



8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014  
12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

## REUSO DO XAROPE DE SACAROSE NA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE GOIABA: CINÉTICA DA PERDA DE QUALIDADE DOS PRODUTOS NO ARMAZENAMENTO

Fabiola Amaral **Ibrahim**<sup>1</sup>;Rafaela Dias **Parpinel**<sup>2</sup>;Elaine de Cássia Guerreiro **Souza**<sup>3</sup>;Silvia Pimentel  
Marconi **Germer**<sup>4</sup>

Nº14228

**RESUMO** – O objetivo do estudo foi avaliar a estabilidade de goiaba passa obtida a partir do acondicionamento e reuso do xarope de sacarose na desidratação osmótica (DO). Realizaram-se, primeiramente, dois ensaios de 15 ciclos de acondicionamento e reuso (RR) da DO de goiaba, e posteriormente avaliou-se a estabilidade dos produtos obtidos no 1º e 15º ciclo. O primeiro ciclo de DO foi realizado com xarope novo na concentração de 65°Brix e para os ciclos subsequentes utilizou-se o xarope acondicionado. As condições da DO foram: razão mássica de xarope:fruta de 4:1, temperatura de 45°C e tempo de processo de 4 h oras. No estudo de estabilidade, os produtos dos ciclos 1 e 15 foram acondicionados em embalagens laminadas (PET/Al/PEBD) e armazenados em estufa BOD nas temperaturas de 25 e 35°C (umidade relativa de 65%), por um período de aproximadamente 200 dias. Foram realizadas análises de vitamina C e cor instrumental ao longo do estudo, em períodos de 20 dias (35°C) e 30 dias (25°C). Os resultados não indicam influência do RR na estabilidade da cor dos produtos, mas na degradação da vitamina C possivelmente o processo tenha interferido. Todavia, os produtos obtidos com o xarope de reuso apresentaram menor sensibilidade à temperatura em relação à degradação de vitamina C e à cor, com valores menores de  $Q_{10}$ .

**Palavras-chaves:** goiaba desidratada, armazenamento, cor instrumental, vitamina C, estabilidade.

<sup>1</sup>Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduanda em Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas-SP; fabi13ibrahim@gmail.com.

<sup>2</sup>Colaborador: Graduanda em Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas-SP.

<sup>3</sup>Colaborador: Técnica de laboratório ITAL, Campinas-SP.

<sup>4</sup>Orientador: Pesquisadora do ITAL, Campinas-SP; sgermer@ital.sp.gov.br.



**ABSTRACT-** *The objective of this study was to evaluate the stability of dried guava obtained by the reconditioning and reuse (RR) of sucrose syrup in osmotic dehydration (OD). In the first step of study, two trials of 15 RR OD cycles of guava were carried out. The second step was the stability evaluation of the products obtained on the 1<sup>st</sup> and 15<sup>th</sup> cycles. The first OD cycle was carried out with new syrup of 65°Brix concentration, and the successive cycles with reconditioned syrup. The conditions of OD were: mass ratio syrup:fruit of 4:1; temperature of 45°C; 4h of process time. During the study of stability, the products of cycles 1 and 15 were packaged in PET/Al/PEBD film and stored at 25 and 35°C (relative humidity of 65%) up to approximately 200 days. During the study, instrumental color and vitamin C content were periodically monitored each 20 days (35°C) and 30 days (25°C). The results did not indicate the influence of RR on the stability of the product color, although it might have interfered on the vitamin C degradation. However, the products obtained from the reused syrup presented less sensitivity to temperature concerning the vitamin C and color degradation, according to smaller values of  $Q_{10}$ .*

