



BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo, Campinas

Vol. 42

Campinas, 1983

Artigo nº 20

OCORRÊNCIA DE GLICOALCALÓIDES E ESVERDEAMENTO EM TUBÉRCULOS DE BATATA RECÉM-COLHIDOS E ARMAZENADOS⁽¹⁾

DAYSE S. SPOLADORE, JOÃO PAULO F. TEIXEIRA, MARCO ANTONIO T. ZULLO⁽²⁾,
Seção de Fitoquímica, PAULO R. M. TEIXEIRA^(2,3), SONIA M. B. M. COELHO⁽²⁾
e HILÁRIO S. MIRANDA FILHO, *Seção de Raízes e Tubérculos, Instituto Agrônomo.*

RESUMO

Foram analisados 36 dos cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.) existentes no Instituto Agrônomo, quanto ao teor de glicoalcalóides totais (TGA) na porção superficial dos tubérculos, e quanto à sua capacidade de esverdeamento, duas características importantes na comercialização do produto. As determinações foram feitas para tubérculos recém-colhidos, armazenados na ausência e na presença de luz, ambos por 25 dias. Os teores de TGA situaram-se na faixa de 3-24mg/100g de peso fresco. Tanto as condições de armazenamento quanto os cultivares influenciaram o teor de TGA e a capacidade de esverdeamento. Encontrou-se uma correlação linear significativa entre o teor de TGA e a capacidade de esverdeamento, independentemente de tratamentos e cultivares, negativa, porém, para tubérculos recém-colhidos. Os dados obtidos sugerem que ambos os fatores são influenciados por características genéticas peculiares a cada cultivar.

1. INTRODUÇÃO

As plantas estão sujeitas a danos provenientes de distúrbios fisiológicos causados por fatores químicos, físicos e genéticos. Al-

guns distúrbios fisiológicos, quando ocorrem em tubérculos de batata, depreciam o produto, alterando-lhe o formato, características da polpa ou sua coloração, prejudicam sua comercialização,

(1) Trabalho parcialmente financiado com recursos do Convênio IAC/EMBRAPA. Resultados parciais apresentados durante a 33ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Salvador (BA), de 8 a 15 de julho de 1981, e durante a 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Campinas (SP), 6-14 de julho de 1982. Recebido para publicação a 13 de maio de 1982.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

(3) Atualmente, no Banco do Brasil, Alfenas (MG).

tornando-os, em alguns casos, impróprios para o consumo. Os tubérculos podem tornar-se verdes pelo acúmulo de clorofila, devido à longa exposição à luz natural ou artificial, causado por falta de completo chegamento de terra no campo ou por transporte, armazenamento e comercialização inadequados. Quando ocorre o esverdeamento dos tubérculos, acredita-se que haja a formação de um alcalóide amargo, picante e venenoso, conhecido por solanina, que surge também nas batatas brotadas ou em estado de podridão parcial (13).

VERBIST & MONNET (14) revelaram que intoxicações mais graves provocadas pelos tubérculos atualmente são mais raras, devido à redução do consumo e do aperfeiçoamento das condições de armazenamento. Estudando solos, esses autores concluíram que em terras onde nunca foi feito o cultivo de batata, o teor de solanina aumenta consideravelmente em relação às terras onde já houve pelo menos um plantio. Talvez esses tubérculos provenientes das terras em que o plantio esteja sendo feito pela primeira vez sejam os responsáveis por gastroenterites de causas não explicadas (14). Segundo SINDEN & WEBB (10), os teores de solanina são fortemente determinados pelo cultivar, pelo lugar de cultivo e produção do ano. FITZPATRICK et alii (6), estudando o efeito do armazenamento prolongado em fatias de tubérculo, armazenadas à temperatura de 4°C, concluíram que o teor de glicoal-

calóides foi alterado até 34 semanas.

ZITNAK (16), por necessidade de um expediente analítico, introduziu o termo glicoalcalóides totais (TGA), que são precipitados em solução amoniacal derivados quase que exclusivamente do alcalóide solanidina.

