je dôležité, aby zabalené mäso si uchovalo svoju ružovú farbu, ktorá sa oxidáciou mení v šedohnedú. Obal musí chrániť proti pôsobeniu kyslíka a svetla. K uchovaniu mäsa sa používa vakuové balenie alebo balenie s inertným plynom (dusík, kysličník uhličitý). Na balenie sa používajú rôzne laminátové filmy. Požiadavky na balenie slaniny sú ešte vyššie než na balenie mäsa. Balí sa za vakuu do filmu polyester – PVDC – polyetylén, alebo nylon – PVDC – polyetylén. Na balenie sa používajú stroje, vyrábajúce viac ako 50 balení za minútu. V článku sú uvedené niektoré tieto stroje a ich výrobcovia. V závere sa poukazuje na nové baliace materiály, ako polyvinylalkohol, polykarbonát a polyuretán.

Wróblewska, D.

### Wpływ bezpośredniego oddziaływania środowiska tropikalnego na folie polietylenowa.

(Vplyv priameho pôsobenia tropického prostredia na polyetylénovú fóliu.)

Opakowanie, 15, 1969, č. 1 (84), s. 9–15.

Pôsobenie tropického prostredia na obalové materiály bolo už neraz predmetom výskumných prác. Sledovanie týchto vplyvov na polyetylénovú fóliu bolo však doteraz robené len v laboratórnych podmienkach. Teraz boli založené pokusy priamo v teréne tak, že polyetylénové fólie boli dopravené na miesto určenia letecky v hermetických obaloch, tu boli napnuté na špeciálne stojany a vystavené indickej tropickej klíme po dobu 1–3 mesiacov. Fólie mali značne zníženú odolnosť mechanickú, väčšiu priepustnosť vodnej pary a zníženú priepustnosť svetelného žiarenia vplyvom degradácie polymerov a oxidácie jej častíc. Pokusy sú v článku podrobne popísané a výsledky sú znázornené graficky i v tabuľkách.