**Key-words:** dried guava, storage, instrumental color, vitamin C, stability.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de desidratação osmótica (DO) é aquele no qual a retirada parcial da água de um alimento é obtida ao colocá-lo em contato com uma solução concentrada de solutos (SAUREL et al., 1994). A retirada da água do alimento ocorre em função do potencial osmótico. A tecnologia ainda é pouco empregada, principalmente pela dificuldade no gerenciamento da solução desidratante (WARCZOK et al., 2007). Na DO o xarope é diluído pelo ganho de água do alimento, recebendo também solúveis naturais do mesmo. O descarte deste xarope pode resultar na inviabilidade econômica do processo, gerando impactos ambientais. A literatura científica reporta alguns métodos de reuso da solução osmótica (OSORIO et al., 2007; WARCZOK et al., 2007; GERMER et al., 2012). O objetivo geral do estudo foi investigar o efeito do recondicionamento e do reuso do xarope de sacarose na estabilidade de goiaba passa obtida no processo combinado de desidratação osmótica e secagem com ar quente. Foram monitorados os produtos obtidos dos ciclos 1 e 15, durante um período de aproximadamente 6 meses.



## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido em duas etapas: avaliou-se inicialmente o RR da DO de goiaba, em dois ensaios de 15 ciclos; e na sequência, avaliou-se a estabilidade dos produtos obtidos no 1º e 15º ciclos. O presente trabalho apresenta os resultados da segunda etapa.

Utilizaram-se goiabas da variedade Paluma, adquiridas de um produtor da região de Campinas, e classificadas no calibre 7 (tipo 11) (CEAGESP, 2013). Foram empregados 3 lotes de frutas, colhidos em 3 semanas seguidas, no mesmo estágio de maturação (aproximadamente 8°Brix) e mantidos em temperatura ambiente.

### **2.1 Ensaios de desidratação osmótica e acondicionamento do xarope**

Os ensaios consistiram de 15 ciclos de DO, realizados nas mesmas condições (repetição). Para o preparo do xarope de sacarose, utilizou-se açúcar refinado (União, Brasil) com água destilada. O primeiro ciclo foi realizado com xarope novo na concentração de 65°Brix e, para os ciclos subsequentes, empregou-se o xarope acondicionado, cujas operações estão descritas no próximo parágrafo. As frutas foram selecionadas, lavadas, descascadas, retiradas as sementes, e cortadas manualmente em quatro pedaços. Utilizaram-se banhos de aquecimento (30L) providos de circuladores (PolyScience, modelo 7306, EUA). As condições da DO foram: razão mássica de xarope:fruta de 4:1 (16,0 kg de xarope:4 kg de fruta); temperatura de 45°C; tempo de processo de 4 horas. Ao final da operação, as frutas pré-secas foram retiradas do banho, drenadas, enxaguadas em água filtrada, e secas com papel absorvente. A fruta pré-seca passou por um processo de secagem convencional complementar em secador de bandejas (Proctor & Schwartz, K13964, EUA) com circulação de ar (velocidade de 1,5 m/s) a 65°C, até que o produto atingisse o teor de umidade final de aproximadamente 15% ( $a_w \sim 0,60$ ).

No acondicionamento foram realizadas as seguintes operações com o xarope final da DO: peneiramento (1 mm de mesh), para retirada das partículas em suspensão; concentração em tacho a vácuo (0,5 kgf/cm<sup>2</sup>/~70°C) (Mecamau, Modelo C055, Brasil), para recuperação da concentração inicial; e adição de xarope novo para recuperação da massa de xarope que ficou aderida no equipamento, e na fruta. O xarope acondicionado foi mantido em temperatura ambiente até o ciclo seguinte.



## 2.2 Estudo de estabilidade da goiaba passa no armazenamento

Os produtos do ciclo 1 e 15 foram acondicionados em embalagem laminada de PET/Al/PEBD, e armazenados em estufa BOD (LS370, Logen Scientific, Brazil) nas temperaturas de 25 e 35°C, à umidade relativa de 65%, por período de aproximadamente 180 dias. Não foi feita repetição no estudo de estabilidade, e os produtos dos dois ensaios foram misturados para o preparo das amostras. Foram realizadas as seguintes análises ao longo do estudo em períodos de 20 dias (35°C) e 30 dias (25°C): vitamina C e cor instrumental. As variações nos teores e parâmetros foram analisadas empregando-se modelos cinéticos de ordem zero, primeira e segunda ordem de acordo com Teixeira Neto et al. (2010). A ordem da reação foi determinada com o modelo do melhor ajuste, ou seja, maior  $R^2$ , considerando valores superiores a 0,8. As velocidades da reação ( $k$ ) foram obtidas e calcularam-se os seguintes parâmetros cinéticos:

$$Q_{10} = \frac{k_t}{k_{t-10}} \quad (1)$$

$$t_{\frac{1}{2}vida_0} = \frac{C_0}{-2k} \quad (2)$$

$$t_{\frac{1}{2}vida_1} = \frac{0,693}{-k} \quad (3)$$

$k_t$  = velocidade da reação à temperatura  $t$ ;  $k_{t-10}$  velocidade da reação à uma temperatura 10°C mais baixa;  $C_0$  = concentração do componente/parâmetro no tempo zero;  $t_{\frac{1}{2}vida_0}$  = tempo de meia vida de reações de ordem zero;  $t_{\frac{1}{2}vida_1}$  = tempo de meia vida de reações de ordem 1;  $Q_{10}$  = coeficiente/quociente de temperatura.

## 2.3 Métodos Analíticos

O teor de vitamina C foi determinado por titulometria segundo método Benassi & Antunes (1998). A cor foi determinada em colorímetro Chromameter (Minolta, CR400, Japão) no sistema Cielab (d/0 e iluminante D65) e foram calculados os seguintes parâmetros:

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad (1)$$

$$Croma = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (2)$$

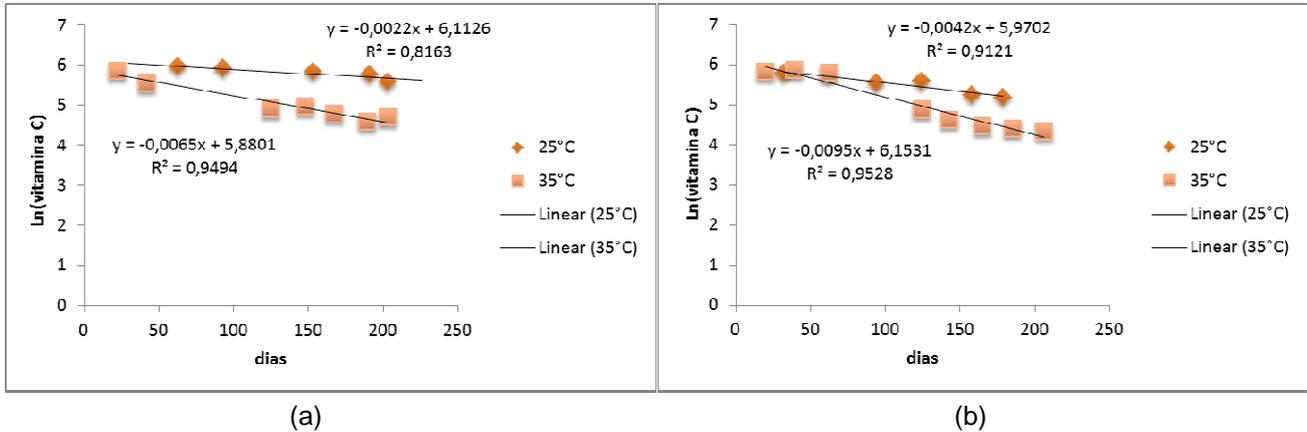
$L$  = luminosidade (branco/preto);  $L_0$  = luminosidade no tempo inicial;  $a$  = cromaticidade (verde/vermelho);  $a_0$  = parâmetro  $a$  no tempo inicial;  $b$  = cromaticidade (azul/amarelo);  $b_0$  = parâmetro  $b$  no tempo inicial;  $Croma$  = intensidade de cor;  $\Delta E$  = diferença de cor com relação ao tempo inicial;

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de teores de vitamina C obtidos ao longo do período de armazenamento dos produtos dos ciclos 1 e 15 para as diferentes temperaturas estão apresentados respectivamente nas figuras 1(a) e 1(b). A Tabela 1 apresenta os valores cinéticos obtidos da degradação da vitamina C.