BEUKEMA & ZAAG (3) citam que a quantidade de TGA presente nos tubérculos é normalmente de 2-10mg/100g de peso fresco, enquanto tubérculos sem película apresentam 1,5mg/100g e na película, 20-25mg/100g. Em tubérculos recém-maduros, a quantidade pode-se elevar através da ação da luz solar e esverdeamento. BURTON (5) revela que uma pequena quantidade de solanina pode contribuir para um sabor desejável na batata, mas uma concentração acima de 15-20mg/100g pode ser tóxica, isto é, torna-a imprópria para o consumo. Revela ainda que níveis indesejáveis de TGA não ocorrem nas batatas normalmente comercializadas, a menos que sejam cortadas ou excessivamente expostas à luz. Contudo, o cultivar norte-americano Lenape, introduzido em 1967, teve que ser retirado do comércio em 1969, devido aos altos teores de solanina, de até 35mg/100g de peso fresco (1, 2).

Tendo em vista o exposto e a ausência de informações a respeito do teor de TGA nos cultivares de batata comumente utilizados no País, e sendo a α -solanina o mais importante glicoalcalóide da batata, foi realizado este trabalho, com o objetivo de verificar a correlação entre o teor de

TGA e a intensidade de verde em tubérculos de batata recém-colhidos e armazenados na ausência ou na presença de luz por 25 dias, tempo suficiente para sua comercialização nas condições brasileiras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados tubérculos de batata dos cultivares Achat, Alpha, Anosta, Baraka, Belladona, Berolina, Bintje, Christa, Cláudia, Culpa, Delta, Desirée, Diamant, Edzina, Elvira, Estima, Eureka, Glória, Grandifolia, Granola, Grata, Jatte Bintje, Lenino, Marijke, Palma, Radosa, Recent, Rosamundo, Sowa, Spunta, Steffi, Tarpan, Univita, Uran, Vittorini e Vokal, provenientes da Alemanha, Holanda e Polônia, cultivadas em vasos, sob condições de telado, no Centro Experimental de Campinas, no ano agrícola de 1979/80.

Os tubérculos foram analisados com duas repetições, segundo os tratamentos: quando recém-colhidos, após armazenados por 25 dias em presença de luz e após armazenados por 25 dias em ausência de luz, cobertos com papel alumínio e colocados dentro de sacos de náilon trançado tipo rede.

Os tubérculos foram lavados e retiradas amostras de 5g de sua superfície, com 2-3mm de espessura, sendo esse material analisado conforme descrito por WANG et alii (15). A metodologia aplicada consiste na precipitação de TGA por hidróxido de amônio e da reação colorimétrica com ácido fosfórico e paraformaldeído, com leitura em espectrofotômetro a 600nm.

Os teores de TGA são expressos em miligrama/100g de peso fresco, tomando-se como referência padrão de α -solanina obtido em nosso laboratório (SPOLADORE et alii, 12).

Fez-se a extração de pigmentos com 25ml de clorofórmio para avaliação da intensidade de verde nos tubérculos, através de leitura em espectrofotômetro a 440nm, comprimento de onda de maior intensidade de absorção apresentada pelo extrato.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados 36 cultivares de batata, quanto ao teor de TGA e quanto à intensidade de verde, em tubérculos recém-colhidos ou armazenados por 25 dias na ausência ou na presença de luz. Os teores de TGA da porção superficial foram analisados como sendo teores de α -solanina. Quanto à intensidade de verde, esta foi avaliada a 440nm apenas em unidades de absorbância, considerando-se que essa medida fosse linearmente correlacionada à concentração de clorofila nos extratos da porção superficial dos tubérculos, conforme admitido por GULL & ISENBERG (8).

As médias dos resultados de duas análises independentes dos teores de TGA e de intensidade de verde encontram-se no quadro 1.

O coeficiente de variação para estas análises é, para intensidade de verde, igual a 8,93% e, para teores de TGA, igual a 8,85%.

QUADRO 1. Efeito do armazenamento em tubérculos de batata, quanto à ocorrência de glicoalcalóides e intensidade de verde ^a

Cultivares	Armazenados											
	Recém-colhidos				Sem luz				Com luz			
	Intensidade de verde		TGA		Intensidade de verde		TGA		Intensidade de verde		TGA	
	mg/100g	A	mg/100g	A	mg/100g	A	mg/100g	A	mg/100g	A	mg/100g	A
Achat	14,32	0,459	11,36	0,354	17,61	1,793	14,43	0,870				
Alpha	4,97	0,674	6,19	0,150	9,63	1,634	6,93	0,820				
Anosta	16,58	0,276	7,21	0,126	15,28	0,969	13,02	0,460				
Baraka	10,85	0,629	6,67	0,278	9,30	1,740	8,94	0,882				
Belladona	11,06	0,828	12,17	0,379	13,31	1,678	16,24	0,962				
Berolina	6,19	0,561	10,10	0,190	11,06	1,678	9,12	0,810				
Christa	9,88	0,401	8,70	0,325	10,64	1,113	9,74	0,613				
Cláudia	12,35	0,385	6,19	0,107	10,58	0,734	9,71	0,420				
Culpa	6,07	0,629	7,54	0,354	9,13	1,111	7,58	0,698				
Delta	9,31	0,303	9,53	0,209	10,10	1,011	9,65	0,508				
Desirée	20,36	0,216	10,30	0,120	12,04	2,745	14,24	1,027				
Diamant	8,31	0,302	11,77	0,535	18,69	2,004	12,92	0,947				
Edzina	10,31	0,237	6,97	0,259	12,07	0,472	9,78	0,323				
Elvira	11,87	0,380	9,85	0,343	14,21	0,903	11,98	0,542				
Estima	10,84	0,296	5,88	0,140	9,87	0,872	8,86	0,436				
Eureka	7,54	0,516	6,98	0,240	9,98	0,896	8,17	0,551				
Glória	5,88	0,433	6,65	0,406	11,66	1,623	8,07	0,821				
Grandifolia	10,20	0,535	9,54	0,254	13,77	1,298	11,17	0,696				
Granola	6,97	0,625	7,54	0,617	10,31	1,861	8,27	1,034				
Grata	17,52	0,417	9,17	0,202	10,42	2,171	12,37	0,930				

Continua

QUADRO 1. Conclusão

Cultivares	Armazenados											
	Recém-colhidos			Sem luz			Com luz			Médias para cultivares		
	TGA	Intensidade de verde	A	TGA	Intensidade de verde	(A)	TGA	Intensidade de verde	A	TGA	Intensidade de verde	A
	mg/100g			mg/100g			mg/100g			mg/100g		
Jatte Bintje	16,16	0,379	0,071	7,26	0,071	0,071	8,55	0,660	0,660	10,67	0,370	0,370
Lenino	9,30	1,173	0,140	7,54	0,140	0,140	9,98	2,225	2,225	8,94	1,179	1,179
Marijke	7,12	0,512	0,211	3,69	0,211	0,211	5,17	0,602	0,602	5,33	0,442	0,442
Palma	9,29	0,603	0,250	7,54	0,250	0,250	14,67	1,529	1,529	10,50	0,794	0,794
Radosa	7,26	0,498	0,160	4,97	0,160	0,160	7,54	1,059	1,059	6,59	0,572	0,572
Recent	8,07	0,280	0,185	2,61	0,185	0,185	6,37	1,599	1,599	5,69	0,688	0,688
Rosamundo	7,52	0,694	0,179	5,88	0,179	0,179	11,05	1,466	1,466	8,15	0,780	0,780
Sowa	16,76	0,498	0,231	13,32	0,231	0,231	9,88	1,347	1,347	17,76	0,692	0,692
Spunta	12,45	0,717	0,185	5,88	0,185	0,185	7,39	1,432	1,432	8,58	0,778	0,778
Steffi	7,81	0,606	0,169	5,37	0,169	0,169	10,74	1,699	1,699	7,98	0,825	0,825
Tarpan	11,87	0,603	0,192	16,08	0,192	0,192	17,10	1,958	1,958	15,02	0,917	0,917
Univita	6,34	0,338	0,270	5,70	0,270	0,270	10,09	1,517	1,517	7,38	0,708	0,708
Uran	24,01	0,435	0,166	16,59	0,166	0,166	17,94	2,620	2,620	19,52	1,074	1,074
Vittorini	5,34	0,140	0,224	4,12	0,224	0,224	7,26	1,071	1,071	5,57	0,478	0,478
Vokal	14,27	0,382	0,182	11,06	0,182	0,182	15,30	1,429	1,429	13,54	0,564	0,564
Bintje ^b	13,22	0,211	0,158	12,24	0,158	0,158	8,08	0,751	0,751	11,18	0,374	0,374
Médias para tratamentos	10,78	0,477	0,238	9,046	0,238	0,238	11,299	1,416	1,416			