**8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014**  
**12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo**

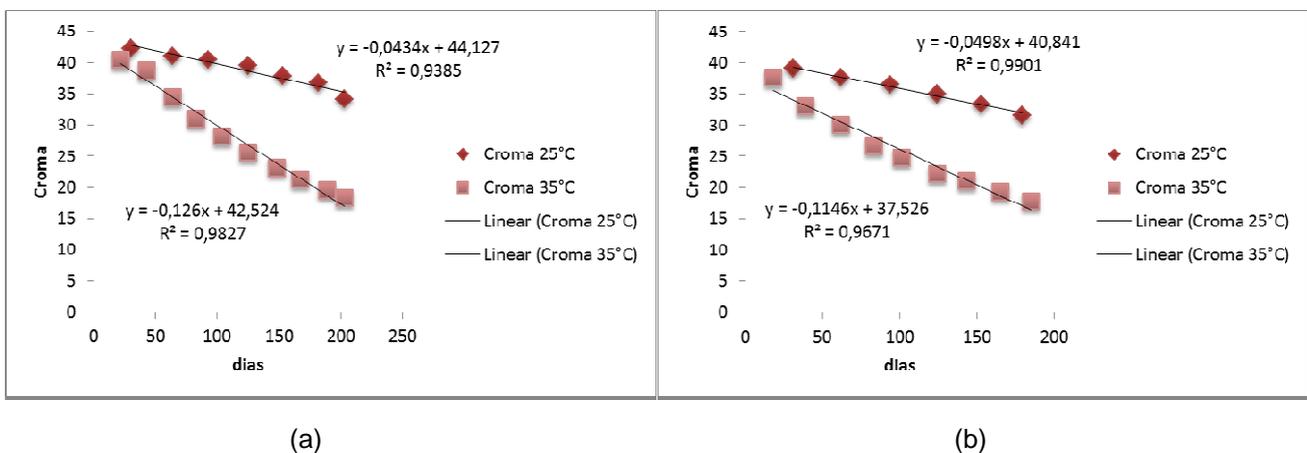


**Figura 1.** Cinética da variação dos teores de vitamina C (mg/100g) durante o armazenamento dos produtos do ciclo 1 (a) e do ciclo 15 (b) nas temperaturas de 25°C e 35°C .

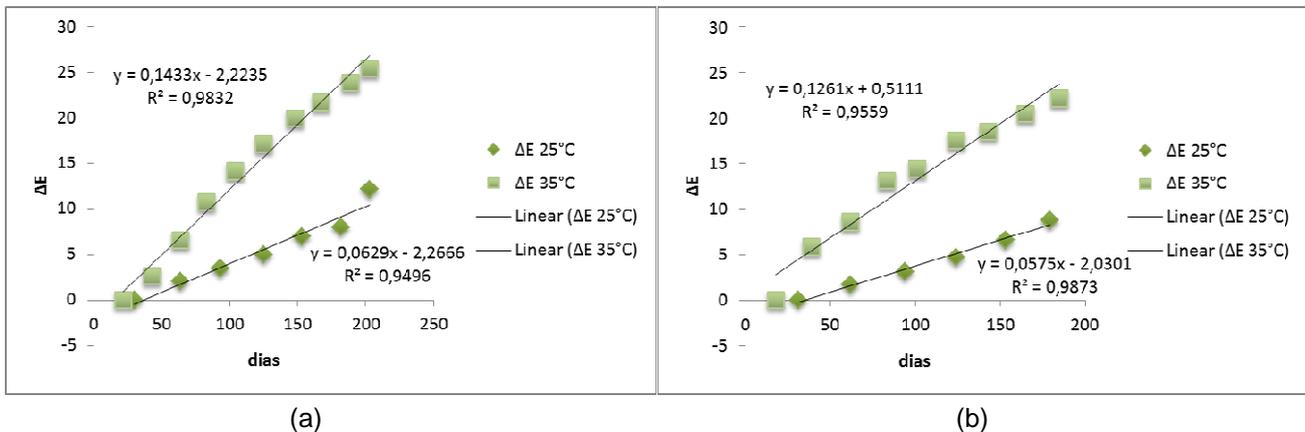
**Tabela 1.** Parâmetros cinéticos da degradação de vitamina C obtidos no estudo de estabilidade dos produtos dos ciclos 1 e 15.