(a) Diferenças mínimas significativas, pelo teste de Tukey, ao nível de 1%. Para tratamento, $DMS_{TGA} = 2,67\text{mg}/100\text{g}$, $DMS_{IV} = 0,189\text{ U.A.}$ Para cultivares, $DMS_{TGA} = 3,96\text{mg}/100\text{g}$, $DMS_{IV} = 0,280\text{ U.A.}$

(b) Cultivar tomado como referência.

A análise de variância dos dados originais mostrou que, tanto para teores de TGA quanto para intensidade de verde, há diferenças altamente significativas ($p < 1\%$) para tratamentos, cultivares e interação tratamentos \times cultivares.

No que concerne aos tratamentos utilizados, pela aplicação do teste de Tukey a 1%, não houve diferença significativa quanto aos teores de TGA, havendo contudo diferença quanto à intensidade de verde, em concordância com GULL & ISENBERG (7, 8).

Quanto aos cultivares estudados, houve diferença significativa entre as médias de teores de TGA e intensidade de verde para vários deles, também segundo o teste de Tukey. Tomando como referência o cultivar Bintje, por ser atualmente o de maior comercialização, devido à sua alta produtividade e resistência ao esverdeamento, nota-se que apenas o 'Uran' apresenta maior teor de TGA, independentemente do tratamento utilizado, enquanto, nas mesmas condições, os cultivares Alpha, Marijke, Radosa, Rosamundo e Vittorini apresentam menores teores de TGA.

Quanto à intensidade de verde, não houve qualquer cultivar que mostrasse menor capacidade de esverdeamento que o Bintje, enquanto, independentemente do tratamento utilizado, os cultivares Anosta, Christa, Delta, Edzina, Elvira, Estima e Jatte Bintje apresentaram a mesma capacidade de esverdeamento que a referência e os cultivares Belladonna e

Granola apresentaram sempre maior intensidade de verde que o 'Bintje'.

Independente de tratamentos e cultivares, os dados obtidos indicam haver forte correlação linear entre teores de TGA e intensidade de verde ($r = 0,5372$, $t_{214} = 9,3167$, $p < 1\%$) (Figura 1a), o que concorda com as afirmações, ao menos qualitativas, de vários autores (8).

Com referência aos tratamentos empregados, verificou-se que, independentemente do cultivar utilizado, houve forte correlação linear positiva ($p < 1\%$) entre teores de TGA e intensidade de verde para tubérculos armazenados na ausência ou na presença de luz ($r = 0,3595$, $t = 3,2280$ e $r = 0,6209$, $t_{70} = 6,6278$ respectivamente) (Figuras 1c e 1d), e para tubérculos recém-colhidos houve forte correlação linear negativa ($r = -0,4615$, $t_{70} = -4,3523$, $p < 1\%$) entre os dois fatores (Figura 1b). Isso pode ser devido aos responsáveis pela intensidade de verde nos tubérculos recém-colhidos serem precursores das clorofilas, já que em tubérculos armazenados os responsáveis pela intensidade de verde são as clorofilas **a** e **b** (8, 11).

Os dados aqui obtidos mostram que, mesmo havendo excelente correlação entre intensidade de verde e TGA na porção superficial de tubérculo de batata, não se pode considerar qualquer um dos dois fatores como uma estimativa, mesmo grosseira, do outro. A correlação existente pode ser considerada como casual, co-

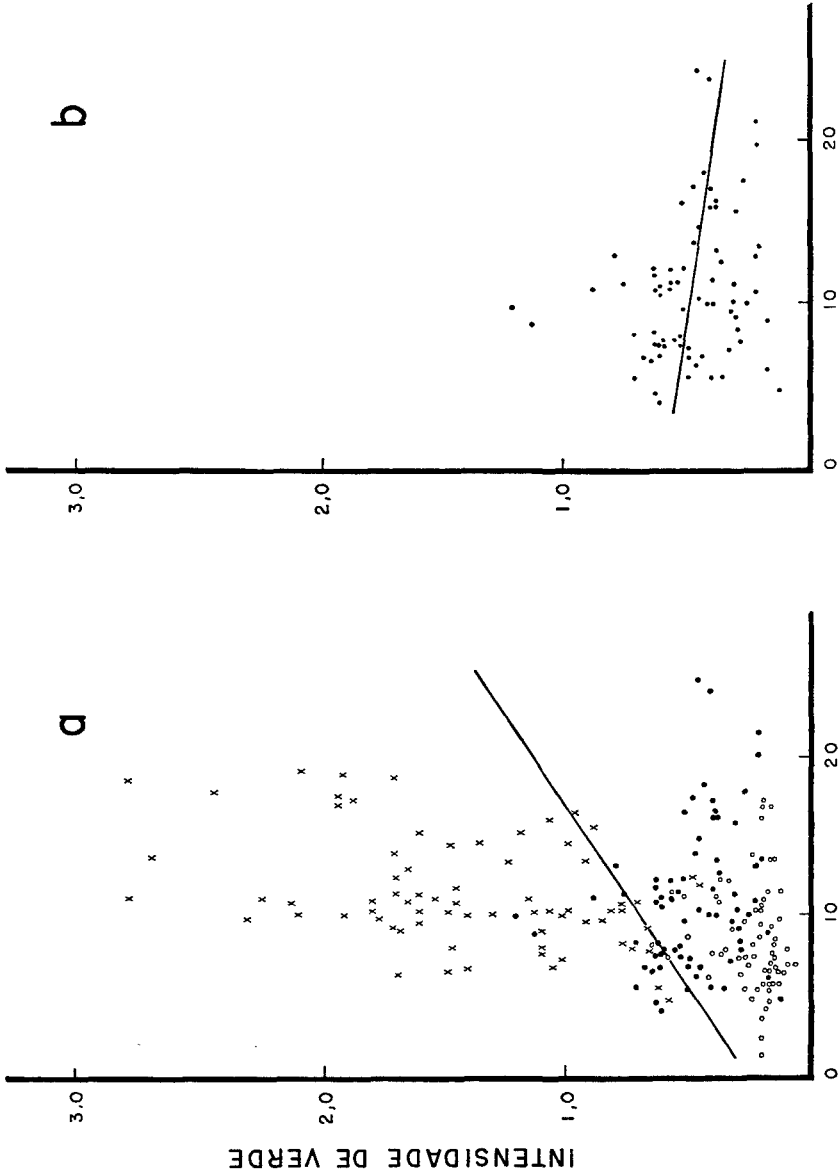


Figura 1 — Relação entre os teores de glicoalcalóides totais (TGA) e a intensidade de verde em 36 cultivares de batata. a: Conjunto de tratamentos; b: Tubérculos recém-colhidos (●); (Continua)