Parâmetro	Ciclos	Ordem reação	Temperatura (°C)	k/dia	coef linear	R <sup>2</sup>	Q <sub>10</sub>	t <sub>1/2</sub> (dias)
Vitamina C	1	1	25°C	-0,0022	6,1126	0,8163	2,95	315,00
			35°C	-0,0065	5,8801	0,9494	106,62	
	15	1	25°C	-0,0042	5,9702	0,9121	2,26	165,00
			35°C	-0,0095	6,1531	0,9528	72,95	

Os resultados obtidos dos parâmetros de cor, croma e ΔE, ao longo do período de armazenamento para as diferentes temperaturas dos produtos dos ciclos 1 e 15 estão apresentados nas figuras 2 e 3, respectivamente. A Tabela 2 apresenta os parâmetros cinéticos obtidos para as variações de cor.



**Figura 2.** Cinética da variação do croma dos produtos dos ciclos 1 (a) e 15 (b) durante o armazenamento nas temperaturas de 25°C e 35°C.



**Figura 3.** Cinética da variação da diferença de cor dos produtos dos ciclos 1 (a) e 15 (b) durante o armazenamento nas temperaturas de 25°C e 35°C.

**Tabela 2.** Parâmetros cinéticos das variações do croma e  $\Delta E$  obtidos no estudo de estabilidade dos produtos do ciclo 1 e ciclo 15.

Parâmetro	Ciclos	Ordem reação	Temperatura (°C)	k/dia	coef linear	R <sup>2</sup>	Q <sub>10</sub>	t <sub>1/2</sub> (dias)
Croma	1	0	25°C	-0,0434	44,127	0,9385	2,90	508,38
			35°C	-0,126	42,524	0,9827		168,75
	15	0	25°C	-0,0498	40,841	0,9901	2,30	410,05
			35°C	-0,1146	37,526	0,9671		163,73
$\Delta E$	1	0	25°C	0,0457	-1,6948	0,9547	2,72	nc
			35°C	0,1243	-1,8264	0,9855		nc
	15	0	25°C	0,0499	-1,7238	0,9925	2,30	nc
			35°C	0,1148	0,0211	0,9674		nc

Observa-se pela Tabela 1 e Figuras 1, que a velocidade de degradação da vitamina C seguiu um modelo de primeira ordem, o que também foi constatado por Uddin et al. (2002), com R<sup>2</sup> variando de 0,82 a 0,95. No caso dos parâmetros de cor, os melhores modelos foram de ordem zero, com R<sup>2</sup> na faixa de 0,94 a 0,99.

Os valores da Tabela 1 indicam que a velocidade de reação de degradação da vitamina C a 25°C foi menor para o produto do ciclo 1 do que para o produto do ciclo 15. Possivelmente isto se deve ao fato da matéria prima do ciclo 15 estar um pouco mais madura, em razão do período de colheita mais avançado e, portanto, com o tecido celular ligeiramente mais amolecido, acelerando as reações de degradação. Entretanto, o fato do xarope do ciclo 15 ser um xarope de reuso e, portanto apresentar algumas alterações físico-químicas (GERMER et al., 2012), também pode ter interferido na composição do produto resultando em menor estabilidade da vitamina C. Mesmo após 180 dias de armazenamento a 25°C, as concentrações de vitamina C dos produtos do ciclo 1 e 15 eram bastante altas, respectivamente 320mg/100g e 177mg/100g.