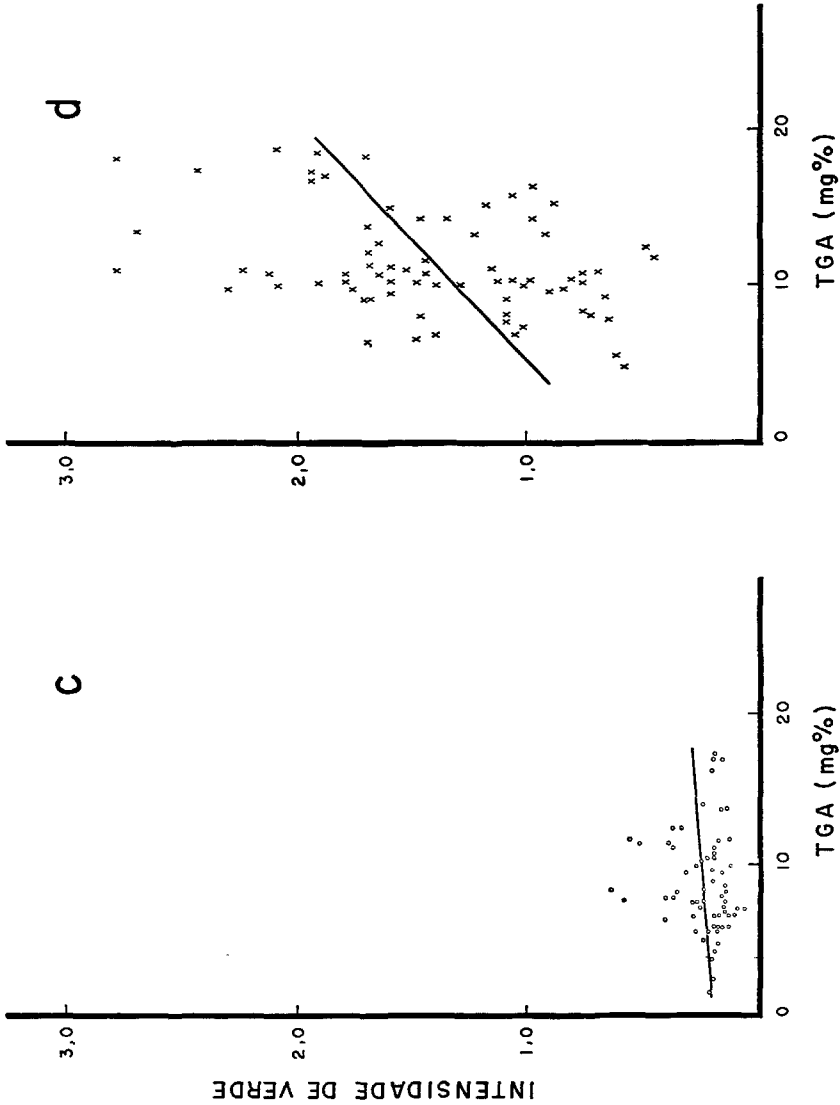


Figura 1 — Relação entre os teores de glicocalcólides totais (TGA) e a intensidade de verde entre 36 cultivares de batata. (Conclusão) c: Tubérculos armazenados na ausência de luz (o) d: Tubérculos armazenados na presença de luz (x).

mo é de esperar, devido a serem as rotas biossintéticas das clorofilas (4) e dos glicoalcalóides esteroidais (9) quase completamente independentes, iniciando-se a primeira pelo ácido aminolevulínico e continuando por ciclizações do porfobilinogênio e, a segunda, pelo ácido mevalônico, seguido por ciclização do esqualeno e entrada em rotas de aproveitamento de nitrogênio.

Determinados cultivares mostraram essa mesma correlação bastante elevada, e.g. Bintje ($r = -0,9319$), Achat ($r = 0,8739$), Elvira ($r = 0,8876$), Edzina ($r = 0,8945$), Lenino ($r = 0,9072$), Univita ($r = 0,9227$), Palma ($r = 0,9251$), Granola ($r = 0,9357$), Eureka ($r = 0,9541$), Diamant ($r = 0,9547$), Recent ($r = 0,9551$), Steffi ($r = 0,9592$), Glória ($r = 0,9717$) e Grandifolia ($r = 0,9811$), porém o mesmo não ocorre com a grande maioria dos cultivares aqui estudados. Isso pode sugerir que esta correlação possa vir a ser característica de cada cultivar em apreço, levando-se em conta que todo o manejo cultural dos cultivares utilizados neste trabalho foi realizado em condições de telado, o que reduz muito a variabilidade fenotípica encontrada sob condições de campo.

Devido a tais resultados sugere-se que, em programas de melhoramento de batata, sejam analisados os tubérculos não só quanto à intensidade de verde que possam apresentar, mas também quanto ao teor de TGA presente

na porção superficial e no tubérculo como um todo. Isso está sendo feito no momento em melhoramento de alguns cultivares de batata no IAC, devendo os resultados ser apresentados brevemente.

4. CONCLUSÕES

a) Conforme os tubérculos de batata sejam recém-colhidos ou armazenados, na ausência ou na presença de luz, há diferença significativa ($p < 1\%$) entre as intensidades de verde na porção superficial, porém para os teores de TGA essa diferença é significativa ao nível de $p < 5\%$;

b) Para alguns dos cultivares estudados, há diferenças significativas entre as médias de teores de glicoalcalóides e intensidade de verde, conforme os tratamentos empregados;

c) Existe uma correlação linear, embora casual, entre teor de glicoalcalóides e intensidade de verde na porção superficial dos tubérculos de batata, independentemente dos cultivares e das condições de armazenamento;

d) Independentemente dos cultivares utilizados, houve correlação linear positiva entre teor de TGA e intensidade de verde para tubérculos armazenados na ausência ou na presença de luz ($p < 1\%$), enquanto houve correlação linear negativa entre os dois fatores para tubérculos recém-colhidos ($p < 1\%$).

SUMMARY**OCCURRENCE OF GLYCOALKALOIDS AND GREENING IN NEWLY HARVESTED AND STORED POTATO TUBERS**

Thirty-six cultivars of potatoes were studied with respect to the total glycoalkaloids (TGA) content and greening capacity of the tuber. The determinations were made in the superficial portion of both newly harvested and tubers stored in the presence or absence of light during 25 days.

The TGA content ranged between 3-24mg/100g of fresh weight. Both the storage conditions and the cultivars influenced the TGA content and greening capacity. There was a negative correlation between TGA content and the 440nm absorbance of a chloroform extract for newly harvested tubers. This correlation, however, was positive for the stored tubers.

The present data suggest that both the TGA content and the greening capacity of the tubers were influenced by genetic characteristics of each cultivar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN POTATO JOURNAL. Name of potato variety Lenape with drawn. New Brunswick, New Jersey, 47:103, 1970.
2. AKELEY, R. V.; MILLS, W. R.; CUNNINGHAM, C. E.; WATTS, J. Lenape: a new potato variety with high solids and chipping quality. *American Potato Journal*, 45:142-145, 1968.
3. BEUKEMA, H. P. & ZAAG, D. E. van der. Nutritive value and quality characteristics. In: POTATO improvement, some factors and facts. Wageningen, International Agricultural Centre (I.A.C.), 1979. 224p.
4. BOGORAD, L. The biosynthesis of chlorophylls. In: VERNON, L. P. & SEELY, G. R. *The chlorophylls*. New York, Academic Press, 1966. Chap. 15, p. 481-510.
5. BURTON, W. G. Requirements of the users of ware potatoes. *Potato Research*, 17:374-409, 1974.
6. FITPATRICK, T. J.; HERB, S. F.; OSMAN, S. F.; McDERMOTT, J. A. Potato glycoalkaloids: Increases and variations of rations in aged slices over prolonged storage. *American Potato Journal*, 54:539-544, 1977.
7. GULL, D. D. & ISENBERG, F. M. Chlorophyll and solanine content and distribution in four varieties of potato tubers. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 75:545-556, 1960.
8. ——— & ———. Light burn and off-flavor development in potato tubers exposed to fluorescent lights. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 71:446-454, 1958.
9. SCHREIBER, K. Steroid alkaloids: The Solanum group. In: MANSKE, R. H. F. *The alkaloids*. 1968. v. 10, p. 1-192.
10. SINDEN, S. L. & WEBB, R. L. Effect of environment on glycoalkaloid content of six potato varieties at 39 locations. U. S. Dep. Agric., 1974. 30p. (Technical Bulletin, 1472)
11. SMITH, J. H. C. Protochlorophyll, precursor of chlorophyll. *Archives of Biochemistry*, 19:449-454, 1948.
12. SPOLADORE, D. S.; ZULLO, M. A. T.; TEIXEIRA, J. P. F. Extração e isolamento de α -solanina de brotos de batata. *Bragantia*, Campinas, 42: 253-255, 1983. (Nota, 5)

13. TORRES, J. di P. Conseqüências dos distúrbios fisiológicos na batata. O Estado de São Paulo, 25 dez. 1979, supl. agric. 1248:4.
14. VERBIST, J. F. & MONNET, R. A propos de la teneur en solanine des petits tubercules nouveaux de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.), Potato Research, 22:239-244, 1979.
15. WANG, S. L.; BEFORD, C. L.; THOMPSON, N. R. Determination of glycoalkaloids in potatoes (*S. tuberosum*) with a bisolvent extraction method. American Potato Journal, 49:302-308, 1972.
16. ZITNAK, A. The occurrence and distribution of free alkaloid solanidine in netted gem potatoes. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, 39:1257-1265, 1961.