## 8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014

12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

Quanto aos parâmetros de cor, verifica-se na Tabela 2 que as velocidades de reação de degradação dos mesmos para os produtos dos ciclos 1 e 15 foram muito próximas entre si. Aparentemente o reuso do xarope não interferiu na estabilidade da cor do produto. Verifica-se pela Figura 2 que houve uma perda relativamente pequena do croma em ambos os produtos armazenados a 25°C em 180 dias, indicando uma diminuição da intensidade da cor da ordem de 20% aproximadamente. Por outro lado, a variação da diferença de cor, ilustrada na Figura 3, indica um importante escurecimento de ambos os produtos no período estudado. Neste contexto, uma explicação mais provável para o comportamento é a formação de compostos escuros durante o armazenamento devido às reações de escurecimento enzimático e não enzimático (Maillard). A oxidação de pigmentos, tais como licopeno e  $\beta$ -caroteno, também pode ter ocorrido, em menor grau.

Por sua vez, os valores de  $Q_{10}$  para as reações de degradação de vitamina C e de perda de cor, de acordo com as Tabelas 1 e 2, foram ligeiramente maiores nos produtos obtidos no ciclo 1, indicando menor estabilidade das reações com relação à temperatura. A qualidade da matéria prima obtida no início da safra, um pouco mais verde, pode ter interferido neste caso. Entretanto, outra possível explicação é a maior extração de sólidos solúveis observada na fruta durante a DO com um xarope novo (GERMER et al., 2012). Com o xarope de reuso, os gradientes de concentração são menores, aumentando a retenção dos compostos na fruta e, portanto, sua maior estabilidade.

#### 4 CONCLUSÃO

Aparentemente o reuso do xarope não influenciou a estabilidade dos parâmetros de cor dos produtos no armazenamento. Por sua vez, a degradação da vitamina C pode ter tido influência do reuso em função das alterações físico-químicas pelas quais o xarope passa no processo. No entanto, as reações de degradação observadas no produto obtido com o xarope de reuso foram menos influenciadas pela temperatura. Mesmo com as degradações observadas, os produtos obtidos com xarope novo e com xarope de reuso apresentaram coloração semelhante entre si e altos teores de vitamina C até 180 dias de armazenamento.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa, à Fapesp pelo financiamento e à minha orientadora Dra. Sílvia P. M. Germer pela oportunidade.



8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014

12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. (1988). **A comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables.** Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba, 31(4), 507-513.

CEAGESP – Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Goiaba em números.** Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/produtor/estudos/anexos/goiaba.pdf>>. Acesso em: 10 jun 2014.

GERMER, S.P.M.; QUEIROZ, M.R.; AGUIRRE, J.M.; BERBARI, S.A.; SILVEIRA, N.F.A.S. **Reuse of Sucrose Syrup in the Osmotic Dehydration of Peaches,** Drying Technology, 30: 1532-1540, 2012.

OSORIO, C.; FRANCO, M.S.; CASTAÑO, M.P.; GONZÁLEZ-MIRET, M.L; HEREDIA, F.J; MORALES, A.L. Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. **Innovative Food Science and Emerging Technologies,** v.8, n.3, p.353-359, 2007.

SAUREL, R.; RAOULT-WACK, A. L.; RIOS, G.; GUILBERT, S. Mass transfer phenomena during osmotic dehydration for apple I. Fresh plant tissue. **International Journal of Food Science and Technology,** v.29, n.5, p.531-542, 1994.

TEIXEIRA NETO, R. O., VITALI, A. A., & MOURA, S. C. S. R. Introdução à Cinética de reação em Alimentos. In: S. C. S. R. MOURA & S. P. M. GERMER (Eds.). **Reações de Transformação e Vida-de-Prateleira de Alimentos Processados.** Campinas: ITAL, 2010. p.24-46.

UDDIN, M.S.; HAWLADER, M.N.A.; LUO DING; MUJUMDAR, A.S. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. **Journal of food Engineering,** v.51, p.21-26, 2002.

WARCZOK, J.; GIERSZEWSKA, M.; KUJAWSKI, W.; GUELL, C.; Application of osmotic membrane distillation for reconcentration of sugar solutions from osmotic dehydration. **Separation and Purification Technology,** v.57, n.3, p.425-429, 2007.